СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА
NO-TILL І STRIP-TILL

ЧАСТИНА 2

За редакцією Косолапа М. П.

Підручник

Київ 2026

УДК 631.51:631.44
С 34

Рекомендовано Вченою радою
Національного університету біоресурсів і природокористування України
(протокол № 4 від 22 жовтня 2026 року)

Авторський колектив: М. П. Косолап, М. І. Биков., А. Є. Данкевич, І. Д. Примак, О. П. Кротінов, М. Ф. Іванюк,. В. В. Оверченко, В. О. Гуртовенко, В. М. Пугачов, Т. О. Хоменко, О. М. Журавель.

Рецензенти:

Сінченко В. М. – доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН України, заступник директора з наукової роботи Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.

Лукашов Д.В. – доктор біологічних наук, професор, директор ННЦ «Інститут біології та медицини» Національного університету ім. Тараса Шевченка.

Каленська С. М. – доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН України, зав. кафедрою рослинництва НУБіП України.

Системи землеробства No-till і Strip-till. Ч. 2: підручник для студ. вищ. навч. закл. / за редакцією М. П. Косолапа та ін. – Київ: НУБіП України, 2026. – 279 с.

ISBN 978-617-8928-76-6

Підручник підготовлений за типовою програмою вибіркової дисципліни підготовки бакалаврів за спеціальністю H1 «Агрономія» «Системи землеробства No-till і Strip-till» агробіологічного факультету, який надає можливість майбутнім фахівцям ознайомитися з теоретичними та практичними основами та особливостями кожної складової цих систем землеробства й перехідного періоду від традиційних до нових систем землеробства. Підручник підготовлений на основі узагальнених даних власних наукових досліджень та зарубіжного і вітчизняного практичного досвіду запровадження систем землеробства No-till і Strip-till.

При підготовці підручника був використаний штучний інтелект, ChatGPT, OpenAI як допоміжний інструмент для попереднього збору інформації, формування структури та мовного редагування матеріалів. Верифікація фактів та наукове узагальнення були зроблені авторами самостійно.

Підручник буде корисним студентам, аспірантам, викладачам закладів вищої освіти та спеціалістам аграрного сектору України.

© М. П. Косолап, М. І. Биков.,
А. Є. Данкевич, І. Д. Примак, О. П. Кротінов,
М. Ф. Іванюк,. В. В. Оверченко,
В. О. Гуртовенко, В. М. Пугачов,
Т. О. Хоменко, О. М. Журавель, 2026
© НУБіП України, 2026

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ



Микола Павлович Косолап
Кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування України. Створив і першим прочитав курс «Гербологія» в Національному аграрному університеті. Постійно викладає дисципліну «Гербологія» та «Системи землеробства No-till і Strip-till». Наукові інтереси пов'язані з проблемами контролю бур'янів у посівах сільськогосподарських культур та проблематикою системи землеробства No-till. Є автором та співавтором 252 наукових праць, з них – 6 навчальних посібників, 24 методичних рекомендацій.
Електронна адреса: n.kosolap@gmail.com



Микола Іванович Биков
Асистент кафедри землеробства та гербології НУБіП Україна. Національний експерт із ґрунтозберігаючого землеробства ФАО, дорадник з агрономії (свідоцтво №26/2017/2). Тема виробничих досліджень: органічне виробництво, ґрунтозахисні технології вирощування, карбонова економіка. Є автором ряду практичних посібників для органічного виробництва.
Електронна адреса: agro.bykov@gmail.com



Андрій Євгенійович Данкевич
д. е. н., професор, професор кафедри економіки та права, Національний університет харчових технологій, професор кафедри економічної безпеки, державного управління та адміністрування, Державний університет «Житомирська політехніка».
Електронна адреса: an.dankevich@gmail.com



Іван Дмитрович Примак
Доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Білоцерківського національного аграрного університету. Напрям наукової діяльності – розробка енергозберігаючих технологій механічного обробітку ґрунту та раціональних сівозмін для умов Центрального Лісостепу України. У 1993 році захистив докторську дисертацію. Викладає дисципліни: «Землеробство», «Гербологія», «Адаптивні системи землеробства».
Електронна адреса: zemlerobstvo@ukr.net



Олексій Павлович Кротінов
Кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування України.
Електронна адреса: o.krotinov@ukr.net



Микола Федорович Іванюк
Кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування України. Викладає навчальні дисципліни: «Сучасні системи землеробства», «Землеробство та гербологія», «Землеробство». Наукові інтереси пов'язані з проблемами зміни родючості ґрунту за різних видів обробітку в землеробстві України. Є автором та співавтором 52 наукових праць, з них – 1 монографії, 3 навчальних посібників, 24 методичних рекомендацій.
Електронна адреса: mivanyuk2016@gmail.com



Віталій Віталійович Оверченко
в.о. завідуючий кафедри землеробства та гербології НУБіП України, кандидат с.-г. наук, доцент кафедри землеробства та гербології Національний університет біоресурсів і природокористування України. Автор ряду навчальних посібників та досліджень з технології вирощування сільськогосподарських культур.
Електронна адреса: v.overchenko@nubip.edu.ua



Владислав Олександрович Гуртовенко
Доктор філософії зі спеціальності агрономія, асистент кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування України.
Електронна адреса: vlad.gurtovenko@nubip.edu.ua



Володимир Миколайович Пугачов
Кандидат економічних наук, старший науковий співробітник Національного наукового центру «Інституту аграрної економіки», заступник голови Комітету АПК Торгово-промислової палати України, виконавчий та регіональний директор у Східній Європі асоціації «Дунайська соя». Сфера наукових досліджень: аграрна економіка України та Європейського Союзу, європейська інтеграція України.



Тетяна Олексіївна Хоменко
комерційна директорка біотехнологічної компанії BTU, PhD в галузі агрономії. Ініціаторка та авторка проєктів, спрямованих на біологічне збереження й відновлення родючості ґрунтів, розвиток сучасних агротехнологій та поширення науково обґрунтованих підходів до сталого землеробства. Серед ключових ініціатив – «Польова студія» та Міжнародна конференція з відновлення родючості ґрунтів.
Електронна адреса: tanya@btu-center.com



Олександр Миколайович Журавель
Національний координатор проєкту Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО) 2018-2024 рік. Основна діяльність пов’язана зі сферою управління міжнародними проєктами в аграрному бізнесі; агроконсалтинг у стратегічному, оперативному та фінансовому менеджменті; управління ризиками, маркетинг.
Електронна адреса: oleksandr.zhuravel@gmail.com

ПЕРЕДМОВА

Ґрунт є одним із найважливіших компонентів агроекосистем і практично непоновлюваним природним ресурсом, стан якого безпосередньо визначає можливості сталого функціонування сільськогосподарського виробництва. Формування ґрунтового покриву та відновлення його природних властивостей відбуваються надзвичайно повільно, тоді як інтенсивне господарське використання може спричиняти значно швидші темпи деградаційних процесів. У зв'язку з цим, збереження, відновлення та підвищення родючості ґрунтів необхідно розглядати як одну з основних передумов довгострокового розвитку землеробства та забезпечення стабільності аграрного виробництва.

Особливістю землеробства є те, що технологічні процеси здійснюються на значних територіях і безпосередньо пов'язані з використанням ґрунтових, водних, біологічних та інших природних ресурсів. Відповідно, застосовувані технології можуть чинити як позитивний, так і негативний вплив на стан агроекосистем і навколишнього природного середовища загалом. Надмірна інтенсивність механічного обробітку, нераціональне використання виробничих ресурсів, порушення структури сівозмін та недостатнє врахування біологічних закономірностей функціонування ґрунту можуть створювати передумови для погіршення його агрофізичних, агрохімічних і біологічних властивостей. Саме тому екологічна безпечність та збереження природно-ресурсного потенціалу мають бути невід'ємними критеріями оцінювання сучасних систем землеробства. Зазначені положення узгоджуються із загальними принципами концепції сталого розвитку, сформованої на міжнародному рівні за участю Організації Об'єднаних Націй. В основу цієї концепції покладено необхідність забезпечення такого розвитку суспільства, за якого задоволення сучасних потреб не повинно обмежувати можливості майбутніх поколінь. У цьому контексті сталий розвиток передбачає взаємопов'язане досягнення економічних, соціальних та екологічних цілей. Для аграрного виробництва це означає необхідність забезпечення достатнього рівня продуктивності та економічної ефективності за одночасного збереження ґрунтових ресурсів, зменшення негативного впливу технологічних процесів на довкілля та підтримання здатності агроекосистем до тривалого продуктивного функціонування.

Одним із напрямів практичної реалізації принципів сталого розвитку в землеробстві є вдосконалення способів обробітку ґрунту та поступовий перехід до ґрунтозберігаючих технологічних систем. У цьому аспекті особливий інтерес становлять системи No-till і Strip-till. Їх застосування передбачає суттєве зменшення інтенсивності механічного впливу на ґрунт та відповідну перебудову всієї системи управління агроценозом. Тому No-till і Strip-till доцільно розглядати не лише як окремі способи обробітку ґрунту, а як комплексні системи землеробства, функціонування яких ґрунтується на взаємодії технологічних, біологічних, організаційних, технічних та економічних складових.

Значною мірою ці системи відповідають сучасним вимогам до кліматично орієнтованого, ґрунтозберігаючого та ресурсоощадного землеробства. Водночас ефективність їх застосування визначається не самим фактом мінімізації або відмови від суцільного інтенсивного механічного обробітку ґрунту, а узгодженістю всіх елементів технологічної системи. Зміна способу обробітку закономірно потребує перегляду підходів до формування сівозмін, управління рослинними рештками, використання покривних культур, контролю бур'янів, шкідників і збудників хвороб, організації живлення рослин, вибору машин та знарядь, а також оцінювання економічних результатів виробництва. Саме комплексність є необхідною умовою успішної реалізації потенційних переваг No-till і Strip-till.

Особливу увагу в підручнику приділено процесам збереження та відновлення родючості ґрунту. Родючість у цьому випадку розглядається як результат взаємодії його фізичних, хімічних і біологічних властивостей. Відмова від традиційної системи інтенсивного обробітку змінює характер формування верхнього шару ґрунту, розподіл рослинних решток, перебіг біологічних процесів та умови функціонування ґрунтової біоти. Тому оцінювання результативності нових систем землеробства потребує комплексного підходу до визначення змін ґрунтового середовища та його продуктивного потенціалу.

Перехід до систем No-till і Strip-till закономірно змінює вимоги до технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва. Зменшення кількості традиційних ґрунтообробних операцій не означає зниження ролі технічного оснащення. Навпаки, ефективність нової системи значною мірою залежить від відповідності машин і знарядь її технологічним принципам та здатності забезпечувати необхідну якість виконання операцій за специфічних умов поверхні поля й стану ґрунту. З огляду на це, в другій частині підручника окремий розділ присвячено сучасному стану технічного забезпечення систем No-till і Strip-till та особливостям використання відповідних технічних засобів.

Технічне забезпечення розглядається у безпосередньому зв'язку з технологічною організацією системи землеробства. Такий підхід дає змогу оцінювати сільськогосподарську техніку не ізольовано, а як інструмент реалізації визначених технологічних принципів. Особливого значення набувають точність виконання операцій, адаптованість машин до роботи за наявності рослинних решток на поверхні поля, забезпечення необхідних параметрів сівби та раціональне використання енергетичних і матеріальних ресурсів. Відповідно, технічна модернізація господарства має бути узгоджена із загальною стратегією переходу до нової системи землеробства.

Не менш важливою умовою практичного поширення No-till і Strip-till є їх економічна доцільність. Будь-яка технологічна система може бути прийнятною для сільськогосподарського виробника лише тоді, коли поряд з агрономічною та екологічною результативністю вона забезпечує належний рівень економічної ефективності. Тому економічне оцінювання не повинно обмежуватися порівнянням витрат на виконання окремих технологічних

операцій. Необхідно враховувати взаємозв'язок капітальних і поточних витрат, потреби в технічних та трудових ресурсах, продуктивності праці, урожайності та інших складових, що формують кінцевий економічний результат.

У підручнику питання економічної ефективності систем No-till і Strip-till детально висвітлено в окремому розділі. Запропоновано розширену методику оцінювання економічної ефективності землеробства як цілісної виробничо-технологічної системи. Такий підхід дає змогу аналізувати не лише безпосередні виробничі витрати, а й комплексні зміни в організації аграрного виробництва, що відбуваються внаслідок переходу до нової системи. Це особливо важливо з огляду на те, що економічні переваги або обмеження ґрунтозберігаючих технологій можуть проявлятися на різних етапах їх освоєння.

В умовах сучасних демографічних змін особливого значення набуває трудомісткість сільськогосподарського виробництва. Скорочення доступності трудових ресурсів потребує пошуку технологічних рішень, здатних забезпечувати виконання необхідного комплексу польових робіт із меншими затратами праці та в оптимальні агротехнічні строки. У цьому аспекті скорочення кількості технологічних операцій, підвищення продуктивності машинних агрегатів та оптимізація організації виробничих процесів можуть бути важливими критеріями оцінювання систем No-till і Strip-till. Тому продуктивність праці розглядається як складова не лише економічної, а й організаційної ефективності сучасного землеробства.

Окремий напрям викладу становлять біологізація та цифровізація землеробства, які набувають дедалі більшого значення в удосконаленні систем управління аграрним виробництвом. Біологізація передбачає посилення ролі природних і біологічних механізмів у формуванні продуктивності агроекосистем та підтриманні родючості ґрунту. У системах No-till і Strip-till цей напрям безпосередньо пов'язаний із диверсифікацією сівозмін, використанням покривних культур, управлінням рослинними рештками та створенням умов для активного функціонування ґрунтової біоти.

Цифровізація, як засіб реалізації принципів точного землеробства, розширює можливості контролю та управління технологічними процесами. Її інтеграція із технологічними операціями No-till і Strip-till створює передумови для більш точного виконання виробничих операцій, диференційованого управління ресурсами та підвищення обґрунтованості технологічних рішень. Поєднання ґрунтозберігаючих принципів із сучасними цифровими технологіями дає змогу формувати комплексний підхід до управління полем, як сукупністю земельних ділянок з різним рівнем формування і розвитку агрофітоценозів у межах яких технологічні рішення приймаються з урахуванням просторової та часової неоднорідності умов вирощування культур.

Завершальний розділ другої частини підручника присвячено проблемам практичного впровадження систем No-till і Strip-till у сільськогосподарське виробництво. Перехід до нової системи землеробства є складним процесом, який не може бути зведений лише до придбання

спеціалізованої техніки або відмови від певних операцій механічного обробітку ґрунту. Він потребує послідовної перебудови технологічних процесів, зміни підходів до планування сівозмін, управління рослинними рештками, контролю біологічних чинників ризику, технічного оснащення та економічного планування. З цією метою в підручнику узагальнено досвід переходу до систем No-till і Strip-till у різних країнах світу та в Україні. На основі розглянутого практичного досвіду визначено основні етапи освоєння нових систем землеробства та систематизовано типові помилки, яких припускалися сільськогосподарські виробники на початкових етапах їх впровадження. Такий аналіз має важливе практичне значення, оскільки дає змогу розглядати процес переходу не як одномоментну технологічну зміну, а як послідовну адаптацію всієї виробничої системи до нових принципів організації землеробства.

Таким чином, структура підручника ґрунтується на комплексному підході до висвітлення систем No-till і Strip-till. Послідовно розглядаються передумови їх формування, принципи збереження та відновлення родючості ґрунту, управління біологічними чинниками ризику, диверсифікація сівозмін і використання покривних культур, технічне забезпечення, економічна ефективність, біологізація та цифровізація, а також організаційні особливості переходу до нових систем землеробства. Така логіка викладу дає змогу сформувати цілісне уявлення про No-till і Strip-till як про комплексні системи управління аграрним виробництвом, у яких агрономічні, екологічні, технологічні та економічні складові перебувають у тісному взаємозв'язку.

Зміст і послідовність викладу навчального матеріалу відповідають логіці професійної підготовки фахівців агрономічного спрямування. Теоретичні положення поєднано з розглядом технологічних, технічних, економічних та організаційних аспектів практичного застосування систем No-till і Strip-till. Це визначає можливість використання підручника не лише в освітньому процесі, а й у науковій та професійній діяльності.

Підручник призначений для студентів закладів вищої освіти аграрного профілю, аспірантів, науковців, викладачів, агрономів, керівників і фахівців сільськогосподарських підприємств, а також інших представників аграрного сектору, діяльність яких пов'язана з удосконаленням систем землеробства, збереженням родючості ґрунтів та підвищенням ефективності сільськогосподарського виробництва.

Зміст і послідовність викладу навчального матеріалу відповідають типовій освітній програмі підготовки фахівців агрономічного спрямування. Підручник призначений не лише для студентів закладів вищої освіти, а й для науковців, викладачів та широкого кола фахівців аграрного сектору України.

Підручник підготували викладачі кафедри землеробства та гербології НУБіП України, Білоцерківського національного аграрного університету та національні експерти зі ґрунтозберігаючого землеробства ФАО в Україні.

Передмова – Косолап М. П., Примак І. Д.

Розділ 1 – Косолап М. П., Биков М.І., Кротінов О. П.

Розділ 2 – Косолап М. П., Іванюк М. Ф., Пугачов В. М.

Розділ 3 – Данкевич А. Є., Косолап М. П., Биков М.І.

Розділ 4 – Данкевич А. Є.

Розділ 5 – Гуртовенко В. О., Косолап М. П., Оверченко В. В.,

Розділ 6 – Биков М. І., Данкевич А. Є. Гуртовенко В. О., Хоменко Т. О., Журавель О. М.

Інформаційне забезпечення – Биков М. І., Оверченко В. В.

В підготовці підручника як консультанти приймали участь:

Владислав Вікторович Болоховський, генеральний директор і співзасновник біотехнологічної компанії BTU, кандидат с.-г. наук. Засновник платформи BTU Soil Health.

Валентина Антонівна Болоховська, директорка з перспективи та розвитку, співзасновниця біотехнологічної компанії BTU, кандидат технічних наук, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки.

Марина Вікторівна Савчук, керівниця експертного відділу біотехнологічної компанії BTU, експерт з екології, кандидат с.-г. наук.

Людмила Михайлівна Красюк, експертка з наукових досліджень і маркетингових комунікацій біотехнологічної компанії BTU, кандидат с.-г. наук, старший дослідник.

Андрій Валентинович Славний, координатор проєкту eAgronom «Regenerative Agriculture for Eastern European Soils» (Verra Project 4951).

Вадим Анатолійович Коваль, представник заводу Horsch.

Владислав Русланович Сидоренков, спеціаліст Інституту Тоні Блера.

ЗМІСТ

Передмова..... 5
Розділ 1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL..... 15
1.1. Умови сівби в системі землеробства No-till та вимоги до сівалок прямого посіву 18
1.2. Конструктивні особливості сівалок прямого посіву..... 21
1.3. Дозувальні апарати 29
1.4. Пристрої до сівалок No-till і Strip-till..... 32
1.4.1. Култери..... 32
1.4.2. Прикочувальні котки..... 33
1.4.3.Розгортачі (очисники) рядів 35
1.4.4. Види сошників 35
1.4.5 Притискачі насіння..... 40
1.5. Формування посівного агрегату та його продуктивність 41
1.6. Робота сівалки No-till із рослинними рештками 46
1.7. Робота сівалки з добривами..... 48
1.8. Техніка для Strip-till..... 50
1.9. Агрегати для внесення рідких добрив..... 55
1.10. Збиральні агрегати..... 61
1.11. Бункер-перевантажувач (накопичувач) 63
1.12. Рублячі котки 66
1.13. Пружинні борони 68

Розділ 2. ЕКОЛОГІЧНА ПРИЙНЯТНІСТЬ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL..... 73
2.1 Секвестрація вуглецю 75
2.1.1. Поняття про секвестрацію 76
2.1.2. Системи землеробства і парникові гази 83
2.1.3. Секвестрація вуглецю – нове джерело доходів фермерів 85
2.2. Ґрунтозахисна функція системи землеробства..... 87
2.2.1. Ґрунт і людина 87

2.2.2. Водна ерозія ґрунту 91
2.2.2.1. Причини та форми водної ерозії 91
2.2.2.2. Біогенні чинники контролю водної ерозії ґрунту 95
2.2.2.3. Ерозія ґрунту і сніготанення 97
2.2.3. Вітрова ерозія 97
2.3. Біологічне різноманіття 100
Розділ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ПЕРЕХІД ДО СИСТЕМ NO-TILL І STRIP-TILL В УКРАЇНІ ТА СВІТІ 106
3.1. Глобальні передумови трансформації систем землеробства та масштаби поширення No-till і Strip-till в Україні та світі 108
3.2. Моделі впровадження систем No-till і Strip-till 114
3.3. Зарубіжний досвід переходу до систем землеробства No-till і Strip-till 116
3.4. Концептуальні засади та принципи переходу до систем No-till і Strip-till 120
3.5. Часова динаміка ефективності переходу 124
3.6. Економіка помилок у процесі переходу 127
3.7. Людський капітал як фактор успішності переходу 129
3.8. Бар'єри впровадження систем No-till і Strip-till в Україні 130

Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL 139
4.1. Управління ризиками як ключова економічна функція технологій 141
4.2. Економіка інвестицій у технології No-till і Strip-till 145
4.3. Методика комплексної оцінки ефективності технологій No-till і Strip-till 149
4.4. Інтегральна економічна ефективність технологій No-till і Strip-till 153
4.5 Економічна ефективність вирощування кукурудзи за різних технологій 155

Розділ 5. ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО ТА БІОЛОГІЗАЦІЯ СИСТЕМ NO-TILL ТА STRIP-TILL 162
5.1. Точне землеробство за систем No-till та Strip-till 164
5.1.1 Причини виникнення точного землеробства 164
5.1.2 Концепція точного землеробства 166
5.1.3 Основні принципи точного землеробства 168
5.1.4 Цифрове землеробство 169
5.1.5 Просторова неоднорідність поля: поняття, причини виникнення та фактори формування продуктивності 170
5.1.6 Показники оцінки просторової мінливості властивостей ґрунту та рослин і методи її оцінювання 172
5.1.7 Зони продуктивності та карти-завдання: поняття, принципи створення. 174
5.1.8 Поширення точного землеробства за кордоном та в Україні 176
5.2. Біологізація систем No-till та Strip-till 178
5.2.1 Напрямки біологізації 178
5.2.2 Біологічні пестициди 179
5.2.2.1 Біофунгіциди 180
5.2.2.2 Біоінсектициди 181
5.2.2.3 Мікоризні препарати 183
5.2.2.4 Антибіотики у захисті рослин 183
5.2.2.5 Регулювання живлення 184
5.2.2.6 Біологічні регулятори росту рослин 184
5.2.3 Деструктори стерні 185
5.2.4 Протруйники і біоінокулянти 186

Розділ 6. ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД УКРАЇНСЬКИХ КОМПАНІЙ ТА ФЕРМЕРІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПО СИСТЕМІ NO-TILL І STRIP-TILL 191
6.1. Узагальнений опис досвіду фермерів, які впровадили системи зберігаючого регенеративного землеробства: No-till і Strip-till 194
6.2 Короткі анотації господарств 197
6.2.1 ТОВ «Мрія» 197

6.2.2 ПП «Михайлівський лан» 199
6.2.3 СФГ «Дослідне» 200
6.2.4 ПП «Агрофірма-Додола» 201
6.2.5. ДП «Дослідне господарство “Великі Клини”» 202
6.2.6. ФГ «Аркадія» та ФГ «Відродження-100» 203
6.2.7 Фермерське господарство «Аннушка» 204
6.2.8. ФГ «Аргумент» 205
6.2.9 ТОВ «ВВІ-Агро» 207
6.2.10 С(Ф)Г «Анастасія» 207
6.2.11 ТОВ «Союз-Спецтехніка» 208
6.2.12 ПСП «Злагода» 209
6.2.13 ФГ «АДАПТ» 210
6.2.14 ПСП «Сновський»: досвід адаптації No-till до умов Полісся 212
6.3 Практичний досвід українських компаній та фермерів з використання біологічних препаратів в системі No-till і Strip-till 219

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 229
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 268
АЛФАВІТНИЙ ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК 272

Розділ 1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:

Набуде цілісного уявлення про технічне оснащення систем землеробства No-till і Strip-till та зрозуміє, що перехід до цих систем потребує не лише зміни агротехнічних підходів, а й правильного добору машин, робочих органів і логістичних рішень.

Навчиться аналізувати умови роботи техніки на необробленому ґрунті, зокрема вплив рослинних решток, твердості й вологості ґрунту, потребу в мінімальному порушенні поверхні поля та необхідність точного розміщення насіння і добрив. Особлива увага приділяється вимогам до сівалок прямого посіву, роботі сошників, культерів, прикочувальних котків, очищувачів рядків і систем контролю якості сівби.

Оволодіє знаннями щодо конструктивних типів сівалок прямого посіву, дозувальних апаратів, посівних модулів, техніки для Strip-till, агрегатів для внесення рідких добрив, очісувальних жаток, бункерів-перевантажувачів і рублячих котків. Він зрозуміє, що універсальної сівалки або агрегата для всіх умов не існує, тому техніку потрібно добирати відповідно до ґрунтів, культур, кількості рослинних решток, рельєфу, вологості та виробничих можливостей господарства.

Отримає практичні навички оцінювання придатності техніки для систем No-till і Strip-till, вибору типу сошника, оцінювання роботи сівалки з рослинними рештками, насінням і добривами. Він зможе обґрунтовувати добір посівного агрегату, техніки для внесення добрив, збирання врожаю та організації логістики, необхідної для якісного виконання польових робіт.

Короткий зміст розділу

Системи землеробства No-till і Strip-till потребують специфічного технічного оснащення, тому що всі технологічні операції виконуються на фоні відсутності попереднього механічного обробітку ґрунту та наявності на поверхні поля рослинних рештків. Основні вимоги до техніки пов’язані з наявністю цих факторів на поля, що зумовлює підвищену твердість та вологість необробленого ґрунту. При цьому в No-till всі знаряддя повинні мінімально порушувати структуру ґрунту, одночасно точного розміщувати насіння і добрива та зменшити ущільнення від руху машин.

Ключовою машиною в системі No-till є сівалка прямого посіву. Вона повинна розрізати або відсувати рослинні рештки, проникати в щільний ґрунт, формувати чисту від рослинних решток насіннєву борозенку, розміщувати насіння на заданій глибині, забезпечувати його контакт із вологим ґрунтом і якісно закривати сформовану борозенку ґрунтом. Для цього сівалки прямого посіву мають більшу масу, посилену раму та можливість регулювання притискного зусилля на кожну посівну секцію. Якість сівби визначається рівномірністю глибини загортання, точністю

розміщення насіння в рядку, відсутністю пропусків і двійників, чистотою насіннєвої борозенки та рівномірністю внесення стартових добрив. Для широкорядних культур важливим показником є сингуляція – частка насіння , розміщеного по одній насінині без пропусків і подвоєного висіву.

За конструкцією сівалки прямого посіву поділяють на моноблокові, секційні та широкозахватні комплекси з роздільним агрегатуванням бункера й висівної частини. Моноблокові машини частіше застосовують для культур суцільного посіву, секційні – для кукурудзи, соняшнику та інших просапних культур. Роздільно агрегатовані комплекси використовують для сівби культур суцільного посіву мають високу продуктивність, але потребують достатньої потужності трактора, узгодженої логістики та здатності робочих органів копіювати рельєф поля. Дозувальні апарати можуть бути механічними або пневматичними. Механічні котушкові системи є простими, універсальними та зручними в регулюванні, але можуть подавати насіння порціями й погіршувати рівномірність його розміщення. Пневматичні системи дозування забезпечують точніше дозування, менше пошкоджують насіння і переважно використовуються на сівалках точного висіву для сівби просапних культур.

Основними робочими елементами сівалки є култери, очисники рядків, сошники, притискачі насіння та прикочувальні котки. Култери розрізають рослинні рештки й формують вузьку смугу для проходу сошника. Очисники відгортають солому із зони майбутнього рядка. Притискачі забезпечують контакт насінини з дном борозенки, а прикочувальні котки закривають рядок, видаляють повітряні порожнини та зменшують втрати вологи.

Сошник є одним із головних елементів сівалки. У No-till застосовують однодискові, дводискові, анкерні, долотоподібні та комбіновані сошники. Дискові сошники менше порушують поверхню ґрунту й краще працюють за високої стерні, але можуть втискувати нерозрізані рештки в борозенку. Анкерні сошники стабільно формують насіннєве ложе та добре витримують глибину, однак сильніше розпушують ґрунт і можуть накопичувати рештки на стійках. Універсального сошника для всіх умов не існує, тому його вибирають відповідно до типу ґрунту, вологості, культури та характеру рослинних решток.

Робота сівалки з рослинними рештками залежить не лише від її конструкції, а й від якості збирання попередника. Рештки мають бути рівномірно розподілені по всій ширині захвату жатки. Для дискових сошників сприятливішими є висока стерня та незначне подрібнення соломи. Для анкерних сошників частіше потрібні нижчий зріз і краще подрібнення. Найскладнішими для сівби є довгі, вологі та нерівномірно розподілені лежачі рештки.

Формування посівного агрегату передбачає узгодження ширини захвату сівалки, потужності трактора, робочої швидкості, конфігурації полів і транспортних умов. Сівалки прямого посіву мають більший тяговий опір, тому потребують потужнішого трактора порівняно з традиційними посівними машинами. Продуктивність агрегату залежить також від місткості

бункерів, швидкості завантаження насіння і добрив, надійності техніки та тривалості технологічних зупинок.

Внесення добрив одночасно із сівбою має особливе значення в No-till і Strip-till. Стрічкове розміщення підвищує доступність поживних речовин для молодих рослин і зменшує їх використання бур'янами. Насіння й концентровані добрива необхідно розділяти шаром ґрунту, оскільки їх безпосередній контакт може спричинити токсичне пошкодження проростків. Для цього використовують окремі сошники або комбіновані робочі органи, які одночасно розміщують насіння і добрива в різних зонах.

У системі Strip-till застосовують агрегати для смугового розпушування, локального внесення добрив, формування й ущільнення підготовленої смуги. Робоча секція зазвичай складається з прорізного диска, очисників рядка, розпушувальної лапи, формувальних дисків і котка. Обробіток і сівбу можна виконувати за один прохід або розділяти в часі. Весною агрегати працюють переважно мілко щоб зменшити втрати вологи, тоді як восени доцільно розпушувати ґрунт на значну глибину у відповідності до вимог культури.

Рідкі добрива вносять спеціальними інжекторами, аплікаторами або сівалками одночасно з сівбою. У такому випадку вони обладнуються з додатковими ємностями. Інжекторне внесення забезпечує точне розміщення добрив у кореневмісному шарі, знижує втрати, усуває контакт розчину з листками та підвищує ефективність живлення в посушливих умовах. Водночас така технологія потребує спеціальних ємностей, специфічної транспортної логістики та захисту обладнання від корозії.

Збирання врожаю в No-till і Strip-till є початком підготовки поля до наступної культури. Комбайн має рівномірно розподіляти солому й полову та формувати необхідну висоту стерні. Очісувальні жатки залишають більшу частину стебел у вертикальному положенні, зменшують навантаження на молотарку й підвищують продуктивність роботи комбайна, але вони незадовільно працюють на збиранні бобових культур.

Бункери-перевантажувачі дають змогу розвантажувати комбайни під час руху, скорочують їх простої та не допускають виїзду важких зерновозів у поле. Їх використовують також для доставки насіння і добрив до посівних агрегатів. Це підвищує продуктивність робіт і зменшує ризик переущільнення ґрунту.

Рублячі котки застосовують для припинення вегетації покривних культур, подрібнення стебел кукурудзи й соняшнику та підготовки рослинних решток до сівби. Важкі пружинні борони використовують лише за потреби – для вирівнювання розподілу соломи, руйнування поверхневої кірки за малої кількості рослинних решток на полі, аерації верхнього шару та знищення проростків та сходів бур'янів. Їх завданням є управління поверхнею поля, а не відновлення суцільного обробітку ґрунту.

1.1. Умови сівби в системі землеробства No-till та вимоги до сівалок прямого посіву

Умови роботи сівалок у системі землеробства No-till

Через відсутність механічного обробітку ґрунту умови сівби в системі No-till суттєво відрізняються від таких у традиційній системі землеробства.

До особливостей роботи техніки в системі No-till належать:

- наявність на поверхні ґрунту рослинних решток різної кількості та розміру в різному фізичному стані. Проблема їх наявності на поверхні поля полягає в можливості потрапляння в насіннєву борозну, накопичення між сошниками, механічному перешкоджанні роботі сошника;
- підвищена твердість ґрунту. Цей показник динамічний у часі та в просторі по полю;
- підвищена вологість ґрунту під рослинними рештками. Особливо суттєвий вплив може справити на якість сівби ярих культур, оскільки ґрунт за різної вологості має різні фізичні параметри, що вимагає переналаштування сівалки;
- вимога мінімального розпушення ґрунту сошниками та перемішування його з рослинними рештками;
- неможливість проведення механічного догляду за посівами в період вегетації.

Ці умови висувають відповідні вимоги до конструкції сівалок. Таким вимогам сівалки, прийнятні в традиційному землеробстві, не відповідають, що унеможливлює їх застосування в системі землеробства No-till. Питання пошуку оптимальної сівалки в цій технології на порядок актуальніше, ніж у традиційних системах землеробства і технологіях, що засновані на полицевому основному обробітку ґрунту. Головна принципова відмінність полягає в наборі функцій, які має виконувати сівалка в системах землеробства No-till і Strip-till.

Відмова від обробітку – це не відмова від завдань, які він виконує. Завдання залишилися, і їх потрібно реалізовувати, але іншими способами та засобами й часто в інший час.

У системі землеробства No-till сьогодні застосовують рядковий і розкидний способи сівби. Розкидний спосіб набуває поширення для сівби виключно покривних культур у зонах нестійкого або достатнього зволоження. Зазвичай для цього застосовують посівні модулі, які мають гідравлічний або електричний привод. Посівні модулі можна приєднати практично до будь-яких знарядь і навіть комбайнів.

Вимоги до сівалки прямого рядкового посіву

1. Сіяти якісно за будь-якої кількості рослинних решток на поверхні ґрунту.

Проблему наявності рослинних решток на поверхні ґрунту та їх стану і розміру на сівалках для No-till вирішують за трьома напрямами:

- *розрізання*. Для цього сівалки можуть обладнувати додатковими робочими органами – культерами різної конструкції, які встановлюють перед

сошниками (детально види культерів описані в пункті 1.4.1), або надають сошникам здатності самим розрізати рослинні рештки завдяки вазі посівної секції. Для підвищення здатності розрізати рослинні рештки, наприклад, у дводискових сошниках зміщують один диск відносно іншого, у дифазного сошника – диски мають різний діаметр, або застосовують монодиск;

- *посів під покрив рослинних решток*. Для цього використовують різні види стрілоподібних або анкерних сошників на сівалках суцільного посіву (детально види сошників описані в пункті 1.4.4);

- *зсування рослинних решток у міжряддя*. Для цього на сівалках широкорядного посіву застосовують різної конструкції розгортачі, які встановлюють перед сошниками (детально види розгортачів (очисників) описані в пункті 1.4.3). На деяких сівалках рослинні рештки із зони рядка звільняють туковим сошником, котрий одночасно вносить стартові добрива.

Полегшити роботу сошників із рослинними рештками можна не лише через технічне вдосконалення сівалки, а й завдяки відповідній роботі з рослинними рештками

– *рівномірність розміщення* (чим рівномірніше вони розміщені, тим якісний посів),

- *зміна їх просторового розміщення* (вертикальна, стояча стерня менше заважає процесу сівби, ніж лежача), кількість лежачих горизонтально рослинних решток (чим вища стерня, тим краще працює сівалка) та рівень їх подрібнення (чим довша солома, тим легше її розрізати сошником і менше її заминається в посівну борозенку).

2. Здатність проводити посів у важкі ґрунти.

Необроблений ґрунт має вищу твердість і вона суттєво коливається по площі на відміну від обробленого. Посів у важкі за механічним складом ґрунти або у тверді ґрунти, якими вони стають у посушливий період в наслідок самоущільнення, вимагає від сівалки необхідної ваги для створення потрібного тиску на сошники, тому сівалки для No-till набагато важчі порівняно з сівалками, які застосовуються в традиційній системі землеробства. Збільшення загальної маси сівалки в поєднанні з можливістю регулювання тиску на кожному робочому органі (бажано в автоматичному режимі) дає змогу проводити якісну сівбу практично за будь-якої твердості ґрунту. В середньому для монодиска необхідний тиск на кожен сошник становить 140 кг, даблдиска – 214 кг. Реально у більшості марок сівалок тиск на окремий сошник становить 200-250 кг. Для No-till анкерний сошник має бути вузьким, міцним, зносостійким, здатним працювати в рослинних рештках і не створювати надмірного розпушування ґрунту. Його головне завдання – не обробіток ґрунту, а точне розміщення насіння у вологе посівне ложе з мінімальним порушенням мульчувального шару.

3. Витримувати рівномірність глибини заробки насіння.

Рівномірність глибини заробки визначає дружність появи сходів. Досягнення рівномірної заробки насіння на сучасних сівалках досягається завдяки застосуванню підвищеної ваги посівної секції або внаслідок встановлення індивідуальних механічних (пружина) або гідравлічних дотичкувачів на кожен

сошник. Наприклад, гідравлічний контроль кожного сошника на сівалці моделі P500 фірми John Deere забезпечує добре дотримання встановленої глибини. Дуже важливе значення має для цього вага самої рами сівалки.

4. Витримувати рівномірність розміщення насіння в рядку для сівалок широкорядного посіву.

Рівномірність розміщення насіння в рядку описується показником сингуляції, який показує процент площі без пропусків насіння і двійників. Сьогодні цей показник можна отримувати в режимі онлайн на телефон при певному дообладнанні сівалок. Більшість сучасних сівалок дають змогу висівати широкорядні культури кукурудзу і соняшник із показником сингуляції 95–99 відсотків. Цього вдається досягати завдяки застосуванню на сівалках не механічного ланцюгового привода дозувального апарата, а гідравлічного, краще – електричного, або як у сівалках фірми SEMEATO – тросового привода FLEXSHAFT, що простіший в обслуговуванні.

5. Рівномірне внесення стартових добрив у зону рядка

Без рівномірного внесення стартового добрива по всій площі поля не досягти вирівняного розвитку рослин. Дозатори мінеральних добрив мають різну конструкцію, тому забезпечують різну якість роботи. Зазвичай це дозатори котушкового типу. Фірма Semeato на сівалці NEWLAND встановлює шнековий дозатор добрив SFLOW®, який подає рівну кількість добрив навіть за зміни швидкості на початку та наприкінці руху сівалки (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Шнековий дозатор добрив SFLOW. © «Агро-Мир»

Вчені з Кельнського університету прикладних наук розробили інноваційний процес для точного внесення мінеральних добрив. Замість безперервної подачі, кожне зерно отримує невелику порцію добрив синхронно із закладенням насіння. Це найраціональніший та економічно вигідний спосіб внесення добрив.

6. Збільшена вага сівалки

Кожен сошник сівалки прямої сівби має справляти потужний тиск на ґрунт для заглиблення на необхідну глибину. Встановлено, що необхідний тиск залежить від форми сошника, структури та стану ґрунту, кількості сошників на метрі захвату сівалки та наявності рослинних решток. Наприклад, у сівалки Semeato він становить 10 т на 35 рядів, а у сівалки Сіва Нова – 3,3 т на 19 рядів, але витримується основна вимога – мати можливість створювати тиск на посівну секцію від 60 до 250 кг. У кожної сівалки обов’язково є свій пристрій для регулювання тиску на сошник. Якщо сівалка обладнана культерами, то вага мусить розподілятися і на них, що дуже

важливо для їх якісної роботи. Залежно від компонування сівалки важливо враховувати її вагу з порожнім і повним бункером. Дводисковий сошник вимагає більшої ваги, ніж монодиск.

1.2. Конструктивні особливості сівалок прямого посіву

Залежно від ширини захвату сівалки прямої сівби можуть бути навісні або причіпні. За компонуванням сівалки розрізняють:

- *моноблокові,* що мають основну раму, на якій встановлені всі робочі органи: від бункера для насіння та добрив, дозувального пристрою до сошника. Так компонують здебільшого сівалки для культур суцільного способу сівби. Такі сівалки найчастіше мають механічну висівну систему (рис. 1.2; 1.3; 1.4);

- *секційні*. Переважно за таким компонуванням представлені сівалки для сівби широкорядних культур, які мають здебільшого пневматичну висівну систему. Є моделі й із механічними висівними системами. Секційні сівалки складаються з окремих посівних секцій, що шарнірно приєднані до основної рами або з'єднані в один ряд між собою. Секція обладнана бункером, висівними апаратами та сошниками й працює в автономному режимі. На деяких сівалках посівні секції розташовані не в один ряд, а в шаховому порядку, що забезпечує кращий прохід рослинних решток між сошниками (рис. 1.5; 1.6; 1.7);

- *широкозахватні посівні комплекси з роздільним агрегатним компонуванням*, які мають механічну систему дозування, але насіння до сошника транспортується повітряним потоком. Здебільшого це сівалки для сівби культур суцільного способу сівби. За такого компонування сошники можуть кріпитися на окремій рамі жорстко, але в такому разі вони погано копіюють нерівності ґрунту. Для уникнення цього у посівних комплексах застосовують паралелограмне або маятникове прикріплення сошників (рис. 1.8-1.12).

Моноблокові сівалки



Рис. 1.2. Сівалка для суцільної сівби за технологією No-till традиційної конструкції. © vagro



Рис.1.3. Сівалка РН 1500F для прямої сівби фірми Great Plains із модулем хвилястих різальних дисків. © agrokar



Рис. 1.4. В Україні випускають сівалку Атлант 400, подібну до РН 2000F. © harvest.ua

Секційні сівалки



Рис. 1.5. Сівалка для сівби широкорядних культур SPACE 560. © harvest.ua



Рис. 1.6. Сучасний посівний комплекс для прямої сівби. © «Агро-Союз»



Рис. 1.7. Модельний ряд зернових сівалок компанії «Агро-Союз».
© «Агро-Союз»

Роздільно агрегатоване компонування сівалок



Рис. 1.8. Роздільно агрегатована сівалка для суцільної сівби. © assets



Рис. 1.9. Висівна секція пневматичної сівалки роздільно агрегатованої сівалки. © CASE



Рис. 1.10. Візок із бункерами для насіння і мінеральних добрив роздільно агрегатованої сівалки. © John Deere



Рис. 1.11. Модельний ряд зернових роздільно агрегатованих сівалок компанії «Агро-Союз» (механічна та пневматична). © «Агро-Союз»



Рис. 1.12. Посівний 6-метровий комплекс AUROCK 6000 RC із незалежним прикріпленням сошників. © Kuhn

Кожен тип компонування має свої переваги й недоліки, тож для вибору оптимального варіанту необхідно враховувати велику кількість показників – господарських, агротехнологічних, конструкційних, економічних і логістичних. Універсальної, оптимальної сівалки на всі випадки не існує.

Для прикладу нижче наведений більш детальний опис конструкції двох марок сівалок компанії HORSCH для культур суцільного посіву HORSCH Avatar та сівалки для сівби просапних культур HORSCH Maestro.

Сівалка HORSCH Avatar обладнана однодисковим висівний сошник. Уловлювальне колесо притискає насінину до висівного ложа, забезпечуючи контакт із вологим ґрунтом, за підвищеної вологості його можна підняти або замінити уніформером («бананчиком»). Позаду сошника встановлюється лите колесо зі скошеним профілем (гладке або зубчасте), яке руйнує ущільнену стінку борозни, закриває рядок і розпушує поверхню ґрунту. Для роботи на полях із великою кількістю рослинних решток сівалка може оснащуватися зірчастим очисником рядка з регульованим кутом атаки та гідравлічним притискним зусиллям. Міжряддя становить 25 см, а сошники розміщені в один ряд, що забезпечує рівномірне формування борозен і однорідні сходи без присипання сусідніх рядків (рис. 1.13).



Рис. 1.13. Сівалки HORSCH Avatar

HORSCH Maestro – просапна сівалка точного висіву, яку залежно від комплектації можна використовувати для сівби просапних, дрібнонасінних і зернових культур. Сівалка може мати від 8 до 36 висівних секцій із міжряддям 35, 45, 50 або 70 см. Зміна ширини міжряддя здійснюється механічно або гідравлічно. Кожна висівна секція встановлена на паралелограмній підвісці та обладнана гідравлічним регулюванням притискного зусилля в межах 100–200 кг і системою AutoForce. Плаваючі зірчасті очисники видаляють солому та інші рослинні рештки із зони рядка, а дводисковий сошник формує чисте посівне ложе. Дозування насіння здійснюється системою AirVac вакуумного типу або системою AirSpeed, що працює за принципом позитивного тиску. Після укладання насінина притискається гумовим уловлювальним колесом до вологого ґрунту, а борозна закривається двома колесами, встановленими під кутом. Одне з них може мати пальчикову конструкцію, що розпушує поверхню рядка, зменшує ризик переущільнення ґрунту та утворення тріщин (рис. 1.14).



Рис. 1.14. Сівалки HORSCH Maestro

Конструктивні особливості посівних модулів розкидного способу посіву

Розкидний спосіб сівби малопоширений, бо не забезпечує якісного дотримання таких показників, як точність розміщення по площі та глибина заробки. Він поширений у системах зберігючого землеробства для висіву покривних культур, де не вимагається високої точності розміщення насіння по площі. Перевагою посівних модулів, які забезпечують розкидний спосіб сівби, є їх низька вартість, можливість агрегатувати з найрізноманітнішими сільськогосподарськими машинами (від борін до комбайнів (рис. 1.15, 1.16) та привод дозувальних апаратів (від електричної мережі енергетичного засобу – 12 В). Лідером із виробництва таких посівних модулів у Європі є компанія LEHNER (рис. 1.16). Посівні модулі допомагають надійно висівати насіння трав, покривні культури в чистому вигляді та їхні суміші, а також вносити ЗЗР і добрива в гранульованій формі. У посівних модулях застосовується централізований котушковий механізм дозування насіння, яке потім потоком повітря від вентилятора по шлангах подається до розподільчих пластин. Ударяючись об пластини, насіння віялом розподіляється на ширину 50–70 см. Норма висіву встановлюється відповідно до даних базових таблиць на основі визначення швидкості руху агрегату та оборотів вентилятора.

Наприклад, модель VENTO здатна висівати від 40 кг/га до 120 кг/га посівного матеріалу. Керувати сівалкою під час руху і змінювати всі функції та налаштування можна безпосередньо з кабіни водія. Незважаючи на привод у 12 В, посівний модуль здатен рівномірно розподілити посівний матеріал на ширину до 24 м.



Рис. 1.15. Посівний модуль на комбайні. © Косолап М.



Рис. 1.16. Посівний модуль на рублячому котку. © askpower

Сівалки для Strip-till:

HORSCH Focus TD F – комбінована культиватор-сівалка для сівби за технологією Strip-till, яка дає змогу за один прохід виконувати розпушування ґрунту, локальне внесення добрив, зворотне ущільнення підготовленої смуги та висів насіння. Перед кожною лапою встановлено прорізний диск, який розрізає ґрунт і пожнивні рештки та зменшує ризик їх накопичення перед робочими органами. Кільоподібна лапа ULD Plus розпушує ґрунт у межах смуги та забезпечує локальне внесення добрив у верхні або нижні ґрунтові горизонти. Після лап встановлені котки-грудобої та колеса великого діаметра, які подрібнюють грудки, вирівнюють оброблену смугу й виконують її попереднє зворотне ущільнення перед висівним сошником.

Сівалка може комплектуватися різними висівними сошниками: анкерним з міжряддям 35 см для сівби ріпаку по пожнивних рештках, дводисковою з міжряддям 17,5 см для висіву зернових культур, а також сошником Maestro RV зі змінним міжряддям 35 або 70 см. Висівні секції Maestro оснащені паралелограмною підвіскою, гідравлічною системою регулювання притискного зусилля, системою AutoForce, очисниками рядка, вакуумним дозувальним апаратом AirVac і прикочувальними колесами, які забезпечують точне укладання насіння та якісне закриття посівної борозни (рис. 1.17).

1.3. Дозувальні апарати

Дозувальні апарати поділяються на механічні та пневматичні. Механічні дозувальні апарати застосовуються давно. Сівалки з механічним дозувальним апаратом використовують здебільшого для сівби культур суцільного посіву - зернових, зернобобових, фуражних, дрібнонасінних культур, гречки, сорго, проса, трави тощо. Сучасні механічні сівалки обладнують висівними апаратами зі штифтовими та комірчасто-зубчастими котушками. Тривала історія застосування цих дозувальних апаратів зумовлена такими їх перевагами:



Рис. 1.17. Комбінована сівалка-культиватор HORSCH Focus TD F для технології Strip-till

- зручність регулювання;
- універсальність та можливість якісно працювати за нерівного мікрорельєфу поля;
- рівень зерна в насіннєвому бункері не впливає на якість роботи котушки, норма висіву не змінюється.

Серед основних недоліків котушкового апарата є порційне подавання насіння внаслідок наявності на котушці ребер, що розділяють між собою жолоби, в які потрапляє насіння під час дозування. Результат – нерівномірне

розміщення насіння в рядку. За малих норм висіву та зі збільшенням крупності насіння цей недолік виявляється сильніше. Для запобігання цього фермери часто збільшують норму висіву зернових на 5–8 відсотків. З підвищенням вартості насіння фермери все більше уваги приділяють сівалкам суцільного посіву, які обладнані апаратами індивідуального висіву, близькими за конструкцією до висівних апаратів точного висіву (рис. 8.18).

Для усунення зазначених недоліків виробники механічних сівалок обладнують деякі марки висівними апаратами з гвинтовими котушками, котрі дають змогу якісніше дозувати посівний матеріал та проводити посів на більшій швидкості. На деяких марках посівних машин задля збільшення варіювання норми сівби та розширення можливостей сівби різних культур на валу висівних апаратів встановлюють кілька різних котушок. Наприклад, на сівалці TurboMax фірми Harwest розширений діапазон висіву насіння допомагає налаштувати сівалку як на норму мікровисіву від 0,5 кг/га, так і на норму макровисіву до 400 кг/га.



