

14. Куликов, Я.К. Изменение аминокислотного состава клубней картофеля в условиях коренного улучшения дерново-подзолистой почвы / Я.К. Куликов, Е.Я. Куликова // Адаптивное растениеводство: проблемы и решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2004. – С. 135–138.

15. Циков, В.С. Интенсивная технология возделывания кукурузы / В.С. Циков, Л.А. Матюха. – М.: Агропромиздат, 1989. – 246 с.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPOSITION OF ESSENTIAL AMINO ACIDS IN PRODUCTION OF FORAGE CROPS

Yu.V. Putyatin, D.V. Markevich, O.M. Tavrykina

Summary

As a result of researches it is established, that the contents of essential amino acids (lysine, threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine) in peas grain is 64 g/kg on the average, lupine grain – 70, in seeds spring rapeseed – 57 g/kg of a dry weight.

The green mass of narrow-leaved lupine is characterized by the high content of essential amino acids (58 g/kg) with prevalence of leucine, phenylalanine, valine and lysine. The clover on content of threonine, phenylalanine, isoleucine and lysine concedes lupine, however in methionine and valine surpasses it. On the content of essential amino acids the green mass of corn (22 g/kg) in 2,1 times concedes to a clover and in 2,6 times to lupine.

Поступила 16.10.13

УДК 631.461.5:631.559:633.22

ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВИЯ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ФОСФОРНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

В.В. Лапа, Н.А. Михайловская, Н.Н. Ивахненко, Т.В. Погирницкая
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Проблема устойчивости почв к деградации имеет большое научное и практическое значение. Одним из видов химической деградации пахотных земель является истощение их элементами питания, что отчетливо проявляется при экстенсивном способе хозяйствования. При отсутствии или очень низком уровне

2. Плодородие почв и применение удобрений

поступления элементов питания с удобрениями их баланс в почве характеризуется большой напряженностью [1–3].

Одной из актуальных задач агрохимических исследований на дерново-подзолистых супесчаных почвах является оценка длительности последствия остаточных количеств фосфорных и калийных удобрений, внесенных с минеральными и органическими удобрениями. Такие исследования имеют практическое и экологическое значение и позволяют установить продолжительность действия остаточных количеств неиспользованных растениями удобрений [1–3].

Валовые запасы фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах значительно превышают содержание их доступных форм. Содержание калия в почвах в 5–10 раз больше, чем азота и фосфора. В разных типах почв удельный вес калия колеблется от 0,5 до 3%, составляя в песчаных и супесчаных почвах 1–2% [4–5]. Общее содержание фосфора в разных типах почв колеблется от 0,01 до 0,35%, в дерново-подзолистых супесчаных почвах – от 0,064 до 0,121% [6].

Несмотря на значимые валовые запасы фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах, деградация плодородия по содержанию этих элементов питания может происходить быстрее по сравнению, например, с азотом. Комплексная оценка фосфорного и калийного состояния дерново-подзолистых супесчаных почв показала, что длительность последствия калийных удобрений гораздо ниже, чем фосфорных и составляет 3 года [1].

На наш взгляд, такие исследования целесообразно сочетать с изучением биологической активности дерново-подзолистых супесчаных почв, что позволило бы прояснить особенности протекания ключевых биохимических и микробиологических процессов, их скорость и направленность. Биологическое состояние почвы является одним из основных критериев оценки влияния антропогенных факторов на плодородие почвы [7, 8]. Экологическая роль диагностики биологического состояния дерново-подзолистых супесчаных почв особенно возрастает при изучении вопросов их агрохимической деградации. При несбалансированном применении удобрений часто отмечается негативное воздействие на ключевые микробиологические и биохимические почвенные процессы, в ряде случаев регистрируется усиленная минерализация органических соединений почвы [9, 10].

К настоящему времени по биохимическим свойствам дерново-подзолистых супесчаных почв республики информации недостаточно [11, 12].

Надежную оценку биохимического потенциала почв обеспечивают комплексные исследования по гидролитической трансформации органических веществ и их гумификации, которые регулируются гидролитическими и окислительными ферментами [13, 14]. Особый интерес представляет оценка активности минерализационных и синтетических (гумификационных) процессов, связанных с циклами углерода и азота, что дает информацию о направленности изменения плодородия почвы и сохранности органического вещества.

