

УДК 631.445.25:631.461:631.821.1

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

Зинченко М.К., Зинченко С.И.

*ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», п. Новый,
Владимирская область, e-mail: zinchenkosergei@mail.ru*

На производственном поле в микрополевым опыте на серой лесной слабоподзоленной среднесуглинистой почве (г. Суздаль) проводились исследования по определению влияния различных доз извести на биогенность почвы. Известь вносили в количестве: 0,5; 1; 1,5 дозы, рассчитанной по гидролитической кислотности на естественном и минеральном ($N_{60}P_{60}K_{60}$) фоне. Почвенные образцы отбирали из слоя 0–20 см каждые 30 дней. В почве учитывалась: численность аммонифицирующих бактерий на мясо-пептонном агаре; бактерии, утилизирующие минеральные формы азота на крахмало-аммиачном агаре; количество diazotrophic группировки на среде Эшби; обсемененность азотобактером по методу Виноградского; численность микромицетов на среде Чапека; количество актиномицетов на среде Красильникова. Стимулирующее влияние на численность протеолитических, амиллитических и diazotrophic микроорганизмов оказала доза извести, рассчитанная по 1,5 г.к. на фоне минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$. На этом варианте отмечена максимальная численность микрофлоры – 25 млн КОЕ/1г почвы. Относительно контроля средняя численность аммонификаторов возросла в 2 раза, бактерий, использующих минеральный азот, в 1,7 раза, азотфиксаторов в 1,5 раза. Численность микромицетов снизилась в 2 раза на вариантах использования извести в дозе 1 г.к. и 1,5 г.к. по фону минеральных удобрений относительно контроля. Не выявлено положительной динамики и в численности актиномицетов. Использование извести в дозе 0,5 и 1 г.к. на естественном фоне не оказало влияния на количество бактериального пула, уменьшая при этом количество мицелиальных микроорганизмов. Самые высокие значения коэффициентов трансформации мортмассы в органическое вещество почвы (Пм) отмечены на вариантах применения полуторной дозы извести – 21,7 и 24,7 соответственно. Увеличение численности протеолитических, амиллитических и diazotrophic микроорганизмов является подтверждением и объяснением высокой мобилизационной способности почв при известковании.

Ключевые слова: агроландшафты, серая лесная почва, известкование, количество микроорганизмов

LIMING INFLUENCE ON THE NUMBER OF ECOLOGICAL AND TROPHIC GROUPS OF MICROORGANISMS IN GREY FOREST SOIL

Zinchenko M.K., Zinchenko S.I.

*Federal State Funded Research Institution «Upper Volga Federal Agrarian Research Center»,
Noviy, Vladimir Region, e-mail: zinchenkosergei@mail.ru*

In production field in the course of microfield experiment on grey forest cryptopodzol middle loamy soils (Suздal city), research to evaluate the influence of different doses of lime on biogenesity of soils was conducted. The following amounts of lime were introduced: 0.5; 1; 1.5 doses, calculated by hydrolytic acidity in natural and mineral ($N_{60}P_{60}K_{60}$) background. Soil samples were selected from the layer 0-20 cm every 30 days. The following soil characteristics were considered: ammonifying bacterial amount on beef-extract agar; bacteria utilizing mineral nitrogen on starch-and-ammonia agar; diazotrophy group amount in Ashby medium; azotobacter content on Vinogradsky method; micromycete amount in Czapek medium; actinomycetes amount in Krasilnikov medium. Lime dosing in 1.5 g.k. with mineral fertilizers $N_{60}P_{60}K_{60}$ had stimulating effect on the number of proteolytic, starch reducing, and diazotroph microorganisms. This variant was marked by the highest microflora abundance – 25 mln. CFU/gm soil. The average number of ammonifier has increased twofold, the number of bacteria using mineral nitrogen increased – in 1.7 times and diazotroph – in 1.5 times when compared to control numbers. The number of micromycetes has decreased twofold with the lime dose of 1 g.k. and 1.5 g.k. on the background of mineral fertilizers compared to control numbers. No positive dynamics in the number of actinomycetes has been found. The lime dose of 0.5 and 1g.k. on the natural background did not affect the amount of bacterial pool, while reducing the number of mycelial microorganisms. The highest mortmass transformation rate in soil organic matter (Pm) has been observed with sesquialteral lime dose in 21.7 and 24.7 respectively. The increase in the number of proteolytic, starch reducing, and diazotroph microorganisms confirms and explains the high soil mobilization capacity in liming.

