

УДК: 631.4:631.51.021:631.8:631.582:631.67

Баланс гумусу і поживний режим зрошуваного ґрунту за різних систем основного обробітку та удобрення**М. П. Малярчук, А. С. Малярчук*, А. В. Томницький**

Інститут зрошуваного землеробства НААН, Херсон, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 13.01.2022 Отримано після доопрацювання 01.10.2022 Затверджено до видання 13.10.2022 Доступно онлайн 01.12.2022	У статті представлено аналіз результатів експериментальних досліджень у стаціонарному польовому досліді щодо встановлення особливостей формування запасів гумусу і поживного режиму в орному шарі темно-каштанового ґрунту (Haplic Kastanozem) під впливом різних систем удобрення й основного обробітку. Мета досліджень: встановити закономірності перетворення побічної продукції сільськогосподарських культур сівозміни в гумус і основні елементи мінерального живлення рослин за органічної і двох органо-мінеральних систем удобрення на фоні п'яти систем основного обробітку у 4-пільній просапній сівозміні на зрошуваних землях в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи. Дослідження проводили в стаціонарному досліді Інституту зрошуваного землеробства НААН у Херсонській області України протягом 2016-2020 років. Для аналізування ефективності сукупного застосування систем удобрення і основного обробітку ґрунту використано такі показники: маса післяжнивних решток для кожної з культур сівозміни; запаси гумусу в орному шарі; баланс гумусу; маса азоту, фосфору і калію, що надійшла до ґрунту з рослинними залишками; еколого-економічний ефект (грн/га); приріст енергії (ГДж/га). В результаті експериментальних досліджень виявлено, що формування запасів гумусу в ґрунті відбувається залежно від маси післяжнивних решток культур сівозміни та способів і глибини їх загортання. Найбільш сприятливі умови для накопичення листостеблової маси сільськогосподарських культур сівозміни і формування додатного балансу гумусу з середнім річним приростом 2,02 т/га забезпечила органо-мінеральна система удобрення з використанням побічної продукції культур сівозміни та дози мінеральних добрив $N_{120}P_{60}$ на фоні диференційованого основного обробітку з одним щільуванням на глибину 38-40 см за ротацію.
Ключові слова: просапна сівозміна; основний обробіток ґрунту; удобрення; гумус; післяжнивні рештки	

* E-mail: baktroban@ukr.net

Форма цитування: Малярчук М.П., Малярчук А.С., Томницький А.В. Баланс гумусу і поживний режим зрошуваного ґрунту за різних систем основного обробітку та удобрення. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2022. Вип. 93. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". С. 64-71. <https://doi.org/10.31073/acss93-07>

1. Вступ

Здатність ґрунту створювати необхідні умови для розвитку сільськогосподарських культур та формування високих урожаїв нерозривно пов'язана з запасами в ньому органічних речовин. Відомо, що гумус зумовлює сприятливий поживний, водно-повітряний, тепловий і біологічний режими, структурність ґрунтів, накопичення фізіологічно активних речовин [1, 2].

Протягом останніх десятиліть надходження органічної речовини в ґрунт відбувається в основному за рахунок післяжнивних решток сільськогосподарських культур, які є енергетичним матеріалом для мікробіологічних процесів, формування поживного режиму та накопичення гумусу. Адже кожна культура сівозміни, після внесення добрив, залишає в зрошуваному ґрунті певну кількість коріння, яке стає джерелом перегною — найважливішого показника родючості [3].

Як відзначив Г.А. Мазур [4], за останні роки, у зв'язку із занепадом тваринницької галузі, щороку було внесено менше 1 т/га органічних добрив, а втрати гумусу досягли таких масштабів, що для їх компенсації потрібно 132 т/га підстилкового гною без урахування поточних процесів мінералізації гумусу.

З однієї тони найбільш цінних на поживні речовини решток колосових культур у ґрунті залишається близько 5 кг азоту, 1–1,5 — фосфору, 8–10 — калію і 3–4 кг кальцію. Рештки ж зелених злакових культур містять стільки ж зольних елементів, але більше азоту (10-15 кг/т). Загалом це в 3–4 рази менше, ніж потрібно для нового урожаю. Найбільше збагачують ґрунт післяжнивні рештки бобових трав [5].

