

ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И КОПРОЛИТОВ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ

© 2012 г. О. В. Кутовая

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии,
119017, Москва, Пыжевский пер., 7*

Экспериментально установлено, что копролиты дождевых червей имеют повышенное содержание углерода (на 33–51%) и азота (на 3–50%) по сравнению с окружающей почвой. Однако щелочная (фракция I) и пиррофосфатно-щелочная (фракция II) вытяжки извлекают из копролитов меньше как $C_{ГК}$, так и $C_{ФК}$, чем из почвы. Это может быть обусловлено особенным, оригинальным строением гумусовых веществ копролитов, а также характером их связи с минеральной частью почвы.

Ключевые слова: гумусовые кислоты, копролиты, дождевые черви.

Мир беспозвоночных, как и мир микроорганизмов, служит важнейшим фактором в накоплении и возобновлении запасов почвенного гумуса (Ковда, 1976). По потреблению органического вещества представителей педофауны можно разделить на первичных разрушителей органического материала, детритофагов и собственно гумусообразователей. К последним следует отнести животных, перемешивающих органическое вещество с минеральным и способствующих формированию почвенного матричного гумуса – гумуса, закрепленного на поверхности почвенных частиц (Карпачевский, 2005). Дождевые черви, микрофауна, микроскопические грибы и ряд прокариотов являются первичными и вторичными деструкторами растительных остатков. Животные, обитающие в почве, переводят органическое вещество детрита и перегноя в почвенный гумус. В этом процессе участвуют в первую очередь дождевые черви. Они образуют копролиты: смесь минерального субстрата с органическим веществом. В копролитах дождевых червей накапливаются углерод и азот (Звонкова, Тиунов, 1997; Курчева, 1971; Тиунов, 2007). В период активного питания дожде-

вых червей в почве усиливается микробиологическая активность. Результатом этого является интенсивная минерализация органических соединений. Часть продуктов окисления включается в процессы ресинтеза и гумификации. Только интенсивная биологическая активность и богатство жизненных форм являются определяющими в накопления гумуса высокого качества (Орлов, 1974).

Основным показателем при оценке направления и скорости гумификации является биологическая (биохимическая) активность почв, которая определяется не только микроорганизмами, но и животным населением почвы (Кононова, 1963; Добровольский, 1971; Курчева, 1971). Все эти факты говорят о значимости биоты, необходимости изучать биохимические процессы гумусообразования, самым тесным образом связанные с живой частью почвы.

Гумусовые вещества (ГВ) почв и копролитов дождевых червей исследовали на агродерново-подзолистой почве Московской области на мелкоделяночном опыте Зеленоградского стационара Почвенного института им. В.В. Докучаева. Для исследования были взяты следующие варианты опыта:

K (контроль) – $N_0P_0K_0$, навоз 0;

I – $N_0P_0K_0$, навоз 120 т/га;

II – $N_{180}P_{180}K_{210}$, навоз 0;

III – $N_{180}P_{180}K_{210}$, навоз 120 т/га;

IV – $N_{60}P_{60}K_{60}$, навоз 60 т/га.

Копролиты были собраны с поверхности делянок опыта в весенний пик активности червей (конец апреля). В этот же срок отобраны образцы почвы. Для изучения состава, свойств, природы гумусовых веществ проведен ряд исследований.

Органическое вещество почвы можно разделить на две основные категории в зависимости от чувствительности к биохимическому разложению и трансформации: лабильную, быстро минерализуемую часть, обеспечивающую растения элементами питания, и устойчивую, консервативную часть гумуса, сохраняющуюся в течение длительного времени (Когут, 2003; Тейт, 1991; Титова, Когут, 1991). Для выявления активного, лабильного компонента гумуса и его инертной части был использован биологический метод компостирования почвенных образцов.

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВЫ И КОПРОЛИТОВ

Перед закладкой опыта исследовали содержание основных органогенных элементов: углерода, азота и водорода – в почвах и копролитах на автоматическом анализаторе CHN Perkin Elmer.

Элементный состав почвы и копролитов по вариантам опыта представлен в табл. 1.

