

# ЗЕМЛЕРОБСТВО

УДК 504.53.062.4

**О.Ф. Смаглій**, доктор сільськогосподарських наук

**Б.В. Матвійчук**, асистент

*ДЕРЖАВНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ*

## ОСОБЛИВОСТІ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА В ПОЛІССІ

Адаптивний підхід до формування сталих агроєкосистем має сприяти активізації біологічного потенціалу всіх його ланцюгів, зокрема ландшафту, ґрунту, структури посівних площ і сівозмін. А це потребує заміни частини непоновлювальної антропогенної енергії на екологічно безпечну поновлювальну сонячну енергію.

Найвагомим антропогенним чинником, який впливає на ґрунт та агрофітоценози, є удобрення. Воно може діяти як позитивно, так і негативно. За внесення їх у недостатніх дозах ґрунти виснажуються, а при надлишкових зростає ризик забруднення навколишнього середовища. Ефективний їхній вплив на родючість ґрунту залежить від доз добрив, кількості залишених кореневих та післяжнивних решток, спрямованості біологічних процесів у ґрунті. Гумусний стан ґрунту залежить від балансу органічної речовини, а також мінімалізації таких негативних чинників як ерозія та прискорена мінералізація [6].

По родючості ґрунту між органічними і мінеральними добривами існує принципова різниця. Якщо після застосування гною у ґрунт повертається лише певна частина винесених рослинами елементів, то з мінеральними добривами вносяться у ґрунт і приєднуються до колообігу нові порції поживних речовин, зокрема азот повітря, зв'язаний хімічним синтезом, а також фосфор, калій та інші елементи. Тому Д.М. Прянишников [5] підкреслював особливе значення мінеральних добрив у підвищенні родючості ґрунту.

Для ґрунтів Полісся принципово практичне значення має мінімально допустимий (критичний), оптимальний і оптимально перспективний рівень умісту гумусу.

Типи та види освоєних сівозмін, їхня спеціалізація, динамічність, ступінь інтенсивності і прийняття системи удобрення, зазвичай, пов'язані з різними запасами гумусу в ґрунті.

Провідну роль у регулюванні гумусного балансу відіграє застосування основного органічного добрива – гною. Перспективним же резервом поповнення його може стати широке застосування в сівозмінах Полісся проміжних культур і повне їх використання на добриво [3].

© *О.Ф. Смаглій, Б.В. Матвійчук, 2008*

Застосування соломи, як органічних добрив уже достатньо давно вивчалось багатьма вітчизняними та зарубіжними вченими. У більшості випадків дані удобрення соломою показують її позитивну дію на вміст гумусу, тобто варіанти із соломою в більшій чи меншій мірі переважають контрольні варіанти „без соломи” [2].

Ще в 1940 р. німецький вчений О. Зігель [8] встановив, що у відкритому ґрунті солома гуміфікується так же сильно, як і гній. Особливо інтенсивно утворення гумінових речовин проходить при додаванні до соломи деякої кількості мінерального азоту. Більшу частину азоту мінеральних добрив через 18 місяців уже неможливо виявити в мінеральній формі, тому що останній органічно зв’язується і цим самим підвищує запас азоту в ґрунті [9].

Зазначається, що поєднання соломи із сидератами посилює гумусотвірну здатність ґрунту внаслідок того, що сидерат посилює розвиток бактерій і, як наслідок, прискорює мінералізацію соломи. Широке співвідношення С:N у соломі компенсується вузьким співвідношенням даних елементів у сидераті [6].

**Мета досліджень.** Встановити в короткочасній сівозміні системи удобрення, які забезпечать розширене відтворення родючості ґрунту.

**Методика і результати досліджень.** Дослідження проводилися у стаціонарному досліді на дослідному полі Державного агроєкологічного університету (с. В.Горбаша Черняхівського району Житомирської області) протягом 2003-2006 рр. Ґрунт ясно-сірий лісовий супіщаний на лесовидному суглинку, що підстиляється флювіогляціальними водно-льодовиковими породами.

Фізико-хімічні та агрохімічні характеристики орного шару ґрунту представлені в таблиці 1.

