

УДК 631.8:631.41:631.46:631.6(574.51)

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ И БОГАРЫ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

© 2021 г. З. А. Туkenова^{1,*}, М. Б. Алимжанова¹, К. Ашимулы², Т. Н. Акылбекова²

¹ *Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У. Успанова
А17А6Е8 Алматы, просп. аль-Фараби, 75в, Республика Казахстан*

² *Казахский национальный университет им. аль-Фараби
А17А6Е8 Алматы, просп. аль-Фараби, 71, Республика Казахстан*

**E-mail: otдел_nauki8@mail.ru*

Поступила в редакцию 26.07.2020 г.

После доработки 19.08.2020 г.

Принята к публикации 11.01.2021 г.

В системе современного земледелия зоны орошения и богары юго-востока Казахстана изучены физико-химические и биологические свойства почв под культурами плодосменного севооборота (кукуруза—рапс—соя—кормовая свекла) на орошаемой лугово-каштановой почве и на богаре светлокаштановой почвы под посевами люцерны на юго-востоке Республики. Показаны результаты хроматографического анализа почвенных образцов на содержание пестицидов. Выявлены виды почвенных беспозвоночных животных, а также почвенные ферменты, которые необходимо использовать в качестве биоиндикаторов для мониторинга загрязнения изученных почв пестицидами.

Ключевые слова: удобрения, орошение, богара, пестициды, мезофауна почв, ферментативная активность почв, экология, хроматографический анализ.

DOI: 10.31857/S0002188121050124

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших фундаментальных проблем почвоведения является познание процессов почвообразования и формирования плодородия почв. В этой связи наряду с физико-химическими показателями использование живых организмов в качестве биологических индикаторов на изменение среды вызывает необходимость разработки ряда критериев, на основе которых можно подбирать индикаторные виды. К таковым относятся биологическая активность почв (мезофауна, ферменты).

Вопросу изучения роли биологической активности в почвообразовательном процессе, в разложении органических веществ и влиянии хозяйственной деятельности человека на изменение почвенной фауны посвящено немало работ. Изменение физико-химических и биологических свойств почв при длительном применении удобрений вызывает необходимость разработки системы органического земледелия. Принцип органического земледелия предусматривает не только получение чистой продукции растениеводства, но и создание экологически чистой среды обита-

ния почвенных организмов. В этой связи изучение роли биологической активности почв при антропогенном формировании их плодородия является необходимым, чтобы одновременно использовать ее в качестве надежного живого индикатора, определяющего влияние различных факторов на здоровье почвы.

Многие исследователи считают [1–5], что современные приемы регулирования плодородия почв в сельском производстве основываются на следующих приемах, таких как структура посевов и севообороты, обработка почвы, удобрения, химические мелиоранты, орошение и осушение, почвозащитные мероприятия, включая нормативно-правовые. При этом степень воздействия определяется динамикой ряда агрофизических, агрохимических, биологических и экологических показателей. В связи с этим привлечение данных физико-химических и биологических свойств почв позволяет определить такое воздействие при сельскохозяйственных и лесохозяйственных мероприятиях и при оценке загрязнения среды отходами промышленности, тяжелыми металлами, пестицидами и радионуклидами. За последние

10–12 лет применение удобрений значительно сократилось, при этом снижение урожайности сельскохозяйственных культур происходило не так заметно, и даже в отдельные благоприятные годы отмечали увеличение урожайности зерновых культур.

Известно, что наряду с прямым действием удобрения обладают значительным последствием. Именно этим можно объяснить тот факт, что снижение продуктивности пашни происходит не пропорционально уменьшению количества вносимых удобрений [6–19]. Как считают многие исследователи, удобрения являются мощным рычагом регулирования качества получаемой продукции растениеводства [9–11, 17–19]. В частности, как отмечал ряд авторов [12, 13], внесение азотных удобрений способствовало наряду с повышением урожайности семян и содержания жира масличных культур, значительному улучшению технологических качеств жира, изменяя соотношение в нем ненасыщенных жирных кислот.

В Казахстане физико-химические и биологические исследования почв носят фрагментарный характер, в то время как научное познание проблемы управления современными почвообразовательными процессами в традиционных и агротехнических системах земледелия и повышение плодородия почв Казахстана требует системного изучения почвенной фауны во взаимосвязи с физико-географическими, педо-экологическими и антропогенными факторами. Несмотря на большое значение почвенной фауны в почвообразовательном процессе, в Казахстане она до сих пор изучена недостаточно. Отсутствие достаточных сведений о биологической активности почв предгорной зоны юго-востока Казахстана, недооценка роли мезо- и микроартропод и их значения в формировании и воспроизводстве почвенного плодородия, неразработанность методов биодиагностики почв определили актуальность и необходимость проведения системных исследований в этом направлении.

Данные о мезофауне почв юго-востока Казахстана будут служить основой для мониторинга почвенного плодородия при разработке современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в предгорных условиях юго-востока Казахстана; биодиагностики эффективности и экологичности агротехнических и агрохимических приемов повышения плодородия почв при органической системе земледелия.

Аналогичные исследования проводят в странах ближнего, зарубежья в различных почвенно-

климатических условиях [20, 21]. Отличительной особенностью наших исследований от имеющихся работ в научной литературе является изучение систем применения удобрений под кормовые культуры в многопольных короткоротационных севооборотах для крупных, средних и мелких хозяйств в почвенно-климатических условиях юго-востока Казахстана.

В условиях юго-востока Казахстана изучают влияние применения различных доз, сочетаний минеральных и органических удобрений на плодородие почвы, динамику ее агрохимических, биологических агрофизических показателей и продуктивность культур. На основании их будет дана эколого-агрохимическая оценка состояния почвы и качества продукции кормовых культур и экономическая эффективность различных систем применения удобрений.

Почвенное плодородие в значительной степени определяется заселением почв различными группами почвенной фауны, реагирующими в неодинаковой степени при изменении экологических условий. Биоиндикация позволяет выявить степень антропогенного воздействия, деградации почвы по структуре комплексов мезофауны и микроартропод. Причем более показательны не отдельные виды-индикаторы, а соотношения более крупных групп как в видовом, так и в количественном отношении [22].

Детальное изучение почвенной фауны как мощного естественного фактора увеличения глубины почвенного горизонта земной коры должно стать одним из важных направлений агробиологических исследований. В результате тех изменений, которые происходят в почве под влиянием деятельности почвенных животных (улучшение аэрации почвы, ее водопроницаемости, создание агрономически ценной структуры почвы, равномерное перемешивание органических и минеральных частиц, обогащение азотом и т.п.) повышается общее плодородие почвы. Это положение подтверждено многими исследованиями, специальными опытами преимущественно с дождевыми червями. В полевых условиях многие исследователи наблюдали более интенсивный рост ряда растений в местах активной деятельности животных [23–32]. Цель работы – изучение воздействия основных агроприемов на физико-химические и биологические свойства почв юго-востока Казахстана, в частности, установить коррелятивную связь почвенной фауны с основными традиционными показателями плодородия почв, что может существенно усилить их экологическое значение при оценке агроприемов в сельскохозяйственном производстве.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в полевых опытах в УОС “Агроуниверситет” Казахского национального аграрного университета на орошаемой лугово-каштановой почве и в полевых стационарных опытах отдела кормовых и масличных культур КазНИИ земледелия и растениеводства МСХ РК.

Полевые опыты в УОС “Агроуниверситет” на орошаемой лугово-каштановой почве проводили в 4-польном севообороте, развернутом в пространстве и во времени со следующим чередованием культур: кукуруза – соя – рапс – ячмень.

В посевах каждой культуры применяли следующую схему внесения удобрений, варианты: 1 – контроль без удобрений, 2 – расчетная доза минеральных удобрений, 3 – навоз 30 т/га, 4 – навоз 45 т/га, 5 – биогумус 6 т/га, 6. Солома 6 т/га, 7 – жидкий навоз, 8 – солома + жидкий навоз, 9 – расчетная доза NPK + микроэлементы (Mo, Co, Zn), 10 – расчетная доза NPK + Mo, 11 – расчетная норма NPK + Co, 12 – расчетная норма NPK + Zn, 13 – микроэлементы (Mo, Co, Zn). Под сою вносили расчетную дозу азота + P75K30, расчетную дозу NPK + Mo, расчетную дозу NPK + Co; под ячмень – N120P75K25, под кукурузу – N120P75K30, под рапс – N75P80K20. В качестве удобрений использованы N_{aa} (34% N), P_c (19% P_2O_5) и K (50% K_2O). Площадь опытной деланки 54 м² (3.6 × 15), повторность трехкратная. Объекты исследования – рапс, ячмень, соя, кукуруза. На этих фонах питания размещены посевы рапса, ячменя, сои, кукурузы с оптимальным сроком посева, нормой высева, глубиной заделки семян, площади питания (рапс с междурядьями 30 см, ячмень, кукуруза, соя – 70 см). В опыте посевные работы проведены с применением соответствующей сельскохозяйственной техники. Влажность почвы в опыте на уровне 60–70% от НВ поддерживали проведением 1-го, 2-х, 5-ти поливов с поливной нормой 800–850 м³/га, с учетом осадков и особенностей культур.

