

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.38.2>

РОЛЬ АССОЦИАТИВНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НИТРАТНЫМ АЗОТОМ В УСЛОВИЯХ ЦЧЗ

Научная статья

Чевердин Ю.И.^{1,*}, Чевердин А.Ю.², Сауткина М.Ю.³

¹ORCID : 0000-0002-9905-0547;

²ORCID : 0000-0003-2621-0957;

³ORCID : 0000-0001-9244-1177;

^{1,2} Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, Воронеж, Российская Федерация

³ Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (cheverdin62[at]mail.ru)

Аннотация

Исследования проведены в условиях юго-востока ЦЧЗ. В полевом опыте дана оценка изменения обеспеченности растений ярового ячменя нитратным азотом при инокуляции семян ассоциативными штаммами. Семена обрабатывались в день посева. Почва опытного участка – чернозем сегрегационный среднегумусный тяжелосуглинистый. Установлено дискретное влияние микробных биопрепаратов на изменение обеспеченности почв элементами минерального питания. В вегетативную фазу развития растений ярового ячменя диазотрофные штаммы вызывают снижение количества доступного азота на естественном фоне минерального питания. При комплексном использовании полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ с ассоциативными микроорганизмами отмечается увеличения содержания в почве нитратного азота. Во второй половине вегетации (к фазе спелости) обеспеченность почв доступным азотом по вариантам с диазотрофами выравнивается. При этом более высокое фоновое содержание характерно с внесением минеральных удобрений.

Ключевые слова: ризобактерии, ассоциативные штаммы, плодородие, чернозем сегрегационный, нитратный азот, яровой ячмень.

THE ROLE OF ASSOCIATIVE MICRO-ORGANISMS IN NITRATE PROCESSING IN SPRING BARLEY PLANTS UNDER CBENR CONDITIONS

Research article

Cheverdin Y.I.^{1,*}, Cheverdin A.Y.², Sautkina M.Y.³

¹ORCID : 0000-0002-9905-0547;

²ORCID : 0000-0003-2621-0957;

³ORCID : 0000-0001-9244-1177;

^{1,2} V. V. Dokuchaev Voronezh Federal Agricultural Research Center, Voronezh, Russian Federation

³ All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (cheverdin62[at]mail.ru)

Abstract

The research was carried out under the conditions of the south-east of the Central Black Earth Nature Reserve. In the field experiment, the changes in spring barley plants' nitrate nitrogen availability were evaluated when seeds were inoculated with associative strains. Seeds were treated on the day of sowing. The soil of the experimental plot was segregative medium-humic heavy clay black earth. The discrete influence of microbial bio-drugs on the change of soil availability of mineral nutrition elements was established. In the vegetative phase of spring barley plants development, diazotrophic strains cause a decrease in the amount of available nitrogen on the natural background of mineral nutrition. At complex use of complete mineral fertilizer in dose $N_{60}P_{60}K_{60}$ with associative microorganisms, the increase of nitrate nitrogen content in soil is noted. In the second half of vegetation (the phase of ripeness), soil availability of accessible nitrogen in the variants with diazotrophs is equalized. At the same time, higher background content is characteristic with the application of mineral fertilizers.

Keywords: rhizobacteria, associative strains, fertility, segregated black earth, nitrate nitrogen, spring barley.

Введение

Азот является одним из элементов, жизненно необходимых для нормального развития растений. Обменные процессы, происходящие в растениях, а также синтез хлорофилла, белка и нуклеиновых кислот в должной мере обеспечиваются благодаря достаточному количеству азота в почве. Недостаток азота может привести к снижению продуктивности, а также полной гибели растений.

На настоящее время основным инструментом регулирования азотного питания растений являются различные минеральные удобрения. Но минеральные удобрения обладают рядом недостатков. Помимо высокой стоимости, что, в свою очередь, влечет повышение стоимости сельскохозяйственной продукции, минеральные удобрения не способствуют получению экологически безопасной продукции.

