

УДК 631.46.631.445.41:631.84

© 2010

*Малиновская И.М., доктор сельскохозяйственных наук,**Сорока А.П., аспирант**

ННЦ «Институт земледелия НААНУ»

ПРОТЕКАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОЧВЕ ДВУХЛЕТНЕГО ПЕРЕЛОГА

Рецензент – доктор сельскохозяйственных наук, профессор А.В. Калиниченко

У результаті вивчення стану мікробіоценозу двох-річного перелогу встановлено, що вирощування злакових культур призводить до інтенсифікації процесів розкладання гумусу, порівняно з вирощуванням бобово-злакової травосумішки і спонтанним відновленням фітоценозу. Внесення мінеральних добрив за всіх варіантів відновлення перелогу і на агроземях знижує інтенсивність мінералізації гумусу. Максимальною фітотоксичністю характеризується ґрунт ризосфери злакової травосумішки та екстенсивний агрозем, мінімальною – ґрунт ризосфери бобово-злакової травосумішки.

Ключевые слова: микробиоценоз, перелог, восстановление, эколого-трофические группы, минерализация, гумус, фитотоксичность.

Постановка проблемы. Перевод агроземов в перелоговое состояние является актуальным для Западной Европы [15], России [11] и Украины – с ее высокой степенью распаханности земельного фонда (82%). Известно, что высокая степень распаханности почв является фактором дестабилизации агроландшафтов, развития эрозионных процессов, что наносит ущерб функционированию малых рек и качеству водных ресурсов, биоразнообразию и рекреационной привлекательности природно-территориальных комплексов [1, 12].

Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме. Изменение микробиологических характеристик почв вследствие окультуривания изучено достаточно полно и всесторонне [2, 9, 10]. Однако обратный процесс – выведение почв из сельскохозяйственного использования и перевод их в перелоговое состояние – исследован с точки зрения протекания микробиологических процессов недостаточно. Перевод агроземов в перелоговое состояние является актуальным для Западной Европы [15], России [11] и Украины с ее высокой степенью распаханности земельного фонда (82%).

Известно, что высокая степень распаханности почв является фактором дестабилизации агроландшафтов, развития эрозионных процессов,

что наносит ущерб функционированию малых рек и качеству водных ресурсов, биоразнообразию и рекреационной привлекательности природно-территориальных комплексов [1, 12]. В настоящее время по решению Минагрополитики Украины (2000 г) в перелоговое состояние переводится около 12 млн. га малопродуктивных пахотных земель. Известно несколько путей перевода почв в перелоговое состояние: 1) спонтанное зарастание; 2) высевание травосмесей; 3) высевание травосмесей с одновременным проведением агротехнических мероприятий: внесением минеральных удобрений, известкованием, скашиванием зеленой биомассы и пр.

Задачей нашего исследования было изучение состояния микробиоценоза серой лесной почвы двухлетнего перелога, фитоценоз которой восстанавливается различными способами.

Материалы и методы. Исследования были проведены в полевом опыте лаборатории луговодства ННЦ “Институт земледелия НААНУ” на серой лесной крупнопылевато легкосуглинистой почве в северной части Лесостепи (опытное хозяйство “Чабаны”, Киево-Святошинский район Киевской области) с содержанием в 0-20 см слое почвы гумуса 2,5%, легкогидролизованного азота 7,6 мг, подвижного фосфора 14,5 мг и обменного калия 12,3 мг на 100 г сухой почвы, $pH_{(KCl)} - 6,7$.

Выражаем искреннюю благодарность А.В. Боговину и М.М. Пташник за возможность изучать микробиологические показатели почвы в вариантах этого опыта.

Для сбора экспериментального материала использовали разные типы сеянных травостоев, спонтанно восстанавливаемые фитоценозы перелогов и агрофитоценозы зерно-пропашного севооборота, которые выращиваются без удобрений с 1987 г (экстенсивный агрозем), и с внесением $NPK_{211-316}$ по фону запахивания побочной продукции (интенсивный агрозем). Культура агроземов в 2009 г. – кукуруза.

