

УДК 631.46:631.51:631.461

## ВЛИЯНИЕ РЫХЛЕНИЯ И АЭРАЦИИ ПОЧВЫ РАЗНЫХ ГОРИЗОНТОВ НА ЕЕ БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ, АММОНИФИКАЦИЮ И ДЕНИТРИФИКАЦИЮ

В.В. КИДИН, д. б. н.; В.В. ЗЕНКИНА

(Кафедра агрохимии)

**В серии модельных опытов с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой, взятой с горизонтов Ап, А<sub>2</sub>В и В, изучали влияние рыхления почвы при разных режимах аэрации на интенсивность почвенного дыхания, нитрификации и денитрификации. Установлено существенное влияние механического перемешивания почвы пахотного и подпахотных горизонтов на интенсивность продуцирования СО<sub>2</sub>, трансформацию аммонийного и нитратного азота в аэробных и анаэробных условиях.**

Опыт мирового и отечественного земледелия убедительно свидетельствует о том, что интенсификация с.-х. производства в значительной степени обуславливается целенаправленной химизацией и, прежде всего, уровнем применения азотных удобрений. Проблема азота в земледелии России является одной из центральных не только в связи с первостепенной его ролью в питании растений, повышении урожайности и качества с.-х. культур, но и вследствие широкого спектра негативного воздействия продуктов трансформации азотных удобрений на окружающую среду. Рациональное применение экономически оправданных и экологически допустимых доз азотных удобрений наряду с улучшением агротехники, повышением общего уровня культуры землепользования играет определяющую роль в сохранении плодородия почв и получении высококачественной продукции. Успешное решение проблемы оптимизации азотного питания растений с учетом эффективного использования природных запасов азота, поддержания (сохранения) плодородия почв и уменьшения

негативных последствий применения удобрений возможно лишь на основе комплексного подхода к изучению процессов трансформации азота во внутрипочвенном цикле и агроценозе в целом, а также количественной оценке направленности процессов в конкретных почвенно-климатических условиях.

Исследования, проведенные в предыдущие годы с <sup>15</sup>N [4, 6], позволили существенно расширить и углубить представления о путях превращения азота удобрений в системе «почва — растение — окружающая среда». Однако, несмотря на значительные успехи в изучении использования растениями азота удобрений и особенностей его баланса в разных почвенно-климатических зонах, до сих пор остаются практически неизученными процессы трансформации аммонийного и нитратного азота в нижних горизонтах корнеобитаемого слоя почвы. Слабо изучена также микробиологическая активность почвы этих горизонтов. Отсутствуют какие-либо достоверные сведения о доле участия микрофлоры отдельных слоев почвы в потерях азо-

та в результате денитрификации при инфильтрации нитратов в нижележащие горизонты почвенного профиля.

Исследованиями, проведенными в разных регионах страны, установлено, что инфильтрация нитратов в нижние горизонты почвы далеко не всегда приводит к заметным потерям азота. По данным [5] при непромывном водном режиме почвы значительная часть нитратов продолжительное время может сохраняться в нижних горизонтах почвы и со временем использоваться растениями.

Выявление закономерностей превращения аммонийного и нитратного азота в почве в зависимости от его пространственного расположения в корнеобитаемом слое имеет важное значение как в теоретическом, так и в практическом аспектах, поскольку дает возможность повысить надежность почвенной диагностики азотного питания растений на основе дифференцированного (послойного) учета содержания разных форм минерального азота.

В этой связи задачей настоящей работы было изучение с помощью стабильного изотопа  $^{15}\text{N}$  особенностей трансформации аммонийного и нитратного азота в почве отдельных горизонтов с ненарушенной структурой и влияния рыхления почвы на интенсивность нитрификации, денитрификации и продуцирования  $\text{CO}_2$  (биологическую активность почвы) при разных условиях аэрации.

### Методика

Исследования проводили в серии модельных опытов на кафедре агрономической и биологической химии РГАУ — МСХА. Объектом исследова-

ний служила дерново-подзолистая среднесуглинистая почва, взятая с 3 генетических горизонтов длительного стационарного опыта экспериментальной базы «Михайловское» Московской обл. (таблица).

