

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНаВОДСТВА

УДК 631.445.24:631.484:631.8

*В. В. ЛАПА, Н. А. МИХАЙЛОВСКАЯ, Н. Н. ИВАХНЕНКО,
С. А. КАСЬЯНЧИК, Т. В. ПОГИРНИЦКАЯ*

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Республика Беларусь, e-mail: brissagro@gmail.com

(Поступила в редакцию 26.03.2013)

Системы удобрения сельскохозяйственных культур существенно влияют на агрохимические и биологические свойства почвы, определяющие ее плодородие, режим питания растений и их урожайность [1–3]. Наиболее исследовано влияние систем удобрения на агрохимические свойства почв, значительно меньше внимания уделяется изучению их биологических свойств. К настоящему времени практически отсутствует информация по влиянию систем удобрения на биологическую активность дерново-подзолистых супесчаных почв, менее устойчивых в отношении риска деградации плодородия. Для поддержания биологического равновесия и сохранения плодородия дерново-подзолистых супесчаных почв необходимо регулировать нагрузку по минеральным удобрениям. Повышенная нагрузка или несбалансированное применение минеральных удобрений может негативно воздействовать на ключевые микробиологические и биохимические процессы, формирующие плодородие, вызывая в ряде случаев усиление минерализации органических соединений почвы [4, 5].

Одним из основных критериев оценки изменений плодородия почв, вызываемых антропогенной деятельностью, является биологическое состояние почвы [1, 4, 6], поэтому экологическая роль диагностики биологического состояния дерново-подзолистых супесчаных почв возрастает. Актуальность биологического тестирования обусловлена не только экологическими задачами, но и необходимостью накопления информации по характеристике биологического статуса дерново-подзолистых супесчаных почв.

Для надежной оценки биологического состояния почв необходимы комплексные исследования по достаточно широкому спектру показателей их активности, включая основные микробиологические и биохимические [7, 8]. Особое внимание следует уделить оценке активности минерализационных процессов в циклах углерода и азота, которые регулируются экстрацеллюлярными гидролитическими ферментами, что позволит определить экологически обоснованные системы удобрения, обеспечивающие высокую и устойчивую урожайность сельскохозяйственных культур при сберегающем уровне минерализации органических веществ для сохранения плодородия дерново-подзолистых супесчаных почв.

Цель исследований – установить влияние систем удобрения в севообороте на интегральные микробиологические параметры (микробную биомассу, метаболическую активность микробных сообществ) и активность ключевых биохимических процессов, связанных с циклами углерода и азота (аммонификация, минерализация углеводов, гумификация), в дерново-подзолистой супесчаной почве и определить экологически наиболее обоснованную систему удобрения, обеспечивающую сберегающий уровень биологической активности и высокую продуктивность севооборота.

Объекты и методы исследования. Биологические исследования проводили в 2008–2010 гг. в длительном стационарном опыте по оценке эффективности различных систем удобрения сель-

скохозийственных культур на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 30–50 см песком (ГП «Экспериментальная база им. А. В. Суворова», Узденский р-н).

Схема стационарного опыта предусматривала внесение трех доз азота ($N_{36, 60, 84}$) на разных уровнях фосфорно-калийного питания – в расчете на 50 % ($P_{20}K_{40}$), на 100 % ($P_{40}K_{80}$) и на 125 % компенсации выноса ($P_{70}K_{120}$).

Опыт развернут в трех полях. Исследования проводили в 2004–2010 гг. в зернотравяном севообороте: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь + клевер – клевер – озимая тритикале. Опыт включает 15 вариантов в 4-кратной повторности. Общий размер делянки 45 м^2 (5 м × 9 м), учетная площадь – 32 м^2 (4 м × 8 м). Под горохо-овсяную смесь вносили навоз КРС, 40 т/га. Схема опыта и среднегодовые дозы удобрений в зернотравяном севообороте приведены в табл. 1.

Отбор почвенных образцов для биологических исследований проводили в оптимальные сроки весной до внесения удобрений [9], поскольку весенний отбор позволяет снизить маскирующий эффект внесения удобрений [10], гидротермических условий [11], возделываемых культур [12] и дает возможность оценить результат биохимической деятельности микроорганизмов, когда процессы трансформации свежего органического вещества, поступившего в почву в течение вегетации, практически завершены.

