

УДК 631.8:635.25ë

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРИТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ПОСЕВАХ ЛУКА

© 2020 г. С. Усманов¹, Г. Т. Омарова^{1,*}, О. В. Мячина², Ш. Байбашаева¹,
Э. Н. Рамазанова¹, Г. К. Зулпанова³

¹ Институт химических наук им. А.Б. Бектурова
050010 Алматы, ул. Ш. Уалиханова, 106, Республика Казахстан

² Институт общей и неорганической химии АН РУз
100170 Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77а, Республика Узбекистан

³ ТОО “Научно-производственное объединение “Ана Жер”
050040 Алматы, микр-н “Коктем 1”, 26, кв. 72, Республика Казахстан

*E-mail: gtomarova@gmail.com

Поступила в редакцию 05.11.2019 г.

После доработки 08.01.2020 г.

Принята к публикации 11.01.2020 г.

Использование новой удобрительной композиции на посевах лука в светлом сероземе увеличивало содержание гумуса на 5.6–2.8%, подвижных форм N, P и K – на 27–17, 53–50, 2.7–1.5%, усиливало вынос растениями N, P и K на 19.5–18.3, 7.4–5.9, 4.5–3.6% соответственно. Отмечено изменение численности почвенных микроорганизмов различных эколого-трофических групп: увеличение количества свободноживущих азотфиксаторов в 2.2–3.6 раза, фосфатмобилизирующих микроорганизмов – в 2.2–3.5 раза, аммонифицирующих бактерий в 1.2–2.3 раза. Выявлено снижение числа олиготрофов в 1.5–1.6 раза и денитрификаторов в 2.5–2.7 раза. Показана высокая степень зависимости выноса макроэлементов растениями и уровня урожайности лука от содержания гумуса и NPK в почве.

Ключевые слова: агрохимическая эффективность, удобрительная композиция, хлорофилл-белковый экстракт, посева лука.

DOI: 10.31857/S0002188120080116

ВВЕДЕНИЕ

Почва представляет собой химически и биологически разнообразную, активную многокомпонентную среду. Уровень ее плодородия определяется в значительной степени интенсивностью и направленностью биологических процессов, регулирование которых довольно трудно [1]. Орошаемые сероземы юга Казахстана (типичные, светлые) представляют собой хорошую среду для жизнедеятельности микроорганизмов, количественные и качественные изменения которых тесно связаны с трофическим режимом и с условиями питания растений [2, 3]. Определение микробиологических процессов, оказывающих существенное влияние на рост и развитие растений, а также содержание отдельных питательных элементов в почве, является важной задачей. Решение ее позволит регулировать направленность почвообразовательных процессов в сторону повышения почвенного плодородия и эффективности удобрений [4].

Значительным резервом увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, повышения качества продукции, устойчивости к неблагоприятным условиям являются регуляторы роста, которые позволяют получить высококачественную продукцию с минимальными затратами на их производство при одновременном сохранении, улучшении плодородия почв, и без изменения агротехники [5–8].

Например, в настоящее время только в Российской Федерации применяют 91 торговое наименование различных стимуляторов роста растений. Наиболее популярны препараты на основе гиббереллиновых и гуминовых кислот, пара-аминобензойной кислоты, индолилуксусной кислоты, индолил-3-масляной кислоты, пиколиновой кислоты, отличительной чертой которых является способность к стимуляции корнеобразования. Весьма перспективны полифункциональные стимуляторы, как препарат зеребра Агро (на основе коллоидного серебра), препарат мелафен и другие, обладающие широким спектром действия.

В сочетании с традиционными агротехническими приемами применение стимуляторов роста, иммунорегуляторов, активаторов полезной микрофлоры, биоудобрений и др., вносимых в малых или сверхмалых дозах, обеспечивает стимуляцию иммунитета растений, ускорение метаболизма и активацию синтеза белков, улучшает качество готовой продукции при росте урожайности [9, 10].

Таким образом, минеральные и органические удобрения, регуляторы роста растений, пестициды и другие виды антропогенной нагрузки играют роль важного экологического фактора, изменяющего как питательный режим растений, так и микробиологические процессы [11–13]. Сведения о численности и активности жизнедеятельности микроорганизмов в сочетании с определением агрохимических характеристик дают основание для разработки агротехнических приемов по управлению биологическими свойствами почвы, особенно малогумусных, и открывают широкие перспективы управления их плодородием [14–17].

Эффективность использования азотных удобрений невелика: в почве используется до 50% внесенного с удобрениями азота, причем ключевую роль играет также микробная активность – повышение численности денитрификаторов. В результате этого снижается коэффициент использования минеральных азотных удобрений, что может привести к загрязнению атмосферы, а также поверхностных и грунтовых вод [18].