В течение вегетации культур в основных фазах роста и развития были отобраны почвенные образцы на глубине 0–20, 20–40 см.

Перед закладкой опыта отбирали исходные почвенные образцы со слоев почвы 0–20, 20–40, 40–60 см для определения содержания гумуса, валовых N, P, K и их подвижных форм. В почвенных образцах были определены: валовые азот, фосфор, калий – из одной навески (по Гинзбург и Щегловой) с дальнейшим определением азота по Кьельдалю, фосфора – колориметрическим методом, калия – методом пламенной фотометрии; подвижных форм N, P, K: нитратный азот

(N-NO₃) – по Грандваль–Ляжу, аммиачный азот – с реактивом Несслера, подвижный фосфор и обменный калий – в 1%-ной углеаммонийной вытяжке (по Мачигину); содержание гумуса – по Тюрину.

Полевой опыт на богаре на светло-каштановой почве проводили в ТОО Казахского НИИ земледелия и растениеводства, отдела кормовых и масличных культур (п. Алмалыбак) в посевах люцерны, варианты: 1 – контроль P0, 2 – N60, 3 – K70, 4 – Co2, 5 – Mo2, 6 – контроль P150, 7 – P150 + N60, 8 – P150 + K70, 9 – P150 + Co2, 10 – P150 + Mo2, 11 – контроль P200, 12 – P200 + N60, 13 – P200 + K70, 14 – P200 + Co2, 15 – P200 + Mo2.

В почвенных образцах определяли общепринятыми методами: влажность – весовым методом, содержание общего гумуса – по Тюрину, удельную массу – пикнометрическим методом, объемную массу с использованием бура Качинского, общую порозность – расчетным методом; биологические показатели: мезофауну почв – метод ручной разборки по Гилярову [23], определение активности почвенных ферментов – методами Гофмана и Паллауфа [34].

Анализ почвенных образцов проводили на газовом хроматографе с масс-спектрометрическим детектором 6890/5973N (Agilent, США), оснащенном автосамплером Combi-PAL (CTC Analytics AG, Швейцария) [35].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Повышение запасов органического вещества в почве отмечено лишь при совместном внесении минеральных и органических удобрений [36]. Известно, что важнейшая роль гумуса в почвенном плодородии и его положительное влияние на растение обусловлено не только его общим содержанием, но и соотношением в нем различных органических кислот (гуминовых и фульвокислот), обладающих разными свойствами и определяющих качественный состав гумуса [37]. Качественное состояние гумуса отражает интенсивность и направленность биологических и биохимических процессов, определяющих гумусовый режим, и уровень эффективного плодородия почвы [38].

Вопросам изучения влияния антропогенной деятельности, в частности, применения средств химизации на изменение почвенной фауны посвящен ряд работ, проводившихся в разные годы [11, 39–43]. При этом обращали внимание на индикационное значение отдельных видов почвенной мезофауны, характеризующей экологическое состояние почв.

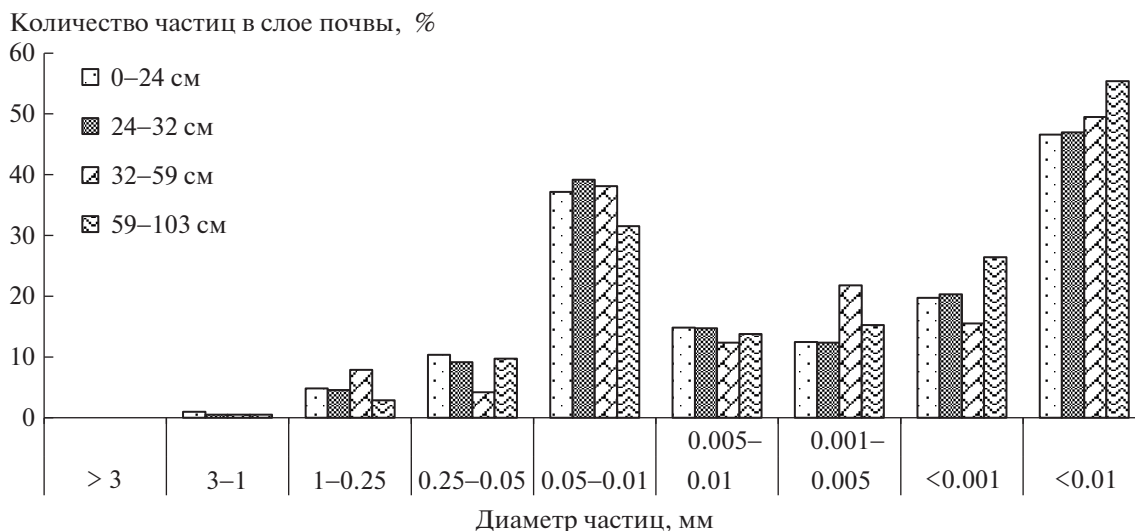


Рис. 1. Гранулометрический состав лугово-каштановой почвы.

Полевые опыты были заложены на лугово-каштановой почве тяжелого гранулометрического состава, которые являются характерными для предгорной сазовой полосы.

На процессы формирования исследованных почв огромное влияние оказывало близкое залегание грунтовых вод, а также общие гидротермические условия, свойственные пустынной зоне. Хотя годовое количество осадков и превышает таковое для пустынной зоны, но распределение их по месяцам свидетельствует о том, что летом создаются условия, аналогичные пустыням. Подобное сочетание условий почвообразования влечет за собой некоторое ослабление темпов минерализации органических остатков.

В Казахстане, кроме зональных почв, последовательно сменяющихся в направлении с севера на юг, широко распространены интразональные почвы: солончаки, солонцы, солоды и луговые. Между зональными и интразональными почвами существует ряд переходов: солончаковатые, солонцеватые и осолоделые разновидности зональных почв, а также лугово-черноземные, лугово-каштановые, лугово-бурые и лугово-сероземные почвы. Как показывает само название, интразональные почвы не связаны с определенной зоной. Они возникают и распространены там, где для них соответствуют условия.

Естественная растительность зоны исследования на непахотных землях представлена в основном разнотравно-злаковыми и полынно-эфемеровыми ассоциациями. Преобладающими видами травостоя являются ежа сборная, пырей ползучий, волоснец ситниковый и песчаный,

житняк широко- и узкоколосый, степная и луговая тимофеевка, мятлик луговой, лисохвост луговой и вздутый, а также множество сложноцветных — в основном полыни, эфемеры и эфемероиды.

Лугово-каштановые почвы встречаются в понижениях рельефа со сравнительно близким залеганием грунтовых вод (1.5–2.0 м), а также в межгорных долинах и на террасах рек.

Горные реки Заилийского Алатау, выйдя на предгорную равнину, в значительной части теряются в толще щебнисто-галечниковых пролювиальных наносов. Грунтовые воды местами подходят близко к поверхности и даже выклиниваются, образуя сазовую полосу с преобладанием гидроморфных и полугидроморфных почв. Сазовая полоса окаймляет все предгорные равнины Заилийского и Джунгарского Алатау, где гидроморфные почвы получили широкое распространение. Почвообразующими породами являются лессовидные суглинки, глубоко подстилаемые галечниковыми отложениями.

