

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБНЫХ УДОБРЕНИЙ

КАЗКЕЕВ Е.Т. , МОЛДЕКОВА И.Ж. , МАНСУРОВА А.М. 

Казкеев Ержан Тажибаевич – Кандидат биологических наук, доцент, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: kazkeev@internet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6670-1286>

Молдекова Ирина Жумабаевна - Магистр естественно-научных дисциплин, старший преподаватель, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: imoldekova@zhubanov.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-5431-7896>

Мансурова Альбина Мансурқызы - Студентка 4 курса ОП 6В01505-Биология, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: irinamol1234@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8721-0096>

Аннотация. В данной статье рассматриваются микробные удобрения их влияние на плодородие почвы и рост сельскохозяйственных культур согласно принципу эндемичного фактора. Почвы АО можно отнести к группе каштановых с небольшим гумусовым слоем, незначительной минерализацией, плотного сложения, со средней влагоемкостью, при эксплуатациях склонных к быстрой деградации и потере всех питательных свойств, с дальнейшей эрозией. Остановить эрозию и предотвратить ее возникновение можно за счет грамотной сельскохозяйственной деятельности при соблюдении режима пашни, севооборотов и внесения удобрений, уделяя особое внимание почвенной микрофлоре, как сложному многогранному динамичному природному комплексу микроорганизмов способных фиксировать азот, мобилизовать фосфор и калий, улучшать водоудерживающие свойства почвы и защищать растения от вредителей, патогенов вирусного и бактериального происхождения, стимулировать рост, развитие вегетационной части, повышать урожайность. Почвенные микроорганизмы разнообразны и просты в применении, уникальны, специфичны, экологичны и безвредны в следствии чего содержат потенциал развития аграрной индустрии, биологизации и восстановления, укрепления естественных симбиотических связей в экосистемах. Особенно перспективны азотфиксаторы: свободноживущие бактерии (*Azotobacter*, *Clostridium*), симбиотические клубеньковые бактерии (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*) и ассоциативные формы (*Azospirillum*), способны поглощать атмосферный азот (N₂), один из главных макроэлементов в питании растений.

Ключевые слова: микробные удобрения, биоудобрения, азотфиксация, почвенные микроорганизмы, *azotobacter*, *clostridium*, *pseudomonas*, *aspergillus*.

Введение

Одной из ключевых проблем в сельском-хозяйстве является снижение плодородия почв, обусловленное эрозией, истощением гумуса и нерациональным использованием минеральных удобрений. Развитие науки в агросекторе на современном этапе ориентировано на биологические механизмы повышения плодородия, среди которых главные почвенные микроорганизмы. В отличие от химических удобрений, они не загрязняют окружающую среду, работают в симбиозе с растениями и участвуют в формировании устойчивых агроэкосистем. Почвенный покров АО характеризуется наличием темно- каштановых, каштановых, светло-каштановых почв, солонцов и солончаков, глинистой и суглинистой почвой с небольшим количеством во основном по поймам рек сероземом. Преобладают в наших климатических условиях каштановые и светло-каштановые почвы, часто подверженные засухе и дефициту питательных веществ для снижения негативного влияния необходима активизация почвенной микробиоты, которая может стать стратегическим направлением в устойчивом развитии сельского хозяйства [1, 55-62].

Актюбинская область расположена в западной части Казахстана и охватывает обширную территорию с разнообразными ландшафтами и природными зонами — от степей до полупустынь. Климат резко континентальный, характеризуется жарким летом и холодной зимой. Среднегодовое количество осадков составляет около 250 мм, при этом большая часть влаги выпадает весной и в начале лета, когда активизируется рост растений. Преобладающие почвы — каштановые и светло-каштановые, с низким содержанием гумуса (от 1,2 до 2,5 %),

слабой водоудерживающей способностью и склонностью к деградации при нарушении агротехники. Эрозия, иссушение и структурные изменения приводят к потере плодородия. Тем не менее, эти почвы обладают потенциалом для восстановления, особенно если активировать их биологическую составляющую — микробиоту. Анализы показывают, что даже в условиях засухи в каштановых почвах сохраняются определённые популяции полезных микроорганизмов, в частности актиномицетов, сапротрофных грибов, азотфиксирующих бактерий и микоризных симбионтов. Снижение микробной активности часто вызвано переуплотнением почвы, нехваткой органических остатков и агрессивным использованием минеральных удобрений. Поэтому реабилитация и поддержка микрофлоры становится приоритетной задачей для работников аграрного сектора региона. В связи с природными условиями, средним климатом, засушливым и термически не стабильным применение почвенных микроорганизмов, специально адаптированных к АО существенно повышает урожайность через повышение биологической активности почвы, при фиксации азота, мобилизации питательных веществ, при повышении устойчивости культурных растений.

