

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ И В УСЛОВИЯХ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ОПЫТОВ

Г. А. Соколов, И. В. Симакина, Е. Н. Сосновская

Институт природопользования, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Множество одновременно происходящих в почве взаимосвязанных процессов определяется ее генетическими особенностями и регулируется факторами внешнего воздействия. Компонентам почвенного биоценоза свойственно стремление к состоянию динамического равновесия, однако, любое воздействие на почвенную среду оказывает влияние на состав и деятельность микроорганизмов. Коренной перестройки микробоценоза при кратковременном воздействии на почву, как правило, не происходит [1].

Мелиоративное и агротехническое воздействие на почву приводит к: изменению физических свойств почв (водного, воздушного и температурного режимов, увеличению либо снижению плотности, изменению водопроницаемости, порозности, количества крупных пор), изменению биогенности и состава биоты почв, некоторых химических свойств почв и др. [2,3,4,5].

На ранних стадиях онтогенеза антропогенных экосистем микробоценозы являются не только самой активной структурной единицей экосистемы, но и наиболее функционально-информационной компонентой биоты, способной быстро реагировать на смену экологических условий. Эти свойства микробно-ферментных систем могут быть использованы в целях биоиндикации и экологического мониторинга [6].

Для почвенных микроорганизмов как реакция на рекультивационное воздействие для разных типов почв было установлено снижение численности неспорообразующих бактерий, актиномицетов, увеличение доли споровых бактерий, замедление процессов разложения целлюлозы, нитрификации, аммонификации и ферментативной активности почв [4].

Известно, что минеральные удобрения в умеренных дозах положительно влияют на жизнедеятельность почвенной микрофлоры, обусловливая увеличение общей численности микроорганизмов [7] или отдельных их групп [2,8]. Повышение жизнедеятельности микроорганизмов и активности выделяемых ими ферментов под действием минеральных удобрений, по мнению некоторых авторов [3,4], является результатом активизации процессов, связанных с трансформацией азот- и углеродсодержащих соединений и дыхания почвы. Если в почве нет достаточного количества легкоразлагающихся органических веществ, то даже невысокие дозы удобрений, постоянно вносимые в почву, постепенно уменьшают численность микроорганизмов [9]. Систематическое применение минеральных удобрений в высоких дозах изменяет всю биодинамику почвы, увеличивая численность отдельных физиологических групп микроорганизмов за счет угнетения других и приводит к перестройке в микробном ценозе и даже к автолизу большей части микроорганизмов [10].

Использование повышенных доз минеральных удобрений резко интенсифицирует микробиологические процессы и, как следствие, приводит к быстрой минерализации гумуса, накоплению нитратов, усилинию эмиссии газообразных соединений азота из почвы [11]. Негативным последствием интенсивного применения минеральных удобрений в ряде случаев может быть изменение микробного ценоза почвы, при котором преимущественное развитие приобретают микроорганизмы, более приспособленные к изменившимся условиям. Некоторые из них обнаруживают фитотоксические и антагонистические свойства [12], приводящие к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Это явление в значительной мере связано с повышением концентрации почвенного раствора и его осмотического давления, подкисляющим действием азотных удобрений, приводящим к повышению в почвенном растворе концентрации марганца и алюминия. Во время внесения удобрений происходят изменения в микробном сообществе, которые в последующем закрепляются и стабилизируются.

Большую роль в устойчивости энзимов играет природа образующихся комплексов с органическими и минеральными компонентами почвы. Имеются сведения, что сорбция, состав и структура поверхности, на которой адсорбирован фермент, значение pH и концентрация продуктов среды влияют на величину активности фермента [13,14]. Исследованиям биологической активности, включая ферментативные реакции различных почв, традиционно уделяется большое внимание [1,3,5,12,15], так же как и воздействию минеральных и органических удобрений на эти показатели [2,4,9,11 и др.]. Чрезвычайно интересным и важным является изучение особенностей трансформации нативного органического вещества, сформированного в специфических гидроморфологических условиях в течение длительного периода времени и строго характерного для конкретных разновидностей почв, под влиянием как естественных, так и техногенных факторов в условиях лизиметрических опытов.

Целью настоящей работы являлось исследование изменений биологической активности почв разного генезиса агроценозов при использовании возрастающих норм минеральных удобрений в естественных и модельных условиях, а также в условиях лизиметрических опытов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения изменения микробоценоза различных почв (торфяные почвы, развивающиеся на осоковом и тростниковом торфах, органоминеральная сработанная (старопахотная) и дерново-подзолистая супесчаная) в зависимости от возрастающих норм минеральных удобрений была проведена серия модельных опытов в термостатируемой камере.

