

Lapa V.V. ¹, akad. Belarus Academy of Science, Sytchev V.G. ², akad. Russian Academy of Science, Tsyganov A.R. ³, akad. Belarus Academy of Science, Tsyganova A.A. ⁴, Ph. D.
¹Belarus Institute for Soil Science and Agrochemistry, Minsk
²Russian Institute for Agrochemistry named by D.N. Pryanishnikov, Moscow
³Belarus State Technological University named by S.M. Kirov, Minsk
⁴Belarus National Technical University, Minsk

The existing structure of the Agrochemical Service of the Republic of Belarus is analyzed, which over a long period of time has shown high efficiency in monitoring the dynamics of soil fertility. The created automated soil fertility monitoring system in the agrochemical soil survey system of agricultural enterprises includes a database of basic agrochemical soil parameters and tasks solved on the basis of the received operational information: the results of a large-scale agrochemical soil survey, the development of plans for the use of mineral fertilizers for specific crops, the development of design estimates for chemical reclamation (liming, phosphorization) of acidic soils. The Agrochemical Service of the Republic of Belarus works in close cooperation with Belagroservice under the scientific and methodological supervision of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Belarus. The main result of the implementation of a complex of scientifically based agrochemical measures was the formation of arable soils (about 25%) with optimal agrochemical indicators and high productivity potential.

Keywords: soil fertility, agrochemical service, automated control system, chemical reclamation.

УДК:631.95:631.421.1

DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.02

ОЦЕНКА ЭМИССИИ АЗОТА В ЗЕМЛЕДЕЛИИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

¹А.А. Завалин, ак. РАН, ¹А.С. Карашаева, к.с.-х.н., ²Х.А. Хусайнов, к.б.н.
¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова» 127434, Москва, ул. Прянишникова, д. 31А, Россия
²ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Оценены среднегодовые выбросы закиси азота в земледелии Чеченской Республики (ЧР), которые зависят от количества внесенных минеральных и органических удобрений, объемов азота, возвращаемых в почву в составе растительных остатков (надземных и подземных) и минерализации почвенного органического вещества. Прямые выбросы закиси азота в результате применения минеральных и органических удобрений, возвращения в почву азота в составе побочной продукции, пожнивных и корневых остатков составляют 335,7 т в год. Вследствие улетучивания и повторного осаждения теряется в год около 11 т закиси азота. Значительная часть закиси азота образуется в результате биологического цикла азота, участвующего в его вымывании и стоке. Суммарные потери закиси азота на территории ЧР достигают 636 т в год. Прямые потери, приходящиеся на минерализацию органических соединений азота, поступающих в почву с побочной продукцией, пожнивными и корневыми остатками возделываемых культур, вносимыми минеральными и органическими удобрениями составляют 53%, в результате потерь закиси азота от вымывания и стока – 45 и около 2% на эмиссию от улетучивания и повторного осаждения этого элемента.

Ключевые слова: эмиссия азота, минеральные и органические удобрения,

Для цитирования: Завалин А.А., Карашаева А.С., Хусайнов Х.А. Оценка эмиссии азота в земледелии Чеченской Республики// Плодородие. – 2024. – №2. – С. 8-11. DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.02.

В последнее время внимание мирового сообщества и нашей страны обращено на выбросы парниковых газов, таких как диоксид углерода (CO₂) и закись азота (N₂O). Эти вещества играют важную роль в формировании урожайности сельскохозяйственных культур и сохранении плодородия почв. Они способствуют увеличению продуктивности растений, но также могут негативно влиять на климатические процессы, производя парниковые газы [1].

Почва является одним из основных источников образования закиси азота (N₂O) в результате нитрификации и денитрификации. Вносимый на поля в виде минеральных и органических удобрений азот легко включается в биогеохимический цикл азота в почве, что приводит к увеличению выбросов его газообразных соединений в атмосферу [2, 3]. Значительная часть выбросов закиси азота в атмосферу происходит в результате антропогенной деятельности в сельском хозяйстве, где основным источником является прямой выброс N₂O из почвы при использовании удобрений. Большая часть урожая

формируется за счет азота, который находится в минерализованном состоянии в почве и быстро усваивается растениями и микроорганизмами.