Большое влияние на азотный режим почв оказывают азотфиксирующие бактерии. Свободноживущие азотфиксаторы, которые в почвах довольно широко распространены, вместе с симбиотическими клубеньковыми бактериями усваивают атмосферный азот и играют важную роль в поддержании азотного режима почв. Клубеньковые бактерии в значительной мере обеспечивают азотное питание бобовых культур [19].

Минерализация органических фосфорных соединений, превращения фосфатов алюминия, железа, трехкальциевых фосфатов в почве осуществляются микроорганизмами, так же, как и трансформация серы, железа и других элементов. В почве практически нет процесса, в котором микроорганизмы не принимали бы активного участия.

В связи с вышеизложенным, для орошаемых сероземных малогумусных почв наиболее целесообразным представляется применение биоудобрений, стимуляторов роста растений микробного или растительного происхождения, обладающих

высокой агрохимической эффективностью без негативного влияния на структуру микробных сообществ и их активность.

В АО “Институт химических наук им. А.Б. Бектурова” разработана удобрительная композиция с введенным в ее состав стимулятором роста многофункционального действия для обеспечения сельскохозяйственных культур полноценным сбалансированным NP-питанием.

Исходя из вышеизложенного, целью работы было:

– в модельном опыте исследовать влияние удобрительной композиции (**УК**) на основе аммиачной селитры, фосфоритной муки (P_{ϕ}), хлорофилл-белкового экстракта растения *Juniperus* на содержание подвижных форм азота, фосфора, калия, а также гумуса в почве, определить численность микроорганизмов эколого-трофических групп (**ЭКТГМ**) в светлом сероземе;

– в полевом опыте на посевах лука (2016–2018 гг.) изучить влияние удобрительной композиции на содержание подвижных форм азота, фосфора, калия и гумуса в почве; на рост и развитие растений, урожайность культуры, накопление макроэлементов растениями, а также состав микробных сообществ светло-сероземной почвы;

– исследовать эффективность нового ростстимулирующего биопрепарата, состоящего из хлорофилл-белкового экстракта (**ХБЭ**) растений рода *Juniperus* и сульфата железа, а также удобрительной композиции на основе фосфоритной муки (28% P_2O_5), аммиачной селитры и ХБЭ с сульфатом железа.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследования использовали удобрительную композицию, полученную на основе фосфоритной муки Каратау (месторождения Кок-Джон участка Аралтобе), содержащей 28% P_2O_5 , аммиачной селитры (ГОСТ 2–85), хлорофилл-белкового экстракта растения рода *Juniperus* (know-how ТОО “Хазрат-Али-Акбар”), обогашенного сульфатом железа (ГОСТ 4148–78).

Удобрительную композицию получали при массовом отношении $N : P_2O_5 = 1 : 0.5$, $N - 23.0$ мас. %, $P_2O_5 - 11.7$ мас. % и ХБЭ – 0.115 мас. %.

Для проведения модельного опыта использовали светлый серозем, образцы почвы отбирали из пахотного горизонта участка, на котором впоследствии был проведен полевой опыт. Образец включал небольшое количество растительных остатков. Содержание питательных элементов

Таблица 1. Схема полевого опыта при возделывании лука

Вариант	Фаза развития растений	Количество внесенных удобрений, кг/га			
		N _{aa}	АФ	K _x	УК*
1. Контроль	3–4 настоящих листьев	–	–	–	–
	6–7 настоящих листьев	–	–	–	–
	начало образования луковиц	–	–	–	–
2. Эталон N100P50K30	3–4 настоящих листьев	63	28	11.8	–
	6–7 настоящих листьев	103	43	18.8	–
	начало образования луковиц	87	37	16.4	–
3. УК + K30	3–4 настоящих листьев	–	–	11.8	108
	6–7 настоящих листьев	–	–	18.8	174
	начало образования луковиц	–	–	16.4	152
4. 0.5 УК + K15	3–4 настоящих листьев	–	–	5.9	54.1
	6–7 настоящих листьев	–	–	9.4	87.1
	начало образования луковиц	–	–	8.2	76.1

*УК – удобрительная композиция. То же в табл. 3–7.

(подвижных форм): N – 21.7, P₂O₅ – 14.9, K₂O – 210 мг/кг, гумус – 1.02%.

Модельный опыт проводили по схеме, варианты: 1 – контроль (почва без удобрений), 2 – эталон (почва + N₈₈P₅₀K₃₀ (в виде аммиачной селитры, аммофоса и хлорида калия)), 3 – почва + УК (N₁₀₀P₅₀+ХБЭ 0.5) + K₃₀, 4 – почва + 0.5УК (N₅₀P₂₅ + ХБЭ 0.25)) + K₁₅.