Багаторічні трави здатні залишати після себе 100 ц/га і більше сухої органічної маси у вигляді коріння та надземних післязбиральних решток. Тому з розширенням посівних площ цих культур і, особливо, люцерни баланс гумусу буде позитивним, а до різкого погіршення цього балансу призведе збільшення в структурі посівних площ частки чистого пару і просапних культур, в полях яких найбільш інтенсивно проходить мінералізація органічних речовин і гумусу зокрема, а рослинні рештки можуть бути відсутні зовсім, як у полі чистого пару, або ж у більшості випадків їх кількість може бути незначною [6].

Тривале (26 років) сільськогосподарське використання чорнозему типового без внесення добрив призвело до зниження вмісту гумусу в орному шарі ґрунту на 11 % порівняно з вихідним. Внесення в ґрунт лише мінеральних добрив супроводжувалося порушенням мінералізаційно-імобілізаційної рівноваги в бік переважання мінералізації і, в результаті, вміст органічної речовини зменшився на 7,5 % порівняно з контролем. Застосування гною за органічної та орґано-мінеральної систем удобрення сприяло підтриманню більш високого вмісту гумусу [7].

За даними Л.О. Шедей [8] у тривалому польовому досліді на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому внесенням мінеральних добрив сукупно з гном ВРХ за десятирічний період не забезпечено накопичення гумусу в орному шарі ґрунту. Мало того, спостерігалась тенденція до зниження його вмісту порівняно з вихідним на 0,07 %.

Результатами 27-річних спостережень за зміною гумусового стану у дерново-підзолистому супіщаному ґрунті в експериментальній 9-пільній сівозміні залежно від застосування різних способів основного обробітку ґрунту і систем удобрення доведено, що використання в системі удобрення побічної продукції зернових та післяжнивних культур на зелене добриво на фоні зменшеної вдвічі дози добрив порівняно із загальноприйнятими сприяє накопиченню в орному шарі органічної речовини і може бути резервом підтримання і відтворення родючості ґрунту [9].

Результати наших власних досліджень [10] свідчать, що часткова заміна в сівозміні мінеральних добрив на альтернативні джерела елементів живлення дозволяє створити ресурсощадну систему удобрення. Так, зменшення дози мінеральних добрив до 60 % від рекомендованої на фоні заорювання післяжнивних решток попередніх культур сівозміни (солома колосових культур, листостеблова маса кукурудзи, сої, соняшника) забезпечує порівняно високу продуктивність культур і віддачу від добрив.

За умов, що склалися, недостатньо дослідженим є вплив способів і глибини основного обробітку на спрямованість процесів перетворення, перерозподілу, мінералізації та гуміфікації свіжої органічної речовини за використання на добриво побічної продукції сільськогосподарських культур сівозміни.

Вплив зрошення на гумусовий стан ґрунтів характеризується вмістом і запасами гумусу в орному і 0–100 см шарі. Загальний баланс гумусу на поливних і незрошуваних землях, коливається, судячи з його запасів — від 100 тонн на темно-каштанових середньосуглинкових ґрунтах до 230 та 520 т/га на чорноземах південних і звичайних відповідно [11, 12].

У південному регіоні України сконцентровано 83 % її фонду зрошуваних земель, однак, протягом останніх років поливний потенціал використовується не повною мірою та менш ефективно [13].

В умовах потужного впливу зрошення на ґрунти виявились такі форми їх деградації, як дегуміфікація, декальцинація, переущільнення, зниження водопроникності та водомісткості, біогенності ґрунту та якості врожаю, зростання втрат вологи через посилення стоку і забруднення водних джерел шкідливими елементами та сполуками [14, 15].

Під час поливу мінералізованими водами у Степовій землеробській зоні України нерідко спостерігається збіднення ґрунтів на вуглекислий газ і обмінний кальцій, збільшення вмісту обмінного натрію та пептизація ґрунтових колоїдів, ущільнення, утворення грудкуватої структури [16].

Зрошувальна вода впливає на ґрунт змінюючи темпи й напрями хімічних і мікробіологічних процесів, а також умови розкладу органічних речовин [17].

За науковими висновками багатьох учених полив мінералізованими водами, що практикується на Інгулецькому зрошувальному масиві, негативно впливає на ґрунт, у зв'язку з чим його обробітку в зрошуваних умовах відводиться важлива роль у поліпшенні фізичного стану ґрунту та пов'язаних із ним властивостей [18].

Зрошення, з суттєвим збільшенням надходження води в географічний ландшафт, передусім у ґрунти, призводить до формування в них цілого ряду нових властивостей і зниження їх потенційної родючості [19, 20].