Удобрения: аммиачная селитра, суперфосфат простой и калий хлористый применяли в количествах основных элементов, соответствующих дозам от $N_{30}P_{22,5}K_{30}$ (условно – $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$) до $N_{600}P_{450}K_{600}$ ($N_{10}P_{10}K_{10}$, соответственно). Увеличение уровня минерального питания во всех экспериментах проведено по схеме:

- | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1. Без удобрений (контроль) | 4. $N_{2,0}P_{2,0}K_{2,0}$ | 7. $N_{6,0}P_{6,0}K_{6,0}$ |
| 2. $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$ | 5. $N_{3,0}P_{3,0}K_{3,0}$ | 8. $N_{8,0}P_{8,0}K_{8,0}$ |
| 3. $N_{1,0}P_{1,0}K_{1,0}$ | 6. $N_{5,0}P_{5,0}K_{5,0}$ | 9. $N_{10}P_{10}K_{10}$ |

Объектами исследований служили почва и микроорганизмы физиологических групп: аммонифицирующие, спорообразующие, усваивающие минеральные формы азота (в т. ч. актиномицеты), нитрифицирующие, денитрифицирующие и микроскопические грибы, а также интенсивность продуцирования почвой углекислого газа, полифенолоксидазная, пероксидазная, уреазная, дегидрогеназная, инвертазная, фосфатазная и каталазная активность почв. Структуру микробного ценоза изучали методом посева почвенной суспензии на твердые и жидкие питательные среды [15].

Для сопоставления результатов лабораторных модельных экспериментов, конформации и расширения информации с учетом таких показателей, как групповой состав микрофлоры, активность инвертазы и фосфатазы, оценки их связи с продуктивностью травосмеси исследовали мелиорированную торфяную почву, развивающуюся на древесно-тростниковом торфе в стационарном полевом опыте в Копыльском районе. Культура – многолетние злаковые травы (кострец безостый, овсяница луговая, тимофеевка луговая) седьмого года использования.

Наряду с полевыми опытами, исследования также проводили в лизиметрических опытах в течение 4-х лет со следующими почвами: торфяная, развивающаяся на тростниковом торфе; торфяная, развивающаяся на осоковом торфе; органоминеральная сработанная; дерново-подзолистая суглинистая; дерново-подзолистая супесчаная и рыхлый песок, в которых содержание органического вещества варьировало, соответственно, от 94 до 0,6% на сухую массу.

В соответствии с Руководством по гигиеническому нормированию химических веществ в почве [18] существенными изменениями численности изучаемых групп микроорганизмов под влиянием применения возрастающих норм минеральных удобрений, признавали те из них, которые превышали 50% относительно контрольного варианта или другого варианта сравнения и различия выше 25% по изменениям ферментативной активности почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты модельного опыта позволили установить взаимосвязь различных доз минеральных удобрений и характера функционирования микробного сообщества, где почвы, заправленные различными нормами минеральных удобрений различались по микробиологической активности. Наибольшая активность была отмечена в торфяной, развивающейся на осоковом торфе почве, затем на тростниковом, далее в органо-минеральной почве и дерново-подзолистой супесчаной.

Неспорообразующие аммонифицирующие бактерии, начиная сложный процесс минерализации органического вещества, разрушают доступные его формы. Внесение минеральных удобрений в малых и средних дозах благоприятно сказалось на их развитии, численность этой группы возросла при внесении $N_{120}P_{90}K_{120}$ и $N_{180}P_{135}K_{180}$ (табл. 1). Отмеченные дозы удобрений также благоприятно повлияли на рост и остальных исследуемых групп микроорганизмов. Численность аммонификаторов, спорообразующих, использующих минеральные формы азота и нитрификаторов возросла в 1,5-2 раза, а грибов и денитрификаторов в 3 раза по сравнению с контролем.

