

Большая польза микроорганизмов

# ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Аннотация.** Представлена информация о роли микробных технологий в развитии современного сельского хозяйства. Обобщены сведения о разработках Института микробиологии НАН Беларуси, направленных на экологизацию агропроизводства.

**Ключевые слова:** биопестициды, микробные препараты, микробные удобрения, пробиотики.



**Эмилия Коломиец,**  
генеральный директор  
ГНПО «Химический синтез  
и биотехнологии»,  
директор, главный  
научный сотрудник отдела  
биотехнологии средств  
биологического контроля  
Института микробиологии  
НАН Беларуси,  
член-корреспондент



**Наталья Сверчкова,**  
заместитель директора  
по научной работе, ведущий  
научный сотрудник  
лаборатории биотехнологии  
пробиотиков  
Института микробиологии  
НАН Беларуси,  
кандидат биологических наук



**Марина  
Мандрик-Литвинкович,**  
заведующая завлабораторией  
молекулярной диагностики  
и биологического  
контроля фитопатогенных  
микроорганизмов отдела  
биотехнологии средств  
биологического контроля  
Института микробиологии  
НАН Беларуси,  
кандидат биологических наук

Значимость микробиологии как одного из ведущих направлений биологии определяется важной ролью микроорганизмов в природных процессах, хозяйственной деятельности человека, медицине и охране окружающей среды. Благодаря огромному биохимическому потенциалу они продуцируют множество различных метаболитов (одна бактериальная клетка способна образовывать около 1,2 тыс. соединений) и могут использовать как природные, так и антропогенные органические продукты в качестве субстратов и источников энергии, выполнять функции основных компонентов пищевых цепей и биогеохимических циклов в экосистемах.



Микроскопирование жидкой культуры спорообразующих бактерий – основы пробиотического препарата



В отделении ферментации



Открытие 1-го пускового комплекса научно-производственного Центра биотехнологий по выпуску сухих форм пробиотических препаратов (в отделении сушки)



В научно-исследовательской лаборатории



Фото Сергей Дубонок, Валентина Колтышко

Инновационная биотехнологическая продукция Института микробиологии НАН Беларуси



Различные препаративные формы биотехнологической продукции

Повсеместное использование средств химизации привело к сокращению численности многих видов микроорганизмов в почве. Поэтому вопрос сохранения и изучения их генетического разнообразия наряду с другими живыми организмами в нашей стране контролируется на государственном уровне – согласно Стратегии по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 19.11.2010 г. №1707 (в редакции от 03.09.2015 г. №743) [1]. Успешной реализацией постановления способствует деятельность Института микробиологии НАН Беларуси. В функционирующей на его базе Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов (БКМ), являющейся объектом национального достояния, поддерживается свыше 2,2 тыс. штаммов микроорганизмов различных таксономических групп. С целью пополнения коллекции штаммами – суперпродуцентами биологически активных соединений используются как традиционные способы, так и методы генно-инженерного конструирования, повышающие эффективность селекционных работ в десятки и сотни раз. Открытый в Институте Центр аналитических и генно-инженерных исследований, оснащенный самым современным оборудованием, обеспечивает выполнение генно-инженерных работ на высоком научном уровне и позволяет получать штаммы с заданными свойствами для разработки биотехнологий и биопрепаратов, относящихся к V–VI технологическим укладам. Также созданы ДНК-банки промышленно ценных микроорганизмов и фитопатогенных культур, обеспечивающие

сохранность генофонда перспективных объектов биотехнологии и возможность раннего диагностирования болезней сельскохозяйственных культур с целью предотвращения эпифитотий.

Продукция, получаемая на основе микробного синтеза, применяется практически во всех отраслях экономики. Наиболее широкий ее сегмент предназначен для растениеводства и животноводства – это биологические средства защиты растений, микробные удобрения, пробиотики, биодезинфектанты, биоконсерванты растительного сырья, ферментные препараты, кормовой белок, аминокислоты, витамины и др. [2, 3].

