

# СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

УДК 631.582:631.43

**Войтовик М. В.**

*кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства,  
Білоцерківський національний аграрний університет*

*Біла Церква, Україна*

*E-mail: zemlerobstvo\_@ukr.net*

*ORCID: 0000-0002-6943-3213*

**Баранник А. В.**

*кандидат географічних наук,  
докторант кафедри всесвітньої історії,  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
Івано-Франківськ, Україна*

*E-mail: andruha.geograph@gmail.com*

*ORCID: 0000-0001-7303-4816*

**Гарбар В. В.**

*кандидат географічних наук,  
старший викладач кафедри географії та методики її викладання,  
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка  
Кам'янець-Подільський, Україна*

*E-mail: geofan@ukr.net*

*ORCID: 0000-0001-9400-7606*

**Лісовський А. С.**

*кандидат географічних наук,  
старший викладач кафедри географії та методики її викладання,  
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка  
Кам'янець-Подільський, Україна*

*E-mail: lisovskyi@kptu.edu.ua*

*ORCID: 0000-0002-9674-5802*

## ПРАКТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ З ВПРОВАДЖЕННЯ ҐРУНТОЗБЕРІГАЮЧИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА (НА ПРИКЛАДІ ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL)

**Анотація**

Однією з основних причин деградації сільськогосподарських угідь (перш за все ріллі) є полицевий, або класичний, обробіток ґрунту. Погіршення якості ґрунтів – це глобальна світова проблема. Саме тому аграрний сектор розвинутих країн рухається в напрямі освоєння ґрунтозберігаючих енергоощадних систем землеробства. Натомість затримка з впровадження ґрунтозберігаючих систем землеробства в Україні призведе до катастрофи через глобальну деградацію ґрунтів.

Енергоощадні ґрунтозберігаючі системи землеробства науково ще недостатньо вивчені, тож більшість агровиробників до кінця не розуміє їхню необхідність та економічну ефективність. Одним з ключових аспектів в цьому питанні є зміна властивостей ґрунтів унаслідок впровадження систем зберігаючого землеробства (No-Till, Strip-Till тощо), адже за доведення позитивної динаміки це може бути зайвим аргументом на користь переходу до таких технологій.

У статті проаналізовано переваги і недоліки кожної ґрунтозберігаючої технології, але особливий акцент зроблено на практичному моніторингу родючості через призму змін властивостей ґрунтів в результаті впровадження технології No-till.

Територія дослідження: Київська обл., Білоцерківський р-н., с. Блощинці, на базі господарства ТОВ «Мрія», в межах поля № 1. Ми прослідкували динаміку зміни властивостей ґрунту за тривалий період і в сталих межах, маючи за основу показники 2005 року (коли в межах господарства практикувався класичний обробіток ґрунту) і прослідкувати динаміку змін упродовж 13 років після впровадження технології No-till у 2007 році. Відбір проб і визначення властивостей ґрунтів проводилися за загальноприйнятими і затвердженими методиками досліджень.

Результатами дослідження встановлено, що агрофізичні показники, як-от щільність будови ґрунту, не зазнали змін упродовж років. Агрохімічні показники, як найбільш мінливі в часі, зазнали більших змін, особливо показник вмісту гумусу, що за звітний період показав приріст на 1,4%. Зберігається позитивна динаміка росту показника легкогидролізованого Азоту, що корелює зі збільшенням вмісту гумусу. Використання рідких фосфорних стартових добрив під час посіву покращило динаміку за запасами рухомого Фосфору, натомість показники рухомого Калію мають тенденцію до зниження. Ступінь забезпечення ґрунту мікроелементами залишається на високому рівні. Простежується чітка тенденція до збільшення вмісту Бору з одночасним зменшенням вмісту інших мікроелементів, що є закономірним явищем, адже пожнивні рештки за технології No-till є найважливішим джерелом повернення мікроелементів у ґрунт. Негативного пестицидного навантаження на ґрунт не спостерігається згідно з отриманими даними.

**Ключові слова:** родючість ґрунту, технологія No-till, агрофізичні властивості ґрунтів, агрохімічні властивості ґрунтів, вміст гумусу, вміст Азоту, секвестрація CO<sub>2</sub>.

**Вступ.** За оцінками експертів, діяльність людини щорічно призводить до втрати 26 млрд тон верхнього родючого шару ґрунту, що у 2,6 рази перевищує рівень природної деградації. Щорічний збиток, що завдає ерозія, вимірюється сотнями мільярдів доларів США, а у світі щорічно деградує понад 6 млн га земель сільськогосподарського призначення [4, с. 15].

Сьогодні в Україні земель, які зазнали впливу водної ерозії, – 13,3 млн га, зокрема 10,6 млн га ріллі. Вітровій ерозії піддаються понад 6 млн га, а 68 тис. га повністю втратили гумусовий горизонт. За останні 20 років вміст гумусу в орному шарі зменшився на 0,22% (усереднений показник), а в абсолютних середніх величинах: з 3,36% до 3,14% [4, с. 14].

