

УДК 631.461:631.417.2

ОСОБЕННОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ

К. ЗИВЕРТ, В. И. САВИЧ

(Кафедра почвоведения)

Изучалась разлагаемость различных групп гумусовых кислот, выделенных из чернозема по методу Тюрина и разделенных по методу В. В. Вильямса в модификации Н. К. Семеновой. Оценку разлагаемости проводили в инкубационных опытах, в которых периодически определяли количество выделяющегося CO_2 . Установлено, что различные системы удобрения незначительно влияли на микробиологическую устойчивость гумусовых кислот. Интенсивность разложения серых гуминовых, ульминовых, фульвановых, фульвиновых и лигнофульвиновых кислот коррелировала с их химическим составом.

Для оценки влияния органического вещества почв на их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур необходимо знать количество разлагающегося в течение вегетационного периода гумуса и освободившихся при этом элементов питания, что предполагает целесообразность изучения микробиологического разложения органического вещества почв.

Объектом наших исследований служил выщелоченный чернозем на лессе (длительный опыт в Бад-Лаухштадте, ГДР). Варианты опыта: навоз; навоз + NPK; NPK; без удобрений. Краткая характеристика объектов исследования представлена в табл. 1.

Из почвенных образцов, взятых осенью 1978 г., гумус был извлечен 0,1 н. натриевой щелочью после декальцирования методом И. В. Тюрина [12]. Разделение и очистку гумусовых кислот полученной вытяжки проводили по В. В. Вильямсу [3] методом Н. К. Семеновой [8—10]. Препараты гумусовых кислот (гуминовые — серые гуминовые и ульминовые; фульвокислоты — фульвановые, фульвеновые, фульвиновые, лигнофульвоновые) подвергали микробиологическому разложению в инкубационном опыте. Кроме того, изучали разлагаемость фульвокислот декальцината, очищенных и освобожденных от неспецифических веществ методом Н. К. Семеновой [9]. Данные о соотношении в почве отдельных групп кислот приведены в [4].

Для измерения освобождающегося в ходе CO_2 был использован метод Грейлиха, Франко, Климанека [15] после его модификации. Схема устройства для определения количества CO_2 в сосудах для инкубации приведена на рис. 1.

Основной метода является создание закрытого газового круговорота.

Работа выполнена в рамках сотрудничества и обмена опытом с Исследовательским центром плодородия почв ГДР.

Характеристика образцов чернозема (опыт в Бад-Лаухштадте)

Делянка	Система органические, т на 1 га за 2 года	Система удобрений минеральные	Содержание С, %	Емкость пог- лощения, мг-экв/100 г	pH _{сол}	Извлекаемый гумус (фр. 2— +фр. 1), % содержания С в почве
1	30	NPK	2,3	34,3	6,2	46,8
6	30	—	2,2	27,3	6,1	48,5
13	—	NPK	1,8	29,6	5,1	46,8
18	Без удобрений		1,7	32,00	5,9	44,5

Сосуды для инкубации (3) и адсорбирования CO_2 (4) посредством двух трехходовых кранов включаются в замкнутую систему круговорота. Мембранный насос (5) через прибор для измерения скорости течения газа (6) нагнетает его к измерительным приборам (1). При этом перед измерением концентрации CO_2 на основе адсорбции в ИК-области газ высушивается путем пропускания его через концентрированную серную кислоту (7). Результаты измерения записываются самописцем (2). Перед каждым измерением в систему подключается сосуд для сорбирования CO_2 , после чего подключается сосуд для инкубации (3). В целях уменьшения подвергаемого минерализации количества гумусовых кислот использовали маленькие сосуды для инкубации (узкогорлые колбы емкостью 135 мл, закрытые шлифами). Гумусовые кислоты растворяли в разбавленном почвенном растворе (соотношение почва : вода = 1 : 40) и равномерно перемешивали в смеси кварцевого песка и лесса (соотношение кварцевый песок : лесс = 1 : 10) в сосудах для инкубации из расчета 65 % полной влагоемкости смеси. Навески препаратов гумусовых кислот на одно повторение (сосуд) составляли от 5 до 7 мг С (в случае фульвокислот декальцината — 2,5 мг С). Опыт проведен в 4 повторностях. Контролем служили результаты измерения дыхания смеси кварцевого песка и лесса, увлажненной до 65 % полной влагоемкости разбавленным почвенным раствором без добавления какой-либо -гумусовой кислоты.

