

ГРНТИ 68.33.29

DOI: [10.51886/1999-740X.2023.3.84](https://doi.org/10.51886/1999-740X.2023.3.84)

**Р.Х. Рамазанова^{1*}, С.И. Танирбергенов¹, М.Н. Пошанов¹, А.И. Сулейменова¹,
А.К. Абай¹, С.Н. Дуйсеков¹**

**СОДЕРЖАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В СЕРОЗЕМАХ СВЕТЛЫХ И РАЗМЕРЫ
ЭМИССИИ АЗОТА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ**

*¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,
e-mail: raushasoil88@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния биоорганических удобрений при возделывании озимой пшеницы, сахарной свёклы и сои на орошаемых светлых сероземах юго-востока Казахстана на содержание минеральных форм азота и размеры эмиссии N_2O из почвы. При проведении листовых обработок растений возделываемых культур минеральными и биоорганическими удобрениями улучшает азотный режим сероземов светлых. Основными источниками питания являются азот легкогидролизуемый и нитратный (более 80 %). Доля аммонийных форм в питании растений незначительна. Проведен учет размеров выбросов закиси азота в начале эксперимента и после первой обработки по листу. Под посевами озимой пшеницы исходная концентрация закиси азота составила 440,3 мкг/м³, в поле, подготовленном под посев 2023 года сахарной свеклы и сои - 373,7 и 557,7 мкг/м³. После первой обработки в вегетацию по листу в среднем по вариантам опыта на посевах озимой пшеницы этот показатель был равным 679 мкг/м³; сахарной свёклы – 576,8 мкг/м³; сои – 637,2 мкг/м³. То есть в агроценозах под озимой пшеницей выбросы N_2O больше, в сравнении с пропашными культурами – сахарной свёклой и соей.

Ключевые слова: озимая пшеница, сахарная свекла, соя, биоорганические удобрения, аминокислоты, минеральный азот почвы, эмиссия азота.

ВВЕДЕНИЕ

Юго-восток Казахстана является традиционно сельскохозяйственным регионом, поставляющим разнообразную продукцию от зерна и кормов до овощей и фруктов. Устойчивое производство высоких урожаев с/х культур хорошего качества сдерживает ряд факторов, в том числе невысокий уровень естественного плодородия почв, на которых сосредоточено сельскохозяйственное производство. Решение этой проблемы возможно путем применения удобрений, в частности азотных, поскольку азот является основным элементом, определяющим продуктивность сельскохозяйственных культур [1].

Но применение азотных удобрений сопряжено с рядом проблем, одной из которых является негативное воздействие на компоненты окружающей среды. При систематическом внесении

азотных удобрений в повышенных дозах в почве могут накапливаться нитраты в значительных количествах, отрицательно влияя на почвенную биоту, на урожай и его качество; мигрируя в грунтовые воды, они могут повышать концентрацию солей, вызывать эвтрофикацию водоемов и др. [2, 3].

В последние годы к этим проблемам добавилась проблема усиления выбросов парникового газа за счет побочного продукта нитрификации и денитрификации – закиси азота (N_2O), «поставщиком» которого является сельское хозяйство. Эмиссия N_2O зависит от многих факторов (тип почвы, вид ценоза, климат, перепад максимальных и минимальных температур, микробиологические процессы, технологии возделывания и др.) [4, 5]. Необходимость оценки эмиссии парниковых газов из сельскохозяйственных почв связана с важней-

шей ролью, которую играют почвы в образовании этих газов. По разным оценкам от 25 % до 60 % парниковых газов имеют почвенное происхождение, что важно при рассмотрении ключевой позиции почвенного покрова в биосферном круговороте этих газов [6-9].

Азот минеральных удобрений легко включается в биогеохимический цикл азота почвы, в том числе в процессы нитрификации и денитрификации, увеличивая вклад в эмиссию выбросов N_2O в атмосферу [10-16]. К примеру, для формирования урожая зерна в 10 т/га с соответствующим количеством побочной продукции потребность в азоте (с учетом Кисп до 60 %) 350–400 кг/га азота. Такое количество добавленного в почву усвояемого растениями и микроорганизмами азота вызовет эмиссию в атмосферу не менее 4–5 кг $N-N_2O$ /га [17, 18].

По оценкам ФАО мировая эмиссия N_2O из почв от применения азотных удобрений увеличилась с 1682 тыс. т в 2000 г. до 2272 тыс. т в 2017 г., т. е. на 35 % за 17 лет [19]. В связи с вышеизложенными данными, в последние годы многие фермеры заменяют азотные туки различными удобрениями органического и биологического происхождения, в том числе с включением аминокислот, которые обладают рядом свойств, оказывающими влияние на продуктивность культур. Обработка культур органическими кислотами и аминокислотами влияет на повышение устойчивости растений к стрессовым факторам - температурный, водный, световой, солевой, почвенный, пестицидный и др. [20]. Аминокислоты участвуют в процессах формирования фертильности пыльцы и образования завязи плодов [21], увеличивают способность усвоения элементов питания [22] и устойчивость к вредителям и болезням [23, 24]. Использование таких удобрений может дополнять традиционные схемы минерально-

го питания с максимальным эффектом. Но то, как такого рода удобрения влияют на выбросы закиси азота (N_2O) из почвы, остается неясным, особенно учитывая их связь с обилием микроорганизмов, участвующих в азотном цикле [25].

В соответствии с принятым 26.03.2009 года Законом РК «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата» о не превышении и сокращении выбросов парниковых газов важным аспектом является оценка степени кумуляции закиси азота и эмиссии газа из почв при возделывании сельскохозяйственных культур и применении удобрений [26].

Данная проблема в Казахстане практически не изучена. Имеются отдельные исследования по изучению динамики парниковых газов для пахотных угодий, оценке эмиссии закиси азота из темно-каштановых почв в 4-польных севооборотах [27, 28]. Не изученными остаются вопросы, связанные с исследованием активности продуцирования закиси азота почвой в зависимости от культуры и вида применяемых удобрений.

Целью наших исследований является изучение эффективности биоорганических удобрений при возделывании озимой пшеницы, сахарной свёклы и сои на орошаемых светлых сероземах юго-востока Казахстана и оценка размеров эмиссии закиси азота из почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые опыты заложены на полях Крестьянского хозяйства «Қайнар Коксу» Коксуского района Жетысуской области в условиях орошаемых светлых сероземов на сельскохозяйственных культурах: озимая пшеница (44°88'34.9398"N 78°11'64.4999"E), соя (44°8'70.15996"N 78°18'76.7999"E) и сахарная свёкла (44°8'55.26197"N 78°17'80.2303"E) (рисунок 1).

Климат района проведения исследований континентальный. Средние температуры января от -9 до -7°C (самый холодный месяц), июля $22-24^{\circ}\text{C}$ (самый жаркий месяц). В некоторых точках температура воздуха зимой может снижаться до -35°C . Годовое коли-

чество атмосферных осадков в равнинной местности составляет 150-250 мм, в горных районах 400-550 мм. При возделывании культур в условиях наших опытов влагообеспеченность не является лимитирующим фактором.

