



Посібник зі сталого сільського господарства, готового до викликів майбутнього

*Практичні рішення для підвищення продуктивності господарства,
стійкості та здоров'я ґрунтів*

Copyright © 2026 Tony Blair Institute for Global Change

Всі права захищено



ПЕРЕДМОВА

Вітчизняне сільське господарство щодня стикається з безпрецедентними викликами. Повномасштабна війна, стрімке зростання витрат на матеріально-технічну базу та пальне, непередбачувана зміна клімату з критичним дефіцитом вологи, а також прогресуюча деградація ґрунтів ставлять під загрозу економічну стабільність кожного господарства. Фермери змушені працювати в умовах постійного стресу, коли традиційні інтенсивні методи обробітку землі стають надто дорогими та менш ефективними. Виснаження родючого шару та руйнування логістичних ланцюгів вимагають кардинального перегляду підходів до виробництва, адже ціна кожної помилки сьогодні є надзвичайно високою.

Водночас невідворотний курс на європейську інтеграцію відкриває перед Україною нові горизонти, що супроводжуються новими стандартами якості. Зростання значення сталих сільськогосподарських практик стає не просто даниною глобальним екологічним трендам, а базовою необхідністю для успішної роботи та конкуренції на ринках ЄС. Європейське законодавство та споживачі вимагають дбайливого ставлення до довкілля, зменшення вуглецевого сліду та оптимізації використання хімікатів. Адаптація до цих жорстких вимог – це надійний шлях до збереження експортного потенціалу. Перехід на ресурсощадні технології формує новий імідж українського аграрія як відповідального господаря.

У ці складні часи українські аграрії потребують дієвих інструментів для збереження та розвитку своїх підприємств. Цей посібник покликаний стати надійним помічником для фермерів уже сьогодні, пропонуючи перевірені рішення для оптимізації виробництва, скорочення фінансових витрат та ефективного управління наявними ресурсами в умовах постійної невизначеності. Важливо зазначити, що посібник не просто пропонує суху теорію, а надає чіткі покрокові інструкції щодо того, як самостійно випробувати новітні практики безпосередньо у своєму господарстві на обмеженій площі з мінімальними фінансовими ризиками. Детальний аналіз витрат і вигод дозволяє приймати зважені, економічно обґрунтовані рішення, спираючись на точні розрахунки окупності.

Саме тому головна мета цього посібника – запропонувати практичні рішення, повністю засновані на об'єктивних доказах та реальних польових даних. Вони спрямовані на підвищення стійкості господарств, збереження та примноження здоров'я ґрунтів, а також забезпечення максимальної готовності агробізнесу до майбутніх викликів. Для цього ми детально розглядаємо мінімальний обробіток ґрунту, застосування біологічних препаратів для оздоровлення екосистеми, використання біочару як інвестиції в довгострокову родючість, а також критично важливі кроки з відновлення земель, пошкоджених внаслідок бойових дій.

ТВІ висловлює щиру вдячність усім дослідникам, експертам, фермерам-практикам і партнерам, які долучилися до масштабних випробувань та розроблення цього посібника. Особливо дякуємо фермерам, які відкрито поділилися власним досвідом, історіями впровадження інновацій і реальними результатами зі своїх полів. Окремо висловлюємо глибоку вдячність науковцям УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого та Миколаївського національного аграрного університету за наукову експертизу, відданість і неоціненний внесок у польові випробування та підготовку цього посібника, а також компанії BTU за експертну підтримку й сприяння розвитку сталих практик.

Окремо висловлюємо щиру вдячність Фондації Mindergo за щедру підтримку цієї ініціативи та послідовну відданість зміцненню українського сільського господарства, підтримці фермерів і розвитку інновацій у ці складні часи. Завдяки цим спільним зусиллям українські фермери отримують доступ до потужної практичної бази знань, адаптованої до місцевих реалій, що підтримує впевнений розвиток, продовольчу безпеку та відновлення аграрного потенціалу країни.

З ЧОГО ПОЧАТИ: ЩО ВАРТО ВИПРОБУВАТИ У ГОСПОДАРСТВІ

1.1. Як користуватися цим посібником

Цей посібник розроблено як практичний інструментарій для українських аграріїв, які шукають дієві шляхи адаптації до сучасних викликів – від зміни клімату та економічної нестабільності до наслідків війни. Його головна мета полягає у наданні об'єктивних, заснованих на наукових дослідженнях та реальних польових даних рішень щодо впровадження ресурсоощадних і відновлювальних технологій. Замість складної теорії цей документ пропонує готові алгоритми дій для безпечного тестування нових підходів з мінімальними фінансовими ризиками.

Посібник покликаний допомогти фермерам:

01

визначити практики, які можуть бути актуальними для їхнього господарства

02

зрозуміти, які докази підтверджують їхню ефективність

03

оцінити витрати, переваги та ризики

04

випробувати перспективні практики на обмеженій площі

05

вирішити, чи варто масштабувати практику, провести повторне випробування або відмовитися від неї.

1.2. Для кого призначений цей посібник

01

Фермерів та землевласників: для оптимізації витрат, захисту інвестицій та забезпечення довгострокової прибутковості й здоров'я ґрунтів.

02

Керівників господарств: для розрахунку економічної доцільності, оцінки ризиків та прийняття зважених рішень щодо впровадження нових практик.

03

Агрономів: для отримання доказової бази та чітких покрокових інструкцій із безпечного тестування ресурсоощадних технологій безпосередньо в полі.

1.3. Практики, які було випробувано

У посібнику розглядаються такі практики:

01 Мінімальний обробіток ґрунту	02 Біологічні препарати
03 Біочар	04 Відновлення ґрунтів, пошкоджених унаслідок війни

1.4. На чому ґрунтуються наведені дані

- **Місця проведення випробувань:** угіддя УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого (для випробувань мінімального обробітку ґрунту, біопрепаратів та біочару – модулі 2–4) та ФГ «Славутич» у с. Ясна Поляна Миколаївської обл. (дослідження відновлення ґрунтів – модуль 5).
- **Сільськогосподарські культури:** основні випробування проводилися на посівах ячменю ярого (сорт Лексі) та пшениці ярої (сорт Лікамеро). У рамках досліджень на забруднених землях (модуль 5) вирощували гірчицю на сидерат.
- **Роки проведення:** польові випробування для цього посібника проводилися у 2026 році. Проте вони спираються на ґрунтовну наукову базу УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, де ефективність мінімального обробітку ґрунту досліджують із 2008 року, а біологічних препаратів – із 2010-го. Крім того, власні експериментальні дані доповнено ширшими міжнародними та вітчизняними академічними дослідженнями.
- **Умови ведення господарства / кліматичні умови:** досліди закладалися на угіддях УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого (південь Київщини) на рівному рельєфі з чорноземом глибоким, малогумусним, середньосуглинковим. Погодні умови відзначалися надзвичайною мінливістю: дефіцит вологи навесні та посуха з кінця червня до серпня різко чергувалися з рясними дощами у травні та на початку червня. Такі різкі коливання вологості викликали стрес у рослин, що стало чудовим індикатором для перевірки вологоощадних технологій. Дослідження на забруднених землях (модуль 5) проводили в посушливих умовах степу на Миколаївщині.
- **Обмеження:** наведені результати відображають реакцію культур на конкретні ґрунтово-кліматичні фактори та специфічну техніку. Важливо пам'ятати, що результати, отримані в одному місці, можуть бути не однаково застосовними в інших умовах. Вирішальне значення мають ваш індивідуальний тип ґрунту, клімат, культура, техніка та підходи до управління господарством. Тому ці дані є орієнтиром, але для ухвалення фінального рішення обов'язково проведіть випробування на невеликій площі безпосередньо у вашому господарстві.

1.5. Почніть із проблеми

Моя основна проблема	Практика, яку варто розглянути	Перейти до
Високі витрати на пальне або техніку	Мінімальний обробіток ґрунту	Модуль 2

Моя основна проблема	Практика, яку варто розглянути	Перейти до
Дефіцит вологи або посуха	Мінімальний обробіток ґрунту Біочар	Модуль 2 Модуль 4
Покращення показників вирощування культур або ефективності використання ресурсів	Біологічні препарати	Модуль 3
Покращення стану ґрунту в довгостроковій перспективі	Біочар	Модуль 4
Відновлення земель, пошкоджених унаслідок війни	Відновлення ґрунтів, пошкоджених унаслідок війни	Модуль 5
Самостійне випробування перспективної практики	Випробування з низьким рівнем ризику у господарстві	Модуль 6

1.6. Від доказів до рішення

Для кожної практики поставте собі такі запитання:

1. Яку проблему ця практика може допомогти вирішити?
2. Чи підходить вона для мого господарства?
3. Що показують наявні дані?
4. Які основні ризики та вимоги?
5. Чи є ця практика економічно доцільною для мого господарства з огляду на співвідношення витрат і вигод?
6. Як я можу випробувати її на обмеженій площі?
7. Чи варто масштабувати практику, провести ще одне випробування або відмовитися від неї?

1.7. Як оцінювати результати

Пам'ятайте:

- Результати, отримані в одному місці, не можуть бути однаково застосовними в інших умовах.
- Важливе значення мають ґрунт, клімат, культура, техніка та підходи до управління господарством.
- Вища врожайність не обов'язково означає вищий прибуток.
- Випробування на невеликій площі безпосередньо у господарстві допомагає визначити, чи працює певна практика саме у ваших умовах.

Примітка: Усі згадки в цьому посібнику про конкретні продукти, препарати, техніку, виробників або торговельні марки наведено виключно для того, щоб прозоро показати, що саме використовувалося під час наших випробувань. Такі згадки не є рекламою, рекомендацією чи схваленням конкретного продукту або виробника. Фермерам слід самостійно обирати продукти й технічні рішення, які найкраще відповідають умовам, потребам і можливостям їхнього господарства.

2.1. Скорочений обробіток ґрунту: коротко про практику

Що таке скорочений обробіток ґрунту?

Скорочений обробіток ґрунту – це підхід до землеробства, який передбачає відмову від традиційної глибокої оранки та перевертання ґрунту. Замість цього ґрунт залишається без прямого механічного впливу або його розпушують лише поверхнево, на глибину 10–18 см, використовуючи дискові або лапові знаряддя.

Ключовим правилом цієї технології є обов'язкове збереження пожнивних решток (соломи та стерні) на поверхні поля. Ці органічні залишки утворюють природний захисний шар – мульчу. Вона виконує кілька важливих функцій: оберігає родючий шар від руйнування вітрами та вимивання дощами, а також діє як ізоляційний щит від сонця. Завдяки цьому в ґрунті значно краще зберігається волога, що критично необхідно для рослин під час літньої спеки та посухи. Зверніть увагу: поверхня ґрунту після такого обробітку виглядатиме значно «бруднішою», ніж після традиційних методів підготовки, а на ній будуть помітні бур'яни та пожнивні рештки. Деяким фермерам складно звикнути до такої зміни вигляду поля. Це може вимагати зміни звичного уявлення про те, як має виглядати поверхня «чистого» ґрунту.

Крім того, зменшення механічного втручання допомагає зберегти природну структуру ґрунту. Це створює безпечні умови для життєдіяльності корисної мікрофлори та дощових черв'яків. Ґрунт краще утримує поживні речовини і швидше відновлює свою родючість. Як наслідок, фермер не лише захищає своє поле від виснаження, а й суттєво заощаджує паливе та інші ресурси під час польових робіт.

Які підходи було оцінено?

- **Мінімальний обробіток (Mini-till).** Це безплужна система, яка обмежується поверхневим розпушуванням на глибину 10–18 см без перевертання пласта ґрунту. Такий підхід забезпечує часткове змішування рослинних решток із верхнім шаром ґрунту, суттєво скорочує кількість проходів важкої техніки та допомагає зберегти природну водо- і повітропроникність верхнього горизонту.
- **Смуговий обробіток (Strip-till).** Ця технологія передбачає глибоке вертикальне розпушування (на 15–30 см) виключно у вузьких смугах, куди згодом висівається насіння та локально вносяться добрива. При цьому 70–80% площі поля між рядками залишається абсолютно недоторканою та вкритою органічною мульчею. Підхід поєднує переваги традиційного обробітку, створюючи пухке та прогріте посівне ложе, та нульового обробітку, максимально утримуючи вологу в міжряддях.
- **Традиційний метод обробітку (контрольний).** Історично еталонним методом виступає класична полицева оранка, яка передбачає повний оборот пласта ґрунту на глибину 25–35 см. Цей метод ефективно загортає рослинні рештки та пригнічує розвиток бур'янів, проте має суттєві недоліки. Він повністю руйнує природну архітектуру ґрунту, сприяє швидкій втраті вологи через інтенсивне випаровування з відкритої поверхні та вимагає максимальних витрат пального і часу.

Які проблеми ця практика може допомогти вирішити?

01

Дефіцит вологи: наявність пожнивних решток на поверхні поля зупиняє випаровування води та ефективно утримує її для потреб рослин.

02

Вітрова та водна ерозія: природний рослинний покрив надійно захищає родючий шар від здування вітрами та змивання інтенсивними опадами.

03

Висока собівартість виробництва: скорочення кількості проходів техніки дозволяє радикально зменшити витрати на дизельне паливо, ремонт та оплату праці.

04

Неефективне використання добрив: смуговий обробіток дає змогу вносити добрива локально під корінь, зменшуючи їхню загальну витрату на 30–50% без втрати ефективності.

05

Втрата родючості ґрунту: відмова від перевертання пласта відновлює популяцію корисних мікроорганізмів, дощових черв'яків та сприяє поступовому накопиченню гумусу.

06

Температурні стреси для сходів: мульча працює як природний термоізолятор, згладжуючи різкі коливання температур та захищаючи рослини від перегріву чи переохолодження.

07

Пропуск оптимальних строків сівби: локально оброблені смуги прогріваються та підсихають значно швидше, ніж суцільно зоране поле, що дозволяє вчасно розпочати сівбу.

Основні потенційні переваги

01

Потужний розвиток коренів: розпушування ґрунту лише в зоні росту рослини дає змогу кореням легко проникати глибоко вниз (до 90 см) і знаходити воду навіть у сильну спеку.

02

Стабільний урожай у посуху: завдяки воді, збереженій під рослинними рештками, та точному розміщенню добрив, рослини формують кращий урожай порівняно з оранкою саме в несприятливій, посушливій роки.

03

Менша потреба в техніці та працівниках: один сучасний агрегат виконує роботу одразу кількох машин, що прискорює процес і зменшує залежність господарства від нестачі трактористів.

04

Фінансова безпека: оскільки витрати на паливо та добрива суттєво зменшуються, фермеру набагато легше окупити свої вкладення і отримати прибуток навіть при невеликому врожаї.

05

Природне збагачення ґрунту: залишені на поверхні пожнивні рештки поступово перегнивають і перетворюються на природне добриво (гумус), роблячи поле більш родючим і живим з кожним роком.

2.2. Чи підходить Mini-till моєму господарству?

Таблиця 1. Швидка оцінка господарства



Швидка оцінка господарства

Чи підходить мінімальний обробіток ґрунту для мого господарства?

Менше витрат – більше можливостей!



Оцініть свої умови та позначте, які пункти найбільше відповідають вашій ситуації.



Ця практика може вам підійти, якщо:

☐

Ви шукаєте спосіб суттєво зменшити витрати на дизельне паливо та скоротити час проведення польових робіт.

☐

Ваші поля часто страждають від сильних вітрів або злив, які видують та змивають верхній родючий шар ґрунту.

☐

Ваші поля мають рівний рельєф, що дозволяє техніці витримувати стабільну глибину обробітку.



Варто ретельно зважити рішення, якщо:

☐

На ваших полях переважають важкі глинисті ґрунти, які часто перезволожуються і повільно висихають.

☐

Поля сильно засмічені багаторічними бур'янами (наприклад, осотом або пириєм), що вимагатиме інтенсивнішого хімічного захисту.

☐

Ваші комбайни не мають якісних подрібнювачів, через що на полі залишаються нерівномірні товсті купи соломи.



Ця практика може бути недоцільною, якщо:

☐

У ґрунті є щільна «плужна підшва» (затверділий шар від багаторічної оранки), яку ви не плануєте попередньо руйнувати глибоким рихленням.

☐

Ви використовуєте старі або легкі сіялки, які не здатні прорізати шар соломи та гарантовано покласти насіння на правильну глибину.

☐

Ваші ґрунти мають високу кислотність і потребують регулярного внесення вапна, яке необхідно глибоко перемішувати з усією землею.



Пам'ятайте!

Мінімальний обробіток — це не просто технологія, а рішення, яке працює найкраще за правильних умов.



Головне — врахуйте:

☒

Тип ґрунту і його стан

☒

Погодні умови вашого регіону

☒

Технічні можливості господарства

Правильний вибір – стабільний урожай!

