

Естественные науки. 2025. № 4 (21). С. 71–81.

Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2024; 4 (21): 71–81 (In Russ.).

Научная статья

УДК 579.64

doi 10.54398/2500-2805.2025.21.4.007

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИНОБАКТЕРИЙ В ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ АРИДНОЙ ЗОНЫ

**Григорян Лилит Норайровна¹✉, Батаева Юлия Викторовна²,
Русаков Александр Вячеславович¹**

¹Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева,
г. Астрахань, Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА
им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

lilyagrigoryan90@mail.ru ✉

Аннотация. В работе исследованы 23 образца аллювиальной луговой, бурой полупустынной, аллювиальной дерновой и светло-каштановой почв различной степени засоления (величина сухого остатка от 0,3 до 2,9 %). Из физиологических групп обнаружены гетеротрофы, включающие микроорганизмы, способные усваивать высокие (сапротрофы) и низкие (олиготрофы) концентрации органических веществ. Среди них выделены микроскопические грибы, бактерии, в том числе актинобактерии. Сравнительная характеристика количественного состава микроорганизмов, полученная в результате высева почвенных разведений на твёрдые питательные среды, свидетельствует о том, что максимальная численность микроорганизмов наблюдалась на крахмально-казеиновой среде, которая на порядок превышала численность микроорганизмов, выделенных на других питательных средах. В результате выбраны 3 изолята (№ 2, 11, 18), проявивших высокую фитостимулирующую активность.

Ключевые слова: микробиота, почвенные микроорганизмы, деградированные почвы, аридная зона, фитостимулирующая активность

Для цитирования: Григорян Л. Н., Батаева Ю. В., Русаков А. В. Исследование актинобактерий в засоленных почвах аридной зоны // Естественные науки. 2025. № 4 (21). С. 71–81. <https://doi.org/10.54398/2500-2805.2025.21.4.007>.

STUDY OF ACTINOBACTERIA IN SALINE SOILS OF THE ARID ZONE

Grigoryan Lilit N.¹✉, Bataeva Yulia V.², Rusakov Alexander V.¹

¹Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

²Russian State Agrarian University — MTAA named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia

lilyagrigoryan90@gmail.com✉

Abstract. The study involved 23 samples of alluvial meadow, brown semi-desert, alluvial sod, and light chestnut soils with varying degrees of salinity (dry residue from 0.3% to 2.9 %). The physiological groups revealed included heterotrophs, including microorganisms capable of assimilating high (saprotrophs) and low (oligotrophs) concentrations of organic matter. These included microscopic fungi and bacteria, including actinobacteria. A comparative analysis of the quantitative composition of microorganisms, obtained by inoculating soil dilutions onto solid nutrient media, showed that the maximum number of microorganisms was observed on the starch-casein medium, which was an order of magnitude higher than the number of microorganisms isolated on other nutrient media. As a result, 3 isolates (No. 2, 11, 18) were selected that showed high phytostimulating activity.

Keywords: microbiota, soil microorganisms, degraded soils, arid zone, phytostimulating activity

For citation: Grigoryan L. N., Bataeva Yu. V., Rusakov A. V. Study of actinobacteria in saline soils of the arid zone. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2025; 4 (21): 71–81. <https://doi.org/10.54398/2500-2805.2025.21.4.007> (In Russ.).

Введение. Актинобактерии, приспособленные к обитанию в экстремальных условиях почвы, отличающихся непостоянством уровня солёности и содержания биогенных элементов, широким диапазоном температурных колебаний и действием высокой инсоляции могут быть перспективными источниками биологически активных веществ [3–5].

Известны фундаментальные работы, посвящённые биоразнообразию, систематике, а также особенностям географического распределения актинобактерий в различных типах почв, взаимосвязи между засоленными почвами, генетическим разнообразием и структурой микробных сообществ. Засоленные почвы являются основными источниками для изоляции таких микроорганизмов [1; 2; 4; 5].

Метаболизм галофильных актинобактерий разнообразен и определяется состоянием среды обитания, в частности содержанием солей. Хлориды могут иметь много различных функций в жизни галофильных микроорганизмов.

В солончаках микробные сообщества включают в себя представителей стрептомицетов. Почвенные стрептомицеты играют важную роль и оказывают решающее влияние на экосистемы, принимая участие в круговороте питательных веществ [1; 2; 9].