Keywords: agricultural landscapes, grey forest soil, liming, number of microorganisms

В России из 50 млн га избыточно кислых почв сильно- и среднекислые занимают 25 млн га. Кислотность этих почв – генетическое свойство, связанное с климатом, условиями почвообразования на бескарбонатных почвообразующих породах [1]. Без оптимизации реакции среды в почве нельзя создать высокопродуктивное земледелие,

решать продовольственную и экологическую проблемы.

Подкисление почв вызывает существенное изменение их свойств. Снижение значений водородного показателя – одна из главных причин низкого плодородия почв Верхневолжья и недостаточной эффективности удобрений.

Таблица 1

Основные агрохимические свойства серой лесной почвы перед закладкой опыта
(слой 0–20)

Слой, см	Гумус, %	рН _{КСЛ}	Н _г	S	*P ₂ O ₅	**K ₂ O
					мг/кг почвы	
0–20	3,24	5,62	5,1	25,7	155,5	132,0

Примечание. *P₂O₅ определяли методом Кирсанова; **K₂O – методом Масловой.

Важным мероприятием, позволяющим коренным образом улучшить свойства кислых почв, является известкование. Внесенная в почву известь преобразует ППК, снижает кислотность почвенного раствора [1].

Оптимальное для развития растений значение рН составляет для большинства сельскохозяйственных культур от 5,5 до 7,5. Оптимальные значения рН для большинства агрономически ценных групп микроорганизмов также колеблются в пределах от 6 до 7.

Еще Е.Н. Мишустин [2] отмечал, что известкование резко изменяет соотношение отдельных групп микроорганизмов почвы и активизирует деятельность ряда их видов, имеющих важное значение для улучшения почвенного плодородия. Помимо повышения общей биогенности, отмечается значительное увеличение числа бактерий и актиномицетов. Интенсивно начинают развиваться и нитрификаторы. Кальций, внесенный с известью, коагулирует почвенные коллоиды, улучшает структуру почвы и повышает ее водопрочность, в почве изменяются направленность и интенсивность биологических процессов [3].

До недавнего времени не практиковалось известкование почв, обладающих повышенной буферностью, к которым относятся серые лесные и черноземные почвы. В литературе встречается много противоречивых данных об эффективности их известкования и недостаточно сведений о влиянии мелиорации на состав, численность и активность почвенной микрофлоры [4–6].

В лаборатории микробиологии Владимирского НИИСХ проводятся многолетние исследования по влиянию агрогенной нагрузки (систем удобрений и приемов основной обработки) на биологические свойства серой лесной почвы в Опольной зоне Владимирской области [7–9]. Однако комплексного изучения влияния известковых материалов на биологическую активность серых лесных почв не проводилось.

Цель исследований: оценить влияние различных доз извести на удобренном и не-

удобренном фоне на показатели биогенности серой лесной почвы агроландшафтов.

Материалы и методы исследования

Для определения влияния известкования на биологические показатели серой лесной почвы в 2016 г. на производственном поле Владимирского НИИСХ (г. Суздаль) был заложен микрополевым опытом. Тип местности плакорный, соответствующий равнинным достаточно дренированным пространствам. Площадь делянки 4 м², трехкратная повторность. Почва серая лесная слабоподзоленая среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы представлена в табл. 1.

Известь вносили в количестве: 0,5; 1; 1,5 дозы, рассчитанной по гидролитической кислотности (7,6 т/га СаСО₃ – 1 г.к., Н_г) на естественном и минеральном (N₆₀P₆₀K₆₀) фоне. Схема микрополевого опыта представлена в табл. 2. В качестве минеральных удобрений были использованы: суперфосфат двойной гранулированный, аммиачная селитра и хлорид калия. Известь и фосфорно-калийные удобрения в 2016 г. заделывали под осеннюю зяблевую обработку почвы. В 2016 г. на производственном поле возделывалась яровая пшеница, а в 2017 г. – овес.

