

УДК 631.433.3

ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ НА ПРОДУЦИРОВАНИЕ CO₂ ПОЧВ АГРОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИМОРЬЯ

¹Пуртова Л.Н., ¹Щапова Л.Н., ¹Комачкова И.В., ²Емельянов А.Н., ³Иншакова С.Н.

¹ФГБУ науки Биолого-почвенный институт ДВО РАН Владивосток,

Владивосток, e-mail: Purtova @ibss.dvo.ru;

²Государственное научное учреждение Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук,

Уссурийск, e-mail: fe.smc_rf@mail.ru;

³ФГБОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», Уссурийск

Представлены результаты исследований продуцирования CO₂ из почв агрогенных ландшафтов юга Приморья абсорбционным методом в условиях *in exp.* и *in situ*. Средняя интенсивность продуцирования CO₂ в условиях *in situ* в агротемногумусовых подбелах характерна для вариантов с посевами клевера (*Trifolium pratense*), донника (*Melilotus albus*) и костреца (*Bromopsis inermis*) с низким содержанием гумуса и средней обогаченностью почв каталазой; более низкая интенсивность свойственна для вариантов с посевами гречи-хи (*Fagopyrum esculentum*) с низким уровнем содержания гумуса в почвах и низкой обогаченностью почв каталазой. Большие показатели эмиссии CO₂, как и в условиях *in situ*, из-за усиления минерализационных процессов в результате активизации микрофлоры, установлены для почв со средним уровнем содержания гумуса и каталазной активностью в посевах люцерны (*Medicago varia*).

Ключевые слова: почва, гумус, эмиссия CO₂, ландшафт, фитомелиорация

THE INFLUENCE OF PHYTOMELIORATION ON SOIL CO₂ PRODUCTION OF AGROGENIC LANDSCAPES PRIMORYE

¹Purtova L.N., ¹Shchapova L.N., ¹Komachkova I.V., ²Yemelyanov A.N., ³Inshakova S.N.

¹Institute of Biology and Soil Science FEB RAS, Vladivostok, , e-mail: Purtova @ibss.dvo.ru;

²SAI Primorsky Research Institute of Agriculture, Russian Agricultural Academy,

Primorsky Krai, Ussuriysky region, Timiryazevsky village, e-mail: fe.smc_rf@mail.ru;

³FSBE HPT «Primorskaya SAA», Ussuriisk

The production of CO₂ from soil agrogenic landscapes in the South of Primorye by the absorption method in *exp.* and *in situ* was researched. The average intensity of the production of CO₂ under conditions *in situ* in Mollic Planosols is characteristic for options with sowing clover (*Trifolium pratense*), sweet clover (*Melilotus albus*) and awnless brome (*Bromopsis inermis*) with low humus content and the average enrichment of the soil catalase; lower intensity is characteristic for variant with sowing buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) with low humus content and low enriched catalase soils. Large indicators CO₂ emissions, as well as, in condition *in situ*, due to increased mineralization processes as a result of activation of microflora were found for soils with an average level of humus content and catalase activity in alfalfa fields. The high rates of CO₂ due to increased mineralization processes as a result of the activation of microflora were characteristic for soils with average the humus content and catalase activity with crops of alfalfa (*Medicago varia*).

Keywords: soil, humus, CO₂ emission, landscape, phytomelioration

Фитомелиорация относится к одному из экологически чистых методов улучшения плодородия почв и представляет собой комплекс приемов по улучшению природной среды с помощью культивирования или поддержания растительных сообществ. Многочисленными исследованиями [7, 8, 10, 10-12] отмечено позитивное влияние фитомелиорации на улучшение свойств почв и их плодородие. При использовании фитомелиорантов задействован природный потенциал растений, являющихся одним из главных факторов почвообразования. Однако работ по изучению влияния различных фитомелиорантов на продуцирование CO₂ почв, наиболее используемых в земледелии края, не проводилось. Между тем продуцирование с поверхности почв потоков CO₂ является одним из самых мощных источников углекислоты [3, 4]. Показатели

