

АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ РИСОВОГО АГРОЦЕНОЗА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НАВОЗНОЙ ЖИЖИ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ИНГИБИТОРОМ НИТРИФИКАЦИИ

А.Х. Шеуджен^{1,2}, ак. РАН, О.А. Гуторова¹, д.с.-х.н., Х.Д. Хурум¹, д.с.-х.н.
¹Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13
e-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru
²Федеральный научный центр риса
350921, Россия, г. Краснодар, п. Белозерный, 3

**Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда
в рамках научного проекта № МФИ – 20.1/48**

Рассмотрено влияние навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации Entec FL DMPP, на азотный режим лугово-черноземной почвы рисового агроценоза в условиях Кубани. Использование этого агроприема способствует инактивации уреазы в фазе всходов риса и ее активированию в фазе кущения, обеспечивая временную консервацию азота в почве. По сравнению с внесением навозной жижи без ингибитора нитрификации потери аммонийного азота снижаются в фазы всходов на 5,5 % при заделке осенью и на 13,0 % – весной; кущения – на 6,1 и 5,4 %, выметывания – 13,2 и 8,7 % и после уборки урожая риса – на 19,7 и 24,0 % соответственно.

Ключевые слова: рис, лугово-черноземная почва, навозная жижа, ингибитор нитрификации, нитратный азот, аммонийный азот, активность уреазы.

Для цитирования: Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Хурум Х.Д. Азотный режим почвы рисового агроценоза при применении навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации// – С. 64-67. DOI: 10.25680/S19948603.2022.127.17.

Органические удобрения улучшают агрофизические, физико-химические свойства почв, повышают их буферность, содержание органического вещества, обеспечивают бездефицитный баланс гумуса, усиливают микробиологические процессы, обогащают их элементами зольного питания [2, 5, 12, 13]. Резкое сокращение применения органических удобрений привело к отрицательному балансу гумуса и элементов минерального питания в земледелии, снижению плодородия почв, урожайности и валовых сборов сельскохозяйственных культур в большинстве регионов России. Для обеспечения воспроизводства плодородия пахотных земель необходимо вносить свыше 800-850 млн т органических удобрений, или более 6-7 т/га. Использование их должно осуществляться на основе высокоэффективных, ресурсо- и энергосберегающих технологий производства и применения органических удобрений [8].

В Краснодарском крае на 1 га пашни вносят в среднем 1,1 т органических удобрений [6]. Проблемой любого животноводческого комплекса является утилизация навоза, а с развитием мощностей животноводческих предприятий она будет обостряться. Традиционная схема утилизации навоза – это внесение его на поля. Навозная жижа не только ценное органическое удобрение, но и источник загрязнения окружающей среды. Азотные соединения в навозной жиже под влиянием уробактерий быстро переходят в карбонат аммония, что приводит к потерям азота в виде аммиака и закиси азота [5, 10].

Один из способов уменьшения потерь азота из удобрения и почвы, а также повышения эффективности навозной жижи – включение различных ингибиторов нитрификации. Это позволит сохранить и повысить плодородие почв рисовых агроценозов, их продуктивность, наиболее полно использовать экскременты животных и создать условия их утилизации включением в систему удобрения риса, что благоприятно отразится на экологии окружающей среды.

Цель исследований – изучить влияние навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации Entec FL, на азотный режим лугово-черноземной почвы рисового агроценоза.

Методика. Полевые эксперименты проводились на лугово-черноземной почве рисовой оросительной системы в Красноармейском районе Краснодарского края. Агротехника риса – общепринятая согласно рекомендациям ФНЦ риса [7]. На всех делянках опыта вносили минеральные удобрения – аммофос, карбамид и хлористый калий. Фосфорные и калийные удобрения были внесены всей дозой перед посевом риса. Азотные удобрения – перед посевом риса и в подкормки, проводимые в фазы входы и кущение растений. Навозную жижу вносили с осени и весны из расчета 30 т/га. В день внесения ее заделывали в почву тяжёлыми дисками на глубину 8-10 см. Ингибитор нитрификации Entec FL добавляли в ёмкость с навозной жижей и тщательно перемешивали. Он является ингибитором аммонийного азота DMPP (3,4-диметилпиразолфосфат), замедляю-

щим процесс нитрификации и стабилизирующим аммонийную форму азота в почве.

