

Микробиологический коктейль для почвы

Белорусские ученые создали микст из бактерий и грибов, чтобы снизить переход радионуклидов в растения

Микроорганизмы, обитающие в почве, таят много неизвестного. Познавая их уникальные свойства, белорусские ученые научились объединять разнообразные сообщества грибов и бактерий, чтобы создать особую микрофлору с заданными характеристиками. Эти знания позволили исследователям создать уникальный микробиологический коктейль для почвы – новый комплексный состав EM1 «Конкур» и доказать, что его применение помогает снизить переход радиоактивных элементов в сельскохозяйственные культуры. Даже спустя более трех десятилетий после аварии на Чернобыльской АЭС проблема возрождения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, остается актуальной для нашей страны. И данная разработка ученых Института радиобиологии НАН Беларуси может стать существенным подспорьем в реабилитации земель пострадавших регионов. Нет сомнений, что включение в практику таких инновационных микробиологических технологий также будет способствовать продвижению органического земледелия.

Значимость этого многолетнего исследования высоко оценили и в научном сообществе. За обнаружение эффекта влияния почвенных микроорганизмов на биологическую мобильность радионуклидов как основы нового поколения технологий коллектив авторов Института радиобиологии отмечен в числе победителей конкурса «Топ-10» результатов деятельности ученых Национальной академии наук Беларуси в области фундаментальных и прикладных исследований за 2018 год.

Считается, что большая часть всех микроорганизмов, обитающих на планете Земля, живет непосредственно в почве: в одном кубическом сантиметре – миллиарды клеток бактерий. Функции микроорганизмов очень разнообразны. Помимо влияния на биосферу, на глобальные циклы вещества и энергии, почвенные микробные сообщества интересны для человека тем, что они прямо участвуют в питании растений, снабжая их химическими элементами, питательными веществами, ферментами, гормонами роста. Эти сообщества могут осуществлять очистку среды от загрязнителей, минерализацию питательных веществ для растений, разложение

растительных остатков, стимуляцию роста корней и т. д. Но самое главное – их функциональность сказывается на продуктивности и стабильности естественных и сельскохозяйственных экосистем.

Не будем забывать, что микробы могут разлагать органические вещества, например растительный опад, и возвращать таким образом в атмосферу углекислый газ. А могут, наоборот, консервировать углерод в виде инертного трудноразлагаемого органического вещества. Все эти процессы весьма интересны человеку, поскольку оказывают прямое влияние на сельское хозяйство, состояние окружающей среды, климат.

ЭМ-технология в действии

Некоторые эксперты считают, что технология эффективных микроорганизмов (ЭМ) в 1980-е годы произвела эффект разорвавшейся бомбы. Созданная для увеличения микробного разнообразия почв, она представляет собой симбиоз полезных микробных сообществ – фотосинтетических, молочнокислых бактерий, дрожжей, актиномицетов, ферментирующих грибов. Впервые соединил эти группы микроорганизмов «в одном флаконе» японский ученый Тэруо Хига. Обладая высокой самоподдерживающей способностью, эффективные микроорганизмы способны вытеснять из среды патогенные и гнилостные бактерии. Такая среда благоприятна для растений: они быстрее развиваются, отличаются крепким иммунитетом и дают отличный урожай. В случае, когда преобладают патогенные микроорганизмы, растения чахнут и, как правило, становятся приманкой для вредителей. Для спасения урожая обычно предлагается вносить больше минеральных удобрений, не исключается и обработка ядохимикатами. В конечном счете все эти действия приводят к снижению или вообще уничтожению полезных микроорганизмов, почва заселяется патогенными и превращается в неплодородную.

Как утверждает Тэруо Хига, важно приумножать полезную микрофлору, подкармливая ее органикой, создавая микроорганизмам комфортные условия. А они, в свою очередь, обеспечат благоприятную среду для питания и развития растений. На такой основе и были созданы первые ЭМ-препараты, которые отличались по видовому и количественному составу симбиотических микроорганизмов.

