

6. Висновки

При дослідженні катаболізму КоА нами було встановлено, що розпад КоА в організмі відбувається лише в тонкому кишечнику і крові. Якщо можливість цього процесу в кишечнику зрозуміла, оскільки в цьому органі присутня велика кількість гідролаз, то існування цього процесу в крові вимагало окремих досліджень, крім того залишилося нез'ясованим питанням чому гідроліз КоА в крові призводить до значного утворення 4-фосфопантотенату, який визначався в більших кількостях ніж термінальний продукт – пантотенат.

Дещо складнішою була картина впливу ін'єкцій пантотенату і 4-фосфопантотенату на рівень жирних кислот в крові в дослідях *in vivo*. Зокрема, на першу і дев'яту добу, пантотенат знижував рівень жирних кислот в крові, очевидно за рахунок індукції системи β-окислення жирних кислот. А при застосуванні 4-фосфопантотенату спостерігалось збільшення цього показника на 3 добу експерименту.

Таким чином, наші дослідження свідчать про можливість участі 4-фосфопантотенату в процесі біосинтезу жирних кислот в крові.

Література

1. Lipmann, F. Coenzyme for acetylation apanto the nicacid acid derivative [Text] / F. Lipmann, N. Kaplan, O. Novelli, B. Guirard // J. Biol. Chem. – 1947. – P. 167–869.
2. Диксон, М. Ферменты [Текст]: учеб. / М. Диксон, Э. Уэбб. – М.: «Мир», 1966. – 728 с.
3. Schwartz, E. Toxicity studies of some derivatives of pantothenic acid [Text] / E. Schwartz, R. E. Bagdon // Toxicol-

ogy and Applied Pharmacology. – 1964. – Vol. 6, Issue 3. – P. 280–283. doi: 10.1016/0041-008x(64)90068-7

4. Kanematsu, Y. Experimental studies on liver CoA I. Seasonal variations of liver CoA in pantothenic acid deficient rats [Text] / Y. Kanematsu // Japan. Arch. Internal. Med. – 1966. – Vol. 3. – P. 127–132.

5. Directive 2010/63/Eu Of The European Parliament And Of The Council [Electronic resource]. – Official Journal of the European Union. – 2010. – Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32010L0063>

6. Островский, Ю. М. Экспериментальная витаминология [Текст] / Ю. М. Островский; под ред. Ю. М. Островского. – Минск: Наука и техника, 1975. – 551 с.

References

1. Lipmann, F., Kaplan, N., Novelli, O., B. Guirard (1947). Coenzyme for acetylation apanto the nicacid acid derivative. J. Biol. Chem., 167–869.
2. Dikson, M., Ujebb, Je. (1966). Fermenty. Moscow: «Mir», 728.
3. Schwartz, E., R. Bagdon, E. (1964). Toxicity studies of some derivatives of pantothenic acid. Toxicology and Applied Pharmacology, 6 (3), 280–283. doi: 10.1016/0041-008x(64)90068-7
4. Kanematsu, Y. (1966). Experimental studies on liver CoA I. Seasonal variations of liver CoA in pantothenic acid deficient rats. Japan. Arch. Internal., 3, 127–132.
5. Directive 2010/63/Eu Of The European Parliament And Of The Council (2010). Official Journal of the European Union, L 276/33. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32010L0063>
6. Ostrovskij, Ju. M.; Ostrovskij, Ju. M. (Ed.) (1975). Jeksperimental'naja vitaminologija. Minsk: Nauka i tehnika, 551.

*Рекомендовано до публікації д-р біол. наук Петров С. А.
Дата надходження рукопису 18.08.2015*

Кравчук Ілона Олегівна, магістр, кафедра біохімії, Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, вул. Дворянська, 2, м. Одеса, Україна, 65000
E-mail: ilokr@mail.ru

УДК 631.468:631.81:579.64

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.50356

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ПОВЫШЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ

© М. И. Шевчук, Н. С. Ковальчук, Т. Н. Колесник

Освещена эффективность воздействия биопрепаратов в комплексе с органо-минеральной системой удобрения на агрохимические показатели плодородия дерново-слабоподзолистых песчаных почв, которая проявляется в повышении агрохимических показателей плодородия до 28,6 % в прямом действии и до 41,6 % в последствии. Наивысшей эффективностью владеет Полимиксобактерин, наименьшей – Байкал ЭМ-1

Ключевые слова: микробиологические препараты, ферментированное органическое удобрение, почва, плодородие, питательный режим

The effective impact of biological preparations in combination with organomineral system of fertilization on fertility of soft sod-podzolic sandy soils is elucidated, which manifests itself in increasing the agrochemical indices of the soil fertility up to 28,6 % in direct action and up to 41,6 % in the after-effect. The most efficiency biological preparation is Polymixobacterin, the lowest efficiency is Baikal EM-1

Keywords: microbiological preparations, fermented organic manure, soil, fertility, nutrient regime

1. Введение

Проблема оптимизации питания сельскохозяйственных культур и воспроизводства плодородия почв приобретает особую актуальность в современных условиях сельскохозяйственного производства, перед которым ставятся задания стабильной поддержки высокой производительности агроэкосистем и минимизация техногенной нагрузки с целью получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Поэтому интенсивное земледелие с применением высоких норм минеральных удобрений и системами химической защиты растений постепенно теряет свои позиции.

В Украине и большинстве стран мира критически не хватает традиционных органических удобрений, применение которых обеспечивает относительно невысокие показатели энергоэффективности функционирования агроэкосистем в целом. Поэтому биоферментация органических отходов с целью получения высококачественных органических удобрений и улавливания энергии в виде биогаза является перспективным путем повышения энергоэффективности сельскохозяйственного производства. Но даже применение таких высококачественных органических удобрений как продукты биоферментации органических отходов растениеводства и животноводства не решает проблемы обеспечения сбалансированного питания сельскохозяйственных культур.