Лугово-каштановые почвы подгорной равнины Заилийского Алатау имеют темно-каштановую окраску гумусового горизонта, мощность которого достигает 30–40 см. Почвы отличаются отсутствием резко выраженного иллювиально-карбонатного горизонта, но в солончаковатых (содовозасоленных) родах могут присутствовать карбонатные горизонты гидрогенного генезиса. В случае очень близкого залегания грунтовых вод нижние горизонты имеют признаки заболачивания. Они оглеены, а в отдельных случаях при низкой скорости потока грунтовых вод содержание

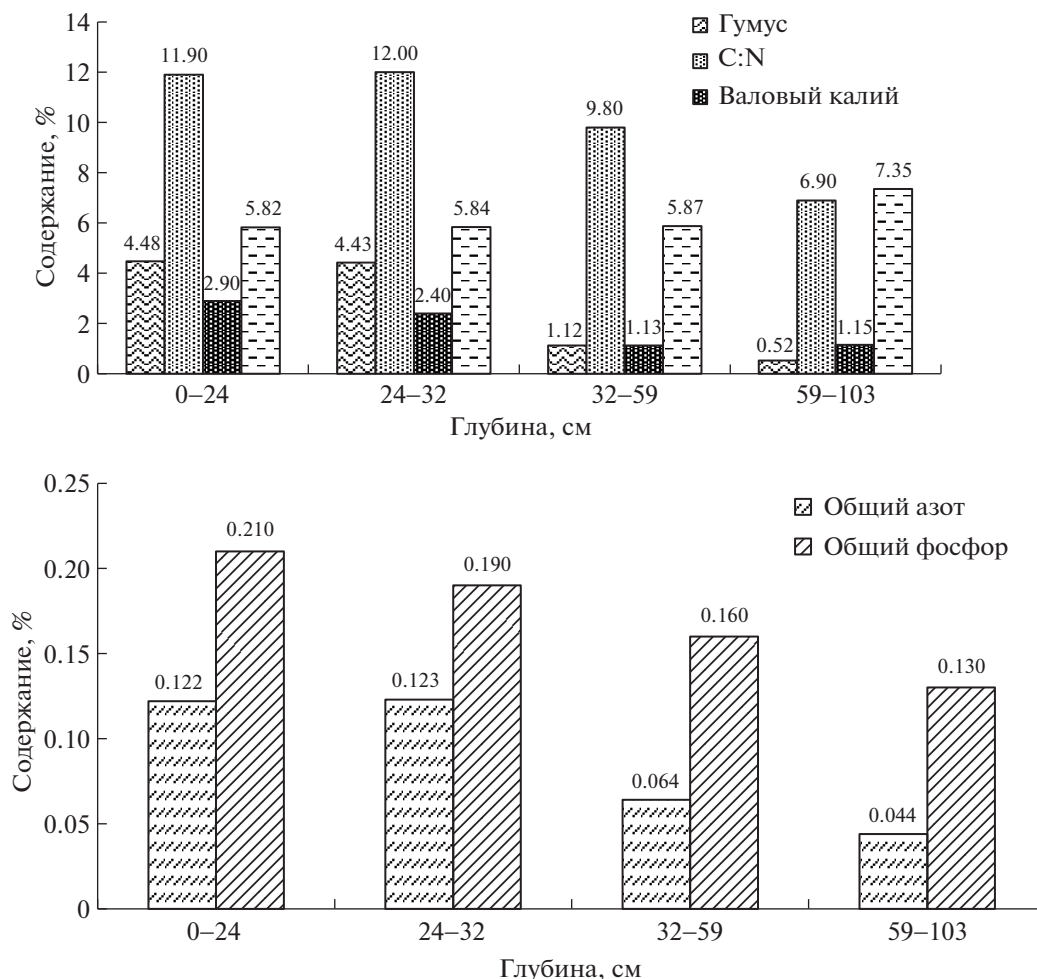


Рис. 2. Основные агрохимические показатели лугово-каштановой почвы.

легкорастворимых солей может оказаться выше их токсичных величин.

Из морфологического описания разреза видно, что профиль лугово-каштановых почв растянут, с глубиной влажность увеличивается, отмечены ржавые пятна в нижних горизонтах, гумусовый горизонт хорошо оструктурен, средне уплотнен.

По гранулометрическому составу описываемая почва относится к тяжелосуглинистой крупнопылевой (рис. 1). Частицы крупнее 3 мм в большинстве случаев отсутствуют. Содержание крупнопесчаных частиц также незначительно. В распределении их по профилю не наблюдается определенной закономерности, преобладает крупная пыль. Распределение по профилю иловатой фракции указывает на заметное преобладание тонких частиц в средних и нижних слоях почвы.

Тяжелый гранулометрический состав определяет неблагоприятные физические свойства поч-

вы: липкость во влажном состоянии, уплотненность и затвердевание при высыхании, что в свою очередь ведет к высокому сопротивлению при вспашке и к глыбистой поверхности поля.

Данные химического состава морфологического разреза показали, что лугово-каштановая почва характеризуется умеренным содержанием гумуса (рис. 2).

В распределении гумуса по профилю следует отметить следующую закономерность: относительно высокое содержание его в верхнем горизонте резко, более чем в 2 раза, уменьшалось при переходе к следующему подпахотному горизонту. Дальнейшее уменьшение содержания гумуса происходило постепенно, растягиваясь на значительную глубину.

Содержание валового азота в почве низкое и составляло 0.12%, в силу чего отношение углерода гумуса к общему азоту было широким. В данном случае оно варьировало в пределах 10–12, т.е. бы-

Таблица 1. Состав водной вытяжки почвенного разреза лугово-каштановой почвы

Глубина, см	0–24	24–32	32–59	59–103
pH	7.8	7.9	8.1	8.3
Сухой остаток, %	0.166	0.173	0.184	0.269
CO_3^{2-} , $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$	–	–	$\frac{0.0038}{0.125}$	$\frac{0.0140}{0.465}$
HCO_3^- , $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$	$\frac{0.9788}{0.0597}$	$\frac{0.8361}{0.0512}$	$\frac{1.774}{0.1082}$	$\frac{2.033}{0.1242}$
Cl^- , $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$	$\frac{0.0790}{0.0025}$	$\frac{0.0674}{0.0020}$	$\frac{0.1174}{0.0035}$	$\frac{0.1493}{0.0045}$
SO_4^{2-} , $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$	$\frac{0.4201}{0.0203}$	$\frac{0.488}{0.0235}$	$\frac{0.292}{0.0141}$	$\frac{0.291}{0.0142}$

Таблица 2. Состав и содержание поглощенных оснований в лугово-каштановой почве

Глубина, см	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	Содержание от суммы, %		
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
0–24	18.3	76.7	21.9	1.8
24–32	18.8	64.0	32.0	4.3
32–59	16.2	74.5	19.0	7.5
59–103	12.5	72.7	16.3	11.6

ло более широким отношение углерода гумуса к общему азоту в сравнении с зональными аналогами. Валовое содержание фосфатов в гумусовом горизонте не выходило за пределы 0.13–0.21%, что характеризует низкий уровень обеспеченности.

Количество CO_2 изменялось от 5.82 до 7.35%, с минимумом в верхнем горизонте и максимумом в нижнем. Возрастание содержания CO_2 с увеличением глубины происходило постепенно, что видимо было связано с гидрогенной аккумуляцией.

Данные анализа водной вытяжки (табл. 1) показали, что пахотные и подпахотные горизонты описываемой почвы не засолены, но вместе с тем в нижних горизонтах присутствовало небольшое, но токсичное количество нормальных карбонатов, что приводило к слабой солончаковатости и средней степени щелочности почвенного раствора. Сухой остаток в верхних горизонтах не превышал 0.173%. Анионы по профилю почвы были распределены неравномерно. В гумусовом горизонте (0–32 см) анион CO_3^{2-} отсутствовал, в материнской породе его содержание было невелико, а в средней части профиля – в пределах токсичности для растений (>0.001%).

Показано (табл. 2), что сумма поглощенных оснований составила 18–16 мг-экв/100 г в верхних горизонтах с преобладанием кальция. Его содержание достигало 64–77% от суммы поглощенных оснований.

Величина поглощенного натрия от суммы поглощенных оснований в гумусовом горизонте составляла <5%. Вместе с тем следует отметить, что повышенное содержание магния в целом в профиле и натрия в нижней его части, во втором полуметровом слое позволило отнести данные горизонты к слабо-солонцеватым.

На рис. 3 приведены количественные показатели важнейших физических и водно-физических свойств лугово-каштановых почв. Удельная масса изменялась в пределах 2.65–2.76 г/см³, постепенно возрастая с глубиной, объемная масса верхних горизонтов была сравнительно небольшой – 1.22–1.26 г/см³, резкое ее увеличение наблюдали лишь с 1-метровой глубины. В связи с этим общая порозность верхних горизонтов была довольно высокой – 53–52%. Уплотнение начиналось со слоя, залегающего глубже 80 см.

Предельная полевая влагоемкость в верхнем слое 0–20 см почвы была невысокой – 26.4–27.2%, с глубиной ее величина снижалась до 22.4%. Максимальная гигроскопичность в связи с тяжелым гранулометрическим составом достигала в верхних горизонтах 5.03%, уменьшаясь с глубиной до 4.42%.