В эталонном варианте количество азота выравнивалось до 100 кг/га за счет азота, содержащегося в аммофосе.

Почву, пропущенную через сито 3 мм, по 2 кг (в пересчете на абсолютно сухую) помещали в пластиковые емкости, оборудованные дренажными трубками, инкубировали в течение 30 сут при температуре 23–25°C и постоянной влажности почвы 17 мас. % (50% ПВ), контроль влажности осуществляли каждые 3-е сут.

Анализ почвы на содержание питательных элементов и гумуса проводили через каждые 10 сут опыта, микробиологические исследования (определение ЭКТГМ) – по истечении 30 сут.

Полевой опыт на светлом сероземе заложен по методикам [20] (табл. 1), варианты: 1 – контроль без удобрений; 2 – удобрения в виде N_{aa}, АФ и K_x вносили из расчета N100, P50, K30; 3 – готовую удобрительную композицию (УК) вносили в количестве 435 кг/га из расчета N100, P50, K30; 4 – УК 217.5 кг/га из расчета N50, P25, K15. Количество ХБЭ в вариантах 3 и 4 составляло 0.5 и 0.25 кг/га соответственно.

Удобрения и удобрительную композицию вносили следующим образом: 25% – перед поли-

вом в фазе 3–4 настоящих листьев, 40% – в фазе 6–7 настоящих листьев, 35% – в фазе начала образования луковиц. Почва – светлый серозем (Calcisols [21]). Calcisols ранее называли Desert soils. Большинство из них соответствует Calcids (США) и Calcarosols (Австралия). На почвенной карте Мира (FAO–UNESCO, 1971–1981) эти почвы относятся в основном к Xerosols (Calcic или Naplic) и, в меньшей степени, к Yermosols. Почвообразующие породы в основном аллювиальные, коллювиальные и эоловые отложения богатых основаниями продуктов выветривания. Ландшафты: рельеф – ровный или холмистый; климат – аридный или семиаридный; естественная растительность – редкая, преобладают ксерофитные кустарники и деревья и/или эфемерные злаки и разнотравье. Развитие профиля: у типичных Calcisols формируется палевый (светло-коричневый) верхний горизонт; существенное накопление вторичных карбонатов происходит в пределах 100 см от дневной поверхности.

Среднее содержание питательных элементов (подвижных форм): N – 25.4, P₂O₅ – 13.2, K₂O – 209 мг/кг, гумус – 1.08%.

Общая площадь делянки опыта составила 720 м², размер учетной делянки – 60 м². Повторность – трехкратная, размещение в один ярус. Была проведена основная вспашка опытного участка, боронование с внесением удобрений, вслед за ним проведено двукратное чизелевание. В течение вегетации проведены 3 ручные прополки. Учеты полевой всхожести, роста и развития растений,

Таблица 2. Содержание гумуса, подвижных форм азота и фосфора в почве модельного опыта

Варианты	N			P ₂ O ₅			Гумус, %
	мг/кг						
	время от начала опыта, сут						
	10	20	30	10	20	30	30
1. Контроль	21.7	21.7	21.7	14.9	14.9	14.7	1.02
2. Эталон N88P50K50	21.8	21.2	21.0	15.2	15.3	15.5	0.99
3. УК + K30	23.5	26.2	27.8	17.2	18.7	20.0	1.10
4. 0.5 УК + K15	22.0	24.1	25.1	15.9	17.2	19.1	1.07
Стандартное отклонение	0.8	2.3	3.2	1.0	1.8	2.6	0.50
Доверительный интервал	0.8	2.3	3.1	1.0	1.7	2.6	0.05

урожая проводили по методике полевых опытов [20].

Использовали семена лука сорта Каратал. Свойства сорта: вегетационный период – 75–97 сут, урожайность – 200–440 ц/га, крупность головки – 50–120 г, луковица – плотная, округлая, сухие чешуи – желтые и золотисто-желтые, сочные – белые, вкус у лука полуострый, вызреваемость перед уборкой – 35–100%, лежкость хорошая – 65–80%.

Содержание гумуса определяли по Тюрину, подвижных форм азота – по Корнфилду (в модификации ЦИНАО), общего азота – по Кьельдалю, валовых форм фосфора – по Гинзбург, подвижных форм фосфора и калия – по Мачигину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205) [22].

