

Научная статья

Original article

УДК 631.82:633.11(470.62/.67)

DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_23

**ВЛИЯНИЕ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ
АЗОТА В РАСТЕНИЯХ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ В ТРЕХ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZER RATES ON THE DYNAMICS OF
NITROGEN IN PLANTS AND THE YIELD OF WINTER WHEAT CULTIVATED
IN THREE SOIL-CLIMATIC ZONES OF THE CENTRAL CIS-CAUCASUS



Ожередова Алена Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7 (968) 266-06-25, ORCID: 0000-0001-6038-6409, E-mail: alena.gurueva@mail.ru

Ситников Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ректор Ставропольского государственного аграрного университета, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. 8(8652) 35-22-82, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, E-mail: rector@stgau.ru

Есаулко Александр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор института агробиологии и природных ресурсов, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Ставропольский

государственный аграрный университет», (355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7 (962) 400-41-95, ORCID: 0000-0003-0441-9055, E-mail: aesaulko@yandex.ru

Середняк Юлия Николаевна, аспирант кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7 (968) 262-47-68, ORCID: 0000-0002-2144-3519, E-mail: kuzminova1111@yandex.ru

Ozheredova Alyona Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University (355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskiy Lane, 12), tel. +7 (968) 266-06-25, ORCID: 0000-0001-6038-6409, E-mail: alena.gurueva@mail.ru

Sitnikov Vladimir Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Rector of the Stavropol State Agrarian University, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University" (355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskiy Lane, 12), tel. 8(8652) 35-22-82, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, E-mail: rector@stgau.ru

Esaulko Alexander Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, (355017, Russia, Stavropol, lane. Zootechnical, 12), tel. +7 (962) 400-41-95, ORCID: 0000-0003-0441-9055, E-mail: aesaulko@yandex.ru

Serednyak Yulia Nikolaevna, postgraduate student of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University" (355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskoy Lane, 12), tel. +7 (968) 262-47-68, ORCID: 0000-0002-2144-3519, E-mail: kuzminova1111@yandex.ru

Аннотация. Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур за счет оптимизации минерального питания относится к приоритетному направлению научно-технического развития нашей страны, утвержденному указом Президента Путиным В.В. от 18 июня 2024 г. №529. В связи, с чем в 2023-2024 гг. в трех климатических зонах Центрального Предкавказья были заложены в производственных условиях в трехкратной повторности однофакторные опыты, где фактор А – это норма удобрения (рекомендованная и расчетные для зон). Научная новизна исследований заключалась в том, что впервые в трех почвенно-климатических зонах (умеренного, неустойчивого увлажнения, засушливой) Центрального Предкавказья изучалось влияние норм минеральных удобрений на динамику азота в растениях и урожайность озимой пшеницы.

В зоне умеренного увлажнения в фазу кущения растения озимой пшеницы на контроле имели низкий уровень обеспеченности азотом (3,25%), на вариантах с применяемыми расчетными нормами минеральных удобрений - оптимальный (4,15, 4,46, 4,64%). В зонах неустойчивого увлажнения и засушливой на контроле (4,13%; 4,28%) - оптимальный, на удобренных вариантах - высокий (4,88, 4,68, 5,07%; 4,71, 4,70, 4,91%). В фазу колошения во всех трех хозяйствах концентрация элемента была на низком уровне (1,26, 1,60, 1,77, 1,90; 1,98, 2,11, 2,28, 2,77%; 1,68, 2,19, 1,89, 2,23%).

Нормы минеральных удобрений в 2023 году по сравнению с контролем существенно повышали урожайность озимой пшеницы на 2,68, 3,27, 4,36 т/га (умеренного увлажнения), на 0,81, 2,14, 3,26 т/га (неустойчивого увлажнения), на 0,88, 0,61, 1,48 т/га (засушливая зона). В 2024 году в зонах умеренного и неустойчивого увлажнения наблюдалась такая же динамика в повышении продуктивности культуры (на 1,10, 2,09, 2,44 т/га и на 1,06, 1,80, 2,92 т/га). В засушливой зоне только расчетные нормы минеральных удобрений по отношению к контролю достоверно повышали урожайность озимой пшеницы на 0,46, 0,98 т/га.

