



Научная статья

УДК 631.84: 633.1

doi: 10.55186/25876740_2025_68_5_614

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСЧЕТНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.Р. Магомедов, А.А. Абдуллаев, Ж.Н. Абдуллаев,
Т.Т. Бабаев, Ф.М. Казиметова

Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

Аннотация. Использование регламентируемых доз минерального питания является актуальным и сложным элементом под планируемый урожай озимой пшеницы. Недостаток или избыток необходимых микро и макроэлементов могут привести к снижению не только урожайности, но и качества получаемого зерна. В статье представлены влияния различных уровней минерального питания на урожайность перспективных сортов озимой пшеницы: Классика, Тимирязевка 150, Стиль 18, Бумба, Еланчик, на планируемый урожай зерна 4,0; 5,0; 6,0 т/га по расчетным дозам ($N_{100P_{70}}$; $N_{140P_{90}}$; $N_{180P_{120}}$) удобрений. Исследования проводились на орошаемых землях опытной станции имени Кирова — филиал Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан. Почва опытного участка лугово-каштановая тяжелосуглинистая с разнообразным гранулометрическим составом. Высокий уровень повышения урожайности зерна озимой пшеницы при применении различных доз минерального удобрения способствовали формированию более мощного листового аппарата лучшему росту и развитию, более интенсивно проходит азотный обмен, улучшается плодородие почвы. В среднем по опыту за 2021–2024 гг. наибольшая урожайность озимой пшеницы формировалась при условии внесения повышенных доз минеральных удобрений — $N_{180P_{120}}$ по сортам: на первом месте стоит Тимирязевка 150 урожайностью — 6,71 т/га; вторым по опыту средний урожай за три года формирует сорт Бумба — 6,5 т/га. У остальных сортов показатели урожайности были относительно ниже: Классика — 6,02 т/га, Стиль 18 — 6,11 т/га, Еланчик — 6,18 т/га. Несмотря на большую урожайность в данном варианте максимальная экономическая эффективность отмечается при использовании дозы удобрения $N_{100P_{70}}$ при поддерживающем внесении удобрений в посевах пшеницы сорта Тимирязевка 150, с высокой рентабельностью — 183,6%.

Ключевые слова: дозы минеральных удобрений, сорт, почва, нитратный азот, фосфаты, урожайность зерна, аммонийный азот, экономическая эффективность

Original article

EFFICIENCY OF CALCULATED DOSES OF MINERAL FERTILIZERS ON AGROCHEMICAL INDICATORS AND YIELD OF PROMISING WINTER WHEAT VARIETIES

N.R. Magomedov, A.A. Abdullaev, Zh.N. Abdullayev,
T.T. Babaev, F.M. Kazimetova

Dagestan Agriculture Science Center, Makhachkala, Russia

Abstract. The use of regulated doses of mineral nutrition is a relevant and complex element for the planned winter wheat yield. Deficiency or excess of essential micro and macroelements can lead to a decrease not only in yield, but also in the quality of the resulting grain. The article presents the effects of various levels of mineral nutrition on the yield of promising winter wheat varieties: Classic, Timiryazevka 150, Stil 18, Bumba, Elanchik, on the planned grain yield of 4.0; 5.0; 6.0 t/ha at the calculated doses ($N_{100P_{70}}$; $N_{140P_{90}}$; $N_{180P_{120}}$) of fertilizers. The studies were conducted on irrigated lands of the Kirov experimental station — a branch of the Dagestan Agriculture Science Center. The soil of the experimental plot is meadow-chestnut heavy loamy with a variety of particle size distribution. A high level of increase in the yield of winter wheat grain with the use of various doses of mineral fertilizer contributed to the formation of a more powerful leaf apparatus, better growth and development, nitrogen metabolism is more intense, and soil fertility is improved. On average, according to the experience for 2021–2024, the highest yield of winter wheat was formed under the condition of applying increased doses of mineral fertilizers — $N_{180P_{120}}$ by varieties, Timiryazevka 150 is in first place with a yield of 6.71 t/ha; the second according to the experience, the average yield for three years is formed by the Bumba variety — 6.5 t/ha. The other varieties had relatively lower yield indicators: Classic — 6.02, Style 18 — 6.11, Elanchik — 6.18 t/ha. Despite the high yield in this variant, the maximum economic efficiency is observed when using the $N_{100P_{70}}$ fertilizer dose with supporting application of fertilizers in Timiryazevka wheat crops 150, with a high profitability of 183.6%.

Keywords: mineral fertilizer doses, variety, soil, nitrate nitrogen, phosphates, grain yield, ammonium nitrogen, economic efficiency

Введение. Одним из ключевых факторов, при помощи которых можно существенно влиять на формирование урожая, является улучшение условий питания путем применения удобрений. Наиболее актуальным и сложным элементом в системе внесения агрохимической продукции в севообороте является выбор доз минеральных удобрений на планируемую урожайность. Важность этого аспекта объясняется регламентирующим воздействием минерального питания на оптимальный уровень развития растений в течение всего вегетационного периода [1, 2].

После уборки урожая предшествующей культуры в сухую осень и избыточной влажности ранней весной почва содержит мало легкоусвояемых форм азота. Вместе с тем в южной

зоне растения более всего нуждаются в фосфоре, поскольку пашни имеют низкое содержание подвижных фосфатов, а обменного и тем более обменного калия в почвах в основном повышенное содержание [3, 4].

Наряду с этим без оптимизации питательного режима озимой пшеницы невозможно получение высоких урожаев зерна. Основным атрибутом в адаптивно-ландшафтной системе является использование удобрений, экономическая целесообразность которого не вызывает сомнений и не зависит от климатических и почвенных особенностей того или иного региона. Максимальная эффективность удобрений определяется теоретической обоснованностью их применения, принимаемая во внимание сложные взаимосвязи в агроценозах [5].