**Таблиця 1. Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту перед закладанням досліді, 2001 рік**

Глибина відбору зразка	Гумус, %	рН <sub>КС</sub> , (n=75)	Гідролітична кислотність	Сума ввібраних основ	Ступінь насичення основами, %	Азот легкогідролізувальних сполук	Рухомий фосфор	Обмінний калій
			мг-екв/100 г ґрунту, (n=75)	мг/100 г ґрунту, (n=75)				
0-10	1,3	4,8	2,16	1,88	46,5	7,4	10,2	6,3
10-20	1,4	4,8	2,11	1,80	46,0	6,6	10,1	4,4
20-30	1,2	4,9	1,82	2,07	53,2	5,6	8,9	4,1

Примітка: n – число спостережень

Як видно з наведеного опису, потужність гумусово-елювіального горизонту співпадає з глибиною основного обробітку, який на даному

полі періодично сягав глибини 26-28 см, що зумовило зниження вмісту гумусу в орному шарі до 1,3 % за рахунок приорювання менше гумусованого матеріалу з глибини профілю.

Фізико-хімічна характеристика об'єкта, включаючи середньокислу реакцію ґрунту і дуже низький ступінь насиченості основами та вміст сполук азоту, що легко гідролізуються, свідчить про його невисоку потенційну родючість.

Схема досліду розгортається в просторі полів, починаючи з 2001 р. озимими культурами та конюшиною після вирівнювальної культури – вівса. Повторність досліду – триразова. Площа облікової ділянки 25м<sup>2</sup> (2x12,5), ширина захисної смуги 2 м, ширина коридорів між полями 8 м у сівозмінах та 5 м між сівозмінами.

Вивчались дві сівозміни різного господарського напрямку: зерно-льонарська і зерно-просапна з таким чергуванням культур:

1. Зерно-льонарська: конюшина, Пшениця озима, льон-довгунець, овес з підсівом конюшини;

2. Зернопросапна: конюшина, жито озиме, картопля, овес з підсівом конюшини.

У системах удобрення с.-г. культур передбачалася компенсація частини елементів живлення техногенного походження за рахунок використання нетоварної продукції. Мінеральні добрива вносилися під основний обробіток (суперфосфат, калійна сіль) та під передпосівну культивуацію (аміачна селітра).

За визначенням М.К. Шикули співвідношення між органічними та мінеральними добривами зумовлює ступінь біологізації землеробства. До інтенсивної хімізації віднесено всі варіанти кожної з двох сівозмін, у яких відсутні органічні добрива. Хімізація включає в себе варіанти зі співвідношенням між органічними та мінеральними добривами на рівні 1:15 – 1:30 (на 1 т органічних добрив припадає від 15 до 30 кг діючої речовини мінеральних). За даними вчених Національного наукового центру „Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського” при внесенні на 1 т гною понад 15 кг д. р. мінеральних добрив розпочинається або підсилюється дегуміфікація ґрунту та його агрофізична деградація. Співвідношення між органічними і мінеральними добривами виведено емпірично на основі системних спостережень у багатьох тривалих дослідах. Воно становить 15 кг д. р. мінеральних добрив на 1 т гною і вперше (в нашій державі) вводиться як коефіцієнт біологізації землеробства. У технічно розвинених країнах (США, Франція, Голландія, Данія тощо) це співвідношення не перевищує 1:15. При цьому необхідно пригадати, що у Голландії на 800 кг/га д. р. мінеральних добрив ще вносять 75 т/га органічних добрив, що дуже часто замовчують агрохіміки. За співвідношення їх 1:11 кг/т д. р. забруднення продукції NO<sub>3</sub> не відбувається [7].

Інтенсивна біологізація лежить у проміжку від 1:5 до 1:8. У наших дослідях це відповідає 9-му варіанту, де комплексно вносяться і органічні, і помірні дози мінеральних добрив (сівозміна III).

Біологічне землеробство об'єднує дві групи варіантів: з внесенням гною і без внесення. У подальшій подачі матеріалу основний акцент поставлено на 8-ий варіант, який характеризується вищим рівнем урожайності та ширшим асортиментом видів органічних добрив. Співвідношення тут становить лише 1:0 – 1:5. У зернопросапній сівозміні присутні всі ступені біологізації землеробства, а у зерно-льонарській відсутня інтенсивна біологізація.

Виходячи з цього групування ми виділили три системи землеробства за ступенем біологізації у зерно-льонарській сівозміні (інтенсивна хімізація, хімізація, біологічне землеробство), та чотири в зерно-просапній (інтенсивна хімізація, хімізація, інтенсивна біологізація, біологічне землеробство).

Система обробітку ґрунту проходить без обертання скиби.

Зернові висіваються з шириною міжрядь – 15, льон-довгунець – 7,5, картопля – 70 см.