Общеизвестно, что органические удобрения характеризуются высоким содержанием углерода, азота, большинства микроэлементов, но содержание таких важных макроэлементов минерального питания как фосфор и калий является недостаточным для обеспечения сбалансированного питания сельскохозяйственных культур. Поэтому необходимо добавлять эти элементы в форме минеральных удобрений, предпочитая органоминеральные системы удобрения. При этом нерешенной остается проблема непроизводительных потерь фосфатов минеральных удобрений за счет ретроградации и потерь азота за счет интенсивной денитрификации. Поэтому применение биопрепаратов на основе эффективных микроорганизмов, которые способствовали бы регулированию процессов непроизводительных потерь фосфора и азота удобрений, а также мобилизации питательных веществ почвенных резервов, является весьма актуальным вопросом.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Анализ литературных источников показал, что исследованиями влияния микробиологических препаратов в комплексе с органическими удобрениями на питательный режим почв занимались Городний М. М. [1], Головки А. М. [2], Кузьменко А. С. [3], Гаврилюк В. Б., Гаврилюк Г. М., Кух Ю. М., Бортняк В. А. [4]. Ученые сделали выводы о высокой эффективности применения микробиологического препарата Полимиксобактерин для мобилизации доступных растениям фосфатов почвы и удобрений, который в комплексе из стимулятором роста и развития Агростимулин и азотфиксирующим микробным препаратом Диазофит способен не только повышать устойчи-

вость растений к заболеваниям и стрессовым факторам, увеличивать урожайность, улучшать качество выращенной продукции, но и обеспечить более высокую экономическую эффективность по сравнению с использованием минеральных удобрений [6]. Биопрепарат АГАТ-25 оценивается учеными как эффективный биофунгицид и стимулятор роста и развития растений. Биопрепарат Байкал ЭМ-1 позиционируется производителями, агрономами и учеными как уникальный комплекс эффективных микроорганизмов, между которыми существуют тесные ассоциации муталистичного симбиоза, то есть имеет место явление синтропии. Поэтому изучение механизма биологического действия микробов препарата Байкал ЭМ-1 представляет значительный научный и практический интерес.

Последние исследования ученых подтверждают высокую эффективность применения ряда биопрепаратов в комплексе с органическими и органоминеральными системами удобрения не только с целью оптимизации питания растений и повышения энергетической и экономической эффективности земледелия, но и при необходимости снизить токсичность почв, которая сформировалась в результате монокультуры и при загрязнении почв нефтепродуктами, пестицидами и тяжелыми металлами вследствие техногенной деятельности человека [6–9]. Но в условиях недостатка производства традиционных органических удобрений все большей актуальности приобретает вопрос производства и оценки эффективности новых видов органических удобрений. Предметом наших исследований является ферментированное органическое удобрение на основе торфа и куриного помета, полученное в закрытом биоферментаторе при поддержке мезофильного режима ферментации, высокая агрохимическая эффективность которого подтверждена при изучении питательного режима дерново-слабоподзолистых почв [10–12]. Перед нами поставлен вопрос повышения энергоэффективности земледелия с помощью объединения органоминеральной системы удобрения на основе исследованного ферментированного органического удобрения и эффективных микроорганизмов, которому и посвящена данная научная статья.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследований была оценка наиболее эффективного типа микробиологического препарата и способа его применения в сочетании с органоминеральной системой удобрения на основе ФОД для улучшения агрохимических показателей дерново-слабоподзолистой почвы.

Объектом исследований являются процессы формирования питательного режима и окислительно-восстановительных условий дерново-слабоподзолистой почвы под воздействием микробиологических препаратов на фоне органоминеральной системы удобрения на основе ФОД.

Предметом исследований являются показатели питательного режима и окислительно-восстановительных условий дерново-слабоподзолистой почвы.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определить влияние органо-минеральной системы удобрений на основе ферментированного органического удобрения на основные агрохимические показатели плодородия дерново-слабоподзолистой почвы;
- определить влияние микробиологических биопрепаратов Полимиксобактерин, АГАТ-25К, Байкал ЭМ-1 на изменение агрохимической эффективности исследуемой органо-минеральной системы удобрений;
- среди исследуемых биопрепаратов выделить наиболее эффективные для повышения плодородия почвы с помощью исследуемой органо-минеральной системы удобрений;
- среди двух способов применения микробиологических препаратов - обработка семян и обработка почвы – определить наиболее эффективный способ.

4. Материалы и методы исследований влияния микробиологических препаратов на питательный режим дерново-слабоподзолистой почвы

4.1. Исследуемые материалы, которые использовались в экспериментах

Исследования агрохимической эффективности применения микробиологических препаратов в комплексе с органо-минеральной системой удобрения на основе ферментированного органического удобрения (ФОД) проводились в вегетационном опыте, где выращивался овес на зеленую массу. Последствие удобрений и биопрепаратов изучали в тех же вегетационных сосудах в условиях выращивания редьки масличной на зеленую массу. Повторность опытов – трехкратная. Схему применения удобрений и микробиологических препаратов в вегетационном опыте представлено в табл. 1.

