

**ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВЫХ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ,
КАЧЕСТВО И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ
СОПОЧНО-РАВНИННОЙ СТЕПИ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Байтеленова А.А.^{1*}, кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор

a.baitelenova@kazatu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0774-4750>

Серекпаев Н.А.², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

serekraev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0707-3558>

Богапов И.М.³, PhD, ассоциированный профессор

ibogapov@shokan.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6667-281X>

Байдалина С.Е.³, PhD, ассоциированный профессор

turlubekova_salt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9755-7195>

Kelvin Harrison Diri¹, 8D08102 – докторант 2 курса образовательной программы «Органическое земледелие», Kelvin.h.diri@kazatu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-4203-0166>

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина, Астана, Казахстан

²ТОО «AgroInnovaConsalt», Астана, Казахстан

³Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан

Аннотация. Цель исследования – определить влияние внекорневого (фолярного) применения биопрепаратов на рост, продуктивность, химический состав и биоэнергетическую ценность кукурузы в условиях сопочно-равнинной степи Акмолинской области. Материалы и методы. Полевой опыт проведён в 2025 г. на чернозёме обыкновенном среднесуглинистом по рандомизированной схеме в трёх повторностях. Изучались препараты Organit P, Organit N, Biodux, Millerstar и Effluent Premium. Определяли биометрические показатели, урожайность зелёной массы и сухого вещества, химический состав и энергетическую ценность. Статистическая обработка выполнена методами дисперсионного анализа ANOVA, корреляционного анализа и анализа главных компонент (PCA). Результаты. Применение Millerstar и Organit N обеспечило достоверное увеличение площади листовой поверхности (на 16,3 и 14,1%), урожайности зелёной массы (на 10,2 и 7,6%) и сухого вещества (на 15,8 и 12,4%) по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$). Установлены сильные положительные корреляции между вегетативными признаками, накоплением сухого вещества и энергетической ценностью. Содержание клетчатки отрицательно коррелировало с протеином и урожайностью. Заключение. Внекорневое применение биопрепаратов гормонально-метаболического действия повышает продуктивность и биоэнергетическую ценность кормовой кукурузы в условиях недостаточного увлажнения Северного Казахстана.

Ключевые слова: биопрепараты, внекорневая подкормка, кукуруза, сырой протеин, сухое вещество, урожайность, энергетическая ценность.

Введение. Развитие эффективного кормопроизводства рассматривается как стратегически значимая задача агропромышленного комплекса Республики Казахстан, что закреплено в Программе развития животноводства на 2026-2030 гг. и Государственной программе развития агропромышленного комплекса на 2021-2030 гг.[1,2]. Документ определяет приоритет интенсификации кормопроизводства в условиях ограниченного влагообеспечения и воздействия абиотических стрессов [2].

Резко-континентальный климат Северного Казахстана, в частности сопочно-равнинная зона Акмолинской области, характеризуется частыми периодами засухи в критические фазы роста растений и значительными колебаниями температуры. Это приводит к снижению активности фотосинтеза и ограничивает урожайность высокоэнергетичных кормовых культур, таких как кукуруза (*Zea mays* L.) [3,4]. В таких условиях традиционные

минеральные удобрения далеко не всегда обеспечивают необходимый эффект, что требует поиска адаптивных методов повышения продуктивности [5].

Одним из перспективных направлений агротехники в последние годы является применение биопрепаратов и биостимуляторов через внекорневые (листовая/фолярные) подкормки, которые способны улучшать физиологическое состояние растений, усиливать усвоение питательных элементов и повышать устойчивость к абиотическим стрессам [6,7]. Такие препараты включают органоминеральные смеси, морские водоросли, микробные компоненты и экстракты микроорганизмов, предназначенные для непосредственного поступления активных веществ через листовую поверхность [6,7].

Исследования последних лет демонстрируют, что фолярное применение биостимуляторов может стимулировать рост, повысить содержание хлорофилла и частично компенсировать ущерб от засушливых условий. Так, применение биостимуляторов на основе *Trichoderma spp.* увеличивало жизнеспособность листьев и повышало устойчивость кукурузы к водному стрессу, продлевая активную фазу фотосинтеза и улучшая урожайность в условиях засухи [5]. Другие исследования подтверждают, что комплексные фолярные подкормки с включением морских водорослей, гуминовых кислот и аминокислот способствуют усилению корневого роста и улучшению физиологического состояния растений, что в свою очередь положительно сказывается на продуктивности кукурузы [5].

В отечественных условиях работа с листовыми и биостимулирующими подкормками кукурузы также показала положительные результаты. Так, листовые подкормки в фазах активного роста увеличивали урожай зерна на 7,6-14,7% по сравнению с контролем, что подтверждает эффективность таких технологий в агроэкосистемах Казахстана [8].

