

УДК 631.174:631.461:631.445.24

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Л.М. ПОДДЫМКИНА, к. с.-х. н.

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В Длительном полевом опыте МСХА имени КА. Тимирязева изучали влияние удобрений, известкования, севооборота на микробиологическую активность почвы. 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, а грибов — уменьшалась, численность бацилл и актиномицетов также повышалась, особенно на фоне известкования.

Для управления процессами взаимодействия удобрений с почвой и растениями и разработки оптимальных систем применения удобрений в различных почвенно-климатических условиях большое значение имеет установление характера действия применяемых удобрений на показатели плодородия почвы. Установлено, что эффективность применяемых органических и минеральных удобрений на различных почвах находится в определенной связи с их биологической активностью [1,2]. 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 [7].

Следовательно, от системы применения удобрений зависит изменение микробного комплекса почвы в сево-

обороте и при бессменной культуре. На этот процесс влияет также биология и агротехника полевых культур.

Методика

Исследования проводили в 2002-2004 гг. в Длительном полевом опыте МСХА, заложенном в 1912 г. проф. А.Г. Дояренко. Основные положения методики и условия проведения длительного опыта ТСХА изложены в монографии [14]. Общие агротехнические мероприятия в севообороте и на участке бессменных посевов осуществляются одновременно, в оптимальные сроки для условий Московской обл.

Микробиологическую активность почвы определяли на озимой ржи и на пару в бессменных посевах и в севообороте в вариантах: без удобрений, NPK, NPK+навоз, NPK+навоз+известь в 2 срока — в фазу колошения и при уборке.

Почвенные образцы отбирали с глубины пахотного слоя (0-20 см) буром, который перед взятием образца тща-

тельно очищали и промывали от оставшихся частиц почвы спиртом. Среднюю почвенную пробу составляли путем смешивания отдельных образцов на чистой полиэтиленовой пленке, протертой спиртом. С каждой делянки отбирали образцы из 5 точек методом конверта. Смешанную пробу помещали в полиэтиленовые пакеты с подготовленной заранее этикеткой. Почвенные образцы анализировали в день взятия пробы. Одновременно со взятием пробы почвы на микробиологический анализ из средней пробы брали навеску почвы в алюминиевые стаканчики для определения влажности. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом.

Определение численности почвенных микроорганизмов проводили на плотных питательных средах методом разведений [8, 15]. Численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов определяли высевом 1 мл почвенной суспензии на среду Гетчинсона с кружком стерильной фильтровальной бумаги. Посеянные чашки помещали во влажную камеру. Подсчет колонии проводили после 10-дневной инкубации в термостате при температуре 25-26°. Целлюлозоразлагающую активность микроорганизмов устанавливали по интенсивности разложения льняного полотна в почве по методике И.С. Вострова, Н.Н. Петровой [4]. Азотфиксирующие и денитрифицирующие микроорганизмы учитывали на жидких средах методом титра. Азотфиксирующие анаэробные микроорганизмы (р. *Clostridium*) учитывали посевом в среду С.Н. Виноградского. Азотфиксирующие аэробные микроорганизмы (р. *Azotobacter*) в образцах почвы определяли методом «комочков обрастания» [3]. Денитрифицирующие бактерии (р. *Pseudomonas*) выращивали на среде Гильята в модификации Е.Ф. Березовой, их численность учитывали по газообразованию. Бактерии, использующие органический азот почвы, учитывали на мясопептонном агаре (МПА);

использующие минеральные формы азота — на крахмало-аммиачном агаре (КАА); микроскопические грибы — на подкисленном сусло-агаре (СА), спорообразующие бактерии (р. *Bacillus* sp.) — на 50% мясопептонном агаре + 50% сусло-агаре (МС).

Результаты

При определении общей численности микроорганизмов во всех вариантах опыта в течение 2002-2003 гг. установлено заметное ее увеличение к концу вегетации, что находилось в прямой зависимости от изменения температуры и влажности почвы.

Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют, что динамика численности микрофлоры обусловлена как экологическими факторами, так и вносимыми удобрениями и другими агротехническими приемами (табл. 1). Анализируя результаты исследований общей численности микроорганизмов в почве, следует выделить три фактора, которые и определяли их количество. Во-первых, наличие растительности, в данном случае озимой ржи, во-вторых, внесение удобрений как минеральных, так и органоминеральных, в-третьих — внесение извести.

