

Қуат Шайполлаұлы Нұрғазы – ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, «Шығыс Қазақстан ауыл шаруашылығы Тәжірибелік станциясы» ЖШС жемшөп өндіру бөлімінің меңгерушісі М.А. Глубокое ауданы, тәжірибелік алаң ауылы; e-mail:n.k.sh@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3153-3083>.

Information about the authors

Gulnara Sultanbekovna Rysbayeva – Senior Lecturer at the Department of Biotechnology, South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: rysbaeva.62@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7316-6901>.

Darikha Yeradilovna Kudasova* – Lecturer at the Department of Biotechnology, South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: kudasova.darikha@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8530-3443>.

Gulzhaina Baigonysova Alpamysova – Head of the Department of Biotechnology, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: Xap68@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1533-0366>.

Kuat Shaipollayevich Nurgazy – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Head of the Feed Production Department of East Kazakhstan Agricultural Experimental Station LLP Glubokovsky district, village of Experimental Field; e-mail:n.k.sh@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3153-3083>.

Поступила в редакцию 01.04.2026

Поступила после доработки 30.04.2026

Принята к публикации 04.05.2026

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2\(22\)-42](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2(22)-42)



МРНТИ: 62.13.27

С.С. Каримова*, А.У. Исаева², А.Е. Тлеукеева¹

¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,
160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, проспект Тауке хана, 5

²Шымкентский Университет,
160031, Республика Казахстан, г. Шымкент, Каратауский район, Тассайский подрайон,
улица Жибек жолы, земельный участок №6

*e-mail: saulet_ka@mail.ru

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ В ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ

Аннотация: Растительные остатки являются важным компонентом экосистемы и источником органического вещества для почвы, играя ключевую роль в круговороте углерода и формировании гумуса. В условиях Туркестанской области, характеризующейся аридным климатом, изучение микробного разнообразия растительных остатков особенно актуально для оценки процессов разложения целлюлозы и полисахаридов.

Цель исследования заключалась в изучении состава целлюлозолитических микроорганизмов в растительных остатках и оценке их функционального потенциала для биотехнологического применения. Основные направления работы включали выделение бактерий и грибов, их морфологическую и количественную характеристику, идентификацию методом MALDI-TOF, а также анализ их роли в разложении целлюлозы и формировании почвенного гумуса.

Научная значимость исследования заключается в уточнении структуры микробного сообщества растительных остатков аридного региона и выявлении видов с высокой ферментативной активностью, что расширяет знания о целлюлозолитических бактериях и грибах. Практическая значимость работы заключается в использовании полученных данных для разработки биотехнологических подходов переработки растительных остатков и повышения плодородия почв.

©С.С. Каримова, А.У. Исаева, А.Е. Тлеукеева, 2026

В качестве методологии использовалось выделение микроорганизмов на стандартных питательных средах, морфологическая оценка колоний, количественное определение в КОЕ/г, а также видовая идентификация бактерий и грибов методом MALDI-TOF, что обеспечило высокую точность определения микроорганизмов.

В ходе исследования были выделены бактерии *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Acinetobacter lwoffii*. *Bacillus* spp. обеспечивают первичное разрушение клетчатки и полисахаридов, грибы участвуют в разложении более структурированной целлюлозы и лигнина, а *Acinetobacter lwoffii* перерабатывает побочные продукты разложения и поддерживает функциональное разнообразие микробного сообщества.

Проведенное исследование внесло вклад в понимание функционального разнообразия целлюлозолитических микроорганизмов в аридных экосистемах и подчеркнуло их роль в биотехнологии. Практическое значение работы заключается в возможности создания ферментных препаратов, биоконверсии сельхозотходов и разработки биоудобрений, способствующих устойчивому развитию агроэкологических систем региона.

Ключевые слова: целлюлозолитические микроорганизмы, растительные остатки, Туркестанская область.

Введение

Микробиологическое разнообразие растительных остатков играет ключевую роль в биогеохимических циклах экосистем, влияя на процессы разложения органического вещества, минерализации питательных элементов и поддержания плодородия почв. Разложение растительных остатков является ключевым процессом в почвенных экосистемах, который регулирует круговорот углерода, азота и других элементов, а также поддерживает плодородие почв. В аридных и полусухих регионах, таких как Туркестанская область, данные процессы проходят медленно из-за экстремальных климатических условий, что повышает значимость изучения микробиологических аспектов разложения литтера, особенно целлюлозолитических микроорганизмов. Несмотря на глобальный интерес к процессам разложения, информация о микробиоте растительных остатков в аридных регионах остается ограниченной. Для Туркестанской области характерны резко континентальный климат, высокая инсоляция, низкое количество атмосферных осадков (150-300 мм в год), продолжительные засушливые периоды и высокая летняя температура почвы, достигающая 45-60°C на поверхности. Почвы региона представлены преимущественно сероземами с низким содержанием органического вещества и ограниченной влагоудерживающей способностью, что существенно влияет на активность микробных сообществ и скорость разложения растительных остатков. Исследования казахстанских ученых в области микробиологии почв аридных территорий показывают, что в условиях южных регионов Казахстана преобладают устойчивые спорообразующие бактерии рода *Bacillus*, обладающие высокой адаптацией к дефициту влаги и температурному стрессу. Однако данные о целлюлозолитических микроорганизмах именно растительных остатков Туркестанской области остаются ограниченными, особенно в аспекте их биотехнологического потенциала.

