

ГРНТИ 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_3_82

С.И. Танирбергенов¹, К.М. Тыныбаева^{1*}, С.О. Базарбаев^{1*}, М.К. Жумагулова¹,
Ж.П. Бимурза^{1,2}, М.Р. Тулегенова¹

**ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ И
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И
ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ОБЛАСТИ ЖЕТИСУ**

¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050010, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан,

*e-mail: kurash_88@mail.ru, sultan-13_01@mail.ru

Аннотация. Исследование посвящено оценке влияния минеральных удобрений и биопрепаратов на агрохимические свойства светло-каштановой почвы и продуктивность ярового ячменя в богарных условиях области Жетісу. Цель исследования - оценить влияние различных систем удобрения на агрохимические показатели почвы, рост и урожайность ярового ячменя. Полевой опыт проводили в трехкратной повторности с использованием минерального фона $N_{60}P_{90}K_{80}$ и биопрепаратов БиоЭкоГум, BIOGRANO Forte, BioAzo-Phashit и БиоФос при их самостоятельном и совместном применении. Определяли содержание общего гумуса, нитратного и легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора, обменного калия, карбонатов и реакцию почвенной среды, а также показатели роста растений и урожайность зерна. Применение удобрений не оказало существенного влияния на содержание гумуса и реакцию почвенной среды, но сопровождалось изменениями содержания доступных форм элементов питания. Наибольшее содержание нитратного азота (24,0 мг/кг) и подвижного фосфора (26,5 мг/кг) отмечено при $N_{60}P_{90}K_{80}$ +BioAzo-Phashit. Максимальная высота растений (51,3±1,1 см) сформировалась при $N_{60}P_{90}K_{80}$ +БиоЭкоГум. Наибольшая урожайность зерна (11,3 ц/га) и достоверная относительно контроля прибавка урожая (3,3 ц/га или 41,2%) получены при $N_{60}P_{90}K_{80}$ +BIOGRANO forte. При самостоятельном применении биопрепаратов урожайность составляла 8,87-9,56 ц/га, а прибавки относительно контроля не превышали наименьшую существенную разность. Статистически подтверждено влияние минерального питания на урожайность ярового ячменя, тогда как дополнительное влияние биопрепаратов при их совместном применении с минеральными удобрениями не установлено.

Ключевые слова: яровой ячмень, биопрепараты, минеральные удобрения, светло-каштановая почва, агрохимические показатели, урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является одной из важнейших зерновых культур благодаря высокой адаптивности к различным почвенно-климатическим условиям, короткому вегетационному периоду и универсальности использования. Археогенетические исследования свидетельствуют, что его одомашнивание произошло около 10 тыс. лет назад в регионе Плодородного полумесяца, откуда культура распространилась в Европу и Центральную Азию [1].

В настоящее время ячмень занимает четвертое место в мире по площади посевов среди зерновых культур после пшеницы, риса и кукурузы. По данным FAOSTAT, мировая площадь его посевов составляет около 76 млн га, а производство превышает 150 млн т. В Казахстане в 2024 году площадь посевов ячменя достигла 2,283 млн га, при валовом сборе 3,84 млн т, что подчеркивает его значение для кормовой базы и продовольственной безопасности страны [2].

Продуктивность ячменя во многом зависит от обеспеченности растений доступными формами азота, фосфора и калия. Их интенсивное потребление начинается на ранних этапах роста, поэтому оптимизация системы удобрения является важным фактором формирования урожая и сохранения плодородия почв [3]. Вместе с тем длительное применение только минеральных удобрений не всегда обеспечивает устойчивое повышение продуктивности агроэкосистем, что обуславливает поиск экологически безопасных технологий питания растений.

В связи с этим возрастает интерес к биологическим препаратам, содержащим азотфиксирующие, фосфатмобилизирующие и ростостимулирующие микроорганизмы. Их применение способствует активизации микробиологических процессов в ризосфере, повышению доступности элементов питания, развитию корневой системы, эффективности использования минеральных удобрений и устойчивости растений к абиотическим стрессам [4-7]. Совместное применение биопрепаратов и минеральных удобрений может обеспечивать более эффективное использование азота и фосфора, улучшать агрохимические свойства почвы и повышать урожайность зерновых культур [8].

Научная новизна исследования заключается в установлении дифференцированной эффективности биологических препаратов БиоЭкоГум, BIOGRANO Forte, BioAzoPhashit и БиоФос в сочетании с минеральным фоном $N_{60}P_{90}K_{80}$ на светло-каштановой почве области Жетісу. Наиболее эффективным оказалось сочетание $N_{60}P_{90}K_{80}$ +BIOGRANO Forte, обеспечившее урожайность ярового ячменя 11,3 ц/га, что на 41,2% выше минерального фона. Установлена также различная эффективность препаратов в отношении обеспеченности почвы элементами питания и роста растений.

Цель исследования - оценить эффективность биологических препаратов в сочетании с $N_{60}P_{90}K_{80}$ и определить их влияние на агрохимические свойства светло-каштановой почвы, рост и урожайность ярового ячменя в условиях области Жетісу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены в 2025 году на опытном поле ТОО «Кызылшоқы» в Кербулакском районе области Жетісу в условиях необеспеченной богары. Почва опытного участка - светло-каштановая.

Координаты опытного участка: $44^{\circ}13'53,9''$ N, $77^{\circ}52'32,1''$ E (рисунок 1).



Рисунок 1 – Карта размещения опытного поля ярового ячменя

Погодные условия в период вегетации ярового ячменя в 2025 году характеризовались повышенным температурным режимом и выраженным дефицитом атмосферных осадков по сравнению со среднегодовыми значениями (таблица 1).