Однією з основних причин деградації сільськогосподарських угідь (перш за все ріллі) є полицевий, або класичний, обробіток ґрунту. Погіршення якості ґрунтів – це глобальна світова проблема. Саме тому аграрний сектор розвинутих країн рухається в напрямі освоєння ґрунтозберігаючих енергоощадних систем землеробства. Натомість затримка з впровадження ґрунтозберігаючих систем землеробства в Україні призведе до катастрофи через глобальну деградацію ґрунтів.

У науковому світі достатньо публікацій щодо особливостей ведення ґрунтозберігаючих систем землеробства та їхнього впливу на відновлення і покращення родючості ґрунтів. Але з 50-х років минулого століття основний акцент робився саме на нюансах з впровадження технології No-till (гербіцидний захист, прямий посів) [10]. Надалі значний вклад у розроблення теоретичних основ зробили американські вчені С. Бейкер та К. Секстон, що акцентували увагу на позитивних моментах у відновленні родючості і покращенні властивостей ґрунтів після впровадження технології No-till [10]. Разом з позитивними моментами часто описують і негативні аспекти, що виникають унаслідок впровадження ґрунтозберігаючих систем землеробства [3; 6].

Зазвичай особлива увага приділяється агрономічній (показники урожайності, сівозмінна, система захисту) або агротехнічній складовій частині (обладнання, обробіток), недостатньо описуючи саме вплив ґрунтозберігаючих систем на властивості ґрунту [2; 5; 7]. Варто звернути увагу на дослідження вітчизняних науковців, наприклад протидефляційну ефективність системи землеробства No-till в умовах посушливого клімату описав проф. С.Г. Чорний [8], а зміну агрофізичних показників ґрунту унаслідок впровадження системи No-till детально описав М.В. Войтовик [1]. Окрім цього, в зарубіжній науковій літературі є багато праць, що підтверджують позитивний вплив системи No-till на відновлення родючості ґрунтів [12], а також економічні переваги цієї технології [9; 11].

**Мета роботи.** Актуальність дослідження полягає в тому, що енергоощадні ґрунтозберігаючі системи землеробства науково ще недостатньо вивчені, тож більшість агровиробників до кінця не розуміє їхню необхідність та економічну ефективність. Одним з ключових аспектів у цьому питанні є моніторинг родючості через парадигму зміни властивостей ґрунтів унаслідок впровадження систем зберігаючого землеробства (No-Till, Strip-Till тощо), адже за доведення позитивної динаміки це може бути зайвим аргументом на користь переходу до таких технологій.

Об'єкт вивчення – зміна властивостей ґрунту (чорнозем типовий легко- і середньосуглинковий) унаслідок впровадження технології No-till впродовж тривалого періоду: з 2005 по 2020 роки.

Територія дослідження: Київська обл., Білоцерківський р-н., с. Блощинці, на базі господарства ТОВ «Мрія», в межах поля № 1 (згідно з внутрішньою класифікацією підприємства), площа поля становить 104,6 га.

Оскільки технологія No-till є вершиною серед усіх технологій ощадливого землеробства, дослідити її вплив на зміну, а точніше, відновлення ґрунтів найцікавіше. Отримані нами результати ґрунтових досліджень

проводилися Київським ОДПТЦ охорони родючості ґрунтів і якості продукції в межах паспортизації земель сільськогосподарського призначення з 2005 року по 2020 рік. Господарство впровадило технологію No-till з 2007 року, відповідно, ми можемо прослідкувати динаміку зміни властивостей ґрунту за тривалий період і в сталих межах на прикладі одного поля, маючи за основу показники 2005 року (коли в межах господарства практикувався класичний обробіток ґрунту), і відобразити зміни за 13 років після впровадження технології No-till.

Відбір проб здійснювався за ДСТУ 4287:2004 кожного звітного року (2005, 2010, 2020) після збору врожаю: поле розбивалося на приблизно рівні ділянки площею 10 га (достатня площа, враховуючи малу строкатість рельєфу і однорідність ґрунтового покриву). З однієї такої ділянки ґрунтовим буром, методом конверта, відбиралися 20 одиночних (точкових) проб масою 100–150 г на глибину 15 см (достатньо для технології No-till).

Використовуючи загальноприйняті методи дослідження, було визначено щільність ґрунту (Йовенко); рН сольовий (ДСТУ ISO 10390-2007); суму ввібраних основ (ГОСТ 26487-85); вміст гумусу (ДСТУ 4289:2004); Азот, що легко гідролізується (ДСТУ 7863:2015); рухомі сполуки Фосфору і Калію (ДСТУ 4115-2002); рухомі форми Бору (ОСТ 10150-88), Марганцю (ДСТУ 4770.1:2007), Міді (ДСТУ 4770.5:2007), Цинку (ДСТУ 4770.2:2007); залишки пестицидів (Хроматографія).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Система землеробства – це комплекс взаємозалежних агротехнічних, меліоративних та організаційних заходів, спрямованих на ефективне використання землі та інших ресурсів, збереження та підвищення родючості ґрунту, одержання високих і стійких урожаїв сільськогосподарських культур. Розмаїття ґрунтово-кліматичних умов унеможливорює створення єдиної та універсальної системи землеробства, але всі наявні розроблені сучасні системи базуються на принципах «системи сталого ощадного землеробства»: у сучасному землеробстві обробіток ґрунту повинен бути мінімальним; рослинні рештки мають вкривати поверхню; у сівозміні повинні бути присутні покривні культури, а раціональна сівозміна – основа підтримки біорізноманіття [6].