Таблица 1

Схема вегетационного опыта на дерново-слабоподзолистой почве

№ варианта	Вариант опыта	Поступление с удобрениями, кг/га			Соотношение в системе применения удобрений		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	C:N	N:P:K
0	Момент заложения опыта	–	–	–	–	–	–
1	Контроль (без удобрений)	–	–	–	–	–	–
2	ФОД–10 т/га + N120K120 – фон 1	244	145	170	1827	7,5	1,7:1:1,2
3	Фон 1 + P90 (с.фосф.)	244	235	170	1827	7,5	1:1:0,7
4	Фон 1 + P90 (зерн.фос.) – фон 2	244	235	170	1827	7,5	1:1:0,7
5	Фон 2 + АГАТ-25К – (о.п.)	244	235	170	1827	7,5	1:1:0,7
6	Фон 2 + АГАТ-25К – (о.с.)	244	235	170	1827	7,5	1:1:0,7
7	Фон 2 + Байкал ЭМ-1 – (о.п.)	244	235	170	1827	7,5	1:1:0,7
8	Фон 2 + Байкал ЭМ-1 – (о.с.)	244	235	170	1827	7,5	1:1:0,7
9	Фон 2 + Полимиксобактерин – (о.п.)	244	235	170	1827	7,5	1:1:0,7
10	Фон 2 + Полимиксобактерин – (о.с.)	244	235	170	1827	7,5	1:1:0,7

Примечания: P90 (с.фосф.) – в качестве фосфатного минерального удобрения применяли суперфосфат простой гранулированный; P90 (зерн.фос.) – в качестве фосфатного минерального удобрения применяли зернистые фосфориты (месторождение Миятин Волынской обл., Украина); о.с. – обработка семян микробиологическим препаратом, о.п. – обработка почвы микробиологическим препаратом. фосфатного режима почвы, учитывая минимальное рекомендованное учеными содержание P₂O₅ в органических удобрениях не менее 0,3 % [13]

Ферментированное органическое удобрение (ФОД) изготовлено на основе торфа и куриного помета (соотношение торф : помет – 2:1). Содержание основных питательных элементов в ФОД в перерасчете на абсолютно сухую навеску: N – 2,76 % ; P – 3,23 % ; K – 1,12 %, органического вещества – 70 %. Содержание фосфора в данном удобрении достаточно высоко для обеспечения условий воспроизводства.

Как показывают результаты расчетов поступления элементов питания с удобрениями и соответствующих соотношений между элементами питания, в опыте наблюдается значительное превышение поступления фосфатов с удобрениями на вариантах

3–10. Оптимальное соотношение поступления элементов питания с удобрениями для дерново-подзолистой почвы составляет: N:P:K=1,3:1:1,3, а поступление удобрений в вегетационном опыте (варианты 3–10) создает превышение оптимального соотношения P:N на 20 % и превышение оптимального соотношения P:K на 80 %. Усредненные агрохимические показатели дерново-слабоподзолистой почвы на момент заложения вегетационного опыта в слое почвы 0-20 см составляли: рНКCl=6,2 ед., содержание азота аммонийного – 8,0 мг/кг, азота нитратного – 18,4 мг/кг, фосфора подвижных соединений – 49,0 мг/кг (определенного методом Олсена), калия подвижных форм – 34,0 мг/кг, содержание гумуса – 1,78 %.

В опытах применяли: минеральные удобрения – аммиачную селитру – 34,4 % N (ГОСТ 2-85), суперфосфат гранулированный – 19 % P₂O₅ (ГОСТ 5956-78), калимагнезию – 26 % K₂O (ТУ У 6-05743160.002-94), микробиологические препараты «АГАТ-25К», в состав которого входят бактерии *Pseudomonas aureofaciens* и продукты их метаболизма (ТУ 9291-003-17459725-97), «Байкал ЭМ-1» – симбиотический комплекс молочнокислых, фотосинтезирующих, азотфиксирующих микроорганизмов и продуктов их метаболизма, дрожжей (ТУ У 24.1-22700554-001-2003). Полимиксобактерин – активные ростостимулирующие бактерии *Paenibacillus polymyxa* KB (ТУ У 24.1-00497360-004: 2009).

4. 2. Методики определения показателей плодородия почвы

Показатели плодородия почвы определяли перед заложением опыта, в конце периода вегетации овса на зеленую массу (прямое действие удобрений и микробиологических препаратов) и в конце периода вегетации редьки масличной на зеленую массу (последствие удобрений и биопрепаратов). Образцы почвы из вегетационных сосудов отбирали почвенным щупом на глубину 20 см, коротая соответствует глубине пахотного слоя.

Агрохимические анализы исследуемой почвы вегетационных сосудов проводили по методикам: рНКСl – потенциметрически (ДСТУ ISO 10390:2007 (ISO 10390:2005, IDT)) содержание аммонийного и нитратного азота – по ДСТУ 4729:2007; определения подвижных соединений фосфора и калия – методом Кирсанова в модификации ННЦ ИПА (ДСТУ 4405:2005), подвижного фосфора – методом Олсена (ДСТУ ISO 11263).

5. Результаты исследований влияния биопрепаратов на повышение агрохимической эффективности ферментированного органического удобрения

Окислительно-восстановительные условия дерново-слабоподзолистой почвы без применения биопрепаратов и удобрений на конец 1-го года вегетационных исследований (рис. 1) характеризовались близким к нейтральному значению рНКСl (5,8 ед.), при этом на контроле имело место уменьшения рНКСl на 6,5 % относительно момента заложения опыта. Применение фоновой системы удобрений (ФОД-10 т/га+N120K120) положительно повлияло на окислительно-восстановительные условия, сдерживая подкисление почвы и обеспе-

чивая тенденцию повышения показателя рНКСl (на 1,72 % относительно контроля). Добавление к фоновой системе удобрения фосфатных удобрений в норме Р90 обеспечило тенденцию прироста показателя рНКСl (на 1,69 % относительно фона 1 или на 3,45 % относительно контроля). При этом изменение формы фосфатного удобрения не сказалась на показателе рНКСl. Применение биопрепаратов не повлияло на изменение рНКСl относительно фона 2, за исключением биопрепарата Полимиксобактерин, обработка почвы которым обеспечила тенденцию увеличения показателя рНКСl на 1,67 % относительно фона 2 или на 3,45 % относительно контроля (рис. 1).