Среднемесячная температура воздуха в апреле составила 14,4°C, что на 1,8°C превышало среднегодовое значение (12,6°C). В мае температура воздуха (17,7°C) практически соответствовала климатической норме (17,9°C). Наиболее существенные отклонения наблюдались в июне и июле, когда средняя температура воздуха достигла соответственно 28,9 и 30,1°C, превысив среднегодовые значения на 3,6 и 2,4°C.

Распределение атмосферных осадков в 2025 году существенно отличалось от среднегодового. В апреле выпало 41,4 мм осадков, что превышало климатическую норму (35,14 мм) на 17,8%. Однако в последующие месяцы отмечался выраженный дефицит влаги. В мае количество осадков составило 19,7 мм, что почти в два раза ниже среднегодового значения (39,32 мм). В июне выпало лишь 8,4 мм осадков против среднегодовых 28,91 мм, а в июле - 4,73 мм при норме 16,73 мм.

Годовое количество атмосферных осадков в 2025 году составило 186,0 мм, что на 106,3 мм (36,4%) ниже среднегодовой нормы (292,3 мм). Это свидетельствует о формировании выражено засушливых условий в течение года.

Таблица 1 – Среднегодовые и фактические значения температуры воздуха и количества атмосферных осадков в период вегетации ярового ячменя

Показатель	Апрель	Май	Июнь	Июль	Сумма осадков за период, мм
Среднегодовая температура воздуха, °C	12,6	17,9	25,3	27,7	-
2025 г.	14,4	17,7	28,9	30,1	-
Отклонение	+1,8	- 0,2	+3,6	+2,4	-
Среднегодовые осадки, мм	35,14	39,32	28,91	16,73	120,1
2025 г.	41,4	19,7	8,4	4,73	74,23

Светло-каштановые почвы формируются в предгорной пустынно-степной зоне на высоте 700–800 м над уровнем моря под эфемероидно-типчаково-полынной растительностью. По гранулометрическому составу они представлены средними и тяжелыми суглинками, мощность гумусового горизонта составляет около 50 см. Характерной особенностью почв является высокая карбонатность: вскипание наблюдается с поверхности, а карбонатные выделения в виде пятен и плесени - с глубины 50–60 см и выше. Грунтовые воды залега-

ют глубоко и не оказывают существенного влияния на почвообразование [9].

Агрохимические показатели почвы до закладки опыта закономерно изменялись по профилю 0–20 и 20–40 см вследствие процессов миграции и аккумуляции элементов питания. Содержание гумуса составляло 1,19% в пахотном и 0,94% в подпахотном слое, характеризуя почву как очень низко гумусную (таблица 2). Содержание нитратного азота в слое 0–20 см составляло 12,3 мг/кг, что соответствует умеренной обеспеченности почвы доступными

формами азота. В подпахотном слое (20-40 см) содержание нитратного азота существенно снижалось и составляло

3,5 мг/кг, это возможно объясняется вымыванием нитратов вниз по профилю.

Таблица 2-Исходные агрохимические показатели светло-каштановой почвы, 2025 г.

Глубина, см	Содержание гумуса, %	Подвижные формы, мг/кг				Валовые формы, %		CO ₂ , %	pH
		N-NO ₃	Nлг	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅		
0-20	1,19	12,3	53	14	318	0,0	0,12	2,02	7,74
20-40	0,94	3,5	50	6	193	0,06	0,12	4,21	7,79

Содержание легкогидролизуемого азота было повышенным и составляло 53 мг/кг в слое 0-20 см и 50 мг/кг в слое 20-40 см, обеспеченность подвижным фосфором была низкой (14 мг/кг) и очень низкой (6 мг/кг), соответственно по слоям. Содержание обменного калия оценивалось как повышенное и низкое (318-193 мг/кг). Валовой азот изменялся от 0,09 до 0,06%, валовой фосфор составлял 0,12%. Содержание CO₂ карбонатов составляло 2,02% в слое 0-20 см и увеличивалось до 4,21% в слое 20-40 см, что свидетельствует об увеличении карбонатности с глубиной почвенного профиля. Реакция почвенного раствора слабощелочная – pH=7,74-7,79.

Анализ почв выполнен по общепринятым методикам и ГОСТам: содержание гумуса - по Тюрину (ГОСТ 26213-91); нитратов ионометрическим методом, легкогидролизуемый азот, метод Тюрина-Кононовой; подвижный фосфор (P₂O₅) и обменный калий (K₂O), по методу Мачигина в модификации ЦИНАО -26205-91; pH (водный) - ГОСТ-26423-85; CO₂ карбонатность почвы - кальцимет-рическим методом.

Объект исследования яровой ячмень - раннеспелый сорт «Байшешек». Вегетационный период 72-79 дней, устойчив к полеганию. Формирует урожайность 12,5-36,0 ц/га. Масса 1000 зерен - 43,7-55,4 г. [10]. Посев ярового ячменя проведен 18.04.2025 г. Норма высева 3,0-3,5 млн всхожих семян на гектар (140-160 кг/га).

Полевой опыт заложен на 10 вариантах в трехкратной повторности, всего 30 учетных делянок. Площадь учетной делянки - 80 м² (8×10 м). Между делянками и повторностями предусматривались защитные полосы шириной 1 м.

Схема опыта: Контроль - без удобрений; N₆₀P₉₀K₈₀ - фон; Фон+БиоЭкоГум; Фон+BIOGRANO Forte; Фон+BioAzoPhashit; Фон+БиоФос; БиоЭкоГум; BioAzoPhashit; BIOGRANO Forte БиоФос.