Как видно из представленных данных (табл. 2), различия в разложении гумусовых кислот в зависимости от системы удобрения были небольшие. В то же время между собой изучаемые группы гумусовых кислот по разлагаемости различались существенно. Ход минерализации серых гуминовых и бурых гуминовых (ульминовых) кислот был одинаковый, гуминовые кислоты разлагались хуже, чем фульвокислоты (рис. 2).

Полученные результаты минерализации гумусовых кислот нахо-

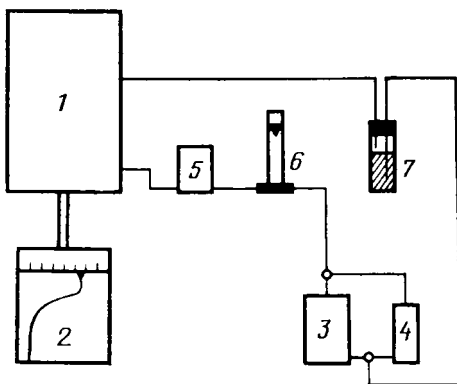


Рис. 1. Принципиальная схема определения количества CO_2 в сосудах для инкубации.

Экспликация дана в тексте.

дятся в пределах, указанных в литературе. Так, разлагаемость гумусовых кислот при инкубации в течение 8 мес составила 5—86 % [11], при инкубации 11 мес — 10—36 [4], 2 мес — 12—38 % [1].

Большая разлагаемость фульвокислот по сравнению с гуминовыми, очевидно, коррелирует с другими физическими и химическими свойствами этих соединений. Фульвокислоты отличаются от гуминовых меньшими молекулярными массами, большим содержанием кислорода, более низким содержанием углерода и азота. Результаты сравне-

