

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕОЛИТНОГО УДОБРЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ТЕМНО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ

Василина Т.К.^{1*}, PhD

v_tursunai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0554-9839>

Абилдаев Е.С.¹, PhD

e-abildaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8320-4284>

Жаппарова А.А.¹, кандидат сельскохозяйственных наук
aigul7171@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0103-5059>

Шибикеева А.М.¹, PhD

shm.aigerim@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2085-2027>

Райымбекова И.К.², PhD

indira_best@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6674-0613>

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

Аннотация. В ходе исследований 2022 года было изучено влияние различных систем удобрений на рост, развитие и качество овощных культур на темно-каштановой почве в условиях вегетационного опыта. В контрольном варианте наблюдались минимальные показатели биомассы и продуктивности растений. Применение аммофоса увеличивало массу растений и плодов, однако не оказывало значительного влияния на количество плодов. Использование цеолита способствовало повышению продуктивности, увеличивая количество и массу плодов, несмотря на незначительное снижение массы растений и длины побегов по сравнению с аммофосом. У огурцов при применении модифицированного цеолитного удобрения (МЦУ) длина побега достигала 227 см, масса плодов — 184 г, масса растения — 71,7 г, количество плодов — 4 шт. У томатов цеолит обеспечил наибольшую длину побега (48 см), площадь листьев (28,9 см²) и массу плодов (64 г), а МЦУ — максимальную площадь листьев (32,1 см²) и содержание сухого вещества (5,9%). Установлено снижение уровня нитратов (в томатах — до 83 мг/кг, в огурцах — до 213 мг/кг) и тяжёлых металлов: содержание цинка в томатах снизилось до 0,32 мг/кг, свинца — до 0,05 мг/кг. Наилучшие результаты были достигнуты при применении модифицированного цеолитного удобрения (МЦУ), которое обеспечивало максимальные показатели массы растений, длины побегов, количества и массы плодов. Кроме того, использование цеолита и МЦУ положительно влияло на качественные характеристики плодов, повышая содержание сухого вещества и снижая уровень нитратов.

Ключевые слова: удобрения, цеолит, овощные культуры, качество, темно-каштановая почва.

Введение. В современном сельском хозяйстве важной задачей является повышение продуктивности агроэкосистем при одновременном снижении объемов применения минеральных удобрений. Это достигается за счет внедрения в систему «почва-растение» веществ, обеспечивающих стабильную урожайность, высокое качество продукции и ее безопасность для человека и животных. Избыточное использование синтетических удобрений негативно сказывается на окружающей среде, загрязняя грунтовые воды и снижая содержание гумуса в почве, что приводит к ухудшению ее плодородия [1-5].

В связи с этим особую значимость приобретает разработка и внедрение новых, экологически безопасных и доступных удобрений. Одним из перспективных решений является применение природных цеолитов, особенно учитывая значительные запасы цеолитового туфа в Шанканайском месторождении Казахстана. Благодаря своим уникальным адсорбционным, ионообменным и пролонгирующим свойствам, цеолиты

широко используются в агрохимии, почвоведении и экологии [6].

Цеолиты обладают способностью к катионному обмену, что позволяет насыщать их минеральными удобрениями и регулировать поступление питательных элементов в почву. Их высокая селективность к катионам калия и аммония способствует удержанию этих важных элементов в пахотном слое, предотвращая их вымывание атмосферными осадками и продлевая срок действия удобрений. Помимо этого, цеолиты способны удерживать влагу, положительно влияя на водный режим почвы [7].

По данным Валенте и соавторов [8], цеолиты не только способствуют увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, но и выполняют функцию почвенных кондиционеров, улучшая ее плодородие. Их применение в системах управления удобрениями позволяет контролировать высвобождение питательных веществ из органических и неорганических удобрений, обеспечивая растения необходимыми элементами в течение продолжительного времени [9].

Ряд исследований подтверждает, что благодаря ионообменным свойствам цеолиты способствуют улучшению агрохимических и агрофизических характеристик почвы. Они нейтрализуют избыточную кислотность, увеличивают катионообменную емкость, предотвращают вымывание питательных веществ, уменьшают слеживаемость удобрений и снижают содержание тяжелых металлов в почве и растительной продукции [10-15]. Кроме того, цеолиты повышают поглощательную способность малоплодородных почв, активизируют микрофлору, ускоряют разложение органических веществ и увеличивают содержание азота за счет адсорбции аммонийных ионов [16,17].

Добавление в почву цеолитов, содержащих кремний, способствует превращению недоступного растениям фосфора в подвижную форму, тем самым улучшая фосфорное питание [18]. Кроме того, исследования показывают, что усиленное кремниевое питание повышает устойчивость растений к высоким концентрациям тяжелых металлов [19].

