
УДК 631.3:528.8:681.518

Броварець О., старший викладач кафедри інженерного забезпечення рослинництва ім. акад. П.М. Василенка, канд. техн. наук, **Попович М.**, магістр (Національний університет біоресурсів і природокористування України)

Технологічний модуль для реєстрації та аналізу газової фази ґрунтового повітря

Інтегрованим показником діяльності мікроорганізмів ґрунту є інтенсивність виділення ними органічного вуглекислого газу, тому виникає необхідність розроблення нової високопродуктивної методики та технологічного модуля для реєстрації вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі, основна відмінність якої від інших методик – підвищена точність, висока швидкість вимірювання та простота реалізації.

Ключові слова: модуль, газова фаза, ґрунтове повітря.

Досліджувана проблема та її значення. В рільництві основним засобом виробництва є ґрунт. Добре відомо, що основа родючості ґрунту – це гумус, тому аксіомою є положення, що чим вищий вміст гумусу в ґрунті, тим вища його родючість [1]. Формування і розкладання гумусу – надзвичайно складний процес, який відбувається за участі великої сукупності різних видів живих організмів, що перебувають у ґрунті [2].

Інтегрованим показником діяльності мікроорганізмів ґрунту є інтенсивність виділення ними органічного вуглекислого газу (SOC). Відомо, що ґрунтовий органічний вуглець є важливою частиною органічних речовин і основним складником вуглеводнів, які складаються з вуглецю (С), водню (Н) та кисню (О) [2, 3].

Сучасний стан вирішення проблеми. На сьогодні існує чимало методик, які дозволяють хімічним методом реєструвати кількість виділеного вуглекислого газу. Один з них – метод Штатнова, суть якого полягає у визначенні кількості індикаторних мікроорганізмів (бактерій), що утворилися в поживному середовищі під дією SOC. Останній виділяється з певної площі поверхні ґрунту протягом визначеного часу (рис. 1).

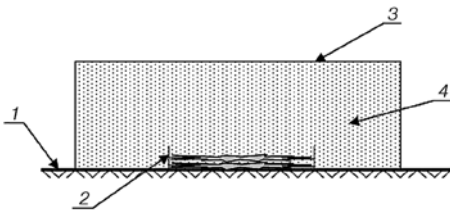


Рис. 1 – **Схема методу Штатнова для визначення інтенсивності виділення SOC певною площею поверхні ґрунту:** 1 – поверхня ґрунту; 2 – чашка Петрі з поживною речовиною; 3 – герметична ємність, під якою формується певний мікроклімат 4

Згідно з методом Штатнова на поверхні ґрунту розміщують чашку Петрі з поживною речовиною (найчастіше агаром) та певною кількістю бактерій, що розвиваються і поглинають вуглекислий газ. Цю систему накривають герметичною ємністю, під якою формується певний мікроклімат в результаті виділення SOC поверхнею ґрунту під цією ємністю. Через певний час визначають кількість бактерій у чашці Петрі. Знаючи початкову кількість мікроорганізмів, оцінюють виділення SOC за одиницю часу з певної площі поверхні ґрунту [4].

Недоліком розглянутого методу є усереднений результат вимірювання за часом і складність його проведення в польових умовах [5, 6]. Також цими методами неможливо фіксувати динаміку накопичення вуглекислого газу в різних шарах ґрунту, що особливо важливо, наприклад, під час загортання органічних добрив у ґрунт на різну глибину.

Мета дослідження – розробити нову методику та технологічний модуль для реєстрації вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі, що характеризується підвищеною точністю, високою швидкістю та простотою вимірювання. Для реалізації цієї методики використано прилад, побудований на датчиках, що безпосередньо контактують з газами. Так, для вимірювання концентрації вуглекислого газу використано хроматограф або, як його ще називають, газоаналізатор.

