

**ОЦЕНКА СКОРОСТИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

В статье рассматриваются количественные оценки минерализационного потока из чернозема выщелоченного при внесении органических удобрений. Показано, что процессы минерализации в черноземе выщелоченном интенсивнее протекают под действием вермикомпоста.

Ключевые слова: почва, органические удобрения, вермикомпост, птичий помет, минерализация, продуцирование CO₂, агрохимические свойства почвы.

O.V. Shindorikova, O.A. Ulyanova

**THE ASSESSMENT OF MINERALIZATION SPEED OF LEACHED CHERNOZEM ORGANIC
MATTER AFTER ORGANIC FERTILIZER INTRODUCTION**

This article contains the mineralization flow quantitative assessment from leached chernozem after organic fertilizer introduction. It is shown that mineralization processes in leached chernozem are more intensive when influenced by the vermicompost.

Key words: soil, organic fertilizers, vermicompost, poultry manure, mineralization, production of CO₂, soil agrochemical properties.

Введение. Черноземы относятся к преобладающему в составе пахотных угодий типу почв. Общая площадь их на юге Красноярского края составляет 1952800 га, из них вовлечено в пашню 1595900 га [3]. Черноземы сформировались в условиях умеренно влажного континентального климата под степной и лугово-степной растительностью на автоморфных местоположениях, преимущественно на карбонатных породах. Наиболее распространенным подтипом является чернозем выщелоченный, занимающий 827500 га (52 %) в структуре почвенного покрова региона [7]. Поэтому перспективы успешного развития земледелия в крае зависят от воспроизводства оптимального уровня плодородия именно этих почв и от содержания в них соответствующего уровня содержания органического вещества. Вопросы регулирования органической части почвы одни из наиболее актуальных. Воспроизводство органического вещества в почве является составной частью системы управления плодородием [9]. Вследствие недостаточного количества органических удобрений нормы внесения их в почвы региона в настоящий период очень низкие (0,65 т/га), и они не обеспечивают сохранение плодородия почв. В связи с этим целесообразно использовать в качестве удобрительных ресурсов все имеющиеся местные отходы сельского хозяйства, в частности, птичий помет и продукты его переработки. Работами [6, 8] показана эффективность применения в качестве органических удобрений компостов на основе отходов птицеводства и лесоперерабатывающей отрасли в почвах разного генезиса. Однако процессы трансформации вносимых в почвы компостов остаются слабоизученными.

Цель исследований. Изучение процесса минерализации органического вещества чернозема выщелоченного при внесении различных органических удобрений.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в полевом опыте учебного хозяйства «Миндерлинское». Объектами исследований являлись почва, органические удобрения: птичий помет и вермикомпост, полученный методом переработки птичьего помета и гидролизного лигнина калифорнийским червем *Eisenia fetida*.

Почва, используемая в опытах, – чернозем выщелоченный мощный, тяжелосуглинистый на желтой бурой глине (агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный глубокопахотный сильно гумусированный на желтой бурой глине), характеризующийся следующим строением профиля: А_п(PU)-А(AU)-AB(AUBI)-B(BI)-B_к(Bca)-C_к(Cca). Органические удобрения вносили в паровое поле опыта согласно схеме: 1. Почва (без удобрений) – контроль; 2. Почва + 2 т/га птичьего помета (ПП); 3. Почва + 4 т/га ПП; 4. Почва+6 т/га ПП; 5. Почва + вермикомпост (ВК) в дозе эквивалентной (экв.) 2 т/га ПП; 6. Почва + ВК экв. 4 т/га ПП; 7. Почва + ВК экв. 6 т/га ПП. Площадь одной делянки составила 100 м², повторность опыта трехкратная. Размещение делянок рендомизированное.

Основным способом оценки минерализации органического вещества в почвах в современных исследованиях является учет образующегося C-CO₂ [5], который определяли абсорбционным методом в модифи-

кации И.Н. Шаркова [10]. Суммарное продуцирование углерода в виде С-СО₂ за период наблюдений оценивали с помощью метода линейного интерполирования по формуле:

$$A = \left(\frac{B_1 + B_2}{2} \times t_1 + \frac{B_2 + B_3}{2} \times t_2 + \dots + \frac{B_{n-1} + B_n}{2} \times t_{n-1} \right) \times 0,273,$$

где А – суммарное количество С-СО₂, выделившееся за период наблюдений, кг/га; В₁, В₂, В₃ ... В_п – соответственно величины первого, второго, третьего, п-го измерений скорости продуцирования СО₂, кг/га за 24 ч; t₁, t₂, t_{п-1} – периоды времени между измерениями, сут.; 0,273 – коэффициент пересчета СО₂ в С.

