

ности культур и продуктивности скота, повышение эффективности производства и качества всех видов продукции за счет внедрения интенсивных технологий в растениеводстве и животноводстве, пропорциональное развитие всех звеньев АПК, сокращение потерь на всех стадиях работы комплекса.

Список литературы

1. Ярошевич Н. К. Сельскохозяйственные районы Минской губернии и Белорусской Советской Социалистической республики. Минск, 1923. С. 60—66.
2. Бонч-Осмоловский Р. А. // Народное хозяйство Белоруссии. Минск, 1924. Кн. 2—3. С. 48.
3. Бонч-Осмоловский Р. А. // Советское строительство. 1926. № 2. Минск. С. 31.
4. Котов А. А. Там же. С. 116; № 3. С. 15.
5. Гарэцкі Р. // Сельская і лясная гаспадарка. Менск, 1930. № 2—3. С. 14.
6. Мацярыкін М. С. Основы индустриализации сельской гаспадаркі БССР. Минск, 1930. С. 44.
7. Эканамічная геаграфія БССР. Менск, 1936. С. 218.
8. Белорусская ССР за годы Советской власти. Минск, 1967.
9. Мартинкевич Ф. С. Размещение и специализация сельского хозяйства Белорусской ССР. Минск, 1961. С. 256.
10. Журавская Н. И. // Природное и сельскохозяйственное районирование СССР: Материалы VI Межвуз. конференц по природному и с.-х. районированию СССР для сельского хозяйства. М., 1974. С. 334.
11. Трухан І. І. БелСЭ. Мінск, 1975. Т. 12.
12. Журавская Н. И. // XXIII Международ. геогр. конгресс: Тез. докл. Комиссии по типологии с. х. Одесса, 1976. С. 18.
13. Размещение и специализация сельского хозяйства Белорусской ССР / Г. М. Лыч и др. Минск, 1986. С. 94.
14. Народное хозяйство Белорусской ССР в 1985 г. Статистический ежегодник. Минск, 1986.
15. Материалы XXVII съезда КПСС. М., 1986.
16. Материалы XXX съезда КПБ. Минск, 1986.

УДК 631.416.8:577.170.40

Д. В. НИЧИПОРОВИЧ, Т. Я. ЛОБАЧ

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

В связи с широким осушением торфяно-болотных почв и использованием их в сельском хозяйстве изучение роли гумусовых веществ в трансформации, миграционной подвижности микроэлементов является важнейшим, но, к сожалению, наименее изученным вопросом. Представляется весьма интересным рассмотреть связь микроэлементов с составом органического вещества и изменения их содержания под влиянием антропогенного фактора.

Исследования вели на территории совхоза «Песковский» Березовского района Брестской области в условиях приозерного понижения в 150 м от оз. Черное. Почвенный покров представлен средне- и маломощными торфяными почвами. Мелиорация проведена польдерным методом с регулируемым уровнем почвенно-грунтовых вод на глубину 80—90 см.

Опытная площадка закладывалась 100×200 м с разбивкой пикетажа через 25 м, фиксацией точек отбора образцов инструментальным методом и картографированием почв. Образцы отбирались в восьмикратной повторности, что позволило в какой-то степени нивелировать влияние пространственной пестроты почвенного покрова. Почвы пахотного горизонта изучались в первый год освоения и после четырехлетнего сельскохозяйственного использования. В первые три года после осушения почвы использовались под многолетние травы, затем под ячмень. За время наблюдений в почвы ежегодно вносилось по 60 кг/га д. в. P₂O₅ и 120 кг/га д. в. K₂O, одноразово — 5 кг/га д. в. медного колчедана. Пахотный горизонт исследуемых почв представлен тростниковым торфом со степенью разложения 45—50 % и рыхло-комковатой структурой.