* *Руководитель – доктор сельскохозяйственных наук И.М. Малиновская*

Отбор почвенных образцов проводили 22 июня 2009 г. при гидротермических условиях, близких к засушливым. Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп оценивали методом посева почвенной суспензии на соответствующие питательные среды [14]. Показатели интенсивности процессов минерализации, вероятность формирования бактериальных колоний (ВФК) и фитотоксические свойства почвы определяли соответственно описанному ранее [7]. Коэффициент удельной фосфатрастворяющей активности определяли на агаризованной среде Муромцева по разработанному нами методу [3].

Статистическую обработку результатов проводили с использованием современных программ *Microsoft Excel*.

Результаты исследований. Как видно из данных табл. 1, максимальное количество аммо-

нификаторов выявлено в ризосфере бобово-злаковой травосмеси, выращенной с использованием минеральных удобрений: на 140% больше, чем при спонтанном восстановлении и на 42,9% – чем при выращивании злаковой травосмеси. Группу аммонификаторов при анализе взаимоотношений между растениями и ризосферными микроорганизмами мы рассматриваем как индикаторную, т.к. субстратом для роста аммонификаторов являются белковые вещества корневых выделений и отмершие фрагменты корней и корневых волосков. Возрастание количества аммонификаторов свидетельствует, на наш взгляд, об увеличении количества корневых выделений, поскольку никакая другая исследованная группа микроорганизмов не связана так тесно с их количеством.

1. Численность микроорганизмов в серой лесной почве двухлетнего перелога и агроземях, 2009 г., млн. КУО*/г абсолютно сухой почвы

Вариант		Аммонификаторы	Иммобилизаторы минерального азота	Олигонитрофилы	Азотобактер, % обрастания почвенных комочков	Денитрифицирующие	Нитрифицирующие	Педотрофы	Целлюлозоразлагающие	Полисахаридсинтезирующие	Автохтонные	Стрептомицеты	Микромицеты	Микроорганизмы, мобилиз. минеральные фосфаты	Кг	Микроорганизмы, мобилиз. органо-фосфаты
Спонтанное восстановление	Двухлетний перелог	20,0	56,4	20,6	92,0	119,8	0,14	110,2	37,4	4,36	20,8	15,6	0,17	10,3	0,372	0,01
Спонтанное восстановление + N ₉₀ P ₄₀ K ₇₀		37,1	164,2	106,7	99,3	114,3	0,16	133,3	86,6	39,8	14,0	26,3	0,41	46,1	0,870	5,08
Бобово-злаковая смесь		30,4	81,7	24,4	48,7	116,7	0,17	128,7	87,3	4,95	25,7	34,3	0,27	13,1	0,434	2,42
Бобово-злаковая смесь + P ₄₀ K ₇₀		48,0	101,4	75,7	27,3	114,6	0,18	173,8	80,3	9,03	23,7	25,7	0,30	28,1	0,458	4,24
Злаковая смесь		33,6	43,2	37,5	54,7	26,8	0,40	29,3	62,2	6,43	20,1	23,6	0,20	6,43	0,815	0,01
Злаковая смесь N ₄₅ + N ₄₅		23,4	67,2	41,5	58,0	4,75	0,23	48,6	28,7	3,52	19,0	25,0	0,31	4,22	0,295	1,06
Злаковая смесь + N ₉₀ P ₄₀ K ₇₀		36,6	131,3	60,1	24,0	46,9	0,12	74,3	27,6	11,5	19,7	28,8	0,37	3,82	0,213	2,08
Агрозем экстенсивный (контроль)	Агрозем интенсивный	21,4	26,2	32,1	100,0	10,5	0,24	32,9	62,8	1,48	26,3	8,49	0,17	8,86	0,214	1,11
Агрозем интенсивный		30,1	76,9	65,0	50,7	50,1	0,15	79,5	88,9	8,91	25,7	35,3	0,25	18,4	0,557	10,0
НП ₀₅		4,2	10,8	3,80	6,2	4,6	0,03	3,4	8,5	1,0	5,2	2,0	0,04	3,0		1,0

