УДК 579.64

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ МИКРОБИОТЫ РАСТЕНИЙ В АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

Коротких А. И. ассистент
Домрачева Л. И., доктор биологических наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет»,
г. Киров, Россия
E-mail: anastasi0301@yandex.ru

Аннотация

В статье представлены результаты научных исследований, проводимых на кафедре агробиотехнологии, ландшафтной архитектуры и пищевых производств Вятского ГАТУ, направленных на изучение микробиоты, обитающей на поверхности разных видов растений, включая образцы старинных гербариев. Анализ экспериментальных результатов показал перспективность разработки биопрепаратов нового поколения на основе штаммов микроорганизмов, выделенных из микробиомов филлосферы изучаемых растений.

Ключевые слова: ростстимулирующий эффект, фитопатогены, микробиота филлосферы, фунгицидное действие, биопрепарат

THE AGROBIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF THE PLANT PHYLLOSPHERE MICROBIOTA

Korotkikh A. I., teaching assistant
Domracheva L. I., doctor of biological sciences, professor
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia
E-mail: anastasi0301@yandex.ru

Annotation

The article presents the scientific research results conducted at the Department of Agrobiotechnology, Landscape Architecture and Food Production of the Vyatka State Agrotechnological University. They are aimed at studying the microbiota living on the surface of various plant species, including samples of ancient herbaria. The analysis of experimental results showed the prospects for developing new generation biologics based on the microorganisms strains isolated from the phyllosphere microbiomes of the studied plants.

Keywords: growth-stimulating effect, phytopathogens, phyllosphere microbiota, fungicidal activity, biological preparation

Значительный интерес исследователей к микробным комплексам филлосферы в области сельскохозяйственной биотехнологии связан с двумя главными задачами: 1) сравнительным анализом особенностей микробиомов растений различных видов и 2) с разработкой методов селективного выделения связанных с растением микроорганизмов, способных влиять на регуляцию роста растений, фитосанитарное состояние и осуществлять биоконтроль за развитием фитопатогена [1].

Исследования сотрудников кафедры агробиотехнологии, ландшафтной архитектуры и пищевых производств Вятского ГАТУ подтверждают перспективность применения выделенных из филлосферы изучаемых растений штаммов микроорганизмов для разработки на их основе биологических стимуляторов, биопестицидов и тест-систем. Помимо изучения поверхностных микробных комплексов живых растений, особая ценность подобных исследований заключалась в уникальности выделения микробиоты 100-летних гербарных образцов растений семейства Ranunculaceae (Лютиковые): прострел раскрытый, или сон-трава (*Pulsatilla patens* (L.) Mill), лютик ядовитый (*Ranunculus sceleratus* L.)., лютик золотистый (*Ranunculus aurícomus* L.). Гербарные образцы этого семейства, переданные в 1901 году из Петербургской коллекции флоры Вятскому сельскохозяйственному техническому училищу повышенного типа им. Императора Александра II, бережно хранятся и составляют часть коллекции кафедры уже в ныне существующем Вятском ГАТУ [2, 3]. Повторное исследование по изучению поверхностной микробиоты гербариев было проведено с использованием растений семейства Liliaceae (Лилейные) – птицемлечник зонтичный (*Ornithogalum umbellatum* L.), семейства Umbelliferae (Зонтичные) – подлесник европейский (*Sanicula europaea* Z.) и семейства Caryophyllaceae (Гвоздичные) – гвоздика (Dianthus). Данные образцы растений были собраны, гербаризированы и включены в коллекцию кафедры в период с 1949 по 1964 год выдающимся альгологом, доктором биологических наук, профессором Эмилией Адриановной Штиной (1910-2007 гг.) [4].

