

**Морозова Т. В., к.б.н., доцент** (Національний транспортний університет, м. Київ), **Ліхо О. А., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, tetiana.morozova@ukr.net)

## **ЕМІСІЯ CO<sub>2</sub> З ҐРУНТІВ ПІД ЕНЕРГЕТИЧНИМИ КУЛЬТУРАМИ**

Глобальне потепління як одна з найважливіших екологічних проблем сьогодення, саме тому вивчення впливу будь-яких чинників на відтік CO<sub>2</sub> є важливим завданням. Незважаючи на численні дослідження, ефект від вирощування енергетичних культур на виділення CO<sub>2</sub> з ґрунтів залишається нез'ясованим.

У статті подано результати дослідження інтенсивності «дихання» ґрунтів під енергетичними культурами за різних систем удобрення. Показано, що відмінності емісії вуглекислого газу з ґрунту під різними енергетичними культурами залежали від температури, вологості, вмісту в них органічної речовини та особливостей обробітку. Відмічено інтенсифікацію даного процесу після оранки.

Відмічено сезонну динаміку потенційної спроможності ґрунту до продукування CO<sub>2</sub> за однакових умов вологості та температури з максимумом у липні та поступовим згасанням до осені. Визначено, що денні коливання інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> 5–10% від середньодобового рівня. Встановлено зниження емісії CO<sub>2</sub> у червні з подальшим збільшенням у липні, що може обумовлюватися спекотними умовами, що спричиняло пригнічуючий вплив на ріст і розвиток ґрунтової мікробіоти.

Досліджено вплив культури, що вирощується на динаміку показника виділення CO<sub>2</sub>. За рахунок кореневого дихання сумарний потік CO<sub>2</sub> з поверхні ґрунту збільшується в середньому у 1,2–6 разів при вирощуванні енергетичних культур, що свідчить про відмінності метаболічних процесів. Система удобрення впливає на продукування CO<sub>2</sub> ґрунтом і значною мірою, залежить від погодних умов. Сприятливі гідротермічні умови активізують діяльність ґрунтової мікрофлори орного шару ґрунту.

Загалом дослідження підтвердили важливість та необхідність моніторингу дихання ґрунту як показника стабільності функціонування агроecosystem в умовах зміни клімату.

**Ключові слова:** енергетичні культури; «дихання» ґрунту; дисипація CO<sub>2</sub> до атмосфери.

**Постановка проблеми.** В контексті підсилення парникового ефекту особливої значущості набуває біосферна роль ґрунтового дихання, внаслідок підвищення вмісту парникових газів в атмосфері, перш за все CO<sub>2</sub>. За таких умов роль достовірних і точних методів визначення обсягів емісійних втрат ґрунтами органічної речовини, закономірностей її трансформації, характеристик біологічного колообігу Карбону, а також руху і колообігу інших біогенних елементів, важко переоцінити (Трофименко, 2015). Емісія CO<sub>2</sub> з ґрунтів є одним з основних процесів вуглецевого циклу в наземних екосистемах. Залежність її від чинників середовища і типу ґрунтів недостатньо досліджені, незважаючи на широке використання показника для оцінки біологічної активності ґрунтів..

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Врахування широкого спектру чинників довкілля дозволяє повніше й об'єктивніше оцінити закономірності функціонування ґрунтових ценозів. Зрозумілим є той факт, що проведення вимірювання концентрації CO<sub>2</sub> та вирахування абсолютної маси карбону під час його дисипації з ґрунту за неоднакової температури та атмосферного тиску, порівняно з певними «нормальними умовами», потребує науково обґрунтування. Деякі автори зауважують, що вивчення закономірностей протікання емісії парникових газів з ґрунтів до атмосфери необхідно здійснювати з одночасним додатковим вимірюванням величин температури повітря та атмосферного тиску (Александров, 1996). Альтернативою означеному є підхід, коли вимірювання проводять у певний час кожної доби з метою не лише виявлення конкретних величин емісії парникових газів, але й подальшого розрахунку середньодобових і середньомісячних величин або ж обсягів емісії за вегетаційний період чи сезон (Ларіонова, 2001). Такий метод спрямований на штучне «нівелювання» умов вимірювань з метою мінімізації можливого їх впливу на кінцевий результат. Серед сучасних методів визначення інтенсивності дихання ґрунту застосовують камерний динамічний (Freiziene, 2008), камерний статичний (Ларіонова, 1988; Макаров, 1988; Паников, 1989; Федоров-Давидов, 1998), профільний (De Jong, 1979; Freiziene, 2008; Vose, 1995) та інкубаційний (Демкина, 1989) методи.

Відомо, що існування тенденції поступового збільшення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері останніми роками зумовлює підвищення температури повітря й закономірно є однією з найактуальніших про-

блем людства. В літературі (Міняйло, 2015) наведено дані щодо 70%-ї функціональної ролі діоксиду вуглецю, як головного парникового газу, у сучасних змінах клімату (IPCC, 2007). Виключна гострота цієї проблеми спонукає вчених здійснювати пошук дієвих шляхів її усунення. Крім того, вищезначений процес відбувається на тлі постійного розвитку деградаційних явищ в ґрунтах і є наслідком посилення інтенсифікації їхнього використання. Ґрунти виділяють в атмосферу щорічно  $75 \times 10^{15}$  р С- $\text{CO}_2$ , що в 10 разів більше річного виділення  $\text{CO}_2$  при спалюванні всіх видів вуглеводневого палива (Subke, 2006).

