

Научная статья

Original article

УДК: 633.11 «324»:633.1:632.121.17

DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_32

**МОНИТОРИНГ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА
ЧЕРНОЗЁМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НЕИНВАЗИВНЫХ И ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СОДЕРЖАНИЯ АЗОТА ПОЧВА – РАСТЕНИЯ**

MONITORING OF THE DEVELOPMENT OF WINTER WHEAT PLANTS ON
LEACHED CHERNOZEM USING NON-INVASIVE AND TRADITIONAL
METHODS FOR DETERMINING THE NITROGEN CONTENT OF SOIL –
PLANTS



Ситников Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ректор ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, тел. (8652) 35-22-82, E-mail: rector@mail.ru)

Есаулко Александр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, тел. +7(962) 400-41-95, E-mail: aesaulko@yandex.ru)

Устименко Елена Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, тел. +7(918) 874-82-21, E-mail: ustimenko_elena_26@mail.ru)

Письменная Елена Вячеславовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры землеустройства и кадастра ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, тел. +7(918) 775-60-70, E-mail: pismennaya.elena@bk.ru

Котова Арина Сергеевна, ассистент кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, тел. +7(996) 630-09-96, E-mail: avroraledi@mail.ru

Sitnikov Vladimir Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Rector of the Stavropol State Agrarian University (355017, Stavropol, lane Zootechnical, 12, tel. (8652) 35-22-82, E-mail: rector@mail.ru

Yesaulko Alexander Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University (355017, Stavropol, trans. Zootechnical, 12, tel. +7(962) 400-41-95, E-mail: aesaulko@yandex.ru

Ustimenko Elena Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University (355017, Stavropol, lane Zootechnical, 12, tel. +7(918) 874-82-21, E-mail: ustimenko_elena_26@mail.ru

Pismennaya Elena Vyacheslavovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Management and Cadastre, Stavropol State Agrarian University (355017, Stavropol, lane Zootechnical, 12, tel. +7(918) 775-60-70, E-mail: pismennaya.elena@bk.ru

Arina Sergeevna Kotova, Assistant at the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University (355017, Stavropol, lane Zootechnical, 12, tel. +7(996) 630-09-96, E-mail: avroraledi@mail.ru

Аннотация. Исследование проводили с целью изучения мониторинга

развития растений озимой пшеницы на черноземе выщелоченном с использованием неинвазивных и традиционных методов определения содержания азота почва – растения. Полевые исследования проводились с 2022 по 2024 гг на землепользовании сельскохозяйственной опытной станции в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) от «25» апреля 2024 года №082-03-2024-220/3 на тему «Мониторинг развития сельскохозяйственных культур с помощью инвазивных и дистанционных методов исследования и принятие оперативных мер по корректировке питания и фитосанитарного состояния (I этап)». Схема полевого опыта предполагала изучение следующих вариантов: контроль, Фон N13P60, Фон +N35, Фон + N51, Фон + N70, Фон + N87. Содержание гумуса в слое 0...20 см почвы опытного участка составляло 5,4% (по Тюрину), подвижного фосфора и калия (по Мачигину) - соответственно 25 и 270 мг/кг, N-NO₃ – 30 мг/кг, pH почвенного раствора – 6,5 ед. В результате исследований выявлено, что азотные подкормки существенно увеличивали урожайность озимой пшеницы, и разница средних данных относительно контроля составила 0,53 и 1,53 т/га. Наибольшую продуктивность озимой пшеницы относительно всех вариантов опыта обеспечил вариант с внесением Фон + N₇₀ – 5,27 т/га, что выше других вариантов опыта.

Abstract. The study was conducted in order to study the monitoring of the development of winter wheat plants on leached chernozem using non-invasive and traditional methods for determining the nitrogen content of soil - plants. Field studies were conducted from 2022 to 2024 on the land use of an agricultural experimental station within the framework of the state assignment for the provision of public services (performance of works) dated April 25, 2024 No. 082-03-2024-220/3 on the topic "Monitoring the development of crops using invasive and remote research methods and taking operational measures to adjust nutrition and phytosanitary conditions (Stage I)". The scheme of the field experiment involved the study of the following options: control, Background N13P60, Background +N35, Background + N51, Background + N70, Background + N87. The humus content in the 0...20 cm soil layer of the experimental site was 5.4% (according to Tyurin), mobile phosphorus and potassium (according to

Machigin) - 25 and 270 mg / kg, respectively, N-NO₃ – 30 mg/ kg, pH of the soil solution – 6.5 units. As a result of the research, it was revealed that nitrogen top dressing significantly increased the yield of winter wheat, and the difference in the average data relative to the control was 0.53 and 1.53 t/ha. The highest productivity of winter wheat relative to all variants of the experiment was provided by the option with the introduction of Background + N70 – 5.27 t/ha, which is higher than other variants of the experiment.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, озимая пшеница, нитратный азот, аммонийный азот, урожайность.

