

## **ЗЕМЛЯРОБСТВА И РАСЛІНОВОДСТВА**

УДК 631.871:631.445.2:631.442.1

*Г. С. ЦЫТРОН<sup>1</sup>, С. В. ШУЛЬГИНА<sup>1</sup>, Т. Н. АЗАРЕНОК<sup>1</sup>,  
О. В. МАТЫЧЕНКОВА<sup>1</sup>, Е. В. ГОРБАЧЕВА<sup>2</sup>*

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ, АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ И АГРОЗЕМОВ КУЛЬТУРНЫХ ПЕСЧАНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА**

<sup>1</sup>*Институт почвоведения и агрохимии*

<sup>2</sup>*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия*

*(Поступила в редакцию 16.03.2010)*

**Введение.** С количеством и качеством гумусовых веществ тесно связаны основные морфологические признаки почв, их водный, воздушный и тепловой режимы, физические и физико-химические свойства, содержание и формы соединений основных элементов питания растений, биохимические и микробиологические показатели [1–5]. В свою очередь, гуминовым веществам отводится важная экологическая роль, так как они обуславливают агрономически ценную структуру почв, способны связывать в труднодоступные соединения токсичные вещества [3]. Почва, характеризующаяся, согласно Л. А. Гришиной и Д. С. Орловым [2, 6], оптимальным сочетанием показателей гумусного состояния: содержание гумуса, его запасы в верхнем горизонте, содержание гуминовых и фульвокислот, величина негидролизуемого остатка, тип гумуса и др., отличается максимальной и стабильной производительной способностью и устойчивостью к действию разрушающих факторов [7].

В последнее время все больше внимания уделяется исследованию влияния характера окультуривания почв на содержание и качество их органического вещества, поскольку гумусовые вещества почв – наиболее активный агент почвообразования и важнейший естественный энергетический источник, определяющий формирование главного свойства почв – плодородия [4, 5, 8–15]. Выявить особенности процесса трансформации гумуса в результате окультуривания позволяет анализ изменения относительного содержания его отдельных групп. Поскольку отношение между гуминовыми и фульвокислотами ( $C_{гк} : C_{фк}$ ) отражает зональные условия почвообразования и характеризует тип почвы, то варьирование этого отношения указывает не только на определенные изменения условий почвообразования [10], но порой и на переход почвы в другой тип. В последнее время все чаще высказывается мнение об условности этого показателя в связи с тем, что фульвокислот, как особой группы соединений, в свободном виде в почвах практически не существует, как и деления групп фульво- и гуминовых кислот по характеру их связей (на фракции), которое опирается на те или иные принятые методы. Однако в настоящее время эти показатели сохраняются из-за отсутствия эквивалентных им заменителей [6, 16].

Цель исследования – установление трансформации количественного и качественного состава органического вещества дерново-подзолистых почв песчаного гранулометрического состава разной степени окультуренности: от естественных до агроземов культурных.

**Объекты и методы исследования.** Объектами наших исследований являлись естественные дерново-подзолистые почвы, агродерново-подзолистые разной степени окультуренности и агро-

земы культурные песчаного гранулометрического состава, сформировавшиеся на различных по генезису почвообразующих породах:

разрез 65М, характеризующий естественную дерново-подзолистую, развивающуюся на древнеаллювиальных отложениях, песчаную почву, заложен в Крайцевском лесничестве (сосняк мшистый, бонитет IV, квартал 447б, выдел 13) Лепельского района Витебской области;

разрез 33М представляет агродерново-подзолистую, развивающуюся на древнеаллювиальных отложениях, связнопесчаную слабокультуренную почву, заложен в средней части пологого склона на пашне колхоза «Октябрь» Наровлянского района Гомельской области;

разрез 2Т-04 также характеризует агродерново-подзолистую, развивающуюся на водно-ледниковых отложениях, связнопесчаную хорошокультуренную почву, заложен на пашне СПК «Большевик-Агро» ( $h = 177$  м,  $52^{\circ}49'27''$  с. ш.,  $27^{\circ}22'52''$  в. д.) Солигорского района Минской области.

