

УДК 631.41

© 2015

*О.В. Демиденко,**І.С. Шаповал,**кандидати
сільсько-
господарських
наук**Черкаська державна
сільськогосподарська
дослідна станція ННЦ
«Інститут землеробства
НААН»**В.А. Величко,**доктор
сільсько-
господарських
наук**ННЦ «Інститут
грунтознавства
та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»**П.І. Бойко,**доктор
сільсько-
господарських
наук**ННЦ «Інститут
землеробства НААН»*

КОЛООБІГ ОРГАНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ В АГРОЦЕНОЗАХ РІЗНОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН

Мета. Встановити нормативні параметри моделі обігу вуглецю в агроценозах різноротаційних сівозмін за використання альтернативних видів органічних добрив та виявити основні закономірності спрямування вуглецевого обігу в умовах сучасної кліматичної системи Лісостепу України.

Методи. Польовий, лабораторний, розрахунковий, математико-статистичний. **Результати.** Між масою $S_{орг}$ у побічній продукції та масою $S_{орг}$, яка залучається до гуміфікації, виявлено прямий кореляційний зв'язок ($R=0,94\pm 0,05$; $R^2=0,88$); з масою $S_{орг}$, яка залучається до витратних статей на мінералізацію, виявлено зв'язок на рівні прямої лінійної залежності. Виявлено критичне надходження $S_{орг}$ з побічної продукції на рівні 40–70 т/га щороку, яке відповідає найнижчому залученню вуглецю до гуміфікації та найвищим темпам мінералізації і виділенню CO_2 в атмосферу. За внесення гною через мінералізацію в атмосферу за кумулятивним виходом виділяється у 3,45 рази менше CO_2 , ніж за внесення побічної продукції. **Висновки.** В агроценозах різноротаційних сівозмін за використання побічної продукції як органічного добрива формується дефіцитний баланс $S_{орг}$, величина якого зменшується за переходу від 7–10-до 3–5-пільних сівозмін, що свідчить про зменшення дефіцитності значення CO_2 -фактора і розглядається як доказ лімітування вуглецевого живлення за зростання продуктивності сільськогосподарських культур. За таких обставин вектор CO_2 -фактора спрямований у бік додатних значень, що сприяє накопиченню органічного вуглецю в основній продукції та ґрунті, при цьому агроценози набувають певної властивості стокових систем.

Ключові слова: органічний вуглець, колообіг вуглецю, баланс, емісія, CO_2 -фактор, сівозміни, агроценоз, гній, побічна продукція.

Питанню колообігу органічного вуглецю присвячено значну кількість наукових досліджень [5, 9], зокрема фундаментальних [6–12, 19]. Дослідження проблеми формування запасів органічного вуглецю та зміни його якісного стану в агроценозах сівозмін потребує додаткового вивчення як з агроекологічного, так і з агрономічного погляду. Роботи Райнау та Люндегорда [15–18] поклали початок дослідженням одного з найбільш детермінувальних метеорологічних факторів — вмісту вуглекислого газу в атмосфері. Було виявлено, що

в угрупованнях рослин немає сталості парціального тиску CO_2 , оскільки впродовж доби та вегетаційного періоду спостерігаються значні його зміни, що дало змогу Хуберу [13, 14] зробити висновок про те, що добові зміни вмісту CO_2 відбуваються переважно у товщі повітря, яке безпосередньо прилягає до рослинного ценозу по висоті стеблостою. Люндегорд [15] ще на початку ХХ ст. увів поняття « CO_2 -фактор», який трактується як різниця між наявною концентрацією вуглекислого газу на одному рівні з рослинним угрупованням та у вільній

атмосфері. Наявність від'ємного CO₂-фактора розглядалася як доказ лімітування вуглецевого живлення в агроекосистемах. Кількісні оцінки річного нетто-потоків C_{орг} між агроекосистемами та атмосферою нечисленні і досить протилежні, що досі є дискусійним питанням, навіть не щодо величини, а щодо знаку потоку CO₂, тобто не зрозуміло, чи є, зрештою, ґрунтова біота та рослинні угруповання агроценозів джерелом або стоком для атмосферного CO₂. З огляду на це виникає потреба в докладніших дослідженнях. Особливої актуальності обіг вуглецю в агроценозах сівозмін набуває при заміні гною на побічну продукцію в сучасних кліматичних умовах Лісостепу [1, 4].