Количественный учет отдельных физиологических групп микроорганизмов проводили методом предельных разведений с последующим высевом на различные твердые и жидкие питательные среды [23, 24]: численность азотфиксаторов – на среде Федорова с микроэлементами, фосфатмобилизирующих бактерий – на среде Пиковской, аммонифицирующих микроорганизмов – на мясо-пептонном агаре, олиготрофных микроорганизмов – на почвенном агаре, денитрификаторов – на жидкой среде Гильтая, повторность трехкратная. Численность микроорганизмов выражали в млн КОЕ или млн клеток/г сухой почвы.

Статистический анализ полученных данных проводили с помощью статистических программ “STATISTICA 10.0” и “Office Excel”, с подсчетом стандартного отклонения и доверительного интервала при $p = 0.05$ [25].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты определения динамики содержания питательных элементов и гумуса в почве модельного опыта приведены в табл. 2. Установлено, что в контрольной почве без удобрения было стабильное содержание подвижных форм азота (21.65–21.70 мг/кг) и фосфора (14.7–14.9 мг/кг) в течение 30 сут, тогда как в эталонном варианте с удобрениями отмечено некоторое снижение содержания подвижных форм азота, незначительное увеличение содержания подвижного фосфора и снижение содержания гумуса почвы на 0.03%.

В вариантах с применением полной дозы УК и 0.5 УК в течение инкубации выявлено достоверное увеличение содержания подвижных форм азота (на 30-е сут – на 28.2 и 15.8%) и фосфора (на 30-е сут – на 36.1 и 29.9%) при небольшом, но также достоверном (судя по доверительному интервалу) приросте количества гумуса (на 7.8 и 4.9% соответственно).

Изучение количества почвенных микроорганизмов в почве на 30-е сут модельного опыта (табл. 3) показало значительное их увеличение под воздействием удобрений. Например, при внесении азотных и фосфорных удобрений в эталонном варианте отмечен прирост числа азотфиксирующих микроорганизмов на 7.1, фосфатмобилизирующих – на 8.3, аммонифицирующих – на 6.7%, тогда как олиготрофов – в 1.5 раза, денитрифицирующих – в 2.5 раза. При внесении УК и 0.5 УК выявлена иная закономерность – установлено значительное увеличение количества азотфиксаторов – в 3.6 и 2.8 раза, фосфатмобилизаторов – в 3.5 и 2.2 раза, аммонификаторов – в 1.6 и 1.2 раза по сравнению с контролем.

Корреляционный анализ позволил установить, что снижение содержания подвижного азота и гумуса в эталонном варианте могло быть связано с увеличением численности денитрификаторов, участвующих в трансформации азота почвы ($r = -0.61$ и -0.75 соответственно) и олиготрофов, минерализующих гумус, ($r = -0.74$ и -0.85 соответственно). Тесная прямая корреляция отмечена также между количеством аммонификаторов и содержанием подвижных форм азота, накопленного в почве к концу инкубации. Та же закономерность отмечена при обнаружении связей между числом свободноживущих азотфиксаторов и содержанием подвижного азота. Следует отметить высокую степень зависимости содержания подвижного фосфора и количества фосфатмобилизаторов в почве ($r = 0.98$).

Исследование агрохимической эффективности УК проводили также в полевом опыте на по-

Таблица 3. Влияние удобрительной композиции на численность почвенных микроорганизмов (модельный опыт)

Вариант	Численность почвенных микроорганизмов, млн КОЕ/г почвы				
	азотфиксирующие	фосфатмобилизирующие	аммонифицирующие	олиготрофы	денитрификаторы
1. Контроль	0.42	0.60	0.75	8.3	6.5
2. Эталон N88P50K30	0.45	0.65	0.80	12.5	16.5
3. УК + K30	1.52	2.11	1.22	7.2	6.5
4. 0.5 УК + K15	1.20	1.30	0.91	8.1	6.5
Стандартное отклонение	0.55	0.71	0.21	2.4	5.0
Доверительный интервал	0.54	0.69	0.21	2.3	4.0

Таблица 4. Влияние удобрительной композиции на показатели высоты главного стебля лука, количества и сохранности растений (полевой опыт)

Вариант	Высота главного стебля, см			Количество растений на 25 августа, тыс. шт./га	Сохранность растений, %
	фаза 3–4 настоящих листьев, 25 мая	фаза 7–9 настоящих листьев, 20 июля	25 августа		
1. Контроль	3.9	22.5	30.1	447	82
2. Эталон N88P50K30	4.3	24.2	32.4	489	86
3. УК + K30	5.1	27.5	35.6	549	93
4. 0.5 УК + K15	4.5	26.1	33.3	522	90
Стандартное отклонение	0.5	2.2	2.3	44	5
Доверительный интервал	0.5	2.1	2.2	43	5

севах лука, выращиваемом на светлом сероземе. Показано, что традиционные удобрения и удобрительная композиция с ХБЭ увеличивали всхожесть семян лука по сравнению с контрольным вариантом без удобрений.