Для отбора образцов почвы с ненарушенной структурой использовали бур-пробоотборник с разъемным титановым цилиндром, который практически не вызывает деформацию почвы при отборе. Диаметр и высота цилиндра пробоотборника составляли 10 см, объем —  $785 \text{ см}^3$ . Почву пахотного горизонта ( $A_n$ ) отбирали с глубины 10–20 см, с подпахотных горизонтов  $A_2B$  и  $B$  соответственно с глубины 30–40 и 60–70 см. Перед взятием почвенных образцов верхний слой почвы снимали на площади  $2 \text{ м}^2$  до соответствующей глубины взятия. С целью сохранения естественного агрегатного состояния почвенных образцов во время транспортировки каждый образец (кern) помещали в эластичную капроновую сетку соответствующего размера, а затем упаковывали в картонные коробки. Опыты проводили в цилиндрических стеклянных герметичных сосудах емкостью 1 л, снабженных устройством для отбора аналитических проб газа и полной смены атмосферы сосуда. В каждый сосуд помещали образец почвы (кern) в капроновой сетке, которая предохраняла его от разрушения во время компостирования. Аммонийный и нитратный азот вносили в виде раствора  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и  $\text{Ca}(^{15}\text{NO}_3)_2$  с обогащением  $^{15}\text{N}$  24–26 атом. % из расчета 40 мг  $\text{N}-^{15}\text{NH}_4$  или  $\text{N}-^{15}\text{NO}_3$  на сосуд. Для сохранения естественного сложения образцов почвы растворы меченых азотных удобрений и необходимое количество воды при доведении влаж-

Характеристика дерново-подзолистой почвы

Горизонт отбора почвы, см	$\text{pH}_{\text{KCl}}$	Гумус по Тюрину, %	Объемная масса, $\text{г/см}^3$	Масса почвы в $780 \text{ см}^3$ , кг	$\text{N}_{\text{общ.}}$ , %	$\text{N}_{\text{мин.}}$ , мг/кг
$A_n$ 10–20	6,5	2,42	1,28	1,00	0,118	18
$A_2B$ 30–40	5,5	0,58	1,46	1,14	0,034	11
$B$ 60–70	6,0	0,23	1,53	1,19	0,017	7

ности почвы до 70% НВ, равномерно вносили в почву (в 40 точках) с помощью шприца с тонкой иглой. В одной половине сосудов перед постановкой опыта и в дальнейшем через 12 и 24 сут компостирования почву тщательно перемешивали, а затем уплотняли до первоначального состояния, в другой половине сосудов почва сохранялась в естественном ненарушенном агрегатом состоянии в виде комков. После герметизации сосудов из них откачивали воздух и в соответствии с задачей исследований заполняли смесью газов, содержащей по объему: 1 — 21%  $O_2$  и 79%  $N_2$  (имитация воздуха); 2 — 10%  $O_2$  и 90%  $N_2$ ; 3 — 5%  $O_2$  и 95%  $N_2$ ; 4 — 100%  $N_2$ . Почву инкубировали в термостате в течение 45 сут при температуре 22°C. Повторность опытов 5-кратная.

Состав атмосферы сосудов ( $N_2$ ,  $O_2$  и  $CO_2$ ) контролировали в динамике методом газоадсорбционной хроматографии с использованием детектора теплопроводности. Содержание  $N_2$  и  $O_2$  в атмосфере сосудов определяли на колонке с молекулярными ситами 5А;  $CO_2$  — на колонке с Porapak-Q. О биологической активности почвенной микрофлоры (почвенном дыхании) судили по интенсивности образования  $CO_2$  в течение опыта. Отбор проб и смену атмосферы сосудов проводили ежедневно. Содержание общего азота в почве определяли после мокрого озольнения. Минеральный азот почвы (аммонийный и нитратный) экстрагировали раствором 0,1 н. KCl с последующим определением  $N-NH_4$  по Кьельдалю,  $N-NO_3$  — в щелочной среде по Деварду. Анализ изотопного состава азота проводили на масс-спектрометре МИ-1201В.

### Результаты и их обсуждение

Известно, что наиболее важным интегральным показателем биологической активности сапрофитной микрофлоры почв является продуцирование  $CO_2$ , на основании которого можно судить о размере минерализации (убы-

ли) органического вещества и условиях аэрации. Исследованиями [2] установлено, что интенсивность биологических процессов в почве обуславливается не только содержанием в ней органического вещества (гумуса), но в значительной степени зависит от рыхления почвы.

