

Козловская Вера Фроловна

Перспективы интеграции микроорганизмов ризосферы в сельскохозяйственную практику в качестве биоудобрений

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А. Л. Мазлумова»

e-mail: kozlovskaya.vera2020@yandex.ru

Зеленая революция XX века обеспечила беспрецедентные преимущества в мировом производстве продуктов питания. Она включала два основных компонента: химические ресурсы (пестициды, гербициды, химические удобрения) и улучшенные сорта сельскохозяйственных культур, отзывчивые на высокий агрофон. Однако, преимущества, связанные с использованием высоких доз удобрений, приводят к негативным экологическим последствиям. Необходима новая революция в сельском хозяйстве для поддержания стабильного производства продовольствия растущего населения мира, а также в связи с изменением климата в XXI веке. «Новая» Зеленая Революция, возможно Биореволюция, должна быть основана на меньшем количестве интенсивных затрат и снижении воздействия на окружающую среду. Известная взаимосвязь микроризобиома с растениями свидетельствует о громадном потенциале этого сообщества микроорганизмов для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений во всём мире. Поэтому целью данного сообщения является обобщение современных представлений о механизмах прямого влияния бактерий, способствующих росту растений (Plant Growth Promoting Bacteria, PGPB) на рост и развитие культур путём повышения эффективности поглощения нутриентов.

Питательные вещества поставляются извне, и лишь небольшую их часть используют растения: ~ 40–70 % азота, 80–90 % фосфора и 50–70 % калия от общего количества применяемых удобрений теряются в окружающую среду из-за различной динамики почвы [1]. Такой уровень потерь приводит не только к неоправданным затратам, снижению урожайности и утрате ценных ресурсов, но также к сильному загрязнению окружающей среды и нарушению экологической устойчивости. Следовательно, для достижения оптимальной урожайности важно улучшить использование удобрений.

Отдельная группа бактерий и архей, называемая diaзотрофами, способна восстановить атмосферный азот до аммиака в процессе, известном как биологическая фиксация азота (БФА). Химический синтез даёт 118 млн тонн азотных удобрений в год, а симбиоз между азотфиксирующими ризобиями и растениями обеспечивают 50–70 млн тонн азота для сельскохозяйственных систем ежегодно [2]. Свободно живущие *Azotobacter* и *Azospirillum* также фиксируют азот (20 % из общего фиксированного азота) посредством ассоциативно-симбиотических отношений в почве. Они могут фиксировать до 20–40 кг азота/га [3], и для их ассоциации не требуется специфическое растение-хозяин. Другая группа ФА – это синезеленые водоросли (цианобактерии), которые могут аккумулировать до 20–30 кг азота/га. Они, как правило, встречаются на рисовых полях, поэтому называются рисовыми организмами [4].

Из-за ключевой роли фосфора в растениях, его оптимальная концентрация часто превышает 60 моль/г сухой массы почвы. Однако, концентрация фосфора, биодоступного для корней растений, довольно низкая и варьирует от 1 до 10 молей в форме неорганического фосфора [5]. Несоответствие предложения этого элемента в почве потребностям растения приводит к множественным неблагоприятным последствиям для их роста и развития. От 75 до 90 % внесённого фосфора осаждаются комплексами железа, алюминия или кальция в почве, превращая его в недоступный для растений в первый год применения [6]. Низкое плодородие почвы, применение

высоких доз фосфора также ингибирует микроорганизмы, которые могут естественным образом повышать наличие доступного фосфора в почвах [7].

Основным методом бактерий для высвобождения фосфора из сложных источников, является производство органических кислот, которые создают кислые микросайты, понижающие рН и способствующие отделению фосфора от ионов кальция и хелатных ионов металлов. Почвенные бактерии могут также выделять неорганические кислоты, протоны, гидроксил ионы, сидерофоры и CO₂. Они минерализуют органический фосфор преимущественно внеклеточными ферментами, неспецифическими фосфогидролазами (фосфатазами), фитазами, фосфонатазами или С-Р лиазами. Повышение продуктивности и/или урожайности растений после инокуляции бактериями, солубилизирующими фосфор, показано для многих экономически важных сельскохозяйственных культур, включая кукурузу, сою, пшеницу, рапс, бобы мунг и томаты.

