

УДК 631.461:631.445.24

МИКРОБОЦЕНОЗ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ БЕССМЕННОМ ВЫРАЩИВАНИИ КУЛЬТУР И В СЕВООБОРОТЕ MICROBIAL BIOCOENOSIS OF CESPITOSE-PODZOLIC SOIL AT THE PERMANENT CULTIVATION OF CULTURES AND IN A CROP ROTATION

Л.М. Поддымкина, Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49
тел. (495) 976-04-80, e-mail: info@timacad.ru

L.M. Poddimkina, Russian State Agrarian University – MTAА named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russian Federation, tel. (495) 976-04-80, e-mail: info@timacad.ru

Установлено, что длительное применение удобрений, севооборота и периодическое известкование легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы способствовало оптимизации микробного комплекса пахотного слоя и повышению уровня микробиологической активности почвы. Общая численность микроорганизмов (бактерий и актиномицетов) в почве при длительном применении удобрений увеличивалась, численность бацилл и актиномицетов также повышалась, особенно на фоне известкования. При этом в микробном комплексе преобладали микроорганизмы, использующие минеральные формы азота.

Ключевые слова: органические и минеральные удобрения, микрофлора почвы, микроорганизмы, бактерии р. *Bacillus* sp., актиномицеты, микробиологические среды, микробоценоз.

It is established, that long use of fertilizers, a crop rotation and periodic liming of light-loamy cespitose-podzolic soil promoted optimization of a microbial complex of an arable layer and an increase of level of microbiological activity of soil. The total numbers of microorganisms (of bacteria and ray fungi) were enlarged in soil at the long use of fertilizers, quantity of bacilli and ray fungi were also raised, especially after liming. Thus the microorganisms using mineral forms of nitrogen prevailed in the microbial complex.

Key words: Organic and mineral fertilizers, microorganisms, microbial complex, microbial biocenosis, bacteria and ray fungi.

Эффективность органических и минеральных удобрений на различных почвах находится в определенной связи с их биологической активностью [1, 2, 11]. Наиболее существенное положительное влияние на численность микроорганизмов оказывают азотные удобрения, затем фосфорные и менее существенное — калийные при их применении в одинарной дозе. Положительное действие минеральных удобрений на численность и интенсивность жизнедеятельности отдельных физиологических групп микроорганизмов усиливается при наличии влаги.

На микрофлору почвы влияет также структура севооборота, биологические особенности возделываемых культур, порядок их чередования [10]. В связи с этим представляло интерес изучить микрофлору дерново-подзолистой почвы в условиях 6-польного севооборота и при длительном бессменном выращивании культур.

Исследования проводили в 2002—2004 гг. в длительном полевом опыте МСХА, заложенном в 1912 г. профессором А.Г. Дояренко. Основные положения методики и условия проведения длительного опыта ТСХА изложены в монографии [8]. Общие агротехнические мероприятия в севообороте и на участке бессменных посевов осуществляются одновременно, в оптимальные сроки для условий Московской области.

Почвенные образцы отбирали в течение вегетационного периода по фазам развития растений под монокультурами и в севообороте. Микробиологический анализ проводили в день отбора проб во влажных образцах методом посева почвенной суспензии на питательные среды [6, 9].

Бактерии, использующие органический азот почвы, учитывали на мясопептонном агаре (МПА); использующие минеральные формы азота — на крахмалоаммиачном агаре (КАА); спорообразующие бактерии (р. *Bacillus* sp.) — на 50%-м мясопептонном агаре + 50% суслоагара (МС). Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом. Полученные данные подвергались вариационно-статистической обработке [5].

Определение общей численности микроорганизмов во всех вариантах опыта в течение 2002—2003 гг. показало заметное увеличение их численности к концу вегетации (прямая зависимость от динамики изменения температуры и влажности почвы). Экспериментальные данные свидетельствуют, что динамика численности микрофлоры обусловлена как экологическими факторами, так и удобрениями и другими агротехническими приемами (табл. 1).

По общей численности микроорганизмов в почве следует выделить три фактора, которые и определяли их количество. Во-первых, это наличие растительности (озимая рожь), во-вторых, — внесение удобрений как минеральных, так и органоминеральных, в-третьих, — внесение извести.

Первое, что необходимо отметить, это увеличение численности микроорганизмов под посевом озимой ржи как при бессменной культуре, так и в севообороте, по сравнению с паром. Наличие культуры обуславливает наличие корневых и пожнивных остатков, которые пополняют органическое вещество почвы. Все это способствует повышению микробиологической активности почвы. Если сравнить численность микроорганизмов под бессменной культурой и в севообороте, то она выше в севообороте. Подобная закономерность прослеживается и при внесении удобрений.