Ежедневный отбор проб газа для хроматографического анализа и полная смена атмосферы сосудов позволили проследить за динамикой «дыхания» почвы, взятой с отдельных горизонтов при разных условиях аэрации — 21, 10 и 5%  $O_2$  (рис. 1, 2).

Как и следовало ожидать, наиболее высокое продуцирование  $CO_2$  было почвой пахотного горизонта (почва 1), содержащей 2,42% гумуса, наи-

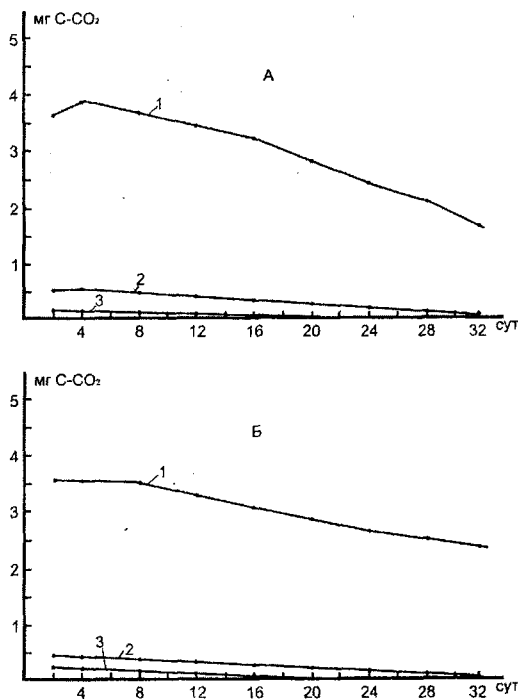
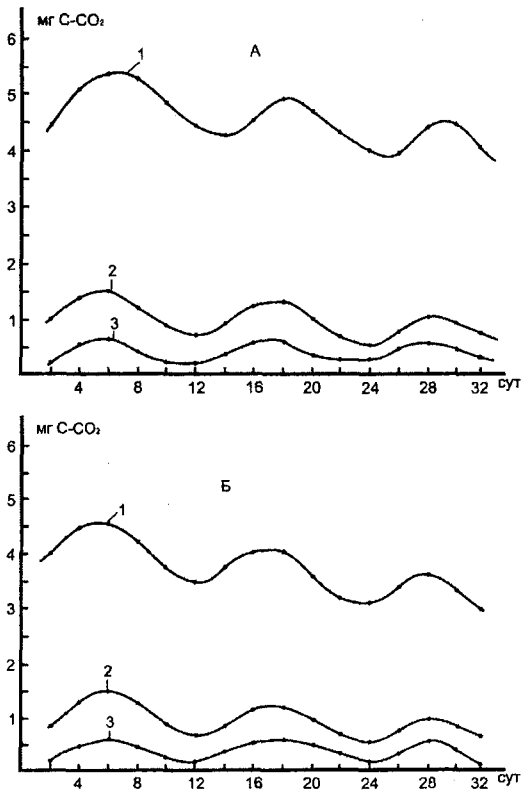


Рис. 1. Влияние условий аэрации на динамику продуцирования  $CO_2$  дерново-подзолистой почвой с ненарушенной структурой. Здесь и на других рисунках: 1 — почва пахотного горизонта; 2 — почва горизонта A<sub>2</sub>B; 3 — почва горизонта B



**Рис. 2.** Влияние условий аэрации и рыхления на динамику продуцирования  $\text{CO}_2$  дерново-подзолистой почвой

меньшее — малогумусированной почвой 3, взятой из горизонта В (60–70 см). Показатели эмиссии  $\text{CO}_2$  почвой 2 (горизонт  $A_2B$ , 30–40 см) были несколько выше, нежели почвой 3, однако значительно ниже по сравнению с почвой 1.

