

## ГУМУСНИЙ СТАН ТА ЕМІСІЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ

В.В. Снітинський<sup>1</sup>, А.Й. Габриєль<sup>2</sup>, Ю.М. Оліфір<sup>2</sup>, О.М. Германович<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Львівський національний аграрний університет

<sup>2</sup> Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

*Наведено результати досліджень впливу тривалого застосування різних систем удобрення і періодичного вапнування на гумусний стан та інтенсивність виділення діоксиду вуглецю в умовах ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту Західного Лісостепу. Встановлено, що органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування найбільшою мірою інтенсифікує процеси гумусоутворення, покращує груповий і фракційний склад гумусу, біологічні процеси та оптимізує виділення діоксиду вуглецю, а також знижує негативний вплив екстремальних чинників зовнішніх умов. Показано, що за тривалого застосування лише мінеральних добрив та використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту в системі землеробства без добрив якісний склад гумусу та його біологічні властивості погіршуються, а рівень виділення діоксиду вуглецю знижується. Підкреслено важливість періодичного вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту як чинника, що послаблює негативний вплив мінеральних добрив та покращує якість гумусу.*

**Ключові слова:** ясно-сірий лісовий поверхнево оглеєний ґрунт, добрива, вапно, гумус, гумінові кислоти, фульвокислоти, діоксид вуглецю.

У формуванні родючості ґрунту провідна роль належить органічній речовині, від умісту та якісного складу якої залежать не тільки врожайність сільськогосподарських культур, але й хід ґрунтових процесів та екологічний стан ґрунту [1]. Саме у вуглецю органічної речовини сконцентровані потенційні запаси нагромадженої ґрунтом сонячної енергії [2].

Одним із головних законів землеробства є дотримання оптимального стану біологічного кругообігу речовин в агроєкосистемах. Його порушення є закономірним явищем перехідного періоду економічних відносин, коли стан ґрунту погіршується внаслідок недотримання основного екологічного закону агрохімії, згідно з яким, винос поживних речовин із ґрунту необхідно компенсувати внесенням екологічно та економічно обґрунтованих доз добрив [3, 4].

Дослідження динаміки вмісту гумусу та його якісних складових залежно від систем використання ґрунту має винятково

важливе значення. Результати досліджень свідчать, що за дефіциту балансу вуглецю в агроєкосистемах знижується вміст гумусу та загалом погіршується гумусний стан ґрунту [5, 6]. Тому під час вирішення питання щодо регулювання основних властивостей і режимів ґрунту та забезпечення екологічної безпеки докільля насамперед повинно йтися про покращання гумусного стану ґрунту шляхом забезпечення оптимального кругообігу вуглецю [7].

Тестом-індикатором, що миттєво реагує на порушення зрівноважених природних циклів кругообігу речовин, зокрема вуглецю, та об'єктивно відображає агроєкологічний стан ґрунту, є динаміка інтенсивності виділення діоксиду вуглецю з ґрунту в атмосферу та акумуляція вуглецю в органічній речовині [8, 9]. Кількість діоксиду вуглецю, що виділяється у приземний шар атмосфери з ґрунту, тісно пов'язана з якістю рослинних решток, біологічною активністю та інтенсивністю процесів мінералізації — гуміфікацією. За величиною цього показника можна судити про інтенсивність процесів мінералізації органічної речовини ґрунту [10].

Найбільш достовірну та об'єктивну інформацію щодо оцінювання впливу агротехнічних чинників, технологічних заходів на кругообіг вуглецю і гумусний стан ґрунту можна отримати завдяки агротехнічним стаціонарним дослідям.

У процесі досліджень, проведених нами після п'яти семирічних ротацій, вивчено особливості формування гумусного стану ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під впливом різних систем удобрення та вапнування. Однак зважаючи на часову тривалість цього дослідю, а також на внесені корективи в системи удобрення і чергування культур, виникла необхідність у нових умовах дослідити закономірності зміни гумусного стану та кругообігу вуглецю за різних систем використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту.

Мета досліджень — встановити закономірності впливу довготривалого застосування різних систем удобрення і періодичного вапнування на вміст гумусу і гумусний стан та інтенсивність виділення діоксиду вуглецю в умовах ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту Західного Лісостепу.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили у стаціонарному досліді лабораторії землеробства і відтворення родючості ґрунтів Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, закладеному в 1965 р. на кислому ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті з різними дозами і співвідношеннями мінеральних добрив, гною та вапна у семирічній сівозміні.

