

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОГО СОРГО В ЮЖНЫХ РЕГИОНАХ КАЗАХСТАНА**К.К.Мамбетов^{1*}**, **Г.Б. Алпамысова¹**, **А.Б. Алпамысова²**, **А.Т. Ермакбаева¹**, **Р.А.Абильдаева¹**, **Р.А.**
Б.Джакупова³, **А.Ж. Божбанов³**¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, Шымкент²Южно-Казахстанский педагогический университет им. О. Жанибекова, Казахстан, Шымкент³Алматинский технологический университет, Казахстан, Алматы*автор для корреспонденции kaltaxank@bk.ru**АННОТАЦИЯ**

В данной статье представлены результаты исследований по изучению влияния биологических препаратов и минеральных удобрений на продуктивность сахарного сорго, возделываемого в условиях южных регионов Казахстана. В ходе пятилетнего полевого эксперимента изучалось комплексное влияние биологически активных веществ (Селест Топ, Гуми 20, Гумат калия) и доз азотно-фосфорных удобрений (N₃₀P₃₀, N₆₀P₆₀, N₉₀P₉₀) на полевую всхожесть, фотосинтетическую деятельность и урожайность зеленой массы сахарного сорго сорта «Казахстанское 20». Установлено, что наибольший эффект достигается при совместном применении Гумата калия и удобрений в дозе N₉₀P₉₀, что обеспечивает прибавку урожая на 5,4 т/га по сравнению с контролем. Определены оптимальные дозы и сочетания биопрепаратов с минеральными удобрениями, обеспечивающие максимальный экономический эффект при возделывании сахарного сорго в аридных условиях.

Ключевые слова: сахарное сорго, биологические препараты, минеральные удобрения, фотосинтетическая деятельность, урожайность, аридные условия.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения животноводства высококачественными кормами в аридных регионах Казахстана становится все более актуальной в связи с участвующимися периодами засухи и общей тенденцией к аридизации климата [1]. В этих условиях особое значение приобретает возделывание засухоустойчивых культур, среди которых сахарное сорго (*Sorghum saccharatum*) занимает лидирующее положение благодаря своим уникальным биологическим особенностям.

Сахарное сорго характеризуется высокой засухоустойчивостью, жаростойкостью и способностью формировать значительный урожай зеленой массы даже при минимальном количестве осадков. Кроме того, зеленая масса сахарного сорго обладает высокой питательной ценностью, содержит значительное количество протеина, сахаров и других питательных веществ, что делает его перспективной культурой для кормопроизводства [2, 3, 4].

В последние годы возрос интерес к изучению сорго как многоцелевой культуры, используемой в продовольственном, кормовом и биоэнергетическом направлениях. Rusdi N. et al (2025) показали, что различные агротехнические приемы существенно влияют на рост, продуктивность и качество урожая сорго, подтверждая его высокий потенциал как сырья для пищевой промышленности и производства биоэтанола. Авторы подчеркивают важность оптимизации условий выращивания для повышения биомассы и выхода ценных компонентов [5].

Исследование Romanowska-Duda Z. et al. посвящено использованию золы сорго в сочетании с дигестатом и биопрепаратами в замкнутых энергетических системах. Результаты демонстрируют положительное влияние комплексного применения органических и биологических добавок на формирование биомассы растений, что под-

тверждает перспективность биологизации технологий возделывания сорго [6].

Работа Santos D. G. и соавт. [7] рассматривает агрономическую реакцию сорго на поражение тлей *Melanaphis sorghi* и применение кремния. Установлено, что внесение кремния способствует повышению устойчивости растений к вредителю и сохранению биомассы, что имеет важное значение для устойчивого производства в стрессовых условиях. А также в обзорной статье Mghaji Y. et al. обобщены данные об использовании биогазовой жижи в качестве органического удобрения при выращивании сорго на песчаных почвах. Авторы отмечают улучшение агрофизических свойств почвы, питания растений и увеличение урожайности, что подтверждает экологическую и агрономическую целесообразность применения органических удобрений. Khaskheli M. A. и соавт. акцентируют внимание на устойчивом управлении грибными фитопатогенами сорго. Подчеркивается значение интегрированных подходов, включающих агротехнические, биологические и селекционные методы, для обеспечения продовольственной безопасности и стабильной продуктивности культуры. В целом, анализ современных исследований свидетельствует о высокой эффективности комплексного применения биологических препаратов, минеральных и органических удобрений, а также защитных элементов питания для повышения продуктивности, устойчивости и качества биомассы сорго, что обосновывает актуальность дальнейших исследований в данном направлении [8, 9, 10]. Однако потенциальная продуктивность сахарного сорго в условиях южных регионов Казахстана реализуется не полностью из-за недостаточно разработанных технологий его возделывания, адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям. Одним из перспективных направлений повышения продуктивности сахарного сорго является оптимизация минерального

питания растений и применение биологически активных веществ, способствующих стимуляции роста и развития растений, а также повышению их устойчивости к стрессовым факторам среды [11-15]. Использование биологически активных веществ в сочетании с минеральными удобрениями может иметь синергетический эффект, усиливая действие каждого фактора и способствуя более полной реализации генетического потенциала растений [16-18]. Однако механизмы такого взаимодействия и его влияние на фотосинтетическую деятельность и продуктивность сахарного сорго в условиях аридной зоны Казахстана изучены недостаточно.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных применению удобрений и биостимуляторов при выращивании сорго, вопросы их комплексного влияния на фотосинтетическую деятельность растений и формирование урожайности в условиях аридных экосистем Центральной Азии остаются недостаточно изученными.

Особую научную и практическую значимость представляет изучение синергетического действия биологических препаратов и минеральных удобрений, позволяющего оптимизировать процессы фотосинтеза, повысить продуктивность культуры и обеспечить устойчивость агроэкосистем в условиях дефицита влаги.

