

УДК 631.811.1:631.46

ДОСТУПНОСТЬ ПОЧВЕННЫМ МИКРООРГАНИЗМАМ ФИКСИРОВАННОГО ИЗ УДОБРЕНИЙ АММОНИЯ

Е. И. ШИЛОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Изучение физико-химической фиксации NH_4 глинистыми минералами почв — одного из интереснейших превращений азота в почве, довольно тесно соприкасается с изучением ряда его биологических превращений: аммонификации, нитрификации, биологической иммобилизации, денитрификации и др. Уже накоплено большое количество сведений о содержании фиксированного NH_4 в почвах СССР и их фиксирующей способности [1, 5, 7, 8, 10], выявлены почвы, обладающие значительной (20—40 % от внесенного) способностью фиксировать NH_4 удобрений (дерново-карбонатные, дерново-луговые, серые лесные). Решение целого ряда практических вопросов применительно к таким почвам (внесение различных форм азотных удобрений, установление оптимальных сочетаний азотных и калийных удобрений, разработка наиболее рациональных способов и сроков применения аммиачных удобрений, возможность заблаговременного внесения азотных удобрений) в той или иной мере связано с изучением доступности фиксированного NH_4 не только растениям, но и почвенным микроорганизмам.

Первоначальные взгляды на доступность фиксированного NH_4 растениям и микроорганизмам основывались на предположении о предпочтительном использовании фиксированного NH_4 почвенными микроорганизмами, необходимости предварительной нитрификации для его усвоения растениями. Эти взгляды в ряде случаев сохраняются до сего времени.

Опыты с искусственным насыщением NH_4 почв и минералов в большинстве случаев свидетельствовали о слабой доступности фиксированного NH_4 как растениям, так и микроорганизмам. Особенно низкой она была в случае отмывания насыщенных почв и минералов KCl (не более 10 %). Однако при последующей замене обменного калия каль-

цием или магнием или при наличии обменного NH_4 доступность фиксированного NH_4 растениям и микроорганизмам несколько повышалась [6, 8, 9, 11, 12, 16].

Тщательное изучение нитрификации фиксированного NH_4 в водных суспензиях различных минералов при почти полном выведении калия из системы и использовании специфической низкотребовательной к калию культуры нитрификаторов дало возможность получить почти полную нитрификацию NH_4 вермикулита, но фиксированный NH_4 бентонита нитрифицировался только на 45 %, а иллита — вовсе не использовался микроорганизмами [24].

Нитрификация фиксированного NH_4 насыщенных им почв в аналогичных условиях с применением той же культуры бактерий составила не более 28,7—51,5 % [19].

В сильнофиксирующих почвах отмечались замедление процесса нитрификации и меньший выход нитратов [13, 14, 15]. Обнаружена тенденция к растягиванию процесса нитрификации с ростом фиксирующей способности почв и подпочв. По данным японских исследователей [13], на нефиксирующей почве нитрификация заканчивалась уже через 3 нед (100 %), на фиксирующих NH_4 почвах после 11 нед нитрифицировалось только 40—75 %. При исследовании фиксирующей способности бельгийских почв [15] установлено, что нитрификации поддается только NH_4 , экстрагируемый KCl и NaCl .

Результаты прямого определения фиксированного NH_4 до и после компостирования в целом также подтверждают слабую доступность фиксированного NH_4 почвенной микрофлоре [22, 23]. Так, уменьшение фиксированного NH_4 за 6 мес компостирования при одинарной дозе составило 8 %, при двойной — 26 % [23]. В других опытах [17] содержание фиксированного NH_4 удобрений не изменялось в процессе компостирования, наблюдалось даже небольшое увеличение общего количества фиксированного NH_4 в конце эксперимента [25].

Поскольку в опытах без применения ^{15}N определяется сумма фиксированного NH_4 (природного, фиксированного в процессе аммонификации и из удобрений), изменения его во многих случаях трудно поддаются учету. Некоторые авторы указывают на сезонность этих изменений, зависимость их от интенсивности микробиологических процессов в почве [3].

Определение меченого фиксированного NH_4 в начале и в конце компостирования дает сведения об убыли фиксированного NH_4 . В то же время эту убыль нельзя полностью относить только за счет его нитрификации, так как фиксированный NH_4 мог быть использован другими микроорганизмами, в частности гетеротрофными. Специальных исследований по этому вопросу мало и они противоречивы. В одних опытах [23] при добавлении в компост в качестве энергетического материала глюкозы отмечалось значительное использование фиксированного NH_4 гетеротрофами. Результаты других исследований [20] свидетельствуют о том, что эти микроорганизмы являются неэффективными потребителями фиксированного NH_4 , еще более слабыми, чем нитрификаторы.

При изучении превращения в почве фиксированного из удобрений NH_4 примененные меченных ^{15}N удобрений не только желательно, но в ряде случаев необходимо. Оно дает четкое расчленение фиксированного NH_4 — природного и из удобрений. Кроме того, сопоставление убыли фиксированного NH_4 с общими превращениями удобрений в почве позволяет установить долю его участия в этих превращениях. Противоречивость литературных данных о доступности фиксированного NH_4 почвенным микроорганизмам побудила нас уделить этому вопросу более детальное внимание. Опыты проведены с применением меченных ^{15}N удобрений.

Материал и методика

В опыте 1 на трех почвах (дерново-подзолистой, черноземной и дерново-карбонатной) изучалось использование фиксированного из удобрений аммония параллельно в сосудах с овсом и парующих. Парование проводилось в течение вегетации овса (2,5 мес) при влажности 60 % от полной влагоемкости. Дозы на сосуд 3 кг: 0,4 г N в форме $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (ат. % изб. $^{15}\text{N}=11,6$); 0,5 г P_2O_5 (суперфосфат); 0; 0,6 и 1,8 г K_2O (хлористый калий).

В опыте 2 на дерново-луговой почве (центральной поймы р. Москвы) в парующих сосудах емкость 1 кг в лабораторных условиях (температура 28—30°, влажность 60 % ПВ) изучались динамика использования фиксированного NH_4 из удобрений и баланс азота в 4 срока: через 2, 15, 40 и 70 сут со дня закладки опыта. На сосуд вносили 0,15 г N в форме $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (ат. % изб. $^{15}\text{N}=12,2$).

В опыте 3 пойменная почва в течение первых 40 дней паровала в условиях вегетационного домика (влажность 60 % ПВ), затем сосуды, вмещающие 2 кг почвы, засеивали овсом. На фосфорно-калийном фоне (0,3 г P_2O_5 и 0,39 г K_2O в форме $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) вносили 0,25 г N в форме $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (ат. % изб. $^{15}\text{N}=14,7$) отдельно или вместе с 20 г соломы (0,6 % N, 2 % K_2O) или глюкозы (20 г, 1 % к массе почвы). Пробы брали после парования и после уборки овса.