Данные по определению водопроницаемости позволили отметить, что почвы, несмотря на тяжелый гранулометрический состав, обладали удовлетворительной скоростью впитывания, средний коэффициент водопроницаемости на целине был равен 0.9 мм/мин, чему способствовало проявление хорошо выраженной макроагрегатности и высокой порозности.

Агрофизические и агрохимические характеристики почв опытного участка, на которых были заложены полевые опыты, представлены на рис. 4. Содержание гумуса в пахотном горизонте составило 4.48%, которое постепенно убывало с глубиной. Содержание валового азота было равно 0.219%, валового фосфора – было средним (0.183%). По обеспеченности доступными элементами питания почва опытного участка характеризовалась как среднеобеспеченная легкогидролизуемым азотом (87 мг/кг) и высоко – калием (435 мг/кг), подвижного фосфора – слабообеспеченная (26 мг/кг почвы). Таким образом, лугово-каштановая почва по водно-физическим свойствам и уровню потенциального плодородия была вполне благоприятной для возделывания всех



Рис. 3. Физические и водно-физические свойства лугово-каштановой почвы.

видов сельскохозяйственных культур. Однако в условиях орошения для получения высоких урожаев кормовых, овощных и зерновых культур и обеспечения воспроизводства плодородия почв необходимо применение удобрений, отвечающих биологическим потребностям культур и уровням запланированного урожая.

Выявлено изменение содержания гумуса и минерального азота в почве под посевами культур севооборота. Содержание гумуса в почве является важным интегральным показателем плодородия почв, исследования показывают необходимость постоянного мониторинга гумусового состояния почвы и принятия мер по предотвращению потерь гумуса, сохранению плодородия почвы, прежде всего за счет севооборотов с включением бобовых культур, применения научно обоснованных доз органических и минеральных удобрений.

В наших исследованиях, с целью определения изменений содержания гумуса в почве плодосменного севооборота в зависимости от чередования культур и систем их удобрения были отобраны и проанализированы исходные образцы почв пахотного и подпахотного слоев на полях севооборота (рис. 5). Показано, что изменение содержания гумуса в пахотном слое почвы было незначительным (4.48–4.65%). Подпахотный слой почвы опытного участка характеризовался достаточно высоким содержанием гумуса, даже не уступающим его величине в пахотном слое (4.41–4.50%).

Одним из главных элементов питания растений является азот. Применение минеральных и

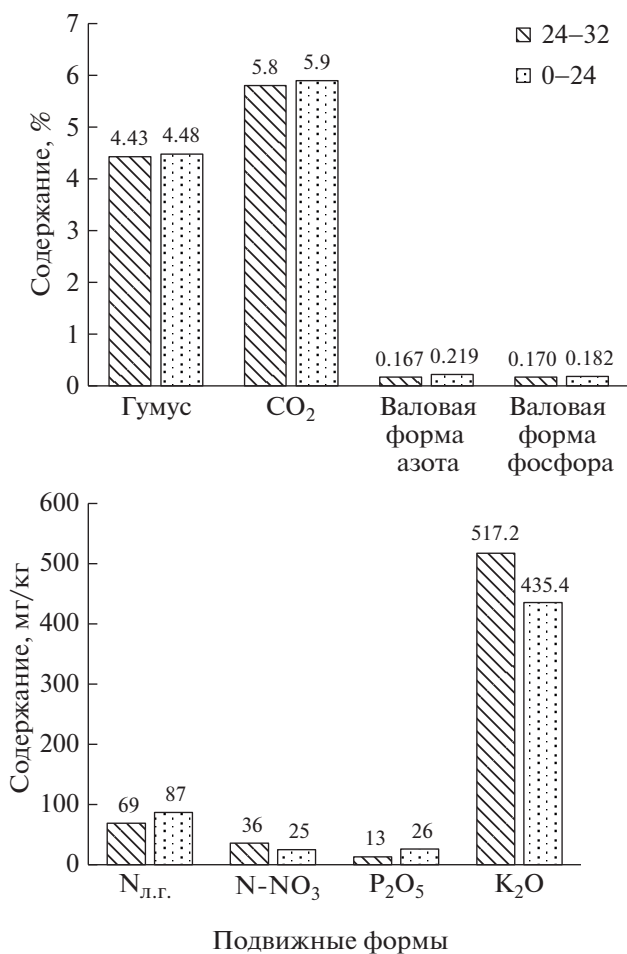


Рис. 4. Агрофизические и агрохимические свойства лугово-каштановой почвы опытного участка.

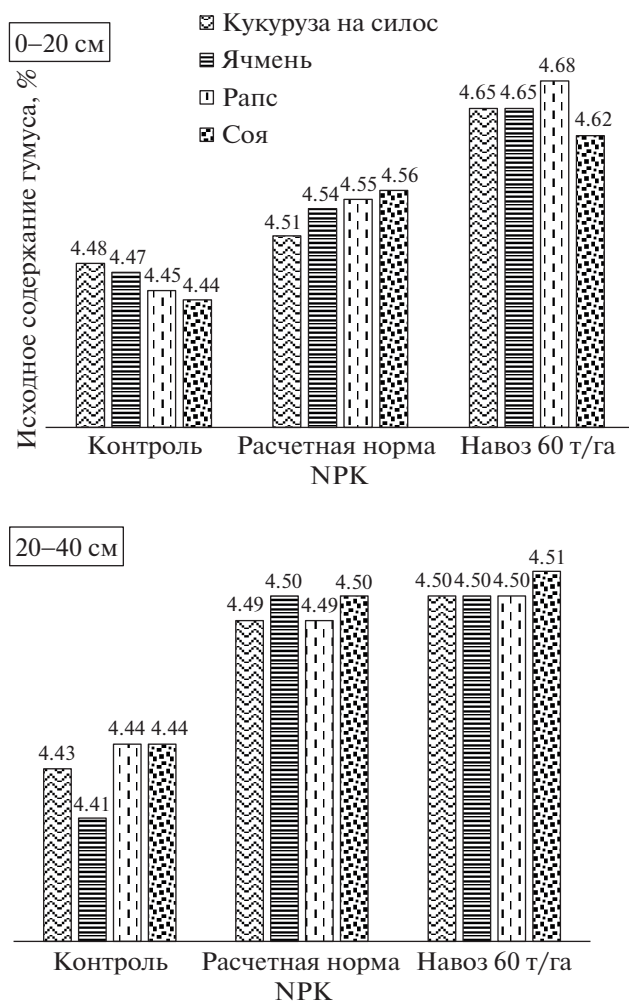


Рис. 5. Исходное содержание гумуса в лугово-каштановой почве под культурами короткороотационного севооборота, %.

органических удобрений и биопрепаратов, способы обработки почв, тип почвы, влажность почвы, предшествующая культура и другие факторы влияют на содержание и запасы минерального азота в почве. Основными источниками азотного питания растений служат соли аммония и азотной кислоты. Почвы юга и юго-востока Казахстана характеризуется высокой нитрификационной способностью, в связи с этим аммонийный азот, образующийся в результате минерализации органического вещества почвы или внесенный с удобрениями, быстро вовлекается в процесс нитрификации.

Внесение расчетных доз азотных удобрений весной способствовало повышению количества минерального азота в пахотном слое почвы, содержание минерального азота под посевом рапса определяли в 2 срока и во всех фазах вегетации.

В варианте с внесением расчетной дозы NPK оно было максимальным (35.6 – в первый срок и 31.6 мг/кг почвы – в фазе цветения).

В наших исследованиях динамику минерального азота в зависимости от применения удобрений и особенностей культур севооборота с коротким периодом вегетации определяли в 2 и 3 срока (табл. 3). Показано, что под всеми культурами севооборота в начале вегетации в почве было относительно высокое содержание минерального азота как в пахотном, так и в подпахотном слое. Причем значительная часть его была представлена нитратной формой. Под рапсом в слое 0–20 см содержание $N-NH_4$ было равно 2.4 мг, $N-NO_3$ – 22.9 мг, под посевом ячменя – соответственно 4.9 и 22.3 мг, под кукурузой – 5.0 и 21.1 мг/кг почвы.

В опытах по выявлению действия минеральных и органических удобрений на содержание аммонийного азота в почве под посевом ячменя установлено, что внесенные минеральные удобрения не оказывали существенного влияния на содержание аммонийной формы азота в течение вегетации ячменя. В период всходов содержание минерального азота в слое 0–20 см составило в контроле 27.2 мг/кг. При внесении 1.5 расчетной дозы минеральных удобрений содержание минерального азота в почве увеличилось до 51.7 мг/кг. В варианте применения органических удобрений повысило содержание этого элемента при его определении во 2-й и 3-й срок.