Было доказано, что наряду с высокой выживаемостью на поверхности образцов растений бактерий р. *Bacillus*, несмотря на длительность хранения в сухом виде, жизнеспособными оказались и микромицеты. Так, выделенный из ризопланы растений семейства Лютиковых штамм *Trichoderma* sp. проявил выраженную антагонистическую активность в отношении доминирующих в Кировской области фитопатогенных микромицетов рода *Fusarium* [5]. Антагонистическая активность триходермы носила избирательный характер: наибольшее подавление роста отмечено у *F. culmorum* и *F. oxysporum* (в 2 и 3 раза соответственно), тогда как развитие *F. poae* существенно не ингибировалось (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. ОЦЕНКА АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ *TRICHODERMA* SP. В ОТНОШЕНИИ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ МЕТОДОМ ПАРНЫХ КУЛЬТУР НА АГАРИЗОВАННОЙ СРЕДЕ, %

Вариант	*Fusarium culmorum*	*Fusarium oxysporum*	*Fusarium poae*
Контроль	100	60	100
Trichoderma sp.	50	20	97

Структура ризоплановой популяции *Ornithogalum umbellatum* характеризовалась абсолютным доминированием представителей бактерий рода *Bacillus.* Выделенный в чистую культуру и идентифицированный бактериальный штамм *Bacillus mycoides* использовали для оценки биотехнологического потенциала. Тестирование штамма на ростостимулирующую активность проводили на семенах ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare* L.) сорта Родник Прикамья [6]. Для сравнения рострегулирующей активности чистой бактериальной культуры *B. mycoides,* полученной в разных концентрациях (5 МЕ и 10 МЕ), был взят производственный штамм бактерий *B. subtilis* (биопрепарат Фитобактерин) [7]. Было установлено, что гербарная бактериальная культура способна конкурировать с испытуемыми биопрепаратами и может в

перспективе служить в качестве альтернативного источника получения физиологически активных веществ для стимулирования прорастания и развития ярового ячменя. Применение суспензии *B. mycoides* 10 МЕ привело к максимальной стимуляции роста ячменя, который значительно опередил показатели контроля (таблица 2). Вероятно, применяемая концентрация бактерий в 10 МЕ обеспечила необходимое количество экзометаболитов для эффективного влияния на ростовые процессы и последующее развитие проростков ячменя. Суспензия *B. mycoides* 10 МЕ оказалась более эффективной, чем препарат «Фитобактерин», по всхожести, значение которой в последнем случае достигло 60 %. Биометрические показатели, а именно длина корней и высота проростков, дополнительно подтверждают эффективность суспензии *B. mycoides* 10 МЕ. Оба параметра в этом варианте примерно вдвое превышают контрольные значения, а индекс роста достигает своего максимума – 1620 у.е.

ТАБЛИЦА 2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА ВСХОЖЕСТЬ И РАЗВИТИЕ ЯЧМЕНЯ

Вариант	Всхожесть, %	Длина корня, см	Высота проростка, см	Индекс роста, условные единицы
Контроль	45,0	6,1±1,0	5,6±0,8	526,5
Фитобактерин	60,0	6,4±1,2	5,6±1,0	720,0
Суспензия *B. mycoides* 5 МЕ	30,0	7,5±0,8	6,2±1,1	411,0
Суспензия *B. mycoides* 10 М	78,3	10,1±0,6	10,6±0,2	1620,2

Гербарные образцы выступают уникальным хранилищем микробиоты, сформировавшейся в условиях относительно чистых экотопов прошлого. Поэтому изучение микроорганизмов гербарных коллекций с последующей разработкой на их основе новых высокоэффективных биопрепаратов для агросферы можно считать перспективным направлением в агробиотехнологии.

Совместные исследования с сотрудниками ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, посвященные тестированию изолированных актиномицетов *Streptomyces castelarensis* А-4 и *S. anulatus* Т-2-20 на проявление комбинированного фунгицидного действия в совокупности с культурой цианобактерий *Fisherella muscicola* (Thur.) Gom. 300 [8], имеют большой потенциал [9]. В частности, результаты опыта по подавлению роста фитопатогенного гриба *Fusarium* spp. тройной ассоциацией цианобактерии с актиномицетами штаммов *S. castelarensis* А-4 и *S. anulatus* Т-2-20 показали, что произошедшие изменения физиолого-биохимических свойств партнеров привели к значительному синергическому подавляющему эффекту патогена в динамике (таблица 3).

