

МОНИТОРИНГ ЭМИССИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА С ПОМОЩЬЮ ПОРТАТИВНОГО ПОЧВЕННОГО РЕСПИРОМЕТРА

Э.Н. Аканов, к.т.н., Г.Е. Мерзлая, д.с.-х.н., ВНИИА, И.В. Понкратенкова, Смоленский НИИСХ

Приведены результаты мониторинга эмиссии диоксида углерода в полевом опыте с помощью портативного почвенного респирометра. Прибор представляет собой герметичный пластиковый контейнер внутри с инфракрасным минигазоанализатором. Там же размещается представительный почвенный образец. Измерение проводят непосредственно на делянках полевого опыта. Полученные результаты подтверждают эффективность работы портативного почвенного респирометра в условиях полевого мониторинга.

Ключевые слова: мониторинг, почва, эмиссия диоксида углерода, респирометр.

Интенсивность эмиссии CO_2 («дыхание» почвы) – один из основных показателей биологической активности почвы и её плодородия. В то же время почва вследствие воздушной миграции CO_2 в атмосферу оказывается включённой в биосферный круговорот углерода в качестве одного из основных его продуцентов. В указанных обстоятельствах мониторинг эмиссионных потоков CO_2 из почвы в атмосферу имеет важное значение для решения практических и научных задач управления процессами метаболизма углеродсодержащих веществ в земледелии и экологии. Соответственно технические средства измерения (почвенные респирометры) должны быть приспособлены к работе в системе почвенного мониторинга. Принцип их работы основан на применении специальных камер для выборочной атмосферной изоляции отдельных представительных образцов, в качестве которых в одном варианте могут быть использованы небольшие (до 1 м^2) учётные площадки, выделяемые в границах территории, занимаемой обследуемым природным почвенным объектом. В другом варианте – это почвенные навески, керны, забираемые пробоотборником из корневой зоны и между рядов на глубину 20 см, в которой почвенный горизонт имеет наиболее высокий уровень биологической активности. Примеры приведены Д.Л. Роуэллом [4]. Одно из изображений представляет собой прозрачную пластиковую полусферу диаметром около 1 м, установленную с лёгким углублением на поверхность почвы; другое – стандартную стеклянную колбу объёмом 250 см^3 с пробкой и размещённой внутри почвенной навеской 50 г. Используются камеры двух типов: открытого в форме колпака или закрытого в форме какого-либо герметически закрываемого сосуда. Если такую камеру оснастить приспособлением для измерения количества «собранного» при дыхании диоксида водорода, получается почвенный респирометр. В процессе мониторинга каждый отобранный образец (учетная площадка или навеска, керн), количество которых может варьировать в широких пределах в зависимости от обследуемой площади и ее неоднородности, поочередно размещают в одной из названных камер.

Примеры таких измерений с применением различных химико-аналитических методик описаны В.И. Штатновым [6], Б.Н. Макаровым [1-3], И.Н. Шарковым [5] и Д.Л. Роуэллом [4]. Подобные газометрические устройства, функционально выполняющие роль респиро-

метров и ориентированные на единичное использование в научных исследованиях, сложно автоматизировать, что является главным фактором, исключающим их использование в системе полевого почвенного мониторинга. Лучшим примером в этом отношении является более поздняя разработка А.В. Смагина (2005), который использовал камеру, установленную на учетной площадке. Из камеры дважды с временным интервалом с помощью шприца отбирали газовые пробы и передавали их в измерительный канал портативного автоматического газоанализатора ПГА-7 (0-2% CO_2), который, используя физический принцип ИК-спектроскопии, определял концентрацию CO_2 в этих пробах. Зная воздушный объем камеры, по этим данным можно рассчитать интенсивность дыхания по типу закрытых газовых систем.

В настоящее время в автоматических минигазоанализаторах CO_2 применяют принципиально новый не-дисперсионный инфракрасный метод NDIR. Он позволяет миниатюрную сенсорную головку такого газоанализатора разместить в виде зонда непосредственно внутри камеры, а остальной интерфейс вместе с блоком питания с помощью герметичного USB-разъема оставлять снаружи. К тому же в состав зонда дополнительно могут быть вмонтированы миниатюрные датчики для сопутствующего измерения температуры и влажности воздуха.

Нами разработана собственная действующая модель портативного почвенного респирометра для использования в полевом мониторинге.