2.3. Наукові та практичні дані

Наше випробування

- **Місце проведення:** селище Дослідницьке, Білоцерківський р-н, Київська обл. (дослідні поля УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого).
- **Рік:** 2026
- **Культура(и):** ячмінь ярий (сорт Лексі) та пшениця яра (сорт Лікамеро).
- **Ґрунтові умови:** чорнозем глибокий малогумусний середньосуглинковий. Рельєф рівний, мікрорельєф вирівняний.
- **Кліматичні умови / забезпеченість вологою:** погода у 2026 році на півдні Київщини була дуже мінливою. За січень–серпень випало лише 292,7 мм опадів (66,1% від норми). Сухий березень і посушливий період сівби наприкінці квітня (показник зволоження ГТК – 0,71; значення менше 1 означають нестачу вологи), а також посуха з кінця червня до серпня (ГТК 0,00–0,52) різко чергувалися з добрим зволоженням у травні та на початку червня (ГТК 1,14–1,61). Загалом сезон був дуже посушливим (середній ГТК 0,596), проте умови виявилися задовільними, оскільки під час наливу зерна не було сильної спеки. Однак такі різкі коливання вологості викликали стрес у рослин, що зайвий раз доводить необхідність застосовувати вологоощадні технології обробітку ґрунту.
- **Умови господарства:** дослідний полігон площею 15,36 га, розподілений на 8 демонстраційних ділянок. Попередник культури – гречка, пшениця озима.
- **Варіант досліду:** порівняння 3-х систем обробітку ґрунту: Mini-till (два варіанти технічного забезпечення: вітчизняний комплекс та іноземний комплекс), Strip-till та традиційна (класична).

Використана техніка:

- *Традиційна:* плуг ПНУ-4-40 + трактор John Deere 6195M, дискова борона Паллада-6000 + трактори John Deere 6195M і John Deere 6155M, розкидач мінеральних добрив Axis 30.1 + трактор MT3 1025, котки кільчасто-шпорові ЗККШ-6 + трактор MT3 80, сівалка СЗМ-4 Ніка + трактор MT3 1025.
- *Mini-till (вітчизняна техніка):* розкидач мінеральних добрив Axis 30.1 + трактор MT3 1025, агрегат передпосівного обробітку ґрунту АПОГ-6 + трактор John Deere 6155M, сівалка СЗМ-4 Ніка + трактор MT3 1025.
- *Mini-till (іноземна техніка):* посівний комплекс Lemken Compact-Solitaire 9/400 HD + трактор John Deere 6195M.
- *Strip-till:* посівний комплекс Mzuri Pro-Til 6T + трактор CLAAS Axion 950.

Показники, що вимірювалися:

- *Технологічні показники:* витрата пального, продуктивність, швидкість руху.
- *Показники стану ґрунту:* щільність, кришення, твердість, вологість, глибина спущеного шару.
- *Показники стану поля:* засміченість, гребенистість.
- *Показники якості сівби:* відхилення фактичної норми висіву від заданої, кількість насіння, незагорненого в ґрунт, рівномірність сівби, глибина загортання насіння.
- *Екологічні показники:* викиди CO₂ (розрахункові дані).
- *Показники врожайності:* біологічна врожайність, господарська врожайність.

Що показали випробування?

Таблиця 2. Порівняльний аналіз агрономічних та економічних показників за системами обробітку ґрунту

Показник	Практика	Пшениця яра (значення / різниця до бази)	Ячмінь ярий (значення / різниця до бази)
Урожайність господарська, т/га	Традиційна технологія (БАЗА)	4,80 / –	4,90 / –
	Mini-till (вітчизняна)	4,74 / –0,06	4,83 / –0,07
	Mini-till (іноземна)	4,43 / –0,37	4,88 / –0,02
	Strip-till	4,51 / –0,29	4,85 / –0,05
Використання пального, л/га	Традиційна технологія (БАЗА)	89,0 / –	89,0 / –
	Mini-till (вітчизняна)	41,2 / –47,8	41,2 / –47,8
	Mini-till (іноземна)	42,7 / –46,3	42,7 / –46,3
	Strip-till	48,2 / –40,8	48,2 / –40,8
Кількість технологічних операцій, шт.	Традиційна технологія (БАЗА)	8 / –	8 / –
	Mini-till (вітчизняна)	5 / –3	5 / –3
	Mini-till (іноземна)	3 / –5	3 / –5
	Strip-till	3 / –5	3 / –5
Запаси продуктивної вологи (шар 0-20 см), мм	Традиційна технологія (БАЗА)	сівба: 29,1 / – збирання: 12,6 / –	сівба: 24,8 / – збирання: 12,3 / –
	Mini-till (вітчизняна)	сівба: 24,8 / –4,3 збирання: 11,9 / – 0,7	сівба: 25,3 / +0,5 збирання: 13,4 / +1,1
	Mini-till (іноземна)	сівба: 25,2 / – 3,9 збирання: 13,2 / +0,6	сівба: 27,5 / + 2,7 збирання: 13,4 / + 1,1
	Strip-till	сівба: 24,9 / –4,2 збирання: 13,3 / +0,7	сівба: 24,1 / –0,7 збирання: 13,1 / +0,8
Щільність ґрунту, г/см ³	Традиційна технологія (БАЗА)	сівба: 1,04 / – збирання: 1,15 / –	сівба: 1,03 / – збирання: 1,11 / –
	Mini-till (вітчизняна)	сівба: 1,16 / + 0,12 збирання: 1,14 / – 0,01	сівба: 1,04 / + 0,01 збирання: 1,23 / + 0,12

Показник	Практика	Пшениця яра (значення / різниця до бази)	Ячмінь ярий (значення / різниця до бази)
	Mini-till (іноземна)	сівба: 1,16 / + 0,12 збирання: 1,20 / + 0,05	сівба: 1,12 / + 0,09 збирання: 1,18 / + 0,07
	Strip-till	сівба: 1,18 / + 0,14 збирання: 1,21 / + 0,06	сівба: 1,02 / – 0,01 збирання: 1,16 / +0,05
Забур'яненість, шт/м²	Традиційна технологія (БАЗА)	3,0 / -	2,5 / -
	Mini-till (вітчизняна)	5,8 / +2,8	4,7 / +2,2
	Mini-till (іноземна)	6,0 / +3,0	5,3 / +2,8
	Strip-till	4,5 / +1,5	4,2 / +1,7
Затрати праці, людино-годин/га	Традиційна технологія (БАЗА)	3,1 / -	3,1 / -
	Mini-till (вітчизняна)	1,5 / -1,6	1,5 / -1,6
	Mini-till (іноземна)	1,1 / -2,0	1,1 / -2,0
	Strip-till	1,0 / -2,1	1,0 / -2,1
Собівартість виробництва, грн/га	Традиційна технологія (БАЗА)	29 675,1 / –	27 179,9 / –
	Mini-till (вітчизняна)	25 850,9 / –3 824,2	23 395,4 / –3 784,5
	Mini-till (іноземна)	26 231,8 / –3 443,3	23 736,5 / –3 443,4
	Strip-till	26 442,2 / –3 232,9	23 946,9 / –3 233,0
Емісія CO₂ від пального, кг/га	Традиційна технологія (БАЗА)	235,0 / –	235,0 / -
	Mini-till (вітчизняна)	108,8 / –126,2	108,8 / –126,2
	Mini-till (іноземна)	112,7 / –122,3	112,7 / –122,3
	Strip-till	127,2 / –107,8	127,2 / –107,8

Примітка: Дані розраховано на основі показників дослідження при вирощуванні пшениці ярої та ячменю ярого на контрольних ділянках без застосування біопрепаратів та додаткових меліорантів.

Відповідність результатів глобальному досвіду

Отримані нами дані повністю підтверджують світові тенденції. Міжнародний агрономічний досвід свідчить, що головна перевага мінімального обробітку полягає не у стрімкому зростанні врожайності, а саме в радикальному скороченні витрат на паливе, експлуатацію техніки та оплату праці. Збільшення загальної прибутковості господарства досягається

завдяки суттєвій економії ресурсів, що дозволяє отримувати вищу чисту маржу навіть за однакового або дещо нижчого валового збору.

Динаміка врожайності: особливості перехідного періоду

Незначне зниження врожайності (у нашому досліді – на 0,4–7,7%), яке спостерігається в перший рік, є абсолютно закономірним явищем під час зміни технології. Відмова від інтенсивного механічного втручання запускає процес тривалого відновлення ґрунту. Протягом перших 2–3 років земля проходить так званий «перехідний період»: відновлюється природна пориста структура, накопичується органічна мульча та стабілізується мікробіом. Після завершення цього процесу врожайність вирівнюється, а в посушливі та стресові роки – впевнено перевершує показники традиційної оранки завдяки ефективному збереженню вологи.

Економія робочого часу та подолання кадрового дефіциту

Перехід від традиційної оранки до мінімальної обробки (особливо Strip-till або Mini-till з іноземними комплексами) дозволяє скоротити витрати робочого часу механізаторів у 2,5–3 рази. На кожному гектарі економиться близько 2 годин робочого часу, що є критично важливим в умовах сучасного дефіциту кадрів.

Візуальний стан поля та міф про забур'яненість

Часто фермери побоюються, що при переході на мінімальний обробіток (Mini-till) поле виглядатиме «неохайно» або надто забур'янено. Проте реальні фотографії з нашого досліді доводять протилежне.



Рисунок 1. Загальний вигляд з кабіни комбайна на ділянку поля з ярою пшеницею, посіяною за традиційною технологією

Як видно на знімках, ділянка з ярою пшеницею, вирощеною за технологією Mini-till, виглядає майже так само охайно, як і після традиційної оранки. Разючої візуальної різниці між ними немає. Якщо придивитися дуже уважно перед самим збиранням, на ділянках Mini-till можна помітити дещо більшу кількість однорічних бур'янів (одиночні рослини лободи та щиріці). Але ця кількість є абсолютно безпечною – вона не перевищує допустиму норму.



Рисунок 2. Загальний вигляд ділянки поля з ярою пшеницею, посіяною за технологією Mini-till

Головний висновок: правильно застосований Mini-till забезпечує належний вигляд та фітосанітарний стан поля. Наявність поодиноких бур'янів є нормальною і зазвичай не впливає на фінальний урожай. У межах нашого дослідження це дозволило уникнути додаткових витрат на гербіциди, проте кожному господарству варто орієнтуватися на власну історію поля: за високого початкового фону забур'яненості система хімічного захисту може потребувати коригування.

Резюме міжнародного досвіду

Наукова література загалом свідчить, що мінімальний, скорочений або нульовий обробіток ґрунту може підвищувати прибутковість господарств порівняно з традиційною оранкою, передусім завдяки зменшенню витрат на паливе, мотогодини роботи техніки, оплату праці та експлуатацію обладнання. Точний ефект залежить від системи землеробства, масштабу господарства, типу ґрунту та клімату, а в деяких випадках додаткові витрати на гербіциди можуть частково нівелювати економію.

Наприклад, економічний аналіз у Данії¹ показав, що впровадження скороченого обробітку підвищувало прибуток господарств на US\$90–150/га залежно переважно від розміру господарства, одночасно зменшуючи споживання пального. Важливо, що скорочений обробіток залишався прибутковішим за традиційний навіть за обмежень щодо збільшення використання пестицидів. Польове дослідження у північно-східній Німеччині² так само показало, що скорочений обробіток був найприбутковішою системою: чиста віддача становила US\$160/га.

Північноамериканські дані дають подібні результати. Довгострокові дослідження у західному Канзасі³ порівнювали традиційний, скорочений та нульовий обробіток у сівоzmіні пшениця–сорго–пар. За нульового обробітку середня віддача була приблизно на US\$146/га вищою, ніж за традиційного, і на US\$76/га вищою, ніж за скороченого. У цьому випадку перевага пояснювалася не лише зменшенням потреби в механічному обробітку, а й суттєво вищою врожайністю сорго за нульового обробітку. Новіші американські дослідження сої показали середню економію на витратах на обробіток ґрунту в розмірі US\$179/га, при цьому щорічна економія становила US\$97–183/га після переходу від традиційного до нульового обробітку.

¹ Jacobsen, B. H., & Ørum, J. E. (2009). Farm economic and environmental effects of reduced tillage. *Food Economics – Acta Agricult Scand C*, 6(2), 134-142. <https://doi.org/10.1080/16507540903549474>

² Verch, G., Kächele, H., Höltl, K., Richter, C., & Fuchs, C. (2009). Comparing the profitability of tillage methods in Northeast Germany – A field trial from 2002 to 2005. *Soil and Tillage Research*, 104(1), 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.12.012>

³ Vandever, M., Holman, J. D., Schlegel, A., O'Brien, D., Obour, A. K., Haag, L., & Assefa, Y. (2023). Economics of alternative tillage systems in dryland crop rotations in US Great Plains. *Soil and Tillage Research*, 232, 105751. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105751>

У сукупності ці європейські та північноамериканські дослідження дають підстави орієнтовно оцінювати фінансову вигоду від переходу на мінімальний/скорочений/нульовий обробіток замість традиційної підготовки ґрунту у межах US\$100–180/га на рік. Водночас цей показник слід сприймати як орієнтовну оцінку, отриману з літератури, а не як гарантовану економію на рівні конкретного господарства, оскільки результат можуть суттєво змінювати врожайність, витрати на контроль бур'янів, доступність техніки та масштаб господарства.

Про що свідчить ширша академічна доказова база?

- **Комплексна економічна та агрономічна ефективність:** Вітчизняні дослідження підтверджують, що впровадження смугового обробітку ґрунту (Strip-till) є високоефективним ресурсощадним рішенням, яке дозволяє фермеру одночасно досягти двох цілей – суттєво підвищити врожайність просапних культур (кукурудзи та сої на 17–30%) і при цьому більш ніж удвічі скоротити витрати дизельного пального, робочого часу та прямих експлуатаційних витрат порівняно з традиційною оранкою⁴.
- **Зменшення ущільнення:** тривале застосування мінімального та безполцевого обробітку за правильно підібраної глибини може сприяти покращенню фізичного стану ґрунту, зниженню його механічного опору та створенню сприятливіших умов для проникнення коренів у глибші шари⁵.
- **Ефективне утримання вологи:** поверхневий мінімальний обробіток із збереженням рослинних решток на поверхні ґрунту сприяє збереженню вологи у верхньому шарі ґрунту та зоні розміщення насіння (0–10 см), що може створювати сприятливіші умови для проростання та початкового розвитку рослин⁶.
- **Збереження запасів азоту:** завдяки мінімізації механічного втручання фіксується вищий загальний вміст азоту у верхньому горизонті ґрунту (0–15 см) порівняно з традиційними методами обробітку ґрунту⁷.
- **Накопичення органічного вуглецю:** систематичний мінімальний обробіток забезпечує достовірне збільшення вмісту ґрунтової органічної речовини та вуглецю у верхньому шарі ґрунту на глибині 0–15 см⁸.
- **Відновлення екосистеми ґрунту:** відмова від перевертання пласта стимулює зростання популяції корисної ґрунтової фауни, яка є критично важливою для процесів природного ґрунтоутворення⁹.

⁴ Шустік, Л., Новохацький, М., Степченко, С., Сидоренко, С., & Майданович, Н. (2024). Удосконалення техніко-технологічних рішень смугового обробітку ґрунту. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*, 34(48). С. 75–92. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34\(48\)-7](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34(48)-7)

⁵ Центилю Л. В., Цюк О. А. (2019). Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 1. С. 147–153. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.19>

⁶ Гангур, В., Лень, О., & Гангур, М. (2021). Вплив мінімізації обробітку ґрунту на вологозабезпечення та продуктивність ячменю ярого в зоні лівобережного лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*, (1), 128–134. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.15>

⁷ Гангур В. В., Лень О. І., Гангур М. В. (2022). Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 1. С. 38–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04>

⁸ Балаєв А. Д., Тонха О. Л., Піковська О. В., Гаврилюк М. М., Шеметун К. В. (2020). Гумусованість і фізико-хімічні властивості чорноземів Лісостепу за мінімізації обробітків і біологізації системи удобрення. *Вісник аграрної науки*. № 11. С. 24–31. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-03>

⁹ Войтовик М., Примаєв І., Качан Л., Панченко О., Ображій С. Зміна чисельності популяції люмбрицидів у чорноземі типовому і продуктивності спеціалізованих польових сівозмін залежно від систем обробітку і удобрення. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2026. Т. 1, № 38(52). С. 99–113. [https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2025-2-38\(52\)-9](https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2025-2-38(52)-9)

Віктор Шеремета: Strip-Till – це інвестиція у вологу, ґрунт і економіку господарства



Віктор Шеремета – голова фермерського господарства «Геркулес» на Київщині, яке обробляє близько 2 000 га землі. У господарстві використовують технологію Strip-Till, яка дає змогу одночасно зберігати вологу, скорочувати витрати пального та зменшувати норму висіву.

«Для нас Strip-Till – це передусім про збереження вологи. Особливо це відчувається на озимому ріпаку, коли від кількості опадів під час сівби залежить дуже багато. Ми створюємо для рослини умови, за яких вона може стартувати навіть тоді, коли дощу недостатньо», – розповідає Віктор Шеремета.

Завдяки збереженню вологи господарство менше залежить від кількості опадів у період сівби. Водночас скорочення кількості проходів техніки дає суттєву економію пального: якщо глибоке розпушування потребує до 20 л/га, то витрати на Strip-Till становлять лише 7–8 л/га.

Ще один економічний ефект – менша потреба в насінні. «Однією з переваг цієї системи є те, що за ширини міжрядь 70 см ми економимо насіння, як порівняти із суцільною сівбою». Якщо раніше сіяли ріпак озимий нормою 600 тис. насінин на гектар, то тепер це 250–280 тис. Тобто ми вдвічі менше витрачаємо насіння», – розповів аграрій.