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

Общей для всех вариантов опыта закономерностью является увеличение количества микроорганизмов от момента колошения до уборки. Более замет-

Таблица 1

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

Удобрение	Фаза развития озимой ржи	Пар бессменный	Озимая рожь	
			бессменно	в севообороте
Без удобрений	Колошение	640	2907	3964
	Уборка	818	3263	4404
	$\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}}$	729±87	3085±174	4184±215
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

ное влияние удобрений на микрофлору почвы наблюдалось в бессменном пару, чем под посевами озимой ржи.

Внесение удобрений, особенно органоминеральных (NPK+навоз) на фоне известкования, существенно увеличивало численность микроорганизмов. Так, при внесении NPK она возросла 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 бессменном паровом поле способствует сглаживанию действия севооборота на численность микробов почвы, поскольку навоз в значительной степени устраняет дефицит органического вещества в паровом поле и выравнивает его разнокачественность.

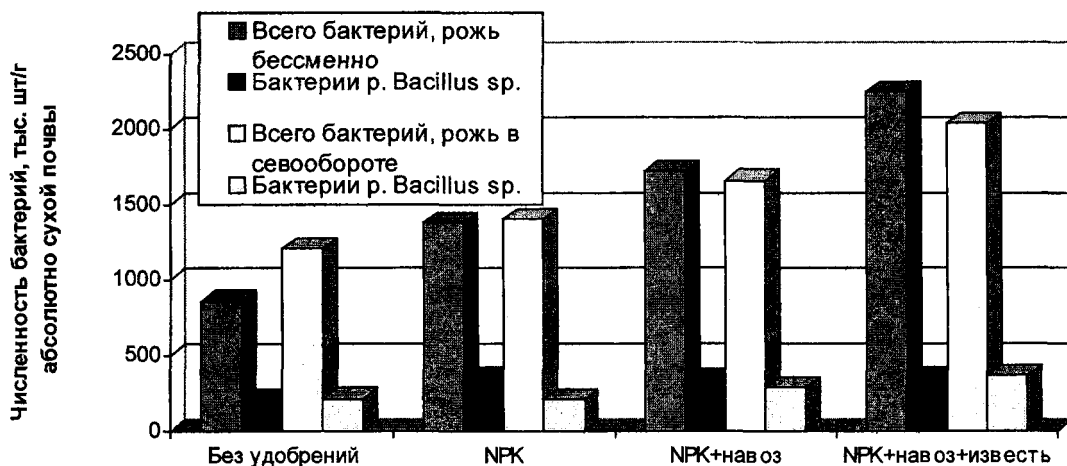
Таким образом, наибольшая численность микробов в пахотном слое почвы установлена на фоне известкования при применении органоминеральных удобрений. В бессменном пару, в варианте без извести в среднем за вегетацию численность микроорганизмов составила 2542, а на фоне известкования — 6417 тыс. шт/г ($pH_{\text{СОЛ}}$ соответственно 5,19 и 6,3). Полученные результаты свидетельствуют о значи-

тельном положительном влиянии нейтрализации кислотности почвы на ее микробиологическую активность.

В последующих исследованиях были определены различные группы микроорганизмов. Нами было установлено, что численность сапрофитных бактерий, определяемых на мясопептонном агаре (МПА), зависела от удобрений, культуры и агротехники ее возделывания (рис. 1). Так, количество бактерий, использующих азот органических соединений, в почве бессменного 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 бессменного пара и под озимой рожью обусловлены, прежде всего, различным содержанием органического вещества в почве.

Применение минеральных удобрений стимулировало рост численности сапрофитов. Установлено, что наиболее высокие темпы роста численности микроорганизмов наблюдаются в почве бессменного пара как при вне-