Таблица 1. Действие удобрений на общую численность микроорганизмов (тыс. шт/г абсолютно сухой почвы) в пахотном слое в севообороте при бессменном возделывании озимой ржи и в паровом поле (2002—2003 гг.)

| Удобрение | Фаза развития озимой ржи | Пар бессменный | Озимая рожь | |
|-----------------------|--|----------------|-------------|---------------|
| | | | Бессменно | В севообороте |
| Без удобрения | Колошение | 640 | 2907 | 3964 |
| | Уборка | 818 | 3263 | 4404 |
| | $\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}}$ | 729±87 | 3085±174 | |
| NPK | Колошение | 1534 | 4246 | 5343 |
| | Уборка | 1716 | 4670 | 5667 |
| | $\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}}$ | 1625±89 | 4458±208 | 5505±159 |
| NPK + навоз | Колошение | 2474 | 7087 | 6988 |
| | Уборка | 2610 | 7460 | 7417 |
| | $\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}}$ | 2542±67 | 7273±183 | 7202±210 |
| NPK + навоз + известь | Колошение | 5952 | 8138 | 7730 |
| | Уборка | 6883 | 8740 | 8376 |
| | $\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}}$ | 6417±456 | 8439±295 | 8053±316 |

Отмечено увеличение количества микроорганизмов от момента колошения до уборки. Более заметное влияние удобрения на микрофлору почвы выявлено в бессменном пару.

Внесение удобрения, особенно органоминеральных (NPK + навоз), на фоне известкования существенно увеличивало численность микроорганизмов. Так, при внесении NPK оно возрастало в 2,2 раза, NPK и навоза — в 3,5 раза и NPK, навоза и извести — в 8,9 раза по сравнению с неудобренным фоном.

Применение навоза в севообороте и на бесменном паровом поле сглаживает действие севооборота на численность микробов почвы, поскольку навоз в значительной степени устраняет дефицит органического вещества в паровом поле и выравнивает его разнокачественность.

Следовательно, наибольшая численность микробов в пахотном слое почвы установлена на фоне известкования при применении органоминеральных удобрений. В бесменном пару, в варианте без извести в среднем за вегетацию численность микроорганизмов составила 2542 тыс. шт/г, а на фоне известкования — 6417 тыс. шт/г ($p_{\text{пол}}$ в этих вариантах соответственно 5,19 и 6,3). Полученные результаты свидетельствуют о значительном положительном влиянии нейтрализации кислотности почвы на ее микробиологическую активность.

В последующих исследованиях были определены различные группы микроорганизмов.

Выявлено, что численность сапрофитных бактерий, определяемых на МПА, зависела от удобрения, культуры и агротехники ее возделывания. Так, количество бактерий, использующих азот органических соединений, в почве бесменного пара без удобрений было в среднем за 2002—2003 гг. в 3—6 раз меньше, чем под посевами озимой ржи. Характерно, что увеличение их численности в почве парового поля происходит только к концу вегетационного периода. Установленные различия в численности сапрофитных бактерий в пахотном слое почвы бесменного пара и под озимой рожью обусловлены, прежде всего, различным содержанием органического вещества в почве.

Применение минеральных удобрений стимулировало рост численности сапрофитов. Наиболее высокие темпы роста численности микроорганизмов наблюдались в почве бесменного пара как при внесении минеральных, так и органических удобрений. В результате применения органоминеральных удобрений и извести численность сапрофитных бактерий в почве бесменного пара была практически такой же, как и под озимой рожью (соответственно 1980 тыс. и 2138 тыс. шт/г). При бесменном возделывании озимой ржи внесение минеральных удобрений увеличивало численность бактерий, использующих органический азот, в среднем на 62%, совместно с навозом — на 101%, при комплексном внесении органоминеральных удобрений и извести — на 163% по сравнению с вариантом без удобрений.

Под озимой рожью в севообороте численность данных микроорганизмов была ниже, чем на бесменных посевах ржи, за исключением варианта без удобрений, где их было на 41% больше.

Важную роль на более поздних этапах разложения органических остатков играют бациллы (*Bacillus sp.*). В паре наблюдалось увеличение их численности в 2 раза при совместном внесении удобрений, навоза и извести по сравнению с контролем. В этой связи можно заключить, что бациллы более требовательны к реакции почвенного раствора и содержанию органического вещества в почве.

Применение минеральных удобрений под озимую рожь в бесменных посевах увеличивало численность бацилл в 1,7 раза по сравнению с неудобренным фоном. При внесении NPK и навоза, а также извести численность бацилл в среднем за 2002—2003 гг. составила 339—349 тыс. шт/г.