У зональній системі землекористування, охорони та раціонального використання ґрунтових ресурсів значне місце належить блоку ґрунтозахисних технологій вирощування с.-г. культур, які відпрацьовуються в стаціонарному досліді ДАЕУ, закладеному в 2001 р. на ясно-сірому супіщаному ґрунті.

Лише за науково обґрунтованої короткоротаційної сівозміни можуть вирішуватися такі проблеми, як раціональне використання поживних речовин і вологи ґрунту, захист від бур'янів, хвороб, шкідників сільськогосподарських культур, поліпшення фізико-хімічних властивостей ґрунту і його водного та поживного режимів, підвищення ефективності застосування добрив та техніки, здешевлення якісної сільськогосподарської продукції [1].

Як видно з таблиці 2, на варіанті без добрив продуктивнішою була зернопросапна сівозміна, де максимум приросту врожайності приходить на озиме жито та картоплю, як найбільше пристосованих до зональних умов. Це ще раз підтверджує тезис, що лише культури адаптовані до конкретного середовища можуть давати найбільші врожаї протягом тривалого часу.

Переходячи до систем удобрення насамперед слід відзначити, що результати проведених досліджень (табл. 2) висвітлюють незаперечну роль усіх систем удобрення щодо підвищення продуктивності зазначених сівозмін. Зокрема мінеральна система з помірними нормами добрив (В-4, інтенсивна хімізація) забезпечувала зростання продуктивності культур на 11,4-15,7 ц/га зернових одиниць відповідно.

Використання соломи попередньої культури разом із зеленою масою

олійної редьки у поєднанні з мінеральними добривами (В-6, хімізація) забезпечувало стабільну тенденцію у підвищенні загальної продуктивності сівозмін, яка зросла на 0,8 та 2,1 ц/га з. од. порівняно з попередньою системою. Варіанти з використанням лише однієї побічної продукції та сидерату (В-3, В-8, біологічне землеробство) мали суттєву перевагу над контролем, підвищуючи вихід продукції від 3,5-6,3 (В-3), до 3,7-13,1 ц/га з. од. залежно від сівозміни. Максимальний ріст урожайності відзначено при застосуванні гною, але порівняно з варіантом, де з гноем застосовувались мінеральні добрива, солома та маса сидерату (В-9, інтенсивна біологізація) вони були менше ефективними, зниження продуктивності при цьому становило 6,4 ц/га. з.од.

**Таблиця 2. Порівняльна продуктивність сівозмін (2004-2006 рр.), ц/га зернових одиниць**

Варіанти удобрення	Сівозміни	
	<i>Друга - 50% зернових</i> конюшина, озима пшениця, льон- довгунець, овес	<i>Третя - 50% зернових</i> конюшина, озиме жито, картопля, овес
1.Без добрив	17,5	19,6
3.Солома 1,2т + сидерат 3 т	21,0	25,9
4.N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub>	28,9	35,3
6.N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub> + N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т	29,7	37,4
8.N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т + гній* 10 т	21,2	32,7
9.N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub> + N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т + гній* 10 т	29,2	39,1

*Примітка: \* - гній вноситься лише в сівозміні III*

Таким чином, по мірі насичення сівозміни органічними добривами різного походження, спостерігався стійкий ріст продуктивності. Найбільш значущим видом добрив є, беззаперечно, мінеральні добрива та гній.

Маловивченою проблемою лишається вплив на урожайність сільськогосподарських культур співвідношення між мінеральними та органічними добривами. Виходячи з висновків багатьох учених найоптимальнішим значенням даного показника, є норма, коли на 1 т органічних добрив приходить 15 кг д. р. і менше мінеральних (В-3, В-8, В-9). Це підтверджується і нашими дослідженнями, так як максимум продуктивності відзначено за найближчого значення до вказаного співвідношення - 1:7 (В-9).

Для адаптивно-ландшафтного землеробства дуже важливим є

збереження та відтворення родючості ґрунту, яка, в першу чергу, визначається наявністю в ньому органічної речовини.

В зв'язку із широким використанням в дослідженнях соломи привертає увагу питання про співвідношення вуглецю до азоту. У результаті внесення органічної речовини в ґрунт, особливо соломи, у ньому проходять процеси, що призводять до морфологічної і хімічної зміни вихідного матеріалу. Хімічний склад соломи зернових характеризується високим умістом безазотистих речовин і досить низьким умістом білка та мінеральних речовин. Звідси відносно широке відношення С:N, яке суттєво впливає на швидкість біохімічного розкладання соломи. Щоб подолати це явище, солома має вноситись сумісно з іншими видами добрив, зокрема мінеральними.