Одним и единственным вариантом решения повышения обеспеченности растений биогенными элементами является использование биологической фиксации азота в ризосфере растений.

Использование ассоциаций ризобактерий является перспективной агротехнологией, благодаря которой возможно получение высоких урожаев, за счет стимулирующего действия на растения, которое основано на азотфиксации. Дазотрофы, кроме того, что способны заменить больше 30 кг/га минерального азота, они являются экологически безопасным поставщиком минерального питания для сельскохозяйственных растений [1, С. 75], [9, С. 116].

Исследованиями, проведенными на Новозыбковской опытной станции, отмечено, что применение не симбиотических биопрепаратов, таких как Ризоагрин и Флавобактерин способствует повышению урожайности ячменя и овса, а также улучшению качества зерна. Кроме того, азотфиксирующие бактерии помимо азота поставляют растениям биологически активные вещества, которые стимулируют рост и развитие [5, С. 47].

Применение ассоциативных дазотрофов на различных сортах ярового ячменя стимулировало микробиологическую активность почвы. Общее суммарное количество микроорганизмов в ризосфере растений увеличивалось от воздействия Азоризина – на 36%, Ризоаргина – 69,5% и совместного применения – 50% [7, С. 49].

Ассоциативные биопрепараты (ризоагрин, флавобактерин и экстракол 55) повышали продуктивность ячменя, равноценную внесению минерального азота в дозе 30 кг/га. Также обработка семян ячменя ризобактериями обеспечивает тенденцию увеличения в зерне содержания фосфора и калия [6].

Испытание штаммов азотфиксирующих бактерий на черноземе обыкновенном в условиях Ростовской области показало высокий результат от применения Ризоаргина и Мизорина. Отмечается улучшение азотного питания и повышения урожайя сельскохозяйственных культур [2, С. 74].

Использование в современных севооборотах биопрепаратов на основе ассоциативных и симбиотических штаммов позволяет повысить окупаемость минеральных удобрений в виде повышения урожая в 4-6 раз. Также увеличивается доля биологического азота в формировании урожайности, снижается недостаток азота, отмечается дополнительное накопление органического вещества [3, С. 28].

Бактериальное удобрение Ризоэнтерин способно активизировать нитрогеназную активность в прикорневой зоне растений ячменя (до 82%) и усиливает развитие надземной биомассы, что способствует прибавке урожая на 12-21% [4].

Применение современных биопрепаратов на основе ассоциативных ризобактерий в виде предпосевной инокуляции семян является эффективным способом повышения продуктивности и улучшения качества продукции сельскохозяйственных культур [8, С. 185], [10, С. 231].

Цель исследований – оценить влияние микробных препаратов на динамику нитратного азота в черноземе обыкновенном.

Методика исследований. Исследования проведены в «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» в отделе агропочвоведения (2021-22 гг.). Почвенный покров опытного участка представлен черноземом сегрегационным, среднесплодным, среднегумусным.

Объект исследований – яровой ячмень. Сорт – Таловский 9. Предшественник – зерновые. Площадь посевной делянки – 10 м², учетной 9 м². Повторность – 6-ти кратная. Опыт двухфакторный: фактор первого порядка – уровни удобрённости (без удобрёний и (NPK)₆₀), фактор второго порядка – ассоциативные ризобактерии. Уборка напрямую комбайном «Сампо-130» при достижении полной спелости. Ассоциативные микробные штаммы использовались для инокуляции семян в день посева. Микробные препараты были получены из ВНИИСХ микробиологии.

Характеристика биопрепаратов

Штамм 30 флавобактерин создан на основе бактерии *Flavobacterium sp.* Она способна продуцировать защитный антибиотик «флавоцин», подавляющий фитопатогенные грибы и бактерии. Способен снизить развитие корневых гнилей, антракноза, мучнистую росу, фитофтороз, паршу; увеличивает урожай и улучшает качество продукции. Приводит к экономии до 40-50 кг минеральных азотных удобрёний.