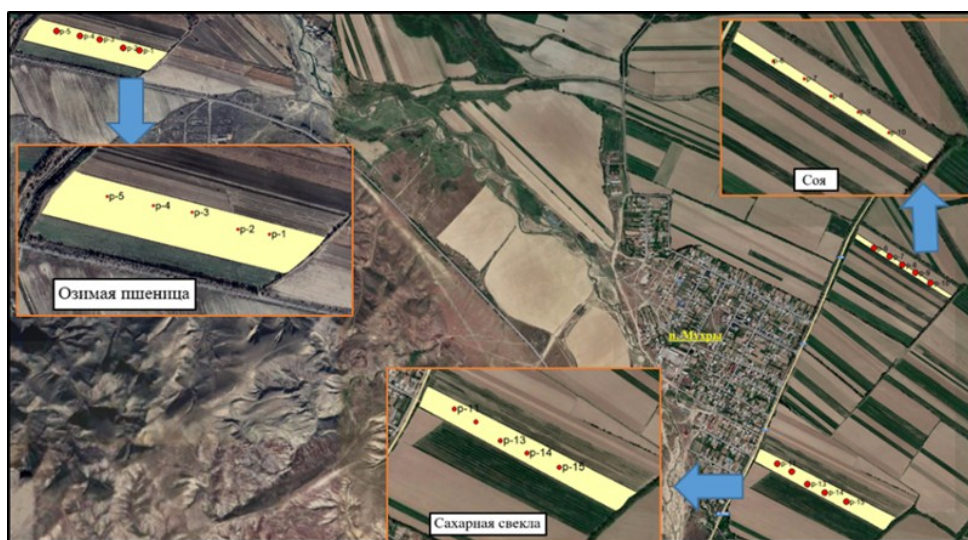


Рисунок 1 – Схема расположения опытных участков

Объекты исследований - сорта сельскохозяйственных культур, районированные в регионе: озимая пшеница, сорт Безостая 100 (оригинатор - Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко НПО Кубань Зерно, РФ), сахарная свёкла, сорт VIORICA KWS (оригинатор - KWS SAAT SE, Германия), соя, сорт Жансая (оригинатор - Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства).

В качестве азотных и биоорганических удобрений в опытах применяли аммиачную селитру (34,5% N), *Ruterr A* - жидкое органоминеральное удобрение, обогащенное хелатами и комплексом аминокислот растительного происхождения (N общий 5,65 %; P_2O_5 5,0 %; K_2O 3,5 %; Fe, Mn, Mo Zn $\leq 0,05$ %; свободные аминокислоты 7,0 %); *Амино turbo* - универсальный биостимулятор нового поколения на основе высоко-насыщенного сбалансированного комплекса ами-

нокислот (N органический 12,8 %, C органический 39 %, аминокислоты общие 85 %, аминокислоты свободные 80 %); *Геогумат* - гуминовое, органоминеральное удобрение с микроэлементами (N 1,2 %, P_2O_5 0,55 %; K_2O 6,5 %; S 2.1 %, Mg, Fe, Si Ca, гуминовая кислота 34 %, фульво-и др. органические кислоты 2 5 %).

Некорневая подкормка азотными и органоминеральными удобрениями проводилась по этапам органогенеза, ответственным за формирование урожая хорошего качества: озимая пшеница и соя - III и IV+V этапах, сахарная свекла - образование 4-6 листьев и 8 листьев на фоне внесения расчетных доз фосфорных удобрений и без них.

Площадь учетных делянок для пропашных культур - 150 м², для пшеницы - 96 м².

Методы исследований. Анализ почвы включал определение вещественного состава: содержание органиче-

ского вещества [ГОСТ 26213-91], определение гумуса по Тюрину; содержание легкогидролизуемого азота по Тюрину и Кононовой; содержание аммиачного азота методом Нesslerа, нитратного азота потенциометрически, путем измерения активности нитрат-ионов ион-селективным электродом, содержание подвижных форм фосфора и калия [ГОСТ 46-42-76 1.7.104. Определение P_2O_5 и K_2O по Мачигину (ЦИНАО)]. Учет эмиссии закиси азота – отбор газа методом закрытых камер по методике Н.П. Бучкиной [29] с дальнейшим определением на газовом хроматографе

Trace 1310 с тройным квадрупольным масс-спектрометрическим детектором TSQ 8000 EVO.

Статистический анализ результатов проведен по общепринятой методике [30] и в Excel 2010 (Майкрософт).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Перед закладкой полевого опыта было проведено агрохимическое обследование почв для определения их обеспеченности гумусом и подвижными формами элементов питания, на основании которых были составлены картограммы (рисунок 2).