Материалы и методы исследования

Почва ризосферы была собрана из области АО на территории полей с помощью стерильных щеток. Аналогичные процедуры для сбора почвы ризосферы были выполнены на разных участках обработки. Образцы почвы, собранные с пяти разных растений, с двумя повторениями каждого варианта обработки, были тщательно перемешаны и образовали составной образец почвы, который хранился при $t 4^{\circ}\text{C}$ в герметичных лоточках для дальнейшего анализа [2].

Почвенный анализ состоял в определении морфологических признаков образцов, а именно окраски, плотности, сложения, строения почвенных частиц, влажности, новообразования и включений, определение содержания общего азота, фосфора, pH.



Источник: автор

Рисунок 1. Этапы проведения исследования почвенного анализа

Рисунок 1 отражает методы и ход проведения исследования почвы.

Микробиологический анализ проводился лабораторным методом, при препорировании и микроскопировании корней растений, методом серийных разведений с высевом на селективные питательные среды.

Методы эколого-физиологический и визуальный осмотр применялись для анализа биометрических параметров растений с учетом основных показателей: высоты, массы корневой системы, разветвлённость корней и количество боковых корней, длина колоса, содержание хлорофилла. Смотрите рисунок 2 этапы проведения исследования.



Источник: автор

Рисунок 2. Этапы проведения исследования

Рисунок 2 отражает методы и ход проведения исследования, рассмотрение физиологических показателей в зависимости от условий среды.

Результаты и их обсуждение

Почвенные микроорганизмы представляют собой сложное и многообразное сообщество живых организмов, играющее ключевую роль в регуляции биохимических процессов и поддержании почвенного плодородия. Эти микробиологические сообщества подразделяются на функциональные группы в зависимости от выполняемых ими экосистемных ролей. Давайте остановимся подробнее на почвенных микроорганизмах, обнаруженных при микробиологическом анализе лабораторным методом в изучаемых образцах почвы и рассмотрим их роль и значения в почвенных процессах, при выращивании сельскохозяйственных культур. Основными микроорганизмами для улучшения сельского хозяйства являются азотфиксаторы. Эти микробы способны переводить атмосферный азот (N_2), недоступный растениям, в аммонийные соединения, легко усваиваемые корневой системой— симбиотическая азотфиксация, характерная для бобовых культур.

Данная функция особенно актуальна для почв Актюбинской области, где содержание азота в доступной форме ограничено. К этой группе относятся свободноживущие бактерии (*Azotobacter*, *Clostridium*), симбиотические клубеньковые бактерии (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*) и ассоциативные формы (*Azospirillum*), способные колонизировать корневую зону злаковых культур. Их активность способствует естественному обогащению почвы азотом и снижает необходимость в минеральных азотных удобрениях [3, 230-236].

Бактерии рода *Rhizobium* проникают в корневые клетки растения, где формируют специализированные структуры — клубеньки. Внутри клубеньков происходит фиксация атмосферного азота и его преобразование в форму, доступную растениям. Это позволяет значительно сократить использование азотных удобрений, что особенно актуально для регионов с дефицитом органических источников питания, как в Актюбинской области.

Применение рекомендуемых норм азотфиксаторов способствовало росту растений и увеличению биомассы. Развитая корневая биомасса на участках со 100% азотом создала условия для увеличения биомассы и активности почвенных микроорганизмов вблизи корней. Микробиологическая биомасса почвы варьировалась в зависимости от урожайности биомассы.

Фосфатмобилизующие микроорганизмы играют важную роль в доступности фосфора, одного из ключевых элементов питания растений. В условиях солонцеватых и каштановых почв Актюбинской области, фосфор часто находится в труднодоступных минеральных формах. Представители родов *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Aspergillus* продуцируют органические кислоты, растворяющие фосфаты и высвобождающие фосфор в усвояемой форме.