Микрополевым опыт был заложен на пойменной почве (совхоз им. Э. Тельмана) в сосудах без дна, вмещающих 25 кг почвы, площадь 0,1 м². В одни сосуды высевали ячмень, другие оставляли парующими (продолжительность парования 10 мес, включая зимние). На следующий год после ячменя часть сосудов была также оставлена под пар, а часть — повторно засеивали ячменем. В пару использовались дозы калия 0; 0,9 и 1,8, под растениями — 0,9; 1,8 и 2,7 г/сосуд, что соответствовало 0; 90; 180 и 270 кг/га; дозы N и P_2O_5 — по 6 г на делянку в форме соответственно $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (ат. % изб. $^{15}\text{N}=24$) и суперфосфата.

Во всех опытах через 3 дня после внесения удобрений определяли методом Даривала и Стивенсона [18] первоначальную фиксацию NH_4 , а в конце эксперимента — содержание фиксированного NH_4 . В опыте 2 брали промежуточные пробы.

Для расчета баланса азота в опытах 2, 3 и микрополевым, помимо фиксированного NH_4 , в почве определяли обменный NH_4 , нитратный азот по общепринятым методикам и общий N по Кьельдалю — Иодльбауэру с предварительной обработкой почвы HF.

Агрохимическая характеристика почв представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Агрохимическая характеристика почв

Почва	pH _{KCl}	H _T	S	Гумус. %	N _{общ}	P ₂ O ₅ по Кирсанову	K по Масловой
Дерново-подзолистая	4,1	6,5	6,4	1,81	136	6,6	8,4
Чернозем	6,2	1,3	44,6	5,84	316	9,3	30,6
Дерново-карбонатная	6,4	1,5	20,3	4,03	230	6,0	12,5
Дерново-луговая (пойменная)	7,0	0,9	32,1	4,76	290	11,5	11,8

Результаты исследований

Как видно из табл. 2, убыль фиксированного NH_4 удобрения в парующих сосудах в отличие от сосудов с растениями была весьма слабой.

Несмотря на различную фиксирующую способность исследуемых почв (2—40 % от внесенной дозы удобрения), результаты были сходными: в варианте с парующей дерново-подзолистой почвой без внесения калия содержание фиксированного из удобрений NH_4 снизилось за время парования на 22 %, с черноземом — на 17,5, с дерново-карбонатной почвой — на 23,3 %, под растениями — на 80—91 %.

Резче проявилась разница в использовании фиксированного из удобрений NH_4 в зависимости от наличия растений на всех почвах при внесении калийного удобрения: под растениями снижение содержания

Таблица 2

Степень использования фиксированного из удобрений NH_4 в пару и под растениями (опыт 1)

Вариант опыта	Пар				Овес, % снижения
	в начале опыта		в конце опыта		
	мг/100 г	% от внесенного	мг/100 г	% снижения	
Дерново-подзолистая почва					
NP	0,3	1,89	0,235	21,7	90,6
NPК	0,3	1,89	0,285	5,0	87,0
NPК ₃	—	—	—	—	0
Чернозем					
NP	1,78	10,8	1,45	17,5	83,6
NPК	1,87	11,3	1,86	0,5	89,3
NPК ₃	—	—	—	—	42,6
Дерново-карбонатная почва					
NP	5,87	35,7	4,50	23,3	80,0
NPК	6,37	38,8	5,95	6,6	80,4
NPК ₃	—	—	—	—	0

фиксированного NH_4 из удобрений составило также 80—90 %, в пару же практически весь первоначально фиксированный NH_4 остался неиспользованным: снижение всего 0,5—6,6 %. Действие обычной для вегетационных опытов дозы калия на данный показатель в пару в вариантах с дерново-подзолистой и дерново-карбонатной почвами было аналогично действию тройной дозы калия под растениями.

В опыте 2 на пойменной почве при оптимальных для микробиологических процессов условиях проводились наблюдения за нитрификацией и другими превращениями аммония удобрений и изучался баланс внесенного азота (табл. 3).

Фиксировалась почти половина внесенного азота. В первые две недели фиксированный из удобрений NH_4 практически не использовался микроорганизмами, в то время как обменный NH_4 , содержание которого снизилось до 6—7 %, нитрифицировался, в значительной мере использовался гетеротрофной микрофлорой и частично терялся.

В этот период по содержанию нитратов и другим показателям между вариантами с калием и без него не было никакой разницы. Очевидно, потребовалось еще большее снижение содержания обменного аммония, чтобы началось использование микроорганизмами фиксированного NH_4 . Через 40 дней с начала опыта обменного NH_4 в обоих вариантах осталось всего 1,5—2,5 %, а количество нитратов в варианте NP снизилось до 31 %, в варианте NPК — до 22 %. В варианте без

Таблица 3

Баланс азота (% от внесенного) в опыте 2

Показатель	NP				NPК			
	дни с начала опыта							
	2	15	40	70	2	15	40	70
N — NH_4 обменный		6,7	1,5	0,4		5,7	2,5	0,5
N — NH_4 фиксированный	46,5	46,8	38,1	33,9	47,5	48,7	47,6	47,6
N — NO_3		14,1	30,6	26,7		14,5	21,8	17,2
N в органической форме		21,7	17,0	19,5		20,1	14,5	16,7
Потери		10,7	12,8	19,5		11,0	13,6	18,5

калия содержание фиксированного из удобрений NH_4 было ниже, чем в предыдущий срок и варианте NPK (на 8,7 % от внесенного), а количество биологически иммобилизованного азота и потери выше, чем в варианте NPK.

К концу опыта общее количество нитратов уменьшилось, очевидно, за счет потерь, которые в обоих вариантах достигли 19 %; уменьшение фиксированного NH_4 в варианте NP продолжалось, но с меньшей интенсивностью. Всего за 70 дней компостирования использовалось микроорганизмами около 28 % первоначально фиксированного NH_4 , т.е. почти столько же, сколько в предыдущем опыте.

Таким образом, использование фиксированного NH_4 микроорганизмами блокируется калием, причем уже обычные для вегетационных опытов дозы калийных удобрений, не препятствующие его потреблению растениями, почти полностью прекращают использование NH_4 почвенной микрофлорой. Кроме того, фиксированный NH_4 в различных по содержанию природного калия почвах даже без внесения калийных удобрений используется весьма слабо, в среднем, по нашим данным, на 20 %.