При компостировании почв с ненарушенной структурой (почвенных кернов) в газовой среде, близкой к атмосферной (21%  $\text{O}_2$  и 79%  $\text{N}_2$ ), среднесуточное выделение  $\text{C-CO}_2$  из почвы пахотного слоя (см. рис. 1, А) за первые 16 дней опыта составляло 3,6 мг/кг и было в 10–12 раз выше, чем из почвы 2 (слой 30–40 см) и в 80–100 раз превышало продуцирование углекислоты почвой 3 (слой 60–70 см). К концу опыта эти различия были еще более зна-

чительны, поскольку выделение  $\text{CO}_2$  из почв, взятых с горизонтов  $A_2B$  и В, постепенно затухало и почти полностью прекращалось в конце экспозиции — через 32 сут.

Снижение содержания  $\text{O}_2$  в 2 раза при компостировании почв в газовой среде, содержащей 10%  $\text{O}_2$  и 90%  $\text{N}_2$ , не оказывало достоверного влияния на размер и динамику продуцирования ими  $\text{CO}_2$  по сравнению с оптимальными условиями аэрации (21%  $\text{O}_2$ ). В первые дни компостирования эмиссия  $\text{C-CO}_2$  почвой 1 ( $A_n$ ) составляла 3,6–3,9 мг/кг за 1 сут, в конце опыта — 2 мг/кг. Почвы подпахотных горизонтов  $A_2B$  и В в начале компостирования ежедневно продуцировали соответственно 0,5 и 0,1 мг  $\text{C-CO}_2$ , а в конце — следовое его количество.

Снижение содержания  $\text{O}_2$  в надпочвенной атмосфере сосудов до 5%, судя по выделению  $\text{CO}_2$ , не оказывало существенного угнетающего действия на жизнедеятельность гетеротрофной микрофлоры в кернах почвы исследуемых горизонтов. В этих условиях интенсивность продуцирования углекислоты (мг  $\text{C-CO}_2$  на 1 кг почвы за 1 сут) почвами 1 и 2 в течение всего периода их инкубации была лишь на 15–20% ниже по сравнению с вариантами, где в надпочвенной атмосфере содержалось 10 или 21%  $\text{O}_2$ . Продуцирование  $\text{CO}_2$  почвой 3, взятой с глубины 60–70 см, практически не зависело от содержания в надпочвенной атмосфере кислорода в диапазоне 5–21%, что обуславливается низким содержанием в ней доступного для микроорганизмов органического вещества (0,23%), лимитирующим их жизнедеятельность, а следовательно, и нуждаемость в кислороде (см. рис. 1, А, Б).

Необходимо отметить, что в реальных полевых условиях дефицит  $\text{O}_2$ , ограничивающий жизнедеятельность микроорганизмов, может наблюдаться и при содержании его в почвенном воздухе выше 5% в силу медленной диффузии газов при плотном сложении

нии почвы. Однако из-за слабой активности гетеротрофной микрофлоры нижних горизонтов почвы дефицит кислорода в них может возникать лишь при длительном переувлажнении. Экспериментально доказано [1], что анаэробные условия и дефицит  $O_2$  для почвенной микрофлоры в дерново-подзолистых почвах наступают лишь при содержании  $O_2$  в почвенном воздухе менее 5%, черноземах — 2,5%.

Результаты исследований почвы, взятой с разных горизонтов с ненарушенным агрегатным состоянием, дают основание полагать, что в полевых условиях содержание  $O_2$  в почвенном воздухе не является лимитирующим фактором жизнедеятельности гетеротрофной почвенной микрофлоры, поскольку концентрация кислорода в пахотном и подпахотных горизонтах довольно редко снижается ниже 10–15%.

Периодическое рыхление почвы (при постановке опыта, через 12 и 24 сут) путем тщательного ее перемешивания в сосуде для компостирования с последующим уплотнением до первоначальной плотности приводило к значительному повышению активности почвенной микрофлоры и эмиссии  $CO_2$  (см. рис. 2) по сравнению с почвой с ненарушенной структурой (см. рис. 1). При этом действе рыхления почвы на продуцирование микроорганизмами диоксида углерода относительно сильнее проявлялось в почвах подпахотных горизонтов в связи с изменением условий их обитания, нежели пахотного.

Однако независимо от содержания гумуса в почве и ее пространственного расположения в почвенном профиле ( $A_n$ ,  $A_2B$  или  $B$ ) наблюдалась общая закономерность в динамике продуцирования ими  $CO_2$ : напряженность биологических процессов после каждого рыхления почвы быстро возрастала, достигая максимального значения на 5–6 сут, а затем постепенно снижалась до уровня продуцирования  $CO_2$  почвами с ненарушенной структурой (см. рис. 1 и 2).