Таблица 1

**Изменение структуры микробоценозов почв разного генезиса в зависимости от применения
возрастающих норм минеральных удобрений, лабораторный эксперимент**

Уровень минеральных удобрений (NPK)	Количество микроорганизмов, тыс. в 1 г абсолютно сухой почвы					
	Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота		Грибы		Нитрификаторы	
	бактерии	актиномицеты			денитрификаторы	общая численность
Торфяная на осоковом торфе почва						
0	11968	387	12356	1484	12,1	2,9
1	13717	414	14630	1882	15,8	4,3
2	15800	541	16826	1895	17,1	5,2
3	15343	651	16606	1901	25,0	6,1
6	13126	628	10034	2178	36,6	12,1
10	8040	728	9498	2426	47,6	12,0
Торфяная на тростниковом торфе почва						
0	9878	303	10597	802	11,1	1,9
1	12824	319	13445	1243	48,7	2,1
2	14423	505	14884	1525	41,1	3,1
3	13110	495	14230	1605	47,1	3,9
6	11069	580	12118	1703	51,3	6,2
10	6617	619	7148	2090	63,0	8,6
Органоминеральная почва						
0	3187	360	3484	153	70,7	0,6
1	4466	446	4952	369	77,6	1,8
2	4619	460	5147	381	85,7	2,0
3	5738	504	6459	407	82,6	2,4
6	4059	492	4039	548	77,5	3,1
10	2070	540	2188	596	89,0	3,0
						62,6
						5580

Дальнейшее возрастание доз минеральных удобрений обусловило снижение численности аммонификаторов, бактерий, использующих минеральные формы азота, и общей численности микроорганизмов, но повысило количество спорообразных бактерий, актиномицетов, грибов, нитрификаторов и денитрификаторов во всех почвах.

Интенсивность развития бактерий, использующих минеральный азот, может служить показателем хода минерализации органического вещества. Параллельный учет микроорганизмов, усваивающих органический и минеральный азот, дает более полную картину интенсивности этого процесса.

Актиномицеты, обладая мощным ферментативным аппаратом, могут деструктировать трудноразлагаемое органическое вещество на более поздних стадиях его минерализации, что приводит к снижению потенциального плодородия почвы [16]. Известно, что первая стадия разложения более лабильного органического вещества в почве осуществляется грибами и разрушающими клетчатку бактериями. Поэтому увеличение соотношения в почве численности актиномицетов к численности грибов может служить микробиологическим показателем углубления степени минерализации органического вещества. В нашем опыте расчет этого соотношения показал, что оно снижалось на целинных торфяных почвах и возрастало на органо-минеральной и дерново-подзолистой с увеличением вносимых доз минеральных удобрений (табл. 2).

Численность спорообразующих бактерий и их видовой состав находятся в тесной связи с состоянием органического вещества в почве. Минерализуя наиболее устойчивые органические соединения, спорообразующие бактерии продолжают процесс аммонификации, доводя его до стадии высвобождения аммиака.

Таблица 2

**Соотношение численности актиномицетов и грибов
в различных почвах в зависимости от уровня применения удобрений,
лабораторный эксперимент**

Уровень минерального удобрения	Осоковая	Тростниковая	Органо-минеральная	Дерново-подзолистая
0:0:0	122,6	72,9	2,2	8,7
3:3:3	76,0	34,1	4,9	13,1
10:10:10	50,9	33,2	6,7	11,8

Чем больше среди аммонификаторов бактерий спорообразующих форм, тем глубже идет минерализация органических соединений [5]. С увеличением дозы минеральных удобрений их численность растет.

Это подтвердилось и в нашем опыте. Возрастание числа нитрификаторов и денитрификаторов связано с использованием азотсодержащих удобрений. Возрастание численности нитрифицирующих микроорганизмов с увеличением доз удобрений находится в тесной коррелятивной связи с накоплением в почве нитратного азота.

Для активного образования нитратов необходим некоторый минимум аммонийных соединений, окисление которых является функцией нитрифицирующих

бактерий. Снижение в микробном ценозе численности микроорганизмов ряда физиологических групп, вероятно, можно объяснить токсическим действием избыточной концентрации азотсодержащих соединений в почвенном растворе.

Исследования активности почвенных энзимов позволили выявить ряд особенностей в связи с применением возрастающих норм минеральных удобрений.

Активность каталазы и дегидрогеназы различалась в зависимости от генезиса почв и повышалась от дерново-подзолистой к органо-минеральной и торфяной тростниковой, достигая максимума в торфяной осоковой почве (табл. 3).

По мере увеличения доз минеральных удобрений до двойной и тройной активность каталазы повышалась и затем постепенно затухала. На максимальном уровне минеральных удобрений этот фермент менее активен, чем в неудобренных вариантах на всех исследуемых разновидностях почв, что характерно также и для дегидрогеназы. Однако поведение последнего фермента имело свою специфическую особенность. Так, в торфяной осоковой почве отмечалась четкая обратная связь активности дегидрогеназы и доз удобрений, уже начиная с их минимального уровня. В торфяной тростниковой, органо-минеральной и дерново-подзолистой почвах невысокие дозы удобрений не оказывали влияния или несколько повышали активность дегидрогеназы, но сильно подавляли ее при использовании повышенных и высоких доз (табл. 3).