У зв'язку з вищевикладеним розробка нових та вдосконалення існуючих систем удобрення й основного обробітку ґрунту за використання на добриво післяжнивних решток сільськогосподарських культур сівозмін на зрошуваних землях є актуальним і потребує поглиблених експериментальних досліджень.

Мета досліджень — встановити закономірності перетворення післяжнивних решток сільськогосподарських культур сівозміни в гумус і основні елементи мінерального живлення рослин за органічної і орґано-мінеральних систем удобрення на фоні різних систем основного обробітку у 4-пільній просапній сівозміні на зрошуваних землях в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи.

2. Об'єкти та методи досліджень

Дослідження проводили в стаціонарному досліді Інституту зрошувального землеробства НААН у Херсонській області України протягом 2016-2020 років у 4-пільній просапній сівоzmіні на зрошенні в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи.

Ґрунт експериментального поля — темно-каштановий середньосуглинковий; в орному шарі міститься гумусу 2,06 %, загальний вміст азоту — 20,0, рухомого фосфору 30,0, калію — 300,0 мг/кг ґрунту, найменша вологоємність — 21,2 %, вологість в'янення — 9,1 %, рівноважна щільність будови — 1,41 г/см³.

Для характеристики поживного режиму (вміст NPK) проби ґрунту відбирали 2 рази за вегетацію — під час появи сходів та перед збиранням врожаю. У пробах визначали вміст нітратів за Кравковим¹, вміст рухомих сполук фосфору й калію за Мачигінім², вміст гумусу — за методом Тюріна-Кононової³.

До складу 4-пільної сівоzmіні було включено: кукурудзу на зерно, пшеницю озиму, сорго зернове та сою. У польових дослідях висівали районовані для Степової зони сорти та гібриди сільськогосподарських культур, занесені до «Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні»⁴.

Технології вирощування сільськогосподарських культур у сівоzmіні загальноновизнані для зрошуваних умов, крім факторів, що досліджувалися. Режим зрошення забезпечував підтримання передполивного порогу зволоження під посівами усіх культур сівоzmіні на рівні 70 % НВ в шарі ґрунту 0–50 см.

У сівоzmіні досліджували п'ять систем основного обробітку ґрунту (Фактор А) з різними способами, прийомами і глибиною розпушування на фоні органічної і двох органо-мінеральних систем удобрення (Фактор В).

Фактор А — обробіток ґрунту:

1. Різноглибинний основний обробіток плугом ПЛН-5-35 з обертанням скиби на глибину від 14-16 до 25-27 см залежно від культури сівоzmіні — контроль;
2. Різноглибинний основний обробіток плугом ПЧ-2,5 без обертання скиби з чизельним розпушуванням ґрунту на глибину від 14-16 до 25-27 см залежно від культури сівоzmіні;
3. Одноглибинний неглибокий обробіток важкою дисковою бороною БДВП-4,2 без обертання скиби з розпушуванням на глибину 12-14 см під всі культури сівоzmіні;
4. Диференційований-1 обробіток ґрунту з неглибоким дисковим розпушуванням під кукурудзу на зерно і пшеницю озиму на глибину 8-10 см з використанням дискової легкої борони БДЛП-4, під сою — важкою дисковою бороною БДВП-4,2 на глибину 14-16 см, а під сорго зернове — комбінований обробіток з використанням диско-чизельної борони БДВП-3,0-0,1 з глибиною розпушування 12-14 + щільювання на 38-40 см;
5. Диференційований-2 обробіток ґрунту з оранкою плугом ПЛН-5-35 під кукурудзу на глибину 18-20 см, чизельним обробітком під сорго зернове плугом ПЧ-2,5 на глибину 16-18 см та неглибоким дисковим розпушуванням БДЛП-4 під пшеницю озиму (10-12 см) і БДВП-4,2 під сою (14-16 см).

Фактор В — система удобрення:

- Органічна — з використанням лише післяжнивних решток сільськогосподарських культур сівоzmіні (фон) — контроль;
- Органо-мінеральна — мінеральні добрива дозою N_{82,5}P₆₀ + післяжнивні рештки;
- Органо-мінеральна — мінеральні добрива дозою N₁₂₀P₆₀ + післяжнивні рештки.

Під час експерименту застосовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи з використанням загальноновизнаних в Україні методик та методичних рекомендацій [21].