Следовательно, при возделывании озимой ржи как бесменно, так и в севообороте численность бацилл в пахотном слое почвы была примерно на одном уровне. Вместе с тем, в исследованиях, проведенных ранее А.М. Лыковым [7], отмечалось уменьшение количества бацилл в почве бесменного посева ячменя по сравнению с сево-

оборотом. Возможно, это связано с биологией культур и их влиянием на микробиологическую активность почвы.

Почвенные микроорганизмы способны использовать многие источники азота, в т.ч. неорганические азотистые соединения. Их численность существенным образом зависела от наличия растительности. Так, в почве под озимой рожью без внесения удобрений (табл. 2) численность микроорганизмов (на КАА) была в 6—10 раз больше, чем в почве бесменного пара. Характерно, что численность данной группы микробов значительно превышала численность микроорганизмов, использующих органический азот.

Таблица 2. Действие удобрений на численность микроорганизмов, использующих органические и минеральные формы азота, тыс. шт/г абсолютно сухой почвы

| Вариант | Численность бактерий, использующих органические формы азота (МПА) | | Численность бактерий, использующих минеральные формы азота (КАА) | | Отношение бактерий МПА/КАА, % |
|-----------------------|---|-----------------------------|--|----------------------|-------------------------------|
| | всего | в т.ч., <i>Bacillus sp.</i> | всего | в т.ч., актиномицеты | |
| Без удобрений | | | | | |
| Бесменный пар | 335 | 131 | 384 | 164 | 87 |
| Озимая рожь | | | | | |
| – бесменно | 854 | 196 | 2224 | 388 | 38 |
| – в севообороте | 1199 | 209 | 2973 | 479 | 40 |
| NPK | | | | | |
| Бесменный пар | 672 | 139 | 938 | 129 | 71 |
| Озимая рожь | | | | | |
| – бесменно | 138 | 342 | 3062 | 542 | 45 |
| – в севообороте | 1400 | 199 | 4094 | 682 | 34 |
| NPK + навоз | | | | | |
| Бесменный пар | 997 | 195 | 1534 | 230 | 65 |
| Озимая рожь | | | | | |
| – бесменно | 1714 | 339 | 5528 | 843 | 31 |
| – в севообороте | 1659 | 281 | 5530 | 965 | 30 |
| NPK + навоз + известь | | | | | |
| Бесменный пар | 1981 | 284 | 4425 | 808 | 45 |
| Озимая рожь | | | | | |
| – бесменно | 2240 | 349 | 6122 | 1042 | 37 |
| – в севообороте | 2032 | 363 | 6007 | 1050 | 34 |

Под влиянием минеральных удобрений (NPK) отмечена тенденция увеличения их численности. В почве бесменного пара их количество увеличилось наиболее заметно (в 2,4 раза), под озимой рожью — в 1,4 раза как в бесменных посевах, так и в севообороте.

Совместное применение минеральных удобрений и навоза способствовало дальнейшему заметному росту численности данной группы микроорганизмов, в частности, в почве под бесменным паром в 4 раза, на бесменном ржи — в 2,5 раза и в севообороте — в 2 раза по сравнению с численностью на фоне NPK. Следовательно, наиболее высокая численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, установлена на фоне комплексного применения NPK, навоза и извести. Актиномицеты, так же как и бактерии на КАА, принимают активное участие на более поздних этапах разложения органического вещества. Их численность в пахотном слое почвы в варианте без удобрений была в 2—3 раза выше, чем в бесменном пару.

Применение минеральных удобрений способствует увеличению численности актиномицетов под озимой рожью (бесменно) на 40% и в севообороте — на 42% и в меньшей

степени — в бессменном пару (соответственно 164 тыс. и 129 тыс. шт./г). Внесение навоза увеличивало численность актиномицетов в пахотном слое почвы во всех вариантах опыта: на бессменном пару численность актиномицетов увеличилась в 1,4 раза, в бессменной ржи — в 2,2 раза, а в севообороте — в 2 раза. Наиболее заметное увеличение численности актиномицетов в бессменном пару (в 5 раз) отмечено при совместном применении минеральных удобрений, навоза и извести. Под озимой рожью рост численности актиномицетов под действием удобрений был менее значительным (в 2–2,5 раза).

Итак, динамика изменения численности актиномицетов под действием удобрений и извести в пару и под посевами озимой ржи различалась. Наибольшее влияние на численность актиномицетов в пахотном слое почвы оказывает совместное внесение NPK, навоза и извести, особенно в паровом поле.