Abstract. Increasing the productivity of agricultural crops by optimizing mineral nutrition is a priority area of scientific and technical development of our country,

approved by the decree of President Putin V.V. dated June 18, 2024 No. 529. In this regard, in 2023-2024, in three climatic zones of the Central Ciscaucasia, single-factor experiments were conducted in production conditions in three replicates, where factor A is the fertilizer rate (recommended and calculated for the zones). The scientific novelty of the research was that for the first time in three soil-climatic zones (moderate, unstable moisture, arid) of the Central Ciscaucasia, the effect of mineral fertilizer rates on the dynamics of nitrogen in plants and the yield of winter wheat was studied. In the moderate moisture zone, in the tillering phase, winter wheat plants had a low nitrogen supply level (3.25%) in the control, and an optimal one (4.15, 4.46, 4.64%) in the variants with the calculated rates of mineral fertilizers applied. In the unstable moisture and drought zones, in the control (4.13%; 4.28%), it was optimal, and in the fertilized variants, it was high (4.88, 4.68, 5.07%; 4.71, 4.70, 4.91%). In the heading phase, in all three farms, the concentration of the element was low (1.26, 1.60, 1.77, 1.90; 1.98, 2.11, 2.28, 2.77%; 1.68, 2.19, 1.89, 2.23%). In 2023, the rates of mineral fertilizers compared to the control significantly increased the yield of winter wheat by 2.68, 3.27, 4.36 t/ha (moderate moisture), by 0.81, 2.14, 3.26 t/ha (unstable moisture), by 0.88, 0.61, 1.48 t/ha (arid zone). In 2024, in the zones of moderate and unstable moisture, the same dynamics in increasing crop productivity were observed (by 1.10, 2.09, 2.44 t/ha and by 1.06, 1.80, 2.92 t/ha). In the arid zone, only the calculated rates of mineral fertilizers in relation to the control reliably increased the yield of winter wheat by 0.46, 0.98 t/ha.

Ключевые слова: нормы минеральных удобрений, азот, растения, озимая пшеница, почвенно-климатические зоны, урожайность.

Key words: norms of mineral fertilizers, nitrogen, plants, winter wheat, soil and climatic zones, productivity.

Острейшая необходимость увеличения производства продовольствия в связи с тем, что по подсчетам ученых население Земного шара к 2050 году достигнет 9,1 млрд человек требует от мирового агропромышленного комплекса, в том числе и российского, мобилизации всех ресурсов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур [1,2,3].

В России озимая пшеница занимает ведущие площади посевов среди зерновых культур, по урожайности занимает второе место, по валовому сбору – третье, а по объёму экспорта – первое. Ставропольский край входит в число лидеров среди сельскохозяйственных субъектов Российской Федерации по производству и урожайности озимой пшеницы. Средняя урожайность в 2023 году составила 3,2 т/га. Основой роста урожаев служит подбор технологии возделывания, сортов, а также применение научно-обоснованных норм удобрений под культуру [4,5,6,7].

Удобрения являются могучим и быстро действующим средством повышения урожаев, но применение таковых должно быть научно-обоснованным, так как избыток может привести к негативным экологическим последствиям (накопление нитратов, тяжелых металлов в почве, водоемах, растительной продукции), а недостаток к снижению продуктивности возделываемых культурных растений. Как говорил К.А. Тимирязев «У растения следует спрашивать «мнения», что ему необходимо в определенный момент...» [8,9].

В 2023 году по данным Росстата выпуск минеральных удобрений вырос на 10% по сравнению с 2022 годом и достиг рекордного показателя 26 млн тонн. Это максимальный показатель в истории отрасли, отмечают в Российской ассоциации производителей удобрений. Потребление минеральных удобрений со стороны отечественных аграриев, по данным РАПУ и Минсельхоза, за последние 10 лет выросло в 2,5 раза. Только за последний год внесение удобрений выросло с 60 до 65 кг/га (в действующем веществе). Этому способствует государственная протекция. В 2024 году на фоне действия экспортного квотирования Федеральная антимонопольная служба продлила до конца ноября «заморозку» цен на минеральные удобрения для внутреннего рынка: их предельная стоимость сохранится на уровне 2022 года [10].

С увеличением применения удобрений должна возрастать и урожайность сельскохозяйственных культур. Из основных элементов питания на урожайность озимой пшеницы оказывает влияние азот, в почвах он подвижен и основным показателем обеспечения этим элементом можно, считать его концентрацию в

растении. В связи, с чем **цель наших исследований** заключалась в определении влияния норм минеральных удобрений на динамику азота в растениях и урожайность озимой пшеницы возделываемой в трех почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья.

Исследования проводились в 2023-2024 годах в трех климатических зонах: умеренного, неустойчивого увлажнения и засушливой. Почвенный покров учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ (зона умеренного увлажнения) представлен черноземом выщелоченным мощным малогумусным тяжелосуглинистым, которой перед закладкой опыта в 0-40 см слое почвы имел нейтральную реакцию почвенного раствора (6,96 ед.), среднее обеспечение органическим веществом (4,28%), подвижными формами фосфора (29,3 мг/кг) и калия (248,0 мг/кг).

Почвы АО СП «Колос» Кочубеевского муниципального округа Ставропольского края (зона неустойчивого увлажнения) - чернозем обыкновенный карбонатный мощный малогумусный (0-40 см слой почвы) характеризовался щелочной реакцией почвенного раствора (8,04 ед.), средним обеспечением органическим веществом (4,87%) и подвижным фосфором (26,2 мг/кг), повышенным подвижным калием (328,3 мг/кг).