Мета досліджень — встановити нормативні параметри моделі обігу вуглецю при застосуванні різних типів різноротаційних сівозмін і використанні альтернативних видів органічних добрив та виявити основні закономірності спрямування вуглецевого обігу в умовах сучасної кліматичної системи Лісостепу України.

Методика проведення досліджень.

Дослідження проводили в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України в довгостроковому (понад 50 років) стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції «ННЦ «Інститут землеробства НААН». Дослід розміщено на чорноземі типовому малогумусному крупнопилуватолегкосуглинковому з умістом гумусу — 3,8–4,2%, рухомого фосфору — 12–14 мг на 100 г ґрунту, рухомого калію — 8–10 мг на 100 г ґрунту, рН_{H₂O} = 6,8–7,0. Дослідження здійснювали за загальноприйнятими методиками [2]. Площа 27 га, кількість ділянок — 1300; розмір північної ділянки — 230 та 162 м², а облікової, відповідно, 100 та 50 м² у 3-кратній повторності. Реконструйовано 10-пільні сівозміни у 12-ти 5-пільних сівозмін, дві 4-пільні, одну 7-пільну та шість 3-пільних сівозмін. Структуру сівозмін представлено в табл. 1–2. Системи удобрення культур передбачали такі дози добрив: пшениця озима, кукурудза, ячмінь

1. Продуктивність 10-пільних сівозмін за кумулятивним виходом при внесенні 6–7 т/га побічної продукції в умовах Лівобережного Лісостепу України за 1999–2013 рр.

№ варіанта	Структура сівозміни	Продуктивність сівозміни, к.о., т/га	Надходження побічної продукції, т/га	Баланс органічної речовини, т/га
<i>10-пільні сівозміни</i>				
8	50% — зернові, 30% (soя, сояшник, буряк цукровий); 20% — кормові	<u>*615</u> 660	<u>1885</u> 550	<u>+1,30</u> –1,43
2	50% — зернові; 20% — буряк цукровий; 20% — горох; 10% — кормові	<u>576</u> 548	<u>1305</u> 435	<u>–1,08</u> –1,65
12	40% — зернові; 10% — буряк цукровий; 30% — кормові; 10% — горох	<u>720</u> 690	<u>1605</u> 395	<u>+2,87</u> –0,45
9	50% — зернові; 10% — бобові; 20% — просапні; 20% — кормові: з добривами	<u>680</u> 672	<u>1370</u> 889	<u>–1,94</u> –0,62
7	50% — зернові; 10% — бобові; 30% — просапні (10% — соя, 20% — буряк цукровий); 10% — кормові	<u>675</u> 665	1475 600	<u>–1,21</u> –3,15
5	50% — зернові; 20% — просапні; 30% — кормові	<u>569</u> 515	<u>1445</u> 398	<u>–0,23</u> –1,33
<i>7-пільні сівозміни</i>				
1–3	72% — зернові (44% — кукурудза); 14% — буряк цукровий; 14% — багаторічні трави	524	1266	+2,85
16	56% — зернові (28% — пшениця озима); 43% — технічні (14% — буряк цукровий; 14% — соя; 14% — сояшник) 14% — однорічні трави	435	1443	+1,97

* За внесення побічної продукції/за внесення гною 6 т/га.