Цель исследований – установить влияние действия и последствия остаточных количеств азота, фосфора и калия на урожайность сельскохозяйственных культур и ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Биологические исследования проведены в стационарном полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 30–50 см песком (Экспериментальная база им. А.В. Суворова, Узденский р-н). Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы перед закладкой опыта в 1987 г.: рН (KCl) – 5,6–6,0, гидролитическая кислотность – 1,58–1,92, содержание гумуса – 1,8–2,3%, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 80–100 мг/кг, калия – 170–230 мг/кг почвы.

С 1986 г. по 1995 г. в почву внесено 120 т/га солоमистого навоза крупного рогатого скота (навоз КРС) – фон. В контрольном варианте опыта минеральные и органические удобрения не вносили с 1987 г. По другим вариантам опыта фосфорные удобрения не вносили с 1987 и 1999 гг., азотные и калийные – с 1999 гг.

С 1999 г. в полевом эксперименте изучали действие и последствие азотных, калийных и фосфорных удобрений. В качестве минеральных удобрений вносили аммиачную селитру или мочевины (карбамид), хлористый калий и аммофос или аммонизированный суперфосфат.

За три ротации 4-польного севооборота в вариантах с внесением фосфорных и калийных удобрений содержание подвижного фосфора возросло на 33–57 мг/кг, подвижного калия – в среднем на 28 мг/кг почвы.

Схема опыта включает 16 вариантов удобрений в 4-кратной повторности. Общий размер делянки – 49,5 м² (5,5 м x 9,0 м). Учетная площадь делянки – 32 м² (4 м x 8 м). В 1995 г. под картофель внесен навоз КРС, 40 т/га. Биологические исследования проведены на 10 вариантах полевого опыта. Схема опыта приведена в таблицах 1–3.

Отбор почвенных образцов для биологических исследований проведен в оптимальные сроки, весной до внесения удобрений [15]. Весенний отбор образцов позволяет снизить маскирующий эффект внесения минеральных удобрений, гидротермических условий вегетационного периода возделываемых культур и дает возможность оценить результат биохимической деятельности микроорганизмов, когда процессы трансформации свежего органического вещества, поступившего в почву в течение вегетации, практически завершены.

Диагностика ферментативной активности почвы выполнена по гидролитическим (инвертаза и уреазы) и окислительным (полифенолоксидаза и пероксидаза) ферментам. Активность инвертазы определяли колориметрическим методом, предложенным Т.А. Щербаковой, с использованием сахарозы в качестве ферментного субстрата; для определения количества редуцирующих сахаров, образующихся в результате энзиматической реакции, использована динитросалициловая кислота [16]. Для установления уреазной активности почвы применяли метод Т.А. Щербаковой, в котором ферментным субстратом служила мочевины, активность рассчитывали по концентрации аммония – мг N–NH₄⁺/кг [16]. Для определения активности почвенных оксидаз, полифенолоксидазы и пероксидазы, использован колориметрический метод, разработанный Л. А. Карягиной и Н. А. Михайловской, с применением гидрохинона в качестве ферментного субстрата, где активность ферментов устанавливали по окрашенному продукту ферментативной реакции, бензохинону [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В контрольном варианте полевого эксперимента, где минеральные и органические удобрения не вносили с 1987 г., среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур за период 1999–2013 гг. составила 33,1 ц к.ед./га (табл. 1).

Установлено, что наиболее высокая среднегодовая продуктивность культур 56,7 ц к.ед./га получена при среднегодовом внесении полной дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$. Высокий уровень среднегодовой продуктивности культур 54,6 ц к.ед./га отмечен при среднегодовом внесении парной комбинации $N_{67,3}P_{40}$, т.е. при последствии калийных удобрений с 1999 г., при этом недобор продуктивности составил 2,1 ц/га при сравнении с внесением полной дозы (табл. 1).

