

ОЦЕНКА ГУМУСА ПОЧВ ПО ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЕГО ЛАБИЛЬНОЙ ЧАСТИ

А. М. ЛЫКОВ, В. А. ЧЕРНИКОВ, Б. П. БОИНЧАН
(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Для определения влияния отдельных земледельческих приемов (обработки почвы, севооборотов, удобрения и т. п.) на изменение состава и свойств гумуса необходимо исследовать в динамике в первую очередь его подвижные соединения. Именно лабильная часть почвенного органического вещества наиболее чувствительна к воздействию агротехнических приемов, а также почвенной биоты. По сравнению с консервативной частью она характеризуется, как правило, большими гидрофильностью и содержанием функциональных групп. Для характеристики лабильной части гумуса исследуют водорастворимую часть гумуса, набухание, вязкость [4] и оптическую плотность. Содержание функциональных групп надежно диагностируется методом ИК-спектроскопии. Знание соотношения легкой (лабильной) и прочносвязанной (стабильной) частей органического вещества почвы и динамизма трансформации лабильной части гумуса поможет установить связь урожайности полевых культур и комплекса почвенных свойств.

В данной работе мы рассматриваем некоторые показатели, отражающие качественные изменения в лабильной части гумуса под влиянием агротехнических приемов интенсивного земледелия.

Материал и методика

Образцы почв отбирали с полей следующих вариантов длительного стационарного полевого опыта им. Д. Н. Прянишникова [5, 10]: 1 — бессменный пар (контроль); 2 — монокультура озимой ржи (122-е поле); 3 — плодосмен (131-е севооборотное поле). Варианты удобрения: 1 — без удобрений (контроль); 2 — NPK; 3 — NPK + известь; 4 — навоз; 5 — навоз + известь.

В исследованиях применялись различные методы характеристики качественного состава гумуса [1, 2, 6—9, 14, 16] при однократной его экстракции.

В качестве мягких экстрагентов были использованы водная и пирофосфатная (рН 7,0) вытяжки в соответствии с методикой, предложенной лабораторией биохимии гумуса Почвенного института им. В. В. Докучаева [6]. Углерод определяли микрометодом Тюрина со спектрофотометрическим окончанием [11].

Более жесткими экстрагентами служили 0,1 н. раствор NaOH, а также смесь 0,1 н. раствора $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ и 0,1 н. раствора NaOH (рН 12).

Навеску воздушно-сухой почвы (5 г) после отбора крупных корешков помещали в центрифужный стаканчик, приливали по 50 мл соответствующих растворов, тщательно перемешивали стеклянной палочкой и затем центрифугировали в течение 15 мин при 5 тыс. об/мин. Прозрачный экстракт гумусовых веществ переносили в стеклянные стаканчики, откуда отбирали пипеткой по 20 мл для определения углерода в сухом остатке (после выпаривания) по методу Тюрина — титрованием 0,2 н. раствором соли Мора в присутствии фенилантралиновой кислоты. Оставшуюся часть использовали для определения оптических свойств гумусовых веществ на ФЭКе путем измерения экстинкций во всем диапазоне длин волн.

Особенностью методики является то, что анализ проводится в полной вытяжке без разделения на гуминовые и фульвокислоты, что создает возможность исследовать гумусовые вещества в нативном виде. Экспрессность метода позволяет определять содержание углерода в 0,1 н. растворе NaOH в динамике по фазам развития растений.

Результаты и их обсуждение

Наименьшее количество лабильного органического вещества извлекается из почв всех вариантов бессменного пара, наибольшее — из почв всех вариантов 131-го севооборотного поля (табл. 1). Варианты бессменной озимой ржи занимают промежуточное положение. В целом содержание водорастворимых соединений находится в прямой зависимо-

Абсолютное (в числителе) и относительное (в знаменателе) содержание органического вещества в почве (С, мг/кг)