Первое положение можно объяснить различной потребностью в калии растений и микроорганизмов. По данным Е. Н. Мишустина, в плазме микроорганизмов содержится 125 кг N, 40 кг P_2O_5 и 25 кг K_2O в расчете на 1 га, т.е. отношение $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 5 : 1$. В большинстве же растений это отношение значительно уже. Так, в среднем по зерновым культурам оно равно 5 : 4, а у овса даже 1 : 1. Растения потребляют больше калия, поэтому они скорее сдвигают равновесие $[(\text{NH}_4^+ + \text{K}^+) \text{ обм} \rightleftharpoons (\text{NH}_4^+ + \text{K}^+) \text{ фикс.}]$ влево, в сторону освобождения фиксированных катионов; последние после достижения определенного минимального содержания обменных катионов постепенно выходят из решетки на их место и могут быть вновь использованы растениями.

Труднее объяснить второе положение — слабую нитрификацию и иммобилизацию фиксированного NH_4 удобрений в почвах без дополнительного внесения калия. Нитрификация обменного аммония в опыте на пойменной почве практически закончилась уже в первые 2 нед, в этот же период интенсивно протекала биологическая иммобилизация, имели место потери. Фиксированный NH_4 начал участвовать в этих процессах позже, в период 15—40 сут, причем уже к 70-му дню обнаружилась тенденция к уменьшению его использования микроорганизмами, которое так и не превысило 28 % первоначально фиксированного. Указанный факт вряд ли можно объяснить обратной миграцией фиксированного NH_4 в глубь решетки. Вероятнее всего, влияние калия проявляется и в этом случае, когда NH_4 является единственным фиксированным катионом. Ведь в процессе начавшегося освобождения вместе с NH_4 выходит из решетки и ранее находившийся в ней в фиксированном состоянии калий, при этом, поскольку он используется микроорганизмами слабо, по-видимому, происходит относительное накопление его на ближайших обменных позициях, препятствующее дальнейшему высвобождению фиксированного NH_4 . Экспериментально показать это накопление не удалось; содержание калия в течение компостирования находилось примерно на одном уровне, однако оно скорее относительное, чем абсолютное, и при анализах на калий может не улавливаться.

В опыт 3 для стимуляции деятельности гетеротрофных микроорганизмов в почву добавляли энергетический материал — солому и глюкозу, почву компостировали 40 сут, после чего засевали овсом (табл. 4).

При добавлении глюкозы в варианте без калия за 40 дней парования содержание фиксированного NH_4 резко снизилось: с 4,28 до 0,17 мг на 100 г почвы. Это снижение было значительно больше, чем в варианте с одним сульфатом аммония, где оно составило 24,3 %. Практи-

Степень использования фиксированного из удобрений NH_4 в опыте 3

Вариант	После 40 дней парования		После выращивания овса		
	мг/100 г	% снижения*	мг/100 г	% снижения от оставшегося	% снижения от начального
NP	3,24	24,3	0,14	95,7	96,3
NP + глюкоза	0,17	96,1	0,17	0	96,1
NP + солома	3,96	7,6	0,14	96,5	96,6
NPК	4,3	0	0,4	90,6	90,6
NPК + глюкоза	3,1	27,8	0,35	88,5	91,8
NPК + солома	3,87	6,3	1,61	58,4	62,5

* Начальная фиксация 4,28 мг на 100 г почвы, или 36,0 % внесенного.

чески весь первоначально фиксированный NH_4 (36 % внесенного) использовался микроорганизмами, при внесении соломы, наоборот, он остался неиспользованным.

То же наблюдалось в варианте NPК при внесении одних минеральных удобрений и в сочетании их с соломой. При добавлении глюкозы присутствие калия снизило использование фиксированного NH_4 до 27,8 % (оно было примерно таким же, как в варианте NP без глюкозы).

Таким образом, даже для того огромного количества микроорганизмов и грибов, которое обычно развивается при добавлении 20 г глюкозы, обычная доза калия оказалась слишком высокой.

Под растениями оставшийся фиксированный NH_4 практически полностью утилизировался: в вариантах NP и NPК+глюкоза — две трети первоначального количества, в вариантах NP+солома и NPК — подавляющее количество. Но в варианте NPК+солома количество содержащегося в соломе калия (400 мг) вместе с 390 мг этого элемента, внесенного с удобрениями, оказалось слишком высоким даже для растений: фактически полученная двойная доза калия частично (на 1/3) блокировала усвоение фиксированного NH_4 растениями.

Через 40 дней парования (табл. 5) содержание обменного NH_4 во всех вариантах оказалось незначительным. Наибольшее количество нитратов было в варианте NP, при внесении калия оно несколько снижалось, а фиксированного NH_4 оставалось больше. Часть азота, несколько бóльшая в варианте без калия (18 %) и меньшая на его фоне (15 %), перешла в органическую форму, потерялось 12 % внесенного азота.

При добавлении глюкозы 89 % внесенного азота в варианте без калия и 66 % при его внесении (за вычетом фиксированного NH_4) перешло в тела гетеротрофных микроорганизмов; потерь в этих вариантах не было.

При внесении соломы биологически иммобилизованный азот составлял 42—45 %, нитратного азота было почти в 1,5—2 раза меньше, чем в вариантах с одними минеральными удобрениями. Потери незначительные — 2—4 %.

После выращивания овса минеральные формы практически отсутствовали в почве. Наибольший коэффициент использования был в варианте NPК (50 % внесенного), несколько ниже — в варианте NP (44 %), далее следовали варианты с соломой (20—30 %), глюкозой на фоне NPК и, наконец, с глюкозой на фоне NP, где использовались растениями только 8 % этих форм. В данном варианте максимальное количество (84 %) азота осталось в органической форме.

Баланс азота (% от внесенного) в вегетационном опыте 3

Показатель	NP	NP+ глюкоза	NP+ солома	NPК	NPК+ глюкоза	NPК+ солома
После 40 сут парования						
Найдено в почве:						
N — NH ₄ обменного	3,6	3,2	1,8	6,0	2,2	3,1
N — NH ₄ фиксированного	27,2*	1,4	33,6	36,0	26,0	33,7
N — NO ₃	35,8	6,6	20,6	31,2	6,0	14,1
N в органической форме	17,8	88,8	42,3	14,6	65,8	45,0
Потери	15,6	0,0	2,0	14,2	0,0	4,1
После выращивания овса						
Использовано растениями	44,0	8,4	29,2	50,0	20,0	20,4
Найдено в почве:						
N — NH ₄ обменного	0,5	0,5	0,8	1,1	0,9	1,5
N — NH ₄ фиксированного	1,2	1,4	1,4	3,4	3,9	15,5
N — NO ₃	0,5	0,1	0,6	0,3	0,6	0,7
N в органической форме	34,0	84,0	57,6	29,2	71,5	54,7
Потери	19,8	5,7	10,4	16,0	3,2	7,6

* Первоначальная фиксация 36 % внесенного.

На фоне NP между вариантами с глюкозой и соломой разница в использовании азота удобрений была значительно большей, чем на фоне NPK. В последнем случае осталось неиспользованным до 15 % внесенного в форме фиксированного NH₄.