Анализ литературных данных свидетельствует о перспективности использования для контроля патогенов и вредителей штаммов микроорганизмов, способных продуцировать широкий спектр метаболитов с антимикробным или энтомоцидным действием, отличающихся высокой скоростью роста, генетической стабильностью, конкурентоспособностью, низкой чувствительностью к биоценологическим факторам и безвредностью для окружающей среды [4, 5]. Приоритетное направление разработок биопестицидов нового поколения – создание биопрепаратов комплексного действия, в том числе на основе консорциума микроорганизмов с взаимодополняющими свойствами [6, 7].

Проводимые в отделе биотехнологии средств биологического контроля Института исследования по выделению и изучению микроорганизмов с заданными свойствами, выяснению природы метаболитов с антимикробной и энтомоцидной активностью, установлению механизмов

антагонистического действия потенциальных интродуцентов, оптимизации ферментационных процессов, разработке высокотехнологичных препаративных форм обладают научной новизной, социальной значимостью и служат теоретической и практической основой создания эффективных экологически безопасных биопестицидов, необходимых для оздоровления и стабилизации растениеводства республики.

Разработанные нами биопестициды «Фрутин» (для контроля возбудителей болезней ягодных и плодовых культур), «Бетапротектин» (для борьбы с кагатной гнилью сахарной свеклы, защиты огурца и томата от болезней), «Экогрин» (для защиты овощных и зеленных культур от болезней в условиях малообъемной гидропоники), «Бацитурин», «Бактосол» и «Ксантрел» (для защиты картофеля и овощных культур от вредителей и болезней), «Мультифаг» (эффективное средство против бактериозов овощных культур) нашли свою нишу на внутреннем рынке биотехнологической продукции и имеют экспортный потенциал благодаря высокой биологической активности и более низкой себестоимости по сравнению с зарубежными аналогами [8]. К новым разработкам института относятся микробные препараты комплексного действия «Полибакт» и «Агроревитол». Первый обеспечивает ускорение процессов минерализации запаханных растительных остатков (озимой тритикале, кукурузы), контроль развития фитопатогенных микроорганизмов и восстановление микробоценоза почвы, ее обогащение биологическим азотом и трансформацию фосфатов в доступные растениям

формы, повышение урожайности последующих культур севооборота (яровой ячмень, озимое тритикале) на 14–27% [9]. Применение «Агроревитола» позволяет получить прибавку зерновых и зернобобовых культур соответственно на 2,2–2,7 ц/га (4,4–5,2%) и 6,1–7,4 ц/га (14,2–20,4%) и снизить остаточное количество гербицидов группы сульфонилмочевины и имидазолинонов в почве на 10,7–17,9% и 7,0–27,2%. Несмотря на то, что проводимые в республике фитозащитные мероприятия ориентированы на преимущественное использование агрохимикатов, объем производства биопрепаратов имеет выраженную тенденцию к росту (с 3 т в 2011 г. до 78,63 т в 2018 г.).

В качестве альтернативы минеральным используются микробные удобрения. Крупнейшими мировыми производителями азотфиксирующих инокулянтов являются фирмы США, Франции и Великобритании. В Китае практически каждая провинция имеет биофабрики по выпуску бактериальных препаратов с азотфиксирующей и фосфатмобилизующей активностью. В аграрно развитых странах до одной трети общей площади зерновых и зернобобовых бактериализуют азотфиксирующими микроорганизмами и за счет этого на 25–40% сокращают потребление минеральных азотных удобрений [10–12].

Специалисты Института подтвердили принципиальную возможность образования симбиоза diazотрофных микроорганизмов с небобовыми растениями и показали перспективность применения в качестве агентов искусственных ассоциаций микроорганизмов, способных активно колонизировать корневую систему

и синтезировать гормоноподобные соединения. Осуществлен скрининг микроорганизмов с указанными свойствами, изучены ассоциативные взаимодействия в системе диазотрофы – небобовые растения и пути их превращения в симбиотические с целью разработки эффективных приемов использования биологического азота как основы повышения продуктивности агробиоценозов [13–16]. На базе указанных подходов созданы высокоэффективные микробные удобрения с азотфиксирующей активностью («Ризобактерин», «Гордебак», «АгроМик», «Ризофос») для повышения урожайности зерновых и зернобобовых культур. Адаптация технологий получения препаратов к условиям производства и сырья, имеющемуся в Беларуси, обеспечивает их низкую себестоимость и, соответственно, потребительскую стоимость (2 у.е./га). Всего за 2010–2018 гг. Институт произвел и реализовал микробных удобрений на сумму около 300 тыс. руб.