Штамм 18-5. Основой этого биопрепарата являются бактерии рода *Pseudomonas sp.* Проявляет свою высокую эффективность при предпосевной инокуляции семян и по вегетирующим растениям. Способен подавить активность фитопатогенных грибов. Может использовать органические и минеральные источники азота. Бактерии, входящие в состав этого биопрепарата, не являются дазотрофами.

Штамм 7 мизорин. Входящие в состав данного биопрепарата бактерии *Arthrobacter mysorens* обладают широким спектром действия на фитопатогенные микроорганизмы, подавляя развитие корневых гнилей в 2-5 раз, фитофтороза в 2-4 раза. Также мизорин повышает устойчивость растений к засухе, ограничивает поступление и накопление в растениях нитратов. Бактерии *Arthrobacter mysorens* являются дазотрофными микроорганизмами.

Результаты исследований

Погодные условия в годы проведения исследований отличались контрастностью. В отдельные фазы развития растений отмечаются некоторые отклонения от среднемноголетних значений. Можно отметить повышенный температурный фон и увеличение количества атмосферных осадков в течение вегетации растений ярового ячменя.

Анализ полученных данных в ходе проведенных исследований свидетельствует о неоднозначном влиянии микробных препаратов на доступность нитратного азота растениям в почве. Причем его содержание и динамика зависели как от минеральных удобрёний, так и от применяемых микробных штаммов. Наиболее яркие различия по обеспеченности растений нитратным азотом отмечены в вегетативный период развития растений ярового ячменя. К окончанию фазы вегетации и наступлению полной спелости растений различия по содержанию подвижного азота некоторым образом становятся менее заметными (сглаживаются).

Применение предпосевной инокуляции посевного материала ярового ячменя способствовало повышению обеспеченности растений элементами минерального питания. В результате использования биопрепаратов на основе ассоциативных штаммов в начале развития растений (всходы) отмечается некоторое снижение содержания доступного азота в почве. Причем данное явление отмечается только на естественном уровне удобрённости. На варианте с

внесением комплексного минерального удобрения в дозе (NPK)₆₀ наблюдаются другие закономерности по содержанию подвижного азота. Происходит тенденция повышения количества нитратов в почве.

В начальные этапы развития (всходы и начало кущения) на безудобренном фоне содержание азота в почве в среднем за годы исследований варьировало в пределах 9,4-11,9 мг/кг. На естественном фоне обработка семян ячменя на всех вариантах вызывала снижение количества доступного растениям азота в почве. Наибольшее снижение отмечается при использовании биопрепарата на основе штамма 18-5 – на 3,7 мг/кг. На остальных вариантах инокулянтов снижение содержания нитратного азота было несколько ниже и в относительном выражении составило 7,6-28,2%.

Таблица 1 - Содержание нитратного азота под посевами ячменя в слое почвы 0-30 см по фазам развития растений ярового ячменя (2021-22 гг.)

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.38.2.1>

Фон удобрения	Варианты опыта	Всходы, мг/кг	Трубкавание, мг/кг	Колошение, мг/кг	Спелость, мг/кг
Без удобрений	контроль	13,1	12,1	12,2	12,0
	Мизорин	11,9	10,9	12,1	11,3
	Шт.2П-7	12,1	10,2	12,9	9,4
	Шт.18-5	9,4	9,7	10,6	10,4
	Шт.30	9,9	9,4	9,9	10,1
<i>среднее</i>		<i>11,3</i>	<i>8,4</i>	<i>11,5</i>	<i>10,6</i>
NPK60	контроль	15,0	17,9	13,9	13,1

Внесение минерального удобрения под предпосевную культивацию в дозе (NPK)₆₀ способствовало повышению обеспеченности элементами минерального питания. Применение азофоски в чистом виде в фазу всходов повышало содержание нитратов с 13,1 до 15,0 мг/кг почвы. На всех вариантах опыта, с совместным применением микробных штаммов и комплексного удобрения, отмечается положительная тенденция повышения содержания подвижного азота. В количественном отношении увеличение составило от 2,7 до 4,5 мг/кг почвы.