В целом при компостировании почвы пахотного слоя в атмосфере, содержащей 21%  $O_2$  и 79%  $N_2$ , продуцирование  $CO_2$  после ее рыхления возрастало на 30–40% (см. рис. 2, 1) по сравнению с почвой с ненарушенной структурой. Снижение концентрации  $O_2$  в надпочвенной атмосфере с 21 до 10% практически не влияло на микробиологическую активность почвы и динамику выделения диоксида углерода, что может свидетельствовать о нормальных условиях аэрации. Особенно значительная активизация микробиологических процессов происходила при рыхлении почв, взятых с подпахотных горизонтов ( $A_2B$  и  $B$ ). Продуцирование  $CO_2$  этими почвами после их рыхления и уплотнения до исходной плотности возрастало в 1,7–2,6 раза по сравнению с почвами, которые компостировали в исходном агрегатном состоянии (в виде зернов). Компостирование почв после их перемешивания и последующего уплотнения до первоначальной плотности в газовой среде, содержащей 5%  $O_2$  и 95%  $N_2$ , приводило к снижению активности почвенного дыхания на 17–36% по сравнению с вариантами, где концентрация  $O_2$  в надпочвенном воздухе составляла 10 или 20% (см. рис. 2).

Определение нами [3] состава почвенного воздуха пахотного (0–25 см) и подпахотного (25–70 см) горизонтов дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы под различными с.-х. культурами севооборота (озимой пшеницей, многолетними травами, картофелем, кукурузой и яровыми зерновыми) в длительном стационарном опыте (заложеным И.С. Шатиловым в 1966 г.) показало, что в течение вегетации растений газовый режим почвы разных полей севооборота в целом был довольно близким: содержание  $CO_2$  в почвенном воздухе пахотного горизонта под различными культурами варьировало в пределах 0,3–1,6%, подпахотном слое — 2–4%, а концентрация  $O_2$  в среднем за летний период составля-

ла соответственно 20,3 и 18,2%. Однако несмотря на близкое содержание кислорода в почве под различными культурами, минерализация гумуса под зерновыми и травами была в 1,6–1,9 раза ниже, чем под пропашными — картофелем и кукурузой.

В этой связи устоявшееся мнение, что активизация микробиологических процессов в почве после ее обработки обусловлена более высоким содержанием  $O_2$  в почвенном воздухе следует считать не вполне обоснованным. Учитывая, что преобладающая часть микроорганизмов почвы находится в адсорбированном состоянии на поверхности почвенных агрегатов и коллоидов [7] и, следовательно, их развитие в значительной мере лимитировано локальным содержанием питательных веществ и в определенной мере накоплением продуктов метаболизма, можно полагать, что перемешивание почвы при ее рыхлении (обработке) является важным фактором активизации жизнедеятельности микроорганизмов благодаря пространственному распространению их (инокуляции, рассеву) в почвенной среде. Это положение находит экспериментальное подтверждение в данной работе и предшествующих исследованиях [2].

Наряду с повышением биологической активности, рыхление почвы оказывало большое влияние на интенсивность процессов нитрификации и денитрификации.

Экспериментально установлено, что условия аэрации оказывают неравнозначное действие на интенсивность нитрификации аммонийного азота в почве пахотного и подпахотных горизонтов. При компостировании почвы пахотного слоя в виде кернов (микромонолитов) с ненарушенной структурой в газовой среде, содержащей 21%  $O_2$ , аммонийный азот к концу опыта (45 сут) был практически весь нитрифицирован (рис. 3, А, 1), при содержании в надпочвенном воздухе 10%  $O_2$  в почве оставалось 8–12% внесенного