Для аналізу газозової фази ґрунтового повітря використано газоаналізатор «Ecorprobe 5», виконаний на базі інфрачервоного та фотоіонізаційного датчиків виробництва фірми RS Dynamics, Чехія (рис. 2). Це

повністю автономний прилад із власним джерелом живлення (аккумуляторні батареї). Подача газу для аналізу відбувається за допомогою вбудованого повітряного насоса через

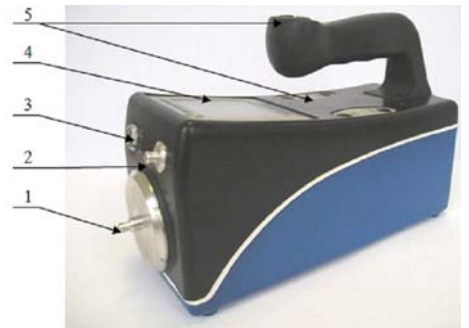


Рис. 2 – **Газоаналізатор «Ecorprobe 5» («RS Dynamics», Чехія):** 1 – забірний отвір; 2 – отвір для виведення дослідженого газу за межі приладу; 3 – мультифункціональний роз'єм; 4 – дисплей; 5 – панель ручного керування та корекції роботи приладу. Результати вимірювання прилад може записувати на внутрішню пам'ять або видавати на зовнішній пристрій через мультифункціональний роз'єм 3. Також через цей роз'єм відбувається автоматичне дистанційне управління приладом зовні, наприклад, з персонального комп'ютера. У випадку ручного керування передбачено відповідну панель управління 5 та графічний дисплей 4.

Для реалізації запропонованої методики реєстрації вуглекислого газу розроблено технологічний модуль для реєстрації та аналізу газозової фази ґрунтового повітря. Основним завданням цієї системи є забезпечення безперервного надходження ґрунтового повітря для аналізу до газоаналізатора та його фільтрація від механічних домішок, зокрема, від дрібнодисперсного пилу. *Складовими елементами цього модуля є порожнистий бур, що занурюється в ґрунт на потрібну глибину, фільтри очищення повітря, енергетичний елемент (насос) для висмоктання повітря з ґрунту, повітропроводи.*

Технологічний модуль для реєстрації та аналізу газозової фази ґрунтового повітря побудовано на основі газоаналізатора [8] «Ecorprobe 5» (рис. 3).

Повітропровід – прозорий гнучкий, із внутрішнім діаметром 8 мм – слугує для транспортування повітря від бура до газоаналізатора. Для очищення повітряно-пилової суміші від частинок ґрунту на забірному отворі бура закріплено сітковий фільтр, а для подальшого

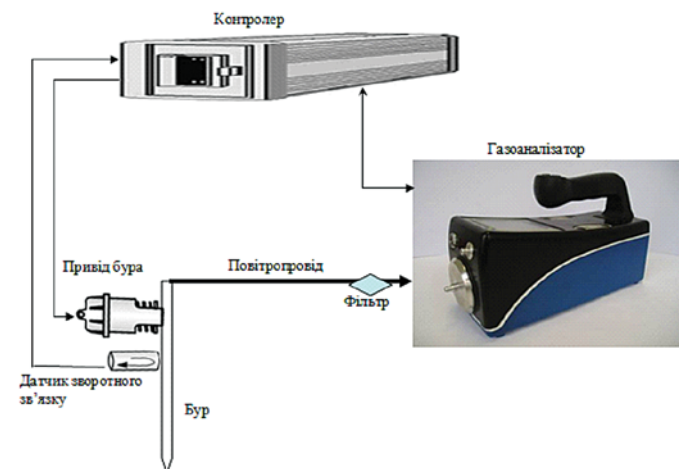


Рис. 3 – **Схема технологічного модуля реєстрації та аналізу газозової фази ґрунтового повітря**

очищення дослідного зразка від дрібнодисперсних пилових частинок використано повітряний фільтр.

