

**ВЫЯВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ  
ПОКАЗАТЕЛЬНЫМИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ ПРИ  
ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ НУЛЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**Зуева Н.Б.\***, магистр химии

[kotvic@bk.ru](mailto:kotvic@bk.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8261-2040>

**Жлоба Л.Д.**, научный сотрудник

[zlobal@mail.ru](mailto:zlobal@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3676-1752>

**Мамыкин Е.В.**, магистр агрономии

[mamykin\\_ev@mail.ru](mailto:mamykin_ev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1748-2969>

**Жлоба Г.П.**, магистр агрохимии и почвоведения

[galinka\\_forever@mail.ru](mailto:galinka_forever@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0002-9117-6268>

*ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева»,  
п. Научный, Казахстан*

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследования влияния нулевой технологии на почвенные процессы, взаимодействие макро- и микроэлементов, микроорганизмов и показателей почвенного плодородия, меди, кадмия и цинка в почве. Нулевая технология обеспечивает комплексный подход к обработке почвы, сохраняя ее структуру, улучшая ее свойства и обеспечивая устойчивое производство продовольственных культур. На черноземе южно-карбонатном на Севере Казахстана, в ТОО «НПЦЗХ имени А.И. Бараева», изучалось многолетнее применение нулевой технологии в стационарном опыте лаборатории агрохимии и удобрений и выявление корреляционной взаимосвязи между показателями почвенного плодородия, подвижными макро – и микроэлементами и микроорганизмами почвы. В ходе наблюдений была установлена тесная корреляционная взаимосвязь между различными показателями почвенного плодородия. Изучено взаимодействие между содержанием подвижных форм макро- и микроэлементов (азота, фосфора, калия, меди, кадмия и цинка) и численностью и видовым составом почвенных микроорганизмов. Полученные данные показали, что взаимосвязь между содержанием нитратного азота и фосфора в почве является одним из ключевых факторов, определяющих уровень почвенного плодородия, соответственно здоровье и продуктивность растений.

**Ключевые слова:** фосфор, азот, медь, цинк, кадмий, органический углерод, гуминовые и фульвокислоты, микроорганизмы.

**Введение.** Почвенные ресурсы являются фундаментальным фактором сельскохозяйственного производства и экономики страны в целом. Учет и оценка их состояния имеют первостепенное значение, поскольку почва служит основой для выращивания сельскохозяйственных культур. Почва является неотъемлемой частью наземных экосистем и выполняет множество экологических функций, обеспечивающих существование всех организмов, связанных с ней. Значение почвы определяется ее многогранной ролью в функционировании наземных и глобальных экосистем. Почва является основой наземных экосистем. Она обеспечивает место для роста растений и обитания животных [1]. Кроме того, почва хранит культурное наследие, свидетельствуя о прошлой человеческой деятельности и землепользовании. Понимание многочисленных функций почвы позволяет оценить ее неопределимое значение в сохранении экологического благополучия планеты. Почва обеспечивает продовольственную безопасность, регулирует климат, сохраняет биоразнообразие и защищает экосистемы от загрязнения. Обеспечение устойчивого управления почвой, включая минимизацию механического воздействия и сохранение органического вещества, имеет решающее значение для поддержания здоровых

экосистем и обеспечения благополучия будущих поколений.

В Республике Казахстан имеются значительные земельные ресурсы, которые при рациональном использовании и улучшении способны обеспечить производство разнообразной сельскохозяйственной продукции, удовлетворяющей как внутренние потребности, так и спрос на экспортных рынках [2].

В настоящее время земледелие столкнулось с проблемой экологизации, что подразумевает разработку и внедрение передовых технологий. Эти технологии направлены на максимальное энерго- и ресурсосбережение, сохранение плодородия почв, экологическую безопасность и охрану окружающей среды. Ключевыми элементами здесь являются минимизация обработки почвы и переход на нулевую технологию. Технология No-Till отличается тем, что не предполагает механических обработок почвы. На ее поверхности постоянно накапливаются и сохраняются растительные остатки, в том числе корни в почвенном слое. Другой отличительной особенностью является узкорядный посев. Эффективное использование земельных ресурсов является ключом к обеспечению продовольственной безопасности, экономической стабильности и экологического благополучия страны. Рациональное использование ресурсов, применение наукоемких технологий и политика, поддерживаемая государством, играют решающую роль в достижении этих целей [3].