На цьому етапі розвитку сільського господарства механічний обробіток ґрунту є основним чинником його деградації, відповідно, всі технології вирощування сільськогосподарських культур сьогодні класифікуються за рівнем механічного впливу на нього.

*Технологія Mini-till.* Заснована на парадигмі, що відмови від полицевого обробітку, заміни його дискуванням чи плоскорізними знаряддями на глибину від 6 до 16 см достатньо для відтворення природного процесу ґрунотворення, збереження і підвищення родючості ґрунту за можливості одночасного застосування всіх ресурсів інтенсифікації землеробства для отримання високих врожаїв. За такої технології рівень покриття ґрунту рослинними рештками становить до 30%, адже органічні і мінеральні добрива зароблюються у верхній шар дисковими знаряддями [6, с. 25–26].

**Таблиця 1. Особливості технології Mini-till**

Переваги	Недоліки
1) Зменшення витрат паливно-мастильних матеріалів. 2) Зменшення затрат фізичної праці. 3) Зменшення втрат ґрунтової вологи. 4) Підвищення вмісту органічної речовини в ґрунті. 5) Підвищення мікробіологічної активності ґрунтової біоти. 6) Прискорений розклад органічної речовини в ґрунті.	1) Погіршення структури верхнього шару ґрунту внаслідок інтенсивного поверхневого обробітку. 2) Формування плужної підшви на глибині 10–14 см. 3) Низька ефективність контролю багаторічних бур'янів механічними заходами. 4) Недостатній контроль водної ерозії на схилах. 5) Підходить не для всіх типів ґрунтів.

Надалі розвиток цієї технології пов'язаний з використанням нових знарядь поверхневого обробітку ґрунту – культиватора вертикального обробітку (Verti-till), що частково або повністю нівелює недоліки технології загалом.

*Технологія Strip-till.* Заснована на припущенні, що усі проблемні моменти технології No-till можна вирішити шляхом усунення рослинних решток у міжряддя і життя заходів безполицевого обробітку ґрунту в зоні рядка. 2/3 площі залишається в непорушеному стані, зберігаючи всі процеси природного ґрунотворення, а на 1/3 площі є можливість застосовувати всі ресурси інтенсифікації за правилами традиційного землеробства для отримання високих врожаїв. Усі принципи сталого ощадного землеробства реалізуються на 2/3 площі [6, с. 32].

**Таблиця 2. Особливості технології Strip-till**

Переваги	Недоліки
1) Підвищення ефективності використання добрив рослинами. 2) Зменшення втрат Азоту з добрив на фізичне випаровування. 3) Збільшення надходження повітря до насіння. 4) Прискорене прогрівання ґрунту. 5) Відсутність підвищених вимог до якості посівного матеріалу. 6) Уникнення токсичної дії продуктів розкладання рослинних решток на проростання насіння сільськогосподарських культур. 7) Покращення дружності проростання насіння і поява сходів. 8) Уникнення сольового отруєння рослин на ранніх стадіях розвитку від близького розташування міңдобрив.	1) Погіршення структури верхнього шару ґрунту в зоні обробленої смуги. 2) Можливість утворення ґрунтової кірки в зоні обробленої смуги. 3) Формування на полі смуг з різним рівнем ефективної родючості для наступної культури сусідньої сівби. 4) Різний рівень розвитку і часового прояву бур'янів у агрофітоценозах. 5) Недостатній контроль водної ерозії на схилах. 6) Зростання витрат. 7) Впровадження Strip-till потребує хорошого рівня GPS-навігації.

*Технологія No-till.* Система землеробства No-till – одне з останніх наукових надбань у тренді розвитку систем землеробства та технології вирощування. Заснована на припущенні, що лише повна відмова від механічного обробітку ґрунту за наявності вкритої рослинним матеріалом поверхні ґрунту і підтримання максимального біорізноманіття в агроєкосистемі забезпечує оптимальні умови для реалізації природного процесу ґрунотворення та збереження і розширеного відтворення його родючості – основи високої продуктивності рослин. У цій технології повною мірою реалізовані всі принципи сталого ощадного землеробства [6, с. 28–30].

**Таблиця 3. Особливості технології No-till**

Переваги	Недоліки
1) Збереження і поновлення агрономічно-цінної структури ґрунту. 2) Підвищення інфільтрації води. 3) Збільшення поглинання і накопичення вологи в ґрунті. 4) Ефективний захист ґрунтів від водної та вітрової ерозії. 5) Підвищення вмісту в ґрунті органічної речовини та гумусу. 6) Секвестрація CO <sub>2</sub> . 7) Збагачення ґрунтів мікро- і мезофауною, зокрема дощовими черв'яками. 8) Зменшення витрат ПММ і викидів CO <sub>2</sub> від їх спалювання. 9) Скорочення трудових затрат. 10) Зменшення потреби в людських ресурсах. 11) Підвищення продуктивності праці. 12) Зниження забруднення рівня ґрунтових вод і водоєм пестицидами та агрохімікатами.	1) За наявності на поверхні ґрунту післяжнивних решток спостерігається зниження температури ґрунту навесні на глибині заробки насіння на 3–5°C, що призводить до затримки сівби та відставання культур на перших етапах органогенезу. 2) Можливість перезволоження орного шару на ґрунтах, що слабо дреноються. 3) Можливість зниження польової схожості насіння внаслідок потрапляння в посівний шар післяжнивних решток. 4) Збільшення рівня забур'яненості посівів у перші роки запровадження технології. 5) Погіршується дія ґрунтових гербіцидів за технології No-till. 6) Виникає ризик появи резистентних бур'янів до гліфосатів та зростає проблема з гризунами. 7) Наявність на поверхні рослинних решток підвищує ризик погіршення фітосанітарної ситуації на полі. 8) За поверхневого застосування азотних добрив є ризик їх значної втрати – до 1/3. 9) Може спостерігатися явище сезонної цементації на ґрунтах важкого гранулометричного складу. 10) Висока ціна основних технічних засобів.