Минеральные и органические удобрения, внесенные под кукурузу, также способствовали увеличению содержания нитратного азота по сравнению с естественным его содержанием в почве. Максимальное содержание минерального азота наблюдали в варианте с внесением одинарных расчетных и 1.5 расчетных доз NPK. Под посевом сои в течение вегетации отмечали невысокое содержание минерального азота как в пахотном, так и в подпахотном слое почвы.

Внесение фосфорно-калийных удобрений и обработка семян нитрагином весной способствовали повышению содержания минерального азота в пахотном слое почвы от 37.3 до 41.2 мг/кг. При этом увеличение произошло за счет нитратной формы, т.е. азотные удобрения способствовали увеличению содержания в основном нитратного азота. По сравнению с минеральными удобрениями на количество минерального азота менее заметным в первый срок определения было влияние органических удобрений. Внесение биопрепаратов не оказало значительного влияния на содержание минерального азота, и величина его находилась почти на уровне контрольного вари-

Таблица 3. Изменение содержания минерального азота в почве в зависимости от применения удобрений под посевами культур севооборота, мг/кг сухой почвы

Рапс										
Вариант	Слой почвы, см	1-й срок			2-й срок					
		N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}			
Контроль без удобрений	0–20	3.2	17.5	20.7	1.6	15.1	16.7			
	20–40	2.8	12.7	15.5	1.9	17.3	19.2			
Расчетная доза НРК	0–20	4.5	27.6	32.1	2.5	22.8	25.3			
	20–40	3.7	26.9	30.6	3.4	26.5	29.9			
Навоз 60 т/га, последствие	0–20	5.8	30.1	35.9	3.7	26.0	28.7			
	20–40	5.0	20.2	25.7	2.9	24.4	27.3			
Ячмень										
Вариант	Слой почвы, см	1-й срок			2-й срок			3-й срок		
		N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}
Контроль без удобрений	0–20	4.5	21.5	26.0	2.9	18.9	21.8	1.3	18.0	19.3
	20–40	2.8	14.1	16.9	3.1	20.5	23.6	1.8	15.9	17.7
Расчетная норма НРК	0–20	5.0	36.8	41.8	.3	25.9	29.2	2.1	20.5	22.6
	20–40	3.7	21.4	25.1	3.0	24.0	27.0	1.8	22.1	23.9
Навоз 60 т/га, последствие	0–20	5.9	32.4	38.3	2.7	28.3	31.0	2.8	23.8	26.6
	20–40	5.0	21.1	26.1	3.5	21.6	25.1	2.3	20.9	23.2
Кукуруза										
Вариант	Слой почвы, см	1-й срок			2-й срок			3-й срок		
		N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}
Контроль без удобрений	0–20	1.9	21.3	23.2	2.0	20.5	22.5	1.9	16.4	18.3
	20–40	0.9	16.3	17.2	1.5	16.0	17.5	2.1	16.0	18.1
Расчетная доза НРК	0–20	3.1	28.2	31.3	2.9	24.7	27.6	2.4	20.2	22.6
	20–40	2.7	21.1	23.8	3.3	20.1	23.4	2.5	18.8	21.3
	20–40	1.7	17.8	19.5	3.2	18.0	21.2	2.1	20.0	22.1
Навоз 60 т/га, последствие	0–20	2.7	36.6	39.3	3.5	29.5	33.0	3.2	23.2	26.4
	20–40	1.9	38.1	40.0	2.0	23.8	25.8	2.0	21.0	23.0
Соя										
Вариант	Слой почвы, см	1-й срок			2-й срок			3-й срок		
		N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}
Контроль без удобрений	0–20	4.2	21.1	28.3	3.0	19.0	22.0	3.1	18.3	21.4
	20–40	3.7	14.1	17.8	2.3	20.5	22.8	2.5	20.8	23.3
Расчетная доза НРК	0–20	5.8	35.3	41.1	2.9	29.6	32.5	2.7	24.5	27.2
	20–40	4.2	21.1	25.3	3.3	25.0	28.3	3.0	20.0	23.0
Навоз 60 т/га, последствие	0–20	5.0	36.3	41.5	3.4	23.0	26.9	2.8	25.1	27.9
	20–40	3.4	17.8	21.2	2.7	25.6	28.3	2.5	21.5	24.0

Таблица 4. Результаты хроматографического анализа почвенного образца

Время удерживания, мин	Содержание соединения, %	Соединение
12.308	3.62	Nonane, 1-iodo-
12.489	6.15	2-Octene, 2-methoxy
13.819	11.14	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-
14.303	4.76	1-Undecene, 7-methyl-
14.873	11.43	Hexyl octyl ether
16.047	8.77	Hexane, 3,3-dimethyl-
17.171	5.54	1-Butanol, 4-(hexyloxy)-
27.147	48.59	Eicosane

анта (29.4 мг/кг) – 30.8 мг/кг почвы. Многими исследователями установлено, что дозы фосфорных удобрений способствуют быстрому образованию клубеньков и улучшению снабжения азотом растений сои уже начальные периоды роста, что было заметно и в нашем исследовании.

Определены физико-химические показатели образцов лугово-каштановой почвы, отобранных в с. Саймасай, и светло-каштановой почвы – в п. Алмалыбак Алматинской обл. Установлено, что содержание пестицидов в образцах почвы в посевных угодьях п. Алмалыбак не превышало их ПДК. Результаты хроматографического анализа почвенных образцов на содержание пестицидов (табл. 4), показали, что в большинстве проб данные соединения отсутствовали, а найденные концентрации пестицидов являлись следовыми и не оказывали вредное воздействие. Хроматографический скрининг почвенных образцов показал в большинстве образцов содержание углеводородов нефти антропогенного происхождения (рис. 6).

Анализ данных мезофауны в исследованных вариантах опыта (лугово-каштановые, светло-каштановые почвы) показал, что общими видами были личинки насекомых из семейств Carabidae, Scarabaeidae, Formicidae, т.к. эти виды обладают пластичностью (способностью к обитанию в самых различных биотопах). Доминирующими видами являлись личинки насекомых семейств Formicidae, Scarabaeidae.

Установлено, что количественный и качественный состав мезофауны почв связан с определенным типом почв. Выяснили, что личинки из семейств Chrisomelidae, Elateridae, Chloropidae, Pygaustidae были связаны с почвами более гумусированными и влагообеспеченными (лугово-каштановыми почвами), которые не встречались в светло-каштановых почвах. В светло-каштановых почвах под посевами люцерны в основном встречались личинки из семейств Curculionidae, Miridae, которых не обнаружили в лугово-каштановых почвах. Мезофауна, наряду с другими почвенными характеристиками, вполне может быть использована в качестве биоиндикатора. Уста-

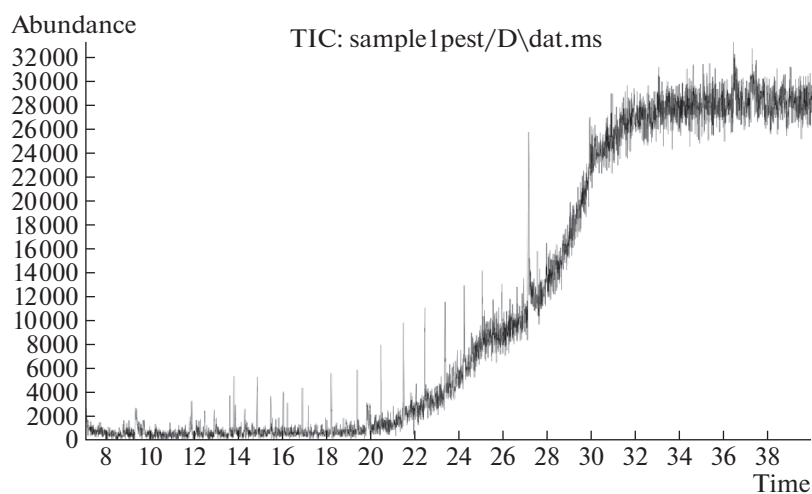
**Рис. 6.** Хроматограмма экстракта почвенного образца, отобранного у с. Саймасай.

Таблица 5. Агрофизические и агрохимические свойства светло-каштановых почв опытного участка (2019 г.)

Глубина, см	Гумус	CO ₂	Валовая форма, %		Подвижные формы, мг/кг			
	%		N	P	N	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
0–10	2.78	4.9	0.123	0.162	52.6	14	12.2	456
10–20	2.08	4.8	0.137	0.170	51.4	16	11.9	537
20–30	1.44	3.8	0.119	0.134	50.1	12	13.6	415
30–40	1.20	3.5	0.116	0.122	49.7	11	10.6	264

новлено, что видовой состав почвенных организмов можно использовать как критерий для качественной оценки степени воздействия пестицидов на почву [45].