В течение всего срока наблюдений нами определялась влажность и температура в почве. Кроме этого, в почвенных образцах определяли рН, содержание подвижного фосфора и обменного калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91), нитратного азота ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86) и аммиачного азота по методу ЦИНАО (ГОСТ 26489-85).

Полученные результаты полевого опыта обработаны статистически методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с использованием программных пакетов «Excel», «Statistica».

Результаты исследований и их обсуждение. Почва опытного участка отличается высокой гумусированностью в пределах пахотного слоя (6,5 %). С глубиной количество гумуса снижается до очень низких значений (табл. 1). Гумусово-аккумулятивный горизонт чернозема выщелоченного характеризуется средней суммой обменных оснований (17,2–19,7 мг-экв/100 г), незначительной гидролитической кислотностью, близкой к нейтральной реакцией среды, переходящей в нейтральную с глубины 65 см. Почва насыщена основаниями, поэтому необходимость в мелиоративных мероприятиях отсутствует. Содержание нитратного азота и подвижного фосфора в пахотном слое соответственно повышенное и высокое, которое снижается вниз по профилю до низких значений. Количество обменного калия согласно грациям по всему профилю очень высокое.

В целом чернозем выщелоченный обладает высоким потенциальным и эффективным плодородием и при рациональном использовании возможно получение на нем высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика чернозема выщелоченного
землепользования учхоза «Миндерлинское»**

Индекс горизонта	Глубина, см	Гумус, %	мг-экв/100 г			рН _{ккл}	V, %	Содержание питательных элементов, мг/кг		
			S	Hr	ЕКО			N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ап	0-26	6,5	17,2	0,1	17,4	6,0	99	15	252	263
А	26-65	5,0	19,7	0,8	20,5	5,9	96	14	134	223
АВ	65-86	3,8	22,7	1,4	24,1	6,3	94	13	193	208
В	86-107	1,6	16,9	2,1	19,0	6,2	89	9	123	163
Вк	107-150	1,3	8,9	1,5	10,4	6,2	93	7	93	178

Однако поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве обеспечивается ежегодным внесением того количества органического вещества, которое отчуждается с урожаем. Поэтому необходимо вносить органические удобрения. В данной работе рассматриваются процессы минерализации органического вещества чернозема выщелоченного при внесении разных видов и доз органических удобрений (птичьего помета и вермикомпоста).

Важнейшим показателем, определяющим интенсивность минерализации органического вещества удобрений, является скорость продуцирования углекислого газа. Оценивая динамику выделения СО₂ из почвы, обнаружено, что наименьшее продуцирование углекислого газа в июньский период наблюдений происходит на контроле и обусловлено отсутствием «свежего» органического вещества в этом варианте (рис. 1). Главным источником углекислоты является метаболизм микроорганизмов [1]. Присутствие легкодоступной пищи для микроорганизмов в удобренных вариантах почвы способствует повышению в ней продуцирования СО₂. Установлено, что под действием вносимых в чернозем выщелоченный разных доз птичьего помета и

вермикомпоста происходит изменение реакции среды с 6,5 в контрольном варианте до 6,9 в удобренной почве и увеличение содержания питательных элементов (табл. 2). Это стимулирует деятельность микроорганизмов и способствует повышению в 1,8–2,7 раза продуцирования CO₂ из почвы под действием разных доз птичьего помета и в 2,5–4,7 раза при внесении вермикомпоста в июньский срок определения.