Проведемо практичний моніторинг родючості ґрунтів на досліджуваній території через призму зміни властивостей ґрунтів з впровадженням технології No-till упродовж 13 років (з 2007 по 2020 роки).

*Агрофізичні показники.* Щільність будови є однією з найважливіших фізичних характеристик ґрунтів, що зумовлює їхні водний, повітряний і тепловий режими. Результатами дослідження встановлено, що за період з 2005 по 2020 роки показники щільності будови ґрунту не змінилися і залишилися в діапазоні 1,18 г/см<sup>3</sup>, що є закономірним, адже фізичні властивості ґрунтів визначаються перш за все особливостями генези та речовинним складом. Оскільки щільність будови кількісно характеризує ступінь ущільнення ґрунту, відсутність зміни показника свідчить про відсутність додаткового ущільнення верхніх горизонтів унаслідок ведення технології No-till.

*Агрохімічні показники.* Реакція ґрунтового розчину залежить насамперед від хімічного, мінералогічного складу, режиму зволоження ґрунту, кількісного та якісного складу органічної речовини, життєдіяльності організмів, агрогенного навантаження тощо.

**Таблиця 4. Динаміка агрохімічних показників ґрунту внаслідок запровадження технології No-till**

Рік	pH <sub>KCl</sub> , од.	Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту	Сума ввібраних основ, мг-екв/100 г ґрунту	Вміст гумусу, %
2005	6,50	–	17,80	2,70
2010	6,70	–	21,35	3,70
2020	5,81	1,94	19,30	4,10

Обмінна кислотність належить до лабільних показників, зміну яких можна прослідкувати навіть в межах доби. Саме тому варіабельність показників pH<sub>KCl</sub> від 5,81 до 6,70 од., що за шкалою оцінки кисло-основних властивостей ґрунтів належить до «близька до нейтральної – слаболужна», є незначним коливанням, що могло бути спричинене більше суб'єктивними факторами під час відбору зразків (час відбору, пора року, попередник, система живлення).

Гідролітична кислотність проявляється під час дії на ґрунт розчину гідролітично лужної солі сильної основи і слабкої кислоти, коли відбувається більш повне витіснення ввібраного Гідрогену та інших кислотних іонів. За показниками гідролітичної кислотності <2 мг-екв/100 г ґрунту ступінь кислотності є «дуже низьким». Це є типовим показником для досліджуваного типу ґрунтів – чорнозему типового.

Вбирна здатність ґрунту – одна з найважливіших властивостей, що зумовлює його родючість і характер процесів ґрунтоутворення. Вона забезпечує і регулює поживний режим ґрунту, сприяє накопиченню багатьох елементів мінерального живлення рослин, регулює реакцію ґрунтового середовища та водно-фізичні властивості ґрунту. У чорноземах до складу вбирного комплексу входять переважно Ca<sup>2+</sup> і Mg<sup>2+</sup>, що обумовлює близьку до нейтральної реакцію ґрунтового розчину, колоїди перебувають у стані стійких гелів, які не піддаються пептизації

за надлишку вологи, ґрунти добре гумусовані і оструктурені, характеризуються сприятливими фізичними властивостями. За шкалою оцінки ґрунтів за сумою ввібраних основ ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) показники 17,80–21,35 мг-екв/100 г ґрунту відповідають «підвищеному та високому рівню». Динаміка зміни наразі не простежується, а залишається характерним показником для чорноземів типових.

Органічна речовина і процеси її трансформації відіграють значну роль у формуванні ґрунту, його основних властивостей і ознак. Усі важливі ґрунтові процеси відбуваються за прямої чи опосередкованої участі органічних речовин [4]. Гумусові речовини становлять 85–90% від маси органічних речовин ґрунту. За твердженням І. С. Кауричева, гумус – це суміш специфічних, різних за складом і властивостями високомолекулярних азотовмісних органічних сполук, об'єднаних спільністю походження, деяких властивостей і рис будови. Джерелами гумусу можна вважати всі компоненти біоценозу, які потрапляють на поверхню ґрунту або у товщу ґрунтового профілю. Потрапляючи на ґрунт і в ґрунтову товщу, органічні рештки під впливом ґрунтової мікрофауни і мікрофлори, частково хімічних та фізико-хімічних процесів зазнають складних біохімічних перетворень. Органічні рештки не всі розкладаються до простих мінеральних речовин. Частина з них проходить складний шлях біохімічних змін – гуміфікацію.