Норма минеральных удобрений установлена с учетом исходной агрохимической характеристики почвы, обеспеченности доступными элементами питания и рекомендаций по возделыванию ярового ячменя на светло-каштановых почвах области Жетісу.

Азотные удобрения вносили дробно: 30% нормы - до посева и 70% - дробно в период вегетации в виде подкормки. Фосфорные и калийные удобрения вносили при основной обработке почвы. Использовали аммиачную селитру (34% N), аммофос (12% N и 52% P₂O₅) и сульфат калия (50% K₂O).

Биологические препараты применяли путем внекорневого опрыскивания в фазы кущения и выхода в трубку. Нормы расхода составляли: БиоЭкоГум 3,0 л/га; BIOGRANO Forte 1,5 л/га; BioAzoPhashit 2,0 л/га; БиоФос 2,0 л/га. Расход рабочего раствора составлял 200 л/га.

БиоЭкоГум - жидкое гуминовое удобрение на основе вермикомпоста, содержащее 20% гуминовых веществ,

макро- и микроэлементы. BIOGRANO Forte - микробиологический препарат на основе бактерий рода *Bacillus spp.* с концентрацией не менее 1×10^9 КОЕ/мл. BioAzoPhashit содержит азотфиксирующие и фосфатмобилизирующие микроорганизмы. БиоФос представляет собой фосфатмобилизирующий препарат на основе бактерий рода *Pseudomonas spp.*, содержащий 60% органического вещества, 3% общего азота, 30% P_2O_5 и 1,3% K_2O .

Статистическую обработку проводили в программной среде R с использованием дисперсионного анализа по Доспехову [11]. Влияние варианта удобрения и глубины почвы оценивали методом двухфакторного ANOVA с

расчетом F-критерия и p-value. При выявлении достоверных различий применяли критерий Tukey HSD. Взаимосвязи между агрохимическими показателями определяли корреляционным анализом. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Агрохимический анализ светло-каштановой почвы в конце вегетационного периода показал различия между вариантами опыта преимущественно по содержанию доступных форм элементов питания, тогда как содержание общего гумуса и реакция почвенной среды изменялись в сравнительно узком диапазоне (таблица 3).

Таблица 3 - Агрохимическая характеристика светло-каштановой почвы в конце вегетации, 2025 г.

Варианты	Глубина, см	Общ. гумус, %	Подвижные формы, мг/кг				pH
			N-NO ₃	N _{лг.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль – без удобрений	0-20	1,22	9,5	31,3	15,0	310	8,53
	20-40	0,85	3,5	46,2	9,0	245	8,51
N ₆₀ P ₉₀ K ₈₀ (фон)	0-20	1,22	19,4	54,6	17,5	230	8,51
	20-40	0,90	8,1	51,2	7,0	130	8,51
Фон + БиоЭкоГум	0-20	1,22	15,7	61,6	26,0	265	8,53
	20-40	0,90	4,3	57,4	7,0	180	8,51
Фон + BIOGRANOforte	0-20	1,19	7,7	49,0	18,0	330	8,58
	20-40	0,97	5,0	56,0	7,0	175	8,51
Фон + BioAzoPhashit	0-20	1,14	24,0	60,2	26,5	275	8,52
	20-40	0,90	11,0	49,0	17,0	205	8,49
Фон + БиоФос	0-20	1,04	10,0	53,2	26,0	250	8,56
	20-40	0,85	4,3	42,0	11,0	150	8,54
БиоЭкоГум	0-20	1,21	5,8	44,8	14,0	280	8,52
	20-40	0,90	5,4	37,8	7,0	180	8,52
BIOGRANO forte	0-20	1,10	4,4	44,8	14,0	255	8,58
	20-40	0,84	5,5	39,2	7,0	170	8,55
BioAzoPhashit	0-20	1,09	4,6	43,4	11,0	245	8,54
	20-40	0,84	5,9	33,6	5,0	150	8,54
Биофос	0-20	1,08	6,9	64,4	14,0	255	8,65
	20-40	0,88	4,4	43,4	7,5	165	8,49

Содержание общего гумуса изменялось незначительно и составляло 1,04-1,22% в слое 0–20 см и 0,84–0,97% в слое 20–40 см. Существенного влияния минеральных удобрений и биопрепаратов не установлено, что может быть связано с относительной устойчивостью гумусовых соединений и кратковременностью периода исследований. Аналогичные результаты отмечены в зарубежных исследованиях [12], где гумус характеризуется как относительно консервативный показатель плодородия.

Содержание нитратного азота (N-NO_3) варьировало от 4,4 до 24,0 мг/кг в слое 0–20 см и от 3,5 до 11,0 мг/кг в слое 20–40 см. Максимальные значения отмечены при совместном применении $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit - 24,0 и 11,0 мг/кг, соответственно, что в 2,5 и 3,1 раза выше контроля. Более низкое содержание доступного азота при самостоятельном применении биопрепаратов указывает на повышение их эффективности на фоне минерального питания. Полученные результаты согласуются с данными [13] о способности азотфиксирующих микроорганизмов активизировать биологическую фиксацию азота и минерализацию органического вещества.

Применение удобрений существенно изменяло содержание доступных форм элементов питания. Максимальное содержание легкогидролизуемого азота отмечено при применении БиоФос (64,4 мг/кг), а среди комбинированных вариантов - при $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + БиоЭкоГум (61,6 мг/кг) и $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit (60,2 мг/кг). Наибольшее содержание подвижного фосфора установлено на варианте $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit - 26,5 мг/кг в слое 0–20 см и 17,0 мг/кг в слое 20–40 см. Максимальное содержание обменного калия (330 мг/кг) отмечено на варианте $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BIOGRANO Forte. В целом наиболее сбалансированную обеспечен-

ность почвы доступными элементами питания обеспечило сочетание $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit.