На численность аммонификаторов в ризосфере растений положительно влияет внесение минеральных удобрений (за исключением злаковой травосмеси); при спонтанном восстановлении количество аммонификаторов возрастает при внесении минеральных удобрений на 85,5%, при выращивании бобово-злаковой травосмеси – на 57,9%, на агроземах – на 40,7%.

Внесение удобрений приводит к увеличению во всех вариантах опыта количества иммобилизаторов минерального азота: при спонтанном восстановлении – на 207,5%, при выращивании бобово-злаковой травосмеси – на 24,1, при выращивании злаковой смеси – на 55,6 и 203,9% соответственно (табл. 1). Аналогичные тенденции наблюдаются для олигонитрофилов, педотрофов, полисахаридсинтезирующих микроорганизмов и микромицетов.

Количество денитрификаторов в почве двухлетнего перелога увеличилось по сравнению с почвой однолетнего перелога примерно в два раза, что свидетельствует о продолжающемся уплотнении почвы и создании все более анаэробных условий [5, 13]. Процесс уплотнения почвы происходит примерно с одинаковой интенсивностью в вариантах спонтанного восстановления и выращивания бобово-злаковой травосмеси, о чем свидетельствует одинаковое количество денитрификаторов в этих вариантах опыта. Внесение минеральных удобрений не влияет на численность денитрификаторов в вышеперечисленных вариантах опыта, однако повышает их физиологическую активность: при спонтанном восстановлении фитоценоза – в 13,5 раза, при выращивании бобово-злаковой травосмеси – 10,3, при выращивании злаковой травосмеси – в 11,3 раза (табл. 2). Таким образом, при внесении экзогенного легкодоступного азота интенсивность процесса денитрификации резко повышается. Минимальное количество денитрификаторов наблюдается в почве ризосферы злаковой травосмеси, причем при внесении только азотных удобрений количество микроорганизмов уменьшается в 5,64 раза, а при внесении $N_{90}P_{40}K_{70}$ возрастает в 1,75 раза. Это свидетельствует об общей неоптимальности условий роста растений в варианте опыта с внесением только азотных минеральных удобрений.

Вариант спонтанного восстановления фитоценоза двухлетнего перелога, также как и однолетнего [5], отличается высоким содержанием азотобактера. При выращивании бобово-злаковой травосмеси (особенно с внесением минеральных удобрений) количество азотобактера резко уменьшает-

ся, что мы объясняем конкуренцией со стороны симбиотических и ассоциативных азотфиксаторов, которые целенаправленно поддерживаются растениями в своей ризосфере и угнетающе действуют на свободноживущие азотфиксаторы. Аналогичные закономерности наблюдались нами ранее при изучении выживания азотобактера в микробиоценозе ризосферы сои и пшеницы [4, 5]. Максимальным количеством азотобактера (100% обрастание почвенных комочков) характеризуется на протяжении многих лет экстенсивный агрозем [5, 7], что свидетельствует, на наш взгляд, о невозможности использования азотобактера в качестве индикатора плодородия почвы, как это практиковалось ранее [9].

Внесение минеральных удобрений приводит к увеличению численности полисахаридсинтезирующих бактерий: при спонтанном восстановлении фитоценоза – в 9,13 раза, при выращивании бобово-злаковой травосмеси – 1,82, при выращивании злаковой травосмеси – 1,79, на агроземах – в 6,02 раза. Таким образом, нельзя однозначно рассматривать группу полисахаридсинтезирующих бактерий как индикаторную на недостаток минеральных элементов в почве [7], поскольку их количество зависит также от интенсивности развития фитоценоза, количества корневых выделений и соотношения углерода к азоту в почве, которое меняется при внесении минеральных удобрений, запахивании побочной продукции и пр. Аналогичную тенденцию наблюдаем для микроорганизмов, мобилизующих минеральные и органические фосфаты (табл. 1).