Микробиологическую диагностику почвы проводили по интегральным параметрам – микробной биомассе и метаболической активности микробных сообществ почвы. Количественное определение микробной биомассы – с применением фумигационно-экстракционного метода E. D. Vance, P. C. Brookes, D. S. Jenkinson [13]. В соответствии с методикой расчет содержания углерода (сжигание хромовой смесью) в микробной биомассе проводили по разнице между фумигированными (лизис микробных клеток) и нефумигированными (без лизиса клеток) образцами почвы.

В качестве показателя метаболической активности микробных сообществ почвы определяли активность микробных дегидрогеназ, применив модифицированный метод А. Ш. Галстяна, где трифенилтетразолий хлористый (ТТХ) используется в качестве ферментного субстрата, а оценка активности проводится колориметрически по концентрации окрашенного продукта ферментативной реакции трифенилформазана (ТФФ) [14].

Ферментативную диагностику почвы выполняли 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 [15]. Для установления уреазной активности почвы применяли метод Т. А. Щербаковой, в котором ферментным субстратом служит мочевины, активность рассчитывали по концентрации аммония – $\text{мг N-NH}_4^+/\text{кг}$ [14]. Для определения активности почвенных оксидаз – полифенолоксидазы и пероксидазы – использовали колориметрический метод, разработанный Л. А. Карягиной и Н. А. Михайловской, с применением гидрохинона в качестве ферментного субстрата, где активность ферментов устанавливается по окрашенному продукту ферментативной реакции, бензохинону [16].

Результаты и их обсуждение. Длительное применение разных систем удобрения в севообороте обусловило формирование разных уровней насыщенности пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижными формами фосфора и калия. Диапазоны содержания в почве подвижных (0,2 н HCl) фосфора и калия составляли 136–264 мг/кг P_2O_5 и 71–238 мг/кг K_2O . Различия по содержанию гумуса в почве – в пределах 2,63–2,98 %, по уровню кислотности pH_{KCl} 5,38–5,72.

Дифференциация пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы по агрохимическим свойствам оказала влияние на ее биохимические показатели. Результаты ферментативной диагностики выявили различия по интенсивности процессов аммонификации (уреазы) [17, 18], минерализации углеводов (инвертаза) [15, 17, 19], а также по активности процессов гумификации лигнинов растительных остатков (полифенолоксидаза и пероксидаза) [20–22] в зависимости от системы удобрения в севообороте (табл. 1). Установлена взаимосвязь ферментативных показателей с продуктивностью севооборота.

Наиболее высокие в опыте показатели продуктивности (77,3–81,7 ц/га к. ед.) получены при использовании системы удобрения в расчете на 125 % компенсации выноса фосфора и калия

(N₃₆₋₈₄P₇₀K₁₂₀). При этом диапазоны варьирования ключевых биохимических показателей – аммонификации и минерализации углеводов – составили 176–189 мг N-NH₄⁺/кг и 2018–2143 мг глюкозы/кг соответственно. Показатели активности окислительных ферментов – полифенолоксидазы и пероксидазы – составили 43,4–48,8 и 43,4–46,9 мг хинона/кг почвы соответственно (см. табл. 1).

Высокие показатели продуктивности севооборота (75,7–81,6 ц/га к. ед.) получены также при использовании системы удобрения в расчете на 100 % компенсации выноса фосфора и калия (N₃₆₋₈₄P₄₀K₈₀), при этом диапазоны варьирования биохимических показателей – аммонификации и минерализации углеводов – составили 164–168 мг N-NH₄⁺/кг и 1899–2054 мг глюкозы/кг соответственно. Показатели активности окислительных ферментов – полифенолоксидазы и пероксидазы – составили 40,8–44,4 и 40,6–45,3 мг хинона/кг почвы соответственно (см. табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Продуктивность зернотравяного севооборота и биохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от системы удобрения

