

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәнаралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. - № 3 (127). - Р.118-125. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/10.51452/kazatu.2025.3(127).2008

УДК 631.422

Исследовательская статья

Изучение применения фосфор солибилизирующего удобрения на чернозёмах лесостепной зоны Северо-Казахстанской области

Кальяскарова А.Е. 

ТОО «AgroLab», Петропавловск, Казахстан

Автор-корреспондент: Кальяскарова А.Е.: a.kalyaskarova@agrolab.kz

Получено: 03.07.2025 Принято: 29.09.2025 Опубликовано: 30.09.2025

Аннотация

Предпосылка и цель. Почвы Северо-Казахстанской области представлены в основном чернозёмами обыкновенными и южными, расположенными в лесостепной и степной зонах. Интенсивное использование пашни привело к серьёзному падению плодородия почв, а вместе с ним и урожайности сельскохозяйственных культур, что сделало производство зерна крайне неустойчивым.

В связи с этим особую актуальность приобретает изучение эффективности применения бактериального фосфорсолибилизирующего удобрения «Биофос», созданного на основе штаммов рода *Pseudomonas* spp., в аспекте его влияния на содержание подвижных форм фосфора в почве. Полученные данные позволят разработать научно обоснованные подходы к управлению фосфорным питанием растений и восстановлению плодородия почв.

Материалы и методы. Для оценки эффективности применения биоудобрения «Биофос» было проведено исследование агрохимических свойств почвы, включающее определение содержания подвижных форм фосфора, нитратного азота и показателя кислотности (pH). Отбор почвенных образцов осуществлялся из пахотного горизонта с интервалом в 30 дней на протяжении всего вегетационного периода.

Результаты. Как показывают результаты агрохимического анализа, содержание нитратного азота перед закладкой опыта составило - 9,09 мг/кг почвы, после уборки урожая культуры содержание нитратного азота в варианте с совместным внесением аммофоса с биоудобрением составила 4,8 мг/кг почвы, когда на контрольном варианте - 2,73 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора увеличивается со временем в период вегетации растений от среднего уровня обеспеченности (25,0 мг/кг почвы) до высокого (87,33 мг/кг почвы), так же после уборки растений запас фосфора остаётся на повышенном уровне - 45,69 мг/кг почвы, не смотря на вынос данного элемента с урожаем сельскохозяйственной культуры. В сравнении с контрольным вариантом содержание подвижного фосфора превысило на 20-25 мг/кг почвы. pH опытного участка находится на оптимальном уровне и перед началом опыта составил 7,2, а осенью после уборки в опытных вариантах - 7,1-7,2 на контрольном - 7,5.

Закключение. Контролируемое и обоснованное применение фосфорсолибилизирующего удобрения «Биофос» вместе с аммофосом в условиях лесостепной зоны Северного Казахстана гарантировано даёт повышение уровня питательных элементов в почве и сохранение почвенной среды на нейтральном уровне, что благоприятно для жизнедеятельности микроорганизмов почвы и процессов почвообразования.

Ключевые слова: мониторинг; подвижные формы фосфора; эффективность биоудобрения; почва.

Введение

Для более эффективного использования фосфора, накопленного в почве, фосфор солибилизирующие микроорганизмы, способные преобразовывать нерастворимый фосфор в растворимые формы, могут использоваться в качестве биоудобрений. Это повышает содержание растворимых форм фосфора [1]. Использование фосфорных биоудобрений является многообещающим подходом к повышению производительности сельского хозяйства за счёт увеличения урожайности, поскольку для решения проблем, связанных с неплодородными почвами, лучше использовать экологически безопасный подход (то есть парадигму, в которой основное внимание уделяется использованию биологических удобрений вместо химикатов) [2]. Бактерии, растворяющие фосфор, также могут способствовать росту растений, стимулируя эффективность биологической фиксации азота, синтезируя фитогормоны и повышая доступность некоторых микроэлементов, таких как цинк и железо [3].

Микроорганизмы, растворяющие фосфаты, оказывают значительное синергетическое воздействие на рост и развитие сельскохозяйственных культур [4]. Помимо растворения фосфатов, некоторые микроорганизмы также демонстрируют потенциал в качестве средств биоконтроля некоторых патогенов растений.