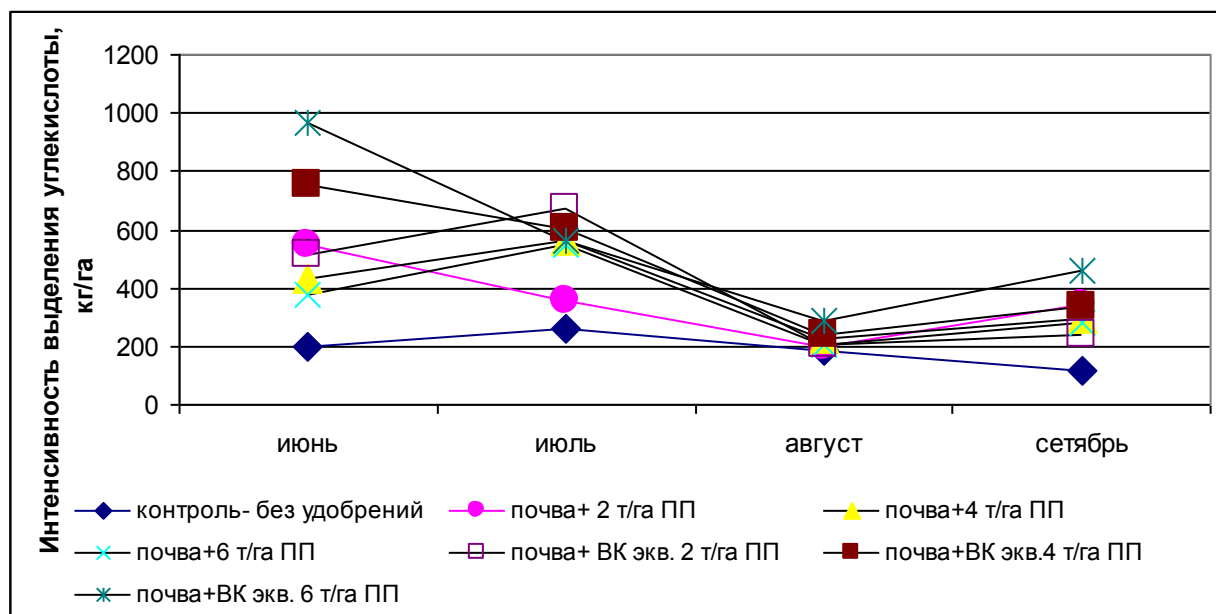


Рис. 1. Динамика интенсивности продуцирования углекислого газа из чернозема выщелоченного при внесении удобрений, кг/га

В последующий июльский период наблюдений интенсивность выделения углекислого газа остается высокой в удобренных вариантах опыта и превышает контроль в 1,4–2,6 раза в зависимости от вида удобрений и доз. Снижение продуцирования углекислоты по вариантам опыта в течение августа месяца обусловлено, с одной стороны, уменьшением общего количества легкогидролизуемых соединений, с другой – понижением температуры в августе, повлиявшим на деятельность почвенной биоты.

Таблица 2

Агрохимические показатели чернозема выщелоченного по вариантам опыта

Вариант опыта	рН _{КСЛ}	Подвижные, мг/кг			
		P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	N-NH ₄
1. Почва (б/у) – контроль	6,5	252	262	14,5	3,4
2. Почва+2 т/га ПП	6,6	261	250	28,8	2,8
3. Почва+4 т/га ПП	6,8	225	219	27,5	5,1
4. Почва+6 т/га ПП	6,9	276	324	22,9	3,4
5. Почва + ВК экв. 2 т/га ПП	6,9	283	267	16,2	3,1
6. Почва + ВК экв. 4 т/га ПП	6,9	269	303	15,9	3,5
7. Почва + ВК экв. 6 т/га ПП	6,6	360	276	9,6	3,6

С повышением температуры в сентябре происходит снова увеличение продуцирования углекислого газа. Выявленные закономерности изменений динамики продуцирования CO₂ согласуются с литературными данными [1, 2].

Общий поток C-CO₂ из почвы контрольного варианта минимален и составляет 3496 кг/га (рис. 2).



Рис. 2. Суммарное продуцирование углекислоты из чернозема выщелоченного при внесении органических удобрений по вариантам опыта: 1. Почва (без/удобрений) – контроль; 2. Почва + 2 т/га ПП; 3. Почва + 4 т/га ПП; 4. Почва + 6 т/га ПП; 5. Почва + ВК экв. 2 т/га ПП; 6. Почва + ВК экв. 4 т/га ПП; 7. Почва + ВК экв. 6 т/га ПП

Внесение разных доз птичьего помета в почву увеличивает в 1,8–2 раза общее продуцирование C-CO₂, а применение вермикомпоста в разных количествах – в 2,2–2,8 раза. Заметим, процесс минерализации интенсивней протекает в паровом поле чернозема выщелоченного при внесении вермикомпоста. Причем, чем выше доза внесения вермикомпоста, тем больше продуцируется углекислого газа. По-видимому, внесенный в почву вермикомпост оптимизирует условия жизнедеятельности микроорганизмов и из-за этого происходит и увеличение эмиссии углекислоты. Разница в минерализационных потоках из почвы в атмосферу при внесении различных видов органических удобрений (птичьего помета и вермикомпоста) обусловлена, по-видимому, разным количеством накапливаемых минеральных форм азота (см. табл. 2). При внесении в почву разных доз птичьего помета накапливается в 1,6–2 раза больше подвижного азота, чем при применении вермикомпоста. Экспериментально установлено [4, 5, 10], что, чем выше уровень азотного питания, тем сильнее ингибирование эмиссии CO₂ из почвы.

Полученные количественные оценки минерализационного потока по вариантам опыта позволили выявить зависимость их и от гидротермических условий, в частности, от влажности почвы. Кривая зависимости интенсивности выделения углекислого газа из почвы от влажности носит полиномиальный характер (рис. 3) и хорошо аппроксимируется уравнением регрессии:

$$y = -0,0002x^2 + 0,1047x + 11,022,$$

где y – продуцирование углекислого газа; x – влажность почвы. Коэффициент корреляции составляет 0,4.