У 2000 р., після закінчення п'ятої ротації, була проведена часткова реконструкція цього дослідю, що полягає у вивченні ефективності та тривалості післядії вапнування, залишкового фосфору і калію за помірного азотного живлення у варіантах із інтенсивними рівнями удобрення з таким чергуванням культур: кукурудза на силос — ячмінь ярий з підсівом конюшини — конюшина лучна — пшениця озима. Гній у I–V ротаціях вносили двічі — під картоплю

і буряки цукрові, починаючи з VI ротації — під кукурудзу. Посівна площа ділянок — 168 м<sup>2</sup>, облікова — 100 м<sup>2</sup>, повторність дослідю — триразова.

Ми наводимо результати досліджень гумусного стану ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту після закінчення восьмої ротації та інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> під час вегетації кукурудзи на силос — першої культури IX ротації, перед початком якої проведено черговий тур вапнування та відкореговано дози добрив. Дослідження проводили у таких варіантах: контроль (без добрив), органо-мінеральна система удобрення і вапнування з внесенням на 1 га сівозмінної площі 10 т/га гною + N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> + 1,0 н CaCO<sub>3</sub>, мінеральна (N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub>) та мінеральна системи удобрення на фоні вапнування (N<sub>105</sub>P<sub>101</sub>K<sub>101</sub> + 1,5 н CaCO<sub>3</sub> за г.к.).

Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту до закладки дослідю була такою: вміст гумусу (за Тюрінім) — 1,42%, рН<sub>KCl</sub> 4,2, гідролітична кислотність (за Каппеном) — 4,5, обмінна (за Соколовим) — 0,6 мг-екв/100 г ґрунту, вміст рухомого алюмінію, фосфору (за Кірсановим) і обмінного калію (за Масловою) — відповідно 6,0, 3,6 і 5,0 мг/100 г ґрунту.

Зразки з орного шару ґрунту відбирали й підготовлювали до аналізів згідно із ДСТУ ISO 11464-2001. У зразках визначали вміст загального гумусу за Тюрінім (ГОСТ 26213-91), груповий склад гумусу — за методом Тюріна в модифікації Кононової і Бельчикової, фракційний — за Пономарьовою і Плотніковою. Вміст CO<sub>2</sub> у ґрунтового повітрі визначали на двоканальному інфрачервоному газовому аналізаторі CO<sub>2</sub>-метрі K-30 Probe.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проведені дослідження засвідчили, що на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті заорювання зеленої маси конюшини лучної другого укосу як органічне добриво має значний позитивний вплив на формування балансу вуглецю у всіх варіантах. В умовах дослідю вихід гумусових речовин завдяки заорюванню конюшини

лучної становив 0,25%. Найбільша кількість вуглецю у ґрунті — 1,7 т/га зв'язується у гумусі в полі конюшини лучної за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування. В полях ячменю ярого та кукурудзи на силос у цьому варіанті нагромаджується 0,83–0,97 т/га, в полі пшениці озимої — 0,90 т/га вуглецю у гумусі.

Дослідження вмісту гумусу та його якісного складу після закінчення VIII ротації свідчать, що в умовах ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту найактивніше процеси гумусоутворення проходять за органо-мінеральної системи удобрення з внесенням 10 т/га сівозмінної площі гною, N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> за післядії вапнування 1,0 н CaCO<sub>3</sub>. Так, уміст гумусу зростає до 1,91%, груповий склад покращується до 0,83 завдяки підвищенню вмісту у гумусі гумінових кислот — найціннішої частини гумусу — до 31,6% (табл. 1).

У варіанті з мінеральним удобренням, як і у контрольному варіанті (без добрив), співвідношення вуглецю гумінових і фульвокислот становить 0,63. Трансформація органічної речовини за використання цієї системи удобрення на фоні післядії 1,5 н

CaCO<sub>3</sub> набуває акумулятивного спрямування: вміст гумусу зростає до 1,76%, співвідношення C<sub>ГК</sub>:C<sub>ФК</sub> підвищується до 0,74, що свідчить про позитивний вплив вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту на послаблення дії NPK, підвищення вмісту гумінових кислот і, загалом, покращення якості гумусу.