Key words: leached chernozem, winter wheat, nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, yield.

Одной из важнейших зерновых культур в нашей стране является озимая пшеница. Эта сельскохозяйственная культура, занимающая доминирующее положение по посевным площадям, является главной в обеспечении продовольственной безопасности страны [2;5].

В 2023 году Россия собрала второй рекордный урожай зерновых в истории. По предварительным данным Минсельхоза РФ, это порядка 143 млн тонн, а с новыми регионами ожидается примерно 147 млн тонн. Площадь озимых под урожай 2024 года составила 20 млн гектаров, это на миллион гектаров больше, чем в 2023 году. По итогам 2024 года производство озимой пшеницы в России составило более 43 млн тонн [1].

Азот является одним из ключевых элементов питания растений, особенно для зерновых культур, таких как озимая пшеница. Он играет важную роль в синтезе белков, хлорофилла и нуклеиновых кислот, влияя на рост, развитие и урожайность растений. [7;8].

Оптимальная доза азота зависит от многих факторов: типа почвы, климата, предшественника, уровня плодородия и ожидаемой урожайности. В среднем, для озимой пшеницы рекомендуется вносить от 120 до 180 кг/га азота в зависимости от указанных выше факторов [5;4].

Правильное питание озимой пшеницы азотом является ключевым фактором для достижения высоких урожаев и качественного зерна. Важно учитывать все аспекты: источники азота, стадии внесения, формы удобрений и оптимальные дозы, чтобы обеспечить сбалансированное питание растений и избежать негативных последствий как дефицита, так и избытка азота [3;6].

Цель исследования – заключалась в изучении мониторинг развития растений озимой пшеницы на черноземе выщелоченном с использованием неинвазивных и традиционных методов определения содержания азота почва – растения.

Полевые исследования проводились с 2022 по 2024 гг на землепользовании сельскохозяйственной опытной станции в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) от «25» апреля 2024 года №082-03-2024-220/3 на тему «Мониторинг развития сельскохозяйственных культур с помощью инвазивных и дистанционных методов исследования и принятие оперативных мер по корректировке питания и фитосанитарного состояния (I этап)».

Территория опытной сельскохозяйственной станции расположена в зоне умеренного увлажнения Ставропольского края и характеризуется неустойчивыми показателями климата, которые в первую очередь выражаются в неравномерности выпадения осадков в течение года. Среднегодовое количество осадков по многолетним данным составляет 551 мм, сумма активных температур находится в пределах 3000-3200°C, ГТК составляет 1,1-1,3. В ходе агрохимического обследования перед закладкой опыта было выявлено, что почвы средне обеспечены органическим веществом (5,1-5,4%), N-NO₃ (16-30 мг/кг); P₂O₅ (20-25 мг/кг), K₂O (220-270 мг/кг), реакция почвенного раствора нейтральная (6,1-6,5 ед.).

Полевой эксперимент, на котором изучалось эффективность минеральных удобрений в посевах озимой пшеницы сорта Алексеевич, опыт заложен в производственных условиях, повторность опыта 3-х кратная, площадь одной деланки ширина – 0,2 га, общая S опыта – 3,0 га, по схеме: контроль, Фон N₁₃P₆₀, Фон +N₃₅, Фон + N₅₁, Фон + N₇₀, Фон + N₈₇.

В опыте использовали сорт озимой пшеницы Алексеич. Включён в

Госреестр по Центрально-Чернозёмному и Северо-Кавказскому регионам. Вегетационный период - 228-279 дней. Созревает на 2-6 дней позднее сорта Ермак и в сроки, близкие к сортам Гром, Альмера. Зимостойкость выше средней. Высота растений - 77-96 см. Устойчив к полеганию. Хлебопекарные качества отличные. Сильная пшеница. По данным заявителя, высокоустойчив к бурой ржавчине. Устойчив к мучнистой росе, септориозу и жёлтой ржавчине. Умеренно устойчив к фузариозу колоса. Восприимчив к твёрдой головне.