Известно, что одним из основных показателей биологической активности почв является выделение углекислого газа. При этом биогенность почвы обусловлена содержанием в ней гумуса и микроорганизмов. Почвы с низким содержанием гумуса и биогенностью выделяют меньше CO_2 , чем почвы высокобиогенные. Дерново-подзолистые почвы характеризуются довольно низким уровнем выделения CO_2 . Средние многолетние показатели выделения углекислого газа редко превышают 2,8-3,0 кг/га за час.

В этом опыте без внесения удобрений дерново-подзолистая почва выделяла 4,6 мг CO_2 на 100 г почвы в сутки, то есть наименьшее количество. Для сравнения, этот показатель в аналогичных условиях в торфяной на осоковом торфе почвы составлял 67,2 мг, на тростниковом торфе – 28 мг и для органо-минеральной почвы -11,7 мг (табл. 3).

По мере увеличения доз минеральных удобрений происходило снижение интенсивности дыхания изучаемых почв. Наиболее резкий спад этого процесса отмечен у осоковой, затем у тростниковой, органо-минеральной и дерново-подзолистой почв.

Результаты исследований в стационарном полевом опыте на осущененной торфяной почве с многолетней злаковой смесью 7-го года пользования показали, что с увеличением уровня минерального питания с $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ до $\text{N}_{360}\text{P}_{180}\text{K}_{360}$ продуктивность травостоя возрасала с 6,1 до 9,5 т/га кормовых единиц (табл. 4).

Интенсивность продуцирования почвой углекислоты изменялась в убывающем порядке, снижаясь с 76 мг на варианте без удобрений до 37 мг в варианте с максимальными нормами их внесения.

Таким образом, и в полевых условиях при длительном внесении возрастающих доз минеральных удобрений на торфяной почве отмечается снижение выделения почвой углекислого газа. Этот эффект особенно рельефно прослеживается при использовании повышенных и высоких норм туков, что свидетельствует о снижении биологической активности почвы.

Таблица 3
Ферментативная активность и дыхание почв в зависимости от уровня применения минеральных удобрений,
лабораторный эксперимент

Уровень минеральных удобрений (NPK)	Торфяная осоковая	Торфяная тростниковая	Органоминеральная	Дерново-подзолистая
	CO ₂ , мг/100 г в сутки			
0	67,2	16,0	0,87	27,9
1	53,4	20,1	0,50	27,4
3	45,7	19,5	0,42	23,2
6	40,2	16,6	0,37	14,1
10	-	13,5	0,28	-
			7,3	0,20
			-	5,8
			0,18	-
				2,4
				0,12

*Примечание: каталаза – см О₂ на 1 г сухой почвы за 2 часа; дегидрогеназа – мг ТФФ на 10 г сухой почвы за 24 часа.

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений на продуктивность злаковой травосмеси и биологическую активность торфяной почвы (полевой стационарный опыт).

Вариант опыта	Продуктивность, т/га к. ед. (ср. за 4 года)	CO ₂ , мг/100 г почвы в сутки	Инвертаза, мг глюкозы за 4 часа	Фосфатаза, мг Р за 24 часа	Катализ, см ³ O ₂ за 2 мин.
			на 1 г абрс. сух. почвы		
Контроль (без удобрений)	3,6	76,32	19,84	1,08	10,13
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	6,1	70,56	21,78	1,09	12,40
N ₁₈₀ P ₉₀ K ₁₈₀	7,8	65,04	23,97	1,64	9,41
N ₃₀₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	9,0	43,92	22,96	1,60	7,17
N ₃₆₀ P ₁₈₀ K ₃₆₀	9,5	36,96	21,71	0,96	6,56

Изменение группового состава микробоценоза почвы под воздействием изучаемых факторов прослеживается довольно четко. Так, несмотря на различные гидротермические условия вегетационных периодов, сохраняются общие закономерности изменения численности изучаемых групп. Так, в среднем за два года под воздействием интенсивного использования минеральных удобрений количество плесневых грибов и актиномицетов возрастает в два раза, т. е. происходит перегруппировка в сторону микробов-деструкторов сложных органических соединений. Следует отметить, что ряд исследователей наблюдали увеличение токсичности почв с ростом численности грибов и актиномицетов [12], поскольку эти группы микроорганизмов являются продуcentами токсинов. Наряду с отмеченным, снижается численность целлюлозоразрушающих и нитрифицирующих организмов, а также олигонитрофилов. В два и более раз увеличивается численность денитрифицирующих бактерий, что повышает опасность газообразных потерь азота, снижает олиготрофность почвы. Резко, более чем в пять раз, уменьшается количество в почве клубеньковых бактерий клевера.