Количество автохтонных микроорганизмов уменьшается в результате внесения минеральных удобрений в варианте спонтанного восстановления на 48,6%, бобово-злаковой травосмеси – 8,44, злаковой травосмеси – на 5,79% (табл. 1), что сопровождается замедлением деструкции гумусовых веществ, соответственно, на 80,0%, 47,1 и 158,9% (табл. 3). По многолетним данным, максимальной активностью деструкции гумуса характеризуется экстенсивный агрозем, в который минеральные и органические удобрения не вносятся с 1987 г. – 79,9%, что в 2,47 раза превышает активность деструкции гумуса в интенсивном агроземе (табл. 3). Таким образом, подтверждены данные, полученные нами ранее при изучении закономерностей развития перелогов и агроземов: внесение минеральных удобрений в оптимальных дозах снижает интенсивность деструкции гумуса [5, 6]. Наименьшей активностью деструкции гумуса характеризуется почва варианта спонтанного восстановления фи-

тоценоза и выращивания бобово-злаковой травосмеси при внесении минеральных удобрений. Выращивание злаковых травосмесей или злаковых в монокультуре (пшеница), согласно многолетним данным, приводит к интенсификации процессов разложения гумуса по сравнению с выращиванием бобовых и бобово-злаковых травосмесей [5, 6, 7].

Анализ расписания появления колоний микроорганизмов показывает, что микроорганизмы ризосферы бобово-злаковой травосмеси характеризуются наибольшей физиолого-биохимической активностью, особенно аммонификаторы, олигонитрофилы, целлюлозолитики, микромицеты, стрептомицеты и мобилизаторы минеральных фосфатов (табл. 2). Одни из наименее активных – микроорганизмы ризосферы злаковой травосмеси (без внесения удобрений) и экстенсивного агрозема.

Процессы минерализации соединений азота интенсифицируются при внесении минеральных удобрений практически во всех вариантах опыта, за исключением варианта бобово-злаковой травосмеси, куда азотные удобрения не вносятся (табл. 3). Расходование органического вещества

почвы с внесением минеральных удобрений замедляется в вариантах спонтанного восстановления фитоценоза и выращивания бобово-злаковой травосмеси: индекс педотрофности уменьшается на 53,5% и 16,9% соответственно. Однако, при выращивании злаковой травосмеси внесение минеральных удобрений приводит к интенсификации расходования органического вещества.

Максимальной фитотоксичностью, как и в предыдущие годы исследований, характеризуется почва ризосферы злаковой травосмеси и экстенсивный агрозем (табл. 3). Токсичность почвы ризосферы злаковой травосмеси превышает токсичность почвы варианта спонтанного восстановления на 44,5%, варианта выращивания бобово-злаковой травосмеси – на 48,4%. Токсичность экстенсивного агрозема превышает токсичность интенсивного агрозема на 18,9%, что согласуется с данными предыдущих исследований [7]. Полученная закономерность до некоторой степени противоречит представлениям о том, что элементы интенсивных технологий – минеральные удобрения, мелиоранты, пестициды – способствуют увеличению биологической токсич-

2. Вероятность формирования колоний микроорганизмов ($2, \text{час}^{-1} \cdot 10^{-1}$) в серой лесной почве двухлетнего перелога и агроземов, 2009