Технология растворения фосфатов с помощью микроорганизмов повышает плодородность и сельскохозяйственную ценность засоленных и щелочных почв, не создавая никаких угроз для окружающей среды или здоровья, которые возникают при постоянном использовании синтетических удобрений. Штамы, способные растворять как неорганический фосфор, так и фосфорорганические соединения, также продемонстрировали умеренные галофильные свойства и могут быть использованы при развитии сельского хозяйства на засоленных и щелочных почвах [5, 6].

Ряд теорий объясняет механизм растворения неорганических фосфатов. Как было замечено во многих экспериментах, основным механизмом является образование соединений, растворяющих минералы, таких как органические кислоты, сидерофоры, протоны, гидроксил ионы и CO_2 [7]. Органические кислоты, образующиеся вместе с их карбоксильными и гидроксильными ионами, образуют хелаты с катионами или снижают pH для высвобождения фосфора; органические кислоты образуются в периплазматическом пространстве путём прямого окисления.

Другими механизмами растворения минеральных фосфатов микроорганизмами являются выработка неорганических кислот (таких как серная, азотная и угольная кислоты) и выработка хелатирующих веществ. Однако, сообщается, что эффективность неорганических кислот и хелатирующих веществ в высвобождении фосфора из почвы ниже, чем у органических кислот [8, 9].

Цель исследований заключалась в изучении эффективности применения, разработанного на основе *Pseudomonas* spp. бактериального фосфор солибилизирующего удобрения «Биофос», на содержание запасов фосфора в почве.

Материалы и методы

Агрохимические исследования проведены в 2024 г. в КХ «Ешманов» (Северо-Казахстанская область, Кызылжарский район). По почвенно-географическому районированию территория опытного участка относится к лесостепной зоне. Объектом исследования являются черноземы обыкновенные.

Отбор почвенных проб осуществлялся автоматическими почвенными пробоотборниками Wintax с использованием навигаторов с точностью до 3-х м относительно географических координат. Агрохимическое обследование проводится на основе планов внутрихозяйственного землеустройства или электронных карт, создаваемых специалистами лаборатории путем наземного объезда полей, с использованием высокоточного навигационного оборудования [10].

Проведено агрохимическое обследование почвы на влияния бактериального фосфор солибилизирующего удобрения «Биофос» на реакцию почвенной среды (pH) в водной вытяжке в соответствии с ГОСТ 26423-85 [11], на содержание подвижного фосфора в почве, с использованием методики определения подвижных форм фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91) [12], а также на содержание нитратного азота по методу

ЦИНАО (ГОСТ 26488-85) [13]. Заложен полевой опыт в посевах льна масличного сорта Лирина, состоящий из четырёх вариантов, в четырёхкратной повторности, схема опыта:

1. Контроль (без удобрения),
2. «Биофос» - 0,25-0,5 мл/м²,
3. «Биофос» - 0,25-0,5 мл/м² + Аммофос - 100 кг/га,
4. Аммофос - 100 кг/га.

Для того чтобы отследить за изменениями свойств почвы, которые влияют на рост и развитие растений, оценить характер и определить особенности взаимодействия почвы с применяемыми удобрениями, отбор образцов для агрохимического анализа проводился с периодичностью каждые 30 дней на глубине пахотного слоя 0-30 см.

Результаты исследований

Метеорологические условия на территории опытного участка в период проведения исследований характеризовались в сравнении с среднесуточными данными как резко континентальные. Лето было тёплое, но с большим количеством осадков, и тем самым увлажненное. На формирование климата большое влияние оказывает расположение области в глубине материка Евразии, удалённость ее от океанов и морских бассейнов, положение в сравнительно высоких широтах, орографическая открытость территории с севера и с юга.