Статистический анализ подтвердил, что наиболее выраженные различия агрохимических показателей были связаны с глубиной почвы и содержанием подвижного фосфора. Глубина почвы статистически значимо влияла на содержание N-NO_3 ($F=9,012$; $p=0,0149$) и особенно P_2O_5 ($F=50,588$; $p<0,001$): средние значения снижались с 10,80 до 5,74 мг/кг и с 18,20 до 8,45 мг/кг соответственно при переходе от слоя 0–20 к 20–40 см. Для P_2O_5 также установлено статистически значимое влияние варианта удобрения ($F=3,841$; $p=0,0289$). По критерию Тьюки содержание P_2O_5 в варианте $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{80}$ + BioAzoPhashit было статистически значимо выше, чем при самостоятельном применении BioAzoPhashit ($p=0,0283$). В то же время влияние варианта удобрения на содержание общего гумуса ($F=0,980$; $p=0,512$) и $\text{N}_{\text{лг}}$ ($F=2,265$; $p=0,120$) статистически значимым не было.

Полученный результат согласуется с данными литературы о возможности изменения доступности почвенного фосфора при применении фосфатмобилизирующих микроорганизмов [14, 15]. Вместе с тем микробиологические процессы в настоящем исследовании непосредственно не определялись, поэтому установленное различие характеризует изменение агрохимического состояния почвы и не рассматривается как прямое доказательство механизма мобилизации фосфора.

Реакция почвенной среды во всех вариантах оставалась щелочной, pH в конце вегетации составлял 8,49–8,65 при исходных значениях 8,46–8,48, что свидетельствует об отсутствии выраженного изменения реакции среды за период исследования.

Корреляционный анализ агрохимических показателей (рисунок 2) выявил преимущественно положительный

характер взаимосвязей. Наиболее выраженная положительная корреляция отмечена между содержанием N-NO₃ и P₂O₅ ($r=0,75$), а также между P₂O₅ и K₂O ($r=0,67$). Умеренные положительные связи установлены между гумусом и K₂O ($r=0,51$), N_{лг} и P₂O₅ ($r=0,49$), а также N-NO₃ и N_{лг} ($r=0,46$). Для остальных показателей коэффициенты корреляции

были преимущественно низкими. Связи гумуса с N-NO₃ ($r=-0,12$) и N-NO₃ с pH ($r=-0,14$) были отрицательными и очень слабыми. В целом корреляционный анализ указывает на сопряженную изменчивость отдельных показателей питательного режима почвы, однако выявленные связи не следует интерпретировать как причинно-следственные.

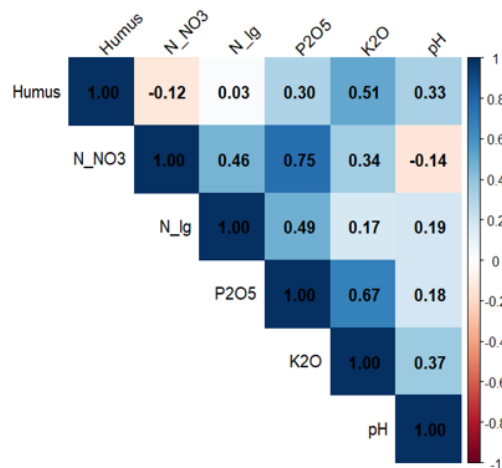


Рисунок 2 - Корреляционная матрица агрохимических показателей светло каштановой почвы

Выявленные различия в обеспеченности почвы доступными элементами обусловили необходимость оценки их влияния на рост и развитие ярового ячменя. Для этого определяли густоту и высоту растений, что позволило оценить прохождение основных фаз вегетации и эффективность изучаемых систем удобрения. Густота растений ярового ячменя варьировала от 181 до 209 шт./м² (таблица 4). Максимальные значения отмечены на минеральном фоне N₆₀P₉₀K₈₀ (209±5,3 шт./м²) и при самостоятельном применении BIOGRANO forte (206±5,3 шт./м²) против 181±4,1 шт./м² на контроле.

Высота растений ярового ячменя в фазу выхода в трубку варьировала от 32,6±0,2 до 37,3±0,8 см. Максимальное значение отмечено при N₆₀P₉₀K₈₀ +

БиоЭкоГум (37,3±0,8 см), несколько ниже - при N₆₀P₉₀K₈₀ + BIOGRANO forte (36,8±0,6 см) и БиоЭкоГум (36,7±0,5 см). Минимальная высота отмечена в вариантах с BioAzoPhashit (32,6±0,3 см). К фазе созревания диапазон значений увеличился: максимальная высота сформировалась при N₆₀P₉₀K₈₀ + БиоЭкоГум (51,3±1,1 см), что на 9,2 см (21,9%) выше контроля. Высокие значения также получены при N₆₀P₉₀K₈₀+BIOGRANO Forte (49,4±1,1 см) и БиоЭкоГум (48,4±0,8 см).