Для аналізування ефективності сукупного застосування систем удобрення і основного обробітку використано такі показники: маса післяжнивних решток для кожної з культур сівоzmіні; запаси гумусу в орному шарі; баланс гумусу; маса азоту, фосфору і калію, що надійшла до ґрунту з рослинними залишками; еколого-економічний ефект (грн/га); приріст енергії (ГДж/га).

¹ ДСТУ 4729:2007 Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського.

² ДСТУ 4114-02 Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигініна.

³ ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. Київ. Держспоживстандарт України, 2005.

⁴ Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 р. Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільськогосподарства України. Київ. 2021. 521с.

Надходження маси післяжнивних решток — листо-стеблових та кореневих залишків визначали за рівнянням регресії від рівня врожаю основної продукції.

Зміни запасів гумусу розраховували залежно від якості і маси післяжнивних решток з використанням коефіцієнта їх гуміфікації та коефіцієнта мінералізації гумусу.

Розрахунок надходження основних елементів живлення в ґрунт, залежно від систем удобрення, проводили з урахуванням кількості поживних речовин, що надійшли з мінеральними добривами та післяжнивними рештками.

Вміст поживних речовин у післяжнивних рештках визначали аналітично.

Баланс гумусу розраховували за різницею між сумарними середньозваженими величинами маси гумусу, утвореного внаслідок гуміфікації післяжнивних решток (з використанням коефіцієнтів гуміфікації, та маси гумусу, мінералізованого під посівами культур сівозміни (за довідковими даними).

Еколого-економічну ефективність застосування органо-мінеральних систем удобрення сільськогосподарських культур, визначали як суму виробничих витрат — вартості добрив, витрат на їх внесення та збирання приросту врожаю, окремо по кожному варіанту дослідів а також вартості гумусу за результатами розрахунку балансу [22].

3. Результати досліджень

Органічні та органо-мінеральні системи удобрення з використанням на добриво післяжнивних решток сільськогосподарських культур у сучасних умовах стали основним джерелом надходження органічної речовини в ґрунт. Завдяки різним способам і глибинам основного обробітку ґрунту післяжнивні рештки потрапляють у різні частини орного шару, де формуються різні гідротермічні умови, що визначають характер та інтенсивність їх розкладання.

За результатами досліджень встановлено, що в середньому за один рік сівозміни надходження післяжнивних решток (листо-стеблових та кореневих) за органічної системи удобрення у розрахунку на 1 гектар сівозмінної площі у варіанті різноглибинної системи основного обробітку ґрунту з обертанням скиби (1-й варіант) становило 4,8 т, за різноглибинного обробітку без обертання скиби (2-й) — 4,5 т, одноглибинного мілкового дискового (3-й) — 3,9 т, диференційованого-1 та диференційованого-2 — 4,9 та 4,2 тонни відповідно.

За органо-мінеральної системи удобрення з внесенням мінеральних добрив дозою $N_{82,5}P_{60}$ в ґрунт в середньому за рік було зароблено від 7,4 до 8,6 тонни післяжнивних решток, а за органо-мінеральної системи удобрення з внесенням дози мінерального добрива $N_{120}P_{60}$ — від 7,5 до 9,7 т/га (Табл. 1).

Таблиця 1

Надходження післяжнивних решток с.-г культур у ґрунт за різних систем удобрення та обробітку у сівозміні на зрошенні, у середньому за 2016-2020 рр.

Варіант системи основного обробітку ґрунту	Маса післяжнивних решток, т/га за рік			
	кукурудза на зерно	пшениця озима	сорго зернове	соя
<i>Органічна система удобрення (післяжнивні рештки – фон) — контроль</i>				
1- 3 обертанням скиби, різноглибинна	5,2	5,7	5,2	2,9
2- Без обертання скиби, різноглибинна	4,8	5,6	4,6	2,8
3- Без обертання скиби, одноглибинна (12-14 см)	3,8	5,2	4,1	2,3
4- Диференційована-1	5,4	5,8	5,4	3,0
5- Диференційована-2	4,0	5,4	4,6	2,8
<i>Органо-мінеральна система удобрення ($N_{82,5}P_{60}$ + фон)</i>				
1- 3 обертанням скиби, різноглибинна	13,4	8,1	8,2	3,5
2- Без обертання скиби, різноглибинна	12,5	7,8	8,0	3,3
3- Без обертання скиби, одноглибинна (12-14 см)	11,9	7,6	6,8	3,1
4- Диференційована-1	13,7	8,4	8,7	3,6
5- Диференційована-2	10,7	7,8	7,8	3,1
<i>Органо-мінеральна система удобрення ($N_{120}P_{60}$ + фон)</i>				
1- 3 обертанням скиби, різноглибинна	16,2	9,0	8,5	3,9
2- Без обертання скиби, різноглибинна	14,9	8,6	8,3	3,7
3- Без обертання скиби, одноглибинна (12-14 см)	11,6	8,1	6,9	3,3
4- Диференційована-1	16,7	9,2	9,0	3,7
5- Диференційована-2	12,3	7,9	8,1	3,4