Почвенные образцы отбирали из слоя 0–20 см каждые 30 дней в период с мая по сентябрь. Из трех точек составлялся средний образец для анализов. Количественный учет микроорганизмов проводили в свежих почвенных образцах. Численность жизнеспособных микроорганизмов различных эколого-трофических групп определяли стандартными методами путем посева соответствующих разведений на электролитные питательные среды [10]. В почве учитывалась: численность аммонифицирующих бактерий на мясо-пептонном агаре (МПА) – популяция гетеротрофных бактерий, участвующих в переработке азота белков и белковых соединений; бактерии, утилизирующие минеральные формы азота на крахмало-аммиачном агаре (КАА); количество диазотрофной группировки на среде Эшби; обсеменен-

ность азотобактером по методу Виноградского; численность микромицетов на среде Чапека; количество актиномицетов на среде Красильникова.

Результаты исследования и их обсуждение

Функциональный подход к учету деятельности микрофлоры почвы складывается из индивидуального изучения количества и биологической активности каждой микробной группы, что имеет большое значение в комплексной оценке агроэкосистем. Установлено, что стимулирующее влияние на рост численности микроорганизмов оказала полуторная доза извести по фону минеральных удобрений. На этом варианте отмечена максимальная численность микрофлоры – 25 млн КОЕ/1г почвы (табл. 2). Она обусловлена активизацией процессов размножения протеолитических, амилолитических и азотфиксирующих групп микроорганизмов. Относительно контроля средняя численность аммонификаторов возросла в 2 раза, бактерий, использующих минеральный азот, в 1,7 раза, азотфиксаторов в 1,5 раза.

Отрицательная зависимость выявлена по численности микромицетов, которая снизилась в 2 раза относительно контроля на вариантах использования извести в дозе 1 г.к. и 1,5 г.к. по фону минеральных удобрений. Использование извести в дозе 0,5 и 1 г.к. на естественном фоне не повлияло на количество бактериального пула, уменьшая при этом количество мицелиальных микроорганизмов.

Снижение численности микромицетов и актиномицетов на вариантах использования извести может ингибировать интенсивность минерализации трудногидролизруемых соединений органического углерода из органических остатков.

Проведен анализ родовой структуры почвенных микрогрибов. На вариантах использования извести в структуре микоценоза увеличилась в 4–5 раз доля микрогрибов рода *Trichoderma* и составила 35–42%, при этом снизилось количество представителей рода *Penicillium* и *Fuzarium*. Преобладание грибов рода *Trichoderma* является позитивным фактором, так как они обладают антагонистической активностью к фитопатогенным формам грибов, играют важную экологическую роль в деструкции органических остатков и в круговороте углерода и азота, что может определять высокий гомеостатический уровень этих вариантов.

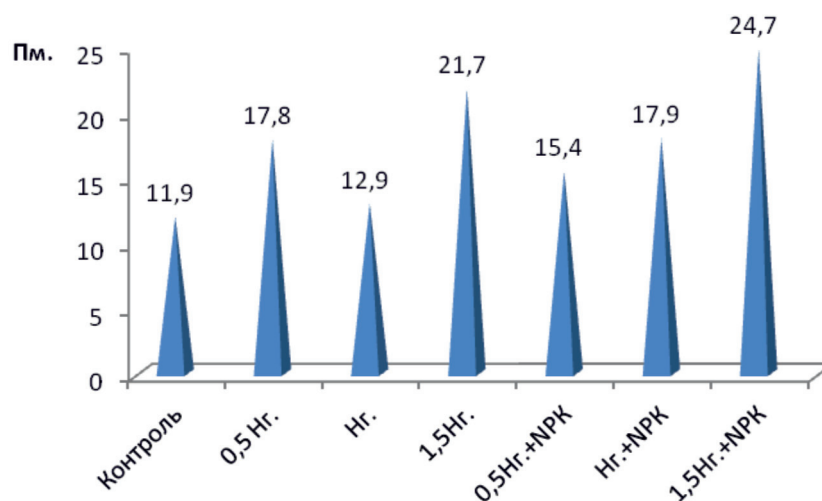
Четкой закономерности в численности актиномицетов по вариантам опыта выявить не удалось, однако количество актиномицетов контрольного варианта превышает их количество на фонах использования извести.