Варианты	Без удобрений	НРК	НРК + Ca	Навоз*	Навоз + Ca*
Водорастворимое органическое вещество					
Бессменный пар	19,6	29,6	33,6	30,8	39,6
	0,46	0,78	0,55	0,64	0,53
Рожь бессменно	22,0	44,0	30,8	47,2	50,0
	0,23	0,51	0,32	0,44	0,41
Плодосмен (131-е поле)	46,4	28,0	35,6	69,6	244,8
	0,59	0,42	0,58	0,81	2,81
Органическое вещество в пирофосфатной (рН 7,0) вытяжке					
Бессменный пар	760	880	1040	800	760
	17,7	23,2	17,1	16,7	10,1
Рожь бессменно	1200	1680	1480	1720	1760
	15,0	19,3	15,6	16,1	14,3
131-е севооборотное поле	1720	1480	840	1040	1080
	22,1	22,4	13,8	12,1	12,4

* Для 131-го севооборотного поля на фоне НРК.

сти от количества поступающих в почву корневых и пожнивных остатков. В варианте навоз+НРК+Ca 131-го севооборотного поля лабильного гумуса содержалось значительно больше, чем в вариантах НРК и навоз+НРК.

Изменения относительного содержания водорастворимого органического вещества аналогичны изменениям абсолютного его содержания. Следует только отметить, что при внесении минеральных удобрений в вариантах с бессменным паром первый показатель почти в 2 раза превосходит таковой в плодосменном севообороте. Продуктивность 121-го поля «нового» севооборота, бывшего до 1949 г. под паром, примерно такая же, как у 131-го севооборотного поля (табл. 2), хотя в первом случае из-за низкого содержания гумуса можно было ожидать меньшей урожайности. Это обстоятельство в известной мере свидетельствует о том, что уровень урожайности не только определяется общим уровнем плодородия и гумусированности почвы, но и зависит от качественного состава органического вещества.

Вытяжка 0,1 н. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (рН 7,0) извлекает из почвы гумусовые вещества преимущественно в свободном состоянии, находящиеся на ранних стадиях превращения. Эти вещества, как правило, подвергаются интен-

Т а б л и ц а 2

Продуктивность пашни (корм. ед., ц/га). В среднем за 5 лет

Варианты	Без удобрений	Ca	PK	НРК + Ca	Навоз	Навоз + Ca	Навоз + НРК	Навоз + НРК + Ca
Рожь бессменно (122-е поле)	16,7	18,0	34,2	31,0	28,3	24,5	38,4	33,0
Плодосмен (131-е поле)	16,2	20,1	26,6	34,1	—	—	37,3	49,9
Новый севооборот (121-е поле)	—	26,5	41,8	—	—	—	43,1	40,2

сивному микробиологическому воздействию и служат ближайшим источником пищи для растений.

Содержание углерода в пирофосфатной вытяжке намного превышает его содержание в водной вытяжке. Общей закономерностью для пирофосфатной вытяжки является уменьшение относительного содержания углерода по мере увеличения общей гумусированности почвы (табл. 1). Этот факт свидетельствует об образовании прочного органо-минерального комплекса, который не поддается пептизации под воздействием применяемого комплексообразователя. Прямым подтверждением этого является значительное улучшение структурного состояния (макро- и микроструктуры) почвы в вариантах с длительным применением навоза [10].

Можно допустить, что по мере увеличения содержания водорастворимого органического вещества часть его переходит в стабильную форму и тем самым улучшает общее гумусовое состояние почвы.