Изменение водно-воздушного режима обусловило усиление микробиологических процессов и минерализацию органического вещества. В результате резко трансформировался почвенный покров площадки. Площадь торфяно-болотных маломощных почв, занимающих сразу после освоения 34,7 %, увеличилась через четыре года до 94,3 %. Площадь торфяно-болотных среднемощных почв уменьшилась с 65,3 до 6,8 %. За четыре года использования в пахотном горизонте возросло содержание золы на 7,7 % (среднее содержание в 45 образцах в начале проведения мелиорации составляло 15,5 %, через четыре года освоения — 23,2 %*), увеличилось содержание подвижных форм фосфора и калия. Так, сразу после осушения 91,8 % территории составляли почвы, содержащие 2—20 мг/100 г почвы P_2O_5 , через четыре года количество P_2O_5 составило 20—50 мг/100 г. Соответственно и по калию: площадь почв, содержащих 15—35 мг/100 г почвы K_2O , возросла от 58,7 до 97,5 %.

Состав органического вещества торфяной почвы определяли методом В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [1]. В выделенных фракциях органического вещества устанавливали содержание меди, цинка, марганца и молибдена общепринятыми методами [2].

После четырехлетнего периода сельскохозяйственного использования в составе органического вещества почвы повысилось относительное содержание битумов на 0,5 %, обусловленное разложением в торфе менее прочных компонентов (табл. 1). Группа гуминовых кислот возросла на 3,8 %. В составе последних отмечено увеличение всех фракций, особенно фракции гуминовых кислот, связанной с подвижными полуторными окислами (2,3 %). Группа фульвокислот уменьшилась на 4,3 %, отмечено также уменьшение содержания всех фракций фульвокислот. Количество гидролизуемых веществ в составе органического вещества изменилось незначительно. Отмечается тенденция к возрастанию негидролизуемого остатка.

В группе фульвокислот особенно много накапливается молибдена (46,50—56,04 % от содержания в почве), марганца (37,10—49,50 %) и меди (26,30—39,50 %); меньше всего связывает фульвокислоты цинк (21,62—39,50 %). Однако несмотря на высокую комплексообразовательную способность фульвокислот [3], значительное количество микроэлементов фракции 1а (табл. 2) находится в подвижном состоянии и извлекается как мобильная часть минеральных соединений. Это подтверждается отсутствием связи между содержанием углерода фульвокислот фракции 1а и содержанием микроэлементов. Наиболее прочно связан с органическим веществом фульвокислот молибден и цинк во фракции 1+2:

$$r_{Mo} = \frac{0,85 \pm 0,05^*}{0,65 \pm 0,09}; P_{Mo} = \frac{0,99}{0,92}; r_{Zn} = \frac{0,72 \pm 0,08}{0,99 \pm 0,06}; P_{Zn} = \frac{0,95}{0,99};$$

и фракции 3:

$$r_{Mo} = \frac{0,62 \pm 0,10}{0,70 \pm 0,08}; P_{Mo} = \frac{0,90}{0,95}; r_{Zn} = \frac{0,79 \pm 0,06}{0,75 \pm 0,09}; P_{Zn} = \frac{0,98}{0,95}.$$

Связь между марганцем и углеродом фульвокислот не обнаружена, а связь меди с углеродом фульвокислот наблюдалась лишь во фракции 3 непосредственно после осушения. За период исследования в группе фульвокислот отмечается снижение содержания всех микроэлементов и перераспределение их по фракциям.

В группе гуминовых кислот по сравнению с группой фульвокислот количество извлекаемых микроэлементов резко уменьшается в связи с большей конденсированностью ароматического ядра и менее развитой периферической частью [4]. В группе гуминовых кислот содержится, % от валового: меди 13,76—19,96; молибдена 13,70—15,40; марганца 4,48—5,99 и цинка 3,30—3,61 (табл. 3). Относительное накопление меди

* По данным Проблемной НИЛ мелиорации ландшафтов.

* Везде в числителе — первый год освоения, в знаменателе — после четырехлетнего использования.