Озимая рожь



Пар бесменный

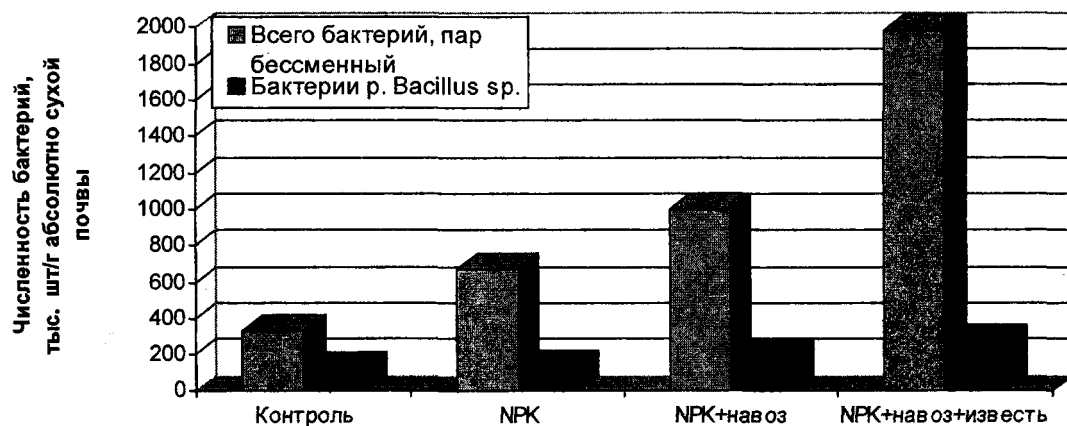


Рис. 1. Численность микроорганизмов, использующих органические формы азота (на МПА) в пахотном слое почвы (0-20 см) в севообороте, при бесменном возделывании озимой ржи и в паровом поле (2002-2003 гг.)

сении 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 и 2138 тыс. шт/г абсолютно сухой почвы).

При бесменном возделывании озимой ржи внесение минеральных удоб-

рений способствовало увеличению численности бактерий, использующих органический азот, в среднем на 62%, совместно с навозом — на 101%, при комплексном внесении органоминеральных удобрений и извести — на 163% в сравнении с вариантом без удобрений.

Под озимой рожью в севообороте численность данных микроорганизмов

была меньше, чем на бессменных посевах ржи, за исключением варианта без удобрений, где их оказалось на 41% больше.

Важную роль на более поздних этапах разложения органических остатков играют бациллы (р. *Bacillus* sp.). В пару 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.

С применением минеральных удобрений под озимую рожь в бессменных посевах численность бацилл увеличилась в 1,7 раза по сравнению с неудобренным фоном. При внесении NPK и навоза, а также извести численность бацилл за 2002-2003 гг. составила 339-349 тыс. шт/г (см. рис.1).

Следовательно, при возделывании озимой ржи как бессменно, так и в севообороте численность бацилл в пахотном слое почвы была примерно на одном уровне. Вместе с тем в исследованиях, проведенных ранее [10], отмечалось уменьшение количества бацилл в почве бессменного посева ячменя по сравнению с севооборотом. 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 [5, 6]. Их численность существенным образом зависела от наличия растительности. Так, в почве под озимой рожью без внесения удобрений (рис. 2) численность микроорганизмов (на КАА) была в 6-10 раз больше, чем в почве бессменного пара. Характерно, что численность данной группы микробов значительно превышала численность микроорганизмов, использующих органический азот. Под влиянием минеральных удобрений (NPK) отмечена тенденция увеличения

их численности. В почве бессменного пара их количество увеличилось наиболее заметно (в 2,4 раза), под озимой рожью — в 1,4 раза как в бессменных посевах, так и в севообороте.

Совместное применение минеральных удобрений и навоза способствовало дальнейшему заметному росту численности данной группы микроорганизмов, в частности, в почве под бессменным паром в 4 раза, на бессменной ржи — в 2,5 раза и в севообороте — в 2 раза по сравнению с численностью на фоне NPK. Таким образом, 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 [11]. Их численность в пахотном слое почвы в варианте без удобрений была в 2—3 раза выше, чем в бессменном пару. Применение минеральных удобрений способствует увеличению численности актиномицетов под озимой рожью (бессменно) на 40%, в севообороте — на 42% и в меньшей степени — в бессменном пару (соответственно 164 и 129 тыс. шт/г абсолютно сухой почвы). При внесении навоза численность актиномицетов в пахотном слое почвы увеличивается во всех вариантах опыта: на бессменном пару в 1,4 раза, в бессменной ржи — в 2,2 раза, 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).

Таким образом, динамика роста численности актиномицетов под действием удобрений и извести в пару и под посевами озимой ржи была различная.