Рис. 1.18. Точний висівний апарат на зерновій сівалці з коробкою передач і ланцюговим приводом, 2011. © Ж-л «ЗЕРНО»

Ще однією проблемою цього типу висівних апаратів є те, що вони розташовані на досить великій відстані від поверхні ґрунту. За час проходження насіниною насіннєпроводу вона багаторазово б’ється об його стінки, затримується, що збільшує нерівномірність розміщення насіння в рядку. Форма і міцність насіннєпроводів не мали суттєвого значення в традиційній системі землеробства, але за переходу на систему No-till виявилося, що стояче після збирання бадилля високорослих культур із міцним стеблом (кукурудза, соняшник) може пробивати, рвати, обривати насіннєпроводи.

Механічні дозувальні пристрої котушкового типу ставлять і на посівних комплексах під центральним бункером із розподілом по сошниках через розподільну головку і транспортуванням насіння до сошників повітряним потоком.

Пневматичні дозувальні апарати використовують частіше на секційних сівалках для сівби просапних культур. Їхні висівні апарати особливо якісно працюють із дражованим і каліброваним насінням. Але такий дозувальний пристрій потребує додаткового обладнання для створення вакууму.

До переваг таких дозаторів належить:

- менше пошкодження насіння;
- точний висів;
- можливість монтування безпосередньо над сошником, без застосовування насіннєпроводу.

Нові конструкції дозувальних апаратів дозволяють різко підвищити якість сівби. Наприклад, на рис. 1.19 та 1.20 представлена зміна рівня якості сівби кукурудзи при заміні пальцевого висівального апарату на висівальний апарат vSet компанії Precision planting.

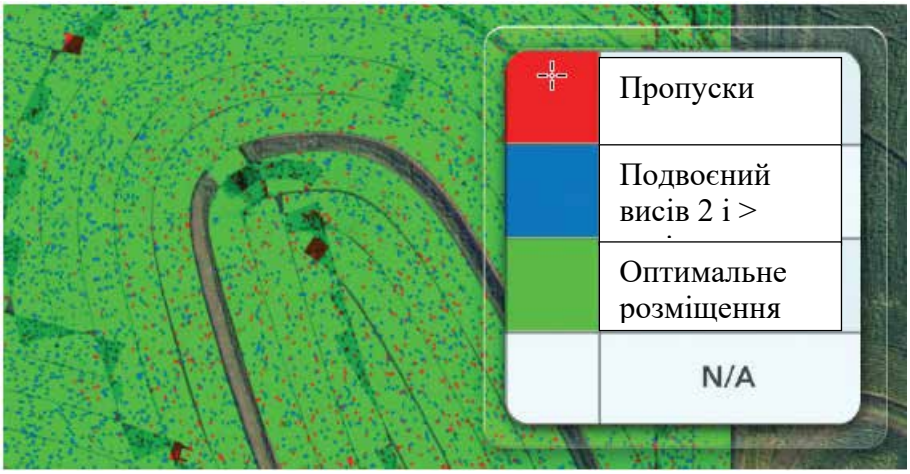


Рис. 1.19. Поле, засіяне у 2014 році з використанням пальцевих дозаторів. Середній показник сингуляції – 96,2%, пропуски – 1,5%, здвоєні сходи – 2,3%.
© ТОВ «АМАКО Україна»

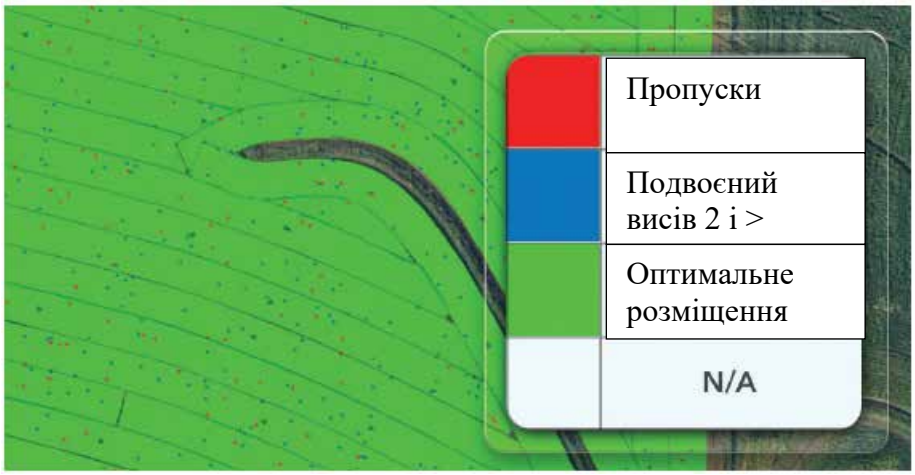


Рис. 1.20. Це саме поле, засіяне у 2016 році з використанням висівних апаратів vSet.
© ТОВ «АМАКО Україна»

Середній показник сингуляції – 99,7 відсотків, пропуски – 0,1 відсотків, здвоєних сходів – 0,2 відсотків. Середній приріст урожайності – 0,16 т/га, або на кожен процент сингуляції приріст урожаю становив – 0,55 т/га.

1.4. Пристрої до сівалок No-tlll і Strip-till

Відсутність механічного обробітку ґрунту зумовлює необхідність обладнання сівалок спеціальними пристроями. Першими з них є култери – диски для розрізання рослинних решток по лінії рядка, які ставлять на сівалки перед сошниками (хоча і не обов'язково). Вони забезпечують краще проникнення сошника в ґрунт і дотримання рівномірнішої глибини заробки.

1.4.1. Култери

Для полегшення і поліпшення якості роботи сошника попереду нього встановлюють дискові ножі (култери). Їх можуть кріпити на окремій рамі або на рамі сівалки чи посівної секції. Ці диски мають розрізати наявні на поверхні рослинні рештки й нарізати канавку для сошника. Вони можуть бути різної форми (рис. 1.21).

Хвилястий диск забезпечує утворення стрічки шириною до 4 см, по якій сошником формується насіннєва борозенка. Рифлений диск забезпечує роботу на затверділих ґрунтах та пасовищах, турбодиск є найбільш універсальним та невибагливим до зміни швидкості руху посівного агрегату.

Широкі хвилясті різальні диски з шириною в 2,5–4,5 см прорізають досить широкі канавки в ґрунті й пожнивних рештках, що забезпечує прискорене його прогрівання, але через велику різальну поверхню для їх якісної роботи вимагається більший тиск, ніж на інші диски. Крім цього, вони більше порушують цілісність ґрунтового покриву та заробляють у ґрунт значну частину рослинних решток, що негативно позначається на рівномірності проростання і густоті стояння сходів. А за роботи у вологих умовах винесений ґрунт налипає на сошники й прикочувальні колеса, що знижує якість сівби.



а) **б)** **в)**

Рис. 1.21. Загальний вигляд різних видів різальних дисків: а) турбодиск; б) хвилястий різальний диск; в) рифлений різальний диск (з презентації Бикова М.)

Різальні диски інших форм, які нарізають вузьку стрічку з шириною в 1,5–2,5 см не потребують такого високого тиску для заглиблення в ґрунт. Вони менше порушують поверхню, краще розрізають рослинні рештки та менше їх вносять у рядок. Все ж перевагу віддають турбодискам. Глибину для різальних дисків встановлюють максимально близьку до глибини зароб-

ки насіння, щоб воно лягало на ущільнене насіннєве ложе, а не зависало в розпушеному ґрунті. Бажано застосовувати різальні риски більшого діаметра, які краще розрізають рослинні рештки та менше схильні до забивання.

1.4.2. Прикочувальні котки

Сівба в непорушений шар ґрунту обов'язково потребує подальшої роботи з посівним рядком – присипання ґрунтом, прикочування зони рядка та роботу з рослинними рештками. Присипання і прикочування виконує додатковий пристрій – каток. Через різноманітні ґрунтові умови та сошників сівалки можуть бути обладнані різними типами котків (рис. 1.22). Найчастіше застосовують такі типи прикочувальних котків:

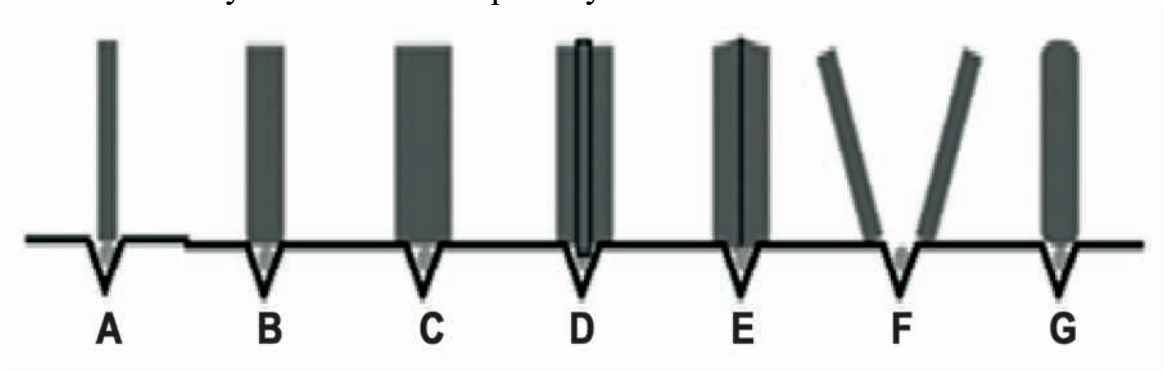


Рис. 1.22. Форми основних типів прикочувальних котків.
© Є. К.Дики, П.Д.Джаса

A – прикочувальне колесо шириною 2,5 см. Притискує безпосередньо насінину на дні борозенки;

B – прикочувальне колесо шириною 5 см. Проходить по краю борозенки, обвалюючи ґрунт на насінину та прикочує його на дні борозенки. Так формує товщину ґрунту над насіниною.

C – широке прикочувальне колесо обвалює ґрунт на насінину, але не справляє прямого тиску на насінину;

D – широке прикочувальне колесо з двома ребордами обвалює ґрунт на насінину й одночасно прикочує, формуючи глибину заробки.;

E – широке прикочувальне колесо з однією центральною ребордою, обвалює ґрунт у посівну борозенку й одночасно формує глибину;

F – два притискних колеса, які розташовані під кутом одне до одного, котрі закривають і прикочують борозенку, забезпечуючи щільний контакт насіння з ґрунтом;

G – вузьке сталеве прикочувальне колесо забезпечує тиск безпосередньо на насіння.

Оскільки прикочувальні котки працюють на різних типах ґрунтів за різної їх вологості та наявності різних рослинних решток, вибрати оптимальний коток із наявних варіантів справа не проста (рис. 1.23). Однією з можливостей поліпшити роботу прикочувальних котків стала двоступенева система закриття борозни з пневматичним притисканням Furrow Force (рис. 1.24), яка розроблена компанією Precision Planting. У ній металеві диски спочатку руйнують і подрібнюють стінки борозни, зсувають ґрунт з обох боків до борозни, не обвалюючи сухий ґрунт із поверхні на насінину, і видаляють повітряні кишені по всій глибині.

Потім гумові котки, що йдуть позаду, притискають поверхню, забезпечуючи необхідний контакт насіння з ґрунтом, а також запобігаючи випаровуванню вологи. Пневматична подушка з адаптивним автоматичним керуванням забезпечує необхідне притискання прикочувальних коліс кожного ряду для якісного закриття незалежно від мінливих умов на полі.



Рис. 1.23. Варіанти прикочувальних котків. © velesagro



Рис. 1.24. Двоступенева система закриття борозни з пневматичним притисканням FurrowForce. © The Ukrainian Farmer

Випробування показали, що порівняно з традиційними гумовими й литими дводисковими прикочувальними колесами застосування системи Furrow Force дало приріст урожаю в середньому на 5,7 ц/га.

1.4.3. Розгортачі (очисники) рядів

Наявність соломи на поверхні ґрунту, крім переваг, має і недоліки. Як відмічалося вище, до них належить токсичний вплив продуктів їх розкладу на проростаюче насіння культури та зниження температури ґрунту. Наприклад, на проростання насіння ріпаку сильний вплив справляють токсичні виділення соломи, а для проростання насіння кукурудзи більше значення має температура ґрунту. Для уникнення негативного впливу від наявності соломи в зоні рядка на сівалці перед сошником ставлять розгортачі рядів із завданням перемістити рослинні рештки з зони рядка в міжряддя (рис. 1.25). За конструкцією вони бувають дуже різні, тож варто кожен раз підбирати й оптимально їх налаштовувати, виходячи з виду, кількості та стану рослинних решток.



Рис. 1.25. Варіанти розгортачів рядка. (з презентації Бикова М.)

1.4.4. Види сошників

У традиційній системі землеробства сівба відбувається за попередньої підготовки ґрунту до вимог сівалки, що запобігає в потребі мати велике різноманіття сошників. Їх набір більше зумовлюється біологічними вимогами культур (оптимальною глибиною заробки насіння) або їх розташуванням на площі (суцільні та широкорядні посіви). *В системі землеробства No-till, навпаки, – сошник пристосовується до реального фізичного стану ґрунту ще й за наявності рослинних решток на його поверхні.* Водночас сошник має мінімально порушувати ґрунт. До того ж залишаються чинними біологічні вимоги культур. У результаті це й зумовило велике різноманіття сошників. Практика засвідчила неможливість створити універсальний сошник для всіх умов. У системі землеробства No-till і Strip-till із часом фізичні властивості посівного шару ґрунту поліпшуються, що зумовлює необхідність змінювати з часом сошники в міру зміни властивостей посівного шару ґрунту.

Тип підвіски сошника і сам сошник (сошникова група) є одним із ключових елементів конструкції сівалки. Сошникова група визначає технологічне призначення сівалки та допомагає максимально ефективно використовувати її для сівби насіння зернових у різних системах землеробства.

На зернових сівалках можуть встановлювати наральникові й дискові сошники. Наральникові сошники бувають анкерні, долотоподібні, лапові, а дискові – дво- й однодискові. Лапові сошники забезпечують розміщення насіння стрічками, інші сошники – розміщення насіння рядами.

Більшість сівалок суцільного посіву, які використовують в Україні, обладнані дисковими сошниками, схема роботи представлена на рис 1.26. Деякі види дискових сошників представлені на рис.1.27.

Традиційні дводискові сошники не забезпечують необхідної глибини проникнення в необроблений ґрунт, тому перед ними встановлюють култери. Якщо в дводискового сошника диски один відносно іншого зміщені (зазвичай на 2,5–5 см), то перший диск розрізає рослинні рештки, а другий прорізає борозенку для насіння, або один диск має більший діаметр, а другий менший – у такому разі култер не потрібен.

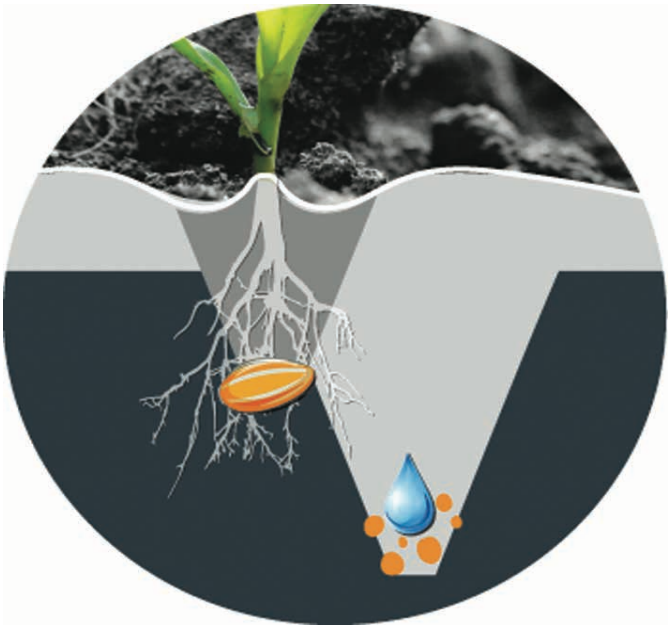


Рис. 1.26. Схема роботи сошникової групи з дводисковим сошником. © equalizer



Рис. 1.27. Варіанти дискових сошників. © Косолап М.

Ряд моделей сівалок обладнані одним диском, але більшого діаметра, який нахилений від невеликим кутом до поверхні ґрунту (рис. 1.28).



Рис. 1.28. Однодисковий сошник фірми AMAZONE. © amazone.co.uk

1. Регулювання глибини заробки насіння. 2. Посилений кронштейн із тиском на сошник до 55 кг. Централізоване регулювання тиску на сошник. 3. Опорний коток Control 25 мм або 10 мм для рівномірної заробки насіння. 4. Утворювач насіннєвої борозенки. 5. Трубка подачі посівного матеріалу. 6. Висівний диск Ø 400 мм. 7. Штригель Exakt для закриття посівного матеріалу.

Ця сошникова група є досконалішою й значно краще проникає в ґрунт, оскільки один диск має меншу опорну поверхню, краще розрізає рослинні рештки, якісніше формує борозенку, в якій розміщується насіння. Але, як і попередній тип, ця сошникова група для забезпечення рівномірності глибини заробки насіння обладнується індивідуальними опорно-прикочувальними колесами. У такому разі кожен сошник може бути налаштований на оптимальну глибину заробки насіння, а опорне колесо забезпечить високу її стабільність по ходу руху сівалки та відповідно – високоякісну сівбу. Така конструкція забезпечує ефективне проникнення сошника в ґрунт за меншої маси сівалки та мінімального порушення верхнього шару ґрунту.

Однодисковий висівний сошник SingleDisc, яким обладнуються сівалки HORSCH Avatar, великого діаметра добре заглиблюється у ґрунт і формує посівну борозну U подібної форми, а насіннєвий башмак спрямовує насіння в зону висіву, що сприяє його кращому контакту з ґрунтом. Глибина регулюється окремо на кожному сошнику, що дає змогу точніше налаштовувати його роботу, зокрема на ущільнених ділянках в коліях після проходу трактора (рис. 1.29).

Інший тип сошника, який значно менше застосовується для сівби зернових, – це анкерний. У класичному виконанні анкерні сошники з тупим кутом входження в ґрунт вимагають попередньої підготовки ґрунту, тому в системі землеробства No-till не застосовуються.

На відміну від дискових сошників, анкерна сошникова група, завдяки значній опорній поверхні сошника, стабільніше витримує глибину загортання

насіння, якісно формує борозенку та насіннєве ложе, на якому розміщується насіння, але сильніше, ніж інші види сошників, порушує посівний шар ґрунту особливо при збільшенні швидкості сівби.



Рис. 1.29. Однодисковий висівний сошник сівалки HORSCH Avatar

Модернізовані типи анкерних сошників, дообладнується в передній частині спеціальним наральником із гострим кутом входження в ґрунт та додатковими крильцями (рис. 1.30). Такі сошники мають значно кращі проникні властивості, але вони ще більше порушують посівний шар ґрунту особливо при роботі сівалки на підвищених швидкостях.

Сошникові групи, оснащені анкерними сошниками такого типу, нечутливі до наявності рослинних решток на поверхні поля, краще витримують рівномірну глибину загортання насіння в щільних ґрунтах та додатково обробляють ґрунт у зоні рядка.

Моделі сівалок з анкерними сошниками для технології No-till виробляють зарубіжні компанії DMS, Амацоне, Бурго, Кейс, з вітчизняних – «Агро-Союз». Наприклад, анкерний сошник GiroFlex сівалки HORSCH Sprinter має потужну стійку з гідравлічним притискним зусиллям до 180 кг. Його конструкція забезпечує копіювання рельєфу поля та захищає робочий орган від перевантажень під час проходження ущільнених ділянок ґрунту або зіткнення з перешкодами. Вузьке долото шириною 12 мм мінімально порушує ґрунт і формує вузьку посівну борозну, залишаючи більшу частину поверхні поля та рослинних решток у непорушеному стані. Долото розкриває ґрунт лише в зоні висіву, формує насіннєве ложе та створює умови для контакту насіння з вологою нижніх шарів ґрунту.

Деякі фірми пропонують сівалки зі здвоєними долотоподібними сошниками типу Seed Hawk (рис. 1.31) для сівби зернових культур з одночасним внесенням мінеральних добрив. Вони змонтовані на радіальній підвісці з заднім опорно-прикочувальним колесом та гідравлічною системою регулювання притискного зусилля сошника. Такий тип сошникової групи за якістю роботи дуже близький до попереднього, оскільки регулювання і

стабільність глибини загортання насіння легко та якісно забезпечується спеціальною гідравлічною системою.



Рис. 1.30. Варіанти сошників анкерного типу. © NRCS



Рис. 1.31. Анкерний сошник GiroFlex сівалки Horch Sprinter

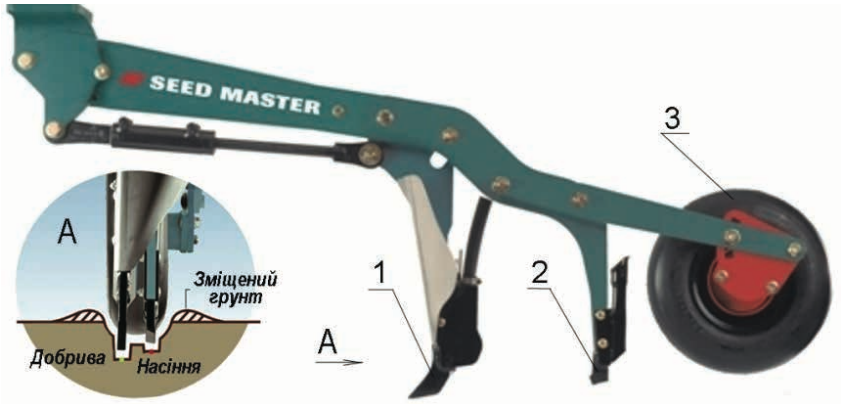


Рис. 1.32. Загальний вигляд сошника Seed Master (а) та схема розміщення ним насіння та добрив. © В.Сало, П.Лузан

Як свідчить аналіз конструкцій сошникових груп зернових сівалок, кожний тип сошників має свої переваги й недоліки. *Узагальнювальний параметр, за яким можна досить легко й ефективно оцінити сівалку для прямого посіву та встановити її придатність до роботи в конкретних умовах, – це конструкційно задане зусилля, з яким сошник притискається до поверхні ґрунту. Чим вище присне зусиллі, ти якісніше працює сошник.*

Для технології Strip-till, яка допускає розпушення ґрунту в зоні посівного рядка можна застосовувати дискові й анкерні сошникові групи з меншим притискним зусиллям 50–100 кг, тому спеціальних сівалок ця технологія не потребує.

1.4.5 Притискачі насіння

Останню частину шляху від бункера до ґрунту насінина проходить у вільному падінні під дією сили тяжіння та найменше контролюється землеробом.

На цьому шляху залежно від форми сошника можуть трапитися частини пожнивних решток, грудки землі, самі нерівності борозни, насінина може відскочити від удару тощо. У результаті ці причини можуть змінювати глибину загортання насінини порівняно із заданою. Компанія Precision Planting пропонує простий за конструкцією, але ефективний пристрій для притискання насіння до дна борозни, який називається Keeton (рис. 1.33). Притискач насіння Keeton виготовлений зі спеціального матеріалу та має особливу поверхню, що запобігає налипанню насіння і ґрунту.

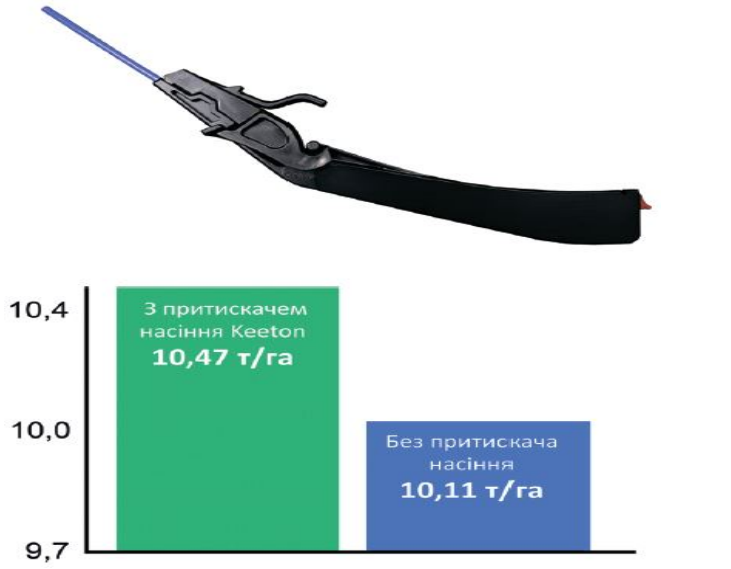


Рис. 1.33. Випробування притискача Keeton на полі Precision Planting дало різницю в урожаї кукурудзи в 360 кг/га. © The Ukrainian Farmer

1.5. Формування посівного агрегату та його продуктивність

При формуванні посівного агрегату, окрім технічних характеристик сівалки і можливостей досягнути агротехнічних вимог якісної сівби, необхідно враховувати ще й організаційно-економічні вимоги та логістику роботи конкретного посівного комплексу в господарстві. До цих вимог передусім належить:

- *необхідна тягова потужність трактора*;
- *логістика заправки насінням;*
- *логістика заправки сівалки добривами.*

Позаяк сошники сівалок прямої сівби рухаються в необробленому ґрунті й сівалки важчі від традиційних, для них завжди потрібна більша тягова потужність трактора, що припадає на один сошник, ніж для сівалок, які працюють на підготовленому обробленому ґрунті. Зазвичай на один сошник потрібно від 4 до 12 кінських сил потужності двигуна трактора. Такий широкий діапазон частково обумовлений відмінностями в конструкціях сошників, а також рельєфом поля і типом ґрунту. Останні два показники для однієї і тієї самої сівалки можуть змінити необхідну потужність трактора на 50 відсотків і більше.

Крім цього, необхідна потужність зростатиме зі збільшенням швидкості сівби. Оптимальна швидкість сівби залежно від умов і типу сошника може бути від 5 до 16 км/год.

Можна вважати, що за однакової ширини захвату традиційної сівалки та сівалки для No-till останній потрібен удвічі потужніший трактор. Проте, слід пам'ятати, що майже завжди в No-till спостерігається така закономірність: чим менший тяговий опір припадає на один сошник, тим менше він розпушує ґрунт.

У роботі сівалки No-till витримують значно більші навантаження і природно, що поточний ремонт їх дорожчий, ніж за традиційних технологій, тому до сівалки виставляють високі вимоги щодо технічної надійності.

Логістика процесу сівби передусім полягає в організації та технічному забезпеченні швидкого завантаження насіння і мінеральних добрив. Цей показник тісно пов'язаний із кінцевим показником рентабельності використання сівалки прямої сівби. За розрахунками кількох зарубіжних економістів, велика сівалка No-till стає економічно привабливою лише за умови, що за рік нею сіють не менше 600 га.

Крім цього, обов'язково слід оцінити можливість застосування рідких добрив, робочу ширину посівного агрегату та його довжину. Ці показники визначають не лише продуктивність, а й маневреність агрегату, отже – його відповідність конфігурації полів конкретного господарства.

Ширина захвату сівалки – функція багатьох параметрів. Передусім не треба прагнути максимальної ширини захвату сівалки або точно копіювати її до подібної за традиційної технології. Сівалка No-till проходить по полю один раз.

Бажано, щоб оптимальна швидкість роботи сівалки не була меншою, ніж у традиційної сівалки. Відповідно, щоб її вартість не перевищувала сукупну вартість усього комплекту ґрунтообробних знарядь, необхідних для традиційної технології.

Ширина захвату сівалки має відповідати конфігурації полів і можливостям доріг для її транспортування з поля на поле (переїзди агрегату неминучі, тож їх потрібно робити швидко і без тривалого перелаштування в транспортне положення).

За численними спостереженнями, ширина 6 м – це верхня межа для сівалок, що мають одну раму. Там, де потрібні сівалки більшої ширини захвату, необхідно розглядати варіанти використання багатосекційних сівалок, створення посівних агрегатів із кількох сівалок або сівалок із крилами, що складаються. Враховуючи, що тяговий опір сівалок прямої сівби вищий, ніж у традиційних, то відповідно змінюються вимоги до зчіпок для створення посівних агрегатів із 2–3 сівалок.

Зазвичай сівалки з шириною захвату до 6 м мають опорні колеса з боків, що забезпечує добру маневреність. Але їх складно транспортувати з поля на поле. Сівалки з більшою шириною захвату здебільшого оснащені опорними колесами спереду та ззаду і завдяки складанню бокових крил мають прийнятну ширину в транспортному положенні.

Якщо є фінансові проблеми з придбанням трактора, то сівалку No-till потрібно вибирати вужчу, ніж зазвичай, орієнтуючись під потужність

свого наявного трактора, а не прагнути обов'язково купити весь посівний комплекс одразу.

Незалежно від того, як і на якій відстані розташовані сошники один від одного, кожен сошник повинен мати здатність копіювати поверхню ґрунту – адекватно підніматися й опускатися, реагуючи на нерівності поверхні незалежно від інших. Краще копіюють поверхню ґрунту сівалки з традиційним компонуванням і гірше – сівалки з розділеним висівним агрегатом і бункером для насіння та добрив через розміщення сошників у кілька рядів на єдиній широкій рамі, особливо за жорсткої їх фіксації.

На сівалках для прямої сівби треба оцінити розташування сошників. Зазвичай вони розміщуються в кілька ліній у шаховому порядку, щоб запобігти їх забиванню рослинними рештками. За збільшення подовжнього їх розміщення виникає необхідність застосування довгих насіннєвих шлангів. Це зумовлює малий кут між ними та сошниками, що може створити проблеми для проходу насіння самопливом по насіннєвому шлангу, особливо при роботі на схилах. Розташування кількох насіннєвих ящиків безпосередньо над рядами сошників вирішує цю проблему, але ускладнює заправку насінням і мінеральними добривами.

Логістика заправки сівалки посівним матеріалом і добривами.

Логістика заправки сівалок визначається місткістю бункерів для насіння і добрив, їх розташуванням, доступністю та наявністю додаткового обладнання для механізації заправки сівалок. Деякі сучасні сівалки здатні проводити сівбу навіть двох гібридів кукурудзи одночасно на одному полі (залежно від родючості ґрунту на конкретній ділянці) або сівбу батьківських і материнських ліній. Слід дотримуватися економічного закону: «Чим дорожчий і високопродуктивніший агрегат, тим менше часу він має простоювати через технологічні зупинки, зумовлені необхідністю заправки чи технологічного обслуговування». На деяких моделях сівалок встановлені спеціальні шнеки загрузки, які дозволяють завантажувати насінні і добрива в сівалку (рис. 1.34).



Рис. 1.34. Одношнековий спеціальний завантажувач насіння для зернових сівалок Deere 1590.
https://www.farmshow.com/a_article.php?aid=27660&utm_source=chatgpt.com

Для скорочення часу простою використовують додаткові машини і знаряддя: спеціальні завантажувачі сівалок (бункери перенавантажувачі). з одним або двома бункерами, які можуть працювати одночасно. Це ефективніший інструмент для господарств із великими площами. Трактор із бункером-перевантажувачем місткістю 15-30 тон під'їжджає прямо до посівного комплексу та заправляє його насінням і добривами за лічені хвилини. Це дозволяє уникнути виїзду важких вантажівок на поле.

За завантаження і зберігання насіння і добрив у біг-бегах (великих мішках) потребує застосування мобільних підйомних кранів для їх завантаження на транспортні засоби на складах і завантаження з них добрив і насінні безпосередньо в сівалку (рис. 1.35).

Всі фактори, що впливають на продуктивність посівних агрегатів наведені на рис. 1.36.

Контроль за процесом сівби.

Нині всі системи землеробства виходять на високоточні агрономічні технології, зокрема й така технологічна операція, як сівба. Сьогодні оперативна інформація про якість сівби й умови її проведення, яку може отримати агроном чи механізатор на монітор, може містити такі показники:



Рис. 1.35 Завантаження Horsch Avatar із біг-бегів краном на вантажівці.
Джерело: https://terra.horsch.com/en/issue-21-2020/around-the-world/an-agri-group-of-superlatives-kernel-ua?utm_source=chatgpt.com

- вологість ґрунту в насіннєвій борозенці;
- температура ґрунту в насіннєвій борозенці;
- однорідність фізичних умов у насіннєвій борозенці (щільність, гранулометричний склад, вологість);
- чистота насіннєвої борозенки від рослинних решток;
- вміст органіки в ґрунті;
- глибина заробки насіння;
- якість руху (наскільки плавно пересувається посівна секція по поверхні ґрунту);
- сингуляція;
- норма внесення рідких добрив;
- притискне зусилля, яке прикладається до висівної секції.



Рис. 1.36. Фактори, що впливають на продуктивність агрегатів

Додайте сюди, що все це записується в точно визначних географічних координатах і стане зрозуміло за якою великою сукупністю інформації сучасному агроному необхідно ухвалювати рішення і оцінювати якість роботи агрегата. Виконати якісно це завдання без потужної спеціалізованої комп`ютерної платформи неможливо, тому перехід від застосування окремих елементів системного застосування точного землеробства до реалізації цілісної системи є магістральним шляхом розвитку сучасного землеробства.

1.6. Робота сівалки No-till із рослинними рештками

Рослинним рештками сівалка в технології No-till має не тільки давати раду, тобто долати як перепону, а й підвищувати їх цінність, щоб вони сприяли проростанню, росту і розвитку культурних рослин. *Сівалка – це один із засобів управління рослинними рештками.* Управління рослинними рештками в системі землеробства No-till відбувається на трьох рівнях:

1) *глобальний рівень*, забезпечує регулювання якості та часу надходження рослинних решток. Це досягається завдяки зміні порядку чергування культур у схемі сівозміни та сівби покривних культур. Правила побудови оптимальної схеми сівозміни в системі землеробства No-till викладені в попередніх розділах;

2) *тактичний*, реалізується під час збирання культури. Технічне оснащення комбайна допомагає формувати рослинні рештки бажаної довжини й рівномірно розподіляти їх по поверхні поля;

3) *локальний* – це сівалка, яка дає змогу керувати рослинними рештками на рівні насіннєвої борозенки та міжряддя.

Перед придбанням сівалки необхідно чітко уявляти з якими рослинними рештками доведеться їй мати справу. При цьому слід пам'ятати, що рослинні рештки є не лише на поверхні ґрунту, а й у ґрунті (коренева система), тож їм також треба давати раду сівалці. Стан рослинних решток залежить від виду культури й терміну часу між їх надходженням на поверхню ґрунту та сівбою наступної культури. Чим довший цей період, тим більше змінюється їх первинний стан через їх природний розклад. Рослинні рештки стають крихкішими й легше розрізаються культерами або дисковими сошниками.

Для оцінки спроможності конкретної моделі сівалки працювати з рослинними рештками необхідно оцінити певні фактори ризику:

1. *Можливість забивання сошників рослинними рештками*. Це залежить від розташування сошників, їх типу, висоти рами та стану й виду рослинних решток. Мінімальна відстань між сусідніми сошниками для самостійного їх очищення від рослинних решток становить приблизно 250 мм убік, по діагоналі або по ходу сівалки. Сошники у вигляді культиваторної лапи можуть більше забиватися рослинними рештками, але практично ніколи не вдавлюють їх у посівну борозенку. Якщо на полі присутні бур'яни з міцною кореневою системою або надземним стеблом, які вегетують на час сівби, вони також можуть накопичуватися на стійці сошника (рис. 1.37). Треба пам’ятати, що будь-який нерухомий компонент сошника може накопичувати рослинні рештки.

2. *Дискові сошники менше схильні до забивання рослинними рештками*. Ступінь їх забивання залежить від діаметра диска. Чим він менший, тим легше проникає в ґрунт, але за наявності великої кількості рослинних решток може швидше забиватися.

3. Чи обов'язкове подрібнення рослинних решток для якісної роботи такої сівалки? Для цього необхідно оцінити, які культури вирощують у сівозміні, як і чим їх будуть збирати, а отже, які рослинні рештки й у якому стані будуть на полі на час сівби.

Всі рослинні рештки після проведення комбайнового збирання культури можна класифікувати на ті:

- що залишилися на полі (оцінюють за висотою зрізу – «низький», «високий»),

- і ті, які пройшли через комбайн (оцінюють за довжиною – «січка дрібної фракції», «січка довгої фракції»).

Необхідно пам’ятати, що найважче працюють сівалки з погано розподіленою по площі поля січкою довгої фракції пожнивних решток. Надія лише на подрібнення рослинних решток комбайном або додатковим агрегатом виправдовується зрідка і часто є недоцільною.

Жодні апаратні рішення, не можуть повністю та якісно подрібнити рослинні рештки, тому вважається, що висока стерня є найоптимальнішим варіантом. Загальне правило, напрацьоване на сьогодні практиками: для анкерного сошника необхідно рослинні рештки подрібнювати та робити низький зріз, а для дискового сошника – високий зріз і незначне подрібнення. Незалежно від типу сошника важливо рівномірно розподілити рослинні рештки по ширині захвату жатки комбайна.

4. *Можливість і ступінь втискання сошниками рослинних решток у посівну борозенку*. Це залежить від багатьох чинників, але передусім від типу сошника, стану і виду рослинних решток. Найкраще, коли після проходу сівалки рослинні рештки залишилися на поверхні ґрунту, прикриваючи посівну борозенку, але не потрапили в ґрунт. Дискові сошники на відміну від інших типів більш схильні до втискування рослинних решток у посівну борозенку, особливо в разі їх нерозрізання.



Рис. 1.37. Накопичення бур'янів на стійках нерухомих сошників. © Косолап М.

Вибираючи сівалку, необхідно пам’ятати:

- якщо сівалка обладнана култером, то кращою його формою є зазублений диск або диск із хвилястим краєм;
- на твердому ґрунті диски краще розрізають рослинні рештки, ніж на м'якому;
- з вологим ґрунтом або вологими рослинними рештками працювати складніше, ніж із сухими;
- функціональність і конструкція No-till сівалки можуть впливати на ступінь прояву ризиків: біологічних (хвороби рослин, шкідники, токсини), хімічних (нестача поживних речовин, використання мінеральних добрив і можливість пошкодження сходів «спалюванням» мінеральними добривами при їх розміщенні поряд із насіниною), фізичних (мікросередовище посівної борозенки), економічних (термін служби основного засобу, продуктивність сівалки тощо.);
- неправильно зменшувати витрати в No-till, заощаджуючи на ефективності сівалки, оскільки часто така економія витрат набагато менша, ніж втрати зниження врожайності від неякісної роботи сівалки;
- сошник не має призводити до ущільнення та розмазування стінок борозенки – цей показник багато в чому залежить від механічного складу ґрунту і рівня зволоження на час проведення сівби.

Неправильний вибір сівалки в поєднанні з помилками в технології No-till підвищує ступінь ризиків порівняно з традиційною технологією з механічним обробітком ґрунту.

1.7. Робота сівалки з добривами

Одночасне внесення в ґрунт насіння і добрив сошниками в технології No-till має більше значення, ніж у традиційних системах землеробства. Обумовлено це відсутністю заходів обробітку ґрунту, під які в традиційній системі землеробства вноситься більша частина мінеральних й органічних добрив. Внесення добрив одночасно з сівбою культури зазвичай відносять до стрічкового способу внесення. У технології No-till і Strip-till реакція культури на стрічкове внесення добрив вища, ніж у традиційній технології.

Оскільки мінералізація та вивільнення азоту за технології No-till у весняний період мінімальні порівняно з традиційними технологіями, рослини можуть часто відчувати нестачу в азоті на ранніх фазах розвитку.

Один з ефективних способів вирішення цієї проблеми – внесення азотних добрив під час сівби. Це краще, ніж їх розкидання по поверхні з економічного й з екологічного погляду. Просте розкидання не стільки забезпечує рослини, скільки виконує функцію азоткомпенсації на розкладання мікроорганізмами рослинних решток із широким співвідношенням азоту до вуглецю та забезпечує азотом бур’яни. За стрічкового внесення азот мінеральних добрив безпосередньо використовується молодими рослинами на першому етапі росту. За нестачі азоту в ґрунті уповільнюється розклад рослинних решток мікроорганізмами. У такій ситуації азот із відмираючих

мікроорганізмів надійде в доступній для культури формі в пізніший період, який часто не збігається з потребою вирощуваної культури.

Зазвичай вважається, що верхня межа «стартової» норми азотних добрив, що вносяться сівалкою, лежить у межах 15–20 кг/га д. р. Хоча є експериментальні дані американських вчених (Baker C. J., 1976), що верхня межа під кукурудзу, за якої починає спостерігається токсичність добрив на культуру становить 200 кг/га сечовини, а верхня межа калієвого суперфосфату (0–6–15–8) під горох була взагалі 780 кг/га. Під пшеницю азот у вигляді аміачної води вносили до 140 кг/га. В Україні під кукурудзу без пошкодження сходів вносили 120 кг/га д. р. азоту у вигляді аміачної води.

Доцільність внесення азотних стартових добрив полягає в тому, щоб узгодити темп розкладання рослинних решток із темпом споживання поживних речовин, що надходять від їх розкладу, культурними рослинами. За розкидного внесення азоту на необроблений ґрунт можливе значне проникнення в нижні горизонти по біопорах разом із вологою опадів без його споживання рослинами. В такому разі азот виноситься за межі кореневмісного шару і призводить до забруднення ґрунтових вод. Крім цього, науковими дослідженнями встановлено, що за технології No-till культури менш чутливі до добрив, внесених розкидним способом, ніж за традиційної технології.

Водночас за внесення добрив стрічковим способом також існують певні ризики. Передусім – можливість токсичної дії добрив на насіння, особливо якщо вони в насіннєвій борозенці розміщуються спільно. В технології No-till це має більше значення, ніж у технологіях, де наявний попередній механічний обробіток ґрунту. Токсичність добрив залежить:

- від їх хімічного складу – найтоксичнішими є азотні й калійні добрива;
- від форми добрив – рідкі добрива можуть діяти швидше;
- на рівень токсичності фосфорних добрив може впливати термін їх зберігання: наприклад, у свіжому суперфосфаті міститься залишкова кількість вільної сірчаної кислоти, яка за тривалого зберігання добрив із часом розпадається;
- від вмісту вологи в ґрунті – чим менша вологість, тим вище концентрація ґрунтового розчину, а отже його токсичність.

Здатність сівалок No-till висівати насіння і добрива без їх контакту в ґрунті – одна з найважливіших функцій сівалки. У США визнано, що ця можливість – найважливіше вдосконалення конструкції сошників для No-till.

Для роздільного внесення добрив і насіння сьогодні є два основні конструктивні рішення:

1) використання окремо сошників для насіння і для добрив, але за такої конструкції різко зростає необхідність у збільшенні притискного зусилля, ваги сівалки та тягового зусилля трактора;

2) використання одного складного сошника, який сам виконує обидві функції одночасно, рис. 1.38. та 1.39.



Рис. 1.38. Дисково-анкерний сошник Cros Slot. © компанія «Агро-Союз»

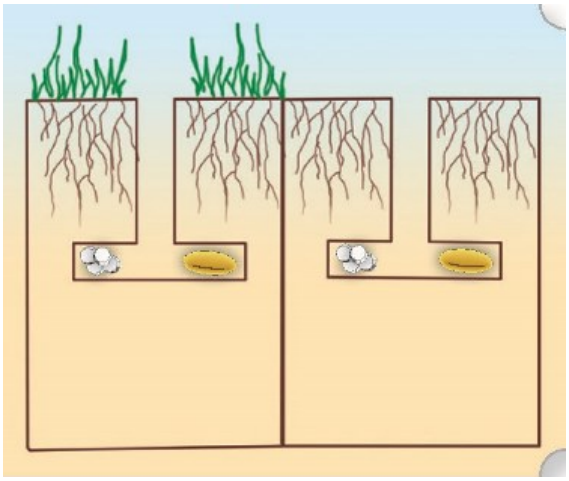


Рис. 1.39. Сошник Cross Slot дає змогу окремо вносити добрива та насіння одночасно при посіві. © vfc

Відсутність розпушеного ґрунту в технології No-till робить вертикальне розділення насіння і добрив складнішим, ніж у традиційному землеробстві. Оптимальним вважається розділення насіння і добрив шаром ґрунту в 20 мм, по горизонталі, вертикалі або діагоналі. Проте є думка, що чим ближче стартові добрива до насіння, тим краще, але обов'язково за умови, що вони не змішуються. Це твердження швидше стосується традиційних форм добрив, які рекомендувалися до внесення одночасно з сівбою культури в мінімальній кількості. Сучасні «стартові добрива» мають низький солевий індекс, інший склад і препаративну форму, норма їх внесення становить 15–25 кг/га і їх рекомендують вносити разом із насінням. Для цього пропонують навіть обладнувати сівалки додатковими пристроями – аплікаторами.

В умовах достатньої кількості вологи істотних відмінностей у ступені впливу місця розміщення добрив щодо насіння на ріст і розвиток культурних рослин у початковий період не було встановлено. *За достатнього зволоження перевага залишалася за горизонтальним розділенням насіння і добрив. В умовах нестачі вологи перевага переходила до вертикального розділення насіння і добрив, позаяк у цьому разі вони розміщуються в шарі ґрунту з достатньою кількістю вологи і стають легкодоступними для культурних рослин.*

1.8.Техніка для Strip-till

Технологія Strip-till поєднує такі операції: нарізання стрічок, внесення добрив та сівбу. Ці технологічні операції можна поєднати й виконати за один прохід агрегату або проводити окремо. Наприклад, нарізання стрічок проводять восени і здебільшого суміщують з основним внесенням добрив, а весною по нарізаних стрічках за потреби водночас із сівбою вносять припосівні стартові добрива. Залежно від ступеня впливу на ґрунт агрегати Strip-till можна розділити на дві основні групи:

1) весняні (легкі);

2) осінні: середні й важкі (глибокі).

Весняні агрегати для Strip-till здебільшого призначені для очищення рядка від рослинних решток та рівномірного поверхневого розпушування ґрунту. Водночас можна вносити мінеральні добрива на глибину розпушування. Через 1–2 години після обробітку за умови просихання перезволоженого ґрунту рекомендується проводити сівбу, або якщо ґрунт фізично стиглий всі операції проводять за один прохід.

Для осіннього варіанту Strip-till на секції для смугового обробітку обов'язковою є стійка для інтенсивного розпушення ґрунту:

а) середня – для глибини 20–30 см;

б) важка – для глибини обробітку 30–50 см.

Конструктивна будова техніки для Strip-till

Агрегати, які застосовуються для технології Strip-till, мають багато варіантів комплектування. Залежно від комплектації група робочих органів для розпушування складається з таких елементів:

- розрізувальні диски формують проріз у ґрунті в місці майбутнього посівного рядка

- «прибиральні» диски, або рядкоочисники, відгортають пожнивні рештки в обидва боки від посівного рядка, очищаючи зону проходу сошника.

- робочі органи для розпушування, які залежно від глибини розпушування можуть мати різну форму відповідно до глибини обробітку, чим більша глибина обробітку тим вужчий робочий орган.

Можливість змінювати глибину рихлення – це засіб запобігти формуванню ущільнених шарів у ґрунті.

За групою розпушування розміщується група робочих органів, завданнями яких є формування рядка та його обробіток. Формування рядка виконують диски, які запобігають розкиданню великого об’єму розпушеного ґрунту до міжрядь, утримуючи його і так формуючи рядок. Завершальний обробіток рядка виконують найчастіше прикочувальні котки, які слугують для зворотного ущільнення, вирівнювання та подрібнення грудок (рис. 1.40).

Варто зауважити, що ширина міжряддя за застосування рядкового розпушування не має бути меншою 37 см, інакше пожнивні рештки можуть концентруватися не в міжряддях, а під час руху агрегату потрапляти в розташований поряд рядок.

Залежно від ширини захвату агрегати для Strip-till можуть бути навісними та причіпними, а від форми сошників – анкерними та дисковими (рис.1.40). Типи будови агрегатів також відрізняються залежно від умов, де вони надалі можуть використовуватися. За типом управління вони можуть бути рамні та паралелограмні. Рамна структура забезпечує більшу стабільність всієї конструкції, але вона малопридатна для використання на полях із нерівностями поверхні та потребує вищої потужності за роботи на велику глибину. За паралелограмної конструкції кожен із рядів робочих органів має окреме приєднання до рами, що робить їх маневренішими та полегшує керування.

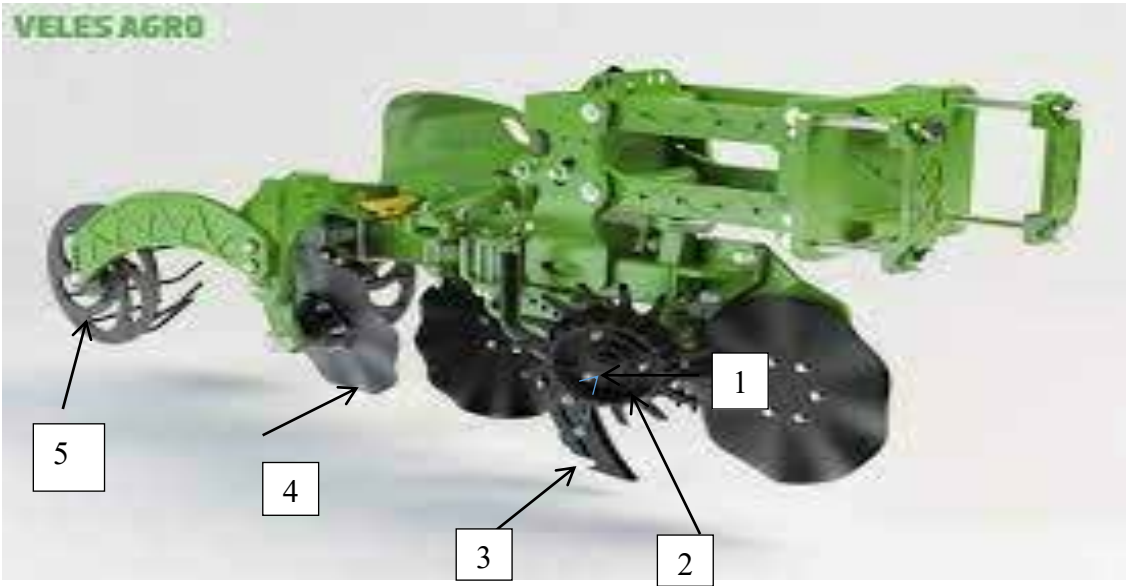


Рис. 1.40.Секція культиватора смугового обробітку. © Veles Agro:
1 – розрізувальний диск; 2 – розгортальні (прибиральні) диски; 3 – розпушувальний орган; 4 – формувальні рядки диски; 5 – каток

Одним із важливих елементів конструкції сівалок Strip-till може бути амортизувальне пружинне кріплення окремих робочих органів, особливо тих, що працюють із заглибленням у ґрунт. Таке кріплення є кращою альтернативою звичайному жорсткому з'єднанню, оскільки зменшує ризик пошкодження робочих органів під час контакту з камінням, ущільненими шарами ґрунту або іншими твердими перешкодами.