Проведення розрахунків утворення в ґрунті гумусу від загорнених післяжнивних решток за різних систем основного обробітку та удобрення свідчить, що на фоні органічної системи удобрення формується від'ємний баланс гумусу, при цьому найбільший дефіцит

було виявлено за одноглибинного мілкого (12-14 см) без обертання скиби — 0,37 т/га, а найменший — 0,14 т/га за диференційованого-1 (Табл. 2.).

Таблиця 2

Розрахунковий баланс гумусу за різних систем удобрення та основного обробітку ґрунту в сівозміні, середні дані за 2016-2020 рр. в шарі 0-40 см

Складові балансу	Варіанти системи основного обробітку ґрунту				
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
	з обертанням скиби, різноглибинна (контроль)	без обертання скиби, різноглибинна	без обертання скиби, одноглибинна (12-14 см)	диференційована-1	диференційована-2
<i>Органічна система удобрення (післяжнивні рештки – фон) – контроль</i>					
Маса решток, т/га	4,80	4,50	3,90	4,90	4,20
Приріст запасів гумусу, т/га	1,00	0,94	0,81	1,02	0,88
Мінералізація гумусу, т/га	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Баланс гумусу, т/га	-0,18	-0,24	-0,37	-0,16	-0,30
<i>Органо-мінеральна система удобрення (N_{82,5}P₆₀ + фон)</i>					
Маса решток, т/га	8,30	7,90	7,40	8,60	7,40
Приріст запасів гумусу, т/га	1,73	1,65	1,54	1,79	1,54
Мінералізація гумусу, т/га	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Баланс гумусу, т/га	+0,55	+0,47	+0,36	+0,61	+0,36
<i>Органо-мінеральна система удобрення (N₁₂₀P₆₀ + фон)</i>					
Маса решток, т/га	9,40	8,90	7,50	9,70	7,90
Приріст запасів гумусу, т/га	1,96	1,85	1,56	2,02	1,65
Мінералізація гумусу, т/га	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Баланс гумусу, т/га	+0,78	+0,67	+0,38	+0,84	+0,47

За органо-мінеральної системи удобрення з внесенням N_{82,5}P₆₀ відзначається приріст запасів гумусу порівняно з контролем (варіант 1); найбільший — у варіанті диференційованої-1 системи обробітку — на 10,9 %. За різноглибинного обробітку без обертання скиби приріст був нижчим (порівняно з контролем) на 14,5 %, а за систем одноглибинного мілкого та диференційованої-2 — на 34,5 %.

Підвищення дози мінерального добрива до N₁₂₀P₆₀ на фоні післяжнивних решток забезпечило подальше зростання приросту запасів гумусу; водночас зберіглась закономірність, що спостерігалась за дози мінерального добрива N_{82,5}P₆₀. Необхідно відзначити, що за підвищеного рівня мінерального живлення у варіантах різноглибинного, як з обертанням скиби, так і без, та диференційованого-1 обробітку середньорічний приріст запасів гумусу підвищився відповідно на 13,2; 12,0; 12,3 %, а за диференційованої-2 і одноглибинної систем обробітку — лише на 7,1 та 1,2 % відповідно.

Виходячи з маси післяжнивних залишків розраховували надходження азоту, фосфору та калію в ґрунт з кореневими і листостебловими рештками, що є компенсацією виносу елементів мінерального живлення з урожаєм сільськогосподарських культур. Так, за органічної системи удобрення у варіанті 4 диференційованого-1 обробітку з одним щільуванням на 38-40 см за ротацію сівозміни відзначається зростання надходження елементів мінерального живлення порівняно із системою різноглибинного основного обробітку ґрунту з обертанням скиби (контроль) по N і K₂O на 3,4 %, а по P₂O₅ на 3,7% (Табл. 3).

Подібна закономірність, але з більш високими значеннями, є помітною і за органо-мінеральних систем удобрення.