При ежегодном внесении фосфорных (P_{40}) удобрений и последствии азотных и калийных ($N_{87}K_{98}$ – среднегодовое внесение за 12 лет до 1999 г.) получена среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур 41,1 ц к.ед./га, недобор продуктивности составил 15,6 ц к.ед./га. При среднегодовом применении $N_{67,3}K_{85,3}$ и последствии фосфорных удобрений с 1987 г. продуктивность культур формировалась на уровне 50,9 ц к.ед./га. Последствие NPK с 1999 г. обеспечило среднегодовую продуктивность 39,4 ц к.ед./га, что на 6,3 ц к.ед./га выше, чем при последствии NPK с 1987 г. (табл. 1).

Для изучения биохимического статуса дерново-подзолистой супесчаной почвы проведены ферментативные исследования по комплексу показателей. Дана оценка активности гидролитических ферментов, характеризующих деструкционную функцию почвы, ответственных за процессы минерализации сложных углеводов с выделением моносахаридов (инвертаза) и азотсодержащих органических соединений с выделением неорганического азота (уреаза) [13, 16]. Определены также показатели активности почвенных оксидаз (полифенолоксидазы и пероксидазы), по современным представлениям эти микробные оксидазы играют определяющую роль в биохимических процессах гумификации поступающих в почву растительных остатков, содержащих в своем составе лигнины [14, 18] (табл. 1). Для удобства анализа результатов эксперимента показатели ферментативной активности почвы представлены в относительных единицах (%) в соответствии с методом, предложенным Дж. Ацци [19] (табл. 2).

Экспериментальные данные свидетельствуют, что варианты опыта с внесением парных комбинаций, в состав которых входит азот ($N_{67,3}K_{85,7}$, $N_{67,3}P_{40}$), и с внесением одного азота ($N_{67,3}$), как правило, отличаются повышенной активностью гидролитических ферментов. Инвертазная активность почвы в вариантах с азотом повышена примерно на 67–85%, в других вариантах – на 22–64% по сравнению с контролем без удобрений (100%). Уреазная активность почвы в указанных вариантах с азотом повышена примерно на 52–60%, в других вариантах – на 15–43% по сравнению с контролем без удобрений (100%) (табл. 2).

В то же время активность окислительных ферментов в вариантах с парными комбинациями $N_{67,3}K_{85,7}$, $N_{67,3}P_{40}$ и при одностороннем применении $N_{67,3}$ повышалась менее значительно. Активность полифенолоксидазы в вариантах с азотом повышена примерно на 10–25%, в других вариантах – на 6–21% по сравнению с контролем без удобрений (100%). Активность пероксидазы в вариантах с азотом повышена примерно на 12–28%, в других вариантах – на 7–24% по сравнению с контролем без удобрений (100%) (табл. 3).

Сравнение данных по продуктивности сельскохозяйственных культур и ферментативной активности дерново-подзолистой супесчаной почвы показало, что в вариантах с высокими и близкими по величине уровнями продуктивности (56,7 и 54,6 ц к.ед./га), при ежегодном внесении полной дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ и парной комбинации $N_{67,3}P_{40}$, отмечены различия по активности гидролитических ферментов. Внесение парной комбинации $N_{67,3}P_{40}$ сопровождалось более значительной активизацией гидролитических ферментов инвертазы (2267 мг глюкозы/кг) и уреазы (164 мг $N-NH_4^+$ /кг) по сравнению с ежегодным внесением расчетной дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$, где отмечен более сберегающий уровень минерализации углеводов (1910 мг глюкозы/кг) и аммонификации (122 мг $N-NH_4^+$ /кг) (табл. 1).

При сбалансированном применении полного минерального удобрения ($N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$) отмечается высокая продуктивность, сберегающий уровень гидролитических ферментов и средний уровень активности оксидаз (табл. 1–3).

Таблица 1

Ферментативная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы и среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур

Вариант опыта	Продуктивность, ц к.ед./га (1999–2013 гг.)	Инвертаза, мг глюкозы/кг	Уреазы, мг $N-NH_4^+$ /кг	ПФО	ПО
				мг хинона/кг	
Контроль без удобрений	33,1	1237	112	36,9	34,5
Навоз (последствие) – фон	35,2	1654	152	39,7	37,3
$N_{67,3}K_{85,3}$	50,9	2068	189	40,7	38,5
НПК (последствие)	39,4	1722	170	42,0	40,3
$N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ (расчетная доза)	56,7	1910	122	40,6	38,8
$N_{32,7}P_{20}K_{42,7}$ (½ НПК)	49,4	1512	109	39,2	37,0
P_{40}	41,1	2173	160	43,6	41,4
$N_{67,3}P_{40}$	54,6	2267	164	44,4	42,3
$K_{85,3}P_{40}$	50,1	2030	163	44,6	42,7
$N_{67,3}$	52,7	2294	154	46,1	44,0
НСР ₀₅	1,2	126,8	15,4	3,6	3,2

Примечание. ПФО – полифенолоксидаза, ПО – пероксидаза.