Потенційним джерелом органічної частини ґрунту є всі компоненти біоценозу, але основним є саме зелені рослини. Звідси випливає наслідок, що чим довше на полі наявні зелені рослини, тим більше ресурсу для формування і накопичення гумусу.

Основним шляхом збільшення вмісту гумусу в традиційній системі землеробства вважається застосування органічних добрив, а за відмови від механічного обробітку ґрунту в ошадливих системах землеробства (No-till та Strip-till) – рослинні рештки та вирощування покривних культур. Варто зауважити, що різні частини зелених рослин неоднаково беруть участь у накопиченні гумусу. Так за даними А. Дона, з 1 т коренів утворюється 0,25 т гумусу, тоді як з 1 т надземної маси – 0,1 т гумусу [6, с. 76].

Усі ці фактори сприяли тому, що за переходу від традиційної системи землеробства до технології No-till показник вмісту гумусу суттєво виріс: з 2,7% до 4,1%. Динаміка приросту теж різнилася: за перші роки (з 2005 по 2010 роки) прирост склав 1%, тоді як з 2010 по 2020 роки – 0,4%. З наведених даних формується закономірний висновок, що відмова від механічного обробітку ґрунту і залишення всієї побічної продукції на поверхні ґрунту відповідає природним закономірностям гумусоутворення. Окрім того, відмова від полицевого обробітку змінила перебіг інтенсивності як хімічних, так і мікробіологічних процесів у ґрунті: зменшилося надходження кисню у ґрунтові горизонти, що послабило процеси окислення та розкладу органічної речовини.

Додатковий аналіз ґрунту на полях ТОВ «Мрія» показав, що за 10 років (з 2010 по 2020 роки) постійного застосування технології No-till кількість гумусу зросла і суттєво вирівнялася на полях. Щорічний приріст гумусу мав такі показники: поле № 1 – 1,4%, поле № 2 – 1,44%, поле № 3 – 1,08% за мінімально необхідної норми 0,4% [6, с. 83]. Розрахунки, проведені іноземними вченими, показують, що глобальні антропогенні викиди  $\text{CO}_2$  відповідають 0,4% глобальних запасів вуглецю в ґрунтах. Тому можна вважати, що середній річний приріст гумусу в 0,4% забезпечить нульовий баланс, тож його можна визнати як мінімальну норму [6, с. 84].

Варто виділити ще один важливий позитивний аспект, що опосередковано відбувається за збільшення вмісту гумусу, – секвестрація та депонування вуглецю в ґрунті. Секвестрація – це поглинання  $\text{CO}_2$  з атмосфери рослинами (перехід вуглецю з газоподібного стану в органічний), а депонування – процес накопичення і фіксації його в ґрунті. Консервація  $\text{CO}_2$ , окрім позитивного впливу на ріст і розвиток рослин за рахунок збільшення доступності поживних речовин, зокрема Азоту та Фосфору, підвищення стійкості до абіотичного стресу, такого як посуха, спека та кислотність ґрунту, може мати ще й пряму фінансову вигоду. Вуглець, законсервований у ґрунті, можна продати на вуглецевих ринках, які зараз активно розвиваються. Так, фермер, окрім здорового ґрунту з підвищеною родючістю, може отримати додатковий дохід. У Європі за підвищення вмісту гумусу з 2,5% до 2,8% (зниження викидів  $\text{CO}_2$  в розмірі 10 т/га) винагорода становить 300 €/га, або 30 €/га за 1 т  $\text{CO}_2$ , у США (Каліфорнія) – 18 \$/га, у Мексиці та Казахстані – 1\$/га, у Швеції – 139 \$/га за тону [6, с. 331–332]. Отже, секвестрація вуглецю – це не лише шлях захисту довкілля, але й можливість підвищення вмісту гумусу для землеробства – основного показника родючості та ймовірне джерело додаткового доходу, що можливе за рахунок впровадження ґрунтозахисних технологій.

Закономірною є тенденція збільшення запасів Азоту зі 137 мг/кг до 189 мг/кг ґрунту, що, за Корнфілдом, відповідає покращенню ступеня забезпеченості з «низького» до «середнього». Оскільки органічна речовина

**Таблиця 5. Динаміка зміни показників запасів елементів живлення унаслідок запровадження технології No-till**

Рік	Легкогідролізований Азот, мг/кг ґрунту	Рухомі сполуки Фосфору, мг/кг ґрунту	Рухомі сполуки Калію, мг/кг ґрунту	Рухомі форми Бору, мг/кг ґрунту	Рухомі форми Цинку, мг/кг ґрунту	Рухомі форми Марганцю, мг/кг ґрунту	Рухомі форми Міді, мг/кг ґрунту
2005	137,00	136,00	145,00	1,00	2,60	41,00	5,00
2010	176,40	91,38	131,50	1,15	5,25	48,50	4,45
2020	189,00	151,90	102,10	1,71	0,88	24,22	0,14

є джерелом азотного живлення рослин і важливим агентом трансформації Азоту, вміст органічної речовини опосередковано визначає вміст Азоту в ґрунті. Зі збільшенням вмісту загального гумусу зростає вміст Азоту: динаміка приросту складала 52 мг/кг ґрунту.

