

УДК 631.847.22:332.66

РОЛЬ БИОМОДИФИЦИРОВАННОГО АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Сухова Н. В.¹, Ефремова С. Ю.¹, Визирская М. М.², Зупарова В. В.¹

¹Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Российская Федерация

²ООО ЕвроХим Трейдинг Рус, Москва, Российская Федерация

E-mail: s_sharkova@mail.ru

Вследствие длительного использования почвы как ресурса, нарушается естественный баланс микроорганизмов, необходимый для нормальной жизнедеятельности растения. В почве формируется и отрицательный баланс элементов питания, что приводит к снижению плодородия почв, сдерживается рост и развитие растений, количество и качество продукции. Целью работы явилось изучение эффективности использования модифицированного минерального удобрения бактериями *Bacillus subtilis* Ч-13 в оптимизации условий питания растений (на примере озимой пшеницы). Применение биоминеральных удобрений стимулирует всхожесть семян, корнеобразование и позволяют регулировать микробиоценоз корневой системы, увеличивая потенциальную продуктивность. Представлены результаты по влиянию Карбамид БИО на динамику накопления азота, фосфора и калия в почве и растениями пшеницы. Действие биоминерального удобрения показало высокий эффект и может рассматриваться, как прием комплексной биологизации технологии возделывания сельскохозяйственных культур в земледелии Российской Федерации.

Ключевые слова: оптимизация; условия роста развития; озимая пшеница; ризосферные бактерии; биопрепарат; карбамид; азот; фосфор; калий.

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря современным научно-техническим изысканиям возможно управление продукционным процессом с оптимальным использованием агрохимических и биологических средств и с этих позиций оптимизация плодородия, является экологической функцией почв [1–3]. «Основной вектор развития агротехнологий – сокращение пестицидов и расширение биологических методов (устойчивые сорта, биопрепараты, энтомофаги и др.). Таким образом, это довольно сложный комплекс мер по управлению плодородием почв, продуктивностью агроценозов и поддержанию устойчивости агроландшафтов» [1, с. 1132] и в значительной степени зависит от оптимизации минерального питания растений [1, 2, 4].

В настоящее время, вследствие недостаточного использования минеральных удобрений, нарушения баланса аборигенных микроорганизмов, приводящего к снижению численности и видов, необходимых для жизнедеятельности, в почве формируется дефицит элементов питания, что и снижает плодородие почвы [3–6].

Одним из решений проблемы может стать применение биоминеральных удобрений, выпускаемых с использованием *Bacillus subtilis*, штамм Ч-13 (3). Кроме того, актуальность их применения в агроценозах стимулирует всхожесть семян,

корнеобразование и позволяют направленно регулировать микробиоценоз корневой системы, увеличивая потенциальную продуктивность.

Однако характер действия микроорганизмов определяется штаммом и видом используемого биопрепарата, а также биологическими особенностями культур [7].

Имеются сведения, что в результате применения биомодифицированной аммиачной селитры в 1,2–1,5 раза повышался коэффициент использования растениями азота из удобрения, и накопление фосфора и калия в урожае яровой пшеницы [8].

После внесения биомодифицированных удобрений, при наступлении благоприятных условий, происходит активация и прорастание нанесенных бактериальных спор и микроорганизмы используют питание из почвы и гранул до начала вегетации [9].

Предполагается, что штамм *Bacillus subtilis* Ч-13, нанесенный на гранулы минеральных удобрений, будет способствовать повышению эффективности усвоения элементов питания из удобрений и почвы, регулировать ростовые процессы [10].

Цель работы заключалась в оценке эффективности использования биомодифицированного азотного удобрения (Карбамид Био) в оптимизации условий питания растений (на примере озимой пшеницы).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

БисолбиФит – микробиологическое удобрение с действующим веществом спор *Bacillus subtilis*, штамм Ч-13 + метаболиты (по ISO), нанесенные на тонкоизмельченный органический кремний, с концентрацией (титр) – не менее 10 млн. КОЕ/мл. Назначение: модификация гранул Карбамида, с целью повышения усвоения элементов питания. Он хорошо фиксируется на поверхностях гранул карбамида и не осыпается при транспортировке, также может использоваться для нанесения на гранулы любых минеральных удобрений [11]. *Механизм действия*: широкий спектр продуцируемых метаболитов оказывает многостороннее воздействие.