Почвенный покров ООО «Ставропольское руно» Ипатовского городского округа Ставропольского края (засушливая зона) представлен темно-каштановыми мицелярно-карбонатными мощными почвами, имеющими (в слое 0-40 см) щелочную рН (8,34 ед.), низкое содержание органического вещества (3,19%), среднее подвижного фосфора (20,2 мг/кг) и повышенное подвижного калия (341,2 мг/кг).

В зоне умеренного увлажнения (Учебно-опытная станция СтГАУ) количество выпавших осадков в 2022-2023 гг. в период вегетации озимой пшеницы с октября по июнь составило 499,6 мм, средние температуры воздуха соответствовали - 7,5 °С. В 2023-2024 гг. в этот же период количество осадков было ниже на 111,9 мм, а температуры выше на 1,5°С. ГТК 2022-2023 гг. – 1,42, 2023-2024 гг. – 0,59.

В зоне неустойчивого (АО СП «Колос» Кочубеевского муниципального округа Ставропольского края) количество выпавших осадков и средние температуры от момента сева до уборки озимой пшеницы составляли в 2022-2023 гг. - 385,0 мм и 7,6⁰С, 2023-2024 гг. – 346,4 мм и 9,1⁰С. ГТК 2022-2023 гг. – 1,10, 2023-2024 гг. – 0,53.

В засушливой зоне (ООО «Ставропольское руно» Ипатовского городского округа Ставропольского края) условия увлажнения и температурный режим были лучшими в 2022-2023 гг. и с октября по июнь, когда выращивалась озимая пшеница соответствовали - 351,6 мм, 8,8⁰С, где норма выпавших осадков была выше на 78,4 мм, а температуры ниже на 1,3⁰С по сравнению в 2023-2024 гг. ГТК 2022-2023 гг. – 0,79, 2023-2024 гг. – 0,24.

Среднемноголетние осадки и температуры в зонах составляли: умеренного увлажнения – 551 мм и 9,2⁰С, неустойчивого увлажнения – 579,3 мм и 9,5⁰С, засушливой – 431,7 мм и 9,3⁰С. Температуры 2022-2023 гг., 2023-2024 гг. были выше среднемноголетних значений на 1,8, 2,4⁰С; 1,7, 3,1⁰С; 3,1, 4,5⁰С соответственно зонам. Количество осадков в зоне умеренного увлажнения в 2022-2023 гг. превышало на 117,1 мм среднемноголетнюю норму, в 2023-2024 гг. было на 97,8 мм ниже нормы. В зоне неустойчивого увлажнения в оба сельскохозяйственных года количество осадков было ниже среднемноголетнего значения на 40,7 и 172,3 мм. В засушливой зоне в 2022-2023 году сумма осадков превышала норму на 50,2 мм, в 2023-2024 гг. была ниже на 122,6 мм. Среднемноголетний ГТК в зонах: умеренного увлажнения -1,10 (2022-2023 гг. - +0,32, 2023-2024 гг. - -0,51), неустойчивого увлажнения – 1,28 (2022-2023 гг. - -0,18, 2023-2024 гг. - -0,75), засушливой – 0,83 (2022-2023 гг. - -0,04, 2023-2024 гг. - -0,59). Представленные данные говорят о том, что условия увлажнения и температурного режима более лучшими были в 2022-2023 гг.

Нормы минеральных удобрений, содержащие макроэлементы определялись ежегодно на основе авторского балансового расчетного метода разработанного Есаулко А.Н. и Агеевым В.В. с учётом выноса питательных веществ озимой пшеницей и коэффициентов использования питательных веществ из удобрений и

почвы. Подкормки комплексными микроудобрениями проводились по результатам функциональной диагностики в фазы выхода в трубку и колошения культуры.

Объект исследований - сорта озимой пшеницы Алексеич (посеян на учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ и в ООО «Ставропольское руно») и Гром (посеян в АО СП «Колос»). **Предмет исследований** - норма минеральных удобрений для зоны умеренного увлажнения (Учебно-опытная станция СтГАУ, Шпаковский МО) рекомендованная для зоны, расчетные на планируемую урожайность 7,5 и 8,5 т/га, для зоны неустойчивого увлажнения (АО СП «Колос», Кочубеевский МО) рекомендованная для зоны, расчетные на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га, для засушливой зоны (ООО «Ставропольское руно», Ипатовский ГО) рекомендованная для зоны, расчетные на планируемую урожайность 4,0 и 5,5 т/га.

Во всех хозяйствах для оценки влияние минеральных удобрений был предусмотрен **контроль**, то есть вариант, на котором минеральные удобрения не применялись (естественный агрохимический фон).

