

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ НА КОЛИЧЕСТВО ФОСФАТМОБИЛИЗИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ЧЕРНОЗЕМЕ ЛУГОВОМ

Малиновская И.М.

Национальный научный центр “Институт земледелия УААН”,
ул. Машиностроителей, 2б, пгт. Чабаны, Киевская обл., 08162,
Украина
E-mail: zemledele@mail.ru

Изучали влияние системы удобрений на численность фосфатмобилизирующих микроорганизмов как компонента микробоценоза чернозема лугового. Установлено, что количество фосфатмобилизирующих микроорганизмов не коррелирует с дозой вносимых в севообороте фосфорных минеральных удобрений и степенью подвижности фосфора в почве, а определяется, предположительно, наличием углерода. Показано также, что в вариантах опыта с искусственным РК-фоном и ежегодным внесением удобрений наблюдается повышенное содержание микроорганизмов, мобилизирующих минеральные и органические фосфаты, педотрофов, целлюлолитиков, олигонитрофилов, иммобилизаторов минерального азота. В почве экстенсивного варианта наблюдается максимальное в опыте содержание иммобилизаторов минерального азота и азотобактера. Расходование органического вещества превышает его синтез на всех указанных агрофонах.

Ключевые слова: фосфатмобилизирующие микроорганизмы, микробоценоз, чернозем луговой, система удобрений.

Вопрос о том, насколько существенное влияние оказывают фосфатмобилизирующие бактерии на процесс растворения фосфатов в природе, тесно связан с определением их количества и физиологической активности непосредственно в почве. Согласно мнению ряда авторов, существует закономерность: низкое содержание фосфора в почве – высокое содержание фосфатмобилизирующих бактерий. Однако, по данным Форстера с соавт. [1, 2], такая закономерность прослеживается лишь для песчаных почв, которые сильно дифференцированы по содержанию фосфора. В плодородных же почвах существование фосфатмобилизирующих микроорганизмов зависит от свойств

почв, которые обуславливают их общую биологическую активность. Определено также, что при ежегодном внесении минерального фосфора (40 кг/га) 2,7 % всех почвенных бактерий обладают фосфатрастворяющими свойствами, а при однократном за 20 лет внесении фосфора (800 кг/га) этими свойствами обладают 10,4 % бактерий [3]. По другим данным, численность микроорганизмов, растворяющих труднодоступные минеральные и органические фосфаты, в зависимости от экологических условий составляет 1-50 % общего количества микрофлоры [4].

Поскольку вопрос о количестве фосфатмобилизирующих микроорганизмов и их взаимодействии с представителями других эколого-трофических групп микробсообществ почв при использовании различных систем удобрений остается малоизученным, было предпринято данное исследование.

Материалы и методы. Почва – чернозем луговой стационарного опыта лаборатории интенсивных технологий зерновых колосовых культур и кукурузы ННЦ “Институт земледелия УААН”, заложенного в 1987 году. Исследовали варианты зерно-пропашного восьмипольного севооборота с традиционной для зоны системой обработки почвы, интегрированной защитой от вредителей, болезней, сорняков и разноинтенсивной агрохимической нагрузкой: 1 – $N_{32}P_{36}K_{38}$; 2 – $N_{64}P_{72}K_{75}$; 5 – $N_{96}P_{108}K_{112,5}$; 6 – расчетная доза фосфорных удобрений с целью достижения уровня доступных фосфатов 40 мг $P_2O_5/100$ г почвы (искусственный РК-фон) + $N_{64}P_{72}K_{75}$; 7 – искусственный РК-фон + N_{64} . В почву всех вариантов, кроме контроля, с 2000 года вносится побочная продукция культуры-предшественника в севообороте.

Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп оценивали методом посева образцов ризосферной почвы на соответствующие питательные среды [5,6]. Показатель интенсивности процессов минерализации соединений азота рассчитывали по Е.Н. Мишустину и Е.В. Рунову [7], индекс педотрофности – по Д.И. Никитину и В.С. Никитиной [8].

Степень подвижности фосфора определяли по методу Скоффилда, время экстракции составляло 20 минут при скорости перемешивания 240 об./мин [9].

Результаты и их обсуждение. Как видно из представленных в табл. 1 данных, количество фосфатмобилизирующих микроорганизмов напрямую не связано со степенью подвижности

фосфора в почве. Так, одинаковое количество микроорганизмов, мобилизирующих минеральные фосфаты, содержится в почве вариантов 5 и 7, при этом степень подвижности фосфора в почве седьмого варианта превышает соответствующий показатель пятого варианта на 89,5 %. Почва вариантов 1 и 2 близка по степени подвижности фосфора, однако содержание микроорганизмов, мобилизирующих минеральные фосфаты, в почве варианта 1 превышает соответствующий показатель варианта 2 на 42,9 % при равной численности микроорганизмов, мобилизирующих органофосфаты.