Высокое содержание доступного кремния, дополнительно улучшает обмен азота и фосфора в тканях растений, формируя устойчивость к биотическим стрессам, активирует естественную почвенную микрофлору [12].

Оценку эффективности испытуемого биомодифицированного карбамида проводили на посеве озимой пшеницы среднераннего сорта *Адель*. Полевой опыт проведен на экспериментальном полигоне КубГАУ (2016–2017г.) под руководством академика Шеуджена А. Х.

Почва – лугово-черноземная слабогумусная тяжелосуглинистая (Таблица 1).

Погодные условия вегетационного периода в первой половине – были ниже средних многолетних значений, осадков выпало в 2 раза меньше, чем обычно. В среднем за период вегетации озимой пшеницы осадков выпало на 35,1 мм больше, чем в среднем за много лет – 592 мм и 557 мм соответственно (по данным метеостанции Славянск-на Кубани, 2016–2017г.).

Схема опыта состояла из трех вариантов: 1) Контроль; 2) Карбамид традиционный; 3) Карбамид БИО. Повторность четырех кратная, размещение вариантов рендомизированное.

Таблица 1
Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

рНН ₂ O	НГ	S	Содержание						
			N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	гумус	V	глинистой фракции (<0,01 мм)
	мг-экв/100 г	мг/кг почвы				%			
6,5	2,04	35,7	15,0	12,7	68,0	198,1	2,8	94,6	67

Отбор почвенных образцов, для определения содержания питательных элементов в почве проводили по фазам вегетации.

Аналитические исследования выполнялись по требованиям ГОСТ 29269–91 (проведение анализов): минеральный азот ($N-NO_3 + N-NH_4$); аммонийный азот – ГОСТ 26489–85 (колориметрическим методом, реактивом Несслера), нитратный азот – ГОСТ 26951–86 (по методу Грандваль–Ляжу); подвижный фосфор и обменный калий – ГОСТ 26205–91 (по методу В. Ф. Мачигина в модификации ЦИНАО).

Статистическая оценка результатов – методом дисперсионного анализа [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Главным условием биологизации агроландшафтов всегда являются условия питания растений, для чего необходимо повышать плодородие почвы. При возделывании культур важно знать не только содержание основных элементов питания в почвах, но и в каких соединениях они присутствуют, содержатся ли в доступной для растения форме [14], поскольку к агрохимическим свойствам почв относятся не только показатели как кислотность, поглонительная способность, но и химический состав, и запасы питательных веществ.

В нашем эксперименте исследовалась динамика основных макроэлементов почвы под влиянием изучаемых удобрений по фазам вегетации.

После проведения азотной подкормки растений озимой пшеницы (фаза кущения), содержание $N-NO_3$ (нитратного) и аммонийного азота ($N-NH_4$) в почве по сравнению с контролем увеличивалось на 42,0–53,6 % и 41,6–46,1 % соответственно. В целом использование биомодифицированного карбамида обеспечило наибольшее содержание минерального азота в почве (Рис. 1).

Содержание минерального азота почвы в вариантах с подкормкой карбамидом и контролем уменьшаются к фазе выхода в трубку, особенно заметно по нитратной форме, вероятнее всего, из-за большего потребления растениями. Аммонийной формы содержалось в почве больше при подкормке Карбамидом БИО – на 48,7 % больше, чем в контроле и обычном Карбамиде. По завершению вегетации озимой пшеницы в почве в вариантах с подкормками содержание минерального азота было больше, чем в контроле: нитратного на 14,6–22,3 %, аммонийного – 13,8–21,7 %, наибольшее количество отмечено в варианте с применением модифицированной формы карбамида.