Рекомендованные нормы минеральных удобрений для Учебно-опытной станции СтГАУ, Шпаковского МО - $N_{90}P_{60}$, АО СП «Колос», Кочубеевского МО - $N_{118}P_{52}$ и ООО «Ставропольское руно», Ипатовского ГО - $N_{72}P_{36}$ были установлены в ходе долгосрочного ведения сельскохозяйственной деятельности, как оптимальные в экономическом плане. **На учебно-опытной станции** норма минеральных удобрений на планируемую урожайность 7,5 т/га составила в 2022-2023 гг. - $N_{102}P_{54}K_{86}$, в 2023-2024 гг. - $N_{112}P_{60}K_{90}$, на планируемую урожайность 8,5 т/га в 2022-2023 гг. - $N_{116}P_{60}K_{97}$, в 2023-2024 гг. - $N_{124}P_{72}K_{110}$. **Для АО СП «Колос»** норма минеральных удобрений под планируемую урожайность 7,5 т/га составила в 2022-2023 гг. - $N_{161}P_{74}K_{54}$, в 2023-2024 гг. - $N_{168}P_{79}K_{62}$, под планируемую урожайность 10,0 т/га в 2022-2023 гг. - $N_{211}P_{100}K_{71}$, в 2023-2024 гг. - $N_{224}P_{110}K_{80}$. **В ООО «Ставропольское руно»** получены нормы минеральных удобрений под планируемую урожайность 4,0 т/га в 2022-2023 гг. - $N_{98}P_{51}K_{29}$, 2023-2024 гг. - $N_{100}P_{59}K_{34}$ и 5,5 т/га в 2022-2023 гг. - $N_{135}P_{71}K_{39}$, в 2023-2024 гг. - $N_{140}P_{83}K_{43}$.

Во всех тех хозяйствах опыт однофакторный представлен **фактором А** - норма удобрения (Учебно-опытная станция СтГАУ, Шпаковский МО) рекомендованная для зоны ($N_{90}P_{60}$), расчетные на планируемую урожайность 7,5 ($N_{107}P_{57}K_{88}$) и 8,5 ($N_{120}P_{66}K_{104}$) т/га, для зоны неустойчивого увлажнения (АО СП «Колос», Кочубеевский МО) рекомендованная для зоны ($N_{118}P_{52}$), расчетные на планируемую урожайность 7,5 ($N_{165}P_{77}K_{58}$) и 10,0 ($N_{218}P_{105}K_{76}$) т/га, для засушливой зоны (ООО «Ставропольское руно», Ипатовский ГО) рекомендованная для зоны ($N_{72}P_{36}$), расчетные на планируемую урожайность 4,0 ($N_{99}P_{55}K_{32}$) и 5,5 т/га ($N_{138}P_{77}K_{41}$).

Предшественники в опытах на учебно-опытной станции СтГАУ и в АО СП «Колос» - горох, в ООО «Ставропольское руно» - чистый пар. Опыты заложены в производственных условиях, повторность трёхкратная. Зона умеренного увлажнения - размер делянки: ширина – 48 м, длина – 386 м, общая S делянки – 18 528 м². Зона неустойчивого увлажнения - размер делянки: ширина – 90 м, длина – 1250 м, общая S делянки – 11 2500 м². Засушливая зона - размер делянки: ширина – 21,2 м, длина – 2 000 м, общая S делянки – 42 400 м². Содержание азота в растениях устанавливали титриметрическим методом по Кьельдалю, ГОСТ 134496.4. Учет урожая проводили методом механизированной уборки с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту по методике государственного сортоиспытания с.-х. культур 2019 года.

Результаты. Чтобы получать хорошие урожаи зерна озимой пшеницы необходимо грамотно составлять систему удобрения культуры, с применением не только основного и припосевного удобрения, но и подкормок азотными удобрениями. Во всех трех климатических зонах на контроле минеральные удобрения не вносились, в зоне умеренного увлажнения рекомендованная норма $N_{90}P_{60}$ подразумевала применение под основную обработку почвы аммофоса 115 кг/га ($N_{14}P_{60}$), подкормки проводились весной аммиачной селитрой по 110 кг/га в фазы кущения (N_{38}), выхода в трубку (N_{38}). На вариантах с расчётными нормами на планируемую урожайность 7,5 т/га ($N_{107}P_{57}K_{88}$) применялись под основную

обработку почвы аммофос 110 кг/га ($N_{13}P_{57}$) + калий хлористый 157 кг/га (K_{88}), подкормки аммиачной селитрой по 136 кг/га в фазы кущения (N_{47}), выхода в трубку (N_{47}); на планируемую урожайность 8,5 т/га ($N_{120}P_{66}K_{104}$) под основную обработку почвы аммофос 127 кг/га ($N_{15}P_{66}$) + калий хлористый 186 кг/га (K_{104}), подкормки аммиачной селитрой по 152 кг/га в фазы кущения ($N_{52,5}$), выхода в трубку ($N_{52,5}$).

