

79 % НВ) и позволили яровой пшенице по предшественнику кукурузе сформировать максимальную урожайность зерна – 5,1 т/га.

Литература

1. Почвенно-климатические условия и урожайность яровой пшеницы: рекомендации / Ю.Г. Жилин, А.Е. Кочергин, А.Х. Кольцов [и др.]. – Тюмень, 1983. – 40 с.
2. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. – Новосибирск: Наука, 1990. – 286 с.
3. Сляднев А.П., Сенников В.А. Агроклиматические ресурсы Западной Сибири и повышение эффективности их использования в сельскохозяйственном производстве // Агроклиматология Сибири. – Новосибирск, 1977. – С. 99–116.
4. Хусаинов А.Т. Гидроморфные солонцы Западной Сибири в процессе мелиорации. – Тюмень-Кокшетау, 2012. – 320 с.



УДК 634.412

Л.Н. Пуртова, Н.М. Костенков

ЭМИССИЯ CO₂ ИЗ ПОЧВ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА ПРИМОРЬЯ

Представлены результаты исследований эмиссии CO₂ из почв природных ландшафтов абсорбционным методом в условиях in exр. Установлено, что большие показатели эмиссии CO₂ свойственны для буроземов с высоким уровнем содержания гумуса со средней степенью обогащенности почв каталазой. Выделены четыре группы почв по величине потерь CO₂. Установлены высокие коэффициенты корреляции между содержанием гумуса и эмиссией CO₂, а также содержанием гумуса и каталазной активностью почв.

Ключевые слова: *почвы, гумус, эмиссия CO₂, каталазная активность, ландшафт.*

L.N. Purtova, N.M. Kostenkov

CO₂ EMISSION FROM NATURAL LANDSCAPE SOILS OF THE PRIMORYE SOUTH

The research results of CO₂ emission from natural landscape soils by absorption method in exp. conditions are presented. It is established that high rates of CO₂ emission are characteristic for brown earth with high humus content with an average degree of soil catalase enrichment. The four soil groups according to the amount of CO₂ loss are singled out. The high correlations between the humus content and CO₂ emissions, as well as humus and soil catalase activity are determined.

Key words: *soil, humus, CO₂ emissions, catalase activity, landscape.*

Введение. Исследованию эмиссии CO₂ с поверхности почв обращено пристальное внимание как отечественных, так и зарубежных исследователей в связи с глобальной проблемой увеличения концентрации в атмосфере парниковых газов, среди которых диоксид углерода играет главную роль. В настоящее время опубликован ряд работ по оценке почвенной эмиссии CO₂ как на региональных уровнях, так и в глобальном масштабе [3, 6, 7, 11–13, 15, 16].

Показатели почвенного дыхания широко используются для оценки продуктивности экосистем, а также для анализа активности почвенных микроорганизмов. Выделение углекислоты может быть объективным индикатором интенсивности разложения органического вещества почвы и позволяет охарактеризовать одну из важнейших сторон биологического круговорота веществ. В автоморфных почвах CO₂ практически единственное летучее соединение, в виде которого происходят потери углерода. Наряду с исследованием эмиссии

CO₂ из почв *in situ*, широкое применение нашел абсорбционный метод исследования эмиссии CO₂ в условиях *in exp.* [12–13].

Почвы юга Приморья остаются практически неизученными в отношении почвенного дыхания, что увеличивает неопределенность при оценке общего дыхания почв России [6]. Это в значительной мере и определяет актуальность проводимых исследований.

Цель работы. Количественное определение эмиссии CO₂ из почв природных ландшафтов.

Задачи исследований:

1. Изучение изменений в показателях общего дыхания почв, относящихся к различным почвенным отделам: структурно-метаморфическому, текстурно-дифференцированному, аллювиальному и техногенным поверхностным образованиям (ТПО).
2. Исследование физико-химических параметров различных почв.
3. Определение каталазной активности почв.
4. Установление связи между физико-химическими параметрами почв, каталазной активностью и эмиссией CO₂.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований явились почвы природных ландшафтов, наиболее распространенные на территории Приморского края, сформированные под пологом широколиственных лесов. Согласно классификации 2004 г. [4], относящиеся к отделу структурно метаморфических почв – это бурозем типичный со строением профиля АУ (0-16см) – ВМ (16-79) – С (79-120 см); бурозем оподзоленный – АУ (0-7см) – ЕЛ (7-18) – ВМ (14-49) – С (49-98 см).