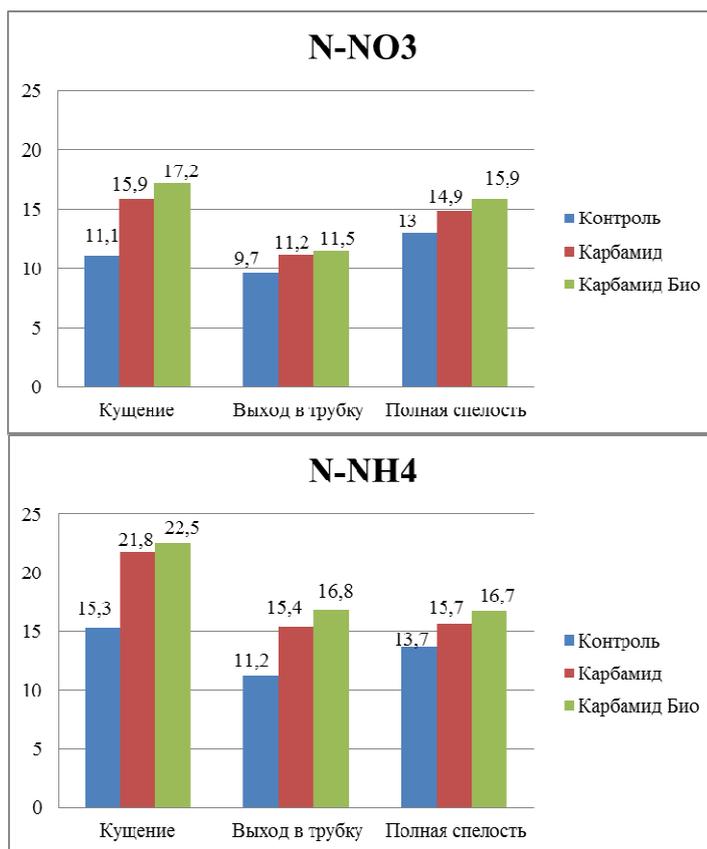


Рис. 1. Содержание минерального азота в почве, мг/кг.

Анализ динамики содержания подвижного фосфора в почве не показал существенных различий между вариантами с подкормками и контролем (Рис. 2).

Однако отмечена тенденция снижения подвижного фосфора в почве при подкормках карбамидом в сравнении с контролем на 16–1,9 % (фаза кущения), на 1,6–1,8 % (выход в трубку), на 2,7–3,5 % (полной спелости зерна). При подкормке модифицированным карбамидом в почве содержалось меньше подвижного фосфора. Отмеченная тенденция свидетельствует о необходимости сбалансировать соотношение *N:P:K* в минеральном питании. Следует учесть, что на фоне применения биомодифицированного карбамида отмечается большее поглощение фосфора из почвы (на 13–17 %).

Калию уделяется меньшее внимание по сравнению с азотом и фосфором в питания растений (в научных исследованиях, практическом земледелии). Хотя роль существенна, достаточная обеспеченность растений им способствует существенному повышению устойчивости (болезням, полеганию) и важным являются улучшение качества продукции, снижение потерь при хранении. В данных исследованиях существенного отличия по содержанию обменного калия в почве не выявлено, присутствует невыраженное снижение при подкормках (Рис. 3).

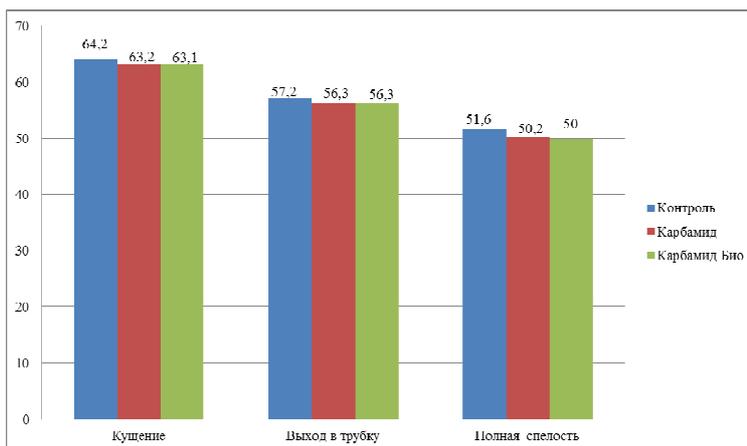


Рис. 2. Содержание подвижного фосфора (P_2O_5) в почве, мг/кг.