В ходе полевых испытаний были проведены отбор и анализ образцов почвы в начале и конце вегетационного периода в соответствии с общепринятыми методами. Образцы почвы были проанализированы в лаборатории «Агрохимического анализа» НПЦ «Агробιοтехнологий» Института аграрной генетики и селекции. В исследовании использовались традиционные методы, используемые при проведении подобных полевых экспериментов.

Азот является необходимым элементом, обеспечивающим рост и развитие растений. Он входит в состав аминокислот, а также пуриновых и пиримидиновых оснований. Для растений азот почвы доступен в виде минеральных соединений – в аммонийной и нитратной формах. Содержание азота в почве в слое 0-20 см определялось непосредственно в фазу кущения озимой пшеницы: величина нитратного азота в среднем за 2022 – 2024 гг. была в пределах 13,5 – 23,6 мг/кг, аммонийного – 24,5 – 33,4 мг/кг; в выход в трубку величина нитратного азота – 8,3 – 16,7 мг/кг, аммонийного – 22,1 – 27,7 мг/кг; в фазу колошение: 15,4 – 28,3 и 19,2 – 25,1 мг/кг, в фазе полной спелости содержание нитратного азота находилась в пределах 9,7 – 15,1 мг/кг, аммонийного - 16,3 – 21,4 мг/кг почвы. Динамика содержания минеральных форм азота в слое 0-20 см почвы в фазах кущение, выход в трубку, колошение и полная спелость при применении различных доз азотных подкормок, в среднем за годы исследования представлена в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Динамика содержания нитратного азота NO₃ (мг/кг почвы) в посевах озимой пшеницы, за 2022 – 2024 гг.

Таблица 49

Азотная подкормка	Сроки отбора															
	Конец кушения				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость			
	2022	2023	2024	средн	2022	2023	2024	средн	2022	2023	2024	средн	2022	2023	2024	средн
Контроль	12,2	20,2	8,4	13,5	8,6	14,2	4,2	9,0	20,4	24,4	8,8	17,9	11,2	14,2	5,6	10,3
Фон N ₁₃ P ₆₀	13,5	22,4	7,6	14,5	8,9	12,2	3,9	8,3	16,4	20,5	9,2	15,4	12,0	13,0	4,0	9,7
Фон +N ₃₅	15,1	26,8	9,6	17,2	11,6	16,8	4,5	11,0	23,4	28,1	10,3	20,6	13,9	16,1	6,9	12,3
Фон + N ₅₁	17,8	30,2	10,0	19,3	13,9	18,1	6,1	12,7	24,8	29,1	10,9	21,6	14,9	17,9	7,8	13,5
Фон + N ₇₀	20,4	34,8	11,2	22,1	15,9	22,1	7,5	15,2	26,9	32,9	14,8	24,9	16,0	19,0	8,5	14,5
Фон + N ₈₇	22,2	36,8	11,9	23,6	17,8	23,4	8,8	16,7	28,7	36,8	19,4	28,3	16,2	20,2	9,0	15,1
НСР ₀₅ =	2,3				1,9				1,2				1,1			

Таблица 2. Динамика содержания аммонийного азота NH₄ в посевах озимой пшеницы, за 2022 – 2024 гг.

Азотная подкормка	Сроки отбора															
	Конец кушения				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость			
	2022	2023	2024	средн	2022	2023	2024	средн	2022	2023	2024	средн	2022	2023	2024	средн
Контроль	24,2	30,4	19,8	24,8	22,0	26,5	17,8	22,1	20,6	23,8	14,2	19,5	18,6	20,7	12,0	17,1
Фон N ₁₃ P ₆₀	25,8	30,9	18,9	25,2	21,6	25,4	18,0	21,7	18,9	23,6	15,0	19,2	17,8	19,5	11,5	16,3
Фон +N ₃₅	27,2	34,5	20,7	27,5	24,1	28,9	18,7	23,9	22,4	26,1	17,0	21,8	19,4	21,8	12,4	17,9
Фон + N ₅₁	30,2	36,7	21,8	29,6	25,7	30,4	19,0	25,0	23,4	27,2	17,3	22,6	20,4	22,9	13,7	19,0
Фон + N ₇₀	32,6	38,9	22,8	31,4	26,7	32,2	19,9	26,3	24,8	28,0	17,9	23,6	21,8	24,8	14,2	20,3
Фон + N ₈₇	34,4	42,2	23,7	33,4	27,8	34,3	21,0	27,7	25,7	30,2	19,4	25,1	22,7	26,9	14,7	21,4
НСР ₀₅ =	2,6				2,0				1,3				1,2			