Емісія  $\text{CO}_2$  з ґрунтів в атмосферу є значним потоком Карбону в екосистемах і визначається активністю мінералізації органічної речовини ґрунтів (гетеротрофний компонент) і активністю дихання коренів і мікоризи (автотрофний компонент) (Subke, 2006). Швидкість потоку  $\text{CO}_2$  сильно розрізняється в різних екосистемах (Міняйло, 2008), і тому виявлення динаміки емісії  $\text{CO}_2$  в ґрунтах досить актуальне.

Обсяги надходження у ґрунт та витрати органічної маси залежать від багатьох змінних у часі, часто взаємно протилежних за спрямуванням балансових складових, які або підсилюють процеси утворення органічної речовини в ґрунтах, або, навпаки, активізують процеси її деструкції та мінералізації. Тому проблематика вивчення особливостей ґрунтового дихання, як невід'ємної складової частини балансу органічного вуглецю атмосфери, сьогодні є однією з головних тем досліджень ґрунтознавців, біологів та екологів.

Відомо, що протікання процесу дисипації  $\text{CO}_2$  до атмосфери залежить від низки чинників: біологічних особливостей сидеральних трав, наземної маси рослин і, як наслідок, їхньої кореневої маси, а також параметрів температури та вологості ґрунту тощо (Міняйло, 2015). Безперечним є зв'язок між величинами надземної та кореневої маси рослин. Тому, коли в ході експериментів обліковують надземну масу рослин, опосередковано, з певною вірогідністю, враховують також і їхню кореневу масу.

У дослідженнях (Трофіменко, 2015) виявлена закономірність інтенсифікації наземною масою рослин дисипації з поверхні ґрунту  $\text{CO}_2$ . Автори вважають, що у випадку проведення наближених розрахунків інтенсивності ґрунтового дихання на дернових ґрунтах, величина наземної маси деяких трав'яних культур може бути використана як еквівалент, який дозволить знайти необхідне значення емісії  $\text{CO}_2$ . При цьому слід розуміти, що значення кореневої маси є визна-

чальним для інтенсивності ризосферного дихання ґрунту та виділення  $\text{CO}_2$ .

Виділення  $\text{CO}_2$  з поверхні ґрунту – сумарний показник, що включає біологічну діяльність мікроорганізмів і рослин. Кількість  $\text{CO}_2$  визначається біологічними (темпом росту та розвитку рослин і мікроорганізмів, диханням коренів), а також екофакторами (температурою, вологістю повітря і ґрунту та ін.). Тому емісія  $\text{CO}_2$  з поверхні ґрунту має досить чітку добову динаміку (від температури ґрунту залежить інтенсивність дихання коренів і активність ґрунтової біоти). Динаміка емісії  $\text{CO}_2$  тісно корелює з температурою верхніх шарів ґрунту і мікрорельєфом конкретного об'єкта. Чим вище температура ґрунту, тим інтенсивніше виділяється  $\text{CO}_2$  (Кудрявцев, 2016).

Однак оцінка потоків Карбону з різних екосистем для окремих регіонів досить приблизна. В останні роки дихання ґрунтів в наземних екосистемах пропонується розраховувати на основі геоінформаційного аналізу, для якого необхідна диференційована оцінка сезонних і річних потоків  $\text{CO}_2$  з ґрунтів в різних кліматичних зонах з урахуванням типу ґрунту, землекористування та ін. (Кудеяров, 2005). Слід також враховувати техногенне забруднення ґрунтів, оскільки воно є чинником, що сприяє посиленню емісії  $\text{CO}_2$  (Лубніна, 2006; Помазкіна, 1999, 2004). Необхідність оцінки емісії  $\text{CO}_2$  в окремих екосистемах, зокрема агроекосистемах нашого регіону, зумовлена також практичним виконанням завдань, пов'язаних з підписанням Кіотського протоколу.

Методи вимірювання польової емісії  $\text{CO}_2$  з ґрунтів в атмосферу різноманітні, більшість з них використовують установку пластикових кілець, на які герметично встановлюються камери, всередині яких вимірюється приріст концентрації  $\text{CO}_2$  (Subke, 2006). Врізання пластикового кільця в ґрунт на 1–5 см призводить до розриву значної частини тонких коренів і мікоризи, що змінює потік  $\text{CO}_2$  (Heinemeyer, 2011) і, отже, загальну емісію  $\text{CO}_2$ . Розрив коренів може стати причиною як зменшення, так і збільшення потоку  $\text{CO}_2$  (Gadgil, 1975; Heinemeyer, 2011). Причиною зменшення є виключення  $\text{CO}_2$ , що виділяється корінням і мікоризою. Збільшення потоку може відбуватися за рахунок:

- підвищення активності гетеротрофів через зростання вологості внаслідок відсутності вологопоглинання коренями (Menyailo, 1999);

- зменшення конкуренції між мікорізними коренями і гетеротрофами (Гадгіл-ефект) (Dijkstra, 2003; Gadgil, 1971; Gadgil, 1975).

Чим глибше встановлюються кільця, тим більша кількість коренів виключається і тим ефективніше вищезазначене. Роль конкуренції між автотрофами і гетеротрофами в емісії CO<sub>2</sub> з ґрунтів вивчена слабо, також не приділено належної уваги глибині установки кілець, що, можливо, і призводить до розрізнених оцінок емісії CO<sub>2</sub> з ґрунтів одного типу (Кудеяров, 2005; Heinemeyer, 2011). Джерелом продукування CO<sub>2</sub> є легкодоступні для мікробної утилізації свіжі органічні речовини, тобто оцінюючи цей показник, можна судити про кількість останніх.