Исследовательские работы авторов продемонстрировали, что структура микробного сообщества напрямую влияет на скорость разложения растительных остатков, показывая важность учета разнообразия бактерий и грибов в исследованиях литтера [1, 2]. Авторы работ подчеркнули значимость листового литтера для поддержания плодородия почв и формирования микробного разнообразия, отмечая различия между видами растений и качеством органического материала [3, 4]. Исследователи показали, что разнообразие микробов оказывает большее влияние на скорость разложения, чем «домашняя» среда происхождения литтера, что подчеркивает универсальность микробных сообществ в процессах минерализации [5, 6]. Zhang et al. продемонстрировали, что смешение литтера разных видов ускоряет разложение и изменяет состав микробного сообщества, что важно учитывать при оценке функциональной роли микроорганизмов [7]. Li et al. выявили, что состав и качество листового литтера влияют на численность и активность бактерий, ответственных за разложение полисахаридов [8]. Другие исследования подтвердили, что микробиальные сообщества определяют скорость минерализации и эффективность переработки органического вещества в почвах с различным уровнем антропогенной нагрузки [9-12]. Работы авторов показали, что добавление экзогенной целлюлазы и высококачественного

литтера увеличивает активность ферментов и ускоряет разложение, что указывает на потенциал биотехнологического применения микробов [13, 14]. Климатическое потепление усиливает сложность микробных сетей за счет увеличения разнообразия бактерий и усиления взаимодействия грибов, подчеркивая влияние экологических факторов на микробиоту [15, 16]. Исследования выявили ключевую роль целлюлозолитических бактерий, таких как *Bacillus spp.*, *Lysobacter* и *Cellulomonas*, в разложении растительных остатков и производстве ферментов, а также возможность использования этих штаммов в биоконверсии сельхозотходов [17, 18]. Agroforestry-системы и управление литтером существенно влияют на популяции бактерий [19-21]. Предварительная обработка грибами *Ganoderma* и *Trichoderma* улучшает скорость разложения и качество компоста [22]. Моделирование глобальной вариабельности разложения литтера позволяет прогнозировать динамику микробных сообществ и функциональных процессов в почвах [23]. Анализ зарубежных исследований показывает, что методы метагеномного и метапротеомного анализа, оценка ферментативной активности и учет микробного разнообразия являются ключевыми для понимания разложения литтера [24, 25]. Однако пробелы остаются в изучении целлюлозолитических микроорганизмов в аридных условиях, их адаптации и практического применения, особенно в контексте Туркестанской области.

Объект исследования – растительные остатки (листья, стебли, корни) сельскохозяйственных и природных растений Туркестанской области. Предмет исследования – микробные сообщества, выделенные из этих остатков, с акцентом на целлюлозолитические бактерии и грибы, их видовой состав, численность и функциональный потенциал.

Цель исследования – изучить состав и функциональные характеристики целлюлозолитических микроорганизмов растительных остатков Туркестанской области и оценить их биотехнологический потенциал. Задачи включают: выделение и количественную оценку микроорганизмов; идентификацию с помощью MALDI-TOF; описание морфологических характеристик; анализ роли микроорганизмов в разложении целлюлозы; оценку их применения в биотехнологии.

Гипотеза работы заключается в том, что среди микроорганизмов растительных остатков Туркестанской области присутствуют адаптированные целлюлозолитические бактерии и грибы с высоким ферментативным потенциалом, способные к использованию в биотехнологических процессах. Значение исследования заключается в расширении научных знаний о микробиоте литтера аридных экосистем и создании базы для биотехнологического применения локальных штаммов.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись растительные остатки (листья, стебли, корни) сельскохозяйственных культур и дикорастущих растений, собранные на территории Туркестанской области в период с апреля по октябрь 2025 года. Для анализа отбирались фрагменты с различной степенью разложения. Масса каждой пробы составляла 50–100 г. Влажность определяли методом сушки до постоянной массы, а pH измеряли цифровым pH-метром HI 98103 («Hanna Instruments», Италия). Для количественного анализа использовались пробы массой 10 г, для качественного анализа – весь доступный литтер. Растительные остатки предварительно промывали дистиллированной водой и сушили при комнатной температуре до 7-15 % влажности.