Нулевая технология, которая отличается отсутствием механической обработки и предполагает постоянное сохранение растительных остатков (мульчи) на ее поверхности, особенно эффективна в регионах с ветровой и водной эрозией, а также в условиях сокращающихся водных ресурсов. Она обеспечивает множество преимуществ для почвы, урожая и окружающей среды [4]. Растительные остатки, оставленные на поверхности почвы, действуют как защитный слой, предотвращая эрозию ветром и водой, способствуют накоплению органических веществ, которые улучшают структуру почвы и повышают ее способность удерживать влагу. В результате уменьшается сток поверхностных вод и сокращается испарение, что приводит к сохранению влаги и повышению устойчивости растений к засухе.

Растительные остатки, оставленные на поверхности почвы, разлагаются с помощью почвенных микроорганизмов, обогащая почву органическими веществами. Органические вещества улучшают структуру почвы, повышают ее плодородие и обеспечивают естественное питание для растений. Этот процесс способствует восстановлению плодородного слоя почвы и повышению ее продуктивности. Исследования показывают, что система No-Till оказывает положительное влияние на физические, химические и биологические свойства почвы. Благодаря отсутствию механической обработки почва сохраняет свою естественную структуру, обеспечивая лучшую аэрацию и инфильтрацию воды. Механическая обработка может нарушать почвенную структуру, уплотнять ее и снижать ее проницаемость для воды и воздуха. При использовании системы нулевой технологии наблюдается увеличение содержания в почве органического вещества, азота, фосфора и калия. Кроме того, повышается уровень рН почвы, что создает более благоприятные условия для роста растений [5-8]. Отсутствие механической обработки почвы благоприятно влияет на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. Микроорганизмы играют важную роль в разложении органических веществ, циклировании питательных веществ и формировании здоровой почвенной экосистемы.

При использовании системы нулевой технологии, когда на почву практически не оказывается механического воздействия, наблюдается повышение уровня её биологической активности. Это связано с тем, что микроорганизмы, населяющие почву, получают постоянный источник питания благодаря органическому веществу, которое остаётся на поверхности в виде растительных остатков. Кроме того, в почве создаются благоприятные условия для микроорганизмов за счёт сохранения стабильной температуры и влажности.

В целом, система нулевой технологии обеспечивает комплексный подход к обработке почвы, сохраняя её структуру, улучшая её свойства и обеспечивая устойчивое производство

продовольственных культур.

Взаимосвязь между зависимыми явлениями может быть правильно оценена только с помощью расчета коэффициентов корреляции. Этот метод широко используется при изучении закономерностей распределения микроэлементов. Однако корреляционных связей в почвах и их причинная интерпретация представляют большую сложность и в настоящее время недостаточно разработаны [9].

Целью нашей работы выявить корреляционную зависимость основных показателей плодородия и микроэлементов почвы при почвенно-экологической оценке нулевой технологии.

**Материалы и методы исследования.** Исследования проводились на полевых многолетних стационарах лаборатории агрохимии и удобрений (поле №9), ТОО «Научно-производственного центра зернового хозяйства имени А.И. Бараева», расположенных в зоне южных карбонатных черноземов Акмолинской области, в посевах гороха, и пшеницы и льна, возделываемых по нулевой технологии, в четырёхпольном севообороте: горох - пшеница - лен – пшеница.

Отбор почвенных проб в слое 0-20 см. Для агрохимических исследований, почвенные образцы отбирались согласно стандарту ГОСТ 28168-89.

В работе применялись физико-химические методы исследования. Кислотность почвы (рН водный) определяли потенциометрически на рН-метре И-160МИ, содержание гумуса – по методу Тюрина, подвижный фосфор и калий – по Мачигину, азот нитратов – методом ЦИНАО [10]. Микроэлементный состав почвы определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на анализаторе АА-140 (Varian, Австрия), подвижную форму – экстракцией ацетатно-аммонийным буфером при рН 4,8 [11]. Определение микроорганизмов в почве проводили общепринятыми в почвенной микробиологии методами [12] с соблюдением стерильности.