Доволі відомим є відносний показник виділення CO<sub>2</sub> ґрунтом під культурами та ґрунтом на якому нема рослин (на перелозі). В літературі вказується на здатність енергетичної культури сприяти накопиченню органічного вуглецю в атмосфері, і, тим самим, посилювати виникнення парникового ефекту. Не можна оцінювати рослину лише щодо її ролі у формуванні вуглецевого циклу, необхідно враховувати об'єми діоксиду карбону для рослин, які потім використовуються на власне дихання.

У дослідженнях С.Ю. Капустянчика та співавторів (Капустянчик, 2016) показано, що дихальна активність ґрунту під міскантусом вище (що свідчить про вищий вміст органічної речовини), ніж в ґрунті без рослин. Автори показали, що, навіть за один рік зростання рослина зв'язує в органічній речовині ґрунту значну кількість вуглецю. Однак, досить швидко (через 14 днів інкубації) накопичений вуглець переходить у доступну для мікробної утилізації форму, і швидко розкладається.

З літератури (Капустянчик, 2016) відомо, що за вирощування міскантусу відбувається збагачення органічною речовиною ґрунту і тому спостерігається підвищення дихальної активності ґрунту. Відзначено підвищення дихальної активності шару ґрунту 0–20 см при вирощуванні культури протягом одного вегетаційного періоду на 15% в порівнянні з ґрунтом «під паром», що свідчить про значне накопиченні органічної речовини в ґрунті навіть під однорічною культурою міскантусу.

**Мета і завдання дослідження.** Проаналізувати інтенсивність виділення CO<sub>2</sub> з ґрунтів під різними енергетичними культурами.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Аналіз динаміки емісії CO<sub>2</sub> з ґрунту під різними культурами здійснювалося під час ве-

гетаційного періоду – з квітня по жовтень. Показано, що найінтенсивніше виділення  $\text{CO}_2$  спостерігалось з-під міскантусу (рис. 1), найменша його кількість виділялася на перелозі.

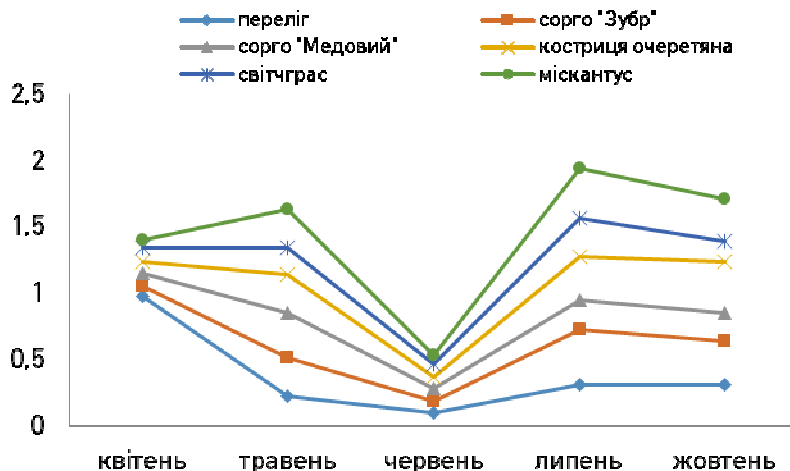


Рис. 1. Динаміка дихальної активності ґрунту під різними культурами ( $H_{0-20}$ ), кг  $\text{CO}_2$  /га

Для всіх без виключення культур прослідковується тенденція різкого зниження емісії  $\text{CO}_2$  у червні з подальшим різким збільшенням у липні. Очевидно, міжсезонні відмінності пов'язані з більш спекотними умовами вегетаційного періоду, що спричиняло пригнічуючий вплив на ріст і розвиток ґрунтової мікробіоти, яка і виділяла меншу кількість вуглекислого газу. У літературі (Капустянчик, 2016) вказується, що спалахи емісії  $\text{CO}_2$  можна розглядати як відгук ґрунтових мікроорганізмів на зміни чинників середовища, інтенсивність та тривалість яких обумовлена властивостями ґрунту і ресурсом доступного для мікроорганізмів субстрату.

Подібна тенденція спостерігалась і для горизонту  $H_{20-40}$  (рис. 2), за виключенням інтенсивності емісії у квітні.

Відомо, що у функціонуванні наземних екосистем важливими є процеси дихального газообміну педосфери – обмін киснем і вуглекислим газом між ґрунтом, рослинами та атмосферою. (Lundergdtrh, 1997) зазначав, що дихання ґрунту як індикатор активності ґрунтових мікроорганізмів корелює з різними екологічними факторами й особливо тісно – з температурою. Для більшості мікроорганізмів, зокрема для сапрофітів, анаеробних амоніфікаторів і денітрифікаторів, оптимальною є температура  $20^\circ \text{C}$  (Хазієв, 1976). Встановлення за-

лежності дихального коефіцієнту від температури може бути чутливим індикатором зміни процесів дихального газообміну, а переважання виділення  $\text{CO}_2$  над поглинанням  $\text{O}_2$  може бути використане для моделювання впливу глобального потепління на процеси емісії  $\text{CO}_2$ .