почвенного дыхания широко используются для оценки продуктивности экосистем, а также для анализа активности почвенных микробсообществ. Выделение углекислоты может быть объективным индикатором интенсивности разложения органического вещества почвы и позволяет охарактеризовать одну из важнейших сторон биологического круговорота веществ. В России и за рубежом успешное применение нашли методы измерения эмиссии CO₂ *in situ* [3, 4, 8, 10]. В последнее время обращено внимание на использование абсорбционного метода при исследовании эмиссии CO₂ из почв [9]. К сожалению, почвы Дальнего Востока являются практически неизученными в отношении почвенного дыхания, что увеличивает неопределенность при оценке общего дыхания почв Российской Федерации [3]. Незученными остаются показатели эмиссии

CO₂ почв агрогенно-преобразованных ландшафтов юга Приморья, что в значительной степени и определило актуальность проведения данных исследований.

Цель работы – количественное определение эмиссии CO₂ из почв агрогенных ландшафтов с использованием различных фитомелиорантов в условиях *in exp.* и *in situ*. В задачу исследований входило изучение изменений в показателях продуцирования CO₂ в агрогенных почвах, наиболее используемых в земледелии, с посевами различных фитомелиорантов.

Материалы и методы исследования

Исследования продуцирования CO₂ проводили на агротемногумусовой отбеленной почве [2] в условиях микроделяночного опыта с посевами фитомелиорантов: люцерна, кострец, клевер, донник, гречиха и в условиях полевого опыта с посевами люцерны, костреца, клевера на агроземах темногумусовых глеевых. Опыт заложен на опытных полях ПримНИИСХ пос. Тимирязевский, Приморского края. Агротемногумусовая отбеленная почва характеризовалась следующим морфологическим строением профиля: PU (25 см) – ELng (25-40 см) – BTg (40 – 65см) – C (75 – 110 см). Для агроземов темногумусовых глеевых свойственно морфологическое строение профиля: PU (23см) – AU (23-48) – G (46-68) – C (68-98 см). Содержание гумуса определяли по бихроматной окисляемости методом Тюрина. Кислотность почв (рНв) исследовали потенциметрически, на рН метре ОР-264 [1]. Каталазную активность определяли с помощью общепринятых методов, для выявления обогащенности почв каталазой использовали шкалу, разработанную Д.Г. Звягинцевым [5].

При изучении продуцирования CO₂ в почве использовали абсорбционный метод в условиях *in situ* и экспериментальный метод в условиях *in exp.* [9]. В условиях *in exp.* навеску почвы в количестве 100 г помещали в сосуд-изолятор (d = 10см, h = 15 см), внутрь ставили чашечку (d = 5см) с 5 мл 1н NaOH. Повторность опыта трехкратная. Время экспозиции 24, 48 и 72 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 с добавлением дистиллированной воды до 60% полной влагоемкости (ПВ).

В условиях *in situ* исследования проводили в вегетационный сезон, используя полипропиленовые сосуды (d = 10 см, h = 15 см) с крышками. Сосуд – изолятор врезали на глубину 7 см. В месте врезания сосуда-изолятора надземную часть растений срезали на уровне почвы. Время экспозиции 24 ч, продуцирования CO₂ определяли абсорбционным методом как и в условиях *in situ*.

Результаты исследования и их обсуждение

Гумусообразование в исследуемых почвах протекало в условиях слабокислой (агротемногумусовая отбеленная почва) и слабощелочной реакции среды (агрозем

темногумусовый глеевый). Содержание гумуса, судя по оценочным грациям, предложенным Д.С. Орловым с соавторами [6], находилось на уровне низких и ниже средних значений (табл. 1).

Проведенной оценкой уровней интенсивности продуцирования CO₂ в условиях *in situ* установлено, что для горизонта PU агротемногумусовых подбелов как для контроля, так и вариантов с посевами гречихи, характерна низкая интенсивность продуцирования CO₂ (116,7 и 292,5 мг CO₂ м²/ч), для вариантов с посевами донника, клевера и костреца средняя интенсивность (407,9 и 350,2), в посевах люцерны повышенная интенсивность продуцирования CO₂ (933,3 мг CO₂ м²/ч). При этом для варианта с посевами люцерны свойственны более высокие показатели содержания гумуса (4,17%) и средние параметры обогащенности почв каталазой (согласно оценочным грациям Д.Г. Звягинцева), – 3,5 O₂ см³/1мин [5]. Это указывает на повышенную микробиологическую активность почв и обуславливает более высокий уровень интенсивности продуцирования CO₂. Средний уровень обогащенности почв каталазой (3,0 O₂ см³/1мин) установлен также для вариантов 1 и 3 с посевами бобовых трав.