Для выделения бактерий использовалась стандартная питательная среда МПА (мясо-пептонный агар), для грибов – среда Чапека, для целлюлозолитических микроорганизмов – среда Гетчинсона. Посев проводили методом последовательных разведений и сплошного посева на поверхность агаровых сред. Колонии инкубировали при 28°C в течение 48-72 часов. Морфологические признаки колоний (форма, цвет, текстура, края) регистрировали визуально. Для количественного определения численности микроорганизмов рассчитывали КОЕ/г растительного материала, проводя три параллельные повторности каждого образца.

Идентификацию бактерий выполняли методом MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight) с использованием системы Microflex LT («Bruker», Германия). Для подготовки проб клетки выделяли с агаровой поверхности, обрабатывали экстракционным буфером (α -цианокавалиновая кислота, «Sigma», США) и наносили на металлическую пластину. Спектры анализировали с помощью программного обеспечения FlexControl и сравнивали с базой данных MALDI Biotyper.

Целлюлозолитическая активность бактерий оценивалась на агаре с карбоксиметилцеллюлозой (СМС, «Sigma», США). После инкубации 48-72 часов колонии окрашивали раствором йода 1 %, измеряли зоны гидролиза в мм. Также проводилось количественное определение деградации целлюлозы путем измерения потери массы субстрата после инкубации с выделенными штаммами в течение 7 дней при 28 °С. Для оценки ферментативной активности грибов использовались аналогичные агаровые планшеты с целлюлозой, с регистрацией зон гидролиза и качественной оценки скорости разложения полисахаридов.

Все измерения проводились в трех параллельных повторностях. Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы Microsoft Excel 2021 («Microsoft», США) и Statistica 12 («TIBCO Software», США). Результаты представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения.

Исследовательский вопрос заключался в том, чтобы определить какие целлюлозолитические микроорганизмы преобладают в растительных остатках Туркестанской области, и какова их функциональная активность. Выдвинута гипотеза о том, что среди микроорганизмов растительных остатков региона присутствуют адаптированные целлюлозолитические микроорганизмы с высокой ферментативной активностью, которые могут быть использованы в биотехнологических процессах переработки органического сырья. Этапы исследования включают в себя: сбор и предварительная подготовка растительных остатков, разделение образцов на фракции по степени разложения, изоляция микробных культур с использованием питательных сред для бактерий и грибов, качественная и количественная оценка выделенных микроорганизмов, идентификация штаммов с помощью метода MALDI-TOF, морфологическая характеристика и описание колоний (форма, цвет, текстура), определение численности микроорганизмов в кое/г, оценка ферментативного потенциала целлюлозолитических микроорганизмов для разложения целлюлозы. Идентификация бактериальных штаммов проводилась методом MALDI-TOF MS с использованием системы Microflex LT («Bruker», Германия) и базы данных MALDI Biotyper Library. Для грибных культур применялась предварительная морфологическая идентификация на основании макро- и микроморфологических признаков колоний (цвет, структура мицелия, характер спороношения). MALDI-TOF использовался преимущественно для подтверждения идентификации бактериальных культур, поскольку базы данных для почвенных и фитосубстратных грибов имеют ограниченную репрезентативность и требуют дополнительной морфологической верификации. Применение MALDI-TOF для идентификации бактерий растительных остатков в аридной зоне Туркестанской области является новым подходом в локальных исследованиях микробиоты. Кроме того, комплексная оценка морфологических, количественных и ферментативных характеристик позволяет выявить наиболее активные штаммы для дальнейшего использования в биотехнологии. Предварительные результаты показали преобладание бактерий *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium* и *Acinetobacter lwoffii* среди выделенных культур. Колониальная морфология штаммов разнообразна, а численность микроорганизмов колебалась от 10^5 до 10^7 КОЕ/г. Все выделенные штаммы проявляли целлюлозолитическую активность, что подтверждает их потенциал для биоконверсии растительных остатков.

Результаты и обсуждения

В результате проведенных исследований из растительных остатков Туркестанской области были выделены три ключевых вида бактерий с целлюлозолитической активностью: *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium* и *Acinetobacter lwoffii*. Все выделенные штаммы характеризовались способностью расщеплять целлюлозу и адаптацией к условиям аридной зоны. Морфологические особенности колоний варьировали в зависимости от вида и стадии разложения материала, что отражало широкий спектр экологических стратегий микроорганизмов. Для наглядного представления процессов их участия в биоконверсии растительного сырья разработана схема (рис. 1).

Выбор и доминирование именно *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium* и *Acinetobacter lwoffii* обусловлены их адаптацией к экстремальным условиям аридного климата Туркестанской области.