Таблица 1

**Фракционно-групповой состав органического вещества торфяно-болотных почв
(% к органическому углероду, $n=8$)**

Статистические показатели	Битум	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты				Гидролизуемые H_2SO_4		Негидролизуемый остаток	$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$
		1	2	3	Σ	1a	1+2	3	Σ	1н.	80%		
Первый год освоения													
\bar{x}	5,30	21,60	4,50	18,40	44,70	1,40	8,10	8,60	18,00	3,70	4,90	23,20	2,58
σ	1,13	2,50	2,02	2,64	3,09	0,60	1,62	2,79	4,10	0,70	0,75	5,71	0,58
m	0,40	0,83	0,71	0,93	1,09	0,21	0,57	0,99	1,45	0,25	0,27	2,02	0,21
V	21,12	11,53	44,79	14,36	6,93	42,86	20,00	31,70	22,78	18,91	15,31	24,61	22,48
После четырехлетнего сельскохозяйственного использования													
\bar{x}	5,80	23,90	4,70	19,20	47,90	0,96	7,70	5,00	13,70	4,00	4,80	23,80	3,60
σ	0,86	2,65	2,40	1,94	1,93	0,24	1,66	1,80	2,20	0,77	0,50	2,64	0,71
m	0,30	0,93	0,85	0,67	0,77	0,08	0,59	0,63	0,78	0,27	0,17	0,93	0,25
V	15,00	11,07	50,85	10,08	4,01	25,00	21,56	36,00	16,06	19,25	10,42	11,09	19,72

Содержание микроэлементов во фракциях фульвокислот ($n=8$)

Статистические показатели	Фракция 1а				Фракция 1+2				Фракция 3			
	Cu	Zn	Mn	Mo	Cu	Zn	Mn	Mo	Cu	Zn	Mn	Mo
Первый год освоения												
\bar{x}	$\frac{17,50}{8,91}$	$\frac{13,00}{10,67}$	$\frac{167,60}{22,51}$	$\frac{0,55}{2,06}$	$\frac{11,40}{5,80}$	$\frac{4,18}{8,77}$	$\frac{162,73}{21,85}$	$\frac{8,48}{34,94}$	$\frac{17,80}{4,49}$	$\frac{5,00}{4,10}$	$\frac{38,50}{5,17}$	$\frac{4,60}{18,95}$
σ	17,03	6,86	25,93	0,05	32,07	8,76	111,23	3,95	2,82	1,38	4,68	1,11
m	6,09	2,43	9,17	0,02	14,34	3,10	39,93	1,40	1,00	0,49	1,65	0,39
V	25,21	52,69	15,47	9,10	44,88	81,71	68,35	46,58	15,84	27,49	12,16	24,29
После четырехлетнего сельскохозяйственного использования												
\bar{x}	$\frac{18,20}{8,44}$	$\frac{10,60}{7,66}$	$\frac{159,50}{16,15}$	0	$\frac{14,40}{6,49}$	$\frac{11,00}{7,95}$	$\frac{115,00}{11,65}$	$\frac{9,30}{30,44}$	$\frac{23,70}{11,00}$	$\frac{8,30}{6,00}$	$\frac{91,60}{9,28}$	$\frac{4,90}{16,04}$
σ	17,04	3,15	13,98		32,35	9,16	77,81	3,44	6,00	9,65	61,81	1,17
m	6,03	1,11	4,94		11,44	3,24	27,51	1,21	2,12	3,41	21,86	0,41
V	29,80	29,58	8,76		38,84	83,27	67,63	36,87	25,25	11,57	67,48	23,97
t	0,89	0,77	1,02		1,22	0,06	0,99	0,46	2,52	0,96	2,42	0,54
P	0,88	0,81	0,77		0,84	0,52	0,83	0,67	0,99	0,82	0,99	0,70

Примечание. Здесь в табл. 3 в числителе содержание микроэлементов, мг/кг почвы, в знаменателе — %.