В зоне неустойчивого увлажнения рекомендованная норма $N_{118}P_{52}$, предусматривала применение под основную обработку почвы и при посеве внесение аммофоса 50 кг/га (N_6P_{26}). Подкормка проводилась весной в фазы кущения аммиачной селитрой 200 кг/га (N_{70}), выхода в трубку 113 кг/га КАС (N_{36}). На варианте с расчётной нормой на планируемую урожайность 7,5 т/га ($N_{165}P_{77}K_{58}$) под основную обработку почвы применяли нитроаммофоску 363 кг/га ($N_{58}P_{58}K_{58}$), при посеве аммофос 36 кг/га (N_4P_{19}), подкормки в фазы кущения аммиачной селитрой 200 кг/га (N_{70}), выхода в трубку КАС 100 кг/га (N_{33}). На варианте с нормой минеральных удобрений на планируемую урожайность 10,0 т/га $N_{218}P_{105}K_{76}$ применяли под основную обработку почвы нитроаммофоску 475 кг/га ($N_{76}P_{76}K_{76}$), при посеве аммофос 56 кг/га (N_7P_{29}). В подкормку: фаза кущения - аммиачная селитра 200 кг/га (N_{70}), фаза выхода в трубку - КАС 203 кг/га (N_{65}).

В засушливой зоне на варианте с рекомендованной нормой $N_{72}P_{36}$ применяли при посеве аммофос 70 кг/га (N_8P_{36}), подкормка проведена весной в фазу кущения КАС (N_{64}). Расчетные нормы минеральных удобрений на планируемую урожайность 4,0 т/га $N_{99}P_{55}K_{32}$, при посеве аммофос 106 кг/га ($N_{13}P_{55}$) + калий хлористый 57 кг/га (K_{32}), в подкормку в фазу кущения КАС (N_{86}); на планируемую урожайность 5,5 т/га $N_{138}P_{77}K_{41}$, при посеве аммофос 148 кг/га ($N_{18}P_{77}$) + калий хлористый (K_{41}), в подкормку в фазу кущения 375 кг/га КАС (N_{120}).

Формы азота в почве подвижны и для наглядности обеспечения растений озимой пшеницы элементом решили проанализировать его количество в вегетативной массе. Уровни содержания азота в растениях озимой пшеницы в фазу кущения подразделяют на: очень низкий - менее 3,5%, низкий 3,5-4,0%,

оптимальный - 4,1-4,5%, высокий - более 4,5%. В фазу колошения на: очень низкий - менее 3,5%, низкий 3,6-3,7%, оптимальный - 3,8-4,0%, высокий - более 4,0%.

Согласно анализу данных, представленных в таблице 1, установили, что все изучаемые нормы минеральных удобрений, применяемые в зоне умеренного увлажнения, достоверно повышали концентрацию азота в растениях озимой пшеницы на 0,31, 0,54, 0,65%. Лучшее воздействие на увеличение концентрации элемента оказала норма минеральных удобрений на планируемую урожайность 8,5 т/га ($N_{120}P_{66}K_{104}$).

Максимальное количество изучаемого элемента в растениях отмечено в фазу всходов - 4,79%, далее его величина существенно сокращалась на 0,66-4,18%. Что возможно объяснить сокращением метаболических процессов в растительном организме к наступлению завершающего этапа в жизни каждого растения «физиологической смерти», когда наблюдается отток всех веществ из клеток, составляющих растительный организм в запасающие органы.

В зоне неустойчивого увлажнения наблюдалась такая же тенденция, происходило существенное повышение азота в растениях озимой пшеницы по отношению к контролю на 0,29, 0,54, 0,67%. Норма минеральных удобрений на планируемую урожайность 10,0 т/га ($N_{218}P_{105}K_{76}$) оказалась лидером в увеличении концентрации элемента в растительном организме по сравнению со всеми другими вариантами опыта. Во все межфазные периоды снижение азота в вегетативной массе было достоверным на 0,25, 1,02, 1,38, 0,85%.

В засушливой зоне возрастающие нормы минеральных удобрений по сравнению с контролем существенно наращивали количество азота в растениях озимой пшеницы на 0,24, 0,26, 0,62%. Норма минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,5 т/га ($N_{138}P_{77}K_{41}$) по накоплению в растениях элемента превосходила достоверно не только контроль на 0,53%, но и другие изучаемые нормы минеральных удобрений, рекомендованную ($N_{72}P_{36}$) на 0,29% и расчетную на планируемую урожайность 4,0 т/га ($N_{98}P_{51}K_{29}$) на 0,27%.

Начиная от фазы всходов к фазе полной спелости культуры, происходило

неуклонное значительное снижение азота в растениях на 0,28-4,17%.