С дальнейшим развитием растений ячменя, к середине вегетации (трубкавание) отмечаются тенденции снижения нитратов в почве. Данные закономерности могут быть обусловлены высокими темпами роста и активным потреблением элементов минерального питания. Но стоит отметить, что при этом также сохраняется закономерное снижение обеспеченности растений азотной пищей под влиянием диазотрофов на естественном варианте удобрения.

На контроле, где не применялась инокуляция семян ячменя, на варианте без внесения комплексных удобрений к фазе кущения количество нитратного азота снизилось с 13,1 мг/кг до 12,1 мг/кг. Инокуляция семян ассоциативными ризобактериями приводила к снижению содержания N-NO₃ от 9,9 до 23%.

В варианте с фоновым внесением минеральных удобрений в дозе (NPK)₆₀ к фазе трубкавания по всем вариантам штаммов отмечено улучшение условий питания растений нитратным азотом. В относительном выражении увеличение содержания нитратов составляет до 12,8% (по отношению к контролю).

Также в данную фазу развития растений стоит отметить вариант с использованием штамма 18-5, который способствовал повышению содержания подвижных нитратов по отношению к фазе всходов. В относительном выражении составляет: на безудобренном варианте – 0,3 мг/кг почвы, удобренном варианте – 2,3 мг/кг.

К фазе колошения, а в дальнейшем и к фазе полной спелости различия по количеству подвижного азота между вариантами по большей части вариантов сглаживаются.

Стоит обратить внимание на различие по обеспеченности растений ярового ячменя биогенными элементами в разные годы исследований. В 2022 году доступность элементов минерального питания растениям была значительно хуже, что обусловлено недостатком температур в ответственные фазы развития растений.

Снижение количества доступного азота в почве может быть обусловлено улучшением транспорта биогенных элементов из почвенной прикорневой зоны в вегетативную наземную массу. К фазе спелости отмечается повышение концентрации биогенных элементов в зерне и соломе растений ярового ячменя.