Сельхозпроизводителям Дагестана необходимы новые сорта озимой пшеницы: засухоустойчивые, зимостойкие и наиболее продуктивные, обеспечивающие в конкретных почвенно-климатических условиях устойчивые урожаи зерна и хорошего качества. Сортосмена в существенной степени содействует повышению и стабильности урожая зерна озимой пшеницы. Изучение продуктивности новых сортов озимой мягкой пшеницы на орошаемых землях Терско-Сулакской низменности является важным аспектом, а внедрение их в производство позволит аграриям региона повысить эффективность зерновой отрасли [6, 7].

Цель исследования. Изучить продуктивность перспективных сортов озимой пшеницы на лугово-каштановой тяжелосуглинистой



почве Терско-Сулакской подпровинции Дагестана в условиях орошения и влияние различных уровней минерального питания на планируемую урожайность, дана оценка адаптивности и экономической эффективности возделывания изучаемых сортов.

Методика исследований. Исследования проводились на орошаемых землях опытной станции имени Кирова — филиал Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан. Изучалась продуктивность пяти сортов озимой пшеницы, от доз минеральных удобрений на получения планируемого урожая, использовались семена селекции КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко, новые высокопродуктивные сорта интенсивного типа, требующие высокого агрофона. Почва опытного участка лугово-каштановая тяжелосуглинистая с разнообразным гранулометрическим составом. Предшественник — подсолнечник, площадь делянки — 108 м², учетной — 100,8 м², повторность — трехкратная, расположение делянок — систематическое. Посев проводился в оптимальные для региона сроки озимых зерновых культур — конец октября. Нормы высева — 5,0 млн всхожих семян на 1 га.

Таблица 1. Схема опыта (5х3)
Table 1. Experimental scheme (5х3)

Сорт (фактор А)	Норма удобрений на планируемый урожай, кг/га (фактор В)		
	4,0 т/га	5,0 т/га	6,0 т/га
1. Классика	N ₁₀₀ P ₇₀	N ₁₄₀ P ₉₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀
2. Тимирязевка 150	N ₁₀₀ P ₇₀	N ₁₄₀ P ₉₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀
3. Стиль 18	N ₁₀₀ P ₇₀	N ₁₄₀ P ₉₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀
4. Бумба	N ₁₀₀ P ₇₀	N ₁₄₀ P ₉₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀
5. Еланчик	N ₁₀₀ P ₇₀	N ₁₄₀ P ₉₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀

Таблица 2. Физико-химические свойства почв на опытном участке
Table 2. Physicochemical properties of soils in the experimental area

Глубина отбора образца почвы, см	рН (H ₂ O)	Гумус, %	Подвижные формы, мг/100 г почвы		
			азот	фосфор	калий
0-20	6,99	2,72	4,22	1,55	49,0
20-40	7,21	2,81	3,91	1,63	52,1

Таблица 3. Агроклиматические показатели на формирование озимой пшеницы в почвенном слое (0-60 см) в Терско-Сулакской подпровинции (2020-2024 гг.)
Table 3. Agroclimatic indicators for the formation of winter wheat in the soil layer (0-60 cm) in the Terek-Sulak subprovince (2020-2024)

Агроклиматические показатели	Фактические показатели			
	2021	2022	2023	2024
Весеннее кущение (февраль-март)				
Влажность почвы, %	33,4	25,9	24,9	23,2
Запасы продуктивной влаги, мм	194,2	135,2	127,3	113,9
Температура воздуха, °C (2021-2024)	8,5-14,1			
Выход в трубку (март)				
Влажность почвы, %	20,6	20,3	21,5	19,4
Запасы продуктивной влаги, мм	93,5	91,2	100,5	84,1
Температура воздуха, °C (2021-2024)	3,4-9,3			
Колошение (апрель-май)				
Влажность почвы, %	17,4	17,7	17,8	16,8
Запасы продуктивной влаги, мм	68,3	70,7	71,5	63,6
Температура воздуха, °C (2021-2024)	14,2-17,9			
Полная спелость (июнь)				
Влажность почвы, %	15,8	15,7	15,4	15,4
Запасы продуктивной влаги, мм	55,8	55,1	52,6	52,6
Температура воздуха, °C (2021-2024)	23,5-25,7			

Удобрения вносились согласно схеме опыта (табл. 1) в виде:

1. Планируемый урожай 4,0 т/га — двойного суперфосфата под пахоту — 150,0 кг/га + мочевины 50 кг/га, при посеве — 50,0 кг/га мочевины, в подкормку весной аммиачной селитры — 50,0 кг/га;

2. Под урожайность 5,0 т/га внесено пахоту — двойного суперфосфата под пахоту — 195,0 кг/га + мочевины 70 кг/га, при посеве — 50,0 кг/га мочевины, в подкормку весной аммиачной селитры — 50,0 кг/га;

3. На урожай 6,0 т/га — двойного суперфосфата под пахоту — 260,0 кг/га + мочевины 100 кг/га, при посеве — 80,0 кг/га мочевины, в подкормку весной аммиачной селитры — 80,0 кг/га;

Почвенный покров в зоне исследования на опытном участке соответствовал следующим агрохимическим характеристикам: содержание гумуса (по Тюрингу) в пахотном горизонте составило 2,72-2,81%, по обеспеченности доступными элементами питания почва опытного участка характеризуется, как среднеобеспеченная гидролизующим азотом (N_г) — 4,22-3,91 мг/100 г, среднеобеспечена подвижным фосфором (1,55-1,63 мг/100 г почвы), содержание обменного калия высокое (49,0-52,1 мг/100 г), (табл. 2).

Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН=7,2). Плотность пахотного слоя (0-40 см) почвы 1,30 г/см³. Исследования проводились в соответствии с существующими методиками: влажность почвы — весовым методом в активном слое почвы послойно, агрегатный состав пахотного слоя — по Н.И. Савинову, содержание нитратного азота — дисульфопеноловым методом по Грандвалю — Ляжу, подвижного фосфора — по Мачигину, обменного калия на пламенном фотометре в 0,1% углеаммонийной вытяжке (Гречин и др.).

Подготовку почвы, внесения удобрений и посев сортов озимой пшеницы, проводили в соответствии с методикой исследований и существующими в зоне рекомендациями.

Фенологические наблюдения проводились путем подсчета количества растений, вступивших в ту или иную фазу развития на закрепленных площадках каждой делянки I и III повторений. Начало наступления каждой фазы фиксировались при вступлении 10%, а полных, 75% растений [8].

Полевая всхожесть семян и полнота всходов определялись путем подсчета количества растений при полном появлении всходов, при возобновлении вегетации весной и при уборке урожая на всех закрепленных площадках каждой делянки I и III повторений опыта [9].

Исследования водно-физических, агрохимических и других показателей плодородия почвы проводились по общепринятым методикам, «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [10].

Агроклиматические показатели данной территории оказывают существенное влияние на рост и продуктивность озимой пшеницы, определяющих обеспеченность растений теплом и влагой. В таблице представлены метеорологические параметры за 4 года по Хасавюртовскому району в условиях Терско-Сулакской (табл. 3).

Для озимой пшеницы в условиях орошения очень значимы запасы влаги в начале вегетации и количество осадков по периодам вегетации. Суммарное водопотребление в посевах озимой пшеницы составило в 2021 году — 268,4 мм, при среднем значении 191,8 мм за 4 года. Влагообеспеченность посевов оказывает существенное влияние на показатели водопотребления и на ход формирования озимой пшеницы при своевременном внесении оптимальных доз минерального питания влияет на условия получения стабильных урожаев и качественного зерна [11, 12].

Результаты и обсуждения. Результаты исследований и фенологические наблюдений показывают, что минеральные удобрения на второй год положительно влияют на питательный режим почвы, увеличивая содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Рост пшеничного растения имеет прямую зависимость от количества получаемых ею питательных веществ и микроэлементов через почву. При их отсутствии или некотором дефиците растения начинают отставать в росте, листовая масса растений снижается и уменьшается количество зерен в колосе, что влияет на урожайность. [13, 14]. Все дозы минеральных удобрений оказали положительное действие на рост и развитие растений. Во всех вариантах опыта (табл. 4).

Существенной разницы в количестве нитратов азота в почве не было замечено, между изучаемыми сортами. Наибольшее количество нитратов почва содержит на повышенном фоне N₁₈₀ P₁₂₀ удобрений у сорта Тимирязевка 150 и Бумба на получение планируемой урожайности 6,0 т/га в пахотном слое (0-40 см) количество нитратного азота в фазу кущения доходило до 5,7 и 5,5 мг на 100 г почвы. В последующие фазы колошения и цветения количество его снижается - 4,1 и 3,9 мг/100 г почвы, в результате интенсивного поглощения растениями и влияния на концентрацию азота условия полива. В период уборки снижение незначительное, нитратный азот составил 4,5 и 4,8 мг на 100 г почвы, что связано со снижением потребностей растений в азоте и усилением процесса нитрификации [15].





Таблица 4. Влияние удобрений на содержание питательных веществ в почве, мг на 100 г почвы
Table 4. Effect of fertilizers on the content of nutrients in the soil, mg per 100 g soils

Вариант опыта	Сорт	Глубина взятия образца, см	Аммонийный азот				Нитратный азот				P ₂ O ₅		
			Кущение	Колошение	Цветение	Уборка	Кущение	Колошение	Цветение	Уборка	Кущение	Колошение	Уборка
N ₁₀₀ P ₇₀ на урожай 4,0 т/га	Классика	0-20 20-40	3,12 2,57	2,47 1,27	2,15 ---	2,81 2,32	2,32 2,27	1,89 1,64	1,68 ---	1,66 1,47	3,30 2,78	2,52 2,12	2,48 2,26
	Тимирязевка 150	0-20 20-40	3,47 2,95	2,68 2,18	2,20 ---	2,87 2,80	2,78 2,78	2,28 1,65	1,80 ---	1,88 1,60	3,46 2,89	2,52 2,33	2,58 2,49
	Стиль 18	0-20 20-40	3,16 2,66	2,08 1,98	2,05 ---	2,83 2,73	2,47 2,66	2,08 1,54	1,64 ---	1,78 1,52	3,12 2,56	2,57 2,43	2,63 2,10
	Бумба	0-20 20-40	3,36 2,78	2,49 1,98	2,20 ---	2,81 2,80	2,43 2,78	2,29 1,56	1,75 ---	1,85 1,65	3,32 2,81	2,77 2,40	2,68 2,44
	Еланчик	0-20 20-40	3,18 2,73	2,29 1,73	2,07 ---	2,76 2,54	2,40 2,56	1,89 1,53	1,65 ---	1,81 1,58	3,18 2,49	2,51 2,38	2,60 2,42
N ₁₄₀ P ₉₀ на урожай 5,0 т/га	Классика	0-20 20-40	4,18 4,22	3,67 3,55	3,17 ---	3,28 3,28	4,21 4,57	3,09 2,50	2,51 ---	2,73 2,52	3,38 2,77	2,69 2,16	2,63 2,29
	Тимирязевка 150	0-20 20-40	4,96 4,70	3,88 3,76	3,58 ---	3,47 3,37	5,00 4,85	4,89 4,70	2,90 ---	3,11 2,91	3,61 3,03	2,75 2,38	2,83 2,41
	Стиль 18	0-20 20-40	4,55 4,65	3,77 3,65	3,27 ---	3,31 3,11	4,65 4,70	4,44 3,69	2,76 ---	2,70 2,68	3,35 2,95	2,81 2,17	2,71 2,29
	Бумба	0-20 20-40	4,74 4,64	3,87 3,75	3,42 ---	3,36 3,30	4,86 4,67	4,76 3,65	2,86 ---	3,08 2,87	3,58 2,97	2,79 2,26	2,73 2,39
	Еланчик	0-20 20-40	4,60 4,57	3,78 3,66	3,23 ---	3,30 3,11	4,71 4,81	4,62 3,79	2,77 ---	2,74 2,83	3,41 2,77	2,36 2,30	2,39 2,37
N ₁₈₀ P ₁₂₀ на урожай 6,0 т/га	Классика	0-20 20-40	5,06 4,92	4,15 3,62	3,96 ---	4,28 4,17	5,18 4,96	4,83 4,77	4,18 ---	4,29 4,23	3,95 3,17	3,16 2,35	2,95 2,51
	Тимирязевка 150	0-20 20-40	5,76 5,60	4,41 3,95	4,11 ---	4,18 4,92	5,81 5,62	5,08 4,98	4,33 ---	4,38 4,33	4,21 3,65	3,56 3,21	3,16 3,03
	Стиль 18	0-20 20-40	5,57 5,45	4,20 3,55	3,99 ---	4,63 4,43	5,60 5,26	4,98 4,67	4,21 ---	4,00 3,98	3,73 3,05	2,76 2,25	2,84 2,46
	Бумба	0-20 20-40	5,63 5,53	4,33 3,57	4,05 ---	4,91 4,69	5,77 5,43	5,00 4,86	4,27 ---	4,33 4,20	4,07 3,43	3,45 3,12	3,10 2,97
	Еланчик	0-20 20-40	5,26 5,11	4,18 3,44	4,02 ---	4,46 4,30	5,46 5,10	4,85 4,67	4,14 ---	4,05 4,01	3,88 3,15	3,22 2,43	2,80 2,56
НСР ₀₅ = 1,7			4,31	3,26	3,16	3,50	4,22	3,57	2,89	2,89	3,26	2,62	2,60