Конструкторская реализация осуществлена в виде компактного портативного прибора 180 x 120 x 65 мм массой 350 г. Общий вид прибора вместе с автономным источником питания представлен на рисунке 1 а.



а



б

Рис. 1. Портативный почвенный респирометр:
а – общий вид; б – устройство прибора (пояснения в тексте)

В конструкции в качестве готовых образцов использовали вакуумный контейнер типа GL.9215 с внутренним объемом 600 см³. Контейнер изготовлен из прозрачного пластика. Он состоит из двух частей: собственно камеры (1) и крышки (2) с защелками (3) и уплотнителем по контуру разъема (4). Для контроля учетных площадок крышку из комплекта убирают. В другом же варианте с использованием почвенных навесок, кернов дополнительно внутри камеры размещают пластиковый лоток 135 x 90 x 45 мм (5) для почвенных образцов, укрываемых специальным воздушным фильтром из мягкого поролона или минеральной ваты (6).

Вторым готовым образцом в составе комплекта был 2-параметрический минигазоанализатор МТ-8057 (7), размещенный внутри контейнера. На корпусе газоанализатора имеется ЖК-дисплей, показывающий концентрацию CO₂ (0-3000 ppm) и температуру воздуха (0-50°C).

Методика. Отобранный с помощью пробоотборника представительный образец в виде почвенной навески или керна укладывают в лоток, который затем размещают в контейнере. Сверху образец укрывают воздушным фильтром, на который помещают газоанализатор тыльной перфорированной стороной. При таком непосредственном через воздушный фильтр контакте газоанализатора с почвенным образцом эмиссионный поток CO₂ свободно через перфорацию в корпусе газоанализатора за счет диффузии достигает сенсорного элемента. Затем контейнер с почвенным образцом и газоанализатором герметично закрывают крышкой, в результате образуется газометрическая система замкнутого типа. Динамика измерения количества CO₂ внутри визуальнo контролируется по показателям CO₂ (ppm) и температуре (°C) с помощью миниатюрного ЖК-дисплея, через прозрачную крышку контейнера. Предварительно включается электропитание газоанализатора через герметичный USB-разъем от внешнего источника питания. Непосредственно процесс контроля начинается через 5-10 мин после включения, а сама экспозиция продолжается 30 - 40 мин.

Результаты и их обсуждение. Для проверки работоспособности разработанного прибора измерили «дыхание» дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на делянках полевого опыта в Смоленской области с посевом овса, выращенного при различных системах удобрения согласно схеме:

1 - контроль (без удобрений), 2 - минеральная (N₉₀P₉₀K₉₀), 3 - органическая (подстильный навоз, 10 т/га), 4 - органоминеральная (подстильный навоз, 7 т/га + N₆₀P₆₀K₆₀).

Для измерения в фазе восковой спелости зерна овса в каждом из четырёх исследуемых вариантов систем удобрения взяли по одному почвенному образцу массой 150 г, представляющему собой механическую смесь из пяти 30-граммовых почвенных кернов, отобранных на глубину 20 см в пяти разных точках площади каждой делянки.

Каждый отобранный таким образом смешанный образец влажностью 15% размещали в герметически закрытой камере респирометра. Далее за время экспонирования, которое продолжалось 60 мин, регулярно с интервалом 5 мин с помощью ЖК-дисплея фиксировали текущие значения постепенно нарастающей концентрации CO₂, вызванной почвенным «дыханием». Респирометр во время измерения находился в тени под защитой от прямых лучей солнца, температура воздуха

внутри респирометра не превышала 20-21 °C, а влажность постепенно увеличивалась от 60 до 75%.

Данные накопления CO₂ в почве по результатам проведенного измерения по вариантам различных систем удобрения представлены на рисунке 2.