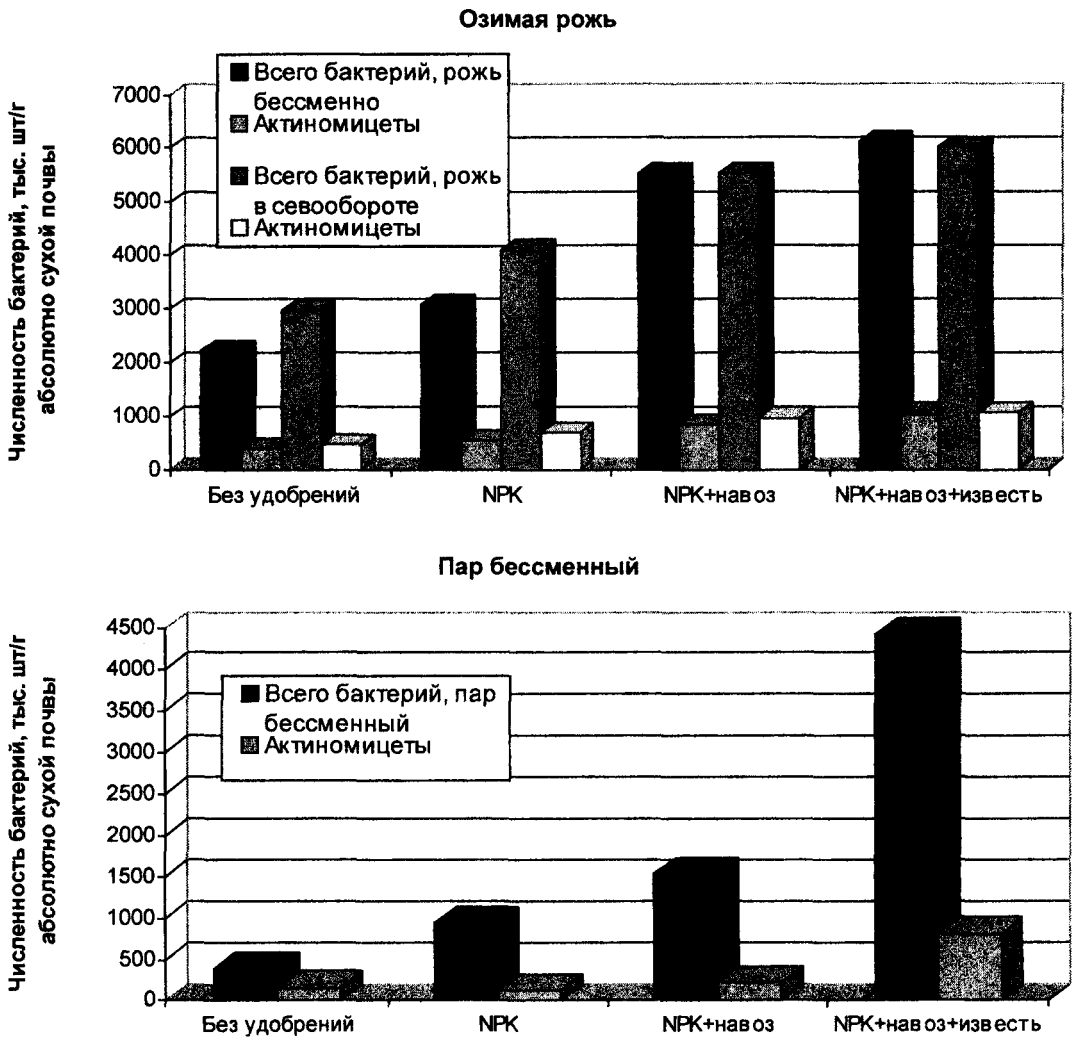


Рис. 2. Численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (на КАА) в пахотном слое почвы (0-20 см) в севообороте, при бессменном возделывании озимой ржи и в паровом поле (2002-2003 гг.)

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 фор-

мы азота, в значительной степени зависят от удобрений, культуры и агротехники ее возделывания (табл. 2). Так, в пахотном слое (0-20 см) почвы бессменного пара, на неудобренном фоне численность микрофлоры, учитываемой на МПА и КАА, была практически одинаковой (335 и 384 тыс. шт/г). Под озимой рожью преобладали микроорганизмы, использующие мине-

Таблица 2

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

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

ральные 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 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.

Большое значение для закрепления азота микроорганизмами в ризосфере с.-х. культур имеет быстрорастущая бактериальная микрофлора, усваивающая легкоподвижные углеводы и ми-

неральный азот. На более поздних этапах разложения органических остатков возрастает роль бацилл и актиномицетов [7]. 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 в известкованных вариантах при внесении органомине-

ральных удобрений. Таким образом, бактерии и актиномицеты более требовательны к реакции почвенного вещества и наличию органического вещества по сравнению с другими изученными группами микроорганизмов.

