

5. Хейфец Д.М. Определение подвижных соединений фосфора в карбонатных почвах // Агрохимические методы исследования почв. – М., 1965. – 123 с.
6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М., 2003. – 194 с.
7. Определение в почве количества доступного растениям фосфора / А.О. Радов [и др.]// Практикум по агрохимии. – М.: Колос, 1965. – С. 163–193.



УДК 631.4

О.А. Ульянова, Ю.П. Ковалева

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДОБРЕНИЙ

В работе представлены результаты исследования по влиянию удобрений на интенсивность процесса трансформации органического вещества чернозема обыкновенного.

Показано, что внесение вермикомпоста в почву способствует повышению в 3-4 раза продуцирование CO₂ по сравнению с контрольным вариантом в зависимости от дозы внесения удобрений. Выявлено достоверное увеличение содержания C_{гум} в почве при использовании вермикомпоста в дозе эквивалентной N120. Применение только минеральных удобрений приводит к деструктивным изменениям устойчивых форм гумуса.

Ключевые слова: органическое вещество, трансформация, минерализация, гумификация, вермикомпост, минеральные удобрения, подвижные гумусовые вещества.

О.А. Ulyanova, Yu.P. Kovalyova

TRANSFORMATION OF THE ORDINARY CHERNOZEM ORGANIC MATTER UNDER THE INFLUENCE OF FERTILIZERS

The research results on fertilizer influence on the intensity of ordinary chernozem organic matter transformation process are given in the article. It is shown that vermicompost adding into soil increases CO₂ release in 3-4 times compared to control variant, depending on fertilizer dose. Reliable increase of C_{hum} availability in soil when using vermicompost dose which is equivalent to N120 is revealed. The use of mineral fertilizers alone leads to destructive changes of humus sustainable forms.

Key words: organic matter, transformation, mineralization, humification, vermicompost, mineral fertilizers, mobile humus substances.

Введение. Трансформация органического вещества почв определяется соотношением процессов минерализации и гумификации. Характерным индикатором агрогенных воздействий на почву является ее гумусное состояние, способное адекватно трансформироваться при изменении условий гумификации [13, 14]. Содержание трансформируемого органического вещества используется в качестве критерия для оценки эффективного плодородия почвы и агрономических качеств гумуса [5–12].

Цель работы состояла в изучении особенностей трансформации органического вещества чернозема обыкновенного под действием удобрений.

Методы исследований. Исследование проведено в 2010–2011 годах в зерновом севообороте в условиях полевого стационара «Заря», расположенного в Красноярской лесостепи. На этой территории в среднем выпадает 350–450 мм осадков в год [2]. Среднегодовая температура воздуха ниже 0 °С (до – 2 °С). По данным государственной метеослужбы, в Емельяновском районе накапливается 1500–1800 активных температур. Продолжительность периода биологической активности варьирует в пределах 90–115 дней. Почвы промерзают на глубину 1,5–3,0 м.

Объекты исследований – почва чернозем обыкновенный среднесуглинистый и яровая пшеница сорт Новосибирская 15.

Почва опытного поля характеризовалась следующим строением профиля: $A_{\text{пах}}-A-AB_{\text{к}}-B_{\text{к}}-C_{\text{к}}$. В пахотном слое чернозема обыкновенного содержится 7,2 % гумуса; 98 мг P_2O_5 /кг P_2O_5 ; 223 мг K_2O /кг; обменных оснований – 27,9 мг-экв/100 г; $pH_{\text{ккл}} - 5,7$.

Вермикомпост (ВК), используемый в опыте, производят на птицефабрике «Заря» Емельяновского района Красноярского края путем переработки птичьего помета и гидролизного лигнина промышленной популяцией навозных червей *Eisenia foetida*. Он характеризуется следующими показателями: $pH - 7,2$; органическое вещество – 36; N – 1,3; $P_2O_5 - 2,28\%$; K – 0,82%.

