

11. Effect of Using Agro-fertilizers and N-fixing Azotobacter Enhanced Biofertilizers on the Growth and Yield of Corn / S.H. Peng, W.M. Wan-Azha, W.Z. Wong p[et al.] // Journal of Applied Sciences. – 2013. – №13. – Р. 508–512.
  12. Evaluation of indigenous bacterial strains for biocontrol of the frogeye leaf spot of soya bean caused by Cercospora sojina / E. Simonetti, M.A. Carmona, M.M. Scandiani [et al.] // Lett. Appl. Microbiol. – 2012. – Vol. 55(2). – Р. 170–173.
- 

УДК 631.4

О.В. Шиндорикова, О.А. Ульянова, В.В. Чупрова

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ЭМИССИЮ СО<sub>2</sub> ИЗ АГРОЧЕРНОЗЕМА В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

В статье рассматривается количественная оценка эмиссии углекислого газа (СО<sub>2</sub>) из агрочернозема под действием органических удобрений в посевах яровой пшеницы. Показано, что эмиссия СО<sub>2</sub> связана со свойствами почвы и гидротермическим режимом в течение вегетационного сезона, а также с количеством и качеством вносимых удобрений.

**Ключевые слова:** агрочернозем, птичий помет, вермикомпост, эмиссия углекислого газа, минерализация, пшеница.

O.V. Shindorikova, O.A. Ulyanova, V.V. Chuprova

## THE INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE CO<sub>2</sub> EMISSION FROM AGROCHERNOZEM IN THE Krasnoyarsk FOREST STEPPE CONDITIONS

*The quantitative assessment of the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from agrochernozem under the influence of organic fertilizers in spring wheat crops is considered in the article. It is shown that CO<sub>2</sub> emission is connected with the soil properties and the hydrothermal mode during the vegetative season as well as with the quantity and quality of the introduced fertilizers.*

**Key words:** agrochernozem, poultry droppings, vermicompost, carbon dioxide emission, salinity, wheat.

---

**Введение.** Выделение углекислого газа (СО<sub>2</sub>) является показателем биологической активности почвы, характеризующим напряженность происходящих в ней микробиологических процессов. По количеству выделяющейся из почвы углекислоты судят об интенсивности минерализационных процессов органического вещества, определяющих накопление в почве минеральных соединений биогенных элементов, а также о необходимых затратах свежего органического вещества для поддержания имеющихся в почве запасов углерода [11]. Почвы являются важнейшим резервуаром органического углерода в биосфере [8]. Запас углерода почв примерно в 3 раза больше, чем в надземной биомассе, и в 2 раза превышает запас атмосферного углекислого газа [2, 5].

Повышенный интерес к оценке эмиссии углекислого газа из почв в последние два десятилетия обусловлен тем, что СО<sub>2</sub> является информативным показателем функционального состояния экосистемы в целом [3]. В научной литературе широко представлены результаты исследований по эмиссии и балансу диоксида углерода в наземных экосистемах России [3–4], но недостаточно освещены вопросы влияния органических удобрений на интенсивность продуцирования углекислоты из почв.

**Цель работы.** Дать количественную оценку эмиссии СО<sub>2</sub> из агрочернозема при поступлении в почву различных доз птичьего помета и вермикомпоста в агроценозах яровой пшеницы в условиях Красноярской лесостепи.

**Методика исследований.** Исследования проводили в полевом опыте учебного хозяйства «Миндерлинское» в Красноярской лесостепи в 2012–2014 гг.

**Объектами исследований.** Почва, органические удобрения: птичий помет и вермикомпост, полученный методом переработки птичьего помета и гидролизного лигнина калифорнийским червем *Eisenia fetida*. Почва, используемая в опытах, – агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный глубокопахотный, сильно гумусированный на желтой бурой глине, характеризуется следующим строением профиля: РU-AU-AUB1-B1-Всa-Сса. Почва опытного участка перед закладкой опыта имела следующие агрохимические показатели: Нг – 1 мг-экв/100 г; S – 17,2 мг-экв/100 г; рН<sub>H2O</sub> – 6,6; содержание гумуса – 6,5 %; подвижного фосфора – 252 мг/кг; обменного калия – 263 мг/кг.