За органо-мінеральної системи удобрення з внесенням дози мінеральних добрив N_{82,5}P₆₀ з післяжнивними рештками в ґрунт надійшло азоту, фосфору та калію на 68-80 % більше ніж за органічної.

Надходження азоту, фосфору та калію в ґрунт за органо-мінеральної системи удобрення з внесенням дози мінеральних добрив N₁₂₀P₆₀ було найвищим за диференційованого-1 обробітку ґрунту і зросло, порівняно з різноглибинною оранкою, на 6,0-11,1 %.

Лише у варіанті одноглибинної неглибокої без обертання скиби системи обробітку за тривалого її застосування в сівозміні за органічної й органо-мінеральних систем удобрення відзначено суттєве зниження надходження всіх елементів мінерального живлення порівняно з системою різноглибинного обробітку з обертанням скиби (Табл. 3)

Таблиця 3

Надходження в ґрунт поживних речовин з післяжнивними рештками сільськогосподарських культур сівозміни за різних систем удобрення та основного обробітку ґрунту

Варіанти системи основного обробітку ґрунту	Маса поживних речовин у післяжнивних рештках, кг/га за рік		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Органічна система удобрення (післяжнивні рештки — фон) — контроль</i>			
1- 3 обертанням скиби, різноглибинна	21,7	10,9	26,1
2- Без обертання скиби, різноглибинна	20,3	10,2	24,4
3- Без обертання скиби, одноглибинна (12-14 см)	17,6	8,8	21,1
4- Диференційована-1	22,5	11,3	27,0
5- Диференційована-2	19,3	9,6	23,1
<i>Органо-мінеральна система удобрення (N_{82,5}P₆₀ + фон)</i>			
1- 3 обертанням скиби, різноглибинна	38,7	19,4	46,4
2- Без обертання скиби, різноглибинна	37,1	18,6	44,5
3- Без обертання скиби, одноглибинна (12-14 см)	29,5	14,8	35,4
4- Диференційована-1	41,2	20,8	49,5
5- Диференційована-2	36,0	18,0	43,2
<i>Органо-мінеральна система удобрення (N₁₂₀ P₆₀ + фон)</i>			
1- 3 обертанням скиби, різноглибинна	43,4	21,7	52,1
2- Без обертання скиби, різноглибинна	41,8	20,9	50,1
3- Без обертання скиби, одноглибинна (12-14 см)	33,0	16,5	39,2
4- Диференційована-1	46,1	24,1	55,2
5- Диференційована-2	41,3	20,7	49,6

В цілому внесення мінеральних добрив і використання на добриво післяжнивних (листочеслових і кореневих) решток сприяло створенню різних рівнів вмісту доступних форм елементів мінерального живлення на початку відновлення весняної вегетації озимих та появи сходів ярих зернових і технічних культур.

З метою оцінювання еколого-економічної ефективності (ЕЕЕ) застосування систем основного обробітку ґрунту проведено оцінювання в енергетичному та грошовому еквівалентах не тільки складових елементів технологій вирощування сільськогосподарських культур і матеріально-технічних засобів для їх виконання, а й приросту урожаю та гумусу. Розрахунок зроблено на варіанті органо-мінеральної системи удобрення з дозами мінеральних добрив N₁₂₀ P₆₀.

Виявлено, що за рахунок зростання врожайності сільськогосподарських культур і підвищення запасів гумусу у шарі ґрунту 0-40 см приріст енергії, порівняно з системою різноглибинного основного обробітку з обертанням скиби (що було використано як контрольний варіант), забезпечила лише диференційована-1 система основного обробітку, за якої одне щілювання за ротацію сівозміни чергувалося з мілким розпушуванням без обертання скиби під зернові колосові та сою. Приріст енергії у цьому варіанті за рахунок урожайності та гумусу був вищим ніж на контролі на 8,9 % (Табл. 4).

Системи різноглибинного й одноглибинного основного обробітку без обертання скиби навпаки призвели до зменшення приросту енергії, порівняно з контролем, передусім за рахунок недобору врожаю, а у варіанті тривалого застосування мілкого одноглибинного безвідвального розпушування ще й за рахунок більш низьких темпів накопичення гумусу. Зниження середньорічного приросту енергії за рахунок врожаю та гумусу склало відповідно 7,8 та 37,8 %. Система диференційованого-2 основного обробітку з однією оранкою за ротацію сівозміни також призвела до зниження приросту енергії за рахунок врожаю і гумусу.