Если рассматривать ферментативную активность почвы в варианте с ежегодным внесением расчетной дозы НПК (122%) как оптимум, обеспечивающий сбалансированное питание и наиболее высокую среднегодовую

2. Плодородие почв и применение удобрений

продуктивность (56,7 ц к.ед./га), то повышенную активность гидролитических ферментов в вариантах $N_{67,3}K_{85,7}$, $N_{67,3}P_{40}$, $N_{67,3}$ следует рассматривать как избыточную. В условиях несбалансированного питания микробные сообщества почвы развивают повышенную биохимическую деятельность. Пониженная ферментативная активность свидетельствует об определенном замедлении почвенных биохимических процессов. По литературным данным, депрессия энзиматических процессов, как и избыточная биохимическая деятельность микроорганизмов, неблагоприятна для плодородия почвы [7]. В этом случае важно провести сравнение активностей гидролитических и синтетических биохимических процессов для каждого варианта опыта, чтобы определить наиболее вероятные тенденции направленности трансформации органического вещества почвы (табл. 1).

Для сравнительного анализа экспериментальных данных по ферментативной активности рассчитывали показатели минерализации и гумификации органических веществ в дерново-подзолистой супесчаной почве. В качестве показателей минерализации служила общая активность гидролитических ферментов [10, 20], выполняющих деструкционную функцию (табл. 2).

По биохимическим показателям установлено, что наибольшая активность минерализации органических веществ наблюдается при одностороннем внесении азота $N_{67,3}$ – 169% и в вариантах с применением парных комбинаций фосфора и калия с азотом – $N_{67,3}P_{40}$ (167%) и $N_{67,3}K_{85,7}$ (164%) (табл. 2). В этих вариантах получена высокая среднегодовая продуктивность севооборота – 52,7, 54,6 и 50,9 ц к.ед./га (табл. 1). На остальных вариантах опыта скорость минерализации ниже и варьирует в пределах 131–149%.

Наиболее высокая продуктивность культур 56,7 ц к.ед./га получена при среднегодовом внесении расчетной дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$, что обеспечило и более сберегающий уровень минерализации органического вещества (142%) по сравнению с парными комбинациями NK, NP и односторонним внесением азота (табл. 1, 2). Активность минерализационных процессов в почве при внесении половинной дозы минеральных удобрений была на уровне 119%, продуктивность – 49,4 ц к.ед./га.

Таблица 2

Активность минерализационных процессов в дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант опыта	Инвертаза	Уреаза	Минерализация, %
Контроль без удобрений	100	100	100
Навоз (последействие) – фон	134	127	131
$N_{67,3}K_{85,3}$	167	160	164
НРК – последействие	139	143	141
$N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ (расчетная доза)	154	130	142
$N_{32,7}P_{20}K_{42,7}$ ($\frac{1}{2}$ НРК)	122	115	119

Вариант опыта	Инвертаза	Уреаза	Минерализация, %
P_{40}	176	121	149
$N_{67,3}P_{40}$	183	150	167
$K_{85,3}P_{40}$	164	127	146
$N_{67,3}$	185	152	169

Таким образом, сберегающий уровень минерализации органических веществ (142%) и высокую продуктивность севооборота (56,7 ц к.ед./га) обеспечивает внесение расчетной дозы $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$; одностороннее внесение азота $N_{67,3}$, а также применение парных комбинаций $N_{67,3}K_{85,7}$ и $N_{67,3}P_{40}$ приводит к избыточному повышению гидролитической активности и усилению минерализации органического вещества до 169%, 164% и 167% соответственно по сравнению с контролем без удобрений.