Основными деструкторами органического вещества природного происхождения, в частности растительных остатков, являются почвенные микроскопические грибы, обладающие мощными гидролитическими ферментами. Снижение численности грибов, являющихся основными деструкторами органических веществ в почве, приводит к замедлению процессов их минерализации и гумификации [12, 13].

Наши исследования показали, что наибольшее количество грибов — от 11-18 тыс. шт/г в пахотном слое почвы в большинстве случаев формируется в середине вегетации, а к ее концу их численность значительно снижается и составляет 3-4 тыс. шт/г (табл. 3). Это характерно как для почвы парового поля, так и для почвы под озимой рожью.

Установлено, что при длительном применении минеральных удобрений численность грибов в бессменном пару возрастает в 1,4 раза, а под озимой рожью остается на том же уровне или

несколько снижается (5—10 тыс. шт/г) по сравнению с контролем (7-11 тыс. шт/г).

Внесение органоминеральных удобрений оказывает различное влияние на численность грибов в пахотном слое почвы под паром и под озимой рожью. Так, в почве парового поля их численность оставалась практически на уровне контроля, а под озимой рожью — несколько снижалась, особенно к моменту уборки культуры. Таким образом, известкование дерново-подзолистой почвы способствует уменьшению численности микроскопических грибов в пахотном слое.

Денитрификация — широко распространённый в природе процесс восстановления нитратов до молекулярного азота, вызываемый бактериями. К денитрифицирующим бактериям относятся представители родов *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus* и *Micrococcus*.

Хорошая аэрация почвы в результате обработки и внесения удобрений, уменьшение влажности почвы (в определённые периоды путем дренажа), создание условий для лучшего потребления нитратов культурными растениями — всё это может понизить денитрификацию в почве [16].

Т а б л и ц а 3

Численность грибов в пахотном слое почвы, тыс. шт/г абсолютно сухой почвы (2002-2003 гг.)

Удобрение	Фаза развития озимой ржи	Пар бессменный	Озимая рожь	
			бессменно	в севообороте
Без удобрений	Колошение	14,3	11,2	18,4
	Уборка	6,4	3,6	4,1
	$\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}}$	10,4±3,9	7,4±3,7	11,3±7,0
NPK	Колошение	16,5	6,1	18,6
	Уборка	12,2	4,4	2,2
	$\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}}$	14,4±2,1	5,3±0,8	10,4±8,0
NPK+навоз	Колошение	14,1	8,7	18,5
	Уборка	6,7	2,9	2,4
	$\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}}$	10,4±3,6	5,8±2,8	10,5±7,8
NPK+навоз+известь	Колошение	9,0	6,5	12,1
	Уборка	3,3	2,8	1,3
	$\bar{x} \pm t_{05} \cdot S_{\bar{x}}$	6,2±2,8	4,7±1,8	6,7±5,3

В наших опытах процесс денитрификации наиболее активно протекал в почве под посевами бессменной ржи, в севообороте он существенно замедлялся. Интенсивность денитрификации зависела и от рН. Так, при изменении рН от 4,5 до 6,3 на делянках с бессменной рожью и в севообороте — от 4,1 до 6,2 увеличивались и потери азота в результате денитрификации. Потери азота непосредственно связаны с численностью денитрифицирующих бактерий, в частности, р. *Pseudomonas* (табл. 4).

Внесение минеральных удобрений (NPK) стимулировало рост численности денитрифицирующих бактерий как в почве парового поля, так и под озимой рожью, но в разной степени. Особенно осязательный рост количества денитрификаторов (в 80-120 раз) установлен в бессменных посевах озимой ржи, а при возделывании ее в севообороте — в 8-50 раз. На фоне внесения NPK+навоза резкий скачок численности бактерий в 500 раз отмечен только в период колошения при бессменном возделывании озимой ржи. Еще в большей степени это проявилось при совместном применении NPK+навоза и извести, где количество денитрифицирующих бактерий в бессменных посевах озимой ржи возросла в 1059 раз.

Таким образом, наибольшая численность денитрифицирующих бактерий установлена при бессменной куль-

туре на фоне известкования и внесения органоминеральных удобрений. Следует подчеркнуть, что урожайность озимой ржи в этом варианте была на 4,4 ц/га ниже, чем в севообороте (соответственно 26,9 и 31,3 ц/га). Следовательно, высокая численность денитрифицирующих бактерий приводит к значительным потерям азота и, как следствие, к снижению урожайности полевых культур.