В копролитах по сравнению с почвой накоплено по вариантам опыта от 33 до 51% углерода и от 3 до 50% азота, что является результатом трофической избирательности дождевых червей (Марфенина, Ищенко, 1997; Bonkowski et al. 2000), а также активизации микрофлоры и аккумулятивной направленностью биохимических процессов в копролитах. Повышенное содержание азота в экскрементах отмечено и другими исследователями (Всеволодова-Перель и др., 1991; Стриганова и др., 1993). Кроме того, внутри копролитов создаются условия, снижающие зависимость биологической активности от факторов почвенной среды: кислотности, влажности, окислительно-восстановительного потенциала и других характеристик. Таким образом, копролиты дождевых червей являются зоной повышенной биологической активности, в которых вполне реальна не только быстрая минера-

Таблица 1. Элементный состав агродерново-подзолистой почвы и копролитов по вариантам опыта (над чертой – почва, под чертой – копролиты), % от абсолютно сухого вещества

№	Вариант опыта	С	N	H	C: N
К	Контроль	<u>1,26</u>	<u>0,12</u>	<u>0,44</u>	<u>10,5</u>
	N ₀ P ₀ K ₀ , навоз 0	1,89	0,18	0,52	10,5
I	N ₀ P ₀ K ₀ , навоз 120	<u>1,447</u>	<u>0,146</u>	<u>0,44</u>	<u>09,9</u>
		2,190	0,150	0,54	14,6
II	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 0	<u>1,19</u>	<u>0,098</u>	<u>0,39</u>	<u>12,1</u>
		1,75	0,138	0,46	12,7
III	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 120	<u>1,47</u>	<u>0,118</u>	<u>0,43</u>	<u>12,4</u>
		1,96	0,139	0,50	14,1
IV	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ , навоз 60	<u>0,990</u>	<u>0,113</u>	<u>0,43</u>	<u>8,8</u>
		1,396	0,124	0,46	11,2

лизация свежих остатков и неспецифических веществ, но и отщепление углеводных и аминокислотных остатков ГВ, во всяком случае, от относительно «молодых» гуминовых кислот (Орлов, 1974).

Азот является необходимым компонентом гумусовых кислот и в значительной мере определяет их свойства. По результатам нашего опыта содержание азота в копролитах во всех вариантах выше, чем в почве. Можно сделать предположение об инициации почвенно-биологических процессов, связанных с накоплением азота и формированием гуминовых кислот.

Различают несколько путей включения молекул минерального азота в гумифицированные соединения. Основной – это микробная иммобилизация. Прямые наблюдения (Bouche et al., 1990) показали, что почвенные животные, среди которых дождевые черви составляют 80% биомассы, играют главную роль в этом процессе. В кишечнике дождевых червей азотистые соединения перемешиваются с перевариваемым органическим веществом, затем выбросы инкубируются в почве и активно заселяются микроорганизмами, при этом минеральный азот превращается в органический в составе копролитов. Из копролитов азот может быть ассимилирован растениями. В этих процессах наблюдается тесная пространственная связь между минерализацией азота и поглощением его растениями.

Одной из важнейших характеристик органического вещества почвы служит отношение C:N, указывающее на обогащенность его азотом. В наших исследованиях в копролитах, как правило, отношение C:N шире по сравнению с почвой. В данном случае, вероятно, можно говорить о различиях механизмов трансформации органических веществ, прошедших через желудочно-кишечный тракт червей и содержащихся в самой почве.

Одним из подходов к изучению формирования ГВ является моделирование процессов трансформации органических материалов в условиях лабораторного опыта (Пестряков и др., 1990). Биологическим методом разделения органического вещества почвы на доступную, быстроминерализуемую и устойчивую, консервативную части является метод инкубации – выдерживание почвы в определенных условиях влажности и температуры длительный период времени.

Для изучения устойчивости гумусовых веществ и разделение их на лабильную (легкоминерализуемую) и инертную (более устойчивую) части почву и копролиты дождевых червей компостировали в течение пяти месяцев при температуре 25–27°C и влажности 70–72% от ППВ. Содержание органогенных элементов в образцах после компостирования представлено в табл. 2. Данные по содержанию CNH в почве и копролитах после компостирования в процентах к исходному даны в табл. 3.