Изменение соотношения доступного углерода и нитратов влияет на состав конечных продуктов денитрификации (N₂O или N₂) и способствует удержанию азота удобрений в почве. В процессе денитрификации и нитрификации могут образовываться другие газы, такие как оксид азота (NO) и диоксид азота (NO₂) [4, 5]. Частота и интенсивность выбросов этих газов зависят от многих факторов, включая температуру почвы, влажность, реакцию почвенной среды, содержание органических веществ и активность микроорганизмов. Расчеты балансе азота удобрений с применением стабильного изотопа ¹⁵N свидетельствуют, что значительная часть азотного удобрения в конечном итоге превращается в газообразные соединения и попадает в атмосферу. Примерно 30-50% азота удобрения используется на формирование урожая возделываемых сельскохозяйственных культур, 20-30%

закрепляется в почве, а оставшаяся часть теряется из почвы в процессе минерализации и выщелачивания [6].

Таким образом, современные исследования сосредоточены на изучении особенностей процессов превращения азотных соединений в почве, учитывая их сезонную изменчивость и подвижность основных реагентов, которые могут перемещаться в различных направлениях в виде растворов и газообразных веществ. Эти представления в будущем, вероятно, потребуют пересмотра существующих глобальных оценок выброса и поглощения азотсодержащих газов почвенным покровом нашей планеты [1, 4, 5].

Цель работы – оценить эмиссию закиси азота (NO_2) из пахотных почв в земледелии Чеченской Республики при возделывании сельскохозяйственных культур.

Методика. Объект исследования – прямая и косвенная эмиссия закиси азота при возделывании сельскохозяйственных культур на пахотных почвах ЧР. Для этого использовали данные о посевных площадях, урожайности и валовых сборах продукции растениеводства различных сельскохозяйственных культур в ЧР [7]. По урожайности основной продукции возделываемых культур рассчитывали массу побочной продукции, поверхностных остатков и корней [8]. Количество общего азота, накопленного и поступающего в почву с побочной продукцией, поверхностными остатками и корнями, рассчитывали по нормативам содержания N в этих компонентах по [9]. Для оценки прямой эмиссии закиси азота из минеральных азотных и органических удобрений использовали данные о среднегодовых объемах их внесения [7]. Объемы эмиссии закиси азота рассчитывали по [8]. В частности, при внесении минеральных азотных и органических удобрений, поступлении азота в почву с побочной продукцией, пожнивными и корневыми остатками эмиссию рассчитывали, используя эмиссионный фактор, равный 0,0137 кг $\text{N}_2\text{O-N/kg}$ поступающего в почву азота. Количество минерализованного азота, которое образуется при потере углерода из почвенного органического вещества, принято равным 30 кг/га с использованием указанного ранее значения эмиссионного фактора. Расчет косвенных выбросов оксида азота ($\text{N}_2\text{O-N}$), образующегося в результате осаждения азота из

атмосферы, который ранее улетучился из обрабатываемых почв, производили по содержанию азота в минеральных и органических удобрениях, пожнивных и корневых остатках, применяя эмиссионный коэффициент 0,01. К косвенным выбросам также относится эмиссия N_2O в результате вымывания и стока азота из обрабатываемых почв, значения которых рассчитывали, используя коэффициент 0,0075. Для преобразования выбросов $\text{N}_2\text{O-N}$ в выбросы N_2O применяли коэффициент 1,57 [8].

Результаты и их обсуждение. Территория ЧР расположена в пределах двух больших физико-географических областей – Восточно-Европейской равнины и Крымско-Кавказской горной страны, и имеет разнообразие природных ландшафты: от полупустынных на севере до нивально-гляциальных на юге [10]. В земледелии ЧР [7] в последние годы наблюдается рост посевных площадей зерновых и зернобобовых культур с 171,8 тыс. га в 2018 г. до 211,8 тыс. га в 2021 г.. Вместе с тем, наметилась тенденция к снижению площадей под кукурузой на зерно, не стабильны по годам посевы подсолнечника, сахарной свеклы, картофеля и рапса. Примечательно, что, как и во всей стране, здесь увеличились посеы сои, характеризующейся высоким содержанием в зерне белка и масла. Происходящие изменения структуры посевных площадей связаны с потребностями рынка в различных продуктах растениеводства [7].

Обеспеченность растений азотом в значительной степени определяет величину и качество растениеводческой продукции [6], которые достигаются применением минеральных и органических удобрений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур. По данным [7], в последние годы наблюдается поступательное наращивание объемов внесения минеральных азотных удобрений с 5040 до 10430 т и равно в среднем за год 7000 т. Вместе с тем, внесение органических удобрений постоянно снижается и составляло в среднем за 2018-2021 г. – 26,5 т в действующем веществе.