Оценку качества проводили в аккредитованной лаборатории почвенно-агрохимических исследований, аттестат аккредитации № KZ.T.03.1538. Корреляционный анализ данных проведен с использованием программы MS Excel.

**Результаты и обсуждения.** Содержание нитратного азота в почве коррелирует с содержанием подвижной серы, уровнем рН почвы, а также численностью аммонифицирующих и иммобилизующих бактерий, представленными в таблице 1. Сера и азот играют решающую роль в синтезе белков, поэтому между питанием растений этими элементами существует тесная взаимосвязь [13]. Аммонифицирующие бактерии превращают органические соединения азота в аммоний ( $\text{NH}_4^+$ ), а иммобилизующие бактерии связывают  $\text{NH}_4^+$  и нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ) в органические формы. Численность этих бактерий в почве напрямую зависит от содержания нитратного азота, поскольку они используют его в качестве источника питания. Азот, связанный в органических соединениях, относительно невелик в почве и может быть использован только микроорганизмами, такими как бактерии и грибы [14]. По шкале Чеддока, корреляционная взаимосвязь между численностью иммобилизаторов и нитратным азотом была умеренной ( $r = 0,40$ ), а между численностью аммонификаторов и нитратным азотом — заметной ( $r = 0,61$ ). Более сильная корреляция между аммонификаторами и нитратным азотом предполагает, что численность аммонификаторов более тесно связана с доступностью нитратов в почве. Помимо вышеперечисленных факторов, содержание нитратного азота в почве также может влиять на активность других микроорганизмов, например, денитрифицирующих бактерий, которые превращают нитраты в газообразные формы азота ( $\text{N}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}$ ). Динамика содержания нитратного азота в почве важна для поддержания продуктивности экосистем. Нитратный азот является основным источником азота для растений, и его доступность влияет на рост и развитие растительности. Поддержание оптимального уровня нитратного азота в почве имеет большое значение для здоровья растений, окружающей среды и продовольственной безопасности. Понимание факторов, влияющих на содержание нитратов, позволяет использовать научно обоснованные практики управления почвой для достижения этой цели.

**Таблица 1 – Корреляционная взаимосвязь между показателями почвенного плодородия, подвижными макро- и микроэлементами, и микроорганизмами почвы**

	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	pH	C <sub>общ</sub>	C <sub>лаб</sub>	C <sub>гк</sub>	C <sub>фк</sub>	Ам*	Им*	Пг*	Цм*	Cu	Cd
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0,85	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> O	-0,75	0,57	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	0,56	0,77	0,05	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	0,74	0,28	0,76	-0,08	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C <sub>общ</sub>	0,23	0,28	0,54	-0,62	0,82	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C <sub>лаб</sub>	0,56	0,10	0,22	-0,18	-0,78	0,58	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
C <sub>гк</sub>	0,05	0,50	0,25	0,21	-0,42	0,55	0,80	1,00	-	-	-	-	-	-	-
C <sub>фк</sub>	0,55	0,55	0,25	0,09	-0,46	0,30	0,17	0,59	1,00	-	-	-	-	-	-
Ам*	0,40	0,50	0,82	-0,13	0,27	0,16	0,37	0,72	0,98	1,00	-	-	-	-	-
Им*	0,61	0,16	0,27	0,22	0,80	0,57	0,99	0,76	0,13	-0,33	1,00	-	-	-	-
Пг*	0,07	0,46	0,08	-0,43	0,66	0,83	0,80	0,92	0,25	-0,40	0,77	1,00	-	-	-
Цм*	0,98	0,93	0,68	-0,69	-0,59	0,04	0,43	0,19	0,53	-0,41	0,49	0,11	1,00	-	-
Cu	0,33	0,74	0,38	-0,45	0,24	0,54	0,59	0,95	0,63	-0,72	0,53	0,89	0,47	1,00	-
Cd	0,29	0,42	0,41	0,89	-0,18	0,58	0,33	0,16	0,52	-0,56	0,34	0,16	0,39	0,04	1,00
Zn	0,80	0,99	0,48	-0,83	-0,20	0,37	0,07	0,51	0,48	-0,44	0,13	0,51	0,91	0,75	0,49