Таблица 1. Содержание микроорганизмов в черноземе луговом, КОЕ* (10⁶) в 1 г, в зависимости от используемой системы удобрений (культура – пшеница яровая)

№	Варианты опыта	Микроорганизмы, мобилизирующие минеральные фосфаты	% фосфатмобилизирующих микроорганизмов	Микроорганизмы, мобилизирующие органофосфаты	Педотрофы	Целлюлолитики	Степень подвижности, Р ₂ О ₅ мг/100г
12	Без удобрений (контроль)	3,5	26,2	10,1	13,0	16,9	0,064
На фоне последствия навоза (10 т/га) и побочной продукции предшественника							
1	N ₃₂ P ₃₆ K ₃₈	7,0	30,6	17,5	14,9	19,0	0,113
2	N ₆₄ P ₇₂ K ₇₅	4,9	30,8	15,6	13,4	14,7	0,116
5	N ₉₆ P ₁₀₈ K _{112,5}	6,5	31,9	15,4	14,2	10,8	0,190
6	Искусственный РК-фон + N ₆₄ P ₇₂ K ₇₅	7,8	35,0	24,0	23,7	21,5	0,690
7	Искусственный РК-фон + N ₆₄	6,5	29,1	30,1	20,4	23,6	0,360
	НСР ₀₅	1,00	1,05	1,84	1,00	3,20	0,04

*Примечание: КОЕ – колониобразующих единиц

В почве контроля, куда удобрения не вносятся с 1987 года, именно фосфатмобилизирующие микроорганизмы обеспечивают определенный уровень подвижности фосфора. Показатель их численности может служить эталоном минимального содержания

фосфатмобилизирующих микроорганизмов в черноземе луговом при экстенсивном землепользовании.

Несомненно, что в почвах агроценозов количество подвижного фосфора обуславливается, в большей степени, дозой фосфорных минеральных удобрений, преимущественно – в первое время после внесения, особенностями генотипа и краткосрочной историей почвы. Количество же фосфатмобилизирующих микроорганизмов определяется, прежде всего, наличием углеродсодержащего субстрата, поскольку речь идет о гетеротрофах, физико-химическими характеристиками почвы, особенностями предшественника в севообороте и применяемой ранее системой удобрений. Так, во всех вариантах опыта, где запахивается побочная продукция предшественника в севообороте (№ 1-7), количество фосфатмобилизирующих микроорганизмов выше, чем в контроле (табл. 1). В почву экстенсивного варианта длительное время не вносили не только минеральные, но и органические удобрения, поэтому источником углеродного питания могут служить только корневые выделения и остатки вегетирующих растений, биомасса отмерших микроорганизмов и органическое вещество почвы, накопленное за предыдущий период развития. В результате, в почве контрольного варианта, с одной стороны, существует дефицит подвижных форм фосфора, а с другой – недостаток углерода для его мобилизации, что обуславливает невысокое содержание фосфатмобилизирующих микроорганизмов.

С.И. Христенко [10] полагает, что общее количество мобилизирующих минеральные фосфаты бактерий на 43 % обусловлено типом почвы и на 34 % – соединениями, используемыми в качестве источника фосфора. Для микроорганизмов-продуцентов фосфатаз соответствующие показатели составляют 30 и 43 %. Большое значение имеет также качество растительных остатков, используемых как углеродный субстрат, бобовые растения в этом смысле предпочтительнее злаковых.

В данном опыте максимальное количество микроорганизмов, мобилизирующих минеральные фосфаты, обнаружено в почве вариантов 1 и 6, где средняя доза удобрений составляет в севообороте соответственно P_{36} и P_{72} , в текущем году – P_{30} и P_{60} . При высокой степени подвижности фосфора содержание фосфатмобилизирующих микроорганизмов повышено вследствие более благоприятных условий для функционирования микробоце-

ноза почвы в целом и улучшенного минерального питания растений, в результате чего растения выделяют больше корневых выделений и микрофлора ризосферы развивается интенсивнее.

Обращает на себя внимание тот факт, что относительная часть фосфатмобилизирующих микроорганизмов достаточно постоянна – около 30 %, независимо от степени подвижности фосфора в почве. Максимальная относительная численность фосфатмобилизаторов (35 %) обнаружена в почве варианта с максимальным содержанием подвижного фосфора. Эти данные согласуются с результатами исследований С. Домей [3]. По количеству микроорганизмов, мобилизирующих органофосфаты, варианты опыта различаются не столь существенно, как в случае мобилизаторов минеральных соединений фосфора. В почве вариантов 1, 2, 5 содержится примерно одинаковое количество микроорганизмов, растворяющих органофосфаты. Это объясняется тем, что в почву всех вариантов опыта длительное время не вносили органические удобрения.