Среднегодовое количество общего азота, накопленного в биомассе возделываемых полевых сельскохозяйственных культур, в основной продукции составляет более 10 тыс. т, в побочной – около 4,5, в поверхностных остатках около 2 и в корнях более 5,1 тыс. т (табл. 1).

1. Среднегодовое накопление азота в биомассе сельскохозяйственных культур, т

Культуры	Биомасса				Суммарное накопление
	основная продукция	побочная продукция	поверхностные остатки	корни	
Зерновые и зернобобовые	8159	2939	1012	3787	15897
Кукуруза на зерно	540	232	91	333	1196
Подсолнечник	551	167	200	405	1323
Сахарная свекла	121	245	17	53	436
Рапс (яровой и озимый)	621	420	473	480	1994
Соя	33	38	1	10	82
Картофель	164	270	122	69	626
Овощи	100	135	22	58	315
Итого	10289	4446	1947	5105	21877

Максимальное количество накопленного азота в биомассе растений приходится на посеы зерновых и зернобобовых культур, затем следуют кукуруза на зерно, подсолнечник, рапс. Минимальное количество азота накоплено в сое. Однако, следует подчеркнуть, что на биологический азот, фиксированный клубеньковыми бактериями, приходится половина этого количества при коэффициенте азотфиксации 50% [11]. Максимальная доля азота, накопленного в растениях, приходится на

биомассу зерновых культур (табл. 2). Это связано с тем, что они занимают максимальную площадь пашни.

С отчуждаемой частью урожая с полей безвозвратно увозится более 10 тыс. т азота, в том числе с зерном зерновых и зернобобовых культур, сои и кукурузы 6273 т, корнеплодами сахарной свеклы 121, семенами озимого и ярового рапса 621 т азота. Наряду с отчуждением азота в составе товарной части урожая значительное количество азота возвращается в почву с побочной продукцией, поверхностными остатками и корнями (табл. 3).

2. Вклад различных сельскохозяйственных культур в общее накопление азота в их биомассе, %

Культуры	Основная продукция	Побочная продукция	Поверхностные остатки	Корни
Зерновые и зернобобовые	78,3	66,1	52,0	72,9
Кукуруза на зерно	5,2	5,2	4,7	6,4
Подсолнечник	5,4	3,8	10,3	7,8
Сахарная свекла	1,2	5,5	0,9	1,0
Рапс (яровой и озимый)	6,0	9,4	24,3	9,6
Соя	0,3	0,9	0,5	0,2
Картофель	1,6	6,1	6,3	1,3
Овощи	1,0	3,0	1,1	1,1

3. Поступление (возвращение) в почву общего азота с побочной продукцией, пожнивными и корневыми остатками, т

Культуры	Побочная продукция	Поверхностные остатки	Корни	Суммарное поступление
Зерновые и зернобобовые	1469	1012	3787	6268
Кукуруза на зерно	232	91	333	656
Подсолнечник	167	200	405	772
Сахарная свекла	245	17	53	315
Рапс (яровой и озимый)	420	473	480	1373
Соя	38	10	10	58
Картофель	270	122	69	461
Овощи	135	22	58	215
Итого	2976	1947	5195	10118

Принимая во внимание то, что половина соломы злаковых зерновых и зернобобовых культур остается в поле, с этим количеством возвращено около 1,5 тыс. т азота. Около 1 тыс. т возвращается в почву с поверхностными остатками зерновых и более 3,5 тыс. т азота в составе корней этих культур. Среднегодовое возвращение в почву накопленного в биомассе сельскохозяйственных культур азота достигает 10118 т, из них на побочную продукцию приходится 29%, на поверхностные остатки 20 и на корни 51%. Из общего количества азота с пожнивными и корневыми остатками сои в земледелии ЧР поступает 29 т биологического азота.

Для определения выбросов закиси азота учитывали также количество минерализованного азота органического вещества почвы, которое по [8] составляет 30 кг N/га в среднем в год. Используя данные по внесению азота в составе минеральных (6860 т) и органических удобрений (26,5 т), поступающего с побочной продукцией, пожнивными и корневыми остатками (10118 т), а также минерализованного почвенного азота (7572 т) суммарное среднегодовая эмиссия азота в форме его закиси составляет 335 т, в том числе на долю минеральных удобрений приходится 28%, органических – 0,1, растительных остатков – 40,9 и минерализованного азота почвы – 31%. Зная значения выбросов в результате осаждения азота из атмосферы, источников азота, поступающих в почву в составе минеральных и органических удобрений, а также косвенных выбросов N₂O в результате вымывания и стока азота из обрабатываемых почв определили суммарную эмиссию закиси азота из почв ЧР, занятых посевами сельскохозяйственных культур.