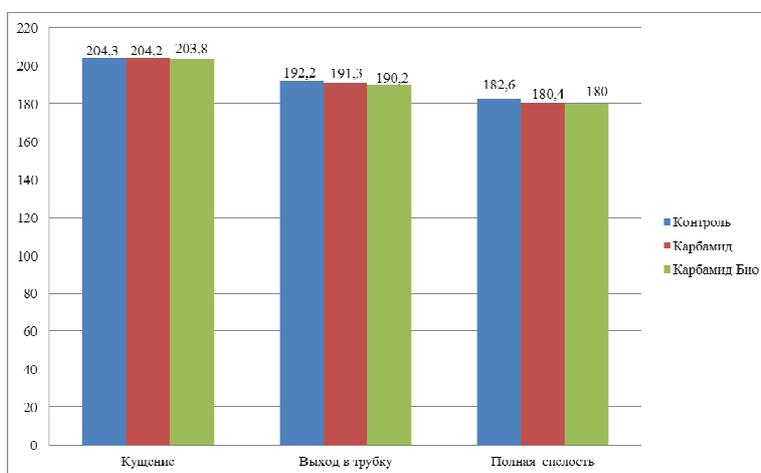


Рис. 3. Содержание обменного калия (K_2O) в почве, мг/кг.

Таким образом, определение содержания макроэлементов в почве (N , P , K) под влиянием Карбамид Био, достоверно указывает на положительную роль биопрепаратов в обеспечении питания растений, как в сравнении с контролем, так и с его традиционной формой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате длительного использования почвы, как ресурса, происходит значительное отчуждение питательных элементов с урожаем, нарушается цикл круговорота биогенных элементов. Полученные результаты исследования обосновывают роль биопрепаратов, применяемых совместно с минеральными удобрениями, что также является важным условием экологической оптимизации природопользования.

На посевах растений озимой пшеницы, наиболее эффективной оказалась биомодифицированная форма удобрения. Экспериментально установлена его бóльшая эффективность в регулировании и оптимизации условий роста и развития озимой пшеницы на лугово-черноземной почве, в сравнении с традиционной формой. Действие биоминерального удобрения может рассматриваться как прием комплексной биологизации агротехнологий в Российской Федерации.