За даними Ю.О. Тараріки [6] оптимальним цей параметр на супіщаному ґрунті є при співвідношенні С:N на рівні від 25 до 30 – 35. У даний проміжок в експерименті входили варіанти 4 у зерно-льонарській та 6, 8, 9 у зерно-картопляній сівозмінах. Вони і відзначаються найвищою продуктивністю (табл. 3.).

**Таблиця 3. Вплив ступенів біологізації на баланс вуглецю**

Варіанти	Система удобрення	Ступінь біологізації	Співвідношення органічних добрив (т/га) до мінеральних (кг/га д.р.)	Вихід зернових одиниць, ц/га	Співвідношення С:N	Баланс вуглецю, +/- ц/га
Сівозміна II						
1	Без добрив	-	-	17,5	-	-
4	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub>	Інтенсивна хімізація	0:100	28,9	28:1	-0,7
6	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub> + N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т	Хімізація	1:29	29,7	19:1	-0,2
3	Солома 1,2 + сидерат 3 т	Біологічне землеробство	1:0	21,0	23:1	-0,02
Сівозміна III						
1	Без добрив	-	-	19,6	-	-
4	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub>	Інтенсивна хімізація	0:100	35,3	23:1	-0,8
6	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub> + N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т	Хімізація	1:28	37,4	27:1	-0,3
9	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub> + N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т + гній 10 т	Інтенсивна біологізація	1:7	39,1	26:1	0,8
3	Солома 1,2 + сидерат 3 т	Біологічне землеробство	1:0	25,9	24:1	-0,01
8	N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т + гній 10 т	Біологічне землеробство	1:0,6	32,7	32:1	0,7

За умови відчуження побічної продукції не тільки знижується співвідношення C:N, але й падають запаси вуглецю в ґрунті. Особливо це відчутно на варіантах інтенсивної хімізації, де щорічний вміст C знижується на 0,7-0,8 ц/га. При внесенні соломи запаси вуглецю стабілізуються, а сумісне використання її з гноєм та сидератом на фоні помірного мінерального живлення ведуть до його накопичення на рівні 0,7-0,8 ц/га щорічно.

Щоб уникнути іммобілізації мінерального азоту мікрофлорою, при внесенні органічних речовин із широким відношенням вуглецю до азоту пропонується доповнювати такі добрива мінеральними азотними туками. На питання скільки ж їх потрібно вносити? Встановлено, що у випадку чистої целюлози потрібно додавати 2 – 4 % мінерального азоту від маси органічної речовини [4].

Мінералізацію рослинних залишків у ґрунті здійснюють целюлозоруйнуючі мікроорганізми – бактерії, гриби та стрептоміцети. До целюлозоруйнуючих спільнот входять представники різних таксономічних груп, котрі закономірно замінюють один одного при переході від однієї ґрунтово-кліматичної зони до іншої. Процес розкладання клітковини тісно пов'язаний з інтенсивністю виділення вуглекислоти та загальною біологічною активністю ґрунту.

Значний вплив на інтенсивність розкладання клітковини має сівозмінний фактор. Так, у зернопросапній сівозміні швидкість розкладання льняного полотна зростала до 10 %.

Дослідження показали, що активність целюлозорозкладаючих мікроорганізмів під різними сільськогосподарськими культурами була однаковою. Найнижчим відсоток розпаданя тканини був на посівах озимого жита і становив 24,1-51,9%, а найвищим на посівах картоплі 29,2– 60,8 % залежно від удобрення (табл. 4).

На наш погляд коренева система в озимого жита краще розвинена, ніж у вівса та картоплі і його кореневі виділення в ґрунтовий розчин пригнічували у більшій мірі діяльність мікроорганізмів порівняно з ними. Крім того, під посівами озимого жита значно більше випаровується вологи, що також впливало на життєдіяльність мікроорганізмів.

У дослідженнях чітко простежувалась тенденція щодо позитивної дії застосування органічної маси рослин, яка сприяла значній активізації мікроорганізмів порівняно з внесенням мінеральних добрив.

На посівах озимого жита розпаданя тканини залежно від удобрення було різним. Внесення тільки мінеральних добрив (інтенсивна хімізація) значно підвищувало біологічну активність ґрунту і розпаданя тканини становив 28,8 – 29,6 %, що на 4,2 – 4,7 одиниць вище порівняно з контролем (без добрив).