Хотя актиномицеты обладают слабой толерантностью к почвенной кислотности, применение извести привело к снижению их пула в серой лесной почве относительно контроля. Имеющиеся в литературе сведения о распространении актиномицетов на фонах использования известковых мелиорантов носят противоречивый характер [4, 6].

Таблица 2

Численность отдельных групп микроорганизмов в серой лесной почве в зависимости от доз извести, среднее за сезон

Вариант	Протеолитические (МПА), млн КОЕ/1г	Амилолитические (КАА), млн КОЕ/1г	Диазотрофы, млн КОЕ/1г	Актиномицеты, млн КОЕ/1г	Микромицеты, тыс. КОЕ/1г	Общее количество, млн КОЕ/1г
Контроль	5,6 ± 2,7	5,0 ± 2,89	2,4 ± 0,8	2,9 ± 1,5	27,6 ± 17,6	15,9
Известь 0,5Н _г	6,8 ± 4,3	4,2 ± 0,7	2,4 ± 1,3	2,5 ± 1,0	19,9 ± 12,2	15,9
Известь Н _г	5,8 ± 2,7	4,7 ± 0,3	2,4 ± 0,7	2,2 ± 1,1	18,0 ± 9,5	15,2
Известь 1,5Н _г	9,0 ± 5,0	6,4 ± 1,6	3,0 ± 1,4	2,0 ± 0,7	14,9 ± 3,2	20,4
Известь 0,5Н _г + N ₆₀ K ₆₀ P ₆₀	6,7 ± 2,7	5,3 ± 2,1	2,5 ± 1,1	2,0 ± 1,5	18,7 ± 4,9	16,5
Известь Н _г + N ₆₀ K ₆₀ P ₆₀	7,9 ± 3,1	6,3 ± 3,0	3,2 ± 1,0	1,8 ± 0,8	13,3 ± 3,5	19,2
Известь 1,5Н _г + N ₆₀ K ₆₀ P ₆₀	10,7 ± 4,2	8,3 ± 1,8	3,6 ± 1,1	2,3 ± 0,4	13,7 ± 2,9	24,9



Средние значения коэффициента трансформации органического вещества почвы

Плотность заселения азотобактером (*Azotobacter chroococcum*) серой лесной почвы микрополевого опыта соответствовала высокой и очень высокой степени. Самый низкий процент обсемененности почвы несимбиотическим азотфиксатором определен на контрольном варианте – 59%, что соответствует высокой степени обогащенности этим микроорганизмом. Использование извести в дозе 0,5 г.к. незначительно повысило плотность распространения азотфиксатора относительно контроля. Штаммы азотобактера более активно развивались на вариантах с дозой извести 1,0 г.к. и 1,5 г.к. Плотность заселения бактерией на этих вариантах была статистически выше ($НСР_{05} = 13,7$), на уровне 80–90%, и не зависела от фона использования минеральных удобрений. Этому способствовало дополнительное поступление в почву кальция и снижение кислотности почвенного раствора.

Увеличение численности протеолитических, амиллолитических и диазотрофных микроорганизмов является подтверждением и объяснением высокой мобилизационной способности почв при известковании. Доза извести, рассчитанная по 1,5 г.к. на фоне минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$, оказала самое стимулирующее влияние на численность почвенных микроорганизмов вышеперечисленных эколого-трофических групп.