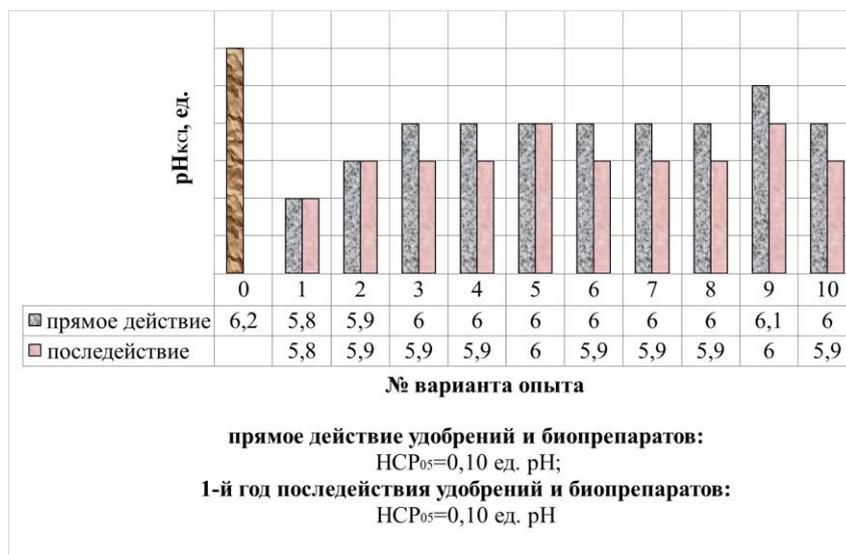
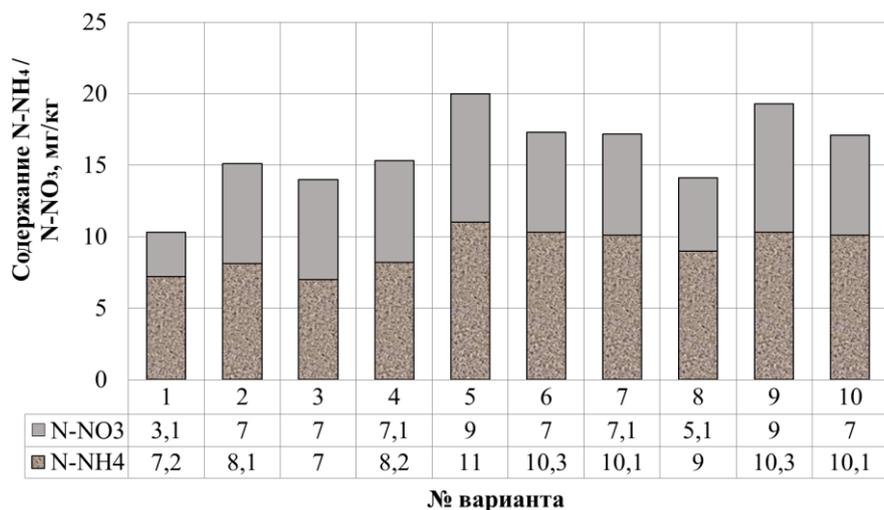


Рис. 1. Влияние биопрепаратов и системы удобрения на рНКСl почвенного раствора дерново-слабоподзолистой почвы

На конец 1-го года последствия изучаемых биопрепаратов и органо-минеральной системы удобрения отмечено тенденции уменьшения показателя рНКСl до 1,69 % относительно года прямого действия. Следует заметить, что на контроле данный показатель не изменился. Не произошло уменьшение рНКСl и на варианте 5 (Фон 2+АГАТ-25К – (о.п.)), что свидетельствует о достаточно высокой способности биопрепарата АГАТ-25К оптимизировать и стабилизировать окислительно-восстановительные условия почвы.

На конец 1-го года последствия изучаемых биопрепаратов и органо-минеральной системы удобрения отмечено тенденции уменьшения показателя рНКСl до 1,69 % относительно года прямого действия. Следует заметить, что на контроле данный показатель не изменился. Не произошло уменьшение рНКСl и на варианте 5 (Фон 2+АГАТ-25К - (о.п.)).

Применение биопрепаратов в комплексе с исследуемой органо-минеральной системой удобрения привело к росту содержания суммы минеральных форм азота в дерново-слабоподзолистой почве на 11,8–30,7 % к фону 2 или на 40,0–100 % к контролю (рис. 2).



прямое действие удобрений и биопрепаратов:
 НСР₀₅=1,20 мг/кг N-NH₄; НСР₀₅=0,80 мг/кг N-NO₃

Рис. 2. Влияние прямого действия биопрепаратов и системы удобрения на содержание минеральных форм азота в дерново-слабоподзолистой почве

Наибольший эффект отмечен при применении АГАТ-25К для обработки почвы (прирост к фону 2 составил +30,7 % или +94,2 % к контролю), тогда как обработка семян этим же препаратом была на 8,30 % менее эффективной. На втором месте по агрохимической эффективности увеличения содержания суммы минеральных форм азота оказался Полимиксобактерин, обработка почвы которым в комплексе с органо-минеральной системой удобрения обеспечила прирост к фону 2 на 26,1 % или на 87,4 % к контролю, тогда как обработка семян была на 8,70 % менее эффективной относительно обработки почвы.

Наименьшую агрохимическую эффективность повышения содержания суммы минеральных форм азота отмечено при обработке почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1, в результате чего прирост соответствующего показателя к фону 2 составил +12,4 % или +67,0 % к контролю, тогда как обработка семян была на 10,7 % менее эффективной относительно обработки почвы.

Исследование 1 года последействия биопрепаратов и органо-минеральной системы удобрения на содержание минеральных форм азота в дерново-слабоподзолистой почве показали следующее. На контроле содержание минеральных форм азота составило 3,00 мг/кг, что свидетельствует о его уменьшении на 29,1 % по сравнению с показателем первого года исследований. При этом в составе минеральных форм азота произошло несущественное увеличение доли азота аммонийных соединений за счет уменьшения доли азота нитратных соединений (рис. 3).

На варианте фона 1 (ФОД-10 т/га + N120K120) уменьшение суммарного содержания азота минеральных соединений к первому году исследований составляло 3,00 мг/кг или 29,9 %, при этом отмечено тенденцию к уменьшению доли азота аммонийных соединений за счет роста доли азота нитратных соединений.