Органические удобрения вносили осенью 2011 года в паровое поле опыта под основную обработку и заделывали их на глубину 20 см согласно схеме: 1) контроль (без удобрений); 2) птичий помет – 2 т/га (ПП); 3) ПП – 4 т/га; 4) ПП – 6 т/га; 5) вермикомпост (ВК) в дозе эквивалентной (экв.) 2 т/га ПП; 6) ВК экв. 4 т/га ПП; 7) ВК экв. 6 т/га ПП. Площадь одной делянки составила 100 м<sup>2</sup>, повторность опыта трехкратная. Размещение делянок реномализированное. Тестовой культурой эффективности применяемых удобрений служила яровая пшеница сорта Новосибирская 15. После уборки пшеницы солома оставалась на поле и запахивалась.

В современных исследованиях учет образующегося С-СО<sub>2</sub> из почв является основным способом оценки минерализации органического вещества в них [7]. Измерение эмиссии углекислого газа с поверхности почвы проводили в течение вегетационных сезонов 2012–2014 гг. (с июня по август) абсорбционным методом в модификации И.Н. Шаркова [10]: использовали полипропиленовые сосуды (d= 10 см, h= 15 см) с крышками. Сосуд-изолятор врезали в почву на глубину 5 см. Внутри него ставили чашку (d=5 см) с 10 мл 1н. NaOH. Сосуд плотно закрывали крышкой на 24 ч, в дальнейшем вынимали и на месте титровали 0,2 н HCL по фенолфталеину. Выделение почвой СО<sub>2</sub> рассчитывали с учетом холостого титрования (щельчка на период размещения помещали в сосуд без почвы). Суммарное выделение углекислоты за вегетационный период рассчитывали путем линейного интерполяирования. Измерение скорости выделения углекислого газа осуществляли с шагом 14 суток в трехкратной повторности. В течение всего периода наблюдений одновременно проводили измерение температуры и влажности. Влажность почвы определяли в слое 0–20 термовесовым методом.

Полученные результаты полевого опыта были обработаны статистически методом дисперсионного анализа с использованием программных пакетов «Excel», «Statistica».

**Результаты и их обсуждение.** Поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве обеспечивается ежегодным внесением того количества органического вещества, которое отчуждается с урожаем. Поэтому необходимо вносить органические удобрения. Внесенные в почву удобрения включаются в процессы минерализации и гумификации. Минерализация органических веществ – первостепенный источник поступления в почвы доступных растениям элементов-биофилов в концентрациях, близких к экологическим потребностям организмов. При минерализации сложные органические соединения, в том числе и гумус, при участии различных групп микроорганизмов превращаются в простые химические вещества, воду, углекислый газ, соли различных анионов и катионов. Продукты минерализации попадают в почвенные растворы и в значительной степени становятся объектом питания растений, т.е. вновь включаются в биологический круговорот.

В данной работе рассматривается процесс минерализации, который оценивали по продуктивности углекислоты из агрочернозема при внесении разных видов и доз органических удобрений (птичьего помета и вермикомпоста). Агрохимическая характеристика применяемых удобрений представлена в таблице 1.

Анализ табличных данных свидетельствует о высоких показателях валовых форм азота, фосфора и калия в применяемых в опыте удобрениях. Следует отметить, что эти показатели значительно выше в птичьем помете по сравнению с вермикомпостом (продуктом его переработки). Птичий помет имеет щелочную реакцию среды в отличие от нейтральной у вермикомпоста.

Таблица 1

## Агрохимическая характеристика птичьего помета и вермикомпоста

Показатель	С, %	рН	Валовые, %		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вермикомпост	18,10	6,77	1,12	3,80	0,95
Птичий помет	-	8,30	5,76	5,06	2,23

Важнейшим показателем, определяющим интенсивность минерализации органического вещества почвы при внесении удобрений, являются скорость продуцирования углекислого газа. Количественная оценка эмиссии CO<sub>2</sub> из агрочернозема представляет наибольший интерес, поскольку эти почвы составляют основной фонд пашни в условиях Красноярской лесостепи.

Известно [1, 3–4], что эмиссия углекислого газа почвами неодинакова в различные периоды вегетации и в зависимости от сочетания погодных условий, физиологического состояния растений и микробных сообществ имеет ярко выраженную динамику.

Динамика продуцирования углекислого газа из парового поля агрочернозема приведена в источнике [12], поэтому в этой статье рассматриваться не будет.