Схема полевого опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2. Технология возделывания риса в хозяйстве ($N_{120}P_{80}K_{60}$) [7]; 3. Навозная жижа, 30 т/га (осень); 4. Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (осень); 5. Навозная жижа, 30 т/га (весна); 6. Навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (весна).

Агрохимическая характеристика лугово-черноземной почвы: $pH_{вод.}$ 6,6 ед., гумус – 3,3 %, $N_{общ.}$ – 0,220 %, P_2O_5 (по Чирикову) – 39,5 мг/кг, K_2O (по Чирикову) – 240 мг/кг [2].

Азотный режим лугово-черноземной почвы оценивали по содержанию нитратного азота в 0,05 %-ном растворе K_2SO_4 дисульфифеноловым методом, аммонийного азота в 2 %-ном растворе KCl феноловым методом и уреазы по Галстяну [1, 4, 9]. Отбор почвенных образцов проводили из слоя 0-20 см до внесения удобрений и посева риса, по фазам вегетации растений и после уборки урожая [11].

Результаты исследований подвергали статистической оценке [11].

Результаты и их обсуждение. С созданием в лугово-черноземной почве восстановленных условий количество нитратов снизилось в 2,0-4,5 раза (рис. 1). Более интенсивное восстановление нитратов происходило в почве, удобренной навозной жижей по сравнению с минеральным фоном. Различия по содержанию нитратов в фазе всходов составили 0,9-2,5 мг/кг. При добавлении ингибитора нитрификации Entec FL в навозную жижу процессы денитрификации в почве усиливались. Нитратного азота в почве содержалось меньше, чем при внесении навозного удобрения осенью без ингибитора на 1,6 мг/кг (33,3 %) и весной – 0,9 мг/кг (17,6 %). В фазе кущения риса содержание нитратов в почве не превышало 0,1 мг/кг на контроле и 0,2-0,7 мг/кг в вариантах с удобрениями. К фазе выметывания риса нитраты в почве не обнаруживались в связи с их восстановлением. Смена восстановительного режима на окислительный в результате сброса оросительной воды с рисового чека привела к возобновлению процессов нитрификации в почве.

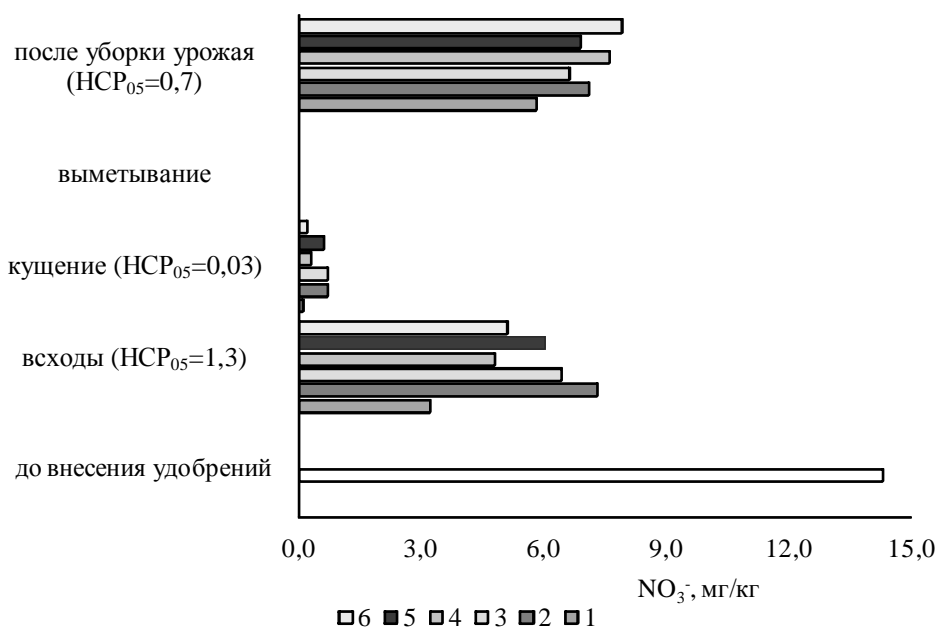


Рис. 1. Динамика содержания нитратного азота в почве рисового агроценоза при применении удобрений (1-6 варианты опыта)

Более значительная роль в азотном питании растений риса в период вегетации принадлежит аммонийному азоту, содержание которого после затопления рисового поля увеличилось в 1,5-2,0 раза (рис. 2). Это связано со снижением темпа иммобилизации неорганического азота микроорганизмами из-за уменьшения их численности в затопленной почве и с минерализацией органических азотсодержащих соединений [10]. Дальнейшая динамика содержания аммонийного азота в почве связана с постепенным снижением в результате его потребления растениями риса. После сброса оросительной воды с рисового чека процесс аммонификации резко ослабляется, что отразилось на содержании аммонийного азота в почве.