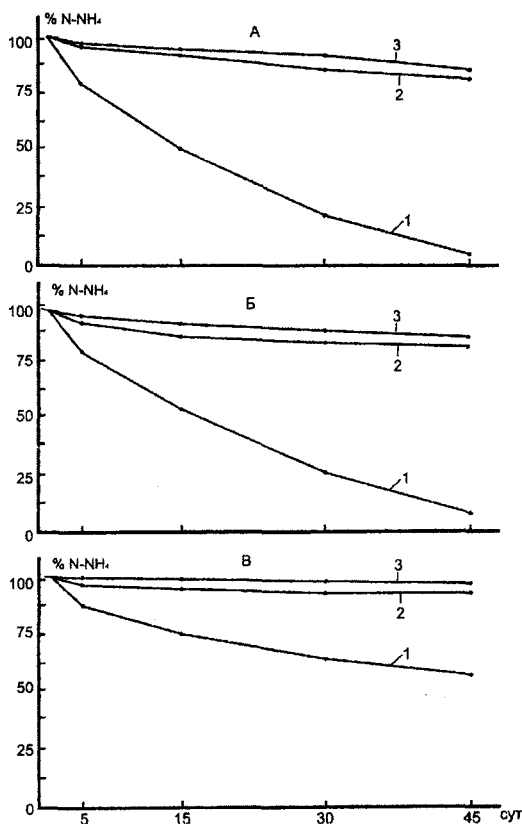


Рис. 3. Влияние условий аэрации на динамику нитрификации аммонийного азота в дерново-подзолистой почве с ненарушенной структурой

$N-NH_4^+$  (рис. 3, Б, 1), а снижение концентрации  $O_2$  в воздухе до 5% оказывало негативное действие на нитрификацию, вследствие чего более 60% внесенного азота оставалось в аммонийной форме.

В почвах с ненарушенной структурой 2 и 3, взятых соответственно с горизонтов 30–40 и 60–70 см, нитрификация  $N-NH_4^+$  протекала очень медленно и практически не зависела от концентрации  $O_2$  в надпочвенном воздухе в диапазоне 5–21%. К концу опыта (45 сут) в этих почвах 85–98%  $N-NH_4^+$  оставалось в аммонийной форме (см. рис. 3, 2, 3).

Тщательное рыхление почв (с последующим их уплотнением до первоначального состояния) способствовало перераспределению микроорганизмов в почве, что значительно повышало интенсивность нитрификации по сравнению с почвами с ненарушенной структурой. В почве пахотного слоя, компостируемой в газовой среде с содержанием 21 и 10%  $O_2$ , внесенный аммонийный азот (40 мг  $N-NH_4^+$  на сосуд) был практически полностью нитрифицирован за 30-е сут (рис. 4, А, Б). Однако при компостировании этой почвы в газовой среде, содержащей 5%  $O_2$ , нитрификация протекала менее интенсивно, вследствие чего к концу опыта (45 сут) в почве оставалось около 60% внесенного аммонийного азота (рис. 4 В).

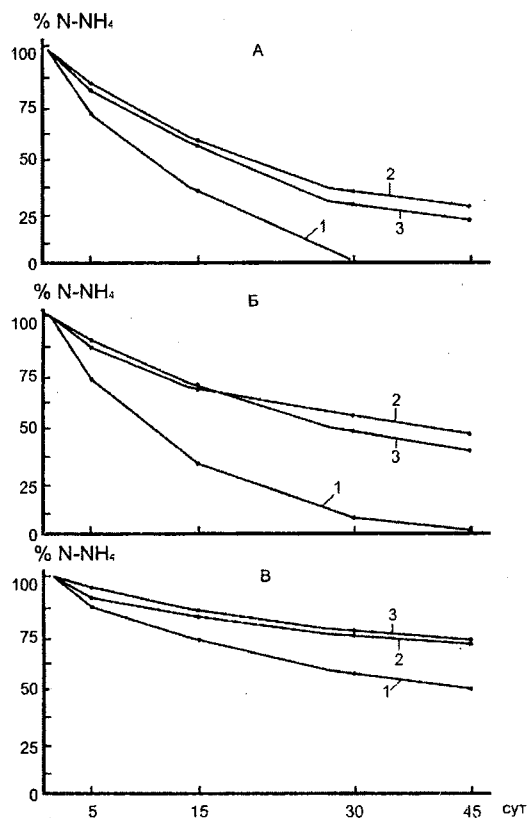


Рис. 4. Влияние условий аэрации и рыхления дерново-подзолистой почвы на динамику нитрификации аммонийного азота

Более значительное влияние на интенсивность окисления аммонийного азота оказывало рыхление почв подпахотных горизонтов  $A_2B$  или  $B$ . При этом скорость нитрификации аммонийного азота в этих почвах (2 и 3) обуславливалась в основном аэрацией во время компостирования и практически не зависела от глубины взятия почвы. При компостировании почвы 2 и 3 в газовых средах, содержащих 21, 10 и 5%  $O_2$ , к концу опыта было нитрифицировано соответственно 70–75, 45–55 и 25–28% внесенного аммонийного азота (рис. 4, А,Б,В).