В связи с этим, целью наших исследований являлось изучение влияния различных биологически активных веществ и доз минеральных удобрений на фотосинтетическую деятельность, урожайность и качественные показатели зеленой массы сахарного сорго в условиях южных регионов Казахстана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытных полях научно-исследовательского института «Экология и биотехнология» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова. Почва опытного участка - серозем обыкновенный, среднесуглинистый, с содержанием гумуса в пахотном слое 0,98%, общего азота - 0,071%, валового фосфора - 0,175%, подвижного фосфора (P₂O₅) - 40 мг/кг почвы, обменного калия (K₂O) - 424 мг/кг почвы.

Объектом исследования являлся сорт сахарного сорго «Казахстанское 20», выведенный в Казахском научно-исследовательском институте земледелия и растениеводства. Сорт характеризуется высотой растений 130-175 см, высокой кустистостью, устойчивостью к полеганию, содержанием сырого протеина в абсолютно сухом веществе зеленой массы 5,8-6,2%, клетчатки - 24,4-24,6%. Отличается высокой засухоустойчивостью, отзывчивостью на орошение и высокий агрофон и рекомендован для возделывания в Жамбылской, Павлодарской и Южно-Казахстанской областях. Полевые исследования проводили по двухфакторной схеме опыта. В качестве первого фактора – изучали применение биологически активных веществ, таких как: Селест Топ, Гуми 20 и Гумат калия, применяемых для предпосевной обработки семян, второго – различные дозы минеральных удобрений, было изучено четыре фона минерального питания: 1) контроль (без удобрений); 2) N₃₀P₃₀; 3) N₆₀P₆₀; 4) N₉₀P₉₀. Опыт закладывали в соответствии с общепринятыми методиками полевых опытов с сельскохозяйственными культурами. Размеще-

ние вариантов осуществляли по методу систематической повторности, опыт проводили в нескольких повторениях. В ходе исследований учитывали показатели роста и развития растений, элементы структуры урожая, параметры фотосинтетической деятельности, а также урожайность и качественные показатели зеленой массы сахарного сорго.

Селест Топ - комплексный инсекто фунгицидный протравитель с ростостимулирующим эффектом, содержащий тиаметоксам, флудиоксонил и дифеноконазол. Гуми 20 - комплексный биостимулятор на основе гуминовых кислот, обогащенный микроэлементами и содержащий биоактивные компоненты. Гумат калия - эффективный стимулятор роста, содержащий высокую концентрацию гуминовых кислот (до 80%) и обогащенный калием и микроэлементами.

Обработку семян сахарного сорго биопрепаратами проводили за 24 часа до посева в следующих дозах: Селест Топ - 1,2 л/т семян, Гуми 20 - 0,4 л/т семян, Гумат калия - 0,6 л/т семян. Расход рабочей жидкости при обработке составлял 10 л/т. Семена обрабатывали водными растворами препаратов методом полусухого протравливания на лабораторной установке ПС-10. После обработки семена подсушивали в защищенном от прямых солнечных лучей месте до сыпучего состояния.

Площадь делянки составляла 50 м², повторность опыта четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. Агротехника в опыте общепринятая для зоны возделывания. Фосфорные удобрения вносили осенью под основную обработку почвы, азотные - перед посевом. Семена обрабатывали биопрепаратами за 24 часа до посева в дозах, рекомендованных производителями.

Посев проводили в третьей декаде апреля, когда температура почвы на глубине заделки семян достигала +14 - +16°С. Норма высева составляла 250 тыс. всхожих семян на гектар, глубина заделки семян - 6-8 см. Уборку зеленой массы проводили в фазе восковой спелости зерна.

В ходе исследований определяли: полевую всхожесть семян, площадь листовой поверхности методом высечек в фазу начала выметывания метёлки, содержание хлорофилла в листьях спектрофотометрическим методом на приборе КФК-3 (ГОСТ 24346-80), чистую продуктивность фотосинтеза по методике А.А. Ничипоровича, урожайность зеленой массы, содержание сухого вещества, протеина, клетчатки и сахаров в зеленой массе по общепринятым методикам. Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывали по формуле А.А. Ничипоровича [19]:

$$\text{ЧПФ} = (W_2 - W_1) / [(L_1 + L_2) / 2 \times (t_2 - t_1)],$$

где W₁ и W₂ – сухая масса растений (г/м²) в начале и конце учетного периода соответственно; L₁ и L₂ – площадь листовой поверхности (м²/м²) соответственно; (t₂ – t₁) – продолжительность периода (сут).

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [20] с использованием программы Statistica 10.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полезная всхожесть семян относится к числу ключевых показателей, характеризующих успешность форми-

рования агроценоза и оказывающих существенное влияние на последующий уровень продуктивности культуры. Проведенные исследования показали, что применение биопрепаратов в сочетании с минеральными удобрениями способствует изменению показателей полевой всхожести сахарного сорго. Полученные данные свидетельствуют о значимом воздействии изучаемых факторов на процесс прорастания семян и формирование растений на начальных этапах онтогенеза (таблица 1). Часть результатов исследования опубликованы в научной статье [1].

Анализ полученных данных показал, что применение минеральных удобрений и биопрепаратов способствовало улучшению основных показателей роста, фотосинтетической деятельности, урожайности и качество зеленой массы сахарного сорго. По мере повышения дозы минерального питания наблюдалось увеличение полевой всхожести семян с 57,7% на контроле до 74,2% при внесении $N_{90} P_{90}$. Одновременно возрастала площадь листовой поверхности, содержание хлорофилла и чистая продуктивность фотосинтеза, что свидетельствует об активизации процессов формирования ассимиляционного аппарата растений. Самостоятельное применение биопрепаратов также обеспечивало положительный эффект. Наиболее высокие показатели среди биологических препаратов отмечены при использовании гумата калия, где полевая всхожесть достигала 77,0%, а урожайность -14,2т/га против 11,7 т/га на контроле. Наибольшая эффективность установлена при совместном применении минеральных удобрений и биопрепаратов. Максимальные значения большинства изученных показателей получены в варианте $N_{90} P_{90}$ + гумат калия, полевая всхожесть составила 85,3%, площадь листьев -52,1 тыс.м²/га, содержание

Таблица 1 – Показатели фотосинтетической активности растений сахарного сорго, урожайности и качественных характеристик зеленой массы в зависимости от применения биопрепаратов и минеральных удобрений (среднее за 2019-2023 гг.).