Анализируя результаты эксперимента, можно сказать, что компостирование привело к потере углерода, входящего в легко-разлагаемые компоненты. Его количество уменьшилось практически во всех вариантах опыта и почвы, и копролитов. Наименьшая потеря зафиксирована в варианте IV со средними дозами минеральных и органических удобрений, а в образце почвы наблюдается даже некоторое его увеличение. В этом варианте, вероятно, синтезируются более устойчивые к разложению органические вещества.

Потеря углерода в копролитах всегда больше, чем в почве на 1–21%, независимо от варианта опыта. Видимо, в копролитах создаются особенные, присущие именно им, условия для формирования гумусовых веществ более простых по строению, «молодых форм» гумуса, которые прочно связаны с минеральной

Таблица 2. Элементный состав агродерново-подзолистой почвы и копролитов по вариантам опыта после компостирования (над чертой – почва, под чертой – копролиты), % от абсолютно сухого вещества

№	Вариант опыта	С	N	H	С: N
К	Контроль	<u>1,15</u>	<u>0,110</u>	<u>0,40</u>	<u>10,4</u>
	N ₀ P ₀ K ₀ , навоз 0	-	-	-	-
I	N ₀ P ₀ K ₀ , навоз 120	<u>1,22</u>	<u>0,104</u>	<u>0,35</u>	<u>11,7</u>
	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 0	<u>1,39</u>	<u>0,150</u>	<u>0,36</u>	<u>9,3</u>
II	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 0	<u>0,86</u>	<u>0,101</u>	<u>0,36</u>	<u>8,5</u>
	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 120	<u>1,25</u>	<u>0,138</u>	<u>0,36</u>	<u>9,1</u>
III	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 120	<u>1,34</u>	<u>0,130</u>	<u>0,39</u>	<u>10,3</u>
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ , навоз 60	<u>1,52</u>	<u>0,180</u>	<u>0,39</u>	<u>8,4</u>
IV	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ , навоз 60	<u>1,060</u>	<u>0,125</u>	<u>0,37</u>	<u>8,5</u>
		1,298	0,124	0,34	10,8

частью почвы и способны к активной минерализации при компостировании.

Потери азота отмечены только для почв контроля и в варианте с максимальными дозами навоза. Компостирование практически не повлияло на содержание азота в копролитах, за исключением варианта с максимальными дозами минеральных и органических удобрений, где наблюдается его прибавка. Причинами накопления азота после компостирования могут быть следующие: прирост биологического азота за счет ассимиляции его микроорганизмами; внедрение различными путями в глино-гумусовые ассоциации с минеральными частицами при образовании гумина микробного синтеза (Janzen et al., 1988); физическая адсорбция высвобождаемого азота глинистыми минералами. Кроме того, необходимо принять во внимание относительный учет азота в образцах, так как в связи с убылью углерода, доля N могла повышаться.

Потери содержания углерода и накопление азота при компостировании могут говорить о минерализации в большей степени лабильных углеводных компонентов органических веществ (Субботина и др., 1983). В связи с этим соотношение С:N в выпаханной почве (контрольный вариант) практически не изменилось, а в копролитах и в вариантах почвы с использованием минера-

Таблица 3. Содержание CNH в почве и копролитах по вариантам опыта после компостирования (над чертой – почва, под чертой – копролиты), % от исходного

№	Вариант опыта	С	N	H
К	Контроль	<u>91,27</u>	<u>91,66</u>	<u>90,91</u>
	N ₀ P ₀ K ₀ , навоз 0	-	-	-
I	N ₀ P ₀ K ₀ , навоз 120	<u>84,31</u>	<u>71,23</u>	<u>79,55</u>
	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 0	63,47	100,00	66,66
II	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 0	<u>72,27</u>	<u>103,06</u>	<u>92,31</u>
	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 120	71,43	100,00	78,26
III	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 120	<u>91,16</u>	<u>110,17</u>	<u>26,53</u>
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ , навоз 60	77,55	129,50	78,00
IV	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ , навоз 60	<u>107,07</u>	<u>110,61</u>	<u>86,05</u>
		92,98	100,00	43,91

льных удобрений или органо-минеральной системы (варианты II–IV) сузилось с 10–14 до 8–10, т.е. обогащенность органического вещества копролитов азотом увеличилась.