Анализ сезонной динамики выделения CO<sub>2</sub> из почвы при выращивании первой яровой пшеницы после пара показывает, что напряженность биологических процессов при применении разных видов и доз органических удобрений была неодинаковой. Отметим, что величина продуцирования углекислого газа в течение июня 2013 года по вариантам опыта изменялась от 22,3 до 41,5 г·м<sup>-2</sup>·сут<sup>-1</sup> (табл. 2), при этом достоверно меньше выделялось углекислоты при внесении высоких доз удобрений (4–6 т/га ПП и ВК экв. 6 т/га). Это обусловлено уровнем содержания нитратного азота в почве. Экспериментально установлено [6, 9], что чем выше уровень азотного питания, тем сильнее ингибирование эмиссии CO<sub>2</sub> из почвы. Что мы и наблюдали в нашем опыте.

Таблица 2

Влияние удобрений на выделение углекислого газа из агрочернозема в 2013 г., г·м<sup>-2</sup>·сут<sup>-1</sup>

Вариант	Среднесуточное выделение углекислоты		
	Июнь	Июль	Август
1. Контроль (без удобрений)	41,5±6,2	57,3±9,3	115,7±
2. ПП 2 т/га	39,0±9,0	68,6±2,3	118,3±
3. ПП 4 т/га	26,9±6,1	78,0±1,6	64,8±
4. ПП 6 т/га	23,8±3,6	48,0±4,8	45,7±
5. ВК экв. 2 т/га ПП	41,3±8,7	52,5±7,0	122,4±
6. ВК экв. 4 т/га ПП	33,0±10,6	35,9±1,8	40,4±
7. ВК экв. 6 т/га ПП	22,2±8,1	72,6±5,6	59,2±
HCP <sub>05</sub>	9,2	6,9	8,6

В июльский период, с повышением температуры, интенсивность продуцирования углекислого газа достоверно увеличилась в сравнении с предыдущим периодом и варьировала от 35,9 до 78,0 г·м<sup>-2</sup>·сут<sup>-1</sup> в зависимости от варианта опыта. Как известно [4], в условиях меняющегося климата температура и влажность почвы являются значимыми экологическими факторами, определяющими скорость распада органического вещества и интенсивность выделения CO<sub>2</sub> из почвы.

Максимальные значения продуцирования CO<sub>2</sub> отметили в августе, где скорость выделения углекислоты изменялась от 40,4 до 122,4 г·м<sup>-2</sup>·сут<sup>-1</sup> по вариантам опыта и связана была с азотным режимом почвы, а также с гидротермическими условиями.

Анализ сезонной динамики выделения углекислоты в 2014 г. свидетельствовал о минимальных значениях ( $18,3 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$ ) продуцирования  $\text{CO}_2$  на контроле в июне месяце, что обусловлено низким количеством «свежего» органического вещества в этом варианте (табл. 3). В удобренных птичьим пометом вариантах опыта выделение углекислоты повысилось в 1,9-3,7 раза, а при внесении вермикомпоста – в 1,3-5,4 раза по отношению к контролю в зависимости от дозы внесения.

Таблица 3  
Влияние удобрений на выделение углекислого газа из агроочернозема в 2014 г.,  $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$

Вариант	Среднесуточное выделение углекислоты		
	июнь	июль	август
1. Контроль (без удобрений)	$18,3\pm1,4$	$73,1\pm7,4$	$63,2\pm10,1$
2. ПП 2 т/га	$33,9\pm2,2$	$81,6\pm20,0$	$172,1\pm66,3$
3. ПП 4 т/га	$37,9\pm7,8$	$82,7\pm22,0$	$180,2\pm21,3$
4. ПП 6 т/га	$67,3\pm6,1$	$119,5\pm29,8$	$100,0\pm32,7$
5. ВК экв. 2 т/га ПП	$34,7\pm3,0$	$68,1\pm6,8$	$147,5\pm46,0$
6. ВК экв. 4 т/га ПП	$99,2\pm7,7$	$65,8\pm5,8$	$128,2\pm37,4$
7. ВК экв. 6 т/га ПП	$24,0\pm2,1$	$77,2\pm5,8$	$38,4\pm2,4$
HCP <sub>05</sub>	8,9	15,9	43,5

Увеличение температуры к июлю месяцу способствовало и значительному повышению эмиссии углекислого газа по всем вариантам опыта относительно июньского периода. Отметим, что достоверное повышение интенсивности продуцирования углекислого газа происходило только в варианте с применением птичьего помета в количестве 6 т/га по сравнению с контролем и другими удобренными вариантами. В августе выделение  $\text{CO}_2$  было высоким в вариантах с птичьим пометом (доза 2-4 т/га) и в вариантах с вермикомпостом, внесенным в агроочернозем в количествах, эквивалентных 2-4 т/га птичьего помета, значительно превышающих контроль. Отметим, что доза вермикомпоста, эквивалентная 6 т/га ПП, снижала выделение углекислоты в 1,7 раза по отношению к контролю.