В результате исследований установлено, что содержание нитратного азота в почве от фазы кущения к фазе выхода в трубку происходило снижение данного показателя на 6, 22 мг/кг, что связано с интенсивным его потреблением из почвы, для синтеза белков, нуклеиновых кислот и других важных органических соединений. Растение поглощает доступный азот из почвы, что приводит к снижению его концентрации. От фазы выхода в трубку к фазе колошения, заметна динамика к повышению его концентрации в почве на 9,3 мг/кг, что связано с завершением активного роста вегетативных органов растения. Это означает, что потребность в азоте для их формирования снижается, и часть азота остается неиспользованной растением. Далее от фазы колошения к фазе полной спелости, наблюдалось неуклонное снижение нитратного азота на 8,9 мг/кг, вследствие максимального использования азота растением для формирования урожая.

При сравнении содержания минеральных форм азота в почве в варианте без удобрений следует отметить, что аммонийного азота в почве оказалось больше, чем нитратного, на 55,9%. В результате проведенной подкормки растений пшеницы азотными удобрениями произошло повышение содержания азота почвы: наибольшее количество азота представлено в форме аммонийного азота – до 22,7 мг/кг почвы, а нитратного – до 16,1 мг/кг. По фазам развития растений произошло снижение минеральных форм азота в почве от фазы кущения к полной спелости. Представленные результаты свидетельствуют, что азотные удобрения увеличили содержание минеральных форм азота в почве, по сравнению с контролем, но не в равной мере. Так, наибольшую прибавку нитрата обеспечил вариант с внесением Фон + N₈₇ на 4,3-8,6 мг/кг, в меньшей степени – Фон N₁₃P₆₀ на 0,6-2,2 мг/кг. Увеличение аммонийного азота почвы при подкормке азотными удобрениями в наибольшей степени было в варианте с Фон + N₈₇ (на 4,3-8,6), в меньшей степени – в варианте с Фон N₁₃P₆₀ (на 0,40- 0,80 мг/кг). Максимальный показатель по содержанию нитратного и аммонийного азота в 0-20 см слое почвы обеспечил вариант Фон + N₈₇ во всех фазах роста и развития растений в 2023 году, что связано с наиболее благоприятными погодными условиями.

Применяемая описательная статистика содержания нитратного азота NO_3 в посевах озимой пшеницы показала, что наибольшая стандартная ошибка у варианта Фон + N_{87} (2,721751), наименьшая – Фон $\text{N}_{13}\text{P}_{60}$ (1,673018) (таблица 3).

Таблица 3. Описательная статистика содержания нитратного азота NO_3 (мг/кг почвы) в посевах озимой пшеницы, за 2022 – 2024 гг.

	контроль	Фон $\text{N}_{13}\text{P}_{60}$	Фон + N_{35}	Фон + N_{51}	Фон + N_{70}	Фон + N_{87}
Среднее	12,7	11,96667	15,25833	16,79167	19,16667	20,93333
Стандартная ошибка	1,810324	1,673018	2,175882	2,281861	2,546665	2,721751
Медиана	11,7	12,1	14,5	16,35	17,5	19,8
Стандартное отклонение	6,271146	5,795505	7,537477	7,904597	8,821908	9,428423
Дисперсия выборки	39,32727	33,58788	56,81356	62,48265	77,82606	88,89515
Экссесс	-0,56416	-0,35736	-0,64393	-0,70709	-0,52029	-0,45104
Асимметричность	0,576574	0,383964	0,513434	0,507039	0,547139	0,535067
Интервал	20,2	18,5	23,6	24,1	27,3	28
Минимум	4,2	3,9	4,5	6,1	7,5	8,8
Максимум	24,4	22,4	28,1	30,2	34,8	36,8
Сумма	152,4	143,6	183,1	201,5	230	251,2
Счет	12	12	12	12	12	12
Уровень надежности (95,0 %)	3,984496	3,682288	4,789084	5,022341	5,605173	5,990534

Наибольшие стандартные отклонения у варианта Фон + N_{87} (9,428423), наименьшие – Фон $\text{N}_{13}\text{P}_{60}$ (5,795505). Мера интенсивности выбросов (экссесс) наибольшая у варианта – Фон + N_{51} (-0,70709). Наибольший уровень надежности (95,0%) у варианта Фон + N_{87} (5,990534).