Добавление фосфора минеральных удобрений до фоновой схемы удобрения не способствовало существенному увеличению содержания азота минеральных соединений, при этом на конец года прямого действия удобрений более эффективными по косвенному регулированию азотного фонда почвы, оказались зернистые фосфориты, тогда как в последствии – наоборот – суперфосфат.

Отдельные биопрепараты (в частности АГАТ-25К при обработке семян и Полимиксобактерин при обработке почвы) сдерживали процессы уменьшения содержания в почве азота минеральных соединений относительно фона 2 на 8,20–9,51 %. При этом наиболее эффективным оказалось применение Полимиксобактерина для обработки почвы.

Следующей задачей вегетационных исследований была оценка эффективности биопрепаратов в комплексе с органо-минеральной системой удобрения относительно регулирования содержания подвижных форм фосфора в дерново-слабоподзолистой почве.

Соответствующие результаты на конец 1-го года исследований, полученные по методике Олсена, свидетельствуют об уменьшении содержания подвижных форм фосфора на контроле до 46,0 мг/кг, или на 6,12 % по сравнению с моментом заложения опыта. Фоновая система применения удобрений (фон 1) обеспечила стабилизацию содержания подвижных форм фосфора в почве на уровне момента заложения опыта (50,0 мг/кг P₂O₅Олс), что относительно контроля составило +8,16 % прироста. Добавление фосфора минеральных удобрений к фоновой системе удобрения (вар. 3, 4) в норме P₉₀ обеспечило увеличение содержания фосфора подвижных соединений на 5,0 мг/кг (+10,0 % к фону 1) не зависимо от формы минерального удобрения (табл. 2).

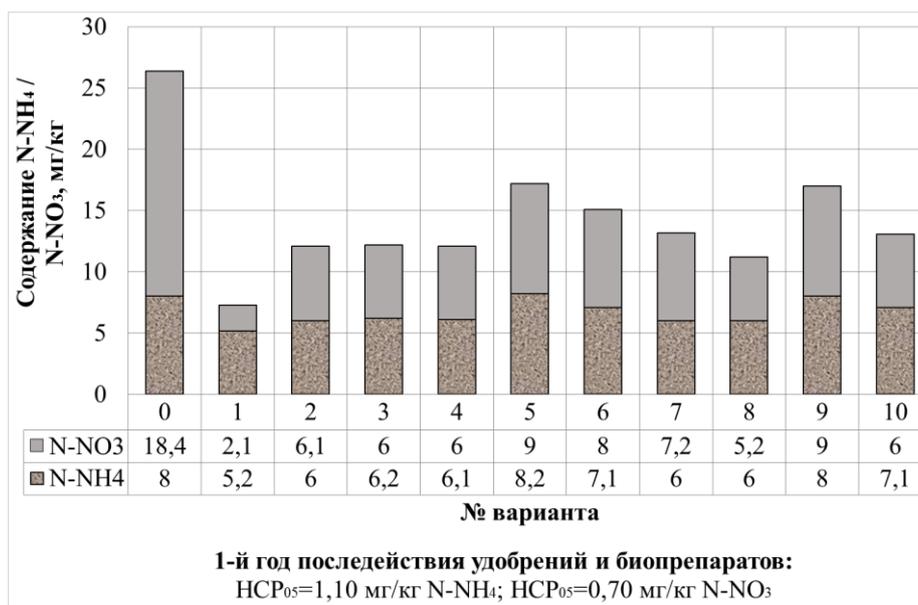


Рис. 3. Влияние 1-го года последействия биопрепаратов и системы удобрения на содержание минеральных форм азота в дерново-слабоподзолистой почве

Таблица 2

Влияние микробиологических препаратов на фоне органо-минеральной системы удобрения на фосфатно-калийный режим дерново-слабоподзолистой почвы

№ варианта	Вариант опыта	Овес яровой на зеленую массу (прямое действие удобрений)		Редька масличная на зеленую массу (последствие удобрений)	
		содержание, мг/кг			
		P ₂ O ₅ -Олс	K ₂ ОКир	P ₂ O ₅ -Олс	K ₂ ОКир
1	Контроль (без удобрений)	46	25	41	20
2	ФОД-10 т/га + N120K120 – фон 1	50	28	46	24
3	Фон 1 + P90 (с.фосф.)	55	27	50	23
4	Фон 1 + P90 (зерн.фос.) – фон 2	55	29	52	25
5	Фон 2 + АГАТ-25К – (о.п.)	57	31	55	25
6	Фон 2 + АГАТ-25К – (о.с.)	54	29	52	24
7	Фон 2 + Байкал ЭМ-1 – (о.п.)	51	30	46	23
8	Фон 2 + Байкал ЭМ-1 – (о.с.)	50	30	44	22
9	Фон 2 + Полимиксобактерин – (о.п.)	59	35	58	28
10	Фон 2 + Полимиксобактерин – (о.с.)	53	31	51	25
НСР ₀₅ , мг/кг		1,5	1,3	1,6	1,5

Обработка почвы биопрепаратами Полимиксобактерин и АГАТ-25К оказала позитивное влияние на увеличение содержания фосфора подвижных соединений, обеспечивая увеличение данного показателя соответственно на 3,64 % и 7,27 % относительно фона 2. Обработка почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 наоборот – способствовала уменьшению содержания P₂O₅Олс на 7,27 % относительно фона 2, тогда как обработка семян обеспечила только такую тенденцию. В целом обработка семян биопрепаратами Полимиксобактерин и АГАТ-25К обеспечила уменьшение содержания в почве P₂O₅Олс на 10,2 % и 5,26 % соответственно относительно фона 2.