Фенологические наблюдения за ростом растений, количеством и сохранностью растений в конце вегетации представлены в табл. 4. Из полученных данных следует, что в варианте с УК высота главного стебля увеличивалась по сравнению с эталоном на 8.9 (25 августа) и 18.6% (25 мая). Количество растений в варианте в конце вегетации также превышало показатели эталонного варианта на 60 тыс. шт./га. Несмотря на снижение дозы удобрений в 2 раза в варианте с 0.5 УК, длина главного стебля растения превышала эталон на 2.8–4.7 см, количество растений на 1 га – на 33 тыс. шт.

Эффективность УК, в состав которой входит ХБЭ, проявлялась также в сохранности растений в конце вегетации. Например, если в контроле показатель составил 82, в эталонном варианте – 86, то в вариантах применения УК и 0.5 УК – 93 и 90%.

Полученные результаты хорошо согласовались с данными урожайности репчатого лука (рис. 1). Установлено, что УК обеспечивала прибавку урожайности 70 ц/га в сравнении с традиционными удобрениями, а при снижении ее нормы на 50% – на 20 ц/га.

Биометрические показатели развития растений хорошо согласовались с результатами анализа почвы, свидетельствующими об оптимизации питательного режима при применении удобрительной композиции. Улучшение питания растений отражено в уровне содержания N, P и K в биомассе растений лука (табл. 5).

Например, в варианте с УК содержание N, P₂O₅ и K₂O в почве (в пахотном горизонте) в сравнении с эталоном повышалось на 25.1; 44.0 и 3.4% соответственно. При этом установлено увеличение содержания гумуса в почве на 0.06% (на 5.6 и 2.8% по отношению к контрольному и эталонному вариантам).

Агрохимические показатели почвы хорошо согласуются с содержанием макроэлементов в листьях растений лука: применение УК способствовало увеличению в биомассе N на 16.7, P – на 2.8,

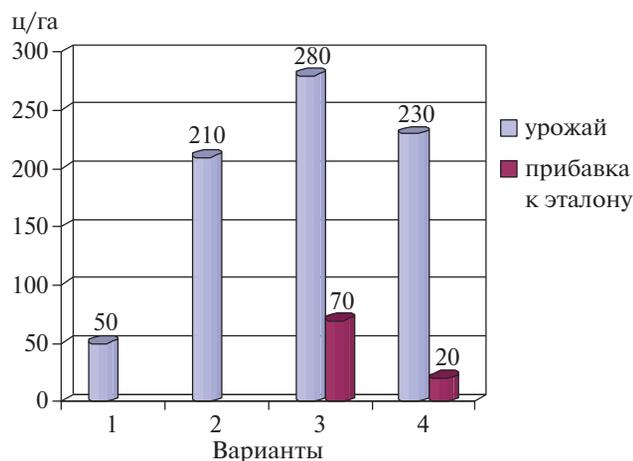


Рис. 1. Урожайность лука репчатого при применении стандартных удобрений и удобрительной композиции, варианты: 1 – контроль без удобрений, 2 – эталон N88P50K30, 3 – УК + K30, 4 – 0.5 УК + K15.

К – на 3.6% по отношению к эталонному варианту. Несмотря на снижение дозы удобрительной композиции в 2 раза, в варианте с 0.5 УК также установлено достоверное увеличение количества макроэлементов в листьях: N – на 15.5, P – на 1.4, K – на 2.7% в сравнении с эталонным вариантом.

Необходимо отметить высокую корреляционную зависимость агрохимических характеристик почвы и содержания NPK в растениях. Содержание азота в почве и в листьях и содержание калия в почве и в листьях имели высокие коэффициенты корреляции – до 0.91, несколько меньше был уровень зависимости содержания доступных форм фосфора в почве и содержания его в растениях – ≈ 0.8 . Кроме того, тесная зависимость обнаружена между урожайностью лука репчатого и содержанием в почве N ($r = 0.92$), P ($r = 0.74$), гу-

муса ($r = 0.74$), и несколько меньше содержания K ($r = 0.55$).

Бактериологический анализ почвы, отобранной в период образования луковиц, установил в вариантах с УК и 0.5 УК повышение численности азотфиксирующих бактерий в 2.3 и 2.2 раза (до 1.12 млн КОЕ/г почвы), фосфатмобилизирующих бактерий – в 2.7 и 2.3 раза (до 1.5 млн/г), аммонифицирующих микроорганизмов – в 2.3 и 2.1 раза (до 1.35 млн КОЕ/г), а также снижение численности олиготрофов в 1.6 и 1.5 раза (до 7.2 млн КОЕ/г) и денитрификаторов – в 2.7 и 2.5 раза (до 5.0 млн КОЕ/г почвы) в сравнении с эталонным вариантом (табл. 6).