Спеціалізований контролер координує роботу газоаналізатора та приводу забірної бури. Положення бури контролюється за допомогою датчика зворотного зв'язку. Після опрацювання зразка (порції ґрунтового повітря, очищеного від пилу повітряним фільтром) результати записуються на внутрішню пам'ять газоаналізатора і паралельно передаються на контролер керування роботою технологічного модуля.

Спроекований технологічний модуль представлено на рис. 4. Габаритні розміри технологічного модуля – 700х400х400 мм. Рамна конструкція дозволяє легко проводити монтаж та демонтаж спеціалізованого обладнання, забезпечуючи вільний доступ до нього з будь-якого положення.

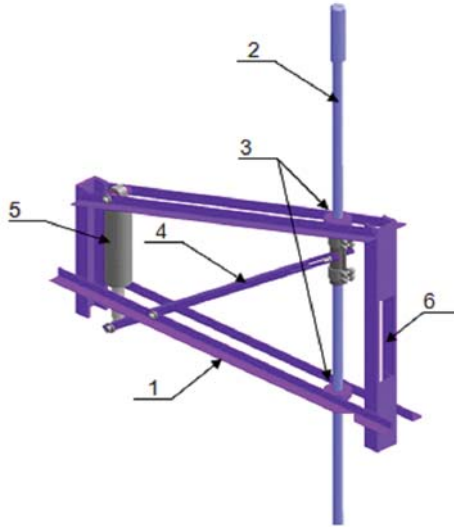


Рис. 4 – Технологічний модуль для реєстрації та аналізу газової фази ґрунтового повітря

Технологічний рух бури відбувається у вертикальному напрямку за допомогою механізму «вертикального опускання бури», який має такі функціональні параметри:

- висота від поверхні поля, на яку виконують монтаж робочого обладнання, становить 680 мм;
- глибина занурення бури в ґрунт – до 300 мм.

Опускання бури виконується за допомогою важеля, на одну сторону якого тисне шток електроприводу. Електропривід приєднується до силової електричної системи трактора. Під час опускання бури змінюється співвідношення плечей важеля для полегшення занурення бури в ґрунт з 575 мм до 455 мм. У важелях виконано прорізи довжиною 120 мм для ковзання уздовж них осей штуцерів тримача (напрямних).

Технологічний модуль для реєстрації та аналізу газової фази ґрунтового повітря (рис. 4) складається з рами, виконаної у вигляді трапеції 1, основою якої є швелер, а бічні сторони складаються з кутників. Між кутниками за допомогою зварювання закріплені напрямні 3 бури 2, що може переміщуватися по напрямних під дією важеля 4, який приводиться в рух приводом 5. На більшій основі трапеції рами зроблено технологічний отвір 6, призначений для компенсації зміни довжини плеча важеля під час опускання бури. Технологічний модуль розміщується на транспортному засобі високої прохідності або монтується на навіску трактора класу 0,9 (наприклад, Т-25).

Запропонований технологічний модуль дозволяє підвищити якість та продуктивність проведення операцій моніторингу з використанням газоаналізатора за рахунок удосконалення конструкції приводу бури та

збереження природної структури ґрунту (аналіз проводиться безпосередньо в ґрунті) шляхом суміщення повітропроводу для аналізу структурних газів ґрунтового повітря з автоматичним буром.

Лабораторно-польові дослідження з опрацювання методики та технологічного модуля для визначення вмісту вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі показали високу точність, швидкість проведення експерименту та простоту реалізації. Проведено експериментальні дослідження з визначення емісії вуглекислого газу в період дискування ґрунту на полі після збирання гороху для загортання пожнивних решток, пригнічення міжсезонного розвитку бур'янів та накопичення в ґрунті осінньої вологи. Дискування проводили трактором John Deere 8400 в агрегаті з дисковим луцильником John Deere 512 шириною захвату 7,2 м (рис. 5).

Для забезпечення неперервності роботи та виконання МТА основного технологічного процесу, схема розміщення експериментальних точок та порядок відбору проб для визначення концентрації CO_2 в ґрунтовому повітрі представлені на рис. 6.