Вариант опыта	Продуктивность, к. ед. ц/га	Инвертаза, мг глюкозы/кг	Уреаза, мг N-NH ₄ ⁺ /кг	ПФО	ПО
				мг хинона/ кг	
Без удобрений	50,4	1391	141	36,0	35,1
8 т/га Н КРС – фон	58,5	1850	162	40,9	41,2
N ₆₀ P ₇₀	76,2	1794	155	42,4	39,5
N ₆₀ K ₁₂₀	75,6	1974	172	41,1	38,4
P ₇₀ K ₁₂₀	69,1	1760	159	42,2	41,0
N ₃₆ P ₇₀ K ₁₂₀	77,3	2053	176	43,4	43,4
N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀	79,1	2143	189	45,5	45,7
*N ₈₄ P ₇₀ K ₁₂₀	81,7	2018	180	48,8	46,9
P ₄₀ K ₈₀	66,8	1643	156	40,0	39,6
N ₃₆ P ₄₀ K ₈₀	75,7	1899	164	40,8	40,6
N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	77,6	1993	168	41,8	43,7
*N ₈₄ P ₄₀ K ₈₀	81,6	2054	168	44,4	45,3
P ₂₀ K ₄₀	64,2	1560	148	37,4	37,2
N ₃₆ P ₂₀ K ₄₀	72,1	1761	163	40,3	38,6
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	75,0	1860	169	42,3	40,2
НСП ₀₅	0,86	154,3	14,0	2,51	3,07

*N – дробное внесение. То же для табл. 2, 3.

Дробное внесение азотных удобрений (N₈₄) при компенсации 125 % выноса P и K обеспечивало продуктивность зернотравяного севооборота 81,7 ц/га к. ед. и поддерживало более умеренную активность гидролитических ферментов в почве, при этом биохимические показатели аммонификации и минерализации углеводов составили 180 мг N-NH₄⁺/кг и 2018 мг глюкозы/кг соответственно. Показатели активности окислительных ферментов при дробном внесении азота повышались: полифенолоксидаза – 48,8 мг хинона/кг, пероксидаза – 46,9 мг хинона/кг почвы (см. табл. 1).

При использовании системы удобрения в расчете на 100 % компенсации выноса фосфора и калия дробное внесение азотных удобрений (N₈₄) не изменяло или повышало активность гидролитических ферментов. Биохимические показатели аммонификации и минерализации углеводов составили 168 мг N-NH₄⁺/кг и 2054 мг глюкозы/кг соответственно. Активность окислительных ферментов при дробном внесении азота повышалась: полифенолоксидаза – 44,4 мг хинона/кг, пероксидаза – 45,3 мг хинона/кг почвы. Продуктивность севооборота при 100 % компенсации выноса фосфора и калия и дробном внесении азота составила 81,6 ц/га к. ед. (см. табл. 1).

Проведение биохимических исследований по гидролитическим ферментам, выполняющим деструкционную функцию, и по окислительным ферментам, ответственным за гумификацию растительных лигнинов, позволило дать оценку интенсивности процессов минерализации и гу-

мификации в зависимости от системы удобрения. При этом особое значение имеет соотношение интенсивностей минерализационных и гумификационных процессов, которое показывает направленность трансформации органических веществ и изменение плодородия почвы при разных системах применения удобрений.

Для сравнительного анализа экспериментальных данных по активности ферментов, которая представлена количеством разных превращенных субстратов за единицу времени, каждый показатель выражали в относительных единицах (%) по отношению к контролю, используя методику Дж. Ацци [23].

Полученные характеристики дифференцировали по направленности их действия, группируя однонаправленные процессы. Общую активность гидролитических ферментов инвертазы и уреазы (%) рассматривали как характеристику минерализующей способности дерново-подзолистой супесчаной почвы. Аналогичным образом дана оценка интенсивности ферментативных процессов, связанных с гумификацией органических веществ в почве. В качестве характеристики активности гумификации использовали общую активность окислительных ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы (%), учитывая их ключевую роль в процессах гумификации растительных лигнинов [20–22].

При системе удобрения, рассчитанной на компенсацию 125 % выноса РК, отмечен самый высокий в опыте уровень минерализации – 137–144 % (табл. 2). На фоне внесения $N_{60}P_{70}K_{120}$, где получена продуктивность 79,1 ц/га к. ед., наблюдали максимум минерализации – 144 %, активность гумификации при этом составила 128 % по биохимической оценке, что указывает на сдвиг в сторону потерь органического вещества.