Можно констатировать, что в почве с минеральными удобрениями процессы разложения гумусовых соединений (контролируемых олиготрофами) преобладали над процессом микробного синтеза и гумификации, т.е. отмечен сдвиг баланса в сторону минерализации. В эталонном варианте были вероятны также значительные потери азотных соединений под воздействием денитрификаторов. Напротив, входящий в состав удобрительной композиции ХБЭ, обогащенный сульфатом железа, выступал как протектор почвенного органического вещества и минеральных соединений, снижая интенсивность процессов минерализации и увеличивая КПД внесенных удобрений.

Важно, что урожайные данные и агрохимические характеристики почвы под посевами лука имели высокую степень корреляции с численностью микроорганизмов различных ЭТГ (в фазе образования луковиц), участвующих в трансформации макроэлементов в почве (табл. 7).

Таким образом, применение новой удобрительной композиции на основе фосфоритной муки Каратау (месторождения Кок-Джон участка Аралтобе), аммиачной селитры, хлорофилл-белкового экстракта растения рода *Juniperus*, обогащенного сульфатом железа, позволило обеспечить увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, улучшить качество готовой продукции, повысить эффективность минеральных удобрений, снизить их общую потребность и затраты на применение. Следует указать, что снижение химической нагрузки на почву за счет уменьшения дозы удобрений без ущерба для урожайности может способствовать позитивному изменению окружающей среды и повышению плодородия почв.

Причина позитивного эффекта удобрительной композиции состоит в благоприятном воздействии биологически активных соединений, входящих в состав УК (хлорофилл-белковый экс-

Таблица 5. Влияние УК на содержание питательных элементов и биомассе растений в фазе 7–9 настоящих листьев лука (полевой опыт)

Вариант	Гумус, %	Почва, мг/кг			Растения, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K
1. Контроль	1.07	24.0	12.6	205	0.82	0.68	1.10
2. Эталон N88P50K30	1.07	26.3	13.4	203	0.84	0.71	1.11
3. УК + K30	1.13	30.6	19.3	210	0.98	0.73	1.15
4. 0.5 УК + K15	1.10	28.1	18.9	208	0.97	0.72	1.14
Стандартное отклонение	0.03	2.8	3.5	3	0.08	0.02	0.02
Доверительный интервал	0.03	2.7	3.5	3	0.08	0.02	0.02

Таблица 6. Влияние удобрительной композиции на численность почвенных микроорганизмов (полевой опыт)

Вариант	Численность почвенных микроорганизмов, млн КОЕ/г почвы				
	азотфиксирующие	фосфатмобилизирующие	аммонифицирующие	олиготрофы	денитрификаторы
1. Контроль	0.52	0.58	0.59	7.0	5.1
2. Эталон N88P50K30	0.50	0.56	0.60	11.2	13.5
3. УК + K30	1.12	1.50	1.35	7.0	5.0
4. 0.5 УК + K15	1.08	1.30	1.27	7.2	5.3
Стандартное отклонение	0.34	0.49	0.41	2.1	4.2
Доверительный интервал	0.33	0.48	0.41	2.0	4.1

Таблица 7. Коэффициенты корреляции Пирсона для характеристик полевого опыта

	Численность					Гумус, %	В почве			В растении	
	азотфиксирующие	фосфатмобилизирующие	аммонифицирующие	олиготрофы	денитрификаторы		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P
Азотфиксирующие	1.00										
Фосфатмобилизирующие	0.99	1.00									
Аммонификаторы	1.00	1.00	1.00								
Олиготрофы	-0.58	-0.57	-0.55	1.00							
Денитрификаторы	-0.59	-0.58	-0.56	1.00	1.00						
Гумус, %	0.92	0.96	0.94	-0.52	-0.53	1.00					
N почв	0.88	0.91	0.90	-0.22	-0.23	0.94	1.00				
P ₂ O ₅ почв	0.99	0.99	1.00	-0.48	-0.50	0.92	0.91	1.00			
K ₂ O почв	0.95	0.96	0.94	-0.75	-0.75	0.95	0.81	0.91	1.00		
N раст	0.99	0.99	1.00	-0.48	-0.49	0.92	0.91	1.00	0.91	1.00	
P раст	0.80	0.81	0.82	0.01	0.00	0.81	0.96	0.86	0.65	0.86	1.00
K раст	0.97	0.98	0.98	-0.41	-0.42	0.95	0.96	0.99	0.90	0.99	0.91

тракт можжевельника, а также легкодоступное железо в виде сульфатсоединения), на корневую систему растений. Кроме того, применение полной и 50%-ной дозы удобрительной композиции обеспечило значительное изменение состава микробного сообщества в сторону увеличения числа азотфиксаторов, фосфатмобилизаторов, аммонификаторов и повышения доли этих полезных микроорганизмов в составе микробного комплекса светло-сероземной почвы.