Проверка различия между вариантами изменчивости содержания азота в почве определяется как существенная ($2,511005 > 2,353809$) на уровне значимости 0,05 по F-критерию Фишера (таблица 4).

Таблица 4. Дисперсионный анализ (F-критерий Фишера)

Источник вариации	SS	df	MS	F теоретическое	p-значение	F критическое
Между вариантами	751,0678	5	150,2136	2,511005	0,038398	2,353809

Внутри вариантов	3948,258	66	59,8221			
Итого	4699,326	71				

Описательная статистика динамики содержания аммонийного азота NH_4 в посевах озимой пшеницы отразила, что наибольшая стандартная ошибка у варианта Фон + N_{87} (2,17774), наименьшая – у контроля (1,462813) (таблица 5). Наибольшие стандартные отклонения у варианта Фон + N_{87} (7,543912), наименьшие – у контроля (5,067334). Мера интенсивности выбросов (эксцесс) наибольшая у варианта – Фон $\text{N}_{13}\text{P}_{60}$ (0,276608). Наибольший уровень надежности (95,0%) у варианта Фон + N_{87} (4,793173).

Таблица 5. Описательная статистика динамики содержания аммонийного азота NH_4 в посевах озимой пшеницы, за 2022 – 2024 гг.

	Контроль	Фон $\text{N}_{13}\text{P}_{60}$	Фон + N_{35}	Фон + N_{51}	Фон + N_{70}	Фон + N_{87}
Среднее	20,88333	20,575	22,76666667	24,05833	25,38333	26,91667
Стандартная ошибка	1,462813	1,512379	1,70063862	1,844585	1,986997	2,17774
Медиана	20,65	19,2	22,1	23,15	24,8	26,3
Стандартное отклонение	5,067334	5,239036	5,891184992	6,38983	6,883159	7,543912
Дисперсия выборки	25,67788	27,4475	34,70606061	40,82992	47,37788	56,91061
Эксцесс	0,20482	0,276608	0,409050951	0,044803	0,051772	0,243304
Асимметричность	0,050065	0,314607	0,294290195	0,389118	0,380032	0,473218
Интервал	18,4	19,4	22,1	23	24,7	27,5
Минимум	12	11,5	12,4	13,7	14,2	14,7
Максимум	30,4	30,9	34,5	36,7	38,9	42,2
Сумма	250,6	246,9	273,2	288,7	304,6	323
Счет	12	12	12	12	12	12
Уровень надежности (95,0%)	3,219631	3,328725	3,743080366	4,059904	4,373351	4,793173

Проверка различия между вариантами изменчивости содержания азота в листьях растений определяется как существенная ($30,52204 > 1,952211939$) на уровне значимости 0,05 (таблица 6).

Таблица 6. Дисперсионный анализ (F-критерий Фишера) динамики содержания аммонийного азота NH_4 в посевах озимой пшеницы

Источник вариации	SS	df	MS	F теоретическое	P-значение	F критическое
Между вариантами	2494,063	11	226,733	30,52204	1,62293E-20	1,952211939
Внутри варианта	445,71	60	7,4285			
Итого	2939,773	71				

Анализируя влияние азотных подкормок на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы можно отметить, что в среднем по всем вариантам опыта содержание азота в растениях озимой пшеницы снижалось от фазы кущения до фазы полной спелости с 2,25 до 4,31% соответственно (таблица 7).

Таблица 7. Влияние азотных подкормок на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы (2022 – 2024 гг.)

Азотная подкормка	Сроки отбора															
	Конец кущения				Выход в трубку				Колошение				Полная спелость			
	2022	2023	2024	средн	2022	2023	2024	средн	2022	2023	2024	средн	2022	2023	2024	средн
Контроль	4,0	4,3	3,9	4,07	3,4	3,4	3,4	3,4	2,4	2,4	2,6	2,47	1,9	1,9	2,2	2,0
Фон $\text{N}_{13}\text{P}_{60}$	4,1	4,4	3,9	4,13	3,4	3,4	3,5	3,43	2,5	2,4	2,7	2,53	2,0	1,9	2,3	2,07
Фон + N_{35}	4,3	4,5	4,0	4,27	3,5	3,6	3,5	3,53	2,6	2,5	2,8	2,63	2,1	2,0	2,4	2,17
Фон + N_{51}	4,3	4,6	4,2	4,37	3,7	3,7	3,6	3,67	2,7	2,5	2,9	2,70	2,3	2,1	2,6	2,33
Фон + N_{70}	4,4	4,7	4,3	4,47	3,7	3,7	3,7	3,70	2,7	2,6	2,9	2,73	2,3	2,2	2,7	2,40
Фон + N_{87}	4,5	4,7	4,4	4,53	3,8	3,7	3,8	3,77	2,8	2,7	3,0	2,83	2,5	2,3	2,8	2,53
$\text{НСР}_{05} =$	0,26				0,19				0,15				0,14			