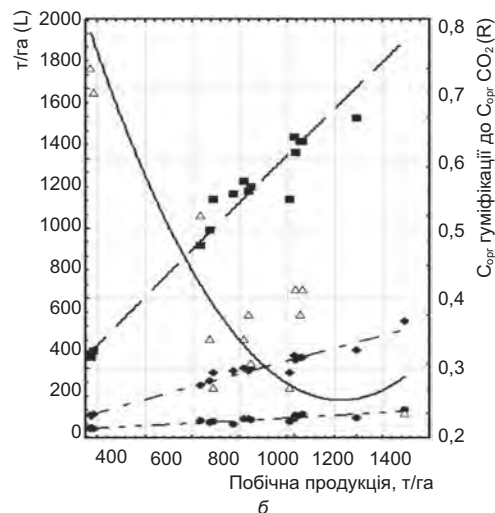
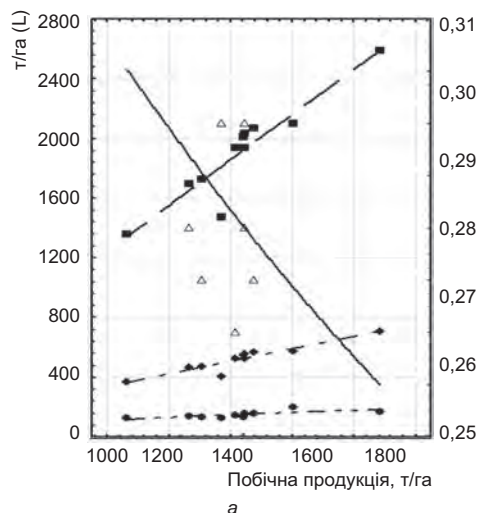
ярий, пшениця яра, соя — $N_{60}P_{60}K_{60}$, горох — $N_{20}P_{40}K_{40}$, соняшник — $N_{40}P_{40}K_{40}$, буряки цукрові — $N_{100}P_{100}K_{100}$. До 1999 р. вносилося 6 т/га гною, а з 2000 по 2014 р. — побічної продукції 6–7 т/га. Спосіб обробітку в сівозмінах — диференційований. Обчислення обігу вуглецю в агроценозах сівозмін різного типу за масою CO_2 , що виділяється, здійснено за методикою авторів [1] і [3].

Результати досліджень. Продуктивність 7–10-пільних сівозмін упродовж 1999–2013 рр. за кумулятивним виходом к.о. з 1 га в середньому становила 584 т/га, або 38,9 т/га щороку. Відхилення до максимально-типових значень (max.t) становило 615–675 т/га, а до мінімально-типових (min.t) — 521–524 т/га, або 43 і 34,8 т/га щороку. У 72% випадків сівозмін продуктивність змінювалася від 525 до 625 т/га (35 т/га та 41,7 т/га) відповідно. Середній уміст C_{org} в основній продукції становив 237 т/га з відхиленням до 308–317 т/га за max.t інтервалом і до 173–175 т/га за min.t, або 20,8 і 11,6 т/га щороку (табл. 1, рис. 1). Витратна стаття C_{org} пов'язана з мінералізацією побічної продукції, маса якої в середньому становила 519 т/га (34,6 т/га) з відхиленням до 565–573 т/га (37,6 т/га) за max.t і до 402–463 т/га (28,8 т/га за рік) за min.t. У перерахунку на масу CO_2 , яка виділяється внаслідок мінералізації побічної продукції і являє собою емісію в атмосферу,

в середньому вона становить 1902 т/га (127 т/га щороку) при максимальних і мінімальних інтервальних відхиленнях: 2070–2100 т/га (136 т/га за рік) та 1471–1675 т/га (106 т/га за рік).

Вихід побічної продукції в 7–10-пільних сівозмінах опосередковано становив 1428 т/га з відхиленнями до максимальних (max.t) та мінімальних (min.t) значень: 1475–1605 т/га ($\approx 102,7$ т/га) і 1266–1305 т/га ($\approx 85,7$ т/га) відповідно. Понад 80% сівозмін мали вихід побічної продукції в межах 1250–1650 т/га (83,3–177 т/га щороку). Маса вуглецю в побічній продукції ($C_{org(n.pr)}$) у середньому становила — 668 т/га (44,5 т/га за рік) з відхиленнями до 724–771 т/га за max.t і 526–600 т/га за min.t, або 49,8 і 37,5 т/га щороку, зростаючи за насичення сівозмін кукурудзою або зменшуючись за збільшення у структурі сівозмін ярих колосових культур. Загальна маса первинної продукції вуглецю агроценозу ($C_{org(r)} + C_{org(n.pr)} = C_{org(arp)}$) у середньому становила 905 т/га (60,3 т/га за рік) з відхиленнями до 1067–1088 т/га (max.t) і до 775–792 т/га (min.t), або 71,2 і 52,2 т/га щороку.