Результаты исследований на конец периода вегетации редьки масличной и 1-го года последействия биопрепаратов и удобрений показали, что на контроле содержание P₂O₅Олс составило 41,0 мг/кг, что свидетельствует о его уменьшении на 10,9 % относительно предыдущего периода вегетации или

–16,3 % относительно момента заложения опыта. Последствие фонового варианта системы удобрения (фон 1) обеспечило содержание P₂O₅Олс на уровне 46,0 мг/кг, что меньше соответственного значения предыдущего периода вегетации на 8,00 %. На вариантах 3 (Фон1+P90 (с.фос.)) и 4 (Фон1+P90(зер.фос.)) соответственное уменьшение составило 9,10 % и 5,45 % относительно периода прямого действия удобрений, что выше соответственного значения фона 1 на 8,70 % и 13,0 %.

На вариантах последействия биопрепаратов Полимиксобактерин и АГАТ-25К не произошло существенного снижения содержания P₂O₅Олс относительно значений конца периода вегетации овса и их прямого действия, что свидетельствует о стабилизирующем влиянии микробиологических сообществ данных биопрепаратов на процессы мобилизации фосфатов органического вещества удобрений и почвенных фосфатов. Исключение составил биопрепарат

Байкал ЭМ-1, на вариантах последействия которого совместно с органо-минеральной системой удобрения отмечено уменьшение содержания подвижных фосфатов почвы на 9,80 % и 12,0 % при обработке почвы и семян соответственно.

Результаты вегетационных исследований влияния органо-минеральной системы удобрения и биопрепаратов на содержание калия подвижного в дерново-слабоподзолистой почве показали следующее. На конец первого года исследований на контроле содержание K_2O снизилось на 26,5 % относительно момента заложения опыта. На исследуемых вариантах систем применения удобрений содержание K_2O превысило контроль на 8,00–40,0 %. При этом вариант фона 1 (ФОД-10 т/га + N120K120) обеспечил прирост K_2O к контролю на уровне 12,0 %. Варианты применения различных форм фосфатного минерального удобрения существенно отличались по эффективности влияния на содержание K_2O в дерново-слабоподзолистой почве (зернистые фосфориты оказались на 8,04 % более эффективными по сравнению с суперфосфатом).

Исследования влияния биопрепаратов на эффективность органо-минеральной системы удобрения по регулированию содержания K_2O в дерново-слабоподзолистой почве показали его прирост к фону 2 на 3,45–20,7 % или на 16,2–39,8 % к контролю.

Среди исследуемых биопрепаратов наиболее эффективным по повышению содержания K_2O в дерново-слабоподзолистой почве оказался Полимиксобактерин (обработка почвы), тогда как АГАТ-25К был менее эффективным на 16,0 %, а Байкал ЭМ-1 – на 19,8 % соответственно.

Эффективность двух способов применения для биопрепарата Байкал ЭМ-1 – обработки почвы и семян – не отличалась, тогда как для АГАТ-25К эффективность обработки почвы превысила соответствующую эффективность обработки семян на 8,00 %, а для Полимиксобактерина – на 16,0 % соответственно.

Изучение последействия биопрепаратов и удобрений на содержание калия подвижного в дерново-слабоподзолистой почве показали, что на контроле данный показатель установился на уровне 20,0 мг/кг, что свидетельствует об его уменьшении на 20,0 % относительно предыдущего периода вегетации или на 41,2 % относительно момента заложения опыта. На варианте фоновой системы удобрения (фон 1) уменьшение содержания калия подвижного составило 14,3 % относительно конца периода вегетации овса и прямого действия удобрений. Такие же процессы отмечено и на вариантах 2 (Фон 1 + P90(с.фосф.)) и 3 (Фон 1 + P90(з.ф-ты.)).

Последействие обработки почвы биопрепаратами и органо-минеральной системы удобрений увеличило потери калия подвижного относительно года прямого действия, которые достигли 19,4–23,3 %. Максимальные относительные потери содержания калия подвижного в почве наблюдались при последействии биопрепарата Байкал ЭМ-1.

6. Обсуждение результатов исследований влияния биопрепаратов на повышение агрохимической эффективности ферментированного органического удобрения

Результаты исследований влияния биопрепаратов на изменение окислительно-восстановительных условий дерново-слабоподзолистой почвы показывают наивысшую эффективность применения биопрепарата Полимиксобактерин для обработки почвы, что обусловлено микробиологическим составом данного биопрепарата, который позволяет мобилизовать малорастворимые фосфаты почвы и органических удобрений, которые и стабилизируют рНКСI на уровне 6,1–6,0 ед. рН.

Увеличение содержания азота минеральных соединений под влиянием биопрепаратов на 12,4–30,7 % относительно фоновой системы удобрения (фон 2) в год прямого действия и на 9,10–42,1 % в год последействия объясняется способностью эффективных микроорганизмов обеспечить высокую степень мобилизации питательных веществ ферментированного органического удобрения под влиянием их ферментных систем с одной стороны и обеспечить более благоприятную среду жизнедеятельности растений с другой стороны, что подтверждается подчеркнутым выше фактом улучшения окислительно-восстановительных условий почвы.

Если отследить влияние удобрений и биопрепаратов на соотношение между аммонийной и нитратной формами азота, то следует отметить, что органо-минеральная система удобрения в целом способствовала перегруппировке форм азота в направлении увеличения доли азота аммонийных соединений до 53 % и соответственного уменьшения доли азота нитратных соединений до 47 %. Применение биопрепаратов усилило этот эффект, в результате чего удалось увеличить долю азота аммонийных соединений до 55–64 % и уменьшить долю азота нитратных соединений до 45–36 % соответственно. В целом обработка семян всеми исследуемыми биопрепаратами усиливала эффект такой перегруппировки минеральных соединений азота в направлении роста доли аммонийного азота над долей нитратного азота. Наиболее эффективным среди исследуемых биопрепаратов оказался Байкал ЭМ-1.

