

## БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

И.А. Дегтярева, Е.А. Прищепенко

ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

Биотехнология рассматривает почву в качестве главного природного банка при поиске культур микроорганизмов с любыми необходимыми свойствами. Для этого имеется много оснований. Мировым приоритетом является производств экологически чистой продукции. Благодаря неисчерпаемому метаболическому потенциалу микроорганизмы используются человеком в самых различных целях, в том числе для решения экологических проблем. Микроорганизмы активно участвуют в почвообразовании и поддержании почвенного плодородия. Их количество в определенном типе почвы зависит от конкретного региона, его климатических условий, времени года и может достигать нескольких миллиардов в 1 г. Качественный состав микроорганизмов почвы разнообразен и представлен бактериями, актинобактериями, вирусами, микроскопическими грибами, простейшими. Значимым показателем помимо численности микроорганизмов, обитающих в почве, является их активность, определяющая результаты их жизнедеятельности. Поэтому изучение функционирования микробного сообщества почв представляется актуальной научной проблемой. Биологические подходы и приемы, основанные на использовании потенциала почвенных микроорганизмов и растений, являются актуальными для сельского хозяйства. В отделе агроэкологии и микробиологии Татарского НИИАХП ФИЦ КазНЦ РАН проводятся фундаментальные и прикладные исследования по нескольким научным направлениям: микробиологический мониторинг и оценка качественного состояния различных типов почв; биологическая безопасность наноструктурных минералов в тестах на микроорганизмах и растениях; создание и внедрение биопрепаратов на основе автохтонных агрономически ценных микроорганизмов и биобезопасных наноминералов; биологическая ремедиация нарушенных почв с использованием микроорганизмов-деструкторов широкого спектра действия и др. Микроорганизмы являются одним из важнейших компонентов, которые оказывают влияние на плодородие. Для почв Республики Татарстан проводится комплексная микробиологическая диагностика, осуществляется разработка методов микробиологической устойчивости почвы к антропогенным факторам. Так, при комплексном исследовании различных способов основной обработки выщелоченного чернозема отмечено стимулирующее воздействие на численность и активность diaзотрофов, актинобактерий, фосфатмобилизующих, клетчаткоразрушающих микроорганизмов при комбинированной ярусной и чизельной обработке в сочетании с мелкой обработкой. Наибольшая активность различных физиологических групп микроорганизмов почвы отмечена в тех же вариантах, где наблюдается высокая урожайность. Для биологической характеристики последствия минеральных и органических удобрений наиболее значимыми являются численность микромицетов, фосфатмобилизующих микроорганизмов, азотфиксаторов, биологическая активность почвы.

Известкование выщелоченного чернозема является надежным средством увеличения биогенности почвы. В полевых опытах по известкованию отмечена корреляция между дозой извести, рН, численностью микромицетов и фитотоксичностью исследуемой почвы. Доза извести 1,0 г.к. не только оказывает активизирующее влияние на численность почвенных микроорганизмов, но и на получение наибольшего урожая. Разработанные критерии свидетельствуют, что почвенные микроорганизмы являются своеобразными биомаркерами антропогенного влияния на почву.

Важной составляющей биотехнологических исследований отдела агроэкологии и микробиологии является создание комплексных биопрепаратов на основе автохтонных микроорганизмов различных физиологических групп (азотфиксирующих, фосфатмобилизующих, углеводородокисляющих). Ассоциативные diaзотрофы представляют наибольший интерес, так как служат переходными формами к созданию азотфиксирующих симбионтов важнейших сельскохозяйственных растений. Фосфатмобилизующие микроорганизмы способны переводить малодоступные для растений формы фосфатов из органических и неорганических источников в подвижные и легкоусвояемые соединения, которые определяют условия минерального питания растений тем самым, способствуя их активному росту, развитию и устойчивости к неблагоприятным условиям окружающей среды. Штаммы diaзотрофных и фосфатмобилизующих микроорганизмов, синтезируя регуляторы роста, приводят к увеличению скорости роста растений, повышению их урожайности [1]. Помимо этого отличительной чертой создаваемых экологически безопасных биопрепаратов является комплексность их действия – они не только улучшают питание растений; подавляют развитие ряда болезней, но и способствуют повышению плодородия почвы.

Наиболее эффективные diaзотрофные и фосфатмобилизующие микроорганизмы с высокой нитрогеназной и антагонистической активностью идентифицированы методом установления нуклеотидной последовательности 16S рРНК и депонированы в коллекции ФГУП ГосНИИгенетика: *Azotobacter chroococcum* 5 V(e) (ВКПМ: В-10387); *Pseudomonas brassicacearum* 26W(в) (ВКПМ: В-10388); *Sphingobacterium multivorum* 6 F(б) (ВКПМ: В-10385); *Achromobacter xylosoxidans* 5 F(б) (ВКПМ: В-10386).