Таблиця 4. Біологічна активність ґрунту залежно від ступеня біологізації землеробства

Варіанти	Система удобрення	Ступінь біологізації	Коефіцієнт біологізації	Розпадання льняного полотна, %			Виділення CO <sub>2</sub> , мг 1м <sup>2</sup> /год				Кількість черв'яків, шт./м <sup>2</sup>		
				картопля	жито озиме	овес	картопля	льон- довгунець	жито озиме	озима пшениця	картопля	жито озиме	овес
Сівозміна II													
1	Без добрив	-	-	-	24,1	26,6	-	36,4	32,0	32,0	-	39	69
4	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub>	Інтенсивна хімізація	0	-	28,8	29,6	-	28,4	32,4	17,1	-	26	63
6	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub> + N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т	Хімізація	29	-	43,0	42,3	-	46,3	58,8	48,3	-	68	91
3	Солома 1,2 + сидерат 3 т	Біологічне землеробство	100	-	33,6	44,8	-	46,3	63,9	52,2	-	68	93
Сівозміна III													
1	Без добрив	-	-	29,2	25,4	28,8	37,1	-	35,0	-	42	43	74
4	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub>	Інтенсивна хімізація	7	42,0	29,6	34,5	22,3	-	35,0	-	38	32	64
6	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub> + N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т	Хімізація	28	46,6	45,5	43,8	42,2	-	64,4	-	96	91	123
9	N <sub>24</sub> P <sub>31</sub> K <sub>36</sub> + N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т + гній 10 т	Інтенсивна біологізація	7	60,8	51,9	52,7	69,4	-	79,4	-	104	152	170
3	Солома 1,2 + сидерат 3 т	Біологічне землеробство	100	48,5	35,9	45,8	63,8	-	68,5	-	47	62	77
8	N <sub>8</sub> + солома 1,2 т + сидерат 3 т + гній 10 т	Біологічне землеробство	0,6	51,3	39,6	49,3	58,1	-	77,0	-	98	101	133



Внесення соломи 3 т/га та заорювання сидерату 12 т/га на фоні мінеральних добрив (хімізація) дещо підвищувало темпи розпадання тканини порівняно з тим варіантом, де вносились тільки мінеральні добрива. Різниця у розпаданні тканини становила 14,2 – 20,1 %, тобто діяльність мікроорганізмів була направлена на розкладання у ґрунті соломи та сидерату. Їхні максимальні темпи відзначені на варіанті, де вносились сумісно різні види органічних добрив на фоні помірних норм мінеральних. Так, у зерно-картопляній сівозміні розпадання сягнуло більше половини площі тканини (51,9 %).

Удобрення ґрунту на всіх варіантах у посівах вівса досить істотно впливало на діяльність мікроорганізмів. Необхідно зазначити, що внесення тільки мінеральних добрив (інтенсивна хімізація) сприяло найвищій активізації мікроорганізмів і розпадання тканини становило 29,6 – 34,5 %, що на 3,0 – 5,7 % вище від контролю. Як і на посівах озимого жита зароблення соломи й сидеральних добрив на посівах вівса з підсівом конюшини також підвищувало активність мікроорганізмів порівняно з попередніми варіантами (42,3 – 43,8 %). Але на фоні мінеральних добрив і післядії гною внесення соломи й сидератів (інтенсивна біологізація), вона була максимальною 52,7 %.

Так, при вирощуванні картоплі на варіанті інтенсивної хімізації з внесенням тільки мінеральних добрив  $N_{24}P_{31}K_{36}$  розпадання тканини становило 42,0 %, а на контрольному варіанті – 29,2%. Внесення в ґрунт органічної маси рослин на решті варіантах дослідів, значно підвищувало розпадання льняної тканини. На варіанті хімізації (застосування соломи, зелених добрив та помірних норм мінеральних добрив) цей показник сягав 46,6 %, а на варіанті інтенсивної біологізації, де додатково вносився також і гній – 60,8 %, що порівняно з контролем вище на 31,6 % відповідно.

Зазначається, що бобові культури створюють сприятливі умови, для активізації діяльності целюлозорозкладаючих мікроорганізмів.

Отже, тривале та систематичне внесення різних видів органічних та мінеральних добрив на ясно-сірому лісовому ґрунті підвищувало активність деструкції клітковини і виділення вуглекислоти.