Самая низкая концентрация оказалась у сорта Классика, период кущения — 5,0 мг/100 г почвы, колошение и цветение — 4,8 и 4,1 в фазу уборки — 4,3 мг на 100 г почвы.

В среднем по опыту максимальное содержание NO₃ отмечено при внесении повышенных доз N₁₈₀ P₁₂₀ на урожай 6,0 т/га в слое почвы от 0-40 см — 4,63 мг/100 г, что превышало показатели на фоне N₁₄₀ P₉₀ на урожай 5,0 т/га на 1,03 и 2,61 мг/100 г расчетную дозу N₁₀₀ P₇₀ на урожай 4,0 т/га.

Содержание подвижного P₂O₅ при внесении расчетных доз на контрольных делянках увеличивалось, соответственно на 2,58, 2,68 и 3,09 мг на 100 г почвы в пахотном слое (0-40). Существенной разницы между сортами при усвоении P₂O₅ не наблюдалось, у сортов Тимирязевка 150 и Бумба его содержание доходило до 3,00 и 2,97, наименьшее количество у сорта Классика — 2,74 мг/100 г почвы. Улучшение фосфорного режима лугово-каштановой почвы, наблюдалось при внесении повышенных доз этого элемента на фоне N₁₈₀ P₁₂₀. В пахотном слое (0-20 см) в период кущения P₁₂₀ — 3,96, в колошении — 3,23 и в полную спелость (уборка) — 2,96 мг на 100 г. В подпахотном слое почвы (20-40 см) на повышенном фоне удобрений подвижных фосфатов в период кущения — 3,29, колошение — 2,67 в период уборки — 2,70 мг на 100 г почвы. Содержание подвижных фосфатов в течение вегетации озимой пшеницы аналогичен динамике нитратов, максимум отмечается осенью, минимум — в фазе колошения.

Динамика обменного калия в почве по фазам вегетации озимой пшеницы аналогична динамике нитратов и подвижных фосфатов. Несколько большее количество в легкоусвояемой форме в удобренных фонах объясняется насы-

щенностью почв равнинной зоны Дагестана содержанием обменного калия, эти показатели составили 378–380 мг/кг и существенной разницы по содержанию этого показателя между вариантами не наблюдалось. Из-за высокой обеспеченности почвы подвижным калием, изменения в содержании его в почве при расчетных дозах внесения азотно-фосфорных удобрений незначительны и содержание этого элемента в почве в обменной форме в течение трех лет не уменьшалось и оставалось повышенным.

Под влиянием удобрений значительно возрастает и количество аммонийного азота в почве. Известно, что растения поглощают азот из почвы главным образом в виде аммонийного и нитратного. Увеличение доли аммонийного азота в питании растений озимой пшеницы способствует росту количественных продуктивных свойств [16]. При повышенных дозах удобрений (N₁₈₀ P₁₂₀) концентрация аммонийного азота на глубине залегания (0-20 см) составляла 3,16 мг на 100 г почвы. Аммонийная форма переходит в нитратную, при высокой влажности и температуре (процесс начинается от +12 градусов) и под действием микроорганизмов.

Влияние предшественников в севообороте на содержание подвижных питательных веществ в почве несколько сглаживаются внесением удобрений. При достаточной влажности удобрения обогащают почву, прежде всего подвижными формами питательных веществ. В среднем за три года реакция почвенного раствора на контрольных делянках не менялась за период от внесения удобрений до уборки урожая (табл. 5). Реакция среды (рН) от нейтральной до слабощелочной — 6,99-7,23.

Удобрения обогащают почву прежде всего подвижными формами питательных веществ.