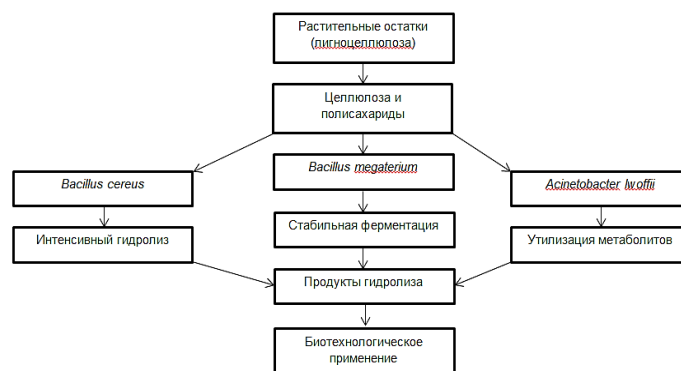


Рисунок 1 – Схема биоконверсии растительных остатков с участием целлюлозолитических микроорганизмов и получением продуктов, перспективных для пищевой и биотехнологической промышленности

Представители рода *Bacillus* обладают способностью к спорообразованию, устойчивостью к высушиванию, температурным колебаниям и дефициту питательных веществ, что обеспечивает их выживание в засушливых почвах и растительных остатках. *Bacillus megaterium* известен как активный продуцент гидролитических ферментов, включая целлюлазы, а *Bacillus cereus* часто встречается в целлюлозосодержащих субстратах и участвует в первичной деструкции органического материала. *Acinetobacter lwoffii* характеризуется метаболической пластичностью и способностью участвовать в деградации промежуточных продуктов распада органического вещества, поддерживая стабильность микробного консорциума в стрессовых экологических условиях. Количественный анализ показал различия в численности микроорганизмов, определяемой в КОЕ/г растительного материала. *Bacillus cereus* был преобладающим штаммом с численностью $6,2 \times 10^6$ КОЕ/г, что соответствует высокой степени заселенности и интенсивной ферментативной активности. *Bacillus megaterium* продемонстрировал умеренную численность ($4,8 \times 10^6$ КОЕ/г) и стабильную целлюлозолитическую активность, а *Acinetobacter lwoffii* имел наименьшую численность ($3,5 \times 10^5$ КОЕ/г), однако играл важную роль в синергетических взаимодействиях с другими микроорганизмами. Таблица 1 суммирует морфологические, количественные и ферментативные характеристики выделенных микроорганизмов (табл. 1).

Таблица 1 – Морфологические, количественные и ферментативные характеристики выделенных микроорганизмов

Микроорганизм	Форма колонии	Цвет	Текстура	Численность (КОЕ/г)	Зона гидролиза целлюлозы (мм)
<i>Bacillus cereus</i>	Круглая, гладкая	Кремовая	Мучнистая	$6,2 \times 10^6$	15
<i>Bacillus megaterium</i>	Круглая, слегка бугристая	Белая	Мягкая	$4,8 \times 10^6$	12
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	Неровная, выпуклая	Желтоватая	Глянцевая	$3,5 \times 10^5$	8

Полученные результаты подтверждают выдвинутую гипотезу о наличии адаптированных целлюлозолитических микроорганизмов в растительных остатках Туркестанской области. *Bacillus cereus* и *Bacillus megaterium* демонстрируют высокий ферментативный потенциал, что делает их перспективными для применения в биотехнологических процессах, таких как переработка растительных отходов в биотопливо, производство компоста и органических удобрений. Следует отметить, что отдельные штаммы *Bacillus cereus* могут обладать патогенными свойствами и продуцировать токсические метаболиты, что требует обязательной оценки биобезопасности при промышленном применении, особенно в пищевой биотехнологии. В настоящем исследовании рассматривается исключительно ферментативный и целлюлозолитический потенциал выделенного штамма. На следующем этапе исследования для оценки возможности практического применения выделенных штаммов планируется проведение дополнительных исследований, направленных на изучение их токсигенности, генетической стабильности и соответствия требованиям

биобезопасности, что позволит обосновать перспективы их использования в биотехнологических процессах. *Acinetobacter lwoffii*, несмотря на сравнительно низкую численность, выполняет функцию стабилизатора микробных сообществ и может быть включен в состав консорциумов для комплексной переработки органического сырья.

Морфологические признаки колоний, численность и зоны гидролиза целлюлозы могут служить индикаторами ферментативного потенциала штаммов. Высокая адаптация микроорганизмов к местным условиям позволяет рассматривать их использование в локальных биотехнологических решениях, оптимизированных для климатических и почвенных условий Туркестанской области.

Кроме того, выделенные микроорганизмы демонстрируют потенциал для интеграции в промышленные процессы биоконверсии, включая биоразложение сельскохозяйственных отходов, производство ферментов и создание устойчивых микробных консорциумов. Использование локальных адаптированных штаммов повышает эффективность процессов переработки и снижает экологическую нагрузку на почвенные экосистемы.