Применение минеральных и органических удобрений не повлияло на динамику содержания аммонийного азота в почве во время вегетации риса, но явилось фактором количественного его изменения. В большей степени это проявлялось при применении навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации

Entec FL. Содержание обменного аммония в почве превышало контроль в фазы всходов на 7,1 мг/кг (39,4 %) при внесении осенью и на 9,9 мг/кг (55,0 %) – весной; кущения – 8,3 мг/кг (51,6 %) и 9,1 мг/кг (56,5 %); выметывания – 8,4 мг/кг (56,8 %) и 9,0 мг/кг (60,8 %), а также после уборки урожая риса – 3,7 мг/кг (33,9 %) и 4,1 мг/кг (37,6 %) соответственно. Относительно минерального фона различия составили – 2,8 мг/кг (12,6 %) и 5,6 мг/кг (25,1 %); 2,4 мг/кг (10,9 %) и 3,2 мг/кг (14,5 %); 2,9 мг/кг (14,3 %) и 3,5 мг/кг (17,2 %), а также 1,9 мг/кг (15,0 %) и 2,3 мг/кг (18,1 %) соответственно.

Независимо от срока внесения навозной жижи в почву потери аммонийного азота снижались при добавлении в нее ингибитора нитрификации Entec FL: в фазы всходов на 1,3 мг/кг (5,5 %) при заделке осенью и на 3,2 мг/кг (13,0 %) – весной; кущения – 1,4 мг/кг (6,1 %) и 1,3 мг/кг (5,4 %); выметывания – 2,7 мг/кг (13,2 %) и 1,9 мг/кг (8,7 %) и после уборки урожая риса – 2,4 мг/кг (19,7 %) и 2,9 мг/кг (24,0 %) соответственно.

В среднем за вегетацию риса потери азота в аммонийной форме при применении навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации Entec FL, сократились относительно неудобренного варианта, минерального фона и внесения навозной жижи без ингибитора Entec FL, соответственно, на 45,4; 13,2 и 11,1 % при применении осенью и на 52,5; 18,7 и 12,8 % – весной.

Наряду с агрохимическими показателями ферментативная активность почв является частью комплексного их обследования в условиях антропогенного воздействия. Агротехнические мероприятия, и прежде всего внесение удобрений, влияют на протекающие в почве процессы, в том числе на почвенные ферменты [2, 10, 12].

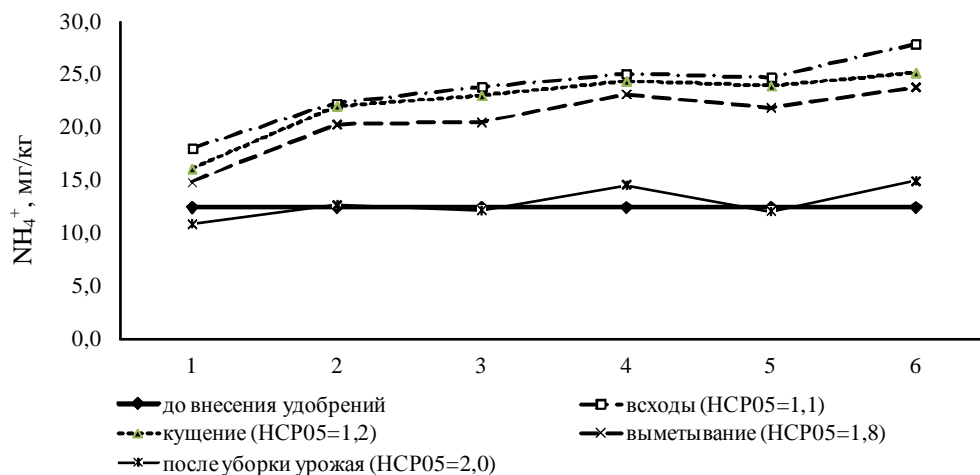


Рис. 2. Динамика содержания аммонийного азота в почве рисового агроценоза при применении удобрений (1-6 варианты опыта)

С действием уреазы связаны процессы гидролиза и превращения в доступную форму азота мочевины (карбамида). В почве она образуется в процессе превращения азотистых органических соединений – белков и нуклеиновых кислот. Уреаза гидролизует мочевины до аммиака и диоксида углерода. Образовавшийся в результате уреазной реакции NH_3 служит источником азотного питания растений [4].