В период перед закладкой опыта в пахотном слое почвы 0-20 см содержалось азота 3,51-3,91 мг/100 г почвы, в подпахотном (20-40 см) — 2,31-2,93, фосфора аналогично 1,6-2,34 и 1,55-1,90, что соответствовало низкой обеспеченности растений этими элементами. При систематическом внесении расчетных доз удобрений содержание подвижных нитратов на 3,91-5,26 пахотном слое, 3,31-4,22 в подпахотном слое и фосфатов, соответственно, — 2,57-4,66 и 1,67-2,34 мг на 100 г почвы на повышенных дозах N₁₈₀ P₁₂₀ 4,22-5,26 азота и 2,34-4,66 мг фосфора на 100 г почвы (0-40 см) обеспеченность стала повышенной и высокой. Эти данные подтверждают положение о том, что расчетные дозы удобрения, внесенные в почву, длительное время сохраняются в легкоусвояемой для растений форме, а закрепления их в труднорастворимые соединения бывает непрочным. Поступая в растения нитратный азот, частично восстанавливается в корневой системе, однако значительная часть его поднимается с транспирационным током и восстанавливается в листьях [17]. Данные по динамике нитратного азота в листьях озимой пшеницы показали, что максимум накопления нитратов во всех вариантах приходится в фазу кущения. В течение вегетации содержание нитратного азота снижается до молочно-восковой спелости.

Улучшение условий питания при увеличении доз удобрений способствовало накоплению нитратного азота в листьях (табл. 6). Внесение N₁₈₀ P₁₂₀ увеличило содержание его до 73,32 мг на 100 г сухого вещества по сравнению с N₁₀₀ P₇₀ и на 31,72 на варианте, где вносили N₁₄₀ P₉₀, относительно большое содержание нитратного азота в листьях наблюдалось в последующие фазы. В результате интенсивного восстановления нитратного азота и усиления поглощения аммонийного азота



Таблица 5. Влияние доз минеральных удобрений на изменение агрохимических свойств лугово-каштановой почвы, среднее за 2022 — 2024 гг.
Table 5. Effect of mineral fertilizer doses on changes in agrochemical properties of meadow-chestnut soil, average for 2022–2024

Вариант опыта	Глубина отбора образца почвы, см	рН (Н ₂ O)		Содержание, мг/100 г почвы					
		До внесения удобрений	После уборки урожая	Азот		Фосфор		Калий	
				До внесения удобрений	После уборки урожая	До внесения удобрений	После уборки урожая	До внесения удобрений	После уборки урожая
N ₁₀₀ P ₇₀ на урожай 4,0 т/га	0-20 20-40	6,99 7,21	6,99 7,21	3,51 2,93	3,91 3,31	1,63 1,55	2,57 1,67	40,1 38,8	37,8 38,0
N ₁₄₀ P ₉₀ на урожай 5,0 т/га	0-20 20-40	7,21 7,23	7,22 7,22	3,91 2,31	4,90 3,51	2,31 1,82	2,88 2,31	40,8 39,8	40,0 36,6
N ₁₈₀ P ₁₂₀ на урожай 6,0 т/га	0-20 20-40	7,05 7,10	7,05 7,14	3,78 2,64	5,26 4,22	2,34 1,90	4,66 2,34	41,2 40,4	40,8 39,8

Таблица 6. Содержание нитратного и аминного азота в листьях озимой пшеницы, мг N на 100 г сухого вещества
Table 6. Content of nitrate and amino nitrogen in winter wheat leaves, mg N per 100 g dry matter

Вариант опыта	Нитратный азот					Аминный азот				
	Кущение	Трубкавание	Колошение	Цветение	Молочно-восковая спелость	Кущение	Трубкавание	Колошение	Цветение	Молочно-восковая спелость
N ₁₀₀ P ₇₀	167,64	6,36	1,83	9,07	1,48	385,05	390,84	442,86	368,32	140,79
N ₁₄₀ P ₉₀	209,24	6,70	2,15	13,53	1,72	400,00	433,04	523,04	418,25	152,45
N ₁₈₀ P ₁₂₀	240,96	7,40	2,98	14,73	1,80	440,80	520,23	534,53	459,86	217,09

Таблица 7. Влияние удобрений на урожайность сортов озимой пшеницы, (2022–2024 гг.)
Table 7. Effect of fertilizers on the yield of winter wheat varieties (2022–2024)

Сорт (фактор А)	Доза удобрений под планируемую урожайность (фактор В)											
	N ₁₀₀ P ₇₀ (4,0 т/га)				N ₁₄₀ P ₉₀ (5,0 т/га)				N ₁₈₀ P ₁₂₀ (6,0 т/га)			
	2022	2023	2024	сред	2022	2023	2024	сред	2022	2023	2024	сред
Классика	4,56	4,32	4,72	4,53	5,38	5,12	5,48	5,33	6,11	5,64	6,32	6,02
Тимирязевка 150	4,68	4,44	5,37	4,83	5,64	5,41	6,46	5,84	6,56	6,32	7,26	6,71
Стиль 18	4,54	4,30	4,62	4,49	5,43	5,24	5,58	5,42	6,18	5,86	6,28	6,11
Бумба	4,72	4,50	5,10	4,77	5,56	5,38	5,82	5,59	6,47	6,28	6,76	6,50
Еланчик	4,66	4,24	4,76	4,55	5,52	5,14	5,66	5,44	6,34	5,72	6,48	6,18
НСР 05	0,18	0,16	0,18		0,20	0,18	0,21		0,22	0,19	0,22	

возросло содержание последнего. Значительное его количество обусловило накопление амидов и усилило синтез аминокислот в листьях озимой пшеницы. Содержание аминного азота в листьях изменялось в зависимости от фазы роста, развития растений и уровня питания. Количество его увеличивалось до фазы колошения, а к фазе молочно — восковой спелости постепенно снижалось вследствие оттока в репродуктивные органы. Таким образом, внесение удобрений повышенной дозы N₁₈₀P₁₂₀ способствуют более интенсивному азотному обмену, так как растения во все фазы роста и развития располагают большим запасом азотных веществ в вегетационных органах, которые и обеспечивают лучшие условия для формирования налива зерна.