Вместе с тем, существенные вариации в эффективности биопрепаратов, зависящие от состава препаратов, сроков и фаз применения, а также метеорологических условий года, требуют более глубокого анализа с использованием статистически обоснованных методов [8-14]. Не изучены в достаточной мере влияние листовых биопрепаратов на химический состав кормовой массы и ее биоэнергетическую ценность в условиях сопочно-равнинной степи Акмолинской области. Таким образом, разработка и интеграция оптимальных режимов внекорневых биопрепаратов для кукурузы остаются актуальной научной задачей, способствующей повышению устойчивости кормовой базы и реализации государственных программ развития животноводства в Казахстане.

Цель исследования – определить влияние внекорневого (фолярного) применения биопрепаратов на рост, продуктивность, химический состав и биоэнергетическую ценность кукурузы в условиях сопочно-равнинной степи Акмолинской области.

Задачи исследования:

1. Оценить влияние различных внекорневых биопрепаратов на ростовые показатели и урожайность кукурузы;
2. Проанализировать изменения химического состава и биоэнергетической ценности кормовой массы кукурузы под воздействием фолярных биопрепаратов и установить статистическую достоверность выявленных эффектов.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2025 году на опытном участке, расположенном в сопочно-равнинной степи Акмолинской области (Зерендинский район, с.Приречное 53°08'30"/с.ш., 69°03'15"/в.д.). Регион характеризуется резко континентальным климатом с выраженной засушливостью в начальные фазы вегетации кукурузы. Гидротермический коэффициент (ГТК) в период активного роста растений составил 1,24, что соответствует условиям недостаточного, но близкого к оптимальному увлажнения. Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным, мощность гумусового горизонта составляет 25-27 см. Агрохимические показатели приведены в таблице 1.

Почвы характеризуются низким содержанием нитратного азота и подвижного фосфора, при высоком обеспечении калием, что типично для природных условий региона и обуславливает необходимость стимуляции физиологических процессов растений с помощью биопрепаратов.

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвы опытного участка (0-40 см)

Горизонт, см	NO ₃ -N, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Органическое вещество, %	pH
0-20	20,6	13,8	526,3	5,7	7,7
20-40	17,7	13,7	444,0	5,2	7,8

Для оценки эффективности листового внесения биопрепаратов эксперимент был проведён по рендозимированной блоковой схеме с тремя повторностями. Опыт включал шесть вариантов: контроль (без обработки) и пять биопрепаратов - Organit P, Organit N, Biodux, Mellerstart и Эффлюент Премиум. Такая организация опыта позволяла обеспечить статистическую достоверность и воспроизводимость. Листовое внесение биопрепаратов проводилось в фазу 6-8 листьев, что соответствует критическому периоду интенсивного роста кукурузы [15]. Биометрические показатели (высота растений, длина и площадь листовой поверхности, масса стебля) учитывались в фазу выметывания [16]. Урожайность определяли при уборке на силос с измерением массы свежей и сухой биомассы. Химический состав кормовой массы определяли по стандартным методикам: содержание протеина, сырой золы, энергии - согласно АОАС (2019) и ГОСТ 13496-2018 [17,18]. Для оценки биоэнергетической ценности использовали методику расчёта обменной энергии кормов по содержанию усвояемого протеина и энергетического эквивалента сухого вещества, рекомендованную NRC (2021) [19].

Ростовые показатели растений измеряли стандартными методами: высота растений - от поверхности почвы до верхушки растения, длина листьев - по центральной жилке, площадь листовой поверхности - с использованием формулы для прямоугольных и линейно-изогнутых листьев [20]. Все данные подвергали дисперсионному анализу (ANOVA) с расчетом фактического критерия Фишера (Fфакт) и наименьшей существенной разницы (НСР₀₅) для выявления статистически достоверных различий между вариантами опыта [21]. Каждая обработка имела три повторности, что обеспечивало надёжность и репрезентативность результатов.

Результаты / обсуждение. Влияние внекорневых подкормок на биометрические показатели кукурузы. В ходе проведенного эксперимента было установлено, что внекорневые (листовые) подкормки биопрепаратами оказывают различное влияние на ростовые процессы кукурузы в условиях сопочно-равнинной степи Акмолинской области. Биометрические показатели растений, включая высоту стебля, толщину стебля, длину и ширину листьев, площадь листовой поверхности и число листьев, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Биометрические показатели кукурузы в зависимости от внекорневых подкормок

Вариант опыта	Высота стебля, см	Толщина стебля, см	Длина листа, см	Ширина листа, см	Площадь листа, см ²	Число листьев
1	2	3	4	5	6	7
Контроль (без обработки)	158,1	1,6	71,5	8,2	438,1	11,1
Organit P	162,4	1,7	73,7	8,5	467,6	11,6
Organit N	164,4	1,8	75,9	8,8	499,7	11,7
Biodux	158,1	1,7	71,5	8,4	450,5	11,3
Millerstart	167,1	1,8	77,4	8,8	509,4	11,7
Эффлюент Премиум	159,0	1,6	71,7	8,3	444,8	11,2
Fфакт	1,70	8,27	6,46	4,95	9,26	4,26
НСР ₀₅	8,08	0,08	2,81	0,32	27,67	0,36

Анализ данных показал, что наиболее выраженные и статистически достоверные различия наблюдались по толщине стебля и площади листовой поверхности (Fфакт > Fкр при p ≤ 0,05). Так, применение препаратов Millerstart и Organit N обеспечило достоверное

утолщение стебля на 12,5% и увеличение площади листовой поверхности на 16,3% и 14,1% соответственно. Эти изменения указывают на более интенсивное формирование фотосинтетического аппарата растений, что повышает их способность к ассимиляции и накоплению биомассы [22].