Сравнительные микробиологические анализы на различных средах позволили установить, что численность и соотношение микроорганизмов, использующих органические и минеральные формы азота, в значительной степени зависит от удобрений, культуры и агротехники ее возделывания (табл. 2).

Так, в пахотном слое почвы (0–20 см) бессменного пара, на неудобренном фоне, численность микрофлоры, учитываемой на МПА и КАА, была практически одинаковой (335 тыс. и 384 тыс. шт./г). Под озимой рожью преобладали микроорганизмы, использующие минеральные формы азота. Их численность была выше в 2,6 раза под бессменными посевами озимой ржи и в 2,5 раза — в севообороте по сравнению с паром.

Особенно значительным было увеличение количества микроорганизмов на МПА и КАА на фоне комплексного внесения органоминеральных удобрений и извести. При этом рост микробиологической активности был более заметным в почве парового поля по сравнению с почвой под посевами озимой ржи. Это характерно для микроорганизмов, усваивающих как органические, так и минеральные формы азота, причем, размножение микроорганизмов, питающихся минеральными формами азота, было более интенсивным.

Литература

1. Асарова М.Х., Демин В.А., Ницэ Л.К. Динамика некоторых показателей биологической активности дерново-подзолистой почвы при внесении высоких норм бесподстилочного навоза / Известия ТСХА, 1982. № 6. С. 178–180.
2. Берзин А.М., Синих Ю.Н., Полосина В.А. Влияние органоминеральных удобрений в зернопропашном севообороте на пищевой режим выщелоченного чернозема Красноярской лесостепи // Сборник докладов Междун. научно-практ. конф., Владимир. 2006. — М., Владимир. 2006. — С. 275–285.
3. Гамзиков Г.П., Завалин А.А. Проблемы азота в земледелии России // Плодородие. 2006. № 5. — С. 31–33.
4. Дзюин Г. П., Дзюин А. Г., Белоусова Л. А., Ложкина С.В. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. 2006, № 8. — с. 75–79.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. С основами статистической обработки результатов исследований. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
6. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. — М.: Изд-во МГУ, 1980. — 224 с.
7. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. — М.: Россельхозиздат, 1982. — 143 с.
8. Сафонов А.Ф. Длительному полевому опыту ТСХА 90 лет: итоги научных исследований. — М.: Изд-во МСХА. — 2002. — 262 с.
9. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. Издание 2. — М.: Колос. — 1979. — 216 с.
10. Труфанов А.М. Изменение биологических свойств дерново-подзолистой глееватой почвы под действием обработки, удобрений и гербицидов. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. — РГАУ-МСХА, 2006. — 19 с.
11. Шапова Л.Н. Влияние удобрений и извести на микробиологическую активность почвы. // Агротехника. 2005. № 12. С.11–21.
12. Meysner T., Szajdak L., Kus J. Impact of the farming systems on the content of biologically active substances and the forms of nitrogen in the soils // Agron. Res. 2006. — V. 4, № 2. — С. 531–542.

Большое значение для закрепления азота микроорганизмами в ризосфере сельскохозяйственных культур имеет быстрорастущая бактериальная микрофлора, усваивающая легкоподвижные углеводы и минеральный азот [3, 4, 12]. На более поздних этапах разложения органических остатков возрастает роль бацилл и актиномицетов. Характерно, что их численность в почве бессменного пара в вариантах без удобрений и с NPK была значительно меньше, чем под озимой рожью, что, в первую очередь, связано с отсутствием притока органического вещества. Внесение навоза на фоне NPK не привело к заметному увеличению численности этой группы микроорганизмов на паровом поле, и только совместное применение минеральных удобрений, навоза и извести активизировало рост численности бацилл и актиномицетов. Итак, изменение численности бацилл под озимой рожью в вариантах с удобрениями было незначительным, а увеличение численности актиномицетов отмечено только на известкованных вариантах при внесении органоминеральных удобрений.

Следовательно, бациллы и актиномицеты более требовательны к реакции почвенного раствора и наличию органического вещества по сравнению с другими изученными группами микроорганизмов.

Таким образом, длительное применение удобрений, севооборота и периодическое известкование легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы способствует оптимизации микробного комплекса пахотного слоя и повышению уровня микробиологической активности почвы. Общая численность микроорганизмов (бактерий и актиномицетов) в почве при длительном применении удобрений увеличивается, численность бацилл и актиномицетов также повышается, особенно на фоне известкования. При этом в микробном комплексе преобладают микроорганизмы, использующие минеральные формы азота. Наименьшая численность микроорганизмов в пахотном слое почвы была в бессменном пару на неудобренном фоне. При внесении минеральных удобрений, особенно при сочетании их с навозом и известью, численность микробов возрастала. ■