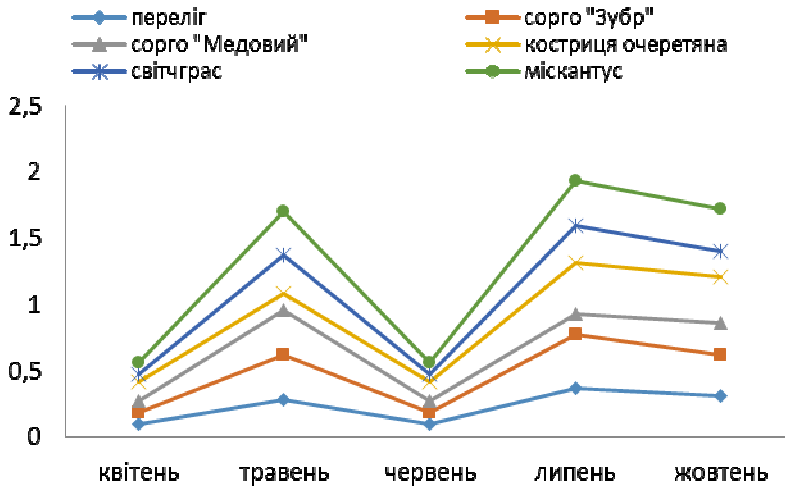


Рис. 2. Динаміка дихальної активності ґрунту під різними культурами ( $H_{20-40}$ ), кг  $\text{CO}_2$  /га

Проведено статистичний аналіз отриманих даних. Побудовані діаграми розмаху даних щодо емісії  $\text{CO}_2$  на різній глибині представлені на рис. 3.

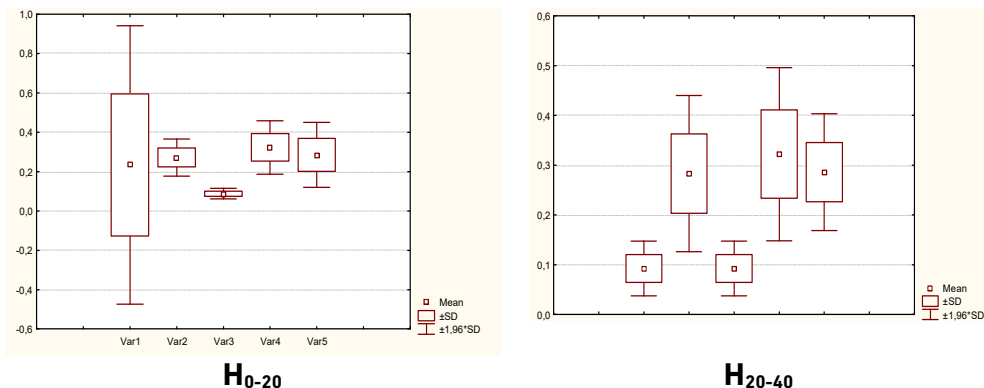


Рис. 3. Діаграма розмаху дихальної активності ґрунту протягом вегетаційного періоду, кг  $\text{CO}_2$  /га

Встановлено, що величини дихальної активності за виділенням  $\text{CO}_2$  відрізняються у 1,2–6 разів, що свідчить про суттєву різницю метаболічних процесів. Ці відмінності, очевидно, відображають особливості досліджуваних ґрунтів, обумовлені різним вмістом і якісним складом органічної речовини, величиною рН, кількісним та якісним складом ґрунтової мікрофлори. Найвищим розкидом даних характеризуються верхні горизонти ( $\text{H}_{0-20}$ ), для нижніх горизонтів ( $\text{H}_{20-40}$ ) показники виділення вуглекислого газу знаходяться практично на однаковому рівні. Проаналізовано подібність у інтенсивності виділення  $\text{CO}_2$  під різними культурами. Найбільша подібність за виділенням вуглекислого газу відмічена у ґрунтах перелогу та під кострицею очеретяною, про що свідчить, утворений ними кластер (рис. 4), близько до них знаходиться світчґрас. Другий кластер утворений соргом гібриду «Медовий» та міскантусом. Необхідно відмітити тісну взаємодію між усіма дослідженими культурами.

Сучасний стан розвитку суспільства характеризується інтенсивним втручанням людини в природні процеси, що обумовлює порушення функціонування біогеоценозів. В агроєкосистемах, на відміну від природних, велика частка поживних елементів виключається з кругообігу при відчуженні врожаю наслідок цього зростає їх дефіцит в ґрунті. У ґрунті водорозчинні поживні речовини, які повністю не використовуються рослинами, тимчасово закріплюються в тілі мікроорганізмів. Після їх відмирання і розкладання вони знову переходять у доступні форми і використовуються рослинами. В цьому випадку ризосферні мікроорганізми виступають як біологічні «закріплювачі» (Мазур, 2002). Популяцію мікроорганізмів можна розглядати як першорядну елементарну одиницю мікробного ценозу на популяційному рівні. При визначенні впливу добрив на ґрунтову мікрофлору слід відмітити, що мікроорганізми відіграють важливу роль у формуванні ґрунтової родючості і впливають на живлення рослин. Їх корені поряд із поглинанням води і поживних елементів з ґрунту виділяють кінцеві продукти обміну речовин: вуглекислоту, надлишок солей, органічні речовини, а також ферменти – каталазу, уреазу, амілазу, інвертазу, ліпазу та інші, які впливають на ґрунт і сприяють перетворенню важкодоступних форм поживних речовин у легкодоступні. А головне, що ці органічні виділення кореневої системи є поживним субстратом для нітрифікуючих ґрунтових мікроорганізмів, які розташовуються у ризосфері. У процесі життєдіяльності рослин виділяються токсичні речовини. І вони не гинуть лише через те, що мікроорганізми утилізують рослинні відходи (Буджерак, 1992).