Таблица 1- Влияние норм минеральных удобрений на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы произрастающей в трех почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья

Норма удобрения (фактор А)	Фазы развития растений (фактор В)	
Зона умеренного увлажнения		
Контроль (без удобрений)	всходы	4,60
	кущение	3,25
	выход в трубку	2,28
	колошение	1,26
	полная спелость	0,48
Рекомендованная (N ₉₀ P ₆₀)	всходы	4,66
	кущение	4,15
	выход в трубку	2,35
	колошение	1,60
	полная спелость	0,62
N ₁₀₇ P ₅₇ K ₈₈ (7,5 т/га)	всходы	4,93
	кущение	4,46
	выход в трубку	2,75
	колошение	1,77
	полная спелость	0,64
N ₁₂₀ P ₆₆ K ₁₀₄ (8,5 т/га)	всходы	4,98
	кущение	4,64
	выход в трубку	2,90
	колошение	1,90
	полная спелость	0,70
НСР ₀₅ фактор А	0,15	
НСР ₀₅ фактор В	0,27	
НСР ₀₅ взаимодействие АВ	0,34	
Зона неустойчивого увлажнения		
Контроль (без удобрений)	всходы	4,62
	кущение	4,13
	выход в трубку	3,25
	колошение	1,98
	полная спелость	1,18
Рекомендованная (N ₁₁₈ P ₅₂)	всходы	4,64
	кущение	4,88
	выход в трубку	3,64
	колошение	2,11
	полная спелость	1,31
N ₁₆₅ P ₇₇ K ₅₈ (7,5 т/га)	всходы	5,47
	кущение	4,68
	выход в трубку	3,88
	колошение	2,28
	полная спелость	1,55
N ₂₁₈ P ₁₀₅ K ₇₆ (10,0 т/га)	всходы	5,03
	кущение	5,07

	выход в трубку	3,92
	колошение	2,77
	полная спелость	1,72
НСР ₀₅ фактор А	0,14	
НСР ₀₅ фактор В	0,23	
НСР ₀₅ взаимодействие АВ	0,31	
Засушливая зона		
Контроль (без удобрений)	всходы	4,77
	кущение	4,28
	выход в трубку	3,33
	колошение	1,68
	полная спелость	0,56
Рекомендованная (N ₇₂ P ₃₆)	всходы	4,81
	кущение	4,71
	выход в трубку	3,59
	колошение	2,19
	полная спелость	0,51
N ₉₉ P ₅₅ K ₃₂ (4,0 т/га)	всходы	4,87
	кущение	4,70
	выход в трубку	3,69
	колошение	1,89
	полная спелость	0,77
N ₁₃₈ P ₇₇ K ₄₁ (5,5 т/га)	всходы	5,27
	кущение	4,91
	выход в трубку	3,64
	колошение	2,23
	полная спелость	1,18
НСР ₀₅ фактор А	0,14	
НСР ₀₅ фактор В	0,24	
НСР ₀₅ взаимодействие АВ	0,33	

В таблице 2 представлена урожайность озимой пшеницы в зависимости от применяемых норм минеральных удобрений, в 2023 году нормы минеральных удобрений во всех изучаемых климатических зонах достоверно повышали ее по сравнению с контролем в зонах: умеренного увлажнения на 2,68, 3,27, 4,36 т/га, неустойчивого увлажнения на 0,81, 2,14, 3,26 т/га, засушливой на 0,88, 0,61, 1,48 т/га. Такая же тенденция была отмечена и в 2024 году, наблюдалось повышение продуктивности на удобренных вариантах по сравнению с контролем на 1,10, 2,09, 2,44 т/га, на 1,06, 1,80, 2,92 т/га, на 0,20, 0,46, 0,98 т/га соответственно зонам и оно было существенным на всех вариантах опыта в трех зонах, кроме варианта с применением рекомендованной нормы минеральных удобрений (N₇₂P₃₆), здесь оно было недостоверным.

Таблица 2- Влияние норм минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы возделываемой в трех почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья, т/га

Норма удобрения (фактор А)	Год	Урожайность, (т/га)
Зона умеренного увлажнения		
Контроль (без удобрений)	2023	3,99
	2024	3,02
Рекомендованная (N ₉₀ P ₆₀)	2023	6,67
	2024	4,12
N ₁₀₇ P ₅₇ K ₈₈ (7,5 т/га)	2023	7,26
	2024	5,11
N ₁₂₀ P ₆₆ K ₁₀₄ (8,5 т/га)	2023	8,35
	2024	5,46
НСР 05 (2023 год)		0,66
НСР 05 (2024 год)		0,44
Зона неустойчивого увлажнения		
Контроль (без удобрений)	2023	5,07
	2024	4,42
Рекомендованная (N ₁₁₈ P ₅₂)	2023	5,88
	2024	5,48
N ₁₆₅ P ₇₇ K ₅₈ (7,5 т/га)	2023	7,21
	2024	6,22
N ₂₁₈ P ₁₀₅ K ₇₆ (10,0 т/га)	2023	8,33
	2024	7,34
НСР 05 (2023 год)		0,68
НСР 05 (2024 год)		0,54
Засушливая зона		
Контроль (без удобрений)	2023	3,88
	2024	3,56
Рекомендованная (N ₇₂ P ₃₆)	2023	4,76
	2024	3,76
N ₉₉ P ₅₅ K ₃₂ (4,0 т/га)	2023	4,49
	2024	4,02
N ₁₃₈ P ₇₇ K ₄₁ (5,5 т/га)	2023	5,36
	2024	4,54
НСР 05 (2023 год)		0,42
НСР 05 (2024 год)		0,32