Содержание микроэлементов во фракциях гуминовых кислот ($n=8$)

Статистические показатели	Фракция 1				Фракция 2				Фракция 3			
	Cu	Zn	Mn	Mo	Cu	Zn	Mn	Mo	Cu	Zn	Mn	Mo
Первый год освоения												
\bar{x}	$\frac{10,95}{2,76}$	$\frac{1,84}{1,51}$	$\frac{11,70}{1,57}$	$\frac{1,05}{4,33}$	$\frac{30,67}{15,30}$	0	$\frac{22,83}{3,17}$	$\frac{0,67}{2,76}$	$\frac{7,53}{1,90}$	$\frac{2,19}{1,79}$	$\frac{10,03}{1,35}$	$\frac{1,61}{6,63}$
σ	2,08	0,47	5,93	0,23	20,37		13,85	0,64	1,43	0,91	3,55	0,24
m	0,73	0,16	2,10	0,08	7,20		4,90	0,22	0,50	0,32	1,25	0,08
V	19,60	45,16	50,68	21,90	33,57		60,40	95,52	18,99	35,13	35,39	14,90
После четырехлетнего сельскохозяйственного использования												
\bar{x}	$\frac{11,32}{2,19}$	$\frac{1,66}{1,20}$	$\frac{28,37}{2,87}$	$\frac{1,11}{3,63}$	$\frac{51,21}{9,93}$	0	$\frac{6,68}{0,68}$	$\frac{2,00}{6,54}$	$\frac{8,45}{1,64}$	$\frac{3,33}{2,40}$	$\frac{9,15}{0,93}$	$\frac{1,60}{5,24}$
σ	2,35	0,50	17,81	0,24	28,16		9,24	1,28	0,83	1,85	3,43	0,23
m	0,83	0,17	6,30	0,09	9,96		3,26	0,49	0,29	0,65	1,21	0,08
V	20,76	30,12	62,78	21,62	54,99		111,05	80,71	9,82	55,55	37,48	14,37
t	0,33	0,78	2,51	0,50	0,77		2,48	2,51	1,59	1,03	0,51	0,09
P	0,63	0,78	0,99	0,69	0,77		0,99	0,99	0,93	0,84	0,59	0,54

обусловлено слабокислой реакцией среды (рН 5,6—5,5), создающей наилучшие условия для коагуляции органического вещества ионами меди [5].

Молибден в почвах, богатых органическим веществом, находится в виде комплексных солей, входит в состав анионной части молекулы и не способен к обменной реакции [6].

За время исследований наблюдается накопление в группе гуминовых кислот цинка и молибдена и снижение содержания меди. Отмечается перераспределение микроэлементов по фракциям гуминовых кислот. Фракция, выделяемая непосредственной обработкой 0,1 н. NaOH, наиболее подвижная, находится в свободном состоянии. Степень подвижности ее определяется обменными катионами. Наиболее прочно связывается с гуминовыми кислотами лишь молибден: $r_{Mo} = \frac{0,69 \pm 0,09}{0,74 \pm 0,07}$, $P = \frac{0,95}{0,95}$.

Фракция гуминовых кислот, связанная с кальцием, не содержит цинка. Возможно, слабокислая реакция среды способствует соосаждению цинка с фульвокислотами [5]. Отмечена коррелятивная связь между углеродом и медью: $r_{Cu} = \frac{0,66 \pm 0,09}{0,72 \pm 0,08}$, $P = \frac{0,93}{0,95}$; молибденом за первый срок наблюдений: $r_{Mo} = 0,88 \pm 0,04$, $P = > 0,99$ и марганцем $r_{Mn} = 0,71 \pm 0,07$, $P = 0,95$. Установлена высокая степень связи микроэлементов с устойчивыми гуминовыми кислотами фракции 3. Коэффициент корреляции между медью, цинком, марганцем и молибденом с углеродом гуминовых кислот:

$$r_{Cu} = \frac{0,73 \pm 0,08}{0,85 \pm 0,05}, P = \frac{0,96}{0,99}; r_{Zn} = \frac{0,73 \pm 0,08}{0,95 \pm 0,01}, P = \frac{0,96}{> 0,99};$$

$$r_{Mn} = \frac{0,86 \pm 0,04}{0,95 \pm 0,01}, P = \frac{> 0,99}{> 0,99}; r_{Mo} = \frac{0,75 \pm 0,07}{0,69 \pm 0,09}, P = \frac{0,96}{0,95}.$$