Резкая континентальность климата выражается в колебаниях температур воздуха в течение вегетационного периода, а также на протяжении суток. Минимальная температура воздуха в июне, июле составила - +18 °С, в августе - +13 °С, максимально высокая температура была в августе месяце и составила от +32 °С. Частая повторяемость циклонической деятельности обуславливает сравнительно большое количество осадков на территории хозяйства, да и региона в целом, за 4 месяца (июнь-сентябрь) - сумма осадков составила 276,3 мм, наибольший объем выпавших осадков пришелся на июль и август - 143,8 и 111,9 мм соответственно (таблица 1), что в четыре раза превысило показатель среднесуточных данных. Влажность воздуха в июне составила - от 45 до 70 %, в июле и августе – максимальная влажность воздуха достигала 87-89%, также следует отметить, что высокая влажность воздуха наблюдается из-за больших весенних паводков, насыщение почвы чрезмерной влагой, что способствовало более позднему сроку сева сельскохозяйственных культур, особенно в лесостепной зоне. Также за период проведения исследований наблюдались сильные ветры. Скорость их в среднем составила – 5 м/с, но отмечены ветры со скоростью в 10-15 м/с. Преобладающее направление ветра юго-западное и северо-западное.

Таблица 1 – Метеоусловия территории опытного участка

Месяц	Метеоусловия в период проведения исследований			Среднесуточные данные	
	средняя температура, °С	количество осадков, мм	влажность воздуха, %	температура, °С	осадки, мм
Июнь	24,4	16,6	60,5	19,0	50,0
Июль	23,4	143,8	64,4	20,0	70,0
Август	20,1	111,9	62,7	17,0	50,0
Сентябрь	15,5	4,0	57,5	12,0	30,0

Разные типы почв отличаются по содержанию основных элементов питания. Общий запас азота, фосфора и калия в большинстве почв составляет значительные величины, в десятки и сотни раз превышающие вынос их урожаем одной культуры. Однако, основная масса питательных веществ находится в почве в виде соединений, недоступных для непосредственного питания растений. Валовой запас питательных веществ в почве характеризует лишь ее потенциальное плодородие. Для оценки эффективного плодородия почвы, действительной способности ее обеспечивать высокую урожайность сельскохозяйственных культур важное значение имеет содержание питательных веществ в доступных для растений формах. Содержание основных питательных элементов в период проведения исследований представлены в таблицах 2-5 в слое почвы 0-30 см.

Таблица 2 – Содержание нитратного азота в слое почвы 0-30 см

№ п/п	Схема опыта	Массовая доля нитратного азота, мг/кг почвы			
		дата отбора образца			
		18.06.2024 г.	10.07.2024 г.	16.08.2024 г.	09.10.2024 г.
1	Контроль (без удобрения)	9,09	6,92	2,86	2,73
2	Биофос (0,25-0,5 мл/м ²)		6,89	2,74	2,41
3	Биофос (0,25-0,5 мл/м ²) + аммофос (100 кг/га)		7,01	3,55	4,80
4	Аммофос (100 кг/га)		8,26	3,94	4,33

Как показывают результаты агрохимического анализа, содержание нитратов в почве перед закладкой опыта можно оценить, как среднее - 9,09 мг/кг почвы для развития растений, внесение биоудобрения и минерального удобрения аммофос не способствовало повышению данного показателя выше среднего уровня, что в принципе не является критическим и его достаточно для роста и развития растений. Так как аммофос содержит в своем составе до 12 процентов азота, содержание нитратного азота в вариантах 3 и 4 выше чем в вариантах без аммофоса, если на контрольном варианте нитратный азот составил – 2,73 мг/кг, то в вариантах с аммофосом - 4,8 и 4,33 мг/кг почвы соответственно.

Таблица 3 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см

№ п/п	Схема опыта	Массовая доля подвижного фосфора, мг/кг почвы			
		дата отбора образца			
		18.06.2024 г.	10.07.2024 г.	16.08.2024 г.	09.10.2024 г.
1	Контроль (без удобрения)	25,0	25,74	29,43	25,27
2	Биофос (0,25-0,5 мл/м ²)		41,23	39,49	38,38
3	Биофос (0,25-0,5 мл/м ²) + аммофос (100 кг/га)		85,66	87,33	45,69
4	Аммофос (100 кг/га)		49,82	65,76	39,27

За вегетационный период растения используют 5-10% фосфора от содержания подвижных фосфатов в почвах, то есть непосредственно усвояемый фосфор. Результаты агрохимического анализа почвы в период вегетации показали, что содержание подвижного фосфора (доступного для роста и развития растений) перед закладкой опыта составила 25 мг/т почвы, что по обеспеченности относится к среднему уровню, после внесения минерального удобрения и биоудобрения к 10 июля в период начала бутонизации растений льна масличного содержание подвижного фосфора повысилось на 15 мг/кг почвы при применении только биоудобрения, 60 мг/кг почвы – при совместном внесении удобрений и на 25 мг/кг почвы при внесении минерального удобрения где применяются минеральные и органические удобрения, повышается содержание подвижного фосфора в почве, а также степень его подвижности, в результате чего увеличивается доступность фосфора растениям. Происходит интенсивное высвобождение фосфат-ионов из твердой фазы, у поверхности корней в почвенном растворе создается повышенная концентрация фосфора, что способствует увеличению скорости диффузии фосфат-ионов.