Среди возможных последствий засоления выделяют изменение химического состава почв и нарушение их физических характеристик, что может привести к структурным и функциональным трансформациям почвенных экосистем. Засоление влияет на биомассу микроорганизмов и их метаболическую активность. Известно, что почвенная микробиота первой реагирует на различные виды загрязнения, при этом уже на начальных стадиях загрязнения могут изменяться состав, численность микроорганизмов, их метаболизм и активность почвенных ферментов [6; 7].

В связи с вышеизложенным, актинобактерии в засоленных почвах аридной зоны вызывают значимый практический интерес для дальнейших комплексных исследований [10; 11].

Цель исследования: изучение актинобактерий в засоленных почвах аридной зоны Астраханской области.

Задачи исследования: определить микробиологический состав отобранных почвенных образцов; выявить степень засоления исследуемых проб почвы; установить зависимость числа выделенных изолятов актинобактерий от степени засоленности почвы.

Условия исследования. Экспериментальные исследования выполнены на базе кафедры биотехнологии, аквакультуры, почвоведения и управления земельными ресурсами и лаборатории «Биотехнология, микробиология и почвоведение» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева».

Материалы и методы исследования. Образцы почв для анализа брали в характерном для данной местности биотопе с учётом ландшафта, рельефа, растительности, типа почвы и её окультуренности. Верхний слой почвы обычно богат разнообразными видами бактерий и беден актиномицетами, поэтому перед взятием пробы снимали верхний слой толщиной 1–2 см.

Для химических анализов почву высушивали в бумажных пакетах, после чего хранили при комнатной температуре. Микробиологические исследования проводили сразу после взятия проб.

Сравнительное изучение морфологических (форма цепочек спор) и культуральных (окраска воздушного мицелия, окраска субстратного мицелия, наличие растворимых пигментов, наличие меланоидных пигментов) диагностических признаков при росте штаммов актиномицетов выполнили на следующих средах: минеральный агар I, солевой раствор А, овсяный агар, овсяный агар ISP3, глицерин-нитратный агар, глюкозо-аспарагиновый агар, глицерин-аспарагиновый агар ISP5, пептонно-дрожжевой агар с железом ISP6, среда ISP9, крахмально-аммиачный агар ISP4.

Для изучения морфологического строения репродуктивных структур культуры актиномицетов выращены на среде, наиболее благоприятной для спороношения, — минеральном агаре 1 — в чашках Петри

или на скошенном агаре в пробирках. Тип цепочек и характер поверхности спор определяли у зрелых культур на 14 день роста. Кусочек агара с мицелием помещали на предметное стекло, срезав предварительно весь лишний агар, и просматривали в световой микроскоп.

Культуральные свойства исследовали путём определения цвета воздушного и субстратного мицелия, цвета растворимых пигментов, которые окрашивают среду. Пигменты, продукты вторичного метаболизма, являются важной биохимической характеристикой актиномицетов.

Определение цвета проводили на 7, 14, 21 день роста культур. Цвет воздушного мицелия определяли на минеральном агаре 1, так как данная среда благоприятна для образования спороносящего воздушного мицелия. Определение цвета воздушного мицелия проводили при дневном освещении.

Цвет субстратного мицелия (определяли по цвету обратной стороны колонии) обусловлен образованием различных пигментов. Данный цвет изменяется в процессе роста культур вследствие образования нескольких пигментов. В процессе длительного культивирования и хранения культуры иногда теряют способность к образованию пигментов. Определение окраски субстратного мицелия относится также к определению цвета растворимых окрашивающих сред пигментов.

Образование меланоидных пигментов определяли на пептонно-дрожжевом агаре, содержащем железо, на 2–4 сутки роста. Если при этом образовывался тёмно-зелёно-бурый, бурый или чёрный растворимый пигмент, то считалось, что культура образует меланоидные пигменты.

Образование сероводорода обнаруживали на питательной среде Треснера, которую засеивали взвесью спор 14-суточных культур актиномицетов. Отмечали результаты (почернение среды) через 48 ч при температуре плюс 28 °С. Способность штаммов восстанавливать нитраты в нитриты исследовали на жидкой среде Чапека с 1 % глицерина.