Заключение

Применение обработки семян ярового ячменя бактериальными биопрепаратами позволяет улучшать условия корневого питания растений. При снижении концентрации нитратного азота в пахотном слое чернозема обыкновенного отмечено повышение содержания азота в наземной массе под действием ризобактерий. Это можно рассматривать как результат положительного воздействия микробных штаммов на почвенную среду и в конечном итоге на ростовые процессы растений ячменя.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Быковская А.Н. Применение агрономически ценных бактерий для повышения почвенного плодородия и урожайности ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) / А.Н. Быковская, М.Л. Сидоренко, Н.А. Слепцова [и др.] // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. — 2020. — № 1(209). — С. 75-82. — DOI: 10.25808/08697698.2020.209.1.008.
2. Гужвин С.А. Применение азотфиксирующих биопрепаратов под полевые культуры на черноземе обыкновенном / С. А. Гужвин, В. В. Турчин, В. Д. Кумачева [и др.] // Вестник Донского государственного аграрного университета. — 2020. — № 4-1(38). — С. 74-80.
3. Завалин А.А. Эффективность применения биопрепаратов в севообороте / А.А. Завалин, Н.С. Алметов, В.В. Бердников [и др.] // Агрохимия. — 2010. — № 6. — С. 28-37.
4. Литвинцева Т. А. Эффективность минеральных и бактериальных удобрений на посевах пивоваренного ячменя в условиях Алтайского Приобья: специальность 06.01.04 "Агрохимия": автореф. дис...канд. с-х н. / Т. А. Литвинцева. — Барнаул, 2008. — 18 с.
5. Моисеенко Ф. В. Несимбиотические азотфиксаторы – резерв повышения урожайности ячменя и овса / Ф. В. Моисеенко, Н. М. Белоус, Л. А. Воробьева // Новые идеи, технологии, проекты и инвестиции: Тезисы докладов II региональной научно-практической конференции-ярмарки, Брянск, 28 ноября — 01 2000 года // Под редакцией А.Н. Громыко. — Брянск: Брянский институт повышения квалификации работников образования, 2000. — С. 47-48.
6. Сидакова М. С. Влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество зерна ячменя на черноземе обыкновенном: специальность 06.01.04 "Агрохимия": автореф... дис. канд. с-х н. / М. С. Сидакова. — Санкт-Петербург, 2005. — 20 с.
7. Стрелецкий А.М. Эффективность препаратов ассоциативных азотфиксаторов при инокуляции семян различных сортов ячменя в условиях Юга Западной Сибири / А. М. Стрелецкий, О. Ф. Хамова, Н. А. Поползухина [и др.] // Плодородие. — 2018. — № 4(103). — С. 49-52.
8. Чевердин Ю. И. Микробные препараты в посевах зерновых культур Центрального Черноземья / Ю. И. Чевердин, А. Ю. Чевердин, М. Ю. Сауткина. — Каменная степь: Издательство Истоки, 2021. — 278 с. — ISBN 978-5-4473-0302-0.
9. Шаравуев Д. В. Ассоциативная азотфиксация как дополнительный источник азота для зерновых культур / Д. В. Шаравуев // Молодой исследователь: от идеи к проекту: материалы I студенческой научно-практической конференции, Йошкар-Ола, 28 апреля 2017 года. — Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2017. — С. 116-118
10. Chaikovskaya L. A. The Effect of Microbial Preparation and Mineral Fertilizers on the Quantitative Composition of Amino Acids in Winter Wheat Grain / L. A. Chaikovskaya, O. L. Ovsienko, N. N. Iakusheva [et al.] // Plants and Microorganisms: Biotechnology of the Future: Collection of abstracts PLAMIC2022, St. Petersburg, 03-08 October 2022. — Saint Petersburg: Autonomous Non-profit Organization for the Promotion of Scientific Development "Plants and the Center for the Support of Academic Initiatives", 2022. — P. 231.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bykovskaya A.N. Primeneniye agronomicheskii cennyh bakterij dlya povysheniya pochvennogo plodorodiya i urozhajnosti yarovogo yachmenya (*Hordeum vulgare* L.) [The Use of Agronomically Valuable Bacteria to Increase Soil Fertility and Yield of Spring Barley (*Hordeum vulgare* L.)] / A.N. Bykovskaya, M.L. Sidorenko, N.A. Slepцова [et al.] // Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk [Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences]. — 2020. — № 1(209). — P. 75-82. — DOI: 10.25808/08697698.2020.209.1.008 [in Russian].
2. Guzhvin S.A. Primeneniye azotfiksiruyushchih biopreparatov pod polevye kultury na chernozeme obyknovennom [Application of Nitrogen-fixing Bio-drugs for Field Crops on Common Black Earth] / S. A. Guzhvin, V. V. Turchin, V. D. Kumacheva [et al.] // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Don State Agrarian University]. — 2020. — № 4-1(38). — P. 74-80 [in Russian].
3. Zavalin A.A. Effektivnost' primeneniya biopreparatov v sevooborote [The Effectiveness of the Use of Biological Products in Crop Rotation] / A.A. Zavalin, N.S. Almetov, V.V. Berdnikov [et al.] // Agrohimiya [Agrochemistry]. — 2010. — № 6. — P. 28-37 [in Russian].
4. Litvinceva T. A. Effektivnost' mineral'nyh i bakterial'nyh udobrenij na posevah pivovarennogo yachmenya v usloviyah Altajskogo Priob'ya [The Effectiveness of Mineral and Bacterial Fertilizers on Field Types of Malting Barley in the Conditions of Altai Acquisition]: specialty 06.01.04 "Agrochemistry": abstract. dis...Candidate of Technical Sciences / T. A. Litvinceva. — Barnaul, 2008. — 18 p. [in Russian]
5. Moiseenko F. V. Nesimbioticheskie azotfiksatory – rezerv povysheniya urozhajnosti yachmenya i ovsa [Symbiotic Nitrogen Fixers Are a Reserve for Increasing the Yield of Barley and Oats] / F. V. Moiseenko, N. M. Belous, L. A. Vorob'eva // Novye idei, tekhnologii, proekty i investicii: Tezisy dokladov II regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii-yarmarki, Bryansk, 28 noyabrya — 01 2000 goda [New Ideas, Technologies, Projects and Investments: Abstracts of the II Regional