Планируемая урожайность в зонах умеренного (7,5, 8,5 т/га) и неустойчивого увлажнения (7,5, 10,0 т/га) в оба года исследований достигнута

не была. В засушливой зоне удалось в 2023 и 2024 годах получить планируемую урожайность 4,0 т/га с прибавкой в 2023 году +0,49 т/га, в 2024 году + 0,02 т/га, а вот внесение норм удобрений на планируемую урожайность 5,5 т/га не обеспечило такой продуктивности. В среднем за 2 года исследований продуктивность озимой пшеницы соответственно зонам составляла: в зоне умеренного увлажнения - 5,50 т/га, в зоне неустойчивого увлажнения – 6,24 т/га, в засушливой зоне – 4,30 т/га.

Выводы: Во всех трех климатических зонах нормы минеральных удобрений по сравнению с контролем существенно повышали содержание азота в растениях озимой пшеницы 0,31, 0,54, 0,65%, 0,29, 0,54, 0,67%, 0,24, 0,26, 0,62%. Во всех трех климатических зонах начиная от фазы всходов, к фазе полной спелости наблюдалось достоверное снижение азота в растениях на 0,66-4,18%, на 0,25-3,50%, на 0,28-4,17%. Снижение от начальной фазы развития к завершающей фазе можно объяснить сокращением метаболических процессов в растительном организме, когда наблюдается отток всех веществ из клеток, составляющих растительный организм в запасающие органы.

В среднем за два года исследований (2023-2024 гг.) изучаемые нормы минеральных удобрений по сравнению с контролем увеличивали урожайность озимой пшеницы во всех климатических зонах, и разница составила в зоне умеренного увлажнения +1,89, 2,68, 3,40 т/га, в зоне неустойчивого увлажнения +0,93, 1,97, 3,09 т/га в засушливой зоне + 0,54, 0,54, 1,23 т/га. Максимальная урожайность в оба года исследований была отмечена в зонах: умеренного увлажнения на варианте с применением расчетной нормы минеральных удобрений $N_{120}P_{66}K_{104}$ на планируемую урожайность 8,5 т/га (2023 год – 8,35 т/га, 2024 год – 5,46 т/га), неустойчивого увлажнения с внесением расчетной нормы $N_{218}P_{105}K_{76}$ на планируемую урожайность 10,0 т/га (2023 год – 8,33 т/га, 2024 год – 7,34 т/га), засушливой нормы $N_{138}P_{77}K_{41}$ на планируемую урожайность 5,5 т/га (2023 год – 5,36 т/га, 2024 год -4,54 т/га). Оптимальная урожайность в трех зонах в связи с более благоприятными погодными условиями была сформирована в 2023 году в сравнении с 2024 годом.

Литература

1. Милюткин, В. А. Российские инновационные агрегаты "Туман" (опрыскиватель и мультиинжектор) ООО "Пегас-Агро" для внесения жидких удобрений КАС // Вестник аграрной науки Дона. 2022. Т. 15, № 3(59). С. 84-96. DOI 10.55618/20756704_2022_15_3_84-95.
2. Измаилова, Д. С. Влияние азотных удобрений на урожайность озимой твердой пшеницы в Республике Крым // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4(20). С. 46-53. DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-46-53.
3. Оптимизация минерального питания растений озимой пшеницы на основе комплексного применения макро- и микроудобрений на черноземе выщелоченном / В. Н. Ситников, А. Н. Есаулко, А. Ю. Ожередова, В.А. Клец, И.Ю. Вдовыдченко // Плодородие. 2023. № 4(133). С. 102-107. DOI 10.25680/S19948603.2023.133.25.
4. Сычев В. Г., Налиухин А. Н. Потребность в минеральных удобрениях с учётом роста урожаев и воспроизводства плодородия почв России // Плодородие. 2024. № 4(139). С. 5-10. DOI 10.25680/S19948603.2024.139.01.
5. Шеуджен А. Х., Гуторова О. А., Луценко И. М. Агрохимическая оценка применения лигногумата в посевах озимой пшеницы в условиях Северо-Западного Предкавказья // Агрохимия. 2022. № 3. С. 31-40. DOI 10.31857/S0002188122030103.
6. Productivity of Winter Wheat Cultivated by Direct Seeding: Measuring the Effect of Hydrothermal Coefficient in the Arid Zone of Central Fore-Caucasus / A. Esaulko, V. Sitnikov, E. Pismennaya, O. Vlasova, E. Golosnoi, A. Ozheredova, A. Ivolga, V. Erokhin // Agriculture. – 2023. – Vol. 13, No. 1. P. 55. DOI 10.3390/agriculture13010055.
7. Влияние технологии no-till на качество и урожайность сельскохозяйственных культур на чернозёме обыкновенном / В. С. Цховребов, В. Н. Ситников, А. Б. Тетенищев, А. А. Новиков // Плодородие. 2024. № 2(137). С. 39-42. DOI 10.25680/S19948603.2024.137.10.
8. Влияние комплексных микроудобрений на содержание в почве и

растениях меди и цинка, урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, В. А. Клец, А. Ю. Ожередова, Е.В. Голосной, Ю.Н. Кузьминова // Агрехимический вестник. 2022. № 4. С. 9-14. DOI 10.24412/1029-2551-2022-4-002.