У складі фульвокислот переважають найбільш нові і рухомі органічні речовини (фракції 1 і 1«а»), що зазнають значних змін під впливом удобрення. У контрольному варіанті і за мінеральної системи удобрення вміст цієї фракції найвищий і становить у складі гумусу 22,5–22,6% (табл. 2). Найнижчий уміст у складі фульвокислот припадає на фракцію 2, зв'язану з кальцієм. У варіанті мінерального удобрення вміст цієї фракції зафіксовано на рівні контролю і становить 5,38%.

Органічна, а також органо-мінеральна системи удобрення на фоні вапнування в процесі тривалого їх використання на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті сприяють підвищенню вмісту фульвокислот другої фракції на 1,8–2,9%, за мінерального удобрення на фоні вапну-

Таблиця 1

**Якісний склад гумусу орного шару (0–20 см) ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від удобрення і вапнування наприкінці VIII ротації**

№ вар-та	Зміст варіантів	Загальний гумус, %	Вміст у гумусі, %			C <sub>ГК</sub> :C <sub>ФК</sub>
			гумінових кислот (C <sub>ГК</sub> )	фульвокислот (C <sub>ФК</sub> )	негідролізного залишку	
1	Контроль (без добрив)	1,50	29,9	47,1	23,0	0,63
4	Гній, 10 т/га + CaCO <sub>3</sub> , 1,0 н (післядія)	1,61	28,9	39,6	31,5	0,73
7	Гній, 10 т/га + NPK + CaCO <sub>3</sub> , 1,0 н (післядія)	1,91	31,6	37,9	30,5	0,83
13	Гній, 10 т/га + N <sub>30</sub> (PK післядія) + CaCO <sub>3</sub> , 1,5 н (післядія)	1,84	29,0	40,2	30,8	0,72
15	N <sub>65</sub> (PK — післядія)	1,60	28,0	44,0	28,0	0,63
17	CaCO <sub>3</sub> , 1,5 н (післядія) + N <sub>65</sub> (PK — післядія)	1,76	30,4	41,1	28,5	0,74
	НІР <sub>05</sub>	0,05	1,3	1,5	1,2	0,04

Таблиця 2

**Фракційний склад гумусових кислот ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту  
наприкінці VIII ротатії, % у гумусі**

№ вар-та	Зміст варіантів	Фракція фульвокислот				Фракція гумінових кислот		
		1 «а»	1	2	3	1	2	3
1	Контроль (без добрив)	8,04	14,50	5,70	13,80	8,04	4,59	11,50
4	Гній, 10 т/га + CaCO <sub>3</sub> , 1,0 н (післядія)	7,49	13,90	8,60	10,70	10,70	8,49	11,80
7	Гній, 10 т/га + NPK + CaCO <sub>3</sub> , 1,0 н (післядія)	4,51	14,40	8,13	10,80	9,80	8,22	10,80
13	Гній, 10 т/га + N <sub>30</sub> (PK – післядія) + CaCO <sub>3</sub> , 1,5 н (післядія)	5,62	13,10	7,50	13,10	11,20	7,49	9,40
15	N <sub>65</sub> (PK – післядія)	7,54	15,10	5,38	14,00	8,38	4,30	9,69
17	CaCO <sub>3</sub> , 1,5 н (післядія) + N <sub>65</sub> (PK – післядія)	5,88	13,70	6,86	13,70	9,80	5,88	11,80
	НІР <sub>05</sub>	0,6	0,9	0,5	0,9	0,8	0,6	0,6

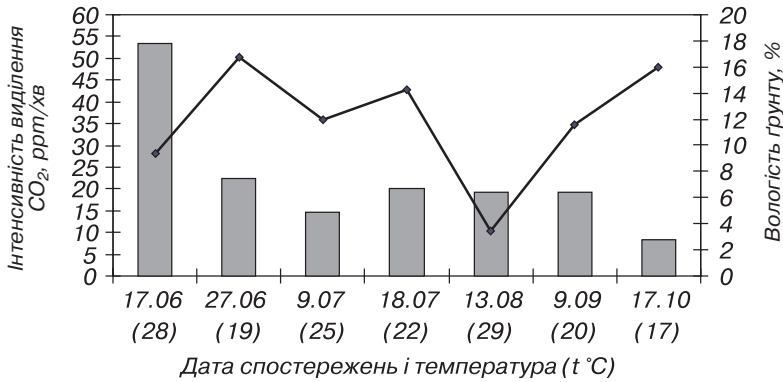
вання – на 1,16% порівняно з контролем відповідно. У складі гумінових кислот уміст фракції, зв'язаної з кальцієм, теж має найнижчу величину у варіантах контролю і з мінеральним удобренням. Однак за систематичного використання гною, а також поєднання гною і мінерального удобрення на фоні вапнування вміст цієї фракції зростає відповідно до 8,49 і 8,22% порівняно з 4,59% на контролі (табл. 2). Фракції «3» гумінових і фульвокислот представлені речовинами, що входять до складу хімічно стійкої частини гумусу і меншою мірою зазнають змін за варіантами досліду.