Урожайность ярового ячменя варьировала от 8,0 до 11,3 ц/га (таблица 5). На контроле она составляла 8,0 ц/га, а на фоне N₆₀P₉₀K₈₀ - 9,8 ц/га. Максимальная средняя урожайность получена при N₆₀P₉₀K₈₀ + BIOGRANO forte - 11,3 ц/га, что на 3,3 ц/га, или 41,2%, выше контроля. Сравнительно высокие значения

урожайности получены также при $N_{60}P_{90}K_{80}$ +БиоФос (10,42 ц/га), $N_{60}P_{90}K_{80}$ +БиоЭкоГум (10,3 ц/га) и $N_{60}P_{90}K_{80}$ +BioAzoPhashit (10,2 ц/га). При самостоя-

тельном применении биопрепаратов урожайность находилась в пределах 8,87-9,56 ц/га, а прибавки относительно контроля также не превышали $HC_{0,05}$.

Таблица 4 - Показатели густоты и высоты растений, 2025 г.

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Высота в фазу выхода в трубку, см	Высота при созревании, см
Контроль	181 ± 4,1	35,2 ± 0,5	42,1 ± 1,0
$N_{60}P_{90}K_{80}$	209 ± 5,3	34,3 ± 0,4	45,8 ± 1,0
Фон + БиоЭкоГум	192 ± 3,2	37,3 ± 0,8	51,3 ± 1,1
Фон + BIOGRANO Forte	195 ± 3,6	36,8 ± 0,6	49,4 ± 1,1
Фон + BioAzoPhashit	189 ± 3,0	32,6 ± 0,2	47,5 ± 1,0
Фон + БиоФос	184 ± 4,1	33,7 ± 0,4	46,8 ± 0,9
БиоЭкоГум	203 ± 4,3	36,7 ± 0,5	48,4 ± 0,8
BIOGRANO Forte	206 ± 5,3	35,1 ± 0,3	45,0 ± 1,0
BioAzoPhashit	187 ± 4,2	32,6 ± 0,3	42,5 ± 1,0
БиоФос	185 ± 3,6	34,9 ± 0,4	44,9 ± 1,0

Таблица 5 - Урожайность зерна ярового ячменя, 2025 г.

Вариант	Повторности			Средняя урожайность, ц/га	Прибавка	
	1	2	3		ц/га	%
Контроль	8,3	7,8	7,9	8,0	–	–
$N_{60}P_{90}K_{80}$	8,8	9,8	10,7	9,8	1,8	22,1
Фон + БиоЭкоГум	10,8	10,1	10,1	10,3	2,3	29,2
Фон + BIOGRANO Forte	14,1	9,6	10,2	11,3	3,3	41,2
Фон + BioAzoPhashit	10,1	9,7	10,9	10,2	2,2	28,1
Фон + БиоФос	9,50	10,90	10,85	10,42	2,42	30,2
БиоЭкоГум	8,50	9,00	9,40	8,97	0,97	12,1
BIOGRANO Forte	9,30	9,57	9,80	9,56	1,56	19,5
BioAzoPhashit	8,95	8,65	9,30	8,97	0,97	12,1
БиоФос	8,24	9,60	8,76	8,87	0,87	10,8
$HC_{0,05}$				1,68		
P, %				5,9		

Двухфакторный дисперсионный анализ с учетом повторности как блока подтвердил статистически значимое влияние минерального фона $N_{60}P_{90}K_{80}$ на урожайность ($F_{1,18}=18,38$; $p<0,001$). Влияние вида биопрепарата ($F_{4,18}=1,86$; $p=0,162$) и взаимодействие факторов «минеральный фон×биопрепарат» ($F_{4,18}=0,077$; $p=0,988$) статистически значимыми не были. Следовательно, более высокая средняя урожайность отдельных

комбинированных вариантов характеризует тенденцию, но не подтверждает дополнительного эффекта биопрепаратов на минеральном фоне.

Полученные результаты сопоставимы с данными Наумова et al. [16], показавшими различную реакцию ярового ячменя на биоудобрения в полужасушливых условиях Северного Казахстана, а также с результатами Anušauskas et al. [17], установившими в многолет-

нем полевым опыте возможность повышения продуктивности ярового ячменя при применении бактериально инокулированного минерального удобрения. При этом различия между результатами отдельных исследований подтверждают зависимость проявления эффекта биологических препаратов от почвенно-климатических условий и технологии их применения [15-17].

При интерпретации результатов необходимо учитывать засушливые условия 2025 года: за апрель-июль выпало 74,23 мм осадков при среднем многолетнем значении 120,1 мм. В этих условиях статистически подтвержденным фактором повышения урожайности ярового ячменя являлся минеральный фон $N_{60}P_{90}K_{80}$, тогда как более высокие значения отдельных агрохимических и продукционных показателей при совместном применении минеральных удобрений и биопрепаратов следует рассматривать как тенденции, требующие подтверждения в многолетних полевых исследованиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях краткосрочного полевого опыта применение изучаемых систем удобрения сопровождалось изменениями содержания доступных форм элементов питания в светло-каштановой почве. Наиболее высокое содержание $N-NO_3$ и подвижного фосфора отмечено при $N_{60}P_{90}K_{80} + BioAzoPhashit$ -

соответственно 24,0 и 26,5 мг/кг в слое 0-20 см и 11,0 и 17,0 мг/кг в слое 20-40 см. Статистически значимое влияние глубины почвы установлено для $N-NO_3$ ($p = 0,0149$) и P_2O_5 ($p < 0,001$), а влияние варианта удобрения - для содержания P_2O_5 ($p = 0,0289$). Содержание общего гумуса изменялось незначительно, а реакция почвенной среды в течение опыта сохранялась щелочной (рН 8,49-8,65).

