

КРУГООБІГ ОРГАНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ В АГРОЦЕНОЗІ ПІВНІЧНОГО ЛІСОСТЕПУ

Встановлено, що у ланці сівозміни Північного Лісостепу різниця між виносом органічного вуглецю з агроценозу у вигляді основної продукції та надходженням з післяжнивними та корневими рештками коливається у межах 115,7–132,7 ц/га та повністю компенсується системами удобрення.

Постановка проблеми

Сільськогосподарське використання земель супроводжується зменшенням запасів ґрунтових органічних сполук, що негативно впливає на баланс вуглецю в екосистемі та є наслідком відчуження з агроценозу значної маси рослинної речовини [4]. Антропогенний фактор, спричиняючи розімкнення системи кругообігу вуглецю, порізному відбивається на екологічній ситуації та функціонуванні екосистем. Під час сінокошу зазвичай зменшуються запаси надземної фітомаси, при інтенсивному випасанні сільськогосподарських тварин – запаси надземної та підземної фітомаси і незначна кількість вуглецю органічної речовини [10]. Розореність ґрунтів призводить не тільки до різкого зменшення підземної фітомаси та мортмаси, але й до швидкого зменшення фракцій ґрунтової органічної речовини [12]. Зміни запасів вуглецю органічної речовини відбуваються на великих площах та впливають на потік вуглецю в його наземному циклі.

Основна відмінність агроекосистем від природних угідь полягає у більш значній розімкненості колообігу біогенних елементів у зв'язку з постійним вилученням значної їх частини у вигляді врожаю та побічної продукції [2]. Більша надземна фітомаса в агроценозі та застосування добрив не компенсує недобір маси коренів. Біомаса коренів культурних рослин зосереджена, в основному, у поверхневих шарах ґрунту і в 10 разів менша, ніж у диких трав [12]. Рослинні рештки сільськогосподарських культур є важливим фактором впливу на вміст органічних речовин й азоту в ґрунті. Їх кількість та якісний склад відіграють важливу роль у процесах гумусоутворення і трансформації азоту в ґрунті, служать джерелом енергії та поживних речовин для багатьох ґрунтових мікроорганізмів [5].

На відміну від азоту, вуглець асимілює з атмосфери в результаті фотосинтезу. Накопичений органічний вуглець частково (у вигляді корневих і поживних решток) надходить у ґрунт.

Вивчення показників продукційного процесу дає можливість встановити вуглецевий баланс біоценозів і визначити їх стійкість до антропогенного впливу. Колообіг органічного вуглецю залишається першочерговою науковою проблемою та є частиною міжнародної політики [6].

Аналіз останніх досліджень

Питанню кругообігу органічного вуглецю присвячена значна кількість наукових робіт [4, 6, 11], в тому числі фундаментальні [1, 8, 9, 10]. Проте вивчення проблеми кругообігу органічного вуглецю в екосистемах північного Лісостепу є недостатнім та потребує ретельних досліджень як з екологічної, так і з агрономічної точок зору.

Об'єкти та методика досліджень

Дослідження проводилися протягом 2007–2009 рр. у стаціонарному багатофакторному польовому досліді лабораторії технологій бобових культур Інституту сільського господарства Полісся НААНУ (с. Дослідне Любарського району Житомирської області) (табл. 1).

Урожайність сільськогосподарських культур визначали згідно з загальноприйнятими методиками [3]. Накопичення поживно корневих залишків в ґрунті визначали за методикою Станкова [7]. Вміст органічного вуглецю в надземній та підземній фітомасах сільськогосподарських рослин розраховували за методикою [1]. Статистична обробка отриманих результатів здійснювалася з використанням програми MS Excel.

Завдання досліджень:

1. Встановити закономірності впливу варіантів удобрення на продуктивність сільськогосподарських культур і накопичення органічного вуглецю в основній продукції та післяжнивних і корневих рештках.
2. Визначити різницю між виносом органічного вуглецю з агроценозу у вигляді основної продукції та надходженням з післяжнивними та корневими рештками.

Результати досліджень

У ланці сівозміни найвища врожайність гороху, озимої пшениці, цукрових буряків та кукурудзи на силос спостерігалася при застосуванні інтенсивної органо-мінеральної системи удобрення (табл. 2), яка перевищувала контроль (органо-мінеральна система) на 11,8, 14,4, 15,6 та 10,1 % відповідно. Було виявлено залежність продуктивності сільськогосподарських культур залежно від систем удобрення. Це свідчить про значний вплив попередника в ланці сівозміни на продуктивність сільськогосподарських культур.