Рис. 5 – Трактор John Deere 8400 з агрегативним дисковим луцильником John Deere 512

На полі фіксувався факт вилучення вуглекислого газу та рівень концентрації CO_2 в ґрунті до дискування та через певний час після обробки ґрунту. Результати передавалися з контролера приладу на персональний комп'ютер програмою комутації газоаналізатора «Ecorprobe view plus» [5, 6]. Координати цих точок реєструвалися автоматично за допомогою обладнання глобальної супутникової системи позиціонування (ГСП) і записувалися на внутрішню пам'ять газоаналізатора «Ecorprobe 5». Всього було опрацьовано 99 точок.

Обробку результатів експериментального дослідження проведено з використанням стандартного програмного забезпечення «Microsoft Office Excel_2003».

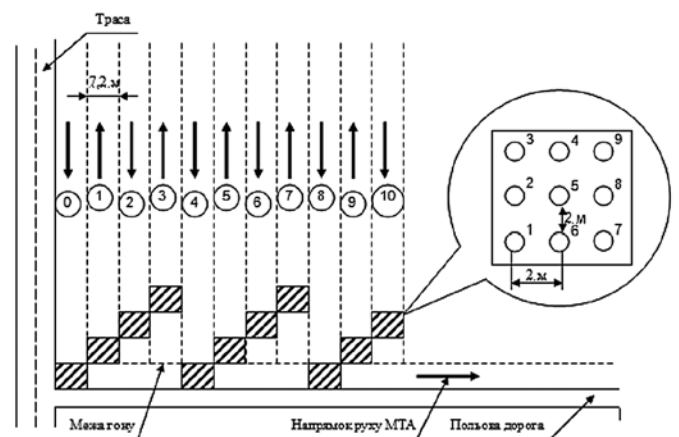




Рис. 6 – Схема розміщення експериментальних точок та порядок відбору проб на дослідному полі:  – елементарна ділянка,  – місце відбору проби

Враховуючи особливості роботи МТА під час виконання технологічного процесу, хід експерименту складався з кількох етапів. На першому етапі оцінювали рівень концентрації CO_2 в ґрунті до дискування та відразу ж після його проведення. Так, на елементарних ділянках № 1, 3, 5, 7 та 9 вимірювання рівня вуглекислого газу проводили через 5 хвилин після проходження дискового лушильника. На елементарних ділянках № 2, 6 та 10 вимірювання рівня вуглекислого газу проводили безпосередньо перед проходженням лушильника.

Досліди проводили на усіх елементарних ділянках в точках відбору проби в порядку нумерації, представленій на рис. 6. Для аналізу отриманих результатів визначали середню концентрацію вуглекислого газу по елементарній ділянці. Отримані результати експерименту представлені у вигляді гістограми на рис. 7.

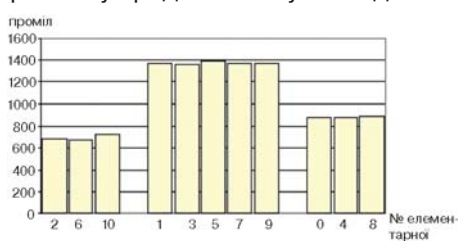


Рис. 7 – Гістограма середньої концентрації вуглекислого газу на елементарних ділянках

Як видно з гістограми, перед дискуванням концентрація CO_2 на дослідному полі була в середньому на рівні 700 проміле. Після проведення обробки ґрунту вміст вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі зріс майже в два рази, досягаючи середнього значення 1400 проміле. Концентрація CO_2 починає зменшуватися після виконання технологічної операції, і вже через дві години після обробки ґрунту різниця з початковою концентрацією CO_2 становить менше 30%, досягаючи значення порядку 900 проміле.