Активность уреазы лугово-черноземной почвы невысокая и по оценочной шкале она относится к разряду бедной [3]. До внесения удобрений и посева риса активность этого фермента находилась на уровне 3,5 мг $\text{N-NH}_3/10\text{ г}$ почвы за сутки инкубирования (рис. 3). Затопление почвы и создание в ней восстановленных

условий способствовали повышению количества уреазы на 17,8-28,6 %. Независимо от срока внесения в почву навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации Entec FL, ферментативное разложение мочевины заметно замедлялось. Это обеспечивало снижение потерь азота, происходящих как в ходе денитрификации, так и вследствие вымывания нитратов, создавая тем самым предпосылки для временной консервации элемента в почве и повышения эффективности усвоения его растениями. Последнее имеет огромное значение для питания риса азотом, так как наибольшие его потери происходят в первые 2 нед после внесения удобрений (см. рис. 3).

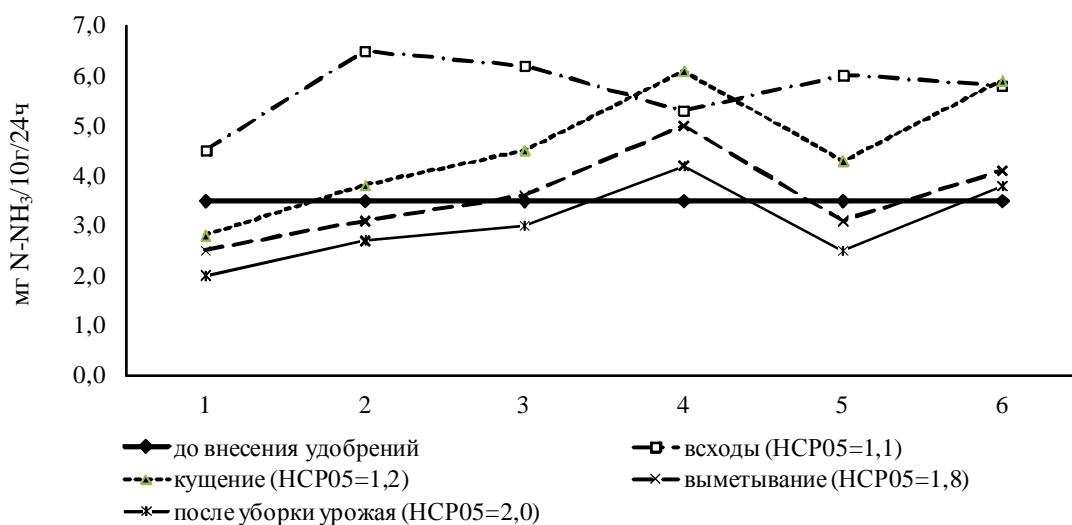


Рис. 3. Динамика активности уреазы в почве рисового агроценоза при применении удобрений (1-6 варианты опыта)

В последующие фазы вегетации риса активность уреазы снижалась, что связано с интенсивным потреблением азота растениями. Однако подавление уреазной

активности было не во всех вариантах. В фазе кушения риса активность уреазы возрастала в удобренной навозной жижей почве, модифицированной ингибитором

нитрификации, что и обусловило мобилизацию закрепленного в удобрении органического азота. По сравнению с вариантами, где навозную жижу вносили без ингибитора Entec FL, количество уреазы было больше на 35,5 % при заделке осенью и на 37,2 % – весной.

После сброса воды с рисовых чеков улучшается аэрация почвы, и в ней возобновляются окислительные процессы. Эти условия способствовали снижению уреазной активности. Первоначальный уровень содержания фермента восстанавливается при внесении органических удобрений с ингибитором нитрификации, потери азота из почвы были минимальными.

В среднем за вегетацию риса (период всходы – полная спелость зерна) активность уреазы в почве увеличивалась относительно контроля на 33,3 % при внесении минеральных удобрений. При осенней заделке навозной жижи с ингибитором нитрификации и без него превышение составило 73,3 и 43,3 %, а при весенней – 63,3 и 33,3 % соответственно.