Рис. 1.41. Модифікація культиватора для смугового обробітку з анкерним робочим органом розпушення ґрунту. © Horsch

Використовуючи комбінацію тих чи інших робочих органів, можна на конкретному типі ґрунту досягти ефективного якісного виконання технологічних операцій із мінімальними витратами. Технологію Strip-till можна застосовувати й за мінімального обробітку ґрунту, наприклад, проводячи восени неглибоке (на 5–6 см) суцільне дискування ґрунту, а весною – смуговий обробіток на глибину 15–25 см одночасно з сівбою.

Зі знарядь, що використовують у системі Strip-till, можна навести як приклад культиватор Gladiator компанії KUHN Krause, який забезпечує обробіток ґрунту в стрічці на глибину від 15 до 30 см і внесення твердих чи рідких добрив за одночасної підготовки насіннєвого ложа. Агрегати KUHN Krause Gladiator виробляють у навісному та причіпному варіантах 6, 8 и 12-рядні з шириною міжрядь 70 и 76 см (рис.1.42). Ці агрегати найбільше підходять для вирощування широкорядних культур (кукурудзи, сої, соняшнику, ріпаку тощо).

Причіпний культиватор смугового обробітку ґрунту ALEY 5600 виробництва компанії «ВК Технополь» дорзволяє проводити смуговий обробіток за технологією Strip-till під просапні культури з міжряддями 70 см, 52 см та 45 см на глибину до 30 см. Він може якісно працювати на ґрунтах із вологістю від 8 до 27 відсотків і твердістю у верхньому шарі 0,4–1,6 МПа. Також може вносити сухі й рідкі добрива на різну глибину (рис. 1.43).



Рис.1.42. Культиватор смугового обробітку ґрунту фірми KUHN. © KUHN

Ще одним прикладом культиватора для смугового обробітку є HORSCH Evo SL – навісний агрегат для смугового обробітку ґрунту та локального внесення добрив. Він може агрегатуватися безпосередньо з навіскою трактора та працювати разом із фронтальним бункером Partner. Інший варіант передбачає приєднання агрегату через чотириточкову навіску до двосекційного бункера сівалки Maestro DV місткістю 3800 л. Через тукопровід добрива можуть вноситися в різні горизонти ґрунту. Машина

може комплектуватися у варіантах на 8 рядів із міжряддям 70 см або на 12 рядів із міжряддям 50 см.



Рис. 1.43. Культиватор для смугового обробітку ґрунту ALEY 5600 компанії «ВК Технополь». © «ВК Технополь»

На рамі перед кожною робочою секцією встановлено прорізний диск, а з обох боків – малі сферичні диски для попереднього очищення смуги від рослинних решток. Далі розміщена стійка з долотами ULD Plus, закріплена на блоці спарених пружин із навантаженням до 800 кг. Позаду лапи встановлено вертикальні диски, розміщені під кутом, які формують оброблену смугу, після чого гумове колесо ущільнює та вирівнює ґрунт (рис. 1.44).



Рис. 1.44. Навісний агрегат для смугового обробітку ґрунту та локального внесення добрив HORSCH Evo SL.



Рис. 1.45. Весняний Strip-till на полях України: обробіток ґрунту з одночасним внесенням рідких добрив і сівбою. © «Агроном»



Рис. 1.46. Strip-till восени після збирання кукурудзи – нарізання смуг з одночасним внесенням добрив. © «Агроном»

1.9. Агрегати для внесення рідких добрив

Раніше відсутність механічного обробітку в системі землеробства No-till становило проблему заробки добрив у ґрунт, що особливо важливо для таких малорухомих елементів, як фосфор. Початкові рекомендації вносити всі добрива повною нормою водночас із сівбою в зону рядка не витримали перевірки на практиці через загрозу токсичної дії високих норм добрив на проросток культури. Внесення розкидним способом по поверхні ґрунту призводить до втрат як азотних, так й інших видів добрив.

Сьогодні більшість господарств, котрі практикують систему No-till, переходять на рідку форму добрив як більш технологічну. Застосування рідких добрив становить основу точного землеробства країн Північної Америки й Австралії, поступово це беруть до уваги й аграрії в Україні.

Відомо, що посушливість нашого клімату зростає, а в умовах недостатнього зволоження рідкі добрива розкривають свій потенціал набагато краще, ніж сухі. Це стало передумовою для поступового переходу виробництва на застосування рідких добрив як за основного внесення, так і з сівбою і при підживленні.

Сьогодні на ринку сільгосптехніки наявні як дискові знаряддя для внесення рідких добрив, у період відсутності культур на полі (рис. 1.47) , так й інжекторні машини та аплікатори для дооснащення різних знарядь і посівних агрегатів.



Рис. 1.47. Дисковий культиватор для внесення рідких добрив LandRunner II. © blu-jet

Дообладнання сівалок

Канадські й американські виробники сільгосптехніки першими почали обладнувати свої сівалки додатковими опціями для внесення рідких добрив. Серед піонерів – сівалки прямого висіву Bourgault і Great Plains, а також посівні комплекси Seed Hawk (рис. 1.48), розроблені шведською компанією Vaderstad. При внесенні рідких добрив одночасно з сівбою сівалки обладнують додатковою герметичною ємкістю. Бункер для рідких добрив може бути інтегрований безпосередньо в основний бункер з насінням або встановлений на дишель сівалки. Тобто в деяких випадках це збільшений загальний бункер, в якому містяться одночасно насіння та гранульовані «сухі» мінеральні добрива і наявне герметичне відділення для рідких. Найчастіше бочка з рідкими добривами розміщується на власній рамі (тобто є окремою незалежною одиницею). Наприклад, така концепція реалізується в просапних сівалках Great Plains (YP3025A, YP4025A, YP2425A), практично в

усіх з можливістю внесення рідких добрив зернових сівалках Bourgault (3720, 3320, 8910), а також на моделях Amazone DMC, Condor, EDX**.** На всіх сівалках добрива розміщуються в ґрунті окремо від насіння, для уникнення токсичної дії добрив.



Рис. 1.48. Сівалка суцільного посіву з внесенням рідких добрив, 2019. © «Агроном»

Дообладнання сівалок (наприклад, системою Amazone Fertilizer Delivery Cart FDC, яка розроблена для сівалок бренду Amazone) для внесення стартових рідких добрив одночасно з сівбою може також бути використано для внесення ЗЗР. Система складається з двох баків для рідких добрив об'ємом по 3000 л, а подача добрив до сошників відбувається за допомогою мембранно-поршневого насоса. Особливістю агрегату є оснащення датчиком концентрації діючої речовини в розчині та телеметричним модулем.

Універсальну автоматизовану систему внесення основних рідких добрив має вітчизняна компанія A3 Tech. Система складається з двох баків об'ємом по 400 л, які забезпечують можливість вносити одночасно два види рідких добрив із кожного бака в рядок зі зміщенням вбік на 5–15 см, а також вносити інокулянт під час посіву сої. Норма внесення (10 запрограмованих норм від 5 до 200 л/га) регулюється за допомогою мобільного пристрою та спеціального ПЗ Performer 530. Цією системою можуть оснащуватися сівалки незалежно від виробника.

Цікаві пристосування для внесення стартових рідких добрив в борозну, а також двома смугами на відстані 20 мм з кожного боку від борозни пропонує компанія Precision Planting. Це сошники Furrow Jet. Під час руху в борозні над насінням вони водночас ущільнюють ґрунт над насіннєвим ложем, а врізання в бічні частини борозни та внесення двома смугами забезпечують виставлені під кутом донизу крила. Контроль норми внесення в рядки забезпечує система vApplyHD.

Сівалки можуть бути оснащені системою внесення рідких добрив як базово (із заводу), так і додатково (на вже наявні моделі). Нові моделі здебільшого йдуть із подвійним контуром внесення – одним вносяться гранульовані, іншим – рідкі добрива.

Інжектори для внесення рідких добрив

Крім засобів, якими можна дооснащувати наявні в господарстві сівалки, ринок сільгосптехніки щороку поповнюють спеціалізовані агрегати для внесення рідких добрив – інжектори. За конструкцією всі вони мають колеса з нержавіючої сталі для роботи з агресивним середовищем, кожне з яких оснащене 12 аплікаторами (голками), що вносять добрива через кожні 13 см (рис. 1.49). Принцип роботи аплікаторів подібний до шприца, котрий під тиском вносить добриво в ґрунт на потрібну глибину завдяки тиску на шип силою 3,9 мПа. Такі аплікатори виготовляють компанії «Ропа Україна», «Велес-Агро ЛТД», Blu-Jet, Fast.

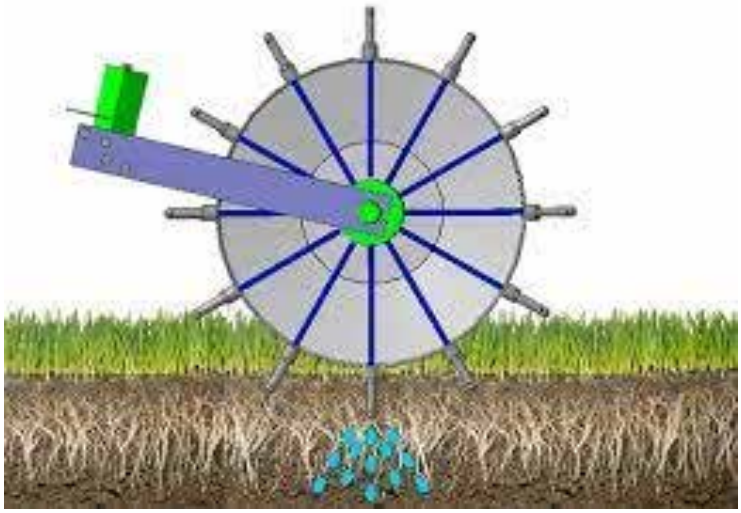


Рис. 1.49. Схема дії аплікатора. © Агроремаш-плюс

Аплікатор для внесення рідких добрив Dragon (рис. 1.50), який працює з міжряддями від 25 см до 70 см, виготовляє компанія «Ропа Україна». Регулювання міжряддя механічне. Є 24-рядні моделі з об’ємом бака 6000 л, є 6-метрові з об’ємом бака 500 л. Агрегат має систему посекційного відключення, а норма виливу налаштовується в межах 50–2000 л/га, глибина внесення від 3 до 8 см. Робоча швидкість – 10 км/год.

Аплікатор Vulkan від «Велес-Агро ЛТД» (рис. 1.51) представлений на ринку України в навісних та причіпних модифікаціях із шириною захвату від 6 до 12 м та об’ємом бака від 500 до 4400 л з 24/16 робочими органами для міжрядь 25 см. Норма виливу налаштовується в межах 100–150 л/га.

Універсальні аплікатори для просапних та зернових культур із можливістю підживлювати рослини до фази 7–8 листка має бренд Blu-Jet. Цю можливість забезпечує робочий кліренс агрегатів до 79 см. Машини, представлені у варіаціях з шириною захвату 10 та 12 м, оснащені насосом із гідравлічним приводом від колеса. Об’єм бака в моделей варіює від 2 т до

11,5 т, ширина захвату – від 6 м до 27,5 м. Фішкою агрегату є опція гусеничного ходу для зменшення ущільнення ґрунту. Презентована в Україні у 2019 р. модернізована модель AT 3015 з об'ємом бака 3785 л має максимальну ширину захвату агрегату 10 м, а довжину голки – 9 см. Ширина міжряддя від 12,5 до 25 см, що дає змогу працювати в суцільних посівах.



Рис. 1.50. Аплікатор для внесення рідких добрив Ropa Dragon,.
© Біржа сільськогосподарської техніки Traktorist.ua



Рис. 1.51. Аплікатор «Велес-Агро» Vulkan. © «ВЕЛЕС-АГРО»

Причіпні аплікатори дозволяють вносити добрива як під час сівби культур, так і для кореневого підживлення в критичні фази, наприклад, 5–8 листків у кукурудзи або ж у фазі 6 листків у соняшнику. Прикореневе внесення убезпечує від ризиків опіку листків за поверхневого обприскування.

Переваги технології інжекторного внесення рідких добрив:

1) *висока агрономічна й економічна ефективність* застосування в будь-яких кліматичних зонах, зокрема посушливих, позаяк рідким добривам не потрібна додаткова волога для розчинення. Після внесення вони відразу доступні для рослини. Коріння рослини поглинають амоній, незалежно від вмісту води в ґрунті. Як наслідок – покращена посухостійкість і розвиненіша коренева система;

2) *рівномірніше внесення і точно дозований розподіл по площі*;

3) *швидке проникнення в ґрунт*. Рослинні решткі не перешкоджають проникненню в ґрунт добрив і не забирають на себе частину азоту;

4) *висока пристосованість до технологій Mini-till, No-till, Strip-till, Verti-till;*

5) *одного внесення може бути достатньо*, щоб забезпечити рослини азотним добривом протягом усього вегетаційного періоду культури;

6) *внесене рідке добриво не випаровується* і довше затримується в ґрунті. Запаси амонію абсорбуються ґрунтом, тому відносно стабільні. Вимивань або газоподібних втрат, як із нітратами, немає;

7) *завдяки місцю розміщення, поживні елементи є доступнішими для сільськогосподарських культур*, ніж для проростаючих бур'янів на стадії початкового розвитку;

8) у такій схемі *мінеральні добрива не завдають шкоди ґрунтовим організмам;*

9) *немає опіків рослин*, викликаних великою нормою внесення, фазою розвитку чи погодними умовами. В процесі внесення добриво не контактує з поверхнею рослини, а відразу потрапляє до його коренів;

10) *пожнивні залишки, такі як солома, зберігаються довше* і залишаються доступними для дощових черв'яків як джерело живлення;

11) *можливе використання дешевших добрив*, ніж традиційні сухі мінеральні добрива. Наприклад: замість внесення аміачної селітри можна використовувати аміачну воду, яка за вартістю на одиницю діючої речовини на 30–40 відсотків дешевше;

12) *зменшення норм внесення добрив*, оскільки немає втрат на випаровування і вимивання. Ін'єкційні колеса також дають змогу значно зекономити витрати діючої речовини РМД до 50 відсотків.

На ринку наявні знаряддя для підживлення просапних культур, які обладнані дисковими робочими (рис. 1.52). Такі агрегати вже є в Україні й використовуються на виробництві, наприклад, у Полтавській області в СФГ «Дослідне». Аплікатори застосовуються і для підживлення культур суцільного посіву рис. 1.53.

Основні проблеми внесення рідких добрив:

1) складніша логістика зберігання добрив, необхідні цистерни для зберігання і доставки їх до агрегату на полі;

2) проблема зберігання за мінусових температур;

3) можливе намотування соломи, особливо льонової, на аплікатори.



Рис. 1.52. Підживлювач просапних культур рідкими добривами. © Мокляк В



Рис. 1.53. Підживлення пшениці. © «АгроЕліта»

1.10. Збиральні агрегати

Як зазначалося вище, в системах землеробства No-till і Strip-till технологія вирощування будь-якої культури починається зі збирання попередника. Робота з рослинними рештками (подрібнення і рівномірний розподіл по поверхні) є одним із пріоритетних завдань у цій технологічній операції. До збирання культури стебла (основа частина побічної продукції) рівномірнірно розміщені по полю, але мають вертикальне, а не горизонтальне положення. В традиційних системах землеробства рослинні рештки заробляються в ґрунт робочими органами ґрунтообробних знарядь. Для якісного виконання цього завдання рослинні рештки мусять бути максимально подрібнені та рівномірно розподілені горизонтально по поверхні поля або видалені з поля. В системах землеробства No-till і Strip-till рослинні рештки краще виконують значно ширший обсяг завдань (розділ 3), якщо вони розташовуються вертикально.

На збирання врожаю припадає близько 30–40 відсотків у загальному балансі енергозатрат на вирощування культури. Аналіз роботи сучасних

зернозбиральних комбайнів показує, що за зрізання стебел косою жаток і під час обмолоту цієї рослинної маси *майже 80 відсотків енергії витрачається безпосередньо на зминання, подрібнення та розрив стебел*, при цьому значна частина зерна отримує пошкодження. Для зменшення енергозатрат і підвищення пропускної спроможності комбайнів інженерами та конструкторами в різних країнах давно розробляється альтернативний напрям – подача хлібної маси до молотарки з мінімальним вмістом у ній стебел соломи. Зменшити кількість соломи в хлібній масі можливо завдяки застосуванню методу очісування зернової маси рослин на корені без зрізання стебла.

У середньому вміст зерна в хлібній масі за збирання традиційною жниваркою становить 40 відсотків, оптимальний швидкісний режим роботи комбайна з такою жниваркою залежно від урожайності – 3–4 км/год. Очісувальна жниварка залишає стоячу солому на полі. У зібраній нею хлібній масі зерно становить 80 відсотків, тобто удвічі більше, ніж під час традиційного способу збирання. Це дає змогу збільшити швидкість руху комбайна вдвічі (до 6–10 км/год), що своєю чергою скорочує термін збирання й зменшує біологічні втрати зерна через осипання. В результаті два комбайни з очісувальними жатками за продуктивністю заміняють три комбайни з традиційними жатками.



Рис. 1.54. Очісувальна жатка Chelrbourne. © souz-st.com

Очісувальні жатки придатні для збирання пшениці, ячменю, вівса, льону й інших дрібнонасінних культур, які мають суцвіття колос, волоть або близькі до них, але лише методом прямого комбайнування. Важливою перевагою такої жниварки є можливість збирання більш вологого зерна (до 30 відсотків). Це дає змогу не лише раніше почати збирання, а й отримати

вищий рівень урожаю. За збирання зерна з вологістю (14 відсотків) витрати палива на тонну зібраного врожаю скорочуються на 35–40 відсотків. Очісувальна жатка допомагає збирати врожай на засмічених бур'янами полях, але на збиранні полеглих посівів кращі результати показує традиційна жниварка. Неефективно збирати такою жаткою бобові культури, оскільки специфіка будови рослин (низьке розташування бобів, м'ясисті та міцні стебла, схильність стручків до розтріскування) вимагає спеціальних низькозрізних гнучких жаток або приставок.

У сучасному землеробстві використовуються очісувальні жниварки з активними робочими органами (гребінками), закріпленими на барабані, що обертається. Розрізняють дві конструктивні схеми таких жниварок: однобарабанну та двобарабанну. В Україні з 2004 року виготовляють власні очісувальні двобарабанні жниварки «Слов'янка УАС». З іноземних найпоширеніша однобарабанна жниварка, виготовлена англійською компанією Shelbourne Reynolds (рис. 1.54).

1.11. Бункер-перевантажувач (накопичувач)

Система землеробства No-till зумовила не лише появу нових сівалок, жаток, а й змінила логістику проведення збирання сільськогосподарських культур. Зростання вартості сільськогосподарських машин зумовлює необхідність максимально ефективно їх використовувати. Комбайн має максимальний час виконувати свою основну функцію – збирати врожай і найменше витрачати час на супутні технологічні операції – переїзди, очікування машини, розвантаження зібраного зерна, обслуговування тощо. Дослідження показали, що в середньому п'яту частину (20 відсотків) робочого часу комбайн простоює, а не молотить. Крім цього виїзд вантажівок на поле до комбайнів призводить до утворення переущільнених колій, що неприйнятно для системи No-till, тому сьогодні в більшості господарств виїзд вантажівок на поле не допускається.

Вирішити ці проблеми можна, вдосконаливши технології збирання врожаю завдяки впровадженню бункерів-перевантажувачів (накопичувачів) зерна (рис. 1.55). Бункер-перевантажувач відіграє роль проміжної ємності, в яку комбайни вивантажують зібране зерно з власного бункера.

Цей процес виконується на ходу, комбайн продовжує працювати, а не виходить із загінки (рис.1.56). Потім розвантажується наступний комбайн. Після вивантаження 2–4 комбайнів трактор тягне бункер-накопичувач до краю поля, а там із допомогою потужного шнека, яким обладнаний бункер-перевантажувач, перевантажує зерно в автомобілі-зерновози. Така технологія називається триланковою, себто комбайн – бункер – зерновоз. Усі бункери-накопичувачі обладнані широкопрофільними шинами, що забезпечує низький загальний тиск на ґрунт цих машин, який у кілька разів менший, ніж у вантажних автомобілів. Сьогодні деякі моделі обладнані ваговою системою, що дає змогу контролювати вагу врожаю зерна, вивантаженого з кожного комбайна та перевантаженого до зерновоза, і проводити оформлення товаротранспортної документації на зерно дистанційно в режимі онлайн.



Рис. 1.55. Бункер-навантажувач Titan 34 UW HORSCH Cultro



Рис. 1.56. Вивантаження зібраного зерна з комбайна в перевантажувач зерна. © Landlord

Наприклад, – причіпний перевантажувальний бункер Titan 34 UW HORSCH Cultro, компанії HORSCH має місткістю 34 м³, оснащений одним розвантажувальним шнеком діаметром 600 мм, продуктивність якого становить до 18 т/хв. Агрегат обладнаний великими транспортними колесами із широкими шинами низького тиску та телескопічною віссю, що дає змогу зменшувати транспортну ширину до 3 м для пересування дорогами загального користування. Для контролю маси вантажу передбачені вагова система та принтер (рис. 1.57).

Зупинки комбайна – це не лише зниження ефективності його роботи, це збільшення часу на біологічну втрату врожаю, особливо таких культур, як ранні зернові, соя та ріпак, оптимальний агротехнічний період збирання котрих обмежений і становить від 7 до 10 днів. Підраховано, що правильно

розрахований за місткістю бункер-перевантажувач може замінити за продуктивністю один комбайн із чотирьох. Себто якщо три комбайни безперервно працюють у полі, розвантажуючись під час руху в бункер-накопичувач, то їх сукупна продуктивність дорівнює роботі чотирьох за традиційній технології збирання.

Критерієм вибору бункера-перевантажувача для зерна є кратність його об'єму до вмісту бункерів комбайнів, які працюють у господарстві, та автомобілів-зерновозів. Якщо бункер великого комбайна може вмістити 16 т зерна, то оптимально буде підібрати 50-тонний бункер-накопичувач, який дасть можливість за один раз розвантажити 3 комбайни. Цього обсягу якраз вистачить для двох великих автомобілів-зерновозів або, наприклад, чотирьох середніх. Якщо в господарстві працюють комбайни з невисокою ємкістю бункера, то буде достатньо 20-тонного бункера-перенавантажувача. Зазвичай на перенавантажувача монтують вивантажні шнеки з високою продуктивністю, яка сягає до 11-18 т/хв. Повне розвантаження бункера займає від 3 до 7 хвилин.

За дотримання зазначених умов швидкість збирання врожаю буде підвищено більш ніж на 25 відсотків, крім того, суттєво зменшується необхідна кількість автомобілів на перевезення врожаю.



Рис. 1.57. Бункер-навантажувач українського виробництва.
Джерело: tps:// kobzarenko.com.

Дуже важливо визначити оптимальну потужність трактора під підібраний бункер-накопичувач. Чим більша ємність кузова бункера-перевантажувача, тим потужніший трактор потрібен для підтримання оптимального функціонування та швидкості руху. Так, для роботи з БНП-30 або БНП-40 потрібен трактор потужністю не менше ніж 280 к. с. А для роботи з БНП-16 або БНП-20 буде достатньо трактора з потужністю двигуна 180–220 к. с.

Необхідно також враховувати рельєф полів. Якщо поля розташовані на схилах пагорбів, більш маневреними будуть одновісні бункери на кшталт БНП-20. Якщо ж поля розміщені на рівнинах, кращим варіантом стане тандем або тридем (рис. 1.57).

Бункер-накопичувач (перевантажувач) передбачає також можливість його ефективного використання під час посівної компанії для доставки й завантаження насіння в сівалку. Завдяки високій швидкості вивантаження витрачається мінімум часу на заправку сівалки посівним матеріалом, що підвищує продуктивність її роботи. Для цього краще використовувати двосекційні бункери з двома шнеками, що дає змогу одночасно завантажувати в сівалку насіння і добрива.

1.12.Рублячі котки

У системах землеробства No-till і Strip-till для припинення вегетації покривних культур застосовують таке знаряддя, як рублячий коток (рис. 1.58). Зазвичай це гладкий каток, який оснащений гострими рублячими ребрами, що розрізають рослинну масу на частини. Це завдання особливо часто стоїть перед фермерами в Аргентині та Бразилії, де покривні культури формують велику масу. В умовах України рублячи котки застосовують не лише для припинення вегетації покривних культур, а частіше для подрібнення рослинних залишків соняшнику чи кукурудзи (рис. 1.59). Високі й міцні стебла цих культур можуть обривати насіннєпроводи на сівалках або навіть пробивати скати на опорних колесах сівалок. Покривні культури на більшій частині України через недостатній рівень зволоження не виростають високими, тож потреби в коткуванні здебільшого немає. Вони припиняють вегетацію через зимові морози або знищуються гербіцидами в період вегетації.

Рублячі котки можуть розглядатися як альтернатива гербіцидам. Висока швидкість руху котка приводить до певного розпушення верхнього (3–5 см) шару ґрунту, знищення сходів і проростків бур`янів, тому деякі фермери так заробляють дрібнонасінні покривні культури, обладнавши котки посівними модулями, або готують поле під посів озимих культур.

Компанія HORSCH пропонує удосконалену модель рублячого катка, який має два ряди валів невеликого діаметра, оснащених ножами, розміщеними під кутом. Позаду валів установлена трирядна пружинна борона для розподілення пожнивних решток. Робоча ширина захвату становить 12 м, швидкість руху – до 25 км/год. За агрегатування з трактором потужністю 360 к. с. продуктивність може досягати 250 га за 12 годин, а витрата пального – близько 3 л/га. Опційно коток оснащується бункером MiniDrill місткістю 400 л для одночасного висіву сидеральних культур. Агрегат якісно подрібнює пожнивні рештки, знищує сходи і проростки та стимулює проростання насіння падалиці та бур’янів (рис. 1.60).



Рис. 1.58. Каток подрібнювач НІТ-6 компанії Велес Агро. © Косолап М.



Рис. 1.59. Вигляд зібраного поля соняшнику до і після проходу рублячого котка. © Косолап М.



Рис. 1.60. Рублячий коток HORSCH Cultro

1.13. Пружинні борони

В системі управління рослинними рештками базовим агрегатом є комбайн але часто в силу відсутності на комбайні необхідного технічного обладнання, його недосконалості або помилок в логістиці збирання з`являється необхідність в поліпшенні рівномірності розміщення рослинних решток. Потреба в додаткових агротехнічних заходах виникає також у випадку малої кількості рослинних решток, які не можуть рівномірно покрити всю поверхню поля, що призводить до наявності ділянок з відсутністю рослинних решток. На непокритих ділянках відмічається різке збільшення випаровування вологи. На важких ґрунтах на цих ділянках спостерігається утворення тріщин. Для уникнення цього на таких полях доцільно проводити мілкий в 2-3 см обробіток ґрунту.

Весною на ділянках з товстим ущільненим за зиму шаром рослинних решток потреба в додаткових заходах може виникати при перезволоженні верхнього шару ґрунту, що зазвичай призводить до затримку посіву культури. Мета такого заходу збільшити надходження повітря для прискорення настання фізичної стиглості ґрунту і швидшого його прогрівання.

Для виконання цих завдань найліпше підходять важкі пружинні борони. У системі No-till важка пружинна борона виконує кілька незамінних функцій:

-*Керування пожнивними залишками*: подрібнює та рівномірно розкидає скупчення соломи після комбайна, запобігаючи забиванню сівалок прямого посіву. Пружинні робочі органи борони під час руху по полю захоплюють рослинні рештки й переміщують їх у боки та назад за напрямком руху агрегата. Завдяки цьому зменшується концентрація решток у вузьких смугах після проходу комбайна, а поверхня поля стає більш рівномірно вкрита мульчею. Одночасно частинки ґрунту з ґрунтовими мікроорганізмами покривають рослинні рештки, що прискорює їх розклад.

-*Руйнування кірки:* Проводить поверхневу аерацію (на глибину до 2–3 см) без перевертання пласта землі.

-*Збереження вологи:* Створює мульчуючий шар із залишків, що захищає ґрунт від пересихання та ерозії.

-*Контроль бур'янів:* Вичісує ниткоподібні сходи бур'янів та падалиці без застосування хімії.

Для роботи за технологією No-till потрібні борони з масивними зубами (товщиною 14–16 мм) та можливістю гідравлічного регулювання кута атаки (рис. 1.61). Ось провідні марки борін, які обирають фермери:

McFarlane Incite / Reed: Американські борони від бренду McFarlane вважаються еталоном для No-till, оскільки їхні жорсткі пружинні зуби ідеально справляються з великим об'ємом кукурудзяних та соняшникових залишків.

***Degelman Pro-Till / Strawmaster*:** Легендарні канадські борони Degelman розроблені спеціально під екстремальні об'єми соломи. Вони мають надміцну раму та зуби завдовжки до 76 см, що забезпечує колосальну прохідність і відсутність забивання рослинними рештками.

***Bourne / Bourgault XR Series*:** Надійні широкозахватні агрегати від Bourgault з незалежними секціями, які копіюють рельєф поля та забезпечують рівномірний тиск пружин на ґрунт по всій ширині захвату.

ЛОЗІВСЬКІ МАШИНИ "ЛІРА XL": Вітчизняна важка пружинна борона, яка оптимізована під українські реалії. Вона ефективно рівномірно розподіляє солому і виконує закриття вологи, виступаючи доступною альтернативою імпортним аналогам.

Головні технічні критерії вибору для No-till

При виборі агрегату під нульову технологію звертайте увагу на такі параметри:

1. *Товщина та довжина зуба*: Зуб має бути не менше 14–16 мм у діаметрі. Тонші зуби швидко зношуються та ламаються об важкі залишки грубостебельних культур.

2. *Гідравлічне регулювання кута атаки*: Дозволяє оперативно змінювати агресивність обробітку прямо з кабіни трактора залежно від кількості соломи на конкретній ділянці.

3. *Кількість рядів*: Для No-till оптимальними є 4-рядні або 5-рядні борони. Це гарантує, що солома буде багаторазово перемішуватися всередині агрегату і не буде збиватися в купи.

4. *Вимоги до потужності трактора*: На один метр ширини захвату важкої борони зазвичай потрібно від 15 до 25 к.с. (залежно від робочої швидкості, яка для ефективного розкидання має бути не менше 15–20 км/год).

Застосування борін на кожному полі не є обов`язковим. Потреба в їх застосуванні виникає лише за наявності на полі проблем описаних вище, тому що їх завдання в системі No-till полягає не в обробітку ґрунту, а в поверхневому управлінні рослинними рештками, тому вибирати борони оснащені різноманітними додатковими робочими органами, типу дисків не доцільно. Надмірно агресивне використання борони може пошкодити поверхневу структуру ґрунту, спровокувати проростання насіння бур`янів

або частково зруйнувати мульчувальний шар. Тому робочі органи мають працювати поверхнево, без істотного порушення ґрунтового покриву.



Рис. 1.61. Борона пружина. *Джерело https://general-machines.ua/*

Висновки до розділу

1. Технічне оснащення систем землеробства No-till і Strip-till суттєво відрізняється від оснащення традиційного землеробства.
2. У системі No-till сівба проводиться в необроблений ґрунт, часто вкритий рослинними рештками. Тому сівалка прямого посіву має якісно працювати за підвищеної твердості ґрунту, різної вологості, наявності стерні, соломи та інших решток на поверхні. Вона повинна мінімально порушувати ґрунт, точно витримувати глибину заробки насіння, забезпечувати добрий контакт насіння з ґрунтом і не вдавлювати рослинні рештки в посівну борозенку.
3. Основними робочими елементами сівалки No-till є сошники, култери, прикочувальні котки, очищувачі рядків, дозувальні апарати та системи контролю висіву. Кожен із цих елементів виконує окреме завдання, але якісний результат можливий лише за їх узгодженої роботи. Вибір типу сошника, форми култера чи прикочувального котка залежить від стану ґрунту, кількості рослинних решток, культури та умов конкретного поля.
4. Важливою особливістю техніки для No-till є їх робота з рослинними рештками. Завдання техніки полягає в тому, щоб не зруйнувати покрив рослинних решток, а правильно керувати ними у зоні рядка та міжряддя.
5. У системі Strip-till культиватор полосового обробітку обробляє тільки вузьку смугу майбутнього рядка, залишаючи міжряддя вкритими рослинними рештками.
6. Особливе місце в технічному оснащенні займають системи внесення добрив. У No-till і Strip-till важливо не лише внести добрива, а й правильно розмістити їх відносно насіння та кореневої системи. Одночасне внесення насіння і добрив потребує точного розділення, щоб уникнути токсичного впливу на проростки. Для цього застосовують спеціальні сошники, аплікатори, системи внесення рідких добрив та інжекторні агрегати.

7. Техніка для збирання врожаю також є частиною технічної системи No-till і Strip-till. Саме під час збирання формується стан рослинних решток на полі. Висота зрізу, подрібнення, рівномірність розподілу соломи й полови визначають умови наступної сівби. Очісувальні жатки, бункери-перевантажувачі та продумана логістика збирання допомагають підвищити продуктивність робіт і зменшити небажане ущільнення ґрунту.
8. Рублячі котки, пружинні борони та інші допоміжні знаряддя можуть застосовуватися для управління рослинними рештками або припинення вегетації покривних культур.
9. Технічне оснащення систем No-till і Strip-till повинно відповідати конкретним умовам господарства. Універсального агрегата для всіх полів і культур не існує. Ефективність техніки визначається не лише її конструкцією, а й правильним налаштуванням, роботою з рослинними рештками, організацією логістики, якістю сервісу та вмінням агронома адаптувати технологію до реального стану поля.

Питання для самоконтролю

1. У чому різниця в умовах сівби за традиційної системи землеробства і No-till?
2. Яким вимогам має відповідати сівалка для прямої сівби?
3. Які дозувальні апарати застосовують на сівалках прямої сівби?
4. Що таке култери та які завдання вони виконують?
5. Чому прикочувальні котки такі різноманітні?
6. Для чого перед сошниками можуть ставити очищувачі рядів?
7. Чим монодисковий сошник відрізняється від дифазного дискового сошника?
8. У чому переваги й недоліки анкерного сошника?
9. Яка функція притискача насіння?
10. Чому сівалка для No-till потребує потужнішого трактора?
11. Які вимоги до роботи сівалки з рослинними рештками?
12. Які вимоги до роботи сівалки з мінеральними добривами?
13. Які агрегати потрібні для нарізання рядів у Strip-till?
14. Що таке інжекторний спосіб внесення добрив?
15. Що таке посівні модулі та де вони можуть застосовуватися?
16. Чим очісувальна жатка відрізняється від звичайної?
17. Для чого застосовують бункери-перевантажувачі?
18. Коли і для чого застосовують рублячі котки?

Додаткова література

1. Косолап М. П., Кротінов О. П. Система землеробства No-till. Київ : Логос. 2011. 350 с.
2. Корси С. Почвозащитное и ресурсозберегающее земледелие: учеб. пособие для консультантов по распространению сельскохозяйственных

знаний и фермеров в Восточной Европе и Центральной Азии. Анкара : FAO. 2017. – 144 с.

Відеоматеріали

1. Обзор сіялки. Сіялка прямої сівби СИЧ-4.2 (No-till) від «РемСинтез»: https://www.youtube.com/watch?v=sjwGsvnEJpE
2. Очісувальна жатка Слов'янка: збирання зернових, лікарських та технічних культур: https://www.youtube.com/watch?v=08cVo17X-CU
3. Технологія Strip-till. Чому ми обираєм Strip-till? https://youtu.be/oKIM4ZYy250
4. Збирання пшениці очісувальною жаткою Shelbourne у Луганській області: https://www.youtube.com/watch?v=kPWCAOHxEZw

Розділ 2. ЕКОЛОГІЧНА ПРИЙНЯТНІСТЬ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти

Набуде цілісного уявлення про екологічну прийнятність систем землеробства No-till і Strip-till та їхній зв'язок із захистом ґрунту, збереженням вологи, підтриманням біорізноманіття і зменшенням негативного впливу сільського господарства на довкілля.

Навчиться аналізувати, як різні системи землеробства впливають на викиди парникових газів, секвестрацію вуглецю, баланс органічної речовини, розвиток ерозійних процесів, стан ґрунтової структури та стійкість агроекосистеми.

Оволодіє знаннями щодо поняття секвестрації та депонування вуглецю, джерел викидів CO_2 і N_2O в землеробстві, причин водної та вітрової ерозії, протиерозійної ролі рослинного покриву, а також значення біорізноманіття для стабільності агроекосистеми.

Отримає практичні навички оцінювання екологічної безпеки системи землеробства за основними показниками: рівнем ерозії, вмістом органічної речовини, станом рослинних решток на поверхні поля, водопроникністю ґрунту, рівнем біологічної активності, ризиком втрат вуглецю та станом агробіорізноманіття.

Короткий зміст розділу

Екологічна прийнятність систем землеробства No-till і Strip-till визначається їхньою здатністю забезпечувати виробництво рослинницької продукції без посилення деградації ґрунту, забруднення води й повітря, втрати органічної речовини та зменшення біорізноманіття. Екологічну безпеку землеробства оцінюють за рівнем ерозії, вмістом гумусу, структурним станом ґрунту, збереженням вологи, біологічною активністю, викидами парникових газів і станом біорізноманіття. Одним із основних екологічних процесів є секвестрація вуглецю – поглинання рослинами вуглекислого газу з атмосфери та подальше накопичення частини вуглецю в рослинній біомасі й органічній речовині ґрунту. Вуглець надходить у ґрунт через кореневі виділення, відмерлі корені, пожнивні рештки та діяльність ґрунтових організмів. Не весь поглинутий рослинами вуглець зберігається в ґрунті: частина повертається в атмосферу внаслідок дихання рослин, розкладання решток і мінералізації органічної речовини.

Рівень накопичення вуглецю залежить від кількості утвореної рослинної біомаси, тривалості перебування живих рослин на полі, розвитку кореневої системи, використання покривних культур і ступеня механічного порушення ґрунту. Чим різноманітнішою є сівозміна, чим довше поверхня поля вкрита живими рослинами та чим менше проводиться обробіток, тим кращі умови створюються для надходження й утримання вуглецю в ґрунті.

Механічний обробіток посилює надходження кисню в ґрунт, прискорює мінералізацію органічної речовини та збільшує викиди CO_2. Зменшення

кількості й глибини обробітків скорочує втрати органічного вуглецю, витрати пального та пов'язані з роботою техніки викиди. У No-till процеси накопичення органічної речовини можуть переважати над її руйнуванням, особливо за використання різноманітних сівозмін і покривних культур.

Карбонове землеробство спрямоване на збільшення поглинання CO_2 рослинами, надходження вуглецю до ґрунту та його збереження у стабільних формах органічної речовини. Найбільше вимогам карбонового землеробства відповідає технологічна складова No-till. Накопичення органічного вуглецю може бути не лише екологічним, а й економічним результатом. У світі діють програми, у межах яких фермери можуть отримувати винагороду за підтверджене збільшення запасів вуглецю або гумусу в ґрунті. Тому вуглецеві програми слід розглядати як можливе додаткове джерело доходу, а не як гарантовану виплату.

Крім CO_2, важливим парниковим газом у землеробстві є закис азоту N_2O, утворення якого пов'язане переважно з перетворенням азотних добрив у ґрунті. Для зменшення втрат азоту застосовують локальне та інжекторне внесення рідких добрив, відмову від необґрунтованого поверхневого внесення азотних добрив, використання інгібіторів уреази й нітрифікації та узгодження норм живлення з потребами культур.

Важливою екологічною функцією No-till і Strip-till є захист ґрунту від водної та вітрової ерозії. Водна ерозія проявляється у формі площинного змиву, струменевого розмиву та утворення ярів. Її розвиток починається з ударів дощових крапель по відкритій поверхні ґрунту. Внаслідок руйнування агрегатів утворюється кірка, зменшується водопроникність і посилюється поверхневий стік. Рослинні рештки та живий покрив перехоплюють енергію крапель, зменшують руйнування поверхні й сприяють поглинанню води.

У No-till пожнивні рештки залишаються на поверхні поля і формують постійний захисний шар. За якісного та рівномірного покриття вони суттєво зменшують втрати ґрунту і води. Стояча стерня додатково затримує поверхневий стік і сніг. У Strip-till більшість поверхні залишається захищеною, однак відкриті оброблені смуги можуть бути вразливими до водної ерозії, особливо якщо вони розміщені вздовж схилу.

Вітрова ерозія проявляється як повсякденне видування дрібних частинок або як пилові бурі. Рослинні рештки зменшують швидкість вітру біля поверхні, затримують рухомі частинки ґрунту та захищають молоді сходи. Найефективнішою є вертикально розміщена стояча стерня.

Екологічна стійкість агроекосистеми залежить і від біологічного різноманіття. Різноманітна агроекосистема краще протистоїть посухам, шкідникам, хворобам та іншим стресовим чинникам і потребує менше зовнішніх ресурсів для підтримання стабільності.

2.1. Секвестрація вуглецю

Система землеробства безпосередньо пов'язана з екологічною безпекою, оскільки саме через обробіток ґрунту, сівозміну, удобрення, захист рослин, управління рослинними рештками та водним режимом формується вплив агровиробництва на ґрунт, воду, повітря і живі організми. Землеробство може як посилювати деградаційні процеси, так і стримувати їх. Тому сучасні системи землеробства мають оцінюватися не лише за врожайністю, а й за здатністю зберігати родючість ґрунту, зменшувати втрати вологи, обмежувати ерозію, підтримувати біологічну активність і знижувати негативний вплив на довкілля.

Екологічна безпека в землеробстві – це такий стан агроекосистеми, за якого виробництво сільськогосподарської продукції не призводить до руйнування ґрунту, забруднення води й повітря, надмірного накопичення шкідливих речовин, втрати біорізноманіття та погіршення умов життя людини. Вона передбачає поєднання продуктивності господарства з довгостроковим збереженням природних ресурсів.

Оцінювати екологічну безпеку системи землеробства можна за кількома основними показниками: рівнем ерозії ґрунту, вмістом органічної речовини й гумусу, структурним станом ґрунту, запасами та втратами вологи, біологічною активністю ґрунту, рівнем забруднення ґрунтових і поверхневих вод, залишками пестицидів, балансом поживних речовин, станом рослинних решток на поверхні поля, рівнем викидів парникових газів, а також збереженням і розвитком біорізноманіття в агроекосистемі.

Біорізноманіття охоплює не лише культурні рослини, а й ґрунтові мікроорганізми, гриби, дощових черв'яків, комах, ентомофагів, запилювачів, дикорослі рослини та інші живі організми, які підтримують природну рівновагу в полі. Чим різноманітнішою є агроекосистема, тим стійкіше вона реагує на посуху, шкідників, хвороби, ерозійні процеси та інші стресові чинники.

Особливо важливим є зв'язок систем землеробства з проблемою глобального потепління. Сільське господарство впливає на клімат через викиди парникових газів, мінералізацію органічної речовини ґрунту, викиди від використання добрив, роботу техніки та втрати вуглецю з ґрунту. Водночас правильно побудована система землеробства може зменшувати цей вплив: накопичувати органічну речовину, підтримувати постійний рослинний покрив, знижувати інтенсивність механічного обробітку, краще використовувати вологу, зменшувати ерозійні втрати та зберігати біорізноманіття в екоситемі.

Отже, екологічна безпека є важливим критерієм оцінки будь-якої системи землеробства. Вона показує, наскільки технологія вирощування культур здатна не лише забезпечувати врожай, а й зберігати ґрунт, воду, біорізноманіття та кліматичну стійкість агроекосистеми.

2.1.1. Поняття про секвестрацію

Атмосфера Землі є однією з основних умов існування життя. Вона забезпечує надходження кисню для дихання живих організмів, бере участь у кругообігу води, захищає поверхню планети від різких температурних коливань і створює умови для розвитку рослин, тварин, мікроорганізмів та людини. Важливе значення має не лише сама наявність атмосфери, а й її газовий склад. Газовий склад атмосфери не є абсолютно незмінним. У природі він може змінюватися під впливом вулканічної діяльності, процесів фотосинтезу, дихання організмів, розкладання органічної речовини, океанічних процесів та інших природних чинників. Проте для нормального функціонування біосфери важливою є відносна стабільність основних компонентів атмосфери. Різкі або тривалі зміни концентрації окремих газів можуть впливати на клімат, водний режим, стан ґрунтів і продуктивність агроекосистем. Особливу роль у формуванні клімату відіграють парникові гази. До них належить, зокрема, діоксид вуглецю – CO_2. Його частка в атмосфері є незначною порівняно з азотом і киснем, однак вплив на тепловий баланс планети є дуже важливим. CO_2 затримує частину теплового випромінювання, яке йде від поверхні Землі, і таким чином бере участь у формуванні природного парникового ефекту. Без цього ефекту умови на планеті були б значно холоднішими й менш сприятливими для життя. Проблема виникає тоді, коли концентрація CO_2 та інших парникових газів починає швидко зростати. За останні десятиліття вміст CO_2 в атмосфері істотно збільшився: від приблизно 320–330 ppm у 1960–1970-х роках до близько 419 ppm у 2021 році. У відсотковому вираженні це становить приблизно 0,042 % об'єму атмосфери. На перший погляд така частка здається малою, однак навіть відносно невеликі зміни концентрації CO_2 справляють суттєвий вплив на кліматичну систему. Сучасний рівень концентрації CO_2 вважається безпрецедентним щонайменше за останні 800 тис. років. Це означає, що за період, який охоплює багато природних кліматичних циклів, атмосфера не мала такого високого вмісту діоксиду вуглецю, як у сучасну епоху. Основною причиною цього зростання є діяльність людини: спалювання викопного палива, зміни у землекористуванні, скорочення площ природної рослинності, інтенсивне промислове виробництво та інші процеси, пов'язані з розвитком господарства.

Підвищення концентрації CO_2 посилює парниковий ефект. Унаслідок цього змінюється тепловий баланс планети, що проявляється у зростанні середньої глобальної температури. Важливо зазначити, що сучасне потепління пов'язане не лише з CO_2, а й з іншими парниковими газами. Проте діоксид вуглецю має провідне значення, оскільки його викиди є значними, а сам газ може тривалий час зберігатися в атмосфері.

Підвищення температури впливає на тривалість вегетаційного періоду, режим зволоження, частоту посух, інтенсивність злив, ризик ерозійних процесів і стабільність урожайності. В одних регіонах тепліші умови можуть подовжувати період росту рослин, але в інших – посилювати водний дефіцит,

тепловий стрес і деградацію ґрунтів. Тому питання вуглецевого балансу є важливим не лише для кліматичної політики, а й для практичного землеробства.

В Україні зростання температури становило 1,4 °С. Як наслідок – підвищується рівень моря, за одними прогнозами він може бути 2–3 м, а за іншими – ще більше. Найближчим негативним наслідком глобального потепління автори міжнародної доповіді щодо зміни клімату вважають різку зміну циркуляції океану. Це може послабити мусони в Африці та Азії, звести нанівець Гольфстрім і «висушити» Європу.

Але поряд із негативними сторонами підвищення концентрації CO_2 в атмосфері за прогнозами деяких вчених до 2100 року зумовить прискорення і збільшення формування рослинності біомаси, врожайність сільськогосподарських культур зросте на 10 відсотків, що збільшить поглинання CO_2 з атмосфери.

Основними джерелами антропогенного надходження вуглекислого газу в атмосферу до недавнього часу вважалися енергетика, транспорт і промисловість, де за спалювання органічного палива виділяється значна кількість CO_2. *Сьогодні встановлено, що за рівнем надходження цього газу в атмосферу сільське господарство їм не поступається, бо на його долю припадає близько 20 відсотків викидів парникових газів.*

Наведена структура викидів в землеробстві (рис. 2.1) свідчить, що основним джерелом викидів CO_2 є ґрунт, а причина підвищеного викиду CO_2 з ґрунту – його механічний обробіток. В результаті інтенсивної мінералізації органічної речовини, яку викликає механічний обробіток завдяки надходженню в ґрунт значної кількості кисню, відбувається прискорена втрата гумусу. Звідси вирішення проблеми землеробства (збереження і накопичення гумусу в ґрунті внаслідок зменшення його механічного обробітку) одночасно сприяє вирішенню проблеми глобального потепління. Регулювання викидів CO_2 в атмосферу в землеробстві може досягатися завдяки зменшенню його викидів при одночасному збільшенню рівня його накопичення в ґрунті.

Складний процес поглинання, перетворення і накопичення вуглецю часто описують терміном ***«секвестрація вуглецю»****. У широкому значенні цей термін означає вилучення CO_2 з атмосфери та його подальше збереження у рослинній біомасі або ґрунті. Для легшого розуміння в навчальному матеріалі доцільно умовно розділяти цей процес на два етапи. Перший етап –* ***поглинання CO_2 з атмосфери рослинами*** *у процесі фотосинтезу. На цьому етапі вуглець із вуглекислого газу переходить до складу органічних сполук рослини й накопичується у надземній масі, коренях та кореневих виділеннях. Другий етап –* ***депонування вуглецю в ґрунті****, тобто його надходження з рослинної органічної маси до ґрунту та подальше включення до складу органічної речовини ґрунту. Це відбувається через відмирання і подальший розклад коренів, пожнивних решток, кореневі виділення та діяльність ґрунтової біоти.*

Важливо розуміти, що не весь вуглець, поглинутий рослинами з атмосфери, буде накопичений у ґрунті. Частина його повертається в атмосферу внаслідок дихання рослин, розкладання органічних решток і мінералізації органічної речовини. Інша частина може бути винесена з поля разом з урожаєм. Лише певна частка рослинного вуглецю переходить у стабільніші форми органічної речовини ґрунту й може зберігатися там тривалий час.