Водночас Strip-Till вимагає уважного дотримання технології. Після зернових на полі може залишатися до 10 т/га соломи. Якщо її погано подрібнити та розподілити, пожнивні рештки можуть заважати роботі наступних агрегатів. У «Геркулесі» цю проблему вирішили вертикальним дискуванням – спеціальні диски прорізають солому, не перемішуючи її з ґрунтом.



Рисунки 3 і 4. Смуговий обробіток ґрунту (Strip-Till) з одночасним внесенням добрив у господарстві «Геркулес»

Такий підхід має і додаткову перевагу: солома залишається на поверхні, ґрунт менше нагрівається, а волога випаровується повільніше.

Разом із тим, поверхневі рослинні рештки та падалиця створюють сприятливі умови для розвитку шкідників. Тому в господарстві застосовують превентивний захист – за появи падалиці до сівби проводять обробку інсектицидом. Такий підхід дозволив уникнути значних пошкоджень сходів ріпаку озимого совкою, які спостерігалися в інших господарствах.



Рисунок 5. Видляд поля після смугового обробітку ґрунту: чітко видно смуги розпушеного ґрунту та збережену стерню



Рисунок 6. Поле ріпаку, посіяного за технологією Strip-till

«Будь-яка технологія працює тільки тоді, коли ти бачиш не один її плюс, а всю систему. Якщо залишилися рештки – необхідно контролювати шкідників. Якщо працюємо за технологією Strip-Till, важливо правильно підготувати поле. Тут немає одного універсального прийому – результат залежить від сукупності правильно підібраних рішень», – підкреслює Віктор Шеремета.

Досвід «Геркулеса» показує: Strip-Till – це не просто спосіб скоротити кількість обробітків. Це система, у якій збереження вологи, економія пального й насіння працюють разом, але результат залежить від того, наскільки точно господарство враховує особливості поля та контролює ризики.

«Для мене інвестиція в технологію – це не тільки купити техніку чи змінити спосіб обробітку. Це інвестиція в те, щоб земля працювала довго і давала результат господарству. Якщо ми можемо зберегти вологу, витратити менше пального і насіння та водночас підтримувати родючість ґрунту – це і є економіка, яка має сенс у довгостроковій перспективі», – підсумовує Віктор Шеремета.

2.4. Економіка мінімального обробітку ґрунту

Додаткові витрати: Усі прямі змінні витрати (насіннєвий матеріал, добрива, засоби захисту) залишаються на рівні традиційної технології, оскільки в межах дослідження норми внесення матеріалів не зменшувалися. Зміни стосуються лише операційних витрат та, за потреби, одноразових капітальних інвестицій в оновлення техніки.

Потенційна економія:

- **Економія на пальному (на 45,8–53,7%):** При традиційній оранці витрата пального становить 89,0 л/га. Перехід на Mini-till (вітчизняна техніка) скоротив її до 41,2 л/га (економія 47,8 л/га), а Strip-till – до 48,2 л/га (економія 40,8 л/га). У грошах це зберігає від 2 382 до 3 012 грн/га (пальне на осінній оранці 2025 року – 30 л/га – враховано за ціною 47 грн/л, решту операцій – за ціною 90 грн/л).
- **Економія на експлуатації та оплаті праці:** Кількість технологічних операцій по полю зменшується з 8 (оранка) до 3–5 (Mini-till / Strip-till). Затрати праці механізаторів при цьому падають у 2–3 рази: з 3,1 до 1,0–1,5 люд.-год/га.
- **Загальна економія:** У підсумку впровадження мінімального обробітку зменшило сукупні виробничі витрати на 3 233–3 824 грн/га порівняно з базовою технологією.

Вплив на дохід: цей показник відображає упущену вигоду від незначного недобору врожаю. У випадку нашого дослідження у перший перехідний рік зафіксовано мінімальне зниження врожайності (на 0,4–7,7%). Для ярої пшениці традиційна оранка дала 4,80 т/га,

а Mini-till (вітчизняна) – 4,74 т/га. Різниця складає лише 0,06 т/га (60 кг). При ринковій ціні реалізації 7 000 грн за тонну, ці 60 кг конвертуються у 420 грн недоотриманого доходу. Проте це зниження є мінімальним і не чинить критичного впливу на загальну фінансову стійкість моделі.

Орієнтовна чиста вигода: попри втрату 420 грн від недобору 60 кг пшениці, економія виробничих витрат на технології Mini-till (вітчизняна) склала 3 824,2 грн/га. Відповідно, чистий економічний ефект (додатковий прибуток) становить +3 404,2 грн з кожного гектара.

Точка беззбитковості: це найважливіший показник оцінки ризиків. Він розраховується шляхом ділення суми заощаджених коштів (3 824,2 грн) на ціну однієї тонни зерна (7 000 грн). Показник у 0,55 т/га (або 550 кг/га) є так званою «подушкою безпеки». Це означає, що технологія Mini-till настільки дешевша у виробництві, що навіть якщо внаслідок її застосування (через ущільнення ґрунту, погодні умови чи інші фактори) врожайність впаде на пів тонни порівняно з оранкою – фермер усе одно не зазнає збитків. Традиційна система виправдовує свою високу вартість лише тоді, коли вона здатна стабільно і щорічно забезпечувати прибавку врожаю щонайменше на 550 кг більше, ніж Mini-till.

Таблиця 3. Детальний аналіз витрат і вигод (СВА) за системами обробітку ґрунту (на 1 га)

Показник	Практика	Пшениця яра (значення / різниця до бази)	Ячмінь ярий (значення / різниця до бази)
Урожайність, т/га	Традиційна технологія (БАЗА)	4,80 / -	4,90 / -
	Mini-till (вітчизняна)	4,74 / -0,06	4,83 / -0,07
	Mini-till (іноземна)	4,43 / -0,37	4,88 / -0,02
	Strip-till	4,51 / -0,29	4,85 / -0,05
Витрати на пальне, грн/га	Традиційна технологія (БАЗА)	6 720,0 / -	6 720,0 / -
	Mini-till (вітчизняна)	3 708,0 / -3 012,0	3 708,0 / -3 012,0
	Mini-till (іноземна)	3 843,0 / -2 877,0	3 843,0 / -2 877,0
	Strip-till	4 338,0 / -2 382,0	4 338,0 / -2 382,0
Експлуатація техніки, грн/га	Традиційна технологія (БАЗА)	2 783,8 / -	2 801,1 / -
	Mini-till (вітчизняна)	2 097,5 / -686,3	2 151,0 / -650,1
	Mini-till (іноземна)	2 367,1 / -416,7	2 384,3 / -416,8
	Strip-till	2 090,9 / -692,9	2 108,1 / -693,0
Оплата праці, грн/га	Традиційна технологія (БАЗА)	239,1 / -	239,7 / -
	Mini-till (вітчизняна)	113,2 / -125,9	117,3 / -122,4
	Mini-till (іноземна)	89,5 / -149,6	90,1 / -149,6

Показник	Практика	Пшениця яра (значення / різниця до бази)	Ячмінь ярий (значення / різниця до бази)
	Strip-till	81,1 / -158,0	81,7 / -158,0
Загальні виробничі витрати, грн/га	Традиційна технологія (БАЗА)	29 675,1 / -	27 179,9 / -
	Mini-till (вітчизняна)	25 850,9 / -3 824,2	23 395,4 / -3 784,5
	Mini-till (іноземна)	26 231,8 / -3 443,3	23 736,5 / -3 443,4
	Strip-till	26 442,2 / -3 232,9	23 946,9 / -3 233,0
Дохід, грн/га (пшениця: 7000 грн/т, ячмінь: 6000 грн/т)	Традиційна технологія (БАЗА)	33 600,0 / -	29 400,0 / -
	Mini-till (вітчизняна)	33 180,0 / -420,0	28 980,0 / -420,0
	Mini-till (іноземна)	31 010,0 / -2 590,0	29 280,0 / -120,0
	Strip-till	31 570,0 / -2 030,0	29 100,0 / -300,0
Чиста вигода (прибуток), грн/га	Традиційна технологія (БАЗА)	3 924,9 / -	2 220,1 / -
	Mini-till (вітчизняна)	7 329,1 / +3 404,2	5 584,6 / +3 364,5
	Mini-till (іноземна)	4 778,2 / +853,3	5 543,5 / +3 323,4
	Strip-till	5 127,8 / +1 202,9	5 153,1 / +2 933,0

Примітка: Дані розраховано на основі показників дослідження при вирощуванні пшениці ярої та ячменю ярого на контрольних ділянках без застосування біопрепаратів та додаткових меліорантів.

Що найбільше впливає на результат?

Головним драйвером економічної вигоди є **кардинальне скорочення споживання дизельного пального** (74–84% від загального зниження витрат). Відмова від глибокої відвальної оранки та зменшення кількості проходів техніки по полю перекривають будь-які потенційні втрати від незначного зниження абсолютної врожайності.

Аналіз чутливості

- **При зростанні цін на пальне (на 20%):** собівартість традиційної оранки зростає критично швидко. Економія витрат при Mini-till збільшиться ще на ~600 грн/га, підвищуючи чисту вигоду приблизно до 4 000 грн/га.
- **При падінні цін на зерно (до 5000 грн/т):** втрата доходу від недобору 0,06 т/га складе всього 300 грн. У такому разі чиста вигода від Mini-till зросте приблизно до 3 500 грн/га. Чим нижча ціна на зерно, тим більш збитковою стає традиційна технологія.
- **При падінні врожайності на Mini-till:** якщо врожайність за мінімальної технології впаде до 4,25 т/га (на 0,55 т/га менше за традиційну), чиста вигода зрівняється з нулем.

Висновок за результатами аналізу витрат і вигод

Операційно, перехід на Mini-till (навіть без додаткових меліорантів) має беззаперечну перевагу: технологія заощаджує майже 3 824 грн/га на пальному, оплаті праці та експлуатації техніки. Мізерне недоотримання врожаю (60 кг/га порівняно з оранкою) коштує лише 420 грн, залишаючи фермеру 3 404 грн додаткового прибутку з гектара. Щоб виправдати надмірні витрати на традиційну оранку, вона повинна стабільно давати на 550 кг/га більше зерна, чого на практиці не відбувається.

Проте кінцева економічна модель буде індивідуальною для кожного господарства. Відмова від оранки потребує первинних капітальних інвестицій в оновлення парку — придбання важких спеціалізованих посівних комплексів для роботи по стерні та агрегатів для розподілу мульчі. Тому реальний строк окупності технології залежатиме не лише від операційної економії, а й від вартості нової техніки та масштабів земельного банку.

2.5. Основні ризики

Агрономічні ризики

- **Підвищення забур'яненості:** відсутність обороту пласта (оранки) сприяє накопиченню насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту, що вимагає посилення гербіцидного захисту.
- **Фітосанітарний тиск:** пожнивні залишки на поверхні поля можуть стати резерватом для збудників хвороб та шкідників, що збільшує ризик інфікування наступних культур.
- **Температурний режим:** шар мульчі затримує прогрівання ґрунту навесні, що може призвести до зміщення строків сівби ярих культур.

Операційні ризики

- **Технічне забезпечення:** необхідність використання специфічних важких сівалок (здатних прорізати стерню) та якісних подрібнювачів рослинних залишків.
- **Кваліфікація кадрів:** сучасні високоточні посівні комплекси (особливо для Strip-till) вимагають високого рівня підготовки механізаторів та інженерної служби.
- **Вузьке технологічне вікно:** підвищена залежність від погодних умов під час сівби (ризик перезволоження ґрунту під мульчею).

Фінансові ризики

- **Високий початковий CAPEX:** значні одноразові капітальні інвестиції в оновлення машинно-тракторного парку (закупівля комплексів для Mini-till/Strip-till).
- **Касовий розрив перехідного періоду:** ризик тимчасового зниження врожайності (на 5–10%) у перші 2–3 роки переходу, поки ґрунт не відновить свою природну структуру.
- **Зростання вартості хімії:** економія на пальному може частково компенсуватися збільшенням витрат на гліфосати та інші засоби захисту рослин.

Поширені помилки

01

Ігнорування плужної підшви: перехід на Mini-till/Strip-till без попереднього глибокого рихлення та усунення ущільнень, утворених роками оранки.

02

Погана робота з рештками: нерівномірний розподіл соломи попередника по полю, що призводить до нерівномірних сходів і розвитку хвороб.

03

Різкий масштабний перехід:

впровадження нової технології одразу на 100% земельного банку замість поступового тестування на окремих полях.

04

Шаблонне копіювання: застосування технології без адаптації до конкретного типу ґрунту, сівозміни та мікроклімату господарства.

2.6. Як випробувати цю практику

Рекомендований підхід до випробування: поступовий (адаптивний) перехід. Оберіть вирівняне поле без вираженої плужної підшви та сильного засмічення кореневищними бур'янами. Перед закладанням досліду обов'язково усуньте наявні ущільнення ґрунту (наприклад, за допомогою глибокорозпушувача) та вирівняйте поверхню.

Площа випробування: 1–10 га (або розмір одного стандартного репрезентативного поля), що має становити не більше 5–10% від загальної площі господарства під обраною культурою, щоб мінімізувати фінансові ризики.

Контроль: суміжна ділянка на цьому ж полі (або сусіднє поле з абсолютно ідентичним типом ґрунту та попередником), яка обробляється за звичною для вашого підприємства традиційною інтенсивною технологією (оранкою).

Тривалість випробування: мінімум 3–4 роки (протягом однієї повної сівозміни). Короткострокові висновки за 1 рік є нерелевантними, оскільки процеси відновлення природної структури ґрунту, накопичення мульчі та стабілізації мікробіому потребують кількох сезонів.

Що вимірювати

01

Економічні та експлуатаційні

показники: фактичні витрати дизельного пального (л/га), кількість мотогодин роботи техніки, витрати на оплату праці та фінальна собівартість вирощування 1 тонни продукції.

02

Агрономічні показники: польова схожість насіння, динаміка розвитку культури, рівень забур'яненості, фітосанітарний стан посівів та бункерна врожайність (т/га).

03

Стан ґрунту: зміна щільності ґрунту (твердість у МПа або г/см³), запаси продуктивної вологи у критичні періоди вегетації та швидкість розкладання пожнивних решток.

2.7. Ключові висновки

Варто розглянути мінімальний обробіток ґрунту, якщо:

01

Ви прагнете радикально скоротити витрати на дизельне паливо та зменшити собівартість продукції.

02

Господарство стикається з дефіцитом кваліфікованих механізаторів і потребує зменшення кількості технологічних операцій.

03

Ваші поля знаходяться в умовах дефіциту опадів, і вам критично важливо зберігати вологу за допомогою поживних решток (мульчі).

04

Ви готові оптимізувати свій машинно-тракторний парк і перейти на багатофункціональні агрегати.

Варто ретельно зважити рішення, якщо:

01

На полях є яскраво виражена плужна підшва або сильне переущільнення ґрунту (це вимагає обов'язкового попереднього глибокого розпушування перед переходом).

02

Поля критично засмічені багаторічними кореневищними бур'янами, контроль яких гербіцидами буде дорожчим за оранку.

03

Господарство працює на важких, погано дренованих ґрунтах, які навесні довго прогріваються і просихають під шаром мульчі.

04

У підприємства наразі немає вільного капіталу або доступу до фінансування для закупівлі спеціалізованих важких посівних комплексів.

Економічна доцільність

Технологія є високоефективною та економічно виправданою. Миттєва економія на прямих операційних витратах (до 3 824 грн/га на пальному, оплаті праці та зносі техніки) створює потужну фінансову «подушку безпеки». Вона з першого ж сезону повністю перекриває ризики можливого незначного просідання врожайності. Технологія забезпечує зростання чистого маржинального прибутку і гарантує беззбитковість порівняно з оранкою навіть при втраті врожаю на 0,46–0,63 т/га (залежно від технології та культури).

Оптимальний наступний крок

Провести аудит полів (виміряти твердість ґрунту пенетрометром для виявлення плужної підшви), обрати одне репрезентативне поле та виділити на ньому тестову ділянку (1–10 га) на наступний сезон. Щоб уникнути ризикових витрат на купівлю нової техніки на етапі тестування, найкращим кроком буде найм підрядної організації із сучасним посівним комплексом (Mini-till або Strip-till) для проведення дослідної сівби та порівняння результатів із вашою базовою технологією.

Повний алгоритм проведення випробування наведено в Модулі 6: «Як провести випробування з низьким рівнем ризику у своєму господарстві».

3.1. Біологічні препарати: коротко про практику

Що таке біологічні препарати?

Біологічні препарати – це продукти, що містять живі мікроорганізми, продукти їхньої життєдіяльності або інші біологічно активні речовини. Вони впливають на процеси в ґрунті та в рослинах. До їх складу можуть входити бактерії та гриби. Уявіть їх як своєрідні «пробіотики» для ґрунту та рослин. Те, як діє препарат, залежить від мікроорганізмів у його складі. Вони можуть конкурувати зі збудниками хвороб за поживні речовини та місце, виробляти речовини, що пригнічують збудників, і паразитувати на шкідливих грибах. Також вони заселяють рослину, перетворюють органічні та мінеральні сполуки, стимулюють ріст і захисні реакції рослини. Деякі мікроорганізми допомагають рослині засвоювати поживні елементи.

Які препарати/підходи ми розглядаємо?