Прямые выбросы закиси азота в результате применения минеральных и органических удобрений, возвращение в почву азота в составе побочной продукции, пожнивных и корневых остатков составляют 335,7 т в год. В результате улетучивания и повторного осаждения теряется около 11 т закиси азота. Значительная часть

закиси азота образуется в результате биологического цикла азота, участвующего в его вымывании, и стока.

Закключение. Максимальное количество азота накапливается в биомассе зерновых и зернобобовых культур, кукурузе на зерно, подсолнечнике, рапсе. С поверхностными остатками и корнями в почву в среднем за год возвращается 10118 т азота, из них на побочную продукцию приходится 29%, поверхностные остатки 20 и корни 51%. При выращивании сои в почву поступает 29 т биологического азота, фиксированного клубеньковыми бактериями. Выбросы N-NO₂ в земледелии ЧР формируются в зависимости от количества внесенных минеральных и органических удобрений, объемов азота, возвращаемых в почву в составе растительных остатков (надземных и подземных) и минерализации почвенного органического вещества.

Прямые выбросы закиси азота в результате применения минеральных и органических удобрений, возвращение в почву азота в составе побочной продукции, пожнивных и корневых остатков составляют 335,7 т в год. В результате улетучивания и повторного осаждения теряется в год около 11 т закиси азота. Значительная часть закиси азота образуется в результате биологического цикла азота, участвующего в его вымывании и стоке.

Суммарные потери закиси азота на территории Чеченской Республики достигают 636 т в год. Прямые потери, приходящиеся на минерализацию органических соединений азота, поступающих в почву с побочной продукцией, пожнивными и корневыми остатками возделываемых культур, вносимыми минеральными и органическими удобрениями составляют 53%, в результате потерь закиси азота от вымывания и стока – 45 и около 2% на эмиссию от улетучивания и повторного осаждения этого элемента.

Литература

1. Балаж П., Берки И. и Хорват А. Пример компенсации негативных глобальных экологических явлений, Генеральная ассамблея EGU 2021, онлайн, 19–30 апреля 2021 г., EGU21-12749, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-12749>, 2021 г.
2. Кудяров В. Н. Эмиссия закиси азота из почв в условиях применения удобрений (аналитический обзор) // Почвоведение. – 2020. – № 10. – С. 1192-1205. DOI: 10.31857/S0032180X2010010X.
3. Shcherbak I., Millar N., Robertson G.P. Global metaanalysis of nonlinear response of soil nitrous oxide (N₂O) emissions to fertilizer nitrogen // PNAS. 2014. V. 111. P. 9199–9204.23. Smith P., Smith J.U., Powlson D.S. (Ed.).
4. Рамзан С., Расул Т., Бхат Р., Ахмад П., Аураф И., Рашид Н., Уль-Шафик М., Мир И.А. и др. Сельскохозяйственные почвы – триггер образования закиси азота: убедительный парниковый газ и управление им // Оценка состояния окружающей среды, 2020. Т. 192 (7): 436. DOI: 10.1007/s10661-020-08410-2.
5. Kögel-Knabner I., Guggenberger G., Kleber M., Kandeler E., Kalbitz K., Scheu S., Eusterhues K., Leinweber P. Organo-mineral associations in temperate soils: Integrating biology, mineralogy, and organic matter chemistry // J. Plant Nutr. and Soil Sci. 2008. Vol. 171 (1). P. 61–82. DOI: 10.1002/jpln.200700048.
6. Завалин А.А., Соколов О.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней. - М.: ВНИИА, 2016. – 591 с. ISBN 978-5-9238-0207-8.
7. Чеченский статистический ежегодник. 2022: Грозный: Чеченстат. – 2022. – 273 с.
8. Методика количественного определения объемов выбросов парниковых газов. Приказ Минприроды России от 27 мая 2022 г. № 371.
9. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. – М.: ЦИНАО, 1991. – 65 с.
10. Электронный ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/География_Чечни. Дата обращения: 26.02.2024.
11. Завалин А.А., Благовещенская Г.Г. Вклад биологического азота бобовых культур в азотный баланс земледелия России // Агрохимия. – 2012. – № 6. – С. 32-37.