Размер урожайности на планируемый уровень 4,0 т/га в 2022 г. при дозах N₁₀₀P₇₀ удалось получить у всех сортов (табл. 7). С лучшими показателями проявили себя сорта Тимирязевка 150, Бумба с показателями 4,68 и 4,72 т/га, планируемый уровень урожайности 5,0 т/га с внесением доз N₁₄₀P₉₀ также был достигнут с превышением у сорта Тимирязевка 150 (0,64 т/га), минимальный показатель урожайности у сорта Классика, но с превышением запланированного урожая на 0,38 т/га. На планируемый урожай 6,0 т/га самым отзывчивым в опыте на возрастающие дозы N₁₈₀P₁₂₀ стал сорт Тимирязевка 150 (6,56 т/га), на котором все уровни планируемой урожайности были высокими.

В неблагоприятном по погодным условиям 2023 г. результаты урожая зерна чуть ниже прошлогдних, но планируемые уровни урожайности N₁₀₀P₇₀ (4,0 т/га); N₁₄₀P₉₀ (5,0 т/га); N₁₈₀P₁₂₀ (6,0 т/га) достигнуты по всем сортам, и в этом году отличился сорт Тимирязевка 150 с урожайностью 4,44; 5,41 и 6,32 т/га.

Наибольшую урожайность — 5,79 т/га (в среднем за 2022–2024 гг.) из изучаемых сортов озимой пшеницы обеспечил сорт Тимирязевка 150, соответственно с показателями расчетных доз удобрений 4,83; 5,84 и 6,71 т/га. Превышение урожайности при расчете на 4,0 т/га (N₁₀₀P₇₀) составило 20,7%, на 5,0 т/га (N₁₄₀P₉₀) — 16,8%, 6,0 т/га (N₁₈₀P₁₂₀) — 11,8%. Близкие к сорту Тимирязевка 150 показатели по урожайности зерна достигнуты по сорту Бумба — 4,77; 5,59 и 6,50 т/га. Относительно низкие урожаи зерна по расчетным дозам удобрений у сорта Классика (5,29 т/га), Стиль (5,34 т/га), Еланчик (5,39 т/га).

В среднем на всех фонах питания самым высокоурожайным оказался сорт Тимирязевка 150 с урожайностью (5,79 т/га).

Все изучаемые в опыте расчетные дозы минудобрений повышали показатели экономической эффективности возделывания сортов озимой пшеницы [18]. Результаты экономического анализа показывают, что наибольший чистый доход из изучаемых сортов озимой пшеницы получен при внесении расчетной дозы удобрений N₁₈₀P₁₂₀ по сорту Тимирязевка 150, где этот показатель составил 64,8 тыс. руб. на 1 га при рентабельности производства 181,0%. Близкие к нему показатели экономической эффективности — 61,7 тыс. руб. на 1 га при рентабельности производства 172,3% достигнуты по сорту Бумба. Уровень рентабельности при внесении расчетной дозы удобрений N₁₀₀P₇₀ был выше по всем изучаемым сортам, чем при внесении повышенных доз удобрений. В варианте, где получен наибольший чистый доход по сорту Тимирязевка 150 — 64,8 тыс. руб./га, уровень рентабельности составил 181,0%, при внесении расчетной дозы удобрений N₁₀₀P₇₀ этот показатель был выше и составил 183,9%, или на 2,9% больше.

Аналогичные показатели получены и по другим сортам.

Заключение. На основании полевых опытов и лабораторных исследований за 2021–2024 годы были сделаны следующие выводы. Все расчетные дозы минеральных удобрений существенно повышали в почве содержание нитратного азота на 2,02; 3,6; 4,63, аммонийного азота — 2,6; 3,7; 4,5 мг на 100 грамм почвы. Повышалось содержание подвижного фосфора на 2,58; 2,68 и 3,09 мг/100 г почвы. Снижение концентрации планируемых доз минудобрений в слое почвы от 0–20 до 20–40 см, азота 1,09 и фосфора 0,25 мг/100 г почвы является следствием послойного внесения удобрений. Максимальное содержание нитратного азота и подвижных фосфатов в слоях почвы 0–20 и 20–40 см во все фазы развития сортов озимой пшеницы отмечалось при внесении дозы N₁₈₀P₁₂₀ на урожайности 6,0 т/га.

На всех сортах озимой пшеницы за 2022–2024 годы исследований расчетные дозы минеральных удобрений обеспечили планируемую урожайность. Максимальный уровень урожайности был получен при внесении дозы N₁₈₀P₁₂₀ на планируемую урожайность 6,0 т/га у сорта Тимирязевка 150 — 6,71 и Бумба — 6,50 т/га, что существенно выше показателей всех вариантов опыта. Урожаи зерна по расчетным дозам удобрений в аналогичном варианте обеспечили средним сорта Классика (6,02 т/га), Стиль 18 (6,11 т/га), Еланчик (6,18 т/га).

Наиболее экономически эффективно на лугово-каштановых орошаемых почвах возделывать сорта озимой пшеницы Тимирязевка 150 и Бумба с внесением расчетной дозы N₁₈₀P₁₂₀ на планируемую урожайность 6,0 т/га, которая позволила получить урожайность 6,71 и 6,50 т/га с уровнем рентабельности 181–172%.