Таким образом, в копролитах содержание углерода и азота выше, чем в почве. Накопление этих элементов связано с трофической избирательностью дождевых червей, а также с повышенной микробиологической и биохимической активностью, в результате чего, вероятно, формируются гуминовые кислоты.

Соотношение C:N в копролитах шире, чем в почве, что говорит об отличии процессов трансформации органического вещества в копролитах по сравнению с почвой.

В процессе компостирования копролиты теряли больше углерода, чем почва, что говорит о меньшей устойчивости органического вещества копролитов и, видимо, связано с минерализацией преимущественно лабильных компонентов гумусовых веществ. В отличие от углерода обогащенность копролитов азотом при компостировании возрастала. Это связано с повышенной численностью анаэробных азотфиксирующих микроорганизмов, активно развивающихся в копролитах, что ранее установлено экспериментально (Кутовая, 2008).

СОСТАВ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВ И КОПРОЛИТОВ

Для характеристики состава гумуса, выявления его генетических различий и форм связи с минеральной частью почвы проводили исследования группового и фракционного состав гумуса почвы и копролитов.

В ходе анализа разделяли гумусовые вещества на группы, различающиеся по природе. При определении группового состава по методу Тюрина определены гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК) фракции I, которые извлекали при непосредственной обработке почвы 0,1 н. NaOH. В эту вытяжку переходят свободные гуминовые кислоты и связанные с подвижными полуторными окислами, а также фульвокислоты, связанные в почве с фракцией I гуминовых кислот (Орлов, Гришина, 1981).

Гуминовые и фульвокислоты фракции II извлекали и определяли при последовательной обработке почвы и копролитов раствором 0,1 н. NaOH + 0,1 М Na₄P₂O₇. В пирофосфатно-щелочную

вытяжку (фракция II) переходят гумусовые вещества, свободные и связанные с несиликатными формами железа и алюминия, а также связанные с кальцием.

В водной и щелочной средах пирофосфаты кальция, железа и алюминия труднорастворимы. При взаимодействии пирофосфата натрия с гуматами кальция и полуторных окислов образуются соединения типа Ca₂P₂O₇ · 5H₂O и Fe₄(P₂O₇)₃ · H₂O, не растворимые в воде, но частично растворимые в избытке пирофосфата с образованием комплексных солей. Поэтому реакция образования гуматов натрия протекает с большой полнотой, и выход гуматов при однократной экстракции увеличивается. Пирофосфат не разрушает несиликатные формы полуторных окислов и не извлекает Al и Fe из материнских пород (Практикум ..., 2001).

Углерод гумусовых веществ почв и копролитов определяли по методу Тюрина со спектрофотометрическим окончанием в следующих вариантах опыта: контроль (N₀P₀K₀, навоз 0) без внесения минеральных и органических удобрений; вариант III (N₁₈₀P₁₈₀K₂₁₀, навоз 120 т/га) с максимальным количеством минеральных и органических удобрений.

Анализ данных табл. 4, 5 показал, что из копролитов экстрагируется на 11–18% больше гумусовых веществ, чем из почвы в абсолютном выражении (от массы почвы). Однако относительно углерода исходного образца в щелочную вытяжку из копролитов выходит на 12–21% углерода меньше, чем из почвы. Полученные результаты говорят о неоднозначности интерпретации данных.

С одной стороны, меньшая экстрагируемость ГВ копролитов может быть результатом значительных отличий их строения по сравнению с ГВ почвы. С другой стороны, при компостировании копролиты потеряли углерода больше, чем почва, что может говорить о большей доступности и упрощенной структуре ГВ выброшенных дождевых червей. Можно допустить особенное оригинальное строение гумусовых веществ копролитов, лабильные формы которых могут обладать нетривиальной структурой, вероятно, также имеет место их несколько более тесная взаимосвязь с минеральной частью почвы.