Дослідженнями встановлено, що збільшення урожайності основної продукції сільськогосподарських культур (табл. 2) супроводжується збільшенням кількості післяжнивних та корневих решток, які залишаються в агроценозі, збагачуючи ґрунт органічною речовиною.

Таблиця 1. Варіанти удобрення в сівозмінах

Поля сівозміни	Варіант дослід (система)				
	органомінеральна (контроль)	органічна	органомінерально-сидеральна	інтенсивна органічно-сидеральна	інтенсивна органічно-сидеральна
Горох	P ₄₀ K ₄₀	–	–	–	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀
Озима пшениця	N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	–	солома N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	солома N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅ сидерат	N ₁₃₀ P ₉₀ K ₉₀
Цукрові буряки	гній 30 т/га N ₁₁₀ P ₈₀ K ₁₃₀	–	солома N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅ гній 48 т/га	солома N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅ гній 48 т/га сидерат	гній 30 т/га N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀
Кукурудза на силос	гній 30 т/га N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	гній 60 т/га	гній 48 т/га	гній 35 т/га	гній 30 т/га N ₁₀₀ P ₈₀ K ₁₀₀
На 1 га:					
N	62,5	–	45,0	45,0	110
P	60,0	–	22,5	22,5	87,5
K	77,5	–	22,5	22,5	107,5
солома, т	–	–	2,0	2,0	–
сидерат, т	–	–	–	7,5	–
гній, т	15 т/га	15 т/га	24 т/га	20,8 т/га	15 т/га

Таблиця 2. Продуктивність надземної та підземної мас сільськогосподарських культур

Культура	Варіант досліджень	Урожайність основної продукції по роках, ц/га					Урожайність поживних та кореневих решток, ц/га	
		2007	2008	2009	середня	± до контролю	середня за 2007–2009 рр.	± до контролю
Горох	9	13,1	32,2	33,2	26,2	–	35,5	–
	10	10,2	30,0	28,9	23,0	-3,2	28,5	-7
	11	11,8	30,3	30,7	24,3	-1,9	30,7	-4,8
	12	12,0	31,9	31,4	25,1	-1,1	31,7	-3,8
	15	13,4	37,5	38,2	29,7	+3,5	42,6	+7,1
	НІР _{0,5}	0,86	0,81	0,66	–	–	–	–
Озима пшениця	9	37,0	49,7	37,2	41,3	–	65,0	–
	10	31,6	40,8	32,1	34,8	-6,5	51,2	-13,8
	11	31,4	42,4	32,8	35,5	-5,8	60,4	-4,6
	12	32,7	46,9	33,9	37,8	-3,5	57,0	-8,0
	15	43,1	59,9	41,7	48,2	+6,9	66,3	+1,3
	НІР _{0,5}	0,62	0,63	0,94	–	–	–	–
Цукрові буряки	9	298	300	324	307,3	–	141,7	–
	10	206	254	303	254,3	-53,0	128,7	-13
	11	227	260	295	260,7	-46,6	137,3	-4,4
	12	242	270	317	276,3	-31,0	124,3	-17,4
	15	383	350	359	364,0	+56,7	152,0	+10,3
	НІР _{0,5}	8,21	5,91	6,11	–	–	–	–
Кукурудза на силос	9	694	700	682	692,0	–	36,8	–
	10	637	632	660	643,0	-49,0	34,1	-2,7
	11	656	640	677	657,7	-34,3	34,7	-2,1
	12	682	680	690	684,0	-8,0	36,3	-0,5
	15	832	741	734	769,0	+77,0	40,0	+3,2
	НІР _{0,5}	12,11	11,31	11,39	–	–	–	–

Кількість органічного вуглецю, що виноситься з поля та залишається в агроценозі (табл. 3) залежить від культури та її продуктивності. Отримані дані свідчать, що у варіантах удобрення, де продуктивність сільськогосподарських культур була максимальною, кількість органічного вуглецю, що виносилася та залишалася в агроценозі була також максимальною. Застосування додаткової енергії у вигляді удобрення ланки сівозміни забезпечило максимальне накопичення органічного вуглецю. Кількість накопиченого вуглецю в загальній біомасі сільськогосподарських культур була найвищою за інтенсивної органо-мінеральної системи (В-15) та перевищувала контроль на 10,7 %, в тому числі кількість вуглецю в основній продукції перевищувала контроль на 11,5 %, а в післязливних та кореневих рештках – на 7,4 %. Мінімальну кількість органічного вуглецю, що виноситься з агроценозу основною продукцією або залишається у ньому з післязливними та кореневими рештками, забезпечило використання органічної системи (В-10), показники якої не перевищували контроль, а навпаки – були порівняно найнижчими.