Рис. 2.1. Структура викидів вуглекислого газу в землеробстві. © Дубровін В.

Отже, якщо раніше сільське господарство сприймалося, з одного боку, як одне з основних жертв глобального потепління і питання ставилося тільки про зменшення впливу кліматичних змін на сільськогосподарське виробництво через його адаптацію до цих змін клімату, з другого – як одна з причин глобальної зміни клімату, то сьогодні йдеться про те, що ***землеробство може і має стати джерелом технологій, які забезпечують поглинання парникових газів з атмосфери і його депонування в ґрунті. За вмістом вуглецю на планеті ґрунт перебуває на другому місці, більше вуглецю міститься лише в океанах. Ґрунт виконує роль головного регулятора складу атмосфери та якості води на планеті Земля.***

Поглинання CO_2 з атмосфери відбувається в процесі фотосинтезу, тому його загальний рівень залежить:

- від рівня врожайності культур: чим вищий урожай (загальна кількість створеної біомаси), тим відповідно більше CO_2 поглинається з атмосфери. В сухій масі рослин на вуглець припадає 45 відсотків;
- фотосинтез відбувається лише протягом вегетаційного сезону, тому чим більший період часу присутні культури на полі протягом вегетаційного сезону, тим більшу кількість CO_2 буде поглинуто.

У природних фітоценозах зелені рослини присутні від початку до завершення вегетаційного сезону. Звідси можна зробити висновок, що чим довший період вегетації культури, вищий рівень її врожаю та чим більше в

сівозміні на полях присутні покривні культури, тим більший обсяг CO_2 з атмосфери може бути поглинутий.

Складнішим є процес депонування вуглецю в ґрунті. Загальний рівень депонування можна оцінити за балансом гумусу по полях сівозміни. Збільшення вмісту гумусу в ґрунті свідчить про накопичення вуглецю й, навпаки, від'ємний баланс свідчить про переважання розкладу гумусу та викиду CO_2 над його накопиченням. Втрата 100 г органічної речовини ґрунту призводить до викиду в атмосферу 60–80 г вуглекислого газу.

Вуглець надходить у ґрунт у рідкій формі у вигляді ексудатів коренів або через розкладання кореневої чи надземної біомаси. У ґрунті вуглець існує в кореневій або мікробній біомасі як біодоступний, лабільний органічний вуглець. З ґрунту він виходить у вигляді прямих викидів або через кореневе та мікробне дихання, причому дихання ґрунту, опосередковане мікробами, є основним джерелом надходження CO_2 в наземних екосистемах. Меншою мірою вуглець втрачається з агроекосистеми у вигляді летких органічних сполук і метану (CH_4).

Вміст вуглецю в ґрунті регулюється балансом, між надходженням фотосинтезованої рослинної маси, кореневої ексудації, органічних добрив та втратами у формі CO_2 через гетеротрофне дихання біоти ґрунту і викиди летких органічних сполук (рис 2.2, рис. 2.3.),

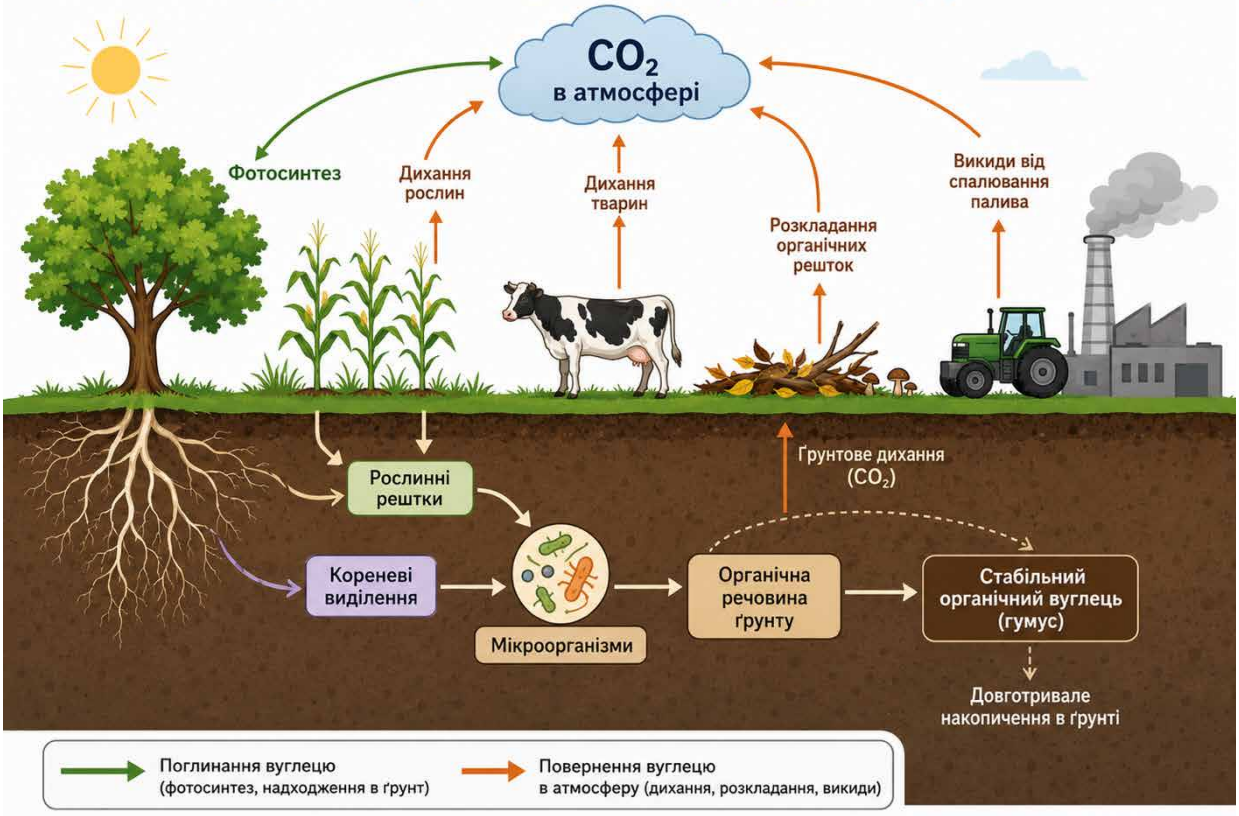


Рис 2.2. Цикл вуглецю в природі та ґрунті

Джерело: схема розроблена автором на основі узагальнення матеріалів FAO та IPCC щодо циклу вуглецю, ґрунтового органічного вуглецю, фотосинтетичного поглинання CO_2 рослинами, надходження рослинних решток і кореневих виділень у ґрунт, діяльності ґрунтових мікроорганізмів, формування органічної речовини ґрунту та повернення CO_2 в атмосферу через дихання рослин, тварин, ґрунтове дихання і розкладання органічних решток.

Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО) випустила найповнішу на сьогоднішній день глобальну карту запасів вуглецю в ґрунті. Карта показує, що в світі на глибині перших 30 см ґрунту міститься близько 680 млрд. т. вуглецю, що майже вдвічі більше, ніж в нашій атмосфері. Це значний обсяг у порівнянні з вуглецем, що зберігаються у всій рослинності світу (560 млрд тонн).

Понад 60% від цих 680 млрд. т. вуглецю зосереджено всього в десяти країнах (Росії, Канаді, США, Китаї, Бразилії, Індонезії, Австралії, Аргентина, Казахстані і Демократичній Республіці Конго).



Рис. 2.3. Інтегрований системний вплив секвестрації вуглецю на здоров'я ґрунту. © Дубровін В.

Теорія оптимальної рівноваги стверджує, що рослини розподіляють ресурси між органами для оптимізації придатності всієї рослини (Thornley J. H. M., 1972; Bloom A. J. та ін., 1985; Poorter H. and Nagel O., 2000). Отже, розподіл недавньої синтезованої органічної речовини між надземною та підземною біомасою для рослини не є сталою величиною. Вона змінюється залежно від умов навколишнього середовища, таких як вологість ґрунту, світло та доступність поживних речовин. ***Дані польових досліджень показують, що рослини виділяють відносно більше вуглецю пагонам за умов обмеження світла, а корінням – за умов обмеження наявності води та/або поживних речовин.*** *Це є біологічною основою для наукового підходу до формування агрофітоценозів та складу і технології вирощування покривних культур.* Покривні культури в Україні, у більшості випадків, вирощуються за дефіциту вологи, тому навіть за малої надземної маси вони здатні накопичувати в ґрунті значну кількість вуглецю.

Рослини спрямовують 20–30 відсотків продуктів фотосинтезу у свою підземну біомасу. Близько 50 відсотків переміщеного вуглецю використовується для росту коренів, але значна частина вуглецю, що надійшла в корінь (до 30 відсотків), вивільняється в ризосферу у вигляді прямого виділення через ексудацію або через мікоризу, або втрачається через дихання (Lorenz M. та ін., 2008; Turner T. R. та ін., 2013; Kaiser C. та ін., 2015). Ексудація коренів і передача мікоризним грибам продуктів фотосинтезу відбуваються у трав швидко – за кілька годин (Kaiser C. та ін., 2015). Коренева

ексудація стимулює мікробне розкладання органічної маси ґрунту, що в свою чергу покращує доступність поживних речовин в ризосфері. Перенесення вуглецю до мікоризних грибів йде на користь рослині завдяки прямому перенесенню їй поживних речовин із мережі гіфів грибів. В обох випадках інвестиції рослини в підземний розподіл вуглецю винагороджуються збільшенням доступності поживних речовин, зокрема азоту та фосфору, а також підвищенням стійкості проти абіотичного стресу, такого як посуха, спека та кислотності ґрунту (Kaiser C. та ін., 2015; Бегум та ін., 2019).

Карбонове землеробство

Про актуальність для суспільства проблеми секвестрації вуглецю в землеробстві свідчить і те, що сьогодні поширюються такі поняття, як карбонове землеробство та кліматично-орієнтоване землеробство. Ці терміни позначають напрями розвитку, які базуються на тих самих принципах ощадного землеробства, які детально розглянуті в розділах 1 і 2, та є основою систем землеробства No-till і Strip-till. Назви цих систем відображають основний акцент, на які орієнтовані ці системи землеробства. У кліматично-орієнтованому землеробстві основна увага зосереджена на пошуку шляхів адаптації системи землеробства до умов глобального потепління, а в карбоновому землеробстві – на утриманні (секвестрації) вуглецю в ґрунті. Відповідно кожне з них базується на загальноприйнятих положеннях, але водночас розвиває й власні напрями.

Сьогодні, крім агротехнічних заходів збільшення гумусу в ґрунті (внесення органічних добрив, зменшення чи відмова від механічного обробітку, вирощування покривних культур тощо), в цих системах землеробства розробляються і селекційно-генетичні напрями вирішення цієї проблеми.

Основними напрямами наукових селекційно-генетичних розробок є:

- вивчення механізму надходження і перетворення вуглецю в ґрунті;
- пошук шляхів збільшення швидкості надходження вуглецю в ґрунт;
- збільшення рівня утримання нового вуглецю, що відкладається в ґрунті
- зменшення швидкості розкладання органічної речовини, яка вже наявна в ґрунті.

Потенційним шляхом до збільшення запасів вуглецю в ґрунті селекційно-генетичним методом є створення та використання культурних сортів і гібридів, які вносять більшу кількість вуглецю в ґрунт через своє коріння. Цього можна досягти завдяки більшій біомаси коренів або більшій площі поверхні коренів, які активно виділяють вуглець у ґрунт.

Збільшення глибини проникнення кореневих систем є ще одним шляхом, за допомогою якого можна збільшити надходження й утримання вуглецю в ґрунті. Вуглець, що відкладається на глибині, може мати більше часу на перетворення, оскільки швидкість розкладання з глибиною зменшується порівняно з поверхневими горизонтами ґрунту. Це може сприяти тривалому зберіганню вуглецю в ґрунті. Крім того, глибше коріння може одночасно певною мірою пом’якшити наслідки посухи, тим самим

збільшуючи поглинання вуглецю. Селекція з вдосконалення рослин для збільшення поглинання вуглецю в ґрунті є невикористаним, екологічно чистим й економічно прийнятним джерелом збільшення накопичення гумусу в ґрунті (Paustian К. та ін., 2019).

Оцінюючи структуру посівних площ і вибираючи покривні культури чи формуючи їх суміші, необхідно зважати на характеристики, які описують їх здатність до формування органічної маси в ґрунті. До них належать:

1) фізичні характеристики архітектури кореневої системи – не лише загальна коренева біомаса, а й рівень сприятливості морфології кореня для формування структури ґрунту (Bardgett R. D. та ін., 2014; Postma та ін., 2017; Кравченко Ю. та ін., 2019; Voges M. та ін., 2019);

2) кількість вуглецю, що надходить у ґрунт у формі кореневих виділень та маса самого коріння, кореневища чи кореневих паростків (Kuzyakov Y. and Domanski G., 2000; Bengtson P. та ін., 2012; Mwafulirwa L. та ін., 2016);

3) хімічний склад кореневих тканин й ексудатів (Keiluweit M. та ін., 2015; Naveed M. та ін., 2017);

4) розвиток ризосферного мікробіому, здатного з більшою ефективністю перетворювати вуглець, що надходить у підземну частину рослини в захищену органічну речовину ґрунту (Lange M. та ін., 2015).

Дослідженнями встановлено, що рівень надходження вуглецю в ґрунт і його депонування залежить не лише від виду рослини, а й фази розвитку та умов її росту (поживних речовин, водопостачання та наявності стресів) (Uren N. C, 2007; Helliwell R C. et al., 2019). Також було встановлено, що збільшення різноманіття рослинного угруповання позитивно позначається на загальному рівні зберігання вуглецю в ґрунті та є значно вищим, ніж за будь-якої монокультури (Yang та ін., 2019). Біорізноманіття з погляду більшої кількості видів рослин виявилося навіть важливішим, ніж загальне надходження рослинної біомаси (Steinbeiss S. та ін., 2008).

Отже, вуглецеве землеробство має на меті підвищити швидкість, з якою CO_2 видаляється з атмосфери та перетворюється на рослинний матеріал й органічні речовини ґрунту.

Вчені західних країн виступають за цілісний підхід до системи «рослина – мікроб – ґрунт» і припускають, що значних покращень у накопиченні вуглецю в ґрунті можна досягти за допомогою тристороннього підходу:

1) створити рослини з підвищеною потужністю коренів для подальшого розподілу вуглецю в ґрунті;

2) збалансувати збільшення підземного розподілу вуглецю паралельно з покращенням фотосинтезу та накопиченням надземної біомаси;

3) сформувати ґрунтовий мікробний консорціум, який здатен не лише підвищити спроможності ризосфери на поглинання CO_2, а й потужно стимулювати ріст рослин через формування певної сукупності рістрегулювальних речовин (PPP). Таким чином, напрацьовані підходи до секвестрації вуглецю в карбоновому землеробстві мусять бути застосовані у всіх поширених у виробництві системах землеробства. На сьогодні в найбільшій мірі вони реалізовані в системах No-till I Strip-till.

2.1.2. Системи землеробства і парникові гази

Елементи систем землеробства по-різному впливають на процеси секвестрації вуглецю. За повідомленням американського вченого Д. С. Рейкоскі (2005), в землеробстві викиди CO_2 генеруються чотирма основними джерелами:

1) виробництво і робота знарядь обробітку ґрунту;

2) виробництво і внесення добрив та пестицидів;

3) органічний вуглець ґрунту, який окислюється після механічного обробітку (спостерігається надто велика залежність від системи обробітку ґрунту);

4) енергетичні матеріали, які використовуються для зрошення посівів та сушіння зерна.

Для виконання будь-якої сільськогосподарської операції потрібна енергія. Найбільші витрати енергоресурсів припадають на механічний обробіток ґрунту та збирання врожаю. Є два шляхи скорочення витрат палива – конструктивні та технологічні. Перші забезпечуються завдяки поліпшенню конструкції двигунів із меншим споживанням паливо-мастильних матеріалів на одиницю виконаної роботи. Технологічні – пов'язані з удосконаленням технології вирощування сільськогосподарських культур у напрямі скорочення кількості технологічних операцій. Наприклад, відмова або обмеження механічного обробітку ґрунту, за даними W. W. Frey (1984), допомагає скоротити потреби в пальному за нульового і мінімального обробітку порівняно з традиційною технологією на 78 відсотків і 55 відсотків відповідно. Зменшення витрат пального приводить до зменшення викидів CO_2 в атмосферу на одиницю оброблюваної площі.

За полицевого обробітку ґрунту внаслідок надходження кисню в ґрунт різко зростає інтенсивність мінералізації органічної маси, що в результаті суттєво збільшує викиди CO_2 в атмосферу і відповідно зменшує об'єм органічного вуглецю в ґрунті. За технологій обробітку без обертання скиби, мінімального чи взагалі без механічного обробітку, внаслідок накопичення органічної маси на поверхні ґрунту рівень органічного вуглецю в ґрунті зростає.

За даними Д. С. Рейкоскі, загальний об'єм виділеного CO_2 за 87 днів із кожного квадратного метра за застосування No-till був на 60 відсотків меншим, ніж за традиційної технології. Рівень викиду в атмосферу CO_2 з ґрунту суттєво залежить від глибини його обробітку. Чим глибше проводиться механічний обробіток, тим більше надходить вуглекислого газу в атмосферу (рис. 2.4).

В умовах Агрономічної дослідної станції Національного університету біоресурсів і природокористування України науковцями кафедри землеробства і гербології та лабораторії точного землеробства (М.Косолап, О. Кротінов, О.Аніскевич) було встановлено, що навіть осіння культивація виораного поля призводить до різкого зменшення вмісту вуглекислого газу в обробленому шарі. Вже через 5 хв після культивації вміст CO_2 в ґрунтовому

повітрі зменшився у 2,8 раза. Тобто відбувся значний викид цього газу в атмосферу.

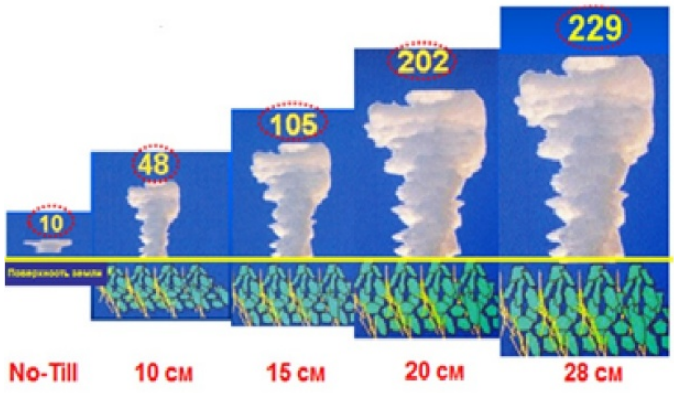


Рис. 2.4. Вплив глибини обробітку на рівень викиду CO_2 в атмосферу за 24 години після обробітку ґрунту Д. С. Рейкоскі

Також було встановлено, що вміст CO_2 тісно корелює з рівнем родючості ґрунту в місці визначення. Зафіксована також значна динамічність цього показника в часі: після оранки вміст CO_2 на рівні 0,23 відсотка уже через 30 хв підвищився до 0,42 відсотка, а через годину – до 0,76 відсотка. Проте через добу його вміст майже зрівнявся з початковим і становив 0,28%. Розрахунки показали, що втрати вуглецю у вигляді CO_2 за добу становили близько 54 кг/га.

Отже, існує нагальна потреба у вивченні та запровадженні нового методу оцінки екологічності технологій і систем землеробства, а саме за рівнем секвестрації вуглецю.

У розділах 3 і 4 описана роль і значення видового різноманіття вирощуваних сільськогосподарських культур сівозміни у формуванні врожаю, рослинних решток та місце і значення покривних культур у сівозміні. Ці дві складові визначають загальний рівень поглинання CO_2 на кожному гектарі ріллі й, відповідно, загальний обсяг надходження органічної маси в ґрунт. Чим більше органічної речовини надходить у ґрунт, тим більше вуглецю може бути депоновано (зв'язано ґрунтом).

За звичайних технологій землекористування процеси виділення CO_2 в атмосферу переважають над процесами поглинання його з атмосфери й переходом вуглецю в тій або іншій формі в урожай та гумус ґрунту. В системі землеробства No-till, навпаки, процеси поглинання CO_2 з атмосфери переважають над процесами його вилучення, особливо за широкого запровадження посівів покривних культур. Меншою мірою це проявляється в системі землеробства Strip-till. Цим пояснюється накопичення вуглецю в ґрунті та підвищення його родючості за застосування систем землеробства No-till і Strip-till (рис. 2.5).

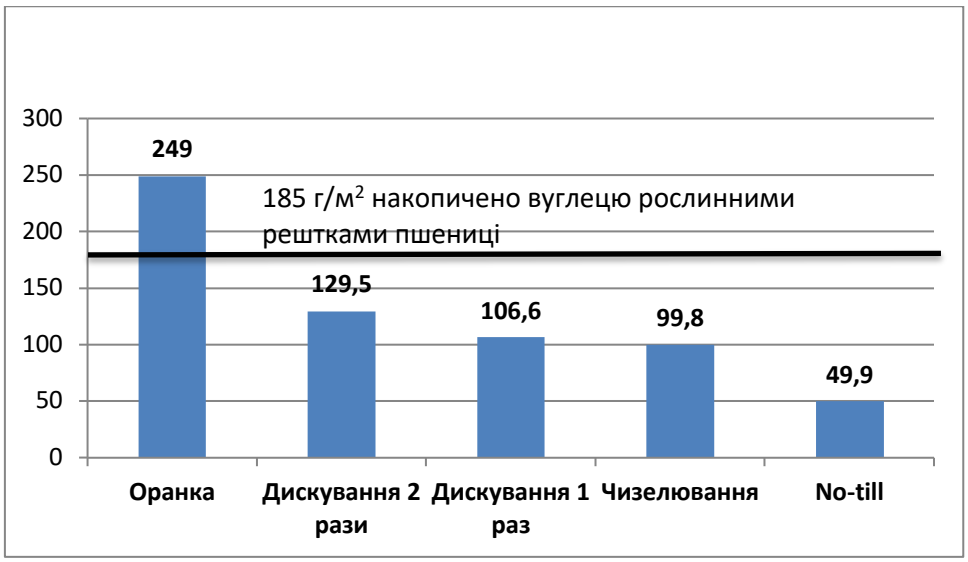


Рис. 2.5. Викиди вуглекислого газу через 19 діб після обробітку ґрунту, 1997. © Reicosky D. C., USDA

Отже, потенціал секвестрації вуглецю в орних ґрунтах визначається:

- рівнем диверсифікації сівозміни;
- видовим складом і кількістю покривних культур у сівозміні;
- рівнем мінімізації обробітку ґрунту.

На рівні агроландшафту до цих джерел додаються лісосмуги, луки та природні пасовища й сінокоси.

2.1.3. Секвестрація вуглецю – нове джерело доходів фермерів

Усі системи ґрунтозберігаючого землеробства підтримуються суспільством, що підтверджується його згодою сплачувати не лише за сільськогосподарську продукцію, а й за кожен додатково збережений кілограм вуглецю в ґрунті, позаяк такий підхід сприяє вирішенню не лише проблем у землеробстві, а й проблеми глобального потепління на планеті. В результаті створився своєрідний ринок вуглецевих кредитів, який підтримують держави.

Вуглець, вилучений рослинами з повітря і законсервований у ґрунті, можна продати на вуглецевих ринках, які зараз активно розвиваються. Як це працює? Простими словами, промислова компанія внаслідок своєї виробничої діяльності викидає в повітря 1000 т CO_2. Виконуючи законодавчі вимоги щодо очищення повітря, компанія купує цей обсяг у фермера, який ці 1000 т CO_2 вилучив із повітря і законсервував на своїх полях у вигляді органічної речовини. Зиск мають обидві сторони: промислова компанія має нульові викиди й відсутність додаткових податків (кліматичних податків), а фермер – додатковий прибуток і здоровий ґрунт із підвищеною родючістю.

Економічне стимулювання накопичення органічного вуглецю в ґрунті.

У світі поступово формуються різні економічні механізми, спрямовані на підтримку фермерів, які впроваджують практики накопичення органічного вуглецю в ґрунті. Такі підходи часто розглядають у межах вуглецевого фермерства. Його суть полягає в тому, що господарство застосовує технології, які сприяють поглинанню CO_2 з атмосфери рослинами, надходженню органічної маси в ґрунт і поступовому формуванню стабільнішої органічної речовини.

Однак на практиці оплата за накопичення вуглецю в ґрунті не є однаковою для всіх країн і господарств. Її розмір залежить від конкретної програми, методики обліку, глибини відбору ґрунтових зразків, лабораторного визначення вмісту органічної речовини, періоду підтвердження результату, вимог до довготривалого збереження вуглецю та умов ринку вуглецевих одиниць. Тому некоректно говорити про єдину світову або загальноєвропейську ціну за 1 т CO_2 , накопиченого в ґрунті.

Одним із відомих прикладів є австрійська програма Ökoregion Kaindorf / HUMUS+/ https://www.humusplus.at/?utm_source=chatgpt.com У межах цієї програми фермери можуть отримувати винагороду за підтверджене збільшення вмісту гумусу в ґрунті. Оплата здійснюється не за сам факт застосування певної технології, а за підтверджений результат – приріст гумусу, який перераховується в еквівалент секвестрованого CO_2. У цій моделі винагорода становить близько 30 € за 1 т CO_2, секвестрованого у гумусі. Тому підвищення вмісту гумусу приблизно на 0,3 відсоткового пункту може відповідати орієнтовно 10–11 т CO_2/га і давати фермеру приблизно 300–330 €/га.

Важливо розуміти, що такий приклад не є загальною нормою для всієї Європи. Це конкретна програмна модель із власною методикою, правилами перевірки та вимогами до підтримання досягнутого рівня гумусу. У різних країнах можуть діяти інші підходи до оцінки, оплати й верифікації накопичення вуглецю в ґрунті.

Також не слід ототожнювати оплату фермеру за збільшення органічного вуглецю ґрунту з ціною CO_2 у системах вуглецевого ціноутворення. У світі існують різні механізми: вуглецеві податки, системи торгівлі викидами, добровільні вуглецеві кредити та спеціальні програми підтримки кліматично дружніх практик. Ціна CO_2 у таких системах може суттєво відрізнятися між країнами й регіонами, але вона не завжди означає пряму виплату агровиробнику за секвестрацію вуглецю в ґрунті.

У США, країнах ЄС та інших державах вуглецеві програми можуть працювати за різними правилами. Їхні умови залежать від ринку, типу проєкту, протоколу моніторингу, вимог до додатковості, тривалості збереження вуглецю та незалежної перевірки результатів. Через це фермеру важливо оцінювати не лише можливу суму винагороди, а й витрати на участь у програмі, відбір проб, лабораторні аналізи, ведення документації, зміну технології та ризик втрати накопиченого вуглецю в майбутньому.

Отже, вуглецеве фермерство може стати додатковим економічним стимулом для впровадження ґрунтозахисних практик, але його не слід розглядати як просту і гарантовану виплату за кожну тонну CO_2 . Основна

практична цінність таких підходів полягає не лише у можливому отриманні винагороди, а й у поліпшенні стану ґрунту, підвищенні вмісту органічної речовини, кращому утриманні вологи, активізації ґрунтової біоти та підвищенні стійкості агроекосистеми в і кінцевому показнику – зростанні урожайності.

Отже, секвестрація вуглецю – це не лише шлях захисту клімату (зменшення глобального потепління), а для землеробства це можливість підвищення в ґрунті гумусу – основного показника його родючості та ймовірного джерела додаткового прибутку.

Крім CO_2, в землеробстві в атмосферу надходить ще один парниковий газ – N_2O, який у 298 раз має більший парниковий ефект, ніж вуглець.

Викиди цього газу найчастіше пов'язані з нераціональним використанням азотних добрив. Через нітрифікацію та денітрифікацію відбуваються не лише викиди парникових газів, а й непродуктивні втрати азоту, що негативно позначається на врожайності й економіці. Для їх зменшення в системах землеробства No-till і Strip-till застосовуються такі заходи:

- *інжекторне внесення азотних добрив в рідкій формі;*
- *відмова від поверхневого внесення твердих мінеральних азотних добрив;*
- *внесення карбаміду з інгібіторами уреази та використання інгібіторів нітрифікації.*

Застосування інгібіторів допомагає не тільки зменшити втрати азоту, а й зменшити норму внесення мінеральних азотних добрив на 30 відсотків без зниження врожайності культури.

Отже, на сьогодні системи землеробства No-till і Strip-till, порівняно з іншими, найбільше відповідають вимогам суспільства щодо зменшення загрози планетарної кліматичної катастрофи через глобальне потепління.

2.2. Ґрунтозахисна функція системи землеробства

Ґрунт на французьких виноградниках вважається настільки дорогоцінним, що працівники змушені зіскрібати його з черевиків, щоб не виносити за межі поля.

2.2.1. Ґрунт і людина

Кожна система землеробства мусить забезпечувати захист ґрунту від ерозії – одного з найнебезпечніших і безперервних явищ у землеробстві. Ерозія (лат. erosio – роз'їдання) ґрунту – це його руйнування силою води й вітру, що супроводжується виносом продуктів руйнування з поля та їх відкладанням в іншому місці. Ерозія – один із процесів, завдяки якому найінтенсивніше відбуваються процеси руйнування ґрунтового покриву – основного засобу виробництва в землеробстві**.**

Найбільшою вадою цього явища є руйнування та знесення верхнього найродючішого шару ґрунту, що призводить до втрати важливих складових його частин, для відновлення яких потрібні сотні років. Результат фізичного руйнування ґрунту – це не лише зниження врожаїв та

ефективності засобів інтенсифікації, а й зниження екологічних послуг ґрунту для людського суспільства (чистої води і чистого повітря).

Одним із глобальних наслідків ерозійних процесів, що відбувалися як у стародавні часи, так і в наш час, є утворення антропогенних пустель. До них належать пустелі й напівпустелі Центральної, Середньої Азії та Північної Африки, що з'явилися, найімовірніше, як наслідок діяльності скотарських племен, що заселяли в далекому минулому ці території. Те, що не могли з'їсти незліченні отари овець, верблюдів, табуни коней, було вирубане й спалене скотарями. Незахищений після знищення рослинності ґрунт зазнав опустелювання. Буквально на очах впродовж життя кількох поколінь, аналогічний процес формування пустелі внаслідок непродуманого вівчарства охопив багато районів Австралії.

Опустелювання є однією з глобальних екологічних проблем, що пов'язана з деградацією земель, втратою родючості ґрунтів, зменшенням рослинного покриву, погіршенням водного режиму та зниженням продуктивності агроекосистем. Особливо небезпечним є антропогенне опустелювання, яке виникає або посилюється під впливом нераціонального землекористування, надмірного випасання, вирубування природної рослинності, водної та вітрової ерозії, неправильного зрошення, засолення ґрунтів і виснаження органічної речовини. За сучасними оцінками UNCCD, деградація земель охоплює значну частину суходолу планети, а сухі землі займають приблизно 40 % його площі. Це свідчить про те, що проблема опустелювання не обмежується окремими пустельними районами, а має глобальний характер і безпосередньо пов'язана з продовольчою безпекою, станом ґрунтів, водними ресурсами, біорізноманіттям і стійкістю сільського господарства.

Залежно від того, яка сила руйнує ґрунт, розрізняють вітрову й водну ерозії. Вітрову ерозію ще називають дефляцією (лат. deflatio, від deflo – видуваю, здуваю). Руйнування ґрунту внаслідок водної ерозії та дефляції проявляється в різних формах: змив, розмив, утворення промоїн і ярів, розвіювання й перевіювання, пилові бурі тощо. Ці явища дуже поширені на великих площах у всьому світі. Водної ерозії зазнає 31 відсоток, а вітрової – 34 відсотки суші. У світовий океан щороку змивається до 60 млрд т ґрунту.

У нашій країні понад 15 млн га земель є еродованими й ерозія продовжує наступати далі на кожний п'ятий гектар з тих, які поки що нееродовані. Особливо зріс змив ґрунту в останні 80 років через інтенсивне розорювання придатних для землеробства ґрунтів.

Проте ерозія й дефляція пов'язані не лише зі збільшенням площ орних земель і наднормованим навантаженням на пасовища, а й з використанням важкої ґрунтообробної техніки, яка ущільнює ґрунт і руйнує його структуру (рис. 2.6).

Інтенсивні технології та посилена хімізація призвели до декальцинації ґрунту, у 2–3 рази збільшилася мулувата фракція ґрунту (частки менше 0,25 мм у діаметрі). Водостійкість структури змитих ґрунтів знизилася на 10–15 відсотків. Тобто внаслідок землеробської діяльності ґрунт втрачає свої природні властивості протистояти ерозії.

Середньорічні втрати ґрунту від водної та вітрової ерозії становлять 15 т/га. Це означає, що ґрунтовий покрив країни втрачає щороку близько 740 млн т родючого ґрунту, який містить близько 24 млн т гумусу, 0,7 млн т рухомих фосфатів, 0,8 млн т калію, 0,5 млн т азоту та багато мікроелементів.



Рис. 2.6. Технологічна ерозія. ©agrotimes.ua

В Україні згубній дії вітрової ерозії систематично піддаються понад 6 млн га, а в роки з пиловими бурями – до 20 млн га. Особливо потенційно небезпечною зоною в Україні є Південний Степ. Так, кількість днів на рік із пиловими бурями в Південному Степу становить 159, Північному та Центральному – 88, Лісостепу та Поліссі – близько 33 днів (джерело: «Національна доповідь про стан родючості ґрунтів в Україні», 2010).

У 2007 році через ураган на Херсонщині було загублено близько 40 тис. га посівів зернових. Товщина пилових заметів у лісосмугах досягала одного метра. В Україні, особливо її південних регіонах, серйозної шкоди дефляція ґрунту завдавала і раніше. Так, у березні та квітні 1960 року внаслідок пилової бурі, що охопила південь України, був знесений шар ґрунту товщиною 7–10 см. Упродовж трьох днів було перенесено до 25 км^3 ґрунту, що за об'ємом можна зрівняти з геометричною фігурою з довжиною сторін 25 х 1 х 1 км.

На території України утворилася своя пустеля – Олешківські піски, яка за площею є найбільшою в Європі. Вона розташована в 30 км південніше Херсона. Пустеля простягнулася майже на 30 км із заходу на схід і на 150 км із півночі на південь і займає площу в 160 000 га. *Українська пустеля – це справді географічний феномен, що з'явився в результаті безвідповідальної людської діяльності. Подальша інтенсифікація обробітку ґрунту з частими й глибокими оранками може призвести до повної деградації наших земель (рис 2.7; 2.8.).*



Рис. 2.7. Торнадо в Одеській області. © Подгорний В.



Рис. 2.8. Пилова буря в Херсонській області. © Щедрінов А.

Світовий досвід подолання катастрофічних наслідків ерозії ґрунту допоміг зробити два висновки:

- захист ґрунту є глобальною проблемою всього людства;
- будь-яка система землеробства мусить бути ґрунтозахисною.

2.2.2. Водна ерозія ґрунту

2.2.2.1. *Причини та форми водної ерозії*

На виникнення та інтенсивність ерозійних процесів впливають різні чинники, але основними з них є природні й соціально-економічні, що пов'язані з господарською діяльністю людини. Ерозія здебільшого найпотужніше проявляється за поєднання цих факторів. Природні чинники створюють умови для виникнення ерозії, а неправильна виробнича діяльність людини є основною причиною, що призводить до прояву ерозії. Найчастіше прояви водної ерозії пов'язують з обробітком ґрунту та вирощуваними культурами в сівозмінах.

Водна ерозія – руйнування незакріпленого рослинністю ґрунтового покриву водними потоками (ДСТУ 7118:2009). Атмосферні опади супроводжуються площинним змивом дрібних часток із поверхні ґрунту, а зливові дощі викликають сильне руйнування всієї ґрунтової товщі з утворенням промоїн і ярів.

Водна ерозія проявляється на схилах, де стікає дощова або тала вода, і поділяється на:

- *площинну* (порівняно рівномірний змив ґрунту під впливом стоку води, яка не встигає поглинатися ґрунтом);
- *струменеву* (утворення неглибоких промоїн, що усуваються подальшим обробітком ґрунту);
- *лінійну*, або яружну (розмив потоками води ґрунтів і гірських порід).

Площинна ерозія (змив ґрунту) (ДСТУ 7118:2009) виникає на крутих розораних схилах, коли тонкий шар води накопичується на поверхні, заповнює всі проміжки в ґрунті, а потім стікає суцільним потоком по схилу, руйнуючи ґрунт (рис. 2.9).

Струменева ерозія (ДСТУ 7118:2009) – наступна стадія розвитку площинної ерозії, коли відбувається перерозподіл поверхневого стоку з переходом його у мікрорусла (рис. 2.10). Надалі ці мікрорусла заходами обробітку ґрунту зарівнюють. За чергового випадання опадів вони знову з'являються і їх знову зарівнюють ґрунтообробними знаряддями. В результаті потужність ґрунтового шару поступово зменшується й з'являються змиті еродовані ґрунти. Поступово струменева ерозія може перейти в лінійну.

Лінійна, або яружна, ерозія (ДСТУ 7118:2009) проявляється у вигляді розмиву ґрунту концентрованим потоком у понижених місцях схилу з формуванням промоїн, які надалі збільшуються за шириною та глибиною й перетворюються в яри. Лінійна ерозія за розмірами території, що ушкоджується, значно поступається площинній і струменевій. Цей вид ерозії найчастіше проявляється за знищення рослинного покриву. Маса щорічно змитого ґрунту в районах землеробства становить від 9 т/га до десятків тон із кожного гектара. Кількість органічних речовин, яка змивається протягом року з усієї суші нашої планети, – близько 720 млн т.

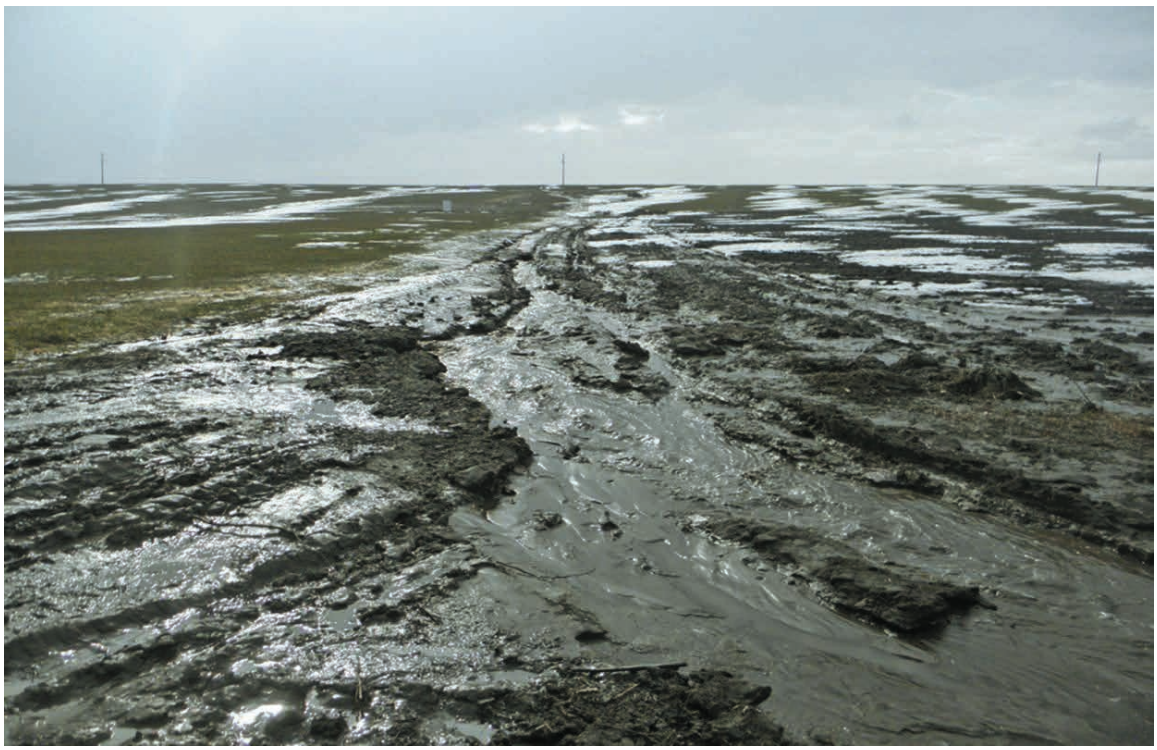


Рис. 2.9. Площинна ерозія. © agroprofi.com.ua

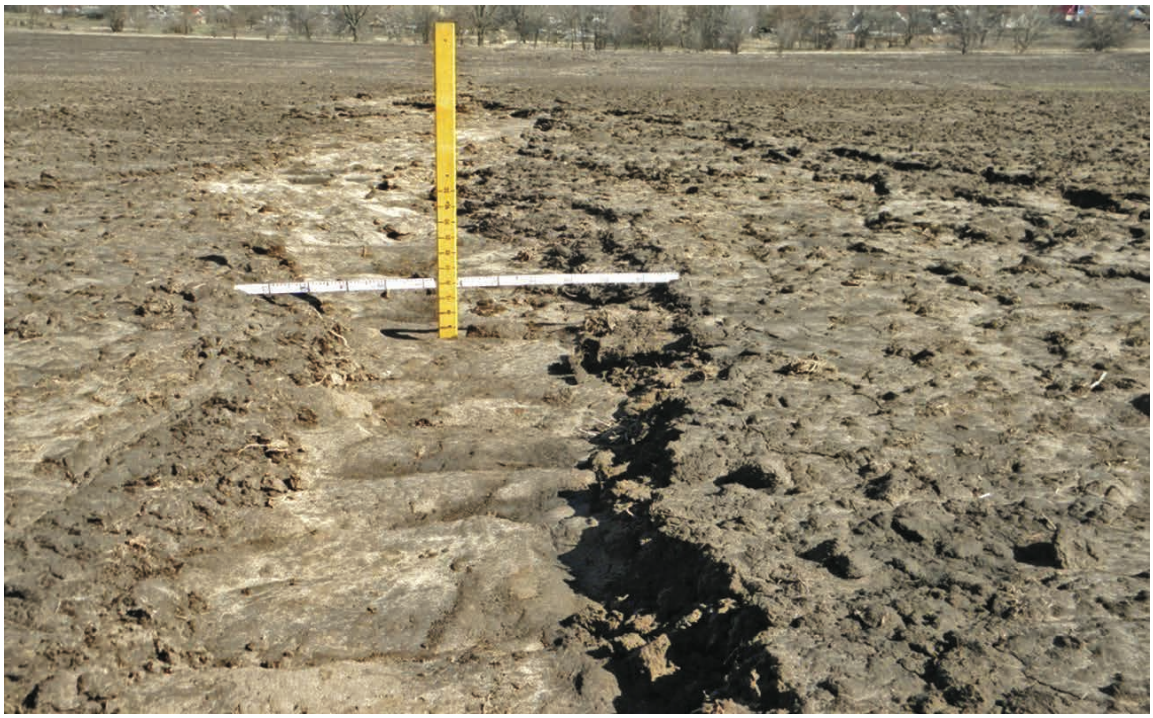
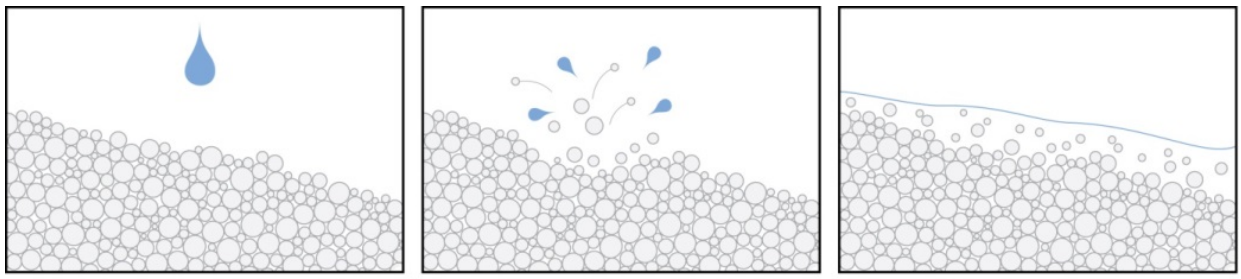
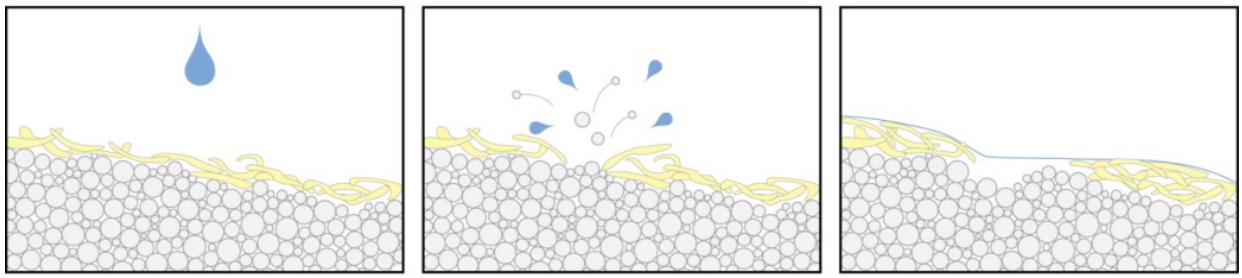


Рис. 2.10. Струменева ерозія. © agroprofi.com.ua

Водна ерозія розпочинається з руйнування ґрунтових агрегатів ударами дощових крапель (рис. 2.11). Звідси – першою перепоною прояву водної ерозії є водостійка структура та достатній рівень водопроникності ґрунту.



Дощові краплі при відсутності покрову ґрунту, можуть відкидати його частки на відстань до 91 см. В подальшому частки ґрунту та інші з'єднання змиваються водою.



Рослинні рештки пом'якшують падіння дощових крапель і захищають ґрунт від ерозії, яку спричиняє відкидання часток. Утворюються не великі природні загородження, які затримують воду. Опади залишаються на полі.

Рис. 2.11. Прояв руйнівної дії дощових крапель. © David P. Shelton, Paul J.Jasa, Larry C. Broun

В системі землеробства No-till наявна максимальна кількість чинників, які сприяють формуванню водостійкої структури ґрунту, а відсутність механічного обробітку – максимально мінімізує її порушення. У системі землеробства Strip-till переміщення пожнивних решток із зони рядка і проведення розпушування посилюють вплив негативних чинників відкритого ґрунту й механічного обробітку на структурний стан у середньому на 30 відсотків площі поля. Наявність розпушених відкритих смуг підвищує ризик прояву водної ерозії особливо за їх розміщення вздовж схилу. Детально зміни в структурі та водопроникності ґрунту в системі No-till і Strip-till викладені в розділі 2.

Що відбувається коли крапля води падає на поверхню ґрунту?

Удари дощових крапель починають руйнування ґрунтових агрегатів (рис. 2.5). Розмір крапель і їх сила удару залежить від інтенсивності дощу, котрий в свою чергу, визначається кліматичними умовами конкретного регіону. Діаметр крапель дощу варіює від 0,25 до 6 мм (середній – близько 3 мм). Розмір ґрунтових агрегатів зазвичай становить менше як 1 мм. Коли крапля діаметром 3 мм, що летить зі швидкістю 750 м/сек, ударяє в ґрунтову частинку, то та розпадається на кілька дрібніших агрегатів. За силою удару це подібно тому, якби в людину вагою 80 кг врізався автомобіль масою 1600 кг, що рухається зі швидкістю 27 км/год. Дощ із вітром, котрий прискорює швидкість краплини, посилює її вплив на ґрунт, бо прискорена вітром краплина несе в собі заряд кінетичної енергії у 2,75 раза більший, ніж при дощі без вітру (Troeh та ін., 1991).

Крапля, що падає, має силу, дія якої на ґрунтовий агрегат спрямована вниз, вбік і вверх. Сила, що діє вниз, ущільнює і зменшує розмір пор. Енергія крапель дощу, котра діє вверх і вбік, так впливає на ґрунтові агрегати, що ті буквально «вибухають». Коли ґрунтові агрегати «вибухають», дрібні їх частинки забивають простір макропор і швидкість інфільтрації знижується Зрозуміло, що при короткочасному й несильному дощі вплив крапель буде меншим, ніж при зливі з сильним вітром. Наслідком подрібнення ґрунтових агрегатів є утворення ґрунтової кірки.

У результаті такого процесу зменшується водопроникність, що посилює поверхневий стік та змив ґрунту. Негативна дія дощових крапель може бути зменшена, якщо поверхня ґрунту буде покрита живою чи мертвою рослинністю. Перша може бути представлена, як вирощуваними основними культурами сівозміни, так і покривними посівами різних культур. Мертва рослинність – нетоварна частина врожаю, теж може виконувати захисну функцію, її рівень залежить від кількості, рівномірності розміщення та рівня покриття поверхні ґрунту, а це все прямо пов’язано з технологією роботи з рослинними решками.

За традиційного полицевого обробітку ґрунту всі післяжнивні рештки загортаються в ґрунт і безпосередньо не виконують захисної функції. В системі землеробства No-till, коли вся нетоварна частина врожаю залишається на поверхні поля, рослинні рештки беруть на себе енергію дощових крапель і цим захищають ґрунт від можливої водної ерозії.

Тому ключовим моментом процесу контролю виникнення водної ерозії є наявність необхідної кількості рослинних решок на поверхні поля (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Рослинні рештки кукурудзи (джерело https://superagronom.com/articles/732-upravlinnya-roslinnimi-reshtkami-yak-tse-robiti-efektivno)

За стовідсоткового покриття поверхні поля рослинними рештками скорочення втрат ґрунту досягає максимальних величин близько 90 відсотків. Якщо щільність покриття рослинними рештками поверхні ґрунту зменшується, то відповідно зростають втрати ґрунту від змиву.