Т а б л и ц а 2. Влияние систем удобрения на показатели минерализации и гумификации в дерново-подзолистой супесчаной почве, %

Вариант опыта	Уреаза	Инвертаза	Минерализация	ПФО	ПО	Гумификация
Контроль	100	100	100	100	100	100
Навоз КСР, 8 т/га – фон	115	133	124	114	117	116
$N_{60}P_{70}$	110	129	120	118	113	116
$N_{60}K_{120}$	122	142	132	114	109	112
$P_{70}K_{120}$	113	127	120	117	117	117
$N_{36}P_{70}K_{120}$	125	148	137	121	124	123
$N_{60}P_{70}K_{120}$	134	154	144	126	130	128
$*N_{84}P_{70}K_{120}$	128	145	137	136	134	135
$P_{40}K_{80}$	111	118	115	111	113	112
$N_{36}P_{40}K_{80}$	116	137	127	113	116	115
$N_{60}P_{40}K_{80}$	119	143	131	116	125	121
$*N_{84}P_{40}K_{80}$	119	148	134	123	129	126
$P_{20}K_{40}$	105	112	109	104	106	105
$N_{36}P_{20}K_{40}$	116	127	122	112	110	111
$N_{60}P_{20}K_{40}$	120	134	127	118	114	116

При дробном внесении азотных удобрений $*N_{84}P_{70}K_{120}$ отмечен сберегающий уровень минерализации – 137 % и достаточно высокая продуктивность – 81,7 ц/га к. ед. (см. табл. 1, 2). Дробное внесение азота способствовало усилению гумификации до 135 % по сравнению с 123 и 128 % при внесении $N_{36}P_{70}K_{120}$ и $N_{60}P_{70}K_{120}$ (см. табл. 2). Соотношение активностей процессов минерализации и гумификации показывает направленность изменения плодородия. При дробном внесении азотных удобрений $*N_{84}P_{70}K_{120}$ показатели минерализации и гумификации сближаются и составляют 137 и 135 % соответственно, что свидетельствует о достижении определенного баланса этих процессов и способствует поддержанию плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы (см. табл. 2).

При использовании системы удобрения, рассчитанной на компенсацию 100 % выноса РК, активность минерализации по биохимическим параметрам составила 127–134 %. Высокая продуктивность севооборота (77,6 и 81,6 ц/га к. ед.) и высокий уровень минерализации (131 и 134 %) отмечены в вариантах $N_{60}P_{40}K_{80}$ и с дробным внесением азота $*N_{84}P_{40}K_{80}$ (см. табл. 1, 2). В отличие от системы удобрения со 125 % компенсации выноса Р и К, здесь не отмечено тенденции снижения активности минерализационных процессов при дробном внесении азота, но тенденция повышения скорости гумификации до 121 и 126 % сохраняется (см. табл. 2). Однако в целом при использовании системы удобрения, рассчитанной на 100 %-ную компенсацию выноса РК ($N_{36-84}P_{40}K_{80}$), активность минерализации при разных дозах и способах внесения азотных удобрений превышала активность гумификации на 8–12 %, что указывает на определенный сдвиг в сторону потерь органического вещества и снижения его содержания в почве (см. табл. 2). В этом случае результаты биохимической оценки направленности изменения плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы также соответствуют агрохимическим показателям.

Таким образом, сравнительный анализ результатов ферментативной диагностики, соотношения минерализации и гумификации, продуктивности севооборота и агрохимических свойств позволил установить, что на дерново-подзолистой супесчаной почве система удобрения со 125 % компенсации выноса фосфора и калия и дробным внесением азотных удобрений ($*N_{84}P_{70}K_{120}$) экологически наиболее обоснована в отношении сохранения плодородия. Ее применение обеспечивает высокую продуктивность зернотравяного севооборота (81,7 ц/га к. ед.), сберегающий уровень минерализации органических веществ почвы (137 %), способствует достижению баланса процессов минерализации и гумификации. При этом дерново-подзолистая супесчаная почва характеризуется следующими биохимическими параметрами: уреазная и инвертазная активности составляют около 180 мг N-NH₄⁺/кг и 2018 мг глюкозы/кг почвы, полифенолоксидазная и пероксидазная – около 48,8 и 46,9 мг хинона/кг почвы соответственно.

В задачи исследований входило определение интегральных микробиологических параметров – микробной биомассы и метаболической активности микробных сообществ почвы. Значимость микробиологических исследований обусловлена ключевыми функциями микробных сообществ в почве [1]. Микробная биомасса является основным агентом происходящих в почве биохимических изменений [24]. Большинство процессов трансформации органических веществ являются микробно-опосредованными и протекают при прямом участии почвенных микроорганизмов или за счет микробных метаболитов [1, 19, 24]. Почвенные микроорганизмы – это активный компонент органического вещества почвы, контролирующей деструкционную функцию почвы, высвобождение и доступность элементов питания для других организмов, в том числе растений [25]. Микробная биомасса представляет собой небольшой, но активный резерв элементов питания. Считается, что деятельность микробных сообществ во многом определяет устойчивость получения сельскохозяйственной продукции [25, 26]. Так как углерод микробной биомассы более лабилен, чем общий органический углерод почвы, а возраст $C_{\text{биомассы}}$ составляет всего несколько лет [19, 26], многие исследователи полагают, что этот микробиологический показатель наиболее адекватен для оценки агротехнологий, в том числе систем удобрения [25, 26].