Агроземы культурные песчаные представлены следующими разрезами:

3А-08 – на древнеаллювиальных отложениях (СПК «Голевичи» Калинковичского района Гомельской области,  $h = 125$  м,  $52^{\circ}06'39''$  с. ш.,  $29^{\circ}29'09''$  в. д.);

5А-08 – на водно-ледниковых отложениях (СПК «Большевик-Агро» Солигорского района Минской области,  $h = 151$  м,  $52^{\circ}49'18''$  с. ш.,  $27^{\circ}22'42''$  в. д.);

6А-08 – на моренных отложениях, заложен на пахотных землях СПК «Вархи» ( $h = 199$  м,  $55^{\circ}33'59''$  с. ш.,  $29^{\circ}58'55''$  в. д.) Городокского района Витебской области;

7А-08 – на водно-ледниковых отложениях (СПК «Озеры» Гродненского района Гродненской области,  $h = 125$  м,  $53^{\circ}43'38''$  с. ш.,  $24^{\circ}07'53''$  в. д.).

Все почвы относятся к автоморфным: разрезы 5А-04, 6А-08, 7А-08, 2Т-04, 65М – к типичным, а разрезы 3А-08, 33М – к оглееным внизу.

Сравнительную характеристику гумусного состояния почв проводили на основании результатов аналитических исследований группового и фракционного состава гумуса по схеме И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [8]. Аналитические исследования по разрезам 2Т-04, 3А-08, (5А-08)–(7А-08) выполняли в лаборатории почвенно-агрохимических анализов Института почвоведения и агрохимии в 2008–2009 гг. Разрезы 33М и 65М являются фондовыми материалами Института почвоведения и агрохимии. Используемые в данной статье по ним виды анализов выполнены Е. С. Сандович.

**Результаты и их обсуждение.** Данные группового и фракционного состава естественных дерново-подзолистых, агродерново-подзолистых почв и агроземов культурных, сформировавшихся на песчаных почвообразующих породах различного генезиса, приведенные в табл. 1 (для агрокультурных горизонтов (РК) агроземов культурных приведены среднестатистические показатели), свидетельствуют о существенной трансформации качественного состава гумуса в процессе окультуривания дерново-подзолистых почв песчаного гранулометрического состава и подтверждают установленные ранее [9–13] закономерности проявления культурного процесса почвообразования.

Так, в гумусовом горизонте А ( $A_1$ ) естественной почвы (разрез 65М) доля гуминовых кислот (ГК) почти равнозначна с группой фульвокислот (ФК). Об этом свидетельствует отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот (0,97). Причем почти 67% от суммы ГК приходится на «свободные» фракции и 33% на прочносвязанные с минеральной частью почв. Среди фульвокислот преобладают агрессивные и подвижные формы – 62,57%.

В агрогумусовых горизонтах (Р) агродерново-подзолистых почв группа гуминовых кислот занимает доминирующее положение – 48,72–49,36% против 36,12–45,57% ФК. В агроземах культурных этот диапазон становится еще шире:  $48,71 \pm 0,79\%$  ГК и  $23,78 \pm 6,03\%$  ФК. Обогащение гумуса пахотных горизонтов гуминовыми кислотами при окультуривании установлено многими исследователями [10, 11–15]. Также следует отметить накопление более стойких гуминовых веществ, а именно нерастворимого остатка (гуминов), в результате увеличения прочности связи гумусовых кислот с минеральной частью почвы [7]. В нашем случае содержание гуминов в верхних горизонтах естественной и агродерново-подзолистых почв колеблется в широких пределах (29,23 и 5,07–15,16% соответственно), а в агроземах культурных их количество значительно возрастает ( $37,63 \pm 5,81\%$ ).