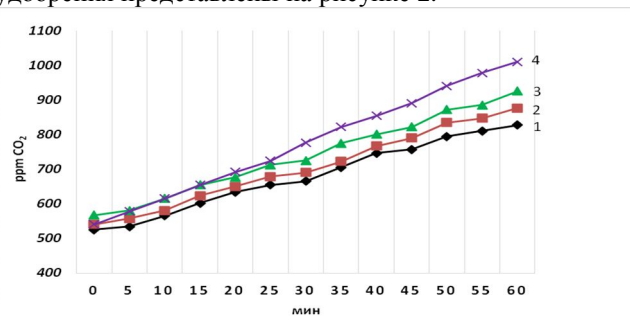


Рис. 2. Накопление CO₂ в почве при возделывании овса в зависимости от системы удобрения:

1-контроль; 2-минеральная; 3-органическая; 4- органоминеральная

Расчёт интенсивности эмиссии ($\frac{мкг CO_2}{г сух.мат}$) выполнили

по формуле для изолированного воздушного объема в камере закрытого типа:

$$q = 12,87 \frac{V}{(273+t)m} \cdot \frac{\Delta c}{\Delta \tau} \quad (1)$$

где V – объём изолированного внутри камеры воздуха, см³; t – температура воздуха, °C; m – сухая масса контролируемого почвенного образца, г; ΔC – прирост концентрации CO₂, ppm; Δτ – интервал времени, ч; 12,87 – коэффициент пропорциональности.

Контролируемый почвенный образец при полевой массе отобранного образца 150 г имеет сухую массу 127,5 г (при влажности 15%) и объём 115 см³ (при полевой объёмной плотности 1,3 г/см³). Для определения величины V из объёма «пустой» камеры 600 см³ вычитаются объёмы, занимаемые контролируемым почвенным образцом 115 см³ и конструкцией лотка для этого образца 65 см³. В результате V= 330 см³.

В окончательном виде для температуры 20 °C получают следующую расчётную формулу:

$$q = 0,116 \frac{\Delta c}{\Delta \tau} \quad (2)$$

Интенсивность почвенной эмиссии CO₂ в атмосферу в полевом опыте на посеве овса при различных системах удобрения

Система удобрения	ΔC	Δτ	Интенсивность эмиссии CO ₂	
	ppm	ч	мкг CO ₂ /(г·сут)	г CO ₂ /(м ² ·сут)
Контроль (без удобрений)	265	1	30,7	8
Минеральная (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)	300		34,8	9
Органическая (подстильный навоз, 10 т/га)	350		40,6	10,5
Органоминеральная (подстильный навоз, 7 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	450		52,7	13,7

Рассчитанные по формуле 2 данные мониторинга почвенной эмиссии CO₂ в атмосферу приведены в таблице, из которой следует, что наименьшее значение этого показателя было на контроле. Внесение удобрений повышало интенсивность эмиссии диоксида углерода в атмосферу. Эта закономерность особенно про-

явилась при использовании органоминеральной системы удобрения.

Полученные результаты измерения и близкое соответствие данным представленных выше литературных источников (Роуэлл, 1998; Смагин, 2005) подтверждают работоспособность портативного почвенного респирометра и возможность его использования в практических и научных целях для мониторинга почвенной эмиссии диоксида углерода в атмосферу.

Литература

1. Макаров Б.Н. Динамика газообмена между почвой и атмосферой в течение вегетационного периода под различными культурами // Почвоведение. - 1952. - №3. - С.271-277. 2. Макаров Б.Н. К методике определения интенсивности выделения CO_2 из почвы // Почвоведение. - 1970. - №5. - С.139-143. 3. Макаров Б.Н. Упрощённый метод определения дыхания почвы (и биологической активности) // Почвоведение. - 1957. - №9. - С.119-122. 4. Роуэлл Д.Л. Почвоведение: методы и использование. - М.: Колос, 1998. - 486 с. 5. Шарков И.Н. Определение интенсивности продуцирования CO_2 почвой абсорбционным методом // Почвоведение. - 1984. - №7. - С.135-143. 6. Штанов В.И. К методике определения биологической активности почвы // Доклады ВАСХНИЛ. - 1952. - Вып.6. - С.27-33.

MONITORING OF CARBON DIOXIDE EMISSION WITH A PORTABLE SOIL RESPIROMETER

E.N. Akanov¹, G.E. Merzlaya¹, I.V. Ponkratenkova²

¹Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova 31A, Moscow, 127550 Russia

²Smolensk research institute of agriculture ul. Nakhimova 21, Smolensk, 214025 Russia

Results of carbon dioxide emission monitoring in a field experiment using a portable soil respirometer are presented. The device is a sealed plastic container with an infrared gas mini-analyzer. A representative soil sample is placed in the device. Measurement is made directly on the plots of field experiment. The obtained results confirm the efficiency of portable soil respirometer under field monitoring conditions.