Умеренное, но положительное влияние на высоту стебля и длину листа наблюдалось при применении Organit P и Biodux. Контроль и Эффлюент Премиум показали минимальные приросты по большинству биометрических показателей, что позволяет предположить меньшую эффективность данных препаратов в данных климатических и почвенных условиях. Эти результаты согласуются с данными зарубежных исследователей, где листовое внесение биостимуляторов на основе *Trichoderma* spp. и морских водорослей способствовало увеличению площади листовой поверхности и толщины стебля кукурузы, особенно в условиях ограниченного водного обеспечения [5]. Влияние внекорневых подкормок на продуктивность кукурузы было оценено по урожайности зелёной массы, початков и сухого вещества. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние внекорневых подкормок на урожайность кукурузы

Вариант опыта	Зелёная масса, т/га	Початки, т/га	Сухое вещество, т/га
Контроль (без обработки)	37,87	19,60	11,04
Organit P	38,52	20,05	11,41
Organit N	40,75	21,15	12,41
Biodux	37,91	19,03	10,95
Millerstart	41,74	21,86	12,79
Эффлюент Премиум	37,71	19,53	10,98
Fфакт	18,06	5,51	49,61
НСР ₀₅	1,23	1,43	0,35

Применение Millerstart и Organit N обеспечило достоверное увеличение урожайности по всем показателям. Прирост сухого вещества по данным вариантам превышал НСР₀₅, что подтверждает статистическую надёжность результатов. Высокий прирост зелёной массы и сухого вещества при использовании биопрепаратов объясняется улучшением фотосинтетической активности и более эффективным распределением ассимилянтов в растений. Анализ химического состава кормовой массы показал, что листовое внесение Organit и Millerstar сопровождалось увеличением содержания протеина до 19,3% и 18,9%, а также снижением доли клетчатки, что положительно влияет на питательную и энергетическую ценность корма (таблица 4). Валовая и обменная энергия, рассчитанная на гектар, увеличивалась преимущественно за счёт роста урожайности сухого вещества, достигая 238,5 и 232, 1 ГДж/га соответственно.

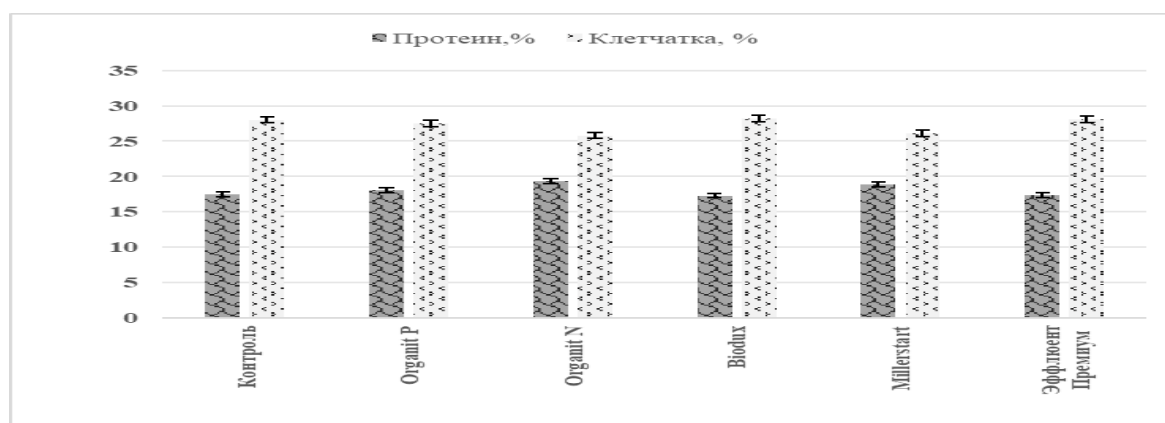


Рисунок 1 – Содержание протеина и клетчатки (%) кукурузы при различных вариантах применения биопрепаратов.

Снижение клетчатки и повышение содержания протеина указывает на более высокую усвояемость кормовой массы для животных, что делает листовое внесение биопрепаратов эффективным элементом адаптивной агротехнологии в условиях засушливого климата.