Таким образом, можно считать доказанным, что фиксированный NH₄ доступен гетеротрофным микроорганизмам при создании благоприятных условий. Они лучше усваивают фиксированный NH₄, чем нитрификаторы. Меньшее его использование в присутствии соломы, очевидно, объясняется наличием в ней калия.

Полученные в вегетационных опытах данные были проверены в полевых условиях на пойменной почве, фиксирующей свыше 30 % N, внесенного в дозе 60 кг на 1 га.

Как и в лабораторных опытах, наиболее заметная убыль фиксированного NH₄ наблюдалась в варианте без калия (около 32 %); при обычной его дозе она составила всего 16 %, а при двойной — подавляющая часть фиксированного NH₄ осталась неиспользованной.

Т а б л и ц а 6

Содержание фиксированного из удобрений NH₄ в пару и под растениями в микрополевым опыте на пойменной почве

Вариант опыта	Пар		Ячмень	
	мг/сосуд	% снижения*	мг/сосуд	% снижения
NP	133	32,1	—	—
NPК	165	15,9	39,0	80,1
NPК ₂	180	8,2	60,0	69,4
NPК ₃	—	—	95,6	51,2

* Первоначальная фиксация в среднем по вариантам 196 мг (32,7 % внесенного).

Т а б л и ц а 7

Баланс азота (% от внесенного) в микрополевом опыте

Показатель	Пар			Ячмень		
	NP	NPК	NPК ₂	NPК	NPК ₂	NPК ₃
Использовано растениями	—	—	—	41,3	38,0	33,5
Найдено в почве:						
N — NH ₄ обменного +						
+ N — NO ₃	10,2	6,5	6,0	3,6	3,0	4,3
N — NH ₄ фиксированного	22,2	27,5	30,0	6,5	10,0	15,9
N в органической форме	9,7	8,3	8,8	23,8	23,0	22,0
Потери	58,0	57,7	55,0	24,8	26,0	24,3

Под ячменем блокирующее действие калия проявилось наиболее заметно при самой высокой дозе калия; около половины фиксированного NH₄ в этом варианте осталось неиспользованным. В остальных вариантах процент снижения первоначального содержания был весьма высоким (70—80).

Из табл. 7 следует, что в пару были значительно больше потери N удобрений и меньше, чем в вариантах с растениями, биологическое закрепление (в 2,5—3 раза). Фиксированный NH₄ составлял основную часть закрепившегося азота (22—30 % внесенного). В форме N—NH₄ обменного и нитратного азота осталось всего 6,0—10,2 %. Дозы калия мало влияли на показатели баланса.

Использование ячменем азота удобрений при разных дозах калия колебалось в пределах 33,5—41,3 % и зависело главным образом от доступности фиксированного NH₄. На биологическое закрепление и потери, составившие в сумме около половины внесенного азота, дозы калия мало влияли.

Опыт был оставлен на 2-й год для изучения использования фиксированного NH₄ в последствии. Весной в сосудах после их перезимовки были взяты пробы почвы. Как видно из табл. 8, за время зимнего и ранневесеннего парования содержание фиксированного NH₄ мало изменилось, практически он не использовался микроорганизмами.

При повторном посеве ячменя оставшийся фиксированный NH₄ продолжал использоваться растениями, убыль его и в вариантах с по-

Т а б л и ц а 8

Содержание оставшегося фиксированного из удобрений NH₄ и его убыль в последствии (в числителе мг на сосуд, в знаменателе — % снижения)

Вариант опыта	Начало опыта (весна)		Конец опыта	
	после пара	после ячменя	пар после ячменя	ячмень после ячменя
NP	128	—	—	—
	34,6			
NPК	160	37,0	35,5	15,0
	18,4	81,0	84,0	92,0
NPК ₂	186	55,0	50,5	22,6
	5,1	72,0	73,5	88,1
NPК ₃	—	80,6	81,0	29,5
		57,8	57,5	89,7

вышенными дозами калия приблизилась к 90 %. В пару (парование после посева ячменя в 1-й год опыта) при двойной и тройной дозах калия она так и осталась на уровне 57,5—73,5 %.

Таким образом, фиксированный NH_4 является особой запасной формой минерального азота, совершенно отличной от обменного: он слабо нитрифицируется даже при естественном содержании калия, а при его добавлении может быть законсервирован в почве практически без потерь на длительное время. В принципе доступный гетеротрофным микроорганизмам он, очевидно, может вовлекаться ими в биологический круговорот, но это мало проявляется опять-таки из-за присутствия в разлагающихся материалах (например, в соломе) калия. Наибольший сдвиг суммарного равновесия $\text{NH}_4^+ + \text{K}^+$ осуществляют растения, они являются и главными потребителями фиксированного NH_4 . Фиксация NH_4 в этом смысле является наиболее выгодным способом резервирования азота в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арнаутова Н. И. Динамика минерального азота в пару и под растениями в серой лесной почве. — Тр. Горьк. с.-х. ин-та, 1976, вып. 99, с. 33—35. — 2. Гамзиков Г. П. Формы азота в дерново-подзолистых и серых лесных почвах Западной Сибири и эффективность азотных удобрений. — В сб.: Плодородие почв Нечерноземной полосы и приемы его регулирования. Пушино, 1975, с. 59—66. — 3. Кудеяров В. Н., Башкин В. Н. О связи агрохимических свойств почв с содержанием обменного аммония и емкостью его фиксации. — Почвоведение, 1975, № 4, с. 119—124. — 4. Кудеяров В. Н., Янишевский Ф. В., Качалкина Т. П. Превращение азотных удобрений в дерново-подзолистой почве и доступность их растениям. — Агрохимия, 1969, № 11, с. 3—14. — 5. Могилевкина И. А. Содержание фиксированного аммония в некоторых типах почв СССР и их NH_4 -фиксирующая способность. — Агрохимия, 1965, № 7, с. 26—36. — 6. Петербургский А. В., Корчагина Ю. И. Фиксация аммония некоторыми почвами и доступность этой формы азота сельскохозяйственным растениям. — Агрохимия, 1965, № 7, с. 15—25. — 7. Продан В. И. Фиксированный аммоний северозападного карбонатного чернозема. — Изв. Сев.-Кавказ. науч. центра высшей школы. Естеств. науки, 1977, № 3, с. 83—84. — 8. Смирнов П. М., Фруктова Н. И. Необменная фиксация аммония почвами. — Почвоведение, 1963, № 3, с. 83—93. — 9. Смирнов П. М., Шилова Е. И., Кабанова Н. А. Доступность растениям фиксированного вермикулитом аммония. — Докл. ТСХА, 1965, вып. 115, с. 33—39. — 10. Шилова Е. И. О балансе азота удобрений на сильнофиксирующих почвах. — Почвоведение, 1970, № 10, с. 43—49. — 11. Allison F. E., Kefauver M., Roller E. M. — Soil Sci. Soc. America Proceeding, 1953, vol. 17, N 2, p. 107—110. — 12. Allison F. E., Roller E. M. — Soil Sci., 1955, vol. 80, N 6, p. 431—441. — 13. Aomine S., Higashi T. — J. Soil Manure, Japan, 1953, vol. 23, p. 105—108. — 14. Axley J. M., Legg I. O. — Soil Sci., 1960, vol. 90, N 3, p. 151—157. — 15. Baert de Bievre M., Van de Hende A., Lox F. — Pedologie Simp. Intern. 2 Appl. Sci. nucl. ped., 1961, p. 104—118. — 16. Bower C. A. — Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1951, N 15, p. 119—122. — 17. Broadbent F. E. — Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1965, vol. 29, N 6, p. 692—696. — 18. Dhariwal A. P. S., Stevenson F. I. — Soil Sci., 1958, vol. 86, N 6, p. 343—349. — 19. Jansson S. — Kung Lantbrukshögskolans annales, 1958, Bd 24 S. 102—361. — 20. Keeney D. R., Bremner J. M. — Soil Sci. Soc. America Proc., 1964, vol. 28, N 5, p. 653—656. — 21. Lutz I. A. — Soil Sci., 1966, vol. 102, N 6, p. 366—372. — 22. Nömmic H. — Acta Agricultura Scandinavica, 1957, vol. VII, N 4, p. 395—436. — 23. Welch L. F., Scott A. D. — Soil Sci., 1960, vol. 9, N 2, p. 102—104.