Практика показывает, что экологически безопасные биопрепараты, основу которых составляют живые полезные микроорганизмы, способны повышать всхожесть и энергию прорастания семян, сопротивляемость растений инфекциям и стрессовым воздействиям, усиливать корнеобразование, увеличивать урожайность и длительность плодоношения, качество и сохранность продукции. Биопестициды практически незаменимы в тех ситуациях, когда разнообразные химические способы защиты уже не дают ожидаемого результата и последовательное усиление химической нагрузки приводит лишь к удорожанию себестоимости продукции; когда необходимо

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

проведение завершающих фунгицидных обработок плодово-овощных культур с целью обеспечения сохранности урожая, а применение химических препаратов по санитарным причинам невозможно. Это же касается и тепличных хозяйств, где внесение микробиологических препаратов – единственный способ восстановления микробиоценозов, оздоровления почвы, повышения качества продукции овощеводства.

Наиболее быстрый и весомый экономический эффект микробиологических препаратов проявляется при разработке региональных схем их применения, учитывающих характеристики почвенного покрова, агроклиматические условия, сортовое разнообразие, особенности агротехники. При этом биологические средства питания и защиты растений не отменяют, а лишь ограничивают использование минеральных удобрений и агрохимикатов, а также способствуют повышению эффективности большинства традиционных агротехнических мероприятий.

В целом применение микробных препаратов обеспечивает:

- *снижение химической нагрузки как непосредственно на агроценоз, так и на ландшафт прилегающих территорий, включая лесополосы и населенные пункты (почвы, грунтовые воды, водоприемники, биота, воздушный бассейн). Положительный результат достигается за счет сокращения доз*

минеральных удобрений и пестицидов, использования баковых смесей биопрепаратов и химикатов при снижении концентрации последних;

- восстановление нормальной структуры микробоценоза. Часть интродуцируемых бактерий закрепляется и зимует в ризосфере растения, создавая положительный эффект последствия, проявляющийся в подавлении развития патогенных грибов и бактерий и обогащении микробоценоза полезной микрофлорой, особенно при получении ранней овощной продукции;
- высокую эффективность фитозащитных мероприятий благодаря тому, что у возбудителей болезней не формируется резистентность к биопрепаратам;
- возможность проведения обработок в разные фазы развития растения в связи с отсутствием в составе биопрепаратов токсичных компонентов, которые могут накапливаться;
- высокую окупаемость затрат на микробиологические средства защиты (до 30 раз) по сравнению с химическими (в 2,5–5 раз). Это объясняется тем, что микробные препараты обладают пролонгированным действием и их стоимость зачастую гораздо ниже, а эффективность выше, чем у агрохимикатов [17].

Актуальным и бурно развивающимся направлением современных микробиологических исследований является разработка препаратов пре- и пробиотического действия. Их мировой рынок достиг 30 млрд долл. и имеет выраженную тенденцию к дальнейшему росту. Основное

направление – продукты функционального питания, на которые приходится более 50% этого сегмента, пищевые и кормовые добавки – около 40%, фармацевтические препараты – 10% [18, 19].

В Беларуси потребность в пробиотиках для кормопроизводства составляет порядка 3 тыс. т в год (для обогащения 3 млн т комбикормов), для использования в качестве лечебно-профилактических средств – порядка 50 млн доз (удовлетворяется в основном за счет импорта).