В качестве показателей гумификации служила общая активность окислительных ферментов, ответственных за гумификацию растительных лигнинов [10, 14]. Диапазон варьирования показателей интенсивности синтетических процессов оказался меньше, чем для показателей минерализации органических соединений. Отмечена тенденция повышения скорости гумификации в вариантах с ежегодным внесением фосфора P_{40} (с.а.), а также при его сочетании с азотом $N_{67,3}P_{40}$ и калием $K_{85,7}P_{40}$ (с.а.). При одностороннем внесении азота также наблюдали тенденцию усиления гумификации (табл. 3).

Однако во всех вариантах полевого эксперимента, кроме внесения половины расчетной дозы NPK, активность минерализационных процессов заметно превышала активность гумификации (табл. 2, 3).

Содержание гумуса в пахотном слое изменялось в пределах ошибки опыта (табл. 3).

Таблица 3

**Активность гумификационных процессов
в дерново-подзолистой супесчаной почве**

Вариант опыта	ПФО	ПО	Гумус, %	Гумификация, %	Г/М
Контроль без удобрений	100	100	2,15	100	1,00
Навоз (последействие) – фон	108	108	2,06	108	0,82
$N_{67,3}K_{85,7}$	110	112	2,19	111	0,68
NPK – последействие	114	117	2,15	115	0,82
$N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$ (расчетная доза)	110	112	2,17	111	0,78
$N_{32,7}P_{20}K_{42,7}$ ($1/2$ NPK)	106	107	2,13	107	0,90

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 3

Вариант опыта	ПФО	ПО	Гумус, %	Гумификация, %	Г/М
P ₄₀	118	120	2,23	119	0,80
N _{67,3} P ₄₀	120	123	2,17	122	0,73
K _{85,3} P ₄₀	121	124	2,28	123	0,84
N _{67,3}	125	128	2,32	127	0,75
НСР			0,39		

ВЫВОДЫ

1. При внесении среднегодовой дозы минеральных удобрений N_{67,3}P₄₀K_{85,7} получена максимальная в опыте за 15 лет (с 1999 г.) среднегодовая продуктивность 56,7 ц к.ед./га.

При применении парных комбинаций N_{67,3}P₄₀, N_{67,3}K_{85,7} и P₄₀K_{85,7} (последствие калия или фосфора, или азота) продуктивность формировалась на 2,1, 5,8 и 6,6 ц к.ед./га ниже – 54,6 ц к.ед./га, 50,9 и 50,1 ц к.ед./га соответственно.

При одностороннем применении азотных N_{67,3} или фосфорных P₄₀ удобрений продуктивность формировалась на 4,0 и 15,6 ц к.ед./га ниже – 52,7 ц к.ед./га и 41,1 ц к.ед./га соответственно.

2. Получены новые количественные данные по влиянию минеральных удобрений и последствию остаточных количеств азотных, фосфорных и калийных удобрений на интенсивность биохимических процессов минерализации и гумификации органических веществ в дерново-подзолистой супесчаной почве. Установлено, что дисбаланс минерального питания вызывает усиление биохимической деятельности микробных сообществ, особенно в отношении гидролитической трансформации (минерализации) органических веществ.

Сберегающий уровень минерализации органических веществ (142%) при высокой среднегодовой (15 лет – 1999–2013 гг.) продуктивности сельскохозяйственных культур (56,7 ц к.ед./га) обеспечивает среднегодовое внесение расчетной дозы N_{67,3}P₄₀K_{85,7}; одностороннее внесение азотного удобрения N_{67,3}, а также применение парных комбинаций N_{67,3}K_{85,7} и N_{67,3}P₄₀ приводит к избыточному усилению минерализации органических веществ до 169%, 164% и 167% соответственно по сравнению с контролем без удобрений (100%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Длительность последствия остаточных количеств фосфорных и калийных удобрений / В.В. Лапа [и др.] // Весці Нац. акад. навук. Сер. с.-г. навук. – 2012. – № 2. – С. 49–56.

2. Лапа, В.В. Удобрения как фактор повышения продуктивности земледелия и воспроизводства плодородия почв – состояние и перспективы / В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1(34). – С. 38–42.