Таким образом, использование обогащенных цеолитовых туфов способствует росту урожайности овощных культур и рациональному применению агрохимических ресурсов.

Материалы и методы исследования. Для реализации поставленной задачи была разработана методика, включающая следующие этапы:

1. Подготовка цеолитовой руды, минеральных удобрений и синтез модифицированного цеолитного удобрения

В ходе исследований использовали темно-каштановую почву среднесуглинистого механического состава. Перед применением почву тщательно перемешивали, удаляли растительные остатки и просеивали до частиц менее 2 мм, после чего хранили при комнатной температуре. В качестве цеолитового сырья использовали клиноптилолит из Шанканайского месторождения (Казахстан) с содержанием основного минерала 75–77%. В качестве минерального удобрения применяли аммофос (N – 12%, P – 52%). Химический состав цеолита (%): SiO_2 – 68,6; Al_2O_3 – 18,5; CaO – 8,6; MgO – 2,2; Na_2O – 1,5.

После модификации (термической или химической обработки) происходит разрушение длинных цепочек алюмосиликатной структуры. Одновременно, свободно мигрирующие ионы и молекулы воды изолированы от цеолитовых пор. В результате структура цеолита, его пористость, объем поверхности и размеры пористых частиц изменяются и появляются новые нанопоры.

Процесс получения модифицированного цеолитного удобрения (МЦУ) включал следующие стадии:

- измельчение цеолита и аммофоса в планетарной шаровой мельнице до фракции менее 300 нм для повышения реакционной активности;
- взвешивание компонентов в соотношении 1:1;
- смешивание цеолита с удобрением и деионизированной водой для образования суспензии (1 час, для ионного обмена);

- отделение твердой фазы цеолит-удобрение от жидкой;
- сушка готового продукта при 160°C в течение 24 часов.

Синтез проводился в соответствии с методикой van Koningsveld and Bennett [20].

2. Постановка вегетационного опыта

Эффективность модифицированного цеолитного удобрения исследовали в 2022 году в инновационной теплице Казахского национального аграрного исследовательского университета. Опыты проводились в сосудах Митчерлиха объемом 5 кг, с четырехкратной повторностью, на темно-каштановых почвах. В качестве тест-культур использовались районированные сорта овощных культур Алматинской области: огурцы «Жигер», томаты «Самаладай» (рассады).

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений)
2. Цеолит (2 г на 1 кг почвы)
3. Минеральное удобрение NPK (0,4 г д.в. на 1 кг почвы)
4. МЦУ (2 г на 1 кг почвы)

В ходе эксперимента поддерживались оптимальные условия: температура воздуха – 22,1°C, влажность – 70%. Все агротехнические мероприятия (закладка опыта, посев, уход и уборка) выполнялись в соответствии с методическими рекомендациями [21].

3. Анализ растительных образцов

В растительных образцах оценивали:

- биохимический состав продукции:
- содержание сухого вещества – весовым методом (ГОСТ 28561-90);
- общий сахар – по Бертрану (ГОСТ 13192-73);
- витамин С – по Мурри (ГОСТ 24556-89).
- тяжелые металлы – методом атомной абсорбции (ГОСТ 30178-96);
- нитраты – потенциометрическим методом с применением 1%-го раствора дифениламина (ГОСТ 29270-95).

Статистическую обработку данных по урожайности проводили методом дисперсионного анализа [22] с использованием программы Statistica 6.0.

Результаты и обсуждения. Почва, на которой проводился опыт - темно-каштановая, по механическому составу среднеглинистая, имеют вполне развитый вид. Содержание гумуса в пахотном слое 2,27%, в подпахотном — 1,61%. Содержание азота составляет 61,6 мг/кг, фосфора, калия 38мг/кг и 240 мг/кг соответственно. На глубине 0-20 см фосфора содержится 38 мг/кг, на глубине 20-40 см — 34 мг/кг. Фосфор также больше сконцентрирован в верхних слоях, но его распределение не так сильно меняется с глубиной. Почва имеет слабощелочную реакцию с рН 8,36-8,37, что характерно для темно-каштановых почв. Содержание СО₂ несколько ниже на глубине 20-40 см (1,14%), чем в верхнем слое (1,23%), что связано с уменьшением биологической активности.

По результатам исследования влияния различных систем удобрений на рост и развитие огурцов в вегетационном опыте установлено, что в контрольном варианте наблюдались наименьшие показатели: масса растения составила 28,5 г, масса плодов — 101 г, длина побега достигала 138 см, а количество плодов не превышало 2 шт. Эти данные свидетельствуют о том, что отсутствие удобрений существенно ограничивает рост и продуктивность растений (таблица 1).