Вміст рухомого Фосфору закономірно зазнав суттєвого спаду після впровадження технології No-till в перші роки: показник зменшився на 44,62 мг/кг ґрунту, а ступінь забезпечення, за Чиріковим, погіршився з «підвищеного» на «середній». Але в подальшому, за стабілізації системи удобрення (використання рідких стартових добрив з акцентом на Фосфор під час посіву) і сівозміни показник покращився до 151,9 мг/кг ґрунту – «високого» ступеня забезпечення.

Показники рухомого Калію мають чітку тенденцію до зниження: зі 145 мг/кг до 102,1 мг/кг ґрунту; ступінь забезпечення знизився з «високого» на «підвищений». Це закономірно, адже за технології No-till немає можливості вносити значні об'єми мінеральних добрив, а робиться акцент перш за все на стартові фосфорні формуляції.

Загалом вміст мікроелементів можна оцінити як «високий» (Бор, Цинк, Марганець) та «середній» (Мідь). Простежується чітка закономірність, що за звітний період вміст Бору збільшився з 1,0 до 1,71 мг/кг ґрунту, а вміст інших мікроелементів несуттєво знижується. За відсутності органічних добрив та зменшення норми використання мінеральних добрив з високими концентраціями мікроелементів поживні рештки та сидерати залишаються чи не єдиним джерелом надходження мікроелементів у ґрунт. Певна варіативність показників може корелювати із сівозміною на момент відбору зразків, адже різні групи культур виносять різну кількість мікроелементів. Можливі прояви дефіциту мікроелементів в культурі можна частково нівелювати за рахунок мікродобрив: обробки насіннєвого матеріалу та позакорневих підживлень.

**Таблиця 6. Динаміка зміни показника залишків пестицидів унаслідок запровадження технології No-till**

Рік	Дихлордифенилтрихлоретан і його метаболіти, мг/кг ґрунту	Гексахлоран (сума ізомерів), мг/кг ґрунту
2005	0,0068	0,00019
2010	0,0030	0,00620
2020	0,0018	0,00160

Зміна системи ведення землеробства до безполіцевого обробітку неодмінно призводить до зміни в системі захисту, особливо в перші роки. Суттєво зростає як гербіцидне навантаження, так і інсектецидне чи фунгіцидне, адже поживні рештки на поверхні ґрунту є осередком для перезимівлі шкідників і поширення хвороб. Якісна система захисту в перші роки потребує особливої уваги за рахунок використання більших концентрацій діючих речовин чи заміни їх на більш сильні форми.

Є незначне збільшення вмісту в ґрунті ізомерів гексахлорану з 2005 по 2010 роки (господарство почало використовувати технології No-till з 2007 року), а саме з 0,00019 мг/кг ґрунту до 0,0062 мг/кг ґрунту. Подальша нормалізація системи захисту та використання інших діючих речовин призвели до зменшення показника, що перевищує початковий рівень лише у 8 разів.

Позитивним моментом є те, що протягом років зменшується концентрація ДДТ і його метаболітів в ґрунті (з 0,0068 до 0,0018 мг/кг ґрунту), що пов'язано з відмовою від цієї діючої речовини в господарстві (ще з початку 1990-х років) і переходом на інші форми. За дослідженнями Дамена і Хейса, концентрація ДДТ збільшується в 10 разів в кожній ланці харчового ланцюга: ґрунт – 1х; рослина – 10х; мікроорганізми – 100х; вищі організми – 1000х [10].

**Висновки.** На сучасному етапі будь-яка система землеробства має бути спрямована на мінімізацію втрат поживних речовин з ґрунту та максимізацію їх внутрішньої циркуляції, а також збереження ґрунтового покриву загалом. Задля зменшення ерозійних процесів, накопичення вологи, що є дуже актуальним в мінливих умовах сьогодення, та відновлення природної родючості ґрунтів аграрії все більше починають впроваджувати ощадливі системи землеробства (No-till, Strip-till тощо). Глибокий аналіз позитивних змін властивостей ґрунту унаслідок впровадження технології No-till може бути зайвим аспектом на користь цього підходу.

Результатами дослідження встановлено, що агрофізичні показники, як-от щільність будови ґрунту, не зазнали змін упродовж років. Але це є також і перевагою, адже не відбулося їх погіршення, що могло трапитися в класичній системі обробітку.

Агрохімічні показники, як найбільш мінливі в часі, зазнали більших змін, особливо показник вмісту гумусу, що за звітний період показав приріст на 1,4%. Відмова від поліцевого обробітку та залишення поживних решток на поверхні ґрунту максимально наблизили агроландшафт до природних умов ґрунтоутворення, що є найбільшою перевагою цієї системи обробітку ґрунту. Окрім позитивного впливу на властивості ґрунту (покращення структури, збільшення біорізноманіття, відновлення родючості тощо), збільшення вмісту гумусу свідчить про позитивну динаміку секвестрації CO<sub>2</sub>.