Азотфиксирующие микроорганизмы имеют важное значение в круговороте азота в природе и, в частности, в снабжении растений доступными формами азота. Это связано с тем, что многие растения не способны усваивать азот из воздуха, а получают его в процессе минерализации органических веществ. Азотфиксирующие микроорганизмы, или азотфиксаторы, усваивают молекулярный азот воздуха [9].

Проведенные исследования показали, что численность азотфиксаторов, в частности р. *Clostridium*, зависела от того, находится ли почва под паром или под посевами озимой ржи, а также от внесения удобрений (табл. 5). Так, наименьшая численность анаэробных азотфиксаторов установлена в почве бессменного пара — 0,1 тыс. шт/г, несколько большие значения получены под бессменными посевами озимой ржи (0,2 тыс. шт/г) и максимальное количество в севообороте (1,0 тыс. шт/г).

Т а б л и ц а 4

Численность денитрифицирующих бактерий (р. *Pseudomonas*) в пахотном слое почвы под озимой рожью и в паровом поле, тыс. шт/г абсолютно сухой почвы, 2002 г.

Удобрение	Фаза развития озимой ржи	Пар бессменный	Озимая рожь	
			бессменно	в севообороте
Без удобрений	Колошение	0,3	0,1	0,02
	Уборка	0,1	0,1	0,04
NPK	Колошение	0,6	8,2	0,1
	Уборка	0,5	12,0	0,3
NPK+навоз	Колошение	0,5	50,0	0,5
	Уборка	1,5	0,1	0,4
NPK+навоз+известь	Колошение	5,3	105,9	2,0
	Уборка	2,0	27,0	1,4

Таблица 5

Численность свободноживущих анаэробных азотфиксаторов (р. Clostridium) в пахотном слое почвы севооборота, бессменной озимой ржи и парового поля, тыс. шт/г абсолютно сухой почвы, 2002 г.

Удобрение	Фаза развития озимой ржи	Пар бессменный	Озимая рожь	
			бессменно	в севообороте
Без удобрений	Колошение	0,1	0,1	1,0
	Уборка	0,1	0,4	1,0
NPK	Колошение	0,5	0,4	1,1
	Уборка	0,3	1,0	1,0
NPK+навоз	Колошение	0,5	1,1	0,5
	Уборка	0,3	2,7	6,8
NPK+навоз+известь	Колошение	0,5	0,4	0,1
	Уборка	2,6	4,9	11,8

Внесение минеральных удобрений (NPK) способствовало существенному росту численности азотфиксаторов (в 2,5-5 раз) только в почве пара и под бессменной культурой озимой ржи (в 4 и 3,5 раза соответственно). В севообороте их содержание практически не изменилось (1,1 тыс. шт/г).

На фоне совместного применения NPK и навоза численность данной группы микроорганизмов возросла под посевами озимой ржи в бессменных посевах в 2,5 раза и в севообороте — в 3,4 раза по сравнению с внесением NPK. Дальнейшее увеличение их численности установлено при комплексном внесении NPK, навоза и извести: в почве парового поля — в 4 раза, бессменной культуры — в 1,5 раза и в севообороте — в 1,6 раза по сравнению с уровнем при использовании органоминеральных удобрений без извести. Следует отметить, что практически во всех вариантах опыта численность анаэробных азотфиксаторов возрастала к концу вегетационного периода.

Таким образом, внесение удобрений, особенно NPK+навоз, на фоне известкования оказывает положительное действие на численность анаэробных азотфиксаторов р. Clostridium.

Известно, что азотобактер (р. Azotobacter) хорошо развивается в плодородных, обеспеченных органическим веществом, фосфором и влагой, почвах

с рН 5,5-7,8. Дефицит влаги азотобактер переносит хуже, чем другие бактерии. В результате жизнедеятельности этих бактерий почва обогащается азотом (до 20 кг/га в зависимости от почвенных и климатических условий) [17-19].

Характерно, что в середине вегетации 2002 г. содержание аэробных азотфиксаторов (р. Azotobacter) было низким, что связано с недостатком влаги, так как в третьей декаде июня выпало всего 13,6 мм осадков, что в 2 раза ниже среднегодового количества (табл. 6). К моменту уборки их численность повысилась. Наибольшие величины получены в почве пара и под озимой рожью, возделываемой в севообороте на фоне комплексного внесения NPK+навоза и извести.