Список источников

1. Кирушин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства об оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 3. С. 19-25.
2. Булавинцев Р.А., Головин С.И., Полохин А.М. и др. Исследования эффективности проведения подкормки озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2. С. 50-57.
3. Будагалов Л.В. Научное наследие Д.Н. Прянишникова и кинематическая оценка измерений внутрипочвенной трансформации азота в системе почва растение удобрение // Агрохимическая наука синтез академических знаний и практического опыта. Материалы Всероссийской научной конференции. Москва 2023 г. С. 39-43.
4. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Е.А. Устименко, Е.В. Голосной, А.Н. Есаулко [и др.]. Ставрополь: АГРУС, 2021. 222 с.
5. Завалин А.А. Применение изотопной индикации для оценки потоков азота в агроценозах // Агрохимическая наука синтез академических знаний и практического опыта. Материалы Всероссийской научной конференции. Москва 2023 г. С. 44-47.
6. Ниматулаев Н.М., Казиев М.Р. А., Магомедов Н.Р. и др. Инновационные технологии в земледелии Дагестана. Монография. Махачкала 2022 г. С. 9-21.
7. Сидорова Е.К. Результативность селекции пшеницы мягкой озимой на повышение урожайности на примере сортосмены в орловской области // Вестник аграрной науки. 2022 г. № 2. С. 165-170.
8. Тишин Д.В., Чижикова Н.А. Фенология (методика наблюдений). Казань: Казанский федеральный университет. 2022. С. 36.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М. Агропромиздат. 1985 г.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва. 2019. С. 75-80.
11. Романенков В.А., Павлова В.Н., Беличенко М.В. Агротехнологические возможности управления климатическими рисками при возделывании зерновых культур // Агрохимия. 2022. № 2. С. 19-30.
12. Пронько В.В., Журавлев Д.Ю., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф. Изучение длительного действия минеральных удобрений в стационарном опыте в степном Поволжье // Агрохимия. 2023. № 2. С. 15-28. DOI: 10.131857/S0002188123020126.
13. А. Н. Бабичев, Д.П. Сидаренко. Влияние прецизионного орошения на водный режим и продуктивность озимой пшеницы. // Агротехнологии и мелиорация земель. 2023 г. № 18 (4). С. 554-565. DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-4-554-565.
14. Н.И. Мамсиrow, А.А. Миатсаканян. Эффективность разных доз минеральных удобрений под озимую пшеницу. // Новые технологии. 2021 г. Т. 17. № 3. С. 77-85. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-3-77-85.
15. А.П. Самофалов, С.В. Подгорный, О.В. Скрипка, С.Н. Громова, В.Л. Чернова. Изменение урожайности и составляющих ее элементов структуры мягкой озимой

пшеницы в зависимости от условий влагообеспеченности и генотипа. // Аграрная наука. 2023. № 7. С. 85-91. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91.

16. Б.Н. Бакаева. Содержание азота в почве и активность нитратредуктазы в листьях озимой пшеницы при применении азотных удобрений // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Т. 5. № 2. С. 13-19. DOI: 10.12737/37333.

17. А.Н. Рожкова, И.М. Мазиров. Физиология и биохимия растений [Электронный ресурс] учебно — практическое пособие. Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н.Г. Столетовых. Владимир: Изд-во ВлГУ. 2022. С. 264.

18. С.Н. Петрова, Е.Ю. Калиничева, А.Ф. Мельник, Д.В. Зюкин, Д.А. Зюкин. Эффективность зернового хозяйства в результате изменения затрат на минеральные удобрения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. том 65. № 2 (386). С. 205-208. DOI: 10.55186/25876740-2022-65-2-205.