Вариант		Аммонификаторы	Иммобилизаторы минерального азота	Олигонитрофилы	Педотрофы	Целлюлозоразлагающие	Микромицеты	Микроорганизмы, мобилиз. минеральные фосфаты	Микроорганизмы, мобилиз. органофосфаты	Автохтонные	Нитрифицирующие	Денитрифицирующие	Полисахаридобразующие	Стрептомицеты
Спонтанное восстановление	Двухлетний перелог	3,29	0,76	4,73	2,07	1,62	1,48	3,43	2,61	0,86	0,26	5,78	0,24	0,45
Спонтанное восстановление + $N_{90}P_{40}K_{70}$		2,21	0,56	11,6	1,32	2,25	4,15	3,20	1,15	1,52	0,81	0,35	0,86	0,89
Бобово-злаковая смесь		2,99	0,80	4,71	3,23	0,87	3,05	1,31	2,67	1,29	0,59	18,0	0,96	1,07
Бобово-злаковая смесь + $P_{40}K_{70}$		6,55	0,67	12,0	1,34	3,89	7,01	3,87	3,57	1,19	0,31	0,93	0,76	1,12
Злаковая смесь		3,07	0,41	11,6	0,54	1,55	3,53	4,58	4,50	0,94	0,35	0,98	0,96	1,05
Злаковая смесь $N_{45} + N_{45}$		1,77	0,62	14,8	1,83	1,85	4,39	3,73	5,78	1,16	0,56	3,38	0,71	0,94
Злаковая смесь + $N_{90}P_{40}K_{70}$		1,86	0,50	11,3	2,26	0,54	4,02	3,73	3,19	1,03	0,59	0,19	1,10	0,91
Агрозем экстенсивный (контроль)	Агрозем интенсивный	0,62	0,72	11,1	1,83	0,56	2,71	7,40	3,18	1,13	0,84	1,69	0,96	0,90
Агрозем интенсивный		4,43	0,95	11,8	2,02	2,31	2,95	6,49	1,65	1,10	0,50	22,6	0,48	0,86

**3. Показатели интенсивности минерализационных процессов и фитотоксичность
серой лесной почвы двухлетнего перелога и агроземов, 2009 г.**

1		Индекс педот- рофно- сти	Коэффи- циент оподзо- ленности	Коэффи- циент иммоби- лизации азота	Активность минерализа- ции гумуса, %	Масса 100 растений тест-культуры – озимой пшеницы, г		
						стебли	корни	общая масса
Спонтанное восстановление	Двухлетний перелог	5,51	1,03	2,67	18,9	8,88	9,66	18,5
Спонтанное восстановление + N ₉₀ P ₄₀ K ₇₀		3,59	2,88	4,43	10,5	7,60	10,7	18,3
Бобово-злаковая смесь		4,23	0,80	2,69	20,0	9,32	9,68	19,0
Бобово-злаковая смесь + P ₄₀ K ₇₀		3,62	1,58	2,11	13,6	9,30	10,2	19,5
Злаковая смесь		0,87	1,24	1,29	68,6	3,84	8,96	12,8
Злаковая смесь N ₄₅ + N ₄₅		2,08	1,77	2,87	39,1	5,42	10,2	15,6
Злаковая смесь + N ₉₀ P ₄₀ K ₇₀		2,03	1,64	3,59	26,5	3,56	8,84	12,4
Агрозем экстенсив- ный (контроль)		1,54	1,50	1,22	79,9	6,70	8,08	14,8
Агрозем интенсивный		2,64	2,16	2,55	32,3	8,10	9,50	17,6
НІР ₀₅						0,15	0,12	

ности почв [8]. Наименее токсичной является почва в варианте выращивания бобово-злаковой травосмеси с внесением минеральных удобрений в дозе P₄₀K₇₀.

Таким образом, при восстановлении фитоценоза серой лесной почвы целесообразно выращивание бобово-злаковых травосмесей, которые обеспечивают формирование наиболее сбалансированных и обеспечивающих восстановление почвенного плодородия микробиоценозов.