У практиках, висвітлених в цьому посібнику, застосовується комплексний підхід, що включає кілька груп препаратів українського виробника:

- **Мікофренд:** препарат-мікоризоутворювач (на основі грибів *Glomus*). Ці гриби проникають у коріння рослини, утворюючи мутуалістичний симбіоз. Вони працюють як гігантська додаткова коренева мережа, що експоненційно збільшує площу поглинання води та мікроелементів.
- **Азотохелп:** біостимулятор росту. Він містить азотфіксуючі бактерії, які здатні буквально «ловити» азот з атмосферного повітря та перетворювати його на форму, якою рослина може харчуватися, забезпечуючи природне підживлення.
- **Граундфікс:** фосфор-калій-мобілізатор. Створений на основі бактерій роду *Bacillus*, цей препарат працює як біологічний розчинник. Він розщеплює заблоковані, недоступні мінеральні сполуки фосфору і калію в ґрунті, переводячи їх у розчинний стан, який коріння легко всмоктує.
- **Екостерн (класичний / детоксикант):** комплексний біодеструктор. Містить потужні штами бактерій та гриба *Trichoderma*. Він діє як санітар поля: швидко перетравлює



Рисунок 7. Дослідниця УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого проводить лабораторний аналіз.

жорстку стерню, знешкоджує накопичені токсини, залишки пестицидів і навіть хімічно зв'язує важкі метали, роблячи їх безпечними.

- **Липосам:** природний біоприлипач. Це екзополісахаридний слиз, який створює на листках захисну еластичну сіточку. Він утримує вологу та запобігає змиванню інших препаратів дощем, а також захищає живі бактерії від згубного сонячного ультрафіолету.

Які проблеми вони можуть допомогти вирішити?

- **Деградація та виснаження ґрунту:** відновлюють природну пористу структуру, пухкість та біологічну активність землі, які були втрачені через інтенсивний механічний обробіток.
- **Накопичення хвороб:** пригнічує розвиток ґрунтових патогенів (наприклад, збудників фузаріозу та корневих гнилей), які накопичуються на пожнивних рештках у коротких сівозмінах.
- **Блокування поживних речовин:** вирішує проблему, коли необхідні макроелементи (фосфор, калій) фізично присутні в ґрунті, але знаходяться у вигляді скам'янілих, недоступних для коренів солей.
- **Хімічне забруднення (фітотоксичність):** допомагає очистити поле від залишків агресивних гербіцидів та нейтралізувати важкі метали, що особливо актуально для пошкоджених земель.
- **Дефіцит вологи:** підвищує стійкість рослин до посухи за рахунок утримання вологи бактеріальним слизом та розширення кореневої системи грибним міцелієм.

Основні потенційні переваги

01

Підвищення ефективності використання поживних речовин: мікроорганізми мобілізують важкодоступні фосфор і калій та фіксують азот, тому можуть підвищувати ефективність використання поживних ресурсів ґрунту.

02

Підтримка росту та продуктивності рослин: корисні мікроорганізми позитивно впливають на розвиток коренів, мінеральне живлення та стійкість рослин до стресів – і від погоди та інших неживих чинників, і від хвороб.

03

Покращення якості продукції: залежно від культури, штаму мікроорганізмів і технології біопрепаратів можуть впливати на якість врожаю – зокрема масу насіння, вміст білка чи крохмалю.

04

Підтримка родючості та здоров'я ґрунту: якщо застосовувати мікробні препарати систематично, повертати в ґрунт органічну речовину, раціонально обробляти його й збалансовано живити рослини, це допомагає підтримувати біологічну активність ґрунту. Але самі по собі біопрепарати не гарантують накопичення гумусу чи повного відновлення деградованого ґрунту.

05

Сумісність із ґрунтозберігальними технологіями: біопрепарати можна використовувати в системах mini-till, no-till та інших ощадних технологіях – зокрема для контролю хвороб, керування розкладанням рослинних решток і ефективного використання ресурсів.

3.2. Чи підходять вони вашому господарству?

Вони можуть вам підійти, якщо:

01

Ви практикуєте ощадливий обробіток (mini-till, no-till): на полі залишається багато рослинних решток, і важливо контролювати хвороби, що на них накопичуються.

02

Ви хочете підтримувати біологічну активність ґрунту, особливо за інтенсивного землеробства та значного пестицидного навантаження.

03

Аналіз ґрунту показує багато фосфору та калію, але рослини засвоюють їх погано. Тоді препарати з мікроорганізмами-мобілізаторами можуть допомогти зробити ці елементи доступнішими.

04

Ви хочете краще використовувати мінеральні добрива завдяки біологічній азотфіксації та мобілізації елементів живлення. Частково замінювати добрива можна лише після оцінки агрохімічного стану ґрунту та вашої системи вирощування.

05

Ви помічаєте, що хвороби поширюються, а традиційні пестициди з ними справляються погано. Біопрепарати можуть стати частиною системи контролю хвороб і керування рослинними рештками.

Варто ретельно зважити рішення, якщо:

01

Ваші поля розташовані в зоні екстремальної посухи. Мікроорганізми є живими організмами й потребують хоча б певної вологості ґрунту, щоб активуватися та розмножуватися.

02

Ваш ґрунт має дуже низький рН (нижче 5,0) або є сильно лужним. За таких умов корисним мікроорганізмам може бути складно прижитися.

03

У вас немає технічної або логістичної можливості проводити обприскування ввечері, вночі чи в похмуру погоду, оскільки пряме сонячне ультрафіолетове випромінювання може швидко знищувати живі бактеріальні клітини.

04

Ви не готові чекати й очікуєте «миттєвого» результату. Біологічні підходи діють повільніше за хімічні, оскільки формування мікробної мережі потребує часу.

Варто врахувати додаткові умови застосування, якщо:

01

Ви плануєте вносити біопрепарат разом із фунгіцидами або іншими засобами, що можуть пригнічувати мікроорганізми. Сумісність залежить від діючої речовини, форми препарату, концентрації та тривалості контакту, тому її потрібно перевіряти.

02

У баковій суміші є препарати на основі міді. Мідь може діяти на мікроорганізми як антимікробний засіб, тому сумісність перевіряйте окремо.

03

Для робочого розчину ви плануєте використати воду з високим вмістом активного хлору, солей або з іншими властивостями, шкідливими для мікроорганізмів. За можливості беріть воду, яка відповідає рекомендаціям виробника.

04

Ви застосовуєте препарати для розкладання решток із грибами роду *Trichoderma*, але технологія не дозволяє забезпечити рекомендований контакт препарату з рештками та ґрунтом. Таким препаратам потрібні волога, рівномірне нанесення та, залежно від технології, своєчасне загортання у ґрунт.

05

Температура, вологість чи інші погодні умови виходять за межі, які рекомендує виробник. Єдиних температурних меж для всіх біопрепаратів (на кшталт «нижче +5 °C або вище +30 °C») немає, бо оптимум залежить від виду мікроорганізму, форми препарату та способу застосування.

Таблиця 4. Швидка оцінка господарства

Швидка оцінка: чи підходить технологія застосування біопрепаратів для вашого господарства?

Декілька запитань —
і ви дізнаєтесь!



Поставте ✓ у колонці, яка найкраще описує вашу ситуацію.

№	Запитання	Так	Частково	Ні
1	 Ви практикуєте мінімальний обробіток ґрунту (mini-till, no-till) або зберігаєте пожнивні рештки на полі?	☐	☐	☐
2	 Чи забезпечена достатня вологість ґрунту у період застосування препарату?	☐	☐	☐
3	 Чи можете ви обрати час внесення без тривалої спеки, сильного сонця або посухи?	☐	☐	☐
4	 Чи готові ви уникати одночасного застосування несумісних хімічних препаратів?	☐	☐	☐
5	 Чи маєте ви можливість внести препарат у рекомендований виробником строк і способом?	☐	☐	☐
6	 Чи дотримуєтесь рекомендованої дози та умов зберігання препарату?	☐	☐	☐
7	 Чи можете ви провести невелику пробну ділянку перед масштабним застосуванням?	☐	☐	☐

Результат

Підрахуйте, скільки разів ви відповіли «Так».

5–7

Чудово!

Біопрепарати добре підходять для вашої технології. Можна починати з пробної ділянки.

3–4

Є потенціал, але потрібні коригування.

Зверніть увагу на вологість, строки внесення та сумісність із препаратами.

0–2

Умови поки несприятливі.

Спочатку варто змінити умови застосування або обрати іншу технологію.

3 головні умови успіху



Волога

Мікроорганізмам потрібна вода для активності.



Правильний час

Уникайте сильного сонця та спеки під час застосування.



Сумісність

Перевіряйте сумісність біопрепарату з фунгіцидами, інсектицидами та іншими засобами.

Здоровий ґрунт — стабільний урожай!



3.3. Наукові та практичні дані

Наше випробування

- **Місце проведення:** селище Дослідницьке, Білоцерківський р-н, Київська обл. (дослідні поля УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого).
- **Рік:** 2026
- **Культури:** ячмінь ярий (сорт Лексі) та пшениця яра (сорт Лікамеро).
- **Препарати та норма застосування:** Мікофренд – 0,2 кг на гектарну норму висівного насіння, Азотохелп – 0,5 л/га, Липосам – 0,25 л/га.
- **Спосіб / строки застосування:** Передпосівна обробка насіння (Мікофренд) та позакореневе обприскування рослин у фазі прапорцевого листка, або ВВСН 37 (Азотохелп у комплексі з Липосамом).
- **Контроль:** суміжні ділянки з ідентичними технологіями обробітку ґрунту, але повністю без застосування біологічних препаратів.
- **Показники, що вимірювалися:** щільність ґрунту, вологозбереження, рівень рН, вміст органічної речовини та NPK, польова схожість, динаміка вегетації (висота, кушення), біологічна врожайність, показники якості зерна та загальні економічні показники.

Таблиця 5. Основні результати випробування біопрепаратів

Показник	Практика	Яра пшениця (значення з біо / ефект від біо)	Ярий ячмінь (значення з біо / ефект від біо)
Польова схожість, %	Традиційна технологія	90,1 / +0,1	85,0 / -6,0
	Mini-till (вітчизняна)	87,2 / +0,2	84,4 / -3,6
	Mini-till (іноземна)	90,0 / +2,5	87,5 / +4,5
	Strip-till	92,7 / +7,0	82,8 / -3,4
Розвиток рослин:			
– Висота у фазі воскової стигlosti (16.07.2026), см	Традиційна технологія	69,7 / -1,5	54,5 / +2,4
	Mini-till (вітчизняна)	72,3 / -1,8	55,4 / +2,0
	Mini-till (іноземна)	69,3 / -6,4	53,5 / +0,6
	Strip-till	71,9 / -3,9	54,9 / +2,4
– Загальна куцистість	Традиційна технологія	2,87 / +1,07	3,13 / +0,40
	Mini-till (вітчизняна)	2,40 / +0,20	2,87 / +0,20
	Mini-till (іноземна)	2,47 / +0,54	3,07 / +0,14
	Strip-till	1,67 / -0,26	2,73 / +0,40
– Продуктивна куцистість	Традиційна технологія	2,87 / +1,07	3,13 / +0,46

Показник	Практика	Яра пшениця (значення з біо / ефект від біо)	Ярий ячмінь (значення з біо / ефект від біо)
	Mini-till (вітчизняна)	2,40 / +0,27	2,87 / +0,54
	Mini-till (іноземна)	2,47 / +0,54	2,87 / +0,27
	Strip-till	1,67 / -0,26	2,53 / +0,46
– Довжина колоса, см	Традиційна технологія	7,42 / +0,80	6,42 / -0,14
	Mini-till (вітчизняна)	7,20 / +0,22	6,67 / +0,43
	Mini-till (іноземна)	7,00 / -0,36	6,56 / +0,32
	Strip-till	6,51 / -0,49	6,18 / +0,78
Урожайність біологічна, т/га	Традиційна технологія	5,56 / +0,42	5,52 / +0,23
	Mini-till (вітчизняна)	5,39 / +0,27	5,33 / +0,28
	Mini-till (іноземна)	5,10 / +0,40	5,58 / +0,40
	Strip-till	5,17 / +0,24	5,51 / +0,39
Якість зерна (білок, %)	Традиційна технологія	12,8 / +1,7	12,4 / +1,2
	Mini-till (вітчизняна)	15,3 / +1,2	11,9 / +0,7
	Mini-till (іноземна)	14,0 / +1,5	12,0 / +0,5
	Strip-till	15,1 / +0,9	11,5 / +0,5

Аналіз отриманих результатів засвідчив стабільно позитивний вплив від застосування біопрепаратів на продуктивність та якість зерна обох ярих культур за всіх систем обробітку ґрунту, забезпечуючи стабільний приріст господарської врожайності (на 0,21–0,39 т/га) та суттєве підвищення масової частки білка (до +1,7 відсоткового пункту в пшениці та до +1,2 – у ячмені). Разом із тим, біометрична реакція культур на стимулятори є специфічною: у пшениці переважно покращується польова схожість і дещо знижується висота рослин (що сприяє стійкості до вилягання), тоді як у ячмені схожість частіше знижується, але активно стимулюється продуктивна кущистість. Попри рівномірне для всіх технологій зростання виробничих витрат (приблизно на 673 грн/га), комплексне покращення структурних елементів врожаю та підвищення якісних показників підтверджують високу доцільність інтеграції біопрепаратів, причому найвищий відгук показників якості зафіксовано на традиційній оранці та вітчизняному mini-till.

Про що свідчить ширша академічна доказова база іноземного та вітчизняного досвіду:

- **Зниження залежності від синтетичних азотних добрив.** Асоціативні та вільноживучі ґрунтові бактерії здатні фіксувати атмосферний азот, перетворюючи

його на доступні для рослин форми, що дозволяє оптимізувати норми внесення мінерального живлення без втрати продуктивності^{10, 11}.

- **Підвищення доступності фосфору.** Специфічні штами мікроорганізмів (фосфатмобілізатори) виділяють органічні кислоти та ферменти фосфатази, які трансформують нерозчинні ґрунтові фосфати у водорозчинні форми, що легко засвоюються кореневою системою¹².
- **Стимуляція розвитку кореневої системи.** Рістстимулювальні ризобактерії синтезують фітогормони (ауксини, гібереліни та цитокініни), які стимулюють активне розгалуження коренів, утворення корневих волосків та збільшення загальної поглинальної площі кореневої системи рослини¹³.
- **Підвищення стійкості до посухи та стресів.** Бактерії, що продукують фермент АЦК-деаміназу, здатні розщеплювати попередник етилену (гормону старіння та стресу), тим самим захищаючи рослини від передчасного в'янення за умов дефіциту вологи, екстремальних температур чи засолення ґрунту¹⁴.
- **Біологічний контроль фітопатогенів.** Корисна мікрофлора виступає природним антагоністом збудників хвороб. Вона синтезує антибіотики, літичні ферменти та сидерофори (сполуки, що зв'язують залізо, позбавляючи патогени цього елемента живлення), ефективно пригнічуючи розвиток корневих гнилей та грибкових інфекцій¹⁵.
- **Покращення структури та вологоємності ґрунту.** Ґрунтові мікроорганізми виділяють екзополісахариди, які діють як біологічний «клей». Вони зв'язують ґрунтові мікрочастинки у водотривкі макроагрегати, запобігаючи ерозії та покращуючи здатність ґрунту утримувати вологу¹⁶.
- **Розширення зони живлення через мікоризу.** Утворення симбіозу з арбускулярними мікоризними грибами збільшує ефективний об'єм ґрунту, з якого рослина поглинає ресурси, у десятки разів. Це критично важливо для засвоєння малорухомих елементів, таких як цинк, мідь та фосфор¹⁷.
- **Екологізація виробництва та відновлення родючості.** Систематичне застосування мікробіологічних препаратів поступово відновлює природний мікробіом ґрунту, порушений інтенсивним обробітком та хімізацією, сприяючи переходу до регенеративного землеробства та зменшенню вуглецевого сліду¹⁸.

¹⁰ Пархоменко, М. М. (2025). Продуктивність агроценозів при вирощуванні сільськогосподарських культур за різних систем удобрення та інокуляції. *Сільськогосподарська мікробіологія*, (42), 30–43. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.42.30-43>

¹¹ Волкогон, В. (2011). Біологічна меліорація ґрунтів. Традиційне і нове. *Сільськогосподарська мікробіологія*, 13, 7–22. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.13.7-22>

¹² Курдиш, І. К. (2010). *Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистеми*. монографія / І. К. Курдиш - Київ : Наук. думка, 2010. 254 с.

¹³ Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012, Article 963401. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>

¹⁴ Glick, B. R. (2014). Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological Research*, 169(1), 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.09.009>

¹⁵ Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C., & Barka, E. A. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: Principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(9), 4951–4959. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959.2005>

¹⁶ Costa, O. Y. A., Raaijmakers, J. M., & Kuramae, E. E. (2018). Microbial extracellular polymeric substances: Ecological function and impact on soil aggregation. *Frontiers in Microbiology*, 9, Article 1636. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01636>

¹⁷ Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (3rd ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.2136/sssaj2008.0015br>

¹⁸ Bashan, Y., de-Bashan, L. E., Prabhu, S. R., & Hernandez, J.-P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, 378(1–2), 1–33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>

Олександр Мороз: від скепсису до практичного досвіду біологізації



Олександр Мороз, головний агроном ТДВ «Терезине» на Київщині, яке має земельний банк 2 630 га, сьогодні є прихильником розумного поєднання хімічних і біологічних препаратів. Хоча на початку професійного шляху, працюючи у міжнародних хімічних компаніях, він ставився до біопрепаратів скептично.