Сегодня ЭМ-технология популярна уже более чем в 140 странах мира. Ее применение значительно улучшает почвы, что приводит к ускорению роста, повышению урожайности и качества выращиваемых культур. Хорошие результаты показывает даже обработанная ЭМ вода, которую можно впоследствии использовать для озеленения. А в Японии с помо-

щью ЭМ-технологии очищают городские стоки.

На такие инновационные сельскохозяйственные технологии давно обратили внимание и в Беларуси. В свое время совместно с японскими учеными белорусские исследователи из Института радиобиологии под руководством академика Е.Ф. Конопки впервые проверили действие эффективных микроорганизмов на загрязненных радионуклидами территориях. И, что удивительно, привнесение полезной микрофлоры на такие земли дало свои положительные результаты.

Комплекс для улучшения плодородия

Сельское хозяйство – одна из наиболее пострадавших от чернобыльской катастрофы отраслей экономики Беларуси. Понятно, что возродить некогда плодородные пахотные земли очень непросто... Для оценки радиоэкологических последствий аварии на ЧАЭС лабораторией радиоэкологии Института радиобиологии НАН Беларуси была осуществлена всесторонняя оценка динамики содержания и форм нахождения радионуклидов цезия-137, стронция-90, трансурановых элементов в воде, воздухе, почве, биоте, сельскохозяйственной продукции. Ученые выяснили, что ведение сельскохозяйственных и других работ в зоне загрязнения способствует локальным повышениям радиоактивности приземного воздуха в сотни и тысячи раз, а это, в свою очередь, увеличивает ингаляционное поступление долгоживущих радионуклидов и приводит к повышению доз облучения населения.

За период после аварии радиационная обстановка на землях сельскохозяйственного назначения значительно улучшилась. Только по причине естественного распада концентрация долгоживущих радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в почве уменьшилась почти наполовину. Как отмечают ученые, в наиболее пострадавших районах четко прослеживается перераспределение земель с более высокой плотностью загрязнения в более

низкую. Площадь сельскохозяйственных земель, загрязненных цезием-137, сократилась более чем на 570 тыс. га и составляет 864,4 тыс. га (11,7 % от всех сельскохозяйственных земель страны), стронцием-90 – 288,2 тыс. га, или 3,9 %.

Вместе с тем спустя 33 года, прошедших с момента чернобыльской катастрофы, основное количество радионуклидов продолжает оставаться в корнеобитаемом слое и включается в биологический круговорот. Основным дозообразующим радионуклидом – цезий-137. В населенных пунктах, расположенных недалеко от зоны отчуждения, значительный вклад в дозу внутреннего облучения вносит стронций-90. А потому выращиваемый здесь урожай является потенциальным источником поступления трансурановых элементов в организм человека. Согласно данным, полученным радиобиологами, основной вклад в формирование дозы внутреннего облучения от таких элементов вносит потребление овощной продукции, в частности картофеля (до 80 %).

Поэтому соблюдение рекомендаций ученых по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель остается актуальным. Так же как и применение научно обоснованного комплекса специальных защитных мероприятий в сельском хозяйстве, в первую очередь направленных на предотвращение поступления радионуклидов из почвы в растения. Проводится он дифференцированно для территорий с различной радиационной обстановкой и включает: известкование кислых почв; внесение основной и дополнительной доз фосфорно-калийных удобрений; создание культурных сенокосов и пастбищ и другие мероприятия.

– Сельскохозяйственное производство на этих землях сопровождается использованием специальных приемов, ограничивающих поступление радионуклидов в продукцию, – пояснил директор Института радиобиологии НАН Беларуси, кандидат медицинских наук, доцент Игорь Чешик. – На практике преимущественно используются повышенные дозы минеральных удобрений. Да, это противоре-



▲ Лауреаты конкурса «Топ-10» НАН Беларуси в области фундаментальных и прикладных исследований за 2018 год
И. Чешик
и А. Никитин
(слева направо)

чит современным тенденциям мирового рынка сельскохозяйственных продуктов, где быстрыми темпами увеличивают свое присутствие органические продукты питания, полученные без использования химических удобрений и пестицидов. И вначале для хозяйств, земли которых загрязнены радиоизотопами цезия, задача производства экопродуктов казалась в принципе невыполнимой. Но благодаря ЭМ-технологиям стало возможным и увеличить производительность растениеводства и животноводства, и получить экологически чистые продукты питания, и снизить отрицательную нагрузку на окружающую среду.