В почве и копролитах контрольного варианта без удобрений содержание гуминовых кислот первой фракции было ниже, а соде-

Таблица 4. Состав гумусовых веществ почв и копролитов фракции I (над чертой – % С от массы почвы/копролитов; под чертой – % от С исходного почвы/копролитов)

Вариант опыта	Образец	% С исходного почвы	С _{орг.} извлекаемый 0,1 н. Na OH			С _{ГК} : С _{ФК}
			С _{общ}	С _{ГК}	С _{ФК}	
Контроль N ₀ P ₀ K ₀ , навоз 0	Почва	1,13	<u>0,305</u> 26,99	<u>0,090</u> 7,97	<u>0,215</u> 19,02	0,42
	Копролиты	1,49	<u>0,338</u> 22,69	<u>0,104</u> 6,98	<u>0,234</u> 15,71	
N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 120	Почва	1,31	<u>0,328</u> 25,03	<u>0,119</u> 9,08	<u>0,209</u> 15,95	0,57
	Копролиты	1,74	<u>0,387</u> 22,25	<u>0,40</u> 8,05	<u>0,247</u> 14,20	

Таблица 5. Состав гумусовых веществ почв и копролитов фракции II (над чертой – % С от массы почвы/копролитов; под чертой – % от С исходного почвы/копролитов)

Вариант опыта	Образец	% С исходного почвы	С _{орг.} извлекаемый 0,1 н. Na OH + 0,1 М Na ₄ P ₂ O ₇			С _{ГК} : С _{ФК}
			С _{общ}	С _{ГК}	С _{ФК}	
Контроль N ₀ P ₀ K ₀ , навоз	Почва	1,13	<u>0,206</u> 18,24	<u>0,103</u> 9,12	<u>0,103</u> 9,12	1,00
	Копролиты	1,49	<u>0,265</u> 17,78	<u>0,131</u> 8,79	<u>0,134</u> 8,99	
N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₂₁₀ , навоз 120	Почва	1,31	<u>0,209</u> 16,71	<u>0,108</u> 8,24	<u>0,111</u> 8,47	0,97
	Копролиты	1,74	<u>0,253</u> 14,54	<u>0,122</u> 7,01	<u>0,131</u> 7,53	

ржание фульвокислот выше, чем на удобренных вариантах. Соотношение С_{ГК}: С_{ФК} составляет 0,42 и 0,44 соответственно. В дерново-подзолистых почвах ГК обогащены периферическими боковыми цепями, что сближает их по свойствам с ФК. Фульвокислоты накапливаются в сравнительно больших количествах, а поскольку условия для их сохранения благоприятны, возникает возможность образования и накопления более сложных форм ФК, обогащенных углеродом (Орлов, 1974).

В агродерново-подзолистой почве с внесением высоких доз минеральных и органических удобрений, где микробиологическая активность значительно выше по сравнению с контролем (Кутювая, 2008), фульвокислоты более доступны микроорганизмам, они быстро разрушаются, обновляются. Соответственно доля фульвокислот в составе гумуса снижается. Гуминовые же кислоты, более стабильные и устойчивые к разрушению, накапливаются. Соотношение С_{ГК}: С_{ФК} в этом варианте возрастает до 0,57 как в почве, так и копролитах. Высокая микробиологическая активность способствует быстрому вовлечению гумусовых веществ в новые биологические процессы.

Бурые ГК представлены более молодыми, в химическом смысле, менее дегидратированными кислотами, тогда как серые ГК – химически более зрелыми, сильнее дегидратированными (по классификации Stevenson (1982): бурые – ГК фракции I, серые – ГК фракции II).