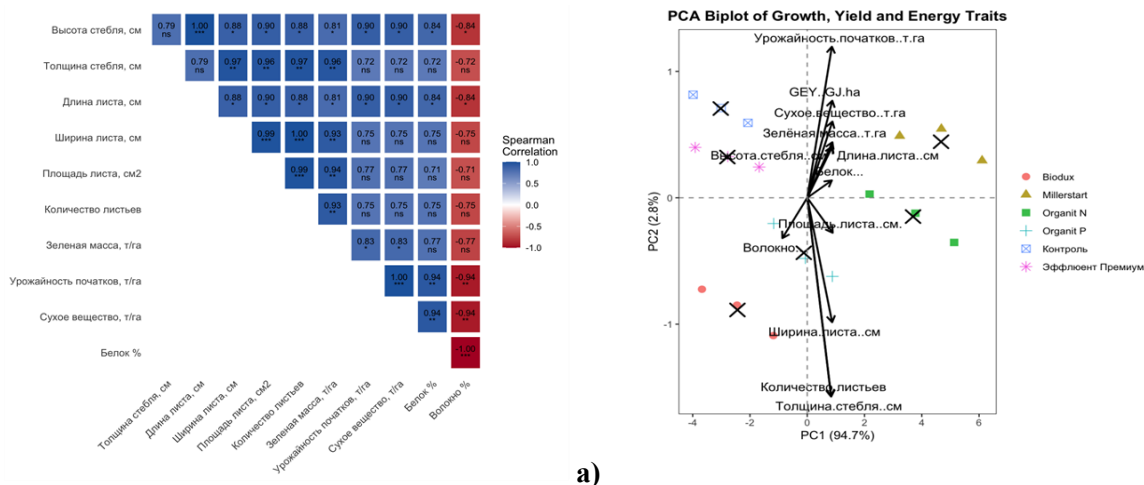


Рисунок 2 – (а) Тепловая карта корреляции Спирмена показателей роста, биомассы, урожайности и качества кукурузы при внесении биоудобрений; (б) PCA-биplot показателей роста, урожайности, качества и валовой энергетической ценности кукурузы при различных вариантах применения биопрепаратов.

Корреляционный анализ при применении биоудобрений показал сильную, но неоднородную связь между ростом кукурузы, биомассой и качественными характеристиками (рис. 2). Вегетативные параметры (высота стебля, толщина стебля, длина и ширина листа, площадь листа и количество листьев) были положительно взаимосвязаны (0,79, 0,88* и 0,99***), причем большинство взаимосвязей были статистически значимыми. Компоненты биомассы и урожайности также были тесно связаны, так как урожайность зеленой массы коррелировала с урожаем початков и сухим веществом (0,83*), в то время как урожайность початков и сухое вещество показали почти идеальную взаимосвязь (1,00***). Содержание клетчатки отрицательно коррелировало с большинством показателей роста и продуктивности, при этом наиболее сильная обратная зависимость наблюдалась между клетчаткой и белком (-1,00***). Содержание белка положительно коррелировало с выходом початков и сухим веществом (0,94**). Несколько умеренных корреляций не были статистически значимыми, что указывает на то, что улучшение вегетативного роста, вызванное применением биоудобрений, не всегда приводило к пропорциональному увеличению биомассы или качественных характеристик.

Структура корреляции показывает, что применение биоудобрений в первую очередь способствовало скоординированному вегетативному росту и накоплению биомассы кукурузы, что, как правило, было связано с более высоким урожаем и концентрацией белка, в то время как накопление клетчатки имело противоположную тенденцию.

Анализ главных компонент (PCA) был использован для интеграции показателей роста, урожайности и биоэнергетических характеристик (рисунок 2). Первые две главные компоненты объясняли 97,5% общей изменчивости данных. Первая главная компонента (PC1) была в наибольшей степени связана с показателями продуктивности и энергетической ценности. Варианты с применением Millerstar и Organit N располагались вблизи показателей урожайности зелёной массы, урожайности початков, накопления сухого вещества и валовой энергетической ценности (GEY), а также ключевых вегетативных признаков, таких как высота стебля и длина листа. Данная компонента отражает продуктивно-биоэнергетический градиент, характеризующий интегрированную реакцию накопления биомассы и энергетического выхода.

Вторая главная компонента (PC2) объясняла значительно меньшую долю общей вариабельности и формировалась преимущественно за счёт структурных и качественных признаков. Ширина листа, толщина стебля и количество листьев имели более высокие нагрузки по данной оси, тогда как содержание клетчатки было ориентировано в противоположном направлении, что указывает на обратную связь с вегетативным ростом и продуктивностью. Содержание протеина демонстрировало положительную, но менее выраженную связь с PC1, согласующуюся с показателями урожайности и энергетической ценности.

Обсуждение результатов. Результаты исследования подтвердили, что эффективность биопрепаратов в значительной степени определяется их составом и способом применения. Препараты Millerstar и Organit N продемонстрировали наибольшую биологическую активность, стимулируя рост стебля, развитие листовой поверхности и формирование урожайности, что согласуется с данными зарубежных исследований [23,24]. Корреляционный анализ показал, что основные вегетативные признаки (высота и толщина стебля, длина и ширина листа, листовая поверхность и число листьев) формируют тесно взаимосвязанную группу признаков, отражающую согласованное развитие ассимиляционного аппарата кукурузы под действием биопрепаратов.