У результаті розкладання органічної речовини, яку здійснюють ґрунтові мікроорганізми, відбувалося вивільнення вуглекислого газу. Активність продуціювання  $CO_2$  свідчить про швидкість проходження мінералізаційних процесів. Існує тісна залежність між інтенсивністю виділення  $CO_2$  та родючістю ґрунту. В обох сівозмінах, завдяки додатковому надходженню органічної речовини відбувалося зростання вмісту гумусу (табл. 3, 4), що підвищило активність виділення  $CO_2$ .

Залежно від характеру органіки, що поступала в ґрунт змінювалася й інтенсивність її розкладу, а отже, і газообміну. За використання побічної продукції та сидерату виділення  $CO_2$  збільшилось до 1,8 раза

проти контролю (без добрив). Додаткове внесення ще й гною підвищило цей показник більше ніж удвічі.

В утворенні ґрунту і його структури (зернистості, дрібних грудок, пористості тощо) бере участь цілий ряд дуже різноманітних фіто- і зоогеографічних факторів включно з діяльністю людини. Серед цих факторів життєдіяльність дощових черв'яків займає провідне місце. Багато відомих авторитетних учених, ставлять діяльність дощових черв'яків далеко попереду інших ґрунтоутворювачів, які по-більшості залишаються поза увагою теорії і практики сучасного землеробства.

За роки досліджень найсприятливіші умови для розвитку мезофауни склалися під вівсом завдяки його добре розвиненій кореневій системі. Щодо систем удобрення, то внесення органічних добрив у поєднанні з мінеральним живленням забезпечило найкращі умови існування вермибіоти. Порівняно з контролем її кількість та маса зросли у 2-3 рази. Максимум приходиться на овес, що вирощувався за інтенсивної біологізації 170 шт./м<sup>2</sup>, а найменша кількість дощових черв'яків – на картоплі.

Внесення лиш самого гною не дало можливість значно збільшити насичення орного шару мезофауною. Навіть унесення сидерату із соломою на фоні мінерального живлення забезпечило кращу ефективність.

Таким чином, у цілому слід відзначити, що насичення ґрунту різними формами органічних добрив на фоні помірного мінерального удобрення забезпечувало зростання темпів інтенсифікації дихальних процесів ґрунту, розкладання целюлози та розвитку ґрунтової мезофауни, що позитивно відображалось на вмісті гумусу.

Оцінюючи втрати гумусу внаслідок мінералізації, слід відзначити їх інтенсивність у зернопросапній сівоzmіні в основному за рахунок картоплі (табл. 5). Щодо надходження, то основна його частина поступила за рахунок рослинних решток, що в сумі давало 47-60 ц гумусу за ротацію, і зовсім незначна частина за рахунок органічних добрив. Але внесення в ґрунт 10 т/га гною практично не лише вирівняло ці джерела поповнення гумусу, а й дало можливість підвищити показники балансу гумусу у 3-4 рази. Внесення виключно мінеральних добрив призвело до від'ємних його значень, а на варіанті біологічного землеробства навіть без внесення гною спостерігалось позитивне відтворення гумусу.

Будь-яка органіка, навіть у вигляді побічної продукції, залишеної на полі як добриво, здатна протидіяти деградації ґрунту.

Важливим показником ефективності застосування добрив є енергетична ефективність, визначена шляхом енергетичного аналізу. Розрахунки енергетичної ефективності застосування добрив у сівоzmінах (табл. 6) виконано за методикою ЦІНАО.

**Таблиця 5. Зміна показників родючості ґрунту залежно від ступеня біологізації**

Варіанти	Ступінь біологізації	Теоретичний				Фактично на кінець ротації			
		Гумусу	N <sub>(гідр)</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гумусу	N <sub>(гідр)</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Сівозміна II</b>									
1	Без добрив	-	-	-	-	0,0	-0,9	0,1	-0,6
4	Інтенсивна хімізація	-1,1	-0,23	0,03	-0,24	-0,1	-1,0	0,5	0,6
6	Хімізація	2,6	-0,21	0,07	-0,17	0,01	-1,7	0,9	0,9
3	Біологічне землеробство	1,0	-0,22	-0,15	-0,35	0,02	-0,4	-0,2	-0,2
<b>Сівозміна III</b>									
1	Без добрив	-	-	-	-	0	-0,7	0,3	-0,7
4	Інтенсивна хімізація	-1,7	-0,36	0,04	-0,40	0	-1,0	0,5	0,6
6	Хімізація	2,3	-0,34	0,08	-0,36	0,02	-2,1	1,1	0,7
9	Інтенсивна біологізація	7,5	0,02	0,27	0,21	0,03	0,2	1,9	1,0
3	Біологічне землеробство	0,8	-0,20	-0,16	-0,33	0,02	-0,3	-0,1	-0,3
8	Біологічне землеробство	6,1	-0,07	0,01	0,04	0,02	-0,5	-0,2	0,0

Наголошується, що у перспективі економічно вигідним вважатиметься такий варіант (технологія), за яким витратиметься менше енергії на виробництво одиниці врожаю.