В августе в период интенсивного поглощения растениями питательных веществ, в период цветения начала созревания растений при высокой влажности почвы и оптимальной температуре атмосферного воздуха содержание подвижного фосфора увеличивается. Так же отмечаем вариант с применением только биоудобрения, где отмечено повышение уровня содержания подвижного фосфора в сравнении с контрольным вариантом на 10-13 мг/кг почвы, т.е. бактерии в процессе жизнедеятельности преобразовали фосфор с недоступных форм в доступные. Результаты анализов почвы, проведенные после уборки урожая, свидетельствуют о том, что фосфат-ионы активно использовались растениями, что способствовало получению прибавки урожая в вариантах с внесением удобрений (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность зерна льна масличного сорта Лирина (2024 год)

№ п/п	Схема опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га
1	Контроль (без удобрения)	13,8	-
2	Биофос (0,25-0,5 мл/м ²)	14,3	0,5
3	Биофос (0,25-0,5 мл/м ²) + аммофос (100 кг/га)	18,6	4,8
4	Аммофос (100 кг/га)	17,8	4,0
НСР ₀₅		1,32	

Таким образом, возможно применение биоудобрения и без внесения минеральных удобрений. Осенью запас подвижного фосфора остаётся на повышенном уровне – 45,69 мг/кг почвы, несмотря на вынос данного элемента с урожаем сельскохозяйственной культуры, следовательно, в будущем году потребность в удобрениях сократится в несколько раз. В сравнении с контрольным вариантом содержание подвижного фосфора превысило на 20-25 мг/кг почвы.

Реакция почвенной среды зависит от климата, на которые мы повлиять не можем, избытка или недостатка влаги, также зависит от условий обработки почвы, которое можно регулировать в хозяйстве, так как от кислотности почвы зависит растворимость и усвояемость питательных веществ, и может меняться в зависимости от применяемых удобрений.

рН почвы – важнейший фактор, влияющий на рост и развитие сельскохозяйственных растений, а именно на усвоение ими питательных веществ. рН – реакция почвенного раствора фактически определяет агрохимические качества почв, и как следствие, ростовые процессы у растений. Последствия несоответствия требований растения к показателю кислотности, и его фактического значения губительны для аграриев. Кроме потерь урожая, это ещё и значительное падение качественных характеристик продукции.

Результаты исследований почвы на определение реакции среды показали, что внесение удобрений не повлияло на значение рН, оно составила 7,1-7,2, за исключением контрольного варианта, где рН составил – 7,5 к уборке урожая (таблица 5).

Таблица 5 – Уровень рН (водной вытяжки) в слое почвы 0-30 см

№ п/п	Схема опыта	рН (водная вытяжка)			
		дата отбора образца			
		18.06.2024 г.	10.07.2024 г.	16.08.2024 г.	09.10.2024 г.
1	Контроль (без удобрения)	7,2	7,3	7,5	7,5
2	Биофос (0,25-0,5 мл/м ²)		7,2	7,4	7,3
3	Биофос (0,25-0,5 мл/м ²) + аммофос (100 кг/га)		7,1	7,3	7,1
4	Аммофос (100 кг/га)		7,1	7,3	7,2

Таким образом, реакция почвенной среды опытного участка находится на оптимальном уровне и не влияет отрицательно на усвоение питательных веществ растениями, что немаловажно для общего состояния почвы, как пашни и роста растений.

Заключение

В связи с полученными данными, можно сделать вывод, что применение биоудобрения и аммофоса в условиях 2024 года (с благоприятным температурным режимом, высокой влажностью воздуха и почвы, и большим количеством осадков) дало положительные результаты. Поскольку совместное использование способствует повышению уровня подвижного фосфора и не подщелачивает реакцию почвенной среды.