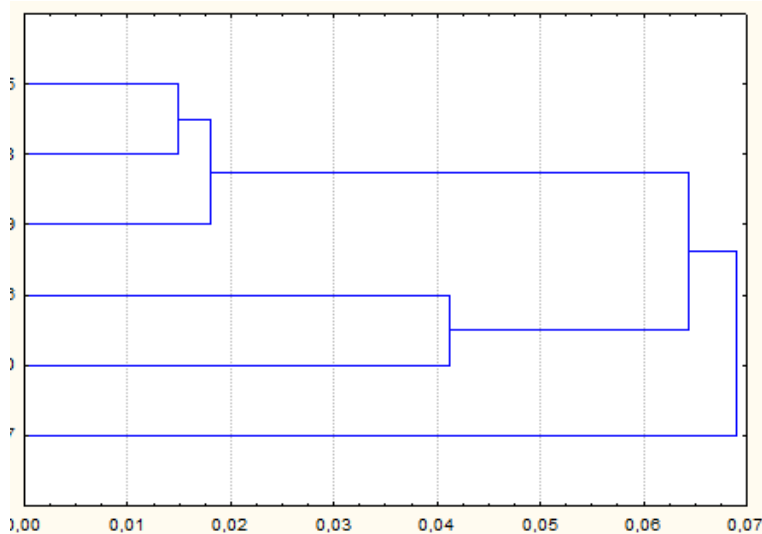


Рис. 4. Граф кластерного аналізу обсягів емісії діоксиду карбону ґрунтом під різними енергетичними культурами

Відомо, що агрохімічні показники дерново-підзолистих ґрунтів під впливом ферментованих добрив поліпшуються. Зокрема встановлено, що їх застосування сприяє підвищенню вмісту вуглецю на 0,11–0,20%, рухомого фосфору та обмінного калію – на 14–102 і 13–33 мг/кг ґрунту відповідно, а також зниженню кислотності ґрунтового розчину на 0,27–0,34 показника рН (Гаврилюк, 2009).

Сорго – цінний вид зернових і кормових культур, володіє високими адаптивними властивостями до несприятливих агрокліматичних і ґрунтових умов. Відмінними рисами є: висока посухостійкість рослин і здатність легше переносити екстремальні літні температури; достатня солестійкість; більш економне витрачання вологи на одиницю врожаю; сприятливість як попередника для багатьох культур (Чамурлиев, 2012).

Нами проаналізовано виділення вуглекислого газу з-під різних гібридів цукрового сорго за використання різних систем удобрення. Як видно, з представлених на рисунку 6 даних, система удобрення суттєво не впливає на емісію вуглекислого газу з-під різних гібридів сорго.

Прослідковується аналогічна до вищеописаної динаміка, а саме: мінімальні показники величини емісії CO<sub>2</sub> спостерігаються у квітні та червні, при чому як для гібриду «Зубр» (рис. 5), так і для гібриду «Медовий» (рис. 6).

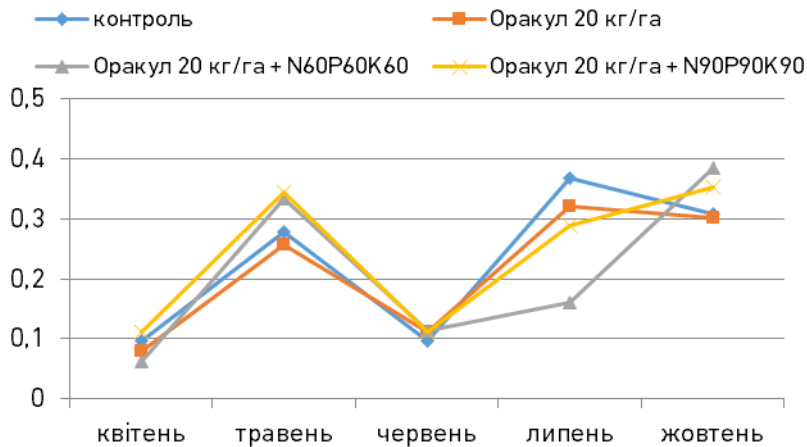


Рис. 5. Динаміка дихальної активності ґрунту під *Sorghum bicolor* (L.) Моенч гібриду «Зубр», кг CO<sub>2</sub> /га

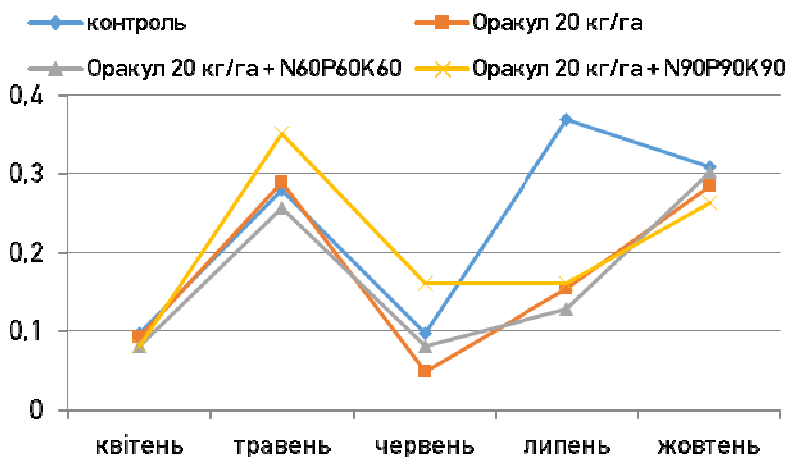


Рис. 6. Динаміка дихальної активності ґрунту під *Sorghum bicolor* (L.) Моенч гібриду «Медовий», кг CO<sub>2</sub> /га

Максимум виділення припадає на травень. Цікавою виявилася різниця для різних гібридів сорго у липні. Так, для гібриду «Медовий» відмічається значне зниження емісії CO<sub>2</sub>, натомість емісія CO<sub>2</sub> з-під гібриду «Зубр» знаходиться на рівні контрольних значень, за виключенням системи удобрення «мультикомплекс Оракул у кількості 20 кг/га з додаванням N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>».