Таблица 1. Групповой и фракционный состав гумуса естественных, агролерново-подзолистых почв и агроземов культурных песчаного гранулометрического состава

Разрез, горизонт, глубина отбора образцов, см	Гумус, %	C <sub>общ</sub> , %	Гуминовые кислоты				Σ	Фульвокислоты				C <sub>гк</sub> : C <sub>фк</sub>	Сумма выделенных фракций	Негидролизный остаток	Степень гумификации, %
			I	II	III	Σ		Ia	I	II	III				
Разрез 65M, A (A <sub>1</sub> ), 1-5	0,90	0,52	$\frac{23,27}{66,85}$	0	$\frac{11,54}{33,15}$	34,81	$\frac{7,12}{19,80}$	$\frac{15,38}{42,77}$	$\frac{6,92}{19,24}$	$\frac{6,54}{18,19}$	35,96	0,97	70,77	29,23	49
Разрез 33M, P (Ap), 2-12	1,36	0,79	$\frac{21,52}{43,60}$	$\frac{13,92}{28,20}$	$\frac{13,92}{28,20}$	49,36	$\frac{6,33}{13,89}$	$\frac{20,25}{44,44}$	$\frac{10,13}{22,23}$	$\frac{8,86}{19,44}$	45,57	1,08	94,93	5,07	52
Разрез 2Т-04, P (Ap), 5-10	2,05	1,19	$\frac{19,32}{39,60}$	$\frac{21,84}{44,83}$	$\frac{7,56}{15,52}$	48,72	$\frac{4,20}{11,63}$	$\frac{2,52}{6,98}$	$\frac{16,80}{46,51}$	$\frac{12,60}{34,88}$	36,12	1,35	84,84	15,16	57
Разрезы 3А-08, 5А-08, 6А-08, 7А-08, РК (Ap), 5-10	4,36±1,62	2,69±0,91	$\frac{18,58±1,54}{35,86±2,39}$	$\frac{23,74±0,65}{44,85±0,56}$	$\frac{12,23±2,58}{27,15±7,53}$	48,71±0,79	$\frac{2,68±0,87}{10,82±1,97}$	$\frac{5,57±1,83}{20,05±5,25}$	$\frac{9,31±2,86}{35,04±7,61}$	$\frac{7,13±2,77}{30,33±4,36}$	23,78±6,03	1,88±0,29	68,91±8,28	37,63±5,81	65,01±3,47

Примечание. Над чертой – в % общего органического углерода почвы, под чертой – в % от суммы ГК (ФК).

По мере роста степени окультуренности наблюдается расширение соотношения гуминовых и фульвокислот: от 1,08 в агродерново-подзолистой почве (разрез 33М) до 2 и выше в агроземах культурных, следовательно, тип гумуса в почвах пахотных земель фульватно-гуматный, в агроземах культурных – гуматный ( $C_{ГК} : C_{ФК} = 1,51-2,0$ ) и чисто гуматный ( $>2,0$ ) [6].

Существенные различия наблюдаются и при сопоставлении результатов фракционирования групп гуминовых и фульвокислот исследуемых почв. Содержание подвижных гуминовых кислот (ГК I) и гуматов кальция (ГК II), играющих важную роль в питании растений, структурообразовании и плодородии почв [4, 7], зависит от степени окультуренности. Так, окультуренные дерново-подзолистые почвы и их культурные аналоги аккумулируют гуминовые кислоты преимущественно второй фракции, в то время как в естественных почвах в конкретном случае (разрез 65М) эта фракция отсутствует. В зависимости от степени окультуренности ее содержание от суммы ГК изменяется от 28,20% в слабоокультуренной почве (разрез 33М) до практически равновеликих значений в хорошоокультуренных вариантах (разрез 2Т-04) и агроземах культурных (44,83 и 44,85% соответственно). Содержание прочносвязанной III фракции от суммы ГК в хорошоокультуренной почве (разрез 2Т-04) снижается до 15,52%, чему способствует рост процента гуминовых кислот, связанных с катионами кальция.

Самое низкое содержание агрессивной фракции фульвокислот (Ia) свойственно агрокультурным горизонтам агроземов культурных –  $2,68 \pm 0,87\%$ . Для сравнения: в агрогумусовых горизонтах агродерново-подзолистых почв оно равно 4,20–6,33% и превышает 7,0% в гумусовых горизонтах естественных дерново-подзолистых почв. Если содержание I и Ia фракций от суммы ФК в естественных почвах составляет 62,57%, в окультуренных – 58 и 18% (в слабо- и хорошоокультуренных вариантах соответственно), то в агроземах культурных – менее 10%.