За нульової технології обробітку ґрунту досягається майже повне покриття поверхні ґрунту рослинними рештками за умови якісного їх розподілу по поверхні поля. За даними багатьох досліджень, тверді стоки, тобто втрати ґрунту внаслідок виникнення водної ерозії, за таких умов обробітку ґрунту зменшуються майже на 90 відсотків порівняно з традиційною технологією із застосуванням оранки. Втрати води внаслідок уникнення поверхневого стоку також зменшувались на 69 відсотків.

Ґрунтозахисна здатність післяжнивних решток залежить від їх кількості та положення. Наприклад, для захисту ґрунту від водної ерозії потрібно мати 600–700 шт./м^2 стерні зернових колосових культур.

Найбільшу ефективність забезпечує стояча стерня за напрямку рядків культури впоперек основного стоку. Така поверхня водостійка, а змив ґрунту зменшується в 10–12 разів порівняно з відкритою поверхнею ґрунту, обробленого полицевими знаряддями.

2.2.2.2. *Біогенні чинники контролю водної ерозії ґрунту*

На процеси ерозії ґрунту суттєво впливає не лише надземна частина рослинності. Дрібне коріння скріплює ґрунтові агрегати й, надаючи їм водостійкості, саме створює міцні еластичні зв'язки між ними. Крім цього, рослинність виявляє й непрямий вплив на протиерозійну стійкість ґрунтів, змінюючи гідрологічний і біологічний їх режими.

Ефективність різних видів рослин у зниженні ерозії ґрунту передусім залежить від типу їх кореневої системи та її розвитку (табл 2.1). Ці параметри враховують при створенні сумішей покривних культур із метою розущільнення ґрунту і підвищення його водопроникності.

Таблиця 2.1.

Вплив культур і їх сумішей на швидкість поглинання води та протиерозійну стійкість ґрунту (усереднені значення з літературних джерел)

Група культур / культури	Вплив на швидкість поглинання води ґрунтом	Вплив на протиерозійну стійкість ґрунту
Просапні культури	Майже не сприяють зростанню	Найнижча ступінь впливу
Зернобобові культури	Збільшують приблизно в 1,2 раза	Середня ступінь впливу
Озимі зернові культури	Збільшують приблизно в 1,3 раза	Висока ступінь впливу
Ярі зернові культури	Збільшують приблизно в 1,1 раза	Середня ступінь впливу
Бобові без злаків	Збільшують приблизно в 1,7 раза	Середня ступінь впливу
Злаково-бобові суміші	Збільшують приблизно у 2,2 раза	Висока ступінь впливу
Лугові злакові рослини	Збільшують приблизно в 3 рази	Найвища ступінь впливу
Багаторічні бобові трави (люцерна, конюшина)	Збільшують приблизно в 2 рази	Найвища ступінь впливу

Добре розвинутий рослинний покрив охороняє ґрунт від ударів дощових крапель, збільшує водопроникність ґрунту, створює високу нерівномірність поверхні, що знижує швидкість схилового стоку.

Одним з узагальнювальних показників оцінки багатогранного впливу рослинності на ерозію може бути коефіцієнт наявності перешкод, створюваних рослинністю до поверхневого стоку води. Численними дослідженнями встановлено, що коефіцієнт наявності перешкод збільшується залежно від характеру трав'яного покриву у 2–3 і навіть 4–5 разів (Кетридж Дж., 1951). За даними Г. Ларіонова (1993) помітне зменшення швидкості руху води починається вже при досягненні проєктивного покриття 50 відсотків.

У результаті ефективного підвищення протиерозійної стійкості ґрунтів і зниження швидкості потоків води на схилах змив ґрунту під впливом рослинності різко зменшується. Отже, рослинність є потужним важелем впливу людини на процеси ерозії ґрунтів.

Найпозитивніший вплив сільськогосподарських культур на протиерозійну стійкість ґрунтів спостерігається в період їх максимального розвитку – кінець літа та початок осені. До цього часу відбувається і природне ущільнення ґрунту, тому протиерозійна його стійкість у зазначений період є максимальною.

Найбільшою проблемою захисту ґрунтів від водної ерозії є період, коли культур немає на полі та на початку їх вегетації. За різних структур посівних площ на цей період може припадати від 30 до 52 відсотків вегетаційного сезону.

Ерозія і дефляція істотно погіршують не тільки ґрунти, а й усю екологічну обстановку регіонів та екологічні умови Землі в цілому. Внаслідок руйнування ґрунтового покриву знижується біологічна продуктивність біосфери, відбуваються несприятливі зміни в кругообігу хімічних елементів та їх балансі, порушується рівновага, що склалася в біосфері. У деяких випадках ерозія є головним фактором забруднення поверхневих вод. З ерозійними стоками у воду надходить 90% глинистих фракцій, 79 – азоту, 53 – фосфору, 98% бактерій. Отже, ерозія є не тільки сільськогосподарською, а й екологічною проблемою. Слід зважити на те, що найбільший екологічний збиток від ерозії виявляється не в забрудненні гідросфери, а в зниженні біологічної продуктивності суші. (Обласов В.І., Балик Н.Г., 2009)

У традиційній системі землеробства захист ґрунту в цей час покладається на заходи механічного обробітку ґрунту, які мають забезпечити достатню водопроникність і створити такий характер його поверхні, щоб максимально зменшити швидкість потоків води. Проте така поверхня під час підготовки поля до сівби руйнується, поверхня вирівнюється і ґрунт стає на певний час незахищеним для водної ерозії. *Отже, така система надто затратна і не забезпечує достатнього рівня протиерозійного контролю впродовж всього безморозного періоду.*

В системі землеробства No-till протиерозійна стійкість ґрунту в період відсутності культур на полі досягається завдяки мертвим рослинним рештками або наявності покривних культур, а на дуже крутих схилах, за потреби, може доповнюватися додатково проведеним щілюванням по горизонталях. Сівба

культур проводиться без попереднього механічного обробітку ґрунту, що забезпечує надійний протиерозійний контроль впродовж усього вегетаційного сезону.

Таким чином, у системі землеробства No-till і Strip-till досягається вищий і надійніший рівень контролю водної ерозії за значно менших витратах матеріальних і людських ресурсів.

2.2.2.3. *Ерозія ґрунту і сніготанення*

Ерозія, яка зумовлена сніготаненням, відрізняється меншою виразністю, але більшою тривалістю, ніж дощова ерозія. Якщо до початку танення снігу ґрунт розмерзається лише з поверхні (5–8 см), то водопроникність такого ґрунту дуже мала і перенасичений водою верхній шар легко може бути змитий. Чорноземні ґрунти здатні поглинати талу воду у разі, якщо вони розмерзлися на глибину не менше 20 см.

У системах землеробства No-till і Strip-till цей вид водної ерозії на відміну від традиційної системи землеробства з полицевим обробітком ґрунту суттєво менше має можливостей для прояву, позаяк верхній шар ґрунту не порушений осіннім обробітком і весь пронизаний кореневою системою культури, яка і захищає його від змиву. Крім цього, стояча стерня забезпечує більше накопичення снігу, що зменшує глибину промерзання ґрунту і збільшує період його танення.

2.2.3. Вітрова ерозія

Вітрова ерозія (дефляція) ґрунту спостерігається на будь-яких типах рельєфу, зокрема й на рівнинах. Вона буває слабкою повсякденною, що виникає за малих швидкостей вітру (5–10 м/с). Протікає цей процес непомітно, проте є не менш шкідливим, оскільки повільно і постійно руйнує та виснажує ґрунт. Може спричиняти оголення насіння, висіяного в ґрунт, пошкодження молодих сходів рослин (засікання) або їх присипання (рис. 2.13). Вітрова ерозія може призводити навіть до присипання лісополос (рис. 2.14)



Рис. 2.13. Присипані піском сходи культури. © Щедрінов А.

Потужна вітрова ерозія (пилові бурі) проявляється періодично, коли сильні вітри піднімають у повітря дрібні частинки верхнього шару ґрунту, іноді разом з рослинами, і переносять їх на великі відстані . Це найбільш активний і шкідливий вид дефляції, який призводить до швидкого і сильного руйнування ґрунтового покриву та виникає за швидкості вітру понад 12–15 м/с.



Рис. 2.14 Лісосмуга, занесена ґрунтом. © Щедрінов А.

Прояву пилових бур передує тривала повсякденна дефляція, яка лише засвідчує можливість руйнування ґрунту до її виникнення (рис. 2.15). Тобто пилові бурі є не причиною, а наслідком попереднього руйнування ґрунту. Кількість ґрунту, що видувається в окремих випадках, може досягати 120–124 т/га і відбувається це переважно на територіях із недостатнім зволоженням і за відсутності рослинного покриву.



Рис. 2.15. «Торнадо» на полі в Україні. © Косолап М.

Одним із параметрів, які визначають вітростійкість ґрунту, є його структура. Частинки ґрунту діаметром до 1 мм вважаються ерозійно небезпеч-

ними, а понад 1 мм – вітростійкими, ґрунтозахисними. Отже, стійкість ґрунту проти вітрової ерозії можна оцінити за грудкуватістю його поверхні, тобто за кількістю вітростійких агрегатів. За наявності їх до 50 відсотків від маси повітряно-сухого ґрунту може відбуватися процес видування. Це є підставою вважати, що такий ступінь грудкуватості критичний, тобто ерозійно небезпечний. Поріг стійкості ґрунту проти дефляції, за відсутності на його поверхні післяжнивних решток, настає за ступеня грудкуватості в межах 50–55 відсотків. Співвідношення ґрунтозахисних й ерозійно небезпечних агрегатів у верхньому шарі ґрунту має бути 1:1. Переміщення часточок ґрунтів легкого гранулометричного складу відбувається вже за швидкості вітру 3–4 м/с. Важкосуглинкові ґрунти менше піддаються впливу вітру, швидкість якого мусить уже бути приблизно 6 м/с і більше. Оструктурені ґрунти стійкіші проти дефляції.

Як свідчить практика, пилові бурі не можуть виникати над вітростійкою поверхнею. Дефляційна стійкість агроландшафту за використання системи землеробства No-till визначається двома чинниками – безпосередньою наявністю рослинних решток на поверхні ґрунту та їх опосередкованим впливом на структурний стан поверхневого шару ґрунту (рис. 2.16).



Рис. 2.16. Стерня як захист від вітрової ерозії. Затримка піску.
© Щедрінов А.

Важлива характеристика їх протидефляційної ефективності – це густота та просторове розміщення рослинних решток. Мінімальна кількість рослинних решток, яка забезпечує надійний захист ґрунтів від дефляції, становить 200–300 (і більше) штук стерні на 1 м^2. Встановлено, що чим більше рослинних решток залишилося у вертикальному стані, тим краще вони захищають ґрунт від вітрової ерозії. Дослідження проведені в Херсонській області, підтвердили, що технологія No-till має абсолютну ґрунтозахисну

ефективність. На варіантах із No-till кількість рослинних решток, які залишилися на поверхні ґрунту, порівняно з традиційними обробітками, залежно від попередника була у 2,5–24 разів більшою, що й зумовило високу загальну протидефляційну спроможність агроландшафту.

На думку багатьох вчених, під покровом рослинних решток відбувається формування ерозійностійкої структури поверхневого шару ґрунту, що в результаті підвищує його дефляційну стійкість. Поліпшення структурного стану відбувається в процесі розкладання рослинних решток завдяки генерації мікробних клеїв та гіфів ґрунтових грибів – головних чинників утворення мікро- та макроагрегатів, і свіжих гумусових речовин, які посилюють коагуляцію колоїдів й утворення агрегатів. Дослідження, проведені на Асканійській державній сільськогосподарській дослідній станції Національної академії аграрних наук України на чорноземах південних, показали, що це складний процес, який залежить від багатьох факторів і не завжди супроводжується високим позитивним результатом.

2.3. Біологічне різноманіття

Найбільшою проблемою нашого століття є пошук можливостей нагодувати людство, що постійно зростає, й водночас підтримання нормального стану довкілля.

Норман Борлог,
лауреат Нобелівської премії, 1970 р.



© **nubip.edu.ua**

Сьогодні будь-яка система землеробства оцінюється за трьома групами показників – традиційними базовими агроекономічними, екологічними та соціальними. Одним з основних показників екологічної прийнятності, який

визначає сталість агроекосистеми, є рівень збереження та підтримання біорізноманіття. Склад і співвідношення видів живих організмів в агроекосистемі («біологічне різноманіття») визначає не лише її стан, а і стан навколишнього природного середовища. У Концепції загальнодержавної програми збереження біорізноманіття в Україні на 2005–2025 рр. вказується на необхідність забезпечення розширеного відтворення біорізноманіття шляхом удосконалення механізму управління збереженням та невиснажливим використанням біорізноманіття у складі єдиної екомережі України.

Термін «біорізноманіття» стандартного визначення не має. Екологи часто користуються таким визначенням: *біорізноманіття – як сукупність генів, видів та екосистем у регіоні*. Це визначення дає змогу застосовувати уніфікований підхід до різних рівнів організації живої біоти. Розрізняють природне й агробіорізноманіття, яке характерне для земель, де ведеться сільськогосподарська діяльність.

Агробіорізноманіття поєднує:

- вищі рослини – сільськогосподарські культури та їх диких родичів;
- рослини, які ростуть на пасовищах та напівприродних пасовищах;
- дерева, які вирощуються в сільській місцевості;
- бур’яни;
- ссавці – домашні та дикі, котрі використовують сільську місцевість як середовище існування;
- птахи – домашні та дикі, що використовують сільську місцевість як середовище існування;
- плазуни й земноводні, котрі використовують сільську місцевість як середовище існування;
- гідробіонти, що використовують сільську місцевість як середовище існування. Членистоногі – запилювачі, шкідники, хижаки шкідників, інші членистоногі (наприклад, терміти, мурашки);
- інші макроорганізми, такі як земляні черви;
- молюски;
- мікроорганізми – ґрунтові бактерії, гриби, водорості, нематоди, актиноміцети, патогенні мікроорганізми та ін.Особливості, які відрізняють агробіорізноманіття від біорізноманіття інших екосистем:

- на агробіорізноманіття постійно активно впливають процеси сільськогосподарського виробництва, при цьому вплив агрозаходів має суперечливий характер;
- у практичній діяльності вирощують на великій площі види сільськогосподарських культур немісцевого походження, наприклад, кукурудзу, соняшник, картоплю тощо;
- різноманіття сортів рослин і порід тварин, котрі задіяні в сільськогосподарському виробництві, є настільки ж важливими, як і різноманіття диких видів рослин і тварин;
- агробіорізноманіття можна зберігати й розширювати лише за невиснажливого землекористування в його поєднанні з практикою збереження природи;

Під управлінням агроекосистемою поля слід розуміти проведення системи певних сільськогосподарських заходів. *Управління є дія, але не кожна дія є актом управління.* Людина не регулює, а тільки внаслідок проведення здебільшого агротехнічних заходів модифікує агроекосистему, в рамках її саморегуляційних можливостей. Наприклад, висів покривних нектароносних культур, які виконують сукупність агротехнічних завдань, водночас є високоефективним заходом щодо підтримки біорізноманіття в агроландшафтах. Густота рослин також може виступати одним із «важелів» регулювального управління структурою агроценоконсорцій. Через норми висіву насіння можна спричинити зміни біоценотичних відносин між культурою і шкідливими організмами. Вплив шкідників не завжди має негативний характер. Наприклад, відомий позитивний ефект від пізніх пошкоджень додаткових стебел пшениці озимої личинками злакових мух. Збільшення норм висіву зернових культур на 10–15 відсотків можна застосувати з метою зниження інтенсивності застосування гербіцидів. Тут доречно навести одну з рекомендацій нової науки *синергетики − головне в управлінні не сила, а правильна дія, хоч би і слабка.* Норма висіву, часто якраз і є тонким заходом управління.

Найадаптованішим до природи біогеоценозу макрочинником залишається сівозміна. Вона підтримує безперервність екосистемних процесів у агробіогеоценозі, окремих полів, які щорічно перериваються в агроценозах. Найважливішим є збільшення різноманітності культур у сівозмінах, вирощування змішаних культур та максимальне зменшення механічного обробітку ґрунту і застосування покривних культур.

Усвідомлення того, що агроценози полів складаються не з популяцій організмів, а з елементарних екосистемних осередків – агроценоконсорцій, і є основою формування технології точного землеробства.

Твердження, що відмова від механічного обробітку ґрунту призводить до різкого зростання необхідності застосування хімічних заходів захисту, помилкове. В Синельниківському районі Дніпропетровської області успішно працює фермерське господарство «Анастасія», яке тривалий час за системи землеробства No-till не застосовує ні фунгіцидів, ні інсектицидів.

За свідченням фермерів, що перейшли на систему землеробства No-till, посереднім показником зростання біорізноманіття на полях є збільшення чисельності зайців, лис та інших тварин, які знаходять тут для себе поживу. Навіть перелітні птахи віддають перевагу полям озимих культур, які посіяні за технологією No-till (рис. 2.17). Слідом за ними на полях No-till зростає в сезон охоти чисельність мисливців. В розділі 7 відмічалося зростання проблеми мишей на полях. Для їх контролю американські фермери навіть будують спеціальні будиночки для нічних сов, котрі є чудовими мисливцями на мишей.

Єдиного загальновизнаного методу оцінки рівня біорізноманіття не існує. Це пов’язано зі складністю не лише фізичного обліку всіх живих організмів, а й з оцінкою їх місця, ролі та визначення оптимального рівня їх присутності в складі конкретної агроекосистеми. З розвитком інформаційних

технологій з’являються принципово нові можливості використання сучасних методів аналізу агробіорізноманіття, які базуються на отриманих даних дистанційного зондування Землі та алгоритмах розрахунку індексу MSA (Mean Species Abandance). Індекс MSA – це узагальнене видове багатство (середня видова щільність), за яким будується просторова модель та визначається середній тренд очікуваної видової щільності з огляду на відносну видову щільність цієї території, якщо вона була б у природному стані.



Рис. 2. 17. Перша ознака біологічного різноманіття. © SuperAgronom.com

Актуальність вивчення, врахування і використання в практичній роботі біорізноманіття зумовлена тим, що вона забезпечує стабільність і продуктивність екосистем без застосування додаткових ресурсів інтенсифікації.

Висновки

1. Екологічна прийнятність систем землеробства визначається їхньою здатністю не лише забезпечувати врожай, а й зберігати ґрунт, воду, органічну речовину, біорізноманіття та кліматичну стійкість агроекосистеми. У цьому контексті No-till і Strip-till мають важливе значення, оскільки зменшують механічне порушення ґрунту, сприяють накопиченню рослинних решток на поверхні та підтримують природні процеси відновлення родючості.
2. Одним із ключових екологічних показників є секвестрація вуглецю. Рослини поглинають CO_2 з атмосфери в процесі фотосинтезу, а частина цього вуглецю через корені, кореневі виділення, пожнивні рештки та діяльність ґрунтової біоти переходить у ґрунтову органічну речовину. Чим більше рослинної маси залишається в полі й чим менше ґрунт порушується механічним обробітком, тим кращі умови створюються для депонування вуглецю в ґрунті.

3. Механічний обробіток ґрунту посилює мінералізацію органічної речовини та збільшує втрати вуглецю у вигляді CO_2 . Тому зменшення або відмова від обробітку є одним із шляхів зниження викидів парникових газів у землеробстві. Водночас правильне використання сівозміни, покривних культур і рослинних решток сприяє накопиченню органічної речовини та підвищенню родючості ґрунту.
4. Важливою складовою екологічної безпеки є ґрунтозахисна функція систем землеробства. Водна й вітрова ерозія руйнують верхній родючий шар ґрунту, зменшують вміст гумусу, погіршують структуру та знижують продуктивність агроекосистеми. У системі No-till рослинні рештки залишаються на поверхні поля, захищають ґрунт від ударів дощових крапель, зменшують поверхневий стік, послаблюють дію вітру та сприяють кращому поглинанню води.
5. Рослинний покрив і коренева система культур є важливими біогенними чинниками протиерозійного захисту. Вони скріплюють ґрунтові агрегати, підвищують водопроникність, зменшують швидкість стоку води та поліпшують структурний стан ґрунту. Особливо важливу роль у цьому відіграють покривні культури, багаторічні трави та різноманітні рослинні суміші.
6. Системи No-till і Strip-till також сприяють збереженню та розвитку біорізноманіття. Менше порушення ґрунту, наявність рослинних решток, покривних культур і різноманітних сівозмін створюють кращі умови для розвитку ґрунтових мікроорганізмів, грибів, дощових черв'яків, комах, ентомофагів, запилювачів, птахів та інших живих організмів. Чим вищий рівень біорізноманіття, тим стійкішою є агроекосистема до шкідників, хвороб, посухи та інших стресових чинників.
7. Отже, екологічна прийнятність систем No-till і Strip-till проявляється у збереженні ґрунтового покриву, зменшенні ерозії, підтриманні органічної речовини, накопиченні вуглецю, зниженні втрат вологи та розвитку біорізноманіття. Такі системи землеробства можуть бути важливим елементом адаптації агровиробництва до змін клімату та одночасно засобом зменшення негативного впливу землеробства на довкілля.

Питання для самоконтролю

1. Що таке секвестрація вуглецю?
2. Що таке депонування вуглецю?
3. Які два основних парникових гази надходять із ґрунту в атмосферу?
4. Які агротехнологічні заходи збільшують надходження CO_2 з ґрунту в атмосферу?
5. Як землеробство може сприяти зменшенню глобального потепління на планеті?
6. Чому землеробська діяльність людини сприяє поширенню водної ерозії ґрунту?
7. Чому землеробська діяльність людини сприяє поширенню вітрової ерозії ґрунту?

8. Які біогенні чинники системи землеробства No-till захищають ґрунт від ерозії?
9. В які періоди вегетаційного сезону ґрунт найменше захищений від ерозії?
10. У чому полягає протиерозійна функція покривних культур?
11. Що таке біорізноманіття?
12. Чому системи землеробства No-till і Strip-till сприяють збільшенню біорізноманіття агроекосистем?

Додаткова література

1. Чорний С. Г. Протидефляційна ефективність системи землеробства No-till в умовах Південного Степу України. URL: http://ibhb.chnu.edu.ua/uploads/files/vb/BS_T4_V1_2012/4_C_116-119_Chornyi.pdf (дата звернення: 03.09.2023).
2. Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми збереження біорізноманіття на 2005–2025 рр. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/675-2004-відсотківD1відсотків80#Text (дата звернення: 03.09.2023).

Відеоматеріали

1. 18 років на No-till – захист від ерозії та пилових бур, структура ґрунту: https://www.youtube.com/watch?v=cb1mD6esA8A
2. Вирішення проблеми глобального потепління – у нас під ногами: https://www.youtube.com/watch?v=Zk2DHaVMZaA

Розділ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ПЕРЕХІД ДО СИСТЕМ NO-TILL І STRIP-TILL В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:

Набуде цілісного уявлення про економічну сутність технологій No-till і Strip-till та особливості оцінювання їх ефективності в сучасних умовах агровиробництва. Зрозуміє, що вибір системи землеробства є не лише агротехнологічним, а й стратегічним економічним рішенням, яке впливає на рівень витрат, структуру інвестицій, стабільність прибутку, управління ризиками та довгострокову стійкість господарства.

Навчиться аналізувати основні чинники, які визначають економічну доцільність впровадження No-till і Strip-till, зокрема кліматичні умови, дефіцит вологи, структуру сівозміни, рівень урожайності, собівартість продукції, операційні витрати, потребу в техніці, ціну ресурсів і варіативність фінансових результатів. Особливості вибору компромісу між урожайністю, маржею, прибутковістю та ризиком.

Оволодіє знаннями щодо економічних моделей No-till і Strip-till, показників виробничої, витратної, прибуткової та інвестиційної ефективності. Здобувач зрозуміє значення таких показників, як урожайність, витрати на гектар, собівартість продукції, валова маржа, EBITDA, чистий прибуток, ROI, CAPEX, OPEX і період окупності, а також їхню роль у прийнятті управлінських рішень.

Отримає практичні навички оцінювання економічної ефективності технологій No-till і Strip-till у конкретному господарстві, порівняння витрат і доходів різних технологічних моделей, визначення інвестиційного навантаження, розрахунку окупності техніки та обґрунтування вибору системи землеробства з урахуванням природних умов, фінансових можливостей, рівня менеджменту та виробничих ризиків.

Короткий зміст розділу

Перехід до систем землеробства No-till і Strip-till є комплексною трансформацією виробничої моделі господарства. Він охоплює не лише зміну способу обробітку ґрунту, а й перегляд сівозміни, системи удобрення і захисту рослин, управління рослинними рештками, технічного оснащення, організації праці та прийняття управлінських рішень. Поширення No-till і Strip-till у світі пов’язане зі зміною клімату, дефіцитом вологи, деградацією ґрунтів, зростанням вартості пального, техніки та трудових ресурсів. У таких умовах ці системи застосовують не лише для зменшення витрат, а передусім як інструмент управління виробничими ризиками, збереження вологи та стабілізації врожайності. No-till орієнтований на повну відмову від механічного обробітку ґрунту, тоді як Strip-till передбачає локальне рихлення лише в зоні майбутнього рядка.

Світовий досвід показує, що успішне впровадження нових систем землеробства залежить від поєднання кількох умов: практичної демонстрації їх переваг, доступу до знань і консультацій, технічного забезпечення, розвитку

фермерських об’єднань, наукового супроводу та державної підтримки. Досвід Аргентини, Бразилії, США й Австралії підтверджує, що окреме придбання сівалки або відмова від оранки ще не створюють повноцінної системи No-till. Перехід необхідно починати з комплексного аналізу господарства здійснення оцінювання кліматичних умов, водного режиму, фізичних й агрохімічних властивостей ґрунту, наявності ущільнення або плужної підошви, структури сівозміни, рівня забур’яненості, кількості і якості рослинних решток, технічного оснащення та кваліфікації працівників. На основі цих даних складають план переходу з визначеними показниками контролю.

Не доцільно починати впровадження нової системи відразу на всій площі господарства, а краще на одному або кількох полях, найбільш придатних для нової системи. Першими культурами можуть бути зернобобові (грох, вика, сочевиця), соя або озимі зернові культури оскільки вони дають змогу поступово відпрацювати управління рослинними рештками, налаштування сівалки та систему захисту рослин. Економічний ефект від переходу має відкладений характер. У перші роки можливі нестабільність урожайності, додаткові витрати та технологічні помилки. У середньостроковому періоді переваги формуються завдяки скороченню кількості проходів техніки, витрат пального, робочого часу та потреби у трудових ресурсах. У довгостроковій перспективі ефективність зростає внаслідок поліпшення структури ґрунту, накопичення органічної речовини, підвищення водопроникності та стабілізації врожайності.

Strip-till зазвичай характеризується коротшим періодом адаптації та швидшим виходом на позитивний економічний результат. No-till потребує тривалішого часу для перебудови ґрунтових процесів, але може забезпечувати сильніший довгостроковий ефект завдяки поступовому відновленню родючості та формуванню стійкішої агроекосистеми.

Найбільше помилок виникає в перші роки переходу. До них належать - помилки в формуванні структури і порядку чергування культур в сівозміні перехідного періоду, нерівномірний розподіл рослинних решток, сівба у надмірно вологий ґрунт, неправильне налаштування сівалки, порушення швидкості сівби, недостатній контроль бур’янів, невдала система удобрення, переущільнення ґрунту та одночасне переведення всієї площі господарства на нову технологію. Такі помилки можуть призвести до втрат урожаю, зростання витрат і подовження перехідного періоду.

Людський капітал є одним із головних чинників успіху. В системах No-till і Strip-till зменшується кількість механічних операцій, але зростають вимоги до знань, точності та відповідальності персоналу. Агроном повинен управляти не окремими технологічними операціями, а всією агроекосистемою, враховуючи стан ґрунту, вологу, сівозміну, рослинні рештки, живлення культур і фітосанітарні ризики та ін.

Для України найбільш доцільним є адаптивний підхід, за якого No-till і Strip-till використовуються відповідно до умов конкретного господарства. No-till може бути довгостроковою стратегією ресурсозбереження і відновлення ґрунту, а Strip-till – адаптивним рішенням для просапних

культур і полів, де необхідно локально поліпшити умови для сівби та стартового розвитку рослин.

3.1. Глобальні передумови трансформації систем землеробства та масштаби поширення No-till і Strip-till в Україні та світі

У сучасних умовах агровиробництва ключовим обмеженням стає не лише рівень витрат, а зростаюча кліматична невизначеність, яка формує високу волатильність виробничих результатів. У цьому контексті системи No-till і Strip-till виступають не стільки технологіями зниження витрат, скільки інструментами адаптації та управління сучасними ризиками. При цьому дана ідея народилася не як відмова від обробітку ґрунту заради самої технології, а як пошук балансу між продуктивністю та збереженням родючості ґрунту: намаганням навчитися працювати так, щоб відновлювати родючість ґрунту, зменшувати витрати й отримувати якісний урожай, не виснажуючи природу і не знижуючи економічну ефективність галузі. Результати багаторічного досвіду роботи на землі зформували розуміння, що ґрунт потрібно не лише максимально використовувати, а постійно відроджувати, і саме це стало основою переходу до ґрунтозберігаючих технологій.

Поширення систем No-till і Strip-till у світі (понад 200 млн га, а в окремих країнах - 50–70% ріллі) зумовлене їхньою здатністю стабілізувати виробництво в умовах дефіциту вологи та знижувати деградацію ґрунтів. Водночас перехід до таких систем землеробства потребує адаптаційного періоду та певних стартових інвестицій (орієнтовно 600–960 дол./га), хоча на практиці багато господарств впроваджують їх поступово, використовуючи мінімально необхідний набір техніки й адаптуючи наявні агрегати.

Економічний ефект від упровадження проявляється не одразу, оскільки адаптаційний період охоплює не лише технічне переоснащення, а й поступове відновлення агрофізичних властивостей ґрунту. За таких умов точка беззбитковості для Strip-till зазвичай досягається на 4-й рік, а для No-till - у межах 5–7 років. Точка беззбитковості - це момент, коли економічний ефект від технології компенсує понесені витрати, забезпечуючи нульовий фінансовий результат без збитків. В залежності від специфіки фінансового стану підприємства та плану переходу точка беззбитковості буде різна.

У перехідний період можливе підвищення ризиків, однак після стабілізації системи ключовий ефект проявляється у зниженні коливань врожайності та формуванні більш передбачуваного фінансового результату, тоді як економія витрат (паливо 20–50%, праця 20–40%) має вторинний характер.

Попри очевидні переваги систем No-till і Strip-till, їх впровадження в Україні має неоднозначний характер. Досвід останніх 20–25 років свідчить про завершення етапу «ентузіастів»: значна частина господарств, не подолавши перехідний період, відмовилась насамперед від No-till як більш наукоємкої та вимогливої до управління системи. Водночас Strip-till поширюється швидше як менш радикальна технологія, що дозволяє частково

інтегрувати принципи збереження вологи, відновлення родючості ґрунту без повної відмови від позитивних сторін механічного обробітку ґрунту.

Господарства, які успішно пройшли перехід до No-till, сформували стійкі системи виробництва і розглядають її як базову довгострокову стратегію, тоді як Strip-till часто виступає як перехідна або адаптивна модель вирощування просапних більш вимогливих до стану ґрунту культур. Це підтверджує, що впровадження цих технологій визначається не лише технічними рішеннями, а передусім рівнем управлінських компетенцій і здатністю господарства реалізувати переваги даних, а для цього необхідно глибоко вивчити і вміло використати як міжнародний, так і вітчизняний практичний досвід (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Ефективність систем No-till і Strip-till

Напрям ефекту	**Основні результати**
Екологічний ефект	Зменшення ерозії ґрунту на 70–90 %**;** збереження вологи в ґрунті на 15–25 %**;** накопичення органічного вуглецю до 0, 02–0,6 т/га на рік; збереження біорізноманіття та покращення стану ґрунтової біоти.
	Зниження виробничих витрат на 10–20 %**;** зменшення витрат пального на 20–30 %**;** ефективніше використання техніки завдяки меншій кількості проходів по полю; підвищення врожайності в середньому на 5–15 %**.**
Агрономічний ефект	Покращення структури ґрунту, краща аерація та проникнення коренів; стабілізація врожайності; зменшення засміченості полів завдяки покриву стерні; ефективніше використання елементів живлення рослинами.
Загальний висновок	Економічний ефект є ключовим драйвером масштабування No-till і Strip-till, забезпечуючи сталий розвиток та підвищення конкурентоспроможності агровиробництва.

Джерело: FAO, дані галузевих досліджень, 2023-2024 рр. та власних досліджень на основі даних опитувань українських фермерів та дослідження [64, 65, 66].

Відмічені в табл. 3.1. основні напрями ефекту від впровадження систем No-till і Strip-till доцільно розглядати не лише з позиції економії ресурсів, а як комплексну зміну всієї системи землеробства.

Кліматичні зміни, що відбулися в Україні вже можна оцінити в конкретних показниках. За даними World Meteorological Organization та IPCC, середня температура в Україні зросла приблизно на +1,2–1,5°C за останні 30 років, а кількість днів із посухою в степовій зоні збільшилась на 15–25%. Одночасно опади стають нерівномірними: короткі інтенсивні зливи замість рівномірного зволоження. У критичні фази розвитку культур (сходи, налив зерна) дефіцит вологи може знижувати врожайність на 20–50%, особливо для кукурудзи та соняшнику. Технологічна відповідь - перехід до систем збереження вологи. Світовий досвід (США, Бразилія, Австралія) показує, що No-till і Strip-till дозволяють: накопичувати додатково 30–80 мм

вологи/рік, зменшувати ерозію на 60–90%, стабілізувати врожайність у посушливі роки (менша варіація). Зменшення ерозії ґрунту в процесі переходу на системи землеробства No-till і Strip-till за результатами розрахунків Міністерства землеробства США (Glanz J. T., 1995), допомогло б зменшити витрати на захист від водної та вітрової ерозії на 7 млрд доларів США.

Світова статистика охоплення територій даними технологіями демонструє чітку глобальну структуру: No-till займає 200–220 млн га, тоді як Strip-till - лише 40–60 млн га, тобто у 4–5 разів менше. Strip-till це відповідь на проблеми No-tiil при вирощуванні просапних культур в певних кліматичних умовах.

Географія No-till концентрується в країнах із великими площами ріллі та кліматичними ризиками - Бразилія (45–50 млн га), США (35–40), Аргентина (28–30), Канада та Австралія. У цих умовах No-till виступає інструментом зниження витрат і стабілізації врожайності, тобто формує модель ресурсної ефективності. Натомість Strip-till домінує у США та ЄС (разом до 20+ млн га) (рис. 3.1).

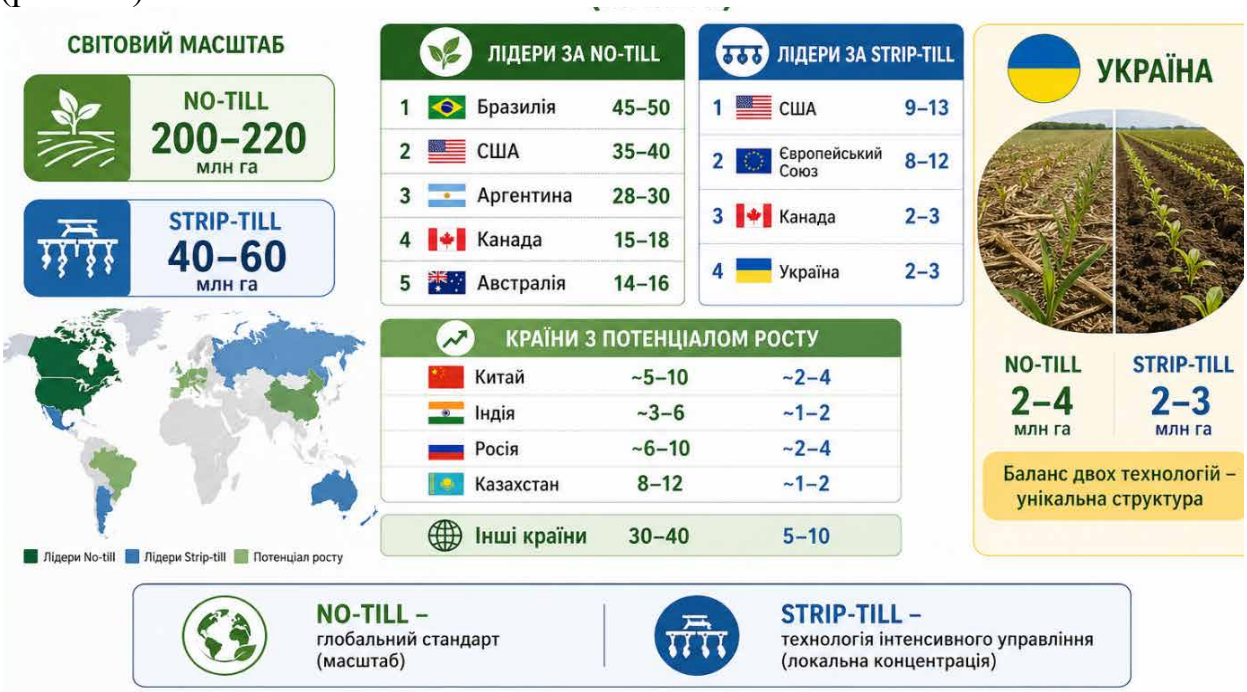


Рис. 3.1. Світова статистика поширення систем No-till і Strip-till

Джерело: узагальнено автором на основі даних опитувань українських фермерів, аналізу FAO, Conservation Agriculture Global Overview, Rolf Derpsch, USDA NRCS.

Цифровізація стає критичним елементом технологій, для впровадження нових агрономічних рішень. Через нестабільність погоди агробізнес переходить до точного управління: диференційоване внесення (економія добрив до 15–25%), моніторинг вологи та стуну агрофітоценозів (NDVI та ін.), прогнозування ризиків. Кліматичні зміни трансформують агротехнології з інструменту підвищення ефективності у інструмент виживання. В Україні виграють ті господарства, які першими перейдуть від “обробітку ґрунту” до управління вологою, ризиком і даними спостережень. Одним із інструментів цієї системи стає агроскаутинг – це системне управління агроекосистемою

через системний аналіз даних про стан агрофітоценозу, запасів вологи, стан ґрунту, хвороби та наявні фактори ризиків для оперативного прийняття ефективних управлінських рішень.

Практика українського землеробства свідчить про прояв чіткого тренду до формування адаптивної моделі системи зберігаючого землеробства, у межах якої технології No-till і Strip-till застосовуються не як взаємовиключні підходи, а як взаємодоповнюючі елементи організації виробництва. З агробіологічної точки зору No-till і Strip-till є різними технологічними моделями в межах систем зберігаючого землеробства. При цьому в економічному контексті No-till розглядається як модель підвищення ресурсної ефективності, зниження операційних витрат і стабілізації виробництва в умовах високої невизначеності, тоді як Strip-till – як модель керованої продуктивності, що базується на локалізованих інвестиціях, технологічній інтенсивності та елементах точного землеробства.

На рис. 3.2 наведено орієнтовну оцінку поширення технологій No-till і Strip-till в Україні та світі. Обидві технології спрямовані на зменшення порушення ґрунту, збереження рослинних решток на поверхні ґрунту, скорочення кількості технологічних операцій і підвищення ресурсоефективності виробництва. Водночас наведені частки поширення потрібно розглядати як орієнтовні, оскільки точні показники залежать від джерела статистики, року обліку та методики класифікації систем обробітку ґрунту.

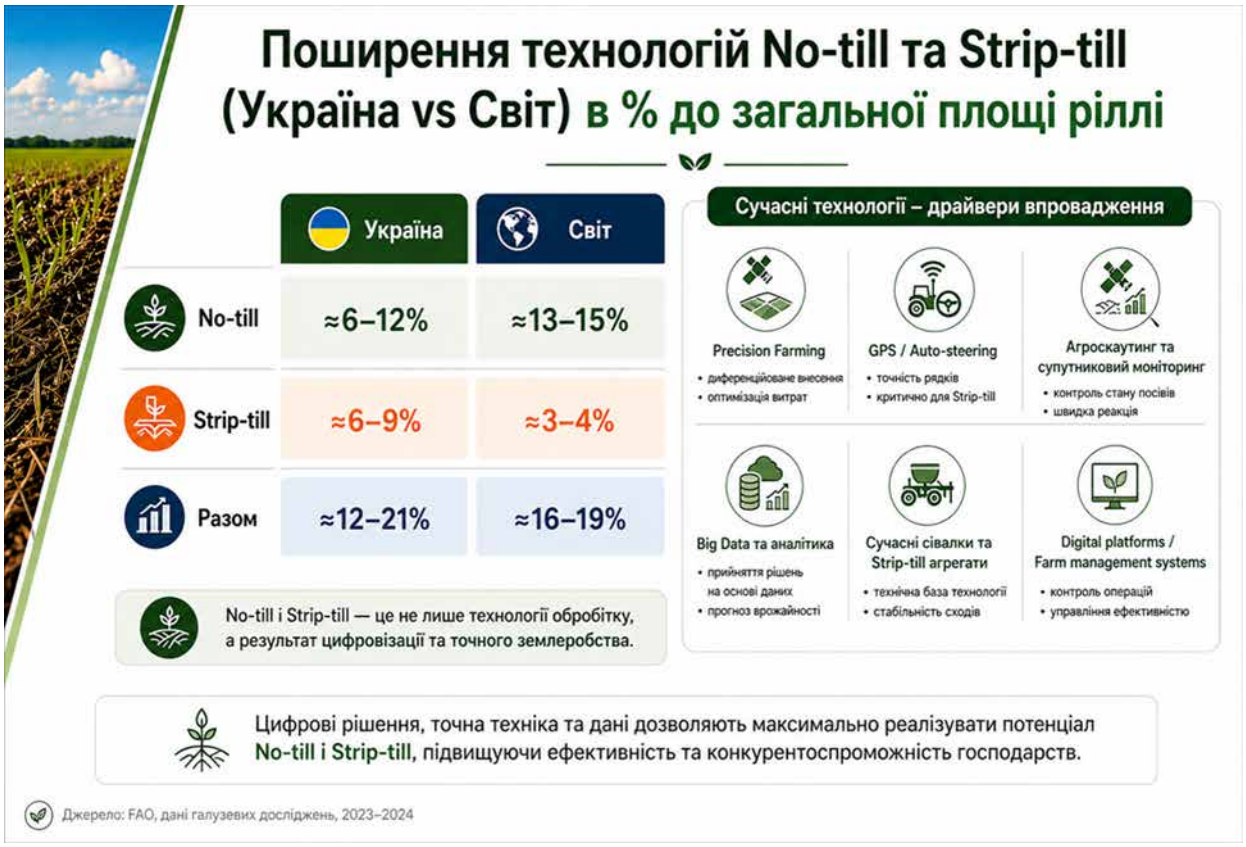


Рис.3.2. Потенціал No-till і Strip-till

Джерело: узагальнено автором на основі даних опитувань українських фермерів, аналізу FAO, Conservation Agriculture Global Overview, Rolf Derpsch USDA NRCS.

В Україні полицева система землеробства історично була домінуючою завдяки високій природній родючості чорноземів (які займають близько 60% орних земель) і орієнтації на максимізацію врожайності. Однак у сучасних умовах її ефективність знижується: втрати вологи через інтенсивний обробіток можуть сягати 20–30%, а витрати на паливо й обробіток - до 30–40% у структурі собівартості. Водночас у степовій і лісостеповій зонах, які охоплюють понад 70% сільськогосподарських угідь, No-till дозволяє дозволяє зберегти вологу, зменшувати виробничі витрати на 30–60% і знижувати ризик втрати врожаю в посушливі роки на 10–20%.

Ареал застосування систем землеробства формується насамперед кліматичними чинниками, зокрема водним балансом території, тоді як ґрунтові умови визначають ефективність реалізації технології та її адаптаційні параметри, впливаючи на структуру виробничих витрат і рівень ризику. Так, різниця у витратах на обробіток і паливо може сягати 15–25%, а варіація врожайності – ±20–30% залежно від поєднання типу ґрунту та режиму зволоження.

Сучасна структура застосування систем землеробства, рис 3.3., в Україні дедалі більше визначається не класичним поділом на ґрунтово-кліматичні зони Полісся, Лісостеп і Степ, а динамікою клімату та водного балансу. За останні 30–40 років середньорічна температура зросла на +1,2–1,5°C, при цьому найбільше потепління припадає на зимово-весняний період, що призводить до зменшення запасів продуктивної вологи навесні.



Рис. 3.3. Ареал локалізації систем землеробства NO-TILL в Україні

Джерело: складено автором за матеріалами FAO, даних опитувань українських фермерів, власними розрахунками на основі [66, 67, 68].

Річна кількість опадів у середньому змінюється незначно, однак їх внутрішньорічний розподіл стає більш нерівномірним: частішають інтенсивні зливи та подовжуються бездощові періоди. У південних і частині центральних регіонів рівень природного вологозабезпечення знижується, а кількість днів із ґрунтовою посухою в окремі роки перевищує 40–60 днів за вегетацію, що прямо впливає на формування врожаю. У результаті формується нова агровиробнича логіка: західно-північний регіон (600–800 мм опадів) зберігає відносну стабільність, центральний (450–600 мм) характеризується високою варіабельністю, а південний (300–450 мм) переходить у зону системного дефіциту вологи.

Ці зміни безпосередньо трансформують економіку технологій. У південному регіоні за умов традиційного обробітку втрати врожаю в посушливі роки можуть становити 30–50%, тоді як впровадження No-till дозволяє зменшити непродуктивні втрати вологи на 20–30%, підвищити коефіцієнт використання опадів і забезпечити стабілізацію врожайності на рівні +20–40% у роки з дефіцитом вологи. У центральній зоні застосування Strip-till дає змогу знизити варіацію врожайності в межах ±20–30% (проти ширшої амплітуди в традиційних системах), а також оптимізувати витрати на обробіток і пальне до 15–25%. Натомість у західно-північних областях економічний ефект від переходу на No-till часто є нейтральним або відкладеним у часі (3–5 років), оскільки волога не виступає лімітуючим фактором. *Таким чином, емпіричні дані свідчать про формування в Україні кліматично диференційованої моделі землеробства, де вибір технології прямо корелює з водним дефіцитом, а її ефективність вимірюється здатністю знижувати ризики та стабілізувати фінансовий результат*.

Тому найбільш обґрунтованою для України є адаптивна модель, у межах якої No-till використовується як база ресурсозбереження, Strip-till – як інструмент підвищення продуктивності (з потенційним приростом прибутку на рівні 2–5 тис. грн/га), а традиційний обробіток – обмежено, для вирішення окремих агротехнічних завдань.

Аналіз показує, що ефективність тієї чи іншої технології значною мірою залежить від регіональних умов. У країнах із високим рівнем інтенсивності виробництва (США, ЄС) часто застосовується комбінований підхід, тоді як у зонах ризикованого землеробства (Бразилія, Австралія) переважає No-till як інструмент зниження виробничих ризиків. Для України характерною є доцільність поєднання технологій: Strip-till як інструмент підвищення врожайності та No-till як засіб забезпечення її стабільності.

Найбільш поширеною моделлю у світі є No-till, який у низці країн став домінуючою технологією. Зокрема, у США частка площ під No-till перевищує 40–50%, у Бразилія та Аргентина – досягає 70–90%, а в Канада і Австралія становить понад 50%. Таке поширення зумовлене здатністю технології знижувати виробничі витрати на 30–60% та підвищувати стабільність урожайності, особливо в умовах дефіциту вологи.

3.2. Моделі впровадження систем No-till і Strip-till

Світовий досвід впровадження No-till переконливо показує, що мова йде не про окрему агротехнологію, а про комплексну трансформацію всієї системи землеробства. *Її розвиток завжди базувався на поєднанні чотирьох ключових елементів: демонстрації ефективності на практиці, доступу до знань і дорадництва, технічного забезпечення та державної політики підтримки.*

Практика показує, що впровадження No-till відбувається за чіткою логікою. Спочатку формуються пілотні господарства, які демонструють економічну доцільність технології. Далі запускається система передачі знань через університети, дорадчі служби або фермерські об'єднання. Паралельно відбувається адаптація матеріально-технічної бази – це спеціалізовані сівалки, зміна підходів до захисту рослин, до удобрення і сівозмін. І лише після цього можливе масштабування, яке майже завжди підтримується державними програмами або фінансовими інструментами. Випадіння будь-якого з цих елементів призводить до того, що система землеробства не дає очікуваного результату або її поширення тормозиться.

Фактичні дані з різних країн це підтверджують, рис 3.4. У Бразилії, де No-till охоплює понад 30 млн гектарів, а в окремих регіонах – до 70–80% ріллі, перехід супроводжувався зниженням витрат праці приблизно на 30%, скороченням інвестицій у техніку на 40–50% та суттєвим зменшенням ерозії ґрунтів у кілька разів. Але ці результати були досягнуті лише після системної інтеграції науки, бізнесу і держави.



Рис. 3.4. Моделі впровадження технологій No-till та Strip-till у світі.
Джерело: сформовано на основі аналізу літератури та власних досліджень.

В Аргентині, де рівень впровадження перевищує 90%, ключову роль відіграли фермерські мережі (зокрема CREA), які об'єднують господарства площею в середньому 1000–2000 га. Саме через обмін досвідом і спільне тестування технологій вдалося значно скоротити період адаптації. У США приблизно 40–50% площ обробляються за технологією No-till, але стабільність результатів забезпечується не стільки технікою, скільки розвиненою системою дорадництва (Extension), яка постійно супроводжує фермера.

Водночас європейський досвід демонструє іншу закономірність: за відсутності економічного або кліматичного тиску темпи впровадження залишаються низькими. Тобто навіть наявність технології не гарантує її використання, якщо система господарювання і так є прибутковою.