Применение аммофоса способствовало увеличению массы растения до 47,4 г и массы плодов до 144 г, а также длины побега до 159 см. Однако количество плодов осталось неизменным (2 шт.), что может указывать на ограниченное влияние данного удобрения на плодоношение.

Таблица 1 – Влияние системы удобрений на формирование биомассы растений огурца, 2022г.

Варианты опыта	Длина побега, см	Количество листьев, шт	Площадь листьев, см ²	Количество плодов, шт.	Масса плодов на 1 раст, г
Контроль	138	35	39,2	2	101
Аммофос	159	34	40,7	2	144
Цеолит	143	22	41,2	4	183
МЦУ	227	36	41,9	4	184

В варианте с внесением цеолита масса растения составила 45,3 г, что несколько ниже, чем у аммофоса, но при этом отмечено значительное увеличение количества и массы плодов. Это позволяет предположить, что цеолит способствует повышению продуктивности, даже если его влияние на массу растения и длину побега менее выражено.

Наилучшие результаты показало применение модифицированного цеолитного удобрения (МЦУ): масса растения достигла 71,7 г, длина побега — 227 см, масса плодов увеличилась до 184 г, а их количество возросло до 4 шт.

Исследование влияния систем удобрений на формирование биомассы томатов показало, что в данном варианте наблюдалось увеличение длины побега до 44 см, площади листьев — до 27,2 см², а число листьев достигало 22 (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние системы цеолита и удобрений на формирование биомассы растений томата, 2022 г.

Варианты опыта	Длина побега, см	Количество листьев, шт	Площадь листьев, см ²	Количество плодов, шт.	Масса плодов на 1 раст, г
Контроль	40	18	24,6	4	55
Аммофос	44	22	27,2	5	52
Цеолит	48	24	28,9	5	64
МЦУ	46	21	32,1	5	59

При этом масса плодов несколько снизилась до 52 г, несмотря на рост их количества. Цеолит обеспечил наибольшие показатели по длине побега (48 см) и площади листьев (28,9 см²), а также максимальную массу плодов (64 г).

При внесении МЦУ отмечено увеличение площади листьев (32,1 см²) и массы плодов (59 г), что подтверждает его положительное влияние на продуктивность томатов.

Исследование эффективности наномодифицированного цеолитного удобрения показало, что его применение оказало положительное влияние на качественные характеристики плодов изучаемых овощных культур (таблица 3). Внесение цеолита и удобрений способствовало увеличению содержания сухого вещества во всех органах растений.

При использовании NPK наблюдалось незначительное повышение содержания сухого вещества в огурцах (до 10,4%) и витамина С (до 7,0 мг/100 г), но при этом уровень нитратов увеличился до 320 мг/кг. В варианте с цеолитом содержание сухого вещества и сахаров возросло до 10,9% и 4,5% соответственно, а уровень нитратов снизился до 213 мг/кг, что является минимальным значением среди всех вариантов. При этом содержание витамина С оставалось на уровне 7,0 мг/100 г.

В плодах томатов при внесении NPK содержание сухого вещества незначительно увеличилось до 5,4%, однако уровень нитратов повысился до 132 мг/кг. Внесение цеолита способствовало снижению нитратов до 83 мг/кг.

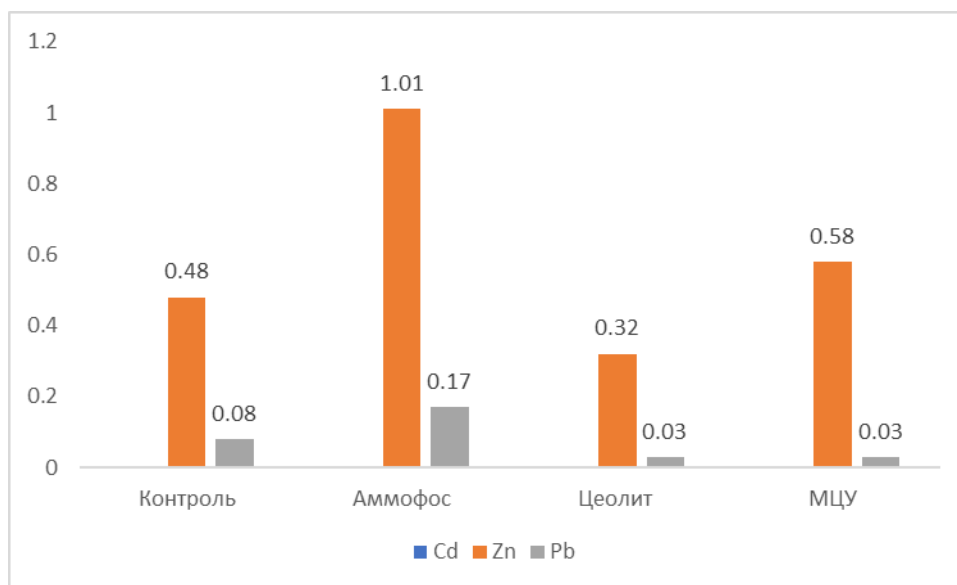
Таблица 3 – Влияние цеолита и удобрений на качественные показатели плодов овощных культур, 2022 г.