Scientific and Practical Conference-fair, Bryansk, November 28 — December 01, 2000] // Edited by A.N. Gromyko. — Bryansk: Bryansk Institute of Advanced Training of Education Workers, 2000. — P. 47-48 [in Russian].

6. Sidakova M. S. Vliyanie udobrenij i biopreparatov na urozhajnost' i kachestvo zerna yachmenya na chernozeme obyknovennom [The Influence of Fertilizers and Biological Products on the Yield and Quality of Barley Grain on Ordinary Chernozem]: specialty 06.01.04 "Agrochemistry": abstract. dis.... Candidate of Technical Sciences. / M. S. Sidakova. — Saint Petersburg, 2005. — 20 p. [in Russian]

7. Streleckij A.M. Effektivnost' preparatov associativnyh azotfiksatorov pri inokulyacii semyan razlichnyh sortov yachmenya v usloviyah YUga Zapadnoj Sibiri [The Effectiveness of Preparations of Associative Nitrogen Fixators in the Inoculation of Seeds of Various Varieties of Barley in the Conditions of the South of Western Siberia] / A. M. Streleckij, O. F. Hamova, N. A. Popolzuhina [et al.] // Plodorodie [Fertility]. — 2018. — № 4(103). — P. 49-52 [in Russian].

8. CHEverdin YU. I. Mikrobnye preparaty v posevah zernovyh kul'tur Central'nogo CHernozem'ya [Microbial Preparations in Grain Crops of the Central Chernozem Region] / YU. I. CHEverdin, A. YU. CHEverdin, M. YU. Sautkina. — Kamennaya step': Istoki Publishing, 2021. — 278 p. — ISBN 978-5-4473-0302-0 [in Russian].

9. SHaravuev D. V. Associativnaya azotfiksaciya kak dopolnitel'nyj istochnik azota dlya zernovyh kul'tur [Associative Nitrogen Fixation as an Additional Source of Nitrogen for Grain Crops] / D. V. SHaravuev // Molodoj issledovatel': ot idei k proektu: materialy I studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Yoshkar-Ola, 28 aprelya 2017 goda ["Young Researcher": from Idea to Project: Materials of the Student Scientific and Practical Conference, Yoshkar-Ola, April 28, 2017]. — Yoshkar-Ola: Mari State University, 2017. — P. 116-118 [in Russian]

10. Chaikovskaya L. A. The Effect of Microbial Preparation and Mineral Fertilizers on the Quantitative Composition of Amino Acids in Winter Wheat Grain / L. A. Chaikovskaya, O. L. Ovsienko, N. N. Iakusheva [et al.] // Plants and Microorganisms: Biotechnology of the Future: Collection of abstracts PLAMIC2022, St. Petersburg, 03-08 October 2022. — Saint Petersburg: Autonomous Non-profit Organization for the Promotion of Scientific Development "Plants and the Center for the Support of Academic Initiatives", 2022. — P. 231.