Статья поступила 26 мая 1981 г.

SUMMARY

It is shown in three pot experiments and one microplot experiment with ^{15}N on four soils (two of the m fixed up to 30—40 % of fertilizer ammonium) that fixed NH_4 is less available for soil microflora than for plants: its loss on the fallow land in the NP version is 17.5—32 %, in PK version — 0.5—15.9 %, under plants — 70—90 %. Higher rate of potassium blocks the utilization of fixed NH_4 by microorganisms, while stimulation of the development of heterotrophic microflora by supplying glucose into the soil increases it. Fixed NH_4 which remained in the soil after the first year of the experiment is preserved till spring and can be used by the following crops.

УДК 631.417.1:631.46

ВОЗДЕЙСТВИЕ MICROMONOSPORA CHALCEA НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ТОРФА И ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

В. А. ЧЕРНИКОВ, Е. З. ТЕППЕР, В. А. КОНЧИЦ, Л. Г. МАЙОРОВА

(Кафедра физической и коллоидной химии и кафедра микробиологии)

Значительную роль в изменении количественного и качественного составов органического вещества почв играют биологические факторы. Установлено [6], что между числом бонитировки почвы и численностью микроорганизмов, разрушающих гумусовые кислоты, существует тесная связь. С. Н. Виноградский [3] в 1952 г. выдвинул гипотезу существования в почве зимогенной микрофлоры, разлагающей свежие органические вещества, и автохтонной, участвующей в последующем их разложении. Е. З. Теппер [1] эта гипотеза была подтверждена. Воздействуя на указанные группы микроорганизмов, можно регулировать их деятельность, с тем чтобы более рационально использовать запасы гумуса [4, 7, 9, 17]. К более разработанным приемам, регулирующим деятельность микроорганизмов, относятся внесение высоких доз азотных удобрений, отрицательно влияющих на развитие микрофлоры [9, 20], и создание гумусово-минеральных комплексов за счет адсорбции микробных метаболитов глинами монтмориллонитового и гидрослюдистого состава, устойчивых к микробиологической деструкции [5]. Однако эти приемы не полностью позволяют решать поставленную проблему.

В этой связи особо важное значение приобретает открытие изменений, происходящих в гумусовых соединениях под влиянием различных групп микроорганизмов. Большой интерес представляет исследование воздействия на препараты гумусовых кислот групп микроорганизмов, преобладающих на самых поздних этапах микробной сукцессии и способных использовать ароматические компоненты ГК в качестве источников углерода и азота [12, 15, 17, 19].

Цель данной работы — изучение трансформации состава и свойств гуминовых кислот (ГК) торфа и подзолистой почвы под воздействием *Micromonospora chalcea*.

Материал и методы

Участие микромонопор в трансформации К определяли на основании результатов ультивирования культур на средах с изучаемыми веществами [14]. Опыт был поставлен на гелевых пластинах, приготовленных по методу С. Н. Виноградского [12], с 1 культурами микромонопор. Испытывали орфанные ГК (производства Олайнского завода химреактивов), переосажденные и очищенные этиловым спиртом, и ГК, выделенные из пахотного горизонта подзолистой почвы Архангельской области по методу Кононовой — Бельчиковой. Кислоты в виде растворов гуматов натрия вместе с питательной

средой наносили на гелевые пластины [14]. Гумат натрия из торфа использовали в качестве источника углерода (условно в дальнейшем ГК_у), источника азота (ГК_а), а также углерода и азота (ГК_{уа}), гумат натрия из подзолистой почвы — в качестве источника азота, а также углерода и азота. Контролем служили исходные препараты ГК и ГК с основной питательной средой, но без микроорганизмов (условно ГК_{нк} и ГК_{жк}). Если гуматы натрия должны были служить источником только азота или только углерода, к основной питательной среде добавляли соответственно или источник углерода, на котором данная культура лучше всего развивалась, или азот в виде КNO₃. Если же гуматы натрия служили единственным источником углерода и азота, то чашки с гелевыми пластинами пропитывали основной минеральной средой без источника углерода и азота. Использовалась основная минеральная среда № 1 Гаузе, но без источников углерода и азота. Соли растворяли в 200, а не в 1000 мл дистиллированной воды. Гуматы натрия добавляли в среду в следующих количествах из расчета на одну чашку: как источник азота — 15 мг; углерода, а также углерода и азота — 25 мг. Перед внесением в чашки растворы гуматов стерилизовали дробным способом [14], минеральную среду стерилизовали в течение 20 мин при 9,8·10⁴ Па.

Чашки пропитывали 4 мл основной минеральной среды осторожно, чтобы не растрескался гель, подсушивали в сушильном шкафу при 160°C, вносили растворы гуматов, подсушивали и остужали пластины. Затем на их поверхность наносили суспензию культуры микромонопор, слегка подсушивали при 40° и термостатировали во влажной камере при 28—30°. Повторность каждого варианта 3-кратная.

Через 12 мес чашки просматривали в световом микроскопе (увеличение 8×10) и выбирали те из них, у которых были характерные для микромонопор колонии. Препараты ГК выделяли пирофосфатным методом по Кононовой — Бельчиковой. Те же операции были проведены с исходными препаратами ГК. После извлечения из геля растворы ГК центрифугировали при 5000 об/мин и фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,23 мкм (производство СССР).