Итак, численность азотобактера в почве зависела не только от погодных условий, но и от агрофона. Внесение удобрений, особенно органоминеральных, на фоне извести способствовало существенному увеличению его численности.

Наименьшая численность микроорганизмов в пахотном слое почвы была в бессменном пару на неудобренном фоне — 729 тыс. шт/г (табл. 7). При внесении минеральных удобрений, особенно при сочетании их с навозом и известью, численность микробов возросла в 9 раз.

Таблица 6

Содержание аэробных азотфиксаторов (р. *Azotobacter*) в севообороте, при бесменном возделывании озимой ржи и в паровом поле, %, 2002 г.

Удобрение	Фаза развития озимой ржи	Пар бесменный	Озимая рожь	
			бесменно	в севообороте
Без удобрений	Колошение	1	1	17
	Уборка	23	36	28
NPK	Колошение	1	3	25
	Уборка	28	54	45
NPK+навоз	Колошение	1	3	13
	Уборка	31	56	68
NPK+навоз+известь	Колошение	18	41	81
	Уборка	62	53	96

Таблица 7

Численность микроорганизмов в пахотном слое (0-20 см) почвы, в среднем за 2002-2003 гг.

Вариант опыта	Всего микробов	Микроорганизмы, использующие органические формы азота (МПА)		Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота (КАА)		Микроскопические грибы	Денитрифицирующие бактерии (р. <i>Pseudomonas</i>)	Анаэробные азотфиксаторы (р. <i>Clostridium</i>)
		всего	в т.ч., <i>Vacillus</i>	всего	в т.ч., актиномицетов			
<i>Без удобрений</i>								
Бесменный пар	729	335/46	131/18	384/53	164/22	0,1/1	0,2	0,1
Озимая рожь:								
бесменно	3085	854/28	196/6	2224/72	388/13	0,07	0,1	0,3
севооборот	4184	1199/29	209/5	2973/71	479/11	0,11	0,03	1,0
<i>NPK</i>								
Бесменный пар	1625	672/41	139/9	938/58	129/8	0,14/1	0,6	0,4
Озимая рожь:								
бесменно	4458	1380/31	342/8	3062/69	542/12	0,05	10,1	0,7
севооборот	5505	1400/26	199/4	4094/74	682/12	0,1	0,2	1,1
<i>NPK+навоз</i>								
Бесменный пар	2542	997/39	195/8	1534/61	230/9	0,1	1,0	0,4
Озимая рожь:								
бесменно	7279	1714/24	339/5	5528/76	843/12	0,05	25,0	1,9
севооборот	7214	1659/23	281/4	5530/77	965/13	0,1	0,4	3,7
<i>NPK+навоз+известь</i>								
Бесменный пар	6418	1981/31	284/4	4425/69	808/13	0,06	4,0	1,6
Озимая рожь:								
бесменно	8439	2240/27	349/4	6122/72	1042/12	0,04	66,5/1	2,7
севооборот	8053	2032/25	363/5	6007/75	1050/13	0,06	1,7	5,9

Примечание: В числителе — всего микроорганизмов, тыс. шт/г абсолютно сухой почвы, в знаменателе — доля групп микроорганизмов от общего их количества, %

Под посевами озимой ржи численность микроорганизмов значительно выше по сравнению с паровым полем в результате поступления растительных остатков, причем наиболее высокая микробиологическая активность

пахотного слоя почвы при возделывании озимой ржи установлена в севообороте. Микробиологическая активность почвы существенно возрастает на фоне внесения минеральных удобрений, особенно при их совместном использовании с навозом и известью.

Микробный комплекс дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы представлен преимущественно микроорганизмами, усваивающими минеральные и органические формы азота (до 99%). Другие виды микроорганизмов (азотфиксаторы, денитрификаторы, микроскопические грибы и т.д.) встречаются в небольшом количестве. На фоне минеральных и органических удобрений как при известковании, так и без извести доля этих видов в микробном сообществе еще меньше.