Изучено влияние удобрений на фоне различных видов обработки почвы на физико-химические и биологические свойства светло-каштановой почвы предгорной зоны юго-востока Казахстана. Светло-каштановые почвы формируются в предгорной пустынно-степной зоне под эфемероидно-типчаковой-полынной растительностью, занимая волнистую часть предгорной равнины. Мощность их гумусового горизонта увеличивается из-за гумусовых затеков и неоднородности окраски горизонта В, а также его плотности (табл. 5). Установлено, что при внесении в почву только минеральных удобрений численность почвенных живых организмов увеличивалась незначительно. При совместном внесении минеральных и органических удобрений, а также различных растительных остатков численность почвенных беспозвоночных в среднем возрастала в 1.5–2.0 раза.

Показано, что минеральные удобрения действовали угнетающе на развитие как полезных (Coccinellidae, Carabidae, Formicidae) так и вредных насекомых (Curculionidae, Aphididae, Tenebrionidae). Фосфорные и калийные удобрения в отдельности, а также сочетание каждого из них с азотным удобрением заметного влияния на численность проволочников (Elateridae, Chrysomelidae) не оказывали. Однако при совместном действии фосфорных и калийных удобрений количество проволочников уменьшалось в 2–3 раза, а в сочетании с азотными – соответственно в 4–6 раз. Выявлено, что минеральные удобрения оказались более эффективными против проволочников (Elateridae), долгоносиков (Curculionidae) при наличии в почве достаточного количества влаги.

Численность полезной фауны несколько снизилась (Coccinellidae, Carabidae, Formicidae, Psephenidae), однако возросла доля энтомофагов и других полезных почвообитающих беспозвоночных во всей мезофауне и также по отношению к вредителям.

Проведено исследование по определению динамики видовой состава почвенной мезофауны в условиях богары (светло-каштановые почвы с содержанием гумуса в пахотном слое 2.7–2.04%) в зависимости от изученных факторов (предшественников, способов обработки почвы). Отмечена корреляция между содержанием гумуса в почве и составом мезофауны (табл. 6).

Установлено, что для роста и развития растений люцерны необходимы бор, кобальт, марганец, медь, молибден и цинк. Имеются данные о положительном влиянии на жизнедеятельность растений люцерны ванадия, иода и селена. Известно, что молибден повышает активность ферментов, действие которых связано с азотным и, в частности, с белковым обменом в растениях. Без достаточного количества молибдена клубеньковые бактерии слабо поглощают азот из воздуха. Влияя на синтез аминокислот и белков, молибден улучшает использование растениями люцерны не только азота, но и фосфора. Недостаток молибдена в почве приводит к нарушению обмена веществ, к торможению синтеза белков, углеводов и витаминов, приводит к снижению урожайности сена и семян люцерны, ухудшению их качества. При этом меняется окраска листьев, на них появляются светлые пятна, возможен хлороз. В отдельных случаях никаких внешних признаков недостатка молибдена может не наблюдаться, но растения плохо растут и развиваются.

Таблица 6. Взаимосвязь между содержанием гумуса и составом мезофауны светло-каштановых почв опытного участка под посевами люцерны

Глубина, см	Гумус, %	Почвенные беспозвоночные	
		количество групп	численность, экз./м ²
0–10	2.78	5	10
10–20	2.08	8	16
20–30	1.44	2	4
30–40	1.20	0	0

Таблица 7. Влияние молибдена и кобальта на урожайность семян люцерны в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве

Вариант	Урожайность семян в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве					
	23.8 мг/кг		27.4 мг/кг		32.0 мг/кг	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Контроль без обработки	3.03	100	3.32	100	3.73	100
Mo	4.18	138	4.79	144	5.59	150
Co	3.86	127	4.22	127	4.55	122

Таблица 8. Влияние обработки посевов семенной люцерны микроэлементами на содержание элементов питания в растениях люцерны

Вариант	Семена				Стебли				Масса 1000 семян, г
	N	±	P ₂ O ₅	±	N	±	P ₂ O ₅	±	
	%								
P0 (фон)	4.70	—	1.17	—	1.40	—	0.17	—	2.23
Фон + Mo	5.04	0.34	1.27	0.10	1.57	0.17	0.18	0.01	2.13
Фон + Co	5.04	0.34	1.41	0.24	1.57	0.17	0.21	0.04	2.11

В качестве молибденовых удобрений применяют молибденовокислый аммоний (50% молибдена) в виде 0.1–0.2%-ного раствора для опрыскивания растений, технический молибдат аммония–натрия (36% молибдена), молибденовый суперфосфат (0.2% молибдена) для внесения в почву.

Кобальт оказывает положительное воздействие на фиксацию молекулярного азота клубеньковыми бактериями, поэтому влияет на обеспеченность растений люцерны азотом [45]. Выявлено, что значительное количество кобальта в бобовых культурах также сосредоточено в клубеньках. Потребность в кобальте значительно меньше, чем в молибдене. Однако на почвах, недостаточно обеспеченных кобальтом, применение кобальтсодержащих удобрений дает существенную прибавку урожая семян люцерны.

Установлено, что молибдена в почвах содержится значительно меньше, чем других элементов питания. Изменения в содержании валового молибдена находятся в пределах 0.1–12.0 мг/кг, из которых от 8 до 17% приходится на долю подвижных форм. В орошаемых светло-каштановых почвах содержание валового молибдена составило 0.95 мг/кг, подвижных форм – 0.076–0.160 мг/кг почвы, что по принятой для карбонатных почв градации относится к низкой группе обеспеченности. Содержание подвижных форм кобальта составляло 0.69 мг/кг почвы с изменениями от 0.54 до 0.80 мг/кг, что характеризовало обеспеченность почвы кобальтом как пониженную.

Количество семян в бобах люцерны при этом составило 2.8–4.9 шт./боб (табл. 7). При проведении некорневой подкормки молибденовокислым аммонием на фоне внесения P60, по количеству бобов в кистях выделялись веточки, на которых в каждом бобе было семян от 3.6 до 5.2 шт. Аналогичную закономерность отметили и при опрыскивании в фазе бутонизации растений люцерны 0.1%-ным раствором сернокислого кобальта. Урожайность семян при применении микроудобрений существенно возросла. При опрыскивании молибденовокислым аммонием растений люцерны в фазе бутонизации урожайность семян повышалась на естественном фоне на 37.0%, в варианте внесения P30 – на 49.9%, или в 1.5 раза по сравнению с контролем. При обработке растений сернокислым кобальтом семенная продуктивность люцерны увеличивалась на 22.0–27.4%.

Установлено, что при опрыскивании молибденовокислым аммонием растений люцерны в фазе бутонизации урожайность семян люцерны повышалась на фоне содержания подвижного фосфора 32 мг/кг почвы на 5.59 ц/га или на 150% по сравнению с контролем, а при обработке растений сернокислым кобальтом семенная продуктивность люцерны увеличивалась на 4.55 ц/га, или на 122%. Под влиянием обработки посевов семенной люцерны микроэлементами происходило увеличение содержания азота, фосфора, молибдена и кобальта в растениях (табл. 8). При обработке растений молибденом возрастало содер-

Таблица 9. Активность ферментов в светло-каштановой почве при применении различных доз минеральных и микроудобрений

Вариант	Инвертаза	Уреаза	Дегидрогеназа	Каталаза
Контроль P0	10.8	2.9	2.5	9.8
P0 + Co2	12.7	3.2	2.8	9.5
P0 + Mo2	15.9	3.3	2.7	8.9
P150 + Mo2	9.1	2.2	2.4	9.2
P150 + Co2	10.8	2.6	2.6	8.5
P200 + Mo2	10.2	2.5	2.4	8.3
P200 + Co2	11.8	2.8	1.8	8.2

жание молибдена в семенах до 1.57 мг/кг семян при 0.85 мг/кг без обработки, кобальта — до 0.74 мг/кг при 0.59 мг/кг без обработки. Масса 1000 семян при этом оставалась высокой: т.е. при применении фосфорных удобрений и обработке растений микроэлементами формировались полноценные семена, лучше обеспеченные энергетическим материалом.