Вариант	Всхожесть, %	Площадь листьев, тыс. м ² /га	Хлорофилл, мг/г	ЧПФ г/(м ² ·сут)	Урожайность, т/га	Сухое вещество %	Протеин %	Клетчатка %	Сахара %
Контроль	57,7 ±1,6	32,5 ±1,4	6,8 ±0,2	3,9 ±0,15	11,7 ±0,31	24,2 ±0,4	5,9 ±0,15	23,8 ±0,25	14,6 ±0,20
$N_{30}P_{30}$	60,5 ±1,6	35,8 ±1,4	7,2 ±0,2	4,2 ±0,15	13,2 ±0,31	25,6 ±0,4	6,3 ±0,15	23,4 ±0,25	15,1 ±0,20
$N_{60}P_{60}$	66,0 ±1,6	39,4 ±1,4	7,6 ±0,2	4,5 ±0,15	14,8 ±0,31	26,4 ±0,4	6,7 ±0,15	23,1 ±0,25	15,6 ±0,20
$N_{90}P_{90}$	74,2 ±1,6	43,2 ±1,4	8,1 ±0,2	4,7 ±0,15	15,9 ±0,31	27,1 ±0,4	7,1 ±0,15	22,8 ±0,25	16,0 ±0,20
Селест Топ	63,2 ±1,6	35,2 ±1,4	7,1 ±0,2	4,1 ±0,15	13,4 ±0,31	24,5 ±0,4	6,1 ±0,15	23,6 ±0,25	14,9 ±0,20
Гумат калия	77,0 ±1,6	39,7 ±1,4	7,8 ±0,2	4,6 ±0,15	14,2 ±0,31	25,3 ±0,4	6,5 ±0,15	23,0 ±0,25	15,6 ±0,20
$N_{30}P_{30}$ + Селест Топ	—	—	—	—	14,8 ±0,31	25,9 ±0,4	6,5 ±0,15	23,2 ±0,25	15,4 ±0,20
$N_{30}P_{30}$ + Гумат калия	—	—	—	—	15,4 ±0,31	26,2 ±0,4	6,6 ±0,15	23,0 ±0,25	15,7 ±0,20
$N_{30}P_{30}$ + Гумат калия	—	—	—	—	15,9 ±0,31	26,7 ±0,4	6,9 ±0,15	22,6 ±0,25	16,1 ±0,20
$N_{60}P_{60}$ + Селест Топ	67,8 ±1,6	42,3 ±1,4	8,0 ±0,2	4,7 ±0,15	16,9 ±0,31	26,8 ±0,4	6,9 ±0,15	22,9 ±0,25	15,9 ±0,20

хлорофилла -9,3 мг/г, чистая продуктивность фотосинтеза -5,6г/м² сут., а урожайность зеленой массы достигла 19,3т/га, что на 65% превышало контрольный вариант. Улучшение условий минерального питания и применение биопрепаратов способствовали также повышению качества урожая. Содержание сухого вещества увеличилось с 24,2 до 28,7%, протеина –с 5,9 до 7,7%, а концентрация сахаров достигла 17,0%. Одновременно наблюдалось незначительное снижение содержания клетчатки, что свидетельствует об улучшении кормовой ценности зеленой массы сахарного сорго.

ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние биопрепаратов на показатели продуктивности сахарного сорго

Среди изученных биопрепаратов наиболее значимый отклик на сорт дал Гумат калия. При его применении без удобрений полевая всхожесть повысилась с 57,7 до 77,0% (+19,3 п.п.), площадь листовой поверхности в фазу начала выметывания метёлки — с 32,5 до 39,7 тыс. м²/га (+22,2%), содержание хлорофилла — с 6,8 до 7,8 мг/г (+14,7%), ЧПФ — с 3,9 до 4,6 г/(м²·сут) (+17,9%), урожайность зелёной массы — с 11,7 до 14,2 т/га (+21,4%). Сопряжённый рост всех показателей фотосинтетической деятельности говорит о системном, а не локальном воздействии препарата на физиологию растений. Гуминовые кислоты высокой концентрации (до 80%) повышают проницаемость клеточных мембран для питательных ионов, активируют нитратредуктазу и рибулозобисфосфаткарбоксилазу — ключевые ферменты азотного обмена и карбоксилирования CO₂ [11, 18], — что в итоге обеспечи-

Продолжение таблица 1

N ₆₀ P ₆₀ + Гуми 20	74,3 ±1,6	45,8 ±1,4	8,4 ±0,2	5,0 ±0,15	17,3 ±0,31	27,2 ±0,4	7,0 ±0,15	22,7 ±0,25	16,1 ±0,20
N ₆₀ P ₆₀ + Гумат калия	78,6 ±1,6	47,5 ±1,4	8,7 ±0,2	5,2 ±0,15	17,8 ±0,31	27,8 ±0,4	7,3 ±0,15	22,3 ±0,25	16,6 ±0,20
N ₉₀ P ₉₀ + Селест Топ	76,2 ±1,6	45,9 ±1,4	8,5 ±0,2	5,0 ±0,15	18,0 ±0,31	27,5 ±0,4	7,3 ±0,15	22,6 ±0,25	16,3 ±0,20
N ₉₀ P ₉₀ + Гуми 20	82,1 ±1,6	49,2 ±1,4	8,9 ±0,2	5,3 ±0,15	18,2 ±0,31	28,1 ±0,4	7,4 ±0,15	22,4 ±0,25	16,5 ±0,20
N ₉₀ P ₉₀ + Гумат калия	85,3 ±1,6	52,1 ±1,4	9,3 ±0,2	5,6 ±0,15	19,3 ±0,31	28,7 ±0,4	7,7 ±0,15	22,0 ±0,25	17,0 ±0,20

вает ускоренный синтез хлорофилла и наращивание ассимилирующей поверхности посева.