Из почв текстурно-дифференцированного отдела, сформированных под разнотравно-злаковой растительностью, исследован подбел темногомусовый типичный с набором генетических горизонтов – АУ (0-22см) – ЕЛ (22-34) – ВЕЛ (34-54) – С (54-100 см); подбел темногомусовый глееватый – АУ (0-32см) – ЕЛg (32-42) – ВТg (42-67) – G (67-100) – СG (10-120 см); дерново-буро-подзолистая глееватая почва – АУ (0-21 см) – ВЕЛ (21-34) – ВТ (34 -53) – С (53-100 см).

Изучены почвы, относящиеся к отделу аллювиальных, сформированные в долинах рек – аллювиальная темногомусовая, профиль которой дифференцирован на горизонты АУ (0-42 см) – С (42-52 см), и аллювиальная агрогумусовая глееватая: Р(5-20 см) – АУg (35-45) – G (45-68) – С (68-75 см).

Среди техногенных поверхностных образований исследован литострат (отвалы пород), представленный двумя слоями: I (0-17см) – II (17-34 см).

Эмиссию CO₂ определяли абсорбционным методом [14] в условиях *in exp.* Навеску почвы в количестве 100 г помещали в сосуд-изолятор (d = 10 см, h = 15 см), внутрь ставили чашечку (d = 5см) с 5 мл 2N NaOH. Повторность опыта трехкратная. Время экспозиции 24, 120 и 288 ч. После чего чашечку извлекали и титровали 0,2 N HCl с фенолфталеином. Выделенное количество CO₂ определяли с учетом холостого титрования (щелочь за период экспозиции помещали в сосуд без почвы объемом, равным объему свободного пространства в сосуде). Исследования велись при разном уровне влажности почв, с добавлением дистиллированной воды до величины полной влагоемкости (ПВ) и 60% от ПВ. Наряду с исследованием эмиссии CO₂ из почв определяли показатели каталазной активности почв газометрическим методом [8]. Физико-химические параметры почв – содержание C_{общ}, N_{общ} определяли на элементном анализаторе Flash-2000, обменную кислотность почв (pHс) – потенциометрическим методом, сумму обменных оснований – по Каппену-Гельковичу [1]. Оценка содержания гумуса дана по шкале, предложенной Д.С. Орловым с соавторами [9].

Результаты и обсуждение. Согласно схеме агроэкологического районирования, исследуемые почвы сформированы в Южно-Приморской области, расположенной на крайнем юге края, и входят в Партизанскую провинцию [11]. Провинция имеет теплый и мягкий климат и защищена горами от вторжения холодных континентальных воздушных масс. Продолжительность безморозного периода составляет 170 дней, сумма активных температур колеблется в пределах 2300–2500°С, годовая сумма осадков не превышает 800 мм, до 90 % которых выпадает в теплый период года.

Исследованиями охвачены почвы, согласно классификации 2004 г., приуроченные к стволу постлитогенного и синлитогенного почвообразования, которые относятся к отделам: структурно-метаморфические (буроземы типичные, буроземы оподзоленные); текстурно-дифференцированные (темногомусовый подбел типичный, подбелы типичные глееватые); аллювиальные (аллювиальные темно-гумусовые, аллювиальные агрогумусовые глееватые), а также типичные поверхностные образования (ТПО), т.е. литостраты.

Приведем краткую характеристику основных физико-химических параметров исследуемых почв (табл.1). Для буроземов (типичных, оподзоленных) свойственно широкое колебание содержания гумуса в поверхностных горизонтах – от очень высокого до ниже среднего. С глубиной количество гумуса убывает до низких значений.