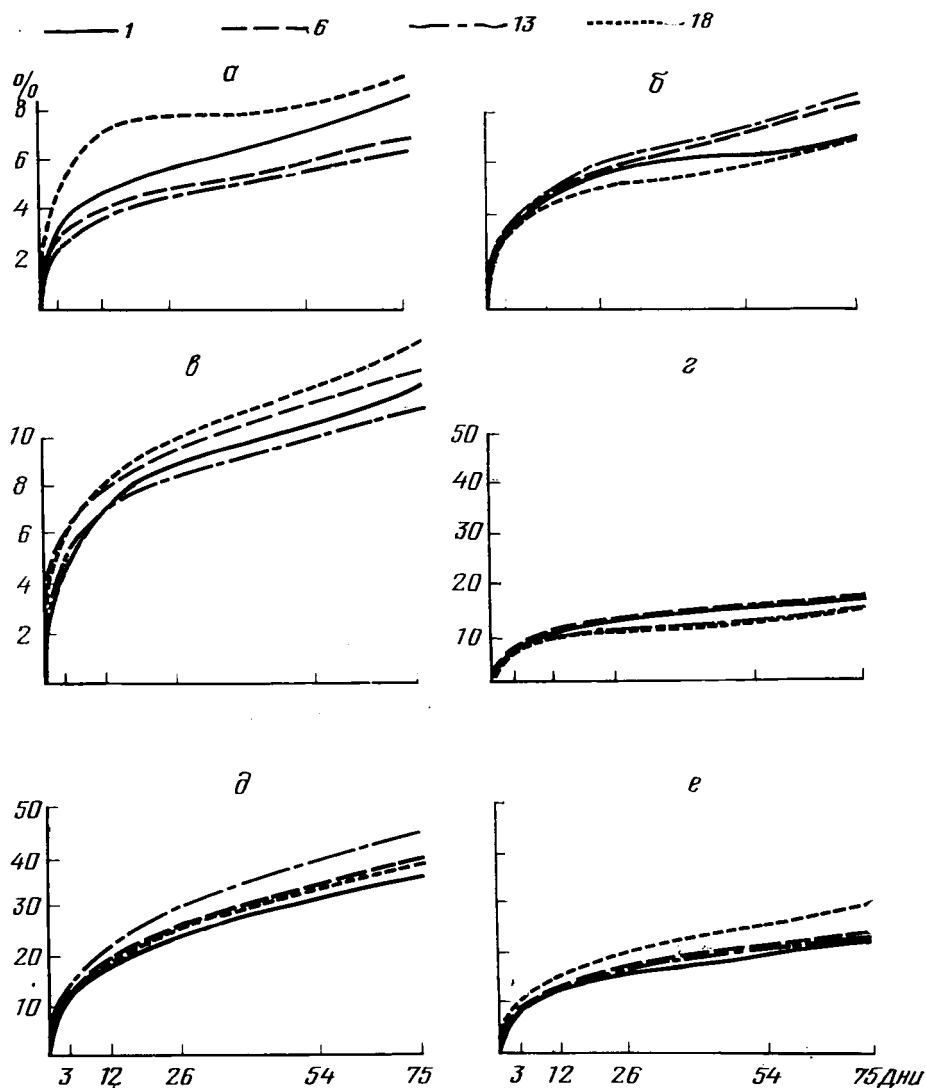


Рис. 2. Ход минерализации гумусовых кислот черноземной почвы (% к исходному веществу).

1, 6, 13 и 18 — делянки многолетнего опыта; а — серые гуминовые; б — ульминовые; в — фульвиновые кислоты; г — фульвокислоты декальцината; д — фульвановые; е — фульвеновые кислоты.

ния различных групп фульвокислот друг с другом также указывают на возможность существования взаимосвязей между химическими свойствами и разлагаемостью. В этой связи следует обратить внимание на большие различия в разлагаемости между фульвокислотами. Так, разлагаемость фульвановых кислот (около 40 % за 75 дней) в 3 раза больше, чем фульвиновых кислот. Учитывая сравнительно низкую разлагаемость обеих групп гуминовых кислот, можно согласиться с мнением других авторов о большем влиянии этих компонентов органического вещества на физические свойства почв [5, 6]. Динамика разложения гумуса без его разделения на фракции приведена на рис. 3.

Данные о динамике разложения всех гумусовых кислот подтверждают результаты, полученные с помощью пиролитической масспектрометрии и дифференциального термоанализа, по которым можно судить о строении молекул органического вещества почвы [2, 14]. При микробиологическом разложении гумусовых кислот в начале минерализуются периферические составные части и только после этого подвергаются разложению ядра, которые являются более инертными и устойчивыми.

Динамика разложения гумусовых кислот черноземной почвы
(минерализовано в % к исходному веществу, средние данные)