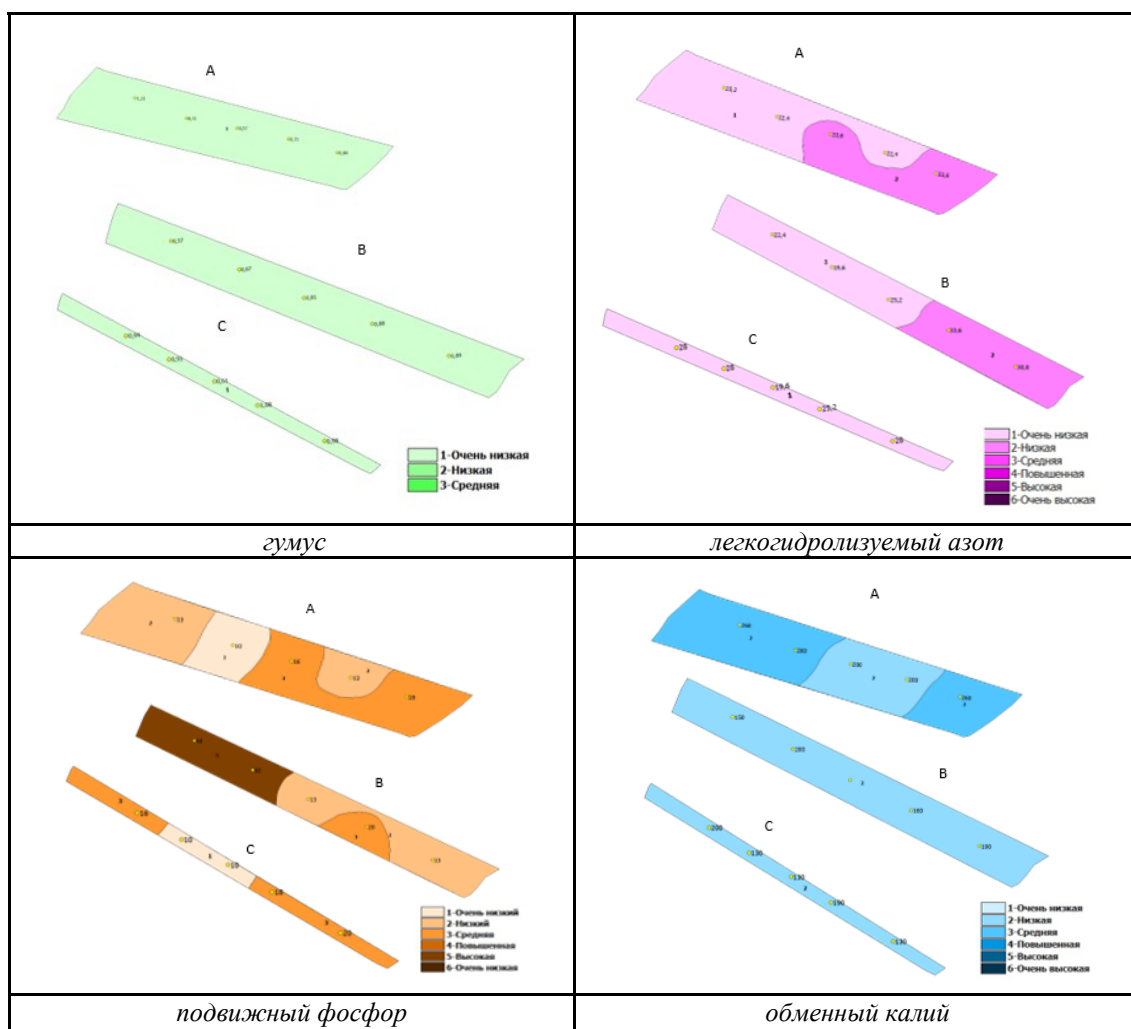


Рисунок 2 – Картограммы содержания гумуса и подвижных форм NPK в почве:

А – озимая пшеница, В – сахарная свёкла, С – соя

Как видно из данных картограмм содержание гумуса и подвижных форм элементов питания очень низкое. В получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур лимитирующим фактором выступает питательный режим почв по азоту и фосфору. В этих условиях необходимым и обязательным является внесение расчетных норм удобрений: для создания оптимального фона по фосфору и калию и применение азотных, органоминеральных, биологических удобрений в течение вегетации. При таком уровне обеспеченности почв элементами питания планировать вы-

сокие урожаи не целесообразно, этот уровень необходимо доводить до оптимального постепенно.

Анализ почвы на содержание минеральных форм азота в начальный период вегетации сельскохозяйственных культур показал, что обработка растений озимой пшеницы удобрениями в фазе кущения после возобновления весенней вегетации положительно повлияла на этот показатель - на контроле его содержание составило 47,1 мг/кг, на удобренных вариантах оно увеличилось до 16,5-21,8 мг/кг (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание форм минерального азота в сероземах светлых в зависимости от применения удобрений, мг/кг

№ п/п	Варианты	Н.л.г.	N-NO ₃	N-NH ₄	N мин, Σ
Озимая пшеница, посев 2022 г.					
1	Контроль – без удобрений	26,1	18,8	2,2	47,1
2	РК расчетная доза	28,0	16,8	1,7	46,5
3	N ₃₀ - III э/о и IV-V э/о	33,6	25,5	9,1	68,2
4	Амино turbo - III э/о и IV-V э/о	33,7	23,3	6,6	63,6
5	Ruterr A - III э/о и IV-V э/о	34,5	20,4	6,5	61,4
6	Геогумат - III э/о и IV-V э/о	34,5	25,3	9,1	68,9
Сахарная свекла, посев 2023 г.					
1	Контроль – без удобрений	27,1	27,3	17,8	72,2
2	N ₃₀ 4-6 листьев и 8 листьев	33,6	31,8	7,0	72,4
3	Амино turbo 4-6 листьев и 8 листьев	26,1	25,6	2,5	54,2
4	Ruterr A 4-6 листьев и 8 листьев	30,8	25,7	2,5	59
5	Геогумат 4-6 листьев и 8 листьев	29,9	22,7	3,1	55,7
6	РК расчетная доза	20,5	13,3	2,5	36,3
7	РК расчетная доза + N ₃₀ 4-6 листьев и 8 листьев	22,4	14,1	5,4	41,9
8	РК расчетная доза + Амино turbo 4-6 листьев и 8 листьев	22,4	14,3	2,0	38,7
9	РК расчетная доза + Ruterr A 4-6 листьев и 8 листьев	19,6	16,9	1,9	38,4
10	РК расчетная доза + Геогумат 4-6 листьев и 8 листьев	25,2	14,9	2,4	42,5
Соя, посев 2023 г.					
1	Контроль без удобрений	24,1	17,4	2,3	43,8
2	N ₃₀ III э/о и IV-V э/о	34,5	15,9	2,2	52,6
3	Амино turbo III э/о и IV-V э/о	33,6	18,3	2	53,9
4	Ruterr A III э/о и IV-V э/о	33,6	18,8	1,4	53,8
5	Геогумат III э/о и IV-V э/о	26,1	17,7	2,5	46,3

Продолжение таблицы № 1

6	РК расчетная доза	28,9	3,9	2,0	34,8
7	РК расчетная доза + N ₃₀ III э/о и IV-V э/о	25,2	5,2	2,8	33,2
8	РК расчетная доза + Амино turbo III э/о и IV-V э/о	25,2	3,9	1,7	30,8
9	РК расчетная доза + Ruterr A III э/о и IV-V э/о	22,4	13,9	1,9	38,2
10	РК расчетная доза + Геогумат III э/о и IV-V э/о	20,5	13,8	3,3	37,6

В этот период из биоудобрений Геогумат сработал на одном уровне с внесением N₃₀ по листу – 68,9 и 68,2 мг/кг соответственно. Среди форм азота на долю легкогидролизуемого приходится 49-60 % и нитратного 33-40 %, доля аммиачной формы азота в азотном питании озимой пшеницы составляет не более 13 %.

В посевах сахарной свеклы содержание подвижных форм азота после первой обработки растений определенной закономерности выявлено не было и на контроле оно составило 72,2 мг/кг, на фоне расчетной дозы фосфора его содержание было в 2 раза ниже – 36,3 мг/кг. В целом, на вариантах с листовой обработкой на фоне без удобрений содержание минерального азота было на уровне 54,2-72,4 мг/кг с максимальным значением на варианте с внесением N₃₀ по листу – 72,4 мг/кг. На удобренном фосфором фоне из изучаемых удобрений лучше сработал Геогумат – 42,5 мг/кг. При этом на контроле соотношение доли легкогидролизуемого и нитратного форм азота было практически равно 1:1, на фоне фосфорных удобрений превалировал азот легкогидролизуемый – 51-59 %.

Фосфорные удобрения, внесенные перед посевом и азотные и органоминеральные, биоудобрения, внесенные в первую подкормку в соответствии со схемой опыта, оказали влияние на содержание элементов питания в почве под посевом сои. Как и в опытах с сахар-

ной свеклой, содержание минеральных форм азота выше на контроле – 43,8 мг/кг, на фоне с фосфором – 34,8 мг/кг. Внесение удобрений по листу на фоне фосфора, по-видимому, способствовало большему развитию корневой системы сахарной свеклы и сои и, соответственно, усилению степени поглощения минерального азота. При этом в посевах сои на контроле сумма форм азота была практически одинаковой по вариантам опыта. На фоне внесения фосфора увеличение количества минерального азота отмечено на вариантах с обработкой по листу Ruterr A и Геогуматом – 38,2 и 37,6 мг/кг соответственно.