Если принять во внимание биохимическую цепь преобразования азотистых соединений почвы, то процесс аммонификации предшествует процессу нитрификации. Поэтому увеличение доли аммонийных соединений азота свидетельствует о замедлении процессов нитрификации, что является достаточно эффективным для предупреждения непроизводительных потерь азота удобрений из почвы. Поэтому на данном этапе невозможно выявить наиболее эффективный биопрепарат по воссозданию плодородия дерново – слабоподзолистой почвы. Следует дополнительно провести исследования динамики нитрификационной способности почвы под влиянием исследуемых биопрепаратов.

Добавление фосфора минеральных удобрений до фоновой схемы удобрения не способствовало существенному увеличению содержания азота мине-

ральных соединений, при этом на конец года прямого действия удобрений более эффективными по косвенному регулированию азотного фонда почвы, оказались зернистые фосфориты, тогда как в последствии – наоборот – суперфосфат. Поэтому зернистые фосфориты и суперфосфат имеют приблизительно равноценный эффект по косвенному регулированию содержания азота минеральных соединений в дерново-слабоподзолистой почве.

Результаты исследований влияния биопрепаратов на эффективность органо-минеральной системы применения удобрений относительно регулирования содержания подвижных форм фосфатов в дерново-слабоподзолистой почве, которые свидетельствуют о максимальной эффективности обработки почвы Полимиксобактерином (прирост к фону 2 составил +7,27 % P_2O_5 Олс в год прямого действия и +11,5 % P_2O_5 Олс в год последствии) можно объяснить непосредственным участием бактерий *Bacillus poulmuha* в мобилизации почвенных фосфатов и фосфатов удобрений).

Процессы повышения мобилизации калия подвижного под влиянием Полимиксобактерина до 20,7 % в год прямого действия и до 12,0 % в год его последствии, а также под влиянием АГАТ-25К до 12,0 % в год прямого действия можно объяснить нарушением калий-кальциевого равновесия в почвенном растворе, в процессе которого возрастала доля мобилизованных фосфатов, которые связывались с ионами Ca^{2+} , тогда как ионы K^+ занимали их место в почвенном растворе и коллоидном комплексе.

В целом комплексом исследованных показателей плодородия удалось подтвердить целесообразность и высокую эффективность применения биопрепаратов Полимиксобактерин и АГАТ-25К для воспроизводства плодородия дерново-слабоподзолистых почв способом обработки почв, что позволит увеличить степень доступности элементов питания органо-минеральной системы удобрений: азота – до 46,6 %, калия – до 20,7 %, фосфора – до 11,5 %.

7. Выводы

В научной статье подтверждено целесообразность и высокую агрохимическую эффективность применения биопрепаратов Полимиксобактерин и АГАТ-25К для воспроизводства плодородия дерново-слабоподзолистых почв и регулирования азотно-фосфатно-калийного питательного режима.

Среди исследуемых биопрепаратов наиболее эффективным относительно регулирования питательного режима дерново-слабоподзолистых почв является биопрепарат Полимиксобактерин, который повышает содержание минеральных форм азота до 46,6 %, фосфора подвижных соединений – до 7,27 %, калия подвижного – до 20,7 % в год прямого действия и обеспечивает прирост данных показателей в 1-й год последствии: азота – до 46,6 %, фосфора подвижных соединений – до 7,27 %, калия подвижного – до 20,7 % на фоне органо-минеральной системы удобрения (ФОД-10 т/га + N120P90 (зерн. фос.)K120).

Биопрепарат АГАТ-25К в целом несущественно уступает по эффективности Полимиксобактерину по показателям прироста калия подвижного и фосфора подвижных соединений, тогда как по повышению содержания азота минеральных соединений в почве имеет тенденцию превышения эффективности.

Биопрепарат Байкал ЭМ-1 при обработке почвы уступает Полимиксобактерину по показателям содержания в почве азота минеральных соединений до 33,3%, фосфора подвижных соединений – до 23,1 %, калия подвижного – до 20,0 %.

По агрохимическим показателям плодородия почвы способ обработки почвы является более эффективным по сравнению со способом обработки семян исследуемыми биопрепаратами до 28,6 %.

В целом по комплексу исследованных показателей плодородия удалось подтвердить целесообразность и высокую эффективность применения биопрепаратов Полимиксобактерин и АГАТ-25К для воспроизводства плодородия дерново-слабоподзолистых почв способом обработки почв, что позволит увеличить степень доступности элементов питания органо-минеральной системы удобрений: азота – до 46,6 %, калия – до 20,7 %, фосфора – до 11,5 %. Предпочтение следует отдавать Полимиксобактерину.

Литература

1. Городній, М. М. Біотехнологічний енергетично-автономний комплекс переробки й утилізації органічних відходів [Текст]: матеріали наук.-практ. конф. / М. М. Городній // Вищі навчальні заклади – Києву. – Київ, 2004. – С. 66–72.
2. Головки, А. М. Використання мікроміцетів для одержання біологічних препаратів з фунгіцидними властивостями [Текст] / А. М. Головки, Г. П. Лемешенко, В. Г. Скрипник // Вісник аграрної науки УААН. – 2004. – № 3 – С. 43–45.
3. Кузьменко, А. С. Вплив мікробіологічних препаратів на врожайність суцвіть [Текст] / А. С. Кузьменко // Вісник аграрної науки УААН. – 2004. – № 3. – С. 76–78.
4. Гаврилюк, В. Б. Вплив органічного добрива Проферм на еколого-агрохімічний стан ґрунту та врожайність картоплі [Текст] / В. Б. Гаврилюк, Г. М. Гаврилюк, Ю. М. Кух, В. А. Бортняк // Агроєкологічний журнал. – 2009. – № 2. – С. 58–63.
5. Гаврилюк, В. А. Управління поживним режимом дерново-слабо-підзолистих ґрунтів за допомогою ферментованого органічного добрива [Текст] / В. А. Гаврилюк, Н. С. Ковальчук, Т. М. Колесник // Вісник Харківського національного аграрного університету. – 2012. – № 3 – С. 139–142.
6. Неклюдов, А. Д. Інтенсифікація процесів компостування при допомозі аеробних мікроорганізмів (обзор) [Текст] / А. Д. Неклюдов, Г. Н. Федотов, А. Н. Иванкин // Прикладна біохімія і мікробіологія. – 2008. – Т. 44, № 1. – С. 9–23.
7. Волкогон, В. В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві [Текст] / В. В. Волкогон // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2005. – Вип. 1-2. – С. 6–29.
8. Гаценко, М. В. Вплив *Pseudomonas putida* 17 на накопичення фітогормонів у вермикомпості [Текст] / М. В. Гаценко, М. В. Волкогон, М. В., Н. В. Луценко, В. В. Волкогон // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2011. – № 13. – С. 82–91.
9. Иванца, В. А. Микробиологические аспекты трансформации органических отходов и производства био-