Посилення емісії CO_2 від мінералізації побічної продукції корелює зі зростанням внесеної кількості побічної продукції на рівні прямої сильної кореляції ($R=0,85-0,89 \pm 0,03$; $R^2=0,77$). Загальна маса вилученої ($C_{org(arp)}$) з агроценозу 7–10-пільних сівозмін є сумою



Колообіг C_{org} в агроценозах різноротаційних сівозмін за кумулятивним виходом для умов Центрального Лісостепу: а — 7–10-пільні сівозміни; б — 3–5-пільні сівозміни

■ — C_{org} гуміфікації, т/га (L); ▲ — C_{org} мінералізації, т/га (L); ◆ — $C_{org} CO_2$ мінералізації, т/га (L); — — C_{org} гуміфікації до $C_{org} CO_2$ (R)

($C_{\text{орг(т)}} + C_{\text{CO}_2}$) і в середньому становить 778 т/га при відхиленнях за max.t і за min.t інтервалом значень в межах 908–962 т/га і 547–649 т/га, або 62,3 т/га і 39,9 т/га відповідно. У відсотковому вимірі за рахунок емісії 68,7% вуглецю CO_2 вилучається з агроценозу, а в інтервальному вираженні: 64,4–71,3%. На вилучення $C_{\text{орг}}$ з основної продукції припадає у середньому 31,3%, або від 28,7 до 35,7% (рисунк).

Баланс $C_{\text{орг}}$ в агроценозах 7–10-пільних сівозмін за використання як органічних добрив нетоварної частки врожаю становив 124 т/га (–8,27 т/га щороку) при мінімальних від'ємних значеннях: –38–15 т/га і максимальних: –184–175 т/га, або –27 т/га і –12 т/га. Інтенсивність балансу $C_{\text{орг}}$ в агроценозах сівозмін (In/б(агр)) була на низькому рівні: в середньому $\text{In/б(агр)} = 19,2\%$ з відхиленнями

за max.t — 22–23% та за min.t — 16–18%. Баланс $C_{\text{орг}}$ у ґрунті ($B_{\text{C}_{\text{орг}}}$) в середньому по сівозмінах був від'ємним: $B_{\text{C}_{\text{орг}}} = -0,11$ т/га з інтервальними відхиленнями за max.t і за min.t інтервальним значенням: $B_{\text{C}_{\text{орг}}} = 0,73$ – $0,75$ т/га і $B_{\text{C}_{\text{орг}}} = -0,65$ – $1,13$ т/га відповідно. Розподіл схилявся в бік від'ємних значень. Інтенсивність балансу $C_{\text{орг}}$ в ґрунті в середньому становив 55% з відхиленням до 96–97% за max.t і до 27,5–30,7% за min.t мінімальним інтервальним значенням. Досить високі показники додатності балансу $C_{\text{орг}}$ у ґрунті пов'язані з інтенсивним залученням $C_{\text{орг}}$ з побічної продукції до гуміфікації ($C_{\text{орг(гум)}}$): у середньому 22,8% за відхилень від 27 до 16,6%, а співвідношення $C_{\text{орг(гум)}}$ до $C_{\text{орг(CO}_2)}$ (K_g) мало середнє значення $K_g = 0,29$ за інтервальних відхилень: $K_g(\text{max}) = 0,37$ і $K_g(\text{min}) = 0,24$. Зазначені

2. Продуктивність 3–5-пільних сівозмін за кумулятивним виходом в умовах Центрального Лісо-степу України за 1999–2013 рр.