В целом, удобрения улучшают азотный режим питания сероземов светлых в посевах возделываемых культур. Основными источниками питания являются азот легкогидролизуемый и нитратный. Аммонийные формы азота практически отсутствуют и применение удобрений не влияет на их динамику.

По данным Novoa, R. et al. такие факторы, как тип культуры, биохимическое качество остатков, управление сельским хозяйством, климат и время года, свойства почвы и влажность почвы, играют значительную роль в скорости выброса закиси азота [31].

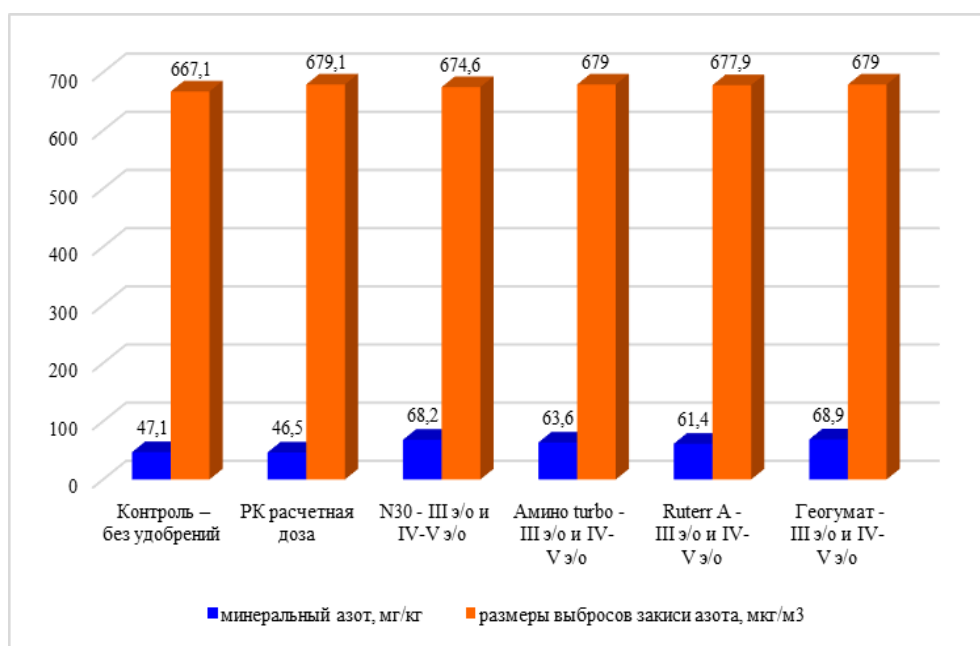
В начале эксперимента нами была проведена оценка по размерам эмиссии азота из сероземных почв опытных участков. Под посевами озимой пшеницы в фазе всходов после осеннего внесе-

ния удобрений исходная концентрация закиси азота составила 440,3 мкг/м³, в поле, подготовленном под посев 2023 года сахарной свеклы и сои этот показатель составил 373,7 и 557,7 мкг/м³. При этом следует отметить, что предшественником сахарной свеклы была озимая пшеница по обороту пласта люцерны. Предшественником сои – необрабатываемая 3-4 года пашня. Это повлияло на размеры эмиссии.

Учет размеров выбросов закиси азота после первой обработки по листу показал, что в среднем по вариантам опыта на посевах озимой пшеницы этот показатель был равным 679 мкг/м³; сахарной свёклы – 576,8 мкг/м³; сои –

637,2 мкг/м³ (рисунки 3-5). То есть в агроценозах под озимой пшеницы выбросы N₂O больше, в сравнении с пропашными культурами – сахарной свёклой и соей, как и в показаниях исходных определений. В начале вегетации культуры по величине выбросов N₂O в атмосферу можно расположить в ряд: озимая пшеница > соя > сахарная свёкла.

Размеры эмиссии азота под посевами озимой пшеницы в зависимости от листовых обработок удобрениями были практически на одном уровне – 675,6-679,0 мкг/м³, при этом меньшие показатели были на варианте с обработкой мочевиной – 674,6 мкг/м³ (рисунок 3).

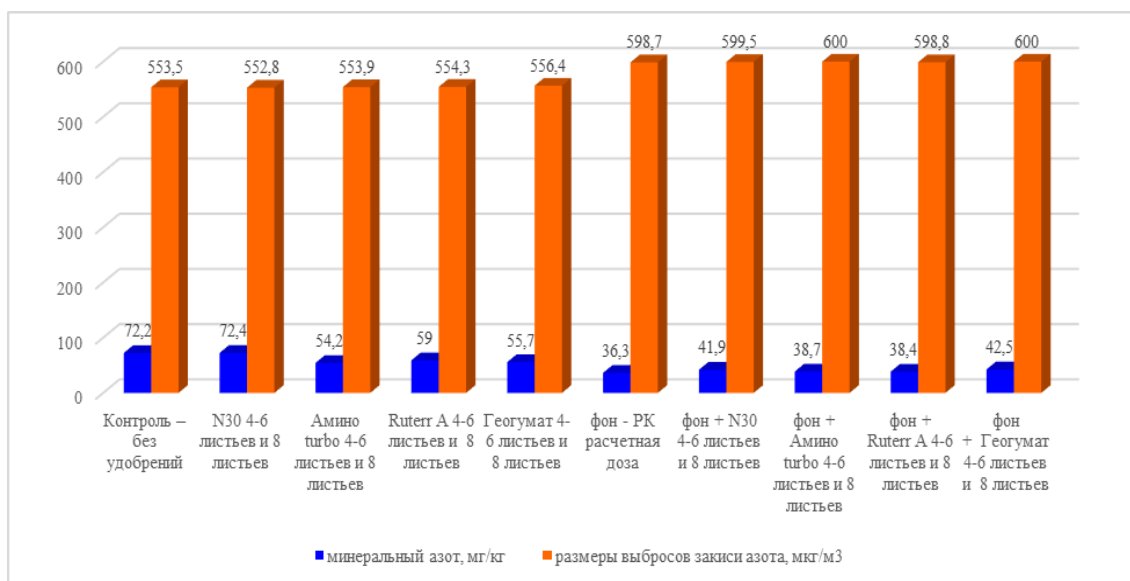


$$r=0,83$$

Рисунок 3 – Влияние удобрений на содержание минерального азота и размеры выбросов закиси азота в почве под посевами озимой пшеницы

Эмиссия закиси азота из почвы под посевами сахарной свеклы была выше на фоне с внесением расчётных норм фосфорных удобрений – 599,4 мкг/м³ и на вариантах только с внесением по ли-