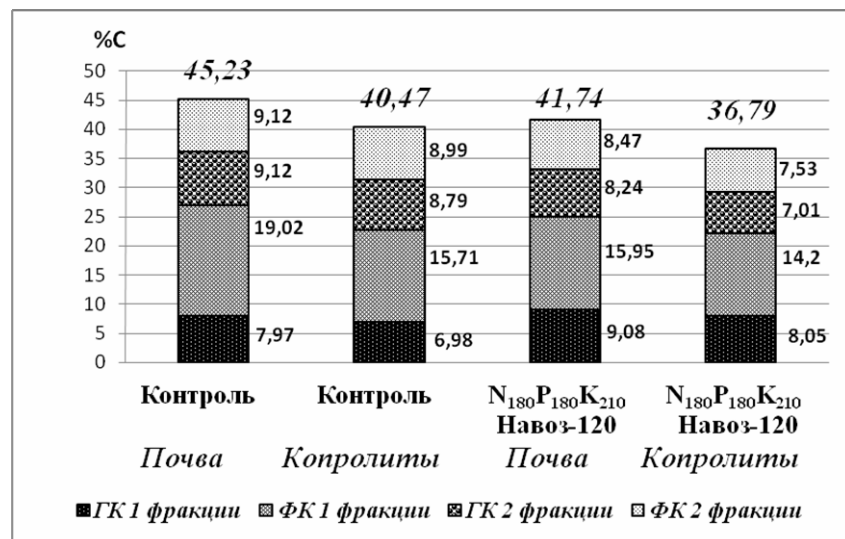
По данным нашего эксперимента, во второй фракции гумусовых веществ (С_{орг.} извлекаемый 0,1 н. NaOH + 0,1 М Na₄P₂O₇), обнаружено приблизительно равное для всех объектов и вариантов опыта количество как гуминовых, так и фульвокислот. Однако тенденция увеличения всех абсолютных показателей в образцах копролитов остается прежней.

Необходимо отметить, что фульвокислот фракции II экстрагировалось практически в два раза меньше, чем ФК фракции I, в отличие от гуминовых кислот. Количество ГК фракции II образцов почвы и копролитов в выпаханной почве (контрольный вариант) на 14–26% выше по сравнению с ГК фракции I, тогда как гуминовых кислот варианта с удобрениями – меньше и в почве, и в копролитах (на 10–15% соответственно). Таким образом, под воздействием минеральных удобрений происходит довольно значительное увеличение как общего содержания лабильных гумусовых кислот, так и собственно гуминовых кислот. Механизм такого процесса может иметь двоякую природу (Когут, 2003): с одной стороны, применение минеральных удобрений приводит к увеличению биомассы растительных остатков, что вызывает новообразование гумусовых веществ, входящих в состав лабильных; с другой стороны, происходит трансформация фракционного состава

гумуса – увеличивается содержание гумусовых веществ фракции I и снижается содержание гумусовых веществ фракции II. Такое соотношение, обнаруженное для черноземов, повторяется в наших исследованиях для агродерново-подзолистой почвы, в том числе и для выбросов дождевых червей, обитающих в ней.

Общий долевого состав $C_{ГК} + C_{ФК}$ фракций I и II гумусовых веществ от С почвы и копролитов показан на рисунке.

Из копролитов по вариантам опыта экстрагируется меньше гумусовых веществ, чем из почвы. Причиной этого может быть изменение взаимосвязи с неорганической составляющей почвы за счет перемешивания минеральной части с гумусовыми веществами в кишечнике дождевых червей, а также модификация такой смеси за счет собственных ферментов олигохет и гидролитических ферментов микроорганизмов. В результате чего возможно формирование органического вещества оригинальной природы, заслуживающего особого внимания и требующего специальных исследований.



Общий долевого состав $C_{ГК} + C_{ФК}$ фракций I и II гумусовых веществ почвы и копролитов по вариантам опытов (%С от С исходной почвы/копролитов).

Таким образом, анализ результатов данного эксперимента показал, что в копролитах накапливается гумусовых веществ больше по сравнению с почвой, что обусловлено трофической избирательностью дождевых червей, а также стимуляцией микробиологической активности и аккумулятивной направленностью биохимических процессов в копролитах.

Однако экстрагируемость гуминовых и фульвокислот относительно общего улерода из копролитов щелочной (фракция I) и пирофосфатно-щелочной (фракция II) вытяжками снижена по сравнению с почвой. Причиной данного явления могут быть своеобразное строение гумусовых веществ копролитов, модифицированная связь ГВ копролитов с минеральной частью почвы, а также стремительный процесс трансформации экстрагируемой части гумуса копролитов микроорганизмами и вовлечение продуктов минерализации в новые биологические процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всеволодова-Перель Т.С., Карпачевский Л.О., Надточий С.Э. Участие сапрофагов в разложении листового опада // Почвоведение. 1991. № 2. С. 57–65.
2. Добровольский Г.В. Поймы рек как ландшафты высокой плотности жизни и интенсивного почвообразовательного процесса // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л.: Наука, 1971.
3. Звонкова Н.А., Тиунов А.В. Некоторые особенности почвы, прилегающей к норам дождевых червей *Lumbricus terrestris* L. // Вестник Моск. ун-та. 1997. Сер. 17, почвоведение. Вып. 3. С. 35–38.
4. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС, 2005. 336 с.
5. Ковда В.А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком // Биогеохимические циклы в биосфере. Мат-лы VII Пленума СКОПЕ. М.: Наука, 1976. С. 19–85.
6. Козут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение. 2003. № 3. С. 308–316.

7. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. М. Изд-во АН СССР, 1963.
8. Курчева Г.Ф. Роль почвенных животных в разложении и гумификации растительных остатков. М.: Наука, 1971.
9. Кутовая О.В. Трансформация структуры микробного сообщества дерново-подзолистой почвы под воздействием дождевых червей // Агробиохимический вестник. 2008. № 2. С. 13–14.
10. Марфенина О.Е., Ищенко И.А. Избирательность дождевых червей в отношении почвенных микроскопических грибов // Изв. АН. Сер. биологическая. 1997. № 4. С. 504–506.
11. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. 335 с.
12. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса // Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 272 с.
13. Пестряков В.К., Ковш Н.В., Попов А.И., Чуков С.Н. Моделирование трансформации органических веществ в лабораторном эксперименте // Почвоведение. 1990. № 3. С. 30–40.
14. Практикум по агрохимии / Под ред. Минеева В.Г. М.: Изд-во Моск. ун-та 2001. 689 с.
15. Стриганова Б.Р., Пантош Т.Д., Тиунов А.В. Сравнительная оценка активности азотфиксации в кишечнике разных видов дождевых червей // Изв. РАН. 1993. Сер. Биологическая. Вып. 2. С. 257–263.
16. Субботина О.В., Дьяконова К.В., Булева В.С. Агрогенное воздействие на ценоз дождевых червей и их влияние на гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы // Проблемы антропогенного почвообразования: Тез. докл. междунар. конф. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1997. Т. 3. С. 111–114.
17. Тейт Р. Органическое вещество почвы. М.: Мир, 1991. 400 с.
18. Титова Н.А., Козут Б.М. Трансформация органического вещества при сельскохозяйственном использовании почв // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. Почвоведение и агрохимия. 1991. Т. 8. 154 с.
19. Тиунов А.В. Метабиоз в почвенной системе: влияние дождевых червей на структуру и функционирование почвенной биоты. Автореф. дис. ... д.б.н. М. 2007. 46 с.

20. Тюрин И.В. Некоторые результаты работ по сравнительному изучению состава гумуса в почвах СССР // Работы по органическому веществу почв. М.: Изд-во АН СССР, 1951. С. 22–32.
21. Bonkowski M., Cheng W., Griffiths B.S., Alpeh J., Scheu S. Microbial-faunal interactions in the rhizosphere and effects on plant growth // Eur. J. Soil Biol. 2000. № 36. P. 135–147.
22. Bouche M.B., Cortez J., Ferriere G., Hameed R. The nitrogen short cycle from plant to plant: measurements, models and in situ validations // Trans. 14th Cong. Of ISSS. Kyoto, Japan, 1990. T. IV. P. 629–630.
23. Janzen R.A., Shaykewich C.F., Goh T.B. Stabilisation of residual C and N in soil // Ibid. 1988. T. 68. P. 733–745.
24. Stevenson F.J. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. N.Y.: Wiley-Interscience, 1982. 443 p.

CHARACTERISTICS OF HUMUS AND COPROLITES OF EARTHWORMS IN AGRO-SODDY PODZOLIC SOILS

O. V. Kutovaya

It has been experimentally established that coprolites of earthworms have an increased content of carbon (33–51%) and nitrogen (3–50%) as compared to the surrounding soil. However, both C_{ha} and C_{fa} are extracted by alkaline and pyrophosphate-alkaline fractions from coprolites to a lesser extent. Probably, it is conditioned by specific character of humus substances in coprolites and their connection with the mineral part of the soil.

Key words: humic acids, coprolites, earthworms.