Получены патенты Российской Федерации: «Штамм *Pseudomonas brassicacearum*, используемый для получения бактериального удобрения под зерновые, овощные и кормовые культуры» № 2453596; «Штамм *Sphingobacterium multivorum*, используемый для получения бактериального удобрения под томаты и огурцы» № 2458119; «Штамм бактерий *Azotobacter chroococcum* 5 V(e) для получения бактериального удобрения под зерновые и кормовые культуры» № 2464308 [2–4].

Инокуляция созданными комплексными биопрепаратами на основе автохтонной микрофлоры и биобезопасных наноминералов способствует существенному снижению доз используемых азотных, фосфорных удобрений и себестоимости получаемой продукции, а также значительному повышению урожайности и устойчивости различных сельскохозяйственных культур к вредителям и болезням.

Еще одно направление исследований отдела агроэкологии и микробиологии связано с экологией. Загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами является одной из значимых проблем для Татарстана в связи с тем, что значительные территории выводятся из активного землепользования из-за прорывов и утечек нефти. Как наиболее экономичный и эффективный следует выделить способ рекультивации почв с применением специализированной углеводородокисляющей микрофлоры [5]. Мы устанавливаем потенциал нефтезагрязненной почвы к самоочищению, то есть определяем, имеется ли в данной почве специфическая микрофлора; если имеется, то в каком количестве; изучаем, какую нагрузку эта почва может вынести, а именно порог устойчивости данной почвы к углеводородам; в соответствии с полученными данными проводим мониторинг нарушенной почвы. Сформированы эффективные солеустойчивые консорциумы углеводородокисляющих микроорганизмов. Они активно растут в присутствии нефтепродуктов до 10–12 % массы почвы, способны утилизировать различные нефтепродукты. Итак, из почв Татарстана выделены, изучены, идентифицированы и депонированы в Ведомственных коллекциях Российской Федерации (ВКПМ и РСМ) семь эффективных штаммов, а именно *Pseudomonas stutzeri* P-1026; *Achromobacter insolitus* A-102; *Achromobacter xylosoxidans* A-10; *Micrococcus luteus* M-171; *Staphylococcus pasteurii* S1–717; *Staphylococcus pasteurii* S2–717 и *Staphylococcus warneri* S1. Получен патент № RU 2720199 C1 «Штамм микроорганизмов *Staphylococcus warneri* S1 в качестве деструктора углеводородов, содержащихся в почвах, загрязненных нефтью и нефтепродуктами» [6].

В Татарском НИИАХП ФИЦ КазНЦ РАН разработана технология биологической рекультивации нефтезагрязненных земель, которая внедрена в нефтедобывающих районах Татарстана. Эффективность этой технологии основана на использовании природных биологических процессов и позволяет более чем в три раза сократить сроки восстановления нефтезагрязненных территорий. Эффективность инновационной технологии основана на использовании природных процессов и позволяет значительно ускорить возврат нарушенных почв в сельскохозяйственный оборот. Сотрудники отдела проводят широкий спектр анализов, а именно определение численности агрономически значимых групп микроорганизмов, их суммарной биомассы и респираторной активности; морфо- и биометрических показателей проростков (фитотоксичность), энергии прорастания и всхожести семян, содержания углеводов в почве и многое другое. Практически все сотрудники отдела агроэкологии и микробиологии являются выпускниками Казанского федерального университета. Мы находимся в постоянном творческом сотрудничестве и с учеными нашей родной кафедры микробиологии, и со специалистами ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии. Научный и кадровый потенциал и материально-технические возможности отдела агроэкологии и микробиологии позволяют развивать как прикладные, так и фундаментальные исследования в сфере биотехнологии, реализовывать новые направления на практике и тем самым расширить свою деятельность в регионе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мотина Т.Ю., et al. Биодоброения комплексного действия на основе консорциума микроорганизмов и наноструктурных агроминералов для получения экологически безопасной продукции растениеводства // Вестник КТУ. – 2017; 20, 12: 119–122.
2. Патент № 2453596 РФ, МПК C12N1/20, A01N63/00, C12R1/38. Штамм *Pseudomonas brassicacearum*, используемый для получения бактериального удобрения под зерновые, овощные и кормовые культуры / И.А. Дегтярева et al.
3. Патент № 2458119 РФ, МПК C12N1/20, C05F11/08. Штамм *Sphingobacterium multivorum*, используемый для получения бактериального удобрения под томаты и огурцы / И.А. Дегтярева, et al.
4. Патент № 2464308 РФ, МПК C12N1/20, C05F11/08, C12R1/065. Штамм бактерий *Azotobacter chroococcum* 5 V(e) для получения бактериального удобрения под зерновые и кормовые культуры. / И.А. Дегтярева, et al.
5. Дегтярева И.А., et al. Создание и применение биодоброения на основе эффективного консорциума микроорганизмов-деструкторов углеводородов для рекультивации нефтезагрязненных почв Республики Татарстан // Нефтяное хозяйство. 2017; 5: 100–103.
6. Патент № 2720199 РФ, опубликовано 27.04.2020. Штамм микроорганизмов *Staphylococcus warneri* S1 в качестве деструктора углеводородов, содержащихся в почвах, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / Е.А. Прищепенко, et al.