За результатами проведених досліджень побудовано картограму вмісту CO_2 в ґрунтовому повітрі перед проведенням обробки ґрунту та після виконання технологічної операції (рис. 8).

Отже, ґрунтова біота відновлює певну рівновагу між споживанням гумусу та виробленням вуглекислого газу на поверхні поля після виконання технологічної операції.

Висновки.
1. Розроблена нова методика реєстрації вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі, основною відмінністю якої від інших методик є підвищена точність, висока швидкість вимірювання та простота реалізації.

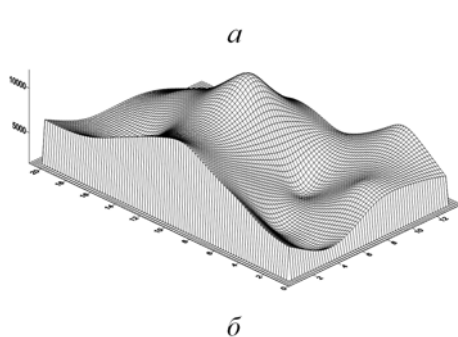


Рис. 8 – Рівень вмісту CO_2 в ґрунтовому повітрі: а – перед проведенням обробки ґрунту; б – після виконання технологічної операції

2. Для аналізу газової фази ґрунтового повітря використано газоаналізатор «Ecoprobe 5», виконаний на базі інфрачервоного та фотоіонізаційного датчиків виробництва фірми RS Dynamics, Чехія

3. Проведено лабораторно-польові дослідження з визначення емісії вуглекислого газу в період проведення дискування ґрунту трактором John Deere 8400 в агрегаті з дисковим лушильником John Deere 512.

4. Встановлено, що на дослідному полі перед дискуванням концентрація CO_2 була в середньому на рівні 700 проміле. Після проведення обробки ґрунту (дискування) вміст вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі зріс майже в два рази, досягаючи середнього значення 1400 проміле. Концентрація CO_2 починає зменшуватися після виконання технологічної операції і через дві години після проведення обробки різниця з початковою концентрацією CO_2 становить менше 30%, досягаючи значення порядку 900 проміле.

5. Розроблений технологічний модуль для реєстрації та аналізу газової фази ґрунтового повітря дає можливість в режимі реального часу визначити вміст концентрація CO_2 у ґрунтовому повітрі.

Список літератури

1. Артамонов В. И. Растения и чистота природной среды. – М.: Наука, 1986. – 174 с.
2. Зборишук Ю. Н. Дистанционные методы инвентаризации и мониторинга почвенного покрова. – М.: Изд-во Москв. ун-та, 1992. – 86 с.
3. Кондратьев К. Я., Поздняков Д. В. Оптические свойства природных вод и дистанционное зондирование фитопланктона. – Л.: Наука, 1988. – 181 с.
4. Лазерное зондирование тропосферы и подстилающей поверхности/ И. В. Самохвалов, Ю. Д. Копытин, И. И. Ипполитов и др. – Новосибирск: Наука, 1987. – 259 с.
5. Ecoprobe 5. Operator's manual. – RS Dynamics, 2005. – 80 p.
6. Ecoprobe View Plus. User manual. – RS Dynamics, 2005. – 42 p.

Аннотация. Интегрированным показателем деятельности микроорганизмов ґрунту является интенсивность выделения ими органического углекислого газа, поэтому возникает необходимость разработки новой высокопродуктивной методики и технологического модуля для регистрации углекислого газа в почвенном воздухе, основное отличие которой от имеющихся методик – повышенная точность, высокая скорость измерения и простота реализации.

Summary. By the computer-integrated performance indicator of microorganisms ґрунту there is intensity of selection by them organic carbon dioxide, that is why there is the necessity of development of new highly productive method and technological module for registration of carbon dioxide in ґрунтовому повітрі, by the basic difference of which before those, that is present there is enhanceable exactness high-rate of leadthrough and simplicity of realization.

Стаття надійшла до редакції 10 червня 2012 р.