

УДК: 582.282.23.045

**В.В. Ивах<sup>1</sup>, М.Ю. Русакова<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65058, Украина

## **ЗНАЧЕНИЕ СИДЕРОФОРОВ РИЗОСФЕРНЫХ ПСЕВДОМОНАД ПРИ СОЗДАНИИ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

В последнее время большое внимание уделяется развитию экологических методов борьбы с заболеваниями культурных растений. Данные методы рассматриваются как альтернатива химической защите, оказывающей отрицательное действие на экологию агрофитоценозов. Среди них особое место занимают микробиологические препараты на основе ризосферных микроорганизмов [6].

Устойчивость растений к заболеваниям во многом определяется результатами взаимодействия между их корневой системой и разнообразными населяющими ее микроорганизмами [1]. Для защиты растений от фитопатогенных грибов и бактерий используют микроорганизмы с антагонистической активностью в отношении возбудителей заболеваний [6]. В связи с этим проблема создания новых биопрепаратов для борьбы с фитопатогенами является весьма актуальной для сельскохозяйственной биотехнологии.

Бактерии рода *Pseudomonas* – одна из наиболее изученных групп микроорганизмов с точки зрения объектов контроля заболеваний сельскохозяйственных культур [2]. Механизмы антагонистического взаимодействия псевдомонад и фитопатогенов включают, прежде всего, способность к синтезу широкого спектра антибиотических веществ, среди которых особое место занимают сидерофоры [11, 12]. Сидерофоры флуоресцирующих псевдомонад имеют различную химическую структуру и обладают, как правило, высоким сродством к железу, образуя с ним стабильные комплексы, недоступные для использования фитопатогенами [10]. Фитопатогены продуцируют собственные сидерофоры, однако в отличие от предыдущих, они гораздо медленнее связываются с ионами железа [9]. Таким образом, псевдомонады выигрывают в конкурентной борьбе за данный жизненно важный элемент и тем самым способствуют ограничению роста фитопатогенов и улучшению роста растений [3].

Важная роль сидерофоров в антагонистических взаимоотношениях ризосферных псевдомонад с почвенными фитопатогенами и стимуляции роста растений неоднократно доказана при инокуляции растений штаммами, продуцирующими сидерофоры, и их мутантами, дефектными по

синтезу сидерофоров [2]. Так, очищений сидерофор штамма *Pseudomonas* sp. В-6798 – псевдобактин – оказывал стимулирующее действие на рост картофеля [8]. Также проведенные в лабораторных условиях исследования антагонистической активности *P. aurantiaca* В-162 показали, что изучаемые бактерии подавляют как вегетативную, так и генеративную формы фитопатогенных грибов, относящихся к родам *Fusarium*, *Alternaria*, *Ascochyta*, *Sclerotinia*, *Botrytis*, *Phytophthora* [7].

Следует отметить, что антагонизм псевдомонад в отношении фитопатогенов, обусловленный конкуренцией за железо, эффективен только при низком содержании железа в почве [12]. Резко снижается защитный эффект сидерофорпродуцирующих штаммов в кислых почвах, где растворимость железа и его доступность для микроорганизмов возрастают. Избыток железа приводит также к репрессии синтеза сидерофоров. Помочь в решении этой проблемы могут дерепрессированные мутанты сидерофорпродуцирующих штаммов, способные к конститутивному синтезу данных веществ, не зависящему от концентрации железа в почве. Возможность получения таких регуляторных мутантов продемонстрирована на одном из ризосферных штаммов *Pseudomonas* sp. – М114 PGPR [7]. Также изучались бактерии *Pseudomonas putida* КМБУ 4308, полученные с помощью химического и транспозонного мутагенеза с повышенным уровнем синтеза такого сидерофора, как пиовердин [5]. Данные микроорганизмы оказались способными производить его даже в присутствии ионов железа.

О перспективах практического использования псевдомонад, относящихся к ризобактериям, способствующим росту растений, можно судить по списку уже разработанных биопрепаратов на их основе: «BlightBan A506» (на основе *P. fluorescens* A506) используется для защиты растений от заморозков; «BioSave» (*P. syringae* ESC 6-10) для защиты цитрусовых и плодовых деревьев от фитомикозов; «Blue-Circle» (*P. cepacia* Wisconsin) против *Fusarium*, *Pythium* и сосущих нематод; «Intercept» (*P. cepacia*) для защиты вегетирующих растений кукурузы, хлопка от *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp.; «Victus» (*P. fluorescens* NCIB 12089) против бактериальной пятнистости растений и др. [4].

Таким образом, уже в настоящее время возможно эффективное использование штаммов псевдомонад, относящихся к ризобактериям, способствующим росту растений, в качестве биологических средств защиты растений, являющихся дополнением, а иногда и альтернативой химическим средствам. Активно ведущиеся исследования в этом направлении и разрабатываемые новые технологии существенно повысят эффективность данных биопрепаратов.

#### Література

1. Акимова Е.Е. Влияние ризосферных псевдомонад на урожайность

Біологічні дослідження. – 2013: матеріали IV наук.-практич. всеукр. конф., 16-18 квітня 2013 р. – Житомир, 2013.

сельскохозяйственных культур // Актуальные проблемы биологии, медицины и экологии. Сборник научных работ. – Томск: 2004. – Т. 3. – № 3. – С. 400-401.

2. Блажевич О.В., Максимова Н.П., Лысак В.В. Генетические и биохимические аспекты биосинтеза флуоресцирующего пигмента пиовердина Рm ризосферными бактериями *Pseudomonas putida* // Бел. гос. ун-т. – 1997. – С. 95–100.

3. Боронин А.М. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas*, способствующие росту и развитию растений // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 10. – С. 25-31.

4. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай // М.: Издательство ВНИИА, – 2005, – 302 с.

5. Идентификация и характеристика пиовердина Рm – нового антирадикального соединения, синтезируемого бактериями *Pseudomonas putida* КМБУ4308 / Кулешова Ю.М., Максимова Н.П., Блажевич О.В., Семак И.В. // Труды Белорусского государственного университета. – 2006. – №1. – С. 89–97.

6. Логинов О.Н., Мелентьев А.И., Силищев Н.Н. Роль бактерий-антагонистов фитопатогенов в защите сельскохозяйственных растений от болезней // Уфа: Гилем. – 2001. – С. 66.

7. Максимова Н.П., Храмцова Е.А. Генетические подходы создания штаммов-продуцентов биологически активных соединений // Белорусский государственный университет. - 2010.

8. Мошинець О.В., Косаківська І.В. Фітосфера як екологічна ніша рослинно-мікробних взаємовідносин. Функціональна активність мікроорганізмів та їхній вплив на рослини // Вісник харківського національного аграрного університету. Серія біологія. – 2010. – Вип. 3. – с. 6-22.

9. Минаева О.М., Акимова Е.Е. Влияние бактерий *Pseudomonas sp.* В-6798 на фитопатологическое состояние картофеля в полевых экспериментах // Вестник Томского государственного университета. Биотехнология. – 2009. – № 2 (6).

10. Demange P. *Pseudomonas* siderophores: Structure and physicochemical properties of pyoverdins and related peptides // Second Forum on Peptides. – 1999. – Vol. 174, №1. – P. 95–98.

11. Miethke M.; Marahiel M. Siderophore-Based Iron Acquisition and Pathogen Control // Microbiology and Molecular Biology Reviews. – 2007. – Vol.71, №3. – P. 413–451.

12. Varma Ajit, Chincholkar Sudir. Microbial siderophores // New York: Springer, 2007. – Vol. 12. – P. 43-61.