Препарат Гуми 20 занял второе место по суммарному влиянию на продуктивность сорта. Полевая всхожесть в этом варианте составила 71,5% (+13,8 п.п. к контролю), площадь листьев - 38,1 тыс. м²/га (+17,2%), хлорофилл - 7,5 мг/г (+10,3%), ЧПФ - 4,4 г/(м²·сут) (+12,8%), урожайность - 13,7 т/га (+17,1%). В отличие от Гумата калия, гуминовые кислоты в Гуми 20 сочетаются с комплексом микроэлементов (Zn, Mn, Cu, B) -кофакторов хлорофилл-синтезирующих ферментов. Этим обусловлено более высокое содержание хлорофилла по сравнению с вариантом Селест Топ (7,5 против 7,1 мг/г) при практически одинаковой конечной урожайности (13,7 против 13,4 т/га): на сероземных почвах с закономерно низким содержанием подвижных форм цинка и марганца микроэлементное питание служит самостоятельным лимитирующим фактором формирования фотосинтетического аппарата.

Селест Топ занимает в этом ряду особое место: как инсекто-фунгицидный протравитель с ростостимулирующим компонентом (тиаметоксам + флудиоксонил + дифеноконазол), он обеспечил прирост урожайности на уровне 14,5% (до 13,4 т/га) при сравнительно скромном приросте всхожести (+9,5 п.п.) и площади листьев (+8,3%). Меньший фотосинтетический отклик тем не менее не означает агрономической неэффективности. В условиях юга Казахстана, где почвенная инфекция и температурные стрессы в начальный период вегетации заметно снижают полевую всхожесть и выравненность стеблестоя, защитная функция Селест Топ - исключить поражение семян на ключевом стартовом этапе - создаёт то равномерное начало вегетации, без которого последующая работа остальных агроприёмов заведомо менее эффективна. Тогда как гуминовые препараты повышают фотосинтетическую продуктивность сформировавшихся растений, Селест Топ прежде всего сохраняет проектную густоту стояния - два разных уровня воздействия, которые при совместном применении не конкурируют, а дополняют друг друга.

Когда биопрепараты применяли совместно с минеральными удобрениями, суммарный эффект оказывался выше, чем сложение их отдельных приростов. Это хорошо видно на примере варианта N₉₀P₉₀ + Гумат калия: площадь листовой поверхности достигла 52,1 тыс. м²/га — больше, чем при N₉₀P₉₀ без препарата (43,2 тыс. м²/

га) и при Гумате калия без удобрений (39,7 тыс. м²/га). ЧПФ в этом варианте составила 5,6 г/(м²·сут) -максимум за весь период наблюдений — и вместе с урожайностью 19,3 т/га (+65% к контролю) это говорит о синергетическом, а не аддитивном взаимодействии факторов. Объясняется такой эффект следующим: гуминовые кислоты переводят трудноусвояемые фосфатные соединения почвы в ортофосфатные формы и улучшают ионный транспорт в ризосфере, поэтому внесённые удобрения усваиваются растениями полнее, а доступный фосфор и азот обеспечивают субстрат для максимально интенсивного фотосинтеза. Сходную картину при интегрированном применении биологических и синтетических удобрений на сорговых культурах описали Akhtar S. et al. [18].

Сопоставление вариантов N₃₀P₃₀ + Гумат калия и N₉₀P₉₀ без биопрепарата даёт одинаковую урожайность — по 15,9 т/га. Иными словами, предпосевная обработка Гуматом калия при трёхкратном снижении нормы удобрений удерживает продуктивность на том же уровне. В расчёте на гектар стоимость обработки семян Гуматом калия несопоставимо ниже, чем затраты на 60 кг/га д.в. азотно-фосфорных удобрений, что делает этот вариант экономически привлекательным даже без учёта прочих преимуществ. Кроме того, снижение доз минеральных удобрений уменьшает риск накопления нитратных форм азота в зелёной массе — обстоятельство особенно значимое при уборке сорго на корм в условиях высоких летних температур юга Казахстана, когда содержание нитратов в листьях и стеблях закономерно возрастает.

Биопрепараты влияли не только на объём урожая, но и на его биохимический состав. При изолированном применении Гумата калия содержание сырого протеина в зелёной массе составило 6,5% против 5,9% в контроле, сахаров - 15,6% против 14,6%, клетчатки - 23,0% против 23,8%. В варианте N₉₀P₉₀ + Гумат калия эти сдвиги были более выраженными: протеин 7,7%, сахара 17,0%, клетчатка 22,0%. Наблюдаемые изменения объясняются двумя взаимосвязанными процессами. Во-первых, гуминовые кислоты усиливают поглощение нитратного и аммонийного азота и направляют его в синтез белков, не допуская накопления в свободной форме. Во-вторых, возросшая интенсивность фотосинтеза увеличивает выход фотоассимилятов, часть которых поступает на синтез растворимых сахаров в стеблевых тканях. В итоге снижение клетчатки на фоне роста протеина и сахаров повышает перевари-

мость органического вещества и улучшает силосуемость зелёной массы. Сходный сдвиг биохимического профиля сорговой биомассы в сторону белковых фракций и растворимых углеводов при использовании гуминовых биопрепаратов отмечен и у Romanowska-Duda Z. et al. [6].