Количество педотрофов изменяется в вариантах опыта аналогично другим исследованным группам микроорганизмов: минимальное количество – в контроле; одинаково низкое – в вариантах 1, 2, 5; высокое – в вариантах 6 и 7. Несмотря на полярные отличия в численности педотрофов в вариантах 6, 7, с одной стороны, и контроля, с другой стороны, все эти варианты демонстрируют большую величину индекса педотрофности, который характеризует освоенность органического вещества почвы (табл. 2). В контроле из-за отчуждения углерода с урожаем расходуются многовековые почвенные запасы органического вещества, в том числе и гумуса. Для вариантов 6 и 7 большая величина индекса педотрофности является свидетельством несбалансированности поступления углерода в результате захватывания побочной продукции и его расходованием на синтез биомассы урожая. Неблагополучие протекающих в вариантах 6, 7 и контроле процессов подтверждается также достаточно высокими коэффициентами оподзоленности (табл. 2). Полученные данные подтверждаются агрохимическими исследованиями содержания и состава гумуса почвенных профилей интенсивного варианта (№ 5) того же стационарного опыта: соотношение $C_{гк}:C_{фк}$ в горизонте Не составляет 0,79, тип гумуса – гуматно-фульватный, который характерен для почв с выраженными признаками оподзоленности [11].

Таблица 2. Содержание микроорганизмов цикла преобразования азота и показатели интенсивности минерализационных процессов в черноземе луговом, КОЕ (10⁶) в 1 г (культура – пшеница яровая)

№	Варианты опыта	Олигонитрофилы	Аммонификаторы	Микроорганизмы, утилизирующие минеральный азот	Азотобактер, % обрастия почвенных комочков	Коэффициент иммобилизации / минерализации	Индекс педотрофности	Коэффициент оподзоленности
12	Без удобрений, контроль	19,5	8,80	24,2	35,3	2,75	1,48	2,22
На фоне последствий навоза (10 т/га) и побочной продукции предшественника								
1	N ₃₂ P ₃₆ K ₃₈	16,9	16,5	21,9	33,0	1,33	0,90	1,02
2	N ₆₄ P ₇₂ K ₇₅	19,5	13,1	21,8	17,0	1,66	1,02	1,49
5	N ₉₆ P ₁₀₈ K _{112,5}	19,0	13,2	17,5	0,70	1,33	1,08	1,44
6	Искусственный РК-фон + N ₆₄ P ₇₂ K ₇₅	25,6	13,6	26,8	4,70	1,97	1,74	1,88
7	Искусственный РК-фон + N ₆₄	21,0	14,3	21,7	18,7	1,52	1,43	1,47
	НСР ₀₅	2,56	1,48	2,81	3,21	0,25	0,30	0,30

Количество олигонитрофилов, развивающихся при низких концентрациях минерального азота и потенциально способных к азотфиксации, было максимальным в почве с высоким содержанием фосфора (вар. 6, 7), минимальным – в почве варианта 1 (табл. 2). В остальных вариантах опыта, в том числе и контроле, содержание олигонитрофилов было примерно на одном уровне. Содержание аммонификаторов, напротив, было максимальным в почве варианта 1, низким – во всех вариантах опыта, и минимальным – в контроле. Растения контрольного варианта растут в условиях недостаточности минерального питания, что приводит к уменьшению массы корневых выделений, а следовательно, и к уменьшению количества аммонификаторов. Количество

микроорганизмов, утилизирующих минеральный азот, было практически одинаковым в вариантах опыта 1, 2, 7, минимальным – в варианте 5, максимальным – в варианте с искусственным РК-фоном и ежегодным внесением минеральных удобрений (вариант 6). Превышение численности иммобилизаторов азота в этом варианте опыта по сравнению с контролем составило 10,7 % (табл. 2). В результате, значение коэффициента минерализации/иммобилизации превышает единицу во всех вариантах опыта.

Особенно интенсивно процессы иммобилизации минерального азота протекают в почве контроля и вариантов 2 и 6. Напряженность минерализации соединений азота в контроле частично может быть обусловлена высоким уровнем азотфиксации, косвенным подтверждением чего является постоянное наличие в почве контроля значительного количества такого свободноживущего азотфиксатора, как азотобактер (табл. 2). Относительно большое количество азотобактера отмечено также в почве первого варианта, куда вносится минимальное количество технического азота. Наиболее низкой численностью азотобактера характеризуется почва пятого и шестого вариантов.