Данная тенденция объясняется тем, что с увеличением биомассы растений концентрация азота в них снижается. Так, на контрольном варианте к фазе кущения концентрация азота в растениях снижалась по сравнению с предыдущим сроком отбора растительных проб к фазе выхода в трубку – на 0,72%, к колошению – на 0,94%, тогда как к фазе полной спелости – на 0,40%. Вероятно, это обусловлено тем, что после фазы кущения корневое питание растений

затухает, а накопление азота в зерне происходит в основном за счет процесса реутилизации.

Внесение подкормки в дозе Фон + N₈₇ способствовало достоверному увеличению концентрации общего азота в растениях озимой пшеницы вне зависимости от фазы развития культуры (4,53%; 3,77%; 2,83%; 2,53%) прибавка составила от 0,36 до 0,53%. Вариант Фон N₁₃P₆₀ формировал содержание элемента несущественно превышающий контрольный показатель 0,13% в фазу кущения – 0,06%, в фазу выхода в трубку – 0,03%, в фазу колошения – 0,06% и в фазу полной спелости – 0,07%.

Описательная статистика влияния азотных подкормок на динамику содержания азота в растениях озимой пшеницы показала, что внутри вариантов наибольший интерквартильный размах наблюдается у вариантов Фон + N₇₀, Фон + N₈₇ и Фон + N₅₁, который составляет 1,6% (таблица 8). А наименьший – у остальных вариантов (1,5%).

Разброс (вариация) значений выборки наибольший у вариантов Фон N₁₃P₆₀, Фон + N₃₅, Фон + N₅₁ и Фон + N₇₀ (2,5%), наименьший – по контролю и Фон + N₈₇ (2,4%). Наибольшая стандартная ошибка у варианта Фон + N₅₁ (0,245978), наименьшая – Фон + N₈₇ (0,241471). Наименьшие стандартные отклонения у варианта Фон + N₈₇ (0,836479), наибольшие – Фон + N₇₀ (0,864581). Мера интенсивности выбросов наибольшая у варианта – контроль (-1,52209). Наибольший уровень надежности (95,0 %) у варианта Фон + N₇₀ (0,549328).

Проверка различия между вариантами по проценту влияния азотных подкормок на динамику содержания азота в растениях озимой пшеницы определяется как существенная (141,0486 > 1,952212) на уровне значимости 0,05 (таблица 9).

Таблица 8. Описательная статистика влияния азотных подкормок на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы (2022-2024 гг.)

	Контроль	Фон N ₁₃ P ₆₀	Фон + N ₃₅	Фон + N ₅₁	Фон + N ₇₀	Фон + N ₈₇
Среднее	2,983333	3,041667	3,15	3,266667	3,325	3,416667
Стандартная ошибка	0,244897	0,245091	0,24848	0,245978	0,249583	0,241471
Медиана	3	3,05	3,15	3,25	3,3	3,35
Стандартное отклонение	0,84835	0,849019	0,860761	0,852092	0,864581	0,836479
Дисперсия выборки	0,719697	0,720833	0,740909	0,726061	0,7475	0,699697
Экссесс	-1,52209	-1,38683	-1,384	-1,48291	-1,4409	-1,48467
Асимметричность	0,150782	0,18235	0,203216	0,179348	0,249845	0,260781
Интервал	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4
Минимум	1,9	1,9	2	2,1	2,2	2,3
Максимум	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7
Сумма	35,8	36,5	37,8	39,2	39,9	41
Счет	12	12	12	12	12	12
Уровень надежности (95,0%)	0,539016	0,539441	0,546901	0,541393	0,549328	0,531473

Таблица 9. Дисперсионный анализ (F-критерий Фишера) влияния азотных подкормок на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы

Источник вариации	SS	df	MS	F теоретическое	P-значение	F критическое
Между вариантами	47,75278	11	4,341162	141,0486	1,42E-38	1,952212
Внутри вариантов	1,846667	60	0,030778			
Итого	49,59944	71				

Исследуемые азотные подкормки существенно увеличивали урожайность озимой пшеницы, и разница средних данных относительно контроля составила 0,53 и 1,53 т/га (таблица 10). Наибольшую продуктивность озимой пшеницы относительно всех вариантов опыта обеспечил вариант с внесением Фон + N₇₀ – 5,27 т/га, что выше других вариантов опыта.