Проаналізовано подібність обсягів емісії діоксиду вуглецю ґрунтом під цукровим сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) за впливу різ-

них варіантів удобрення (рис. 7). Показано найбільшу подібність у кількості виділеного  $\text{CO}_2$  у контрольному варіанті та варіанті з додаванням мультикомплексу Оракул у кількості 20 кг/га. Ці два варіанти утворюють найтісніший кластер подібності, хоча два інших варіанти досліді (мультикомплекс Оракул у кількості 20 кг/га з додаванням  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  та мультикомплекс Оракул у кількості 20 кг/га з додаванням  $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ ) також знаходяться у тісній взаємодії, і містяться у проміжку меншому п'яти евклідових одиниць.

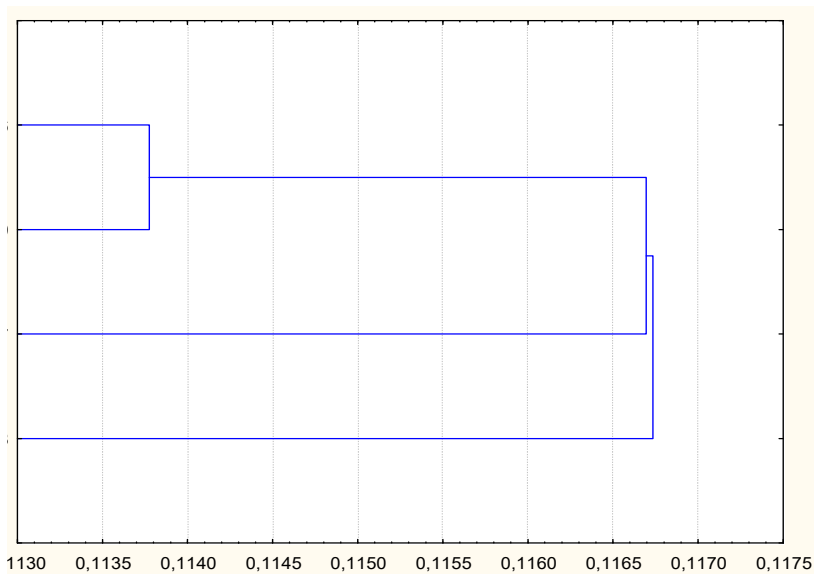


Рис. 7. Граф кластерного аналізу обсягів емісії діоксиду карбону ґрунтом під цукровим соргом (*Sorghum bicolor* (L.) Monenich)

**Висновки.** Показано, що найвищий показник інтенсивності дихання ґрунту мав місце у пробах, відібраних після оранки. Очевидно, підтримання ґрунту у розпушеному і звільненому від бур'янів стані має стимулюючий вплив на ріст і розвиток ґрунтової мікробіоти, яка і виділяла більшу кількість вуглекислого газу. Кількість  $\text{CO}_2$ , що виділяється з ґрунту в результаті його дихання, відносно загального об'єму виділення із ґрунту під цукровим соргом сорту Зубр практично не відрізняються.

Встановлено, що величини дихальної активності за виділенням  $\text{CO}_2$  відрізняються у 1,2–6 разів, що свідчить про суттєву різницю метаболічних процесів. Система удобрення виявляє значний вплив на продукування  $\text{CO}_2$  ґрунтом. Вплив цих чинників, значною мірою, за-

лежить від погодних умов. Сприятливі гідротермічні умови активізують діяльність ґрунтової мікрофлори орного шару ґрунту.

1. Александров Г. А., Соколов М. А., Степанов А. Л. Сравнительный анализ методов измерения эмиссии газов из почвы в атмосферу. *Почвоведение*. 1996. № 10. С. 1192–1194.
2. Буджерак А. И., Гудим В. И., Тищенко Л. Д., Фирко В. Ю. Нетрадиционные удобрения в XX веке : информ. лист № 03. 1992. 4 с.
3. Вплив органічного добрива Проферм на еколого-агрохімічний стан ґрунту і врожайність картоплі / В. Б. Гаврилюк, Г. М. Гаврилюк, Ю. М. Кух, В. А. Бортнік. *Агроєкологічний журнал*. 2009. № 2. С. 58–63.
4. Капустянич С. Ю., Лихенко И. Е., Данилова А. А. Продуктивность мискантуса сорта сорановский первого года вегетации и дыхательная активность почвы. *Пермский аграрный вестник*. 2016. № 4. С. 82–87.
5. Кудеяров В. Н., Курганова И. Н. Влияние свойств пахотных почв и их загрязнения фторидами на эмиссию CO<sub>2</sub>. *Почвоведение*. 2005. № 9. С. 1112–1121. URL: <http://www.pochva.com>. (дата звернення: 04.05.2022).
6. Ларионова А. А., Розанова Л. Н., Самойлов Т. И. Динамика газообмена в профиле серой лесной почвы. *Почвоведение*. 1988. № 11. С. 68–74.
7. Ларионова А. А., Розанова Л. Н., Самойлов Т. И. Динамика газообмена в профиле серой лесной почвы. *Почвоведение*. 1988. № 11. С. 68–74.
8. Меняйло О. В. Влияние лесовосстановления на минерализацию органического вещества в почве. *Экология*. 2008. № 1. С. 23–27 / Menyailo O. V. The effect of afforestation on mineralization of soil organic matter. *Rus. J. of Ecology*. 2008. V. 39(1). P. 21–25.
9. Паников Н. С., Соловьев Г. А., Афремова В. Д. Биологическая продуктивность систематически удобряемого сенокосного луга на аллювиальной луговой почве. *Вестник Моск. ун-та*. 1989. № 1. С. 58–66.
10. Помазкина Л. В., Котова Л. Г., Лубнина Е. В. Биогеохимический мониторинг и оценка режимов функционирования агроэкосистема на техногеннозагрязненных почвах. Новосибирск : Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. 208 с.
11. Трофименко П. І., Борисов Ф. І. Наукове обґрунтування алгоритму застосування камерного статичного методу визначення інтенсивності емісії парникових газів із ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. URL: [http://agrosoil.yolasite.com/2015\\_AiG\\_83\\_pp\\_17-24\\_UA.pdf](http://agrosoil.yolasite.com/2015_AiG_83_pp_17-24_UA.pdf). (дата звернення: 04.05.2022).
12. Федоров-Давыдов Д. Г. Дыхательная активность тундровых биоценозов и почв Колымской низменности. *Почвоведение*. 1998. № 3. С. 291–301.
13. Хазиев Ф. Х. Температура и влажность как экологические факторы биологической активности почв. *Экология*. 1976. № 6. С. 50–55.
14. Чамурлиев О. Г., Карпов М. В., Зинченко Е. В. Водопотребление и продуктивность сорго на зерно в зависимости от основной обработки почвы и норм посева семян на орошаемых светлокаштановых почвах Нижнего Поволжья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2012. № 2 (26). С. 46–51.
15. De Jong E., Redmann R., Ripley E. A. A comparison of methods to measure soil respiration. *Soil Sci*. 1979. V. 127. P. 300–306.
16. Dijkstra P., Williamson C.,