Следует отметить, что показатель «микробная биомасса» в настоящее время наиболее часто используется в микробиологических исследованиях по оценке плодородия или антропогенной нагрузки на почвы [24, 25, 27]. Традиционные микробиологические исследования, включающие определение общей численности и/или группового состава микроорганизмов, не нашли широкого практического применения для оценки почвенного плодородия. Это связано с тем, что количество микроорганизмов не всегда пропорционально их реальной активности и интенсивности проводимых ими процессов. Специфическая особенность микроорганизмов в том, что численность и активность являются для них двумя разными характеристиками [1].

Определение микробной биомассы дает более надежные результаты и в большей степени подходит для диагностических целей, в особенности в сочетании с одновременным определением активности микробных дегидрогеназ, которые характеризуют интенсивность процессов дегидрирования органических субстратов и метаболическую активность микрофлоры. Как известно, дегидрогеназы имеются у абсолютного большинства микроорганизмов [28]. В отличие от других

ферментов дегидрогеназы не имеют внеклеточного компонента, они не адсорбируются и не накапливаются в почве, дегидрирование органического субстрата идет за счет дегидрогеназ живых микробных клеток [6, 8], поэтому дегидрогеназная активность относится к наиболее объективным характеристикам актуальной численности и метаболической активности микробных сообществ почвы. Определение двух интегральных микробиологических параметров – микробной биомассы и дегидрогеназной активности микробных сообществ почвы – дает более объективную информацию как об актуальной численности, так и о метаболической активности микробных сообществ почвы [28].

В табл. 3 приведены результаты оценки содержания углерода в микробной биомассе и метаболической активности микробных сообществ дерново-подзолистой супесчаной почвы. Установлено, что достигнутая за счет применения разных систем удобрения дифференциация по агрохимическим показателям в пахотном слое почвы оказала значительное влияние на ее микробиологические характеристики. Наиболее высокие показатели обилия микробной биомассы и дегидрогеназной активности в дерново-подзолистой супесчаной почве отмечены при системе удобрения, рассчитанной на 125 % компенсации выноса фосфора и калия ($N_{36-84}P_{70}K_{120}$), содержание углерода в микробной биомассе варьировало в пределах 25,2–28,0 мг/г, активность дегидрогеназ – 744–928 мг ТФФ/кг, а общая микробиологическая активность – 210–249 %. При системе удобрения со 100 % компенсации выноса P и K почвенные микробиологические показатели снижались: $C_{\text{биомассы}}$ – до 20–22,4 мг/г, дегидрогеназная активность – до 506–610 мг ТФФ/кг и общий уровень активности – до 152–177 % (см. табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Влияние систем удобрения на микробиологические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы

Вариант опыта	$C_{\text{биомассы}}$, мг/г	Дегидрогеназа, мг ТФФ/кг	Общий уровень активности, %
Контроль	14,5	303	100
Навоз КРС, 8 т/га – фон	25,0	845	225
$N_{60}P_{70}$	23,2	700	195
$N_{60}K_{120}$	25,5	744	211
$P_{70}K_{120}$	23,0	720	198
$N_{36}P_{70}K_{120}$	25,2	744	210
$N_{60}P_{70}K_{120}$	28,0	928	249
* $N_{84}P_{70}K_{120}$	26,2	850	230
$P_{40}K_{80}$	17,3	408	127
$N_{36}P_{40}K_{80}$	20,0	506	152
$N_{60}P_{40}K_{80}$	21,6	547	165
* $N_{84}P_{40}K_{80}$	22,4	610	177
$P_{20}K_{40}$	15,6	315	106
$N_{36}P_{20}K_{40}$	19,4	458	144
$N_{60}P_{20}K_{40}$	20,6	518	156
НСП ₀₅	2,9	168	

Сберегающие уровни микробиологической активности (210 и 230 %) при высокой продуктивности зернотравяного севооборота (79,1 и 81,7 ц/га к. ед.) отмечены при использовании системы удобрения со 125 % компенсации выноса P и K в вариантах $N_{36}P_{70}K_{120}$ и с дробным внесением азота * $N_{84}P_{70}K_{120}$. При этом дерново-подзолистая супесчаная почва характеризуется следующими микробиологическими параметрами: микробная биомасса – 25,2–26,2 мг/г, активность дегидрогеназ – 744–850 мг ТФФ/кг.