Таким образом, результаты исследования показывают, что растительные остатки Туркестанской области являются источником целлюлозолитических микроорганизмов с высоким биотехнологическим потенциалом. Комплексная характеристика микроорганизмов, включающая морфологию, численность и ферментативную активность, позволяет формировать базу для дальнейшего отбора наиболее эффективных штаммов для промышленного и экологически ориентированного использования.

Заключение

В результате проведенного исследования был выполнен комплексный анализ микробиологического разнообразия растительных остатков, собранных на территории Туркестанской области. Выделенные микроорганизмы, включая *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium* и *Acinetobacter lwoffii*, характеризуются высокой адаптацией к аридным условиям региона и проявляют выраженную целлюлозолитическую активность. Количественные показатели численности микроорганизмов в сочетании с морфологическими особенностями колоний и зонами гидролиза целлюлозы позволяют оценить функциональный потенциал каждого штамма, а также их роль в процессах разложения растительных остатков.

Анализ полученных данных подтверждает гипотезу исследования о существовании локально адаптированных целлюлозолитических бактерий, способных эффективно расщеплять целлюлозу и участвовать в биотехнологических процессах. *Bacillus cereus* проявил наибольшую ферментативную активность и численность, что делает его перспективным кандидатом для промышленных применений, включая производство органических удобрений и биотоплива. *Bacillus megaterium*, обладая устойчивостью к различным условиям среды и стабильной ферментативной активностью, также может быть интегрирован в биоконверсии растительных остатков. *Acinetobacter lwoffii*, несмотря на сравнительно низкую численность, играет важную роль в синергетических взаимодействиях внутри микробного сообщества и обеспечивает функциональную стабильность микробных консорциумов.

Полученные результаты демонстрируют высокую научную и практическую значимость работы. Во-первых, они дополняют глобальные данные о микробиоте растительных остатков аридных регионов, расширяя представление о разнообразии и функциональной активности целлюлозолитических микроорганизмов. Во-вторых, работа предоставляет экспериментально подтвержденные данные о потенциале локальных микроорганизмов для биотехнологических процессов переработки сельскохозяйственных отходов. Эти штаммы могут быть использованы в создании экологически безопасных технологий биоконверсии, способствующих снижению нагрузки на почвенные экосистемы и повышению эффективности утилизации органического сырья.

Особое значение имеет выявление корреляции между морфологическими характеристиками колоний, численностью микроорганизмов и их ферментативной активностью, что позволяет использовать данные показатели в качестве индикаторов биотехнологического потенциала штаммов при первичном отборе для дальнейших исследований и промышленных применений. Исследование также открывает перспективы для формирования локальных микробных консорциумов с высокой эффективностью

переработки целлюлозосодержащих растительных остатков, а также для изучения взаимодействия бактерий и грибов в естественных и индустриальных системах.

Таким образом, проведенная работа вносит существенный вклад в развитие микробиологии и биотехнологии, подтверждает возможность использования адаптированных микроорганизмов Туркестанской области для биоконверсии растительных отходов и создания устойчивых экологически ориентированных процессов. Полученные данные создают фундамент для дальнейших исследований функциональной активности целлюлозолитических микроорганизмов и разработки локально адаптированных биотехнологических решений.