Keywords: monitoring, soil, carbon dioxide emission, respirometer.

УДК 504.3.054:630:385

ВЛИЯНИЕ ЗАПАХАННОЙ В ПОЧВУ БИОМАССЫ И УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СЕЯНЫХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЯХ

Д.Е. Кучер, к.т.н., Е.А. Пивень, к.м.н., А.В. Шуравилин, д.с.-х.н., Российский университет дружбы народов, Н.А. Семенов, д.б.н., Всероссийский НИИ кормов им. В.Р. Вильямса, dmitr004@gmail.com

Показана динамика содержания элементов питания растений в надземной части сеяного злакового травостоя в условиях внесения калийно-азотных удобрений и естественного плодородия дерново-подзолистой почвы восьмилетней закустаренной и залесенной залежи, используемой ранее (более 40 лет) в полевых севооборотах. Установлено, что оптимальные условия для поглощения азота злаковыми травами, как по годам, так и в среднем за 4 года, создаются при заделке мелко-лесья осины, а наименее благоприятные – при заделке мелко-лесья берёзы. На фоне НК-удобрений наибольшее поглощение азота отмечалось при заделке поросли ивы, а калия – мелко-лесья осины. Поглощение фосфора злаковым травостоем по годам исследований заметно снижается. На шестой-седьмой годы жизни трав при резком обеднении почвы подвижным P_2O_5 необходимо внесение фосфорных удобрений (даже при временно избыточном его содержании в почве).

Ключевые слова: биомасса, залежь, элементы питания, злаковые травы, удобрения.

В Нечернозёмной зоне России свыше 40 млн га пашни не используется, зарастает древесно-кустарниковой растительностью, и эти площади переходят в залежь. В связи с увеличением потребности населения в производстве животноводческой и растениеводческой продукции в настоящее время эти земли необходимо ввести в интенсивное сельскохозяйственное производство. Предшествующими исследованиями [3, 5, 7] показано негативное влияние заделанной в почву различной древесно-кустарниковой массы на вынос N, P, K, Ca надземной массой, на урожайность злаковых трав и питательность корма. Однако, влияние минерализующейся в почве биомассы на содержание этих элементов в полученном травянистом корме изучено недостаточно.

Цель исследований – изучить влияние различных видов заделанной в дерново-подзолистую почву биомассы, с учётом сложившегося плодородия, на содержание N, P_2O_5 , K_2O , CaO в корме удобряемых и не удобряемых сеяных злаковых травостоев, а также особенности потребления этих минеральных веществ многолетними травами.

Методика. Опыты проведены на сеяных злаковых травостоях, созданных на восьмилетней древесно-кустарниковой залежи, заросшей порослью ивы, мелко-лесьем берёзы и осины, без внесения и с внесением НК-удобрений. Почва - дерново-средне (до слабо) подзолистая тяжелосуглинистая. В 2006 г. пахотный слой (0-20 см) почвы характеризовался следующими свойствами: pH_{KCl} 5,24, содержание гумуса – 2,2%, гидролитическая кислотность – 2,66 мг-экв/100 г почвы, азот общий – 0,126%, P_2O_5 (подвижный) – 185-200 мг/кг почвы, K_2O (обменный) – 58 мг/кг почвы.

Методы исследований – лизиметрические [1, 2]: в лизиметрах-монолитах (без нарушения сложения почвенного профиля) мощностью (глубиной) 130 и 200 см, площадью 0,5 и 0,8 м². Исследования проводили в трёхкратной повторности. Методы определения агрохимических свойств почв – общепринятые для дерново-подзолистых почв Нечернозёмной зоны России.

В заделанной в почву залежи различной биомассе (в 2006 г.) содержание N, P_2O_5 , K_2O , CaO составляло соответственно: ива (надземная масса) – 1,17%, 0,57, 0,80 и 0,87%; ива (корни) – 0,40%, 0,37, 0,57 и 0,82%; берёза (надземная масса) – 1,28%, 0,64, 0,67 и 0,73%; берёза (корни) – 0,40%, 0,41, 0,36 и 0,21%; осина (надземная масса) – 1,34%, 0,50, 0,83 и 0,84%; осина (корни) – 0,35%, 0,23, 0,45 и 0,38%. Ранее [3-9] было показано негативное влияние заделанной в почву биомассы раз-