Интерес к пробиотикам обусловлен их биологической безвредностью, способностью усиливать защитную функцию организма, стимулировать иммунную реактивность, нормализовать пищеварение, не вызывая при этом формирования устойчивости у патогенных микробов. Пробиотики позволяют исключить кормовые антибиотики в животноводстве, способствуют пищеварению, снижению общей заболеваемости. По мнению исследователей Т. П. Лайонса и Р. Дж. Фэллона, «наступающую эпоху пробиотиков» можно рассматривать как серьезный вызов традиционным производствам небезопасных для организма препаратов [20].

Наиболее известны пробиотики на основе представителей нормального кишечного биоценоза, в частности бифидо- и лактобактерий. Однако эти микроорганизмы характеризуются высокой чувствительностью к факторам внешней среды и, как следствие, препараты на их основе по стабильности уступают полученным с использованием спорообразующих бактерий. Пробиотики на основе бацилл эффективны и благодаря способности продуцентов к спорообразованию выгодно отличаются от традиционных

повышенной жизнеспособностью при воздействии различных агрессивных факторов. При этом они характеризуются высокой избирательной антагонистической активностью по отношению к патогенным микроорганизмам и активным синтезом разнообразных биологически активных соединений, например липополисахаридов, повышающих иммунитет животных [21].

Нами на основе штаммов спорообразующих бактерий разработана конкурентоспособная технология получения пробиотического препарата «Бацинилл», предназначенного для коррекции микробоценоза желудочно-кишечного тракта и стимуляции иммунной системы при заболеваниях молодняка крупного рогатого скота, свиней и птицы. Зарегистрирован «Ветоспорин» в жидкой и гелевой формах для профилактики и лечения гнойно-некротических поражений кожных покровов животных. Разработана технология получения и применения в составе кормов для сельскохозяйственных животных и птицы пробиотика «Споробакт», включающего два штамма спорообразующих бактерий с высокой антагонистической и ферментативной активностью [20, 21].

Известно, что значительную часть инфекционной патологии животных составляют заболевания вирусной и вирусно-бактериальной этиологии, причем вирусные инфекции, как правило, осложняются бактериальными и наоборот. Поэтому особенно актуальна проблема создания средств, характеризующихся одновременно антибактериальными и антивирусными свойствами. Для ее решения пробиотики используют в сочетании с различными иммуностимуляторами, антивирусными веществами

# ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

и цитокинами, среди которых наиболее широко представлены препараты интерферона. Нами совместно с сотрудниками БГУ разработана пробиотическая кормовая добавка «Проксиферон» с комплексной иммуномодулирующей, антибактериальной и противовирусной активностью для промышленного птицеводства.

Всего за 2010–2018 гг. Институтом произведено и реализовано около 145 т пробиотических препаратов на сумму 1,7 млрд руб.

По оценкам экспертов, в ближайшие годы биотехнология обеспечит прирост сельскохозяйственной продукции на 15–20%. Важно отметить, что данная промышленность относится к самым наукоемким отраслям в мире.

Наши дальнейшие исследования в сфере микробных технологий будут направлены на совершенствование их ресурсной базы на основе современных генетических подходов, что позволит отобрать в качестве объектов биотехнологий высокопродуктивные штаммы, характеризующиеся фагоустойчивостью, высокой адаптенностью к различным условиям существования. Высокий научный уровень исследований будет обеспечен за счет современного биохимического инструментария для проведения ДНК-анализа, широкого применения методов безлигзного клонирования генов. Разработка принципов направленного регулирования биологической активности микроорганизмов, совершенствования ферментационных процессов и товарных форм позволит обосновать научные подходы создания новых эффективных

биотехнологий для производства препаратов различного назначения. Для повышения конкурентоспособности средств биологического контроля возбудителей болезней растений будут изучены ключевые аспекты молекулярных взаимодействий фитопатогенов с микроорганизмами-антагонистами и растениями-хозяевами, а также факторы повышения устойчивости растений к основным патогенам. Целенаправленное практическое использование бактерий-деструкторов для предотвращения накопления остаточных количеств

химических пестицидов и их метаболитов в объектах окружающей среды обеспечит решение ряда экологических проблем, в том числе связанных с получением экологически чистой сельскохозяйственной продукции. ■