Для элементного анализа ГК использовали автоматический С,Н,Н-анализатор фирмы Паккард. Для выяснения потерь элементов мы пользовались массовыми долями (%), для характеристики структурных изменений — атомными процентами, по-

Элементный состав и степень окисленности ГК
(мас. % — числитель, ат. % — знаменатель)

ГК	C	H	N	O	H/C	O/C	ω
ГК торфа							
Исходные	53,61 39,19	4,30 37,52	2,27 1,41	39,82 21,88	0,96	0,56	+0,16
Как источник углерода	38,56 29,31	4,17 37,81	2,06 1,37	55,21 31,51	1,29	1,07	+0,86
Как источник азота	40,22 30,48	4,19 37,86	1,60 1,00	53,99 30,66	1,24	1,01	+0,77
Как источник углерода и азота	24,09 21,03	3,00 31,17	0,95 0,73	71,96 47,07	1,48	2,24	+2,96
ГК подзолистой почвы							
Исходные	51,88 42,94	2,91 28,73	3,12 2,19	42,09 27,14	0,67	0,61	+0,55
Контроль (без участия микроорганизмов)	40,77 31,69	3,33 30,84	2,56 1,68	53,34 35,79	0,97	1,12	+1,29
Как источник азота	32,68 27,44	3,19 31,90	2,09 1,51	62,04 39,15	1,16	1,43	+1,69
Как источник углерода и азота	35,31 29,11	3,36 32,68	2,34 1,68	58,99 39,53	1,12	1,25	+1,39

скольку в этом случае можно более правильно оценить участие элементов в соединениях. Содержание кислорода определяли по разности. Степень окисленности рассчитывали по методу Орлова [10]. ИК-спектры снимали на приборе UR-20 при таблетировании препаратов ГК с КВг. Для интерпретации ИК-спектров использовали монографии [1, 2] и таблицу характеристических частот собственно гумусовых веществ, составленную по обобщенным литературным данным [11].

Элементный состав гуминовых кислот

Гуминовые кислоты торфа. При использовании ГК в качестве источника углерода их элементный состав существенно менялся: уменьшилось содержание углерода, водорода и азота (разница соответственно 15,0; 0,13 и 0,21%)¹ и возросло содержание кислорода, вычисленного по разности (на 15,4%).

Существенно изменился и элементный состав GK_a, причем направленность этих изменений была такой же, как и в первом случае (таблица). В GK_a снизилось количество углерода (на 13,4%), водорода (на 0,11%) и азота (на 0,67%), но увеличилось содержание кислорода (на 14,2%). Следует отметить, что содержание углерода в GK_γ уменьшалось значительно, чем в GK_a, тогда как содержание азота — менее значительно.

В варианте с GK_{γa} элементный состав их изменился наиболее резко: существенно уменьшилось содержание углерода (на 29,5%), азота (на 1,32%), водорода (на 1,30%) и увеличилось количество кислорода (на 32,1%). Таким образом, в этом случае потери углерода и азота составили более половины их количества в исходных гуминовых кислотах, причем потери углерода, азота и водорода в варианте GK_{γa} оказались больше суммы их потерь в вариантах GK_γ и GK_a.

При воздействии микроноспор наблюдалось окисление ГК, особенно в варианте GK_{γa} (таблица).

Атомное отношение H/C позволяет в какой-то мере судить об участии алифатических и ароматических структур в молекулах. По Ван Кревелену [8], чем выше отношение H/C, тем больше эта доля. И если в исходных ГК отношение H/C меньше единицы, т.е. больше доля бензольных структур, то при использовании ГК в качестве источников углерода и азота доля алифатических структур в молекулах возрастет. Наибольшее отношение H/C характерно для GK_{γa}. Отсюда следует, что под воздействием микроорганизмов строение ГК упрощается, при этом происходит отрыв алифатических структур периферической части. В варианте с GK_{γa} воздействию начинает подвергаться, вероятно, и ядерная часть ГК. Это до некоторой степени согласуется с данными об увеличении количества пептидных мостиков в периферической части ГК торфяно-болотных почв в результате жизнедеятельности микроорганизмов [18].

¹ По всей статье различия между исходными данными и данными других вариантов приводятся как разность между ними.

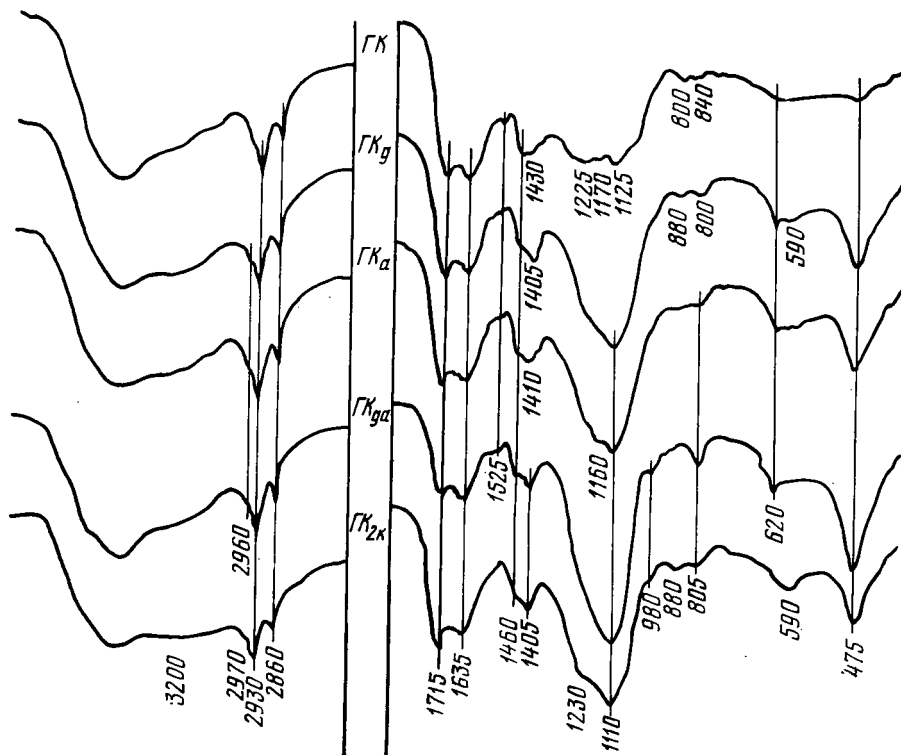


Рис. 1. ИК-спектры ГК торфа.

Гуминовые кислоты подзолистой почвы. В исходных ГК подзолистой почвы содержится несколько меньше углерода и водорода, но больше азота и кислорода, чем в исходных ГК торфа. Они характеризуются более сложной структурой и более окислены.