Спостереження за динамікою інтенсивності нагромадження діоксиду вуглецю у приземному шарі атмосфери у полі кукурудзи на силос засвідчили, що кількість виділеного CO<sub>2</sub> залежить від застосування агротехнічних заходів, температури повітря, вологості ґрунту та періоду спостережень. Під час сходів кукурудзи інтенсивність виділення діоксиду вуглецю була найвищою на контролі та у варіанті мінерального удобрення і становила відповідно 53,3 та 35,0 ppm/хв, а із ростом та розвитком рослин – різко знижувалась в обох указаних варіантах.

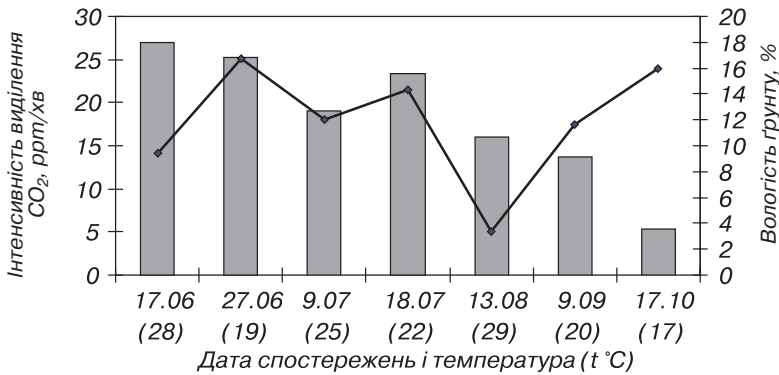
Незадовільні фізичні властивості ґрунту у контрольному варіанті та за мінерального удобрення зумовлено низькими величинами рН<sub>KCl</sub> – 4,3 і 4,1, високим умістом сполук рухомого алюмінію – 60 і 118 мг/кг, дефіцитом кальцію – 18,0–20,0 мг/кг ґрунту відповідно, несприятливим груповим складом гумусу – C<sub>ГК</sub>:C<sub>ФК</sub> становить 0,63, що не тільки негативно впливає на кореневу систему рослин, уповільнюючи її ріст і розвиток, але й на біологічні властивості та газовий режим ґрунту, знижуючи тим самим рівень виділення діоксиду вуглецю в процесі вегетації кукурудзи (рис. 1).

У варіанті з органо-мінеральною системою удобрення на фоні вапнування інтенсивність виділення діоксиду вуглецю під час сходів кукурудзи становила 27 ppm/хв і в процесі росту та розвитку рослин упродовж літнього періоду вегетації залишалась високою – 23,3–25,3 ppm/хв та меншою мірою зазнавала різних змін залежно від температури і вологості – перед збиранням урожаю становила 13,7 ppm/хв, а після проведення зяблевої оранки – різко знижувалась.

Аналогічні закономірності динаміки інтенсивності виділення діоксиду вуглецю



**Рис. 1.** Динаміка інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> під кукурудзою на контролі (без добрив): ■ інтенсивність виділення; ◆ вологість ґрунту



**Рис. 2.** Динаміка інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> під кукурудзою за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування: ■ інтенсивність виділення; ◆ вологість ґрунту

спостерігалися у варіантах з органічною та органо-мінеральною системами удобрення на фоні вапнування. В умовах ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту максимум виділення діоксиду вуглецю у варіантах органо-мінеральної та мінеральної систем удобрення на фоні вапнування співпадає із літнім періодом інтенсивного росту та розвитку рослин за зростання біологічної активності ґрунту (рис. 2).

В умовах дослідів рівень загальної біологічної активності у варіантах органічної та органо-мінеральної систем удобрення під час літнього періоду вегетації зростав до 50–55% порівняно з 11% у варіанті з мінеральним удобренням та на контролі.

За внесення мінеральних добрив на фоні вапнування загальна біологічна активність становила 19,6%.