Суммируя полученные данные, можно констатировать: биологические препараты - прежде всего Гумат калия - в условиях сероземных почв южного Казахстана воздействуют на урожайность сорта “Казахстанское 20” через несколько взаимоусиливающих механизмов - улучшение всхожести, расширение ассимилирующей поверхности, повышение содержания хлорофилла и ЧПФ. Совокупный результат — урожайность зелёной массы 17,8-19,3 т/га при лучших кормовых показателях, чем при эквивалентном минеральном питании без биопрепарата. В условиях нарастающей аридизации климата и роста цен на минеральные удобрения включение Гумата калия в технологию возделывания сахарного сорго позволяет одновременно повысить продуктивность и снизить ресурсоёмкость производства - что в южных регионах Казахстана приобретает очевидную агрономическую и хозяйственную ценность.

Экономическая эффективность применения биопрепаратов и минеральных удобрений при возделывании сахарного сорго

Экономическая оценка является важным критерием целесообразности применения тех или иных агротехнических приемов в сельскохозяйственном производстве. Для определения экономической эффективности изучаемых факторов был проведен расчет основных экономических показателей по вариантам опыта (табл. 2).

Экономическая оценка результатов исследований показала, что применение минеральных удобрений и биопрепаратов при возделывании сахарного сорго является экономически оправданным. Увеличение урожайности

способствовало росту стоимости валовой продукции, чистого дохода и уровня рентабельности по сравнению с контрольными вариантами.

При использовании только минеральных удобрений урожайность повысилась с 11,7 до 15,9 т/га, а чистый доход 1 77,3 до 106,7 тыс. Тенге/га. Однако увеличение чего максимальный уровень сопровождалось ростом производительности среди данных вариантов был получен при внесении $N_{60}P_{60}$ и составил 84,1%. Применение биопрепаратов без минеральных удобрений оказалось более экономически эффективным по сравнению с отдельным использованием удобрений. Наиболее высокие показатели были достигнуты при обработке семян гуматом калия, где чистый доход составил 110,9 тыс. Тенге/га, а уровень рентабельности достиг 108,6%. Наибольший экономический эффект обеспечило совместное применение минеральных удобрений и биопрепаратов. Среди изученных вариантов наиболее выгодным оказалось сочетание $N_{60}P_{60}$ с гуматом калия, обеспечившее получение 17,8т/га зеленой массы, чистого дохода 142,4 тыс. тт/га и максимального уровня рентабельности -114,3%. Несмотря на то, что вариант $N_{90}P_{90}$ + гумат калия характеризовался наибольшей урожайностью 19,3т/га и максимальным чистым доходом 153,7 тыс.тг., более высокие производственные затраты обусловили несколько меньший уровень рентабельности 113,2%. Совместное применение биопрепаратов и минеральных удобрений способствует не только повышению продуктивности сахарного сорго, но и улучшению экономических показателей производства. С точки зрения соотношения затрат и полученного эффекта наиболее экономически целесообразным следует считать вариант $N_{60}P_{60}$ в сочетании с гуматом калия.

Энергетическая эффективность применения биопрепаратов и минеральных удобрений

В современных условиях наряду с экономической

Таблица 2 - Экономическая эффективность возделывания сахарного сорго в зависимости от применения биопрепаратов и минеральных удобрений (среднее за 2019-2023 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, тыс. тт/га	Производственные затраты, тыс. тт/га	Чистый доход, тыс. тенге/га	Рентабельность, %
Контроль (без удобрений и обработки)	11,7	175,5	98,2	77,3	78,7
$N_{30}P_{30}$	13,2	198,0	109,4	88,6	81,0
$N_{60}P_{60}$	14,8	222,0	120,6	101,4	84,1
$N_{90}P_{90}$	15,9	238,5	131,8	106,7	81,0
Селест Топ	13,4	201,0	102,5	98,5	96,1
Гуми 20	13,7	205,5	101,8	103,7	101,9
Гумат калия	14,2	213,0	102,1	110,9	108,6
$N_{60}P_{60}$ + Селест Топ	16,9	253,5	125,0	128,5	102,8
$N_{60}P_{60}$ + Гуми 20	17,3	259,5	124,2	135,3	109,0
$N_{60}P_{60}$ + Гумат калия	17,8	267,0	124,6	142,4	114,3
$N_{90}P_{90}$ + Селест Топ	18,0	270,0	136,2	133,8	98,2
$N_{90}P_{90}$ + Гуми 20	18,2	273,0	135,4	137,6	101,6
$N_{90}P_{90}$ + Гумат калия	19,3	289,5	135,8	153,7	113,2

Таблица 3 - Энергетическая эффективность возделывания сахарного сорго в зависимости от применения биопрепаратов и минеральных удобрений (среднее за 2019-2023 гг.)

Вариант опыта	Выход валовой энергии, ГДж/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Контроль (без удобрений и обработки)	152,1	29,5	122,6	5,2
N ₃₀ P ₃₀	171,6	34,8	136,8	4,9
N ₆₀ P ₆₀	192,4	40,1	152,3	4,8
N ₉₀ P ₉₀	206,7	45,4	161,3	4,6
Селест Топ	174,2	30,8	143,4	5,7
Гуми 20	178,1	30,6	147,5	5,8
Гумат калия	184,6	30,7	153,9	6,0
N ₆₀ P ₆₀ + Селест Топ	219,7	41,4	178,3	5,3
N ₆₀ P ₆₀ + Гуми 20	224,9	41,2	183,7	5,5
N ₆₀ P ₆₀ + Гумат калия	231,4	41,3	190,1	5,6
N ₉₀ P ₉₀ + Селест Топ	234,0	46,7	187,3	5,0
N ₉₀ P ₉₀ + Гуми 20	236,6	46,5	190,1	5,1
N ₉₀ P ₉₀ + Гумат калия	250,9	46,6	204,3	5,4

оценкой важное значение имеет энергетическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Для определения энергетической эффективности изучаемых факторов был проведен расчет основных энергетических показателей по вариантам опыта (табл. 3).