Переконала практика. На підприємстві активно впроваджували біологічні рішення, і з часом Олександр Мороз побачив їхній результат безпосередньо на полях. Сьогодні біопрепарати для нього – це не альтернатива заради альтернативи, а інструмент, який потрібно

підбирати під конкретне завдання та поєднувати з іншими елементами технології.

«Спочатку я не дуже вірив у біопрепарати. Але коли побачив результат на власних полях, моє ставлення змінилося» – Олександр Мороз, головний агроном ТДВ «Терезине».

ТДВ «Терезине» спеціалізується на тваринництві та активно працює з органічними добривами. Тому для господарства важливо не лише забезпечити рослини поживними речовинами, а й зробити їх доступнішими для рослин та підтримувати біологічну активність ґрунту.

Для покращення родючості ґрунту тут використовують Граундфікс, який сприяє підвищенню доступності для рослин сполук фосфору та калію. У технологіях вирощування культур також застосовують біологічні препарати: Мікофренд – для обробки насіння озимих зернових та кукурудзи, біоінокулянт Різолайн – для передпосівної обробки насіння сої та гороху. Для захисту рослин від білої гнилі використовують Склероцид, ефективність якого в господарстві оцінюють позитивно.

За словами Олександра Мороза, застосування біопрепаратів забезпечує прибавку врожайності до 0,5 т/га на соняшнику та 0,2 т/га на сої.

Окремий напрям – біологічний захист в овочівництві закритого ґрунту та садах, який на підприємстві використовують уже чотири роки. Тут також напрацьований практичний досвід застосування біологічних рішень, які стали частиною технології виробництва.

Водночас у «Терезине» не зупиняються на вже перевірених рішеннях. Нові біопрепарати випробовують на дрібноділянкових дослідках, перш ніж приймати рішення про їх використання у виробництві. Такий підхід дозволяє агроному оцінювати препарат не за обіцянками виробника, а за тим, як він працює в конкретних умовах господарства.

Досвід Олександра Мороза показує: біологізація виробництва не обов'язково означає повну відмову від хімії. Найбільший ефект дає розумне поєднання різних інструментів – органічних добрив, біопрепаратів і хімічного захисту – з постійною перевіркою їхньої ефективності.

Для «Терезине» це вже не питання віри в біопрепарати. Це питання практики: випробувати, побачити результат і залишити в технології те, що справді працює.

3.4. Економіка біологічних препаратів

Вартість препарату та його застосування: 673,3 грн/га

Вплив на дохід: від +1 440 до +2 340 грн/га

Орієнтовна чиста вигода: від +767 до +1 667 грн/га

Необхідне для досягнення беззбитковості збільшення врожайності: 100–110 кг/га, щоб повністю окупити вартість препарату та його внесення, залежно від закупівельної ціни на зерно.

Таблиця 6. Аналіз витрат і вигод від застосування біопрепаратів на ярії пшениці та ячмені (на 1 га)

Показник	Практика	Яра пшениця (значення з біо / ефект від біо)	Ярий ячмінь (значення з біо / ефект від біо)
Урожайність (господарська), т/га	Традиційна технологія	5,10 / +0,30	5,14 / +0,24
	Mini-till (вітчизняна)	4,99 / +0,25	5,09 / +0,26
	Mini-till (іноземна)	4,74 / +0,31	5,27 / +0,39
	Strip-till	4,72 / +0,21	5,14 / +0,29
Виробничі витрати, грн/га (різниця = витрати на біо)	Традиційна технологія	30 348,5 / +673,3	27 853,3 / +673,3
	Mini-till (вітчизняна)	26 524,2 / +673,3	24 068,8 / +673,3
	Mini-till (іноземна)	26 905,1 / +673,3	24 409,9 / +673,3
	Strip-till	27 115,5 / +673,3	24 620,3 / +673,3
Дохід, грн/га (умовна вартість: пшениця – 7000 грн, ячмінь – 6000 грн)	Традиційна технологія	35 700,0 / +2 100,0	30 840,0 / +1 440,0
	Mini-till (вітчизняна)	34 930,0 / +1 750,0	30 540,0 / +1 560,0
	Mini-till (іноземна)	33 180,0 / +2 170,0	31 620,0 / +2 340,0
	Strip-till	33 040,0 / +1 470,0	30 840,0 / +1 740,0
Додатковий чистий прибуток від біо, грн/га	Традиційна технологія	Ефект: +1 426,7	Ефект: +766,7
	Mini-till (вітчизняна)	Ефект: +1 076,7	Ефект: +886,7
	Mini-till (іноземна)	Ефект: +1 496,7	Ефект: +1 666,7
	Strip-till	Ефект: +796,7	Ефект: +1 066,7

Аналіз точки беззбитковості

Для повної окупності інвестицій у біопрепарати (673,3 грн/га) достатньо отримати мінімальний приріст урожайності на рівні 0,10 т/га для пшениці та 0,11 т/га для ячменю. Оскільки фактичний приріст у досліді склав від 0,21 до 0,39 т/га, точка беззбитковості впевнено пройдена на всіх без винятку варіантах. З точки зору систем обробітку, економія виробничих витрат на технології Mini-till формує міцну фінансову «подушку безпеки»: технологія залишатиметься вигіднішою за оранку навіть за умови просідання врожайності на 0,55 т/га (пшениця) або 0,63 т/га (ячмінь).

Сформована економічна модель демонструє високу стійкість до ринкових коливань:

- **Зростання цін на пальне:** у разі подорожчання дизеля фінансова перевага систем Mini-till та Strip-till зростатиме в геометричній прогресії завдяки економії 41–48 літрів пального на кожному гектарі.
- **Падіння цін на зерно:** навіть за умови зниження закупівельних цін на зерно на 20% (до 5600 грн/т за пшеницю та 4800 грн/т за ячмінь), застосування біопрепаратів залишатиметься рентабельним, оскільки отриманий приріст врожаю з запасом перекидає базові витрати на внесення.

Синтез ресурсощадних технологій обробітку ґрунту (Mini-till, Strip-till) та біологізації є економічно виправданим та стратегічно доцільним рішенням. Відмова від традиційної оранки гарантовано знижує прямі виробничі витрати на 3 233–3 824 грн/га. Водночас додаткова інтеграція біопрепаратів виступає надійним мультиплікатором прибутку: вона має 100% окупність на всіх варіантах і генерує від 767 до 1 667 грн/га додаткової чистої вигоди. Найвищу синергію економічної ефективності для обох культур продемонструвало поєднання технології Mini-till (за умови використання точних іноземних посівних комплексів) та біологічних препаратів.

3.5. Основні ризики

Якість та зберігання препарату: біопрепарати з живими мікроорганізмами потрібно зберігати так, як вказано виробником. Занадто висока чи низька температура, пряме сонце та зберігання довше терміну придатності можуть знизити життєздатність мікроорганізмів, а отже, й дію препарату. Купуйте препарати у надійних постачальників, перевіряйте термін придатності та дотримуйтеся температурного режиму.

Застосування та строки внесення: живі мікроорганізми чутливі до умов під час внесення. Пряме сонце й спека погіршують їхнє виживання. Тому, якщо можливо, вносьте препарат ввечері, вранці або в похмуру погоду. Точний час і умови уточнюйте в регламенті конкретного препарату, бо різні мікроорганізми й форми препаратів по-різному переносять умови довкілля.

Агрономічні умови: більшості ґрунтових мікроорганізмів потрібна волога. За тривалої посухи внесені мікроорганізми можуть працювати слабше: їм складніше рости, заселяти ґрунт і взаємодіяти з рослиною. Тому застосування ґрунтових біопрепаратів узгоджуйте з погодою. Для препаратів, якими обробляють рослини чи пожнивні рештки, враховуйте прогноз опадів.

Фінансовий ризик: економічний ефект залежить від культури, ґрунтово-кліматичних умов, стану ґрунту, технології вирощування, способу внесення та інших чинників. Тому не оцінюйте препарат лише за вартістю на гектар. Порівнюйте витрати на препарат і його внесення з отриманим ефектом – приростом урожаю, зміною якості продукції, доступністю елементів живлення чи іншими показниками, залежно від призначення препарату. Реальний фінансовий ризик – втратити вкладені кошти у разі повної загибелі посівів через форс-мажор (аномальну посуху, град або вимерзання).

Поширені помилки

01

Залишки засобів захисту рослин в обприскувачі: погано очищений бак і залишки попередніх препаратів, особливо фунгіцидів, можуть погіршити виживання внесених мікроорганізмів.

02

Несумісні бакові суміші: поєднання біопрепаратів з іншими засобами без перевірки сумісності може знизити життєздатність мікроорганізмів. Якщо виробник не підтвердив сумісність, зробіть попередній тест.

03

Тривале зберігання робочого розчину: після розведення умови для мікроорганізмів змінюються. Готуйте робочий розчин безпосередньо перед внесенням і використовуйте за рекомендаціями виробника.

04

Невідповідна вода: на стабільність розчину впливають температура води, рН, жорсткість і речовини, що діють на мікроорганізми. Орієнтуйтеся на вимоги виробника, а не вважайте автоматично будь-яку водопровідну воду непридатною.

3.6. Як випробувати цю практику

Рекомендований підхід до випробування: використовуйте метод суміжних ділянок (Side-by-Side): виділіть невелику ділянку й порівняйте її з контролем на тому самому полі. Для першого випробування достатньо, наприклад, 1–10 га – залежно від розміру господарства та техніки. Оберіть типovu для вашого господарства ділянку без проблем із перезволоженням, ущільненням, ерозією чи сильним засміченням. Тоді результат залежатиме від препарату, а не від особливостей ділянки. Повторюйте порівняння кілька років: ефективність біологічних технологій залежить від погоди, вологості ґрунту, температури та стану посівів.

Усі інші умови потрібно залишити однаковими: культура та сорт/гібрид, дата і норма висіву, система удобрення, захист рослин, строки виконання операцій.

Важливо: якщо одночасно змінюється і технологія обробітку ґрунту, і застосовується біопрепарат (наприклад, Mini-till + біопрепарат проти оранки без препарату), отриманий результат показує ефект усієї технологічної системи, а не лише препарату.

Що вимірювати:

01

Агрономія: польова схожість, фітосанітарний стан (ураженість хворобами) та фінальна бункерна врожайність (т/га), за можливості – основні показники якості продукції.

02

Стан ґрунту: запаси продуктивної вологи, зміна щільності ґрунту та швидкість розкладання поживних решток.

03

Економіка: фактичні витрати пального (л/га), кількість мотогодин роботи техніки, додаткові витрати на препарат та остаточну собівартість вирощування 1 тонни зерна на обох ділянках.

Повний алгоритм проведення випробування наведено в Модулі 6.

4.1. Біочар: коротко про практику

Що таке біочар?

Біочар (або біовугілля) – це стабільний пористий матеріал із високим вмістом вуглецю, який отримують у процесі нагрівання органічних відходів (соломи, пожнивних решток, лушпиння, деревини, гною) за мінімального доступу кисню. Цей процес називається піролізом і відбувається за температури від 350 °С до понад 800 °С. На відміну від звичайного попелу, який швидко вимивається водою, біочар має міцну вуглецеву структуру, що не піддається швидкому розкладанню і може зберігатися в ґрунті сотні років. Завдяки мікропористій будові він працює як своєрідна «губка»: ефективно акумулює вологу та поживні речовини, а також створює сприятливе середовище для розвитку корисних ґрунтових мікроорганізмів.

Як його застосовують?

Сучасна агрономія відходить від практики внесення десятків тонн біочару на гектар. Натомість використовують модель «низьких доз» – від 1 до 5 т/га (залежно від типу та «проблемності» ґрунту), а за умови поєднання з мікробіологічними препаратами норми можуть доходити до 10 кг/га у вигляді локального внесення. Найбільш економічно та технологічно обґрунтованим методом є попереднє змішування біочару з органічними добривами, наприклад, гноєм або компостом. Біочар додають до органічної маси (близько 10% від сухої речовини) і залишають на 3–4 тижні для ферментації. За цей час пориста структура «заряджається» поживними речовинами. Підготовлену суміш вносять за допомогою стандартних розкидачів добрив із подальшим загортанням у прикореневу зону ґрунту.

Які проблеми він може допомогти вирішити?

- **Ущільнення ґрунту:** завдяки низькій щільності біочар сприяє розпушенню важких глинистих ґрунтів, знижує їх опір та полегшує розвиток кореневої системи.
- **Вплив посухи:** пори біочару утримують вологу під час інтенсивних опадів і поступово віддають її рослинам у посушливі періоди, значно знижуючи водний стрес.
- **Вимивання добрив:** біочар ефективно затримує азот, фосфор та калій у кореневій зоні. Це дозволяє фермерам скоротити використання хімічних добрив на 15–20% без втрати продуктивності.
- **Підвищена кислотність:** більшість видів біочару має лужну реакцію. Вони діють як буфер, нейтралізуючи кислі ґрунти та знижуючи токсичний вплив алюмінію на рослини.
- **Втрати азоту:** біочар стимулює корисну мікрофлору, допомагаючи фіксувати атмосферний азот і водночас зменшуючи його втрати у вигляді парникових газів (випаровування).

Чому ефект від його застосування варто оцінювати протягом кількох сезонів?

На відміну від синтетичних мінеральних добрив, які діють переважно один сезон, біочар є довгостроковим покращенням самої основи ґрунту. Користь від нього накопичується з часом. У перший рік після внесення ефект може бути помірним, оскільки пористе вугілля ще тільки вбирає в себе поживні речовини. Проте в наступні сезони розкривається його повний потенціал: у порах формуються колонії мікроорганізмів, налагоджується їхня корисна співпраця з корінням, покращується структура ґрунту. Дослідження доводять, що

максимальна прибавка врожайності фіксується на третій рік після внесення – це явище називають «ефектом спадщини».

4.2. Чи підходить біочар моєму господарству?

Таблиця 7. Швидка оцінка господарства

Швидка оцінка господарства

Чи підходить технологія внесення біочару для вашого господарства?

Оцініть кожен критерій і позначте, який варіант найбільше відповідає вашій ситуації.

Біочар – це інвестиція в родючість!

Критерій оцінки	Висока придатність (рекомендовано)	Середня придатність (потребує розрахунку)	Низька придатність (недоцільно)
Тип ґрунту	☐ Піщані, супіщані, важкі глинисті	☐ Легкі та середні суглинки	☐ Родючі структуровані чорноземи
Рівень pH ґрунту	☐ Кислі (pH < 5.5)	☐ Нейтральні (pH 5.6 – 7.4)	☐ Лужні (pH > 7.5)
Вміст гумусу (органіки)	☐ Низький (< 1.5%)	☐ Середній (1.5% – 3.0%)	☐ Високий (> 3.0%)
Кліматичні умови	☐ Зони ризикованого землеробства, посухи	☐ Помірне зволоження	☐ Землі під зрошенням
Вирощувані культури	☐ Касові (овочі, ягоди, сади, олійні)	☐ Бобові, кукурудза	☐ Низькомаржинальні зернові
Доступність біочару	☐ Власне виробництво або доставка до 50 км	☐ Логістика від 50 до 150 км	☐ Логістика понад 200 км (дорого)
Форма власності на землю	☐ Власна земля або оренда на 10+ років	☐ Оренда на 5–10 років	☐ Короткострокова оренда (< 3 років)

Підсумок

☒ **Більшість критеріїв у зеленій зоні**
— біочар підходить для вашого господарства. Можна планувати впровадження.

☐

Є жовті зони
— потенціал є, але потрібні коригування. Зверніть увагу на ґрунт, логістику, культури або клімат.

☐

Переважають червоні зони
— технологія може бути неефективною або економічно недоцільною. Розгляньте інші варіанти або змініть умови.

Правильні умови – максимальна користь!

3 ключові умови успіху

Волога
Мікроорганізмам потрібна вода для активності. Оптимальна вологість ґрунту — ключ до ефективності.

Правильний час
Уникайте сильного сонця, спеки та посухи під час внесення.

Сумісність
Перевіряйте сумісність біочару з іншими препаратами (добрива, ЗЗР тощо).

Біочар працює там, де створені умови!

36

4.3. Наукові та практичні дані

Наше випробування

- **Місце проведення:** селище Дослідницьке, Білоцерківський р-н, Київська обл. (дослідні поля УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого).
- **Рік:** 2026.
- **Культура:** ячмінь ярий (сорт Лексі).
- **Ґрунт:** чорнозем глибокий малогумусний середньосуглинковий. Рельєф рівний, мікрорельєф вирівняний.
- **Тип / якість біочару:** деревний біочар із вмістом органічного вуглецю (C_{org}) 61,6%. Матеріал відповідає вимогам 1 класу якості за європейським стандартом European Biochar Certificate (EBC, версія 10.4, 2024) та IBI Biochar Standards v.2.0, що гарантує відсутність токсичних смол та важких металів у самому меліоранті.
- **Схема внесення:** внесення біочару нормою 5 т/га перед посівом та у комбінації з біопрепаратами (Мікофренд, Азотохелп, Липосам).
- **Спосіб внесення:** поверхневий розподіл матеріалу із наступним вирівнюванням бороною БП-12 та зароблянням агрегатом АПОГ-6 (John Deere 6155M). Дослід інтегровано в систему Mini-till.
- **Контроль:** ділянка оброблена аналогічним способом, але без додавання біочару та біопрепаратів.
- **Показники, що вимірювалися:** агрохімічні показники: рН (водний та сольовий), гумус, рухомі форми макроелементів (N, P, K); агрофізичні показники: щільність ґрунту, запаси продуктивної вологи; мікробіологічний аналіз ґрунту; показники врожайності та якості продукції.