Усиление эмиссии CO₂ в вариантах 1, 3, 4 связано с более интенсивным развитием минерализационных процессов в результате активной деятельности микрофлоры, из-за обогащенности почв азотом бобовыми травами.

На варианте с посевами гречихи, с более низким уровнем каталазной активности почв (2,8 O₂ см³/1 мин) зафиксирована низкая интенсивность продуцирования CO₂ почвой.

Средние показатели продуцирования C-CO₂ составили на вариантах 1 (клевер) – 1,53 г C-CO₂ м²/сутки; 2 (люцерна) – 4,07; 3 (донник) – 1,79; 4 (гречиха) – 1,28; 5 (контроль) – 0,76 г C-CO₂ м²/сутки.

Исследования, проведенные в условиях *in exp.* при 24 часовой экспозиции на агротемногумусовой отбеленной почве показали сравнительно близкие результаты на вариантах 2, 4, 5, 6 с полевыми исследованиями *in situ* в условиях микроделяночного опыта (табл.2). Наибольшие показатели, как в полевых, так и в экспериментальных условиях зафиксированы для вариантов с посевами бобовых трав со средней обогащенностью почв каталазой. С увеличением времени экспозиции с 24 до 72 часов продуцирование CO₂ снижалось в посевах люцерны с 2,4 до 0,3 г C-CO₂ м²/сутки; костреца с 1,6 до 0,2; клевера 1,8 до 0,3; донника с 1,8 до 0,3; гречихи с 1,2 до 0,2; на контроле с 0,7 до 0,3 г C-CO₂ м²/сутки. Многие ис-

Таблица 1

Физико-химические показатели почв с посевами фитомелиорантов

Почва	Горизонт	Варианты опыта	pHв	Гумус, %
Агротемногумусовый подбел	PU	1. Люцерна	6.02	4.17
		2. Кострец	6.11	3.58
		3. Клевер	5.82	3.96
		4. Донник	5.86	3.58
		5. Гречиха	5.82	3.63
		6. Контроль (без посева трав)	6.05	3.53
Агротемногумусовый глеевый	PU	7. Люцерна	7.70	5.31
		8. Кострец	7.31	2.95
		9. Клевер	7.34	3.31
		10. Контроль	7.21	3.38

следователи высокую эмиссию CO₂ в начале экспозиции связывают с усилением дыхательной активности почв после их увлажнения, а также большим количеством легкодоступного углерода сразу после начала

инкубации [11]. Высокое продуцирование CO₂ в первые сутки эксперимента, является результатом интенсивной минерализации микроорганизмами лабильного пула органического углерода.

Таблица 2

Продуцирование CO₂ в агротемногумусовой отбеленной почве с посевами фитомелиорантов в условиях *in situ* и *in exp*

Почва	Горизонт	Варианты опыта	г С-CO ₂ м ² /сутки	
			<i>in situ</i>	<i>in exp</i>
Агротемногумусовый подбел	PU	1. Люцерна	4,07	2,4
		2. Кострец	1,53	1,58
		3. Клевер	1,53	1,86
		4. Донник	1,79	1,62
		5. Гречиха	1,28	1,15
		6. Контроль	0,76	0,75

С увеличением времени экспозиции, из-за сокращения лабильного пула органического углерода в почве, заканчивается и дыхательная активность почв, стабилизируясь на более низком уровне, характерном для стадии разложения веществ, сравнительно устойчивых к биодegradации [12]. Более высокие показатели продуцирования CO₂ в агротемногумусовых подбелах в условиях фитомелиоративного опыта свойственны для посевов бобовых трав.

По средним параметрам изменения г С-CO₂ м²/сутки в течение трехсуточной экспозиции, в условиях *in exp*. в исследуемых вариантах, установлен ряд: люцерна (1,1 г С-CO₂ м²/сутки) – клевер (0,92) – донник (0,82) – кострец (0,72), гречиха (0,56 г С-CO₂ м²/сутки). Следует отметить, что сохранилась сходная закономерность в из-

менении продуцирования CO₂ – наиболее высокие параметры эмиссии CO₂ как в условиях *in situ*, так и *in exp*. свойственны для посевов бобовых трав в основном со средним уровнем каталазной активности, что указывает на высокую микробиологическую активность почв.