¹A.A. Zavalin – Academician of the Russian Academy of Sciences, ¹A.S. Karashaeva – Candidate of Agricultural Sciences,²X.A. Khusainov – Candidate of Biological Sciences¹Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry 127434, Moscow, Pryanishnikova str., 31A, Russia²Chechen Scientific Research Institute of Agriculture

366021, Chechenskaya Respublica, Grozny, ul. Lilovaya, 1, Russia

Average annual nitrous oxide emissions in agriculture of the Czech Republic, which are formed by the amount of applied mineral and organic fertilizers, the amount of nitrogen returned to the soil as part of plant residues (above-ground and below-ground) and mineralization of soil organic matter, are estimated. Direct emissions of nitrous oxide as a result of application of mineral and organic fertilizers, return to the soil of nitrogen as part of by-products, crop and root residues amount to 335.7 tons per year. About 11 tons of nitrous oxide is lost as a result of volatilization and re-deposition. A significant part of nitrous oxide is produced by the biological nitrogen cycle involved in nitrogen leaching and runoff. Total losses of nitrous oxide on the territory of the Czech Republic reach 636 tons per year. The direct losses due to mineralization of organic nitrogen compounds entering the soil with by-products, crop and root residues of cultivated crops, applied mineral and organic fertilizers make up 53%, as a result of nitrous oxide losses from leaching and runoff – 45% and about 2% on emission from volatilization and re-deposition of this element.

Key words: nitrogen emission, mineral and organic fertilizers.

УДК. 631.8.022.3

DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.03

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С.В. Шерстобитов¹, ORCID: e-mail: sv5888857@yandex.ru,М.М. Визирская², ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-846X>, mvizir@gmail.com,Н.В. Абрамов¹, ORCID: e-mail: abramovnv@gausz.ru,Т.В. Гребенникова³, ORCID: e-mail: tatyana.grebennikova@eurochem.ru¹ГАУ Северного Зауралья, Российская Федерация, г. Тюмень²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», г. Москва³АО «Минерально-химическая компания ЕвроХим», г. Москва

Показано, что урожайность и качество яровой пшеницы зависят от системы минерального питания. Внесение основного удобрения до посева (или совместно) не может удовлетворить потребности сельскохозяйственных культур в минеральном питании, поэтому сельхозтоваропроизводители применяют листовые подкормки по вегетации зерновых культур. Возникает необходимость в совершенствовании системы минерального питания в различных почвенно-климатических условиях Российской Федерации. Обосновано основное внесение азотных удобрений и применение некорневых подкормок по вегетации, обеспечивающие высокую агроэкономическую эффективность их применения. Представлены результаты полевых опытов в зоне северной лесостепи Западной Сибири, где выявлена оптимальная комбинация листовых подкормок яровой пшеницы, дающая прибавку урожайности 0,45-0,54 т/га при основном внесении азота 52 кг д.в./га. Дана агроэкономическая оценка введения в технологию возделывания яровой пшеницы некорневых подкормок водорастворимыми НРК – удобрениями, дающими увеличение рентабельности 15-19%.

Ключевые слова: водорастворимые удобрения, технология возделывания яровой пшеницы, листовые подкормки, урожайность, агроэкономическая эффективность, рентабельность.

Для цитирования: Шерстобитов С.В., Визирская М.М., Абрамов Н.В., Гребенникова Т.В. Эффективность листовых подкормок яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири// Плодородие. – 2024. – №2. – С. 11-16. DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.03.

Увеличение урожайности яровой пшеницы невозможно без подбора районированного сорта яровой пшеницы [1, 2], высокой агротехники сельскохозяйственных культур [3-5], средств защиты растений [6, 7], интенсивного минерального питания [8-12], а также цифровых технологий [13, 14]. Многие сельхозтоваропроизводители применяют гранулированные, жидкие минеральные удобрения в качестве основного внесения, а также листовые подкормки при возделывании сельскохозяйственных культур [15].

У основных поставщиков удобрений существует широкий ассортимент традиционных удобрений, которые можно применять в качестве подкормок, а также ряд других, которые требуют отработки доз, количества и комбинаций в конкретных условиях производства. При этом

учитывают особенности почвы, климата [16], технологии, средства защиты растений и другие факторы.

Цель исследований – оценить эффективность системы минерального питания яровой пшеницы с применением листовых подкормок водорастворимыми НРК-удобрениями с разным соотношением элементов питания в условиях лесостепи Западной Сибири.

Задачи: 1. Заложить полевые опыты с применением листовых подкормок водорастворимыми НРК-удобрениями с разным соотношением элементов питания в условиях лесостепи Западной Сибири;

2. Определить урожайность яровой пшеницы по исследуемым вариантам;