3. Минеев, В.Г. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствии / В.Г. Минеев, И.Ф. Гомонова, М.Ф. Овчинникова // *Агрохимия*. – 2004. – № 7. – С. 5–10.
4. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – М.: Колос, 1966. – С. 26–27.
5. Горбунов, Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – С. 23–32.
6. Синягин, И.И. Превращения фосфорных и калийных удобрений в почве и повышение их усвояемости / И.И. Синягин; МСХ СССР, ВНИИНТИ. – М., 1969. – С. 6–24.
7. Звягинцев, Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.Л. Бабьева, Г.М. Зенова. – М.: МГУ, 2005. – 445 с.
8. Dick, R.P. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters / R.P. Dick // *Agr. Ecosys. Environ.* – 1992. – № 40. – P. 25–36.
9. Туев, Н.А. Экологические проблемы интенсивного земледелия / Н.А. Туев // *Вестн. с.-х. науки*. – 1988. – № 2. – С. 91–95.
10. Влияние системы удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / В.В. Лапа [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2012. – № 2(49). – С. 187–200.
11. Биологическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от обеспеченности подвижным фосфором / Н.А. Михайловская [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2011. – № 1(46). – С. 243–252.
12. Ферментативная активность дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы при разной обеспеченности подвижным калием / Н.А. Михайловская [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2011. – № 2(47). – С. 112–120.
13. Speir, T.W. Hydrolytic Enzyme Activities to Assess Soil Degradation and Recovery / T.W. Speir, D.J. Ross // *Enzymes in the environments: activity, ecology and applications* / eds. R.G. Burns, R.P. Dick. – 2002. – P. 407–431.
14. Martin, J.P. Comparison of the use of phenolase and peroxidase for the synthesis of model humic acid type polymers / J.P. Martin, K.A. Haider // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* – 1980. – Vol. 44, № 5. – P. 983–988.
15. Михайловская, Н.А. Влияние системы удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы / Н.А. Михайловская, О. Миканова, О.В. Рудько // *Почвоведение и агрохимия*. – 2007. – № 2(39). – С. 186–195.
16. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т.А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
17. Карагіна, Л.А. Визначення актиўнасці поліфенолаксідазы і пераксідазы ў глебе / Л.А. Карагіна, Н.А. Міхайлоўская // *Весці АН БССР. Сер. с.-г. навук*. – 1986. – № 2. – С. 40–41.
18. Туев, Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования / Н.А. Туев. – М.: Агропромиздат. – 1989. – 237 с.
19. Ацци, Ж. Сельскохозяйственная экология / Ж. Ацци. – М.: Ил, 1959. – 479 с.

20. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties / F. Gil-Sotres [et al.] // Soil Boil. Biochem. – 2005. – Vol. 37. – P. 877–887.

EFFECT OF MINERAL FERTILIZER AND AFTEREFFECT OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION ON CROP PRODUCTIVITY AND ENZYMATIC ACTIVITY OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL

V.V. Lapa, N.A. Mikhailouskaya, N.N. Ivakhnenko, T.V. Poghirnitskaya

Summary

Environmentally acceptable level of organic substances mineralization (142%) and high crop rotation productivity (56,7 c f.u./ha) were observed as a result of annual application of N67,3P40K85,7. The introduction of N67,3, as well as combinations N67,3K85,7 and N67,3P40 resulted in surplus enhancement of organic substances mineralization (169%, 164%, 167%) compared control treatment (100%).

Поступила 26.11.13

УДК 633.31/37:631.8:631.559:631.445.24

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УДОБРЕНИЯМИ ЖИДКИМИ КОМПЛЕКСНЫМИ С ДОБАВКАМИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

И.Н. Хатулев¹, Г.В. Пироговская²

¹КУПП «Витебская ОПИСХ», г. Витебск, Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем сельского хозяйства республики является дефицит растительного белка. Белок (протеин) является одним из основных компонентов кормов, обеспечивающих жизнедеятельность всего разнообразия животных организмов. В его состав входят: углерод, водород, кислород, азот, сера и иногда фосфор. Наиболее характерно для белка наличие в его молекуле азота. Недостаток белка в кормопроизводстве в настоящее время, по разным оценкам, составляет 20–25% от общей потребности.

В кормопроизводстве оценка качества кормов необходима для правильной организации и объективной оплаты труда, в животноводстве – для эффективного