Сумма легкоподвижных первых фракций гуминовых и фульвокислот, связанных с полуторными оксидами, в дерново-подзолистых почвах равна 45,77%, в агродерново-подзолистых 48,10–26,04%, в агроземах культурных –  $28,85 \pm 5,0\%$ . В противоположном направлении меняется величина суммы вторых фракций гуминовых и фульвокислот, т.е. наблюдается их увеличение от естественных почв (6,92%) к агроземам культурным ( $28,04 \pm 7,81\%$ ).

Одним из основных качественных показателей гумуса является обогащенность его азотом, судить о котором позволяет отношение C : N. Гумус агроземов культурных отличается высоким содержанием общего углерода, как правило, 2% и более, азота –  $0,25 \pm 0,07\%$ , что в три раза выше, нежели в почвах пахотных земель (табл. 2). Соотношение углерода к азоту в агроземах культурных составляет  $8,74 \pm 1,73$ , что отвечает высокой степени обогащенности азотом [6]. Гумусовые горизонты естественных почв отличаются низким содержанием общего углерода – менее 1,0%. Процент общего азота в лесных почвах, согласно фоновым источникам, также незначителен – 0,03–0,05%. Соотношение C : N в этих почвах расширяется до 20, что соответствует очень низкому уровню обогащенности азотом гумуса ( $>14$ ) [6].

Т а б л и ц а 2. Показатели обогащенности азотом гумусовых, агрогумусовых и агрокультурных горизонтов естественных дерново-подзолистых, агродерново-подзолистых почв и агроземов культурных

Разрез	Генетический горизонт, глубина отбора образца, см	$N_{\text{общ}}, \%$	C : N
Разрез 65М	A (A <sub>1</sub> ), 2–5	0,03	17,33
Разрез 33М	P (Ap), 5–10	0,07	11,29
Разрезы 3А-08, 5А-08, 6А-08, 7А-08	PK (Ap), 5–10	$0,25 \pm 0,07$	$8,74 \pm 1,73$

Степень гумификации органического вещества лесной почвы составляет 49%, агродерново-подзолистых – 52–57%, агроземов культурных –  $65,01 \pm 3,47\%$ .

Информативным показателем гумусного состояния почв являются также его запасы [2, 6]. Увеличение общего запаса гумуса в окультуренных почвах по сравнению с естественными почвами отмечают многие исследователи [2, 11, 14]. Например, по данным М. М. Кононовой [14],

этот показатель в слое 0–23 см лесной почвы равен 3,78 кг/м<sup>2</sup>, а на пашне – 5,74 кг/м<sup>2</sup>. По результатам исследований Ф. И. Левина [11], общий запас гумуса в слое 0–20 см огородной почвы составляет 91 т/га, в смешанном лесу – 43,5 т/га. Результаты наших исследований показали, что запасы гумуса в слое 20 см закономерно увеличиваются: от естественных почв – 8,46 т/га (разрез 65М) к агродерново-подзолистым – 35,35–56,99 т/га (разрезы 33М, 2Т-04) и агроземам культурным – 66,36–108,42 т/га (табл. 3). Та же тенденция прослеживается и в слое 50 см – 10,81; 44,96–90,02 и 112,33–197,90 т/га соответственно.

Т а б л и ц а 3. Запасы гумуса в слое 0–20 см и 0–50 см естественных, агродерново-подзолистых почв и агроземов культурных песчаного гранулометрического состава, т/га

Слой почвы	65М	33М	2Т-04	3А-08	5А-08	6А-08	7А-08
0–20 см	8,46	35,35	56,99	71,56	73,67	108,42	66,96
0–50 см	10,81	44,96	90,02	142,83	112,33	197,9	130,73

**З а к л ю ч е н и е.** Результаты исследований подтвердили существующее в научной литературе мнение, что гумусное состояние почв определяет их типовую принадлежность.

Так, естественные дерново-подзолистые песчаные почвы характеризуются низким содержанием гумуса, гуматно-фульватным его типом ( $C_{гк} : C_{фк} < 1,0$ ), преобладанием в составе гуминовых и фульвокислот первых фракций и практически отсутствием вторых фракций гуминовых кислот, связанных с кальцием, низкой обогащенностью азотом ( $C : N$  в пределах 20).