Установлено, что применение азотных удобрений под люцерну, возделываемую на семена, было неэффективным. В посевах люцерны при внесении молибдена и кобальта численность личинок насекомых из семейств Elateridae, Curculionidae, Asilidae уменьшилась в 1.5 раза, а при внесении молибдена — в 3 раза по сравнению с контролем. Микроудобрения снижали плодовитость и численность вредителей с колюще-сосущим ротовым аппаратом из семейств Tettigoniidae, Cicadidae, Scutelleridae.

В соответствии с поставленной целью учитывали активность почвенных ферментов в вариантах, где вносили минеральные удобрения. Из класса гидролаз анализировали инвертазу и уреазу, из класса оксидоредуктаз — дегидрогеназу и каталазу (табл. 9). В светло-каштановых почвах уровень активности ферментов был выше, чем в лугово-каштановых. Реакция ферментов на удобрения была неодинаковой, наибольшую чувствительность проявили инвертаза и уреазы, разница в активности дегидрогеназы и каталазы была незначительной. Активность уреазы в вариантах без внесения фосфора и с внесением азотных и азотно-калийных удобрений при применении молибдена и кобальта увеличивалась в следующем ряду вариантов: Mo2 > Co2 > P200 + Mo2 > P150 + Co2 > P150 + Mo2 > контроль. Что касается фона P150, то в этих вариантах опыта активность уреазы была подавлена и обнаружено количество фермента гораздо меньше, чем в контроле. Вы-

явлено, что внесение азотных удобрений в сочетании с высокими дозами фосфорных приводило к ингибированию активности фермента уреазы. Следует отметить, что в зависимости от почвенной разности активность уреазы была выше в светло-каштановой, чем в лугово-каштановой почве, где активность фермента снижалась почти в 2 раза.

Установлено, что минеральные удобрения оказывали различное влияние на активность инвертазы. Ферментативная активность светло-каштановой почвы была подвержена существенным изменениям не только от внесения минеральных удобрений, но и от особенностей возделываемой культуры. Инвертазная активность почвы менялась под посевами люцерны от 10.8 до 15.9 мг в зависимости от видов удобрений. Расчетные дозы удобрений способствовали снижению инвертазной активности при внесении P150 + Mo2, но она значительно возросла при внесении Co2. Таким образом, ферментативную активность почв также можно использовать для биологической индикации плодородия почвы.

Установлено, что в светло-каштановых почвах происходило снижение численности и изменение группового состава мезофауны почв. Светло-каштановые почвы формируются в условиях засушливого климата. Запасы доступной влаги в слое 0–40 см в них уменьшаются в 1.5–2.2 раза по сравнению с темно-каштановыми почвами. Летом из-за высокой температуры происходит сильное иссушение почвы, выгорает растительность, что приводит к депрессии почвообитающих организмов. Относительно низкая встречаемость мезофауны светло-каштановых почв соответствует понижению содержания гумуса в последних по сравнению с лугово-каштановыми почвами. Изменение численности и группового состава мезофауны светло-каштановых почв также связано с распределением ила и физической глины, уменьшением суммы и состава поглощенных оснований. Мезофауна светло-каштановых почв малочисленна и менее разнообразна, чем в лугово-каштановых почвах. Для светло-каштановых почв отмечено низкое разнообразие (8.4) и неравномерность встречаемости групп ($H = 2.3$).

ВЫВОДЫ

1. На основе проведенного исследования установлено, что лугово-каштановая почва предгорной зоны хорошо обеспечена органическим веществом, и исходное содержание гумуса в почве в начале исследования было достаточно высоким как в пахотном (4.44–4.65%), так и в подпахотном

слое (4.41–4.50%) во всех вариантах и в полях севооборота.

2. В начале вегетации изученных культур в лугово-каштановой почве отмечено невысокое содержание минерального азота в пахотном (17.5–23.5 мг/кг почвы) и подпахотном (15.1–20.0 мг/кг почвы) слоях, и значительная часть азотного фонда была уже в этот период представлена нитратной формой.

3. По содержанию подвижного фосфора под посевами культур севооборота лугово-каштановая почва относится к уровню низко- и среднеобеспеченных для зерновых культур и (21.5–23.8 мг/кг), для зернобобовых – в основном низкообеспеченной, применение удобрений позволило увеличить содержание подвижного фосфора до 33.6–38.9 мг/кг, или в 1.4–1.6 раза.

4. Выявлено, что удобрения повлияли на динамику уреазной и инвертазной активности почвы. При этом дегидрогеназная активность в отличие от инвертазной не столь сильно изменялась от внесения удобрений и особенностей культуры севооборота. К второму сроку отбора уреазная активность существенно снижалась, особенно на фоне применения расчетной дозы удобрений.

5. Биологическая (ферментативная) активность почвы реагировала на антропогенные воздействия, в частности, на внесение минеральных удобрений и возделывание различных культур. Определено, что активность уреазы на фоне без внесения фосфора, но с внесением азотных и азотно-калийных удобрений увеличивалась в ряду, который выглядит следующим образом: Mo2 > Co2 > P200 + Mo2 > P150 + Co2 > P150 + Mo2 > контроль.

6. Установлено, что светло-каштановые почвы отличались наиболее низкой численностью и групповым составом мезофауны почв. Эти почвы формируются в условиях высокой температуры при большом дефиците влаги, что приводило к депрессии жизнедеятельности почвообитающих организмов.

7. Выявлено, что люцерна реагировала не только на внесение минеральных удобрений, содержащих макроэлементы, но и на ряд микроудобрений (молибдена и кобальта). Эффективность их применения во многом зависела от содержания подвижных форм микроэлементов в почве.

8. Установлено, что в светло-каштановых почвах молибдена содержится значительно меньше, чем других элементов питания. Изменения в содержании валового молибдена находились в пределах 0.1–12.0 мг/кг, из которых от 8 до 17% приходилось на долю подвижных форм. В богарных

светло-каштановых почвах содержание валового молибдена составило 0.95 мг/кг, подвижных форм – 0.076–0.160 мг/кг почвы, что по принятой для карбонатных почв градации относится к низкой группе обеспеченности. Содержание подвижных форм кобальта составляло 0.69 мг/кг почвы с изменениями от 0.54 до 0.80 мг/кг, что характеризовало обеспеченность кобальтом как пониженную.

9. Анализ данных о наличии, количестве и составе мезофауны в исследованных вариантах опыта (в лугово-каштановых, светло-каштановых почвах) показал, что общими видами были личинки насекомых из семейств Carabidae, Scarabaeidae, Elateridae, Formicidae, т.к. эти виды обладают пластичностью (способностью к обитанию в самых различных биотопах). Доминирующими видами были личинки насекомых семейств Formicidae, Scarabaeidae.

10. Установлено, что количественный и качественный состав мезофауны почв связан с определенным типом почв. Выяснилось, что личинки из семейств Chrisomelidae Elateridae, Chloropidae, Pugaustidae связаны с почвами более гумусированными, влагообеспеченными (лугово-каштановыми почвами), которые не встречались в светло-каштановых. В светло-каштановых почвах под посевами люцерны в основном отмечены личинки из семейств Curculionidae, Miridae, которых не обнаружили в лугово-каштановых почвах. Мезофауна, наряду с другими почвенными характеристиками, вполне может быть использована в качестве биоиндикатора плодородия почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Condron L.M., Cameron K.C., Di H.J., Clough T.J., Forbes E.A., McLaren R.G., Silva R.G.* A comparison of soil and environmental quality under organic and conventional farming systems in New Zealand // *New Zealand J. Agricult. Res.* 2000. V. 43. P. 443–466.
2. *Dawson J.C., Huggins D.R., Jones S.* Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems: a review // *Field Crops Res.* 2008. V. 107. P. 89–101.
3. *Diepeningen A.D., Vos O.J., Korthals G.W., van Bruggen A.H.C.* Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils // *Appl. Soil Ecol.* 2006. V. 31. P. 120–135.
4. *Ghosh S., Wilson B.R., Mandal B., Ghoshal S.K., Grown I.* Changes in soil organic carbon pool in three long-term fertility experiments with different cropping systems and inorganic and organic soil amendments in the eastern cereal belt of India // *Austr. J. Soil Res.* 2010. V. 48. № 5. P. 413–420.