\*Ам- Аммонификаторы; Им- Иммобилизаторы; Пг- Почвенные грибы; Цм - Целлюлозолитические микроорганизмы

Анализ содержания азота нитратов в почве и его взаимосвязи с другими параметрами. Содержание нитратного азота в почве имеет значительное влияние на ее плодородие и здоровье растений. Была выявлена обратная корреляция между содержанием азота нитратов и содержанием подвижного фосфора ( $r = -0,85$ ), подвижного калия ( $r = -0,75$ ) и подвижного цинка ( $r = -0,80$ ). Это означает, что по мере увеличения концентрации нитратного азота в почве количество этих питательных веществ уменьшается. Кроме того, содержание нитратного азота в почве тесно связано с микробиологической активностью. В данном исследовании была установлена чрезвычайно высокая отрицательная корреляция между содержанием нитратного азота и целлюлозолитическим комплексом микроорганизмов ( $r = -0,98$ ). Это указывает на то, что высокие уровни нитратного азота могут ингибировать активность микроорганизмов, ответственных за разложение растительных остатков и формирование гумуса. Содержание нитратного азота также имеет отрицательную взаимосвязь с органическим веществом почвы. Была обнаружена отрицательная корреляция с содержанием гумуса ( $r = -0,67$ ), лабильного углерода ( $r = -0,56$ ) и углерода в фульвокислотах ( $r = -0,55$ ). Это свидетельствует о том, что высокие уровни нитратного азота могут подавлять накопление и стабильность органического вещества в почве.

Анализ содержания подвижного фосфора в почве и его взаимосвязи с другими параметрами. Подвижный фосфор является одним из наиболее важных питательных веществ

для растений. Исследование показало положительную корреляционную зависимость с подвижным калием, гумусом, углеродом в фульвокислотах, медью, цинком, численностью почвенных грибов и целлюлозолитическим комплексом микроорганизмов. По мере увеличения концентрации подвижного фосфора в почве возрастают уровни этих параметров. С другой стороны, содержание подвижного фосфора в почве имеет отрицательную корреляционную зависимость с подвижной серой, углеродом гуминовых кислот, численностью иммобилизаторов и подвижным кадмием. Это указывает на то, что высокие уровни подвижного фосфора могут подавлять накопление и стабильность органического вещества в почве, а также влиять на динамику подвижности тяжелых металлов.

Содержание подвижной меди в почве имеет прямую высокую корреляционную зависимость с подвижными соединениями фосфора, органическим веществом почвы, углеродом фульвокислот, численностью аммонификаторов и почвенными грибами. Избыточные концентрации меди в окружающей среде оказывают неблагоприятное воздействие на природные объекты, в том числе на почву, растения и микроорганизмы. Высокие концентрации меди в почвах приводят к изменению функционирования микробных сообществ, структуры и состава комплексов почвенных микроорганизмов, а также к доминированию небольшого числа видов [15].

Доступность меди растениям и ее подвижность в значительной мере определяются также реакцией среды. В кислых почвах медь более подвижна и доступна для растений, в то время как в щелочных почвах она менее подвижна и менее доступна. Медь является незаменимым микроэлементом для растений, необходимым для их роста и развития.

Содержание и подвижность меди и кадмия в почве находятся во взаимосвязи с органическим веществом, микробиотой и агрохимическими показателями. В почвах медь и кадмий относятся к микроэлементам, играющим важную роль в биохимических процессах растений. Однако их доступность и подвижность в почве существенно различаются, что связано с различным химическим поведением этих элементов и их взаимодействиями с почвенными компонентами. Медь является одним из наименее подвижных микроэлементов в почве. Ее мобильность во многом определяется процессами адсорбции на поверхности почвенных частиц и комплексообразования с органическими соединениями. Комплексообразование с органическими веществами, в частности, с гуминовыми кислотами, позволяет меди оставаться в растворимой форме и доступной для растений. Исследования показали, что содержание подвижных форм меди в почве отрицательно коррелирует с концентрациями углерода лабильного гумуса ( $r = -0,59$ ) и гуминовых кислот ( $r = -0,95$ ). Это указывает на то, что увеличение содержания органического вещества в почве может способствовать иммобилизации меди и снижать ее доступность растениям. Интересно отметить, что подвижность меди также отрицательно коррелирует с численностью микроорганизмов-иммобилизаторов ( $r = -0,72$ ), которые поглощают медь из почвенного раствора и переводят ее в нерастворимые формы.