В качестве тестовой культуры для оценки действия удобрений использовали яровую пшеницу Новосибирская 15 – сорт селекции СибНИИРСа, который включен в Госреестр по Красноярскому краю в 4-й и 5-й зонах. Оценку действия удобрений на интенсивность трансформации органического вещества чернозема обыкновенного провели в полевом опыте по следующей схеме: 1. N60P30 (фон) – контроль; 2. Фон + ВК эквивалентно N60; 3. Фон + ВК эквивалентно N120. Повторность опыта 3-кратная, размер опытных делянок 100 м², их размещение рендомизированное. Вермикомпост вносили однократно весной 2010 года под предпосевную культивацию с заделкой на 12–14 см. Минеральные удобрения применяли ежегодно в виде аммонийной селитры и аммофоса при посеве.

Биологическую активность оценивали по продуцированию углекислого газа абсорбционным методом в модификации И.Н. Шаркова [18]. Суммарное продуцирование углерода в виде C-CO₂ за период наблюдений определяли методом линейного интерполирования. Почвенные образцы отбирали в фазе восковой спелости пшеницы из слоя 0–20 см для определения углерода гумуса ($C_{\text{гум}}$) по И.В. Тюрину [1] (ГОСТ 26213-84) и углерода подвижного органического вещества ($C_{\text{под}}$) последовательной экстракцией навески почвы водой ($C_{\text{н2о}}$) и 0,1 н NaOH ($C_{0,1\text{н NaOH}}$). Гуминовые кислоты ($C_{\text{гк}}$) осаждали H_2SO_4 . Фульвокислоты ($C_{\text{фк}}$) находили по разности $C_{0,1\text{н NaOH}}$ и $C_{\text{гк}}$ [15]. Содержание валовых N, P, K, pH, сумму обменных оснований, гидролитическую кислотность – методом БИК-спектроскопии (аналитическая система на основе сканера NIR-4250). Нитратный азот определяли дисульфофеноловым методом, подвижный фосфор и обменный калий – по методу Чирикова. Полученные результаты исследования обрабатывали методом дисперсионного анализа [4].

Результаты исследования. Важнейшим показателем, определяющим интенсивность минерализации органического вещества, является скорость продуцирования углекислого газа, которая отражает, прежде всего, эффективное плодородие почвы. Минимальное количество C-CO₂ выделилось на контроле (1360 кг/га), что обусловлено отсутствием свежего органического материала в этом варианте. Внесение вермикомпоста в чернозем обыкновенный в дозе эквивалентной N60 усиливает в 3 раза продуцирование CO₂ по сравнению с контрольным вариантом (рис. 1).

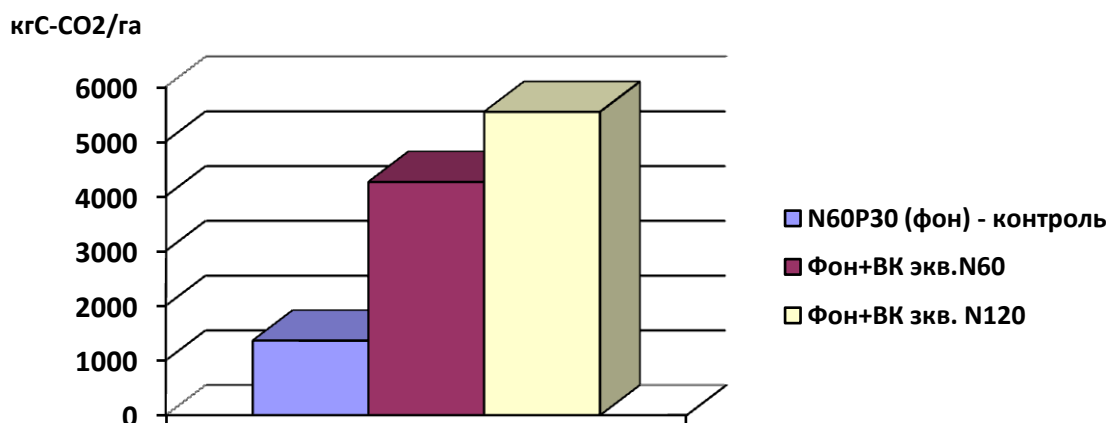


Рис. 1. Суммарное продуцирование C-CO₂ из чернозема обыкновенного за вегетационный период при внесении разных доз вермикомпоста

Выявлена зависимость интенсивности продуцирования CO₂ от количества поступившего органического вещества с вермикомпостом: чем выше доза внесения его в почву, тем больше выделяется CO₂, что согласуется с литературными данными [20]. Удвоение дозы внесения вермикомпоста в почву увеличивает в 4 раза продуцирование CO₂ по сравнению с контролем и в 1,3 раза – с одинарной дозой внесения удобрения.