К слову, изначально ЭМ-комплекс начали использовать в японском сельском хозяйстве для производства органических продуктов. Применить в Беларуси эффективные микроорганизмы предложил профессор Тэруо Хига. За основу белорусские ученые взяли разработку японских коллег, но микроорганизмы размножали уже на местном сырье – мелассе сахарных заводов. Затем испытывались различные режимы культивирования, смещения баланса – больше молочнокислых бактерий при определенных условиях или дрожжевых грибов, применяли разные добавки микроэлементов и, наконец, пришли к новой оригинальной модификации продукта, названного EM1 «Конкур».

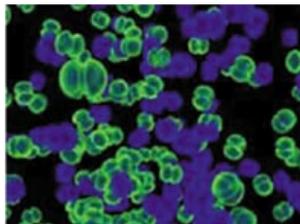
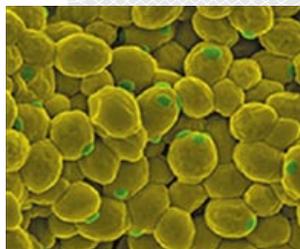
В лаборатории радиоэкологии Института радиобиологии НАН Беларуси исследователи подчеркивают, что параллельно решали две важные задачи: во-первых, изучали влияние микроорганизмов на переход радионуклидов в сельскохозяйственные растения и далее по пищевым путям к человеку, а во-вторых, анализировали возможности улучшения плодородия почв, в том числе создания препаратов, адаптированных под органическое земледелие. Что касается перехода радионуклидов в растения, исследовались в первую очередь главные дозообразующие для человека – цезий-137 и стронций-90. Кроме того, постоянно велись поиски альтернативных и экономически целесообразных способов улучшения плодородия почвы, апробировались различные комплексные микробиологические препараты, испытывались новые комбинации биологически активных веществ.

– В этом плане лучше всего зарекомендовал себя комплекс, состоящий из трех основных групп микроорганизмов с различными типами питания: фотосинтезирующих пурпурных бактерий, дрожжевых грибов и молочнокислых бактерий, – отметил заведующий лабораторией радиоэкологии Института радиобиологии НАН Беларуси кандидат сельскохозяйственных наук Александр Никитин. – В каком-то смысле такая замкнутая среда является самоподдерживающейся. Там имеются автотрофные бактерии, которые могут функционировать, получая энергию солнца, и производить органическое вещество. Эти пурпурные бактерии вообще приспособлены к широким условиям обитания. С одной стороны, у них есть несколько режимов функционирования, а с другой – они сами способны создавать восстановительную среду, неблагоприятную для многих болезнетворных и гнилостных бактерий, в которой приостанавливаются даже процессы коррозии. Роль своеобразных стражников играют молочнокислые бактерии – они не дают возможности гнилостным и многим другим микробам активно размножаться. А дрожжи, известные своей способностью поглощать кислород, стимулируют аэроб-

ный тип обмена веществ. Впрочем, и когда нет кислорода, они тоже выживают.

Поясняя принцип работы микробиологического препарата, А. Никитин подчеркнул, что бактерии, которые привносятся в почву, должны будут потеснить «аборигенов» – микробиологические сообщества, уже находящиеся там в естественной среде, или же в какой-то мере конкурировать с ними. В отношении однокомпонентных составов существует большая вероятность, что очень быстро они будут вытеснены. Но у многокомпонентного «микста» из бактерий и грибов EM1 «Конкур» шансов закрепиться намного больше. Согласно данным испытаний на экспериментальных участках, препарат активно работает при обработке почвы каждые 10–12 дней, успешно изменяя под себя аборигенное микробиологическое сообщество. При определенных оптимизированных режимах использования EM1 «Конкур» эффективен и на землях, загрязненных цезием и стронцием: он позволяет существенно снизить коэффициент перехода радионуклидов из почвы и растение.