ВЫВОДЫ

1. В модельном опыте со светло-сероземной почвой при внесении как полной, так и половинной дозы удобрительной композиции (УК), установлено достоверное увеличение подвижных

форм азота и фосфора (на 15.8–29.9%), а также гумуса (на 4.9–7.8%) по сравнению с контрольным и эталонным вариантами.

2. Внесение азотных и фосфорных удобрений в эталонном варианте привело к небольшому увеличению числа азотфиксирующих, фосфатмобилизирующих и аммонифицирующих микроорганизмов, при значительном росте (в 1.5–2.5 раза) числа олиготрофов и денитрификаторов, свидетельствующих об интенсивных потерях за счет минерализации углерода и минерального азота. Напротив, применение удобрительной композиции (УК и 0.5 УК) сформировало благоприятные условия для значительного увеличения азотфиксаторов в 3.6–2.8 раза, фосфатмобилизаторов – в 3.5–2.2 раза, аммонификаторов – в 1.6–1.2 раза,

тогда как число олиготрофов и денитрификаторов снижалось или было близким по величине в варианте без удобрений.

3. В полевом опыте использование удобрительной композиции позволило оптимизировать питание растений лука, что выразилось в увеличении числа всходов лука, большей высоте растений (до 18.6% к контролю), сохранности растений в конце вегетации и, главное, количестве урожая. Применение полной и половинной дозы УК позволило получить урожайность лука репчатого 280 и 230 ц/га (что соответственно на 33 и 9% больше эталонного варианта).

4. Применение УК способствовало повышению содержания подвижных форм азота, фосфора и калия в почве пахотного горизонта (на 25.1, 44.0 и 3.4% в сравнении с эталоном) при некотором увеличении содержания гумуса (на 5.6 и 2.8% по отношению к контрольному и эталонному вариантам). Изменение агрохимических характеристик почвы под воздействием УК привело к изменению микробных сообществ в сторону увеличения абсолютного количества бикробиоты, а также доли аммонификаторов, азотфиксаторов и фосфатмобилизаторов, при понижении числа и доли олиготрофов и денитрификаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Creamer R.E., Hannula S.E., Van Leeuwen J.P., Stone D., Rutgers M., Schmelze R.M., Ruijter de P.C., Bohse Hendriksen N., Bolger T., Bouffaud M.L., Bueek M., Carvalho F., Costal D., Dirilgen T., Franciscom R., Griffithsn B.S., Griffithso R., Martin F., Martins da Silva P., Mendes S., Moraism P.V., Pereira C., Philippo L., Plassart P., Redeckerp D., Römbkef J., Sausal J.P., Woutersee M., Lemancaauj P. Ecological network analysis reveals the inter-connection between soil biodiversity and ecosystem function as affected by land use across Europe // *Appl. Soil Ecol.* 2016. № 97. P. 112–124.
2. Даденко Е.В., Акименко Ю.В., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерал. ун-та, 2016. 355 с.
3. Creamer C.A., Menezes de A.B., Krull E.S., Sanderman J., Newton-Walters R., Farrell M. Microbial community structure mediates response of soil C decomposition to litter addition and warming // *Soil Biol. Biochem.* 2015. № 80. P. 175–188.
4. Marschner P., Kandeler E., Marschner B. Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment // *Soil Biol. Biochem.* 2003. № 35 (3). P. 45–61.
5. Dasci M., Gullap M.K., Erkovan H.I., Koc A. Effects of phosphorus fertilizer and phosphorus solubilizing bacteria applications on clover dominant meadow: II. Chemical composition // *Turk. J. Field Crops.* 2010. № 15 (1). P. 18–24.
6. Mackay J.E., Macdonald L.M., Smernik R.J., Cavagnaro T.R. Organic amendments as phosphorus fertilizers: chemical analyses, biological processes and plant P uptake // *Soil Biol. Biochem.* 2017. № 107. P. 50–59.
7. Сычев В.Г. Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур // Мат-лы докл. участников 10-й науч.-практ. конф. “Анапа-2018” / Под ред. Сычева В.Г. М.: ООО “Плодородие”, 2018. С. 3–7.
8. Котляров Д.В., Котляров В.В., Федулов Ю.П. Физиологически активные вещества в агротехнологиях. Краснодар: КубГАУ, 2016. 224 с.
9. Шаповал О.А., Можарова И.П., Грабовская Т.Ю., Коршунов А.А., Лазарева А.С., Мухина М.Т. Регуляторы роста растений в агротехнологиях основных сельскохозяйственных культур. М.: ВНИИА, 2015. 348 с.
10. Ibrahim M., Agarwal M., Oh Yang J., Abdulhussein M., Xin Du, Hardy G., Ren Y. Plant growth regulators improve the production of volatile organic compounds in two rose varieties // *Plants.* 2019. № 8 (35). P. 1–12.
11. Richardson A.E., Simpson R.J. // Soil microorganisms mediating phosphorus availability // *Plant Physiol.* 2011. V. 156. P. 989–996.
12. Дегтярева И.А., Ильясов М.М., Храмов И.Т. Микробиологический мониторинг почв агроценозов // *Агрохим. вестн.* 2003. № 4. С. 30–32.
13. Zhang Guang Na, Zhen Hua Chen, AiMing Zhang, LiJun Chen, ZhiJie Wu. Influence of climate warming and nitrogen deposition on soil phosphorus composition and phosphorus availability in a temperate grassland, China // *J. Arid Land.* 2014. V. 6:2. P. 156–163.
14. Усманов С., Тойнасцова У.М., Омарова Г.Т., Байбацаева Ш., Исахова М.М., Козыбакова Э.Б. Агрохимическая эффективность новых форм фосфорсодержащих биоудобрений в посевах хлопчатника // *Агрохимия.* 2014. № 6. С. 48–54.
15. Dakora F.D., Phillips D.A. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments // *Plant and Soil.* V. 245. Iss. 1. 2002. P. 35–47.
16. Chao Ai, Guoqing Liang, Jingwe Sun, Xiubin Wang, Ping He, Wei Zhou, Xinhua H. Reduced dependence of rhizosphere microbiome on plant-derived carbon in 32-year long-term inorganic and organic fertilized soils // *Soil Biol. Biochem.* 2015. V. 80. P. 70–78.
17. Chaparro J.M., Sheflin A.M., Manter D.K., Vivanco J.M. Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility // *Biol. Fertil. Soils.* 2012. № 48. P. 489–499.
18. Reetz H.F. Fertilizers and their efficient use. Paris: International fertilizer industry association, 2016. 114 p.
19. Бабьева И.И., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 1989. 336 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
21. World Reference Base for Soil Resources (WRB) (рус. версия). Рабочая группа IUSS WRB. 2015. Мировая