Зокрема, за результатами розрахунків F. Tebrügge й A. Böhrnsen, проведеними ще в 1997 році, в дев'яти країнах ЄС потенційно щорічне зменшення витрат може становити 3,44 млрд євро або 150 євро/га за умови, що системи зберігаючого землеробства будуть застосовані на найпридатніших ґрунтах на загальній площі 22,9 млн га. І навіть такі дані не є для європейських фермерів визначальними для застосування цих технологій [69].

Узагальнюючи світовий досвід, можна зробити принциповий висновок: No-till є інтелектуально та капіталомісткою системою, а не «дешевою альтернативою» класичному обробітку, оскільки потребує значних початкових інвестицій, високого рівня професійних знань, технологічної дисципліни та зміни управлінського мислення. Саме тому її успішне впровадження можливе лише за наявності системного навчання, сучасної техніки, фермерських спільнот, дорадництва, державної підтримки та наукового супроводу.

Для України це має пряме практичне значення. В умовах зростання кліматичних ризиків, дефіциту вологи та підвищення вартості ресурсів перехід до No-till є не стільки вибором, скільки стратегічною необхідністю. Проте очікувати, що фермер самостійно забезпечить цю трансформацію, є нереалістичним. Без розвитку науки і освіти, дорадчих служб, доступу до фінансування техніки, підтримки демонстраційних господарств і формування професійних спільнот масштабування технології буде обмеженим.

Для майбутніх керівників аграрного бізнесу важливо розуміти: впровадження No-till – це управлінське рішення системного рівня. Воно потребує не лише агрономічних знань, а й здатності організувати ресурси, навчання і взаємодію з іншими учасниками ринку. І саме від цього залежить, чи стане технологія джерелом конкурентної переваги, чи залишиться експериментом без результату.

Світовий досвід показує, рисунок 3.5., що No-till успішно впроваджується в різних країнах, але за різними сценаріями. У США ключову роль відіграли наука та інституції, в Австралія – самі фермери, які шукали способи зменшити витрати в умовах посухи, а в Бразилія – поєднання державної підтримки та бізнесу. Водночас у всіх випадках масштабування відбулося лише тоді, коли ці фактори почали працювати разом.



Рис.3.5 Закономірності впровадження технологій No-till та Strip-till у світі.
Джерело: сформовано на основі аналізу літератури та власних досліджень.

Практика показує, що No-till дає відчутні економічні результати: суттєво зменшуються витрати пального, скорочуються трудові ресурси, покращується збереження вологи та знижується ерозія ґрунтів. Але ці переваги не з'являються одразу – система потребує інвестицій у техніку та знання, а також періоду адаптації.

В усіх країнах фермери стикаються з однаковими бар'єрами: висока вартість переходу, технологічна складність і потреба в навчанні. Відповідно, успіх забезпечується не лише технікою, а й доступом до знань, консалтингу, обміну досвідом і підтримкою з боку держави.

3.3. Зарубіжний досвід переходу до системи землеробства No-till і Strip-till

Досвід Аргентини та Бразилії підтверджує, що технології No-till і Strip-till є ефективним напрямом розвитку сучасного землеробства в умовах деградації ґрунтів, кліматичних змін і зростання вартості ресурсів. Їх впровадження базується на поєднанні наукового супроводу, державної підтримки, розвитку фермерських об'єднань і забезпечення господарств спеціалізованою технікою.

Узагальнюючи досвід впровадження системи землеробства No-till в Аргентині, можна зазначити такі етапи цієї роботи.

Етап 1. Ознайомлення, інформація і тренінги.

Ознайомлення фермерів із новою системою землеробства обмежувалося не стільки вивченням теоретичних основ, скільки практичною демонстрацією як ця система землеробства може зменшити або вирішити повністю нагальні поточні проблеми фермерів.

Інформація. Державна підтримка забезпечила вільний доступ до специфічної та технічної інформації з боку не тільки конкретних зацікавлених осіб, а й асоціацій та установ. Фермери були зацікавлені передусім в інформації з таких ключових проблем:

- потенційні переваги та ризик, з якими вони можуть стикнутися за переходу на нову систему землеробства;

- як можна перейти на систему землеробства No-till у конкретних умовах свого господарства на наявних типах ґрунтів.

Крім фермерів, на цьому етапі в Аргентині ініціатори поширення системи землеробства No-till намагалися привернути на свій бік державні структури, детально інформуючи їх про екологічні та соціально-економічні переваги раціонального використання природних ресурсів; привертали увагу «руху опору» (основна маса науковців зазвичай не сприймає та не готова підтримати нове) до реальних даних проведених науково-виробничих експериментів: від місцевого традиційного рівня до міжнародного досвіду; залучали широке коло осіб та організацій, зацікавлених у розвитку сільського господарства: фахівців сільського господарства, громадські організації, місцевих жителів, приватні та громадські організації, споживачів і розробників методик і стратегій.

Тренінги. Метою сукупності проведених тренінгів було не поширення системи на всю територію відразу, а формування системи перших «маяків», тобто місць, де застосування No-till було успішним і забезпечило вирішення актуальних проблем. У цих точках фермери змогли на реальних прикладах вивчити принципи й концепцію зберігаючого землеробства, а також способи освоєння і переходу на нову систему землеробства в місцевих ґрунтово-кліматичних умовах. Якщо вони вважали, що система ефективна, то самі брали ініціативу з впровадження і поширення цієї системи, позаяк фермери завжди в таких випадках виступають як «провідники». Основний ризик вони беруть на себе, їхній досвід і творчість завжди є основою для успішного впровадження нових сільськогосподарських принципів і систем землеробства.

Етап 2. Постачання устаткування та сировини, технічна допомога, фермерські організації.

Успішне освоєння системи землеробства No-till можливо тільки за наявності вільного доступу до необхідних ресурсів і передусім до спеціальної техніки. Партнерами в цьому процесі мають стати виробники відповідної техніки й ресурсів, а також їх дистриб'ютори. Ключовими проблемами переходу на систему землеробства No-till були не просто доступ до ресурсів і техніки, а й технічна підтримка освоєння і правильне використання. Надання технічної допомоги необхідно для подолання проблем, з якими стикаються фермери. Ці проблеми зумовлені здебільшого нестачею досвіду і знань про систему землеробства і нову техніку. Для надання якісної належної підтримки потрібна цілісна система зі штатом місцевих приватних установ і фахівців.

Консультанти та науковці в процесі практичного освоєння нової системи землеробства глибше її вивчають, закладаючи і впроваджуючи здебільшого в умовах виробництва необхідну сукупність довгострокових і дорогих експериментів, створюючи спеціалізовані бази знань.

Фермерські організації.

Для об'єднання зусиль, спрямованих на полегшення і прискорення ефективного впровадження та розширення системи No-till і Strip-till в певному регіоні фермерам необхідно самоорганізовуватися в структури, які захищають їх інтереси, допомагають аналізувати отримані результати та знаходити шляхи вирішення оперативних технологічних питань. Як свідчить світова практика, організації фермерів можуть:

- надати корисну інформацію та підтримати окремих фермерів із різноманітних питань, що належать до системи зберігаючого землеробства;
- значно спростити процес передачі знань між фермерами, фермерськими організаціями та установами;
- допомогти в концентрації зусиль у вирішенні спільних проблем;
- посилити та забезпечити рівне спілкування і співпрацю з дослідницькими й технічними установами;
- спростити спілкування з громадянським суспільством і всередині спільнот;
- посилити вплив на вироблення політичних рішень.

У світі такі організації існують для того, щоб зміцнити роль фермерів у суспільстві на національному та міжнародному рівні. Підтримка у створенні нових фермерських організацій та діючих у цей час, а також в об'єднанні таких організацій спрощує та прискорює поступальний розвиток сільського господарства.

Етап 3. Фінансова підтримка та відповідний план дій.

Потрібні відповідні державні фінансові програми для підтримки фермерів, особливо під час першого перехідного періоду, який триває 3–5 років. Ця підтримка є частиною державної політики з розвитку і становлення сталого сільського господарства як основа продовольчої безпеки будь-якої країни. Наявність державної підтримки та фінансування прискорює впровадження зберігаючого землеробства.

Державна політика в сільському господарстві охоплює значно ширше коло питань і проявляється насамперед у таких позиціях:

- створення певних умов, які відповідають вимогам і потребам місцевих груп і землекористувачів, особливо дрібних фермерів;
- встановлення ефективних комунікаційних каналів із сільськогосподарськими товариствами, неурядовими організаціями та приватним сектором;
- залагодження конфліктів між землевласниками й землекористувачами;
- пристосування законодавчої бази до нових цілей і потреб;
- заохочення розвитку інфраструктури для доступу фермерів на ринки;

Як свідчить світовий досвід, якщо системи зберігаючого землеробства правильно впроваджено у виробництво, вони слугують надійним засобом для підвищення рівня життя на селі та позитивно впливають на його сталий розвиток «від низу до верху»

Бразилія. Для країни нульовий обробіток ґрунту – це важливий етап еволюції та інтеграції у світове сільське господарство. Ця система землеробства визначила методи обробітку ґрунту для досягнення раціонального використання природних ресурсів на території вологих субтропіків, а також вологих і сухих тропіків Бразилії.

Підвищений інтерес до технології нульового обробітку ґрунту став можливим внаслідок надмірних втрат від ерозії та обмежень у кредитуванні фермерів. Застосування нульового обробітку почалося з 1972 року в Роланда, штат Парана (Borges G. O., 1993). Рух Товариств земельних об'єднань (CAT) був заснований у штаті Ріо-Гранде до Сул в 1982 році (Borges G. O., 1993). Через державні асоціації та рух CAT No-till швидко поширився й в інших частинах Бразилії.

В Бразилії спільна робота фермерських організацій, державних структур, університетів і дослідницьких центрів є основою успішного впровадження нової технології в цій країні. Завдяки фермерським об'єднанням стало можливим створення в 1992 році Національної федерації, яка займається питаннями прямого посіву (FEBRAPDP).

Узагальнюючи досвід впровадження системи землеробства No-till у Бразилії, Джон Н. Лендерс виокремив п'ять фаз цього процесу:

1) *початковий етап*. Початкові національні наукові дослідження. Реалізація окремими фермерами технологій No-till. Відсутність підтримки державних організацій і великих приватних компаній постачальників матеріальних засобів виробництва. У перших регіонах впровадження цей етап тривав 10–12, а в інших регіонах – 5–6 років;

2) *визнання ефективності нової системи землеробства*. Нова система землеробства отримала національне визнання тільки після адаптації елементів зарубіжної технології до місцевих умов (система контролю засміченості, система сівозмін, система добрив тощо) й освоєння технічного оснащення нової технології. Підготовка перших рекомендацій з технології No-till. Цей період тривав у середньому п'ять років для різних регіонів. Визнання технології об'єднало зусилля різних верств суспільства і фермерів для освоєння нової системи землеробства;

3) *фаза загальної дії.* Нова технологія набула поширення у сфері професійної освіти. Надалі вдосконалення вченими та практиками технології допомогли розробити широкий і детальний набір рекомендацій із питань нової системи землеробства для практиків. Наукова робота з цієї проблеми отримала широку підтримку великих приватних компаній, державних і недержавних структур. Тривалість цього етапу становила 7–9 років;

4) *фаза домінування нової технології*. Нова технологія стала нормою в сільському господарстві країни. У цей період проводилися її комплексні дослідження з метою уникнути великих проблем у майбутньому. Активна

робота громадських, державних та приватних організацій із розповсюдження нової технології. Відбувалося широкомасштабне впровадження нової системи землеробства. *Як підкреслювали Gassen D. N. і Gassen E. R. (1996), комплексні агрономічні дослідження в галузі нульової технології особливо важливі в період після її впровадження, позаяк широке застосування No-till приводить до зміни біологічного балансу території.*

Швидкому поширенню нової системи землеробства сприяли:

1) великий прояв ерозійних процесів і втрата родючості тропічними ґрунтами за традиційної оранки дисковими плугами порівняно з європейськими та північноамериканськими умовами;

2) швидкий темп відновлення вмісту органічної речовини в ґрунтах за відсутності механічного обробітку ґрунту (Bayer et al.);

3) очевидні економічні й екологічні переваги нової технології – скорочення витрат на робочу силу на 30 відсотків (Landers J. N., Teixeira S. M., Milhomem A., 1994), капіталовкладення – на 47 відсотків (Gentil L.V., 1995), зниження потреби в потужності тракторів – на 44 відсотки (Landers J. N. (Ed.), 1994).

Необхідно відзначити, що Бразилія є однією з країн світу, де були зроблені великі інвестиції на технологічні дослідження і розвиток системи No-till серед невеликих фермерських господарств. Крім цього, Бразилія самостійно виробляє необхідне устаткування для нової системи землеробства, експортуючи його сьогодні в інші країни, зокрема й в Україну – сівалки Semeato.

Успішне впровадження технологій No-till і Strip-till можливе лише за системного підходу, який поєднує навчання фермерів, технічну підтримку, науковий супровід та державне стимулювання. Досвід Аргентини й Бразилії підтверджує, що ці технології забезпечують зниження виробничих витрат, збереження родючості ґрунтів і підвищення стійкості агровиробництва до кліматичних ризиків.

3.4. Концептуальні засади та принципи переходу до систем No-till і Strip-till

Рушійною силою передусім є особистість і її мотивація до пошуку нового. Стимулом для активного пошуку є реальні проблеми, з якими стикається людина в тій чи іншій галузі діяльності. Для когось – це посушливий клімат, гостра нестача вологи, для когось – турбота про збереження і підвищення родючості ґрунту, а для когось – пошук шляхів збільшення прибутковості свого бізнесу завдяки зменшенню витрат людської праці. Ці причини можуть бути лише першим поштовхом. Надалі всі фермери проходять практичну і теоретичну школу нового розуміння та сприймання місця й ролі землеробства в сучасному виробничому комплексі людства і свого особистого місця в ньому, оскільки системи землеробства No-till і Strip-till – це не просто нові технічні можливості, це нова філософія в землеробстві. Як неодноразово підкреслювали наші та закордонні фермери – основною є проблема побороти в собі старі сталі принципи землеробства.

Наскільки це складно – можна бачити за типовою ситуацією, коли поряд два господарства працюють за різними системами землеробства, або звична відмовка тих, хто боїться нового: «У нас такі умови, що ця технологія не піде». На думку багатьох вчених, головний обмежувальний чинник для широкомасштабного поширення систем зберігаючого землеробства по всьому світу – це внутрішні упередження людей.

Узагальнення світового досвіду допомогло визначити 10 основних кроків запровадження системи No-till, які сформулював Ральф Дерпш. Враховуючи досвід і навіть менталітет українців, їх можна викласти в такому варіанті *[97].*

1. Братися до впровадження системи землеробства No-till у конкретному господарстві недоцільно без глибокого вивчення теоретичних положень, досвіду і результатів практичного застосування систем землеробства No-till і Strip-till в інших господарствах. Варто починати, коли не лише керівник, а й спеціалісти (найліпше – і механізатори) мають необхідну суму знань, бачать доцільність і впевнені в успіху переходу на нову систему землеробства. Крім цього, на перехідний період варто залучати консультантів із господарства, де No-till успішно впроваджено, або науковців.

2. Для успішного освоєння нових систем землеробства необхідно скласти комплексний план (стратегію) переходу на системи землеробства No-till і Strip-till, який має містити не лише пункти практичних заходів, а й реперні показники оцінки рівня і стану впровадження нової системи землеробства:

- аналіз кліматичних умов – температурний режим, тривалість безморозного і вегетаційного сезонів, сума ефективних температур, час весняних й осінніх заморозків та їх імовірність, водний режим (де визначити кількість опадів, що випадають у період використання вологи культурами й у період накопичення вологи в ґрунті). Сільськогосподарський рік відрізняється від календарного року. Період використання вологи триває від сівби культури до її збирання, а період накопичення – від збирання попередника до сівби наступної культури;

- повний аналіз фізико-хімічних, водно-фізичних та агрохімічних властивостей ґрунту на полях, де планується почати впровадження No-till, встановлення наявності плужної підошви та можливості відмови від механічного обробітку ґрунту на кожному полі. *Реперними показниками оцінки стану впровадження на цьому етапі можуть бути: рівень запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на час збирання ранніх зернових (наприклад, пшениці озимої та пізніх культур або кукурудзи) та на час поновлення весняної вегетації пшениці озимої та сівби пізніх ярих культур.* У поєднанні з кількістю опадів, які випали за ці періоди, такі дані дають можливість визначити ступінь ефективності поглинання і накопичення опадів у ґрунті – основного лімітуючого чинника життя рослин в умовах України. Ці розрахунки слід доповнювати спостереженнями (наприклад, за кількістю і площею блюдець на полі, затримкою води на поверхні ґрунту за сильного дощу). Загальний висновок: якщо запаси доступної вологи в ґрунті зросли, ступінь накопичення опадів підвищився, а на полі опади не фор-

мують блюдець і відмічається тенденція до їх зменшення, то впровадження системи відбувається добре;

- перегляд структури посівних площ, складання порядку чергування культур в сівозміні. Визначення місця покривних культур у сівозміні (особливості порядку чергування культур і технологія покривних культур детально представлені в розділі 5). *Реперними показниками оцінки стану впровадження цього пункту можна вважати наявність, кількість і стан рослинних решток на поверхні ґрунту, а також рівень розвитку покривних культур по полях сівозміни.* Аналітичними розрахунковими показниками будуть коефіцієнт використання простору-часу, рівень інтенсивності та коефіцієнт видового різноманіття сівозміни;

- розроблення системи контролю бур'янів у перші роки впровадження (окремо по кожному року) або, принаймні, на перший рік. *Реперний показник оцінки стану впровадження цього пункту – рівень і видовий склад забур'яненості культур сівозміни;*

- розроблення заходів із підготовки кожного поля до переходу на технологію No-till на основі результатів проведеного аналізу стану полів. Можливо доцільно буде провести механічне знищення плужної підошви на деяких полях, заходи зі знищення багаторічних бур'янів чи додаткове вирівнювання поверхні поля тощо. *Реперними показниками оцінки стану впровадження цього пункту можуть бути твердість ґрунту, щільність його будови та можливість роботи обприскувача на високій швидкості;*

- оцінювання відповідності наявної техніки потребам і вимогам системи землеробства No-till чи Strip-till (можливості наявних комбайнів працювати з рослинними рештками, наявність і потреба в рублячих котках, бункерах перевантажувачах, машинах для внесення мінеральних добрив тощо);

- придбання сівалки, яка найбільше відповідає ґрунтовим умовам господарства, забезпечує сівбу запланованих культур та за планування системи Strip-till – необхідних для цього знарядь (система машин для цих систем землеробства наведена в розділі 9);

- запровадження системи моніторингу стану не лише культурних рослин, а й ґрунту, тому що No-till це в першу чергу, регенерація (відновлення) родючості і здоров`я ґрунту. *Систему моніторингу складають із визначених у плані реперних показників ефективності впровадження систем землеробства No-till і Strip-till.*

3. Потреба підтримувати зв'язки з науковцями та практиками, які використовують систему No-till, для обміну досвідом і постійного навчання керівників, спеціалістів та механізаторів.

Варто починати впровадження зберігаючої системи землеробства No-till на одному-трьох полях сівозміни, які за сукупністю проаналізованих показників найбільше відповідають вимогам No-till. Починати треба зі збирання попередника озимих культур, а саме зернобобових культур. Помилково вважають, що розпочинати треба зі збирання пшениці, яка дає багато рослинних решток. Причина в тому, що після пшениці зазвичай висівають покривні культури, що через брак досвіду сильно ускладнює

задачу успішного переходу на нову систему землеробства. Здебільшого попередниками озимих є бобові або просапні (наприклад, соняшник, який мало залишає рослинних решток). Після проходу рублячого катка не виникає проблем провести якісний посів пшениці озимої.

Починати впровадження систем No-till і Strip-till доцільно з аналізу ґрунту, під час якого важливо визначити забезпеченість елементами живлення, їхню доступність для рослин, а також щільність і твердість ґрунту. На основі цих даних необхідно оцінити доступність елементів живлення, оптимальність щільності ґрунту для культур, які будуть включені до сівозміни, а також встановити наявність плужної підошви або надмірного ущільнення.

За низького рівня забезпеченості елементами живлення слід передбачити їх внесення в ґрунт і здійснювати постійний контроль. З урахуванням показників щільності необхідно планувати добір культур і покривних культур, щоб забезпечити оптимальні умови для росту й розвитку рослин.

За наявності плужної підошви бажано провести глибокорозпушування та спланувати сівозміну, адаптовану до ґрунтових умов господарства. Найкраще починати з культур, які формують незначний обсяг рослинних решток, наприклад бобових і сої, що дасть змогу відпрацювати налаштування сівалки для якісного висіву культур.

Досвід М. Войтовика показав, що початок переходу з двох культур – сої та пшениці – дає змогу швидко пройти перехідний період і зберегти високу продуктивність господарства. Така сівозміна була сприятливою як для формування належної біологічної активності ґрунту, так і для вирішення питання оптимальної щільності.

Особливу увагу при впровадженні систем No-till і Strip-till приділяють управлінню рослинними рештками, рівномірності їх розподілу та організації логістики процесу збирання. За біологічними особливостями зернові колосові культури та соя найбільшою мірою відповідають умовам прямої сівби, що сприяє стабільнішій адаптації технології на початкових етапах її впровадження.

Ефективність переходу до систем зберігаючого землеробства оцінюють за сукупністю агрономічних, технологічних та економічних показників, серед яких ключове значення мають:

– підвищення вмісту органічної речовини в ґрунті;
– скорочення витрат пально-мастильних матеріалів;
– підвищення продуктивності праці;
– оптимізація потреби в трудових ресурсах;
– зниження собівартості виробництва продукції.

Світова практика свідчить, що перехід до систем No-till і Strip-till є поетапним процесом, у межах якого поступово відбуваються зміни у стані ґрунту, структурі агробіоценозів та рівні продуктивності культур. При цьому господарства повинні бути готовими до виникнення непередбачуваних технологічних та організаційних проблем, що потребують постійного

моніторингу, оперативного реагування та коригування стратегії переходу залежно від отриманих результатів.

На сьогодні, за оцінками українських фермерів та експертів із близько 30 млн га ріллі України лише 5,49 млн га вважалися придатними для повноцінного застосування системи No-till, тоді як на переважній частині площ рекомендували мінімальний або диференційований обробіток ґрунту. Такі підходи формувалися в умовах іншого рівня технічного забезпечення та менш виражених кліматичних ризиків. Проте сучасні зміни клімату, посилення дефіциту продуктивної вологи, деградація ґрунтів, розвиток високоточної техніки, RTK-навігації, цифрового агромоніторингу й накопичення практичного досвіду господарств свідчать про значно ширший потенціал упровадження No-till в Україні.

Додатковим фактором трансформації стала війна, яка суттєво змінила економіку агровиробництва. Втрата та тимчасова окупація понад 20% території країни, мінування сільськогосподарських угідь, дефіцит трудових ресурсів, пошкодження технічного парку, зростання вартості пального й логістичні обмеження змусили аграріїв шукати технології з нижчими виробничими витратами та меншою кількістю польових операцій. У цих умовах системи No-till і Strip-till набули додаткової актуальності як інструменти збереження вологи, економії ресурсів, зниження енерговитрат та підвищення стійкості агровиробництва до кризових і кліматичних викликів, особливо в зоні Степу та частині Лісостепу.

Надалі можна прогнозувати прискорення поширення No-till в Україні, оскільки вже сформувалася власна матеріально-технічна база цієї технології: сівалки прямого посіву виробляють українські машинобудівні підприємства «Ремсинтез» (лінійка «СІЧ»), SIVA Agro, Demetra, Elvorti та інші виробники, що суттєво знижує залежність аграріїв від імпортної техніки.

3.5. Часова динаміка ефективності переходу

Часова динаміка економічної ефективності технологій No-till і Strip-till характеризується нелінійним характером та залежить від тривалості їх застосування. На початковому етапі впровадження (1–3 роки) агровиробники можуть стикатися зі зниженням або нестабільністю урожайності окремих культур на рівні 8–12 %, що обумовлено адаптацією ґрунтової системи до нових умов господарювання. У цей період економічний ефект від впровадження нових технологій часто є обмеженим або відсутнім, оскільки скорочення виробничих витрат частково компенсується потенційними втратами врожаю та необхідністю набуття практичного досвіду роботи з новою технологією.

У середньостроковому періоді (3–7 років) урожайність культур, як правило, стабілізується та досягає рівня традиційних систем землеробства. При цьому економічні переваги починають формуватися насамперед за рахунок зменшення кількості технологічних операцій, скорочення витрат пального, зниження потреби в трудових ресурсах та оптимізації машинно-тракторного парку. Таким чином, джерелом економічної ефективності на

цьому етапі виступає переважно ресурсозбереження, а не зростання продуктивності посівів.

У довгостроковій перспективі (понад 7–10 років) відбувається накопичення позитивних змін у властивостях ґрунту: покращується його структура, підвищується вміст органічної речовини, активізуються біологічні процеси, зростає здатність до накопичення та утримання вологи. У результаті формується більш стійка агроекосистема, здатна ефективніше використовувати природні та виробничі ресурси. На цьому етапі економічний ефект забезпечується вже не лише скороченням витрат, а й підвищенням урожайності та стабільності виробництва. Саме поєднання ресурсозбереження з покращенням продуктивності ґрунту створює синергетичний ефект, який забезпечує стабільно вищий рівень прибутковості порівняно з традиційними системами обробітку.

Практичний досвід господарств, що тривалий час застосовують технології No-till і Strip-till, свідчить, що максимальний економічний результат досягається лише після завершення адаптації агроекосистеми та накопичення позитивних змін у ґрунті. Саме тому оцінка ефективності таких технологій на основі результатів одного або кількох перших виробничих сезонів може призводити до викривлених висновків щодо їх економічної доцільності.

Водночас у науковій літературі та серед практикуючих агрономів відсутнє однозначне трактування поняття «перехідний період». Одні дослідники пов'язують його завершення з проходженням повного циклу сівозміни, що дозволяє оцінити вплив технології на всі культури сівозміни. Інші вважають ключовим критерієм формування стабільної структури ґрунту та досягнення нової рівноваги ґрунтових процесів. Окрема група фахівців взагалі не виділяє перехідний період як самостійну стадію, розглядаючи адаптаційні зміни як безперервний процес удосконалення системи землеробства. Незважаючи на відмінності підходів, більшість дослідників погоджується, що повна реалізація агрономічних та економічних переваг консерваційних технологій потребує тривалого часу та повинна оцінюватися у довгостроковому часовому горизонті.

Точка беззбитковості (Break-even point) – це момент або рівень діяльності, за якого доходи чи економічний ефект від впровадження технології повністю покривають понесені витрати, а фінансовий результат дорівнює нулю - без збитку, але ще без прибутку, рисунок 3.6. У контексті технологій No-till та Strip-till це період, коли накопичений економічний ефект від зниження витрат, економії пального, часу та ресурсів компенсує початкові інвестиції у техніку, адаптацію технології та можливі стартові втрати врожайності.

Для Strip-till це зазвичай відбувається вже на 3-му році завдяки швидшому скороченню витрат і стабілізації врожайності, тоді як для No-till точка беззбитковості настає близько 6-го року через довший період адаптації ґрунту та технології. Після проходження точки 0 обидві системи формують стійкий позитивний економічний ефект, але No-till забезпечує вищий довгостроковий приріст рентабельності.

Період	No-till (роки)	Strip-till (роки)	No-till (економічний результат, % до класичної системи)	Strip-till (економічний результат, % до класичної системи)
Перехідний період	0–3	0–2	–10...0%	0...+10%
Формування системи землеробства	3–10	2–8	0...+30%	+10...+25%
👉 Точка 0 (Break-even)	6-й рік	3-й рік	0%	0%
Консолідована система	10+	8+	+20...+40%	+10...+25%

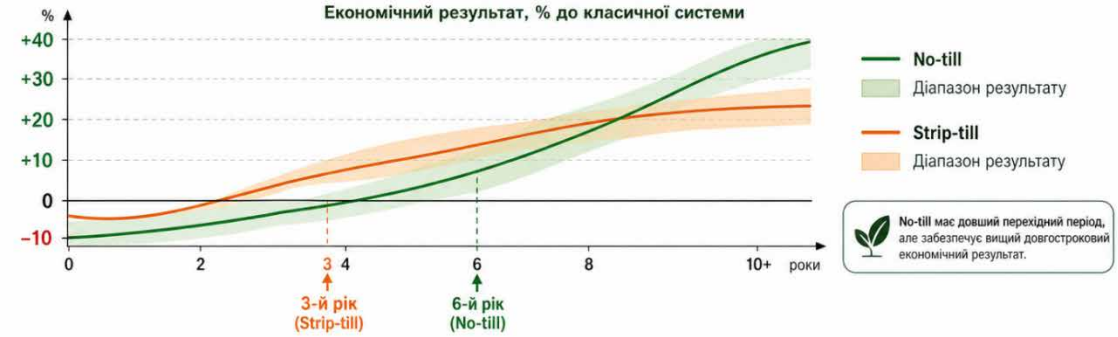


Рис. 3.6. Часова динаміка економічної ефективності переходу до систем землеробства No-till та Strip-till

Джерело: сформовано на основі аналізу літератури [70, 71, 97]та власних досліджень опитувань фермерів.

Довгострокові дослідження (10–20 років) свідчать, що економічна ефективність No-till зростає зі збільшенням тривалості використання технології, особливо за рахунок стабілізації урожайності, зниження виробничих витрат та покращення властивостей ґрунту. У країнах Південної Америки окремі дослідження фіксують зростання чистого доходу господарств на 50% і більше після тривалого впровадження No-till. Strip-till демонструє подібну, але більш помірну динаміку з меншим перехідним ризиком і швидшим досягненням стабільної економічної ефективності.

Показники наведено як узагальнення результатів міжнародних досліджень і практики; фактичні значення можуть змінюватися залежно від ґрунтово-кліматичних умов, структури сівозміни та рівня технологічного забезпечення господарства.

Технології No-till і Strip-till мають різну економічну природу: Strip-till забезпечує швидший і менш ризиковий вихід на позитивну економіку за рахунок використання факторів позитивного впливу обмеженого безполицевого обробітку, тоді як No-till формує відкладений, але більш потужний довгостроковий економічний ефект, що базується на поступовому відновленні родючості ґрунту та накопиченні біологічного потенціалу. Відповідно, Strip-till є інструментом тактичної оптимізації витрат, тоді як No-till – стратегічною моделлю підвищення стійкості та прибутковості агровиробництва.

3.6. Економіка помилок у процесі переходу

Економіку помилок у сучасних агротехнологіях, рисунок 3.7., доцільно розглядати як прихований капітальний компонент втрат (hidden CAPEX), що безпосередньо визначає фінансовий результат господарства. На відміну від операційних витрат, помилки формують зумовлюють не лише разові втрати, а й мають довгострокові фінансові наслідки, які накопичуються або фіксуються в системі виробництва.

Миттєві втрати виникають у межах одного виробничого циклу та пов'язані з відхиленнями у виконанні технологічних операцій. Порушення точності операцій (глибини обробітку, норми та рівномірності внесення добрив чи ЗЗР) може призводити до зниження врожайності на 10–25%. Наприклад, нерівномірні сходи формують втрати на рівні 0,5–1,5 т/га. Відхилення у строках виконання операцій зумовлюють втрати врожаю на рівні 10–30% або додаткові витрати в межах 10–40 $/га. Ці втрати мають короткостроковий характер і частково піддаються корекції в межах сезону.

Накопичувальні втрати формуються протягом 2–3 років і є наслідком помилок в системних агрономічних рішеннях. Порушення сівозміни призводить до додаткових витрат на рівні 30–70 $/га, тоді як неефективне управління рослинними рештками зумовлює втрати 30–50 кг азоту на гектар, що еквівалентно 30–60 $/га. Ці втрати не проявляються одномоментно, але накопичуються, поступово знижуючи економічну ефективність виробництва. Помилками пов'язані з інвестиційними рішеннями мають фіксовані втрати довгострокового характеру (5–7 років) . Використання невідповідної сівалки спричиняє щорічні втрати на рівні 50–200 $/га, а невідповідного трактора - 10–40 $/га. Такі втрати практично не піддаються оперативному усуненню і формують стабільне додатове фінансове навантаження.

Інтегральний ефект помилок у агротехнологіях в розрахунку на 1 га/$ сукупних витрат є суттєвим. Для технології Strip-till сукупні втрати завдяки «помилкам» оцінюються на рівні 50–150 $/га, для No-till - 100–300 $/га що обумовлено підвищеною чутливістю цих систем до якості управлінських рішень, особливо на етапі впровадження. З урахуванням того, що перехідний період у технології No-till може тривати до 7 років, а у Strip-till - до 3 років, за середньої дохідності близько 300 $/га ігнорування зазначених помилок може призвести до повної втрати прибутковості господарства (рис. 3.7).

Важливою особливістю є те, що близько 70% помилок виникає в перші 2–3 роки переходу на нову технологію. Саме цей період є визначальним для формування подальшої економічної результативності виробництва.

Отже, помилки в агрономії доцільно розглядати не як ймовірнісний ризик, а як детермінований фактор зниження економічної ефективності. *У цьому контексті ключовим завданням управління є мінімізація вартості помилок, передусім у період впровадження технології.*

Практика впровадження технологій No-till і Strip-till свідчить, що у перехідний період уникнути помилок практично неможливо. Їх наявність є закономірною складовою процесу адаптації господарства до нової системи землеробства. Водночас саме характер і масштаб цих помилок визначають

економічний результат переходу, оскільки більшість із них безпосередньо трансформується у втрати врожаю або зростання витрат.

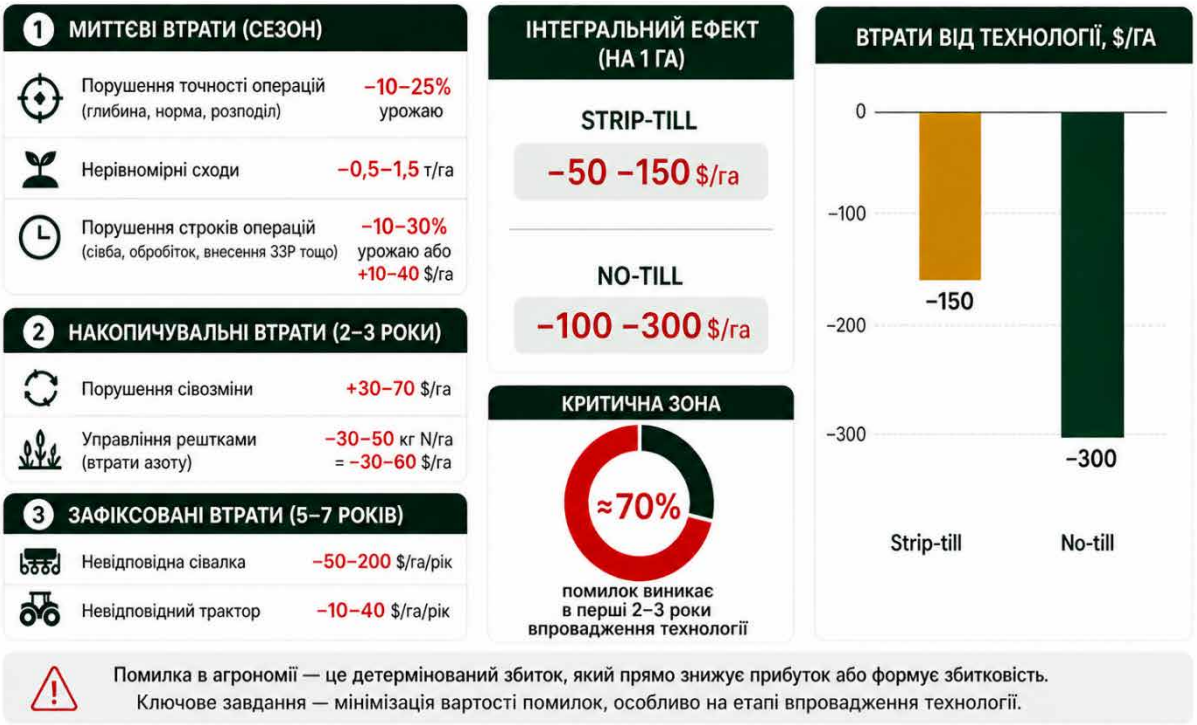


Рис. 3.7. Економіку помилок у сучасних агротехнологіях

Джерело: сформовано на основі аналізу літератури [72, 73, 74, 75] та власних досліджень.

До найбільш поширених технологічних помилок належать:

-неякісне подрібнення рослинних решток, зокрема надмірне їх подрібнення, що може спричиняти заминання в насіннєве ложе і, за наявності вологи, - розвиток гнильних процесів у зоні проростання насіння;

-нерівномірний розподіл рослинних решток по полю, що ускладнює якісне виконання наступних операцій; важливим є узгодження ширини жатки з можливостями системи розподілу соломи комбайна, наявність розподілювача полови;

-проведення сівби у надмірно вологий ґрунт, що затримує появу сходів і підвищує ризик ураження рослин хворобами;

-азотне голодування рослин, зумовлене відсутністю компенсаційних норм азоту для мінералізації решток або низькою біологічною активністю ґрунту;

-порушення режиму сівби, зокрема надмірна швидкість руху сівалки, що знижує рівномірність розміщення насіння;

-переущільнення ґрунту, особливо в зоні розворотів і технологічних колій, унаслідок багаторазових проходів техніки або неправильного тиску в шинах;

-неправильне налаштування сівалки, включаючи параметри роботи робочих органів, глибину заробки насіння та інші елементи, що особливо

часто проявляється в перші роки переходу через інерцію підходів традиційної системи землеробства;

-застосування елементів технології, прийнятих у традиційному обробітку ґрунту, без їх коригування під умови мінімального або нульового обробітку;

-очікування швидкого ефекту від впровадження No-till, незважаючи на те, що поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту проявляється поступово, зазвичай протягом 2–3 років;

-одночасне переведення всієї площі господарства на нову технологію, що суттєво підвищує рівень виробничих і фінансових ризиків.

Зазначені помилки мають різну природу, проте їх об’єднує спільна ознака - вони виникають переважно в перші роки впровадження технології та формують основну частину економічних втрат. У цьому контексті процес переходу слід розглядати не лише як технологічну зміну, а як управлінське завдання, ключовим елементом якого є мінімізація вартості помилок.

З урахуванням того, що перехідний період у технології No-till може тривати до 7 років, а у Strip-till - до 3 років, ігнорування зазначених факторів здатне призвести до втрати прибутковості господарства та, за несприятливих умов, - до його фінансової неспроможності.

3.7. Людський капітал як фактор успішності переходу

У системах землеробства No-till і Strip-till людський капітал виступає визначальним фактором економічної ефективності. На відміну від полицевої технологій, де частина технологічних недоліків може бути компенсована механічним обробітком ґрунту, у зберігаючих системах результат безпосередньо залежить від якості управлінських рішень.

Функціональна роль агронома в цих системах суттєво змінюється: він переходить від виконання окремих операцій до управління цілісною агроекосистемою. До ключових компетенцій належать формування сівозміни, управління пожнивними рештками, використання покривних культур контроль водного режиму, забезпечення точності технологічних операцій та використання інструментів точного землеробства. У цих умовах значна частка варіації виробничого результату (до 60–70%) визначається саме якістю агрономічного управління.

Скорочення чисельності персоналу (на 30–60%) поєднується зі зростанням продуктивності праці у 2–4 рази та зниженням витрат на оплату праці в розрахунку на гектар, що представлено таблиці 3.2. Водночас у цих системах формується інша модель трудових ресурсів: зростає потреба у працівниках універсального типу, які поєднують функції механізатора, оператора систем точного землеробства та визначальника агрономічних рішень.

Це зумовлює необхідність підвищення рівня оплати праці на 20–80% у порівнянні з традиційними полицевими системами землеробства. Таким чином, економічний ефект досягається не через здешевлення праці, а через зменшення кількості персоналу та різке зростання продуктивності одного працівника.

Таблиця 3.2

Впровадження No-till і Strip-till супроводжується зміною структури трудових ресурсів

Система землеробства	Кількість працівників на 1000 га	Навантаження на 1 механіза-тора	Характер системи
Класична (оранка)	6–10	150–300 га	Багато операцій, нижча чутливість до управління
Strip-till	3–5	400–800 га	Комбіновані операції, підвищені вимоги до точності
No-till	2–4	800–1500 га	Мінімум операцій, макси-мальні вимоги до управління

Джерело: сформовано на основі аналізу літератури [76, 77] та власних досліджень.

У провідних господарствах (США, Бразилія, Австралія) це проявляється у зміні ключових економічних показників:

- виручка на одного працівника зростає до 500–1500 тис. $/рік;
- операційний прибуток (EBITDA) на одного працівника - 150–400 тис. $/рік;
- один працівник забезпечує управління 800–1500 га.

Світовий досвід свідчить, що ефективні господарства у системах No-till і Strip-till формуються навколо висококваліфікованого агрономічного ядра. Невеликі за чисельністю команди забезпечують управління значними площами завдяки поєднанню професійних знань, технологій та використання великої сукупності даних у прийнятті рішень.

Таким чином, у нових умовах людський капітал слід розглядати як стратегічний виробничий ресурс, що визначає не лише рівень урожайності, а й економічну стійкість господарства. Зменшення кількості працівників компенсується зростанням їх кваліфікації, відповідальності та вартості, а якість агрономічного управління стає ключовим фактором формування фінансового результату.

Економіка переходу на No-till і Strip-till визначається не технологією як такою, а послідовністю рішень: розуміння динаміки, дотримання правил, вартістю помилок і якістю людського капіталу. *Економіка No-till і Strip-till базується не на дешевій праці, а на дорогому, але високоефективному людському капіталі.*

3.8. Бар'єри впровадження систем No-till і Strip-till в Україні

Основні стримуючі фактори переходу до No-till

Система No-till не є універсальною технологією, а сформувалася як адаптація до умов ерозії, дефіциту вологи та глобальної зьіни клімату, забезпечуючи суттєве підвищення операційної ефективності, зокрема через скорочення потреби в трудових ресурсах.

1. **Часовий бар'єр ефективності No-till,** *зумовлений формуванням ґрунтової структури (5–7 років).* Перехід до системи No-till характери-

зується наявністю адаптаційного періоду тривалістю, як правило, 5–7 років, протягом якого відбувається поступова оптимізація фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту. Інерційність цього процесу зумовлена повільною швидкістю накопичення органічної речовини, відновлення агрегатної структури та активізації ґрунтової біоти. У результаті відбувається поступове підвищення водопроникності, структурної стабільності та продуктивності агроценозів, що визначає відкладений характер реалізації економічного ефекту технології.

У системі No-till структура ґрунту поступово відновлюється природним шляхом. Основну роль у цьому процесі відіграють коренева система культур і покривних рослин, рослинні рештки на поверхні поля, діяльність дощових черв'яків, мікроорганізмів та інших ґрунтових організмів. Вони формують пори, біологічні канали, агрегати ґрунту та сприяють накопиченню органічної речовини. Такий шлях відновлення є повільнішим, ніж механічне втручання, проте більш надійним у довготривалому періоді, оскільки ґрунт не просто тимчасово розпушується, а поступово набуває стійкої природної структури.

У цьому контексті система Strip-till може розглядатися як адаптаційна технологічна стадія при переході до No-till, оскільки поєднує елементи мінімального локального рихлення, що дозволяє знизити агрономічні та економічні ризики початкового етапу трансформації. Водночас така інтерпретація не є універсальною і залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня технологічного забезпечення та системи управління господарством.

2. **Фітосанітарний бар'єр ефективності No-till**: Фітосанітарна ефективність систем No-till значною мірою залежить від якості технологічного менеджменту, структури сівозміни та рівня адаптації господарства до нової системи землеробства. Наявність значної кількості пожнивних решток на поверхні ґрунту змінює умови розвитку бур'янів, шкідників і патогенів, що потребує більш точного, своєчасного моніторингу та технологічно дисциплінованого застосування засобів захисту рослин. На початкових етапах переходу до No-till господарства можуть стикатися зі зростанням фітосанітарних ризиків, особливо за недостатнього рівня агрономічного супроводу, порушення сівозміни або несвоєчасного проведення технологічних операцій. У таких умовах помилки в системі захисту рослин можуть призводити до втрат урожайності та зниження економічної ефективності технології. Водночас у добре адаптованих системах із якісним технологічним менеджментом фітосанітарні ризики можуть бути успішно контрольовані без втрати економічної ефективності виробництва.

Є ще і інший аспект на який мало звертають увагу біомаса з однієї сторони стримує випаровування вологи з ґрунту, а з іншої при незначних опадах вона не дає їм можливості проникати в ґрунт.

3. Операційний бар'єр: звуження агротехнологічного вікна в No-till. Весною термін часу прогрівання ґрунту при No-till збільшується порівняно зі Strip-till, що зумовлює затримку сівби та уповільнює проростання і розвиток культури на старті вегетації у середньому на 1–2 тижні, що

особливо критично для північних регіонів. Через наявність рослинних решток поверхня ґрунту повільніше прогрівається, довше утримує вологу, що може призводити до затримки посівної, підвищеного ризику розвитку патогенів і локального ущільнення. У результаті сходи з'являються пізніше, а вегетаційний період фактично скорочується. У північних регіонах України, де й без того коротший період вегетації порівняно з центром і півднем, це створює необхідність переходу на більш ранньостиглі сорти та гібриди, які генетично мають нижчий потенціал урожайності.

З економічної точки зору ефект «звуження технологічного вікна» може призводити до зниження врожайності залежно від культури та погодних умов, що в окремі роки еквівалентно втратам близько 0,3–1,0 т/га зернових культур або 0,5–1,5 т/га кукурудзи.

Водночас у степових регіонах із дефіцитом вологи No-till часто є вимушеною та економічно доцільною системою, оскільки збереження вологи компенсує втрати від пізнішого старту. На легких ґрунтах і в зонах ризику вітрової ерозії ця технологія також має переваги. Таким чином, вплив «меншого вікна можливостей» є зонально диференційованим: у північних і вологіших регіонах він може знижувати економічну ефективність через втрату врожайності, тоді як у посушливих умовах - навпаки, частково або повністю нівелюється за рахунок збереження продуктивної вологи.

4. **Ресурсний бар'єр у No-till:** *обмеження гнучкості управління ресурсами.* За впровадження системи No-till частково обмежуються можливості внесення елементів живлення в нижні горизонти ґрунту без використання додаткового спеціалізованого обладнання. Оскільки механічний обробіток ґрунту не проводиться, добрива складніше заробити на глибину або рівномірно розмістити у глибших шарах ґрунтового профілю.

Тому основні можливості забезпечення рослин елементами живлення з мінімальними втратами пов'язані з внесенням добрив під час сівби, локальним розміщенням у зоні розвитку кореневої системи, а також позакореневим підживленням у період вегетації. Це потребує більш точного планування системи удобрення, врахування забезпеченості ґрунту елементами живлення, доступності поживних речовин у верхньому шарі ґрунту та потреб культури на різних етапах росту.

Тому агрономи (за відсутності аплікаторів) вимушені використовувати комплексні добрива для прикладу NPK (9:25:25), щоб з посівом внести максимальну кількість діючої речовини. При цьому фізичний допустими технічний потенціал більшості сівалок дозволяє вносити максимум 200 кг, а здорожчання вартості діючої речовини добрив через використання комплекного добрива може досягати 15%. При цьому зменшення використання добрив відбулось в межах 12%.

В разі неможливості внести при посіві достатньої кількості NPK дефіцит ми вимушені компенсувати рідкими добривами, а це в свою чергу тягне за собою витрати на інвестиції у додаткову техніку, як приклад Аплікатор GFI (це агрегат для внесення рідких добрив безпосередньо в ґрунт методом ін'єкції. Його вартість оцінюється в 140 тисяч доларів США і є

додатковою статтею витрат. З його допомогою ми можемо покрити потребу в азотних добривах шляхом внесення КАС без втрати 30% їх діючої речовини в разі їх внесення по стерні). Ще однією альтернативою покриття азотного дефіциту без значної втрати діючої речовини є поверхневе розкидання аміачної селітри (бажано під дощ).

5. Інвестиційний бар'єр ефективності No-till: *капіталоємність технічної адаптації.* No-till забезпечує зниження операційних витрат, однак потребує значних початкових інвестицій у спеціалізовану техніку (сівалки прямого висіву та аплікатори для локального внесення добрив), що формує бар'єр входу. Впровадження технології передбачає технічне переоснащення господарства з урахуванням вимог до стабільного якісного висіву в умовах наявності на поверхні ґрунту пожнивних решток та ефективного локального внесення добрив. Це обумовлює використання сівалок (зокрема дискових) прямого висіву (зокрема Väderstad Rapid RDA 600C, Horsch Pronto 6 DC) та аплікаторів типу GFI applicator.

Модернізація традиційних сівалок ($3 000–20 000) дозволяє частково адаптувати їх до роботи в системі No-till, однак не завжди забезпечує стабільну якість висіву. Натомість інвестиції у спеціалізовані сівалки становлять орієнтовно до $100 000 для техніки, що була у використанні, та до $200 000 – для нових агрегатів (5–8 м). У поєднанні з обладнанням для локального внесення добрив це формує додаткове навантаження на собівартість на рівні близько 20 $/га (амортизація протягом 7 років для господарства площею ~2500 га). Таким чином, перехід до No-till супроводжується зміщенням структури витрат від операційних до капітальних, що підвищує поріг входу на початковому етапі впровадження технології.

6. Бар'єр фрагментації та недостатнього масштабу землекористування. Ефект масштабу є важливим фактором економічної ефективності систем No-till, оскільки великі та компактні земельні масиви сприяють підвищенню продуктивності техніки, оптимізації логістики та ефективнішому використанню високовартісного посівного обладнання. Умови дрібноконтурності та просторової розпорошеності полів можуть ускладнювати реалізацію окремих елементів технології, зокрема контрольованого руху техніки, організації польових операцій та управління рослинними рештками. Це підвищує вимоги до технологічного менеджменту та може збільшувати операційні витрати господарства.