Таким образом, внесение биоудобрения в почву перед посевом сельскохозяйственной культуры полностью удовлетворяет растения в питательных веществах, а именно в подвижном фосфоре в критические периоды, на всех стадиях формирования урожая. Также, совместное

использование минерального удобрения с биоудобрением «Биофос» поможет сократить затраты сельхозтоваропроизводителей на приобретение удобрений.

Список литературы

- 1 Alori, E., Fawole, O., Afolayan, A. (2012). Characterization of arbuscular mycorrhizal fungal spores isolated from the savannah of South-Guinea, Nigeria. *J. Agric. Sci.*, 4, 13-19. DOI: 10.5539/jas.v4n7p13.
- 2 Area, PEA, Kucey, RMN, Stewart, JWB. (1988). Inorganic phosphate solubilization by two pinicillium species in solution culture and soil. *Soil Bid. Biochem.*, 20(4), 459-464. DOI: 10.1016/0038-0717(88)90058-2.
- 3 Завалин, АА, Алферов, АА, Чернова, ЛС. (2019). Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур. *Агрохимия*, 8, 83-96. DOI: 10.1134/S0002188119080143.
- 4 Кадырова ГХ, Садуллаева МС, Атаджанова ШШ, Закирьяева СИ. (2022). Фосфат-солюбилизирующая активность ризобактерий пшеницы (*Triticum aestivum* L.). *Химия и биология: электрон. научн. журн.*, 12(102).
- 5 Смирнова, ИЭ, Баймаханова, ГБ, Файзулина, ЭР, Татаркина, ЛГ, Спанкулова, ГА. (2023). Выделение и идентификация фосфатмобилизующих солетолерантных бактерий для стимуляции роста сои. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 5, 18-23.
- 6 Alori, E., Glick, B. (2017). Microbial solubilization of phosphorus and its potential applications in sustainable agriculture. *Microbiology*, 8. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00971.
- 7 Корытцева, АК, Орлова, АИ, Атопшев, АА, Турченко, ВА, Бескровный, АИ, Мурашов, АА, Нохрин, АВ. (2023). Структура и поведение при нагревании фосфатов лантаноидов, полученных методами прямого осаждения и гидротермального синтеза. *Неорганические материалы*, 59(8), 878-887. DOI: 10.31857/S0002337X23080067.
- 8 Сосорова, СБ. (2022). Сорбция фосфора почвами Западного Забайкалья. *Агрохимия*, 3, 3-11. DOI: 10.31857/S0002188122030115.
- 9 Чайковская, ЛА, Овсиенко, ОЛ. (2021). Фосфатмобилизующие микроорганизмы: 1 биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и их продуктивность. *Таврический вестник аграрной науки*, 4(28), 159-182. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182.
- 10 Правила проведения агрохимического обследования почв, утвержденные Приказом и.о. Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 27 февраля 2015 года № 4-1/147.
- 11 Межгосударственный стандарт ГОСТ 26423-85 – Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки (утв. и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 февраля 1985 г. № 283). (2011). Стандартинформ, 4.
- 12 Межгосударственный стандарт ГОСТ 26205-91 – Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (утв. и введен в действие Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 29.12.91 № 2389). (1992). Комитет стандартизации и метрологии СССР, 8.
- 13 Межгосударственный стандарт ГОСТ 26488-85 – Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО (утв. и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26 марта 1985 г. № 821). (1985). Издательство стандартов, 4.

References

- 1 Alori, E., Fawole, O., Afolayan, A. (2012). Characterization of arbuscular mycorrhizal fungal spores isolated from the savannah of South-Guinea, Nigeria. *J. Agric. Sci.* 4, 13-19. DOI:10.5539/jas.v4n7p13.
- 2 Area, PEA, Kucey, RMN, Stewart, JWB. (1988). Inorganic phosphate solubilization by two pinicillium species in solution culture and soil. *Soil Bid. Biochem.*, 20(4), 459-464. DOI:10.1016/0038-0717(88)90058-2.