В 2015 г. мировой рынок биоудобрений оценивался в 946,6 млн долларов. Фосфат солубилизирующие бактерии составляют около 15 % мирового дохода, второго по величине и самого быстро растущего сектора биоудобрений [8, 9]. Эти цифры указывают на то, что фосфат солубилизирующие бактерии оказались жизнеспособным вариантом в качестве биоудобрения и все чаще используются в коммерческих целях, чтобы повысить доступный фосфор в ризосфере.

Калий является седьмым из наиболее распространенных элементов в коре Земли и в почве. Однако только от 1 до 2 % этого элемента доступно растениям. Бактерии, солубилизирующие калий (KSB), могут растворять силикатные минералы и высвобождать калий путем производства органических и неорганических кислот, синтеза полисахаридов, комплексолиза, реакции обмена [10].

Дефицит цинка во всём мире обусловлен его низкой растворимостью в почве. Биодоступность этого элемента в зоне корней повышается соединениями, связывающими цинк. Эти соединения выделяются корнями растений или микрофлорой ризосферы. Бактериальные метаболиты образуют комплексы с Zn²⁺ и снижают реакцию ионов с почвой. *Pseudomonas monteilii*, *Microbacterium saperdae*, and *Enterobacter cancerogenesis* производят цинк-хелатообразующие металлофоры для повышения водорастворимого цинка, доступного растениям [11].

Рынок биоудобрений в 2015 г. оценивался в 946,6 млн долларов США [12]. Прогнозируется, что он будет расти ежегодно с 2016 по 2022 г. на 14,08 % и достигнет 2305,5 млн долларов США, то есть за семь лет увеличится более чем в 2,4 раза [13], что свидетельствует о безусловной перспективности биоудобрений.

Литература

1. Fageria N. K. Yield and yield components and phosphorus use efficiency of lowland rice genotypes // J. Plant Nutr. 2014. Vol. 37. P. 979–989. DOI: 10.1080/01904167.2014.888735.
2. Herridge D. F., Peoples M. B., Boddey R. M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems // Plant Soil. 2008. Vol. 311. P. 1–18. DOI: 10.1007/s11104-008-9668-3.
3. Mahdi S. S., Hassan G. I., Samoon S. A., Rather H. A. Showkat A. D., Zehra B. Bio-fertilizers in organic agriculture // J. Phytol. 2010. Vol. 2. P. 42–54.
4. Nayak S., Prasanna R., Pabby A., Dominic T. K., Singh P. K. Effect of urea, blue green algae and *Azolla* on nitrogen fixation and chlorophyll accumulation in soil under rice // Biol. Fertil. Soils. 2004. Vol. 40. P. 67–72. DOI: 10.1007/s00374-004-0738-2.
5. Vance C. P., Uhde-Stone C., Allan D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource // New Phytol. 2003. Vol. 157. P. 423–447. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2003.00695.x.
6. Ha S., Tran L.-S. Understanding plant responses to phosphorus starvation for improvement of plant tolerance to phosphorus deficiency by biotechnological approaches // Crit. Rev. Biotechnol. 2014. Vol. 34. P. 16–30. DOI: 10.3109/07388551.2013.783549.
7. Carvalho F. P. Agriculture, pesticides, food security and food safety // Environ. Sci. Policy. 2006. Vol. 9. P. 685–692. DOI: 10.1016/j.envsci.2006.08.002.
8. Research G. V. Biofertilizers market size, share and trends analysis report by product (nitrogen fixing, phosphate solubilizing), by application (seed treatment, soil treatment), and segment forecasts, 2012–2022; Grand View Research. San Francisco, CA, USA, February 2018; Report ID: 978-1-68038-038-5.