Список литературы

1. Pairing litter decomposition with microbial community structures / A. Daebeler et al // SOIL. – 2022. – Vol. 8. – P. 163-176.
2. Liang K.W. The role of leaf litter in forest soil fertility and microbial diversity / K.W. Liang // Molecular Soil Biology. – 2024. – Vol. 15, № 3. – P. 99-108.
3. Microbial Diversity Drives Decomposition More than Advantage of Home Environment – Evidence from a Manipulation Experiment with Leaf Litter / M.M. Ardestani et al // Microorganisms. – 2025. – Vol. 13, № 2. – P. 351.
4. Litter mixing promoted decomposition and altered microbial decomposer communities / L. Zhang et al // BMC Microbiology. – 2023. – Vol. 23. – P. 148.
5. Leaf litter mixtures alter decomposition rate, nutrient retention, and bacterial community composition in a temperate forest / K. Li et al // Forestry Research. – 2023. – Vol. 3. – P. 22.
6. Impacts of plant domestication on soil microbial and nematode communities during litter decomposition / J. Palomino et al // Plant and Soil. – 2023. – Vol. 487. – P. 419-436.
7. High-Quality Litter and Exogenous Cellulase Enhance Soil Nutrient Cycling and Enzymatic Activities / L. Xiao et al // Agriculture. – 2024. – Vol. 14, № 12. – P. 2162.
8. Climate warming enhances microbial network complexity by increasing bacterial diversity and fungal interaction strength in litter decomposition / G. Liu et al // Wetland/Elsevier. – 2023.
9. Impacts of litter microbial community on litter decomposition in the absence of soil microorganisms / J. Liu et al // Environmental Microbiology Reports. – 2024.
10. Identification and comprehensive genomic characterization of cellulolytic *Bacillus* species reveal unique CAZyme profiles for leaf litter degradation and compost production / AK. Singh et al // World J Microbiol Biotechnol. – 2025. – Vol 3, № 41(7). – P. 245.
11. Arfarita N. The impact of different management on pine-based agroforestry system and litter accumulation on the population and activity of cellulolytic bacteria / N. Arfarita // Biodiversitas – Journal of Biological Diversity. – 2024. – Vol. 25. – P. 924-936.
12. Decomposition Characteristics of Lignocellulosic Biomass in Subtropical *Rhododendron* Litters under Artificial Regulation / P. Zhang et al // Metabolites. – 2023. – Vol. 13, № 2. – P. 279.
13. The use of cellulolytic *Aspergillus* sp. inoculum to improve the quality of pineapple compost / B. Irawan et al // Journal unspecified. – 2023.
14. Fungal pretreatment methods for organic wastes: advances and challenges in biomass valorization / P.K. Chaurasia et al // RSC Sustainability. – 2025.
15. The microbial contribution to litter decomposition and plant growth / C. Zhang et al // Environmental Microbiology Reports. – 2023.
16. Rahma Dini I. The Cellulase Enzyme Activity of Several Cellulolytic Bacteria and their Ability to Decompose Organic Waste / I. Rahma Dini // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery. – 2024. – Vol. 55, № 12.
17. Samingan SAMINGAN. Kemampuan *Ganoderma* dan *Trichoderma* Mendekomposisi Serasah *Acacia mangium* (The Ability of *Ganoderma* and *Trichoderma* to Decompose *Acacia mangium* Litter). Biospecies. – 2015. – Vol. 8, № 1.
18. Leaf litter decomposition – Estimates of global variability based on Yasso07 model / M. Tuomi et al // J. Liski. arXiv preprint. – 2009.
19. Forest litter decomposition and microbial functional diversity: comparative analyses of bacterial and fungal communities / P. Baldrian et al // Soil Biology & Biochemistry. – 2022. – Vol. 170. – P. 108666.

20. Cellulolytic bacterial consortia isolated from forest leaf litter and their enzymatic potentials / Y. Liu et al // *Frontiers in Microbiology*. – 2023. – Vol. 14. – P. 1189731.
21. Microbial decomposition of plant litter under contrasting soil nutrient conditions / J. Wang et al // *Applied Soil Ecology*. – 2024. – Vol. 187. – P. 104698.
22. Functional diversity of litter-inhabiting bacteria in temperate forests / X. Chen et al // *Ecological Indicators*. – 2023. – Vol. 150. – P. 107217.
23. Interactions between cellulolytic bacteria and fungi in leaf litter decomposition / M. Zhao et al // *Microbial Ecology*. – 2024. – Vol. 87. – P. 1011-1025.
24. Leaf litter quality and decomposition dynamics: microbial drivers and nutrient cycling / P. Martínez-García et al // *Soil Biology & Biochemistry*. – 2023. – Vol. 178. – P. 108995.
25. Biotechnological applications of cellulolytic bacteria in lignocellulosic waste management / R. Singh et al // *Bioresource Technology Reports*. – 2024. – Vol. 18. – P. 101123.

Источник финансирования

Данная исследовательская работа была профинансирована Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового финансирования исследований молодых ученых по проекту «Жас ғалым» на 2025-2027 годы по ИРН AP25794005 «Разработка микробной композиции для получения ксилита из целлюлозы топинамбура».

С.С. Каримова*, А.У. Исаева², А.Е. Тлеукеева¹

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы, 5

²Шымкент Университеті,
160031, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Қаратау ауданы, Тассай шағын ауданы,
Жібек жолы көшесі, № 6 жер учаскесі

*e-mail: saulet_ka@mail.ru

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ӨСІМДІК ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗА ШИКІЗАТЫН ӨНДЕУ ПРОЦЕСТЕРІНДЕГІ БИОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӘЛЕУЕТІ

Өсімдік қалдықтары көміртегі айналымында және гумустың түзілуінде шешуші рөл атқаратын экожүйенің маңызды құрамдас бөлігі және топырақ үшін органикалық заттардың көзі болып табылады. Құрғақ климатпен сипатталатын Түркістан облысының жағдайында өсімдік қалдықтарының микробтық әртүрлілігін зерттеу әсіресе целлюлоза мен полисахаридтердің ыдырау процестерін бағалауға қатысты.