Вариант опыта	сухое вещество, %	Общий сахар, %	нитраты, мг/кг	Витамин С, мг/100 г
Огурец				
Контроль	4,2	1,1	240	6,8
Аммофос	4,4	1,1	320	7,0
Цеолит	4,9	1,5	213	7,0
МЦУ	4,1	1,1	222	7,0
НСР ₀₅	0,1	0,01	10,2	2,9
томат				
Контроль	5,1	3,26	97	19,1
Аммофос	5,4	3,24	132	19,3
Цеолит	5,7	3,45	83	19,1
МЦУ	5,9	3,75	89	19,1
НСР ₀₅	0,4	0,4	4,8	1,8

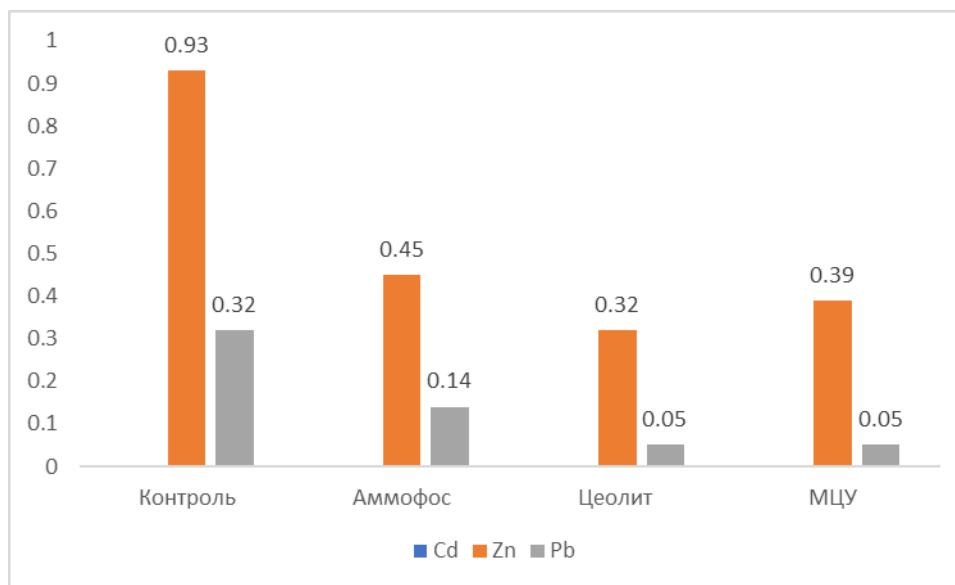
Использование МЦУ способствовало увеличению содержания сухого вещества в плодах овощных культур, а также снижению содержания нитратов.

Таким образом, применение цеолита и модифицированного цеолитного удобрения оказывает положительное влияние на качественные характеристики овощных культур. В частности, цеолит способствует снижению уровня нитратов, особенно в огурцах и томатах, одновременно увеличивая содержание сухого вещества и сахаров. МЦУ демонстрирует наибольшую эффективность в повышении содержания сухого вещества.

Исследование влияния цеолита и удобрений на содержание тяжелых металлов в овощах (рисунок 1) показало, что кадмий в образцах овощных культур не обнаружен.



А



В

Рисунок 1 – Влияние цеолита и удобрений на содержание тяжелых металлов в плодах огурца (А) и томата (В), мг/кг

***Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов овощных культур Cd-0,03; Zn -10,0; Pb-0,5 мг/кг [23]**

Максимальная концентрация цинка в плодах огурца зафиксирована на варианте с применением аммофоса (1,01 мг/кг), в то время как применение цеолита снижает этот показатель до 0,32 мг/кг. Использование МЦУ также способствует уменьшению содержания цинка (до 0,58 мг/кг) и свинца (до 0,03 мг/кг).

Концентрация цинка в плодах томатов составляет 0,93 мг/кг, однако при использовании цеолита она снижается до 0,32 мг/кг. Вариант с МЦУ демонстрирует несколько более высокий уровень цинка (0,39 мг/кг) по сравнению с цеолитом.