Наибольшая средняя урожайность зерна ярового ячменя получена при $N_{60}P_{90}K_{80} + BIOGRANO forte$ - 11,3 ц/га, что на 3,3 ц/га, или 41,2%, выше контроля. Статистический анализ подтвердил влияние минерального фона на урожайность, тогда как самостоятельный эффект вида биопрепарата и взаимодействие факторов «минеральный фон×биопрепарат» статистически не подтверждены.

Таким образом, в условиях одного вегетационного сезона наиболее убедительно проявилось влияние минерального питания на продуктивность ярового ячменя. Более высокие значения отдельных агрохимических показателей и урожайности при совместном применении минеральных удобрений и биопрепаратов следует рассматривать как выявленные тенденции, требующие подтверждения в многолетних полевых исследованиях.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках грантового финансирования молодых ученых Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по проекту ИРН AP27510619 «Влияние экстремальных климатических факторов на трансформацию питательных веществ и динамику плодородия почвы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. - 4th ed. - Oxford: Oxford University Press, 2012. - 264 p. - ISBN: 978-0-19-954906-1.

2. FAOSTAT. Crops and Livestock Products Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. - 2024. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/en/> - QCL. - Дата обращения: 20.08.2024.
3. Yula V.M., Kaminska V.V., Porodko M.A., Mushyk B.V., Dudka O.F. Features of spring barley plant nutrition under different growing technologies // Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice. - 2025. - № 2. - P. 51-60. - DOI: 10.54651/agri.2025.02.06.
4. Сулейменов Б.У., Сейтменбетова А.Т. Применение жидкого гуминового биопрепарата «БиоЭкоГум» при возделывании зерновых и зернобобовых культур // Почвоведение и агрохимия. - 2022. - № 4. - С. 64-84. - DOI: 10.51886/1999-740X_2022_4_64.
5. Ибраева М.А., Сулейменова А.И., Абай А.К., Токсейтов Н.М. Влияние применения биопрепаратов «Тумат» и «БиоЭкоГум» на плодородие почв и урожайность риса // Почвоведение и агрохимия. - 2023. - № 2. - С. 29-43. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_29.
6. Кененбаев С.Б., Есенбаева Г.Л., Жанбырбаев Е.А., Бектурганов А.Н. Влияние биоудобрений и биопрепаратов на показатели плодородия и продуктивности сероземных почв юго-востока Казахстана // Почвоведение и агрохимия. - 2023. - № 2. - С. 44-56. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_44.
7. Танирбергенов С.И., Сулейменов Б.У., Зәріп З.А. Применение органического гуминового удобрения «Тумат» при возделывании сои // Почвоведение и агрохимия. - 2023. - № 1. - С. 74-85. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_1_74.
8. Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils // SpringerPlus. - 2013. - Vol. 2. - Article 587. - DOI: 10.1186/2193-1801-2-587.
9. Почвы Казахской ССР, выпуск 4, Алма-Атинская область. - Алма-Ата, 1962. - С. 92-94.
10. Айтуганов К.К., Купанов Л.К., Баширов З.С., Ажгалиев Т.Б., Карсыбаев С.К., Кожыхов А.М., Бердыгулов Н.Б. Сборник отечественных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, используемых в Республике Казахстан // Национальный аграрный научно-образовательный центр. - Нур-Султан, 2022. - С. 272.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
12. Li X., Li J., Zhao Z., Zhou K., Zhan X., Wang Y., Liu N., Han X., Li X. Soil Organic Carbon and Humus Characteristics: Response and Evolution to Long-Term Direct/Carbonized Straw Return to Field // Agronomy. - 2024. - Vol. 14. - № 10. - Art. 2400. - DOI: 10.3390/agronomy14102400.
13. Бабак В.А., Жакупов Е.Ж., Пунтус И.А., Фомина А.Н. Лабораторные испытания эффективности биологического удобрения на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий // Сельскохозяйственная биология. - 2024. - Т. 59. - № 1. - С. 142-155. - DOI: 10.15389/agrobiology.2024.1.142eng.
14. Аипова Р., Тазабекова Е., Курманбаев А. Исследование свойств фосфатмобилизирующих бактерий, перспективных для повышения урожайности сельскохозяйственных культур // Вестник КазНУ. Серия биологическая. - 2022. - Т. 90. - № 1. - С. 28-38. - DOI: 10.26577/eb.2022.v90.i1.03.
15. Zhu Y., Xing Y., Li Y., et al. The Role of Phosphate-Solubilizing Microbial Interactions in Phosphorus Activation and Utilization in Plant-Soil Systems: A Review // Plants. - 2024. - Vol. 13. - № 19. - Art. 2686. - DOI: 10.3390/plants13192686.
16. Nauanova A., Shaikhin S., Ospanova S., et al. Enhancing Spring Barley Grain Yield with Local Biofertilizers in the Semi-Arid Steppe Zone of Northern Kazakhstan //

International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. - 2024. - Vol. 19. - № 2. - P. 371-378. - DOI: 10.18280/ijdne.190202.

17. Du Jardin P. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation // *Scientia Horticulturae*. - 2015. - Vol. 196. - P. 3-15. - DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.

REFERENCES

1. Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. - 4th ed. - Oxford: Oxford University Press, 2012. - 264 p. - ISBN: 978-0-19-954906-1.

2. FAOSTAT. Crops and Livestock Products Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. - 2024. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/> (accessed 20 August 2024).

3. Yula V.M., Kaminska V.V., Porodko M.A., Mushyk B.V., Dudka O.F. Features of spring barley plant nutrition under different growing technologies // *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*. - 2025. - No. 2. - P. 51-60. - DOI: 10.54651/agri.2025.02.06.