Зерттеудің мақсаты өсімдік қалдықтарындағы целлюлозолитикалық микроорганизмдердің құрамын зерттеу және олардың биотехнологиялық қолдану үшін функционалдық әлеуетін бағалау болды. Жұмыстың негізгі бағыттарына бактериялар мен саңырауқұлақтарды оқшаулау, олардың морфологиялық және сандық сипаттамалары, MALDI-TOF идентификациясы және целлюлозаның ыдырауындағы және топырақ гумусының түзілуіндегі рөлін талдау кірді.

Зерттеудің ғылыми маңыздылығы құрғақ аймақтың өсімдік қалдықтарының микробтық қауымдастығының құрылымын нақтылау және целлюлозолитикалық бактериялар мен саңырауқұлақтар туралы Білімді кеңейтетін ферментативті белсенділігі жоғары түрлерді анықтау болып табылады. Жұмыстың практикалық маңыздылығы алынған деректерді өсімдік қалдықтарын өңдеудің биотехнологиялық тәсілдерін әзірлеу және топырақтың құнарлылығын арттыру үшін пайдалану болып табылады.

Әдістеме ретінде стандартты қоректік орталарда микроорганизмдерді оқшаулау, колонияларды морфологиялық бағалау, Коз/г-да сандық анықтау, сондай-ақ микроорганизмдерді анықтаудың жоғары дәлдігін қамтамасыз ететін maldi-tof арқылы бактериялар мен саңырауқұлақтарды түрлерді анықтау қолданылды.

Зерттеу барысында *Bacillus Cereus*, *Bacillus megaterium*, *Acinetobacter lwoffii* бактериялары оқшауланды. *Bacillus spp.* талшықтар мен полисахаридтердің бастапқы ыдырауын қамтамасыз етіңіз, саңырауқұлақтар құрылымдық целлюлоза мен лигниннің ыдырауына қатысады, ал *Acinetobacter lwoffii* ыдыраудың жанама өнімдерін өңдейді және микробтық қауымдастықтың функционалды әртүрлілігін қолдайды.

Зерттеу аридті экожүйелердегі целлюлозолитикалық микроорганизмдердің функционалдық әртүрлілігін түсінуге үлес қосты және олардың Биотехнологиядағы рөлін атап өтті. Жұмыстың практикалық маңыздылығы ферменттік препараттарды құру, ауылшаруашылық қалдықтарын биоконверсиялау және аймақтың агроэкологиялық жүйелерінің тұрақты дамуына ықпал ететін биотыңайтқыштарды әзірлеу мүмкіндігі болып табылады.

Түйін сөздер: целлюлозолитикалық микроорганизмдер, өсімдік қалдықтары, Түркістан облысы.

S.S. Karimova*, A.U. Issayeva², A.Ye. Tleukeeva¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University,

160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, 5 Tauke Khan Avenue,

²Shymkent University,

160031, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Karatau district, Tassai subdistrict,

Zhibek Zholy street, land plot № 6

*e-mail: saulet_ka@mail.ru

MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PLANT RESIDUES OF THE TURKESTAN REGION AND THEIR BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL IN THE PROCESSING OF LIGNOCELLULOSE RAW MATERIALS

Plant remains are an important component of the ecosystem and a source of organic matter for soils, playing a key role in the carbon cycle and the formation of humus. In the conditions of the Turkestan region, characterized by an arid climate, the study of the microbial diversity of plant residues is especially important for assessing the decomposition processes of cellulose and polysaccharides.

The aim of the study was to study the composition of cellulolytic microorganisms in plant residues and to assess their functional potential for biotechnological applications. The main areas of work included the isolation of bacteria and fungi, their morphological and quantitative characteristics, identification by the MALDI-TOF method, as well as analysis of their role in the decomposition of cellulose and the formation of soil humus.

The scientific significance of the study lies in clarifying the structure of the microbial community of the plant remains of the arid region and identifying species with high enzymatic activity, which expands knowledge about cellulolytic bacteria and fungi. The practical significance of the work lies in using the data obtained to develop biotechnological approaches for processing plant residues and increasing soil fertility.

The methodology used was the isolation of microorganisms on standard nutrient media, morphological assessment of colonies, quantitative determination in CFU/g, as well as species identification of bacteria and fungi by the MALDI-TOF method, which ensured high accuracy in the determination of microorganisms.

*The bacteria *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, and *Acinetobacter lwoffii* were isolated during the study. *Bacillus* spp. they provide the primary destruction of fiber and polysaccharides, fungi participate in the decomposition of more structured cellulose and lignin, and *Acinetobacter lwoffii* processes decomposition byproducts and supports the functional diversity of the microbial community.*

The study has contributed to the understanding of the functional diversity of cellulolytic microorganisms in arid ecosystems and highlighted their role in biotechnology. The practical significance of the work lies in the possibility of creating enzyme preparations, bioconversion of agricultural waste and the development of biofertilizers that contribute to the sustainable development of the agroecological systems of the region.

Key words: cellulolytic microorganisms, plant residues, Turkestan region.