Таблиця 3. Вміст органічного вуглецю в біомасі сільськогосподарських рослин

Культура	Варіант досліджень	Вміст органічного вуглецю, ц/га		
		загальна біомаса	в тому числі	
			основна продукція	післязливні та кореневі рештки
Горох	9	15,8	9,1	6,7
	10	13,4	8,0	5,4
	11	14,3	8,5	5,8
	12	14,7	8,7	6,0
	15	18,4	10,3	8,1
Озима пшениця	9	28,3	16,0	12,3
	10	23,2	13,5	9,7
	11	25,1	13,7	11,4
	12	25,4	14,6	10,8
	15	31,2	18,7	12,5
Цукрові буряки	9	39,4	23,8	15,6
	10	33,9	19,7	14,2
	11	35,3	20,2	15,1
	12	35,1	21,4	13,7
	15	44,9	28,2	16,7
Кукурудза на силос	9	112,8	107,1	5,7
	10	104,8	99,5	5,3
	11	107,1	101,8	5,3
	12	111,5	105,9	5,6
	15	125,2	119,0	6,2
Всього по ланці сівозміни	9	196,3	156,0	40,3
	10	175,3	140,7	34,6
	11	181,8	144,2	37,6
	12	186,7	150,6	36,1
	15	219,7	176,2	43,5

У процесі досліджень встановлено чітку залежність накопичення органічного вуглецю сільськогосподарськими культурами за різних систем

удобрення. Максимальне накопичення вуглецю за інтенсивної органо-мінеральної системи (В-15) в ланці сівозміни, а мінімальна кількість прослідковується при використанні гною за органічної системи (В-10).

Різниця між виносом органічного вуглецю з агроценозу та надходженням з післязливними та кореновими рештками в ланці сівозміни, залежно від варіанта удобрення, знаходиться в межах від 115,7 (контроль) до 132,7 ц/га (інтенсивна органо-мінеральна система) (табл. 4).

Таблиця 4. Баланс вуглецю в ланці сівозміни, ц/га

Визначення	Втрати вуглецю			Надходження вуглецю			Баланс, ±
	всього	в т. ч. з продукцією		всього	в т. ч. з		
		основною	побічною		рослинних решток	органічних добрив	
Органо-мінеральна система (контроль)							
За роки досліджень	236,6	156,0	80,6	242,0	40,3	201,7	+5,4
За 1 рік	78,8	52	26,8	80,6	13,4	67,2	+1,8
Органічна система							
За роки досліджень	211,3	140,7	70,6	207,0	34,6	172,4	-4,3
За 1 рік	70,4	46,9	23,5	68,9	11,5	57,4	-1,5
Органо-мінерально-сидеральна система							
За роки досліджень	218,3	144,2	74,1	310,3	37,6	272,7	+92,0
За 1 рік	72,8	48,1	24,7	103,4	12,5	90,9	+30,6
Інтенсивна органо-мінерально-сидеральна система							
За роки досліджень	224,8	150,6	74,2	318,9	36,1	282,8	+94,1
За 1 рік	74,9	50,2	24,7	106,3	12,0	94,3	+31,4
Інтенсивна органо-мінеральна система							
За роки досліджень	262,8	176,2	86,6	285,8	43,5	242,3	+23,0
За 1 рік	87,5	58,7	28,8	95,2	14,5	80,7	+7,7

Значні обсяги виносу вуглецю з агроценозу основною продукцією повністю компенсуються системами удобрення та запобігають масовому збідненню ґрунтів на органічну речовину та їх деградації. Усі представлені системи удобрення призводять до позитивної тенденції балансу вуглецю, і, як наслідок, поповнення органічної речовини ґрунту за рахунок використання додаткової енергії в агроценозі за внесення органо-мінеральних добрив (табл. 4).

У результаті внесення органічних речовин у ґрунт у ньому відбуваються процеси, що призводять до морфологічних і хімічних змін вихідного матеріалу. Бактеріальне перетворення стосується, у першу чергу, простих вуглеводів і тому в рештках спостерігається відносно збільшення вмісту целюлози й лігніну.