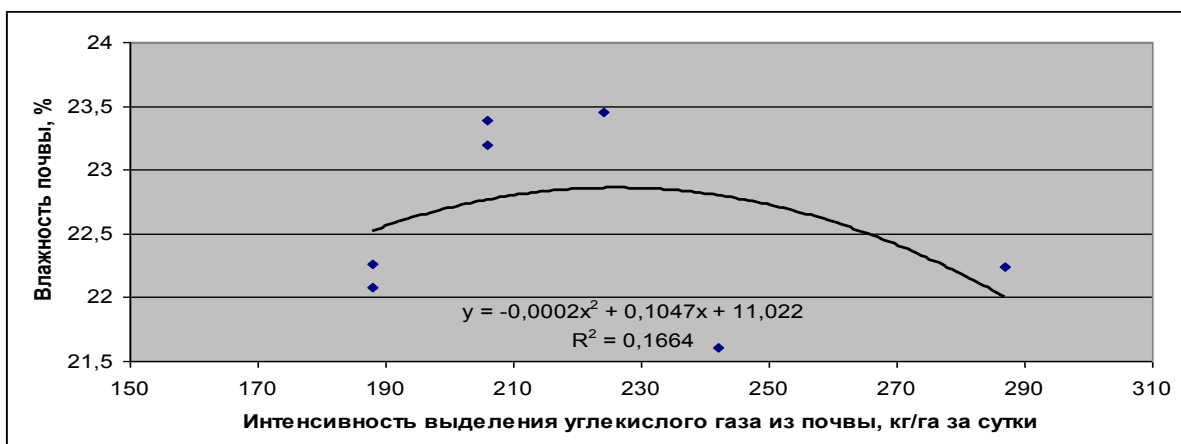


Рис. 3. Зависимость интенсивности выделения CO₂ из почвы от влажности

Выводы

1. Минерализационный поток из чернозема выщелоченного в атмосферу детерминируется количеством и качеством вносимых удобрений. Внесение разных доз птичьего помета в почву увеличивает в 1,8–2 раза общее продуцирование C-CO₂, а применение вермикомпоста – в 2,2–2,8 раза.

2. Эмиссия CO₂ из почвы зависит от гидротермических условий. Зависимость выделения углекислого газа от влажности почвы носит полиномиальный характер.

Авторы благодарят коллег кафедры почвоведения и агрохимии, принявших участие в закладке полевого опыта в учхозе «Миндерлинское».

Литература

1. *Ведрова Э.Ф., Миндеева Т.Н.* Интенсивность продуцирования углекислого газа при разложении лесных подстилок // *Лесоведение*. – 1998. – № 1. – С. 30–41.
2. *Иванникова Л.А., Гармаш Г.Г.* Определение параметров минерализации органических веществ в почве способом реакционно-кинетического фракционирования // *Почвоведение*. – 1994. – № 9. – С. 28–36.
3. *Крупкин П.И., Топтыгин В.В., Пахтаев Г.П.* Природное районирование земель сельскохозяйственной части Красноярского края: отчет о НИР. – Красноярск, 1999. – 145 с.
4. *Назарюк В.М.* Почвенно-экологические основы оптимизации питания растений. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 364 с.
5. Разложение и минерализация фитомассы в серой лесной почве: кинетический анализ / *В.М. Семенов, Л.А. Иванникова, Т.В. Кузнецова* [и др.] // *Почвоведение*. – 2001. – № 5. – С. 569–577.
6. *Чимитдоржиева Г.Д., Егорова Р.А., Корсунова Ц.-Д.-Ц.* Биологическая активность каштановых почв бассейна озера Байкал при применении на них отходов разных производств. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2001. – 158 с.
7. *Чупрова В.В.* Состояние и функционирование черноземов Средней Сибири // *Почвы Сибири: особенности функционирования и использования: сб. науч. ст.* – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2003. – 220 с.
8. *Чупрова В.В., Ульянова О.А., Исаев И.В.* Перспективы производства органических удобрений промышленного птицеводства в Красноярском крае // *Агрохим. вестн.* – 2009. – № 6. – С. 16–17.
9. *Чупрова В.В.* Управление плодородием почв // *Инновационные технологии производства продуктов растениеводства: рекомендации*. – Красноярск, 2011. – С. 42–50.
10. *Шарков И.Н.* Абсорбционный метод определения эмиссии CO₂ из почв // *Методы исследований органического вещества почв*. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – С. 401–407.