Таблица 1

Физико-химические свойства почв природных ландшафтов юга Приморья

| Почва | Горизонт | Глубина, см | pH солевой | Сумма поглощенных оснований, мэкв/100г почвы | Гумус, % | Но _{бц} | C:N |
|--------------------------------------|------------------|-------------|------------|--|----------|------------------|------|
| Бурозем типичный | AУ | 0-16 | 6,1 | 37,8 | 10,50 | 0,44 | 13,7 |
| | ВМ | 16-33 | 3,7 | 3,7 | 2,30 | | |
| Бурозем оподзоленный | AУ | 0-7 | 4,1 | 27,1 | 4,87 | 0,23 | 14,4 |
| | ЕL | 7-18 | 3,4 | 23,6 | 3,00 | | |
| Подбел темно-гумусовый типичный | AУ | 0-22 | 3,3 | 11,8 | 7,03 | 0,38 | 13,8 |
| | ЕL _n | 22-34 | 3,8 | 11,6 | 3,80 | | |
| Подбел темно-гумусовый глееватый | AУ | 0-20 | 4,3 | 12,6 | 5,10 | 0,26 | 13,3 |
| | ЕL _{ng} | 20-26 | 4,2 | 15,9 | 2,70 | | |
| Дерново-буроподзолистая глееватая | AУ | 5-15 | 4,1 | 11,4 | 5,22 | 0,27 | 13,1 |
| | ВЕL | 20-30 | 3,0 | 4,4 | 1,50 | | |
| Аллювиальная темногумусовая | AУ | 0-42 | 4,6 | 18,0 | 4,17 | 0,72 | 3,9 |
| | С | 42-52 | 4,0 | 5,3 | 1,50 | | |
| Аллювиальная агрогумусовая глееватая | Р | 0-20 | 5,1 | 24,8 | 4,53 | 0,14 | 8,1 |
| | AУ _g | 20-45 | 5,0 | 22,4 | 3,40 | | |
| Литострат | I | 0-17 | 5,8 | 15,1 | 1,20 | 0,05 | 16,4 |
| | II | 17-34 | 6,2 | 15,5 | 0,10 | | |

Обменная кислотность в поверхностных горизонтах изменяется от слабокислой (бурозем типичный) до сильнокислой (бурозем оподзоленный). В нижних горизонтах показатели рН_с снижаются до очень сильнокислой, сумма поглощенных оснований высокая. Соотношение C:N низкое, что свойственно для грубогумусовых горизонтов почв.

В подбелах темногумусовых по сравнению с буроземами содержание гумуса несколько снижается. Количество его в горизонте АУ варьирует от высоких до ниже средних значений. Реакция среды, судя по параметрам рН_с, изменяется от очень сильнокислой до сильнокислой. Сумма поглощенных оснований уменьшается. Соотношение C:N из-за низкой обеспеченности почв азотом низкое.

Для дерново-буро-подзолистых почв характерно содержание гумуса ниже средних значений. С глубиной в горизонте ВЕL количество его резко сокращается до малых показателей. Гумусообразование протекает в условиях сильнокислой реакции среды. Сумма поглощенных оснований низкая. Соотношение C:N достигает 13, что свидетельствует о меньшей обеспеченности почв азотом и подтверждается низкими показателями N_{общ}.

В поверхностных горизонтах аллювиальных почв (аллювиальная темногумусовая, аллювиальная агрогумусовая глееватая) содержание гумуса ниже среднего. Реакция среды кислая, а в агрогенных аналогах среднекислая. По сравнению с дерново-подзолистыми-глеевыми почвами в аллювиальных почвах отмечается возрастание суммы обменных оснований и, судя по соотношению C:N, зафиксирована высокая обогащенность гумуса азотом.

Для литостратов свойственны очень малое содержание гумуса и слабокислая реакция почвенной среды. Следует отметить низкую сумму поглощенных оснований и азота. Степень обогащенности гумуса азотом, исходя из соотношения C:N, также крайне низкая.