5. *Gomiero T., Paoletti M.G., Pimentel D.* Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture // *Critic. Rev. Plant Sci.* 2008. V. 27. P. 239–254.
6. *Gosling P., Shepherd M.* Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium // *Agricult. Ecosyst. Environ.* 2005. V. 105. P. 425–432.
7. *Gregorich E.G., Beare M.H., McKim U.F., Skjemstad J.O.* Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2006. V. 70. № 3. P. 975–985.
8. *Hai L., Li X.G., Li F.M., Suo D.R., Guggenberger G.* Long-term fertilization and manuring effects on physically-separated soil organic matter pools under 148 a wheat-wheat-maize cropping system in an arid region of China // *Soil Biol. Biochem.* 2010. V. 42. № 2. P. 253–259.
9. *Loveland P., Webb J.* Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review // *Soil Till. Res.* 2003. V. 70. № 1. P. 1–18.
10. *Сальникова Н.А.* Почвенные микробсообщества как индикаторы процессов деградации экосистем // Тез. докл. Всерос. научн. конф. студентов, аспирантов и молод. ученых. М., 2006. С. 210–212.
11. *Павлова Н.Н., Егорова Е.И.* Биологическая активность почв как биоиндикатор загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами (на примере почв г. Обнинска) // Тез. докл. IV регион. конф. “Техногенные системы и экологический риск”. Обнинск, 2007. С. 96–100.
12. *Wicklum D.* Ecosystem health and integrity? // *Can. J. Bot.* 1995. № 73. P. 997–1000.
13. *Криволицкий Д.А.* Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994. 272 с.
14. *Яковлев А.С.* Биологическая диагностика и мониторинг состояния почв // *Почвоведение.* 2000. № 1. С. 70–79.
15. *Спивакова Н.А.* Биодиагностика нефтяного загрязнения почв сухих степей и полупустынь юга России // Актуальные вопросы экологии и природопользования. Мат-лы научн. конф., Ростов н/Д.: Ростиздат, 2011. С. 104–109.
16. *Петрова Н.А., Магамедова З.М., Колесников С.И.* Изменение биологических свойств солонцов каштановых при химическом загрязнении // Мат-лы научн. конф. “Неделя науки 2013”. Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерал. ун-та, 2013. С. 126–135.
17. *Елешев Р.Е., Басибеков Б.С., Кисиков К.Ш.* Сравнительная агроэкологическая оценка традиционной и альтернативной систем удобрения культур орошаемой зоны // Проблемы экологии в АПК и охрана окружающей среды. Алматы, 1998. С. 9–13.
18. *Тазобекова Е.Т.* Ферментативная активность почв Республики Казахстан и пути регулирования: Автореф. ... д-ра биол. наук. Алматы, 1998. 40 с.
19. *Утробина Н.М.* Влияние удобрений и гексахлорана на численность и видовой состав почвообитающих беспозвоночных в серой лесной почве под кукурузой // Мат-лы по фауне и экологии беспозвоночных. Казань, 1968. С. 162–175.
20. *Мельникова О.В.* Влияние средств химизации на накопление тяжелых металлов в системе почва–растение и биологические свойства почв: Автореф. ... канд. с.-х. наук. М., 1999. 20 с.
21. *Bordet F., Inthavong D., Mallet J., Maurice L.* Analysis of traces of organo-chloride pesticides and of polychloro-biphenyls in foods of animal origin. Multiresidue rapid method. Study of the repeatability and improvement of purification // *Analisis.* 1996. V. 24. P. 328–333.
22. *Марчик Т.П., Ефремов А.Л.* Почвоведение с основами растениеводства. Гродно, 2006. 220 с.
23. *Гуляров М.С.* Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. 278 с.
24. *Syers J.K., Springett J.A.* Earthworms and soil fertility // *Plant Soil.* 1984. V. 76. № 1–3. P. 93–104.
25. *Jouquet P., Dauber J., Lagerlof J., Lavelle P., Lepage M.* Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops // *Appl. Soil Ecol.* 2006. V. 32. P. 153–164.
26. *Suthar S.* Earthworm communities as bio-indicator of arable land management practices: A case study in semiarid region of India // *Ecol. Indic.* 2009. V. 9. P. 588–594.
27. *Curry J.P.* Factors affecting the abundance of earthworms in soil // *Earthworm Ecology* / Ed. Edwards C.A. Boca Raton, FL, USA: CRC Press LLC, 2004. P. 91–114.
28. *Ranson T.S., Billa B.J.* Differences in soil characteristics between field and forest may influence the distribution of an invasive earthworm // *Invertebr. Biol.* 2015. V. 134. P. 78–87.
29. *Ravenek J.* Mineralization and earthworm populations in a Norway spruce forest at Hasslov (SW Sweden), Years after Liming. SLU, Department of Ecology: Uppsala, Sweden, 2009.
30. *Wever L.A., Timothy J.L., Clapperton M.J.* The influence of soil moisture and temperature on the survival, aestivation, growth and development of juvenile *Aporrectodea tuberculata* (eisen) (Lumbiricidae) // *Pedobiologia.* 2001. V. 45. P. 121–133.
31. *Lavelle P., Barois I., Martin A., Zaidi Z., Schaefer P.* Management of earthworm populations in agro-ecosystems. A possible way to maintain soil quality? // *Ecology of arable land-perspectives and challenges* / Eds. Clarholm M., Bergström L. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 1989. P. 109–122.
32. *Chan K.Y.* An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – Implications for functioning in soils // *Soil Till. Res.* 2001. V. 57. P. 179–191.
33. *Сайлауханулы Е., Кенесов Б., Батырбекова С., Хамитова К., Дзекунов В., Карлсен Л., Наурызбаев М.* Решение вопросов по стойким органическим загрязнителям // Пром-ть Казахстана. 2012. № 2 (71). С. 46–51.
34. *Хазиев Ф.Х.* Ферментативная активность почв. Метод. пособ. М.: Наука, 1976. 180 с.
35. *Alimzhanova M., Sergazina M., Yelemessova M., Ashimuly K.* Optimization of gas chromatography – mass-spectrometry parameters for determination fractional and component composition of petroleum // *Proceed. of 16th Inter. Multidisciplin. Sci. Conf. “SGEM”*, Albena, Bulgaria, Book 1. 2016. V. 3. P. 883–890.

36. Peary W., Jreig I. Effect of organic and mineral fertilizers on some soil properties // Commun. Soil Sci. Pland Anal. 1972. V. 36. P. 487–492.
37. Сычев В.Г., Шафран С.А. Влияние агрохимических свойств почв на эффективность минеральных удобрений. М.: ВНИИА, 2012. 200 с.
38. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии. М.: Росинформагротех, 2018. 48 с.
39. Бессолицына Е.П. Влияние антропогенных факторов на состояние мезонаселения почв юга Сибири // Биogeография почв. Тез. докл. Международ. конф. Сыктывкар, 2002. С. 59–60.
40. Бутовский Р.О. Экотоксикология почвенных беспозвоночных животных. Тула: Тул. пед. ун-т, 2009. 80 с.
41. Зейферт Д.В., Бикбулатов И.Х., Рудаков К.М., Григорьева Н.Н. Растительные сообщества и почвенная мезофауна территорий химических предприятий в степной зоне Башкирского Предуралья. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. 166 с.
42. Касымова Ж.С. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на биологические свойства темно-каштановой почвы восточного Казахстана // Международ. журн. эксп. образ-я. 2016. № 5–2. С. 169–173.
43. Ладонин Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. 2002. № 6. С. 682–699.
44. Туkenova З.А., Алимжанова М.Б. Влияние удобрений на физико-химические и биологические свойства светло-каштановой почвы предгорной зоны юго-востока Казахстана // Сб. тр. Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Т.М. Досмухамбетова. 2019. Т. 3. С. 182.

Effect of Fertilizers on the Physical, Chemical and Biological Properties of Soils in the Irrigation and Bogara Zone of the South-East of Kazakhstan

Z. A Tukenova^{a, #}, M. B. Alimzhanova^a, K. Ashimuly^b, and T. N. Akyzbekova^b

^aU. Usanov Kazakh Scientific Research Institute of Soil Science and Agrochemistry
al-Farabi Ave. 75b, Almaty A17A6E8, Republic of Kazakhstan

^bKazakh Al-Farabi National University al-Farabi
Ave. 71, Almaty A17A6E8, Republic of Kazakhstan

[#]E-mail: otдел_nauki8@mail.ru

In the system of modern agriculture irrigation zone and bogary South-East of Kazakhstan it was studied physico-chemical and biological properties of the soil under crops, crop rotation crop rotation (maize—rape-seed—soybean—forage beet) irrigated meadow-chestnut soil and rainfed light-chestnut soil under crops of alfalfa in the South-East of the Republic. The results of chromatographic analysis of soil samples for the content of pesticides are shown. The types of soil invertebrates and soil enzymes that should be used as bioindicators for monitoring the contamination of the studied soils with pesticides were identified.

Key words: fertilizers, irrigation, bogara, pesticides, soil mesofauna, soil enzymatic activity, ecology, chromatographic analysis.