Применение цеолита и МЦУ способствует снижению содержания тяжелых металлов в овощах. В частности, использование цеолита уменьшает концентрацию цинка и свинца в плодах огурца и томата по сравнению с контрольными образцами. МЦУ также снижает уровень этих металлов, хотя в меньшей степени, чем цеолит. Кадмий в исследованных пробах не обнаружен. Это подтверждает, что использование цеолитных удобрений способствует повышению экологической безопасности сельскохозяйственной продукции за счет снижения накопления токсичных элементов в овощах.

Заключение. Исследования показали, что применение цеолита и модифицированного цеолитного удобрения (МЦУ) при выращивании овощных культур в темно-каштановой почве в условиях вегетационного опыта оказывает положительное влияние на формирование биомассы растений и их качественные характеристики, снижая содержание тяжелых металлов в продукции. Наиболее выраженный эффект показал вариант с МЦУ.

По качественным показателям, использование цеолита в плодах огурца обеспечило максимальное содержание сухого вещества (4,9%) и сахаров (1,5%) при минимальном содержании нитратов — 213 мг/кг. В то же время, при применении аммофоса нитраты достигали 320 мг/кг. В плодах томата цеолит также обеспечил наименьшее содержание нитратов — 83 мг/кг по сравнению с 132 мг/кг при использовании аммофоса. Содержание витамина С во всех вариантах с удобрениями находилось на стабильном уровне — 7,0 мг/100 г у огурца и 19,1–19,3 мг/100 г у томата.

При анализе тяжёлых металлов установлено, что кадмий не обнаружен во всех пробах. Максимальное содержание цинка в плодах огурца зафиксировано при применении

аммофоса, тогда как при использовании цеолита этот показатель снизился до 0,32 мг/кг, а при МЦУ — до 0,58 мг/кг. Аналогичная тенденция наблюдается у томатов. Уровень свинца в плодах огурца при использовании МЦУ снизился до 0,03 мг/кг, что существенно ниже предельно допустимой концентрации (0,5 мг/кг).

Таким образом, цеолит и МЦУ демонстрируют высокую эффективность как в повышении урожайности овощных культур, так и в улучшении их качества и экологической безопасности.

Финансирование. Данная работа выполнена по проекту: AP13068349 «Разработка приемов повышения продуктивности овощных культур путем применения наномодифицированного цеолитного удобрения на юго-востоке Казахстана» в рамках грантового финансирования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2022-2024 гг.

Литература:

- [1] Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства. Послание Президента Республики Казахстан – Лидера Нации Н.А. Назарбаева народу Казахстана, г. Астана, 14 декабря 2012 года. <http://strategy2050.kz> (дата обращения 06.01.2024)
- [2] Экология и здоровье нации. Сборник 7. 3-е издание, перераб. и доп. – Караганда: Изд-во Карагандинского государственного технического университета, 2016. – 109 с.
- [3] **Юсупов, М.**, Петров Е., Ахметова Ф. Овощеводство в Казахстане. – Алматы, 2000. – 1 том. – С. 23-25.
- [4] **Аханов, Ж.У.** Почвенные ресурсы Казахстана, проблемы их рационального использования в сельском хозяйстве, Производство и применение минеральных удобрений в Казахстане. – Тараз, 2004. – С.22-26.
- [5] **Сапаров, А.С.** Состояние и перспективы развития почвенной науки Казахстана, Состояние и перспективы развития почвоведения. – Алматы, 2005. – С.4-5.
- [6] **Мамбетова, М.**, Ергазиева Г., Жокетаева А. (2023). Физико-химические характеристики и сорбционные свойства природных цеолитов по диоксиду углерода // Горение и плазмохимия, 2023. – 21(2). – С. 81-87.
- [7] **Романова, Г.А.** Цеолиты: эффективность и применение в сельском хозяйстве. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. – Ч. 1. – 296 с.
- [8] **Valente, S.**, Burriesci N., Cavallaro S., Galvagno S., Zipelli C. Utilization of zeolite as soil conditioner in tomato growing // Zeolites, 1986. – 2(4):271-274.
- [9] **Sonawane, N.S.** Effect of zeolite application on soil properties, yield and nutrient uptake of maize on Inceptisol. M.Sc. thesis, Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth, Rahuri, 2019. – 12(8): 705-710.
- [10] **Романова, Г.А.** Цеолиты: эффективность и применение в сельском хозяйстве. Ч. 1. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. – 296 с.
- [11] **Самутенко, Л.В.** Оценка действия цеолита и серпентинита на плодородие почв Сахалина / Сельское хозяйство Севера на рубеже тысячелетий. Ч. 2., 2004. – С. 71-77.
- [12] **Кодякова, Т.Е.** Применение собственных сырьевых ресурсов для улучшения плодородия почв ЕАО (К вопросу применения торфа, сапропеля, цеолитов, фосфоритов и карбонатов) // Аграрная наука – сельскому хозяйству. Кн. 1. – Барнаул, 2006. – С. 110-112.
- [13] **Василина, Т.**, Балгабаев А., Шибикеева А., Бакенова Ж., Наушабаева С. Эффективность применения цеолита в овощеводстве в предгорной зоне юго-востока Казахстана. Почвоведение и агрохимия, 2024. – (2):29-38. https://doi.org/10.51886/1999-740X_2024_2_29
- [14] **Кузнецов, А.Ю.**, Кузин Е.Н. Влияние природного цеолита и удобрений на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // Плодородие, 2009. – № 3. – С. 12-13.
- [15] **Газданов, А.У.**, Юлдашев М.А., Солдатова И.Э. Восстановление деградированных горных кормовых угодий // Земледелие, 2008. – № 3. – С. 20-21.
- [16] **Андроникашвили, Т.Г.**, Гамисония М.К., Кардава М.А. Влияние использования природных цеолитов в качестве удобрений на химические и физико-химические свойства подзолистых и карбонатных почв влажных субтропиков Грузии // Annals of Agrarian Science, 2006. – Т. 4. – № 1. – С. 9-14.