Выявленные сильные положительные связи между вегетативными параметрами, урожайностью зелёной массы, урожаем початков и накоплением сухого вещества указывают на то, что усиление роста листостебельной массы является ключевым фактором формирования продуктивности. Это подтверждает, что листовое внесение биопрепаратов способствует не только увеличению биометрических показателей, но и их эффективной трансформации в урожай, прежде всего при использовании биопрепаратов с высокой физиологической активностью, таких как Millerstar и Organit N.

Полученные закономерности были дополнительно подтверждены результатами анализа главных компонент (PCA). В PCA-пространстве варианты с применением Millerstar и Organit N чётко выделялись вдоль основной продуктивно-биоэнергетической оси, связанной с накоплением биомассы, компонентами урожайности и валовой энергетической ценностью. Это указывает на интегрированный характер ответа растений, при котором усиленное вегетативное развитие сопровождалось повышением продуктивности и энергетического выхода биомассы, а не проявлялось изолированным влиянием отдельных признаков. В то же время препараты с более низкой эффективностью (Biodux, Эффлюент Премиум), а также контроль, не обеспечивали устойчивых взаимосвязей между ростовыми и продуктивными показателями как в корреляционном анализе, так и в PCA, что свидетельствует о менее выраженной интеграции процессов роста и накопления биомассы. Это подчёркивает необходимость подбора биопрепаратов с учётом почвенно-климатических условий и фазы их внесения.

Особый интерес представляет выявленная отрицательная корреляция между содержанием клетчатки и показателями роста, урожайности и протеина. Повышение содержания протеина при одновременном снижении клетчатки при применении Millerstar и Organit N указывает на улучшение качества кормовой массы и повышение её биоэнергетической ценности, что имеет важное значение для интенсивного животноводства [24]. Таким образом, совокупность корреляционного анализа и PCA подтверждает, что биопрепараты способны не только повышать урожайность кукурузы, но и смещать направление формирования биомассы в сторону более ценных с кормовой и энергетической точки зрения компонентов.

Заключение. Таким образом, полученные результаты экспериментально подтверждают, что листовое внесение биопрепаратов Millerstar и Organit N является эффективным элементом адаптивной технологии возделывания кукурузы в условиях недостаточного и нестабильного увлажнения. Их применение обеспечивает статистически достоверное повышение биометрических показателей, компонентов урожайности и биоэнергетической ценности кормовой массы. Комплексное улучшение роста растений,

продуктивности и качества корма свидетельствует о высокой агрономической и энергетической эффективности данных биопрепаратов. В связи с этим Millerstar и Organit N могут быть рекомендованы для широкого применения в кормопроизводстве Северного Казахстана, особенно в условиях засушливых степных зон.

Финансирование. Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан Программа BR28712213 «Повышение производительности и экологизация молочно-товарных ферм на основе интенсификации и цифровизации кормопроизводства, растениеводства и рационального использования ресурсов для улучшения экономической и экологической устойчивости Акмолинской области» (2025-2027 гг).

Литературы:

- [1] Комплексный план развития животноводства на 2026-2030 годы [Электронный ресурс]. – Астана, 2025. – URL: <https://kazatu.edu.kz/ru/news/mal-saruasylygyn-damyudy-2026-2030-zyldarga-arnalghan-kesendi-zospary>
- [2] Концепция развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021-2030 годы: постановление Правительства Республики Казахстан от 30 дек. 2021 г. № 960 [Электронный ресурс]. – Астана, 2021. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000960>
- [3] Csótó, A., Tóth G., Riczu P., Zabiák A., Tarjányi V., Fekete E., Karaffa L., Karaffa E.M. Foliar spraying with endophytic Trichoderma biostimulant increases drought resilience of maize and sunflower // Agriculture, 2024. – Vol. 14. – Art. 2360. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14122360>.
- [4] Ocwa, A., Bojtor C., Harsanyi E. Precision drip irrigation system and foliar application of biostimulant and fertilizers containing micronutrients optimize photochemical efficiency and grain yield of maize (*Zea mays* L.) // Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2024. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-024-02074-4>.
- [5] Piati, G.L., de Lima S.F., Sobrinho R.L., dos Santos O.F., Vendruscolo E.P., de Oliveira J.J., de Araújo T.A.N., Alwutayd K.M., Finatto T., AbdElgawad H. Biostimulants in corn cultivation as a means to alleviate the impacts of irregular water regimes induced by climate change // Plants. – 2023. – DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12132569>.
- [6] Calvo, P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants // Plant and Soil, 2014. – Vol. 383. – P. 3-41.
- [7] Rouphael, Y., Colla G. Biostimulants in agriculture: an overview // Frontiers in Plant Science. – 2020. – Vol. 11. – Art. 40. – DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>.
- [8] Кудайбергенова, И.Р., Жарков В. Эффективность применения листовой подкормки кукурузы на зерно при водосберегающей технологии орошения в аридной зоне Казахстана // Izdenister Natigeler. – 2023. – DOI: <https://doi.org/10.37884/22023/29>.
- [9] Есмагамбетов, А.К., Баймуратова Г.А. Влияние микробиологических препаратов на рост и продуктивность кукурузы в степных условиях Казахстана // Журнал аграрной науки, 2022. – № 3. – С. 30–38. – DOI: <https://doi.org/10.31289/jas.2022.30>.
- [10] Bulgari, R., Franzoni G., Ferrante A. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions // Agronomy, 2019. – Vol. 9, № 6. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9060337>.
- [11] Van Oosten, M.J. et al. The role of biostimulants in mitigating abiotic stress in plants // Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 2017. – Vol. 4, № 1. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-8>.
- [12] Zhang, X., Li Y., Wang Q. Effects of foliar biostimulants on maize yield under drought conditions // Journal of Plant Nutrition, 2021. – Vol. 44, № 11. – P. 1655-1670. – DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1923489>.
- [13] Singh, A., Kumar P., Sharma R. Foliar application of biostimulants improves maize growth under abiotic stress // Agriculture, 2020. – Vol. 10, № 11. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10110300>.
- [14] Skliar, V., Kyrylchuk K., Zubtsova I., Novikova A., Yaroshchuk S. Application of biostimulants in agriculture: effects on plant growth and yield // Scientific Horizons, 2024. – Vol. 27, № 9. – P. 73-85. – DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor9.2024.73>.