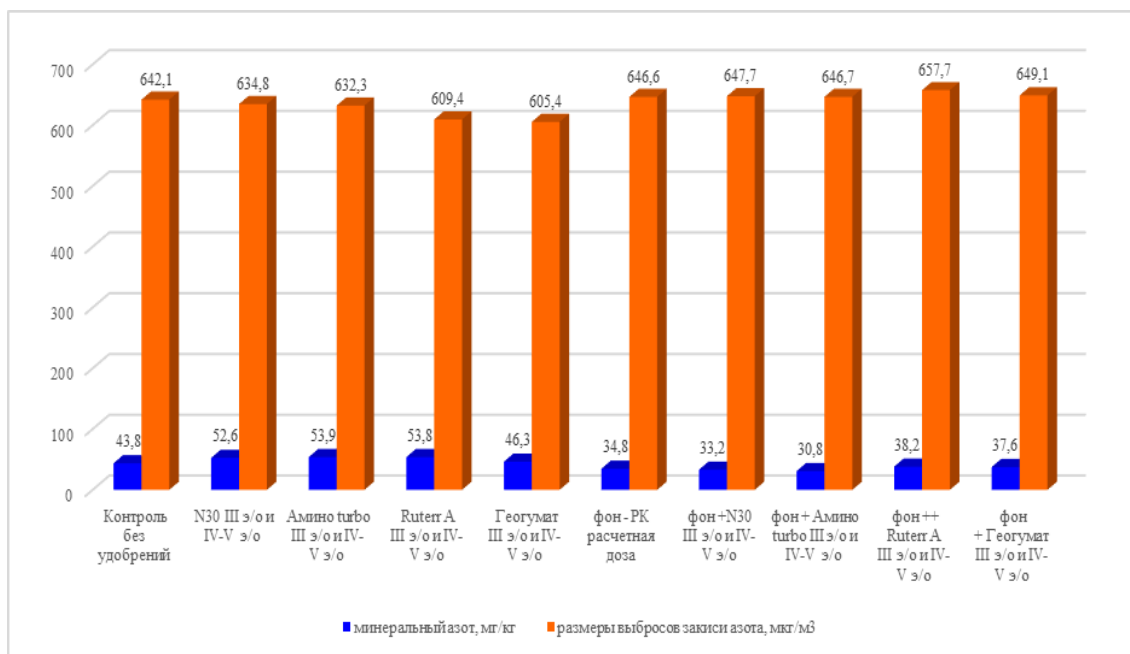
сту азотных и биоорганических удобрений – 554,2 мкг/м³. Значительно разницы между вариантами в размерах выбросов N₂O после первой листовой обработки не выявлено (рисунок 4).



$$r_1 = -0,68, r_2 = 0,44$$

Рисунок 4 – Влияние удобрений на содержание минерального азота и размеры выбросов закиси азота в почве под посевами сахарной свеклы

Под посевами сои отмечают различия по двум фонам. Размеры выбросов закиси азота на контроле – 624,8 мкг/м³ против 649,6 мкг/м³ на фоне с расчетной дозой фосфорных удобрений (рисунок 5).



$$r_1 = 0,59, r_2 = 0,75$$

Рисунок 5 – Влияние удобрений на содержание минерального азота и размеры выбросов закиси азота в почве под посевами сои

На посевах сои на контроле проведение листовых обработок способствовало снижению размеров эмиссии закиси азота – с 642,1 мкг/м³ на контроле до 634,8 и 632,3 мкг/м³ при обработке мочевиной и Амино turbo соответственно. Существенное снижение размеров эмиссии выявлено при листовой обработке сои на III этапе органогенеза Ruterr A – 609,4 мкг/м³ и Геогумат – 605,4 мкг/м³. На фоне с созданием оптимального для сои уровня по фосфору размеры эмиссии составили 646,6 мкг/м³. Значительной разницы между вариантами с проведением листовых обработок на этом фоне не выявлено, размеры эмиссии закиси азота были в пределах 646,7-657,7 мкг/м³.

Как уже отмечалось выше, закись азота вносит значительный вклад в «парниковый эффект» и имеет почвенное происхождение. Источниками N₂O в почвах служат разнообразные процессы микробной трансформации соединений азота - денитрификация, нитрификация, диссимиляционное восстановление нитратов в аммоний, взаимодействие нитритов с аминокислотами и другие. Закись азота имеет особенность – ограниченность ее биологического поглощения, ввиду невозможности ассимиляции растениями, грибами и почвенной зоофауной [32]. Потому единственный путь микробной трансформации N₂O в почвах - восстановление закиси азота денитрифицирующими и азотфиксирующими бактериями [33] и наибольшее значение отдается денитрификации - этап восстановления закиси азота в молекулярный азот за счет функционирования фермента - N₂O-редуктазы. Скорость восстановления закиси азота в почвах, в первую очередь может зависеть может зависеть от концентрации минеральных соединений азота, содержания органического вещества, присутствия растений и других факторов [34].

Изучение взаимосвязи между содержанием минеральных форм азота и

размерами эмиссии N₂O в посевах озимой пшеницы показало, что повышение содержания минеральных форм азота после проведения листовых подкормок минеральными и биоорганическими удобрениями на фоне расчетных доз фосфорных удобрений увеличивает размеры выбросов закиси азота из почвы с высоким коэффициентом корреляции.

В посевах сахарной свёклы при некорневой подкормке растений на контроле выявлена отрицательная линейная корреляция между изучаемыми показателями ($r_1 = -0,68$), что свидетельствует об отсутствии убедительных доказательств значимой связи между изучаемыми переменными. Проведение листовых подкормок сахарной свёклы на фоне с фосфорными удобрениями способствует уменьшению содержания минерального азота в почве, вероятно за счет усиления поглотительной способности корневой системы растений, но при этом, хоть и не значительно, увеличивает размеры выбросов закиси азота ($r_2 = 0,44$).

В посевах сои (азотфиксирующей культуры) содержание минеральных форм азота после проведения листовых подкормок азотными и биоорганическими удобрениями прямо пропорционально количеству закиси азота, выделенной из почвы (рисунок 5). Коэффициент корреляции на контроле $r_1 = 0,59$, на фоне с внесением фосфорных удобрений - $r_2 = 0,75$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наши исследования показали, что проведение листовых обработок растений возделываемых культур минеральными и биоорганическими удобрениями повышает содержание минеральных форм азота с преобладанием азота легкогидролизуемого и нитратного.

Установлено, что на размеры выбросов закиси азота оказывают влияние виды культур и сроки отбора. Под посевами озимой пшеницы осенний учёт исходной концентрации закиси азота

показал значение 440,3 мкг/м³, в поле, подготовленном под посев 2023 года сахарной свеклы и сои - 373,7 и 557,7 мкг/м³ соответственно. Весной после первой обработки в вегетацию по листу в среднем по вариантам опыта на посевах озимой пшеницы этот показатель увеличился до 679 мкг/м³; сахарной свёклы - 576,8 мкг/м³; сои - 637,2 мкг/м³. То есть в агроценозах под озимой пшеницей выбросы N₂O больше, в сравнении с пропашными культурами - сахарной свёклой и соей. В посевах озимой пшеницы повышение содержания минеральных форм азота за счет проведения листовых подкормок минеральными и

биоорганическими удобрениями на фоне фосфорных удобрений увеличивает размеры выбросов закиси азота из почвы. В отличие от варианта без внесения фосфорных удобрений проведение листовых подкормок сахарной свёклы, хоть и не значительно, увеличивает размеры выбросов закиси азота. В посевах сои содержание минеральных форм азота после проведения листовых подкормок азотными и биоорганическими удобрениями прямо пропорционально количеству закиси азота, выделенной из почвы как на контрольном фоне, так и на фоне с внесением фосфорных удобрений.