Список литературы

1. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия / В. И. Кирюшин // Почвоведение. – 2019. – № 9 – С. 1130–1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
2. Сандухадзе Б. И. Реализация потенциала продуктивности и качества сортов озимой пшеницы на разных уровнях азотного питания / Б. И. Сандухадзе, М. А. Кузьмич, В. В. Бугрова, Р. З. Мамедов, М. С. Крахмалева, Л. С. Кузьмич // Агротехнический вестник. – 2020. – № 5. – С. 23–27. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10063.
3. Сычев В. Г. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений / В. Г. Сычев, С. А. Шафран // Плодородие. – 2019. – №3. – С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.07.
4. Алтухов А. И. Проблемы повышения качества пшеницы в стране требует комплексного решения / А. И. Алтухов, А. А. Завалин, Н. З. Милащенко, С. В. Трушкин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 32–39.
5. Никитин С. Н. Оценка эффективности применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи Среднего Поволжья / С. Н. Никитин. – Ульяновск: УлГТУ, 2017 – 316 с. DOI: 10.7868/S0002188118030134
6. Пунченко С. С. Баланс азота и эффективность азотных удобрений на дерново-подзолистых почвах разной степени эродированности в зависимости от уровня фосфорного и калийного питания / С. С. Пунченко // дис. канд. наук. – 2016. Электронный ресурс: <http://der.nlb.by/jsrui/handle/nlb/51624> (дата обращения: 28.04.2022).
7. Шабаев В. П. Роль биологического азота в системе «почва...растение» при внесении ризосферных микроорганизмов: дис. докт. биол. наук: 06.01.04. / В. П. Шабаев. – Пушкино, 2004. – 277 с.
8. Тихонович И. А. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений / И. А. Тихонович, А. А. Завалин, Г. Г. Благовещенская, А. П. Кожемяков // Плодородие. – 2011. – № 3(60). – С. 9–13.
9. Чеботарь В. К. Применение биомодифицированных минеральных удобрений / В. К. Чеботарь, А. А. Завалин, А. Г. Ариткин. – Ульяновск: Ульяновский государственный университет, 2014. – 142 с.
10. Гаврилова А. Ю. Влияние сложных минеральных удобрений и биопрепарата БисолбиФит на урожайность и качество зерна ярового ячменя / А. Ю. Гаврилова, Л. С. Чернова, А. А. Завалин // Плодородие. – 2019. – № 4 (109). – С. 3–5. DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.01
11. Чеботарь В. К. Патент № 2512277 С1 Российская Федерация, МПК C05F 11/08. / В. К. Чеботарь, С. В. Ерофеев // Способ получения биоминеральных удобрений и мелиорантов (варианты): № 2012143318/13: заявл. 10.10.2012; опубл. 10.04.2014
12. Безручко Е. В. Кремний – недооцененный элемент питания растений / Е. В. Безручко // Земледелие. – 2020. – №4. – С. 40.
13. Шеуджен А. Х. Агротехника, Ч.2, Методика агрохимических исследований / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 703 с.
14. Степанова Л. П. Организация производства сельскохозяйственной продукции на эколого-ландшафтной основе в условиях Центральной России: учебное пособие / Л. П. Степанова, Н. К. Кружков, Е. В. Яковлева, Е. А. Коренькова. – Орел: ОрелГАУ, 2013. – 304 с.

THE ROLE OF BIOMODIFIED NITROGEN FERTILIZER IN OPTIMIZING PLANT NUTRITION CONDITIONS

Sukhova N. V.¹, Efremova S. Yu.¹, Vizirskaya M. M.², Zuparova V. V.¹

¹*Penza State Technological University, Penza, Russian Federation*

²*LLC EuroChem Trading Rus, Moscow, Russian Federation*

E-mail: s_sharkova@mail.ru

As a result of long-term use of soil as a resource, the natural balance of microorganisms necessary for normal plant life is disrupted, and a negative balance of nutrients is formed in the soil. That leads to a decrease in soil fertility, inhibits the growth of plant development, quantity and quality of products.

Management of soil fertility, maintaining their stability largely depends on the optimization of conditions for growth and development of plants.

Violation of the balance of native microorganisms leading to a decrease in the number, a deficit of nutrients is formed in the soil, which reduces soil fertility. The solution of the problem could be the use of biomineral fertilizers, produced with *Bacillus subtilis*, strain *Ch-13*, which stimulates seed germination, root formation and allows you to regulate the root system microbiocenosis, increasing the potential productivity. However, the nature of microbial action is determined by the strain and type of the biopreparation used, as well as by the biological characteristics of crops.

The aim of the work was to study the effectiveness of the use of modified mineral fertilizer bacteria *Bacillus subtilis Ch-13* in the optimization of plant nutrition.

The relevance of the use of biomodified fertilizers in the agrocenosis with winter wheat is due to the expanding use of organic agriculture technologies in Russia, and as a method of complex biologization.

The main condition is always the conditions of plant nutrition, for which it is necessary to increase soil fertility. It is important to know not only the content of basic nutrients in soils, but also in what compounds they are present, whether they are contained in a form accessible to plants.