Таким чином, використання усіх систем удобрення для компенсації органіки в ґрунті дає позитивні результати як у плані накопичення вуглецю, так і в плані створення оптимальних умов для азотного живлення рослин. Крім того, зменшуються втрати біологічного азоту, котрий зв'язується наявним у ґрунті вуглецем.

Отже, можна зробити такі висновки: щорічне нагромадження вуглецю за рахунок корневих та післяжнивних решток та систем удобрення у ланці сівозміни становить від 1,8 до 31,4 ц/га. Щорічний незначний дефіцит вуглецю складає 1,5 ц/га за органічної системи удобрення у ланці сівозміни.

Це доводить, що у міру насичення ґрунту різними формами органічних добрив на фоні мінерального удобрення позитивно впливає на баланс вуглецю в ланці сівозміни.

Висновки

1. Застосування інтенсивної органо-мінеральної системи призвело до максимального накопичення вуглецю в біомасі культур ланки сівозміни, кількість якого перевищує контроль на 11,7 %. Мінімальна кількість накопичення, порівняно з контролем (органо-мінеральна система), спостерігається при використанні органічної системи за загального позитивного його балансу.

2. Надходження вуглецю в агроценоз з післяжнивними та корневими рештками на 115,7–132,7 ц/га менше, порівняно з його виносом в основній продукції, компенсується системами удобрення, що позитивно впливає на родючість ґрунту, його екологічну стабільність.

3. Усі запропоновані системи удобрення призводять до позитивної тенденції балансу вуглецю в агроценозі, виключенням є органічна система, за якої спостерігається лише бездефіцитний баланс вуглецю.

4. Насичення ґрунту різними формами органічних добрив на фоні мінерального удобрення позитивно впливає на баланс вуглецю у ланці сівозміни

й стабілізує її стійкість до антропогенного впливу.

Вважаємо, що **подальші дослідження** слід зосередити на вивченні перебігу продукційного процесу не тільки сільськогосподарських культур та загальної продуктивності ланки сівозміни, а й продукційного процесу усєї сівозміни, що важливо для дослідження колообігу органічного вуглецю та азоту.

Література

1. Биологический круговорот углерода и его изменение под влиянием деятельности человека на территории южной Сибири / *А.А. Титлянова, С.Я. Кудряшова, Н.П. Косых и др.* // Почвоведение. – 2005. – Т. 2; № 10. – С. 1240–1250.
2. *Гамалей В.І.* Агрохімічні аспекти процесів ґрунтоутворення в умовах інтенсивного землеробства / *В.І. Гамалей, С.Г. Корсун* // Вісн. аграр. науки. – 1999. – № 10. – С. 25–28.
3. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / *Б.А. Доспехов.* – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. *Лозановская И.Н.* Теория и практика использования органических удобрений / *И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, П.Д. Попов.* – М. : Агропромиздат, 1988. – 96 с.
5. *Новак А.В.* Облік та хімічний склад органічних решток провідних сільськогосподарських культур / *А.В. Новак, Ж.М. Запорожець* // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. зб. ; спец. випуск до VII з'їзду УТГА (липень 2006 р., м. Київ). – Харків, 2006. – Кн. 3. – С. 100–101.
6. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России / *А.З. Швиденко, С. Нильссон, В.С. Столбовой и др.* // Экология. – 2000. – Вып. 6. – С. 403–410.
7. *Станков В.З.* Корневая система полевых культур / *В.З. Станков.* – М. : Колос, 1972. – 280 с.
8. *Тейт Ш.Р.* Органическое вещество почвы / *Ш.Р. Тейт* ; пер. с англ. *О.Д. Масловой, Д.С. Орлова.* – М. : Мир, 1991. – 399 с.
9. *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.
10. *Титлянова А.А.* Продукционный процесс в агроценозах / *А.А. Титлянова, Н.А. Тихомирова, Н.Г. Шатохина.* – Новосибирск : Наука, 1982. – 184 с.
11. *Трофимов С.Я.* Функциональный подход к исследованию почв / *С.Я. Трофимов* // Вестник Московского университета. Сер. 17. – 1992. – № 3. –

С. 3–11.

12. *Шарков И.Н.* Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири : автореф. дис. докт. ... биол. наук / *И.Н. Шарков.* – Новосибирск, 1997. – 37 с.
-
-