Анализ энергетических показателей показал, что применение минеральных удобрений способствовало увеличению выхода валовой энергии на 19,5-54,6 ГДж/га (12,8-35,9%) и чистого энергетического дохода на 14,2-38,7 ГДж/га (11,6-31,6%) по сравнению с контролем. Однако коэффициент энергетической эффективности при этом снижался с 5,2 в контроле до 4,6-4,9 в вариантах с удобрениями, что связано с высокими энергетическими затратами на производство и применение минеральных удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что применение биологических препаратов и минеральных удобрений является эффективным приемом повышения продуктивности сахарного сорго в условиях южных регионов Казахстана.

Установлено, что внесение минеральных удобрений способствует повышению полевой всхожести семян на 2,8-16,5%, увеличению площади листьев на 10,2-32,9%, содержания хлорофилла на 5,9-19,1%, чистой продуктивности фотосинтеза на 7,7-20,5% и урожайности зеленой массы на 12,8-35,9% по сравнению с контролем.

Обработка семян биологически активными веществами обеспечивает повышение полевой всхожести на 5,5-19,3%, увеличение площади листьев на 8,3-22,2%, содержания хлорофилла на 4,4-14,7%, чистой продуктивности фотосинтеза на 5,1-17,9% и урожайности зеленой массы на 14,5-21,4% по сравнению с контролем. Среди изученных препаратов наибольшую эффективность по-

казал Гумат калия.

Совместное применение минеральных удобрений и биопрепаратов обеспечивает наиболее значительное улучшение показателей фотосинтетической деятельности и повышение урожайности сахарного сорго. Максимальная урожайность зеленой массы (19,3 т/га) была получена в варианте N₉₀P₉₀ + Гумат калия, что на 65,0% выше контроля.

Экономическая оценка показала, что наиболее высокий чистый доход (153,7 тыс. тенге/га) обеспечивается в варианте N₉₀P₉₀ + Гумат калия, а максимальный уровень рентабельности (114,3%) – в варианте N₆₀P₆₀ + Гумат калия.

Энергетическая оценка показала, что наибольший чистый энергетический доход (204,3 ГДж/га) обеспечивается в варианте N₉₀P₉₀ + Гумат калия, а максимальный коэффициент энергетической эффективности (5,6) – в варианте N₆₀P₆₀ + Гумат калия.

Таким образом, для получения высоких и стабильных урожаев сахарного сорго в условиях южных регионов Казахстана рекомендуется применять Гумат калия для предпосевной обработки семян в сочетании с внесением минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀ или N₉₀P₉₀ в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий и экономических возможностей хозяйства.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Финансирование исследования осуществлено за счет собственных средств авторов

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация, М.К.; методология, Г.Б., А.Б.; статистический анализ А.Е., дизайн исследования, А.Б.; интерпретация данных, подготовка первоначального вари-

анта текста, И.Д., А.Б. рецензирование и редактирование текста, М.К.; научное руководство, А.Р.

Все авторы ознакомились с опубликованной версией рукописи и согласились с ней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Mambetov K., Bozhbanov A., Dzhakupova I., Abildaeva R., Mamykova R. Influence of Fertilizers and Bioactive Substances on Sugar Sorghum Yield in Southern Kazakhstan // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. -2024. -Vol. 19, No. 2. P. 591-603.
- Bartzialis D., Giannoulis K. D., Gintsioudis I., and Danalatos N. G., 2023, Assessing the efficiency of different nitrogen fertilization levels on sorghum yield and quality characteristics // Agriculture. -2023. -Vol.13. -No 6. -P.1253. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061253>
- Elnasikh M.H., and Ibrahim M.S., Effect of nitrogen fertilization on growth, yield and ethanol production of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L. Moench))// Omdurman Islamic University Journal. -2015. -Vol. 11, -No 2. -P.383-359. <https://doi.org/10.52981/oij.v11i2.1716>
- de Moraes Cardoso L., Pinheiro S. S., Martino H. S. D., and Pinheiro-Sant'Ana H. M., 2017, Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health//Critical Reviews in Food Science and Nutrition. - 2017. -Vol.57. -No 2. -P.372-390. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887057>
- Rusdi N. et al. Growth, productivity, and harvest quality of *Sorghum* (*Sorghum Bicolor* L.) as food and bioethanol raw material with various treatments //Indonesian Journal of Multidisciplinary Science. -2025. -T. 4. -№. 4. -P. 255-266. <https://doi.org/10.55324/ijoms.v4i4.1081>
- Romanowska-Duda, Z., Janas, R., Grzesik, M. et al. Valorization of sorghum ash with digestate and biopreparations in the development biomass of plants in a closed production system of energy// Sci Rep. -2023. -Vol.13. -P.18604. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45733-9>
- Santos D. G. et al. Biomass Sorghum (*Sorghum bicolor*) Agronomic Response to Melanaphis sorghi (Hemiptera: Aphididae) Infestation and Silicon Application // J.Insects. -2025. -T. 16. -№. 6. -P. 566. <https://doi.org/10.3390/insects16060566>
- Mgxaji Y. et al. Biogas Slurry as a Sustainable Organic Fertilizer for Sorghum Production in Sandy Soils: A Review of Feedstock Sources, Application Methods, and Agronomic Impacts //Agronomy. -2025. -T. 15. -№. 7. -P. 1683. <https://doi.org/10.3390/agronomy15071683>
- Akinseye F. M., Birhanu B. Z., Ajeigbe H. A., Diancoumba M., Sanogo K., and Tabo R., Impacts of fertilization management strategies on improved sorghums varieties in smallholder farming systems in Mali: Productivity and profitability differences// Heliyon. -2023. -Vol.9. -No3. -P.e14497. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14497>
- Khaskheli M. A. et al. Sustainable Management of Major Fungal Phytopathogens in Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) for Food Security: A Comprehensive Review //Journal of Fungi. - 2025. -T. 11.- №. 3. -P. 207. <https://doi.org/10.3390/jof11030207>
- Kadekoh I. et al. Sugar and Fiber Content in Sorghum Seeds (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) From the Application of Rice Husk Biochar and Liquid Cow Urine Organic Fertilizer //Jurnal Penelitian Pendidikan IPA. -2025. -T. 11. -№. 7. -P. 467-474. DOI: 10.29303/jppipa.v11i7.11550
- Desta G., Amede T., Gashaw T., Legesse G., Agegnehu G., Mekonnen K., and Whitbread A., Sorghum yield response to NPKS and NPZn nutrients along sorghum-growing landscapes // Experimental Agriculture. -2022. -Vol. 58. -P.e10. <https://doi.org/10.1017/S0014479722000072>
- El-Bialy S. M. et al. Integrated Fertilization to Support Crop Productivity in Saline Soils //Egyptian Journal of Soil Science. -2025. -T. 65. -№. 3. 10.21608/EJSS.2025.390523.2196
- Hamaker B. R. et al. Current and future state of sorghum in the 21st century. Sorghum and Millets // J.Elsevier. -2025. -P.1-20. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23954-0.00019-7>
- Luo M.T. Effects of different fertilization strategies on yield and quality of edible sorghum, Molecular Soil Biology. -2025. -Vol. 16. -№3. -P.126-136 doi: 10.5376/msb.2025.16.0013
- Abreha K.B., Enyew M., Carlsson A.S., Vetukuri R.R., Feyissa T., Motlhaodi T., Ng'uni D., and Geleta M., Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta, -2022. -Vol. 255, - No1. -P. 20. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7>
- Andiku C., Shimelis H., Shayanowako A. I., Gangashetty P. I., and Manyasa E., Genetic diversity analysis of East African sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) germplasm collections for agronomic and nutritional quality traits// Heliyon. -2022. -Vol.8. -No 6. -P.e09690. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09690>
- Akhtar S., Bashir S., Khan S., Iqbal J., Gulshan A. B., Irshad S., Batool S., Ahmad N., and Rizwan M.S., Integrated usage of synthetic and bio-fertilizers: an environment friendly approach to improve the productivity of sorghum // Cereal Research Communications. - 2020. -Vol.48. -No 2. -P.247-253. <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00029-w>
- Ничипорович А. А., Строгонова Л. Е., Чмора С. Н., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах: (Методы и задачи учета в связи с формированием урожая) / Акад. наук СССР. Ин-т физиологии растений им. Тимирязева К. А. - Москва: Изд-во Акад. наук СССР. -1961. -135 p. [In Russian].
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд.. -М.: Агропромиздат. -1985. -351 p. [In Russian].