Наблюдения за ферментативной активностью выявляют ее более сложную связь с нормами минеральных удобрений. Так, инвертазная и фосфатазная активность несколько повышаются от варианта без удобрений до среднего уровня их применения (N₁₈₀ P₉₀ K₁₈₀). Дальнейшее увеличение норм до N₃₀₀ P₁₈₀ K₃₀₀ обусловливает затухающий характер изменения этих показателей. Каталина, видимо, в большей мере, чем названные ферменты реагирует на применение химических удобрений, так как уже при их средней норме ее активность ниже, чем на неудобреющем варианте.

Данные по ферментативной активности почвы и групповому составу микрофлоры (табл. 5) показывают, что под влиянием многолетнего системного применения минеральных удобрений и особенно повышенных их доз происходит заметная перестройка биологической составляющей почвы.

Данные по урожайности, хорошо коррелирующие с уровнем минерального питания не позволяют, однако, судить о возможных негативных ранних измене-

ниях микробоценоза почвы. Биологический ресурс растений достаточно высок, поэтому величина урожая – относительно менее чувствительный показатель, и, как правило, реагирует на относительно более жесткие проявления неблагополучия биологического режима почвы, исключая пищевой и водный.

Таблица 5

Численность микроорганизмов в торфяной почве, тыс./г абс. сух. почвы, (полевой опыт, в среднем за 3 года)

Варианты опыта	Клубеньковые бактерии клевера	Аэробные аммо-нитификаторы	Анаэробные аммо-нитификаторы	Плесневые грибы	Целлюлозоразрушающие	Активомицеты	Олигонитрофилы	Нитрифициаторы	Денитрификаторы
Контроль	10,1	15544	2076	22,4	10,3	3606	25553	39	529
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	8,2	18300	2380	25,1	10,5	4812	19300	37	621
N ₁₈₀ P ₉₀ K ₁₈₀	8,2	19614	1877	30,4	8,8	4631	22547	22	687
N ₃₀₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	4,0	21644	3313	37,7	9,5	6779	9723	14	1201
N ₃₆₀ P ₁₈₀ K ₃₆₀	1,9	15302	2276	43,2	7,2	3610	8575	12	1255

Приведенные результаты хорошо согласуются с данными [6] и позволяют с достаточной мерой обоснованности использовать микробиологические и ферментативные показатели для диагностирования изменения экологического состояния почв в связи с применением различных видов и норм удобрений.

В качестве наиболее сенситивных показателей, отражающих реакцию почв на применение минеральных и органических удобрений, очевидно, могут рассматриваться численность и состав микрофлоры, ферментативная активность и интенсивность продуцирования почвой углекислого газа.

Распад и минерализация органического вещества, поступающего в почву, носит ферментативный характер, вследствие чего вещества, недоступные для использования, высшими растениями переводятся в доступное состояние с помощью ферментов [17].

Ферментативная активность определяет скорость трансформации и мобилизации органоминеральных соединений, а также специфику окислительно-восстановительных процессов, где такие ферменты, как каталаза и дегидрогеназа, существенно толерантны к воздействию экзогенных факторов [14].

Среди множества ферментов особый интерес для исследования направленности преобразования органического вещества представляют полифенолоксидаза и пероксидаза, которые являются катализаторами трансформации фенольных соединений, влияющих на рост растений и способных вступать во взаимодействие с белками и аминокислотами при образовании гумусовых соединений в почве. Их активность может служить показателем интенсивности процессов гумификации разлагающегося в почве органического вещества. Роль полифенолоксидазы – участие в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса в почве при окислении фенолов до хинонов в присутствии кислорода воздуха. Пероксидаза катализирует окисление полифенолов в присутствии перекиси водорода и органических перекисей и является показателем минерализации гумусовых веществ.

В количественном выражении активность практически всех ферментов в исследуемом ряду почв лизиметрического опыта была существенно выше в почвах, характеризующихся более высоким содержанием органического вещества, однако характер изменения активности конкретного фермента различался в зависимости от генезиса и свойств органического вещества (табл. 6).