Таблица 10. Влияние азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы, за 2022 – 2024 гг.

Азотная подкормка	Урожайность, т/га			Средняя урожайность, т/га
	2022	2023	2024	
Контроль	3,69	4,01	3,52	3,74
Фон N ₁₃ P ₆₀	3,96	4,10	3,70	3,92
Фон + N ₃₅	4,23	4,58	4,18	4,33
Фон + N ₅₁	5,04	5,10	4,50	4,88
Фон + N ₇₀	5,30	5,31	5,20	5,27
Фон + N ₈₇	5,10	5,15	5,05	5,10
НСР ₀₅ =	0,35	0,29	0,30	0,32

Таким образом, анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что все применяемые в опыте азотные подкормки способствовала достоверному (на уровне значимости 0,05) увеличению концентрации общего азота в растениях озимой пшеницы вне зависимости от фазы развития культуры, что описала описательная статистика. Прибавка составила от 2,25 до 4,31%. Наибольшая концентрация, существенно превышающая все изучаемые варианты, формируется при изучении азотных подкормок на варианте Фон + N₈₇ существенно превышающий другие дозы азотных удобрений. В 2023 году была получена самая высокая урожайность озимой пшеницы, в виду оптимальных погодных условий, которые включают умеренную температуру осенью и весной, достаточное количество осадков в течение всего периода роста, стабильную зиму с наличием снежного покрова и отсутствие экстремальных температурных колебаний. Максимальная урожайность в 2023 году была получена на варианте Фон + N₇₀ – 5,31 т/га, что выше других вариантов опыта на 0,16-1,30 т/га.

Литература

1. Ситников, В. Н. Влияние климатических условий на продуктивность озимой пшеницы в Центральном Предкавказье / В. Н. Ситников, А. Н. Есаулко, Е. В. Письменная // International Agricultural Journal. – 2024. – Т. 67, № 4. – DOI 10.55186/25880209_2024_8_4_8. – EDN FMOXKN.

2. Влияние норм минеральных удобрений на химический состав растений озимой пшеницы в фазу всходов в почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко, Е. В. Письменная [и др.] // Современное состояние и перспективы развития садоводства, виноградарства и питомниководства в Российской Федерации : сборник трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора, доктора сельскохозяйственных наук Н. М. Куренного, Ставрополь, 01 января – 31 2023 года / ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: Издательство "АГРУС" Ставропольского государственного аграрного университета, 2023. – С. 169-175.

3. Роль минеральных удобрений при программировании урожая озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Е. А. Устименко, А. Н. Есаулко, А. И. Подколзин, И. О. Лысенко // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 967. – EDN RVDCCJ.

4. Влияние минеральных удобрений на пораженность озимой пшеницы корневой гнилью в умеренно-влажной зоне Ставропольского края / Е. А. Саленко, А. Н. Есаулко, А. П. Шутко, А. И. Подколзин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1642. – EDN TGREJJ.

5. Устименко, Е. А. Оптимизация применения доз и способов внесения азотных удобрений под озимые культуры в Ставропольском крае / Е. А. Устименко // Молодые ученые СКФО для АПК региона и России : II межрегиональная научно-практическая конференция, Ставрополь, 08–09 февраля 2013 года. – Ставрополь: Издательство "АГРУС", 2013. – С. 41-43. – EDN PZWPIJ.

6. Динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур в КФХ "Жамкочан А. Г." Отрадненского района Краснодарского края / А. Н. Есаулко, А. А. Куценко, Е. А. Саленко [и др.] // Новое слово в науке. Молодежные чтения : сборник научных трудов по материалам Всероссийской

научно-практической конференции, Ставрополь, 21–23 марта 2018 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 68-70. – EDN ХТНРУД.