ТАБЛИЦА 3. ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ МЕТАБОЛИТОВ НА РОСТ ФИТОПАТОГЕННОГО ГРИБА *F. CULMORUM*

Вариант	Диаметр колонии, мм		
	3-и сутки	4-е сутки	5-е сутки
Контроль	47,5±4,5	49,3±6,0	90,0±0
КЖ ЦБ	36,7±6,8	32,0±1,5	30,3±6,6
КЖ А-4	44,3±2,1	30,0±6,0	30,3±5,7
КЖ Т-2-20	39,0±2,8	36,7±4,8	21,0±2,7
КЖ ЦБ + КЖ А-4	40,2±4,5	38,3±3,7	21,7±2,5
КЖ ЦБ + КЖ Т-2-20	35,8±5,2	31,7±3,6	19,7±7,1
КЖ ЦБ + КЖ А-4 + КЖ Т-2-20	31,2±5,8	28,3±1,9	14,3±2,3

Примечание: КЖ – культуральная жидкость; КЖ ЦБ – культуральная жидкость цианобактерий Fisherella muscicola (Thur.) Gom. 300; КЖ А-4 – культуральная жидкость Streptomyces castelarensis А-4; КЖ Т-2-20 – культуральная жидкость S. anulatus Т-2-20.

Совместное применение водорастворимых метаболитов цианобактерий и стрептомицетов вызывало более раннее проявление антифунгальной активности и более выраженный ингибирующий эффект по сравнению с культуральными жидкостями этих микроорганизмов, использованных по отдельности.

В условиях современных экологических вызовов сельскому хозяйству необходимы альтернативные и экологически безопасные решения. Наши исследования подтверждают, что микробные сообщества поверхности растений являются высокоперспективной основой для создания новых биопрепаратов для защиты и стимуляции роста сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Заикина И. А. Экологическая роль бактериального сообщества эпифитов филлосферы в жизнедеятельности растений : автореферат диссертации … кандидата биологических наук. Ставрополь : [б. и.], 2008. 12 с.
2. Гербарии как хранители биоразнообразия и их использование (обзор) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, А. И. Коротких [и др.]. DOI 10.25750/1995-4301-2023-3-006-020 // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 3. С. 6-20.
3. Ковина А. Л., Домрачева Л. И., Малинина А. И. 120-летняя сохранность ризосферной микрофлоры гербарных образцов растений семейства Ranunculaceae (Лютиковые) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров : Вятский государственный университет, 2018. Книга 1. С. 230-233.
4. Коротких А. И., Домрачева Л. И., Ковина А. Л. Эпифитная и ризосферная микробиота гербарных образцов растений разных семейств // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров : Вятский государственный университет, 2023. С. 142-147.
5. Антимикробная активность микромицета *Trichoderma* sp., выделенного из ризосферной почвы лютика ядовитого (*Ranunculus sceleratus*) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, А. И. Малинина, А. Л. Люкина // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров : ВятГУ, 2019. 348 с.
6. Коротких А. И., Трухина Е. Л., Домрачева Л. И. Рострегулирующая активность бактерии *Bacillus mycoides*, сохранившейся на корнях гербарного образца птицемлечника // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XXI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров : Вятский государственный университет, 2023. С. 242-246.
7. Трефилова Л. В. Опыт применения биоагентов для борьбы с фитопатогенами // Актуальные тенденции в развитии агрономической науки : сборник международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию со дня рождения Г. П. Гамзикова. Новосибирск : Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2023. С. 246-250.
8. Цианобактерии как объекты биотехнологии / Ю. Н. Зыкова, Л. И. Домрачева, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина // Растения и микроорганизмы: биотехнология будущего : материалы Международной научной конференции. Уфа, 2018. – С. 153. URL: http://plamic.ru/sbornik/ (дата обращения: 21.08.25).
9. Эффекты взаимодействия цианобактерий и стрептомицетов для экологически безопасной защиты растений от фитопатогенов / И. Г. Широких, Д. И. Домрачева, А. Л. Ковина [и др.] // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение : материалы докладов II Международной научной школы-конференции, Сыктывкар, Россия. Сыктывкар : ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. 304 с.