Зберігається позитивна динаміка росту показника легкогідролізованого Азоту, що корелює зі збільшенням вмісту гумусу. Використання рідких фосфорних стартових добрив під час посіву покращило динаміку за запасами рухомого Фосфору, натомість показники рухомого Калію мають тенденцію до зниження. Ступінь забезпечення ґрунту мікроелементами залишається на високому рівні. Простежується чітка тенденція до збільшення вмісту Бору з одночасним незначним зменшенням вмісту інших мікроелементів, що є закономірним явищем, адже поживні рештки за технології No-till є найважливішим джерелом повернення мікроелементів в ґрунт. Зниження

вмісту певних елементів живлення не є недоліком цієї системи обробітку, адже легко вирішується за рахунок коригування системи живлення (основне, припосівне внесення, підживлення по вегетації).

Концентрація шкідливих залишків пестицидів в ґрунті показала різну динаміку. ДДТ і його метаболіти мають чітку тенденцію до зниження концентрації за звітний період майже у 4 рази. Сума ізомерів гексахлорану показала незначний приріст в перші роки після впровадження технології No-till з подальшим зменшенням концентрації практично до початкового рівня.

Ощадливі системи землеробства No-till та Strip-till – це не просто нові технології, а інша філософія ведення господарства. Незважаючи на негативні моменти, користь яку вони можуть принести, є більшою.

#### Список використаних джерел

1. Войтовик М.В., Панченко О.Б., Примак І.Д., Цюк О.А. Порівняльна оцінка агрофізичних властивостей за різних технологій обробітку ґрунту в сівозміні. *Агрономія*. 2023. № 6/106.
2. Сщенко В.О. No-till технологія: її сьогодення та майбутнє. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2013. Вип. 1–2. С. 4–9.
3. Ляченко В.Ю., Пономаренко Н.О., Пономаренко Н.Г., Бутенко Д.М. Переваги та недоліки No-till системи. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2013. Вип. 43. Ч. II. С. 101–108.
4. Косолап М.П. Система зберігаючого землеробства: No-till і Strip-till: навчальний посібник. Київ: НУБіП України, 2023, 377 с.
5. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-till. Київ: Логос, 2011, 350 с.
6. Мумінджанов Х.А., Косолап М.П., Биков М.І. Ґрунтозахисне та ресурсоощадне землеробство в Україні: навчальний посібник. Київ: НУБіП України, 2023, 120 с.
7. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Мінімальний та нульовий обробітку ґрунту, стан і перспективи їх запровадження в Україні. *Посібник українського хлібороба. Науково-виробничий щорічник*. 2009. С. 178–188.
8. Чорний С.Г., Видинівська О.В., Волошенюк А.В. Протидефляційна ефективність системи землеробства No-till в умовах південного степу України. *Біологічні системи*. 2012. Вип. 1. Т. 4. С. 116–119.
9. Al-Kaisi M.M., Archontoulis S.V., Kwaw-Mensah D., Miguez F. Tillage and Crop Rotation Effects on Corn Agronomic Response and Economic Return at Seven Iowa Locations. *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107. Iss. 4. P. 1958–1968.
10. Baker C.J., Ritchie R. Saxton K.E. The nature of risk in No-tillage. No-tillage seeding in conservation agriculture (2nd Edition). Rome: FAO – CABI Publication, 2007, 203 p.
11. Che Y., Rejesus R.M., Cavigelli M.A. and others. Long-term economic impacts of no-till adoption. *Soil Security*. 2023. Vol. 13. P. 1–13.
12. Thomas G.A., Dalal R.C., Standley J. No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. *Soil and Tillage Research*. 2007. Vol. 94. Iss. 2. P. 295–304.

**Voytovyk M. V.**

*Candidate of Agricultural Sciences,  
Senior Lecturer at the Department of Agriculture, Agrochemistry and Soil Science,  
Bila Tserkva National Agrarian University  
Bila Tserkva, Ukraine  
E-mail: zemlerobstvo\_@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-6943-3213*

**Barannyk A. V.**

*Candidate of Geographical Sciences,  
Doctoral Student at the Department of World History,  
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
E-mail: andruha.geograph@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-7303-4816*

**Harbar V. V.**

*Candidate of Geographical Sciences,  
Assistant Professor at the Department of Geography and Teaching Methodology,  
Kamianets-Podilskiy Ivan Ohienko National University  
Kamianets-Podilskiy, Ukraine  
E-mail: geofan@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-9400-7606*

**Lisovskyi A. S.**

*Candidate of Geographical Sciences,  
Assistant Professor at the Department of Geography and Teaching Methodology,  
Kamianets-Podilskiy Ivan Ohienko National University  
Kamianets-Podilskiy, Ukraine  
E-mail: lisovskyi@kpnu.edu.ua  
ORCID: 0000-0002-9674-5802*

## **PRACTICAL MONITORING OF SOIL FERTILITY WITH THE IMPLEMENTATION OF SOIL-CONSERVING FARMING SYSTEMS (BASED ON NO-TILL TECHNOLOGY)**