Значительные количества углекислого газа, выделившегося из удобренных вермикомпостом вариантов опыта, обусловлены большим содержанием в них легкогидролизующихся соединений и высокой интенсивностью минерализационных процессов.

Почва контрольного варианта, согласно системе показателей гумусного состояния, разработанных Гришиной и Орловым [3], характеризовалась высоким содержанием (4160 мг/100 г) углерода гумуса (табл. 1). Внесение вермикомпоста в дозе, эквивалентной N120, увеличивает на статистически значимую величину содержание углерода гумуса в почве. В составе гумуса чернозема обыкновенного преобладают гумусовые вещества, прочно связанные с минеральной частью почвы, называемые стабильным гумусом (88 % от $C_{гум}$).

По современным представлениям, основанным на результатах длительных полевых опытов с применением различных агротехнологий трансформации подвержена в большей степени подвижная часть почвенного гумуса [13, 14]. Подвижный гумус представлен углеродом соединений, легко переходящих в растворимые формы (водорастворимые и щелочегидролизующиеся соединения). Водорастворимые органические вещества служат «затравочным» материалом для процессов минерализации и гумификации [9, 16, 17, 19]. Рассмотрим влияние различных доз вермикомпоста на подвижную часть гумуса чернозема обыкновенного.

Отметим, что в первый год исследований минимальное количество подвижных соединений образуется на контроле (502 мг/100 г). Достоверно повышается этот показатель только под действием ВК (вариант №3), внесенного в дозе эквивалентной N120, где содержание $C_{под}$ составляет 637 мг/100 г. Это обусловлено большим поступлением органического вещества в этом варианте. Заметим, что в первый год наблюдений в составе подвижного органического вещества преобладают водорастворимые вещества, исключение составил вариант №3, где достоверно преобладают по сравнению с контролем вещества, экстрагируемые 0,1 н щелочью (см. табл. 1). Доля же $C_{под}$ в составе $C_{гум}$ в первый год исследований не изменяется под действием ВК, внесенного в количестве эквивалентном N60. Двойная доза внесения ВК увеличивает этот показатель до 13 %. Тип подвижного гумуса в вариантах №1 и 2 характеризуется как фульватно-гуматный, а в варианте №3 – гуматно-фульватный.

Во второй год исследований в почву вносили только минеральные удобрения. Это повысило в два раза количества $C_{под}$ на контроле и в варианте №2 (Фон+ВК экв. N60) и в 1,75 раза в варианте №3 (Фон+ВК экв. N120). Доля $C_{под}$ возросла до 23–26 % в составе $C_{гум}$. Отметим, что в составе подвижного органического вещества преобладают водорастворимые соединения, их количество выросло в 2,4 раза на контроле и в 2,3 раза в вариантах №2, 3 по сравнению с предыдущим годом исследований. Их доля от $C_{под}$ составила 65 % на контроле и 61 % в вариантах с ВК (см. табл. 1).

Увеличение количества подвижного органического вещества в черноземе обыкновенном рассматривается как негативное явление, поскольку указывает на деструктивные изменения устойчивых форм гумуса. Полученные результаты согласуются с данными других авторов [14], утверждающих, что увеличение количества $C_{под}$ более 0,5 % усиливает процесс минерализации и приводит к непроизводительным потерям органического вещества. Результатами исследований показано, что под действием только минеральных удобрений тип подвижного гумуса меняется с гуматно-фульватного на фульватный.