Таким образом, использование различных систем удобрений приводит к формированию микробоценозов с различным соотношением микроорганизмов основных эколого-трофических и физиологических групп, что, в свою очередь, обуславливает изменение интенсивности протекания минерализационных и иммобилизационных процессов.

1. Forster I. *Verbesserte Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen durch mikrobielle Phosphormobilisierung* /I. Forster //Wiss. Beitr. M. Luther Univ. Halle – Wittenberg. S. – 1989. – № 70/1. – S. 159-162.

2. Forster I. *Vorkommen P-mobilisierender mikroorganismen in boden der DDR und Prufung ihrer leistungsfahigkeit* /I. Forster, K. Freier //Acad. Landwirtschaftswiss DDR. – 1988. – Vol. 269, № 1. – S. 295-299.

3. Domey S. *Occurrence of phosphate mobilizing bacteria in the rhizosphere of agricultural plants growing in soils with middle or high phosphorus contents* /S. Domey //Zbl. Mikrobiol. – 1992. – Vol. 147, № 3-4. – P. 270-276.

4. Берестецкий О.А. *Биологические факторы повышения плодородия почв* /О.А. Берестецкий //Вестн. с.-х. науки. – 1986. – № 3. – С. 29-38.

5. *Методы почвенной микробиологии и биохимии* /Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

6. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии /Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

7. Мишустин Е.Н. Успехи разработки принципов микробиологического диагностирования состояния почв /Е.Н. Мишустин, Е.В. Рунов //Успехи современной биологии. – М.: АН СССР, 1957. – Т. 44. – С. 256-267.

8. Никитин Д.И. Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты растений /Д.И. Никитин, В.С. Никитина. – М.: Наука, 1978. – 205 с.

9. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.

10. Христенко С.И. Роль микроорганизмов в повышении доступности высшим растениям фосфора удобрений и фосфорсодержащих соединений почвы: автореф. дис. ... канд. биол. наук /С.И. Христенко. – Харьков, 1997. – 23 с.

11. Гамалей В.І. Гумусний стан темно-сірих опідзолених ґрунтів за різних умов використання /В.І. Гамалей, Л.І. Шкарівська //Вісник аграрної науки. – 2006. – № 10. – С. 65-69.

ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ЧИСЕЛЬНІСТЬ ФОСФАТМОБІЛІЗУВАЛЬНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ У ЧОРНОЗЕМІ ЛУЧНОМУ

Малиновська І.М.

Національний науковий центр “Інститут землеробства УААН”, Чабани

Вивчали вплив системи удобрення на чисельність фосфатмобілізувальних мікроорганізмів як компоненту мікробоценозу чорноземного лучного ґрунту. Встановлено, що кількість фосфатмобілізувальних мікроорганізмів не корелює з дозою внесених у сівозміну фосфорних мінеральних добрив і ступенем рухомості фосфору у ґрунті, а визначається, вирогідно, наявністю вуглецю. Показано також, що у варіантах досліді з штучним РК-фоном і щорічним внесенням мінеральних добрив спостерігається підвищення чисельності фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, педотрофів, целюлозоруйнівних бактерій, олігонітрофілів, імобілізаторів мінерального азоту. У ґрунті екстенсивного варіанту спостерігається максимальний у досліді вміст імобілізаторів мінерального азоту і азотобактеру. Витрачання органічної речовини перевищує її синтез на всіх досліджених агрофонах.

Ключові слова: фосфатмобілізувальні мікроорганізми, мікробоценоз, чорноземний лучний ґрунт, система удобрення.

THE INFLUENCE OF THE FERTILIZING SYSTEM ON THE NUMBER OF PHOSPHORUS MOBILIZING MICROORGANISMS IN MEADOW CHERNOZEM

Malynovska I.M.

National Scientific Center "Institute of Agriculture, UAAS", Chabany

The influence of the system of fertilizers on the number of phosphorus-mobilizing microorganisms as the component of microbiocenosis of meadow chernozem was studied. It was established that amount of phosphorus-mobilizing microorganisms had not correlated with phosphoric mineral fertilizer dose applied in crop rotation and degree of phosphorus mobility in soil and was determined apparently by the availability of carbon-bearing substratum. It was also shown that in variants with artificial PK-background and annual mineral fertilizer use the raised contents of phosphorus mobilizing microorganisms, pedotrophs, cellulolytic microbes, oligonitrophyls and the immobilizers of mineral nitrogen was observed. In the soil of extensive variant the content of mineral nitrogen immobilizers and azotobacter was maximized. Utilization of organic material had exceeded its syntheses in all studied agricultural backgrounds.

Key words: phosphorus mobilizing microorganisms, microbiocenosis, meadow chernozem, system of fertilizers.