### **Abstract**

*One of the main causes of agricultural land degradation (primarily arable land) is plowing, or conventional tillage. The degradation of soil quality is a global problem. That is why the agricultural sector in developed countries is moving towards the adoption of soil conservation and energy-saving farming systems. Conversely, a delay in the implementation of soil conservation farming systems in Ukraine will lead to a catastrophe due to the global degradation of soils. Energy-saving soil conservation farming systems are not yet fully studied from a scientific perspective, and therefore most agricultural producers do not fully understand their necessity and economic efficiency. One of the key aspects in this regard is the change of soil properties as a result of the implementation of conservation farming systems (No-till, Strip-till, etc.), as proving positive dynamics can be an additional argument in favor of transitioning to such technologies.*

*Study Area: Kyiv Region, Bila Tserkva District, Bloshchyntsi Village, based on the farm "Mriya" LLC, within Field No. 1. We tracked the dynamics of soil property changes over an extended period, using baseline data from 2005 (when traditional tillage was practiced within the farm) and monitored the changes over 13 years after the introduction of No-till technology in 2007. Soil sampling and determination of soil properties were conducted according to generally accepted and approved research methodologies.*

*The article analyzes the advantages and disadvantages of each soil conservation technology, with a particular focus on studying the changes of soil properties resulting from the implementation of No-till technology. The research results show that agro-physical indicators, such as soil bulk density, did not change significantly over the years. Agrochemical indicators, which are more variable over time, showed greater changes, especially the humus content, which increased by 1.4% over the reporting period. There is a positive trend in the increase of easily hydrolyzed nitrogen, which correlates with the increase in humus content. The use of liquid phosphorus starter fertilizers during sowing improved the dynamics of available phosphorus reserves, while the indicators of available potassium tended to decline. The level of micronutrient availability in the soil remains high. A clear trend towards an increase in boron content is observed, along with a simultaneous decrease in the content of other micronutrients, which is a natural phenomenon, as crop residues under No-till technology are the most important source of micronutrient return to the soil. No negative pesticide load on the soil has been observed, according to the obtained data.*

**Key words:** soil fertility, No-till technology, agrophysical properties of soils, agrochemical properties of soils, humus content, nitrogen content, CO<sub>2</sub> sequestration.

### References

1. Voitovyk M.V., Panchenko O.B., Prymak I.D., Tsiuk O.A. (2023). Porivnialna otsinka ahrofizychnykh vlastyvostei za riznykh tekhnolohii obrobittu gruntu v sivozmini [Comparative assessment of agrophysical properties under different technologies of soil processing in crop rotation]. *Ahronomiia*, iss. № 6/106 [in Ukrainian].
2. Ieshchenko V.O. (2013) No-till tekhnolohiia: yii sohodennia ta maibutnie [No-till technology: its present and future]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, iss/ 1–2, pp. 4–9 [in Ukrainian].
3. Ilchenko V.Iu., Ponomarenko N.O., Ponomarenko N.H., Butenko D.M. (2013). Perevahy ta nedoliky No-till systemy [Advantages and disadvantages of the No-till system]. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*, iss. 43 (II), pp. 101–108 [in Ukrainian].
4. Kosolap M.P. (2023) Systema zberihaiuchoho zemlerobstva: No-till i Strip-till. Navchalnyi posibnyk [System of conservation agriculture: No-till and Strip-till. Study guide]. Kyiv: NUBiP Ukrainy, p. 377 [in Ukrainian].
5. Kosolap M.P., Krotinov O.P. (2011). Systema zemlerobstva No-till [No-till farming system], Kyiv: Lohos, p. 350 [in Ukrainian].
6. Mumindzhanov Kh.A., Kosolap M.P., Bykov M.I. (2023). Gruntozakhysne ta resursooshchadne zemlerobstvo v Ukraini [Soil protection and resource-saving agriculture in Ukraine. Study guide]. Navchalnyi posibnyk/ Kyiv: NUBiP Ukrainy, p. 120 [in Ukrainian].
7. Saiko V.F., Maliienko A.M. (2009). Minimalnyi ta nulovy obrobittu gruntu, stan i perspektyvy yikh zaprovadzen v Ukraini [Minimum and zero tillage, state and prospects of their implementation in Ukraine]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba. Naukovo-vyrobnychi shchorichnyk*. P. 178–188 [in Ukrainian].
8. Chornyi S.H., Vydynivska O.V., Volosheniuk A.V. (2012). Protidefliatsiina efektyvnist systemy zemlerobstva No-till v umovakh pivdennoho stepu Ukrainy [Anti-deflation effectiveness of the No-till farming system in the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *Biologichni systemy*, iss. 1 (4), pp. 116–119 [in Ukrainian].
9. Al-Kaisi M. M., Archontoulis S. V., Kwaw-Mensah D., Miguez F. (2015). Tillage and Crop Rotation Effects on Corn Agronomic Response and Economic Return at Seven Iowa Locations. *Agronomy Journal*, iss. 107 (4), pp. 1958–1968 [in English].
10. Baker C.J., Ritchie R. Saxton K. E. (2007). The nature of risk in No-tillage. No-tillage seeding in conservation agriculture (2nd Edition). Rome: FAO – CABI Publication, 203 p [in English].
11. Che Y., Rejesus R.M., Cavigelli M.A. and others (2023). Long-term economic impacts of no-till adoption. *Soil Security*, iss. 13. pp. 1–13 [in English].
12. Thomas G.A., Dalal R.C., Standley J. (2007). No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. *Soil and Tillage Research*, iss. 94 (2), pp. 295–304 [in English].