Применение схемы Тюрина и ее модификаций для характеристики качественного состава гумуса почв длительного опыта ТСХА показало, что в вариантах с более окультуренной почвой гумусовые соединения имеют гуматную природу, т. е. изменения процессов гумусообразования здесь происходят в направлении, характерном для черноземных почв. Часто эти изменения могут иметь скрытый характер [5, 10]. Для изучения этого мы использовали вытяжки 0,1 н. NaOH и 0,1 н. NaOH + 0,1 н. Na₄P₂O₇ без последующего разделения гумусовых кислот на фракции. Как показал анализ, относительное содержание углерода в общем углероде почвы одинаковое как в щелочной, так и в совместных вытяжках из образца бессменного пара при разных фонах удобрений. Это свидетельствует о том, что для дерново-подзолистых почв при краткосрочном воздействии используемых пептизаторов получают одинаковые результаты ввиду отсутствия комплексов, прочно связанных с кальцием (известно, что из черноземов гумусовые вещества извлекаются преимущественно лишь только после декальцирования [12, 13]). Это согласуется с выводом Л. Н. Александровой [3], что степень фракционирования гумусовых веществ обусловлена не различиями в формах связи их с компонентами минеральной части почвы, а степенью прочности связи с поверхностью различных гранулометрических фракций. При возделывании озимой ржи бессменно гумусовый комплекс становится более стабильным, о чем свидетельствуют меньшие флуктуации в относительном содержании гумусовых веществ и закономерное снижение этого показателя в вариантах с более окультуренной почвой. Такие же тенденции наблюдаются и в подпахотном слое. Одновременно с количественными изменениями гумусовые кислоты претерпевают в процессе трансформаций глубокие качественные изменения. Их можно оценить на примере изменения коэффициентов цветности растворов гумусовых веществ [17, 18].

Менее сложные в химическом отношении гумусовые кислоты образуются в почве под озимой рожью, возделываемой бессменно без внесения удобрений, и под бессменным паром, чем в почве севооборотного поля. Это является прямым доказательством усиления биохимических процессов в почве при чередовании культур. Такая же закономерность наблюдается и в подпахотном слое, однако для бессменного пара характерно значительное увеличение коэффициента цветности — более чем в 2 раза по сравнению с таковым в остальных вариантах, что связано с выраженным процессом оподзоливания — вымыванием гумусовых веществ с преобладанием менее зрелых соединений типа фульвокислот.

Внесение минеральных удобрений без известкования приводит к резкому повышению степени бензоидности ароматического ядра гумусовых кислот. Это обусловлено более «жесткими» условиями процесса

гумификации в кислой среде, при котором происходит фрагментирование исходных растительных остатков на мономеры под действием в основном грибковой микрофлоры. Полимеризация мономеров затрудняется ввиду отсутствия боковых алифатических цепочек. В севообороте этот показатель ниже, чем во всех остальных вариантах, но несколько выше, чем в контроле. В подпахотном слое значения коэффициентов цветности выше, чем в пахотном слое, особенно для бесменного пара, что свидетельствует о возможном отщеплении периферической части гумусовых веществ в пахотном слое и переносе ее в лежащий ниже слой. Внесение извести усиливает процесс новообразования гумусовых соединений. Навоз оказывает более благоприятное влияние на процес-

Т а б л и ц а 3

Некоторые показатели содержания, состава и строения гумусовых веществ в пахотном слое 0—20 см (в числителе) и в подпахотном 20—40 см (в знаменателе). Длительный опыт ТСХА, 1980 г.