[15] **Михайлова, М.Ю.** Оценка биометрических показателей и качества зерна кукурузы при обработке посевов перспективными штаммами эндофитных бактерий // Сб. науч. тр. по материалам I Междунар. науч.-практ. конф. – Казань, 2023. – С. 48-58.

[16] **Евдакова, М.В.,** Митина Е.В., Резвякова С.В. Фенологические и биометрические показатели гибридов кукурузы различного срока созревания в условиях Орловской области // Агрофорум, 2023. – № 4. – С. 30-31. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fenologicheskie-i-biometricheskie-pokazateli-gibridov-kukuruzy-razlichnogo-sroka-sozrevaniya-v-usloviyah-orlovskoy-oblasti/viewer>

[17] ГОСТ 13496.4–93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – М.: Стандартинформ, 2020.

[18] Official methods of analysis of AOAC International. – 21st ed. – Washington DC: AOAC, 2019.

[19] NRC annual report from the board 2021. – URL: <https://www.nrc.no/resources/annual-reports/nrc-annual-report-from-the-board-2021>

[20] **Шумова, Н.А.** Методические подходы к оценке относительной площади листьев растений агроценозов // Экосистемы: экология и динамика, 2017. – Т. 1, № 1. – 19 с.

[21] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 350 с.

[22] **Тао, У.,** Chiu L.-W., Dewhirst R.A., Richey C., Rasmussen K., Du J., Mellor P., Kuiper J., Tucker D., Crites A., Orr G.A., Heckert M.J., Godinez-Vidal D. Enhanced photosynthetic efficiency for increased carbon assimilation and woody biomass production in engineered hybrid poplar // Forests, 2023. – Vol. 14, № 4. – Art. 827. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f14040827>.

[23] **Mousavi, S.M.,** Tadayon M.S., Shahabi Far J. Integrated application of foliar biostimulants and biofertilizers improves wheat resilience, nutrient uptake, and yield under deficit irrigation in semi-arid regions // Agricultural Water Management, 2025. – Vol. 322. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109958>.

[24] **Mackiewicz-Walec, E.,** Olszewska M. Biostimulants in the production of forage grasses and turfgrasses // Agriculture, 2023. – Vol. 13, № 9. – Art. 1796. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13091796>.

References:

[1] Kompleksnyj plan razvitija zhivotnovodstva na 2026-2030 gody [Jelektronnyj resurs]. – Astana, 2025. – URL: <https://kazatu.edu.kz/ru/news/mal-saruasylygyn-damytydy-2026-2030-zyldarga-arnalangan-kesendi-zospary> [in Russian]

[2] Konceptcija razvitija agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Kazahstan na 2021-2030 gody: postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 30 dek. 2021 g. № 960 [Jelektronnyj resurs]. – Astana, 2021. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000960> [in Russian]

[3] **Csótó, A.,** Tóth G., Riczu P., Zabiák A., Tarjányi V., Fekete E., Karaffa L., Karaffa E.M. Foliar spraying with endophytic Trichoderma biostimulant increases drought resilience of maize and sunflower // Agriculture, 2024. – Vol. 14. – Art. 2360. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14122360>.

[4] **Ocwa, A.,** Bojtor C., Harsanyi E. Precision drip irrigation system and foliar application of biostimulant and fertilizers containing micronutrients optimize photochemical efficiency and grain yield of maize (*Zea mays* L.) // Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2024. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-024-02074-4>.