Исследованиями эмиссии CO_2 из поверхностных горизонтов почв (при 60 % от ПВ) установлено, что наибольшие показатели эмиссии свойственны для бурозема типичного. Для этого типа почв характерны высокие показатели содержания гумуса в их поверхностных горизонтах. Усиление эмиссии CO_2 обусловлено, на наш взгляд, складывающимся окислительно-восстановительным режимом, т.е. окислительным по всему профилю [5], а также средней обогащенностью почв каталазой ($K_a = 3,4 \text{ O}_2 \text{ см}^3/\text{г}$ за 1 мин из-за высокой микробиологической активности [2, 15]). Обилие органического вещества в поверхностных горизонтах буроземов и высокие значения окислительно-восстановительного потенциала определяют высокую минерализацию органического вещества, что в значительной мере усиливает эмиссию CO_2 .

Низкая эмиссия CO_2 зафиксирована в почвах, относящихся к отделу аллювиальных – аллювиальная темногумусовая почва – и к текстурно-дифференцированному отделу – дерново-буроподзолистой глееватой почве (табл.2). Для данных типов почв, согласно оценочным грациям [9], свойственны уровни содержания гумуса ниже средних значений. Обогащенность почв каталазой (K_a) бедная и очень бедная. Показатели K_a составляют в аллювиальной темногумусовой почве – 1,5, в дерново-буроподзолистой глееватой – 2,3 $\text{O}_2 \text{ см}^3/\text{г}$ за 1 мин. Самый низкий уровень эмиссии CO_2 свойственен для ТПО, т.е. литострата с низким уровнем содержания гумуса и бедной обогащенностью почв каталазой (0,6 $\text{O}_2 \text{ см}^3/\text{г}$ за 1 мин). Подбел типичный и подбел темногумусовый глееватый по параметрам потерь CO_2 занимали промежуточное положение между буроземами и аллювиальными почвами (1,05; 1,08 г С- CO_2 м² сутки). Для них характерна слабая обогащенность почв каталазой (1,5; 1,6 $\text{O}_2 \text{ см}^3/\text{г}$ за 1 мин).

Средние показатели потерь CO_2 при 60% от ПВ изменялись в ряду: бурозем типичный (1,92 г) – бурозем оподзоленный (1,86 г) – подбел темногумусовый глееватый (1,08 г) – подбел типичный (1,05 г) – аллювиальная агрогумусовая глееватая (1,03 г) – аллювиальная темногумусовая (0,67 г) – дерново-буроподзолистая глееватая (0,64 г) – литострат (0,27 г С- CO_2 м²/сутки).

Таблица 2

Показатели эмиссии CO_2 в почвах юга Приморья

| Почва | Горизонт | 60 % от ПВ | 100 % ПВ |
|--------------------------------------|----------|--|-----------------|
| | | г С- CO_2 м ² /сутки | |
| Бурозем типичный | AУ | 1.92 \pm 0.37 | 0.57 \pm 0.10 |
| Бурозем оподзоленный | AУ | 1.86 \pm 0.40 | 0.66 \pm 0.05 |
| Темногумусовый подбел типичный | AU | 1.05 \pm 0.26 | 0.44 \pm 0.08 |
| Подбел темногумусовый глееватый | AU | 1.08 \pm 0.29 | 0.43 \pm 0.10 |
| Дерново-буроподзолистая глееватая | AУ | 0.64 \pm 0.14 | 0.60 \pm 0.12 |
| Аллювиальная агрогумусовая глееватая | AU | 1.03 \pm 0.09 | 0.64 \pm 0.10 |
| Аллювиальная темногумусовая | AU | 0.67 \pm 0.26 | 0.44 \pm 0.18 |
| Литострат | I | 0.27 \pm 0.06 | 0.14 \pm 0.04 |

Коэффициент корреляции (r) для пары K_a -С- CO_2 в исследуемом ряду почв составил +0,78. С содержанием гумуса связь была более тесной, о чем свидетельствовали более высокие показатели r (+0,82). Установлен также высокий коэффициент корреляции между содержанием гумуса и каталазной активностью почв (+0,85).

При насыщении почв водой до полной влагоемкости (ПВ) резко снизилось количество CO_2 , выделяемое почвой. Это обусловлено созданием анаэробных условий и ухудшением газообмена между почвой и надпочвенным воздухом.