№ варіанта	Структура сівозміни	Продуктивність сівозміни, к.о., т/га	Вихід побічної продукції, т/га	Баланс органічної речовини, т/га
<i>5-пільні сівозміни</i>				
10	60% — зернові (40% — кукурудза); 20% — горох; 20% — кормові	525	1695	+2,99
6	40% — зернові; 20% — буряк цукровий; 20% — горох	627	1211	–2,76
15a	60% — зернові; 20% — буряк цукровий; 20% — однорічні трави	551	1235	+0,52
15	60% — зернові; 20% — буряк цукровий; 20% — однорічні трави	542	1495	–0,96
1a	60% — зернові; 20% — горох; 20% — буряк цукровий	516	1255	+0,53
10a	60% — зернові; 20% — буряк цукровий; 20% — однорічні трави	507	1230	+0,65
11	60% — зернові (40% — пшениця озима); 20% — ріпак; 20% — однорічні трави	392	975	+0,12
4a	60% — зернові (40% — ярі колосові); 20% — буряк цукровий; 20% — горох	393	1038	+1,61
6a	40% — зернові; 20% — горох; 20% — буряк цукровий; 20% — кукурудза на силос	434	891	–2,76
11a	40% — зернові; 40% — буряк цукровий та соя; 20% — горох	386	1050	–1,06
<i>4-пільні сівозміни</i>				
3	50% — зернові (25% — кукурудза); 25% — буряк цукровий; 25% — кормові	495	1203	+0,19
<i>3-пільні сівозміни</i>				
16a	66% — кукурудза; 34% — соя	326	836	–1,43
3a	66% — зернові (33% — ячмінь); 34% — горох	168	375	+1,12
13a	66% — зернові (33% — ячмінь); 34% — соя	167	371	–1,12
3б	66% — зернові (пшениця яра); 34% — соя	159	387	–0,61

обставини вплинули на загальний баланс гумусу: +0,056 т/га (середнє значення) з відхиленнями від +2,87 т/га (max.t) до -2,13 т/га (min.t), або +0,003 т/га, +0,19 т/га і -0,14 т/га щороку (табл. 3).

Заслуговує на увагу оцінка зміни колообігу $C_{орг}$ при заміні гною на побічну продукцію і навпаки. У стаціонарному досліді до 1990 р. вносилися гній, побічна продукція практично на 85–90% вилучалася на користь тваринництва. Гною вносилося 6 т/га. Продуктивність сівозмін, де вносилися гній (№ 8, 2, 12, 9, 7, 5) була нижчою на 15 т/га, а кількість побічної продукції (пожнивні + поукісні рештки) була нижчою у 2,3 раза: за внесення гною щороку залишалося 36,3 т/га, за внесення соломи — 83 т/га. Встановлено, що за внесення гною відсоток $C_{орг}$ з побічної продукції, який залучався до гуміфікації, максимальним був за внесення побічної продукції 550–600 т/га, або 36,6–40 т/га щороку, що менше порівняно з використанням як органічних добрив нетоварної частки врожаю у 2,5–2,7 раза.

Загальний винос $C_{орг}$ з агроценозу за внесеного гною зменшувався у 2,2 раза, а на винос $C_{орг}$ товарною часткою врожаю приходилося у 1,5 раза менше $C_{орг}$. Втрата органічного вуглецю через мінералізацію

($C_{орг}(CO_2)$) була нижчою у 3,39 раза порівняно із застосуванням соломи. Інтенсивність балансу $C_{орг}$ в агроценозі за внесення гною зростала у 1,7 раза і сягала 30–36%. За внесення гною через мінералізацію в атмосферу за кумулятивним виходом виділяється у 3,45 раза менше CO_2 : 580 т/га проти 2000 т/га за внесення нетоварної частки врожаю, або 40 т/га і 135 т/га відповідно. За використання гною інтенсивність балансу $C_{орг}$ в агроценозі посилює зв'язок до значень прямої сильної кореляції ($R=0,85-0,89\pm 0,03$; $R^2=0,77$) з часткою залученого $C_{орг}$ до процесів гуміфікації та співвідношенням K_f , а з витратою $C_{орг}$ на процеси мінералізації зв'язок посилюється до оберненої сильної кореляції ($R=-0,85-0,88$; $R^2=0,75$). За внесення гною інтенсивність балансу $C_{орг}$ у ґрунті зростає у 1,45–1,55 раза.

Зміна набору та співвідношення культур у короткоротаційних сівозмінах вносить зміну в колообіг $C_{орг}$ як в агроценозі загалом, так і в ґрунті безпосередньо.