Водночас практика українських фермерських господарств свідчить, що технології No-till у багатьох випадках успішно адаптуються і до умов обмеженого земельного банку. Завдяки скороченню кількості механічних операцій, зниженню потреби у потужному тракторному парку та економії пального No-till може виступати інструментом підвищення ресурсної ефективності саме для малих і середніх господарств. Тому масштаб землекористування слід розглядати не як абсолютне обмеження впровадження No-till, а як фактор, що впливає на модель організації виробництва та рівень реалізації потенційних економічних переваг технології.

Технологічні та економічні обмеження впровадження Strip-till

Перехід до системи Strip-till супроводжується економічними бар'єрами, що формуються внаслідок високої капіталоємності технології, залежності від точності виконання операцій та зростання складності управління виробничими процесами. На відміну від No-till, де ключовим обмеженням є часовий лаг формування ґрунтової структури, у Strip-till домінують інвестиційні та операційні фактори, що безпосередньо впливають на структуру витрат і ризиковість виробництва.

1. Інвестиційний бар'єр: капіталоємність технології

Впровадження Strip-till потребує значних капітальних вкладень у спеціалізовані агрегати (strip-till культиватори, системи локального внесення добрив, високоточні сівалки). Сукупні інвестиції можуть становити $700–900/га для господарств середнього масштабу (2000–5000 га), формуючи високий поріг входу та підвищуючи амортизаційне навантаження на собівартість продукції.

2. Технологічний бар'єр: залежність від точності. Ефективність технології Strip-till значною мірою залежить від точності виконання польових операцій, зокрема синхронізації смуг обробітку та висіву, якості навігації та дотримання технологічних параметрів. У практиці сучасного землеробства реалізація потенціалу Strip-till зазвичай потребує використання високоточних навігаційних систем, зокрема RTK-навігації, що супроводжується додатковими інвестиціями у технічне оснащення та підвищує вимоги до технологічної дисципліни персоналу. Особливо це проявляється у випадках роздільного виконання смугового обробітку та сівби, коли навіть незначне зміщення рядків може призводити до нерівномірності розміщення насіння, погіршення стартового розвитку рослин та часткової втрати технологічних переваг Strip-till.

3. Операційний бар'єр: складність координації процесів. Технологія передбачає розділення операцій у часі, що збільшує кількість проходів техніки (на 1–2 більше порівняно з No-till) і підвищує витрати пального до 20–35 л/га (проти 8–15 л/га у No-till). Це ускладнює логістику польових робіт і підвищує операційні витрати.

4. Ризиковий бар'єр: «ціна помилки». Висока залежність від точності формує підвищену «ціну помилки»: відхилення у налаштуванні агрегатів або невідповідність умовам вологості ґрунту можуть призводити до локального зниження врожайності (5–15%) та неефективного використання добрив. Це підвищує варіативність EBITDA та знижує передбачуваність економічного результату.

5. Ресурсний бар'єр: вимоги до управління і персоналу. Впровадження Strip-till потребує високого рівня кваліфікації персоналу та розвитку систем управління (precision farming), що обмежує швидкість масштабування технології та підвищує управлінські витрати.

6. Специфіка та економічна ефективність використання ресурсів у системах No-till і Strip-till

Ефективність систем No-till і Strip-till визначається не лише рівнем урожайності, а передусім специфікою використання виробничих ресурсів.

Перехід до цих технологій супроводжується зміною логіки формування витрат, де ключове значення набуває не обсяг застосування ресурсів, а ефективність їх використання. У цьому контексті добрива, засоби захисту рослин і пальне виступають не просто елементами технології, а основними факторами формування економічного результату ($/га).

Добрива. У системах No-till і Strip-till ефективність удобрення визначається не нормою внесення і не номінальною вартістю добрив, а часткою поживних елементів, яка фактично засвоюється рослинами. Цей показник залежить передусім від вологості ґрунту, розміщення добрив відносно кореневої системи та технології їх внесення.

Найбільш критичним є фосфор, засвоєння якого обмежується його низькою рухливістю в ґрунті та залежністю від вологи. Азот характеризується значними втратами при поверхневому внесенні, тоді як калій є відносно стабільним елементом живлення. Для N - це переважно реальні втрати, для P і K - це частково відкладена ефективність (післядія), але з економічної точки зору це все одно є втрата грошей у поточному році (cash flow), навіть якщо частина повернеться в майбутньому.

Висновки до розділу

1. Перехід до систем землеробства No-till і Strip-till є відповіддю на комплекс сучасних викликів агровиробництва: зміну клімату, дефіцит вологи, зростання вартості пального, нестачу кваліфікованої робочої сили, підвищення витрат на техніку, логістику, добрива й засоби захисту рослин. У цих умовах ґрунтозберігаючі системи набувають значення не лише як технології зменшення витрат, а як інструмент адаптації господарства до нестабільного виробничого середовища.
2. Системи No-till і Strip-till мають спільну мету – зменшити механічне порушення ґрунту, зберегти рослинні рештки на поверхні поля, скоротити кількість технологічних проходів, поліпшити використання вологи та підвищити стійкість агроекосистеми. Водночас вони відрізняються рівнем технологічної радикальності: No-till передбачає повну відмову від механічного обробітку, тоді як Strip-till зберігає локальний обробіток лише в зоні майбутнього рядка.
3. Світовий досвід показує, що успішне впровадження No-till і Strip-till не відбувається випадково. Воно потребує поєднання практичної демонстрації результатів, доступу до знань, технічного забезпечення, дорадчого супроводу, фермерських об’єднань, фінансових інструментів і державної підтримки. Без цих складових технологія часто залишається окремим експериментом і не переходить у стабільну систему виробництва.
4. Досвід Аргентини, Бразилії, США та інших країн свідчить, що ключову роль у поширенні No-till відіграють демонстраційні господарства, професійні мережі фермерів, наукові установи, дорадчі служби та постійний обмін практичним досвідом. Для України цей підхід має особливе значення, оскільки просте копіювання зарубіжної моделі без

адаптації до місцевих ґрунтово-кліматичних, технічних і економічних умов не забезпечує стабільного результату.

5. Перехід до систем No-till і Strip-till повинен бути поетапним. Він має починатися з глибокого вивчення теоретичних основ, аналізу досвіду інших господарств, оцінювання стану ґрунту, кліматичних умов, сівозміни, технічного забезпечення, системи контролю бур'янів і можливостей персоналу. Доцільно починати впровадження не з усієї площі господарства, а з одного або кількох полів, які найкраще відповідають вимогам нової системи.
6. Економічний ефект від переходу до No-till і Strip-till має часову динаміку. У перші роки можливі нестабільність урожайності, технологічні труднощі та обмежений економічний результат. У середньостроковому періоді переваги формуються переважно за рахунок скорочення витрат пального, робочого часу, кількості операцій і оптимізації машинно-тракторного парку. У довгостроковій перспективі додатковий ефект забезпечується поліпшенням структури ґрунту, накопиченням органічної речовини, кращим утриманням вологи та стабілізацією врожайності.
7. No-till і Strip-till мають різну економічну природу. Strip-till зазвичай забезпечує швидший і менш ризиковий вихід на позитивну економіку, оскільки частково зберігає локальний обробіток ґрунту і створює кращі стартові умови для просапних культур. No-till має довший період адаптації, але здатний формувати потужніший довгостроковий ефект завдяки поступовому відновленню ґрунтової родючості та стабілізації агроекосистеми.
8. Помилки перехідного періоду є одним із головних джерел економічних втрат. Найчастіше вони пов'язані з неправильним управлінням рослинними рештками, несвоєчасною сівбою, невдалим налаштуванням сівалки, порушенням сівозміни, недостатнім контролем бур'янів, неправильним внесенням добрив, переущільненням ґрунту та надто швидким переведенням усієї площі господарства на нову систему. Саме перші 2–3 роки є найбільш критичними для подальшого успіху або невдачі переходу.
9. Людський капітал є визначальним фактором ефективності No-till і Strip-till. У цих системах зменшується кількість механічних операцій і працівників, але зростають вимоги до кваліфікації агрономів, механізаторів, операторів техніки та управлінців. Працівник має не лише виконувати окрему операцію, а розуміти логіку всієї агроекосистеми, особливості ґрунту, сівозміни, рослинних решток, вологи, точного землеробства та ризиків перехідного періоду.
10. Основними бар'єрами впровадження No-till в Україні є тривалий період формування нової структури ґрунту, фітосанітарні ризики, повільніше весняне прогрівання ґрунту, складність управління живленням, потреба у спеціалізованій техніці, висока вартість входу та необхідність високого рівня агрономічного менеджменту. Для Strip-till важливими обмеженнями є капіталоємність технології, потреба в точній навігації, складність

координації операцій, висока ціна помилки та підвищені вимоги до персоналу.

11. В Україні доцільно розглядати No-till і Strip-till не як взаємовиключні, а як взаємодоповнюючі системи. No-till може бути стратегічною моделлю повної трансформації землеробства, тоді як Strip-till – адаптивним або перехідним рішенням для просапних культур, господарств із певними ґрунтово-кліматичними обмеженнями або виробників, які поступово переходять до ґрунтозберігаючої моделі.
12. Отже, успішне впровадження No-till і Strip-till залежить не лише від придбання техніки, а від системного управління переходом. Вирішальне значення мають знання, підготовка персоналу, якість планування, моніторинг ґрунту й посівів, правильна сівозміна, управління рослинними рештками, точність виконання технологічних операцій і готовність господарства поступово адаптувати всю виробничу систему до нової філософії землеробства.

Запитання для самоконтролю

1. Які глобальні передумови сприяли поширенню систем землеробства No-till і Strip-till у світі?
2. Чому технології No-till і Strip-till особливо актуальні в умовах дефіциту вологи та змін клімату?
3. Які основні моделі впровадження систем No-till і Strip-till використовуються у світовій та українській практиці?
4. У чому полягають ключові відмінності між традиційною системою землеробства, Strip-till і No-till?
5. Які етапи та принципи є визначальними під час переходу господарства до системи No-till або Strip-till?
6. Чому економічний ефект від упровадження No-till і Strip-till має відкладений характер?
7. Що таке точка беззбитковості при переході до ґрунтозберігаючих технологій та коли вона зазвичай досягається?
8. Які типові помилки допускають господарства під час переходу до систем No-till і Strip-till та які їх економічні наслідки?
9. Яку роль відіграє людський капітал, знання та кваліфікація персоналу в успішності впровадження технологій No-till і Strip-till?
10. Які основні економічні, технічні та психологічні бар’єри стримують поширення систем No-till і Strip-till в Україні?

Додаткова література

1. No-Till Технологія: Нульовий Обробіток Ґрунту https://eos.com/uk/blog/no-till-tekhnologia/
2. No-till: наука без практики німа, практика без науки сліпа
3. https://propozitsiya.com/articles/no-till-nauka-bez-praktyky-nima-praktyka-bez-nauky-slipa

4. Стан упровадження технології No-Till в Україні https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/23100-stan-uprovadzhennia-tekhnolohii-notill-v-ukraini.html

Відеоматеріали

1. Рішення для відновлювального сільського господарства https://youtu.be/Iig6Q0O_Vrc?si=qsNjUqJWTcBCKV0W
2. Ґрутоощадливі технології обробітку ґрунту https://youtu.be/-XsEqzjAgH8?si=QQr2XndkEu35O6Xa
3. Впровадження ґрунтозахисних технологій. Що думає фермер?https://youtu.be/5LJdpbN0oKw?si=8RE4wwMwpRrmlCqr

Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:

Набуде цілісного уявлення про економічну сутність технологій No-till і Strip-till та зрозуміє, що їх ефективність визначається не лише рівнем урожайності, а й структурою витрат, стабільністю результатів, рівнем ризику, потребою в інвестиціях і здатністю господарства адаптуватися до кліматичних та ринкових змін.

Навчиться аналізувати No-till і Strip-till як різні, але взаємодоповнюючі економічні моделі. No-till розглядатиметься як система ресурсної ефективності, зниження витрат і стабілізації виробництва, тоді як Strip-till – як система керованої продуктивності, що потребує більших інвестицій, але може забезпечувати вищий дохід за сприятливих умов.

Оволодіє знаннями щодо основних економічних показників оцінки технологій: урожайності, витрат на гектар, собівартості продукції, валової маржі, EBITDA, чистого прибутку, ROI, періоду окупності, CAPEX та OPEX. Він зрозуміє, як ці показники використовують для порівняння технологій і прийняття управлінських рішень.

Отримає практичні навички оцінювання економічної доцільності впровадження No-till і Strip-till у конкретному господарстві. Він зможе враховувати кліматичну зону, структуру сівозміни, рівень забезпечення вологою, технічні можливості, інвестиційне навантаження, операційні витрати, ризики перехідного періоду та очікувану окупність технологічних рішень.

Короткий зміст розділу

Економічна ефективність систем землеробства No-till і Strip-till визначається не лише рівнем урожайності, а сукупністю виробничих, витратних, прибуткових та інвестиційних показників. Вибір технології є стратегічним рішенням, оскільки впливає на структуру витрат, потребу в техніці, рівень ризику, стабільність доходу та довгострокову стійкість господарства. No-till і Strip-till мають різну економічну логіку: No-till орієнтований на скорочення кількості технологічних операцій, зменшення витрат пального, праці та амортизації, збереження вологи й стабілізацію виробництва; Strip-till є більш інтенсивною та капіталомісткою моделлю, що передбачає локальний обробіток ґрунту, точне внесення добрив і використання навігаційних систем. Вона може забезпечувати вищу врожайність і дохід, але потребує більших інвестицій та точнішого управління.

Економічну ефективність цих систем доцільно оцінювати через компроміс між прибутковістю та ризиком. У сучасному землеробстві максимальний урожай не завжди означає максимальний прибуток. Важливішим є економічний оптимум, за якого додаткові витрати забезпечують достатній приріст доходу, а фінансовий результат залишається стабільним у різні за

погодними умовами роки. No-till більше відповідає моделі ресурсної ефективності та управління ризиками: завдяки збереженню вологи, зменшенню кількості проходів техніки та нижчим операційним витратам ця система особливо доцільна у посушливих регіонах і в умовах високої варіативності врожайності; Strip-till відповідає моделі керованої продуктивності, оскільки створює сприятливі умови в зоні рядка, забезпечує локальне внесення добрив і краще реалізує потенціал широкорядних культур.

Важливою складовою економіки цих систем є інвестиції в технічне забезпечення, вони охоплюють не лише придбання окремих машин, а формування узгодженої виробничої системи.

У структурі капіталовкладень особливе значення має посівна техніка: для No-till якість сівби безпосередньо визначає формування посіву, оскільки механічний обробіток ґрунту не використовується для поліпшення умов роботи сівалки. У Strip-till висока точність роботи потрібна для розміщення насіння в центрі підготовленої смуги, якісне внесення добрив в різні горизонти ґрунту. Відхилення від середини смуги може знижувати врожайність і зменшувати економічний ефект технології.

Комплексна оцінка ефективності включає чотири групи показників. Виробничі показники характеризують урожайність. Витратні показники визначають витрати на гектар і собівартість одиниці продукції. Показники прибутковості охоплюють валову маржу, EBITDA та чистий прибуток. Показники ефективності капіталу включають ROI, період окупності, CAPEX і OPEX. EBITDA використовується як один із головних показників операційної ефективності, оскільки показує результат основної діяльності до врахування відсотків, податків та амортизації. ROI характеризує віддачу вкладеного капіталу, а період окупності показує, за який час інвестиції компенсуються додатковим грошовим потоком. Для повнішої інвестиційної оцінки також використовують NPV, IRR і вартість капіталу.

Порівняльний аналіз вирощування кукурудзи показує, що результат залежить від ґрунтово-кліматичних умов. У зоні достатнього та нестійкого зволоження Strip-till може забезпечувати найвищу врожайність і EBITDA. У посушливих регіонах No-till залишається конкурентоспроможним завдяки нижчим витратам, кращому збереженню вологи та меншій чутливості до несприятливих умов. Полицева система має вищі витрати пального, більшу кількість польових операцій і вищу собівартість. Strip-till займає проміжне положення за витратами, але може забезпечувати найкраще поєднання врожайності та ресурсозбереження. No-till характеризується найменшою кількістю операцій, найнижчими витратами пального та високою ефективністю використання вкладених ресурсів.

Економічно обґрунтованим є вибір технології, яка найбільше відповідає кліматичним умовам, культурі, структурі сівозміни, фінансовим можливостям, технічному оснащенню та рівню менеджменту конкретного господарства. No-till доцільно розглядати як модель стабільності й контролю витрат, а Strip-till – як модель підвищення продуктивності за умови достатніх інвестицій і високої точності управління.

4.1. Управління ризиками як ключова економічна функція технологій

У сучасних умовах трансформації аграрного сектору, зумовлених кліматичними змінами, нестабільністю ринків і зростанням рівня невизначеності, особливої актуальності набуває проблема підвищення економічної ефективності нових систем землеробства. Вибір між різними технологічними підходами, зокрема No-till і Strip-till, виходить за межі суто виробничого рішення та набуває стратегічного характеру, оскільки визначає рівень витрат, продуктивність і стійкість аграрного виробництва. У цьому контексті важливим є формування теоретико-економічних засад оцінки ефективності систем землеробства з урахуванням компромісу між прибутковістю та ризиком, що дозволяє обґрунтувати оптимальні управлінські рішення в умовах динамічного зовнішнього середовища.

Визначальним у виборі однієї із них є специфіка і логіка бізнесу господарства обумовлена його ресурсним потенціалом, рівнем менеджменту та природно-кліматичними умовами. Економіка Strip-till і No-till відрізняється насамперед структурою витрат, профілем ризиків і динамікою доходів. Економіка Strip-till є моделлю інтенсивного агровиробництва, тоді як No-till - це модель мінімізації витрат і використання природного потенціалу ґрунтової екосистеми (рис. 4.1).

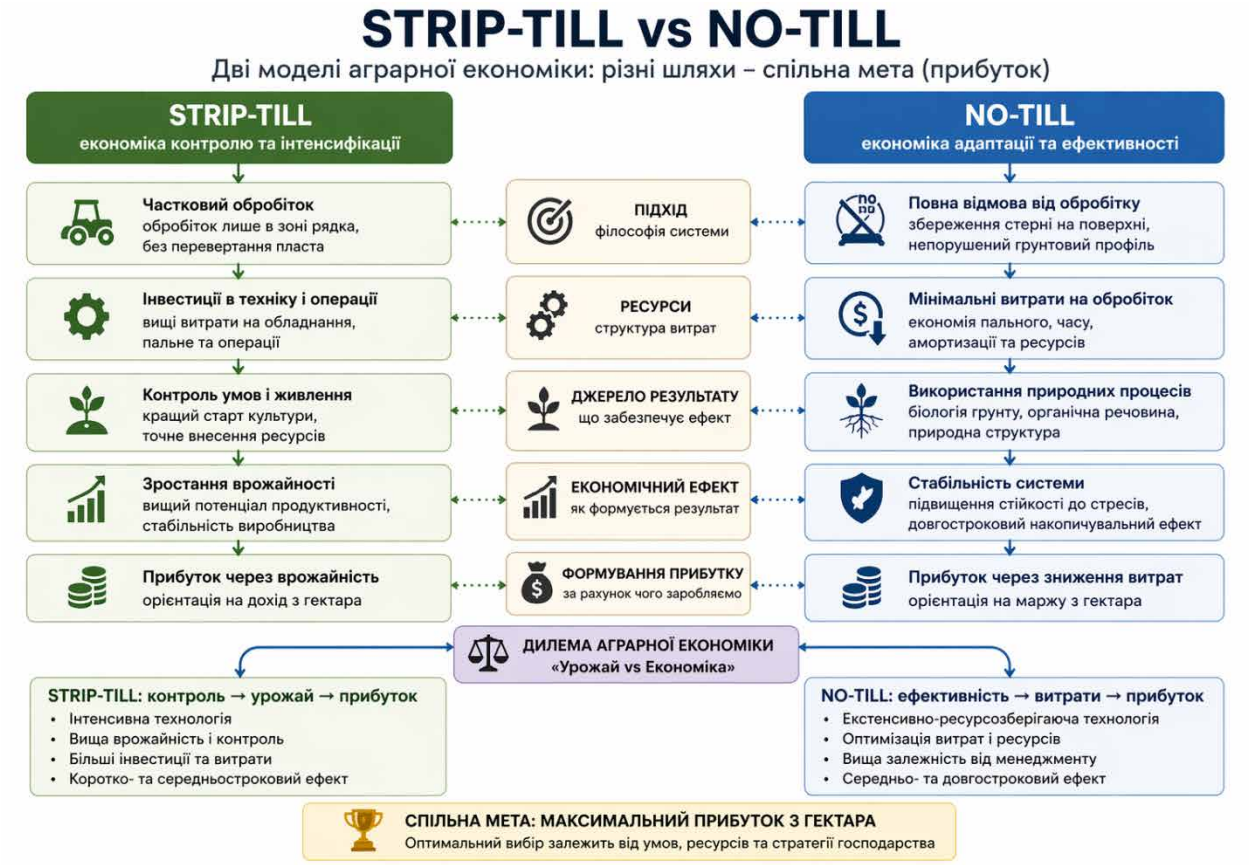


Рис. 4.1. Економічна сутність сучасних систем землеробства

Джерело: сформовано на основі аналізу літератури [78, 79] та власних досліджень.

Глибинна відповідь на дилему “урожай чи маржа” полягає в тому, що ефективне сільське господарство орієнтується не на максимізацію одного показника, а на досягнення економічного оптимуму, де кожна додаткова одиниця витрат приносить більший дохід, ніж коштує. Відповідно, і Strip-till, і No-till є лише інструментами досягнення цієї точки - перший через підвищення врожайності та контроль умов, другий через зниження витрат і підвищення ресурсної ефективності, а реальний успіх господарства визначається здатністю знайти баланс між ними залежно від природних умов, ресурсів і рівня управління.

Економічна ефективність технологій обробітку ґрунту є складовою загальної ефективності аграрного виробництва та відображає ступінь раціонального використання ресурсів у процесі отримання сільськогосподарської продукції. Вона формується під впливом взаємодії виробничих факторів, ринкових умов і рівня невизначеності зовнішнього середовища.

У класичній економічній теорії результативність виробництва описується через функцію прибутку:

$$П=У\times Ц-В, \quad (1)$$

де П - прибуток; У - урожайність; Ц - ціна реалізації продукції;
В - виробничі витрати.

Зазначена залежність узгоджується з положеннями маржинального аналізу, відповідно до яких максимізація прибутку досягається за умови оптимального співвідношення граничних витрат і граничного доходу, а також із концепцією виробничої функції, що відображає залежність обсягу виробництва від використаних ресурсів.

Водночас у сучасних умовах господарювання класична модель прибутку суттєво доповнюється фактором ризику та невизначеності. З позицій теорії очікуваної корисності, економічні суб’єкти приймають рішення не лише з урахуванням очікуваного рівня прибутку, але й з урахуванням варіативності можливих результатів. У сільському господарстві це проявляється у коливаннях урожайності, змінності цін та нестабільності витрат, що обумовлює необхідність врахування ризику при виборі технологій вирощування культур (рис. 4.2).

На рисунку 4.2 відображено структуру ключових ризиків агровиробництва (кліматичні, виробничі, операційні, економічні) та принципову відмінність підходів: традиційна система орієнтована на максимізацію врожайності за високої варіативності результату, тоді як No-till і Strip-till - на стабілізацію виробництва через зниження ризиків. Графічно це підкреслено через більш згладжену динаміку врожайності/прибутку в системах мінімального обробітку порівняно з різкими коливаннями у традиційній моделі.

Таким чином, ключовий висновок полягає в тому, що економічна ефективність No-till і Strip-till визначається не максимальними показниками, а здатністю зменшувати ризики та забезпечувати стабільний, прогнозований фінансовий результат у довгостроковій перспективі.



Рис. 4.2. Економічна сутність управління ризиками агроотехнологій

Джерело: сформовано на основі аналізу літератури [80, 81, 82, 83] та власних досліджень.

На економіку застосування різних систем землеробства в Україні сьогодні найбільше впливає погода, а не традиційне зонування; у зв'язку з потеплінням на +1,2–1,5°C за останні десятиліття та зростанням частоти посух, територію країни доцільно розглядати як три нові виробничі зони: західно-північну (відносно достатнє зволоження), центральну (нестабільне зволоження) і південну (хронічний дефіцит вологи) (рис.4.3).

З економічної точки зору технології вирощування доцільно розглядати як інструмент управління як виробничими витратами, так і економічним ризиком. У цьому контексті технологія No-till відповідає моделі екстенсивно-стабілізаційного розвитку, орієнтованого на зниження витрат, підвищення ресурсної ефективності та мінімізацію ризиків. Вона забезпечує зменшення варіативності результатів і формує нижчу точку беззбитковості, що підвищує фінансову стійкість господарства.

Натомість технологія Strip-till реалізує модель інтенсивного розвитку, спрямовану на підвищення продуктивності виробництва та максимізацію доходу. Її економічна ефективність базується на більш повному використанні виробничого потенціалу і генетичного ресурсу культури, однак супроводжується підвищенням варіативності результатів і, відповідно, рівня економічного ризику.



Рис. 4.3. Драйвери змін та математика їх впливу на агротехнологію

Джерело: сформовано на основі аналізу літератури [85, 86, 87, 88, 89, 91] та власних досліджень.

Таким чином, вибір технології відбувається у площині компромісу між доходністю та ризиком, що узгоджується з підходами портфельної теорії. Відповідно до цієї концепції, суб'єкти господарювання приймають виробничі рішення, балансуючи між очікуваною прибутковістю та прийнятним рівнем ризику з урахуванням ресурсних обмежень.

Сьогодні цифровізація є базовою умовою підвищення ефективності No-till і Strip-till: впровадження точного землеробства та data-driven (управління даними) дозволяє знизити витрати добрив на 10–25%, ЗЗР - на 8–20%, пального - на 15–30%, водночас стабілізуючи врожайність і зменшуючи її варіабельність в межах поля.) Сучасна система управління ресурсами підприємства, ERP (Enterprise Resource Planning) та система управління господарством (Farm Management Systems) дають можливість контролювати собівартість у розрізі кожного поля й операції, що особливо критично для No-till із його відкладеним економічним ефектом.

Технологія роботи з датчиками (сенсорами) Інтернет речей (IoT), телеметрія, БПЛА та супутниковий моніторинг надають інформаційне забезпечення для оперативного контролю стану агрофітоценозу і визначення параметрів агрономічних операцій. У результаті це забезпечує скорочення втрат від людського фактора до 10–15%, підвищує точність виконання технологічних операцій і дозволяє своєчасно реагувати на стреси посівів.

Інтернет речей (IoT, Internet of Things) – це мережа фізичних об’єктів («речей»), оснащених датчиками, програмним забезпеченням та модулями зв'язку. Ці пристрої збирають дані та обмінюються ними через інтернет між собою або з хмарними сервісами, дозволяючи автоматизувати процеси без участі людини.

Ключовою особливістю сучасного підходу є орієнтація не лише на максимізацію прибутку, а й на управління ризиками. У посушливих регіонах No-till дозволяє підвищити ефективність використання вологи та зменшити втрати врожаю на 10–20% у несприятливі роки. Натомість у більш стабільних за зволоженням умовах застосування Strip-till дає змогу отримувати додатковий економічний ефект на рівні 2–5 тис. грн/га за рахунок інтенсифікації виробництва, а саме збільшення кількості задіяних у виробництво ресурсів, відповідно максимізація валової продукції та виручки від реалізації.

Сучасне землеробство функціонує в умовах зростаючої кліматичної, ресурсної та ринкової невизначеності, що принципово змінює підходи до оцінки ефективності агротехнологій. Якщо в умовах відносно стабільного виробничого середовища ключовим критерієм ефективності традиційно виступала максимізація врожайності, то в сучасній ринковій економіці пріоритетного значення набувають стабільність економічного результату, керованість ризиків та здатність технології адаптуватися до неконтрольованих факторів зовнішнього середовища.

У цьому контексті технології No-till і Strip-till доцільно розглядати не як альтернативні моделі землеробства, а як інструменти управління виробничими та економічними ризиками. Їх ефективність визначається не лише рівнем урожайності чи обсягом виробничих витрат, а насамперед здатністю забезпечувати стабільність виробництва, ресурсну ефективність і економічну стійкість господарства в умовах мінливого клімату та ринкової кон’юнктури.

4.2. Економіка інвестицій у технології No-till і Strip-till

Інвестиції в технічне забезпечення повинні розглядатися не як сукупність окремих машин, а як складова інтегрованої системи землеробства, де ефективність визначається узгодженістю техніки, агротехнологій і біологічних елементів системи. Ключову роль у такій моделі відіграють комбайн, сівалки та техніка для управління рослинними рештками і покривними культурами, тоді як технологічні рішення мають бути адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов, сівозміни та виробничої спеціалізації конкретного господарства.

У технологіях Strip-till і No-till збирання стає першим елементом технології: нерівномірний розподіл решток призводить до порушення сівби і втрат урожайності на рівні 5–15%, що обґрунтовує доцільність інвестування у цю техніку з ефективними системами роботи з рослинними рештками.

Центральним елементом інвестицій у сучасних технологіях є сівалки, особливо в No-till. Саме вони забезпечують якість висіву в умовах відсутності обробітку ґрунту, формують агрофітоценоз і безпосередньо визначають

кінцевий результат. У структурі капіталовкладень частка посівної техніки може досягати 40–60%, що підкреслює її визначальну роль.

Інші фактори мають коригуючий характер. Ґрунти і набір культур визначають вибір технології (як приклад, No-till для зернових культур і посушливих умов, Strip-till для просапних культур на важких більш зволожених ґрунтах). Набір культур у сівозміні формує номенклатуру техніки (просапні та зернові сівалки), а клімат впливає на доцільність застосування тієї чи іншої системи.

Важливим елементом технічного забезпечення сучасних технологій є системи високоточної навігації (RTK). У класичному землеробстві їх використання підвищує точність виконання операцій і дозволяє знизити витрати ресурсів на 5–10%, проте не є критично необхідним. Натомість у технологіях Strip-till і No-till застосування власної RTK-навігації є технологічно обґрунтованим і фактично необхідним, оскільки забезпечує точне повторення колій, синхронізацію технологічних операцій і стабільність параметрів сівби. Відсутність таких систем призводить до зниження ефективності технології та часткової втрати її переваг. Для прикладу, якщо насінина зміщується при сівбі за технологією Strip-till від середини зрихленої зони до 3 см – це не позначається на кінцевому рівні врожайності кукурудзи, але якщо зміщення становитиме 10 см і більше, то буде фіксуватися зниження врожаю культури. І чим більше відхилення, тим більше зниження (наприклад, в урожаї кукурудзи воно досягає до 15 відсотків).

Проведені розрахунки показують, що навіть за базової моделі рівень інвестицій у техніку становить 558–957 дол./га, орієнтир у 500 дол./га можна вважати мінімальним лише для спрощених або компромісних рішень. За сучасних вимог до технологій (No-till, Strip-till, точне землеробство, RTK) фактичний поріг входу є суттєво вищим. Це означає, що для господарства площею 2 000 га загальний обсяг інвестицій становить 1,1–1,9 млн дол., що створює значне фінансове навантаження (рис. 4.4).

Порівняння систем показує, що головна різниця між технологіями полягає у співвідношенні стартових інвестицій, енерговитрат та рівня технологічності. Класична система має середній рівень інвестицій – 1,12 млн $ (560 $/га), оскільки потребує повного комплексу ґрунтообробної техніки та великої кількості проходів по полю. Її перевага – простота й універсальність, але недолік - високі витрати пального, часу та швидке зношення техніки.

Strip-till виявився найдорожчою моделлю - 1,867 млн $ (934 $/га), адже поєднує потужні трактори, точне внесення добрив, спеціалізовані агрегати та RTK-навігацію. Основна ідея системи - локальне внесення добрив і мінімальний обробіток лише в зоні рядка, що дозволяє економити до 20–30% добрив та краще зберігати вологу. Висока капіталомісткість компенсується стабільнішою врожайністю та ефективністю використання ресурсів.

ПОРІВНЯННЯ ТЕХНІКИ ТА ІНВЕСТИЦІЙ ЗА ТЕХНОЛОГІЯМИ

НАЙМЕНУВАННЯ ТЕХНІКИ	КЛАСИЧНА	STRIP-TILL (3x perion)	NO-TILL (ПД–Cx perion)
Комбайн зернозбиральний (з комплектом жаток: кукурудзяна + зернова)	Оренда	2 шт Claas Lexion 780 б/у (300 000)	Оренда
Трактор колісний високої потужності (300+ к.с.)	John Deere 8R 340 (250 000)	2 шт John Deere 8R 340 б/у (372 000)	-
Трактор колісний (200 к.с.)	John Deere 6M 180 (100 000)	John Deere 6M 180 (100 000)	John Deere 6M 180 (100 000)
Трактор колісний (100 к.с.)	-	-	3 шт Нью-Холанд б/у (70 000)
Сівалка просапна (точного висіву)	Maschio Gaspardo Metro MTR 16F70 (180 000)	Maschio Gaspardo Metro MTR 16F70 (180 000)	Gaspardo Romina 16-row (120 000)
Сівалка зернова (пшениця + сидерати)	Horsch Pronto (50 000)	Сівалка Mzuri Pro-Til 4 T 2 шт (300 000)	б/у Грін Плейнс 2M3010 9м (30 000)
Агрегат Strip-till (з внесенням добрив)	-	"Геркулес" (50 000)	-
Грунтообробна техніка (плуг + культиватор + борона)	Lemken Juwel + Korund + Horsch Joker (125 000)	Дискова борона Kelly MPH 8000	-
Оприскувач причіпний	-	-	Харді б/у (20 000)
Обприскувач самохідний	John Deere R4030 (220 000)	John Deere R4030 (220 000)	-
Розкидач мінеральних добрив	Amazone ZA-M (30 000)	-	-
Аплікатор КАС (рідкі добрива)	-	Dawn Equipment Monodisk / Model 6000 + бункер-дозатор Montag GEN (140 000)	Український аналог Вулкан (56 000)
RTK-навігація + автопілот + контроль секцій	10 000	35 000	-
Допоміжна техніка (транспорт, причепи, навантажувач, рембаза, бункер)	КамАЗ + ПТС + Manitou (150 000)	КамАЗ + ПТС + Manitou (150 000)	Manitou+ПТС+ (70 000)
Агро-ІТ (системи управління)	Climate FieldView (5 000)	Climate FieldView (10 000)	-
ЗАГАЛЬНІ ІНВЕСТИЦІЇ, $ (2000 га)	1 120 000	1 867 000	466 000
ІНВЕСТИЦІЇ $/га	560	934	233
АМОРТИЗАЦІЯ $/га (за 7 років)	80	133	33

Рис. 4.4. Кошторис капітальних інвестицій в розрізі технологій

Джерело: сформовано на основі аналізу літератури [94, 96], опитувань фермерів та реальних виробничих даних ПСП «Злагода» та Агрофірми «Теллус-Юг».

No-till має найнижчі інвестиції - лише 466 тис. $ (233 $/га), а амортизація становить 33 $/га. Це пояснюється відмовою від ґрунтообробної техніки, використанням б/в машин та мінімальною кількістю технологічних операцій. Система найбільш ефективна для посушливих регіонів, де критично важливо зберігати вологу та зменшувати собівартість. Водночас No-till потребує високої агрономічної дисципліни, правильної сівозміни та точного контролю пожнивних решток.

Для середніх і малих фермерських господарств такі капіталовкладення часто є обмежено доступними без залучення зовнішніх джерел фінансування. Особливо це стосується технологій No-till і Strip-till, де інвестиції концентруються у спеціалізованій техніці, системах точного землеробства та високотехнологічному посівному обладнанні. Водночас ці системи формують передумови для підвищення ресурсної ефективності, стабілізації виробництва та зниження чутливості до кліматичних ризиків.

У міжнародній практиці ця проблема вирішується через поєднання ринкових і державних інструментів. Зокрема:

- у США через програми USDA фермери отримують компенсації за впровадження покривних культур і ґрунтозберігаючих технологій;
- у Європейському союзі в межах Спільної аграрної політики (CAP) діють еко-схеми, що передбачають фінансову підтримку за впровадження No-till, сидератів і точного землеробства;
- у Бразилії розвиток No-till став можливим завдяки державним кредитним програмам і довгостроковому стимулюванню сталих технологій.

З урахуванням цього доцільно сформулювати для сільського господарства України наступну доктрину розвитку: Адаптація аграрного виробництва до кліматичних змін є не лише технологічним, а й інституційним завданням, що потребує поєднання приватних інвестицій і державної підтримки.

У практичному вимірі це означає необхідність:

- часткової компенсації інвестицій у техніку (передусім сівалки, RTK, системи точного землеробства);
- розвитку доступного кредитування та лізингу;
- стимулювання впровадження сидератів як елементу сталого землеробства;
- підтримки кооперації (спільне використання техніки).

Висновок: Ефективність інвестицій визначається здатністю сформувати узгоджену систему, в якій комбайн забезпечує якість рослинних решток, сівалки - якість посіву, покривні культури - відновлення ґрунту, а RTK-навігація - точність виконання технологічних операцій, що в сукупності дозволяє формувати дохід, достатній для часткового покриття інвестиційних витрат. Саме поєднання технічних і біологічних елементів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов, забезпечує максимальну віддачу капіталовкладень та довгострокову стабільність виробництва.

Водночас проведені розрахунки свідчать, що за середнього строку амортизації техніки близько 6 років досягнення точки беззбитковості для No-till і Strip-till фактично відбувається у період, коли технічний парк уже потребує оновлення. Це означає, що реальний цикл окупності інвестицій суттєво подовжується, а фінансове навантаження зберігається навіть після виходу господарства «в нуль». За таких умов окремий фермер, діючи самостійно, обмежений у можливостях повноцінно перейти на капіталоємні, але кліматично адаптивні технології. Без системної державної підтримки, доступних кредитних ресурсів та інституційних механізмів стимулювання такі інвестиції залишатимуться доступними переважно для великих агропідприємств, що стримуватиме загальний рівень технологічної та екологічної стійкості аграрного сектору. Таким чином, розвиток сучасних систем землеробства має розглядатися як стратегічний напрям аграрної політики держави, а розрахунковий рівень інвестицій у межах близько 900 дол./га потребує формування довгострокових програм фінансової підтримки впровадження інноваційних технологій.

4.3. Методика комплексної оцінки ефективності технологій No-till і Strip-till

- Оцінку ефективності технологій No-till і Strip-till доцільно здійснювати на основі системи взаємопов'язаних показників, що охоплюють:
- виробничу ефективність (урожайність як фізичний результат),
- витратну ефективність (рівень і структура витрат),
- прибутковість (EBITDA, валова маржа, чистий прибуток)
- та ефективність використання капіталу (ROI, період окупності)

Системний підхід забезпечує комплексну оцінку як результативності технології, так і економічної доцільності її впровадження.

1. Показники виробничої ефективності (Production KPIs)

Урожайність виступає інтегральним показником фізичного результату технології та безпосередньо відображає її здатність реалізувати біологічний потенціал культури. У системі No-till урожайність, як правило, характеризується більшою стабільністю у часі завдяки кращому збереженню вологи, зменшенню ерозії та покращенню структури ґрунту, проте на початкових етапах впровадження може поступатися інтенсивним технологіям. У системі Strip-till за рахунок локалізованого обробітку ґрунту, локального внесення добрив забезпечується вищий потенціал урожайності, особливо в умовах достатнього зволоження, однак результати більшою мірою залежать від погодних умов і рівня технологічного забезпечення. У середньому різниця врожайності між технологіями може становити 5–15% на користь Strip-till у сприятливих умовах, тоді як у посушливі роки No-till часто демонструє більш стабільні результати з меншими втратами врожаю.

2. Показники витратної ефективності (Cost Efficiency KPIs).

Це показники, що характеризують рівень витрат на одиницю виробництва та дозволяють оцінити економічність технології. Витрата на одиницю площі ($/га) відображає, скільки коштує застосування технології на площі, а витрати на одиницю продукції ($/т) показують собівартість продукції з урахуванням урожайності та ефективність перетворення витрат у кінцевий результат (рис. 4.5).

3. Показники прибутковості (Profitability KPIs).

У практиці аграрного бізнесу ключовим показником прибутковості є EBITDA, яка використовується як у розрахунку на 1 га, так і в цілому по господарству, оскільки найбільш повно відображає операційну ефективність і лежить в основі управлінських рішень. Водночас для коректного аналізу технологій No-till і Strip-till її доцільно доповнювати показниками валової маржі (Gross Margin) та чистого прибутку (Net Profit).

Валова маржа (Gross Margin) показує, чи культура покриває прямі витрати і формує базовий дохід, а чистий прибуток (Net Profit) відображає фінансовий результат, що залишається власнику після всіх витрат; при цьому саме EBITDA у розрахунку на 1 га виступає базовим критерієм оцінки ефективності технології, тоді як інші показники використовуються для більш комплексного аналізу результативності господарства в цілому.



Рис. 4.5. Система показників комплексної оцінки ефективності технологій No-till і Strip-till

Джерело: сформовано на основі аналізу літератури та власних досліджень.

EBITDA (**E**arnings - прибуток, **B**efore - до, **I**nterest - відсотків, **T**axes - податків, **D**epreciation and **A**mortization - амортизації) - це показник, що відображає "чисту економіку виробництва", а саме прибуток від основної діяльності до врахування відсотків, податків і амортизації, що дозволяє оцінити реальну операційну ефективність бізнесу незалежно від його фінансової та облікової моделі. EBITDA є базовим KPI для оцінки технологій та дозволяє порівнювати бізнеси в одній галузі з різною структурою капіталу. У рослинництві використовується у розрахунку на гектар. Найбільш поширеними формулами розрахунку EBITDA є:

EBITDA = Виручка – Операційні витрати (без амортизації);

Операційні витрати – це всі поточні витрати бізнесу, необхідні для підтримання його діяльності, продажу товарів чи послуг, включаючи зарплати, оренду, комунальні послуги та маркетинг. **Прямі витрати** – це підкатегорія операційних витрат, що охоплює ресурси (сировину, матеріали, працю), які безпосередньо йдуть на виготовлення конкретного продукту і легко вираховуються на одиницю товару.

EBITDA = Чистий прибуток + Відсотки за кредитами+Податок на прибуток + Амортизація;

EBIT = EBITDA – Амортизація

Суть цього показника - відображення *ефективність бізнесу з урахуванням капіталоємності.*

Net Profit (чистий прибуток) = EBIT – Відсотки – Податок на прибуток

Суть: *показує фінальний результат діяльності.*

Gross Margin =(Виручка-Прямі витрати)/ Виручка

Gross Margin (валова маржа) - відношення різниці між виручкою та прямими витратами до виручки, що відображає ефективність технології на рівні виробничих витрат.

Суть цього показника - *характеризує ефективність технології на рівні прямих витрат. Практичний орієнтир:* ***30–50%*** *- стабільна ефективність,* ***<25%*** *- ознака наявності технологічних або управлінських проблем.*

Як швидко шукати дані для розрахунку у звітності:

1. EBITDA =*Операційний прибуток* (ряд. 2190 або 2290 або 2195 у ф.2) + *Амортизація* (ряд. 2515, якщо вона окремо не включена в собівартість).

- EBITDA = Чистий прибуток: Рядок 2350 (Звіт про фін результати).
- Податок на прибуток: Рядок 2300 (Звіт про фінрезультати).
- Відсотки (фінансові витрати): Рядок 2250 (Звіт про фінрезультати).
- Амортизація: Рядок 2515 (Звіт про фінрезультати).

Типовий рівень EBITDA в технологіях вирощування кукурудзи відрізняється за моделлю ризику та витрат: у **No-till** він зазвичай становить ***150–400 $/га*** (у посушливих умовах 100–300 $/га) завдяки нижчим операційним витратам і більшій стабільності результату, тоді як у **Strip-till** - ***250–600 $/га*** (у ризикових зонах 150–450 $/га) за рахунок вищої врожайності та інтенсивності технології, але з більшою варіативністю між роками.

4.Показники ефективності капіталу (Capital Efficiency KPIs).

ROI (Return on Investment - повернення інвестицій) - це показник, що характеризує рівень прибутковості інвестицій і відображає відношення чистого прибутку до обсягу вкладеного капіталу; використовується для оцінки рентабельності інвестицій та здатності технології генерувати дохід на вкладені ресурси.

ROI = (Чистий прибуток / Суму інвестицій) × 100% (2)

Оцінка рівня рентабельності. Ефективний рівень: 15–30%, нижче 10% - низька інвестиційна ефективність.

Період окупності *(Payback period)* в оцінці технології відображає, за який час інвестиції в технологічні елементи (техніка, обладнання, інфраструктура) повертаються через додатковий грошовий потік, який ця технологія генерує; тобто він показує, чи виправдані інвестиції з точки зору економіки виробництва: якщо нова технологія (наприклад, перехід на Strip-till або оновлення техніки) підвищує валову маржу або знижує витрати, то це зумовлює скорочення періоду окупності. Прийнятним для техніки період окупності становить 3–5 років, що свідчить про її економічну доцільність. Довший період окупності сигналізує про перевантаження технології капітальними витратами або недостатній ефект від її впровадження.

Для оцінки інвестиційної доцільності переходу на нову технологію доцільно використовувати показник «точки нуля проєкту» (Payback period),

який відображає період, необхідний для компенсації капітальних вкладень за рахунок додаткового операційного ефекту. Розрахунок даного показника здійснюється на основі порівняння фінансових результатів альтернативних систем, зокрема Strip-till та No-till.

Формально строк окупності визначається як відношення обсягу інвестицій до інкрементального грошового потоку:

Payback = CAPEX / ΔCF, (3)

де CAPEX – інвестиції у впровадження технології,

а ΔCF – додатковий грошовий потік.

Додатковий грошовий потік (Δ CF) – це чистий приріст надходжень і витрат грошових коштів, який виникає внаслідок впровадження конкретного інвестиційного проекту. Він розраховується як різниця між грошовим потоком у ситуації «з проектом» та грошовим потоком у ситуації «без проекту». У бюджетуванні капіталу оцінюється не загальний прибуток компанії, а саме те, як конкретний проект змінить фінансові показники. Це дозволяє зрозуміти, чи буде проект дійсно прибутковим, чи не відбиратиме він продажі в інших підрозділів компанії, та які реальні гроші будуть зароблені.

Інкрементальний грошовий потік (або маржинальний грошовий потік) – це додатковий дохід або витрата, які виникають виключно внаслідок реалізації конкретного інвестиційного проєкту, розширення бізнесу або запуску нового продукту. Це різниця між грошовими потоками з проєктом та без нього.

При цьому інкрементальний грошовий потік визначається як різниця між показниками EBITDA досліджуваних систем з урахуванням змін операційних витрат:

$$\Delta CF = \Delta EBITDA - \Delta OPEX. \quad (4)$$

Такий підхід дозволяє коректно оцінити реальний економічний ефект інвестицій, оскільки враховує не лише потенційне зростання доходів, а й зміну структури витрат. Інкрементальна логіка дає змогу оцінити саме додаткову ефективність переходу між технологіями, а не абсолютний результат виробництва.

Розрахунки свідчать, що за умов інвестицій у Strip-till на рівні $200–500/га та додаткового операційного ефекту в межах $50–150/га, строк досягнення точки нуля проєкту, як правило, становить від 3 до 7 років і більше. При цьому зменшення приросту EBITDA або зростання операційних витрат суттєво подовжує період окупності.

Разом із тим, показник строку окупності має обмеження, оскільки не враховує часову вартість грошей і розподіл грошових потоків у часі. У зв’язку з цим доцільним є доповнення аналізу показниками чистої приведеної вартості (NPV, Net Present Value) та внутрішньої норми дохідності (англ. internal rate of return, IRR), які дозволяють врахувати дисконтований ефект інвестицій. Зокрема, позитивне значення NPV та рівень IRR, що перевищує вартість капіталу, свідчать про економічну доцільність впровадження технології.

Ключовим параметром при цьому виступає середньозважена вартість капіталу (WACC), яка відображає альтернативну вартість фінансових ресурсів і використовується як ставка дисконту при оцінці інвестиційних проєктів. У практиці аграрного бізнесу значення WACC, як правило, знаходиться в межах 10–20% залежно від структури фінансування та рівня ризику, що визначає мінімально допустимий рівень дохідності інвестицій.

Таким чином, різниця між технологіями проявляється не лише у рівні прибутковості, а й у тривалості досягнення точки економічної рівноваги та вартості капіталу. No-till характеризується нижчим рівнем капітальних витрат і, відповідно, швидшим досягненням точки нуля, тоді як Strip-till формує інвестиційно-орієнтовану модель із довшим періодом окупності, вищими вимогами до дохідності (відносно WACC) та більшою чутливістю до варіативності виробничих і ринкових факторів.

4.4. Інтегральна економічна ефективність технологій No-till і Strip-till

Зазначені в розділі 11 бар'єри впровадження систем No-till і Strip-till в Україні мають системний вплив на ключові показники ефективності: EBITDA/га - зростає потенційно, але з більшою варіативністю; Собівартість ($/т) - знижується за високих врожаїв, але зростає через CAPEX (капітальні витрати), а ROI (окупність інвестиції) – залежить від якості управління та рівня технологічної реалізації. Таким чином, економічна модель Strip-till базується на принципі керованої продуктивності, де підвищення результату досягається через інвестиції в технології та точність виконання операцій. Водночас модель No-till орієнтована на ресурсну ефективність, що досягається через мінімізацію витрат і стабілізацію виробничої системи.

Компроміс між ризиком (варіативністю результатів) та прибутковістю (EBITDA/га) у технологіях No-till забезпечує прибуток (EBITDA) $250–450/га зі стабільнішими результатами, тоді як Strip-till - $350–700/га з вищою мінливістю (волатильністю). No-till - стабільність і контроль ризику; Strip-till – вищий дохід із більшою варіативністю (різноманітність, гнучність) (рис. 4.6).

Таким чином, No-till забезпечує більш стабільний фінансовий результат із нижчою амплітудою коливань, тоді як Strip-till формує вищий потенціал прибутковості, але супроводжується зростанням ризику. Різниця в EBITDA між системами може досягати $150–250/га, що визначає стратегічний вибір між стабільністю та максимізацією доходу. Наведені показники є узагальненими оцінками виробничої практики та можуть варіювати залежно від ґрунтово-кліматичних умов і рівня технологічного забезпечення.