Menyailo O. et al. Nitrogen stable isotope composition of leaves and roots of plants growing in a forest meadow. *Isotopes Environ. Health Stud.* 2003. V. 39. P. 29–39. **17.** Freziene D., Kadziene G. The influence of soil organic carbon, moisture and temperature on soil surface CO<sub>2</sub> emission in the 10th year of different tillage-fertilization management. *Zemdirbyste Agriculture.* 2008. Vol. 95. № 4 P. 29–45. **18.** Gadgil R. L., Gadgil P. D. Suppression of litter decomposition by mycorrhizal roots of *Pinus radiata*. *NZ J. For. Sci.* 1975. V. 5. P. 33–41. **19.** Heinemeyer A., Di Bene C., Lloyd A.R. et al. Soil respiration: implications of the plant-soil continuum and respiration chamber collar insertion depth on measurement and modelling of soil CO<sub>2</sub> efflux rates in three ecosystems. *European J. of Soil Sci.* 2011. V. 62. P. 82–94. **20.** Lundergdgrth H. Carbon dioxide evolution of soil and crop grows. *Soil Sciences.* 1997. Vol. 23. № 6. P. 417–453. **21.** Menyailo O. V., Huwe B. C. N-mineralization and denitrification as function of temperature and water potential in organic and mineral horizons of forest soil. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 1999. V. 162. P. 527–531. **22.** Subke J. A., Inglima I., Cotrufo M. F. Trends and methodological impacts in soil CO<sub>2</sub> efflux partitioning: A meta-analytical review. *Global Change Biology.* 2006. V. 12. P. 921–943. **23.** Vose J. M., Elliott K. J., Johnson D. W. Soil CO<sub>2</sub> flux in response to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> and nitrogen fertilization: patterns and methods. *Advances in Soil Science. Soil and global change* / Eds Lar R. et al. CRC. 1995. Lewis Publishers, Boca Raton. P. 199–208.

## REFERENCES:

**1.** Aleksandrov G. A., Sokolov M. A., Stepanov A. L. Sravnitelnyiy analiz metodov izmereniya emissii gazov iz pochvyi v atmosferu. *Pochvovedenie.* 1996. № 10. S. 1192–1194. **2.** Budjerak A. I., Gudim V. I., Tischenko L. D., Firko V. YU. Netraditsionnyie udobreniya v HH veke : inform. list № 03. 1992. 4 s. **3.** Vplyv orhanichnoho dobrovya Proferm na ekoloho-ahrokhimichni stan gruntu i vrozhainist kartopli / V. B. Havryliuk, H. M. Havryliuk, Yu. M. Kukh, V. A. Bortnik. *Ahroekolohichnyi zhurnal.* 2009. № 2. S. 58–63. **4.** Kapustyanchik S. Yu., Lihenko I. E., Danilova A. A. Produktivnost miskantusa sorta soranovskiy pervogo goda vegetatsii i dyihatelnaya aktivnost pochvyi. *Permskiy agrarniy vestnik.* 2016. № 4. S. 82–87. **5.** Kudayarov V. N., Kurganova I. N. Vliyanie svoystv pahotnyih pochv i ih zagryazneniya ftoridami na emissiyu SO<sub>2</sub>. *Pochvovedenie.* 2005. № 9. S. 1112–1121. URL: <http://www.pochva.com> (data zvernennya: 04.05.2022). **6.** Larionova A. A., Rozanova L. N., Samoylov T. I. Dinamika gazoobmena v profile seroy lesnoy pochvyi. *Pochvovedenie.* 1988. № 11. S. 68–74. **7.** Larionova A. A., Rozanova L. N., Samoylov T. I. Dinamika gazoobmena v profile seroy lesnoy pochvyi. *Pochvovedenie.* 1988. № 11. S. 68–74. **8.** Menyaylo O. V. Vliyanie lesvosstanovleniya na mineralizatsiyu organicheskogo veschestva v pochve. *Ekologiya.* 2008. № 1. S. 23–27 / Menyailo O. V. The effect of afforestation on mineralization of soil organic