Середня продуктивність короткоротаційних сівозмін (3–5-пільних) за кумулятивним виходом становила 410 т/га к.о., або 27,3 т/га щороку (табл. 2). Максимально-типові значення продуктивності становили 524–551 т/га к.о. (34,9–36,7 т/га), а мінімально-типові —

3. Баланс $C_{орг}$ в агроценозах різноротаційних сівозмін за кумулятивним виходом для умов Лівобережного Лісостепу за 1999–2013 рр.

№ варіанта	Баланс $C_{орг}$, т/га (\pm)				
	в агроценозі	у ґрунті	№ варіанта	в агроценозі	у ґрунті
10-пільні сівозміни (побічна продукція 6–7 т/га)			5-пільні сівозміни*		
8	-82,0	+0,75	10	-40,0	+1,90
2	+22,0	-0,62	6	-78,0	-1,27
12	-119	+1,61	15a	-182	+0,12
9	-175	-1,13	15	-59,0	-0,49
7	-184	-0,65	1a	-19,0	+0,12
5	-152	-0,14	10a	-7,00	+0,37
10-пільні сівозміни (гній 6 т/га)			11	-64,0	+0,01
8	+179	-0,83	4a	-8,00	+0,11
2	+115	-0,96	6a	-66,0	-1,27
12	+187	-0,25	11a	-4,00	-0,33
9	-204	-0,36	4-пільні сівозміни*		
7	+122	-1,13	3	-57,0	+0,11
5	+97,0	-0,77	3-пільні сівозміни*		
7-пільні сівозміни*			16a	-10,0	-0,84
13	+526	+0,39	3a	-49,0	+0,77
16	+672	+0,39	13a	-35,0	-0,76
			36	-103	-0,35

* Побічна продукція 6–7 т/га.

167–317 т/га к.о., по сівозмінах становили 1045 т/га (69,7 т/га). Вміст C_{org} в основній продукції в середньому становив 138 т/га к.о., або 9,2 т/га щороку. За $max.t$ інтервалом значення вмісту C_{org} становив 172–183 т/га (11,5–12,1 т/га), а за $min.t$ інтервалом: 92–105 т/га (6,1–7,0 т/га) відповідно.

Максимально-типовий вміст був на рівні: 1255–1495 т/га (83,7–99,6 т/га), а мінімально-типовий — 375–873 т/га (25,0–58,2 т/га). У побічній продукції містилося 490 т/га C_{org} з відхиленнями від 592–683 т/га до 183–413 т/га. Загальний запас C_{org} у середньому по сівозмінах становив 627 т/га, або 42 т/га щороку. Максимальний запас C_{org} змінювався в інтервалі 755–828 т/га, а мінімальний — 285–505 т/га (50,5–55,2 т/га і 19–34 т/га щороку). Середнє вилучення C_{org} (CO_2) становило 387 т/га, або 25,8 т/га щороку. Максимальна втрата сягала 471–549 т/га, а мінімальна — 132–325 т/га, або 34 і 15 т/га щороку.

Зазначені витрати C_{org} (CO_2) через мінералізацію відповідають викидам CO_2 в атмосферу 1420 т/га (95 т/га щороку). Максимальний викид CO_2 становить 2446 т/га (163 т/га), а мінімальний — 462 т/га (30,8 т/га щороку). Порівняно з 7–10-пільними сівозмінами втрати C_{org} на мінералізацію у короткоротаційних сівозмінах скорочуються у 1,2–2,2, а витрати через виділення CO_2 — у 1,26–2,31 раза. В середньому по короткоротаційних сівозмінах вилучення C_{org} з агроценозу становить 531 т/га, або 35,4 т/га щороку, а винос C_{org} за межі агроценозу скорочується в 1,23–2 рази (рисунок).

Баланс C_{org} в агроценозах короткоротаційних сівозмін становив –66 т/га, зменшуючи дефіцитність до –3 т/га і збільшуючи її до 182 т/га, що менш дефіцитно порівняно з балансом у сівозмінах з тривалою ротацією. Типізовані додатні значення балансу змінюються в інтервалі від +0,73 т/га до

+ 1 т/га, а від'ємні: від –0,49 до –1,27 т/га, що в перерахунку на щорічний баланс становить +0,006 т/га, +0,49–0,07 т/га і –0,03–0,035 т/га.

