

Список литературы

- 1 Kang H.Y., Fan X., Zhang H.Q. et al. The origin of *Triticum petropavlovskyi* Udacz. et Migusch.: demonstration of the utility of the genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase sequence // Molecular Breeding. 2010. Vol. 25. P. 381–395. DOI: 10.1007/s11032-009-9337-0
- 2 Liu J., Chen, Z., Wang Z. et al. Ectopic expression of *VRT-A2* underlies the origin of *Triticum polonicum* and *Triticum petropavlovskyi* with long outer glumes and grains. Molecular Plant. 2021. Vol. 14. P. 1472–1488. DOI: 10.1016/j.molp.2021.05.021
- 3 Okamoto Y., Takumi S. Pleiotropic effects of the elongated glume gene *Pl* on grain and spikelet shape-related traits in tetraploid wheat. Euphytica. 2013. Vol. 194. P. 207–218. DOI: 10.1007/s10681-013-0916-0
- 4 Дорофеев В.Ф. Пшеницы мира / Удачин Р.А., Семенова Л.В., Новикова М.В., Градча-нинова О.Д., Шитова И.П., Мережко А.Ф., Филатенко А.А. Ленинград: Колос, 1987. С. 560.
- 5 Тютерев С.Л., Чмелева З.В., Мойса И.И., Дорофеев В.Ф. Изучение содержания белка и незаменимых аминокислот в зерне видов пшеницы и её диких сородичей // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1973. Т. 52. Вып. 1. С. 222–241.
- 6 Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. Ленинград, 1989. С. 44.

DOI 10.18699/GPB2024-25

Идентификация ризосферных микроорганизмов аридных экосистем Астраханской области

Гальперина А.Р., к.б.н., доцент, Сопрунова О.Б., д.б.н., профессор, Бареева А.Ш., аспирант.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань, Россия

*email: alina_r_s@rambler.ru

В период 2019–2022 гг. проведены исследования по изучению микроорганизмов ризосферы и ризопланы культурных и дикорастущих растений. В ходе исследований сформирована коллекция из 50 изолятов, обладающих биотехнологически ценными свойствами: способностью к солюбилизации неорганических фосфатов, синтезу индолилуксусной кислоты, антифунгальной активностью. Видовая идентификация изолятов выявила представителей родов *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Mixta*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Paenibacillus*.

Ключевые слова: аридные экосистемы, микроорганизмы ризосферы и ризопланы, свойства микроорганизмов.

Identification of rhizosphere microorganisms in arid ecosystems of the Astrakhan region

Galperina A.R., Soprunova O.B., Bareeva A.Sh.

Astrakhan state technical university, Astrakhan, Russia

*email: alina_r_s@rambler.ru

In 2019-2022, research was carried out to study microorganisms of the rhizosphere and rhizoplane of cultivated and wild plants. During the research, a collection of 50 isolates was formed that have biotechnologically valuable properties: the ability to solubilize inorganic phosphates, synthesize IAA, and antifungal activity. Species identification of isolates revealed representatives of the genera Enterobacter, Klebsiella, Mixta, Pseudomonas, Bacillus, Paenibacillus.

Keywords: arid ecosystems, microorganisms of the rhizosphere and rhizoplane, properties of microorganisms.

Аридная зона – природная зона, характеризующаяся особенностями климата, приводящими к недостатку влаги для жизни организмов. Для растений, обитающих в аридных и полуаридных зонах, характерны сложные адаптационные стратегии, включающие в себя биохимические, физиологические и молекулярные механизмы для смягчения различных биотических и абиотических стрессов. Помимо приспособительных функций самих растений в аридных условиях существенно возрастает значимость ризосферной микробиоты, прошедшей эволюционный отбор на оптимальное функционирование и взаимодействие с макроорганизмом. Роль ризосферной микробиоты в увеличении доступности питательных веществ является ключом к разработке климатически оптимизированных агротехнических методов [1, 2].

Сообщество микроорганизмов ризосферы обладает пластичностью и способно адаптироваться к абиотическим стрессам, повышая устойчивость к ним растения. Ризосферные микроорганизмы аридных экосистем являются природным резервуаром для выделения штаммов с широким перечнем биотехнологически ценных свойств: солюбилизации нерастворимых соединений фосфора, антагонизму к фитопатогенам, фиксацией молекулярного азота, увеличением пула органического углерода и синтезу фитогормонов [3].

В период 2019–2022 гг. проведены исследования по изучению микроорганизмов ризосферы и ризопланы следующих культурных и дикорастущих растений, произрастающих на территории Астраханской области: мята перечная – *Mentha piperita*, малина садовая – *Rubus idaeus*, смородина черная – *Ribes nigrum*, подсолнечник однолетний – *Helianthus annuus*, чеснок посевной – *Allium sativum*, подсолнечник клубеносный – *Helianthus tuberosus*), вяз мелколистный – *Ulmus parvifolia*, подорожник большой – *Plantago major*, верблюжья колючка обыкновенная – *Alhagi pseudoalhagi*, дурнишник обыкновенный – *Xanthium strumarium*; тростник южный – *Phragmites australis*; солодка голая – *Glycyrrhiza glabra*, полынь малоцветковая – *Artemisia pauciflora*, полынь австрийская – *Artemisia austriaca*, сарсазан шишковидный – *Halocnemum strobilaceum*; солерос европейский – *Salicornia europaea*; седобассия очитковидная – *Sedobassia sedoides*; сведа

высочайшая – *Suaeda altissima*; камфоросма монпельйская – *Camphorosma monspeliaca*; хвойник двуколосковый – *Ephedra distachya*; солянка содоносная – *Salsola soda*; астрагал яйцеплодный – *Astragalus testiculatus*; боялыч древовидный – *Xylosalsola arbuscula*; сведа солончаковая – *Suaeda salsa*.