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Состояние биоразнообразия для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства в Республике Беларусь: страновой доклад / М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2016.
2. Коломиец Э. И. Микробные биотехнологии как основа экологизации и повышения продуктивности сельскохозяйственного производства / Э. И. Коломиец // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т микробиологии; под ред. Э. И. Коломиец, А. Г. Лобанка. – Минск, 2018. Т. 10. С. 3–11.
3. Соколенко Г. Г., Лазарев, Б. П., Миньченко, С. В. Пробиотики в рациональном кормлении животных / Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2015. №1. С. 72–78.
4. Биологические методы защиты растений // <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog/131>.
5. Kleinhempel H. Biological plant protection // H. Kleinhempel // Acta Biotechnologica. 1990. V. 10, №6. P. 495–499.
6. Муродова С. С., Давранов К. Д. Комплексные микробные препараты. Применение в сельскохозяйственной практике / Biotechnologia acta. 2014. V.7, №6. С. 92–101.
7. Биопрепараты для защиты растений: классификация, виды, особенности // <http://usadbaaplus.ru/biopreparaty-dlya-zashchity-rastenij-klassifikatsiya-vidy-osobennosti/>.
8. Коломиец Э. И. Вклад микробиологической науки в развитие агротехнологий // Наука и инновации. 2016. №6. С. 23–25.
9. Эффективность микробного препарата «Полибак», обеспечивающего ускорение минерализационных процессов в почве и увеличение ее биогенности / Э. И. Коломиец [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. под ред. Э. И. Коломиец. – Минск, 2015. Т. 7. С. 133–143.
10. Itelima J. U. et al. A review: Biofertilizer – A key player in enhancing soil fertility and crop productivity // Microbiol. Biotechnol. Rep. 2018. V. 2 (1). С. 22–28.
11. Berger L. R. et al. Plant and soil characteristics affected by biofertilizers from rocks and organic matter inoculated with diazotrophic bacteria and fungi that produce chitosan // J. Soil Science Plant Nutrition. 2013. V. 13(3). С. 592–603.
12. Amutha R. et al. Isolation and mass production of biofertilizer (azotobacter and phosphobacter) // Int. J. Lat. Res. Sci. Technol. 2014. V. 3 (1). С. 79–81.
13. Vessey J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers // Plant Soil. 2003. V. 255. P. 571–586.
14. Шапошников А. И. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов / А. И. Шапошников, А. А. Белимов, Л. В. Кравченко, Д. М. Виванко // С/х биология. 2011. №3. С. 16–22.
15. Моргун В. В. Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение / В. В. Моргун, С. Я. Коць, Е. В. Кириченко // Физиол. и биохим. культ. растений. 2009. Т. 41, №3. С. 187–207.
16. Благова Д. К. Искусственные ассоциативные симбиозы между томатом и ризобиями, обладающими фунгистической активностью / Д. К. Благова, З. Р. Вершинина, Л. Р. Нигматулина, А. М. Лавина, Ан. Х. Баймиев, Ал. Х. Баймиев // С/х биология. 2015. Т. 50, №1. С. 107–114.
17. Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. Сборник научных трудов / под ред. Э. И. Коломиец [и др.]. Т. 7. – Минск, 2015.
18. Коломиец Э. И. На пути к биоэкономике: успехи и проблемы становления биотехнологической отрасли в Республике Беларусь / Э. И. Коломиец // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. / Ин-т микробиологии НАН Беларуси; под ред. Э. И. Коломиец, А. Г. Лобанка. – Минск, 2016. Т. 8. С. 3–10.
19. Тихонович И. А. Биопрепараты в сельском хозяйстве / И. А. Тихонович, А. П. Кожемяков, В. К. Чеботарь // Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. – М., 2005.
20. Сверчкова Н. В., Коломиец Э. И. В поисках альтернативы ветеринарным и кормовым пробиотикам // Наука и инновации. 2014. №8. С. 21–24.
21. Похиленко В. Д., Перельгин В. В. Пробиотики на основе спорообразующих бактерий и их безопасность // Химическая и биологическая безопасность. 2007. №2–3. С. 20–41.

SEE <http://innosfera.by/2019/03/biotechnology>