Заключение

Анализируя всю совокупность микроорганизмов и их численность в зависимости от уровня химизации можно сделать следующее заключение:

1) длительное применение удобрений, севооборота и периодическое известкование легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы способствует оптимизации микробного комплекса пахотного слоя и повышению уровня микробиологической активности почвы;

2) общая численность микроорганизмов (бактерий и актиномицетов) в почве при длительном применении удобрений увеличивается, а грибов — уменьшается, численность бацилл и актиномицетов также повышается, особенно на фоне известкования. При этом в микробном комплексе преобладают микроорганизмы, использующие минеральные формы азота;

3) наименьшая численность микроорганизмов в пахотном слое почвы была в бесменном пару на неудобренном фоне. При внесении минеральных удобрений, особенно, при сочетании их с навозом и известью, численность микробов возросла.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что с агрономи-

ческих позиций в адаптивно-ландшафтном земледелии заметно возрастает значение комплекса микроорганизмов, усваивающих различные формы азота, особенно на бедных этим важнейшим элементом дерново-подзолистых почвах.

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 // *Изв. ТСХА*, 1982, Вып. 6. С. 178-180. — 2. *Берзин А.М., Синих Ю.Н., Полосина В.А.* Влияние органо-минеральных удобрений в зерно-пашном севообороте на пищевой режим выщелоченного чернозема Красноярской лесостепи. Сб. докл. Междун. науч.-практ. конф. Владимир, 2006. С. 275-285. — 3. *Виноградский С.Н.* Микробиология почвы. Проблемы и методы. М.: Изд-во АН СССР, 1952. — 4. *Вострое И.С., Петрова Н.Н.* Определение биологической активности почвы различными методами // *Микробиология*, 1961. Т. 30. Вып. 4. С. 665—672. — 5. *Гамзиков Г.П., Завалин А.Л.* Проблемы азота в земледелии России. Плодородие, 2006. №5. С. 31—33. — 6. *Гришакина И.В., Степанова А.Л.* Азотфиксирующие и денитрифицирующие актиномицеты в почвах ненарушенных южно-таежных экосистем // *Вест. МГУ*, 2006. Сер. 17. №2. С. 48-51. — 7. *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. — 8. *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1980. — 9. *Кидин В.В., Смирнов П.М., Торшин С.П.* Влияние свойств дерново-подзолистых почв на величину газообразных потерь азота // *Агрохимия*, 1984. № 4. С. 3-11. — 10. *Лыков А.М.* Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат, 1982, — 11. *Макушкин Э.О., Павлова И.А., Андрианова А.Л.* Количественные характеристики микромицетов и актиномицетов аллювиальных почв верховьев дельты реки Селенга //

Тезисы Всероссийской конференции с международным участием, Улан-Удэ, 5-10 сентября 2006 г. Улан-Удэ, 2006. С. 44—46. — **12.** *Марфенина О.Е.* Микроскопические грибы в антропогенных нарушенных почвах: результаты исследований и нерешенных вопросов. Экология и биология почв: Материалы Межд. науч. конф., Ростов-на-Дону, 21-22 апреля 2004 г. Ростов-на-Дону, 2005. С. 304-306. — **13.** *Мирчинк Т. Г.* Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1976. — **14.** *Сафонов А.Ф.* Длительному полевому опыту ТСХА 90 лет: итоги научных исследований. М.: Изд-во МСХА, 2002. — **15.** *Теннер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И.* Практикум по микробиологии. Изд. 2. М.: Колос, 1979. — **16.** *Труфанов А.М.* Изменение биологических свойств дерново-подзолистой глееватой почвы под действием обработки, удобрений и гербицидов. Автореф. канд. дис., 2006. — **17.** *Щапова Л.Н.* Влияние удобрений и извести на микробиологическую активность почвы // *Агрохимия*, 2005. № 12. С. 11—21. — **18.** *Meysner T., Szajdak L., Kus J.* // *Agron. Res.* 2006. 4, №2. С. 531-542. — **19.** *Stoven Kirsten, Schnug Ewald.* // *Landbau-forsch. Volkenrode*, 2005, Sonderh. 286. С. 113-119.

Рецензент, — д. б. н., проф. И.В. Мосина

SUMMARY

During long-term field experiment conducted in Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev influence of fertilizers, liming and crop rotation on microbiological soil activity Long-term application of fertilizers, crop rotation and periodic liming have been found to improve optimization of arable layer microbial complex, to increase microbiological activity of light clay loam sod-podzol soil. The total number of microorganisms (bacteria and actinomycetes) in soil during long-term application of fertilizers increase and on the contrary the total number of fungi decrease, while the number of bacilli and actinomycetes also increase especially when liming the soil.