Після проведення зяблевої оранки на контролі і за мінеральної системи удобрення інтенсивність виділення діоксиду вуглецю знижувалася, однак була найвищою порівняно з іншими варіантами і становила відповідно 8,3 і 8,0 ppm/хв порівняно з 5,3 за органо-мінерального та мінерального удобрення на фоні вапнування.

Зменшення показника інтенсивності виділення діоксиду вуглецю в осінній період після зяблевої оранки у варіантах з органо-мінеральною та мінеральною системами удобрення на фоні вапнування свідчить

про зниження мінералізаційних процесів у ґрунті агроєкосистеми та інтенсифікацію гумусоутворення, що підтверджує винятково важливу роль хімічної меліорації та внесення гною у відтворенні та збереженні родючості і підтриманні агроєкологічної стабільності кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів.

Натомість, підвищення інтенсивності виділення діоксиду вуглецю у варіантах контролю та за мінерального удобрення після ранньовесняної культивуації та зяблевої оранки восени свідчить про зростання процесів мінералізації, насамперед під впливом обробітків як у варіанті з інтенсивним мінеральним удобренням, так і за використання цього ґрунту в системі землеробства без добрив, що й відображає негативні наслідки антропогенного впливу. Наведені у таблицях 1 і 2 дослідження групово-фракційного складу гумусу свідчать про переважне нагромадження у вказаних варіантах менш цінних для ґрунтової родючості фульвокислот, що здатні до швидкої мінералізації ґрунту і міграції його профілем.

### ВИСНОВКИ

Органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування найбільшою мірою інтенсифікує процеси гумусоутворення шляхом покращання групового та фракційного складу гумусу, забезпечує високий рівень біогенних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту впродовж вегетації сільськогосподарських культур та оптимізує виділення діоксиду вуглецю, знижуючи негативний вплив екстремальних чинників зовнішніх умов.

В агрохімічних дослідженнях оцінювання стану і динаміки зміни родючості ґрунтів особливу увагу необхідно звернути на вивчення біологічного кругообігу біогенних елементів, зокрема вуглецю та гумус-

ного стану, як найважливіших показників життєдіяльності агроєкосистем.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Минеев В.Г.* Актуальные задачи агрохимии в условиях современного земледелия / В. Г. Минеев // Проблемы агрохимии и экологии. — 2011. — № 1. — С. 3–9.
2. *Yansen H.H.* Long-term ecological sites: musing on the future, as seen (dimly) from the past / H.H. Yansen // Global Change Biology. — 2009. — Vol. 15. — No. 15. — P. 2770–2778.
3. Проблемы воспроизводства плодородия почв в условиях рыночных отношений в Украине / С.А. Балюк, Н.В. Лисовой, В.В. Медведев и др. // Проблемы агрохимии и экологии. — 2008. — № 2. — С. 26–29.
4. *Греков В.А.* Изменение содержания гумуса, фосфора и калия в почвах Украины в условиях экстенсивного земледелия / В.А. Греков, А.И. Мельник // Проблемы агрохимии и экологии. — 2009. — № 1. — С. 8–12.
5. *Коваленко С.А.* Зміни показників балансу гумусу у ґрунтах сільськогосподарських угідь Чернігівської області / С.А. Коваленко, Ю.Д. Магухно, М.П. Мукосій // Агроєкологічний журнал. — 2013. — № 3. — С. 52–56.
6. *Ковалець Ю.* Гумусовий стан дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся України / Ю. Ковалець // Вісник Львівського НАУ: Агрономія. — 2012. — № 16. — С. 520–525.
7. *Дегодюк С.* Вплив тривалого застосування добрив на гумусний режим сірого лісового ґрунту // С. Дегодюк, О. Літвінова, Ю. Боднар // Вісник Львівського НАУ: Агрономія. — 2011. — № 15 (2). — С. 88–94.
8. *Трускавецький Р.С.* Порухення газорегуляторних функцій гігоморфних ґрунтів під впливом дренажу та обробітку / Р.С. Трускавецький, В.В. Шимель // Вісник ХНАУ: Ґрунтознавство. — 2001. — № 3. — С. 152–156.
9. *Шимель В.В.* Особливості вуглецевого режиму дренованих мінеральних ґрунтів Полісся та прийоми його регулювання: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.03 — агроґрунтознавство і агрофізика / В.В. Шимель. — Х., 2006. — 18 с.
10. *Кутювая О.В.* Характеристика гумусовых веществ агродерново-подзолистой почвы и копролитов дождевых червей / О.В. Кутювая // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. — 2011. — Вып. 69. — С. 46–59.