Для идентификации выделенных активных изолятов актиномицета выделяли геномную ДНК, используя набор реактивов “AxyPrep Multi-source Genomic DNA Miniprep Kit” (“Corning”, США). ПЦР проводили в 50 мкл реакционной смеси, содержащей 5 мкМ смеси нуклеотидтрифосфатов («Хеликон», Россия), по 50 pmol каждого праймера («Евроген», Россия), 0,5 мкл Taq-полимеразы (5 ед./мкл) («Хеликон», Россия) и 1 мкл (100–200 нг) геномной ДНК. Реакцию проводили в амплификаторе “C1000TM Thermal Cycler” (“BioRad”, США). ПЦР выполняли в течение 36 циклов: предварительная денатурация при 95 °С, 3 мин 30 с; 35 циклов денатурации при 94 °С, 1 мин, отжига праймеров при 54 °С, 1 мин и элонгации при 72 °С, 2 мин 10 с; финальная элонгация при 72 °С, 7 мин.

Выделенную ДНК визуализировали с помощью электрофореза в 1%-м агарозном геле с использованием маркера “Lambda DNA/HindIII” (“Fermentas”, США) для оценки размера фрагментов и количества ДНК.

Фрагменты нужного размера вырезали из геля и очищали с помощью набора “PureLink™ Quick kit” (“Invitrogen”, США) в соответствии с рекомендациями производителя.

Определение нуклеотидной последовательности ПЦР-продукта проводили на генетическом анализаторе “ABI 3500xl” (“Applied Biosystems”, США). Поиск гомологичных последовательностей проводили с помощью базы данных NCBI GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>) и программы BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). Для конструирования филогенетических деревьев использовали программу “MEGA 6.0” и метод Neighbor – Joining. Эволюционные расстояния рассчитаны с использованием модели “Maximum Composite Likelihood”. Статистическая достоверность кластеров оценивалась с помощью бутстреп-анализа (1 000 реплик).

На первом этапе для отбора активных изолятов с фитостимулирующими свойствами определяли фитотоксичность суспензии актиномицетов в лабораторных опытах на семенах томата (*Solanum lycopersicum*) сорта Новичок (ГОСТ 12038-84).

Экспозиция замачивания семян в трехсуточной суспензии составляла 1 ч. Обработанные семена помещали по 20 шт. и проращивали на увлажненных ватных дисках (по 20 мл стерильной воды) в чашках Петри. В опыте использовали 2 контрольных варианта: 1 — замачивание семян в водопроводной воде; 2 — замачивание семян в стерильной крахмально-казеиновой среде. Повторность опыта трехкратная. Учёт всхожести проводили на 7-е и 14-е сутки.

Результаты исследования. Микробиологические исследования почвенных экосистем проводили на территории Астраханской области. Отобранные 23 образца аллювиальной луговой, бурой полупустынной, аллювиальной дерновой и светло-каштановой почв.

В результате анализа величины сухого остатка установлено, что исследуемые почвы характеризуются от слабозасоленной до очень сильнозасоленной степенью засоления. Среднее содержание плотного (сухого) остатка в исследуемых почвах колебалось от 0,3 до 2,9 %. Все образцы почв слабощелочные, величина рН находилась в пределах от 7,1 до 7,8.

Очень сильнозасоленными явились почвенные образцы № 8, 9, 6, 11, 13, в которых величина сухого остатка составила от 2,3 до 2,9 %. Самые низкие показатели степени засоления обнаружены в образцах почв № 2, 12, 14, 19, 5, 16, 10, величина сухого остатка в них не превышала 0,3 %. Максимальная величина сухого остатка (2,9 %) определена в почвенном образце № 13 (Красный Яр, с. Забузан).

Рассматривая численность трофических категорий, в которые вошли такие организмы, как амилолитические и сахаролитические, олигонитрофилы, сапротрофы, олиготрофы, можно сказать, что перечисленные микроорганизмы содержатся в изучаемых почвах в количестве 106–107 КОЕ/г. Среди них выявлены различные бактерии, включая актинобактерии.

Изучение качественного состава микроорганизмов в почвах показало большое его разнообразие. Из физиологических групп обнаружены гетеротрофы, включающие микроорганизмы, способные усваивать высокие (сапротрофы) и низкие (олиготрофы) концентрации органических веществ. Среди них выделены микроскопические грибы, бактерии, в том числе актинобактерии.