Группа гумусовых кислот	Делянка	Дни опыта						
		31	12	26	54	75	103	130
Серые гуминовые	1	3,4	4,7	5,8	7,3	8,7	10,3	11,5
	6	3,1	4,3	5,0	6,1	7,1	8,1	8,6
	13	2,9	3,9	4,8	5,8	6,7	7,4	7,9
	18	5,6	7,1	7,8	8,5	9,5	10,6	11,3
Бурые гуминовые	1	3,2	4,4	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	6	3,3	5,0	6,0	7,3	8,2	9,1	9,7
	13	3,3	4,9	6,2	7,4	8,6	9,6	7,1
	18	3,0	4,1	5,0	6,0	6,9	7,6	8,0
Фульвиновые	1	5,6	7,3	8,8	10,6	12,0	13,4	14,2
	6	5,9	7,7	9,2	11,1	12,6	14,0	14,9
	13	5,4	7,0	8,3	9,7	11,1	12,5	13,1
	18	6,1	8,1	9,8	11,8	13,7	15,6	16,5
Фульвеновые	1	7,2	12,2	15,5	19,5	22,3	25,2	26,9
	6	8,1	12,9	16,4	20,3	23,1	26,3	28,2
	13	7,8	12,4	16,2	20,4	22,8	25,6	27,6
	18	9,6	15,0	19,6	25,1	29,1	32,9	35,5
Фульвановые	1	11,6	18,4	24,3	32,1	36,7	41,1	43,7
	6	12,0	19,5	26,0	33,5	38,6	42,7	45,2
	13	14,1	23,0	29,7	38,6	44,5	50,1	53,6
	18	12,2	18,9	24,5	32,1	37,7	42,0	44,2
Фульвокислоты де-кальцината	1	5,9	9,1	11,4	14,3	15,8	17,7	18,9
	6	6,9	9,6	11,8	14,4	16,4	18,8	20,0
	13	5,4	7,9	10,0	12,6	14,4	17,0	18,5
	18	5,8	8,5	10,3	12,3	14,2	16,5	18,1

Поскольку не существует резкой границы между ядром и оболочкой и в молекуле могут неравномерно распределяться легкоразлагаемые части или радикалы по слоям, микробиологическая атака происходит с постоянно изменяющейся скоростью, поэтому нельзя применить время полуминерализации для характеристики разлагаемости гумусовых веществ, как в работе [13]. Оценив в дальнейшем группы микроорганизмов, ответственные за разложение отдельных компонентов и химический состав фракций органического вещества, можно, используя в качестве критерия скорость микробиологического разложения гумуса, найти пути к оптимизации скорости и путей разложения. Руководствуясь примененной методикой, можно доказать наличие или отсутствие взаимосвязей между химическими свойствами гумусовых веществ, их растворимостью, оптическими свойствами и микробиологической разлагаемостью. Возможность проведения подобных опытов позволит поновому интерпретировать литературные данные о качественном составе органического вещества различных типов почв в зависимости от погодных условий и агрономических приемов, при этом может создаваться хо-

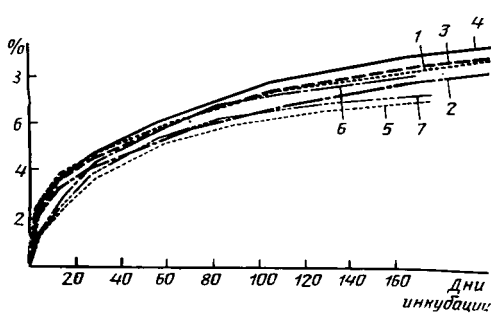


Рис. 3. Динамика разложения гумуса (по данным инкубации гумусовых кислот).
Чернозем: 1 — без удобрений; 2 — минеральные удобрения; 3 — навоз; 4 — минеральные удобрения + навоз.
Дерново-подзолистая почва: 5 — без удобрений (вспашка); 6 — минеральные удобрения (вспашка); 7 — минеральные удобрения (дискование).

рошая основа для разработки и проверки новых методов определения разлагаемости органического вещества, получения достоверных данных и выводов о целесообразности разделения гумуса по растворимости или химическим свойствам с целью установления его разлагаемости.

Определение разлагаемости гумусовых кислот в инкубационных опытах в сочетании с другими методами расширит возможности интерпретации данных о структуре и составе гумуса и поиска новых принципиальных подходов для установления количе-

ства и качества разлагаемого органического вещества почвы. В то же время результаты настоящих и ранее проведенных исследований указывают на отсутствие зависимости разлагаемости фракций гумуса от системы удобрения, обработки и даже типа почв. Очевидно, существующие методы выделения являются достаточно жесткими, и уже в процессе выделения различия между гумусовыми веществами, сформировавшимися в различных условиях, нивелируются. Вряд ли можно достоверно судить о тонких различиях гумуса отдельных почв, используя фракции, выделенные традиционными методами [14].