Що показали випробування?

Таблиця 8. Вплив біочару та біопрепаратів на показники ґрунту і врожайність

Показник*	Практика (Mini-till вітчизняна)	Значення показника	Різниця до контролю (+/-)
Урожайність, т/га	– контроль	4,83	-
	– біочар	5,21	+0,38 (+7,87%)
	– біочар+біопрепарати	5,52	+0,69 (+14,29%)
Масова частка білка в зерні, %	– контроль	11,2	-
	– біочар	11,3	+0,10 (+0,89%)
	– біочар+біопрепарати	14,0	+2,80 (+25,00%)
рН ґрунту (сольової витяжки, шар 0-10 см)	– контроль	7,4	-
	– біочар	7,5	+0,10 (+1,35%)
	– біочар+біопрепарати	7,4	-
Гумус	– контроль	3,53	-
	– біочар	3,74	+0,21 (+5,95%)
	– біочар+біопрепарати	3,71	+0,18 (+5,10%)

Показник*	Практика (Mini-till вітчизняна)	Значення показника	Різниця до контролю (+/-)
Азот гідролізований, мг/100 г (шар 0-10 см)	– контроль	10,8	-
	– біочар	12,9	+2,1 (+19,44%)
	– біочар+біопрепарати	14,8	+4,0 (+37,04%)
Фосфор рухомий, мг/100 г (шар 0-10 см)	– контроль	25,2	-
	– біочар	27,8	+2,6 (+10,32%)
	– біочар+біопрепарати	41,8	+16,6 (+65,87%)
Калій рухомий, мг/100 г (шар 0-10 см)	– контроль	32,5	-
	– біочар	39,5	+7,0 (+21,54%)
	– біочар+біопрепарати	41,0	+8,5 (+26,15%)
Щільність ґрунту, г/см³ (шар 0-10 см)	– контроль	1,23	-
	– біочар	1,20	-0,03 (-2,44%)
	– біочар+біопрепарати	1,18	-0,05 (-4,07%)
Запаси продуктивної вологи, мм (шар 0-40 см)	– контроль	20,9	-
	– біочар	26,4	+5,5 (+26,32%)
	– біочар+біопрепарати	26,0	+5,1 (+24,40%)

Показники стану ґрунту визначено на кінець дослідів (05.08.2026).

Зростання врожайності та якості зерна: використання чистого біочару підвищило врожайність на 7,87% (до 5,21 т/га), тоді як комплекс «біочар + біопрепарати» забезпечив приріст на 14,29% (до 5,52 т/га). Крім того, комплексне внесення суттєво вплинуло на якість: масова частка білка в зерні зросла на 25% — з 11,2% на контролі до 14,0%.

Потужна мобілізація живлення (NPK): найбільший синергетичний ефект зафіксовано щодо доступності поживних речовин. Варіант із біопрепаратами збільшив кількість рухомого фосфору на 65,87%, гідролізованого азоту на 37,04%, а рухомого калію — на 26,15% порівняно з контрольною ділянкою.

Збільшення запасів вологи та гумусу: в обох варіантах із біочаром аналіз показав більший показник гумусу приблизно на 5–6%, однак значною мірою це вуглець самого біочару, а не новоутворений гумус; цей вуглець може залишатися в ґрунті сотні років. Також суттєво покращилося утримання води: запаси продуктивної вологи у шарі 0–40 см зросли на 26,32% (+5,5 мм) за чистого біочару та на 24,40% (+5,1 мм) за комплексного внесення.

Головний підсумок: використання самого лише біочару добре працює на утримання вологи та дає помірний приріст урожаю. Однак для розкриття повного потенціалу цієї технології – зокрема для кардинального збільшення білка в зерні та вивільнення заблокованого в ґрунті фосфору й азоту – біочар рекомендовано застосовувати в синергії з біопрепаратами.

Про що свідчить ширша академічна доказова база?

- **Підвищення врожайності:** Аналіз досліджень показує, що застосування біочару підвищує врожайність сільськогосподарських культур у середньому на 10%. Найбільш виражений позитивний агрономічний ефект спостерігається на деградованих та кислих ґрунтах¹⁹.
- **Покращення утримання вологи:** Внесення біочару збільшує здатність ґрунту утримувати доступну для рослин воду в середньому більш ніж на 20%. Цей показник є особливо відчутним для ґрунтів із грубою текстурою за умови використання дрібних фракцій біочару²⁰.
- **Зниження кислотності ґрунту:** Більшість видів біочару здатні підвищувати рівень pH ґрунту в середньому на 6%. Крім того, біочар збільшує буферну здатність ґрунту, роблячи його більш стійким до подальшого шкідливого закислення²¹.
- **Синергія з добривами:** Поєднання біочару з мінеральними або органічними добривами часто працює ефективніше, ніж використання лише добрив, забезпечуючи середнє зростання врожайності на 15%²².
- **Оптимізація норм внесення:** Локальне прикореневе внесення біочару (близько 4 тонн на гектар) у поєднанні з технологіями мінімального обробітку ґрунту дає потужний позитивний ефект при значній економії матеріалу²³.
- **Покращення якості компосту:** Спільне компостування органіки з біочаром допомагає надійно утримувати значні обсяги нітратів у готовому субстраті. Додавання біочару як наповнювача також успішно зменшує втрати аміаку під час компостування²⁴.
- **Скорочення парникових викидів:** Застосування біочару в сільському господарстві чітко демонструє зниження викидів закису азоту (N₂O) з ґрунтів. Це робить його одним із небагатьох рішень, що одночасно депонує вуглець та скорочує викиди інших небезпечних газів²⁵.
- **Використання як кормової добавки:** Додавання біочару в раціон тварин (зазвичай близько 0,3% від обсягу корму) покращує їхній ріст, показники крові та загальну стійкість до хвороб. Одночасно така добавка сприяє зниженню викидів метану у жуйних тварин та зв'язуванню токсинів²⁶.

¹⁹ Schmidt, H.-P., Kammann, C., Hagemann, N., Leifeld, J., Bucheli, T. D., Sánchez Monedero, M. A., & Cayuela, M. L. (2021). Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses. *GCB Bioenergy*, 13(11), 1708–1730. <https://doi.org/10.1111/qcbb.12889>

²⁰ Wei, B., Peng, Y., Lin, L., Zhang, D., Ma, L., Jiang, L., Li, Y., He, T., & Wang, Z. (2023). Drivers of biochar-mediated improvement of soil water retention capacity based on soil texture: A meta-analysis. *Geoderma*, 437, Article 116591. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116591>

²¹ Liu, S., Cen, B., Yu, Z., Qiu, R., Gao, T., & Long, X. (2025). The key role of biochar in amending acidic soil: Reducing soil acidity and improving soil acid buffering capacity. *Biochar*, 7(1), Article 52. <https://doi.org/10.1007/s42773-025-00432-8>

²² Ye, L., Camps-Arbestain, M., Shen, Q., Lehmann, J., Singh, B., & Sabir, M. (2020). Biochar effects on crop yields with and without fertilizer: A meta-analysis of field studies using separate controls. *Soil Use and Management*, 36(1), 2–18. <https://doi.org/10.1111/sum.12546>

²³ Obia, A., Cornelissen, G., Martinsen, V., Smebye, A. B., & Mulder, J. (2020). Conservation tillage and biochar improve soil water content and moderate soil temperature in a tropical Acrisol. *Soil and Tillage Research*, 197, Article 104521. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104521>

²⁴ Busch, F., Leal, O. dos A., Siebers, N., & Brüggemann, N. (2024). Biochar captures ammonium and nitrate in easily extractable and strongly retained form without stimulating greenhouse gas emissions during composting. *Journal of Environmental Quality*, 53(6), 1099–1115. <https://doi.org/10.1002/eq2.20634>

²⁵ Zhong, L., Wang, P., Gu, Z., Song, Y., Cai, X., Yu, G., Xu, X., & Kuzyakov, Y. (2025). Biochar reduces N₂O emission from fertilized cropland soils: A meta-analysis. *Carbon Research*, 4(1), Article 31. <https://doi.org/10.1007/s44246-025-00198-5>

²⁶ Nair, P. S., P S, S. M., Suresh, S., A J, S., K, S., S, A. K., P R, A., Krishnan, N., S, P., Chakraborty, S., Chopra, H., Akash, S., Amin, R., Dey, A., Alagawany, M., Chandran, D., & Dhama, K. (2023). Beneficial impacts of biochar as a potential feed additive in animal husbandry. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 11(3), 479–499. [https://doi.org/10.18006/2023.11\(3\).479.499](https://doi.org/10.18006/2023.11(3).479.499)

Руслан Дегтярьов: від японського досвіду до українського поля



Руслан Дегтярьов – операційний директор ТОВ «Баришівська зернова компанія», яке обробляє близько 57 тис. га у Київській, Черкаській, Полтавській та Чернігівській областях. Одним із викликів для господарства є робота з проблемними ґрунтами на Чернігівщині – з підвищеною кислотністю, невисокою доступністю окремих елементів живлення та потребою постійно підтримувати їхню родючість.

Раніше для коригування кислотності тут періодично застосовували вапнування. Поява біочару відкрила інший підхід: це не разова корекція показників ґрунту, а внесення матеріалу, який може працювати в ґрунті протягом багатьох років. Якщо вапнування потрібно повторювати залежно від стану ґрунту, то біочар розглядають як довгострокову інвестицію у його властивості.



Рисунки 8, 9 і 10. Руслан Дегтярьов під час навчального тренінгу в Японії, компанія «Тромсо»: практичне застосування біочару

З технологією Руслан Дегтярьов уперше детально ознайомився завдяки проєкту ЮНІДО «Зелене відновлення промисловості в Україні» за участю компанії «Тромсо» (Tromso Co., Ltd.). У складі української делегації він відвідав Японію, де побачив технологію виробництва біочару з агровідходів та практичні результати його застосування. Саме можливість перетворювати сільськогосподарські відходи на ресурс для відновлення ґрунту стала одним із аспектів, що привернули увагу.

У 2026 році господарство зробило перший практичний крок – на площі 1 га під посіви сої на піщаних малородючих ґрунтах внесли біочар українського виробництва з нормою 10 т/га. Поки що це дослідний масштаб, адже в господарстві розуміють: біочар не дає підстав очікувати кардинальних змін уже в перший сезон. Його цінність – у довгостроковій дії. Тому цей досвід у «Баришівській зерновій компанії» розглядають не як спробу отримати швидку прибавку врожаю, а як інвестицію у майбутній стан ґрунту. Наступні роки покажуть, наскільки ефективним буде застосування біочару на конкретних ґрунтах і чи можна буде масштабувати технологію на більші площі.

Для господарства такого масштабу це також можливість перевірити технологію в реальних виробничих умовах і на основі власних спостережень визначити, де біочар може дати найбільший ефект.

4.4. Економіка біочару

Економічна оцінка застосування біочару має свої фундаментальні особливості, оскільки на відміну від звичайних мінеральних добрив чи біопрепаратів, біочар є довгостроковою капітальною інвестицією у ґрунт (CAPEX). Його внесена маса не розкладається протягом сезону, а працює в агроценозі десятками і сотнями років. З цієї причини оцінювати економічну ефективність меліоранта виключно за результатами першого року слід обережно, розглядаючи їх як **проміжні**.

Початкова вартість біочару: 20 000 грн/т.

Початкова вартість інвестицій завжди залежатиме від типу і стану ґрунту та обраної норми внесення.

Витрати та економіка першого року (на прикладі ярого ячменю)

Таблиця 9. Аналіз витрат і вигод (на 1 га)

Показник	Контроль	Біопрепарати	Біовугілля (5 т/га)	Комбінований варіант
Додаткові витрати (повна вартість біочару та його внесення в 1-й рік), грн/га	0	673	101 801	102 474 (101 801 + 673)
Приріст врожайності ярого ячменю, т/га	Базовий фонд (4,83 т/га)	+0,26 т/га	+0,38 т/га	+0,69 т/га
Додатковий дохід (ціна зерна 6 000 грн/т), грн/га	-	+1 560	+2 280	+4 140
Чистий економічний ефект (1-й рік), грн/га	-	+887	-99 521	-98 334 (проміжний результат до початку «ефекту спадщини»)
Співвідношення вигод і витрат (В/С)	-	2,32	0,02	0,04 (потребує тривалого періоду окупності)

Примітка: Розрахунок виконано за повною вартістю біочару та його внесення в перший рік: 100 000 грн/га (ціна біочару 20 000 грн/т за норми 5 т/га) + 1 801 грн/га на розподілення біочару (423 грн/га) і загортання (1 378 грн/га), разом 101 801 грн/га, а також вартості біопрепаратів 673 грн/га (оброблення насіння та одне обприскування).

Економічна ефективність комбінованої обробки: у поєднанні з біопрепаратами (вартість обробки 673 грн/га) сукупні додаткові витрати комбінованого варіанта у перший рік складають 102 474 грн/га. При цьому приріст господарської врожайності ярого ячменю на чистому біочарі склав +0,38 т/га (+2 280 грн/га доходу), а в комбінованому варіанті («Біочар + Біопрепарати») – +0,69 т/га (+4 140 грн/га доходу за ціни зерна 6 000 грн/т) із якісним стрибком білка до 14,0%.

Окупність у перший рік: оскільки пряма виручка першого року покриває лише близько 2–4% цих витрат, чистий економічний ефект у перший рік залишається від’ємним — близько –98 334 грн/га для комбінованого варіанта. Це підтверджує, що для низькомаржинальних зернових культур, таких як пшениця та ячмінь, чистий біочар не окупується за один сезон лише за рахунок доходу від зерна.

Довгостроковий ефект та ефект накопичення: оскільки результати першого року наших випробувань повністю відповідають світовій практиці, врожайність та економічна віддача від біочару мають потенціал до зростання в наступні сезони. Згідно з міжнародними дослідженнями, у міру стабілізації мікробіому та завершення адаптації («ефект спадщини»), приріст врожайності на 2–3-й рік може досягати 10–15% (проти ~8% на 1-й рік). Проте для низькомаржинальних зернових культур цей приріст лише частково пом’якшує початкові витрати першого року, тоді як повна окупність капітальних інвестицій у чистому вигляді вимагає тривалішого часу або переходу на високомаржинальні культури.

Крім того, значним драйвером окупності може стати потенційна монетизація вилученого вуглецю (вуглецеві кредити CDR), хоча адміністрування таких проєктів на рівні окремого господарства наразі вимагає суттєвих зусиль.

- Альтернатива: мікродози та високомаржинальні культури.
- З огляду на складність логістики та внесення високих доз (3–5 т/га), експерти рекомендують розглядати внесення біочару в мікродозах (наприклад, інтеграцію в органічні добрива або локальне прикореневе внесення)²⁷.

Економіка врожайності: коли і чому це може бути вигідно

Якщо ви вирощуєте маржинальну культуру з плановим доходом, наприклад, 600 000 грн з гектара (що є стандартним або навіть помірним показником для комерційних овочів чи ягід), то збільшення врожайності або товарності лише на 10–15% завдяки біочару принесе додаткові 60 000–90 000 грн уже в перший рік. Це покриває близько 60–90% початкової інвестиції у біочар (101 801 грн/га за норми 5 т/га разом із внесенням), тож вкладення може окупитися за 1–2 сезони навіть без урахування продажу вуглецевих кредитів.

Враховуючи, що біочар не розкладається і залишається в ґрунті сотнями років, усі наступні сезони цей приріст працюватиме як чистий додатковий прибуток, дозволяючи також економити на обсягах внесення добрив.

Фінансова модель є чутливою до трьох факторів:

- **Ціна біочару:** визначальний фактор. Власне виробництво з відходів суттєво пришвидшує окупність, тоді як закупівля преміального продукту, наприклад, за 40 000 грн/т, розтягне її на багато років.
- **Маржинальність культури:** вирощування дорогих культур (олійні, соя, овочі, лохина) генерує значно вищий грошовий потік від приросту врожайності, ніж базові зернові.
- **Вартість мінеральних добрив:** чим дорожчими є традиційні добрива, тим ціннішою є здатність біочару утримувати їх у ґрунті.

²⁷ Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Alling, V., Breedveld, G., Rutherford, D., Sparrevik, M., Hale, S., Obia, A., & Mulder, J. (2013). Biochar effect on maize yield and soil characteristics in five conservation farming sites in Zambia. *Agronomy*, 3(2), 256–274. <https://doi.org/10.3390/agronomy3020256>

4.5. Основні ризики

Ризики, пов'язані з якістю біочару. Недотримання належної технології піролізу може призвести до отримання неефективного продукту. Якщо вуглецевий баланс є незадовільним або сировина має надмірно високий вміст мінералів, як-от пташиний послід, кінцевий матеріал може мати низьку пористість і не забезпечити очікуваного ефекту.