Группа легкогидролизуемых веществ содержит лишь медь и цинк: 4,48—5,99 и 23,89—40,55 % валового содержания. Коэффициент корреляции их с углеродом неспецифических соединений почвы очень высок:

$$r_{Cu} = \frac{0,75 \pm 0,07}{0,85 \pm 0,04}, P = \frac{0,97}{0,99}; r_{Zn} = \frac{0,94 \pm 0,02}{0,90 \pm 0,03}, P = \frac{0,99}{0,99}.$$

По данным Хаймса и Барбера (по [5]), в органической части почвы содержится около 70 % валового запаса цинка. Если разрушить органическое вещество почвы, фиксация цинка почвой не происходит.

Наблюдается более тесная связь цинка и марганца с углеродом после четырехлетнего сельскохозяйственного использования торфяно-болотной почвы:

$$r_{Zn} = \frac{0,65 \pm 0,07}{0,76 \pm 0,07}, P = \frac{0,92}{0,97}; r_{Mn} = \frac{0,60 \pm 0,11}{0,70 \pm 0,08}, P = \frac{0,88}{0,95}.$$

Коэффициент корреляции молибдена: $r_{Mo} = \frac{0,88 \pm 0,04}{0,80 \pm 0,06}$, $P = \frac{0,99}{0,98}$.

Однако для меди достоверной связи с органическим веществом гидролизата не обнаружено. По-видимому, значительное количество меди извлекается при частичном разрушении минерального субстрата 80 %-ной серной кислотой.

Тесная связь между углеродом нерастворимого остатка и микроэлементами установлена за оба срока исследований лишь для молибдена: $r_{Mo} = \frac{0,72 \pm 0,08}{0,90 \pm 0,03}$, $P = \frac{0,96}{0,99}$. Отмечено накопление в негидролизуемом остатке меди, марганца и уменьшение содержания цинка при $P = > 0,99$.

Таким образом, в начальный период освоения торфяно-болотной почвы низинного типа в составе органического вещества происходят активные процессы гумификации. Отмечено накопление гуминовых кислот на 3,8 % и группы негидролизуемого остатка на 0,8 %, а также снижение на 4,3 % содержания фульвокислот.

Прочная связь микроэлементов с углеродом фульвокислот обнаружена для цинка, молибдена (фракции 1+2 и 3) и для меди (фракция 3).

Гуминовые кислоты характеризуются меньшей комплексообразовательной способностью и накапливают в своем составе меньше микроэлементов. Выявлена высокая достоверная связь микроэлементов с углеродом гуминовых кислот фракции 3. Наиболее прочно связан с гуминовыми кислотами молибден.

Отмечается высокая достоверная связь меди и цинка с углеродом легкогидролизуемых веществ и цинка, марганца и молибдена с углеродом трудногидролизуемых веществ. С органическим веществом негидролизуемого остатка прочно связан лишь молибден.

Список литературы

1. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах. Л., 1975. С. 48.
2. Ринькис Г. Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. Рига, 1963. С. 124.
3. Тихомиров Ф. А. // Вестн. МГУ. Сер. почвовед. 1982. № 2. С. 63.
4. Кононова М. М. // Почвоведение. 1968. № 8. С. 34.
5. Степанова М. Д. Микроэлементы в органическом веществе почв. Новосибирск, 1976. С. 100.
6. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л., 1980. С. 196.