гумуса [Текст] / В. А. Іваниця // Достижения науки и техники. – 1992. – № 4. – С. 19.

10. Ковальчук, Н. С. Вплив ферментованого органічного добрива на вміст калію обмінного в дерново-слабодізолистих ґрунтах [Текст] / Н. С. Ковальчук, В. А. Гаврилюк, Т. М. Колесник // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2013. – Вип. 1 (61). – С. 51–59.

11. Ковальчук, Н. С. Вплив ферментованого органічного добрива на вміст фосфору рухомих сполук в дерново-слабодізолистих ґрунтах [Текст] / Н. С. Ковальчук, В. А. Гаврилюк, Т. М. Колесник // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2013. – Вип. 2 (62). – С. 47–60.

12. Ковальчук, Н. С. Агрохімічна ефективність післядії ферментованого органічного добрива на вміст та склад мінеральних фосфатів в дерново-слабодізолистих ґрунтах [Текст] / Н. С. Ковальчук, В. А. Гаврилюк, Т. М. Колесник // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2013. – Вип. 3 (63). – С. 75–88.

13. Христенко, А. А. Проблема підвищення точності діагностики фосфатного стану ґрунту України [Текст] / А. А. Христенко, С. Е. Іванова // Питання рослинництва. – 2011. – № 2. – С. 6–9.

References

1. Gorodniy, M. M. (2004). Biotechnological energy - autonomous complex of recycling and disposal of organic waste. Higher educational institutions in Kiev. Kyiv, 66–72.

2. Holovko, A. M., Lemeshchenko, G. P., Skrypnyk, V. G. (2004). Use of micromycetes to produce biological drugs with fungicidal properties. Bulletin of Agricultural Science UAAS, 3, 43–45.

3. Kuzmenko, A. S. (2004). Effect of microbiological agents on the yielding capacity of Inflorescences. Bulletin of Agricultural Science UAAS, 3, 76–78.

4. Havryliuk, V. B., Gavriljuk, G. M., Kuh, Ju. M., Bortnjak, V. A. (2009). Effect of organic fertilizer Proferm on

the ecological and agrochemical condition of soil and the potato yielding capacity. Agroecological Magazine, 2, 58–63.

5. Havryliuk, V. A., Kovalchuk, N. S., Kolesnyk, T. M. (2012). Nutrient regime management of soft sod-podzolic soils by means of the fermented organic fertilizer. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Kharkiv, 3, 139–142.

6. Nekliudov, A. D., Fedotov, G. N., Ivankin, A. N. (2008). Intensification of the process of punching by means of aerobic microorganisms (review). Applied biochemistry and microbiology, 44 (1), 9–23.

7. Volkohon, V. V. (2005). Microbiology in modern agricultural production. Agricultural Microbiology: Interdepartmental thematic scientific collection, 1-2, 6–29.

8. Gatsenko, M. V., Volkohon, M. V., Lutsenko, N. V., Volkohon, V. V. (2011). Impact of *Pseudomonas putida* 17 on accumulation of phytohormones in vermicompost. Agricultural Microbiology, 13, 82–91.

9. Ivanytsa, V. A. (1992). Microbiological aspects of organic waste transformation and of biohumus production. Achievements of science and technology, 4, 19.

10. Kovalchuk, N. S., Havryliuk, V. A., Kolesnyk, T. M. (2013). Effect of the fermented organic fertilizer on the potassium exchangeable content in soft sod-podzolic soils. Bulletin of the National University of Water Management and Nature Resources Use, 61, 51–59.

11. Kovalchuk, N. S., Havryliuk, V. A., Kolesnyk, T. M. (2013). Effect of the fermented organic fertilizer on the content of phosphorus moving compounds in soft sod-podzolic soils. Bulletin of the National University of Water Management and Nature Resources Use, 2 (62), 47–60.

12. Kovalchuk, N. S., Havryliuk, V. A., Kolesnyk, T. M. (2013). Agrochemical effectiveness of the after-effect fermented organic fertilizer on the content and composition of mineral phosphates in soft sod-podzolic soils. Bulletin of the National University of Water Management and Nature Resources Use, 3 (63), 75–88.

13. Khrystenko, A. A., Ivanova, S. E. (2011). Problem of diagnostics accuracy increase of the soil phosphate condition in Ukraine. Plants nutrition, 2, 6–9.

Дата надходження рукопису 19.08.2015

Шевчук Михайл Іосифович, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри Кафедра лісного і садово-паркового господарства, Східноєвропейський національний університет ім. Леси Українки, пр. Воли, 13, г. Луцьк, Україна, 43025

Ковальчук Наталя Сергіївна, старший викладач, кафедра екології, Національний університет водного господарства та природопольовання, ул. Соборна, 11, г. Ровно, Україна, 33028

Колесник Тетяна Николаевна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, кафедра екології, Національний університет водного господарства та природопольовання, ул. Соборна, 11, г. Ровно, Україна, 33028

E-mail: tatjanakolesnyk@mail.ru