Финансирование. Данное исследование профинансировано ГУ «Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан» (ИРН AP14870711).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Д.Н. Прянишников. Избранные сочинения. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М.-1953.- Т. 2.- С. 134.
- 2 Клёцкина О.В., Минькевич И.И. Азотное загрязнение подземных вод и управление качеством в промышленных районах// Вестник Пермского университета. - 2014 - вып. 4 (21) - С. 8-20.
- 3 Неверова-Дзиопак Е., Цветкова Л.И. Мероприятия по рекультивации эвтрофированных водоемов// Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 1 (73) - С. 65-70.
- 4 Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Азот в агроecosистеме на черноземных почвах. - М.: РАН, 2018. - 180 с.
5. Федоров Ю.А. Сухоруков В.В., Трубник Р.Г. Аналитический обзор: эмиссия и поглощение парниковых газов почвами. Экологические проблемы// Антропогенная трансформация природной среды. - 2021. Т. 7. № 1. С. 6-34.
- 6 Bouwman, A. and Germon, J. (1998) Soil and Global Change (Special Issue) Introduction. Biology and Fertility of Soil, T. 27, - С. 219.
- 7 Charles A., Rochette P., Whalen J.K., Angers D.A., Chantigny M.H., Bertrand N. Global nitrous oxide emission factors from agricultural soils after addition of organic amendments: A meta-analysis// Agriculture, Ecosystems and Environment. - 2017. - V. 236. - P. 88-98.
- 8 WMO Greenhouse Gas Bulletin. 15-25 November 2019.
- 9 Wuebbles, D.J., Nitrous oxide: no laughing matter. Science, 2009. - С. 56-57.
- 10 Rizhiya E. Y., Olenchenko E. A., Pavlik S. V., Balashov E. V., Buchkina N P. Effect of mineral fertilisers on crop yields and N₂O emission from a loamy-sand Spodosol of NorthWestern Russia// Cereal Research Communications. - 2008. - Vol.36 -P. 1299-1302.

11 Abrol, I.P., R.K. Gupta and R.K. Malik (Editors) Conservation Agriculture. Status and Prospects. Centre for Advancement of Sustainable Agriculture, New Delhi - 2009 - P. 242.

12 Alluvione, F., Bertora, C., Zavattaro, L., and Grignani, C.: Nitrous oxide and carbon dioxide emissions following green manure and compost fertilization in corn, Soil Sci. Soc. Am. J., - 2010 T. 74, C. 384–395.

13 Braun RC, Bremer DJ. Nitrous oxide emissions in turfgrass systems: a review. Agronomy Journal - 2018. – T. 110. – p. 2222–2232.

14 Pal S, Marschner P. Soil respiration, microbial biomass C and N availability in a sandy soil amended with clay and residue mixtures. Pedosphere - 2016.– T. 64. p.3–651.

15 Shakoor A, Xu Y, Wang Q, Chen N, He F, Zuo H, Yin H, Yan X, Ma Y, Yang S. Effects of fertilizer application schemes and soil environmental factors on nitrous oxide emission fluxes in a rice-wheat cropping system, east China. 2018.

16 Ji Y, Liu G, Jing M, Hua X, Yagi K. Effect of controlled-release fertilizer on nitrous oxide emission from a winter wheat field. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2012 - T. 94. - P. 111–122 c.

17 Кудеяров В. Н. Эмиссия закиси азота из почв в условиях применения удобрений// Почвоведение. – 2020. - № 10. - С. 1192-1205.

18 Wang, ZW, Zhang, XS, Mu, YJ Effects of rare-earth fertilizers on the emission of nitrous oxide from agricultural soils in China// Atmospheric Environment, Vol. 42, Issue 16, - 2008, - P. 3882-3887.

19 FAO Stat. 2019 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://faostat.fao.org/static/syb/syb5000.pdf> 32, свободный.

20 Шаповал О.А., Можарова И.П., Пономарева А.С. Эффективность полифункциональных удобрений с включением аминокислот на зерновых культурах// Плодородие. – 2018. - №5. - С. 26-29.

21 Arginase, Arginine Decarboxylase, Ornithine Decarboxylase, and Polyamines in Tomato Ovaries (Changes in Unpollinated Ovaries and Parthenocarpic Fruits Induced by Auxin or Gibberellin). D. Alabadi [h gp.]// Plant Physiology. - 1996. -T. 112. - № 3. - С. 1237-1244.

22 Forde B.G. Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signaling. B.G. Forde, P.J. Lea// Journal of Experimental Botany. - 2007. - T. 58. - № 9. - С. 2339-2358.

23 Homoserine and asparagine are host signals that trigger in planta expression of a pathogenesis gene in Nectria haematococca / Z. Yang [h gp.]// Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. - 2005. - T. 102. - № 11. - С. 4197-4202.

24 Howe G.A. Plant Immunity to Insect Herbivores / G.A. Howe, G. Jander// Annual Review of Plant Biology. - 2008. - T. 59. - № 1. - С. 41-66.

25 Wan, S., Lin, Y., Ye, G., Fan, J., Hu, H. W., Zheng, Y., He, J. Z. (2023). Long-term manure amendment reduces nitrous oxide emissions through decreasing the abundance ratio of amoA and nosZ genes in an Ultisol. Applied Soil Ecology, -T. 184, - P. 104771.

26 Закон Республики Казахстан «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата» - Астана, Акорда, 26 марта 2009 года. № 144-IV ЗРК.

27 Лебедь Л. В., Есеркепова И.Б., Иорганский А.И., Кошен Б.М., Рамазанова С.Б., Царева Е.Г. Динамика парниковых газов для пахотных угодий в Казахстане// Почвоведение и агрохимия. – 2015. – №. 1. – С. 33-52.

28 Кунанбаев К. К. Эмиссия закиси азота в Северном Казахстане на 4-польных

севооборотах//Реализация методологических и методических идей профессора БА Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия. – 2017. – С. 368-371.

29 Бучкина Н.П., Балашов Е.В., Рижия Е.Я., Павлик С.В. Методические рекомендации по мониторингу эмиссии закиси азота из сельскохозяйственных почв. Санкт-Петербург, 2008 – 17 с.

30 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований), Изд. 6 -е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс. 2011. -352 с.

31 Novoa, R., Tejeda, H. Evaluation of the N₂O emissions from N in plant residues as affected by environmental and management factors. *Nutr Cycl Agroecosyst* 75, - P. 29–46 (2006).