– Внесение комплекса микроорганизмов в почву приводит к снижению растворимой и обменной форм радионуклида, – отметил заведующий лабораторией радиоэкологии А. Никитин. – Отчасти это объясняется высокой накапливающей способностью пурпурных бактерий в отношении цезия. Но также наблюдается увеличение доли радионуклида в трудноизвлекаемых формах, ассоциированных с минералами почвы. Нам удалось разработать методы снижения поступления стронция-90 в овощную продукцию с применением созданного в Институте радиобиологии НАН Беларуси микробиологического препарата EM1 «Конкур». Оказалось, его использование позволяет увеличить всхожесть и урожайность на 10–15%. Препарат также можно использовать для снижения накопления цезия в ячмене, пшенице, моркови, томатах, свекле, салате и других культурах. Практически везде отмечался положительный эффект, а в сочетании с калийными удобрениями он только усиливался.



Микроорганизмы с различными типами питания составляют основу препарата EM1 «Конкур»

Нельзя не отметить и существенный экономический эффект. В частности, дополнительный урожай 20 ц/га зерна кукурузы с применением EM1 «Конкур» обеспечивает получение 5 рублей на каждый затраченный рубль и позволяет достигнуть рентабельности производства не менее 83,3 % без учета снижения доз минеральных удобрений и пестицидов.

Результатами исследования белорусскими радиобиологами эффективных микроорганизмов, да и самим принципиально новым способом снижения перехода радиоизотопов цезия в продукцию растениеводства, совместимым с принципами органического земледелия, теперь уже заинтересовались японские коллеги, для которых данная тематика по возрождению загрязненных радионуклидами земель стала особенно актуальной после аварии на АЭС «Фукусима-1».

Востребованным оказался и опыт наших ученых по реабилитации пострадавших территорий. В Японии, как и во многих странах мира, сегодня уделяется большое внимание производству органической продукции. Следовательно, для повышения урожайности, а в отдельных случаях и снижения перехода радиоактивных элементов в растения, нельзя применять пестициды, гербициды, минеральные удобрения. В этой ситуации микробиологические препараты просто панацея. Апробированная белорусскими радиобиологами ЭМ-технология с применением отечественного препарата EM1 «Конкур» и его модификаций теперь проходит испытания в Японии, в фермерских хозяйствах, пострадавших от фукусимской аварии. В рамках договора о сотрудничестве с японской EM Research Organization в настоящее время разрабатываются новые методы ограничения поступления цезия-137 из почвы в растения.

Новое поколение

Если говорить о перспективах ЭМ-технологий, то само создание нового комплексного состава микробиологического препарата, в котором сбалансировано «живет» микробиологическое сообще-

ство, открывает простор для исследований. Как рассказал директор Института радиологии НАН Беларуси Игорь Чешик, микробиологический препарат EM1 «Конкур» может успешно применяться не только в растениеводстве, но и в животноводстве, способствуя решению экологических проблем загазованности производственных помещений. Не секрет, что современные животноводческие предприятия являются источником постоянного загрязнения окружающей среды газообразными и пылевыми веществами, а также микроорганизмами, количество которых, несмотря на принимаемые меры защиты, возрастает почти пропорционально увеличению выпуска продукции. Улучшение микроклимата в помещениях, где содержится скот, повысит продуктивность животных на 10–15 %, значительно улучшит их здоровье и на этой основе удлинит сроки продуктивной жизни.

Специалисты утверждают, в воздухе животноводческих помещений, кроме таких известных газов, как аммиак, сероводород, углекислый газ и метан, синтезируется около 27 химических газообразных соединений, принадлежащих к группам аминов, амидов, спиртов, дисульфидов, сульфидов, меркаптанов. Помимо неприятного запаха, они могут оказывать вредное воздействие как на животных, так и на человека.