Заключение. Включение ингибитора нитрификации Entec FL DMPP в навозную жижу улучшает азотное питание растений риса, способствует инактивации уреазы в фазе всходов и ее активированию в фазе кущения, обеспечивая временную консервацию азота в почве. Потери аммонийного азота снижаются по сравнению с навозной жижей без ингибитора нитрификации в фазы всходов на 5,5 % при внесении осенью и на 13,0 % – весной; кущения – 6,1 и 5,4 %; выметывания – 13,2 и 8,7 % и после уборки урожая риса – на 19,7 и 24,0 % соответственно.

Литература

1. *Агрохимические методы исследования почв* / Под ред. А.В. Соколова. – М.: Изд-во Наука, 1975. – 656 с.
2. *Гуторова О.А.* Эколого-агрохимическое состояние почв рисовых агроландшафтов / О.А. Гуторова, А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2020. – 348 с.
3. *Звягинцев Д.Г.* Биологическая активность почв и шкала для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.
4. *Казеев К.Ш.* Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2012. – 260 с.
5. *Минеев В.Г.* Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Дебрецни Б., Мазур Т. – М.: Колос, 1993. – 415 с.
6. *О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2020 году: Доклад.* – Краснодар, 2021. – 447 с.
7. *Система рисоводства Краснодарского края* / Под ред. Е.М. Харитоновой. – Краснодар: ВНИИ риса, 2005. – 340 с.
8. *Тюрин В.Г.* Органические отходы животноводства – ценный сырьевой материал / В.Г. Тюрин, Ф.Ф. Лопата, Н.Н. Потемкина, С.И. Тарасов // Сб. научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экологические проблемы использования органических удобрений в земледелии». – Владимир: ФГБНУ ВНИИОУ, 2015. – С. 67-75.
9. *Хазиев Ф.Х.* Ферментативная активность почв. – М.: Наука, 1976. – 180 с.
10. *Шеуджен А.Х.* Агрохимия и физиология питания риса. – М.: РАСХН, 2008. – 66 с.
11. *Шеуджен А.Х.* Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. – 661 с.
12. *Sheudzhen A.Kh.* Biological soil activity when applying liquid manure on rice fields in Kuban / Kh.A. Sheudzhen, O.A. Gutorova, V.P. Kashchits, Y.N. Ashinov // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2021. – V. 862. – 012086.
13. *Sheudzhen A.Kh.* Humus state of the soil under liquid manure application on Kuban rice crops / Kh.A. Sheudzhen, O.A. Gutorova // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2021. – V. 659. – 012021.

UDC: 631.862.2: 631.423.3: 631.465

NITROGEN REGIME OF RICE AGRICULTURAL SOIL WITH APPLICATION OF LIQUID MODIFIED WITH NITRIFICATION INHIBITOR

A.Kh. Sheudzhen^{1,2}, O.A. Gutorova¹, H.D. Hurum¹

¹*Kuban State Agrarian University named after Trubilin ul. Kalinina 13, Krasnodar, 350044 Russia,
E-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru*

²*Federal scientific rice centre, pos. Belozernyi, 3, Krasnodar, 350921, Russian*

The effect of slurry modified with nitrification inhibitor Entec FL DMPP on the nitrogen regime of meadow-chnozem soil of rice agrocenosis in the conditions of Kuban is considered. The use of this agricultural method contributes to the inactivation of urease in the seedling phase and its activation in the tillering phase of rice, providing temporary conservation of nitrogen in the soil. Compared with the introduction of slurry without a nitrification inhibitor, the loss of ammonium nitrogen decreases during the seedling phase by 5.5 % when planting in autumn and by 13.0 % in spring; tillering – 6.1 and 5.4%; heading – 13.2 and 8.7 % and after harvesting rice – 19.7 and 24.0 %, respectively.

Key words: rice, meadow chernozem soil, slurry, nitrification inhibitor, nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, urease activity

УДК 631.674.6

DOI: 10.25680/S19948603.2022.127.18

ФОРМИРОВАНИЕ САЖЕНЦЕВ МАЛИНЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Н.Н. Дубенок, ак. РАН, К.Ю. Ильченко, А.В. Гемонов, к.с.-х.н., Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: info@rgau-msha.ru

Представлена информация по влиянию режимов капельного полива на рост и развитие саженцев малины. Получены основные биометрические показатели растений и данные динамики почвенной влажности. Дана оценка влияния капельного орошения на рост и развитие растений.

Ключевые слова: малина обыкновенная, капельный полив, Нечерноземная зона, динамика влажности.