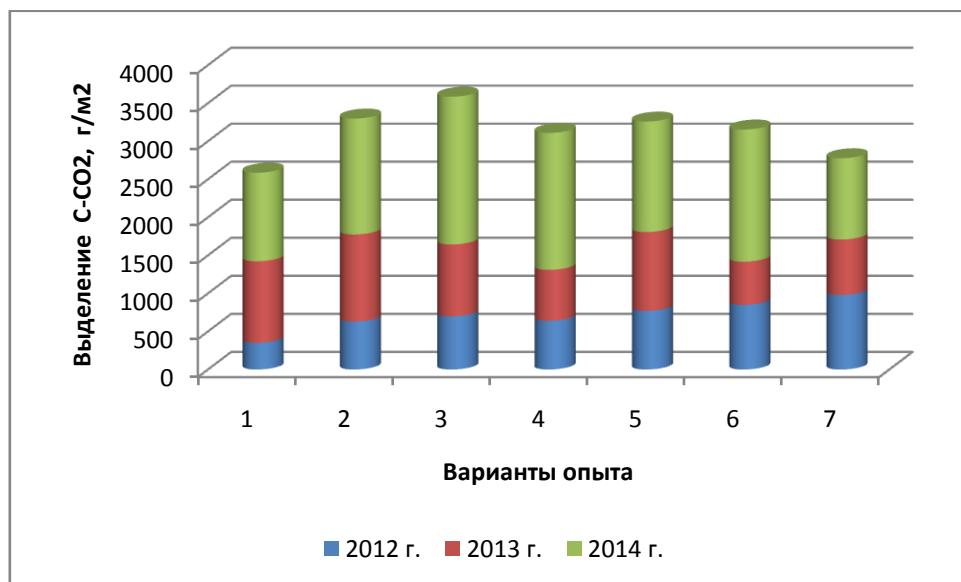
Проведенный корреляционный анализ между среднесуточным выделением углекислоты в течение вегетационного периода 2014 г. и температурой воздуха свидетельствует о средней зависимости ( $r=0,65$ ) в варианте с птичьим пометом (6 т/га) и тесной связи ( $r=0,90-0,96$ ) при поступлении в агроочернозем вермикомпоста (ВК экв. 4 т/га и 6 т/га) (табл. 4). Связь с количеством осадков сильная была на контроле и при поступлении в почву 6 т/га птичьего помета и вермикомпоста в эквивалентной дозе ( $r=0,91-0,99$ ).

Таблица 4  
Корреляционная зависимость интенсивности продуцирования  $\text{CO}_2$  от температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и количества осадков, мм

Варианты опыта						
Контроль (без удобрений)	ПП 2 т/га	ПП 4 т/га	ПП 6 т/га	ВК экв. 2 т/га ПП	ВК экв. 4 т/га ПП	ВК экв. 6 т/га ПП
Зависимость от температуры						
0,49	0,35	0,38	0,65	0,40	0,96	0,90
Зависимость от осадков						
0,98	0,49	0,46	0,99	0,44	0,39	0,91

Суммарное выделение углекислоты за все вегетационные периоды наблюдений было минимальным на контроле и связано с меньшим поступлением органики (рис.). Внесение органических удобрений в агроочернозем повысило эмиссию  $\text{CO}_2$  при внесении птичьего помета в 1,2-1,4

раза, а при внесении вермикомпоста – в 1,2–1,3 раза в зависимости от дозы внесения по отношению к контролю.



Эмиссия  $\text{CO}_2$  из агрочернозема,  $\text{г}/\text{м}^2$  за вегетационные сезоны при внесении удобрений по вариантам опыта: 1 – контроль (без удобрений); 2 – ПП 2  $\text{т}/\text{га}$ ; 3 – ПП 4  $\text{т}/\text{га}$ ; 4 – ПП 6  $\text{т}/\text{га}$ ; 5 – ВК экв. 2  $\text{т}/\text{га}$  ПП; 6 – ВК экв. 4  $\text{т}/\text{га}$  ПП; 7 – ВК экв. 6  $\text{т}/\text{га}$  ПП

## Выводы

1. В условиях Красноярской лесостепи эмиссия  $\text{CO}_2$  связана с количеством и качеством поступающих в почву органических удобрений и гидротермическим режимом в течение вегетационного сезона.