В результаті розрахунків встановлено, що найвищий сумарний еколого-економічний ефект забезпечила диференційована-1 система основного обробітку з одним щілюванням на глибину 38-40 см один раз за ротацію та органо-мінеральна система удобрення з внесенням N₁₂₀P₆₀ і використанням на добриво післяжнивних решток, що вище ніж на контролі на 8,9 %. У варіанті одноглибинного мілкого (12-14 см) обробітку без обертання скиби зниження сумарного еколого-економічного ефекту досягло 37,8 %, а за різноглибинного без обертання скиби та диференційованого-2 — 7,8 та 7,4 % (Табл. 4).

Оцінка приросту врожаю і запасів гумусу в грошовому еквіваленті дала можливість визначити, що найвищий сумарний еколого-економічний ефект забезпечує диференційована-1 система основного обробітку на фоні органо-мінеральної системи удобрення з використанням післяжнивних решток культур сівозміни та внесенням дози мінеральних добрив N₁₂₀P₆₀.

Таблиця 4

Еколого-економічна ефективність функціонування 4-пільної просапної сівозміни на зрошенні за різних систем основного обробітку темно-каштанового ґрунту, доза добрив $N_{120}P_{60}$.

Система основного обробітку ґрунту	Приріст енергії, ГДж/га			EEE, грн/га	
	всього	у тому числі за рахунок:	сумарний	середньорічний	± до контролю
1- 3 обертанням скиби, різноглибинна	132,0	120,6	11,4	63650,4	-
2- Без обертання скиби, різноглибинна	121,7	111,9	9,8	58683,7	-4966,7
3- Без обертання скиби, одноглибинна (12-14 см)	82,1	77,4	4,7	39588,6	- 24061,8
4- Диференційована-1	143,8	130,7	13,1	69340,4	+ 5690,0
5- Диференційована-2	122,3	112,3	10,0	58973,1	- 4677,3

Примітка. EEE – еколого-економічний ефект

4. Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш сприятливі умови для накопичення листостеблової маси сільськогосподарських культур сівозміни, формування позитивного балансу гумусу з середнім річним приростом 2,02 т/га забезпечила органо-мінеральна система удобрення з використанням післяжнивних решток культур сівозміни та дози мінеральних добрив $N_{120}P_{60}$ на фоні диференційованого основного обробітку з одним за ротацію щілюванням на глибину 38-40 см.

Список використаних джерел

1. Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України / за наук. ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва. Київ: Аграр. наука, 2012. 240 с.
2. Slepetiene A., Slepetyt J. Status of humus in soil under various long-term tillage systems. *Geoderma*. 2005. 127 (3-4). P. 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.001>
3. Heitkamp F., Raupp J., Ludwig B. Soil organic matter pools and crop yields as affected by the rate of farmyard manure and use of biodynamic preparations in a sandy soil. *Organic Agriculture*. 2011. № 1. P. 111–124.
4. Мазур Г.А. Продуктивність агроценозу як функція рівня відтворення родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2013. №7. С. 11–15
5. Канівець В.І. *Життя ґрунту*. Київ: Аграрна наука, 2001. 131 с.
6. Єщенко В.О., Опришко В.П., Усик С.В., Біологічне землеробство: сутність і умови його ефективного застосування. *Вісник уманського національного університету садівництва*. 2012. №1-2. С. 21-27
7. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А., Артем'єва К.С., Ніконенко В.М. Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. Вип. 88. С. 74-78. <https://doi.org/10.31073/acss88-10>.
8. Шедей Л.О. Вплив добрив на гумусовий стан і азотний фонд чорнозему опідзоленого та продуктивність сівозміни за традиційного та ресурсозбережувального землеробства: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Харків, 2005. 22 с.
9. Кочик Г.М. Гумусовий стан дерново-підзолистого супіщаного ґрунту за тривалого застосування різних систем обробітку ґрунту і удобрення. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2011. № 4. С. 20–25
10. Influence of basic tillage systems and fertilization on productivity and economic efficiency of irrigated crop rotation / M. Maliarchuk, A. Maliarchuk, A. Tomnyskyi [et al.]. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. Vol. 21(4). P. 345–353.
11. Сайко В.Ф. Проблеми і шляхи нагромадження та використання біологічного азоту в сучасному землеробстві України. *Зб. наук. праць ННЦ «ІЗ УААН»*. 2006. Спецвипуск. С. 8–13.
12. Хруслів Т.Н., Срибний І.К., Андрусенко І.И. *Защита орошаемых земель от засоления, подтопления и засоления*. Киев: Урожай, 1991. 208 с.
13. Вожегова Р.А., Сташук В.А., Заришняк А.С. Системи землеробства на зрошуваних землях. Київ: Аграрна наука, 2014. 359 с.
14. Tweeten L., Thompson S. *Agricultural policy for the 21st century*. Iowa State Press. 2002. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470390375> (дата звернення: 04.09.2021).
15. Павліченко А.А., Бондаренко О.М., Вахнів С.П. Вплив систем обробітку ґрунту та рівнів удобрення на його біологічну активність під озимою пшеницею. *Агробіологія*. 2014. № 2. С. 131–134.
16. Тарарко Ю.О. *Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України. Рекомендації на прикладі Степу і Лісостепу*. Київ: ДІА, 2011. 576 с.
17. Марковська О.Є. Вплив способів обробітку на показники родючості темно-каштанового ґрунту і урожай сільськогосподарських культур. *Зрошуване землеробство*. 2010. Вип. 54. С. 230–235.
18. Effect of tillage systems on soil properties, humus and water conservation / T. Rusu, I. Pacurar, M. Dirja [et al.]. *Agricultural Sciences*. 2013. Vol. 4. N 5B. P. 35–40. <https://doi.org/10.4236/as.2013.45B007>.
19. Марковська О.Є., Біляєва І.М., Малярчук А.С., Малярчук В.М. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність сільськогосподарських культур в сівозміні на зрошенні півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 66. С. 71–74.