Характер трансформации органического вещества чернозема обыкновенного под действием вермикомпоста

Вариант	$C_{гум}$	$C_{под}$	C_{NaOH}	C_{H2O}	% $C_{под}$ от $C_{гум}$	% C_{NaOH} от $C_{под}$	% C_{H2O} от $C_{под}$	$C_{гк}/C_{фк}$
	мг/100 г							
1. контроль N60P30 (фон)	4160 ± 58	502 ± 33	216 ± 34	286 ± 2	$\frac{12}{23}$	$\frac{43}{35}$	$\frac{57}{65}$	$\frac{1,3}{0,6}$
	4595 ± 77	1064 ± 27	371 ± 30	693 ± 8				
2. (Фон+ВК экв. N60)	4710 ± 18	549 ± 17	254 ± 16	294 ± 1	$\frac{12}{26}$	$\frac{46}{39}$	$\frac{54}{61}$	$\frac{1,1}{0,6}$
	4355 ± 36	1119 ± 35	440 ± 33	679 ± 3				
3. (Фон+ВК экв. N120)	5120 ± 29	637 ± 14	340 ± 16	297 ± 2	$\frac{13}{25}$	$\frac{53}{39}$	$\frac{47}{61}$	$\frac{0,9}{0,4}$
	4483 ± 92	1116 ± 53	440 ± 53	676 ± 2				

Примечание: в числителе – данные за 2010 г., в знаменателе – за 2011г.

Полученные данные свидетельствуют о минерализации гумуса. Происходит уменьшение содержания углерода в стабильной части гумуса до 77 % от $C_{гум}$ по сравнению с первым годом исследований. Это доказывает преобладание процессов минерализации над гумификацией в черноземе обыкновенном под действием минеральных удобрений.

Минимальная урожайность зерна пшеницы сформировалась на контроле и в среднем за 2 года составила 1,55 т/га (рис. 2).

Применение вермикомпоста, внесенного в разных дозах способствовало увеличению зерна пшеницы сорта Новосибирская 15 в 1,4 раза по сравнению с контрольным вариантом.

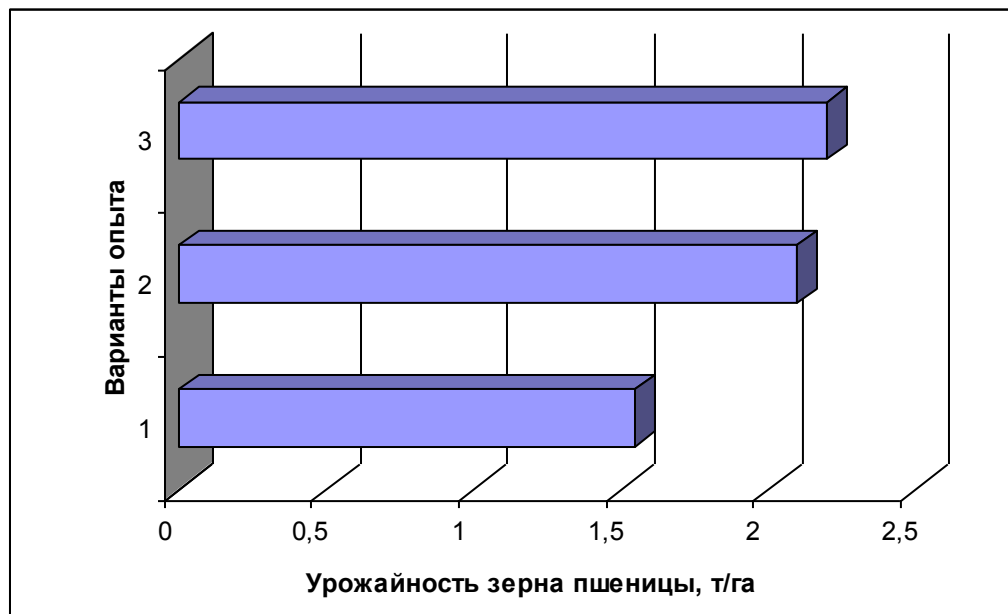


Рис. 2. Действие удобрений на урожайность зерна пшеницы (средняя за 2 года) по вариантам опыта, т/га: 1) N60P30 (фон) – контроль; 2) Фон+ВК экв. N60; 3) Фон+ВК экв. N120

Выявлены тесные корреляционные связи урожайности зерна пшеницы с выделением углекислого газа ($r=0,97$) и содержанием $C_{гум}$ ($r=0,93$), что согласуется с данными других исследователей [7, 11, 21].