Ризики забруднення. Якщо як сировину використовують хімічно оброблену деревину або температурний режим не контролюється належним чином, біочар може містити важкі метали та канцерогенні сполуки. Щоб мінімізувати цей ризик, фермери повинні вимагати підтвердження того, що матеріал відповідає визнаним європейським системам сертифікації, таким як EBC, які гарантують безпеку продукту.

Транспортні витрати. Біочар має надзвичайно низьку насипну щільність. Транспортування цього легкого, але об'ємного матеріалу на відстані понад 150 км часто робить логістику економічно не вигідною.

Проблеми при внесенні. Сухий, необроблений біочар має високу схильність до пилювання. Під час механізованого розкидання у вітряних умовах фермер може втратити значну частину матеріалу та створити небезпечні умови для операторів техніки. Тому для внесення слід використовувати зволожений біочар або суміші на основі компосту.

Вплив форми землеволодіння. Оскільки повна агрономічна віддача може проявитися лише на третьому році, використання біочару на ділянках, що перебувають у короткостроковій оренді на строк менше трьох років, створює ризик того, що інший орендар отримає вигоду від цих інвестицій.

Інші потенційні ризики. Біочар має високу сорбційну здатність і тому може частково зв'язувати та нейтралізувати гербіциди, внесені у ґрунт, знижуючи ефективність боротьби з бур'янами. Це може вимагати коригування норм внесення або переходу на післясходові гербіциди.

4.6. Як випробувати цю практику

Щоб мінімізувати ризики, фермеру рекомендується провести локальний тест (метод стрічкових випробувань):

1. **Підготовка:** Придбати 1–2 тонни сертифікованого біочару (норма внесення залежатиме від типу та проблемності ґрунту). Змішати його з органікою (гноєм або компостом у пропорції 1:10) та залишити на 3–4 тижні для ферментації.
2. **Локалізація:** Обрати найменш продуктивну ділянку поля (схильну до посух, на легких пісках або важких суглинках).
3. **Закладання стрічок:**
 - *Контрольна стрічка:* внесення стандартної норми добрив за звичною технологією.
 - *Дослідна стрічка:* внесення підготовленої суміші біочару зі зменшенням норми мінеральних азотних добрив на 15–20%.
4. **Моніторинг:** Протягом сезону спостерігати за реакцією рослин (особливо в періоди посухи) та зафіксувати різницю в урожайності під час збирання.
5. **Фіксація ефекту спадщини:** Найважливіший етап – зберегти маркування ділянок та спостерігати за ними протягом наступних двох років *без додаткового внесення біочару*. Лише після оцінки довгострокового ефекту приймати рішення щодо масштабування практики на все підприємство.

Повний алгоритм проведення випробування наведено в Модулі 6.

ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ, ПОШКОДЖЕНИХ УНАСЛІДОК ВІЙНИ

5.1. Безпека понад усе

Відновлення пошкоджених війною земель є неможливим без попереднього гуманітарного розмінування та усунення загроз від вибухонебезпечних предметів.

Перед початком будь-яких відновлювальних робіт:

- Необхідно отримати офіційний документ від державних органів (наприклад, ДСНС) про повне гуманітарне розмінування ділянки та очищення її від нерозірваних боєприпасів (UXO) та залишків техніки.
- Слід провести комплексний агрохімічний аналіз для визначення рівня фізичної деградації (наприклад, ущільнення від важкої гусеничної техніки), втрати гумусу та стану ґрунтового мікробіому.
- Обов'язково є токсикологічна оцінка ґрунту на наявність важких металів (особливо свинцю, цинку, кадмію та міді), залишків нафтопродуктів і вибухових речовин (тротилу, гексогену), концентрація яких найвища в епіцентрах вибухів та місцях спалення техніки.
- Якщо для очищення поля використовувалися рослини-гіперакумулятори (ріпак, соняшник, гірчиця, люпин), зібрану біомасу необхідно дослідити на вміст токсикантів і утилізувати контрольованим способом, щоб уникнути потрапляння важких металів у харчовий ланцюг.
- При використанні біоچارу як меліоранту застосовуйте лише сертифікований матеріал (наприклад, за стандартом European Biochar Certificate, EBC), щоб уникнути вторинного забруднення ґрунту канцерогенними поліциклічними ароматичними вуглеводнями (ПАВ) та важкими металами з неякісної сировини.

Примітка: Не розпочинайте роботи, якщо ділянка не має офіційного сертифіката про розмінування, на полі присутня знищена військова техніка (яка генерує катастрофічні рівні забруднення), або відсутні результати лабораторного підтвердження того, що рівень токсичності ґрунту дозволяє безпечно ведення сільського господарства.

5.2. Оцінка стану пошкодженої землі

Крок 1. Чи було офіційно підтверджено безпечність території?

1. Подайте заявку до ДСНС або до сертифікованих операторів протимінної діяльності на обстеження ділянки.
2. Дочекайтеся проведення процедури нетехнічного та, за необхідності, технічного гуманітарного розмінування.
3. Отримайте офіційний акт (сертифікат) про повне очищення території від мін, нерозірваних боєприпасів (UXO) та залишків знищеної техніки. Без наявності цього документа будь-які роботи на полі категорично заборонені.

Крок 2. Чи було проведено дослідження ґрунту?

Рекомендовано залучити акредитовану лабораторію для проведення комплексного агрохімічного, токсикологічного та фізичного аналізу. Відбір проб має бути сфокусований на зонах найвищого ризику: епіцентрах вибухів, вирвах та місцях згоряння важкої

бронетехніки. Дослідження має оцінити рівень ущільнення ґрунту, втрату гумусу та стан ґрунтового мікробіому.

Крок 3. Чи виявлено забруднення?

Лабораторні результати необхідно порівняти з гранично допустимими концентраціями (ГДК). Особливу увагу слід звертати на наявність важких металів (свинцю, кадмію, цинку, міді), залишків нафтопродуктів та вибухових речовин (тротилу, гексогену). Практика показує, що в місцях знищення техніки рівні цих токсикантів можуть перевищувати норму в десятки разів, створюючи катастрофічний рівень небезпеки.

Крок 4. Чи вважається сільськогосподарське виробництво безпечним?

Якщо ГДК важких металів або органічних токсикантів перевищені, вирощування продовольчих та кормових культур є небезпечним. Токсини та канцерогени можуть поглинатися кореневою системою рослин і незворотно потрапляти в харчовий ланцюг, загрожуючи здоров'ю людей і тварин. Якщо показники перебувають у межах норми, ділянку можна поступово повертати в сільськогосподарський обіг, віддаючи перевагу відновлювальним практикам.

Крок 5. Який вид відновлення може бути доцільним?

Вибір методу залежить від типу деградації:

- **Для очищення від важких металів та нітратів:** застосовують фіторемедіацію – посів рослин-гіперакумуляторів (ріпак, соняшник, гірчиця, люпин) із подальшим збиранням та безпечною утилізацією їхньої біомаси.
- **Для розщеплення нафтопродуктів та залишків вибухівки:** використовують мікробіологічну деградацію шляхом внесення спеціалізованих бактеріальних препаратів (наприклад, штамів *Pseudomonas* чи *Rhodococcus*).
- **Для відновлення структури, утримання вологи та блокування токсинів:** вносять високоякісний сертифікований біочар (наприклад, за стандартом EBC-Agro, який гарантує відсутність небезпечних смол і важких металів у самому матеріалі). Найвищу ефективність демонструє комбінований підхід, що поєднує всі три методи.

5.3. Наукові та практичні дані

Наше випробування

Біологічні препарати

- **Характеристика:** комплекс живих корисних ґрунтових мікроорганізмів (у нашому досліді — Екостерн Детоксикант + Граундфікс).
- **Мета застосування:** застосовується для ревіталізації (оживлення) "мертвого" після бойових дій ґрунту. Бактерії допомагають розщеплювати органічні забруднювачі (залишки пально-мастильних матеріалів, хімікатів) та мобілізують поживні речовини, перетворюючи недоступні форми фосфору і калію у легкозасвоювані для коріння рослин.

Біочар

- **Характеристика:** деревний біочар із вмістом органічного вуглецю (C_{org}) 61,6%, що відповідає вимогам 1 класу якості за європейським стандартом European Biochar Certificate (EBC, версія 10.4, 2024) та IBI Biochar Standards v.2.0 та гарантує відсутність токсичних смол та важких металів у самому меліоранті.
- **Мета застосування:** Використовується як потужний природний фільтр-сорбент. Його головне завдання — міцно зв'язати (заблокувати) важкі метали та небезпечні токсини у ґрунті, щоб вони не потрапили в урожай. Крім того, біочар розпушує

ущільнений ґрунт, утримує вологу і стає ідеальним захищеним "будинком" для мікроорганізмів.

Комбіноване застосування

- **Характеристика:** спільне внесення біочару та бактеріальних препаратів.
- **Мета застосування:** досягнення синергетичного (подвійного) ефекту. Біочар миттєво знижує токсичність ґрунту та створює захисну пористу структуру. Це дозволяє внесеним бактеріям не загинути від хімічного стресу, а гарантовано прижитися, швидко розмножитися і максимально розкрити свій потенціал із відновлення родючості поля.

Що показали випробування?

Місце проведення: ФГ «Славутич» с. Ясна Поляна, Баштанського району Миколаївської області; дослідна ділянка: 0,5 га.

Тип пошкодження: фізична деградація (ущільнення) та ризик хімічного забруднення важкими металами внаслідок бойових дій у 2022 році (за результатами аналізів вміст рухомих форм свинцю та кадмію в ґрунті – щонайменше в 14 разів нижчий за гранично допустимі концентрації).

Ґрунт: чорноземи південні малогумусні.

Методи відновлення: застосування якісного деревного біочару та біопрепаратів (Екостерн Детоксикант із нормою 1,5 л/га та Граундфікс (5 л/га)) у трьох різних комбінаціях для відновлення фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунтів.

- **варіант 1** – Екостерн Детоксикант + Граундфікс;
- **варіант 2** – Біочар;
- **варіант 3** – Комплекс (біопрепарати + біочар).

Тривалість: 2026 рік.

Основні результати

Таблиця 10. Основні результати застосування відновлювальних заходів на пошкоджених ґрунтах

Показник	Варіант дослід*	Фактичне значення	Різниця порівняно з контролем
Залишки вибухових речовин	<i>Контроль</i>	Не виявлено	Базовий рівень
	<i>Варіант 1</i>	Не виявлено	Без змін
	<i>Варіант 2</i>	Не виявлено	Без змін
	<i>Варіант 3</i>	Не виявлено	Без змін (не виявлено вже на початку дослідів, у квітні 2026 р.; припущення про їх природний розклад з 2022 р. потребує підтвердження)
Щільність ґрунту, г/см³ (менше – краще)	<i>Контроль</i>	1,36	Базовий рівень
	<i>Варіант 1</i>	1,29	Зниження на 0,07 г/см ³ (покращення)

Показник	Варіант досліджу*	Фактичне значення	Різниця порівняно з контролем
	Варіант 2	1,26	Зниження на 0,10 г/см ³ (покращення)
	Варіант 3	1,23	Зниження на 0,13 г/см ³ (найкраще розуцільнення ґрунту)
Вологість ґрунту, % (більше – краще)	Контроль	11,4	Базовий рівень
	Варіант 1	12,7	Зростання на 1,3 в.п.
	Варіант 2	14,6	Зростання на 3,2 в.п.
	Варіант 3	15,8	Зростання на 4,4 в.п. (найкраще утримання вологи)
Мінеральний азот (N), мг/кг	Контроль	21,8	Базовий рівень
	Варіант 1	14,3	Зниження на 7,5 мг/кг
	Варіант 2	29,5	Зростання на 7,7 мг/кг
	Варіант 3	29,3	Зростання на 7,5 мг/кг
Рухомий фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг	Контроль	57,5	Базовий рівень
	Варіант 1	60,0	Зростання на 2,5 мг/кг
	Варіант 2	82,5	Зростання на 25,0 мг/кг
	Варіант 3	100,0	Зростання в 1,7 раза (+42,5 мг/кг — найкраще живлення)
Рухомий калій (K ₂ O), мг/кг	Контроль	191,2	Базовий рівень
	Варіант 1	170,0	Зниження на 21,2 мг/кг
	Варіант 2	205,0	Зростання на 13,8 мг/кг
	Варіант 3	232,5	Зростання на 41,3 мг/кг (максимальна мобілізація)
Свинець (Pb), мг/кг (менше – безпечніше)	Контроль	0,12	Базовий рівень
	Варіант 1	0,20	Зростання до 0,20 мг/кг
	Варіант 2	0,04	Зниження в 3 рази (найкраща нейтралізація металу)
	Варіант 3	0,20	Зростання до 0,20 мг/кг (залишається у безпечних межах)

Показник	Варіант досліджу*	Фактичне значення	Різниця порівняно з контролем
Цинк (Zn), мг/кг	Контроль	0,4	Базовий рівень
	Варіант 1	0,3	Зниження на 0,1 мг/кг
	Варіант 2	0,5	Зростання на 0,1 мг/кг
	Варіант 3	2,8	Зростання в 7 разів (активна мікробіологічна мобілізація)
Загальна біогенність ґрунту, млн КУО/г	Контроль	169,1	Базовий рівень
	Варіант 1	155,1	Зниження на 8,3 %
	Варіант 2	168,8	Майже без змін (-0,2 %)
	Варіант 3	146,1	Зниження загальної кількості на користь корисної мікрофлори
Фітопатогени (хвороботворні гриби), тис. КУО/г (менше – краще)	Контроль	7,5	Базовий рівень
	Варіант 1	15,0	Зростання у 2 рази
	Варіант 2	37,9	Зростання у 5 разів
	Варіант 3	4,1	Зниження на 45,3 % (найкраще знезараження ґрунту)

Щодо інших досліджуваних мікроелементів і металів, зокрема заліза, марганцю та кадмію, їхні показники в усіх варіантах залишалися в безпечних межах і суттєво нижчими за токсичні норми. Водночас залізо та марганець, подібно до цинку, продемонстрували корисну для живлення рослин мобілізацію у доступні форми саме за комплексного застосування біочару та біопрепаратів.

- **Чистий біочар був найефективнішим фільтром від забруднювачів.** Самостійне застосування біочару найкраще зв'язувало важкі метали, знижуючи рівень небезпечних рухомих форм свинцю утричі, що робить його особливо корисним для хімічно забруднених ділянок.
- **Максимальної родючості було досягнуто лише за комплексного підходу.** Поєднання біочару та біопрепаратів забезпечило потужний синергетичний ефект і найбільше вивільнення доступних для рослин фосфору, калію та мікроелементів, зокрема триразове збільшення марганцю та семиразове — цинку.
- **Біочар є важливим «домом» для корисних бактерій.** Застосування біопрепаратів без вуглецевої матриці дало слабші результати й не забезпечило належного пригнічення хвороб. Лише комплексне використання мікроорганізмів разом із біочаром суттєво покращило фітосанітарний стан ґрунту: кількість небезпечних фітопатогенів, зокрема збудників фузаріозу, зменшилася майже вдвічі, що підтримує екологічну та санітарну безпеку майбутнього врожаю.
- **Комплексний підхід виявився також найефективнішим для фізичного відновлення ґрунту.** Він забезпечив найбільше зменшення ущільнення — до щільності 1,23 г/см³ — та найвище накопичення вологи, зі зростанням на 4,4 відсоткового пункту, що особливо важливо для виживання рослин у посушливому Південному Степу.

Про що свідчить ширша академічна доказова база?

Світові наукові дослідження та випробування на полях доводять: найкращий та найвигідніший спосіб «оживити» зруйновані війною землі — це спільне використання спеціального вугілля (біочару) та корисних бактерій^{28, 29}.

Біочар діє як дуже потужна губка-фільтр. Він вбирає і надійно блокує в собі важкі метали та отруту, не даючи їм розноситися ґрунтом і потрапляти в коріння ваших рослин³⁰. Зі свого боку, живі бактерії зі спеціальних препаратів працюють як природні «санітари» — вони здатні перетравлювати та розщеплювати залишки пального, мастил та стійкої хімії.

Коли ми поєднуємо ці два компоненти, біочар стає надійним захищеним «будинком» для мікробів. Це гарантує, що бактерії виживатимуть і працюватимуть навіть у найжорсткіших умовах — наприклад, у токсичних вирвах від снарядів. А якщо доповнити цей процес ще й посівом спеціальних очищувальних трав та корисними грибками для коріння, ваше поле відновиться максимально швидко та безпечно.

²⁸ Wang, B., Liu, B., Liu, G., Xue, L., Wang, S., & Chen, F. (2026). Synergistic mechanisms of biochar and microorganisms in soil remediation: From heavy metal immobilization to sustainable agriculture. *International Journal of Environmental Research*, 20(1), Article 12.

²⁹ Schommer, V. A., Vanin, A. P., Nazari, M. T., Ferrari, V., Dettmer, A., Colla, L. M., & Piccin, J. S. (2023). Biochar-immobilized *Bacillus* spp. for heavy metals bioremediation: A review on immobilization techniques, bioremediation mechanisms and effects on soil. *Science of the Total Environment*, 881, Article 163385.

³⁰ Maqbool, Z., Shahbaz Farooq, M., Rafiq, A., Uzair, M., Yousuf, M., Ramzan Khan, M., & Huo, S. (2024). Unlocking the potential of biochar in the remediation of soils contaminated with heavy metals for sustainable agriculture. *Functional Plant Biology*, 51(2), Article FP23257.