Микробное сообщество почвы одновременно поддерживает два противоположных процесса: минерализацию органического вещества с высвобождением доступных форм элементов питания и накопление гумуса, который составляет основу неспеци-

фического органического вещества почвы. Для того, чтобы сохранять и увеличивать плодородие почвы, необходимо знать направленность микробиологических процессов, протекающих в агроэкосистемах. Весьма информативными показателями для этих процессов являются коэффициенты минерализации (K_mN) и коэффициент трансформации азота органических соединений. Они свидетельствуют о протекающих в почве процессах распада и выноса элементов питания в целом, так как фактически отражают направление энергетических потоков, обусловленных противоположными функциями почвенной микрофлоры.

Использование различных доз извести стабилизировало процессы иммобилизации почвенного азота, о чем свидетельствуют коэффициенты минерализации ($K_m = KAA/MPA$) на уровне 0,61–0,80. В то же время на контрольном варианте отмечена высокая сезонная вариабельность этого показателя – от 0,58 до 2,0.

О глубине и интенсивности микробиологических превращений азотсодержащих соединений в почве судили по коэффициенту трансформации органического вещества $\Pi_m = (MPA + KAA) \times (MPA/KAA)$. Самые высокие значения коэффициента Π_m были получены на вариантах применения полуторной дозы извести – 21,7 и 24,7 соответственно (рисунок). Это является свидетельством того, что на этих фонах растительные остатки интенсивно трансформируются в органическое вещество почвы, а также характеризует структуру почвенного микробоценоза, которая определяет активность

микробиологических и биохимических процессов, как наиболее оптимальную для поддержания устойчивого равновесия в данных экосистемах. В 2 раза ниже активность этого процесса наблюдается на контрольном варианте – 11,9.

Закключение

Анализируя общее количество микроорганизмов, установлено, что стимулирующее влияние на рост численности микроорганизмов оказала полуторная доза извести по фону минеральных удобрений. На этом варианте отмечена максимальная численность микрофлоры – 25 млн КОЕ/1г почвы. Она обусловлена активизацией процессов размножения протеолитических, амилитических и азотфиксирующих групп микроорганизмов. Относительно контроля средняя численность аммонификаторов возросла в 2 раза, бактерий, использующих минеральный азот, в 1,7 раза, азотфиксаторов в 1,5 раза.

Плотность заселения серой лесной почвы азотобактером (*Azotobacter chroococcum*) на уровне 80–90% отмечена при использовании извести в дозе 1,0 г.к. и 1,5 г.к. на естественном и удобренном фоне.

Вместе с тем отрицательная зависимость выявлена по численности микромицетов, которая снизилась в 2 раза на вариантах использования извести в дозе 1 г.к. и 1,5 г.к. по фону минеральных удобрений относительно контроля. Использование извести в дозе 0,5 и 1 г.к. на естественном фоне не повлияло на количество бактериального пула, уменьшая при этом количество мицелиальных микроорганизмов. Снижение численности микромицетов и актиномицетов на вариантах использования извести может ингибировать интенсивность минерализации трудногидролизуемых соединений органического углерода из органических остатков.

Увеличение численности протеолитических, амилитических и diaзотрофных микроорганизмов является подтверждением и объяснением высокой мобилизационной способности почв при известковании. Доза извести, рассчитанная по 1,5 г.к. на фоне минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$, оказала самое стимулирующее влияние на численность почвенных микроорганизмов вышеперечисленных эколого-трофических групп.

Список литературы

1. Окорков В.В. Теоретические основы химической мелиорации кислых почв / В.В. Окорков. – Иваново: ПресСто, 2016. – 332 с.
2. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин. – М.: Колос, 1972. – 342 с.

3. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 2010. – 686 с.

4. Яковлева Л.В. Экологические аспекты известкования дерново-подзолистых почв Северо-Запада России: дис. ... докт. с.-х. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 374 с.

5. Биккинина Л.М.-Х. Способы известкования чернозема выщелоченного местной доломитовой мукой в условиях предволжской зоны Республики Татарстан: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Казань, 2009. – 21 с.