2. Приход свежего органического материала в почву оказывает значительное влияние на выделение углекислоты. Эмиссия  $\text{CO}_2$  из агрочернозема при поступлении птичьего помета возросла в 1,2–1,4 раза, а при внесении вермикомпоста – в 1,2–1,3 раза в зависимости от дозы внесения к контролю.

Авторы благодарят коллег кафедры почвоведения и агрохимии Красноярского ГАУ, принялших 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. Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник РАН. – 2006. – Т. 76. – № 1. – С. 14–24.
3. Кудеяров В.Н., Курганова И.Н. Дыхание почв России: анализ базы данных, многолетний мониторинг, общие оценки // Почвоведение. – 2005. – № 9. – С. 1112–1121.
4. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мякшина Т.Н. Эмиссия  $\text{CO}_2$  из почв различных экосистем южно-таежной зоны: анализ данных непрерывных 12-летних круглогодичных наблюдений // Докл. РАН. – 2011. – Т. 436. – № 6. – С. 843–846.
5. Ларионова А.А., Розанова Л.Н. Влияние температуры и влажности почв на эмиссию  $\text{CO}_2$  // под ред. Г.А. Заварзина, В.Н. Кудеярова. – Пущино: Пущин. науч. центр, 1993. – С. 68–75.

6. Назарюк В.М. Почвенно-экологические основы оптимизации питания растений. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 364 с.
7. 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.
8. Чупрова В.В. Управление плодородием почв // Инновационные технологии производства продукции растениеводства: рекомендации. – Красноярск, 2011. – С. 42–50.
9. Шарков И.Н. Удобрения и проблема гумуса в почвах // Почвоведение. – 1987. – № 11. – С. 70–81.
10. Шарков И.Н. Абсорбционный метод определения эмиссии CO<sub>2</sub> из почвы // Методы исследований органического вещества почв. – М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2005. – С. 401–407.
11. Шарков И.Н., Шепелев А.Г., Мишина П.В. Влияние растительных остатков и обработки почвы на эмиссию CO<sub>2</sub> из чернозема выщелоченного в условиях лесостепи приобья // Почвы Сибири: особенности функционирования, использования и охраны: мат-лы науч. конф., посвящ. 90-летию д-ра с.-х. наук, проф. П.С. Бугакова. – Красноярск, 2012. – С. 49–54.
12. Шиндорикова О.В., Ульянова О.А. Оценка скорости минерализации органического вещества чернозема выщелоченного при внесении органических удобрений // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 8. – С. 64–68.



УДК 632.952

С.В. Хижняк, Д.И. Шевелёв, В.А. Самойлова

## ВЛИЯНИЕ БИОГЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ ФЕРРИГИДРИТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТРАВЛИВАНИЯ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

В ходе исследования выявлено, что биогенные наночастицы ферригидрита, допированные алюминием и кобальтом, статистически значимо усиливают эффект обработки семян фунгицидом, в то время как наночастицы чистого ферригидрита снижают действие фунгицида.

**Ключевые слова:** биогенные наночастицы, ферригидрит, фунгицид, токсичность.

S.V. Khizhnyak, D.I. Shevelyov, V.A. Samoylova

## INFLUENCE OF BIOGENIC FERRIHYDRITE NANOPARTICLES ON THE EFFICIENCY OF FUNGICIDE TREATMENT OF WHEAT SEEDS

*In the course of research it is established that biogenic ferrihydrite nanoparticles doped with aluminum and cobalt statistically significantly enhance the effect of fungicide seed treatment, whereas nanoparticles of pure ferrihydrite reduce the effect of fungicide.*

**Key words:** biogenic nanoparticles, ferrihydrite, fungicide, toxicity.

**Введение.** Защита растений от болезней является исключительно актуальной проблемой повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Среди методов и средств защиты растений преобладающим остается химический. Несмотря на свою эффективность, химический метод имеет ряд недостатков: нарушение биологического равновесия в природе, накопление остаточных количеств химических средств защиты в сельскохозяйственной продукции и прогрессирующей к ним устойчивости патогенных организмов, высокая стоимость фунгицидов и катастрофическое загрязнение окружающей среды. В предыдущих исследованиях нами было показано, что наночастицы бактериального ферригидрита оказывают модифицирующее действие на токсические свойства