При системе удобрения со 100 % компенсации выноса P и K дробное внесение азотных удобрений (* $N_{84}P_{40}K_{80}$) не приводило к снижению микробиологической активности почвы, напротив, она повышалась до 177 % по сравнению со 152–165 % в вариантах $N_{36}P_{40}K_{80}$ и $N_{60}P_{40}K_{80}$ (см. табл. 3).

Таким образом, проведена биохимическая и микробиологическая диагностика дерново-подзолистой супесчаной почвы по инвертазной, уреазной, полифенолоксидазной и пероксидазной активности, а также по обилию микробной биомассы и метаболической активности микробных сообществ в зависимости от системы удобрения. Результаты оценки биологической активности почвы показали значимость системы удобрения сельскохозяйственных культур и обеспеченности почвы элементами минерального питания для интенсивности проявления основных биохимических процессов, формирующих плодородие – аммонификации, минерализации углеводов, гумификации растительных лигнинов, а также для развития и деятельности микробных сообществ. Показано, что биохимическая диагностика по гидролитическим ферментам, выполняющим деструкционную функцию, и по окислительным ферментам, ответственным за гумификацию, позволяет дать оценку интенсивности процессов минерализации и гумификации в зависимости от системы удобрения и по соотношению активностей минерализационных и гумификационных процессов, давать оценку направленности изменения плодородия почвы при разных системах применения удобрений. Получены новые количественные данные по влиянию системы удобрения на интенсивность биохимических процессов минерализации и гумификации органических веществ дерново-подзолистой супесчаной почвы. Установлена наиболее обоснованная с экологических позиций система удобрения.

Выводы

1. Проведена биохимическая диагностика дерново-подзолистой супесчаной почвы по параметрам, характеризующим интенсивность процессов аммонификации, минерализации углеводов и гумификации лигнинов растительных остатков, которые играют значимую роль в формировании и поддержании почвенного плодородия. Определены интегральные микробиологические характеристики дерново-подзолистой супесчаной почвы.

2. Сравнительный анализ результатов ферментативной диагностики, соотношения минерализации и гумификации, продуктивности севооборота и агрохимических свойств показал, что на дерново-подзолистой супесчаной почве наиболее обоснована система удобрения со 125 %-ной компенсацией выноса фосфора и калия и дробным внесением азотных удобрений (*N₈₄P₇₀K₁₂₀). Ее применение обеспечивает высокую продуктивность зернотравяного севооборота (81,7 ц/га к. ед.), сохранение содержания гумуса в почве, сберегающий уровень минерализации органических веществ почвы (137 %), способствует достижению баланса процессов минерализации и гумификации.

3. При использовании системы удобрения, рассчитанной на 100 % компенсации выноса (P₄₀K₈₀), как при внесении N₃₆ и N₆₀, так и при дробном внесении *N₈₄, активность минерализации органических веществ по биохимической оценке на 8–12 % превышала активность гумификации, что свидетельствует о тенденции снижения содержания органического вещества в дерново-подзолистой супесчаной почве.

Литература

1. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Л. Бабьева, Г. М. Зенова. – М: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
2. Продуктивность зернотравяного севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы при применении различных систем удобрения / В. В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1(46). – С. 89–104.
3. Лапа, В. В. Параметры изменения агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от севооборотов и систем удобрения / В. В. Лапа, Н. Н. Ивахненко // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2(43). – С. 7–22.
4. Туев, Н. А. Экологические проблемы интенсивного земледелия / Н. А. Туев // Вестн. с.-х. науки. – 1988. – № 6. – С. 91–95.
5. Влияние системы удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / В. В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(49). – С. 187–200.
6. Dick, R. P. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters / R. P. Dick // Agr. Ecosys. Environ. – 1992. – N 40. – P. 25–36.
7. Bandick, A. K. Field management effects on soil enzyme activities / A. K. Bandick, R. P. Dick // Soil Biol. Biochem. – 1999. – Vol. 31. – P. 1471–1479.
8. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties / F. Gil-Sotres [et al.] // Soil Biol. Biochem. – 2005. – Vol. 37. – P. 877–887.