Сравнительная характеристика количественного состава микроорганизмов, полученная в результате посева почвенных разведений на твёрдые питательные среды, свидетельствует о том, что максимальная численность микроорганизмов наблюдалась на крахмально-казеиновой среде ($2,0 \dots 22,0 \cdot 10^6$ КОЕ/г почвы), которая на порядок превышала численность микроорганизмов, выделенных на других питательных средах. Необходимо отметить, что максимальное и минимальное количество микроорганизмов на данной среде обнаружено в образцах бурой полупустынной почвы. Установлено, что число микроорганизмов, выделенных на других питательных средах (ГРМ-агар, среда Эшби, «голодный» агар, среда Чапека, среда Гаузе № 2, агар крахмально-аммиачный, агар глицерин-аргининовый, агар глицерин-нитратный) находилось в пределах одного порядка и варьировало в пределах $0,3 \dots 9,9 \cdot 10^6$ КОЕ/г почвы (табл.).

Таблица — Количественный учет микроорганизмов в исследуемых почвах

Тип почвы	№ почвенного образца	Количество микроорганизмов, выделенных на питательных средах, КОЕ/г почвы (10^6)								
		ГРМ-агар	Среда Эшби	Агар голодный	Среда Чапека	Среда Гаузе № 2	Среда крахмально-казеиновая	Агар крахмально-аммиачный	Агар глицерин-аргининовый	Агар глицерин-нитратный
Алювиальная луговая	1	3,8	1,9	2,5	0,6	4,2	4,0	6,8	5,6	7,2
	3	2,2	2,5	2,6	0,4	3,2	3,0	5,9	4,9	6,6
	20	3,7	3,1	1,1	2,2	3,9	10,0	5,3	5,4	8,6
	18	3,2	6,1	4,5	4,5	3,4	4,0	7,5	9,4	8,6
Бурая полупустынная	2	3,0	2,1	1,3	0,4	2,5	2,0	4,1	5,0	5,9
	4	2,7	1,5	1,5	0,3	3,5	3,0	6,2	6,0	3,9
	7	2,9	2,2	2,6	0,4	2,5	3,0	5,5	5,7	4,6
	8	2,8	2,7	2,3	0,4	3,5	3,0	5,7	6,2	5,7
	9	3,5	4,9	1,5	3,8	5,0	8,0	9,5	9,3	9,5
	12	2,8	1,2	1,5	4,2	2,5	7,0	3,2	6,2	7,3

Продолжение табл.

Тип почвы	№ почвенного образца	Количество микроорганизмов, выделенных на питательных средах, КОЕ/г почвы (10^6)								
		ГРМ-агар	Среда Эшби	Агар голодный	Среда Чапека	Среда Гаузе № 2	Среда крахмально-казеиновая	Агар крахмально-аммиачный	Агар глицерин-аргининовый	Агар глицерин-нитратный
	14	3,2	3,6	2,2	5,2	3,0	4,0	3,5	4,8	4,9
	17	2,5	3,2	1,7	1,9	2,9	9,0	6,5	7,5	5,9
	19	3,5	2,5	2,3	4,2	4,1	3,0	4,9	5,0	5,5
	22	4,5	6,5	1,5	4,6	3,5	10,0	8,6	9,3	8,9
Алювиальная дерновая	5	3,2	3,5	2,7	0,7	4,2	7,0	9,4	9,0	8,2
	6	3,1	4,1	3,0	0,5	4,1	22,0	8,5	8,8	8,4
	11	3,3	3,2	2,5	3,5	4,5	10,0	8,4	8,7	9,5
	13	3,0	2,4	1,6	6,2	3,5	7,0	4,1	4,4	7,2
	15	3,3	5,7	3,1	2,8	2,8	9,0	9,5	8,6	9,6
	16	2,9	2,0	2,0	2,6	4,3	4,0	4,7	5,2	6,9
	21	3,2	3,4	2,2	2,5	2,2	4,0	2,1	5,7	7,2
Светло-каштановая	10	3,8	5,3	2,3	2,8	4,8	9,0	9,9	9,6	8,7
	23	4,8	7,0	1,7	5,2	2,5	9,0	9,4	8,4	9,0

Несмотря на то, что образцы почв № 18 (аллювиальная луговая), № 22 (бурая полупустынная), № 23 (светло-каштановая) являются сильно-засоленными, численность азотфиксирующей и сахаролитической микрофлоры в них оказалась самой высокой. Количество аборигенной олиготрофной микрофлоры наибольшее в образце № 18 и составило $4,5 \cdot 10^6$ КОЕ/г почвы.