Кадмий, в отличие от меди, является более подвижным элементом в почве. Его подвижность определяется как абиотическими факторами (например, pH почвы), так и биотическими факторами (активностью микроорганизмов). Анализ взаимосвязей между содержанием подвижного кадмия в почве и различными почвенными показателями выявил положительное влияние подвижной серы ( $r = 0,89$ ) и углерода фульвокислот ( $r = 0,52$ ). Подвижная сера может способствовать образованию растворимых комплексов с кадмием, что повышает его подвижность. Фульвокислоты, являясь более подвижной фракцией органического вещества, также могут образовывать комплексы с кадмием, способствуя его доступности растениям. Отрицательное влияние на подвижность кадмия в почве оказывает содержание подвижного фосфора ( $r = -0,42$ ), углерода общего гумуса ( $r = -0,58$ ) и численность микроорганизмов-иммобилизаторов ( $r = -0,56$ ). Подвижный фосфор может конкурировать с кадмием за адсорбционные центры на поверхности почвенных частиц, снижая его подвижность. Увеличение содержания общего гумуса может способствовать образованию устойчивых комплексов с кадмием, снижая его доступность для растений.

Микроорганизмы-иммобилизаторы усваивают неорганический азот, который может использоваться растениями, и таким образом, способствовать снижению концентрации подвижного кадмия в почве. Микроорганизмы играют важную роль в трансформации меди и кадмия в почве. Они способны окислять и восстанавливать эти металлы, а также образовывать с ними комплексы. Численность и состав микробного сообщества в почве могут существенно влиять на подвижность меди и кадмия. Например, исследования показали, что увеличение численности бактерий и актиномицетов может способствовать иммобилизации меди и кадмия в почве за счет образования комплексов и выделения органических кислот.

Цинк является важным микроэлементом для растений, но его доступность и усвояемость в почвах могут быть ограничены различными факторами. Одним из таких факторов является способность почвенных коллоидов поглощать цинк в катионной и анионной форме, что способствует его сохранению в почве и уменьшает его доступность для растений. Однако гумусовые вещества, такие как гуминовые и фульвокислоты, также могут связывать цинк и образовывать малоподвижные соединения, что приводит к дефициту этого элемента в почвах [9]. Исследования показали, что содержание цинка в почве имеет прямую корреляцию с подвижным фосфором, органическим веществом почвы, численностью почвенных грибов и целлюлозолитическим комплексом микроорганизмов, а также с содержанием подвижной меди. Это означает, что при повышении содержания цинка в почве, увеличивается доступность фосфора, органического вещества и подвижной меди для растений.

Однако наблюдается обратная корреляция между содержанием цинка и азота нитратов, подвижной серы, углерода гуминовых кислот, численностью иммобилизаторов и содержанием кадмия в почве. Это означает, что повышенное содержание цинка может снижать доступность азота, серы и кадмия для растений. Интересно отметить, что развитие целлюлозолитического комплекса микроорганизмов в почве оказывает положительное влияние на содержание подвижных форм фосфора и калия, а также на содержание органического вещества. Это связано с тем, что целлюлозолитические микроорганизмы способны разлагать органические материалы и освобождать питательные вещества, такие как фосфор и калий, делая их доступными для растений. Однако содержание азота нитратов и подвижной серы оказывает отрицательное влияние на развитие целлюлозолитического комплекса микроорганизмов, что может привести к снижению доступности фосфора, калия и органического вещества для растений.