9. Kafle A., Cope K. R., Rath R., Yakha J. K., Krishna Yakha J., Subramanian S., Bücking H., Garcia K. Soil microbes to improve plant phosphate efficiency in cropping systems // *Agronomy*. 2019. Vol. 127. 15 p. DOI: 10.3390/agronomy9030127.
10. Meena V. S., Maurya B. R., Verma J. P. Does a rhizospheric microorganism enhance K⁺ availability in agricultural soils? // *Microbiol. Res.* 2014. Vol. 169. P. 337–347. DOI: 10.1016/j.micres.2013.09.003.
11. Whiting S. N., Souza M. D., Terry N. Rhizosphere bacteria mobilize Zn for hyper accumulator by *Thlaspi caerulescens* // *Environ. Sci. Technol.* 2001. Vol. 35. P. 3144–3150. DOI: 10.1021/es001938v.
12. AgriInfo. in 2015. Role of biofertilizers in soil fertility and agriculture. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agriinfo.in/?page=topic&superid=5&topicid=176>. 201513 (дата обращения 05.05.2020).

UDC 631.461:5766.B

Kozlovskaya V. F.

Prospects for the rhizosphere microorganisms integration into agricultural practice as biofertilizers

Summary. Chemical fertilizers are a quick way to increase nutrients in the soil, but their use is economically costly and dangerous for the environment. Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) are able to increase the bioavailability of fertilizers through biological nitrogen (N) fixation, as well as potassium (K), phosphorus (P), and zinc (Zn) solubilization. The enhanced amount of soluble macro- and microelements in the close proximity of soil-root interface increases the fertilizer use efficiency ~ by 20-40 %.

Keywords: PGPR, biological nitrogen fixation, solubilization, biofertilizers.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-114

УДК 631.461:579.64

Мельничук Татьяна Николаевна^{1,2}, Еговцева Анна Юрьевна¹, Абдурашитов Сулейман Февзиевич¹, Абдурашитова Эльвина Расимовна¹, Турин Евгений Николаевич¹, Горелова Виктория Валерьевна¹, Зубоченко Алла Анатольевна¹

Состояние микробоценоза чернозема южного в условиях прямого посева

¹ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;

²ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
e-mail: melnichuk7@mail.ru

Микробоценоз почв агроэкосистем подвержен влиянию различных факторов, среди которых и технологические приемы выращивания сельскохозяйственных культур. В условиях степи происходит ежегодное увеличение площадей под прямым посевом, который рассматривают как перспективную ресурсосберегающую систему земледелия. Интродукция в ризосферу агрономически полезных микроорганизмов способствует активизации процессов, направленных на повышение продуктивности растений и качества продукции, сохранению плодородия почвы.

Цель исследований заключалась в оценке состояния микробоценоза чернозема южного под влиянием прямого посева и комплекса микробных препаратов.

Исследования проводили в пятипольном севообороте стационарного опыта по изучению прямого посева (ПП) в сравнении с традиционной системой земледелия (ТС) в условиях центральной степной зоны Крыма в 2017–2019 гг. Опытную делянку разделяли на две части: контроль – без инокуляции и предпосевная обработка семян комплексом микробных препаратов, разработанным под каждую культуру. Микробные препараты отличались штаммами, но все содержали азотфиксирующие, фосфатмобилизующие и протекторные от фитопатогенов микроорганизмы. Отбор образцов чернозема южного, слабо гумусированного, развитого на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах, для анализа проводили в первой декаде октября до посева озимых культур со слоя 0–10 см. Численность почвенных микроорганизмов основных эколого-трофических групп (аммонифицирующих и амилитических бактерий, азотфиксаторов и целлюлозолитиков) ризосферы пшеницы озимой, выраженное в колониеобразующих единицах (КОЕ) на г абсолютно сухой почвы, определяли по общепринятым