32 Davidson, E. A., Fluxes of nitrous oxide and nitric oxide from terrestrial ecosystems. In: Microbial production and consumption of greenhouse gases: methane, nitrogen oxides, and halomethanes, Rogers, J. E., and W. B. Whitman (eds.), Washington: American Society for Microbiology, 1991. - 219–235. c

33 Grankova A.U., Stepanov A.L., Umarov M.M. Enzyme activity of carbon and nitrogen microbial cycles during the self-regeneration of agroecosystems. R.P. Dick (ed) Proceeding, Enzymes in the Environment, Activity, Ecology and Applications. July 12- 15, 1999.

34 Степанов А.Л. Микробная трансформация закиси азота в почвах: автореф. док. биол. наук: 03.00.27, 03.00.07. Москва, 2000. – 49 с.

REFERENCES

1 D.N. Pryanishnikov. Izbranny`e sochineniya. Azot v zhizni rastenij i v zemledelii SSSR. M. -1953.- T.2. -S. 134.

2 Klyoczka O.V., Min`kevich I.I. Azotnoe zagryaznenie podzemny`x vod i upravlenie kachestvom v promy`shlenny`x rajonax// Vestnik Permskogo universiteta. – 2014 – vy`p. 4 (21) – S. 8-20.

3 Neverova-Dziopak E., Czvetkova L.I. Meropriyatiya po rekul`tivacii e`vtrofirovanny`x vodoemov// Voda i e`kologiya: problemy` i resheniya. 2018. № 1 (73) – S. 65-70.

4 Zavalin A.A., Sokolov O.A., Shmy`reva N.Ya. Azot v agrosisteme na chernozemny`x pochvax. – M.: RAN, 2018. – 180 s.

5. Fedorov Yu.A. Suxorukov V.V., Trubnik R.G. Analiticheskij obzor: e`missiya i pogloshhenie parnikovy`x gazov pochvami. E`kologicheskie problemy`// Antropogennaya transformaciya prirodnoj sredy`. - 2021. T. 7. № 1. S. 6–34.

6 Bouwman, A. and Germon, J. (1998) Soil and Global Change (Special Issue) Introduction. Biology and Fertility of Soil, T. 27, S. 219.

7 Charles A., Rochette P., Whalen J.K., Angers D.A., Chantigny M.H., Bertrand N. Global nitrous oxide emission factors from agricultural soils after addition of organic amendments: A meta-analysis// Agriculture, Ecosystems and Environment. - 2017. - V. 236. - P. 88–98.

8 WMO Greenhouse Gas Bulletin. November 15–25, 2019.

9 Wuebbles, D.J., Nitrous oxide: no laughing matter. Science, 2009. - S. 56–57.

10 Rizhiya E. Y., Olenchenko E. A., Pavlik S. V., Balashov E. V., Buchkina N P. Effect of mineral fertilisers on crop yields and N₂O emission from a loamy-sand Spodosol of NorthWestern Russia// Cereal Research Communications. - 2008. - Vol. 36 – P. 1299-1302.

- 11 Abrol, I.P., R.K. Gupta and R.K. Malik (Editors) Conservation Agriculture. Status and Prospects. Centre for Advancement of Sustainable Agriculture, New Delhi. - 2009 - P. 242.
- 12 Alluvione, F., Bertora, C., Zavattaro, L., and Grignani, C.: Nitrous oxide and carbon dioxide emissions following green manure and compost fertilization in corn, Soil Sci. Soc. Am. J., - 2010. - T. 74, P. 384-395.
- 13 Braun RC, Bremer DJ. Nitrous oxide emissions in turfgrass systems: a review. Agronomy Journal - 2018. - T. 110. - p. 2222-2232.
- 14 Pal S, Marschner P. Soil respiration, microbial biomass C and N availability in a sandy soil amended with clay and residue mixtures. Pedosphere - 2016. - T. 64. - p. 3-651.
- 15 Shakoor A, Xu Y, Wang Q, Chen N, He F, Zuo H, Yin H, Yan X, Ma Y, Yang S. Effects of fertilizer application schemes and soil environmental factors on nitrous oxide emission fluxes in a rice-wheat cropping system, east China. 2018.
16. Ji Y, Liu G, Jing M, Hua X, Yagi K. Effect of controlled-release fertilizer on nitrous oxide emission from a winter wheat field. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2012 - T. 94.- P. 111-122.
- 17 Kudeyarov V. N. E`missiya zakisi azota iz pochv v usloviyax primeneniya udobrenij// Pochvovedenie. - 2020. - № 10. - S. 1192-1205.
- 18 Wang, ZW, Zhang, XS, Mu, YJ Effects of rare-earth fertilizers on the emission of nitrous oxide from agricultural soils in China// Atmospheric Environment, Vol. 42, Issue 16, - 2008, - P. 3882-3887.
- 19 FAO Stat. 2019. [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: <http://faostat.fao.org/static/syb/syb5000.pdf> 32, svobodnyj.
- 20 Shapoval O.A., Mozharova I.P., Ponomareva A.S. E`ffektivnost` polifunkcional`ny`x udobrenij s vklyucheniem aminokislot na zernovy`x kul`turax// Plodorodie. - 2018. - №5. - S. 26-29.
- 21 Arginase, Arginine Decarboxylase, Ornithine Decarboxylase, and Polyamines in Tomato Ovaries (Changes in Unpollinated Ovaries and Parthenocarpic Fruits Induced by Auxin or Gibberellin) / D. Alabadi [h gp.]// Plant Physiology. - 1996. -T. 112. - № 3. - C. 1237-1244.
- 22 Forde B.G. Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signalling / B.G. Forde, P.J. Lea// Journal of Experimental Botany. - 2007. - T. 58. - Glutamate in plants. - № 9. - C. 2339-2358.
- 23 Homoserine and asparagine are host signals that trigger in planta expression of a pathogenesis gene in Nectria haematococca / Z. Yang [h gp.]// Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. - 2005. - T. 102. - № 11. - C. 4197-4202.
- 24 Howe G.A. Plant Immunity to Insect Herbivores / G.A. Howe, G. Jander// Annual Review of Plant Biology. - 2008. - T. 59. - № 1. - C. 41-66.
- 25 Wan, S., Lin, Y., Ye, G., Fan, J., Hu, H. W., Zheng, Y., He, J. Z. (2023). Long-term manure amendment reduces nitrous oxide emissions through decreasing the abundance ratio of amoA and nosZ genes in an Ultisol. Applied Soil Ecology, - T. 184. - P. 104771.
- 26 Zakon Respubliki Kazaxstan «O ratifikacii Kiotskogo protokola k Ramochnoj konvencii Organizacii Ob`edinenny`x Nacij ob izmenenii klimata» - Astana, Akorda, 26 marta 2009 goda. № 144-IV ZRK.
- 27 Lebed` L. V., Eserkepova I.B., Iorganskij A.I., Koshen B.M., Ramazanov S.B., Cza-reva E.G. Dinamika parnikovy`x gazov dlya paxotny`x ugodij v Kazaxstane// Pochvovedenie i agroximiya. - 2015. - №. 1. - S. 33-52.

28 Kunanbaev K. K. E`missiya zakisi azota v Severnom Kazaxstane na 4-pol`ny`x sevooborotax//Realizaciya metodologicheskix i metodicheskix idej professora B.A. Dospexova v sovershenstvovanii adaptivno-landshaftny`x sistem zemledeliya. – 2017. – S. 368-371.