И. Чешик подчеркнул, что применение EM1 «Конкур» на фермах наряду с повышением продуктивности и оздоровлением скота позволяет устранить и вредные газы, и неприятный запах. Замеры содержания сероводорода после действия микробиологического препарата показали отсутствие газа во всех вариантах опыта, что свидетельствует о стопроцентном эффекте. При этом действие препарата сохранялось в течение 3–5 дней. Как отметил ученый, благодаря новой технологии загазованность помещений аммиаком снижается от 20–25 до 100 %, а сероводородом на 50–100 %. А добавление этого фермента в воду и корма для животных приводит к увеличению привесов и надоев, способствует быстрому заживлению ран.



– Применение ЕМ1 «Конкур» позволяет нормализовать микробиологические и пищеварительные процессы в желудочно-кишечном тракте животных, улучшить обмен веществ, повысить потенциал здоровья, продуктивности, жи-ро- и белковомолочности, сохранность и привесы молодняка, очистить объекты внешней среды от патогенной бактериальной микрофлоры, грибов, плесени и неприятных запахов, – пояснил И. Чешик. – Продуктивность скота повышается при минимальных дополнительных затратах, да и экология окружающей среды улучшается значительно.

Экспериментально подтверждено, что за весь период дорастивания молодняка (180 дней) введение в рацион ЕМ1 «Конкур» дает возможность получить ежедневный дополнительный привес 0,115–0,387 кг без дополнительных затрат на корма. При этом снижается риск ухудшения здоровья у поголовья. Используя микробиологический препарат при скармливании дойному стаду с годовым надоем 2,5–3,0 тыс. л можно дополнительно надойти от коровы от 1,3 до 2,2 л в сутки молока без увеличения объема кормов. И это, как уверен ученый, далеко не полный список всех преимуществ данного биологического препарата.

Планируется, что следующим шагом продвижения на рынок эффективных микроорганизмов станет регистрация серии препаратов ЕМ «Конкур» в Беларуси.

Вместе с тем комплексные составляющие оригинального микробиологического коктейля будут еще совершенствоваться. Например, радиобиологи планируют создать отдельные составы для быстрого и эффективного компостирования, для возделывания ряда сельскохозяйственных растений, ускорения их всхожести и роста, повышения устойчивости к стрессам, засухе и заморозкам, а также некоторым болезням, в частности фитофторе.

Также ученые планируют поработать над улучшением потребительских качеств уникального высокотехнологичного продукта. Культура микроорганизмов в форме жидкого концентрированного вещества, по их словам, очень восприимчива к изменению условий хранения. Ее легко уничтожить, перегрев на солнце, не выживают бактерии и при замерзании. Продолжительное хранение с доступом воздуха может тоже запустить необратимые процессы. Да и в целом этот микробиологический продукт нельзя хранить более года. Поэтому в лаборатории радиоэкологии рассматривают возможность изготовления микробиологического препарата не в форме жидкого концентрированного вещества, а твердого брикета на основе отходов производства зерновых культур, обработанных микробиологическими препаратами.

Продолжатся исследования поведения радионуклидов и тяжелых металлов в системе «почва – растения» в условиях изменения погодно-климатических условий.

– Работая по Государственной программе научных исследований «Природопользование и экология», мы изучили, как отклонение погодных условий от многолетней нормы влияет на переход радионуклидов, – рассказал заведующий лабораторией радиоэкологии А. Никитин. – Один из полученных нами достоверных четких результатов подтверждает: во время засух, которые в Беларуси, особенно в начале вегетационного сезона, повторяются регулярно, переход цезия в растения заметно увеличивается. Мы также сравнили эффективность воздействия на различные сельскохозяйственные культуры японского фермента-

▼ Применение ЕМ1 «Конкур» в животноводческих помещениях позволяет, наряду с повышением продуктивности и оздоровлением скота, ликвидировать наличие вредных газов и неприятный запах