- [17] **Кан, В.М.**, Титов И.Н., Кусаинова А.А. Ресурсосберегающие биотехнологии в земледелии РК. // Мат. межд. конф. Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы. – Минск, 2010. – С. 14-20.
- [18] **Матыченков, В.В.**, Аммосова Я.М. Влияние аморфного кремнезема на некоторые свойства дерново-подзолистых почв // Почвоведение, 1994. – № 7. – С.52-61.
- [19] **Nonaka, K.**, Takahashi K. A method of measuring available silicates in paddy soils // Jpn. Agric. Res., 1988. – Vol. 22. – P. 91-95.
- [20] **van Koningsveld, H.**, Bennett, J.M. Zeolite Structure Determination from X-Ray Diffraction. In: Structures and Structure Determination. Baerlocher, C., Bennett, J.M., Depmeier, W., Fitch, A.N., Jobic, H., Koningsveld, H., Meier, W.M., Pfenninger, A., Terasaki, O. (Eds.). Springer, Berlin, Heidelberg, 1999. – pp 1-29.
- [21] **Пискунов, А.С.** Методы агрохимических исследований / А.С. Пискунов. – М.: КолосС, 2004. – 312 с.
- [22] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 358 с.
- [23] **Duesk, T.A.** Heavy metal immission and genetic constitution of plant populations in the vicinity of two metal emission sources//Angew. Bot., 1984. – Vol. 58. – № 1. – P. 47-53.

References:

- [1] Strategija «Kazakhstan-2050»: novyj politicheskij kurs sostojavshegosja gosudarstva. Poslanie Prezidenta Respubliki Kazakhstan – Lidera Nacii N.A. Nazarbaeva narodu Kazakhstana, g. Astana, 14 dekabrja 2012 goda. <http://strategy2050.kz> (data obrashhenija 06.01.2024) [in Russian]
- [2] Jekologija i zdorov'e nacii. Sbornik 7. 3-e izdanie, pererab. i dop. – Karaganda: Izd-vo Karagandinskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2016. – 109 s. [in Russian]
- [3] **Jusupov, M.**, Petrov E., Ahmetova F. Ovoshhevodstvo v Kazakhstane. – Almaty, 2000. – 1 tom. – S. 23-25. [in Russian]
- [4] **Ahanov, Zh.U.** Pochvennye resursy Kazakhstana, problemy ih racional'nogo ispol'zovanija v sel'skom hozjajstve, Proizvodstvo i primenenie mineral'nyh udobrenij v Kazakhstane. – Taraz, 2004. – S.22-26. [in Russian]
- [5] **Saparov, A.S.** Sostojanie i perspektivy razvitija pochvennoj nauki Kazakhstana, Sostojanie i perspektivy razvitija pochvovedenija. – Almaty, 2005. – S.4-5. [in Russian]
- [6] **Mambetova, M.**, Ergazieva, G., Zhoketaeva, A. (2023). Fiziko-himicheskie harakteristiki i sorbcionnye svojstva prirodnyh ceolitov po dioksidu ugleroda // Gorenje i plazmohimija, 2023. – 21(2). – S. 81-87. [in Russian]
- [7] **Romanova, G.A.** Ceolity: jeffektivnost' i primenenie v sel'skom hozjajstve. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2000. – Ch. 1. – 296 s. [in Russian]
- [8] **Valente, S.**, Burriesci N., Cavallaro S., Galvagno S., Zipelli C. Utilization of zeolite as soil conditioner in tomato growing // Zeolites, 1986. – 2(4):271-274.
- [9] **Sonawane, N.S.** Effect of zeolite application on soil properties, yield and nutrient uptake of maize on Inceptisol. M.Sc. thesis, Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth, Rahuri, 2019. – 12(8): 705-710. [in Russian]
- [10] **Romanova, G.A.** Ceolity: jeffektivnost' i primenenie v sel'skom hozjajstve. Ch. 1. — M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2000. – 296 s. [in Russian]
- [11] **Samutenko, L.V.** Ocenka dejstvija ceolita i serpentinita na plodorodie pochv Sahalina / Sel'skoe hozjajstvo Severa na rubezhe tysjacheletij. Ch. 2., 2004. – S. 71-77. [in Russian]
- [12] **Kodjakova, T.E.** Primenenie sobstvennyh syr'evykh resursov dlja uluchshenija plodorodija pochv EAO (K voprosu primenenija torfa, sapropelja, ceolitov, fosforitov i karbonatov) // Agrarnaja nauka – sel'skomu hozjajstvu. Kn. 1. – Barnaul, 2006. – S. 110-112. [in Russian]
- [13] **Vasilina, T.**, Balgabaev A., Shibikeeva A., Bakenova Zh., Naushabaeva S. Jeffektivnost' primenenija ceolita v ovoshhevodstve v predgornoj zone jugo-vostoka Kazakhstana. Pochvovedenie i agrohimiya, 2024. – (2):29-38. https://doi.org/10.51886/1999-740X_2024_2_29 [in Russian]
- [14] **Kuznecov, A.Ju.**, Kuzin E.N. Vlijanie prirodnogo ceolita i udobrenij na svojstva pochvy i urozhajnost' sel'skohozjajstvennykh kul'tur // Plodorodie, 2009. – № 3. – S. 12-13. [in Russian]
- [15] **Gazdanov, A.U.**, Juldashev M.A., Soldatova I.Je. Vosstanovlenie degradirovannykh gornykh

kormovyh ugodij // Zemledelie, 2008. – № 3. – S. 20-21. [in Russian]

[16] **Andronikashvili, T.G.**, Gamisonija M.K., Kardava M.A. Vlijanie ispol'zovaniya prirodnih ceolitov v kachestve udobrenij na himicheskie i fiziko-himicheskie svojstva podzolistyh i karbonatnyh pochv vlazhnyh subtropikov Gruzii // Annals of Agrarian Science, 2006. – T. 4. – № 1. – S. 9-14. [in Russian]

[17] **Kan, V.M.**, Titov I.N., Kusainova A.A. Resursosberegajushhie biotehnologii v zemledelii RK. // Mat. mezhd. konf. Vermikompostirovanie i vermikul'tivirovanie kak osnova jekologicheskogo zemledelija v XXI veke: dostizhenija, problemy, perspektivy. – Minsk, 2010. – S. 14-20. [in Russian]

[18] **Matychenkov, V.V.**, Ammosova Ja.M. Vlijanie amorfnogo kremnezema na nekotorye svojstva derno-podzolistyh pochv // Pochvovedenie, 1994. – № 7. – S.52-61. [in Russian]

[19] **Nonaka, K.**, Takahashi K. A method of measuring available silicates in paddy soils // Jpn. Agric. Res., 1988. – Vol. 22. – P. 91-95.

[20] van Koningsveld H., Bennett J.M. Zeolite Structure Determination from X-Ray Diffraction. In: Structures and Structure Determination. Baerlocher C., Bennett J.M., Depmeier W., Fitch A.N., Jobic H., Koningsveld H., Meier W.M., Pfenninger A., Terasaki O. (Eds.). Springer, Berlin, Heidelberg, 1999. – pp 1-29.