**Заключение.** Таким образом, изучение корреляционной взаимосвязи между показателями почвенного плодородия, подвижными макро – и микроэлементами и микроорганизмами почвы, показало взаимосвязь: между азотом нитратов и фосфором в почве имеет большое значение для управления плодородием почвы и улучшения здоровья растений. Результаты данного исследования подчеркивают важность сбалансированного внесения удобрений и почвообрабатывающих практик, которые поддерживают оптимальные уровни питательных веществ и способствуют сохранению органического вещества почвы. Кроме того, они указывают на необходимость дальнейшего изучения микробиологических процессов, вовлеченных в динамику питательных веществ в почве, для оптимизации управления почвенным плодородием.

Содержание и подвижность меди и кадмия в почве зависят от множества факторов, включая свойства органического вещества, активность микроорганизмов и агрохимические показатели почвы. Понимание этих взаимосвязей имеет важное значение для управления питательными веществами и поддержания экологического равновесия в агроценозе.

Цинк играет важную роль в питании растений, но его доступность и усвояемость в почвах зависят от различных факторов, таких как способность почвенных коллоидов и гумусовых веществ связывать этот элемент. Кроме того, взаимодействие цинка с другими элементами и микроорганизмами в почве также оказывает влияние на его доступность для растений. Понимание этих факторов помогает разработать эффективные стратегии

улучшения питания растений цинком и повышения урожайности.

**Финансирования.** Работа была выполнена в рамках ПЦФ «Разработать и внедрить устойчивые системы земледелия для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата для различных почвенно-климатических зон Казахстана» на 2024-2026 годы по пректу ИРН BR22885719.

### Литература:

- [1] **Волобуев В.Р.** Экология почв. Баку: [Текст], 1963. – 81 с.
- [2] **Клебанович Н. В.,** Ефимова И. А., Прокопович С. Н. Почвы и земельные ресурсы Казахстана: учеб. материалы для студентов спец. 1-56 02 02 «Геоинформационные системы» [Текст]. – Минск: БГУ, 2016. – 46 с.
- [3] **Derpsch R.,** Friedrich T., Kassam A., Li H. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits // J. Agricultural and Biological Engineering, 2010, v. 3, p. 1 – 25.
- [4] **Wall P.** Experiences with crop residue cover and direct seeding in the Bolivian highlands // Mountain Research and Development. – 1999. – Vol. 19. – № 4. – P. 313 – 317.
- [5] **Mahboubi A.A.,** Lal R., Faussey N.R. Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1993. – V. 57, – P. 506 – 512.
- [6] **Ismail I.,** Blevins R.L., Frye W.W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields // Soil Sci Soc. Am. J. – 1994.- V. 58. – P. 193–198.
- [7] **Crovetto C.** No Tillage: The Relationship between No Tillage, Crop Residues, Plants and Soil Nutrition. Hualpen, Chile: Trama Impresores [Текст], 2006. – 216 p.
- [8] **Alvear M.,** Rosas A., Rouanet J.L., Borie F. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from Southern Chile // Soil and Tillage Research. – 2005. – V. 82. – P. 195–202.
- [9] Корреляционные ассоциации и модели уравнений регрессии микроэлементов в почве. Источник: <https://www.activestudy.info/korrelyacionnyye-associacii-i-modeli-uravnenij-regressii-mikroelementov-v-pochve/> © Зооинженерный факультет МСХА.
- [10] Практикум по Агрохимии: Учебное пособие. – 2-е изд., /Под ред. Академика РАСХН В.Г. Минеева [Текст]. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
- [11] Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства [Текст]// М.: ЦИНАО, 1992. – 53 с.
- [12]- **Теппер Е. З.** Практикум по микробиологии [Текст]. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
- [13] Сера и её роль в минеральном питании растений/ <https://glavagronom.ru/articles/rol-sery-v-mineralnom-pitanii-rasteniy-e52gki7rk> (обращение 5.05.2024 г.).
- [14] **Селивановская С.Ю.,** Латыпова В.З. Микроорганизмы в круговороте биогенных элементов. Часть 1. Азот / С.Ю. Селивановская, В.З. Латыпова. [Текст]. – Казань: Казан. ун-т, 2014. – 38 с.
- [15] **Репницына О.Н.,** Попова Л.Ф. Трансформация подвижных форм меди в сезоннопромерзающих почвах города Архангельска // Арктика и север. – 2012 – № 9. – С. 1–15.