Культурные растения подвергались агротехническому воздействию: регулярные поливы, подкормки и обработки от вредителей и заболеваний. Дикорастущие отбирались в местах, максимально удаленных от водоемов, солелюбивые – в местах явного засоления.

Изучение микроорганизмов вели методом накопительных культур, акцент делали на выделении фосфатмобилизующих микроорганизмов [4]. Всего за указанный период было исследовано более 125 проб ризосферы растений, поставлено 300 накопительных культур и выделено более 140 изолятов. Изучение тинкториальных признаков изолятов выявило доминирование грамотрицательных форм – 97 %, грамположительные формы составили – 3 %. По морфологии клеток все выделенные изоляты были представлены палочковидными формами, из которых спорообразующих – 3 %, неспорообразующих – 97 %. Активной подвижностью обладали 54 % изолятов.

50 изолятов, сохраняющих жизнеспособность *in vitro*, отобрали для последующих исследований [5–8].

При изучении способности изолятов к солюбилизации фосфора отмечено, что наиболее активно проявляют эти свойства 6 изолятов, увеличивая количество подвижного фосфора в среде до 6 мкмоль/мл за 60 часов.

Выявлено, что 19 изолятов способны к триптофаниндуцированному синтезу ИУК в количестве более 95 мкг/мл [9].

16 изолятов проявляют средний и высокий фунгистатический антагонизм по отношению к микромицетам р. *Alternaria*. Изоляты образуют зоны задержки роста микромицетов, подавляют развитие воздушного мицелия, способствуют формированию излишне разветвленного и септированного мицелия, а также сферопластоподобных структур.

Видовая идентификация изолятов проводилась путем секвенирования гена 16SpPHK с последующим поиском гомологичных последовательностей при использовании баз данных EzBioCloud.

По итогам исследований изоляты были идентифицированы как представители родов: *Enterobacter* (филум *Pseudomonadota*, класс *Gammaproteobacteria*, порядок *Enterobacterales*, семейство *Enterobacteriaceae*) – 36 изолятов; *Klebsiella* (филум *Pseudomonadota*, класс *Gammaproteobacteria*, порядок *Enterobacterales*, семейство *Enterobacteriaceae*) – 2 изолята; рода *Mixta* (филум *Pseudomonadota*, класс *Gammaproteobacteria*, порядок *Enterobacterales*, семейство *Erwiniaceae*); *Pseudomonas* (филум *Pseudomonadota*, класс *Gammaproteobacteria*, порядок

Pseudomonadales, семейство *Pseudomonadaceae*); *Bacillus* (филум *Bacillota*, класс *Bacilli*, порядок *Caryophanales*, семейство *Bacillaceae*); *Paenibacillus* (филум *Bacillota*, класс *Bacilli*, порядок *Bacillales*, семейство *Paenibacillaceae*) – по 1 изоляту.

Финансирование: исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-26-00227 «Генетическая паспортизация ризосферных микроорганизмов аридных экосистем с биотехнологически значимыми свойствами».

Список литературы

- 1 Гулянов Ю.А., Чибилёв А.А. Экологизация степных агротехнологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 5–11. doi:10.25750/1995-4301-2019-3-005-011.
- 2 Backer R., Rokem J.S., Ilangumaran G., Lamont J., Praslickova D., Ricci E., Subramanian S., Smith D.L. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture // *Frontiers in Plant Science*. 2018. V. 9. Article No. 1473. doi:10.3389/fpls.2018.01473
- 3 Ayangbenro A.S., Babalola O.O. Reclamation of arid and semi-arid soils: The role of plant growth-promoting archaea and bacteria // *Current Plant Biology*. 2021. V. 25. Article No. 100173. doi:10.1016/j.cpb.2020.100173
- 4 Методические указания по выделению микроорганизмов, растворяющих труднодоступные минеральные и органические соединения фосфора // Под ред. Г.С. Муромцева. Л.: ВНИИСХМ, 1981. 20 с.
- 5 Malinovskaya I.M. Determination of phosphate-dissolving activity of microorganisms on liquid and agarised media // *Agroecological Journal*. 2002. No. 3. P. 68–71.
- 6 Щербаков, А.В. Эндوفитные бактерии, населяющие семена пшеницы, перспективные продуценты микробных препаратов для сельского хозяйства // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. №7. С. 35–38.
- 7 Актуганов Г.Э., Мелентьев А. И., Галимзянова Н. Ф., Широков А. В. Исследование миколитических свойств аэробных спорообразующих бактерий продуцентов внеклеточных хитиназ // *Микробиология*. 2008. Т. 77. N 6. С. 788-797.
- 8 Lane D.J. 16S/23S rRNA sequencing. In: *Nucleic acid techniques in bacterial systematics* / eds Stackebrandt E., Goodfellow M. New York.: John Wiley and Sons, 1991. P. 115-175.
- 9 Юсупова Д.М., Бареева А.Ш., Гальперина А.Р., Сопрунова О.Б. «Изучение способности ризосферных микроорганизмов к продукции ИУК и влиянию на рост растений» // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2023. №3. С. 83–90. doi:10.31677/2311-0651-2023-41-3-83-90