[21] **Piskunov, A.S.** Metody agrohimicheskikh issledovanij / A.S. Piskunov. – M.: KolosS, 2004. – 312 s. [in Russian]

[22] **Dosphehov, B.A.** Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 358 s. [in Russian]

[23] **Duesk, T.A.** Heavy metal immission and genetic constitution of plant populations in the vicinity of two metal emission sources//Angew. Bot., 1984. – Vol. 58. – № 1. – P. 47-53.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ЦЕОЛИТНЫЙ ТЫНАЙТҚЫШТЫҢ КҮНГІРТ ҚАРА-ҚОҢЫР ТОПЫРАҚ ЖАҒДАЙЫНДА КӨКӨНІС ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІ МЕН САПАСЫНА ӘСЕРІ

Василина Т.К.¹, PhD

Әбілдаев Е.С.¹, PhD

Жаппарова А.А.¹, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

Шибикеева А.М.¹, PhD

Райымбекова И.Қ.², PhD

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. 2022 жылғы зерттеулер барысында қара-қоңыр топырақ жағдайында вегетациялық тәжірибе негізінде әртүрлі тыңайтқыш жүйелерінің көкөніс дақылдарының өсуі, дамуы және сапасына әсері зерттелді. Бақылау нұсқасында өсімдіктердің биомассасы мен өнімділігі бойынша ең төменгі көрсеткіштер байқалды. Аммофос тыңайтқышын қолдану өсімдік пен жемістің массасын арттырғанымен, жеміс санына айтарлықтай әсер етпеді. Цеолитті қолдану өсімдіктің массасы мен өркен ұзындығының сәл төмендеуіне қарамастан, өнімділікті арттырып, жемістердің саны мен массасының көбеюіне ықпал етті. Модифицирленген цеолит тыңайтқышын (МЦУ) қолданғанда қиярда өркен ұзындығы 227 см, жеміс массасы — 184 г, өсімдік массасы — 71,7 г, ал жеміс саны — 4 данаға жетті. Қызанақта цеолит ең үлкен өркен ұзындығын (48 см), жапырақ бетінің ауданын (28,9 см²) және жеміс массасын (64 г) қамтамасыз етсе, МЦУ жапырақ бетінің ең үлкен ауданын (32,1 см²) және құрғақ заттың ең жоғары мөлшерін (5,9%) көрсетті. Сонымен қатар нитраттар деңгейінің төмендеуі анықталды (қызанақта — 83 мг/кг дейін, қиярда — 213 мг/кг дейін), сондай-ақ ауыр металдардың мөлшері азайды: қызанақта мырыш — 0,32 мг/кг, қорғасын — 0,05 мг/кг дейін төмендеді. Ең жақсы нәтижелер модифицирленген цеолит тыңайтқышын (МЦУ) қолдану кезінде алынды, ол өсімдіктер массасының, өркен ұзындығының, жемістер саны мен массасының ең жоғары көрсеткіштерін қамтамасыз етті. Сонымен қатар, цеолит пен МЦУ қолдану жеміс сапасының жақсаруына, құрғақ зат мөлшерінің артуына және нитрат деңгейінің төмендеуіне оң әсер етті.

Тірек сөздер: тыңайтқыштар, цеолит, көкөніс дақылдары, сапалық көрсеткіштер, күнгірт қара-қоңыр топырақ.

EFFECT OF MODIFIED ZEOLITE FERTILIZER ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF VEGETABLE CROPS UNDER DARK CHESTNUT SOIL CONDITIONS

T.K. Vassilina¹, PhD

Abildayev Ye.S.¹, PhD

Zhapparova A.A.¹, Candidate of Agricultural Sciences

Shibikeeva A.M.¹, PhD

Raiymbekova I.K.², PhD

¹Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

Annotation. In the course of 2022 research, the effect of various fertilizer systems on the growth, development, and quality of vegetable crops was studied under vegetative conditions on dark chestnut soil. The control variant showed the lowest values of plant biomass and productivity. The application of ammophos increased plant and fruit mass but had little effect on the number of fruits. The use of zeolite contributed to increased productivity by enhancing both the number and weight of fruits, despite a slight decrease in plant mass and shoot length compared to ammophos. In cucumbers, the application of modified zeolite fertilizer (MZF) resulted in a shoot length of 227 cm, fruit mass of 184 g, plant mass of 71.7 g, and fruit count of 4 per plant. In tomatoes, zeolite provided the highest shoot length (48 cm), leaf area (28.9 cm²), and fruit mass (64 g), while MZF resulted in the largest leaf area (32.1 cm²) and dry matter content (5.9%). A reduction in nitrate levels was also observed (in tomatoes — down to 83 mg/kg, in cucumbers — down to 213 mg/kg), as well as a decrease in heavy metals: zinc content in tomatoes dropped to 0.32 mg/kg, lead — to 0.05 mg/kg. The best results were achieved with the application of modified zeolite fertilizer (MZF), which ensured the highest values for plant mass, shoot length, and both the number and weight of fruits. Moreover, the use of zeolite and MZF had a positive impact on the qualitative characteristics of fruits by increasing dry matter content and reducing nitrate levels.

Keywords: fertilizers, zeolite, vegetable crops, quality, dark chestnut soil.