7. Влияние азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы возделываемой на черноземе выщелоченном / А. Ю. Ожередова, Е. А. Саленко, Е. В. Голосной [и др.] // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ, Ставрополь, 04–05 октября 2018 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 89-92. – EDN VKLRRM.

8. Эффективность применения азотных подкормок в посевах озимой пшеницы / А. Н. Есаулко, М. С. Сигида, А. Ю. Ожередова [и др.] // Новое слово в науке. Молодежные чтения : сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Ставрополь, 21–23 марта 2018 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 74-75. – EDN ХТНРУТ.

Literature

1. Sitnikov, V. N. The influence of climatic conditions on the productivity of winter wheat in the Central Caucasus / V. N. Sitnikov, A. N. Esaulko, E. V. Pisannaya // International Agricultural Journal. – 2024. – Vol. 67, No. 4. – DOI 10.55186/25880209_2024_8_4_8. – EDN FMOXKN.

2. The influence of mineral fertilizer norms on the chemical composition of winter wheat plants in the germination phase in the soil and climatic zones of the Central Caucasus / A. Yu. Ozheredova, A. N. Esaulko, E. V. Pisannaya [et al.] // The current state and prospects of horticulture, viticulture and nursery production in the Russian Federation : a collection of works based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor,

Doctor of Agricultural Sciences N. M. Kurenyy, Stavropol, January 01 - 31, 2023 / Stavropol State Agrarian University. – Stavropol: Publishing house "AGRUS" of Stavropol State Agrarian University, 2023. – pp. 169-175.

3. The role of mineral fertilizers in programming the harvest of winter wheat in the zone of unstable humidification of the Stavropol Territory / E. A. Ustimenko, A. N. Esaulko, A. I. Podkolzin, I. O. Lysenko // Modern problems of science and education. – 2013. – No. 6. – p. 967. – EDN RVDCCJ.

4. The influence of mineral fertilizers on the infestation of winter wheat by root rot in the moderately humid zone of the Stavropol Territory / E. A. Salenko, A. N. Esaulko, A. P. Shutko, A. I. Podkolzin // Modern problems of science and education. - 2014. – No. 6. – p. 1642. – EDN TGREJJ.

5. Ustimenko, E. A. Optimization of the use of doses and methods of applying nitrogen fertilizers for winter crops in the Stavropol Territory / E. A. Ustimenko // Young scientists of the North Caucasus Federal District for the agro-industrial complex of the region and Russia : II interregional scientific and practical conference, Stavropol, February 08-09, 2013. Stavropol: Publishing house "AGRUS", 2013. – pp. 41-43. – EDN PZWPIJ.

6. Dynamics of yield of main agricultural crops in the farm "Zhamkochan A. G." of the Otrادنensky district of the Krasnodar Territory / A. N. Yesaulko, A. A. Kutsenko, E. A. Salenko [et al.] // New word in science. Youth readings : a collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Stavropol, March 21-23, 2018. – Stavropol: SEQUOIA Limited Liability Company, 2018. – pp. 68-70. – EDN XTNPYD.

7. The influence of nitrogen fertilizing on the yield of winter wheat cultivated on leached chernozem / A. Yu. Ozheredova, E. A. Salenko, E. V. Golosnoy [et al.] // Theoretical and technological foundations of biogeochemical flows of substances in agricultural landscapes : A collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Agrochemistry and Physiology plants of Stavropol State Agrarian

University, Stavropol, October 04-05, 2018. – Stavropol: SEQUOIA Limited Liability Company, 2018. – pp. 89-92. – EDN VKLRRM.

8. The effectiveness of nitrogen fertilizing in winter wheat crops / A. N. Yesaulko, M. S. Sigida, A. Yu. Ozheredova [et al.] // New word in science. Youth readings : a collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Stavropol, March 21-23, 2018. – Stavropol: SEQUOIA Limited Liability Company, 2018. – pp. 74-75. – EDN XTNPYT.

© Ситников В.Н., Есаулко Е.А., Устименко Е.А., Письменная Е.В., Котова А.С., 2024. *International agricultural journal*, 2024, №6/2024

Для цитирования: Ситников В.Н., Есаулко А.Н., Устименко Е.А., Письменная Е.В., Котова А.С. МОНИТОРИНГ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕИНВАЗИВНЫХ И ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ АЗОТА ПОЧВА – РАСТЕНИЯ//*International agricultural journal*. 2024. №6/2024