REFERENCES

- Mambetov K., Bozhbanov A., Dzhakupova I., Abildaeva R., Mamykova R. Influence of Fertilizers and Bioactive Substances on Sugar Sorghum Yield in Southern Kazakhstan // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. -2024. -Vol. 19, No. 2. P. 591-603.

2. Bartzialis D., Giannoulis K. D., Gintsiodis I., and Danalatos N. G., 2023, Assessing the efficiency of different nitrogen fertilization levels on sorghum yield and quality characteristics // Agriculture. -2023. -Vol.13. -No 6. -P.1253. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061253>
3. Elnasikh M.H., and Ibrahim M.S., Effect of nitrogen fertilization on growth, yield and ethanol production of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L. Moench))// Omdurman Islamic University Journal. -2015. -Vol. 11, -No 2. -P.383-359. <https://doi.org/10.52981/oij.v11i2.1716>
4. de Moraes Cardoso L., Pinheiro S. S., Martino H. S. D., and Pinheiro-Sant'Ana H. M., 2017, Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health//Critical Reviews in Food Science and Nutrition. - 2017. -Vol.57. -No 2. -P.372-390. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887057>
5. Rusdi N. et al. Growth, productivity, and harvest quality of *Sorghum* (*Sorghum Bicolor* L.) as food and bioethanol raw material with various treatments //Indonesian Journal of Multidisciplinary Science. -2025. -T. 4. -№. 4. -P. 255-266. <https://doi.org/10.55324/ijoms.v4i4.1081>
6. Romanowska-Duda, Z., Janas, R., Grzesik, M. et al. Valorization of sorghum ash with digestate and biopreparations in the development biomass of plants in a closed production system of energy// Sci Rep. -2023. -Vol.13. -P.18604. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45733-9>
7. Santos D. G. et al. Biomass Sorghum (*Sorghum bicolor*) Agronomic Response to *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) Infestation and Silicon Application // J.Insects. -2025. -T. 16. -№. 6. -P. 566. <https://doi.org/10.3390/insects16060566>
8. Mgxaji Y. et al. Biogas Slurry as a Sustainable Organic Fertilizer for Sorghum Production in Sandy Soils: A Review of Feedstock Sources, Application Methods, and Agronomic Impacts //Agronomy. -2025. -T. 15. -№. 7. -P. 1683. <https://doi.org/10.3390/agronomy15071683>
9. Akinseye F. M., Birhanu B. Z., Ajeigbe H. A., Diancoumba M., Sanogo K., and Tabo R., Impacts of fertilization management strategies on improved sorghums varieties in smallholder farming systems in Mali: Productivity and profitability differences// Heliyon. -2023. -Vol.9. -No3. -P.e14497. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14497>
10. Khaskheli M. A. et al. Sustainable Management of Major Fungal Phytopathogens in Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) for Food Security: A Comprehensive Review //Journal of Fungi. - 2025. -T. 11.- №. 3. -P. 207. <https://doi.org/10.3390/jof11030207>
11. Kadekoh I. et al. Sugar and Fiber Content in Sorghum Seeds (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) From the Application of Rice Husk Biochar and Liquid Cow Urine Organic Fertilizer //Jurnal Penelitian Pendidikan IPA. -2025. -T. 11. -№. 7. -P. 467-474. DOI: 10.29303/jppipa.v11i7.11550
12. Desta G., Amede T., Gashaw T., Legesse G., Agegnehu G., Mekonnen K., and Whitbread A., Sorghum yield response to NPKS and NPZn nutrients along sorghum-growing landscapes // Experimental Agriculture. -2022. -Vol. 58. -P.e10. <https://doi.org/10.1017/S0014479722000072>
13. El-Bialy S. M. et al. Integrated Fertilization to Support Crop Productivity in Saline Soils //Egyptian Journal of Soil Science. -2025. -T. 65. -№. 3. 10.21608/EJSS.2025.390523.2196
14. Hamaker B. R. et al. Current and future state of sorghum in the 21st century. Sorghum and Millets // J.Elsevier. -2025. -P.1-20. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23954-0.00019-7>
15. Luo M.T. Effects of different fertilization strategies on yield and quality of edible sorghum, Molecular Soil Biology. -2025. -Vol. 16. -№3. -P.126-136 doi: 10.5376/msb.2025.16.0013
16. Abreha K.B., Enyew M., Carlsson A.S., Vetukuri R.R., Feyissa T., Motlhaodi T., Ng'uni D., and Geleta M., Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta, -2022. -Vol. 255, - No1. -P. 20. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7>
17. Andiku C., Shimelis H., Shayanowako A. I., Gangashetty P. I., and Manyasa E., Genetic diversity analysis of East African sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) germplasm collections for agronomic and nutritional quality traits// Heliyon. -2022. -Vol.8. -No 6. -P.e09690. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09690>
18. Akhtar S., Bashir S., Khan S., Iqbal J., Gulshan A. B., Irshad S., Batool S., Ahmad N., and Rizwan M.S., Integrated usage of synthetic and bio-fertilizers: an environment friendly approach to improve the productivity of sorghum // Cereal Research Communications. - 2020. -Vol.48. -No 2. -P.247-253. <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00029-w>
19. Nichiporovich A.A., Strogonova L.E., Chmora S.N., Vlasova M.P. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rasteniy v posevakh (Metody i zadachi ucheta v svyazi s formirovaniem urozhaev). -Moscow: -Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR; -1961. -135 p. [in Russian].
20. Dospikhov BA. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5th ed. -Moscow: -Agropromizdat; -1985. -351 p. [in Russian].