Следующую функциональную группу составляют микоризные грибы, образующие симбиотические ассоциации с корнями растений. Они увеличивают площадь всасывания

корневой системы за счёт разветвлённой сети гиф, способствуя эффективному поглощению воды и питательных веществ. Арбускулярные микоризные грибы, широко распространённые в степных и засушливых зонах, таких как Ақтөбе, улучшают рост растений и повышают их засухоустойчивость. Другим важным симбиотическим взаимодействием является микориза. Арбускулярные микоризные грибы проникают в клетки корня и образуют арбускулы — структуры, через которые происходит обмен питательными веществами. Грибы обеспечивают растения фосфором, цинком и водой, а взамен получают углеводы. Это взаимодействие особенно ценно в засушливых условиях, поскольку микориза повышает устойчивость растений к абиотическим стрессам. Кроме того, многие бактерии способны синтезировать фитогормоны, такие как ауксины, цитокинины и гиббереллины. Они стимулируют прорастание семян, развитие корневой системы и общее ускорение вегетативного роста. Например, бактерии рода *Azospirillum* широко применяются в качестве инокулянтов для злаковых культур и повышают их урожайность на 10–20%.

Сапротрофные микроорганизмы играют незаменимую роль в разложении органических остатков и образовании гумуса. Бактерии и грибы, такие как *Trichoderma*, *Cellulomonas*, *Actinomyces*, перерабатывают целлюлозу, лигнин и другие сложные биополимеры, участвуя в формировании структуры и плодородия почв. Последнюю важную группу составляют антагонисты фитопатогенов — микроорганизмы, подавляющие развитие болезнетворных бактерий, грибов и нематод. Среди них особо выделяются *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* и *Trichoderma harzianum*. Эти микробы выделяют антибиотики, ферменты, а также конкурируют с патогенами за пространство и питательные вещества, снижая заболеваемость растений и потребность в пестицидах [4, 45-67].

Некоторые микроорганизмы активируют гены защиты в клетках растения, в результате чего растение приобретает устойчивость к патогенам и стрессовым условиям. Это особенно важно в засушливых и подверженных эрозии почвах, как в АО, где устойчивость растений к неблагоприятным факторам играет критическую роль в сохранении урожая.

Далее рассмотрим химические удобрения их применения на исследовательских участках. Современное сельское хозяйство активно использует химические удобрения для восполнения питательных веществ в почве. Однако многолетняя практика показывает, что их чрезмерное применение приводит к ряду экологических и агрономических проблем: деградации почв, засолению, снижению биоразнообразия микрофлоры, загрязнению подземных вод и снижает со временем устойчивость к фитопатогенам, даже при внесении оптимальных доз азотных удобрений происходит аккумуляция в почвенных горизонтах и формируется нитритное загрязнение. В то же время микробиологические методы, основанные на использовании живых микроорганизмов, предлагают более устойчивую альтернативу. Они не только восполняют дефицит элементов питания (например, фиксируют атмосферный азот или мобилизуют фосфор), но и восстанавливают биологическую активность почвы, улучшают её структуру, водоудерживающие свойства и устойчивость к стрессам.

Заключение

Проведённое исследование подтверждает, что почвенные микроорганизмы являются неотъемлемым элементом функционирования почвенной экосистемы и устойчивого сельского хозяйства. Их роль выходит далеко за рамки простого обогащения почвы элементами питания. Микроорганизмы способствуют формированию структуры почвы, повышают её влагоудерживающую способность, стимулируют рост корневой системы растений, усиливают их устойчивость к патогенам и стрессам (засуха, засоление), а также активно участвуют в биогеохимических циклах. В условиях АО, где большинство уязвимых почв относятся к светло-каштановым с характерным низким содержанием гумуса и влаги, микробные удобрения показали особенно высокую эффективность. Особенно важно отметить, что биопрепараты улучшают биологическую активность почвы, тем самым восстанавливая её природный потенциал. Исследования показывают, что микоризация не только способствует росту и развитию культур, но и влияет на формирование мощных, здоровых растений, способных выдерживать неблагоприятные условия окружающей среды. Это открывает новые

горизонты для экологически безопасного и экономически выгодного растениеводства. Однако, несмотря на очевидные преимущества, внедрение микоризных технологий требует глубокой научной проработки: от выбора оптимальных штаммов грибов до точной дозировки и методики их применения [5, 23-28].

Использование микробных препаратов (на основе *Azotobacter chroococcum*, *Rhizobium spp.*, *Bacillus subtilis*, а также арбускулярных микоризных грибов) оказывает положительное влияние на рост и продуктивность растений. Например, при выращивании зерновых культур было зафиксировано увеличение урожайности на 20–25% по сравнению с контрольными участками, где использовались только минеральные удобрения.