Механическое перемешивание почвы с последующим уплотнением до первоначальной плотности оказало большое влияние на жизнедеятельность почвенной микрофлоры и способствовало повышению активности денитрифицирующих микроорганизмов, в результате чего потери нитратного азота из почвы заметно возрастали. Однако в большей степени интенсивность денитрификации зависела от условий аэрации и содержания в почве органического вещества (рис. 5).

При компостировании почвы пахотного слоя с ненарушенной структурой в газовой среде, содержащей 21 и 10%  $O_2$ , скорость денитрификации была примерно одинаковой. За 45 дней восстанавливалось 36–40% внесенного в почву  $N-NO_3^-$ , в то время как в анаэробных условиях — газовой среде, содержащей 100%  $N_2$ , азот нитратов (40 мг  $N-NO_3^-$  на сосуд) был полностью восстановлен за 30 дней (рис. 5, 1).

Денитрификация нитратов в ядрах почв 2 и 3 (горизонт 30–40 и 60–70 см) протекала довольно медленно независимо от условий аэрации и составляла лишь 4–10% от внесенного  $N-NO_3^-$ , что обусловлено, прежде всего, низким содержанием в них гумуса и высокой его устойчивостью к минерализации (рис. 5, 2, 3).

В вариантах, где почвы перед компостированием тщательно перемешивали, а затем уплотняли до исходной

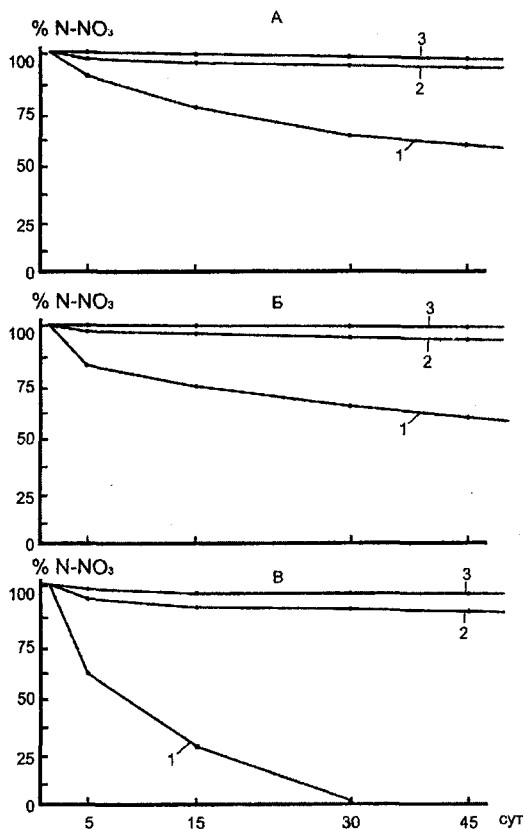


Рис. 5. Влияние условий аэрации на динамику денитрификации нитратного азота в дерново-подзолистой почве с ненарушенной структурой

плотности, денитрификация нитратов в аэробных и анаэробных условиях протекала более интенсивно, чем в почвах с ненарушенной структурой (рис. 6). В аэробных условиях при содержании в надпочвенном воздухе 21 и 10%  $O_2$ , в почве 1 ( $A_n$ ) за 45 сут редуцировалось более 50% нитратов. В анаэробных условиях (100%  $N_2$ ) полное восстановление  $N-NO_3^-$  завершалось за 30 сут.

В отличие от почв 2 и 3 подпахотного горизонта с ненарушенной структурой, где потери нитратов были незначительны (менее 10%), денитрификация нитратов после рыхления этих почв возрастала в аэробных условиях (варианты А и Б) до 15 и 25%, а в анаэробных до 50 и 70% от внесенного количества  $N-NO_3^-$  (рис. 6, 2, 3). При этом более высокие потери азота нитратов в газообразной форме происходили из почвы 2 (горизонт  $A_2B$ ), нежели из почвы 3, взятой с горизонта В, отличающегося очень низким содержанием гумуса.