Юрій Бовкун: відновлення ґрунту, пошкодженого війною



Юрій Бовкун, керівник ФГ «Оksamит Таврії» з Херсонщини, працює в одних із найскладніших умов для українського агровиробництва. Частина земель господарства постраждала внаслідок бойових дій, а посушливий клімат регіону додатково створює навантаження на ґрунт і рослинність.

У таких умовах звичайного підходу до вирощування культур недостатньо. Перед господарством постало завдання не лише отримувати врожай, а й відновлювати родючість земель, які зазнали впливу війни.

У «Оksamиті Таврії» застосовують нульовий обробіток ґрунту та комплекс біопрепаратів BTU, спрямованих на відновлення ґрунту. Такий підхід дозволяє мінімізувати механічне втручання, зберегти вологу та одночасно працювати з біологічним станом ґрунту.

Особливу увагу господарство приділяє препарату «Екостерн Детокс». Його застосування дозволило змінити мікробіологічний склад ґрунту: частка шкідливих грибів знизилася з 21–26% до 4%, а серед патогенних грибів залишився лише один вид – *Fusarium*.

Це важливий результат саме для земель, які зазнали впливу бойових дій. Відновлення мікробіологічного балансу ґрунту допомагає знизити ризики ураження майбутніх посівів та створити кращі умови для розвитку рослин.

При цьому біологічні препарати використовують не ізольовано. У господарстві роблять ставку на комплексний підхід – поєднання біопрепаратів із мінеральними добривами та органічними матеріалами, адаптуючи технологію до стану конкретної ділянки. Результат оцінюють безпосередньо у виробництві: після застосування комплексу відзначено збільшення врожайності та покращення якості зерна.

У планах Юрія на наступні агрономічні сезони – комплексне застосування біопрепаратів разом із біочаром. Такий підхід обґрунтований науково доведеною сорбційною дією біочару: він не лише створює сприятливе середовище для мікрофлори, а й здатний надійно стабілізувати важкі метали, знижуючи їх токсичність.

Досвід ФГ «Оksamит Таврії» показує, що навіть ґрунти, які постраждали від війни, можна поступово повертати до продуктивного стану. Особливо важливо це для Херсонщини, де до наслідків бойових дій додаються високі температури, дефіцит вологи та загалом складні умови для землеробства. У таких умовах збереження вологи, мінімальне механічне втручання та відновлення біологічної активності ґрунту стають не окремими агроприйомами, а частинами однієї системи.

Досвід Юрія Бовкуна – приклад того, як поєднання нульового обробітку, біологічних рішень та органічного й мінерального живлення може допомогти відновлювати родючість земель, пошкоджених війною, і водночас повертати їм продуктивність.

5.4. Шляхи відновлення

Стан / проблема	Потенційний підхід	Ключові вимоги	Основні обмеження
Хімічне забруднення ґрунту важкими металами (зокрема, свинцем) у місцях вибухів або згоряння військової техніки.	Внесення чистого біочару (використання як фільтра-сорбенту).	Використання виключно сертифікованого біочару (наприклад, за стандартом ЕВС), щоб уникнути внесення нових токсинів або смол.	Висока початкова вартість. Самостійно не відновлює мікрофлору і може тимчасово підвищувати активність деяких ґрунтових патогенів.
Комплексна деградація: сильне ущільнення від техніки, втрата вологи, «мертвий» мікробіом та заблоковані елементи живлення.	Комбінований метод: Біочар + Біопрепарати (деструктори та мобілізатори) + посів сидератів (гірчиця біла).	Одночасне застосування матриці (біочару) та живих бактерій. Обприскування біопрепаратами у вечірній час для захисту від ультрафіолету.	Найвища складність виконання та максимальні початкові інвестиції. Потребує суворого дотримання регламенту спільного внесення.
Потреба в санітарному очищенні: накопичення збудників хвороб, необхідність розкладання органічних залишків на слабо пошкоджених ділянках (без екстремального забруднення металами).	Застосування лише біопрепаратів (наприклад, Екостерн Детоксикант + Граундфікс).	Наявність мінімальної продуктивної вологи в ґрунті, необхідної для виживання та активного розмноження бактерій.	Неефективний підхід для блокування важких металів. Значно слабше покращує фізичну структуру (щільність) ґрунту порівняно з біочаром.

5.5. Економіка відновлення

Ключовий результат

Вартість оцінки та досліджень: орієнтовно 7 000–15 000 грн за одну об'єднану пробу залежно від обсягу пакета аналізів, наприклад базової агрохімії, важких металів і токсикології.

Вартість відновлення: орієнтовно 104 161 грн/га на матеріали та експлуатацію техніки.

Вартість подальшого моніторингу: залежить від ціни фінального аналізу ґрунту на залишковий вміст важких металів.

Орієнтовний строк повернення до продуктивного використання: 1–2 роки; у перший рік рекомендовано вирощувати сидеральні культури.

Потенційне відновлення продуктивності / доходу: повернення 100% пошкодженої площі до сівозміни та отримання безпечного товарного врожаю.

Таблиця 11. Аналіз витрат і вигод (розрахунок на 1 га)

Стаття	Без втручання / початковий стан	Шлях відновлення (Біочар + Біопрепарати)	Різниця
Дослідження	0 грн	Лабораторний аналіз ґрунту (на важкі метали та токсини)	Додаткові витрати на аналізи
Відновлювальні заходи (матеріали)	0 грн	102 094 грн • Біочар (5 т/га × 20 000 грн) = 100 000 грн • Біопрепарати* (Екостерн 1,5 л + Граундфікс 5 л) = 2 094 грн	–102 094 грн
Техніка / праця	0 грн	~2 067 грн • розподіл біочару = 423 грн/га • загортання біочару (культивация) = 1 378 грн/га • обприскування (біопрепарати) = 266 грн/га	–2 067 грн
Подальші дослідження	0 грн	Фінальний токсикологічний аналіз ґрунту	Додаткові витрати
Інші витрати	0 грн	Посів насіння сидератів (наприклад, гірчиці білої)	Витрати на насіння та сівбу
Дохід / продуктивність	0 грн (Земля непридатна або небезпечна для вирощування їжі)	Відновлення продуктивності. Можливість отримувати повноцінний дохід від безпечних товарних врожаїв у наступні роки.	Відновлення 100% прибутку з ділянки в майбутньому
Чистий результат	Втрата активу (земля простоє та деградує далі)	–104 161 грн/га (капітальна інвестиція 1-го року) + вартість аналізів.	Повернення поля в сільськогосподарський обіг

Примітка: Вартість біопрепаратів вказана за фактичними цінами (Екостерн Детоксикант – 426 грн/л, Граундфікс – 291 грн/л). Операційні витрати на техніку вказані орієнтовно за розцінками системи Mini-till (вітчизняна техніка) з Модуля 2.

Багаторічні аспекти

Оскільки біочар може залишатися в ґрунті сотні років, витрати на рівні близько 100 000 грн/га є одноразовою капітальною інвестицією в очищення та відновлення пошкодженої ділянки. У наступні роки фермеру не потрібно повторно вносити біочар; натомість він може отримувати дохід від безпечних товарних культур і поступово окупати початкові інвестиції у відновлення.

Висновок за результатами аналізу витрат і вигод

Відновлення пошкоджених ґрунтів комплексним методом із використанням біочару та біопрепаратів потребує значних початкових інвестицій — понад 104 000 грн/га. Водночас це довгострокова капітальна інвестиція, а не сезонні витрати, адже біочар повільно розкладається та може десятиліттями або навіть століттями виконувати функції фільтра й резервуара вологи. Без відновлення забруднена земля залишається активом, що не генерує доходу. Тому високі початкові витрати можуть бути економічно виправданими, якщо вони дають змогу повернути поле до товарної сівозміни та отримувати дохід від безпечних урожаїв у довгостроковій перспективі.

ЯК ПРОВЕСТИ ВИПРОБУВАННЯ З НИЗЬКИМ РІВНЕМ РИЗИКУ У СВОЄМУ ГОСПОДАРСТВІ

6.1. Починайте з малого, навчайтеся швидко

Впровадження будь-яких нових технологій — це завжди ризик. Те, що показало блискучі результати в іншій області або на дослідному полі, може інакше спрацювати на вашій землі через відмінності у ґрунті, мікрокліматі чи наявній техніці.

Ризикний перехід на нову практику одразу на всіх площах загрожує серйозними фінансовими втратами, якщо щось піде не так. Натомість локальне випробування діє як ваша «страховка». Воно дає змогу безпечно протестувати технологію, зрозуміти її нюанси, «набити руку» на невеликій ділянці та переконатися, що вона дійсно приносить прибуток у ваших реаліях, не ставлячи під удар економіку всього підприємства.

Основний принцип: випробуйте практику на обмеженій площі, порівняйте її зі своєю звичайною практикою, виміряйте результат і лише після цього вирішуйте, чи варто її масштабувати.

Дев'ять кроків: що і коли робити

Кроки виконуйте в такій послідовності:

- **До сівби – кроки 1–5:** визначте проблему, перевірте придатність практики, сплануйте випробування, задайте критерії успіху й розрахуйте очікувану економіку.
- **У сезон – крок 6:** виконуйте операції та записуйте витрати й результати.
- **Після збору врожаю – кроки 7–9:** порівняйте результати з контролем, перерахуйте аналіз витрат і вигод та вирішіть, що робити далі.

Приклад заповнення: біопрепарати на яром у ячмені

Це умовний приклад, у якому використано дані з Модуля 3. Так можна заповнювати кроки 1–9 у вашому господарстві.

6.2. Крок 1. Визначте проблему

Яку проблему я намагаюся вирішити?

Практика, яку я хочу випробувати:

Чому ця практика може допомогти?

6.3. Крок 2. Перевірте, чи підходить практика

Поле, культура	
Ґрунтові умови	
Умови господарства	
Доступна техніка	
Доступні виробничі ресурси та матеріали	
Необхідне технічне забезпечення	
Основні ризики	

Рішення щодо готовності

Щоб прийняти рішення, дайте відповіді на такі запитання:

- Чи маю я типове вирівняне поле без виражених проблем, яке можна поділити на дослідну та контрольну ділянки?
- Чи маю я техніку та ресурси, необхідні для своєчасного виконання всіх операцій?
- Чи можу я дозволити собі можливу втрату врожайності на цій обмеженій площі?
- Чи можу я вести облік протягом усього сезону та дочекатися результатів, за потреби протягом кількох сезонів?

Якщо на всі запитання відповідь «так», можна починати. Якщо є сумніви, спершу усуньте їх. Якщо відповідь «ні», за поточних умов випробування проводити не слід. Оберіть відповідний варіант нижче.

- ☐ Готовий(-а) до випробування
- ☐ Спочатку необхідно вирішити певні питання
- ☐ Не варто проводити випробування за поточних умов

6.4. Крок 3. Сплануйте випробування

Планування випробування

- Площа: 1–10 га або одне типово поле; не більше 5–10% від загальної площі під обраною культурою.
- Тривалість: одного сезону зазвичай недостатньо. Для біопрепаратів бажано проводити порівняння протягом кількох років; для мінімального обробітку рекомендовано 3–4 роки (Модуль 2); для біочару слід спостерігати за тими самими ділянками щонайменше ще два роки після внесення (Модуль 4).

Орієнтири для планування

- Розмістіть контрольну ділянку на тому самому полі або на сусідньому полі з таким самим типом ґрунту та попередником.
- Залиште однаковими на обох ділянках: культуру та сорт/гібрид, дату і норму висіву, систему удобрення, захист рослин та строки виконання операцій.
- Змінюйте лише один фактор — практику, яку випробовуєте. Якщо одночасно змінити і систему обробітку ґрунту, і препарат, ви оцінюватимете ефект усієї технологічної системи, а не однієї практики.
- За можливості закладіть два повторення, розмістивши дослідну та контрольну смуги у двох різних частинах поля.

Як розмістити контроль

Дослідне поле	
Площа випробування	

6.5. Крок 4. Визначте, що означатиме успіх

Агрономічні показники

Показник 1	
Показник 2	
Показник 3	
Показник 4	

Операційні показники

Показник 1	
Показник 2	
Показник 3	
Показник 4	

Фінансові показники

Додаткові витрати/га	
Економія/га	
Дохід/га	
Чиста вигода/га	

Критерії успіху

Я вважатиму випробування успішним, якщо	
---	--

6.6. Крок 5. Розрахуйте економічну доцільність

Перед початком випробування проведіть відповідний аналіз витрат і вигод за зразком із розділів 2.4 (мінімальний обробіток ґрунту), 3.4 (біопрепарати), 4.4 (біочар) або 5.5 (відновлення ґрунтів).

Очікувані додаткові витрати	
Очікувана економія	
Очікуваний вплив на дохід	
Очікувана чиста вигода	
Точка беззбитковості	
Що має відбутися, щоб випробування окупилося?	

6.7. Крок 6. Проведіть випробування та ведіть облік

Записуйте, що ви робите

Дата	Операція	Дослідна ділянка / контроль	Ресурс / норма внесення	Техніка	Примітки

Дата	Показник	Контроль	Випробування	Примітки

6.8. Крок 7. Порівняйте результати

Показник	Контроль	Випробування	Різниця
Урожайність			
Дохід/га			
Матеріально-технічні ресурси/га			
Пальне/га			
Техніка/га			
Праця/га			
Інші витрати			
Чиста вигода/га			

Як відрізнити результат практики від випадковості

- Збирайте результати однаково на обох ділянках: з однакової площі та в один і той самий день.
- Якщо є повторення, порівняйте середні значення та перевірте, чи різниця має однаковий напрям у кожному повторенні.
- Невелика різниця, яка змінює напрям між повтореннями або від сезону до сезону, недостатня для висновку. Повторіть випробування.

Інші результати

Ґрунт	
Культура	
Операційні результати	
Інше	

6.9. Крок 8. Перерахуйте економіку

Фактичні значення візьміть із таблиці кроку 7 – тут їх порівнюють із очікуваними значеннями з кроку 5.

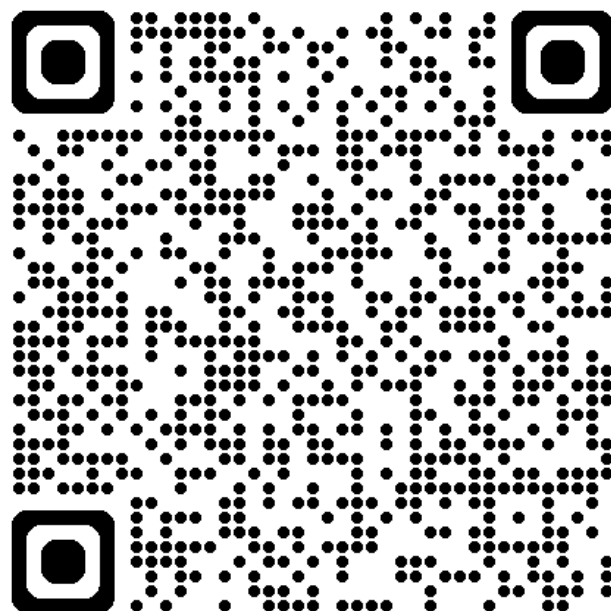
Показник	Очікуваний результат до початку випробування	Фактичний результат	Різниця
Додаткові витрати/га			
Економія/га			
Вплив на врожайність			
Вплив на дохід			
Чиста вигода/га			
Чому фактичний результат відрізнявся від очікуваного?			

6.10. Крок 9. Масштабуйте, повторіть випробування або зупиніться

Орієнтир: вважайте різницю суттєвою лише тоді, коли вона перевищує поріг беззбитковості, розрахований на кроці 5, і повторюється в різних повтореннях або сезонах.

Рішення	Розгляньте, якщо
Масштабувати	- Практика довела свою фінансову ефективність (чиста вигода з гектара впевнено перевищує показники вашої традиційної контрольної ділянки). - Технологія легко та органічно інтегрувалася у ваш виробничий процес, не створивши критичних затримок у графіку робіт. - Ви не зафіксували неконтрольованого зростання агрономічних ризиків (наприклад, хвороб або бур'янів), а стан ґрунту відповідає вашим очікуванням.
Провести повторне випробування	- Погодні умови під час сезону були екстремальними або нетиповими (аномальна посуха, тривалі зливи, град), що могло суттєво викривити результати. - Під час закладання або проведення дослідів були допущені технологічні чи організаційні помилки (несвоєчасне внесення, збій у налаштуваннях техніки тощо). - Економічні результати виявилися неоднозначними (наприклад, економія витрат лише покрила втрати врожаю, вийшовши «в нуль»), і ви не впевнені у стабільності цієї моделі.

Рішення	Розгляньте, якщо
Не масштабувати	• Випробування показало прямі фінансові збитки, і перерахунок доводить, що ця технологія системно не окупається у ваших конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. • Виникли критичні агрономічні проблеми, які потребують занадто дорогих рішень (наприклад, різкий спалах кореневищних бур'янів або стрімке падіння врожайності нижче точки беззбитковості). • Для повноцінного впровадження потрібні кардинальні зміни в комплектуванні машинно-тракторного парку або кваліфікації персоналу, до яких ваше господарство наразі не готове.



Ваша думка важлива для нас!
Поділіться своїми враженнями від Посібника: відскануйте QR-код та залиште свій відгук.