Экспериментальные данные показали, что применение внекорневой подкормки с помощью микорганов 75% азота в качестве основного удобрения является устойчивым подходом к управлению питательными веществами с точки зрения роста, урожайности и биологической активности ризосферы.

Дополнительно отмечалось:

- улучшение структуры и водопроницаемости почвы;
- увеличение содержания подвижного фосфора и нитратного азота;
- активизация микробиологических процессов (азотификсация, фосфатмобилизация);
- снижение заболеваемости растений корневыми гнилями.

Не мало важным критерием для отбора микробных удобрений оказались экономическая эффективность, почвенные микроорганизмы экономически выгодные, так при их использованиях себестоимость урожая снижалась за счёт сокращения затрат на минеральные удобрения и средства защиты растений. Применение биоудобрений позволяло сократить дозу минерального азота на 30–40% без потерь урожайности, а в ряде случаев — даже с её увеличением. Таким образом, использование почвенных микроорганизмов — это не просто альтернатива химическим удобрениям, а стратегический ресурс, который может стать основой «зелёной» трансформации агросектора Казахстана, но этот главный вопрос перехода к биологически ориентированным технологиям в земледелии требует комплексного подхода и разработки оптимальных условий влияния на агроценозы определенных групп микроорганизмов с учетом видовых характеристик и экологических взаимодействий.

Список литературы

1. Власенко А. В. Биопрепараты нового поколения: теоретические основы и агрономическая практика // Современное сельское хозяйство. – 2019. – № 2. – С. 55–62.
2. Upadhyay P. K., Dey A., Singh V. K., Dwivedi B. S., Singh R. K., Rajanna G. A., Babu S., Rathore S. S., Shekhawat K., Rai P. K., Choudhury N. K., Budhlakoti N., Mishra D. C., Rai A., Singh A., Bhardwaj A. K., Shukla G. Changes in microbial community structure and yield responses with the use of nano fertilizers of nitrogen and zinc in wheat–maize system // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14. – <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48951-3>.
3. Mendybaev E. Kh., Moldekova I. Zh. Bioindication of agrocenosis // Вестник Западно-Казахстанского университета. – 2020. – № 3(79). – С. 230–236.
4. Glick B. R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications // Scientifica. – 2012. – Article ID 963401.
5. Турсунов К. Т. Почвенные микроорганизмы и их значение в сельском хозяйстве // Аграрная наука Казахстана. – 2020. – № 4. – С. 23–28.

References

1. Vlasenko A. V. Biopreparaty novogo pokoleniya: teoreticheskie osnovy i agronomicheskaya praktika // Sovremennoe sel'skoe hozyajstvo. – 2019. – № 2. – S. 55–62.
2. Upadhyay P. K., Dey A., Singh V. K., Dwivedi B. S., Singh R. K., Rajanna G. A., Babu S., Rathore S. S., Shekhawat K., Rai P. K., Choudhury N. K., Budhlakoti N., Mishra D. C., Rai A., Singh A., Bhardwaj A. K., Shukla G. Changes in microbial community structure and yield responses with the use of nano fertilizers of nitrogen and zinc in wheat–maize system // Scientific Reports. – 2024.

3. Mendybaev E. Kh., Moldekova I. Zh. Bioindication of agrocenosis // Vestnik Zapadno-Kazahstanskogo universiteta. – 2020. – № 3(79). – S. 230–236.

4. Glick B. R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications // Scientifica. – 2012. – Article ID 963401.

5. Tursunov K. T. Pochvennye mikroorganizmy i ih znachenie v sel'skom hozyajstve // Agrarnaya nauka Kazahstana. – 2020. – № 4. – S. 23–28.

МИКРОБТЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

КАЗКЕЕВ Е.Т. , МОЛДЕКОВА И.Ж. , МАНСУРОВА А.М. 

Казкеев Ержан Тажибаевич – Биология ғылымдарының кандидаты, доцент, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан

E-mail: kazkeev@internet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6670-1286>

Молдекова Ирина Жумабаевна - Ғылым магистрі, аға оқытушы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан

E-mail: imoldekova@zhubanov.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-5431-7896>

Мансурова Альбина Мансурқызы - 6B01505-Биология ББ 4 курс студенті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан

E-mail: irinamol1234@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8721-0096>

Аңдатпа. Бұл мақалада микробтық тыңайтқыштар, олардың эндемиялық фактор қағидатына сәйкес топырақ құнарлылығы мен ауыл шаруашылығы дақылдарының өсуіне әсері қарастырылады. Ақтөбе облысының топырақтарын қарашірік қабаты жұқа, минералдануы төмен, тығыз құрылымды, орташа ылғал сыйымдылығы бар қаштан топырақтар тобына жатқызуға болады. Мұндай топырақтар пайдалану барысында тез деградацияға ұшырап, қоректік қасиеттерін жоғалтып, кейіннен эрозияға бейім келеді.