### References:

- [1] **Volobuev V.R.** E`kologiya pochv [Soil ecology]. – Baku, 1963. – 81 s. [in Russian].
- [2] **Klebanovich N. V.,** Efimova I. A., Prokopovich S. N. Pochvy` i zemel`ny`e resursy` Kazaxstana: ucheb. materialy` dlya studentov specz. 1-56 02 02 «Geoinformacionny`e sistemy`» [Soils and land resources of Kazakhstan]. – Minsk: BGU, 2016. – 46 s. [in Russian].
- [3] **Derpsch R.,** Friedrich T., Kassam A., Li H. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits // J. Agricultural and Biological Engineering, - 2010. V. 3. p. 1 – 25. [in English].
- [4] **Wall P.** Experiences with crop residue cover and direct seeding in the Bolivian highlands // Mountain Research and Development. – 1999. – Vol. 19. – № 4. – P. 313-317. [in English].
- [5] **Mahboubi A.A.,** Lal R., Faussey N.R. Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1993. – V. 57. – P. 506-512. [in English].
- [6] **Ismail I.,** Blevins R.L., Frye W.W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields // Soil Sci Soc. Am. J. – 1994. – V. 58. – P. 193 – 198. [in English].
- [7] **Crovetto C.** No Tillage: The Relationship between No Tillage, Crop Residues, Plants and Soil –

Nutrition. Hualpen, Chile: Trama Impresores [Tekst], 2006. – 216 p. [in English]

[8] **Alvear M.**, Rosas A. Rouanet J.L., Borie F. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from Southern Chile // Soil and Tillage Research. – 2005. – V. 82. – P. 195-202. [in English].

[9] Корреляционны`е ассоциатии и модели уравнений регрессии микро`элементов в почве [Correlation associations and models of regression equations of trace elements in soil] // [Istochnik: <https://www.activestudy.info/korrelyacionnyye-associacii-i-modeli-uravnenij-regressii-mikroelementov-v-pochve/> © Zoonzhenerny`j fakul`tet MSXA]. [in Russian].

[10] Практикум по Агрохимии [Agrochemistry Workshop]: Uchebnoe posobie. – 2-e izd., / Pod red. Akademika RASXN V.G. Mineeva. – M.: Izd-vo MGU 2001. – 689 s. [in Russian].

[11] Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhely`x metallov v pochvax sel`hozugodij i produkcii rastenievodstva [Guidelines for the determination of heavy metals in farmland soils and crop production] // - M: CINAО, 1992. – 53 s. [in Russian].

[12] **Tepper E. Z.** Praktikum po mikrobiologii [Microbiology Workshop]. – M.: Drofa, 2004. – 256 s. [in Russian].

[13] Sera i eyo rol` v mineral`nom pitanii rastenij [Sulfur and its role in the mineral nutrition of plants] /<https://glavagronom.ru/articles/rol-sery-v-mineralnom-pitanii-rasteniy-e52gki7rk> (obrashhenie 5.05.2024 g) [in Russian].

[14] **Selivanovskaya S.Yu.**, Laty`pova V.Z. Mikroorganizmy` v krugovorote biogenny`x e`lementov [Microorganisms in the cycle of biogenic elements]. Chast`1. Azot / S.Yu. Selivanovskaya, V.Z. Laty`pova.– Kazan`: Kazan. un–t, 2014. – 38 s. [in Russian].

[15] **Repnicyna O.N.**, Popova L.F. Transformaciya podvizhny`x form medi v sezonopromerzayushhix pochvax goroda Arxangel`ska [Transformation of mobile forms of copper in seasonally freezing soils of Arkhangelsk] // Arktika i sever. – 2012. – № 9. – S. 1–15. [in Russian].