### Заключение

Результаты экспериментальных исследований с дерново-подзолистой среднесуглинистой окультуренной почвой позволяют сделать заключение, что механическое перемешивание (рыхление) почв разных горизонтов способствует значительному повышению их микро-

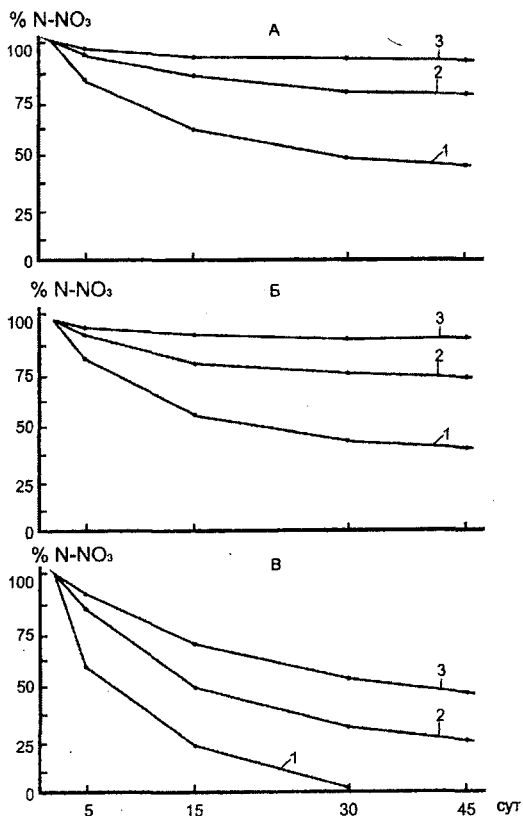


Рис. 6. Влияние условий аэрации и рыхления дерново-подзолистой почвы на динамику денитрификации нитратного азота



биологической активности (продуцирование  $\text{CO}_2$ ) и минерализации гумуса в широком диапазоне содержания  $\text{O}_2$  (от 5 до 21%) в почвенном воздухе.

При рыхлении образцов почвы с нарушенной структурой (кернов) разных горизонтов ( $A_n$ ,  $A_2B$  и  $B$ ) интенсивность нитрификации и денитрификации в аэробных условиях повышалась.

#### Библиографический список

1. Гречин И.П. Свободный кислород и его роль в почвенных процессах лесолуговой (таежнолесной) зоны европейской части СССР: Автореф. докт. дисс. М.: МСХА. 1965. — 2. Кидин В.В., Ба М.Р. Продуцирование углекислоты дерново-

подзолистой почвой в зависимости от форм азотных удобрений и рыхления // Изв. ТСХА. Вып.1, 1992. С. 50–56. — 3. Кидин В.В., Иконова О.Н. Динамика потребления аммонийного и нитратного азота растениями из различных горизонтов почвы // Агрохимия. № 11, 1992. С. 3–15. — 4. Кореньков Д.А. Агрохимия азотных удобрений. М.: Наука, 1976. — 5. Никитишан В.И. Факторы, обуславливающие последствие азотных и фосфорных удобрений // Плодородие, 2004. № 2. — 6. Смирнов П.М. Вопросы агрохимии азота. М.: ТСХА, 1977. — 7. Современная микробиология. Прокариоты / Под ред. Ленгелера Й. и др. М.: Мир, 2005. Т. 1.

Рецензент — д. с.-х. н. И.П. Дерюгин

#### SUMMARY

Effect of cultivation of soil samples obtained at different horizons ( $A_n$ ,  $A_2B$  and  $B$ ) on intensity of  $\text{CO}_2$  emission, nitrification and denitrification in series of laboratory experiments on sod-podzolic loamy soil is observed. Significant influence on mechanical redistribution of soil in arable horizon and subsoil, on intensity of soil  $\text{CO}_2$  emission, transformation of  $\text{NH}_4^+$ -N and  $\text{NO}_3^-$ -N under aerobic and anaerobic conditions is established.