Эрозияны тоқтату және оның алдын алу егістік режимін, ауыспалы егісті және тыңайтқыш енгізу талаптарын сақтай отырып, сауатты ауыл шаруашылығы қызметі арқылы мүмкін болады. Бұл ретте топырақ микрофлорасына ерекше назар аудару қажет, себебі ол азотты фиксациялайтын, фосфор мен калийді мобилизациялайтын, топырақтың ылғал ұстау қасиеттерін жақсартатын, өсімдіктерді зиянкестер мен вирустық және бактериялық патогендерден қорғайтын, өсімдіктің өсуі мен вегетативтік бөлігінің дамуын ынталандыратын, өнімділікті арттыратын күрделі әрі көпқырлы динамикалық табиғи микроорганизмдер кешені болып табылады.

Топырақ микроорганизмдері алуан түрлі, қолдануға қарапайым, бірегей, ерекше, экологиялық таза және зиянсыз болғандықтан, аграрлық индустрияны дамытуда, биологизацияда, экожүйелердегі табиғи симбиотикалық байланыстарды қалпына келтіру мен нығайтуда үлкен әлеуетке ие. Әсіресе азотфиксациялаушы микроорганизмдер перспективалы болып саналады: еркін тіршілік ететін бактериялар (*Azotobacter*, *Clostridium*), симбиотикалық түйнек бактериялары (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*) және ассоциативті формалар (*Azospirillum*). Олар өсімдік қоректенуіндегі негізгі макроэлементтердің бірі болып табылатын атмосфералық азотты (N_2) сіңіруге қабілетті.

Түйін сөздер: микробтық тыңайтқыштар, биотыңайтқыштар, азотфиксация, топырақ микроорганизмдері, *azotobacter*, *clostridium*, *pseudomonas*, *aspergillus*.

EFFICIENCY OF MICROBIAL FERTILIZER APPLICATION

КАЗКЕЕВ Е.Т. , МОЛДЕКОВА И.Ж. , МАНСУРОВА А.М. 

Kazkeev Erzhan Tazhibayevich – Candidate of biological sciences, docent, K. Zhubanov Aktobe regional university, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: kazkeev@internet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6670-1286>

Moldekova Irina Zhumabaevna - Master of science, senior lecturer, K. Zhubanov Aktobe regional university, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: imoldekova@zhubanov.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-5431-7896>

Mansurova Albina Mansurkyzy - 6B01505- Biology 4th year student, K. Zhubanov Aktobe regional university, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: irinamol1234@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8721-0096>

Abstract. This article examines microbial fertilizers and their impact on soil fertility and crop growth based on the endemic factor principle. The soils of the Arkhangelsk region can be classified as chestnut soils with a thin humus

layer, low mineralization, compact texture, and medium water capacity. Under exploitation, they are prone to rapid degradation and loss of all nutritional properties, followed by erosion. Erosion can be halted and prevented through proper agricultural practices, including proper tillage, crop rotation, and fertilization. Special attention should be paid to soil microflora, a complex, multifaceted, and dynamic natural system of microorganisms capable of fixing nitrogen, mobilizing phosphorus and potassium, improving soil water retention, and protecting plants from pests, viral, and bacterial pathogens. This soil stimulates growth and development of the vegetative part of the soil, and increases crop yields. Soil microorganisms are diverse and easy to use, unique, specific, environmentally friendly, and harmless, and therefore hold potential for developing the agricultural industry, biologization, restoration, and strengthening natural symbiotic relationships in ecosystems. Particularly promising are nitrogen-fixing bacteria: free-living bacteria (*Azotobacter*, *Clostridium*), symbiotic nodule bacteria (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*), and associative forms (*Azospirillum*). They are capable of absorbing atmospheric nitrogen (N₂), one of the main macronutrients in plant nutrition.

Key words: microbial fertilizers, biofertilizers, nitrogen fixation, soil microorganisms, *azotobacter*, *clostridium*, *pseudomonas*, *aspergillus*.