9. Эффективность применения комплексных микроудобрений на различных фонах питания при возделывании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, А. Ю. Ожередова, В. А. Клец, Ю. Н. Кузьминова // Вестник АПК Ставрополя. – 2020. – № 4(40). – С. 62-67. DOI 10.31279/2222-9345-2020-9-40-62-67.

10. <https://sber.pro/publication/zarit-trillioni-v-zemlyu-trendi-proizvodstva-i-torgovli-mineralnimi-udobreniyami/>

Literature

1. Milyutkin, V. A. Russian innovative units "Tuman" (sprayer and multi-injector) of Pegas-Agro LLC for application of liquid fertilizers UAN // Bulletin of agrarian science of the Don. 2022. Vol. 15, No. 3 (59). P. 84-96. DOI 10.55618/20756704_2022_15_3_84-95.

2. Izmailova, D. S. Influence of nitrogen fertilizers on the yield of winter durum wheat in the Republic of Crimea // Tavrichesky Bulletin of agrarian science. 2019. No. 4 (20). P. 46-53. DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-46-53. 3. Optimization of mineral nutrition of winter wheat plants based on the complex use of macro- and microfertilizers on leached chernozem / V. N. Sitnikov, A. N. Esauko, A. Yu. Ozheredova, V. A. Klets, I. Yu. Vdovydchenko // Fertility. 2023. No. 4 (133). P. 102-107. DOI 10.25680 / S19948603.2023.133.25. 4. Sychev V. G., Naliukhin A. N. The need for mineral fertilizers taking into account the growth of yields and reproduction of soil fertility in Russia // Fertility. 2024. No. 4 (139). P. 5-10. DOI 10.25680/S19948603.2024.139.01.

5. Sheudzhen A. Kh., Gutorova O. A., Lutsenko I. M. Agrochemical assessment of the use of lignohumate in winter wheat crops in the conditions of the North-West Ciscaucasia // Agrochemistry. 2022. No. 3. P. 31-40. DOI 10.31857/S0002188122030103.

6. Productivity of Winter Wheat Cultivated by Direct Seeding: Measuring the Effect of Hydrothermal Coefficient in the Arid Zone of Central Fore-Caucasus / A. Esaulko, V. Sitnikov, E. Pismennaya, O. Vlasova, E. Golosnoi, A. Ozheredova, A. Ivolga, V. Erokhin // Agriculture. – 2023. – Vol. 13, No. 1. P. 55. DOI 10.3390/agriculture13010055.

7. The influence of no-till technology on the quality and yield of agricultural crops on ordinary chernozem / V. S. Tskhovrebov, V. N. Sitnikov, A. B. Tetenishchev, A. A. Novikov // Fertility. 2024. No. 2(137). P. 39-42. DOI 10.25680/S19948603.2024.137.10.

8. Effect of complex microfertilizers on the content of copper and zinc in soil and plants, yield and grain quality of winter wheat on leached chernozem / A. N. Esaulko, V. A. Klets, A. Yu. Ozheredova, E. V. Golosnoy, Yu. N. Kuzminova // Agrochemical Bulletin. 2022. No. 4. P. 9-14. DOI 10.24412/1029-2551-2022-4-002.

9. Efficiency of application of complex microfertilizers on different nutrition backgrounds during cultivation of winter wheat on leached chernozem / A. N. Esauko, A. Yu. Ozheredova, V. A. Klets, Yu. N. Kuzminova // Bulletin of the APK of Stavropol. - 2020. - No. 4 (40). - P. 62-67. DOI 10.31279/2222-9345-2020-9-40-62-67.

10. <https://sber.pro/publication/zarit-trillioni-v-zemlyu-trendi-proizvodstva-i-torgovli-mineralnimi-udobreniyami/>

© Ситников В.Н., Ожередова А.Ю., Есаулко А.Н., Середняк Ю.Н. 2024.
International agricultural journal, 2024, №6, 1922-1939

Для цитирования: Ожередова А.Ю., Ситников В.Н., Есаулко А.Н., Середняк Ю.Н. ВЛИЯНИЕ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ АЗОТА В РАСТЕНИЯХ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ В ТРЕХ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ // *International agricultural journal*. 2024. №6, 1922-1939