Выводы. На примере различных вариантов восстановления фитоценоза перелога и агроземов с различной агротехнической нагрузкой показано, что внесение минеральных удобрений в оптимальных дозах существенно снижает интенсивность деструкции гумуса.

Изучение состояния микробиоценоза двухлетнего перелога подтвердило данные предыдущих исследований: выращивание злаковых культур

приводит к интенсификации процессов разложения гумуса по сравнению с выращиванием бобово-злаковых травосмесей и спонтанным восстановлением фитоценоза.

Внесение минеральных удобрений интенсифицирует процесс минерализации соединений азота и замедляет расходование органического вещества почвы в вариантах спонтанного восстановления фитоценоза и выращивания бобово-злаковой травосмеси. При культивировании злаковой травосмеси внесение минеральных удобрений приводит к интенсификации расходования органического вещества.

По фитотоксическим свойствам варианты восстановления фитоценоза перелога располагаются в следующем ряду: бобово-злаковая смесь < спонтанное восстановление < злаковая смесь (N₄₅ + N₄₅) < злаковая смесь без удобрений < злаковая смесь + N₉₀P₄₀K₇₀.

БИБЛІОГРАФІЯ

1. Боговін, А.В. Трав'янисті біогеоценози, їхнє поліпшення та раціональне використання / А.В. Боговін, І.Т. Слюсар, М.К. Царенко – К.: Аграрна наука, 2005. – 360с.
2. Вовнова-Райкова Ж., Ранков В., Лампова Г. Микроорганизмы и плодородие. – М.: Агро-

промиздат. – 1986. – 120с.

3. Малиновская И.М. Определение фосфатрастворяющей активности микроорганизмов на жидкой и агаризованных средах Муромцева / И.М. Малиновская // Агроэкологічний журн. – 2002. – №3. – С. 68-71

4. Малиновська І.М. Стан мікробіоценозу ризосфери сої за комплексного оброблення насіння фосфатмобілізуючими мікроорганізмами і *Bradyrhizobium japonicum* 71T / І.М. Малиновська // Агроекологічний журн. – 2007. – №3. – С. 79-83.
5. Малиновська І.М. Особливості мікробних комплексів сірого лісового ґрунту перелогів та агроценозів / І.М. Малиновська, О.О. Черниш, О.П. Романчук // Зб. наук. праць Інституту землеробства. – К.: Нора Прінт. – 2007. – Вип. 2. – С. 29-34.
6. Малиновська І.М. Стан мікробіоценозу мало-річного перелогу за мінерального удобрення / І.М. Малиновська, О.П. Сорока // Зб. наук. праць Інституту землеробства. – К.: Нора Прінт. – 2009. – Вип. 4. – С. 81-87.
7. Малиновська І.М. Формування мікробіоценозів ґрунту за різних способів відтворення рослинних угруповань / І.М. Малиновська, А.В. Боговін, М.М. Пташнік // Землеробство. – К.: Нора Прінт. – 2009. – Вип. 81 – С. 105-118.
8. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология, экология почвы. – М.: Росагропромиздат. – 1990. – 206с.
9. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. – М.: Изд-во АН СССР. – 1956. – 247с.
10. Паринкина О.М., Ключева Н.В. Микробиологические аспекты уменьшения естественного плодородия почв при их сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. – 1995. – №5. – С. 573-581.
11. Почвы и земельные ресурсы России // Дegradaция и охрана почв / Под ред. Г.В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – С. 4-26.
12. Сайко В.Ф., Боговін А.В., Корсун С.Г. [та ін.] Відновлення трав'янистих біогеоценозів на вилучених з обробітку орних землях // Вісник аграрної науки. – 2006. – №9. – С. 8-12.
13. Скурятін Ю.М. Оптимізація фізичного стану ґрунту перелогів // Вісник аграрної науки – 2003. – №8. – С. 14-16.
14. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
15. Anderson J.P., Post W.M., Kwon K.C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential // Global change biology. – 2000. – V. 6. – P. 77-82.