Варианты удобрения	C _{общ} * %	Содержание углеводорода в вытяжках				Коэффициенты цветности	
		0,1 н. NaOH	% от C _{общ}	0,1 н. NaOH + 0,1 н. Na ₄ P ₂ O ₇	% от C _{общ}	0,1 н. NaOH	0,1 н. NaOH + 0,1 н. Na ₄ P ₂ O ₇
Бесменный пар							
Без удобрений	0,43	0,12	27,8	0,14	32,6	3,65	3,78
	0,17	0,04	23,5	0,04	23,5	7,68	3,85
NPK	0,38	0,15	39,5	0,15	39,5	3,31	3,65
	0,23	0,07	30,4	0,07	30,4	3,65	3,31
NPK+Ca	0,61	0,13	21,3	0,13	21,3	3,85	3,65
	0,27	0,04	14,8	0,08	29,6	4,19	3,45
Навоз	0,48	0,13	27,1	0,13	27,1	3,72	3,72
	0,24	0,07	29,2	0,08	33,3	4,12	3,78
Навоз + Ca	0,75	0,16	21,3	0,16	21,3	3,92	3,51
	0,37	0,05	13,5	0,0	24,3	5,14	3,65
Оз. рожь бесменно							
Без удобрений	0,80	0,24	30,0	0,26	32,5	3,92	3,58
	0,61	0,16	26,2	0,17	27,9	3,51	3,45
NPK	0,87	0,24	27,6	0,25	28,7	3,38	3,78
	0,47	0,11	23,4	0,13	27,7	3,65	3,65
NPK + Ca	0,95	0,24	25,3	0,30	31,6	3,92	3,58
	0,45	0,11	24,4	0,14	31,1	4,32	3,65
Навоз	1,07	0,19	17,8	0,26	24,3	3,65	3,45
	0,45	0,11	24,4	0,13	28,9	3,85	3,45
Навоз + Ca	1,23	0,16	13,0	0,27	22,0	4,26	3,72
	0,55	0,11	20,0	0,14	25,5	5,07	3,58
Плодосмен (131-е севооборотное поле)							
Без удобрений	0,78	0,27	34,6	0,25	32,1	3,18	3,65
	0,37	0,14	37,8	0,15	40,5	3,38	3,85
NPK	0,66	0,27	40,9	0,23	34,9	3,24	3,65
	0,19	0,06	31,6	0,06	31,6	3,45	3,58
NPK + Ca	0,61	0,14	23,0	0,15	24,6	3,45	3,31
	0,15	0,05	33,3	0,05	33,3	4,66	4,73
Навоз + NPK	0,86	0,28	32,6	0,26	30,2	3,11	3,65
	0,25	0,08	32,0	0,08	32,0	3,58	3,51
Навоз + +NPK + Ca	0,87	0,22	25,3	0,26	29,9	3,38	3,99
	0,85	0,11	20,0	0,16	29,1	3,24	3,65

сы превращения органического вещества, чем одни минеральные удобрения, но уступает последним при их совместном внесении с известью. Действие навоза усиливалось по известкованному фону. Более низкие значения коэффициентов цветности как в пахотном, так и в подпахотном слоях плодосмена при внесении навоза + NPK + известь, чем в параллельных вариантах бессменного пара и озимой ржи в бессменных посевах без внесения NPK, еще раз указывают на значительную трансформационную способность окультуренных почв. Что касается совместной щелочной и пиродифосфатной вытяжек, то здесь каких-либо закономерностей подметить не удалось: все коэффициенты цветности были примерно одинаковыми и для пахотных, и для подпахотных слоев. Это свидетельствует о том, что в данной вытяжке образуются соединения совсем иной природы (возможно, комплексной), которые не могут быть охарактеризованы данным показателем.

Т. А. Плотнова [12] на основании того факта, что вытяжка 0,1 н. NaOH в вариантах с более окультуренной почвой извлекает меньше углерода по отношению к исходному содержанию в навеске, приходит к выводу, что, используя ее, нельзя получить критерий оценки подвижности гумусовых соединений, скорее всего данная вытяжка характеризует только степень гумифицированности органического вещества. Использование вытяжки 0,1 н. NaOH в исследованиях [19] позволило сделать вывод, что применение органических и минеральных удобрений приводит к накоплению подвижных, более «молодых» в химическом отношении гумусовых соединений. По нашим данным, систематическое внесение органических и минеральных удобрений увеличивает содержание «молодых» гумусовых соединений. Однако в разных вариантах удобрения подвижность этих соединений неодинакова. Наиболее подвижными являются гумусовые соединения при внесении NPK (табл. 3) ввиду того, что процесс гумусонакопления прерывается на ранних стадиях и идет в неблагоприятном направлении — с преобладанием процессов распада над процессами синтеза гумусовых соединений. Внесение навоза усиливает степень гумификации органического вещества, что в конечном итоге приводит к уменьшению их подвижности.

Необходимы дальнейшие исследования вопроса о соотношении растворимых и подвижных гумусовых соединений с общим количеством извлекаемых органических соединений с точки зрения оценки воздействия разных экстрагентов на лабильную часть органического вещества, так как известно, что примерно 50 % потребности в азоте растения удовлетворяют за счет азота почвы [15].

Выводы

1. Предпринята попытка охарактеризовать лабильную часть почвенного органического вещества путем анализа водорастворимого гумуса, переходящего в нейтральную пиродифосфатную вытяжку, в щелочную, а также в смешанную — щелочную и пиродифосфатную.