По величине потерь CO_2 из почв при 60% от ПВ возможно выделение четырех групп: I – >1,62 г с высоким уровнем потерь CO_2 ; II – 1,62–1,11 г – со средним; III – 1,10–0,48 г – с низким; IV – < 0,48 г С- CO_2 м²/сутки – очень низким. В первую группу вошли буроземы (типичные, оподзоленные); во вторую подбел темногумусовый глееватый; третью – темногумусовый подбел типичный, дерново-буроподзолистая, аллювиальная темногумусовая, аллювиальная агрогумусовая глееватая; в четвертую – литострат (ТПО).

Выводы

1. Исследованиями эмиссии CO₂ абсорбционным методом в условиях *ex.situ* в почвах равнинных территорий юга Приморья установлено, что большие потери CO₂ свойственны для буроземов типичных и оподзоленных со средней степенью обогащенности почв каталазой.

2. Средние показатели потерь C-CO₂ убывают в ряду: бурозем типичный – бурозем оподзоленный – подбел темногумусовый глееватый – подбел типичный – аллювиальная агрогумусовая глееватая – аллювиальная темногумусовая – дерново-буроподзолистая глееватая – литострат.

3. Во всех исследуемых почвах при насыщении их до величины ПВ эмиссия CO₂ снижается.

4. По показателям потерь CO₂ определены 4 группы почв: I – >1,62 г C-CO₂ м²/сутки с высоким уровнем потерь CO₂; II – 1,62–1,11 – со средним; III – 1,10–0,48 – с низким; IV – < 0,48 г C-CO₂ м²/сутки – с очень низким уровнем потерь CO₂.

5. Установлены высокие коэффициенты корреляции между содержанием гумуса и эмиссией CO₂ (r = +0,82), а также с содержанием гумуса и каталазной активностью почв (+ 0,85). Коэффициент корреляции для пары Ка-C-CO₂ в исследуемом ряду почв составил +0,78.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. Голодяев Г.П. Биологическая активность горно-лесных почв Южного Приморья // Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов. – Л.: Наука, 1972. – С. 240–246.
3. Заварзин Г.А. Цикл углерода в природных экосистемах России // Природа. – 1994. – № 7. – С.15–18.
4. Классификация и диагностика почв России. – М.: Ойкумена, 2004. – 341 с.
5. Костенков Н.М. Окислительно-восстановительные режимы в почвах периодического переувлажнения. – М.: Наука, 1987. – 191 с.
6. Кудеяров В.Н., Курганова И.Н. Дыхание почв России. Анализ базы данных многолетнего мониторинга. Общая оценка // Почвоведение. – 2005. – № 9. – С.1112–1121.
7. Кудеяров В.Н. Вклад почвенного покрова России в мировой биогеохимический цикл углерода // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв. – М.: Наука, 2006. – С. 345–361.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под. ред. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
9. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918–926.
10. Эмиссия углекислого газа из почв природных и антропогенных ландшафтов юга Приморья / Л.Н. Пуртова, Н.М. Костенков, В.А. Семаль [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1. – С.585–589.
11. Степанько А.А. Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока. – Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 1992. – 115 с.
12. Чимитдоржиева Э.О., Чимитдоржиева Г.Д. Особенности эмиссии углекислого газа из мучнистокарбонатных черноземов Тунгусской котловины Забайкалья // Агрохимия. – 2010. – № 11. – С.45–49.
13. Шарков И.Н. Сравнительная характеристика двух модификаций абсорбционного метода определения дыхания почв // Почвоведение. – 1987. – № 10. – С.153–157.
14. Щапова Л.Н. Микрофлора почв юга Дальнего Востока России. – Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 1994. – 172 с.
15. Houghton R.A., Skole V.R. The Earth as transformed by human action // Cambridge University press. – 1990. – P.393–412. .
16. Schlensinger W.N., Andrews J.A. Soil respiration and global carbon cycle // Biogeochemistry. – 2000. – V.48. – P.7–20.