Гумус агродерново-подзолистых песчаных почв характеризуется фульватно-гуматным типом ( $C_{гк} : C_{фк} = 1,08–1,36$ ), в его составе наблюдается увеличение второй фракции гуминовых кислот (от 13,02% в слабокультуренной до 21,84% в хорошокультуренной) с одновременным уменьшением первых и третьих фракций ( $C : N$  около 10).

Агрозумусовые горизонты агроземов культурных песчаного гранулометрического состава характеризуются содержанием гумуса более 2,5%, отношением  $C_{гк} : C_{фк}$ , равным  $1,88 \pm 0,29$ , т.е. практически гуматным типом гумуса, вторая фракция гуминовых кислот, связанных с кальцием, составляет в среднем около половины их содержания, сумма I и Ia фракций фульвокислот незначительна, обогащенность азотом высокая либо приближается к таковой ( $8,74 \pm 1,73$ ).

Все вышеизложенное подтверждает правомерность отделения почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, от естественных и выделения их на уровне самостоятельных типов в новой классификации почв Беларуси [17].

## Литература

- Орлов, Д. С. Гумусное состояние почв как функция их биологической активности / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 39–49.
- Щербаков, А. П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А. П. Щербаков, И. Д. Рудай. – М.: Колос, 1983. – 189 с.
- Бирюкова О. Н. Содержание и состав гумуса в основных типах почв России / О. Н. Бирюкова, Д. С. Орлов // Почвоведение. – 2004. – № 2. – С. 171–188.
- Кузнецова, И. В. Содержание и состав органического вещества черноземов и его роль в образовании воднопрочной структуры / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1998. – № 1. – С. 41–50.
- Травникова, Л. С. Закономерности гумусонакопления: новые данные и их интерпретация / Л. С. Травникова // Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 832–843.
- Орлов, Д. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, М. С. Розанова // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918–926.
- Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 332 с.
- Пономарева, В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 221 с.
- Никитин, Б. А. Эволюция дерново-подзолистых почв при окультуривании: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / Б. А. Никитин; Ин-т им. В. В. Докучаева. – М., 1975. – 43 с.
- Муха, В. Д. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности) / В. Д. Муха. – М.: КолосС, 2004. – 271 с.
- Левин, Ф. И. Окультуривание подзолистых почв / Ф. И. Левин. – М.: Колос, 1972. – 264 с.

12. Г р и г о р ь е в, Г. И. О некоторых специфических вопросах классификации и диагностики дерново-подзолистых почв, используемых в земледелии / Г. И. Григорьев, А. С. Коновалова // Почвоведение. – 1973. – № 9. – С. 22–29.
13. К о р о т к о в, А. А. О характере почвообразования в пахотных дерново-подзолистых почвах / А. А. Коротков // Почвоведение. – 1972. – № 4. – С. 15–23.
14. К о н о н о в а, М. М. Органическое вещество почвы / М. М. Конова. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
15. И в а н о в, И. А. Гумусное состояние пахотных дерново-подзолистых почв Северо-Запада России и его трансформация в современных условиях / И. А. Иванов, А. И. Иванов // Агрохимия. – 2000. – № 2. – С. 22–26.
16. О р л о в, Д. С. Почвенные фульвокислоты: история их изучения, значение и реальность / Д. С. Орлов // Почвоведение. – 1999. – № 9. – С. 1165–1171.
17. С м е я н, Н. И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: БНИВНФХ в АПК, 2007. – 220 с.

*G. S. TSYTRON, S. V. SHUL'GINA, T. N. AZARONAK, O. V. MATYCHENKOVA, E. V. GORBACHEVA*

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF HUMUS CONTENT  
OF NATURAL SOD-PODZOLIC, AGROSOD-PODZOLIC SOILS AND HORTIC ANTHROSOLS  
OF SANDY GRANULOMETRIC COMPOSITION**

**Summary**

The article presents the research results of the qualitative composition transformation of humus in the process of soil cultivation. The validity to identify natural sod-podzolic, agrosod-podzolic soils and Hortic Anthrosols at the level of individual types in the new classification of Belarus is shown.