2. Для агрономической оценки качественного состава гумуса предлагаются следующие показатели: содержание общего углерода в водной и пиродифосфатной вытяжках (рН 7,0); содержание общего углерода в щелочной (0,1 н. NaOH) вытяжке без разделения на гуминовые и фульвокислоты; коэффициент цветности гумусовых кислот в щелочной вытяжке.

3. В дальнейшем исследования качественных различий гумуса в пределах одной почвенной разности, но разной степени окультуренности должны идти в направлении выявления количественных и качественных изменений в лабильной части гумуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Л. Н. О применении пирофосфата натрия для выделения из почвы свободных гумусовых веществ и их органо-минеральных соединений. — Почвоведение, 1960, № 2, с. 90—97. — 2. Александрова Л. Н. Органо-минеральные производные гумусовых кислот и методы их изучения. — Почвоведение, 1967, № 7, с. 61—72. — 3. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. — 4. Алешин С. Н., Шевцова Л. К., Черников В. А. К вопросу об изменении органического вещества почвы при длительном применении удобрений. — Агрохимия, 1971, № 6, с. 49—54. — 5. Доспехов Б. А. Плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность растений в условиях систематического применения удобрений (итоги 55-летнего полевого опыта ТСХА). — Автореф. докт. дис. М., 1968. — 6. Дьяконова К. В., Булева В. С. Изменение содержания, состава и природы гумусовых веществ под влиянием высоких доз органических и минеральных удобрений. — Тез. докл. совещ. секции агропочвоведения ВАСХНИЛ и Координац. совета по проблеме «Органическое вещество пахотных почв». М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1978. — 7. Кононова М. М. Органическое вещество почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 8. Кононова М. М. Методы определения состава гумуса и их рационализация. — Почвоведение, 1967, № 7, с. 49—60. — 9. Кононова М. М., Бельчикова Н. П. Применение Na-пирофосфата для выделения и характеристики железо- и алюмоорганических соединений почвы. — Почвоведение, 1970, № 6, с. 61—74. — 10. Лыков А. М. Органическое вещество и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях интенсивного земледелия. — Автореф. докт. дис. М., 1976. — 11. Методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1972. — 12. Никитин Б. А. Влияние условий экстракции на растворимость и состав извлекаемых гумусовых веществ. — Агрохимия, 1970, № 10, с. 141—145. — 13. Плотникова Т. А. Испытание растворов NaOH разной концентрации при извлечении гумусовых веществ из почвы. — Почвоведение, 1971, № 11, с. 58—69. — 14. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Сравнительное изучение принятых в СССР схем определения группового и фракционного состава гумуса. — Почвоведение, 1972, № 7, с. 46—54. — 15. Смирнов П. М., Кидин В. В., Иванникова Л. А. Превращение азота удобрений и использование его растениями на почвах разной степени окультуренности. — Изв. ТСХА, 1977, № 3, с. 84—89. — 16. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. — 17. Черников В. А., Кончиц В. А. Сравнение показателей цветности ($Q_{4/6}$ и A) растворов гумусовых веществ дерново-подзолистых почв и краснозема. — Докл. ТСХА, вып. 176, с. 45—49. — 18. Черников В. А., Кончиц В. А. Взаимосвязь между коэффициентом цветности и элементным составом гуминовых кислот. — Изв. ТСХА, 1979, № 3, с. 87—92. — 19. Шевцова Л. К. Методы исследования органического вещества длительно удобряемых почв. — Почвоведение, 1972, № 8, с. 45—54.

Статья поступила 30 марта 1981 г.

SUMMARY

To estimate the effect of certain agricultural practices (fertilization, crop rotation, soil tillage, etc.) on the composition of the labile part of humus, it is suggested to use the following characteristics determined in dynamics: the content of total carbon in aqueous and pyrophosphate extracts (pH 7.0), the content of total carbon in alkaline (0.1 n. of NaOH) extract without division into humic and fulvic acids, the coefficient of humic acid chromacity in alkaline extract.