Анализ общей численности физиологических групп показывает, что во всех образцах почв доминируют актинобактерии, но в образцах почв № 5, 6, 9–12, 15, 18, 22, 23 их количество наибольшее ($2,0 \dots 22,0 \cdot 10^6$ КОЕ/г). Высокий титр актинобактерии, возможно, связан с доминированием спор, а не мицелия.

Микроскопическое исследование полученных колоний показало присутствие различных морфотипов клеток: палочки, кокки, а также склонные к полиморфизму клетки. На ГРМ-агаре доминируют грамположительные спорообразующие и грамотрицательные палочки. Олигонитрофильная

микрофлора на среде Эшби характеризовалась грамтрицательными и грамположительными палочками и полиморфными клетками. На «го-лодном» агаре обнаружены грамположительные мелкие полиморфные формы. На среде Чапека выявлены микромицеты родов *Alternaria*, *Aspergillus* и *Fusarium*. Выявлено, что относительное число грибов в почве уменьшалось при одновременном увеличении их видового состава. Амилолитические микроорганизмы представлены грамположительными актиномицетоподобными формами, часть из которых принадлежала к стрептомицетам.

В результате выделен 21 изолят актинобактерий. Следует отметить, что результатами проведенных анализов подтверждается, что типичные формы актинобактерий, относящиеся к аэробам и образующие мицелий, широко распространены в почвах Астраханской области. Установлено, что наибольшее многообразие и распространение почвенных комплексов *Streptomyces* встречается в образцах почв с повышенной степенью засоления (№ 5, 6, 9, 11, 18, 22, 23) [1; 2]. В образце с сильнозасоленной почвой № 6 на крахмально-казеиновой среде выявлено максимальное количество актинобактерий ($22,0 \cdot 10^6$ КОЕ/г). В результате проведения корреляционно-регрессионного анализа установлена взаимосвязь между числом выделенных штаммов актинобактерий и степенью засоленности почвы с коэффициентом корреляции $x = 0,5379$.

Установлено, что в специфичных почвенно-экологических условиях региона, характеризующихся высокими концентрациями солей и недостатком влаги, одними из наиболее распространенных почвенных микроорганизмов являются актинобактерии, в том числе стрептомицеты. Наибольшее многообразие и распространение почвенных комплексов актинобактерий ($2,0 \dots 22,0 \cdot 10^6$ КОЕ/г) встречается в образцах почв с повышенной степенью засоления (№ 6, 9, 11, 18, 22, 23).

В результате исследования качественного состава экологотрофических групп микроорганизмов выделен 21 изолят актинобактерии, в составе которых присутствуют стрептомицеты.

В связи с тем, что в процессе жизнедеятельности актинобактерий в окружающую среду вырабатывается комплекс вторичных метаболитов, оказывающих влияние на другие организмы, возникла необходимость оценить его фитотоксическое и фитостимулирующее действие на томаты. Семена томатов сорта Новичок обрабатывали суспензией всех полученных изолятов актинобактерий (ГОСТ 12038-84). На 4-е сутки культивирования установлено прорастание семян томатов в контрольных и опытных вариантах. На 14 сутки экспозиции наибольшая всхожесть наблюдалась при обработке семян суспензией изолятов актинобактерий № 2 (76,7 %), № 3 (68,3 %), № 10 (70,0 %), № 11 (71,7 %), № 18 (75,0 %).

На 14-е сутки экспозиции наибольшая всхожесть наблюдалась при обработке семян суспензиями тех же изолятов бактерий № 2 (76,7 %),

№ 11 (71,7 %), № 18 (75,0 %). Анализ полученных данных свидетельствует о том, что токсическое действие на томат наблюдалось в вариантах опыта с изолятами № 8, 12, 14, 17, 19, полученных из бурых полупустынных почв, с изолятами № 9, 13, 15, 21 — из аллювиальных дерновых почв, с изолятом № 20 — из аллювиальной луговой.

Популяция клеток актинобактерий может приспосабливаться к различным условиям среды, меняя свои биохимические свойства. По нашему мнению, реакцией актинобактерий на агрессивные факторы существования, такие как засушливый климат и высокая солёность почв, является физиологическая перестройка биохимического состава, которая может быть обусловлена продуцированием токсинов. Следовательно, в данных почвах создаются токсичные условия для развития растений, а актинобактерии играют одну из ключевых ролей в увеличении токсичности. Биометрические показатели растений томата определяли на 21-е сутки эксперимента. Наиболее высокие биометрические показатели растений — биомасса (15,3–17,0 мг), длина корня (3,7–5,0 см), длина стебля (2,0–2,7 см) — выявлены в вариантах с изолятами актинобактерий № 2, 11, 18 [1; 2].

