

Заключение

Анализ результатов показал, что поливидовое смешанное выращивание положительно повлияло на состав белка в зерне сои: соя, смешанная с белым люпином и пшеницей, показала более высокое содержание белка в зерне – 45,32% и 45,21% соответственно. Соя, выращенная в смеси с нуттом, показала самый высокий процент содержания масла в семенах – 18,66%.

По результатам двухлетнего исследования был сделан вывод о том, что выращивание сои в смеси с белым люпином значительно повышает содержание белка в зерне, а совмещение с нуттом – содержание масла в зерне. Поэтому такие смешанные системы возделывания имеют приоритет перед монокультурами и другими комбинациями возделывания.

Список литературы

1. Бельшкіна М. Е. Биохимический состав семян раннеспелых сортов сои и его изменчивость в зависимости от сортовых особенностей и метеорологических условий вегетационного периода // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. ВПО Ульяновский ГАУ им. П. А. Столыпина, 2020. № 3(50). С. 22–27.
2. Кашеваров Н.И. и др. Совместные посевы кукурузы и сои в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2021. Т. 3. С. 23–30.
3. Лю Дж. и др. Формирование качества урожая и его экологическая регуляция при полосном посеве кукурузы и сои // Теории и применение в системе полосного посева кукурузы и сои. Springer, 2025. С. 177–199.
4. Ма В. и др. Повышение устойчивости производства зерна за счет совмещения культур и частичной замены органических удобрений на Северо-Китайской равнине // Field Crops Res. Elsevier, 2025. Т. 326. С. 109886.
5. Хе В. и др. Различные схемы посева сои в междурядьях регулируют рост листьев и качество семян // Агронмия. ГОИ, 2025. Т. 15, № 4. С. 880.

AZOTOBACTER CHROOCOCUM КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОСНОВА ДЛЯ ПОЧВЕННЫХ БИОПРЕПАРАТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Петров Андрей Дмитриевич, студент 3 курса Института агроботехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, perovdn500@gmail.com

Селиверстов Егор Валерьевич, студент 3 курса Института агроботехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, sting.rik2015@mail.ru

Чернявская Анфиса Антоновна, студентка 3 курса Института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, anfisa.chernyavskaya@yandex.ru

(Научный руководитель – **Каменных Наталья Львовна**, к.б.н., доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, katennyh@rgau-msha.ru)

Аннотация: Биомасса бактерии *Azotobacter chroococcum* может быть использована в качестве почвенных биопрепаратов благодаря ее способности фиксировать азот из атмосферы, при этом также обладая стимулирующей рост активностью.

Ключевые слова: *azotobacter chroococcum*, биопрепараты, биоудобрения, азотфиксация, фитогормоны, сидерофоры.

Род *Azotobacter* включает 6 видов, среди которых наиболее распространённым и изученным является *Azotobacter chroococcum*, населяющий многие почвы по всему миру. Эти бактерии представляют собой гетеротрофных, несимбиотических, свободноживущих азотфиксирующих организмов, преимущественно обитающих в нейтральных или щелочных почвах. Эти бактерии грамотрицательны и различаются по форме. Обычно это крупные яйцевидные плеоморфные клетки диаметром 1,5–2,0 мкм или более, имеющие форму от палочковидной до кокковидной. Клетки могут быть диспергированы или образовывать неправильные скопления, а иногда и цепочки различной длины в микроскопических препаратах. В свежих культурах клетки подвижны благодаря многочисленным жгутикам, присутствующих на поверхности их тела, которые позже теряют подвижность, становясь почти сферическими, образуя толстый слой слизи и формируя клеточную капсулу [6]. *Azotobacter chroococcum* обладает некоторыми уникальными особенностями среди биоудобрений. Он обладает более чем одним типом фермента нитрогеназы. Бактерии не образуют эндоспор, но формируют толстостенные цисты под воздействием неблагоприятных условий, что делает их более устойчивыми к стрессовым условиям по сравнению с другими азотфиксаторами, что положительно обособляет этот вид в качестве основы для биопрепаратов.

Фиксация азота считается одним из наиболее важных биологических процессов на Земле после фотосинтеза, так как она обеспечивает переработку азота и поддерживает его круговорот в биосфере. Биологическая фиксация азота играет ключевую роль в поддержании плодородия почвы. *Azotobacter chroococcum* способен превращать атмосферный азот в аммиак, который затем усваивается растениями. Наличие оптимального уровня кальция в питательной среде необходимо для лучшего роста данного организма и его азотфиксирующей активности. Однако, как было установлено, его

эффективность снижается с увеличением уровня доступного азота в почве. Виды рода *Azotobacter* являются несимбиотическими гетеротрофными бактериями и способны фиксировать около 20 кг N/га/год [4]. Их можно использовать в сельскохозяйственном производстве в качестве замены части минеральных азотных удобрений. Благодаря биопрепаратам можно значительно снизить потребность в азотных удобрениях при выращивании сельскохозяйственных культур.