References

1. V.I. Kiryushin (2016). *Mineralnye udobreniya kak ključevoj faktor razvitiya sel'skogo hozjajstva o optimizacii prirodoopol'zovanija* [Mineral fertilizers as a key factor in the development of agriculture on the optimization of nature management]. *Doctizhenija nauki i tehniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], vol. 30, no. 3, pp. 19-25.
2. Bulavintsev R.A., Golovin S.I., Polokhin A.M. et al. (2022). *Issledovaniya jevvektivnosti provedeniya podkormki osimoi pschenizy* [Studies of the efficiency of winter wheat feeding]. *Westnik Kurkoj goudardctvennoj cel'kchohajctvennoj akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy], no. 2, pp. 50-57.
3. Budazhalov L.V. (2023). *Nautschnoe nacle die D.N. Prjanishnikowa i kinematitschekaja ozenka ismerenij wnutripotschwennoj trancvornazii asota w cieteme potschwa ractenie udobrenie* [Scientific heritage of D.N. Pryanishnikov and kinematic assessment of measurements of intrasoil transformation of nitrogen in the soil-plant-fertilizer system]. *Agrochimitschekaja nauka cintes akademitschekich snanij i praktitschekogo opyta. Materialy Wcerociczkijkoj nautschnoj konverenzii. Moskva* [Agrochemical science synthesis of academic knowledge and practical experience. Proceedings of the All-Russian scientific conference. Moscow], pp. 39-43.
4. E.A. Ustimenko, E.V. Golosnoj, A.N. Esaulko (2021). *Ocnovy programmirowanija urozhaew cel'kchohajctwennych kul'tur* [Fundamentals of programming agricultural crop yields: a tutorial]. Study guide, Stavropol, AGRUS, p. 222 p.
5. Zavalin A.A. (2023). *Primenenie isotopnoj indekczii dlia ozenki potokow asota w agrozenosach* [Application of isotope indexing to assess nitrogen fluxes in agroecosystems]. *Agrochimitschekaja nauka cintes akademitschekich snanij i praktitschekogo opyta. Agrochemical science synthesis of academic knowledge and practical experience. Proceedings of the All-Russian scientific conference. Moscow*, pp. 44-47.
6. N.M. Nimatulaev, M.R.A. Kaziev, N.R. Magomedov (2022). *Innowazionnye tehnologii w semledelii Dagectana* [Innovative technologies in agriculture of Dagestan]. *Monograph. Makhachkala*, pp. 9-21.
7. Sidorova E.K. (2022). *Resul'tatiwnoc' celekzii pschenizy m'jagkoj osimoi na powyschenie urozhajnosti na primere cortocmeny w orlowckoj oblaci* [Effectiveness of soft winter wheat breeding to increase yield using variety change as an example in the Oryol region]. *Bulletin of agricultural science*, no. 2, pp. 165-170.
8. D.V. Tishin, N.A. Chizhikova (2022). *Phenology (observation methodology)*, Kazan, Kazan Federal University, 36 p.
9. Dospekhov B.A. (1985). *Metodika polewogo opyta* [Field experiment methodology], Moscow, Agropromizdat.
10. Methodology of state variety testing of agricultural crops, Moscow. p. 75-80.
11. V.A. Romanenkov, V.N. Pavlova, M.V. Belichenko (2022). *Agrotechnologitschekie wosmozhnosti uprawlenija klimatitschekimi riskami pri wosdeljwanii semowych kul'tur* [Agrotechnological possibilities of managing climate risks in the cultivation of grain crops]. *Agrochimija* [Agrochemistry], p. 19-30.
12. V.V. Pronko, D.Yu. Zhuravlev, T.M. Yaroshenko, N.F. Klimova (2023). *Isutschenie dlitel'nogo dejctwija mineral'nych udobrenij w ctazionarnom opyte w ctepmo powolzh'e* [Study of the long-term action of mineral fertilizers in a stationary experiment in the Volga steppe region]. *Agrochemistry* no. 2. p. 15-28. DOI: 10.31857/S0002188123020126.
13. A.N. Babichev, D.P. Sidarenko (2023). *Wlijanie prezisioonnogo orosheniya na wodnyj rezhim i produktiwnoc' osimoi pschenizy* [The effect of precision irrigation on the water regime and productivity of winter wheat]. *Agrotechnologii i meliorazija semel'* [Agrotechnologies and land reclamation], no. 18 (4), p. 554-565. DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-4-554-565.
14. N.I. Mamsirow, A.A. Miatsakanyan (2021). *Jevvektiwnoc' rasnych dos mineral'nych udobrenij pod osimuju pschenizy* [Efficiency of different doses of mineral fertilizers for winter wheat]. *New technologies*, vol. 17, no. 3, p. 77-85. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-3-77-85.
15. A.P. Samofalov, S.V. Podgorny, O.V. Skripka, S.N. Gromova, V.L. Chernova (2023). *Ismenenie urozhajnosti i coctawl'jajushich ee jelementow ctktur' m'jagkoj osimoi pschenizy w sawicimoc'ci ot uclow'ij wlagoobecpetchennoc'ci i genotipa* [Changes in the yield and its constituent structural elements of soft winter wheat depending on moisture supply conditions and genotype]. *Agrarian science*, no. 7, pp. 85-91. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91.
16. B.N. Bakaeva (2020). *Soderzhanie asota w potschwe i aktiwnoc' nitratreduktasy w list'jach osimoi pschenizy pri primenenii asotnych udobrenij* [Nitrogen content in the soil and nitrate reductase activity in winter wheat leaves when applying nitrogen fertilizers]. *Iswectija Camarckoj goudardctvennoj cel'kchohajctvennoj akademii* [Bulletin of the Samara State Agricultural Academy], vol. 5, no. 2, pp. 13-19. DOI: 10.12737/37333.
17. A.N. Rozhkova, I.M. Mazirow (2022). *Visiolgija i biochimija ractenij* [Elektroonnyj recurc], Vladimir State University, Vladisl'ctwo WIGU, 264 p.
18. S.N. Petrova, E.Yu. Kalinicheva, A.F. Melnik, D.V. Zyukin, D.A. Zyukin (2022). *Jevvektiwnoc' semowogo chosjajctwa w resul'tate ismeneniya satrat na mineral'nye udobrenija* [Efficiency of grain farming as a result of changes in mineral fertilizer costs]. *Mezhdunarodnyj cel'kchohajctwennij zhurnal*, vol. 65, no. 2 (386), pp. 205-208. DOI: 10.55186/25876740-2022-65-2-205.

Информация об авторах:

Магомедов Нурулисла Раджабович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией семеноводства и кормопроизводства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4391-3321>, ozemledeliya@mail.ru

Бабаев Тофик Тагиевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории семеноводства и кормопроизводства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3243-3367>, ozemledeliya@mail.ru

Абдуллаев Жамиддин Нисреддинович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории семеноводства и кормопроизводства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9389-647X>, ozemledeliya@mail.ru

Абдуллаев Алисалам Абдуллаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории семеноводства и кормопроизводства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7653-7531>, ozemledeliya@mail.ru

Казиметова Фироза Мирзоевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории семеноводства и кормопроизводства, ORCID: <http://orcid.org/ID 0000-0003-0197-976X>, ozemledeliya@mail.ru

Information about the authors:

Nurulislam R. Magomedov, doctor of agricultural sciences, professor, head of the laboratory of seed production and feed production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4391-3321>, ozemledeliya@mail.ru

Tofig T. Babayev, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of seed production and feed production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3243-3367>, ozemledeliya@mail.ru

Zamididdin N. Abdullayev, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of seed production and feed production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9389-647X>, ozemledeliya@mail.ru

Alisalam A. Abdullayev, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of seed production and feed production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7653-7531>, ozemledeliya@mail.ru

Firoza M. Kazimetova, candidate of agricultural sciences, senior researcher, laboratory of seed and forage production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0197-976X>, ozemledeliya@mail.ru