6. Дегтярева И.А. Влияние различных способов заделки химвеществ на биологические свойства выщелоченного чернозема при возделывании яровой пшеницы / И.А. Дегтярева, Д.С. Дмитричева, Л.М.-Х. Биккинина // Фундаментальные исследования в области агроэкологии и химизации земледелия: сб. докл. Всероссийск. науч. конф. Татарского НИИ агрохимии и почвоведения (15–16 сентября, 2008 г.). – Казань: Центр инновационных технологий, 2008. – С. 29–33.

7. Науменко А.В. Плодородие луговой черноземовидной почвы и урожайность культур в зависимости от известкования на фоне длительного применения удобрений / А.В. Науменко // Вестник Алтайского аграрного университета. – 2010. – № 2 (64). – С. 35–40.

8. Зинченко М.К. Ферментативный потенциал агроландшафтов серой лесной почвы Владимирского ополья / М.К. Зинченко, С.И. Зинченко // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–8. – С. 1319–1323.

9. Зинченко М.К. Реакция почвенной микрофлоры серой лесной почвы на длительное применение разных по уровню интенсификации систем удобрения / М.К. Зинченко, Л.Г. Стоянова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 2. – С. 21–24.

10. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М.: Агропромиздат, 2004. – 238 с.

References

1. Okorkov V.V. Teoreticheskie osnovy` ximicheskoy melioracii kisl'yx pochv / V.V. Okorkov. – Ivanovo: PresSto, 2016. – 332 p.

2. Mishustin E.N. Mikroorganizmy` i produktivnost` zemledeliya / E.N. Mishustin. – M.: Kolos, 1972. – 342 p.

3. Kiryushin V.I. Agronomicheskoe pochvovedenie / V.I. Kiryushin. – M.: Kolos, 2010. – 686 p.

4. Yakovleva L.V. E`kologicheskie aspekty` izvestkovaniya dernovo-podzolisty'x pochv Severo-Zapada Rossii: dis. ... dokt. s.-x. nauk. – Sankt-Peterburg, 2009. – 374 p.

5. Bikkinina L.M.-X. Sposoby` izvestkovaniya chernoze-ma vy`shhelochennogo mestnoj dolomitovoy mukoy v usloviyax predvolzhskoj zony` Respubliki Tatarstan: avtoref. dis. ... kand. s.-x. nauk. – Kazan', 2009. – 21 p.

6. Degtyareva I.A. Vliyanie razlichny'x sposobov zadelki ximmeliiorantov na biologicheskie svoystva vy`shhelochennogo chernoze-ma pri vozdel'vanii yarovoj pshenicy / I.A. Degtyareva, D.S. Dmitricheva, L.M.-X. Bikkinina // Fundamental'ny'e issledovaniya v oblasti agro`kologii i ximizacii zemledeliya: sb. dokl. Vserossiysk. nauch. konf. Tatarskogo NII agrokimii i pochvovedeniya (15–16 sentyabrya, 2008 g.). – Kazan': Centr innovacionny'x texnologij, 2008. – pp. 29–33.

7. Naumenko A.V. Plodorodie lugovoj chernozemovidnoj pochvy` i urozhajnost` kul'tur v zavisimosti ot izvestkovaniya na fone dlitel'nogo primeneniya udobrenij / A.V. Naumenko // Vestnik Altajskogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 2 (64). – pp. 35–40.

8. Zinchenko M.K. Fermentativny'j potencial agro-landschaftov seroj lesnoj pochvy` Vladimirskogo opol'ya / M.K. Zinchenko, S.I. Zinchenko // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. – 2015. – № 1–8. – pp. 1319–1323.

9. Zinchenko M.K. Reakciya pochvennoj mikroflory` seroj lesnoj pochvy` na dlitel'noe primeneniye razny'x po urovnyu intensifikacii sistem udobreniya / M.K. Zinchenko, L.G. Stoyanova // Dostizheniya nauki i texniki APK. – 2016. – Т. 30, № 2. – pp. 21–24.

10. Tepper E.Z. Praktikum po mikirobiologii / E.Z. Tepper, V.K. Shil'nikova, G.I. Pereverzeva. – M.: Agropromizdat, 2004. – 238 p.