Помимо азотфиксирующей активности, *Azotobacter chroococcum* выгодно выделяется продуцированием различных вторичных метаболитов, которые положительно влияют на рост сельскохозяйственных культур и на общее качество почвы. Данные бактерии отличаются способностью синтезировать различные фитогормоны [5], в частности индол-3-уксусную кислоту (ИУК) при наличии в среде триптофана. Этот ауксин стимулирует рост и деление клеток у растений, что положительно сказывается на урожайности и способствует облегчению прорастания семян в почве, обработанной препаратами на основе *Azotobacter chroococcum*.

Кроме фитогормонов, эти организмы синтезируют сидерофоры — низкомолекулярные соединения, которые облегчают связывание и транспортировку железа, обеспечивая растения его подвижными формами. Немаловажной активностью является производство антибактериальных и противогрибковых соединений [3]. В совокупности с высокой устойчивостью к стрессовым условиям и способностью к свободному от растений существованию, это позволяет использовать биопрепараты на основе *Azotobacter chroococcum* для биоремедиации почв [2].

Можно сделать вывод о том, что *Azotobacter chroococcum* является перспективной основой для препаратов благодаря своей универсальности в использовании. Штаммы данного организма подходят для множества культур, в отличие от симбиотических азотфиксаторов. И, помимо своей азотфиксирующей деятельности, они благоприятно влияют на различные почвенные показатели. Так биопрепарат, созданный для широко спектра культур на основе штаммов *Azotobacter chroococcum* T79 и *Agrobacterium radiobacter* 204, помимо насыщения почвы легкоусвояемыми формами азота, значительно улучшает микробиологическую характеристику почвы и выделяет в почву стимулирующие рост фитогормоны [4]. Количество ризосферных олигоазототрофов в почвах возрастает в 1,8 раз после введения данного препарата, что свидетельствует о значительном их оздоровлении. Положительно влияет на ризосферную микробиоту и препарат на основе штамма *Azotobacter chroococcum* 5V(e) [1]. Благодаря способности *Azotobacter chroococcum* продуцировать различные стимуляторы роста, преимущественно ауксины, на полях зафиксировано более интенсивное формирование корневой системы у растений.

Выгодно выделять биопрепараты на основе *Azotobacter chroococcum* благодаря его антибактериальной и противогрибковой активности. Так биопрепарат, созданный на основе штамма *Azotobacter chroococcum* ВН-811, обладающего широким спектром фунгицидного действия, увеличивал устойчивость сельскохозяйственных культур к различным заболеваниям [3]. Немаловажным является высокая устойчивость *Azotobacter chroococcum* ВН-811, так как данный препарат может использоваться совместно с пестицидами в одной баковой смеси, не теряя своей эффективности и приводя к снижению трудозатрат на его использование.

Список литературы

1. Дегтярева И. А., Кириллова Н. И., Прищепенко Е. А. ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСНЫХ БИОУДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И МИКРОБИОЦЕНОЗ ГРЕЧИХИ //Агрехимический вестник. – 2023. – №. 4. – С. 67-73.
2. Градова Н. Б. и др. Использование бактерий рода *Azotobacter* при биоремедиации нефтезагрязненных почв //Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39. – №. 3. – С. 318–321.
3. Кандыба Е. В., Назаров А. Г. Штамм бактерий *Azotobacter chroococcum*, обладающий широким спектром фунгицидного действия и биопрепарат на его основе. – 2006.
4. Кириченко Е. В., Коць С. Я. Использование *Azotobacter chroococcum* для создания комплексных биологических препаратов //Biotechnologia Acta. – 2011. – Т. 4. – №. 3. – С. 074–081.
5. Соколова М. Г., Акимова Г. П., Вайшля О. Б. Влияние на растения фитогормонов, синтезируемых ризосферными бактериями //Прикладная биохимия и микробиология. – 2011. – Т. 47. – №. 3. – С. 302–307.
6. Upadhyay S. et al. Isolation, characterization and morphological study of *Azotobacter* isolates //Journal of Applied and Natural Science. – 2015. – Т. 7. – №. 2. – С. 984.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ В НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ПОЛОСЕ

Прудников Кирилл Станиславович, аспирант кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, prudnikov@rgau-msha.ru

(Научный руководитель - Лазарев Николай Николаевич, д.с.-х.н., профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, lazarevnick2012@gmail.com