**Таблиця 6. Біоенергетична ефективність ступеня біологізації землеробства, 2004-2006 рр.**

Добрива	Усього затрачено енергії, МДж	Вихід енергії з урожаю, МДж	Коефіцієнт енергетичної ефективності
<b>Сівозміна II</b>			
Без добрив	21675	37854	1,75
Інтенсивна хімізація	26286	63233	2,41
Хімізація	27036	64522	2,39
Біологічне землеробство	22425	44489	1,98
<b>Сівозміна III</b>			
Без добрив	23175	45599	1,97
Інтенсивна хімізація	28649	81774	2,85
Хімізація	30538	86936	2,86
Біологічне землеробство	28509	72614	2,55
Інтенсивна біологізація	33938	92646	2,74

Аналіз енергетичної ефективності показав, що в досліді вона змінювалася за різних видів добрив. Найвищі показники отримано у варіанті з унесенням  $N_{24}P_{31}K_{36} + N_8$  + солома 1,2 т + сидерат 3 т (хімізація) у зерно-картопляній сівозміні. Енергія, що міститься у врожаї культур, перевищувала енергію витрат у 2,86 раза. Дещо меншими за варіант з хімізацією, але досить вагомими були показники у варіанті, де вносилося  $N_{24}P_{31}K_{36} + N_8$  + солома 1,2 т + сидерат 3 т + гній 10 т (інтенсивна біологізація). Коефіцієнт енергетичної ефективності тут становив 2,74. Найбільш доцільними у плані економії затрат енергії на 1 ц продукції виявилися варіанти інтенсивної хімізації в обох сівозмінах.

При порівнянні сівозмін за коефіцієнтами енергетичної ефективності кращою виявилася зернопросапна сівозміна.

Важливою є й економічна оцінка. Підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва при застосуванні конкретного агрозаходу супроводжується додатковими економічними затратами, котрі, сприяючи підвищенню врожайності культур, не завжди супроводжуються ростом економічної ефективності, оскільки чистий прибуток буває незначним або взагалі відсутнім. Тому економічна оцінка агротехнічних заходів є обов'язковою для визначення ефективності виробництва.

Економічні показники вирощування сільськогосподарських культур при застосуванні різних видів добрив залежать від інтенсивності і рентабельності (табл. 7) виробництва.

**Таблиця 7. Економічна ефективність ступеня біологізації землеробства, 2004-2006 рр.**

Добрива	Продуктивність, з. од. ц/га	Затрати при вирощуванні, грн./га	Вартість отриманої продукції, грн.	Прибуток, грн./га	Рентабельність, %
Сівозміна II					
Без добрив	17,5	2309,04	3645,00	1335,96	57,9
Інтенсивна хімізація	21,0	3538,31	6522,00	2983,69	84,3
Хімізація	29,7	3668,11	6847,20	3179,09	86,7
Біологічне землеробство	21,2	2438,84	4399,50	1960,66	80,4
Сівозміна III					
Без добрив	19,6	3827,17	4394,00	566,83	14,8
Інтенсивна хімізація	35,3	6038,52	13474,00	7435,48	123,1
Хімізація	37,4	6168,32	9503,00	3334,68	54,1
Біологічне землеробство	32,7	5144,21	8746,00	3601,79	70,0
Інтенсивна біологізація	39,1	7225,76	16793,00	9567,24	132,4

Рентабельність вирощування культур у сівозмінах майже не різнилася при внесенні виключно мінеральних добрив. По мірі зростання чинників біологічного землеробства цей показник підвищувався, причому ріст був нерівномірним і залежав від структури посіву та набору культур.

#### **Висновки**

1. Значний вплив на ріст продуктивності короткоротаційних сівозмін має внесення повного мінерального добрива в помірних нормах. Внесення соломи і сидерату як добрив посилює цей процес. Так, у зернольонарській сівозміні приріст на варіантах з мінеральним живленням становив 11,4 ц/га з.од., тоді як за сумісного внесення мінеральних і органічних добрив (солома, сидерат) він сягав 12,2 ц/га з.о. порівняно до контролю (без добрив).