На відміну від сівозмін з тривалою ротацією, баланс гумусу переважно був додатним (+0,23 т/га). Між балансом $C_{org}(agr)$ і $C_{org}(грн)$ кореляційний зв'язок був на низькому недовірному рівні. Переведення C_{org} з побічної продукції в органічну речовину ґрунту дало 102 т/га, або 6,8 т/га щороку (табл. 3).

Розмах від мінімального до максимального закріплення C_{org} змінювався від 50 т/га до 160 т/га (3,3 і 10,7 т/га щороку). У середньому з C_{org} побічної продукції в ґрунт переходить 22% C_{org} , а мінімальні та максимальні закріплення становлять 16,8–30,8%, що відповідає сівозмінам з тривалою ротацією. У короткоротаційних сівозмінах кількість C_{org} , що залучається до гуміфікації, менша в 1,39–2,11 раза порівняно із сівозмінами з тривалою ротацією. Інтенсивність балансу C_{org} у ґрунті в середньому становить 28% з відхиленнями від 44 до 22%. Порівняно з тривалими ротаційними сівозмінами інтенсивність балансу C_{org} знижується у 1,8–2,4 раза через вилучення зі структури багаторічних та однорічних трав і збільшення відсотка кукурудзи, сої, соняшнику.

Виявлено ряд загальних закономірностей для всіх типів сівозмін, суть яких зводиться до того, що між масою C_{org} у побічній продукції та масою C_{org} , яка залучається до гуміфікації, виявлено прямий кореляційний зв'язок ($R=0,94\pm0,05$; $R^2=0,88$), а з масою C_{org} , яка залучається до витратних статей на мінералізацію, сформовано зв'язок на рівні прямої лінійної залежності. Проте між відсотком залучення C_{org} з побічної продукції, що прямо залучається до гуміфікації та Kg , і загальним виходом побічної продукції зв'язок був оберненим ($R=-0,56-0,59\pm0,03$; $R^2=0,35$). За збільшення надходження маси C_{org} з побічної продукції залучення C_{org} до гуміфікації знижується (рисунок).

Висновки

В агроценозах різноротаційних сівозмін за використання нетоварної частки врожаю як органічного добрива формується дефіцитний баланс C_{org} , дефіцитність якого зменшується за переходу від 7–10 до 3–5-пільних сівозмін порівняно з використанням гною, що свідчить про зменшення від'ємного значення CO_2 -фактора і розглядається як доказ лімітування вуглецевого живлення за зростання продуктивності сільськогосподарських

культур.

Між масою C_{org} у побічній продукції та масою C_{org} , яка залучається до гуміфікації, виявлено прямий кореляційний зв'язок ($R=0,94\pm0,05$; $R^2=0,88$), а з масою C_{org} , яка залучається до витратних статей на мінералізацію, виявлено зв'язок на рівні прямої лінійної залежності, між відсотком залучення C_{org} з побічної продукції до гуміфікації та Kg і загальним виходом побічної продукції зв'язок був оберненим

($R = -0,56 - 0,59 \pm 0,03$; $R^2 = 0,35$). Виявлено криптичне надходження $C_{орг}$ з побічної продукції на рівні 600–700 т/га, або 40–70 т/га щороку, яке відповідає найнижчому залученню вуглецю до гуміфікації та найвищим темпам мінералізації і виділенню CO_2 в атмосферу.

При заміні гною на побічну продукцію загальний винос $C_{орг}$ за внесеного гною з агроценозу зменшувався у 2,2 раза, а на винос товарною часткою врожаю приходилося у 1,5 раза менше $C_{орг}$. Втрати органічного вуглецю через мінералізацію ($C_{орг}(CO_2)$) була нижчою у 3,39 раза порівняно із застосуванням соломи. За внесення гною через мінералізацію в атмосферу за кумулятивним виходом виділяється у 3,45 раза менше CO_2 :

580 т/га порівняно з 2000 т/га за внесення нетоварної частки врожаю, або 40 т/га і 135 т/га відповідно.