4. Suleimenov B.U., Seitmenbetova A.T. Application of the liquid humic biopreparation "BioEcoGum" in the cultivation of grain and leguminous crops // *Soil Science and Agrochemistry*. - 2022. - No. 4. - P. 64-84. - DOI: 10.51886/1999-740X_2022_4_64.

5. Ibraeva M.A., Suleimenova A.I., Abay A.K., Tokseitov N.M. Effect of the application of biopreparations "Tumat" and "BioEcoGum" on soil fertility and rice yield // *Soil Science and Agrochemistry*. - 2023. - No. 2. - P. 29-43. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_29.

6. Kenenbaev S.B., Esenbaeva G.L., Zhanbyrbaev E.A., Bekturganov A.N. Effect of biofertilizers and biopreparations on soil fertility indicators and productivity of sierozem soils in southeastern Kazakhstan // *Soil Science and Agrochemistry*. - 2023. - № 2. - P. 44-56. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_44.

7. Tanirbergenov S.I., Suleimenov B.U., Zarip Z.A. Application of the organic humic fertilizer "Tumat" in soybean cultivation // *Soil Science and Agrochemistry*. - 2023. - № 1. - P. 74-85. - DOI: 10.51886/1999-740X_2023_1_74.

8. Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils // *SpringerPlus*. - 2013. - Vol. 2. - Article 587. - DOI: 10.1186/2193-1801-2-587.

9. Soils of the Kazakh SSR. Issue 4: Alma-Ata Region. - Alma-Ata, 1962. - P. 92-94.

10. Aituganov K.K., Kupanov L.K., Bashirov Z.S., Azhgaliev T.B., Karsybaev S.K., Kozhakhov A.M., Berdygulov N.B. Collection of Domestic Varieties and Hybrids of Agricultural Crops Used in the Republic of Kazakhstan // *National Agrarian Scientific and Educational Center*. - Nur-Sultan, 2022. - 272 p.

11. Dospekhov B.A. Methodology of Field Experiment. - Moscow: Agropromizdat, 1985. - 351 p.

12. Li X., Li J., Zhao Z., Zhou K., Zhan X., Wang Y., Liu N., Han X., Li X. Soil Organic Carbon and Humus Characteristics: Response and Evolution to Long-Term Direct/Carbonized Straw Return to Field // *Agronomy*. - 2024. - Vol. 14. - № 10. - Article 2400. - DOI: 10.3390/agronomy14102400.

13. Babak V.A., Zhakupov E.Zh., Puntus I.A., Fomina A.N. Laboratory testing of the effectiveness of a biological fertilizer based on nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria // *Agricultural Biology*. - 2024. - Vol. 59. - № 1. - P. 142-155. - DOI: 10.15389/agrobiology.2024.1.142eng.

14. Aipova R., Tazabekova E., Kurmanbaev A. Study of the properties of phosphate-solubilizing bacteria promising for increasing crop yields // Bulletin of KazNU. Biology Series. - 2022. - Vol. 90. - № 1. - P. 28-38. - DOI: 10.26577/eb.2022.v90.i1.03.

15. Zhu Y., Xing Y., Li Y., et al. The Role of Phosphate-Solubilizing Microbial Interactions in Phosphorus Activation and Utilization in Plant-Soil Systems: A Review // Plants. - 2024. - Vol. 13. - № 19. - Article 2686. - DOI: 10.3390/plants13192686.

16. Nauanova A., Shaikhin S., Ospanova S., et al. Enhancing Spring Barley Grain Yield with Local Biofertilizers in the Semi-Arid Steppe Zone of Northern Kazakhstan // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. - 2024. - Vol. 19. - № 2. - P. 371-378. - DOI: 10.18280/ij dne.190202.

17. Du Jardin P. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation // Scientia Horticulturae. - 2015. - Vol. 196. - P. 3-15. - DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.

ТҮЙІН

С.И. Танирбергенов¹, К.М. Тыныбаева^{1*}, С.О. Базарбаев^{1*}, М.К. Жумагулова¹,
Ж.П. Бимұрза^{1,2}, М.Р. Тулегенова¹

ЖЕТІСУ ОБЛЫСЫ ЖАҒДАЙЫНДА БИОЛОГИЯЛЫҚ ПРЕПАРАТТАР МЕН
МИНЕРАЛДЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ КЕШЕНДІ ҚОЛДАНУДЫҢ ТОПЫРАҚТЫҢ
АГРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ЖАЗДЫҚ АРПАНЫҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-
зерттеу институты, 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75В, Қазақстан
Республикасы,

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050010, Алматы,
Абай даңғылы, 8, Қазақстан, *e-mail: kurash_88@mail.ru, sultan-13_01@mail.ru