Вариант $ГК_{2к}$ (контроль без микроорганизмов) позволяет выявить изменения структуры ГК под влиянием абиотических факторов. В течение 12 мес в этом случае уменьшилось содержание углерода (на 11%) и азота (на 0,6%), а содержание водорода и кислорода увеличилось (соответственно на 0,42 и 10%). Судя по атомному отношению Н/С, произошло некоторое упрощение структуры ГК, они стали более окисленными.

В варианте $ГК_{ya}$ изменения в структуре ГК были более значительные, чем в двух контрольных вариантах. Но наибольшие изменения претерпели $ГК_a$: содержание углерода уменьшилось на 19,2%, азота — на 1,03%, содержание водорода и кислорода увеличилось соответственно на 0,28 и 19,9%. Строение ГК в этом варианте было наиболее упрощенным (Н/С 1,16), степень их окисленности наивысшей, что позволяет предположить возможность использования микроорганизмами азота не только периферической, но и центральной ядерной части ГК, так как его содержание уменьшилось значительно, чем в варианте $ГК_{ya}$. В свою очередь, это привело к относительному обогащению ГК алифатическими

фрагментами периферической части и соответственно к повышению потребления углерода (таблица). Указанные процессы трансформации ГК проявились в резком увеличении степени окисленности и атомного отношения Н/С.

Следовательно, при недостатке азота микроорганизмы, потребляя углерод, в наибольшей степени изменяют состав и свойства гуминовых кислот подзолистых почв, при этом расшатывается их структура, затрагивается центральная и ядерная части. Очевидно, ГК переходят в лабильные, легкодоступные соединения. Поэтому для торможения деятельности микроорганизмов, т.е. для сохранения запасов органического вещества, необходимо увеличивать дозы азотных удобрений. Косвенным образом это подтверждается данными о торможении развития микрофлоры и процесса минерализации в торфяных почвах при внесении высоких доз азотных удобрений [5], хотя в данной работе отмеченное явление рассматривается как отрицательное.

Поскольку структура ГК торфа в варианте $ГК_{ya}$ изменилась в большей мере, чем в варианте $ГК_a$, можно заключить, что в них азот содержится в основном в периферической части, поэтому микроорганизмам нет необходимости разрывать более прочные связи для потребления углерода.

Основываясь на данных об элементном составе ГК, необходимо отметить, что более глубокой деградации под воздействием микроорганизмов подвергаются ГК торфа.

Отсюда следует, что при окультуривании торфяных почв необходимо применять защитные мероприятия, ингибирующие деятельность микроорганизмов.

Результаты инфракрасной спектроскопии гуминовых кислот

Гуминовые кислоты торфа. В области $3700-2800\text{ см}^{-1}$ у исходных ГК достаточно интенсивные полосы поглощения воды при 3440 см^{-1} и валентных колебаний С—Н в CH_2 и CH_3 группах при 2930 и 2860 см^{-1} (рис. 1). В области $1900-700\text{ см}^{-1}$ имеется несколько интенсивных полос поглощения при 1715 см^{-1} (С=О карбонильное поглощение карбоксильных групп), 1635 см^{-1} (карбонильное поглощение хиноидных структур), 1460 и 1430 см^{-1} (симметричное деформационное поглощение CH_3 и CH_2 групп углеводородов) и полосы поглощения при 1225 , 1170 и 1125 см^{-1} , принадлежащие кислородсодержащим группировкам. Кроме этого, есть слабые полосы поглощения при 1525 см^{-1} (С=С ароматических структур) и при 880 и 840 см^{-1} (колебания С—Н ароматических структур). В области $700-400\text{ см}^{-1}$ имеются две слабовыраженные полосы поглощения при 620 и 475 см^{-1} , вторая, по всей вероятности, обусловлена минеральными компонентами зольной части [13].

В варианте ГК_y характер спектра несколько меняется, особенно в областях $1900-700$ и $700-400\text{ см}^{-1}$. Полоса поглощения при 1525 см^{-1} (С=С ароматических структур) становится менее интенсивной, исчезает полоса поглощения при 1430 , вместо которой появляется полоса поглощения при 1405 см^{-1} . Значительно возрастает ин-

тенсивность полосы поглощения при 1110 см^{-1} , при этом полосы поглощения кислородсодержащих соединений при 1225 , 1170 и 1125 см^{-1} исчезают. Вместо полосы поглощения при 840 см^{-1} появляется полоса поглощения 800 см^{-1} . В области $700-400\text{ см}^{-1}$ возрастает интенсивность полосы поглощения при 620 и 475 см^{-1} и появляется новая полоса поглощения при 590 см^{-1} . В варианте ГК_a отмечаются в основном те же изменения, что и в случае ГК_y , т.е. значительно увеличивается интенсивность полос поглощения при 1110 и 475 см^{-1} и уменьшается интенсивности полосы поглощения при 1525 см^{-1} . В спектре варианта ГК_{ya} появляются такие же изменения, но они более выражены, особенно для полос поглощения при 1110 и 475 см^{-1} . Кроме того, заметно возрастает интенсивность полосы поглощения при 1635 , 1405 и 805 см^{-1} , появляется также новая полоса поглощения при 980 см^{-1} .

Спектры ГК_{2k} и ГК_{ya} во многом сходны однако в первом имеется поглощение кислородсодержащих группировок при 1230 см^{-1} (в виде плеча на полосе поглощения при 1110 см^{-1}), менее интенсивная полоса поглощения при 805 см^{-1} и вновь появляется полоса поглощения при 590 см^{-1} .

Гуминовые кислоты подзолистой почвы. Спектр исходных ГК несколько отличается от спектра исходных ГК торфа. Прежде всего валентные колебания CH_3 и CH_2 групп 2930 и 2860 см^{-1} (рис. 2) характеризуются меньшей интенсивностью. В области $1900-700\text{ см}^{-1}$ имеется практически такой же набор полос поглощения, как и в случае ГК торфа. Однако у ГК подзолистой почвы отсут-