Изолят № 11 выделен из бурых полупустынных почв с очень сильной степенью засоления (Наримановский р-н Астраханской обл.). Изолят № 2 выделен из бурой полупустынной почвы со слабой степенью засоления (п. Новоначаловский, Приволжский р-н Астраханской обл.). Изолят № 18 выделен из аллювиальной луговой почвы с сильной степенью засоления (Лиманский р-н Астраханской обл.). Изолят № 10 получен из светло-каштановой почвы со слабой степенью засоления (Приволжский р-н Астраханской обл.). Изолят № 3 получен из аллювиальной луговой почвы с сильной степенью засоления (с. Тамбовка, Харабалинский р-н Астраханской обл.).

Выводы. Результаты проведённого теоретического и экспериментального исследований свидетельствуют о том, что цель работы, которая состояла в изучении актинобактерий в засоленных почвах аридной зоны Астраханской области, достигнута, задачи решены в полном объёме.

В ходе работы определён микробиологический состав и выявлена степень засоления исследуемых почвенных образцов, установлена зависимость числа выделенных изолятов актинобактерий от степени засоленности почвы.

Из 23 образцов аллювиальной луговой, бурой полупустынной, аллювиальной дерновой и светло-каштановой почв различной степени засоления (величина сухого остатка от 0,3 до 2,9 %) выделен 21 изолят актинобактерий. Данные бактерии исследованы на фитотоксичность на растениях томата сорта Новичок. В результате выбраны 3 изолята (№ 2, 11, 18), проявивших высокую фитостимулирующую активность.

Список литературы

1. Батаева, Ю. В. Биологическая эффективность почвенных актинобактерий при выращивании растений огурца (*Cucumis sativus* L.) в защищенном грунте / Ю. В. Батаева, Л. Н. Григорян, А. Д. Батаева // Сельскохозяйственная биология. — 2025а. — № 3. — С. 516–529.
2. Батаева, Ю. В. Повышение продуктивности растений защищенного грунта при обработке зелеными микроводорослями и цианобактериями / Ю. В. Батаева, Л. Н. Григорян, А. Д. Батаева // Экологические системы и приборы. — 2025б. — № 5. — С. 48–53.
3. Кадырова, Г. Х. Взаимодействие растений и микроорганизмов в условиях солевого стресса / Г. Х. Кадырова, Т. С. Хусанов, С. И. Закирьяева, З. Р. Ахмедова, Т. Э. Шонахунов // *Universum: химия и биология*. — 2024. — № 5–1 (119). — С. 5–13.
4. Никитина, О. В. Микробиологическая активность почв и вскрышных пород и их роль в первичном почвообразовании / О. В. Никитина, А. И. Стифеев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2024. — № 2. — С. 56–60.
5. Никитина, О. В. Микроорганизмы почв и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур / О. В. Никитина, А. И. Стифеев, Н. Н. Трутаева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2024. — № 4. — С. 63–69.
6. Сырчина, Н. В. Биоудобрения и агенты биологического контроля на основе ризосферных микроорганизмов / Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, Т. Я. Ашихмина // Поволжский экологический журнал. — 2025. — № 3. — С. 344–364.
7. Bataeva, Yu. V. Composition of phototrophs in different soil types of Astrakhan oblast / Yu. V. Bataeva, I. S. Dzerzhinskaya, L. V. Yakovleva // *Euras. Soil Sci.* — 2017. — Vol. 50, № 8. — P. 943–951.
8. Bataeva, Yu. V. Actinobacteria: Antiviral and Phytostimulating Activity. ISSN 0003-6838 / Yu. V. Bataeva, L. N. Grigoryan // *Applied Biochemistry and Microbiology*. — 2025. — Vol. 61, № 8. — P. 1573–1580.
9. Li, Z. Altered actinobacteria and firmicutes phylum associated epitopes in patients with parkinson's disease / Z. Li, B. Wu, X. Qiu, W. S. Poon, G. Lu, W. Y. Chan, X. Su, E. Luo, J. Guo, C. Zheng, Q. Su, Y. Zeng, X. Luo, Z. Xia, Q. Cai, Y. Xu, Y. Chen, M. Wang // *Frontiers in Immunology*. — 2021. — Vol. 12. — P. 632–640.
10. Minnikova, T. V. Influence of salt composition on the enzymatic activity of degraded soils in Astrakhan oblast. / T. V. Minnikova, Yu. V. Bataeva, L. N. Grigoryan, S. I. Kolesnikov, L. V. Yakovleva // *Eurasian soil science*. — 2025. — Vol. 58, № 7. — P. 1–16.
11. Potekhina, N. V. Cell wall galactofuranan of the paenarthrobacter actinobacteria / N. V. Potekhina, E. M. Tul'skaya, A. S. Shashkov, E. V. Ariskina, L. V. Dorofeeva, L. I. Evtushenko // *Microbiology*. — 2021. — Vol. 90, № 1. — P. 106–111.