Интенсивность продуцирования CO₂ на агротемногумусовых глеевых почвах в посевах бобовых трав, по сравнению с агротемногумусовыми подбелами, была более низкой (табл. 3).

Средний уровень эмиссии CO₂ зафиксирован на варианте с посевом люцерны. Для данного варианта характерна средняя обогащенность почв каталазой – 4,0 O₂ см³ за 1 мин, и средний уровень содержания гумуса. Для остальных вариантов (8, 9, 10) установлена бедная обогащенность почв катала-

Таблица 3

Продуцирование CO₂ в агротемногумусовых глеевых почвах в фитомелиоративном опыте

Почва	Горизонт	Варианты опыта	г C-CO ₂ м ² /сутки <i>in exp.</i>
Агротемногумусовая глеевая	PU	1. Контроль	1,15
		2. Клевер	1,80
		3. Люцерна	2,4
		4. Кострец	1,38

зой, которая составила – контроль – 2,9 O₂ см³ за 1 мин; клевер – 2,7; кострец – 2,2 O₂ см³ за 1 мин. Содержание гумуса согласно оценочным показателям [6] соответствовало низкому уровню.

Таким образом, как на агротемногумусовых подбелах, так и на агротемногумусовых глеевых почвах с посевами фитомелиорантов сохранилась сходная закономерность в изменении продуцирования CO₂ – более высокие показатели эмиссии CO₂ свойственны для вариантов с посевами бобовых трав (люцерны).

Выводы

1. Установлены различия в интенсивности продуцирования CO₂ в условиях *in situ* в агротемногумусовых подбелах в вариантах фитомелиоративного опыта. Повышенный уровень продуцирования CO₂ свойственен для вариантов с посевами люцерны со средним уровнем содержания гумуса и обогащенностью почв каталазой. Средняя интенсивность продуцирования CO₂ характерна для вариантов с посевами клевера, донника и костреца с низким содержанием гумуса и средней обогащенностью почв каталазой; более низкая интенсивность свойственна для вариантов с посевами гречихи – с низким уровнем содержания гумуса в почвах и низкой обогащенностью почв каталазой.

2. В условиях *in exp.* близкие показатели эмиссии CO₂ в агротемногумусовых подбелах установлены при суточной экспозиции. Более высокие показатели продуцирования CO₂, как и в условиях *in situ* свойственны для вариантов с посевами бобовых трав и обусловлены более интенсивным развитием минерализационных процессов в результате активной деятельности микрофлоры как результата обогащенности почв азотом бобовых трав.

3. В агротемногумусовых глеевых почвах с посевами фитомелиорантов, по сравнению с агротемногумусовыми подбелами интенсивность продуцирования CO₂ в посевах бобовых трав снижалась. Более высокие показатели интенсивности продуцирования CO₂ в условиях *in exp.*, как и в агротемно-

гумусовых подбелах, зафиксированы на вариантах с посевами люцерны. Для поверхностных горизонтов почв этих вариантов установлен средний уровень содержания гумуса и средняя обогащенность почв каталазой.

4. Проведенными исследованиями выявлены различия в интенсивности продуцирования CO₂ в посевах фитомелиорантов в агротемногумусовых глеевых и агротемногумусовых подбелах Приморья. Более высокие показатели потерь CO₂ свойственны для посевов бобовых трав (люцерны) и связаны с более высокой ферментативной активностью почв как показателя их высокой микробиологической активности.

Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
3. Кудеяров В.Н., Курганова И.Н. Дыхание почв России. Анализ базы данных многолетнего мониторинга. Общая оценка // Почвоведение. – 2005. № 9. – С. 1112–1121.
4. 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.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Звягинцева. – М: МГУ, 1991. 304 с.
6. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. № 8. – С. 918–926.
7. Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Емельянов А.Н., Иншакова С.Н. Изменение показателей гумусного состояния, микрофлоры и ферментативной активности в агрообразцах Приморья в условиях фитомелиоративного опыта. // Аграрный вестник Урала. – 2012. – №10(102). – С.10-12.
8. Чимитдоржиева Э.О., Чимитдоржиева Г.Д. Особенности эмиссии углекислого газа из мучнистокарбонатных черноземов Тунгусской котловины Забайкалья //Агрохимия. – 2010. – № 11. – С.45–49.
9. Шарков И.Н. Сравнительная характеристика двух модификаций абсорбционного метода определения дыхания почв // Почвоведение. – 1987. – № 10. – С.153–157.
10. Bol R., Moering J.,Kuzyakov Y.,Amelung W.Quatification of priming and CO2 respiration sources following slurry –C incorporation into two grassland soils with different C content // Rapid Communic. In Mass Spectrometry. – 2003. V.17. pp. 2585–2590.

11. Raich J.W., Tufwkioglu D. Vegetation and soil respiration: correlation and controls. – 2000. – Vol.48. – pp. 71–90.

12. Wang W.J., Baldock J.A., Dalal R.C., Moody P.W. Decomposition dynamics of plant materials in relation to nitrogen availability and biochemistry determined by NMR and wet-chemical analysis // *Soil Biol. Biochem.* – 2004. V. 36. pp. 2045–2058.

References

1. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. – M.: MGU, 1970. – 487 p.

2. Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii / Avtory i sostaviteli: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. – Smolensk: Ojkumena, 2004. 342 p.

3. Kudejarov V.N., Kurganova I.N. Dyhanie pochv Rossii. Analiz bazy dannyh mnogoletnego monitoringa. Obshhaja ocenka // *Pochvovedenie.* – 2005. no. 9. – pp.1112–1121.

4. Kudejarov V.N. Vklad pochvennogo pokrova Rossii v mirovoj biogeohimicheskij cikl ugljeroda // *Pochvennye processy i prostranstvenno-vremennaja organizacija pochv.* – M.: Nauka, 2006. pp. 345–361.

5. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii. Pod. red Zvjaginцева. – M: MGU, 1991. 304 p.

6. Orlov D.S., Birjukova O.N., Rozanova M.S. Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostojanija pochv i ih geneticheskikh gorizontov // *Pochvovedenie.* – 2004. no. 8. – pp. 918–926.

7. Purtova L.N., Shhapova L.N., Emel'janov A.N., Inshakova S.N. Izmenenie pokazatelej gumusnogo sostojanija, mikroflory i fermentativnoj aktivnosti v agroabrazemah

Primor'ja v uslovijah fitomeliorativnogo opyta // *Agrarnyj vestnik Urala.* – 2012. – no. 10(102). – pp. 10–12.

8. Chimitdorzhieva Je.O., Chimitdorzhieva G.D. Osobennosti jemissii uglekislogo gaza iz muchnistokarbonatnyh chernozemov Tunguskoj kotloviny Zabajkal'ja // *Agrohimiya.* – 2010. – no. 11. – pp. 45–49.

9. Sharkov I.N. Sravnitel'naja harakteristika dvuh modifikacij absorbcionnogo metoda opredelenija dyhanija pochv // *Pochvovedenie.* – 1987. – no. 10. – pp. 153–157.

10. Bol R., Moering J., Kuzyakov Y., Amelung W. Quantification of priming and CO₂ respiration sources following slurry – C incorporation into two grassland soils with different C content // *Rapid Commun. In Mass Spectrometry.* – 2003. V.17. pp. 2585–2590.

11. Raich J.W., Tufwkioglu D. Vegetation and soil respiration: correlation and controls. – 2000. – Vol.48. – pp. 71–90.

12. Wang W.J., Baldock J.A., Dalal R.C., Moody P.W. Decomposition dynamics of plant materials in relation to nitrogen availability and biochemistry determined by NMR and wet-chemical analysis // *Soil Biol. Biochem.* – 2004. V. 36. pp. 2045–2058.

Рецензенты:

Дербенцева А.М., д.с.-х.н., профессор кафедры почвоведения ДВФУ, г. Владивосток;
Костенков Н.М., д.б.н., профессор, зав. сектором почвоведения и экологии почв БПИ ДВО РАН, г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 24.06.2014.