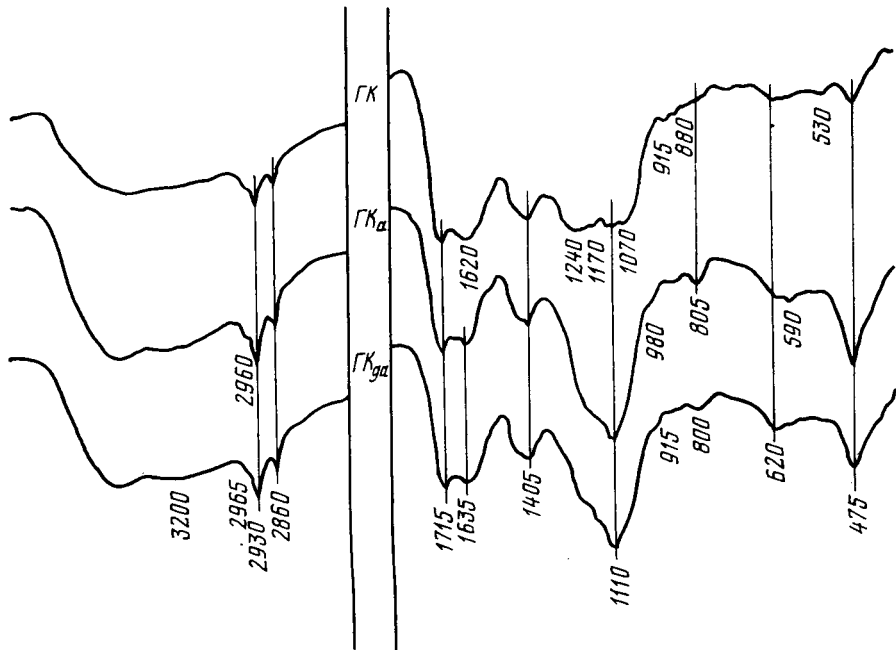


Рис. 2. Ик-спектры ГК подзолистой почвы.

ует полоса поглощения при 1525 см^{-1} и появляются две полосы поглощения — при 1070 см^{-1} и 915 см^{-1} . В области $700\text{—}400\text{ см}^{-1}$ имеется три полосы поглощения — при 620 ; 530 и 475 см^{-1} , причем последняя более интенсивна, чем у ГК торфа. Присутствие полос поглощения при 1070 , 915 см^{-1} и большая интенсивность полосы поглощения при 475 см^{-1} могут быть следствием повышенной зольности ГК подзолистой почвы.

При использовании ГК_a изменения в спектре такие же, как и у ГК торфа. Увеличивается интенсивность валентных колебаний NH_3 и CH_2 групп. В области $1900\text{—}700\text{ см}^{-1}$ наиболее интенсивной становится полоса поглощения при 1110 см^{-1} , возрастает также интенсивность полосы поглощения при 805 см^{-1} . Кроме того, в ГК рассматриваемого варианта возрастает содержание зольных компонентов, о чем свидетельствует увеличение интенсивности полосы поглощения при 475 см^{-1} .

Почти такие же изменения, но менее выраженные отмечены в спектре $\text{ГК}_{\text{Уа}}$ подзолистой почвы.

Таким образом, при использовании ГК подзолистой почвы в качестве источника азота их состав и свойства изменяются значительно, чем при использовании их в качестве источника углерода и азота.

Заключение

Результаты изучения элементного состава ГК и данные ИК-спектроскопии показали, что при использовании ГК торфа в качестве единственного источника углерода и азота в результате воздействия микромоноспор потери углерода, азота и водорода были больше суммы их потерь, чем при использовании ГК в качестве только источника углерода и только азота. Состав и свойства ГК подзолистой почвы изменялись значительно при использовании их в качестве источника азота. Под воздействием микроорганизмов упрощается строение ГК, при этом происходит отрыв алифатических структур периферической части. При дефиците легкодоступного азота деградации подвергается и центральная (ядерная) часть ГК подзолистой почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беллами А. Инфракрасные спектры молекул. М.: ИЛ, 1957. — 2. Беллами А. Новые данные по ИК-спектроскопии сложных молекул. М.: Мир, 1971. — 3. Виноградский С. Н. Микробиология почвы. Проблемы и методы. М.—Л.: АН СССР, 1952. — 4. Звягинцев Д. Г. Химизация земледелия и изменения в функционировании комплекса почвенных микроорганизмов. — VI съезд Всесоюз. микробиол. об-ва «На главн. путях науч.-техн. прогресса». Т. 5. Рига, 1980, с. 6. — 5. Зименко Т. Г. Роль микроорганизмов в торможении минерализации органического вещества торфяных почв. — VI съезд Всесоюз. микробиол. об-ва «На главн. путях науч.-техн. прогресса». Т. 5. Рига, 1980, с. 18. — 6. Клевенская И. Л., Наплекова Н. Н. Использование микробиологических показателей для оценки свойств почв. — В сб.: Пробл. сиб. почвовед. Новосибирск: Наука, 1977, с. 175—186. — 7. Кравков С. П. Биохимия и агрохимия почвенных процессов. (Избр. произв. к 100-летию со дня рождения). Л.: Наука, 1978. — 8. Кревелен Ван Д. Химия твердого топлива. М.: ИЛ, 1951. — 9. Михновская А. Д. О регуляции микробиологических процессов в почве. — VI съезд Всесоюз. микробиол. об-ва «На главн. путях науч.-техн. прогресса». Т. 5. Рига, 1980, с. 114. — 10. Орлов Д. С. Элементный состав и степень окисленности гумусовых кислот. — Науч.

докл. высш. школы, биол. науки, 1970, № 1, с. 3—20. — 11. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во МГУ, 1974. — 12. Сидоренко О. Д., Аристархова В. И., Черников В. А. Изменение состава и свойства гуминовых кислот под воздействием микроорганизмов рода *Nocardia*. — Изв. АН СССР. сер. биол., 1978, № 2, с. 195—202. — 13. Степанов И. С. Применение инфракрасной спектроскопии в почвоведении. М.: Колос, 1976. — 14. Теппер Е. З. Микроорганизмы рода *Nocardia* и разложение гумуса. М.: Наука, 1976. — 15. Теппер Е. З., Черников В. А., Кончиц В. А., Майорова Л. Г. Трансформация гуминовых кислот торфа под воздействием микромоноспор. — VI съезд Всес. микробиол. об-ва «На главн. путях науч.-техн. прогресса». Т. 6. Рига, 1980, с. 59. — 16. Dubovská A. — *Organická hmota v pôde. Rostl. výroba*, 1979, 25, № 11, с. 1097. — 17. Dubovská A., Bernat J., Masoň M. — *Stud. about Humus. Humus et Planta. VII Trans. Int. Symp.*, Brno, 1979, S. 1, 1979, с. 198—203. — 18. Dudchenko V. G., Beskrovnyy A. K., Porova A. V., Gordienko S. A. — *Stud. about Humus. Humus et Planta, VII Trans. Int. Symp.*, S. 1. Brno, 1979, p. 523—528. — 19. Küster E. — *Z. Pflanzenernähr. u. Bodenk.*, 1979, Bd 42, № 3, S. 365—374. — 20. Myskowiak W. — *Pamiętnik Pulaw*, 1975 (1976), № 65, S. 7—32.

Статья поступила 17 марта 1981 г.

SUMMARY

The variation in elemental composition of humic acids in peat and podzolic soil used as the only source of carbon, nitrogen and carbon and nitrogen for micromonosporae has been studied. The results obtained were supported by the data of infra-red spectroscopy.