20. Мацко П.В., Мелашич А.В., Сафонова О.П. Агроекологічний стан темно-каштанових вторинно осолонцюваних ґрунтів за різних антропогенних навантажень. *Таврійський науковий вісник*. 2002. Вип. 21. С.19–23.
21. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р.А. Вожегова, Ю.О. Лавриненко, М.П. Малярчук [та ін.]. Херсон: Грін Д.С., 2014. 286 с.
22. Методичні рекомендації «Еколого-економічна оцінка застосування добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур» / І.Д. Філіп'єв, В.В. Гамаюнова, О.М. Димов [та ін.]. Херсон: Колос, 2001. 24 с.

UDC: 631.4:631.51.021:631.8:631.582:631.67

Humus balance and nutrient regime of irrigated soil under different systems of primary soil tillage and fertilization

M. P. Maliarchuk, A. S. Maliarchuk, A. V. Tomnitskiy

Institute of irrigated agriculture of NAAS, Kherson, Ukraine
E mail: baktroban@ukr.net

The article presents an analysis of the results of experimental research in a stationary field experiment to determine the peculiarities of the formation of humus reserves and the nutrient regime in the arable layer of the dark chestnut soil (Haplic Kastanozem) under the influence of different fertilization and main cultivation systems. The purpose of the research: to establish the patterns of transformation of by-products of agricultural crops of crop rotation into humus and the main elements of mineral nutrition of plants under organic and two organo-mineral fertilization systems against the background of five systems of main cultivation in a 4-field row crop rotation on irrigated lands in the area of operation of the Ingulets irrigation plant systems.

The research was conducted in the stationary experiment of the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Sciences in the Kherson region of Ukraine during 2016-2020. The following indicators were used to analyze the effectiveness of the combined application of fertilization systems and the main tillage: mass of post-harvest residues for each of the crop rotations; stocks of humus in the arable layer; humus balance; the mass of nitrogen, phosphorus and potassium that reached the soil with plant residues; ecological and economic effect (UAH/ha); energy gain (GJ/ha). Because of experimental studies, it was found that the formation of humus reserves in the soil depends on the mass of post-harvest residues of crop rotation and the methods and depth of their wrapping. The most favorable conditions for the accumulation of leaf-stem mass of crop rotation crops and the formation of a positive balance of humus with an average annual increase of 2.02 t/ha were provided by the organo-mineral fertilization system using the by-products of crop rotation crops and a dose of mineral fertilizers $N_{120}P_{60}$ against the background of differentiated main cultivation with one slotting to a depth of 38-40 cm per rotation.

Keywords: row crop rotation, primary soil tillage, fertilizers, humus, post-harvest residues

Citing: Maliarchuk M. P., Maliarchuk A. S., Tomnitskiy A. V. (2022). Humus balance and nutrient regime of irrigated soil under different systems of primary soil tillage and fertilization *AgroChemistry and Soil Science*. 93, 64-71. [doi:10.31073/acss93-07](https://doi.org/10.31073/acss93-07) [in Ukrainian].