Сведения об авторах

Саулет Сабитхановна Каримова* – постдокторант, старший научный сотрудник, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saulet_ka@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8231-1982>.

Акмарал Умирбековна Исаева – доктор биологических наук, профессор, директор НИИ Экологии и биологии, Шымкентский Университет, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: akissayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8323-3982>.

Асель Ержановна Тлеукеева – PhD, старший научный сотрудник, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: aseltleukeeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8821-8845>.

Авторлар туралы мәліметтер

Саулет Сабитхановна Каримова* – постдокторант, аға ғылыми қызметкер, Оңтүстік Қазақстан университеті. М. Әуезова, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: saulet_ka@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8231-1982>

Акмарал Умирбековна Исаева – биология ғылымдарының докторы, профессор. Экология және биология ҒЗИ директоры, Шымкент университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: akissayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8323-3982>.

Асель Ержановна Тлеукеева – PhD, аға ғылыми қызметкер, Оңтүстік Қазақстан университеті. М. Әуезова, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: aseltleukeeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8821-8845>.

Information about the authors

Saulet Sabitkhanovna Karimova* – postdoctoral researcher, Senior Researcher, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: saulet_ka@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8231-1982>.

Akmaral Umirbekovna Issayeva – Doctor of Biological Sciences, Professor. Director of the Research Institute of Ecology and Biology, Shymkent University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: akissayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8323-3982>.

Assel Yerzhanovna Tleukeeva – PhD, Senior Researcher, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: aseltleukeeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8821-8845>.

Поступила в редакцию 30.03.2026

Поступила после доработки 17.05.2026

Принята к публикации 18.05.2026

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2\(22\)-43](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2(22)-43)

FTAXP: 65.59.03



А.М. Муратбаев*, А.К. Какимов, М.М. Джумажанова

Шәкәрім университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

*e-mail: great_mister@mail.ru

ТАУЫҚТЫҢ ЫСТАЛЫП – КЕПТІРІЛГЕН ТӨС ЕТІН QFD ӘДІСІ НЕГІЗІНДЕ ТАЛДАУ: САПА ҮЙІН ҚҰРУ ЖӘНЕ ӨНІМДІ ЖЕТІЛДІРУДІҢ БАСЫМ БАҒЫТТАРЫН АЙҚЫНДАУ

Аңдатпа: Мақалада ысталып-кептірілген тауықтың төс етінің сапасын жүйелі талдау және жетілдіру мақсатында QFD (Quality Function Deployment) әдіснамасын қолдану нәтижелері ұсынылған. Зерттеудің өзектілігі ет өнімдері нарығындағы бәсекелестіктің күшеюімен, сондай-ақ тұтынушылардың өнім қауіпсіздігіне, табиғилығына және органолептикалық көрсеткіштерінің тұрақтылығына қоятын талаптарының артуымен негізделеді. Жұмыс барысында сауалнама жүргізу әдісін пайдалану арқылы маркетингтік зерттеу жүзеге асырылып, тұтынушылардың негізгі талаптары айқындалып, сандық тұрғыда бағаланды. Алынған деректер негізінде тұтынушылар талаптары мен өнімнің техникалық сипаттамалары арасындағы өзара байланыстарды көрсететін «Сапа үйі» матрицасы құрылды. Жүргізілген QFD-талдау ысталып-кептірілген тауықтың төс етінің техникалық сипаттамаларының тұтынушылар қанағаттануына ықпалын жүйелі түрде бағалауға мүмкіндік берді. Салмақталған коэффициенттер әдісін қолдану арқылы технологиялық параметрлердің салыстырмалы басымдылығы есептелді. Зерттеу нәтижесінде тұтынушылар қанағаттануына ең жоғары әсер ететін көрсеткіштер ретінде ылғалдың массалық үлесі (26,65%), рецептуралық құрам (25,48%) және сақтау параметрлері (18,26%) анықталды. Өнімнің қауіпсіздігі мен органолептикалық көрсеткіштеріне ықпал ететін ылғалдылық, ақуыз мөлшері және сақтау шарттары арасындағы технологиялық өзара тәуелділіктер айқындалды. Зерттеудің практикалық маңыздылығы нәтижелерді рецептураларды оңтайландыруда, технологиялық режимдерді жетілдіруде және ет өңдеу кәсіпорындарының бәсекеге қабілеттілігін арттыруда қолдану мүмкіндігімен сипатталады.

Түйін сөздер: QFD, сапа үйі, ысталып-кептірілген тауықтың төс еті, сапаны басқару, ет өнімдері, тұтынушылар талаптары.

1. Кіріспе

Қазіргі заманғы ет деликатестері нарығы жоғары бәсекелестік деңгейімен және өнім сапасы мен қауіпсіздігіне қойылатын талаптардың күшеюімен сипатталады. Ысталып-