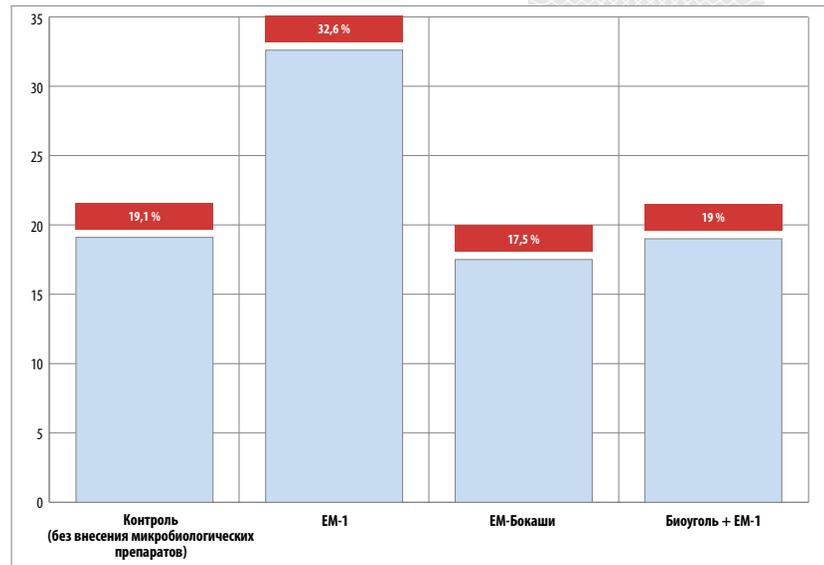
тивного мелиоранта «Бокаши» и нескольких отечественных микробиологических препаратов – «Конкур», «Биоуголь» и др. Белорусские препараты зарекомендовали себя очень хорошо, в том числе в плане снижения перехода цезия в растения в период засухи.

– Проблема заключается в том, что большая часть существующих в почве микроорганизмов не исследована, – отмечает директор Института радиобиологии И. Чешик. – По некоторым оценкам, от 90 до 99 % их не поддаются культивированию на искусственных питательных средах. Это значит, мы не можем получить живую чистую культуру этих микроорганизмов в лаборатории и исследовать, как они питаются, какие биохимические процессы проводят, какова их физиология.

Есть и еще одна сложность. Микроорганизмы в природных условиях постоянно эволюционируют. Ученым же, чтобы получить полезный эффект, необходимо их выделить, объединить с целым комплексом других и научиться регулировать очень сложный комплекс взаимосвязей в новом микробиологическом сообществе.

– Совсем другое – эффективные микроорганизмы, – уточняет И. Чешик. – Здесь мы уже существенно продвинулись в изучении и потому можем говорить о новом поколении технологий, которые позволят решать не только проблему повышения урожайности в сельском хозяйстве, но и способствуют продвижению органического земледелия. А это уже приближает к решению экологических проблем для нынешнего и будущих поколений. По сути дела, обнаруженный нашим авторским коллективом эффект влияния почвенных микроорганизмов на биологическую активность радионуклидов, который был отмечен в этом году включением в рейтинг «Топ-10» НАН Беларуси, станет подспорьем для развития новых направлений изучения сложного комплекса взаимосвязей разнообразных почвенных микробиологических сообществ.

Очевидно, что дальнейшее внедрение технологий, основанных на использо-



вании микробиологического препарата EM1 «Конкур», позволит увеличить объемы производства высококачественных продуктов питания, улучшить экологическое состояние окружающей среды и на основе этого улучшить качество жизни населения.

Если говорить о собственно научном векторе, то, основываясь на проведенных исследованиях и открывающихся перспективах более широкого изучения ЭМ, ученые планируют создать межатраслевую лабораторию почвенной микробиологии. С одной стороны, она будет заниматься непосредственно процессами влияния и регуляции поступления техногенных радионуклидов и тяжелых металлов в растения, разработкой методов ремедиации техногенно нарушенных земель. С другой же – вопросами обеспечения доступности для растений микроэлементов, макроэлементов. Не исключено, что в процессе изучения богатого микробного сообщества почвенных микроорганизмов проявятся и другие направления их применения. По крайней мере, уже сегодня в Институте радиобиологии на основе побочных продуктов деятельности ЭМ разрабатывается антиоксидантная биологически активная добавка, предупреждающая процессы старения человека.

Снежана МИХАЙЛОВСКАЯ ▮

▲ Измерения ученых Института радиобиологии позволили установить, что радионуклид цезий-137 в большей степени связывается с органическим веществом при обработке почвы EM1 «Конкур»