Таблица 6
Ферментативная активность почв (лизиметрический опыт,
в среднем за вегетационный период)

Разновидность почвы	Содержание ОВ, % на сухую массу*	Активность ферментов**					
		полифенолоксидаза	пероксидаза	каталаза	инвертаза	дегидрогеназа	уреаза
Торфяно-болотная на осоковом торфе	93,8	171,0	337,8	3,20	37,85	0,38	1,84
Торфяно-болотная на тростниковом торфе	90,1	101,1	189,1	3,43	18,69	0,11	1,72
Органоминеральная	17,6	131,3	234,2	1,45	6,13	1,89	0,71
Дерново-подзолистая суглинистая	2,72	73,9	103,0	1,05	5,05	0,60	0,93
Дерново-подзолистая супесчаная	2,40	19,7	224,4	0,91	3,40	0,31	0,65
Песок рыхлый	0,56	—	66,4	0,39	0,45	0,03	0,14

Примечания: * ОВ – органическое вещество;

** единицы измерения активности ферментов: полифенолоксидаза – мг 1,4 р-бензохинона на 10 г почвы за 2 ч, каталаза – мл O_2 на 1 г почвы за 2 мин., инвертаза – мг глюкозы на 5 г почвы за 4 ч, дегидрогеназа – мг ТФФ на 10 г почвы за 24 ч, пероксидаза – мг 1,4 р-бензохинона на 10 г почвы за 0,5 ч, уреаза – мг N/NH_4^+ на 5 г почвы за 4 ч.

Соотношение активности пероксидазы и полифенолоксидазы свидетельствует о преобладании процессов минерализации над процессами гумификации во всех разновидностях почв, причем максимальных значений оно достигает в дерново-подзолистой супесчаной почве (более, чем в 11 раз), в то время как в остальных типах почв этот показатель равен двум. Рост активности пероксидазы наблюдается практически на всех вариантах на протяжении 4-ех лет испытаний, обнаруживая прямую зависимость от наличия органического вещества в составе почвы.

Важно отметить, что при практически близком содержании органического вещества интенсивность деятельности полифенолоксидазы, пероксидазы, инвертазы и дегидрогеназы в торфяно-болотной почве, развивающейся на тростнико-

вом торфе была почти в 2 раза ниже, чем на осоковом, что объясняется генетическими и структурными особенностями данных почв.

Значительную роль в трансформации фенолов играют легкогидролизуемые соединения углеводной природы и их превращение при участии инвертазы. Коэффициенты корреляции между полифенолоксидазной и инвертазной активностью, по мнению некоторых авторов, высоки [14]. Большая активность инвертазы в торфяно-болотных почвах характеризует интенсивный процесс трансформации углеводов.

Осенний период отбора почв со сложившимися благоприятными условиями температуры и влажности не лимитировал активность фермента. Поэтому интенсивность активности инвертазы в исследуемых почвах определялась в значительной степени морфологическими свойствами каждой почвенной разновидности, наличием и состоянием органического вещества. Так, наряду с низкими значениями в песчаной почве наблюдался рост активности инвертазы в дерново-подзолистой супесчаной (в 2 раза) и суглинистой (в 1,6 раза) почвах.

К группе ферментов, ответственных за процесс трансформации азотсодержащих органических соединений, сопровождающихся выделением аммиака и углекислоты, относятся амидазы, в том числе уреаза, катализирующая распад мочевины в почве. Наличие главным образом гидролизуемых азотсодержащих соединений способствует развитию уреазной активности, являющейся индикатором уровня азотного потенциала почв. Высокая активность уреазы в торфяно-болотных почвах свидетельствует о существенных запасах гидролизуемого азота, что следует рассматривать как положительный фактор, свидетельствующий о закреплении азота в более устойчивой органической форме. Наши наблюдения позволили отметить значительный рост активности уреазы в следующих видах почв: дерново-подзолистой супесчаной (в 7 раз), органоминеральной (почти в 6 раз) и торфяно-болотной на основе осокового торфа (в 3 раза).

Направленность и характер процесса накопления гумуса в почвах определены соотношением между интенсивностью процессов его образования, разложения и вымывания. Активность дегидрогеназы наиболее тесно связана с содержанием водорастворимого органического вещества, поскольку катализирует реакцию отнятия водорода от окисляемого субстрата – органического вещества, способного к разложению микроорганизмами. Высокий уровень активности дегидрогеназы в органоминеральной почве в начале эксперимента свидетельствует об интенсивном вымывании органических соединений и подтверждает полученные ранее результаты о преобладании процесса минерализации органического вещества. С течением времени снижение активности дегидрогеназы имеет место во всех разновидностях почв, но наиболее интенсивно оно протекает в органоминеральной (в 4,3 раза), дерново-подзолистой супесчаной (в 3,8 раза) и суглинистой (в 2,6 раза) почвах.