Выводы

1. Внесение вермикомпоста в чернозем обыкновенный способствует повышению в 3-4 раза продуцирования CO_2 по сравнению с контрольным вариантом в зависимости от дозы внесения.
2. Установлено достоверное увеличение $C_{гум}$ при использовании дозы ВК эквивалентной N120.
3. Применение только минеральных удобрений приводит к деструктивным изменениям устойчивых форм гумуса.
4. Применение вермикомпоста способствует повышению в 1,4 раза урожайности зерна пшеницы по сравнению с контролем.
5. Выявлены тесные корреляционные связи урожайности зерна пшеницы с выделением углекислого газа ($r=0,97$) и содержанием $C_{гум}$ ($r=0,93$)

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М: Изд-во МГУ, 1970. – 478 с.
2. Бугаков П.С., Чупрова В.В. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 1995. –176 с.
3. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С. 42–47.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.– М.: Колос, 1979. – 416 с.

5. Завьялова Н.Е., Косолапова А.И., Ямалтдинова В.Р. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на трансформацию органического вещества дерново-подзолистой почвы // *Агрохимия*. – 2005. – № 6. – С. 5–10.
6. Завьялова Н.Е. Методические подходы к изучению гумусного состояния пахотных почв // *Плодородие*. – 2006. – № 1. – С. 11–15.
7. Завьялова Н.Е., Ямалтдинова В.Р. Изменение биологической активности дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2006. – №3. – С. 39–42.
8. Кершенс М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота // *Почвоведение*. – 1992. – № 10. – С. 122–131.
9. Козут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // *Почвоведение*. – 2003. – № 3. – С. 308–316.
10. Лукин С.М. Оценка содержания активных компонентов органического вещества легких дерново-подзолистых почв при длительном применении удобрений // *Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв*. – М.: ВНИИА. – 2010. – С. 161–189.
11. Макаров Б.Н. Дыхание почвы и роль этого процесса в углеродном питании растений // *Агрохимия*. – 1993. – №8. – С. 94–104.
12. Мерзлая Г.Е., Шевцова В.К. Гумус и органические удобрения как основа плодородия // *Плодородие*. – 2006. – №5. – С. 27–29.
13. Овчинникова М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ в разных условиях землепользования: на примере дерново-подзолистой почвы: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2007. – 51 с.
14. Овчинникова М.Ф. Признаки и механизм агрогенной трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы // *Агрохимия*. – № 1. – 2012. – С. 3–13.
15. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
16. Чупрова В.В. Баланс углерода в агроэкосистеме Средней Сибири // *Сибирский экологический журнал*. – 1997. – № 4. – С. 355–361.
17. Чупрова В.В. Состояние и функционирование черноземов Средней Сибири // *Почвы Сибири: особенности функционирования и использования*. – Красноярск, 2003. – С. 11–14.
18. Шарков И.Н. Абсорбционный метод определения эмиссии CO₂ из почв // *Методы исследований органического вещества почв*. – М.: Россельхозакадемия: ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. – С. 401–407.
19. Шарков И.Н. Плодородие в свете современных представлений об органическом веществе почвы // *Агрохимические свойства почв и приемы их регулирования. IV Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения: мат-лы междунар. науч.-практ. конф.* – Новосибирск, 2009. – С.40–71.
20. Шилова Е.И. К вопросу о происхождении углекислоты почвенного воздуха и влиянии корней растений на химические свойства почвы // *Почвоведение*. – 1967. – №5. – С. 97.
21. Зависимость урожая яровой пшеницы от содержания в почве гумусовых веществ и азота / А.А. Шнедт [и др.] // *Почвоведение*. – 2001. – С. 976–980.