References

1. Bataeva, Yu. V., Grigoryan, L. N., Bataeva, A. D. Biologicheskaya ehffektivnost pochvennykh aktinobakteriy pri vyrashchivaniy rasteniy ogurtsa (*Cucumis sativus* L.) v zashchishchennom grunte. *Selskokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural biology*. 2025;3:516–529.
2. Bataeva, Yu. V., Grigoryan, L. N., Bataeva, A. D. Povyshenie produktivnosti rasteniy za-shchishchennogo grunta pri obrabotke zelenymi mikrovodoroslyami i cianobakteriyami. *Ehkologicheskie sistemy i pribory = Ecological systems and devices*. 2025;5:48–53.
3. Kadyrova, G. Kh., Khusanov, T. S., Zakiryaeva, S. I., Akhmedova, Z. R., Shonakhunov, T. E. Vzaimodeystvie rasteniy i mikroorganizmov v usloviyakh solevogo stressa. *Khimiya i biologiya = Chemistry and biology*. 2024;5–1(119):5–13.

4. Nikitina, O. V., Stifeev, A. I. Mikrobiologicheskaya aktivnost pochv i vskryshnykh porod i ikh rol v pervichnom pochvoobrazovanii. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024;2:56–60.

5. Nikitina, O. V., Stifeev, A. I., Trutaeva, N. N. Mikroorganizmy pochv i ikh vliyanie na urozhaynost selskokhozyaystvennykh kultur. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024;4:63–69.

6. Syrchina, N. V., Pilip, L. V., Ashikhmina, T. Ya. Bioudobreniya i agenty biologicheskogo kontrolya na osnove rizosfernykh mikroorganizmov. *Povolzhskiy ehkologicheskii zhurnal = Volga Region Ecological Journal*. 2025;3:344–364.

7. Bataeva, Yu. V., Dzerzhinskaya, I. S., Yakovleva, L. V. Composition of phototrophs in different soil types of Astrakhan oblast. *Eurasian soil science*. 2017;8:943–951.

8. Bataeva, Yu. V., Grigoryan, L. N. Actinobacteria: Antiviral and Phytostimulating Activity. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2025;8:1573–1580.

9. Li, Z., Wu, B., Qiu, X., Poon, W. S., Lu, G., Chan, W. Y., Su, X., Luo, E., Guo, J., Zheng, C., Su, Q., Zeng, Y., Luo, X., Xia, Z., Cai, Q., Xu, Y., Chen, Y., Wang, M. Altered actinobacteria and firmicutes phylum associated epitopes in patients with parkinson's disease. *Frontiers in Immunology*. 2021;12:632–640.

10. Minnikova, T. V., Bataeva, Yu. V., Grigoryan, L. N., Kolesnikov, S. I., Yakovleva, L. V. Influence of salt composition on the enzymatic activity of degraded soils in Astrakhan oblast. *Eurasian soil science*. 2025;58:1–16.

11. Potekhina, N. V., Tulskaya, E. M., Shashkov, A. S., Ariskina, E. V., Dorofeeva, L. V., Evtushenko, L. I. Cell wall galactofuranan of the paenarthrobacter actinobacteria. *Microbiology*. 2021;90:106–111.

Информация об авторах

Григорян Л. Н. — доцент кафедры;
Батаева Ю. В. — профессор кафедры;
Русаков А. В. — студент.

Information about the authors

Grigoryan L. N. — Associate Professor of the Department;
Bataeva Yu. V. — Professor of the Department;
Rusakov A. V. — student.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.11.2025; одобрена после рецензирования 24.11.2025; принята к публикации 15.12.2025.

The article was submitted 21.11.2025; approved after reviewing 24.11.2025; accepted for publication 15.12.2025.