В определенной степени интегрирующим показателем функциональной активности микрофлоры ввиду высокой устойчивости и способности накапливаться, сохраняясь длительное время в почве, принято считать каталазу. Являясь окислительным ферментом, она удаляет перекиси, формирующиеся в результате дыхательных процессов живых организмов, которые сопровождаются синтезом АТФ, для осуществления высокоэнергетических синтетических процессов.

Результаты исследования каталазной активности характеризуют представленные разновидности торфяно-болотных почв как субстрат с наиболее интенсивными процессами трансформации органического вещества. Наряду со спе-

цифичным фоном активности фермента, характерным для каждой разновидности почв, наблюдается сезонный рост в весенний и снижение в осенний периоды отбора образцов.

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основе изучения изменения микробиологической и ферментативной активности в зависимости от генетических особенностей и содержания органического вещества торфяно-болотных, органоминеральной и дерново-подзолистых супесчаной и суглинистой почв в естественных и модельных условиях, а также в условиях лизиметрических опытов установлена высокая степень связи между содержанием органического вещества в почве и уровнем активности полифенолоксидазы, пероксидазы, каталазы, уреазы и инвертазы.

Соотношение активности пероксидазы и полифенолоксидазы указывает на то, что в осушенных торфяно-болотных почвах процессы минерализации существенно преобладают над процессами гумификации. Наряду с этим определено, что при близком содержании органического вещества интенсивность деятельности полифенолоксидазы, пероксидазы, инвертазы и дегидрогеназы в 2 раза ниже в торфяно-болотной почве, развивающейся на тростниковом, чем на осоковом торфе.

Общей закономерностью для почв изучаемого генетического ряда являлось то, что по мере повышения норм вносимых минеральных удобрений происходило изменение численности и структуры микробного сообщества, ферментативной активности и продуцирования почвой углекислого газа. При использовании высоких и очень высоких норм удобрений снижалась общая численность микроорганизмов, включая группу целлюлозоразрушающих, существенно возрастило количество актиномицетов, плесневых грибов и денитрификаторов, понижались активность большинства из изучаемого ряда ферментов и интенсивность выделения почвой CO_2 . На фоне этих изменений, на злаковом травостое 4-7 лет использования на старопахотной торфяно-болотной почве продуктивность сенокоса возрастила с 3,6 до 9,5 т/га кормовых единиц.

Полученные результаты позволяют с достаточной мерой обоснованности использовать определенные биологические показатели для диагностирования изменения экологического состояния почв в связи с применением различных видов и норм минеральных удобрений.

В качестве наиболее сенситивных показателей, отражающих реакцию почв на применение минеральных и органических удобрений могут рассматриваться численность и состав микрофлоры, ферментативная активность и интенсивность продуцирования почвой углекислого газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамитко, А. В. Динамика микробных популяций в разных почвах / А. В. Мамитко, З. И. Никитина // Биодинамика и плодородие почвы. – Таллин, 1979. – с. 64-68.
2. Лисовая, А. П. Влияние растений и удобрений на микробиологическую активность почвы / А. П. Лисовая // Динамика микробиологических процессов. – Таллин, 1974. – Ч. 1. – с. 7-9.
3. Галстян, А. Ш. К оценке степени плодородия почвы ферментативными реакциями. Микроорганизмы в сельском хозяйстве / А. Ш. Галстян. – М., 1963