[5] **Piati, G.L.,** de Lima S.F., Sobrinho R.L., dos Santos O.F., Vendruscolo E.P., de Oliveira J.J., de Araújo T.A.N., Alwutayd K.M., Finatto T., AbdElgawad H. Biostimulants in corn cultivation as a means to alleviate the impacts of irregular water regimes induced by climate change // Plants. – 2023. – DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12132569>.

[6] **Calvo, P.,** Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants // Plant and Soil, 2014. – Vol. 383. – P. 3-41.

[7] **Rouphael, Y.,** Colla G. Biostimulants in agriculture: an overview // Frontiers in Plant Science, 2020. – Vol. 11. – Art. 40. – DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>.

[8] **Kudajbergenova, I.R.,** Zharkov V. Jefferktivnost' primenenija listovoj podkormki kukuruzy na zerno pri vodosberegajushhej tehnologiji oroshenija v aridnoj zone Kazahstana // Izdenister Natigeler, 2023. – DOI: <https://doi.org/10.37884/22023/29>. [in Russian]

- [9] **Esmagambetov, A.K.**, Bajmuratova G.A. Vlijanie mikrobiologicheskikh preparatov na rost i produktivnost' kukuruzy v stepnyh usloviyah Kazahstana // Zhurnal agrarnoy nauki, 2022. – № 3. – S. 30–38. – DOI: <https://doi.org/10.31289/jas.2022.30>. [in Russian]
- [10] **Bulgari, R.**, Franzoni G., Ferrante A. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions // Agronomy, 2019. – Vol. 9, № 6. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9060337>.
- [11] **Van Oosten, M.J.** et al. The role of biostimulants in mitigating abiotic stress in plants // Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 2017. – Vol. 4, № 1. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-8>.
- [12] **Zhang, X.**, Li Y., Wang Q. Effects of foliar biostimulants on maize yield under drought conditions // Journal of Plant Nutrition, 2021. – Vol. 44, № 11. – P. 1655-1670. – DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1923489>.
- [13] **Singh, A.**, Kumar P., Sharma R. Foliar application of biostimulants improves maize growth under abiotic stress // Agriculture, 2020. – Vol. 10, № 11. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10110300>.
- [14] **Skliar, V.**, Kyrylchuk K., Zubtsova I., Novikova A., Yaroshchuk S. Application of biostimulants in agriculture: effects on plant growth and yield // Scientific Horizons, 2024. – Vol. 27, № 9. – P. 73-85. – DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor9.2024.73>.
- [15] **Mihajlova, M.Ju.** Ocenka biometricheskikh pokazatelej i kachestva zerna kukuruzy pri obrabotke posevov perspektivnymi shtammami jendofitnyh bakterij // Sb. nauch. tr. po materialam I Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Kazan', 2023. – S. 48-58. [in Russian]
- [16] **Evdakova, M.V.**, Mitina E.V., Rezvjakova S.V. Fenologicheskie i biometricheskie pokazateli gibridov kukuruzy razlichnogo sroka sozrevaniya v usloviyah Orlovskoj oblasti // Agroforum. – 2023. – № 4. – S. 30-31. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fenologicheskie-i-biometricheskie-pokazateli-gibridov-kukuruzy-razlichnogo-sroka-sozrevaniya-v-usloviyah-orlovskoy-oblasti/viewer> [in Russian]
- [17] GOST 13496.4–93. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredelenija sodержaniya azota i syrogo proteina. – M.: Standartinform, 2020. [in Russian]
- [18] Official methods of analysis of AOAC International. – 21st ed. – Washington DC: AOAC, 2019.
- [19] NRC annual report from the board 2021. – URL: <https://www.nrc.no/resources/annual-reports/nrc-annual-report-from-the-board-2021>
- [20] **Shumova, N.A.** Metodicheskie podhody k ocenke odnositel'noj ploshhadi list'ev rastenij agrocenozov // Jekosistemy: jekologija i dinamika, 2017. – T. 1, № 1. – 19 s. [in Russian]
- [21] **Dosphehov, B.A.** Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 350 s. [in Russian]
- [22] **Tao, Y.**, Chiu L.-W., Dewhirst R.A., Richey C., Rasmussen K., Du J., Mellor P., Kuiper J., Tucker D., Crites A., Orr G.A., Heckert M.J., Godinez-Vidal D. Enhanced photosynthetic efficiency for increased carbon assimilation and woody biomass production in engineered hybrid poplar // Forests, 2023. – Vol. 14, № 4. – Art. 827. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f14040827>.
- [23] **Mousavi, S.M.**, Tadayon M.S., Shahabi Far J. Integrated application of foliar biostimulants and biofertilizers improves wheat resilience, nutrient uptake, and yield under deficit irrigation in semi-arid regions // Agricultural Water Management, 2025. – Vol. 322. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109958>.
- [24] **Mackiewicz-Walec, E.**, Olszewska M. Biostimulants in the production of forage grasses and turfgrasses // Agriculture, 2023. – Vol. 13, № 9. – Art. 1796. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13091796>.