matter. *Rus. J. of Ecology*. 2008. V. 39(1). P. 21–25. **9.** Panikov N. S., Solovev G. A., Afremova V. D. Biologicheskaya produktivnost sistematically udobryaemogo se-nokosnogo luga na allyuvialnoy lugovoy pochve. *Vestnik Mosk. un-ta*. 1989. № 1. S. 58–66. **10.** Pomazkina L. V., Kotova L. G., Lubnina E. V. Biogeohimicheskiiy monitoring i otsenka rejimov funktsionirovaniya agroekosistema na tehnogennozagryaznennyih pochvah. Novosibirsk : Nauka. Sibirskaya izdatelskaya firma RAN, 1999. 208 s. **11.** Trofymenko P. I., Borysov F. I. Naukove obgruntuvannia alhorytmu zastosuvannia kamernoho statychnoho metodu vyznachennia intensyvnosti emisii parnykovykh haziv iz gruntu. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2015. URL: [http://agrosoil.yolasite.com/2015\\_AiG\\_83\\_pp\\_17-24\\_UA.pdf](http://agrosoil.yolasite.com/2015_AiG_83_pp_17-24_UA.pdf). (data zvernennia: 04.05.2022). **12.** Fedorov-Davyidov D. G. Dyihatelnaya aktivnost tundrovyyih biotsenozov i pochv Kolyimskoy nizmennosti. *Pochvovedenie*. 1998. № 3. S. 291–301. **13.** Haziev F. H. Temperatura i vlajnost kak ekologicheskie faktory biologicheskoy aktivnosti pochv. *Ekologiya*. 1976. № 6. S. 50–55. **14.** Chamurliiev O. G., Karpov M. V., Zinchenko E. V. Vodopotreblenie i produktivnost sorgo na zerno v zavisimosti ot osnovnoy obrabotki pochvy i norm poseva semyan na oroshaemyih svetlokashtanovyih pochvah Nijnego Povoljya. *Izvestiya Nijnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyisshee professionalnoe obrazovanie*. 2012. № 2 (26). S. 46–51. **15.** De Jong E., Redmann R., Ripley E. A. A comparison of methods to measure soil respiration. *Soil Sci*. 1979. V. 127. P. 300–306. **16.** Dijkstra P., Williamson C., Menyailo O. et al. Nitrogen stable isotope composition of leaves and roots of plants growing in a forest meadow. *Isotopes Environ. Health Stud*. 2003. V. 39. P. 29–39. **17.** Freziene D., Kadziene G. The influence of soil organic carbon, moisture and temperature on soil surface CO<sub>2</sub> emission in the 10th year of different tillage-fertilization management. *Zemdirbyste Agriculture*. 2008. Vol. 95. № 4 P. 29–45. **18.** Gadgil R. L., Gadgil P. D. Suppression of litter decomposition by mycorrhizal roots of Pinus radiata. *NZ J. For. Sci*. 1975. V. 5. P. 33–41. **19.** Heinemeyer A., Di Bene C., Lloyd A.R. et al. Soil respiration: implications of the plantsoil continuum and respiration chamber collarinsertion depth on measurement and modelling of soil CO<sub>2</sub> efflux rates in three ecosystems. *European J. of Soil Sci*. 2011. V. 62. P. 82–94. **20.** Lundergrdth H. Carbon dioxide evolution of soil and crop grows. *Soil Sciences*. 1997. Vol. 23. № 6. P. 417–453. **21.** Menyailo O. V., Huwe B. C. N-mineralization and denitrification as function of temperature and water potential in organic and mineral horizons of forest soil. *J. Plant Nutr. Soil Sci*. 1999. V. 162. P. 527–531. **22.** Subke J. A., Inglima I., Cotrufo M. F. Trends and method ological impacts in soil CO<sub>2</sub> efflux partitioning: A meta-analytical review. *Global Change Biology*. 2006. V. 12. P. 921–943. **23.** Vose J. M., Elliott K. J., Johnson D. W. Soil CO<sub>2</sub> flux in response to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> and nitrogen fertilization: patterns and methods. *Advances in soil Science. Soil and global change* / EdsLar R. et al. CRC. 1995. Lewis Publishers, Boca Raton. P. 199–208.

**Morozova T. V., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National Transport University, Kyiv), **Likho O. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM SOILS UNDER ENERGY CULTURES**

**Global warming is one of the most important environmental problems today, which is why studying the impact of any factor on CO<sub>2</sub> outflow is an important task. Despite numerous studies, the effect of growing energy crops on CO<sub>2</sub> emissions from soils remains unclear.**

**The article presents the results of the study of the intensity of "respiration" of soils under energy crops under different fertilizer systems. It is shown that the differences in carbon dioxide emissions from the soil under different energy crops depended on the temperature, humidity, organic matter content and peculiarities of cultivation. Intensification of this process after plowing is noted.**

**The seasonal dynamics of the potential capacity of the soil to produce CO<sub>2</sub> under the same conditions of humidity and temperature with a maximum in July and gradual extinction by autumn is noted. It is determined that daily fluctuations in the intensity of CO<sub>2</sub> emissions are 5-10% of the average daily level. A decrease in CO<sub>2</sub> emissions was found in June with a further increase in July, which may be due to hot conditions, which caused a depressing effect on the growth and development of the soil microbiota.**

**The influence of cultivated culture on the dynamics of CO<sub>2</sub> emission index has been studied. Due to root respiration, the total flow of CO<sub>2</sub> from the soil surface increases by an average of 1.2–6 times in the cultivation of energy crops, which indicates differences in metabolic processes. The fertilizer system affects the production of CO<sub>2</sub> by the soil and largely depends on weather conditions. Favorable hydrothermal conditions activate the activity of the soil microflora of the arable soil layer.**

**In general, studies have confirmed the importance and necessity of monitoring soil respiration as an indicator of the stability of agroecosystems in the context of climate change.**

***Keywords:* energy crops; soil "breathing"; CO<sub>2</sub> dissipation into the atmosphere.**