- 3 Zavalin, AA, Alferov, AA, Chernova, LS. (2019). Assotsiativnaia azotofiksatsiia i praktika primeneniia biopreparatov v posevakh selskokhozyaistvennykh kultur. *Agrokimiya*, 8, 83-96. DOI: 10.1134/S0002188119080143. [in Russ].
- 4 Kadyrova, GH, Sadullayeva, MS, Atadzhanova, ShSh, Zakiryaeva, SI. (2022). Fosfat-soliubiliziruiushchaia aktivnost rizobakterii pshenitsy (*Triticum aestivum* L.). *Khimiia i biologii: elektron. nauch. zhurn*, 12(102). 12(102). [in Russ].
- 5 Smirnova, IE, Baimakhanova, GB, Faizulina, ER, Tatarkina, LG, Spankulova, GA. (2023). Vydelenie i identifikatsiia fosfatmobilizuiushchikh soletolerantnykh bakterii dlia stimulatsii rosta soi. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*, 5, 18-23. [in Russ].
- 6 Alori, E., Glick, B. (2017). Microbial solubilization of phosphorus and its potential applications in sustainable agriculture. *Microbiology*, 8. DOI:10.3389/fmicb.2017.00971.
- 7 Koritseva, AK, Orlova, AI, Atopshev, AA, Turchenko, VA, Beskrovny, AI, Murashov, AA, Nokhrin, AV. (2023). Struktura i povedenie pri nagrevanii fosfatov lantanoidov, poluchennykh metodami priamogo osazhdeniia i gidrotermalnogo sinteza. *Neorganicheskie materialy*, 59(8), 878-887. DOI:10.31857/S0002337X23080067. [in Russ].
- 8 Sosorova, SB. (2022). Sorbtsiia fosfora pochvami Zapadnogo Zabaikalia. *Agrokimiia*, 3, 3-11. DOI:10.31857/S0002188122030115. [in Russ].
- 9 Chaikovskaya, LA, Ovsienko, OL. (2021). Fosfatmobiliziruiushchie mikroorganizmy: 1 bioraznoobrazie, vliianie na mineralnoe pitanie rastenii i ikh produktivnost. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*, 4(28), 159-182. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182. [in Russ].
- 10 Pravila provedeniia agrokhimicheskogo obsledovaniia pochv, utverzhennye Prikazom i.o. Ministra selskogo khoziaistva Respubliki Kazakhstan ot 27 fevralia 2015 goda № 4-1/147. [in Russ]
- 11 Mezghosudarstvennyi standart GOST 26423-8 – Pochvy. Metody opredeleniia udelnoi elektricheskoi provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoi vytiashki (utv. i vveden v deistvie Postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam ot 8 fevralia 1985 g. № 283). (2011). Standartinform, 4. [in Russ].
- 12 Mezghosudarstvennyi standart GOST 26205-91 – Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenii fosfora i kaliia po metodu Machigina v modifikatsii TSINAO (utv. i vveden v deistvie Postanovleniem Komiteta standartizatsii i metrologii SSSR ot 29.12.91 № 2389). (1992). Komitet standartizatsii i metrologii SSSR, 8. [in Russ].
- 13 Mezghosudarstvennyi standart GOST 26488-85 – Pochvy. Opredelenie nitratov po metodu TSINAO (utv. i vveden v deistvie Postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam ot 26 merta 1985 g. № 821). (1985). Izdatelstvo standartov, 4. [in Russ].

Солтүстік Қазақстан облысының орманды дала аймағының қара топырақтарында фосфор еріткіш тыңайтқыштың қолданылуын зерттеу

Кальяскарова А.Е.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Солтүстік Қазақстан облысының топырақтары негізінен орманды-дала және дала аймақтарында орналасқан кәдімгі және оңтүстік қара топырақтардан тұрады. Жерді интенсивті пайдалану топырақ құнарлылығының айтарлықтай төмендеуіне, сонымен қатар ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігінің азаюына алып келді, бұл астық өндірісін өте тиімсіз етті. Сондықтан, топырақ құнарлылығын мақсатты басқару үшін, «Pseudomonas spp». Негізінде әзірленген фосфорды жылжымалы күйге келтіретін «Биофос» биотыңайтқышының топырақтағы фосфор қорының деңгейіне әсерін зерттеу маңызды болып табылады.

Материалдар мен әдістер. «Биофос» биотыңайтқышының тиімділігін анықтау үшін топырақтағы жылжымалы фосфордың, нитратты азоттың және рН көрсеткішінің динамикасы бақыланды. Үлгілер 30 күн сайын жыртылатын қабаттан алынды, бұл өсімдіктердің вегетациялық кезеңінде қоректік заттардың қозғалысын бақылауға мүмкіндік берді.