29 Buchkina N.P., Balashov E.V., Rizhiya E.Ya., Pavlik S.V. Metodicheskie rekomendacii monitoring e`missii zakisi azota iz sel`skoxozyajstvenny`x pochv. Sankt-Peterburg, 2008 – 17 s.

30 Dospexov B.A. Metodika polevogo opy`ta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul`tatov issledovaniy), Izd. 6 -e, ster., perepech. s 5-go izd. 1985 g. Moskva: Al`yans. 2011. -352 s.

31 Novoa, R., Tejeda, H. Evaluation of the N₂O emissions from N in plant residues as affected by environmental and management factors. Nutr Cycl Agroecosyst 75, - P. 29–46 (2006).

32 Davidson, E. A., Fluxes of nitrous oxide and nitric oxide from terrestrial ecosystems. In: Microbial production and consumption of greenhouse gases: methane, nitrogen oxides, and halomethanes, Rogers, J. E., and W. B. Whitman (eds.), 219–235. Washington: American Society for Microbiology, 1991. - 219–235. c

33 Grankova A.U., Stepanov A.L., Umarov M.M. Enzyme activity of carbon and nitrogen microbial cycles during the self-regeneration of agroecosystems.R.P.Dick (ed) Proceeding, Enzymes in the Environment, Activity, Ecology and Applications. July 12- 15, 1999.

34 Stepanov A.L. Mikrobnaya transformaciya zakisi azota v pochvax: avtoref. dok. biol. nauk: 03.00.27, 03.00.07. Moskva, 2000. – 49 s.

ТҮЙІН

Р.Х. Рамазанова^{1*}, С.И. Танирбергенов¹, М.Н. Пошанов¹, А.И. Сулейменова¹,
А.К. Абай¹, С.Н. Дуйсеков¹

АШЫҚ СҰР ТОПЫРАҚТА МИНЕРАЛДЫ АЗОТТЫ ЖӘНЕ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ
ҚОЛДАНУ КЕЗІНДЕГІ АЗОТ ЭМИССИЯСЫНЫҢ МӨЛШЕРІ

¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-
зерттеу институты, 050060, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 75 В, Қазақстан,
e-mail: raushasoil88@mail.ru

Мақалада Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы суармалы ашық сұр топырақтарда күздік бидай, қант қызылшасы және сояны өсіру кезінде биоорганикалық тыңайтқыштардың азоттың минералды формаларының құрамына және топырақтан N₂O эмиссиясының мөлшеріне әсерін зерделеу бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Өсірілетін дақылдардың өсімдіктерін минералды және биоорганикалық тыңайтқыштармен жапырақты өңдеу кезінде ашық сұр топырақтардың азот режимі жақсарады. Жеңіл ыдырайтын және нитратты азот (80 % - дан астам) негізгі қоректік көздер болып табылады. Өсімдіктердің қоректенуіндегі аммоний формаларының үлесі шамалы. Тәжірибенің басында және дақыл жапырақтарын бірінші өңдеуден кейін азоттың шала тотығы шығарындыларының мөлшері есепке алынды. Күздік бидай дақылдары егілген танаптарда азоттың шала тотығының бастапқы концентрациясы 440,3 мкг/м³ құраса, 2023 жылы қант қызылшасы мен соя егуге дайындалған алқаптарда - 373,7 мкг/м³ және 557,7 мкг/м³ құрады. Вегетациялық кезеңде жапырақтарды алғашқы өңдеуден кейін бұл көрсеткіш дақылдарда тәжірибе нұсқалары бойынша орташа есеппен күздік бидайда - 679 мкг/м³; қант қызылшасында – 576,8 мкг/м³; соя – 637,2 мкг/м³ екенін көрсетті. Яғни, күздік бидай егілген танаптардың агроценозда-

рында N_2O шығарындылары отамалы дақылдармен - қант қызылшасы және соямен салыстырғанда көбірек болды.

Түйінді сөздер: күздік бидай, қант қызылшасы, соя, биоорганикалық тыңайтқыштар, амин қышқылдары, топырақтағы минералды азот, азот эмиссиясы.

SUMMARY

R.KH. Ramazanova^{1*}, S.I. Tanirbergenov¹, M.N. Poshanov¹, A.I. Suleimenova¹,
A.K. Abay¹, S.N. Duisekov¹

MINERAL NITROGEN CONTENT IN LIGHT SEROZEM SOILS AND THE SIZE
OF NITROGEN EMISSION UNDER FERTILIZER APPLICATION

¹ *Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named
after U.U. Uschanov, 050060, Almaty, al-Farabi avenue, 75 B, Kazakhstan,*

**e-mail: raushasoil88@mail.ru*

The article presents the results of studies on the impact of bioorganic fertilizers on the cultivation of winter wheat, sugar beet, and soybeans in irrigated light sierozems of southeastern Kazakhstan. The study focuses on the effects of these fertilizers on the mineral forms of nitrogen content and the size of N_2O emissions from the soil. When applying leaf treatments of mineral and bioorganic fertilizers to cultivated crops, the nitrogen content in light sierozems is enhanced. The main sources of nutrition are easily hydrolyzable and nitrate nitrogen, which accounts for more than 80 %. The contribution of ammonium forms to plant nutrition is insignificant. The size of nitrous oxide emissions was recorded at the beginning of the experiment and after the initial leaf treatment. Under winter wheat crops, the initial concentration of nitrous oxide was $440.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In the field prepared for sowing sugar beet and soybean in 2023, the concentrations were $373.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $557.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. After the initial treatment, the vegetation on the leaves showed that, on average, the indicator in the different experimental variants for winter wheat crops was $679 \mu\text{g}/\text{m}^3$, for sugar beet crops was $576.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and for soybean crops was $637.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In agroecosystems, N_2O emissions are higher under winter wheat compared to row crops such as sugar beet and soybean.

Key words: winter wheat, sugar beet, soybean, bio-organic fertilizers, amino acids, soil mineral nitrogen, nitrogen emission.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Рамазанова Раушан Хамзаевна – председатель правления ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: raushasoil88@mail.ru

2 Танирбергенов Самат Исембайевич – заместитель председателя правления по науке ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова», доктор PhD, e-mail: tanir_sem@mail.ru

3 Пошанов Максат Нурбаевич – заведующий отделом мелиорации засоленных почв, магистр сельскохозяйственных наук, e-mail: maksat_90.okkz@mail.ru

4 Сулейменова Алтынай Изтелеуовна – младший научный сотрудник отдела мелиорации засоленных почв, магистр сельскохозяйственных наук, e-mail: s.altynai87@mail.ru

5 Абай Аян Күмісбекұлы – младший научный сотрудник отдела плодородия и биологии почв, магистр сельскохозяйственных наук, e-mail: rjaad@mail.ru

6 Дуйсеков Сакен Нуржанұлы - научный сотрудник отдела мелиорации засоленных почв, магистр сельскохозяйственных наук, e-mail: saken-muslim@mail.ru