9. 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.
10. Карягина, Л. А. Микробиологические основы повышения плодородия почв / Л. А. Карягина. – Минск: Наука и техника, 1983. – 182 с.
11. Павлючук, З. Влияние потенциала почвенной влаги на ферментативную активность почвы: автореф. ... дис. канд. биол. наук: 06.01.03. / З. Павлючук; МГУ. – М., 1982. – 20 с.
12. Михайлоўская, Н. А. Уплыў сельскагаспадарчых культур і ўмоў увільгатнення на ферментатыўную актыўнасць дзярнова-падзолістай суглінкавай глебы / Н. А. Михайлоўская // Вес. акад. навук БССР. Сер. с.-г. навук. – 1991. – № 3. – С. 91–94.
13. Vance, E. D. An extraction method for measuring soil microbial biomass C / E. D. Vance, P. C. Brookes, D. S. Jenkinson // Soil Biol. Biochem. – 1987. – Vol. 19, N 6. – P. 703–707.
14. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
15. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
16. Карагіна, Л. А. Вызначэнне актыўнасці поліфенолакідазы і пераксідазы у глебе / Л. А. Карагіна, Н. А. Михайлоўская // Вес. Акад. навук БССР. Сер. с.-г. навук. – 1986. – № 2. – С. 40–41.
17. 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. – New York, 2002. – P. 407–431.
18. Fractionation of humus-urease complexes / В. Ceccanti [et al.] // Soil Biol. Biochem. – 1978. – N 10. – P. 39–45.
19. Туев, Н. А. Микробиологические процессы гумусообразования / Н. А. Туев. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 237 с.
20. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л., 1980. – С. 122–133.
21. 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, N 5. – P. 983–988.
22. Kirk, T. K. Enzymatic “combustion”: the microbial degradation of lignin / T. K. Kirk, R. L. Ferrell // Annu. Rev. Microbiol. – 1987. – Vol. 41. – P. 465–505.
23. Ацци, Ж. Сельскохозяйственная экология / Ж. Ацци. – М.: Наука, 1959. – 479 с.
24. Elucidation of the source and turnover of water soluble and microbial biomass carbon in agricultural soils / E. G. Gregorich [et al.] // Soil Biol. Biochem. – 2000. – Vol. 32. – P. 581–587.
25. Short-term effects of dairy slurry amendment on carbon sequestration and enzyme activities in a temperate grassland / R. Bol [et al.] // Soil Biol. Biochem. – 2003. – Vol. 35, N 11. – P. 1411–1421.
26. Bergstrom, D. W. Sensitivity of soil enzyme activities to conservation practices / D. W. Bergstrom, C. M. Monreal, D. J. King // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1988. – Vol. 62. – P. 1286–1295.
27. Ryan, M. C. Combining ¹³C natural abundance and fumigation extraction methods to investigate soil microbial biomass turnover / M. C. Ryan, R. Aravana // Soil Biol. Biochem. – 1994. – Vol. 26. – P. 1583–1585.
28. Cashida, L. E. Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations / L. E. Cashida // Appl. Environ. Microbiol. – 1977. – Vol. 34. – P. 630–636.

V. V. LAPA, N. A. MIKHAILOUSKAYA, N. N. IVAKHENKO, S. A. KASYANCHIK, T. V. POGHIRNITSKAYA

INFLUENCE OF THE FERTILIZERS SYSTEM ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL

Summary

The paper researches the influence of the fertilizers system in a crop rotation on the integral microbiological parameters (microbial biomass, metabolic activity of microbial communities) and the activity of the key biochemical processes connected with carbon and nitrogen cycles (ammonification, mineralization of carbohydrates, humification) in Luvisol loamy sand soil. A more ecologically acceptable fertilizers system ensuring a saving level of biological activity and a high productivity of crop rotation is identified.

Basing on the data of biological tests, activity of organic substances mineralization (hydrolytic enzymes), microbiological, agrochemical properties and the productivity of crop rotation it's established that the following fertilizers system is more acceptable on Luvisol loamy sand soil: compensation of 125 % of P and K removals (N₈₄P₇₀K₁₂₀) with split application of nitrogen fertilizers. This system ensures a high productivity of grain-grass rotation, a saving level of soil enzymatic activity and soil organic substances mineralization.