Нәтижелер. Агрохимиялық талдау нәтижелері бойынша, вегетация басында топырақтағы нитратты азот мөлшері 9,09 мг/кг құрады, ал дақылдарды жинағаннан кейін оның деңгейі

«Биофос» пен аммофосты бірге қолданған жағдайда 4,8 мг/кг болды, ал бақылау нұсқасында - 2,73 мг/кг. Жылжымалы фосфор мөлшері өсімдік вегетациясы кезінде орта деңгейден (25,0 мг/кг) жоғары деңгейге дейін (87,33 мг/кг) артты, ал өнім жиналғаннан кейін де оның деңгейі жоғары болып қалды - 45,69 мг/кг. Бұл элементтің дақыл өнімімен бірге топырақтан алынуына қарамастан, оның қоры сақталды. Бақылаумен салыстырғанда, тәжірибелік нұсқаларда жылжымалы фосфор мөлшері 20-25 мг/кг артық болды. Топырақтың рН көрсеткіші оңтайлы деңгейде қалып, өсімдіктердің фосфорды игеруіне әсер еткен жоқ. Тәжірибе басында рН 7,2 болса, күзде өнім жинағаннан кейін тәжірибелік нұсқаларда - 7,1-7,2, ал бақылауда - 7,5 болды.

Қорытынды. «Биофосты» аммофоспен бірге ғылыми негізделген түрде қолдану топырақтағы қоректік заттар деңгейінің жоғары болуын және топырақ ортасының бейтарап рН деңгейінде сақталуын қамтамасыз етеді. Бұл топырақ микроорганизмдерінің тіршілік белсенділігіне және топырақ түзілу процесіне оң әсерін тигізеді.

Кілт сөздер: мониторинг; фосфордың жылжымалы түрлері; био тыңайтқыштың тиімділігі; топырақ.

Study of the application of phosphorus-solubilizing fertilizer on chernozems of the forest-steppe zone of the North Kazakhstan Region

Almagul E. Kalyaskarova

Abstract

Background and Aim. The soils of the North Kazakhstan region are mainly represented by ordinary and southern chernozems of the forest-steppe and steppe zones. The intensive use of arable land has led to a marked decline in soil fertility, and consequently, to unstable grain yields.

Therefore, it is essential to evaluate the effectiveness of *Pseudomonas* spp.-based biofertilizers for targeted soil fertility management. This study examined the effect of the bacterial phosphorus-solubilizing fertilizer Biophos on soil phosphorus content.

Materials and Methods. Agrochemical studies were conducted in 2024 at the Eshmanov Farm (Kyzylzhar District, North Kazakhstan Region). The study relied on the results of a continuous agrochemical survey of arable soils. Parameters measured included soil pH (water extract), mobile phosphorus and potassium (Machigin method), and nitrate nitrogen in the topsoil. The measurements were taken every 30 days

Results. At the beginning of the experiment, nitrate nitrogen content in the arable horizon was - 9,09 mg/kg. After harvest its content in the variant with combined application of ammophos and Biophos was 4,8 mg/kg, compared with 2,73 mg/kg in the control. The content of mobile phosphorus increased during the growing season from an average level 25,0 mg/kg to a high level of 87,33 mg/kg. After harvest, phosphorus reserves remained elevated (45,69 mg/kg), despite crop removal. Compared with the control, mobile phosphorus content was higher by 20-25 mg/kg. Soil pH remained stable at an optimal level (7,2 before the experiment) ensuring nutrient availability and supporting plant growth.

Conclusion. The use of the phosphorus-solubilizing fertilizer "Biophos" in combination with ammophos in the forest-steppe zone of northern Kazakhstan is guaranteed to increase crop yields. The controlled and justified use of the phosphorus-solubilizing fertilizer "Biophos" in combination with ammophos in the forest-steppe zone of northern Kazakhstan is guaranteed to increase the level of nutrients in the soil and maintain the soil environment at a neutral level. This is beneficial for the activity of soil microorganisms and soil formation processes.

Keywords: monitoring; mobile forms of phosphorus; biofertilizer efficiency; soil fertility.