4. Голоха, В. В. Влияние систематического применения удобрений на биологическую активность почвы / В. В. Голоха // Тр. ин-та Укр. с.-х. академии. – 1975. Вып. 146. – с. 141-145.
5. Зименко, Т. Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование / Т. Г. Зименко. – Мин., 1977
6. Микробиологическая индикация нарушенных лесных экосистем Сибири / Н.Д. Сорокин [и др.] // Лесоведение, 2000. – № 2. – с. 3-7.
7. Гилис, М. Б. Рациональные способы внесения удобрений / М.Б. Гилис. – М.:Коло, 1975. – 239 с.
8. Трапезников, В. К. Физиологические основы локального применения удобрений / В. К. Трапезников. – М.: Наука, 1983. – 174 с.
9. Леушева, М. И. Влияние органических и минеральных удобрений на микрофлору дерново-подзолистой почвы / М. И. Леушева, Е. И. Двойнишникова, И. М. Курбатов // Роль микроорганизмов в питании растений и плодородии почв. – Мин., 1969. – с. 132-140.
10. Ильина, Т. К. Влияние удобрений на активность микробиологических и ферментативных процессов превращения азота в дерново-подзолистой почве // Тез. докл. V делег. съезда всесоюз. общ. почвоведов. – М., 1977. – Вып. 2. – с. 238-239.
11. Негру-Водэ, В. В. Влияние удобрений на биологическую активность дерново-подзолистой почвы в зависимости от сезонных условий / В. В. Негру-Водэ, Т. К. Ильина, Е. С. Василенко / Динамика микробиологических процессов в почве – Таллин. 1974. – Ч. 2. – с. 98-101.
12. Мирчинк, Т. Г. Почвенная микология / Т. Г. Мирчинк. – М., 1976
13. Звягинцев, Д. Г. Влияние адсорбции ферментов на почвенных частицах и минералах на их активность / Д. Г. Звягинцев, Л. Л. Великанов // Сб. докл. симп-оз. по ферментам почвы. – Мин., 1968. – с. 108-119.
14. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова- Мин., 1983. – 222 с
15. Аристовская, Т. В. Микробиологические аспекты плодородия почв / Т. В.Аристовская // Почвоведение. – 1988. – № 9. – с.53-63
16. Минеев, В. Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В. Г.Минеев, Е. Х.Ремпе. – М.,1990. -206 с.
17. Купревич, В. Ф. Почвенная энзимология / В. Ф. Купревич, Т. А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1966. – 275 с.
18. Гончарук, Е.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве: руководство / Е.И. Гончарук, Г.И. Сидоренко. – М.: Медицина, 1986.- 320 с.

CHANGE OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS OF AGROCOENOSIS UNDER THE INFLUENCE OF INCREASING RATES OF MINERAL FERTILIZERS APPLICATION IN NATURAL CONDITIONS AND IN LYSIMETER EXPERIMENTS

G. A. Sokolov, I. V. Simakina, E. N. Sosnovskaja

Summary

The peculiarities of microbiological and enzymes activity were investigated in dependence on genetic characteristics and content of organic substances in Peat soils,

Organic-mineral and Soddy-podzolic loamy sand and loamy clay ones in natural and modeling conditions, as well as in the conditions of lysimeter experiments.

High degree of correlation between the content of organic matter in soil and the level of activity of polyphenoloxidase, peroxidase, catalase, urease and invertase has been determined.

The ratio of peroxidase and polyphenoloxidase activities specifies that in the drained peat soils the processes of organic matter mineralization essentially prevail over the humification ones. Alongside with that is defined, that at the similar content of organic substances in peat soils the intensity of polyphenoloxidase, peroxidase, invertase and dehydrogenase activities were 2 times lower in peat soil developing on reeds than that on sedge one that is explained by genetic and structural peculiarities of organic substances of these soils.

Obtained results allow with sufficient measure of validity to use studied biological activity data for ing change of an ecological condition of soils in connection with application of various kinds and norms of mineral fertilizers.

As the most sensitive indicators, reflecting a reaction of soils on application of mineral and organic fertilizers can be considered the number and structure of microflora, enzymes activity and intensity of CO₂ producing by soil.

The studied set of indicators is offered as probable and for concrete situations it can be differentiated.

Поступила 30 октября 2009 г.

УДК 632.954.024:631.46

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕРБИЦИДОВ АТРИБУТ, ЛАРЕН И СЕКАТОР ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

С.В. Сорока, Л.И. Сорока, А.П. Молчан

Институт защиты растений, Прилуки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

С ростом производства и применением пестицидов возрастает опасность загрязнения ими окружающей среды. Одним из наиболее важных объектов окружающей среды является почва. Избыточное накопление химических средств защиты растений в почве может привести к подавлению деятельности полезной микрофлоры и в конечном итоге – к снижению ее плодородия.

При применении гербицидов не исключается их воздействие на микрофлору почвы. Мнения о степени такого воздействия различны.

Одни авторы считают, что в оптимальных дозировках (почвенные) гербициды не вызывают заметных нарушений [6] или даже стимулируют жизнедеятельность микроорганизмов почвы [1], но увеличение дозировок в два-три раза от рекомендованных вызывает их угнетение [1, 16]. Характер побочного действия гербицидов на микроорганизмы зависит от препарата, сроков обработки, погодных условий и других факторов [2, 5, 10].

Большинство авторов отмечают, что в результате внесения гербицидов наступает незначительное кратковременное ингибирирование жизнедеятельности