In our experiment the dynamics of the main soil macronutrients under the influence of the studied fertilizers by phases of vegetation was studied. It is assumed that the microbial fertilizer applied to the finely ground organic silicon is fixed on the surfaces of mineral fertilizer granules. The high content of available silicon, further improves nitrogen and phosphorus metabolism in plant tissues, forming resistance to biotic stresses, activates the natural soil microflora. All this will increase the efficiency of assimilation of nutrients from fertilizers and soil, regulate growth processes.

The results of the effectiveness of the biomodified fertilizer in the technology of cultivation of winter wheat plants on meadow-chernozem light humus heavy loamy soil are presented.

The influence of Urea BIO on the dynamics of accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in the soil has been established, which reliably points to the positive role of the biopreparation in providing plant nutrition both in comparison with the control and with its traditional form.

The action of biomodified fertilizer showed a high effect and can be considered as a method of complex biotechnology agro-technology.

Keywords: optimization; conditions of growth development; winter wheat; rhizospheric bacteria; biological product; urea; nitrogen; phosphorus; potassium.

References

1. Kiryushin V. I., The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems, *Eurasian Soil Science*, **9**, 1137 (2019).
2. Sandukhadze B. I., Kuz'mich M. A., Bugrova V. V., Mamedov R. Z., Krakhmaleva M. S., Kuz'mich L. S. Realization of productivity potential and quality of winter wheat varieties at different levels of nitrogen nutrition, *Agrochemical Herald*, **5**, 23 (2020).
3. Sychev V. G., Shafran S. A. Forecast of the fertility of soils of the nonchernozem belt depending on the level of using fertilizers, *Plodorodie*, **2(107)**, 22 (2019).
4. Altukhov A. I., Zavalin A. A., Milashchenko N. Z., Trushkin S. V., The problem of improving the quality of wheat in the country requires a comprehensive solution, *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, **2**, 32 (2020).
5. Nikitin S. N. *Evaluation of the effectiveness of fertilizers, biological preparations and diatomite in the forest-steppe of the average Volga region*, 316 p. (UIGTU, Ul'yanovsk, 2017).
6. Punchenko S. S. *Nitrogen balance and efficiency of nitrogen fertilizers on soddy-podzolic soils of different degrees of erosion depending on the level of phosphorus and potassium nutrition*. (2016). Electronic resource: <http://dep.nlb.by/jspui/handle/nlb/51624> (date of access: 04/28/2022).
7. Shabayev V. P. *The role of biological nitrogen in the "soil...plant" system when introducing rhizospheric microorganisms*, 277 p. (Pushchino, 2004).
8. Tikhonovich I. A., Zavalin A. A., Blagoveshchenskaya G. G., Kozhemyakov A. P. The use of biopreparation – an additional source of power plants, *Plodorodie*, **3(60)**, 9 (2011).
9. Chebotar' V. K., Zavalin A. A., Aritkin A. G. *Application of biomodified mineral fertilizers*, 142 p. (UIGTU, Ul'yanovsk, 2011).
10. Gavrilova A. Yu. Chernova L. S., Zavalin A. A. Influence of complex mineral fertilizers and biological product Bisolbifit on the yield and quality of spring barley grain, *Plodorodie*, **4(109)**, 3 (2019).
11. Chebotar V. K., Yerofeyev S. V. Method for obtaining biomineral fertilizers and ameliorants (options) Patent № 2512277 (2012).
12. Bezruchko E. V. Silicon is an underestimated plant nutrient, *Zemledelie*, **4**, 40 (2020).
13. Sheudzhen A. Kh., Bondareva T. N. *Agrokhimiya*, Part 2, Metodika agrokhimicheskikh issledovaniy, 703 p. (KubGAU, Krasnodar, 2015).
14. Stepanova L. P., Kruzhkov N. K., Yakovleva Ye. V., Koren'kova Ye. A. *Organization of production of agricultural products on an ecological-landscape basis in the conditions of Central Russia*, 304 p. (OrelGAU, Orel, 2013).