За використання побічної продукції як органічного добрива посилюється процес оптимізації вуглецевого обігу в агроценозах сівозмін різного типу в напрямі природної організації, що веде до зростання запасів наземного вуглецю, зумовленого посиленою емісією CO_2 в атмосферу від мінералізації надлишку побічної продукції, а це, у свою чергу, веде до зростання продуктивності агроценозів завдяки посиленому поглинанню CO_2 культурами агроценозу. За таких обставин посилюється CO_2 -фактор в агроценозах, який набуває властивості стокових систем.

Бібліографія

1. Демиденко О.В. Управління обігом вуглецю в агроценозах під впливом низьковуглецевих агротехнологій/О.В. Демиденко, В.А. Величко//Вісн. аграр. науки. — 2014. — № 11. — С. 46–52.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)/Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
3. Пономаренко С.П. Підвищення рівня утилізації CO_2 має стати реальністю на ланах України/С.П. Пономаренко, Л.А. Анішин, Л.В. Дацько//Посібник українського хлібороба: наук.-практ. зб. Т. 1. — 2014. — С. 153–155.
4. Сайко В.Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва в Україні/В.Ф. Сайко//Землеробство. — Вип. 81. — К.: ВД «ЕКМО», 2009. — С. 3–10.
5. Тейт Ш.Р. Органическое вещество почвы/Ш.Р. Тейт; пер. с англ. О.Д. Масловой, Д.С. Орлова. — М.: Мир, 1991. — 399 с.
6. Титлянова А.А. Изменение круговорота углерода в связи с различным использованием земель (на примере Красноярского края)/А.А. Титлянова, В.В. Чупрова//Почвоведение. — 2003. — № 2. — С. 211–219.
7. Титлянова А.А. Продукционный процесс в агроценозах/А.А. Титлянова, Н.А. Тихомирова, Н.Г. Шатохина. — Новосибирск: Наука, 1982. — 184 с.
8. Трофимов С.Я. Функциональный подход к исследованию почв/С.Я. Трофимов//Вестн. Московского ун-та. Сер. 17. — 1992. — № 3. — С. 3–11.
9. Україна та глобальний парниковий ефект: вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату/[І.Ф. Бушка, П.Ф. Гожик, Ж.Л. Ємельянова, І.В. Трофимова, А.І. Шерешевський]. — К.: Видавництво Агентства з раціонального використання енергії та екології, 1998. — 210 с.
10. Шарков И.Н. Методы оценки потребности в органических удобрениях для бездефицитного баланса углерода в почве пара/И.Н. Шарков//Агрохимия. — 1986. — № 2. — С. 109–118.
11. Шарков И.Н. Исследование баланса углерода в почве в связи с применением органических и минеральных удобрений: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук/И.Н. Шарков. — Новосибирск, 1986. — 25 с.
12. Шарков И.Н. Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. биол. наук/И.Н. Шарков. — Новосибирск, 1997. — 37 с.
13. Huber B. Der Einfluss der Vegetation auf die Schwankungen des CO_2 -Gehaltes der Atmosphäre//Arch. fur Meteorol. — 1952. — № 4. — S. 154–167.
14. Huber B. Die CO_2 -Konzentration in Pflanzengesellschaft. — Handbuch der Pflanzenphysiologie, 1960. — Bd. 5. — S. 339–348.
15. Lundegardh H. Der Kreislauf der Kohlen-saureversorgung in der Natur. — Jena, 1924. — 327 s.
16. Reinau E. Zur Kinetik der CO_2 in der Luft um Grunpflanzen in geschlossenen Bestanden//Arch. fur Gartenbau. — 1923. — № 2. — S. 27–45.
17. Reinau E. Der CO_2 -Gehalt, Lichtproduktgesetz und Resttheorie der Luft- CO_2 //Angew. Botanik. — 1957. — Bd. 31. — № 3. — S. 74–83.
18. Revelle R. Carbon dioxide and world climate//Sci. American. — 1982. — V. 247. — № 2.
19. Uzun N. Determination of Urease Catalase Activities and CO_2 Respiration in Different Soils Obtained From in Semi Arid Region Konya, Turkey/ N. Uzun, R. Uyanoz//Trends Soil Science Plant Nutrition Journal. — 2011. — № 2(1). — P. 1–6.

Надійшла 2.02.2015.