UDC: 574.45:633.174 (574.5)

EFFICIENCY OF USING BIOLOGICAL PREPARATIONS AND MINERAL FERTILIZERS IN CULTIVATION OF SUGAR SORGHUM IN THE SOUTHERN REGIONS OF KAZAKHSTAN

K. K. Mambetov¹, G.B. Alpamysova¹, A.B. Alpamysova², A.T. Ermekbayeva¹, R. A. Abildayeva¹, I. B. Dzhakupova³, A. Zh. Bozhbanov³

¹ Auezov University, Kazakhstan, Shymkent

² South Kazakhstan Pedagogical University O. Zhanibekov, Kazakhstan, Shymkent

³ Almaty Technological University, Kazakhstan, Almaty

*Corresponding author www.inkar_18@mail.ru

ABSTRACT

This article presents the results of studies on the influence of biological preparations and mineral fertilizers on the productivity of sugar sorghum cultivated in the southern regions of Kazakhstan. During a five-year field experiment (2019–2023), the complex effect of biologically active substances (Celeste Top, Gumi 20, Potassium Humate) and doses of nitrogen-phosphorus fertilizers ($N_{30}P_{30}$, $N_{60}P_{60}$, $N_{90}P_{90}$) on field germination, photosynthetic activity and green mass yield of sugar sorghum of the Kazakhstanskoye 20 variety was studied. It was found that the greatest effect is achieved with the combined use of Potassium Humate and fertilizers at a dose of $N_{90}P_{90}$, which provides a yield increase of 5.4 t/ha compared to the control. Optimal doses and combinations of biopreparations with mineral fertilizers have been determined, providing the maximum economic effect in the cultivation of sugar sorghum in arid conditions.

Key words: sweet sorghum, biological preparations, mineral fertilizers, photosynthetic activity, productivity, arid conditions

ӘОЖ 574.45:633.174

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК АЙМАҚТАРЫНДА ҚАНТ ҚҰМАЙЫН ӨСІРУДЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ ПРЕПАРАТТАРДЫ ЖӘНЕ МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

К.К. Мамбетов¹, Г.Б. Алпамысова¹, А.Б. Алпамысова², А.Т. Ермекбаева¹, Р.А.Абильдаева¹ Р.А., Б.Джакупова³, А.Ж. Божбанов³

¹ М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, Шымкент

² Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, Қазақстан, Шымкент

³ Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, Алматы,

* Корреспондент автор: kalmakank@bk.ru

ТҮЙІН

Бұл мақалада Қазақстанның оңтүстік аймақтарында өсірілетін қант құмайының өнімділігіне биологиялық препараттармен минералды тыңайтқыштардың әсері туралы зерттеулердің нәтижелері берілген. Бес жылдық далалық тәжірибе барысында (2019–2023 жж.) биологиялық белсенді заттардың (Celeste Top, Gumi 20, Potassium Humate) және азот-фосфор тыңайтқыштарының дозаларының ($N_{30}P_{30}$, $N_{60}P_{60}$, $N_{90}P_{90}$) кешенді әсері қант құмайының Қазақстанское 20 сортының жасыл массасының шығымына ұқсастығы зерттелді. Ең үлкен нәтижеге калий гуматы мен тыңайтқыштарды $N_{90}P_{90}$ дозасында біріктіріп қолдану арқылы қолжеткізілетіні анықталды, бұл бақылаумен салыстырғанда өнімділіктің 5,4 т/га артуын қамтамасыз етеді. Құрғақ жағдайларда қант құмайын өсіру кезінде максималды экономикалық тиімділікті қамтамасыз ететін минералды тыңайтқыштармен биопрепараттардың оңтайлы дозалары мен комбинациялары анықталды.

түйін сөздер: тәттіқұмай, биологиялық препараттар, минералды тыңайтқыштар, фотосинтетикалық белсенділік, өнімділік, құрғақшылық.