Зерттеу Жетісу облысының тәлімі жерлері жағдайында минералдық тыңайтқыштар мен биопрепараттардың ашық қара-қоңыр топырақтың агрохимиялық қасиеттеріне және жаздық арпаның өнімділігіне әсерін бағалауға арналған. Зерттеудің мақсаты - әртүрлі тыңайту жүйелерінің топырақтың агрохимиялық көрсеткіштеріне, жаздық арпаның өсуі мен өнімділігіне әсерін бағалау. Далалық тәжірибе үш қайталымда жүргізіліп, N₆₀P₉₀K₈₀ минералдық фоны және БиоЭкоГум, BIOGRANO forte, BioAzoPhashit пен БиоФос биопрепараттары жеке және минералдық тыңайтқыштармен бірге қолданылды. Топырақтағы жалпы қарашірінді, нитратты және жеңіл гидролизденетін азот, жылжымалы фосфор, алмаспалы калий, карбонаттар мөлшері мен топырақ ортасының реакциясы анықталды, сондай-ақ өсімдіктердің өсу көрсеткіштері мен дән өнімділігі есепке алынды. Тыңайтқыштарды қолдану қарашірінді мөлшері мен топырақ ортасының реакциясына айтарлықтай әсер етпегенімен, өсімдіктерге қолжетімді қоректік элементтер мөлшерінің өзгеруімен сипатталды. Нитратты азоттың (24,0 мг/кг) және жылжымалы фосфордың (26,5 мг/кг) ең жоғары мөлшері N₆₀P₉₀K₈₀ + BioAzoPhashit нұсқасында анықталды. Өсімдіктердің ең жоғары биіктігі (51,3±1,1 см) N₆₀P₉₀K₈₀ + БиоЭкоГум нұсқасында қалыптасты. Дәннің ең жоғары өнімділігі (11,3 ц/га) және бақылаумен салыстырғанда статистикалық тұрғыдан нақты қосымша өнім (3,3 ц/га немесе 41,2%) N₆₀P₉₀K₈₀ + BIOGRANO forte нұсқасында алынды. Биопрепараттарды жеке қолданғанда дән өнімділігі 8,87-9,56 ц/га аралығында болды, ал бақылаумен салыстырғандағы қосымша өнім ең төменгі елеулі айырма деңгейінен аспады. Статистикалық талдау минералдық қоректенудің жаздық арпа өнімділігіне әсерін растады, ал биопрепараттарды минералдық тыңайтқыштармен бірге қолданғандағы қосымша әсері статистикалық тұрғыдан анықталған жоқ.

Түйінді сөздер: жаздық арпа, биопрепараттар, минералдық тыңайтқыштар, ашық қара-қоңыр топырақ, агрохимиялық көрсеткіштер, өнімділік.

SUMMARY

S.I. Tanirbergenov¹, K. Tynybayeva^{1*}, S.O. Bazarbayev^{1*}, M.K. Zhumagulova¹,

Zh.P. Bimurza^{1,2}, M.R. Tulegenova¹

EFFECT OF THE COMBINED APPLICATION OF BIOLOGICAL PRODUCTS AND MINERAL FERTILIZERS ON SOIL AGROCHEMICAL PROPERTIES AND SPRING BARLEY PRODUCTIVITY UNDER THE CONDITIONS OF THE ZHETYSU REGION

¹*U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, 050060, Almaty, al-Farabi avenue, 75B, Republic of Kazakhstan,*

²*Kazakh National Agrarian Research University, 050010, Almaty, Abaya Ave., 8, Kazakhstan, *e-mail: kurash_88@mail.ru, sultan-13_01@mail.ru*

This study evaluated the effects of mineral fertilizers and biological products on the agrochemical properties of light chestnut soil and the productivity of spring barley under rainfed conditions in the Zhetysu Region, Kazakhstan. The objective was to assess the effects of different fertilization systems on soil agrochemical properties, plant growth, and grain yield of spring barley. The field experiment was conducted with three replicates using a mineral fertilizer background of N₆₀P₉₀K₈₀ and four biological products - BioEcoGum, BIOGRANO forte, BioAzoPhashit, and BioPhos - applied either alone or in combination with mineral fertilizers. Soil total humus, nitrate nitrogen, easily hydrolysable nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium, carbonates, and soil reaction were determined, along with plant growth parameters and grain yield. Fertilizer application had no substantial effect on total humus content or soil reaction but was associated with changes in the concentrations of available nutrients. The highest nitrate nitrogen (24.0 mg/kg) and available phosphorus (26.5 mg/kg) contents were recorded with N₆₀P₉₀K₈₀ + BioAzoPhashit. The greatest plant height (51.3±1.1 cm) was observed with N₆₀P₉₀K₈₀ + BioEcoGum. The highest grain yield (1.13 t/ha) and a statistically significant yield increase over the untreated control (0.33 t/ha, or 41.2%) were obtained with N₆₀P₉₀K₈₀ + BIOGRANO forte. When applied alone, the biological products produced grain yields ranging from 0.887 to 0.956 t/ha, with yield increases over the control not exceeding the least significant difference. Statistical analysis confirmed a significant effect of mineral fertilization on spring barley grain yield, whereas no significant additional effect of the biological products applied in combination with mineral fertilizers was detected.

Keywords: spring barley, biological preparations, mineral fertilizers, light chestnut soil, agrochemical properties, yield.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Танирбергенов Самат Исембаевич – заместитель Председателя Правления, PhD, ассоциированный профессор, <https://orcid.org/0000-0002-6403-0984>, e-mail: samat.soil.kz@gmail.com

2. Тыныбаева Куралай Мубараковна - научный сотрудник отдела экологии почв, PhD, <http://orchid.org/0000-0002-9956-2139>, e-mail: kurash_88@mail.ru

3. Базарбаев Султан Оразбаевич - младший научный сотрудник отдела агрохимии, PhD, <https://orcid.org/0009-0006-3590-0625>, e-mail: sultan-13_01@mail.ru

4. Жумагулова Молдир Кайрболатовна - научный сотрудник, PhD, <https://orcid.org/0000-0001-9392-3688>, e-mail: zhumagulova.mk@mail.ru

5. Бимурза Жания Пернебекқызы - младший научный сотрудник отдела плодородия и биологии почв, PhD докторант, <https://orcid.org/0009-0001-6600-6507>, e-mail: bimurza0905@gmail.com

6. Тулегенова Меруерт Рысбековна - инженер агрохимик отдела агрохимии, <https://orcid.org/0000-0002-4483-2867>, e-mail: Meruert.vip@mail.ru