Метод оценки микробиологической разлагаемости органического вещества почв позволяет составить представление о возможности накопления гумуса и высвобождения из его состава элементов питания, однако, руководствуясь этим методом, нельзя полностью характеризовать органическое вещество почв с агрономической точки зрения, так как влияние гумусовых веществ на плодородие обусловлено и их комплексобразующей способностью, биологической активностью и многими другими свойствами.

Заключение

При определении микробиологической разлагаемости фракций органических веществ, выделенных из чернозема, не установлено достоверных различий по этому показателю между органическим веществом почв в вариантах с различной системой удобрения; различия по разлагаемости между отдельными фракциями были значительные.

Органическое вещество разлагается с изменяющейся скоростью, в связи с чем применение для характеристики разлагаемости времени полуминерализации неоправданно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристовская Т. В. Микробиология процессов почвообразования. — Л., 1980. — 2. Безуглова О. С., Элементарный состав гумусовых кислот черноземов и каштановых почв Ростовской области. — Науч. докл. высш. шк.: Биол. науки. М., вып. 5, 1985, с. 91—95. — 3. Вильямс В. В. Разделение и количественное определение перегнойных кислот почвы. — Изв. ТСХА, 1955, вып. 2. — 4. Зиберт К. Оценка разлагаемости органического вещества почв. — Автореф. канд. дис. М., ТСХА, 1988. — 5. Ибрагим А. С., Фокин А. Д. Включение Ca^{2+} в сорбционный комплекс солонцов при их обработке мелиорантами. — Изв. ТСХА, 1985, вып. 1, с. 85—90. — 6. Орлов Д. С. Гуминовые кислоты почв. — М.: Изд-во МГУ, 1974. — 7. Паников Н. С., Садникова Л. К., Фридрих Е. В. Неспецифические соединения почвенного гумуса. — М.: Изд-во МГУ. — 8. Семенова Н. К. Препаративное разделение и очистка гумусовых кислот почв. — Тез. докл. 5. Делегат, съезда ВОП. Минск, 1978, № 2, с. 129—131. — 9. Семенова Н. К. Метод выделения гумусовых кислот из кислых почвенных вытяжек (декальцинатов). Химия гумусовых кислот, их роль в природе и перспективы использования в народном хозяйстве. — Тез. докл. науч.-техн. конф. Тюмень, 1981. — 10. Семенова Н. К. Способ разделения и очистки фульвокислот почвы. — Авт. свид. (2) 571747. М., 1977. — 11. Сидоренко О. Д. Минерализация гуминовой кислоты различными группами микроорганизмов. — Изв. АН СССР, сер.: Биология. М., 1983, № 1, с. 141—144. — 12. Тюрин И. В. К методике анализа для сравнительного изучения почвенного гумуса. — Тр. почв. ин-та им. Докучаева АН СССР. М., 1951, с. 38. — 13. Толъчельников Ю. С., Костарев А. С. Среднее время пребывания углерода в гумусе горизонта В гумусово-иллювиальных подзолов. — Почвоведение, 1983, № 3, с. 15—24. — 14. Черников В. А. Диагностика трансформации гуминовых кислот интенсивно используемой дерново-подзолистой почвы методом пиролитической масс-спектрометрии. — Докл. ВАСХНИЛ, 1981, № 6, с. 19—21. — 15. Greilich, Franco, Klimanek. — Verfahren zbe Bakt II. Abt., Bd 133, S. 201—203, 1978.

Статья поступила 24 июня 1988 г.

SUMMARY

Decomposing ability in different groups of humic acids extracted from chernozem by Tyurin's technique and separated by V. V. Williams' method in N. K. Semjonova's modification was studied. Decomposing ability was estimated in incubation experiments in which the amount of released CO_2 was estimated from time to time. It is established that different fertilization systems did not produce great effect on microbiological resistance of humic acids. Intensiveness of decomposition in grey humic, ulmic, fulvanic, fulvic and lignofulvonic acids correlated with their chemical composition.