2. Ще ефективнішим виявилось застосування гною. Внесення його в кількості 10 т/га сівозмінної площі на фоні соломи і сидерату сприяло збільшенню виходу продукції на 13,1 ц/га з.од. у зернопросапній сівозміні. При поєднанні означеної органіки з мінеральними добривами продуктивність була максимальною (приріст 19,5 ц з.од. проти контролю).

3. Позитивний баланс вуглецю в агроекосистемах можливий за умови використання органічних добрив у вигляді гною. На фоні виключно мінерального живлення дефіцит вуглецю сягав 80 кг/га щорічно.

4. В умовах короткоротаційних сівозмін найбільш можливий приріст гумусу в ґрунті не перевищує 30 кг/га за ротацію, причому елементи органічного походження забезпечують 1/2 - 2/3 цього приросту.

5. Біологічне землеробство спонукає нестачу основних макроелементів живлення, тому необхідно додавати їх за рахунок мінеральних добрив. Навіть при внесенні гною на фоні соломи та сидерату дефіцит азоту становив до 50, а фосфору до 20 кг за ротацію.

6. Тривале і систематичне внесення різних видів органічних та мінеральних добрив сумісно на ясно-сірому лісовому ґрунті підвищувало активність деструкції клітковини, виділення CO<sub>2</sub> та розповсюдження мезофауни більш ніж у 2 рази. Виключно мінеральне живлення послаблює ці процеси до рівня контролю без добрив.

7. Оптимальною за енергетичною ефективністю на ясно-сірих лісових ґрунтах Полісся є система удобрення, яка поєднувала унесення соломи (1,2 т/га), сидерату (3 т/га) та мінеральних добрив (N<sub>24</sub>P<sub>31</sub>K<sub>36</sub>). За цієї системи удобрення продуктивність культур набуває максимального значення, а коефіцієнт енергетичної ефективності становить 2,86.

8. Максимальну рентабельність забезпечував варіант інтенсивної біологізації, де внесення мінеральних добрив техногенного походження зведено до мінімуму.

1. Бойко, П.І. Сівозміни з короткою ротацією / П.І.Бойко // Пропозиція. – 1998. – №2. – С. 16-17.
2. Кольбе, Г. Солома как удобрение / Г.Кольбе, Г. Штумпе: пер. с нем. А.Н. Кулюкина. – М.: «Колос», 1972. – 88 с.
3. Лыков, А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне / А.М. Лыков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 143 с.
4. Петербургский, А.В. Агрехимия и физиология питания растений / А.В. Петербургский. – М.: Россельхозиздат. – 1971. – С. 203
5. Прянишников, Д.Н. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников // Агрехимия. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 633 с.
6. Тарарико, Ю.А. Формирование устойчивых агроэкосистем / Ю.А. Тарарико. – К.: ДИА, 2007. – 560 с.
7. Шикула, М.К. Концепції ґрунтозахисного біологічного землеробства в Україні / М.К. Шикула // Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. – К., 2000. – С. 23 – 46
8. Siegel, O. Mehrjährige Beobachtungen über den Abbau und die Humifizierung organischer Stoffe im Boden / O. Siegel. – Z. PflErnahr., Dang., Bodenkd., 21/22 (1940). – S. 455-473.
9. Springer, U., Über die Verrottung von Stroh unter dem Einfluss verschiedener Stickstoffunger / U. Springer. – Landw. Forschung, 15 (1962). –S. 225-230.

*В статті представлені результати чотирирічних досліджень основних елементів родючості ґрунту за різних систем удобрення. Встановлено, що тільки поєднання помірних норм мінеральних добрив з внесенням побічної продукції та сидерату як добрив дає змогу вийти на просте відтворення родючості ґрунту та є економічно доцільним. Розширене відтворення можливе тільки при умові додавання як мінімум 10 т гною.*

*В статье представлены результаты четырехлетних исследований основных элементов плодородия почвы при разных системах удобрения. Установлено, что только сочетание умеренных норм минеральных удобрений с внесением побочной продукции и сидератов в качестве удобрений позволяет выйти на простое воссоздание плодородия почвы, и является экономически целесообразным. Расширенное воссоздание возможно только при условии внесения минимум 10 т навоза.*

*The article presents the results of four-year investigations into the basic components of soil fertility at various fertilizer systems. It is established that only the combination of moderate amounts of mineral fertilizers with the application of by-products and green manure crops as fertilizers gives the possibility to come out the ordinary restoring soil fertility and is economically expedient. The extended reproduction is possible only under the condition of additional application of ten tons of manure at the least.*