- реферативная база почвенных ресурсов 2014, исправл. и допол. верс. 2015. Международ. система почв. классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. Докл. о мировых почвенных ресурсах № 106. Рим: ФАО, С. 157–158.
22. *Минеев В.Г.* Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2002. 689 с.
23. *Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манучарова Н.А.* Практикум по биологии почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. 120 с.
24. *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 303 с.
25. *Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. М.: Кн. дом “ЛИБРОКОМ”, 2009. 328 с.

Agrochemical Efficiency of Fertilizer Composition on One Crops

**S. Usmanov^a, G. T. Omarova^{a,#}, O. V. Myachina^b, Sh. Baibachshayeva^a,
E. N. Ramzanova^a, and G. K. Zulpanova^c**

^a *A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences*

st. Sh. Ualikhanova, 106, Almaty 050010, Republic of Kazakhstan

^b *Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
st. Mirzo Ulugbek, 77a, Tashkent 100170, Republic of Uzbekistan*

^c *FUS Scientific and Production Association Ana-Zher microdistrict "Koktem 1"
26, apt. 72, Almaty 050040, Republic of Kazakhstan*

[#] *E-mail: gtomarova@gmail.com*

Increasing in the humus content by 5.6–2.8% was found when using a new fertilizer composition on onion crops in light gray earth, mobile forms N, P and K by 27–17, 53–50, 2.7–1.5%, increased removal by plants N, P and K by 19.5–18.3, 7.4–5.9, 4.5–3.6%, accordingly. There was a change in the number of soil microorganisms of various ecological and trophic groups: an increase in the number of free-living nitrogen fixators in 2.2–3.6 times, phosphate-immobilizing microorganisms – in 2.2–3.5 times, ammonifying bacteria – in 1.2–2.3 times, decreasing in the number of oligotrophs – in 1.5–1.6 times and denitrifiers – in 2.5–2.7 times. A high degree of dependence of macroelements removal by plants and crops on humus and NPK content in the soil is shown.

Key words: agrochemical effectiveness, fertilizer composition, chlorophyll-protein extract, onion crops.