## **НӨЛДІК ТЕХНОЛОГИЯНЫ ТОПЫРАҚ-ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ КЕЗІНДЕ ТОПЫРАҚ ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫНЫҢ НЕГІЗГІ КӨРСЕТКІШТЕРІ МЕН МИКРОЭЛЕМЕНТТЕР АРАСЫНДАҒЫ КОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ БАЙЛАНЫСТЫ АНЫҚТАУ**

**Зуева Н.Б.**, химия магистрі

**Жлоба Л.Д.**, ғылыми қызметкер

**Мамыкин Е.В.**, агрономия магистрі

**Жлоба Г.Т.**, агрохимия және топырақтану магистрі

*«А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Қазақстан,  
Научный к.*

**Аңдатпа.** Бұл мақалада топырақтағы макро- және микроэлементтердің, микроорганизмдердің және топырақ құнарлылығының, мыс, кадмий және мырыш көрсеткіштерінің өзара әрекеттесу процестеріне топырақ өңдеу технологиясының әсерін зерттеу нәтижелері берілген. No-till технологиясы топырақты өңдеуге, оның құрылымын сақтауға, қасиеттерін жақсартуға және азық-түлік дақылдарының тұрақты өндірісін қамтамасыз етуге кешенді көзқарасты қамтамасыз етеді. Солтүстік Қазақстандағы оңтүстік карбонатты қара топырақта А.И. Бараев атындағы ауыл шаруашылығын дамыту ғылыми-практикалық орталығында агрохимия және тыңайтқыштар зертханасының стационарлық тәжірибесінде нөлдік технологияны нөлдік технологияны ұзақ уақыт қолдану нәтижесінде топырақ құнарлылығы көрсеткіштері, жылжымалы макро- және микроэлементтер мен топырақ микроорганизмдері арасындағы корреляциялық байланыс айқындалды. Бақылаулар барысында топырақ құнарлылығының әртүрлі көрсеткіштері арасында тығыз байланыс анықталды. Макро- және микроэлементтердің (азот, фосфор, калий, мыс, кадмий және мырыш) жылжымалы формаларының мазмұны мен топырақ микроорганизмдерінің саны мен түрлік құрамы арасындағы өзара әрекеттесу зерттелді. Алынған мәліметтер топырақтағы нитрат азоты мен фосфордың мөлшері арасындағы байланыс топырақ құнарлылығының деңгейін және сәйкесінше өсімдіктердің саулығы мен өнімділігін анықтайтын негізгі факторлардың бірі екенін көрсетті.

**Тірек сөздер:** фосфор, азот, мыс, мырыш, кадмий, органикалық көміртегі, гумин және фульвоқышқылдары, микроорганизмдер.

# IDENTIFICATION OF THE CORRELATION BETWEEN THE MAIN INDICATORS OF SOIL FERTILITY AND TRACE ELEMENTS IN THE SOIL-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF ZERO TECHNOLOGY

**Zueva N.B.**, Master of Chemistry

**Zhloba L.D.**, Researcher

**Mamykin E.V.** Master of Agronomy

**Zhloba G.P.**, Master of Agrochemistry and Soil Science

*"Scientific and Production Center of Grain Farming named after A.I. Baraev " LLP  
Nauchnyj village, Kazakhstan*

**Annotation.** This article presents the results of a study of the influence of no-till technology on soil processes involving the interaction of macro- and microelements, microorganisms, and indicators of soil fertility, including copper, cadmium, and zinc. No-till technology provides a comprehensive approach to soil cultivation, preserving its structure, improving its properties and ensuring sustainable production of food crops. On the southern carbonate chernozem in the North of Kazakhstan in the A.I. Baraev Scientific and Practical Center for Agricultural Development, the long-term use of No-till technology was studied in a stationary experiment of the laboratory of agrochemistry and fertilizers and the identification of a correlation relationship between soil fertility indicators, mobile macro- and microelements and soil microorganisms. During the observations, a close correlation was established between various indicators of soil fertility. The interaction between the content of mobile forms of macro- and microelements (nitrogen, phosphorus, potassium, copper, cadmium and zinc) and the number and species composition of soil microorganisms was studied. The obtained data showed that the relationship between the content of nitrate nitrogen and phosphorus in the soil is one of the key factors determining the level of soil fertility and, accordingly, the health and productivity of plants.

**Keywords:** phosphorus, nitrogen, copper, zinc, cadmium, organic carbon, humic and fulvic acids, microorganisms.