АҚМОЛА ОБЛАСЫНЫҢ ТӨБЕШІКТІ ЖАЗЫҚТЫ ДАЛАСЫ ЖАҒДАЙЫНДА ЖҮГЕРІНІҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ, САПАСЫНА ЖӘНЕ БИОЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫНА ЖАПЫРАҚ АРҚЫЛЫ ҚОЛДАНЫЛАТЫН БИОПРЕПАРАТТАРДЫҢ ӘСЕРІ

Байтеленнова А.А.^{1*}, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
Серекпаев Н.А.², ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор
Богапов И.М.³, PhD, қауымдастырылған профессор
Байдалина С.Е.³, PhD, қауымдастырылған профессор
Kelvin Harrison Diri¹, 8D08102 - "Органикалық егіншілік" БББ-ның 2 -курс докторанты

¹*S. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан*

²*«AgroInnovaConsalt» ЖШС, Астана, Қазақстан*

³*Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан*

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты – Ақмола облысының төбешікті жазықты далалық аймағында жүгеріні өсіру жағдайында биопрепараттарды жапырақ арқылы (фолярлы) қолданудың өсімдік өсуіне, өнімділігіне, химиялық құрамына және биоэнергетикалық құндылығына әсерін анықтау. Материалдар мен әдістер. Далалық тәжірибе 2025 жылы орташа саздақты кәдімгі қара топырақта рандомизацияланған блоктық сызба бойынша үш қайталымда жүргізілді. Organit P, Organit N, Biodux, Millerstar және Effluent Premium препараттары зерттелді. Өсімдіктің биометриялық көрсеткіштері, жасыл масса және құрғақ зат өнімділігі, химиялық құрамы мен энергетикалық құндылығы анықталды. Статистикалық өңдеу ANOVA, корреляциялық талдау және басты компоненттер талдауы (PCA) әдістерімен жүргізілді. Нәтижелері. Millerstar және Organit N препараттарын қолдану жапырақ беті ауданының (тиісінше 16,3 және 14,1%-ға), жасыл масса өнімділігінің (10,2 және 7,6%-ға) және құрғақ зат өнімділігінің (15,8 және 12,4%-ға) бақылаумен салыстырғанда статистикалық сенімді артуын қамтамасыз етті ($p \leq 0,05$). Вегетативтік белгілер, құрғақ зат жинақталуы және энергетикалық құндылық арасында күшті оң корреляциялар анықталды. Талшық мөлшері протеин және өнімділікпен кері байланыс көрсетті. Қорытынды. Гормоналды-метаболикалық әсер ету механизмі бар биопрепараттарды жапырақ арқылы қолдану Солтүстік Қазақстанның ылғалдылық жеткіліксіз жағдайларды малазықтық жүгерінің өнімділігі мен биоэнергетикалық құндылығын арттырады.

Тірек сөздер: биопрепараттар, жапырақ арқылы қоректендіру, жүгері, шикі протеин, құрғақ зат, өнімділік, энергетикалық құндылық.

EFFECT OF FOLIAR-APPLIED BIOPREPARATIONS ON PRODUCTIVITY, QUALITY AND BIOENERGETIC VALUE OF MAIZE UNDER THE CONDITIONS OF THE HILLY-PLAIN STEPPE OF AKMOLA REGION

Baitelenova A.A.^{1*}, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Serekraev N.A.², Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Bogapov I.M.³, PhD, Associate Professor

Baidalina S.E.³, PhD, Associate Professor

Kelvin Harrison Diri¹, 8D08102 – 2nd-year doctoral student of the “Organic Farming” educational program

¹ *S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan*

² *AgroInnovaConsalt LLP, Astana, Kazakhstan*

³ *Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan*

Annotation. Objective. To determine the effect of foliar application of biopreparations on growth, productivity, chemical composition, and bioenergetic value of maize under the hill-plain steppe conditions of the Akmola region. Materials and Methods. A field experiment was conducted in 2025 on ordinary medium-loamy chernozem using a randomized block design with three replications. The biopreparations Organit P, Organit N, Biodux, Millerstar, and Effluent Premium were evaluated. Biometric traits, green mass yield, dry matter yield, chemical composition, and energy value were determined. Statistical analysis was performed using ANOVA, correlation analysis, and principal component analysis (PCA). *Results.* The application of Millerstar and Organit N significantly increased leaf area (by 16.3 and 14.1%), green mass yield (by 10.2 and 7.6%), and dry matter yield (by 15.8 and 12.4%) compared to the control ($p \leq 0.05$). Strong positive correlations were found between vegetative traits, dry matter accumulation, and energy value. Fiber content showed a negative correlation with protein content and yield. *Conclusion.* Foliar application of biopreparations with hormonal-metabolic mechanisms enhances productivity and bioenergetic value of forage maize under insufficient moisture conditions of Northern Kazakhstan.

Keywords: biopreparations, foliar application, maize, crude protein, dry matter, yield, energy value.