Рисунок 4.7 ілюструє структуру витрат у технологіях No-till та Strip-till. У системі No-till спостерігається відносно нижчий рівень капітальних витрат (CAPEX), за умов помірних і більш стабільних операційних витрат (OPEX). Натомість у Strip-till суттєво зростає частка інвестицій у технічне забезпечення, що супроводжується також підвищенням експлуатаційних витрат, зокрема витрат пального (40–55 л/га проти 20–35 л/га у No-till).

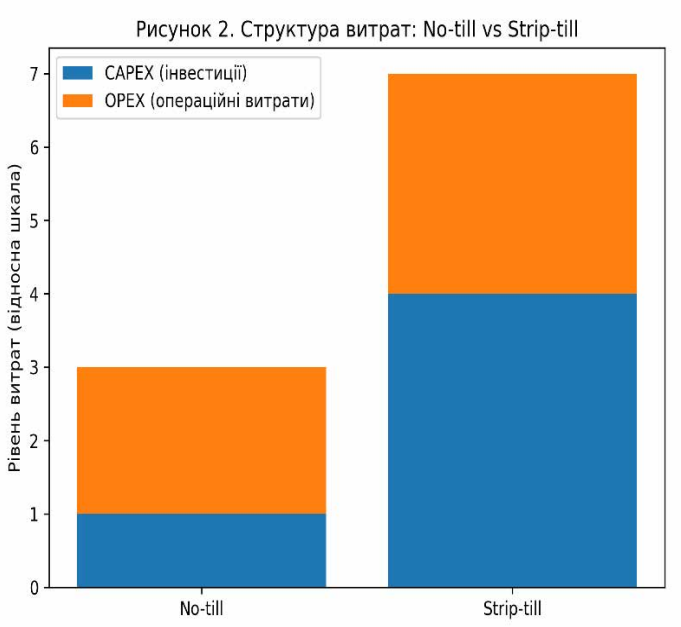


Рис. 4.6. Компроміс між ризиком і прибутковістю агротехнологій

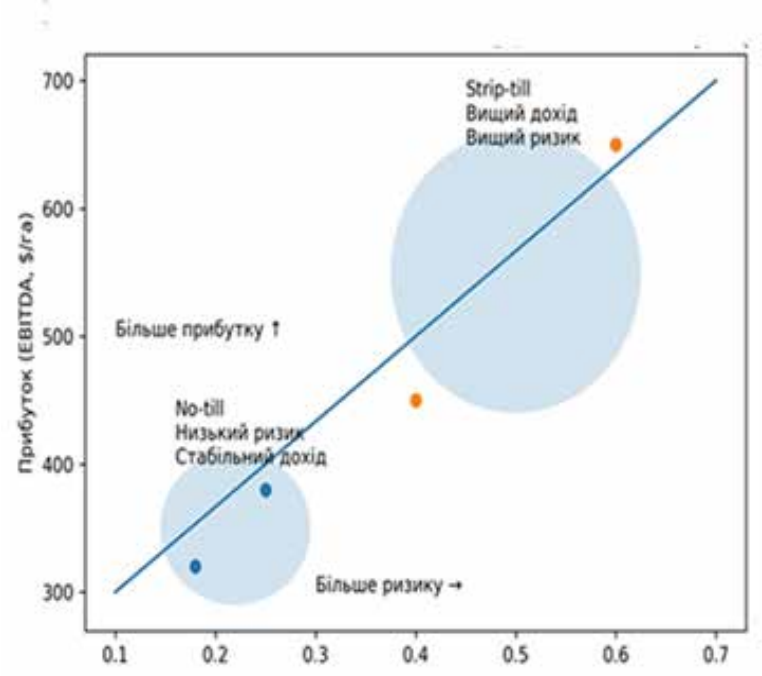


Рис. 4.7. Структура витрат (CAPEX vs OPEX)

Джерело: сформовано на основі аналізу літератури та власних досліджень.

Така відмінність формує різну економічну логіку функціонування систем: No-till забезпечує зниження загального рівня витрат (у межах 20–40%) і більшу стабільність фінансових результатів, тоді як Strip-till характеризується вищою капіталоємністю та додатковим навантаженням на собівартість (у середньому $15–30/га амортизаційних витрат), що компенсується потенціалом підвищення продуктивності.

У цілому це підтверджує доцільність розгляду No-till як моделі ресурсної ефективності (низький CAPEX, контрольований OPEX), тоді як Strip-till – як моделі керованої продуктивності, у межах якої зростання прибутковості досягається через інвестиції та підвищення технологічної інтенсивності.

4.5 Економічна ефективність вирощування кукурудзи за різних технологій

Економічний аналіз ефективності вирощування кукурудзи за різних технологій проведено на основі реальних виробничих даних ПСП «Злагода» та Агрофірми «Теллус-Юг», (опис господарств наведено в розділі 14), які розташовані в різних ґрунтово-кліматичні зонах України. Основним узагальнюючим критерієм порівняння обрано економічні показники ефективності, EBITDA – показник операційного прибутку, який характеризує фінансовий результат господарської діяльності до врахування податків, відсотків і амортизації. Для забезпечення коректності порівняльного аналізу було уніфіковано окремі економічні параметри, зокрема ціни реалізації продукції, транспортні витрати та коефіцієнти перерахунку врожайності, що дозволило підвищити об'єктивність оцінки технологічної та економічної ефективності досліджуваних систем землеробства.

Результати аналізу показали, що ефективність технологій вирощування кукурудзи значною мірою визначається ґрунтово-кліматичними умовами господарювання. Водночас у найбільш посушливих регіонах України технологія No-till забезпечила урожайність кукурудзи на рівні **7,4 т/га в заліку** (рис 4.8), однак завдяки суттєвому скороченню витрат на обробіток ґрунту, високому рівню збереження ґрунтової вологи (80–85 %) та мінімізації ерозійних процесів її показник EBITDA був лише **на 5 % нижчим,** ніж у технології Strip-till. Це свідчить, що в умовах дефіциту вологи та підвищених кліматичних ризиків економічна ефективність No-till може залишатися конкурентоспроможною навіть за нижчого рівня врожайності.

У результаті впровадження технології Strip-till у поєднанні з елементами точного землеробства ПСП «Злагода» забезпечує стабільну врожайність кукурудзи на рівні близько 12 т/га в заліку (див рис. 4.8) навіть у роки з недостатньою кількістю опадів. За словами керівництва господарства, на ґрунтах із низьким вмістом гумусу (1–2 %, у пониженнях рельєфу – до 2,4 %) для формування врожаю кукурудзи на рівні 12 т/га вноситься лише 70–80 кг/га азоту (у діючій речовині) та близько 30 кг/га калію.

В окремі роки калійні добрива під кукурудзу взагалі не застосовувалися, а використовувався лише азот. Наразі господарство вносить близько 55 кг/га калію (у діючій речовині), що обумовлено необхідністю компенсації його винесення посівами сої протягом попередніх двох років, яка є попередником кукурудзи.

Технологічний аналіз свідчить про скорочення кількості польових операцій із 11 проходів у полицевої системи до 8 у Strip-till та 7 у No-till. Це забезпечує зменшення витрат пального, навантаження на техніку та виробничих витрат. Strip-till демонструє найкраще поєднання продуктивності та ресурсозбереження, тоді як No-till має переваги у довгостроковому збереженні родючості ґрунту.

У представленій таблиці наведено порівняння економічних показників вирощування кукурудзи за трьома технологіями різних систем землеробства – полицевої системи, Strip-till та No-till.



Рис. 4.8. Порівняльна оцінка економіки ресурсів за технологій вирощування кукурудзи: полицева, Strip-till та No-till системи

Аналіз показує, що найбільші відмінності між системами формуються насамперед за рахунок витрат палива, добрив, оплати праці та післязбиральної доробки зерна. Так, сумарні витрати палива при класичному обробітку становлять 87 л/га, тоді як у Strip-till – 59,5 л/га, а в No-till лише 28 л/га. Відповідно, витрати на паливо знижуються зі 174 до 56 $/га. Це пояснюється скороченням кількості технологічних операцій та мінімізацією механічного обробітку ґрунту (рис. 4.9).

Водночас різниця між технологіями не обмежується лише економією пального. У системі No-till спостерігається нижча потреба в мінеральних добривах: загальне внесення елементів живлення зменшується з 186 до 64 кг д.р./га, а витрати на добрива - зі 278 до 125 $/га. Проте така система потребує дещо вищого використання гербіцидів (6,7 л/га проти 5 л/га у традиційній технології), оскільки контроль бур'янів переноситься з механічного у хімічний спосіб. Strip-till займає проміжне положення між двома системами: він дозволяє частково скоротити витрати на обробіток ґрунту та добрива, але при цьому зберігає переваги полицевої технології.

З економічної точки зору наведені дані демонструють суттєве зниження повної собівартості виробництва: від 1262 $/га у класичній системі до 562 $/га у No-till. Однак при інтерпретації цих результатів важливо розуміти, що не існує універсально «найкращої» технології.



Рис. 4.9. Економічна та ресурсна ефективність технологій вирощування кукурудзи (полицева, Strip-till, No-till)

Ефективність кожної системи залежить від комплексу факторів: ґрунтово-кліматичних умов, забезпечення вологою, рівня технічного оснащення господарства, структури сівозміни, кадрової підготовки та фінансових можливостей підприємства. Для одних господарств оптимальним буде No-till через дефіцит вологи та високі ціни на паливо, для інших - Strip-till як компроміс між збереженням ґрунту та стабільністю технології, а для частини підприємств полицева система залишатиметься більш керованою та прогнозованою.

Саме тому сучасне землеробство дедалі більше переходить від пошуку «ідеальної» технології до формування адаптивних моделей виробництва. Практика показує, що успішним є не той виробник, який повністю копіює певну систему, а той, хто здатний підібрати власний оптимум витрат, рівня урожайності та ступінь ризиків відповідно до специфіки свого господарства.

Представлені результати показують, що різні технології вирощування кукурудзи мають не лише різний рівень витрат, а й різну логіку ведення господарства. Полицева система базується на інтенсивному механічному обробітку ґрунту - оранці, культивації, боронуванні, що забезпечує добре підготовлене насіннєве ложе та стабільний старт культури. Саме тому вона часто залишається зрозумілою і прогнозованою для більшості господарств. Однак велика кількість проходів техніки (11 операцій) формує найвищі витрати пального - 87 л/га та значне навантаження на техніку і персонал. У результаті собівартість виробництва сягає 1262 $/га. Водночас полицева система може бути ефективною в умовах важких або перезволожених ґрунтів, де потрібне швидше прогрівання та аерація ґрунту навесні.

Технологія Strip-till поєднує елементи декількох підходів, обробляється без обертання скиби лише вузька смуга під рядок, тоді як міжряддя залишаються вкритими рослинними рештками. Це дозволяє краще зберігати вологу та одночасно створювати сприятливі умови для стартового розвитку кукурудзи. У представлених розрахунках саме Strip-till забезпечив найвищу врожайність - 12 т/га, а також максимальний рівень EBITDA - 897 $/га. При цьому витрати пального зменшуються до 59,5 л/га. Важливою перевагою Strip-till є локальне внесення добрив безпосередньо у зону розвитку кореневої системи, що дозволяє підвищити коефіцієнт використання елементів живлення рослинами. Саме тому в практиці господарств Strip-till часто забезпечує економію до 30% мінеральних добрив порівняно з полицевою технологією без суттєвого зниження продуктивності. Проте така система є технологічно складнішою: вона потребує сучасної техніки, RTK-навігації та високої точності виконання операцій. Тому її впровадження супроводжується найбільшими інвестиційними витратами - 933 $/га (рис.4.10).

Основною перевагою No -till системи є максимальне збереження вологи та різке скорочення витрат ресурсів. У таблиці це проявляється у найнижчих витратах пального - 28 л/га та найнижчій собівартості - 562 $/га. Крім того, система характеризується найвищим показником EBITDA margin - 58%, що свідчить про високу економічну ефективність кожного вкладеного долара (табл.4.10)



Рис. 4.10. Комплексна порівняльна оцінка ефективності технологій вирощування кукурудзи (полицева система, Strip-till, No-till)

Висновок. Проведений економічний аналіз показав, що за умов різних ґрунтово-кліматичних зон рівень урожайності не є єдиним чинником, який визначає економічну ефективність вирощування кукурудзи. Навіть у посушливих умовах півдня України, де за технології No-till урожайність

становила лише близько 7,5 т/га, завдяки істотному скороченню витрат на паливо, обробіток ґрунту, добрива та оплату праці економічні результати господарства лише незначно поступалися показникам підприємства західного регіону, яке за технології Strip-till отримувало близько 12 т/га зерна. Зокрема, показник EBITDA за технології No-till був лише на 5 % нижчим, незважаючи на істотно меншу врожайність. При цьому технологія No-till забезпечила найнижчу собівартість виробництва (562 $/га), найменші витрати пального (28 л/га) та найвищий показник операційної рентабельності (EBITDA margin – 58 %), що свідчить про високу ефективність використання вкладених ресурсів.

Отримані результати свідчать, що ефективність сучасних технологій землеробства визначається не стільки максимізацією врожайності, скільки оптимальним співвідношенням між виробничими витратами та кінцевим економічним результатом. За однакових цін реалізації продукції та уніфікованих економічних параметрів господарство, яке працює в складніших природно-кліматичних умовах і використовує технологію No-till, отримує економічні результати, близькі до підприємства із значно вищою врожайністю, що застосовує Strip-till. Це підтверджує, що скорочення виробничих витрат здатне значною мірою компенсувати різницю в урожайності.

Отже, вибір системи землеробства повинен ґрунтуватися на адаптації технології до природно-кліматичних умов конкретного регіону та забезпеченні оптимального співвідношення між урожайністю, виробничими витратами й економічною віддачею, а не лише на прагненні досягти максимального валового збору зерна.

Висновки до розділу

1. Економіка технологій No-till і Strip-till ґрунтується на пошуку балансу між урожайністю, витратами, прибутком і ризиком. У сучасних умовах ефективність системи землеробства не можна оцінювати лише за максимальним урожаєм. Важливішим стає стабільний фінансовий результат, здатність зменшувати втрати в несприятливі роки та раціонально використовувати ресурси господарства.
2. No-till і Strip-till мають різну економічну логіку. No-till орієнтований на зменшення кількості технологічних операцій, економію пального, праці, амортизації та краще збереження вологи. Тому ця система є особливо цінною в умовах посушливого клімату та високої варіативності врожайності. Її головна перевага – нижчі операційні витрати й більша фінансова стійкість.
3. Strip-till, навпаки, є більш капіталомісткою технологією. Вона потребує спеціалізованої техніки, точного внесення добрив, навігаційних систем і високого рівня технологічного управління. Водночас ця система дає змогу краще контролювати умови в зоні рядка, підвищувати продуктивність широкорядних культур і отримувати вищий дохід за сприятливих умов.
4. Вибір між No-till і Strip-till не має бути універсальним. Він залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня зволоження, культури, структури

сівозміни, технічного забезпечення, фінансових можливостей і якості менеджменту. У практиці сучасного господарства ці технології можуть поєднуватися в межах однієї адаптивної системи землеробства.

5. Важливим чинником економічної ефективності є управління ризиками. Кліматичні, виробничі, операційні та економічні ризики безпосередньо впливають на результат господарства. No-till більше спрямований на зниження ризику та стабілізацію доходу, тоді як Strip-till дає вищий потенціал прибутковості, але водночас підвищує вимоги до точності виконання технології.
6. Інвестиції в техніку для No-till і Strip-till потрібно розглядати не як придбання окремих машин, а як формування цілісної виробничої системи. Комбайн має забезпечувати якісну роботу з рослинними рештками, сівалка – точне розміщення насіння, техніка для внесення добрив – ефективне живлення рослин, а RTK-навігація і цифрові інструменти – точність та контроль технологічних операцій.
7. Комплексна оцінка ефективності технологій повинна включати виробничі, витратні, прибуткові та інвестиційні показники. Урожайність показує фізичний результат, собівартість – рівень витрат, EBITDA і валова маржа – операційну ефективність, а ROI та період окупності – доцільність вкладення капіталу. Лише поєднання цих показників дає змогу об’єктивно оцінити економічну результативність технології.
8. Отже, No-till і Strip-till слід розглядати як економічні інструменти адаптації агровиробництва до умов кліматичної, ресурсної та ринкової нестабільності. No-till забезпечує стабільність і контроль витрат, Strip-till – вищий потенціал продуктивності за умови достатніх інвестицій і якісного управління. Ефективність обох систем залежить від здатності господарства поєднати технологію, ресурси, фінанси та менеджмент у єдину керовану систему.

Запитання для самоконтролю

1. У чому полягають основні економічні переваги та недоліки технологій No-till і Strip-till порівняно з класичною системою землеробства?
2. Яку роль відіграють системи No-till і Strip-till в управлінні кліматичними та виробничими ризиками?
3. Які види інвестицій є ключовими для переходу господарства до систем No-till і Strip-till?
4. Чому інвестиції у точне землеробство та навігаційні системи є важливими для ефективності No-till і Strip-till?
5. Як змінюється ефективність використання ресурсів (вологи, пального, добрив, праці) у системах No-till і Strip-till?
6. Які фактори найбільше впливають на собівартість продукції при використанні різних систем землеробства?
7. Які елементи включає методика комплексної оцінки економічної ефективності технологій No-till і Strip-till?

Додаткова література:

1. Данкевич, А. Є., Міліневська В. Д. (2020). Фактори та резерви підвищення рівня рентабельності на підприємстві. Інтернаука, (18), 58-63.
2. Данкевич, А. Є. (2008). Методологічні основи розвитку бюджетування у сільському господарстві. Економіка АПК, (6), 64–69.
3. Данкевич, В., Данкевич, А. (2024). Інтернет речей та штучний інтелект як ключові елементи інноваційного розвитку підприємств в епоху цифрових викликів. Актуальні проблеми економіки, № 7. С. 165–173. DOI: https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-277-165-173.

Розділ 5. ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО ТА БІОЛОГІЗАЦІЯ СИСТЕМИ NO-TILL ТА STRIP-TILL

У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:

Набуде цілісного уявлення про точне землеробство та біологізацію як важливі напрями розвитку систем No-till і Strip-till. Зрозуміє, що точне землеробство базується на зборі, аналізі та використанні просторово прив'язаних даних про стан ґрунту, рослин і виробничих процесів, а біологізація спрямована на посилення природних механізмів родючості, живлення рослин і фітосанітарної стабільності агроекосистеми.

Навчиться аналізувати просторову неоднорідність поля, причини її виникнення та вплив на продуктивність культур. Здобувач зможе оцінювати роль ґрунтових, кліматичних, біологічних і технологічних факторів у формуванні зон продуктивності, а також розуміти значення і місце GPS/GNSS-навігації, GIS, дистанційного зондування, БПЛА, датчиків, моніторів урожайності, вегетаційних індексів і карт-завдань в диференційованому управлінні полем.

Оволодіє знаннями щодо концепції, принципів і технологій точного та цифрового землеробства в системах No-till і Strip-till. Засвоїть підходи до збору даних, побудови електронних карт полів, визначення зон продуктивності, змінного нормування насіння, добрив і засобів захисту рослин. Також оволодіє знаннями щодо основних напрямів біологізації: використання біофунгіцидів, біоінсектицидів, мікоризних препаратів, біологічних регуляторів росту, деструкторів стерні, протруйників і біоінокулянтів.

Отримає практичні навички використання просторових даних для прийняття агрономічних рішень у системах No-till і Strip-till. Зможе визначати показники просторової мінливості ґрунту й рослин, аналізувати карти врожайності, NDVI та інші вегетаційні індекси, формувати підходи до створення зон продуктивності й карт-завдань. Також отримає навички оцінювання доцільності застосування біологічних препаратів для захисту рослин, живлення, обробки насіння, управління рослинними рештками та підтримання біологічної активності ґрунту.

Короткий зміст розділу

Розділ присвячено точному землеробству та біологізації систем No-till і Strip-till як важливим напрямам розвитку сучасного ресурсозберігаючого землеробства. У ньому показано, що точне землеробство є не окремою технологічною операцією, а комплексною системою управління агровиробництвом, яка базується на зборі, аналізі та використанні просторово прив'язаних даних про стан ґрунту, рослин і виробничих процесів. Особливого значення воно набуває в умовах України, де значна частина території належить до зони ризикованого землеробства, а поля мають помітну неоднорідність за родючістю, вологозабезпеченням і продуктивністю.

У розділі розкрито причини виникнення точного землеробства. До них належать агрономічні, технологічні, економічні та екологічні передумови. Просторова неоднорідність ґрунтового покриву і посівів потребує диференційованого управління в межах поля. Розвиток GPS/GNSS-навігації, GIS-систем, дистанційного зондування, БПЛА, цифрових платформ, датчиків і моніторів урожайності дав змогу збирати об'єктивні дані та використовувати їх для прийняття точніших агрономічних рішень. Водночас зростання вартості насіння, добрив, засобів захисту рослин, пального і техніки посилює потребу в оптимізації їх витрат.

Концепція точного землеробства полягає у відмові від сприйняття поля як однорідної площі для прийняття технологічних рішень. У цій системі поле розглядають як сукупність окремих продуктивних зон, які відрізняються властивостями ґрунту, рівнем забезпечення вологою, розвитком рослин і потенціалом урожайності. Тому агротехнічні заходи мають застосовуватися не однаково по всьому полю, а відповідно до потреб кожної зони. Такий підхід дає змогу ефективніше використовувати ресурси, зменшувати втрати, підвищувати економічну віддачу та знижувати негативний вплив на довкілля.

Основні принципи точного землеробства реалізуються через безперервний цикл: збір даних, аналіз інформації, прийняття управлінських рішень, диференційоване виконання технологічних операцій, моніторинг результатів та оцінювання ефективності. На сучасному етапі точне землеробство тісно пов'язане з цифровим землеробством, яке використовує великі масиви даних, супутникові та аерофотознімки, датчики, автоматизоване управління технікою, цифрові платформи та елементи штучного інтелекту. Це дає змогу перейти від загальних якісних оцінок стану поля до кількісних цифрових показників.

У розділі детально розглянуто просторову неоднорідність поля. Вона формується під впливом природних і антропогенних чинників: рельєфу, ґрунтотворних процесів, гранулометричного складу, водного режиму, температури, опадів, системи обробітку ґрунту, удобрення, проходів техніки, сівозміни та меліоративних заходів. Для систем No-till і Strip-till це має особливе значення, оскільки відсутність або мінімізація механічного обробітку не вирівнює поле, а потребує уважнішого моніторингу його реального стану. Просторова неоднорідність не розглядається як проблема, яку треба повністю усунути, а як джерело інформації для адаптації технології до конкретних умов.

Окрему увагу приділено показникам оцінки просторової мінливості ґрунту і рослин. Для ґрунту важливими є гранулометричний склад, гумус, pH, забезпеченість елементами живлення, продуктивна волога, твердість, електропровідність і рівень покриття поверхні рослинними рештками. Для рослин - густота, висоту, вміст хлорофілу, біомаса, вегетаційні індекси та врожайність. Зібрані дані використовують для створення карт родючості, карт урожайності, зон продуктивності та карт-завдань.

Зони продуктивності є основою практичного впровадження точного землеробства. Вони виділяються на основі багаторічних просторових даних і

характеризують ділянки поля з відносно подібними умовами вирощування культур. Для кожної зони можуть розроблятися карти-завдання, які задають норму висіву, внесення добрив, вапнування, обприскування або інші параметри технологічної операції. Під час роботи техніка з бортовим комп'ютером і GNSS-навігацією автоматично змінює норму внесення відповідно до карти-завдання.

Друга частина розділу присвячена біологізації систем No-till і Strip-till. Показано, що біологізація відповідає філософії цих систем, оскільки вони орієнтовані на підтримання природних процесів ґрунтоутворення, активізацію ґрунтової біоти та зменшення надмірного хімічного навантаження. Біологізація включає використання біофунгіцидів, біоінсектицидів, мікоризних препаратів, біологічних регуляторів росту, препаратів для регулювання живлення, деструкторів стерні, протруйників та біоінокулянтів. Біологічні препарати розглядаються не як повна альтернатива хімічним засобам, а як важливий елемент інтегрованої системи управління агроекосистемою. Вони можуть покращувати фітосанітарний стан поля, стимулювати розвиток кореневої системи, посилювати стійкість рослин до стресів, активізувати мікробіологічні процеси та сприяти кращому засвоєнню елементів живлення. Водночас їх ефективність залежить від температури, вологості, строків внесення, якості застосування та загального біологічного стану ґрунту.

Отже, поєднання точного землеробства та біологізації створює основу для більш стійкого розвитку систем No-till і Strip-till. Точне землеробство забезпечує інформацію, просторовий аналіз і диференційоване управління, а біологізація підтримує природні механізми родючості, живлення і захисту рослин. Разом ці напрями допомагають підвищити ефективність використання ресурсів, зменшити виробничі ризики, підтримувати родючість ґрунту та формувати більш екологічно безпечну систему землеробства.

5.1. Точне землеробство за системи No-till та Strip-till

5.1.1 Причини виникнення точного землеробства

Сьогодні точне землеробство в Україні стає аграрним трендом №1, який допомагає фермерським господарствам залишатися конкурентоздатними на світовому рівні.

Беручи до уваги строкатість кліматичних умов та неоднорідності родючості полів система точного землеробства особливо актуальна для України – зони ризикованого землеробства. Саме в таких умовах точне землеробство є доцільним, мінімізуючи ризики та оптимізуючи витрати.

Як стверджують багато експертів в традиційній системі землеробства коливання урожаю за роками на 70-80% зумовлено погодними умовам. За систем зберігаючого регенеративного землеробства (No-till, Strip-till) вплив погоди і клімату на ефективність рослинництва зведена до 50-60%, а при повній реалізації в цих системах принципів точного землеробства прогнозується, що залежність від погоди і клімату буде зведена до 20-40%. Таким чином, поєднання зберігаючих систем землеробства з точними

цифровими технологіями управління агроекосистемами різко підвищить стійкість і стабільність землеробство [98–101].

З розвитком суспільства розвивається і сільськогосподарське виробництво. Удосконалення проходить за рахунок розвитку науки, що відображається в зміні технологій вирощування сільськогосподарських культур, підвищення якості механізації виробничих процесів та покращення матеріально технічної бази виробництва [100]. Разом з тим, відбувається зростання цін на матеріальні засоби виробництва в сільському господарстві - насіння, мінеральні добрива, засоби захисту рослин, техніку та інші, що призводить до погіршення економіки сільського господарства, яке є основою продовольчої безпеки любої країни. Цю проблему прогресу в 30-х роках минулого століття в США вирішували шляхом скорочення посівних площ, щоб зменшити виробництво аграрної продукції і цим підняти її ціну. Держава сплачувала фермерам за незасіяні поля. Це можна було робити тоді, бо в країні був трьохрічний запас пшениці. Сьогодні проблему цінових «ножниць» на промислову та аграрну продукцію при нестачі продовольства для населення планети доцільно вирішувати лише за рахунок підвищення ефективності використання нових досягнень науки, які реалізовані в генетичному потенціалі нових сортів і гібридів, нових формах мінеральних добрив, хімічних і біологічних засобах захисту рослин. Шлях досягнення цієї мети - впровадження систем землеробства, які дозволяють реалізувати нові можливості сільськогосподарської техніки у поєднання з досягненнями в інформаційних, комп`ютерних та космічних технологіях. Основні причини виникнення і розвитку точного землеробства викладені в табл.5.1.

Таблиця 5.1

Основні причини виникнення точного землеробства

Передумова	Характеристика	Практичне значення
Агрономічна	Просторова неоднорідність ґрунтового покриву та посівів	Диференційоване управління технологічними операціями в межах поля
Технологічна	Розвиток GNSS, GIS, дистанційного зондування, цифрових платформ	Отримання, аналіз та використання просторових даних
Економічна	Зростання вартості насіння, добрив, засобів захисту рослин, паливно-мастильних матеріалів	Оптимізація витрат і підвищення економічної ефективності виробництва
Екологічна	Необхідність зменшення антропогенного навантаження на агроекосистеми	Раціональне використання природних і матеріальних ресурсів

Джерело: авторська розробка, Гуртовенка В. на основі праць Shannon D.K. et al.; Monteiro A. et al.; Lee C.-L. et al.; Shaheb M.R. et al.

Система точного землеробства, не базується на нових агрономічних знаннях добутих в результаті наукових пошуків, наприклад, система No-ill, які змінюють зміст і технології агрономії. Вона базується на широкому

інформаційному забезпеченні великою сукупністю об`єктивних, а що головне просторово прив`язаних з точним визначенням місця на полі, даних, які описують стан всіх компонентів агроекосистеми екотопу, біотопу до аеротопу. Сукупність зібраних характеристик є інформаційною базою прийняття технологічних рішень по корегуванню стану агроекосистеми. Таким чином, можна вважати, що на сьогодні *точне землеробство – це комплексна високотехнологічна система сільськогосподарського менеджменту,* що використовує технології глобального позиціонування (GPS), географічні інформаційні системи (GIS), технології оцінки врожайності (Yield Monitor Technologies), технологію змінного нормування (Variable Rate Technology) і технології дистанційного зондування землі (ДЗЗ) [98, 99, 101].

Точне землеробство передбачає зміну підходу до ведення сільського господарства, а саме передбачає аналіз всього поля із врахуванням просторової нерівномірності його родючості. На відміну від традиційних технологій, де прийнято будувати всю технологію вирощування певної культури на полі, приймаючі останню як мінімальну одиницю виміру площі для застосування певного заходу. В історії розвитку землеробства можна виділити наступні кроки до точного землеробства, які базувалися на тогочасному рівні інформаційного забезпечення і технічних можливостей:

- *сортова технологія* - базувалася на врахуванні різниці в біологічних особливостях сорту або гібриду;
- *зональна система землеробства* – базувалася на врахування різниці в ґрунтово-кліматичних ресурсах природних зон*;*
- *контурно-меліоративна система землеробства* – базувалася на врахуванні різниці в родючості ґрунту на ділянках з різним рельєфом та впливі технології на рівень прояву ерозійних процесів;
- *інтенсивні технології вирощування* – базувалися на максимальному запобіганні прояву факторів ризику в живленні і захисту рослин.

Для всіх цих напрямків кінцевою одиницею виміру площі застосування відповідних заходів було поле сівозміни. Диференціація застосування заходів в межах поля була відсутня.

Точне землеробство передбачає диференційований підхід застосування заходів чи їх параметрів в межах поля для кожної культури. Кінцевою одиницею виміру є виробнича або її ще називають продуктивна зона в межах поля. Такий підхід забезпечує ефективніше використання матеріальних ресурсів, підвищення врожайності культур та зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище [98, 101].

5.1.2 Концепція точного землеробства

Загальноприйнятого визначення терміну «точне землеробство» не існує. В літературних джерелах в різному викладі визначення точного землеробства зводиться до думки, що «*Точне землеробство – це комплексна високотехнологічна система сільськогосподарського менеджменту, що базується на використанні технології глобального позиціонування (GPS), географічні інформаційні системи (GIS), технології оцінки врожайності*

(Yield Monitor Technologies), технологію змінного нормування (Variable Rate Technology) і технології дистанційного зондування землі (ДЗЗ)» [98–101]. Використання цих технічних можливостей дозволяє ***диференціювати підходи до кожної ділянки поля з урахуванням її реальних можливостей і потреб***. Тому можна вважати, що система точного землеробства - (або як його іноді називають "прецизійне землеробство" - precision agriculture) це скоріше, загальна концепція подальшого розвитку землеробства, яка заснована на використанні нових технічних і інформаційних технологій в землеробстві.

Точне землеробство, як система управління не базується на нових агрономічних знаннях добутих в результаті наукових пошуків, які змінюють агрономію. Вона базується на широкому інформаційному забезпеченні великою сукупністю об`єктивних, а що головне просторових з точним визначенням місця даних для реалізації диференційваних заходів у відповідності до дифренціації родючості ґрунту в межах поля.

Таким чином, концепцію точного землеробства можна сформулювати наступним чином: «*Концепція – точного землеробства полягає у необхідності диференційованого використанні агротехнічних заходів в межах поля у відповідності з диференціацією родючості та потреб рослин на певних ділянках поля*». Різниця в властивостях ґрунту і потребах рослин на окремих ділянках поля є природною закономірністю функціонування агроекосистеми. Згідно біологічному закону стабільність екосистеми досягається в основному за рахунок збільшення різноманіття у межах доступних ресурсів конкретного ґрунтово-кліматичного регіону» [98,99,101].

Концепція такої системи управління повністю відповідає концепції no-till та Strip-till і переслідує одні і ті ж цілі:

- стале і економічно рентабельне виробництво якісної аграрної продукції:
- збереження і відтворення родючості ґрунту;
- оптимізація використання витратних матеріалів (мінімізація витрат);
- мінімізація негативного впливу сільськогосподарського виробництва на навколишнє природне середовище;

Таким чином *суть концепції полягає у відмові від усвідомлення поля як єдиного однорідного масиву, а як площу з просторовою варіабельністю у складі і стані ґрунту та розвитку рослин на кожному квадратному метрі.* В точному землеробстві одиницею виміру є не поле, а продуктивна зона в межах конкретної земельної ділянки. Просторова варіатабельність вимагає відповідної варіательності в заходах і регламентах їх проведення в межах поля по продуктивним зонам.

Концепції включає:

Збір даних сучасними технічними засобами: супутники, дрони, датчики, автоматичні метеостанці та ін. у ґрунті та рослилині з просторовою прив`язкою.

*Аналіз зібраних даних***:** обробка масивів інформації (Big Data) та побудова електронних карт полів і врожайності.

Технологічна дія: точкове (диференційоване) виконання робіт – внесення добрив, посів чи обробіток та ін. лише там і в тій кількості, де це необхідно.

Управління агроекосистемою полягає в своєчасному застосування заходів управління ростом і розвитком рослин. Сила і зміст заходів управління ґрунтотворчим процесами та ростом і розвитком рослин мусять застосовуватися у відповідності з рівнем наявної проблеми і лише в місцях її прояву.

Розвиток гостроти любої проблеми на полі відбувається поступово в часі. Локалізація проблеми на ранніх стадіях її розвитку і поширення завжди обходиться набагато дешевше, за мінімального її негативного впливові на культура.

Обсяг і зміст зібраних даних мусить бути достатнім не лише для обґрунтування прийняття конкретного технологічного рішення не лише по його прямому впливу на певний фактор ризику, а на функціонування системи в цілому, а значить мати можливість робити прогноз на майбутнє. Такий підхід, як показує міжнародний досвід, забезпечує набагато більший економічний ефект і, найголовніше, дозволяє підвищити відтворення ґрунтової родючості і рівень екологічної чистоти сільськогосподарської продукції

5.1.3 Основні принципи точного землеробства

Люба концепція реалізується через принципи – базові правила , якими керуються на практиці при її реалізації. У відповідності до концепції основними принципами точного землеробства є:

- *Диференційоване внесення ресурсів (VRT):* зміна норм внесення добрив, насіння чи пестицидів залежно від потреби конкретної виробничої зони поля.
- *Супутникова навігація та автопілотування***:** використання систем GPS/GNSS для точного руху техніки без перекриттів і пропусків рядів.
- *Неперервний моніторинг:* відстеження стану посівів і вегетації в реальному часі за допомогою індексів на зразок NDVI.
- *Екологічна та економічна оптимізація:* мінімізація втрат ресурсів, зниження навантаження на довкілля та максимізація прибутку з кожного гектара.

Таким чином, основні принципи точного землеробства базуються на:

- комплексному використанні сучасних цифрових технологій,
- аналізі просторової неоднорідності поля,
- диференційованому застосуванні агротехнологічних операцій і постійному контролі їх ефективності.

Основні принципи точного землеробства реалізуються у вигляді безперервного циклу, який включає послідовний збір інформації, її аналіз, прийняття управлінських рішень, диференційоване виконання технологічних операцій, моніторингу отриманих результатів та оцінювання їх ефективності [98,99,101].

Такий підхід забезпечує постійне вдосконалення технологічного процесу, оперативне реагування на зміни умов вирощування та підвищення ефективності використання виробничих ресурсів.

5.1.4 Цифрове землеробство

На сучасному етапі точне землеробство реалізується через *цифрове землеробство (*Smart Farming) - сучасну систему практичного управління агровиробництвом, в якій реалізована концепція точного землеробства, що базується на зборі даних з супутників, дронів, датчиків IoT та ін., оперативному управлінні великими масивами даних (Big Data), використання штучного інтелекту, роботизованих систем та автоматизованому управлінні сільськогосподарською технікою.

Цифрове землеробство ширше інтегрує зібрану інформацію за допомогою штучного інтелекту та комп`ютерних платформ для ухвалення оптимальних бізнес-рішень. Це сучасна методологія збору, обробки і видачі відповідних рекомендацій по управлінню землеробством. Це перехід від якісних показників (добре – погано, глибоко-мілко, високий-низький, і т.д.) стану агроекосистеми до цифрової її оцінки (рис.5.1)



Рис.5.1 Основні принципи функціонування системи точного землеробства

Джерело: авторська розробка, Гуртовенка В. на основі власних досліджень та матеріалів

Зміст концепції цифрового землеробства полягає в перетворенні класичного землеробства на точне (прецизійне) за допомогою безперервного цифрового моніторингу, тому що реалізувати точне землеробство на якісних показниках неможливо. Без штучного інтелекту сьогодні неможливо ефективно реалізувати всі сучасні і перспективні засоби і ресурси виробництва в цілісній системі землеробства, а не як окремі ефективні технологічні заходи.

Таким чином, точне землеробство базується на наступних технологіях [98, 99, 101]:

1. Глобальне позиціонування (GNSS). Точність позиціювання варіюється від 10 м до 2,5 см залежно від вибраного протоколу обробки даних.

2.Географічні інформаційні системи (GIS).

3.*Технології оцінки врожайності (YMT*). Прогнозування результатів діяльності підприємства на основі інформації від різних сенсорів.

4.*Системи змінного нормування (VRT*). Автоматично визначають оптимальні витрати матеріальних ресурсів на кожній ділянці.

5.*Дистанційне зондування землі (ДЗЗ).*

6. *Інтернет речей (IoT).*

5.1.5 Просторова неоднорідність поля: поняття, причини виникнення та фактори формування продуктивності

Просторова неоднорідність поля характеризує різницю у властивостях ґрунту, стані рослин і факторах середовища в межах одного поля, що зумовлює нерівномірний ріст культур та неоднаковий рівень їх продуктивності. Ці відмінності можуть мати як природне походження, сформоване внаслідок ґрунтотворних процесів та особливостей рельєфу, так і бути наслідком багаторічної господарської діяльності людини. Просторова неоднорідність перш за все може проявлятися у фізичних, агрохімічних та біологічних властивостей ґрунту. Рельєф поля також може впливати і на агрохімічні показники ґрунту, а саме вміст гумусу ,елементів живлення рослин, кислотності ґрунту [98,101].

Для ефективного використання технологій точного землеробства важливо не лише встановити факт існування просторової неоднорідності, а й визначити причини її формування. Саме це дає можливість перейти від усередненого управління до локального прийняття рішень, коли кожна ділянка поля розглядається як окремий виробничий об'єкт із власними особливостями та потенціалом продуктивності.

Формування просторової неоднорідності є результатом одночасної дії комплексу природних і антропогенних чинників (рис. 5.2).

Різноманіття любої системи забезпечує її сталість і стійкість до змін оточуючого середовища (зменшення ризиків). Всі природні екосистеми більш стійкі, але плата за це нижча продуктивність системи. Створюючи однорідність ми досягаємо максимуму продуктивності при зростанні ризиків катастрофічного зниження продуктивності системи.

Просторова неоднорідність поля перш за все буде залежати від природних чинників, що формувались протягом певного часу під впливом ґрунтотворних процесів. Одним із найважливіших природних чинників, як було згадано раніше є рельєф поля. Він буде впливати на накопичення вологи в ґрунті, ерозійній процеси та інтенсивність його прогрівання. На крутих схилах дуже часто спостерігається вимивання верхнього родючого шару ґрунту, в той же час і внесенні добрива можуть також бути змиті.

Крім цього варто враховувати і антропогені чинники, які безпосередньо будуть залежати від нас. Де безпосередньо різні агротехнічні заходи будуть впливати на формування продуктивних зон поля. Саме взаємодія всіх цих факторів буде впливати на формування просторової мінливості врожаю.

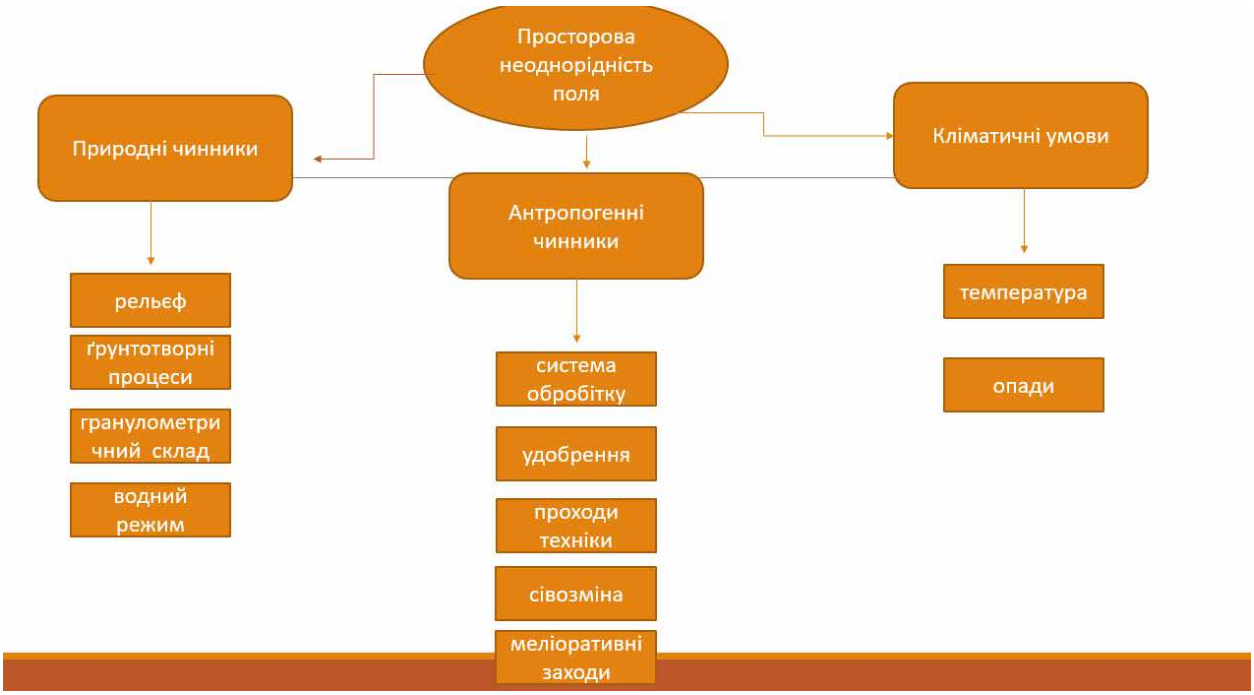


Рис. 5.2. Основні причини формування просторової неоднорідності поля
Джерело: авторська розробка Гуртовенка В., на основі власних досліджень та матеріалів

Умовно фактори формування продуктивності можна об'єднати у чотири взаємопов'язані групи: ґрунтові, кліматичні, біологічні та технологічні (табл. 5.2). Кожна з них по-різному впливає на рослини, однак лише їх сукупна дія визначає кінцевий рівень урожайності.

Таблиця 5.2

Основні фактори формування продуктивності сільськогосподарських культур

Група факторів	Основні складові	Вплив на продуктивність
Ґрунтові	Вміст гумусу, гранулометричний склад, pH, забезпеченість елементами живлення, щільність ґрунту, продуктивна волога,	Формують родючість ґрунту та умови роту та розвитку рослин
Кліматичні	Температура повітря, кількість і розподіл опадів, швидкість вітру	Визначають інтенсивність росту, розвитку та реалізації потенціалу культури
Біологічні	Сорт або гібрид, густота посіву, розвиток кореневої системи, бур'яни, шкідники, хвороби, рослинні рештки	Впливають на продуктивність рослин і ефективність використання ресурсів
Технологічні	Система обробітку ґрунту, строки сівби, норми висіву, удобрення, захист рослин, точне землеробство	Дозволяють реалізувати потенціал продуктивності шляхом оптимізації технології

Джерело: авторська розробка Гуртовенка В., на основі праць Shannon D.K. et al.; Shaheb M.R. et al.; Kassam A. et al.; FAO.

Для системи No-till та Strip-till особливо важливим є визначення рівня покриття поверхні ґрунту рослинними рештками.

В умовах сучасного землеробства просторова неоднорідність уже не розглядається як проблема, яку необхідно усунути. Навпаки, вона є важливим джерелом інформації для прийняття технологічних рішень вирощування культури. Завдання технологій точного землеробства полягає не у вирівнюванні природних відмінностей, а в адаптації технології вирощування до локальних особливостей кожної ділянки поля. Саме такий підхід забезпечує найбільш ефективне використання насіння, добрив, засобів захисту рослин, паливно-мастильних матеріалів та інших виробничих ресурсів.

За відсутності можливості вирівнювати фізичні властивості ґрунту шляхом механічного втручання значно зростає роль цифрового моніторингу, локального аналізу стану посівів і диференційованого виконання технологічних операцій. Саме тому системи No-till та Strip-till є однією з найбільш придатних для впровадження технологій точного землеробства. За системи No-till та Strip-till відбувається підвищення родючості ґрунту, але не її вирівнювання в межах поля. За Strip-till вирівнюється різноманіття більш глибокого кореневмісного шару за рахунок механічного обробітку.

5.1.6 Показники оцінки просторової мінливості властивостей ґрунту та рослин і методи її оцінювання

Основними об’єктами за якими визначається просторова мінливість є ґрунт та рослина, які можна оцінювати за різними показниками (табл. 5.3). Варто зазначити що ґрунт змінюється повільніше, в той же час рослина під дією різних факторів буде змінюватись більш динамічніше.

Таблиця 5.3

Основні показники просторової мінливості та методи їх оцінювання

Об'єкт оцінювання	Показник	Основні методи оцінювання
Ґрунт	Гранулометричний склад	Лабораторний аналіз, EC-сканування
	Гумус	Лабораторний аналіз, EC-сканування
	pH	Лабораторний аналіз, pH-метр
	NPK	Агрохімічне обстеження
	Продуктивна волога	Термостатно-ваговий метод, TDR, FDR
	Твердість	Пенетрометр
	Електропровідність	EC-сканування
	Рівень покриття рослинними рештками	Фото, проективне покриття
Рослини	Густота	Польовий облік, БПЛА
	Висота	Польовий облік, БПЛА
	Хлорофіл	SPAD-метри, активні сенсори
	Біомаса	NDVI, NDRE, БПЛА
	Урожайність	Монітори врожайності

Джерело: авторська розробка Гуртовенка В., на основі власних досліджень та матеріалів

Для системи No-till особливо важливим є визначення ступеня і рівномірності покриття поверхні ґрунту рослинними рештками. Крім цього додатковим показником є ступінь розкладу рослинних решток. На сьогодні методика визначення цих показників дистанційними методами мало розроблена.

Одним із основних показників ґрунтової мінливості є його структурний склад та його якість, який буде мати вплив на водний на повітряні режими ґрунту. Зазвичай просторову неоднорідність визначають відбором зразків ґрунту з подальшим проведенням лабораторних досліджень або сучаснішими методами за допомого певних сенсорів. Перші дають більш точні результати, але потребують часу і значних витраті часто не можуть бути використані дя прийняття оперативних заходів корегування.

Вміст органічної речовини(гумусу) дає змогу оцінити продуктивність поля, та визначити слабкі зони. Просторовий розподіл гумусу визначають під час агрохімічного обстеження із застосуванням GNSS-прив'язки точок відбору проб. Отримані результати використовують для побудови карт родючості та розроблення карт-завдань для диференційованого внесення добрив.

pH ґрунту визначає доступність більшості елементів живлення та біологічну активність ґрунту є одним із важливих показників стану ґрунту. Значні коливання pH у межах одного поля обумовлюють необхідність локального внесення вапнякових матеріалів, та дають змогу проаналізувати і оцінити ступінь засвоєння елементів живлення із внесених добрив. Для оцінювання використовують лабораторні методи або переносні pH-метри, проте точнішим буде саме лабораторний метод.

Просторова мінливість елементів живлення ґрунту є наслідком природної неоднорідності ґрунтотворчого процесу, історії внесення добрив, особливостей рельєфу та рівня винесення поживних речовин урожаєм. Її визначають шляхом агрохімічного аналізу ґрунтових зразків, після чого створюють цифрові карти забезпеченості азотом, фосфором, калієм та іншими елементами [98,101].

В умовах недостатнього зволоження особливого значення набуває просторова мінливість продуктивної вологи. Для її визначення застосовують традиційний термостатно-ваговий метод, а також сучасні датчики вологості ґрунту (TDR, FDR), які дозволяють оперативно контролювати водний режим окремих ділянок поля та за наявності поливних систем визначати час та кількість поливу.

Важливим фізичним показником є твердість ґрунту. Її оцінюють за допомогою пенетрометрів, результати дають можливість зони локального ущільнення, що основою для планування заходів із його усунення.

Для швидкої оцінки неоднорідності поля дедалі ширше використовують електропровідність ґрунту (EC). Цей інтегральний показник відображає гранулометричний склад, вологість, вміст органічної речовини та ступінь засолення ґрунту. Карти EC дозволяють оптимізувати схему відбору ґрунтових зразків і формування управлінських зон.

Стан рослин є інтегральним показником впливу ґрунтових, погодних і технологічних факторів. Просторова неоднорідність посівів проявляється у відмінностях густоти стояння, інтенсивності росту, площі листкової поверхні, накопиченні біомаси та врожайності.

Першим показником, який оцінюють після появи сходів, є густота стояння рослин. Її визначають за допомогою безпілотних літальних апаратів із камерами високої роздільної здатності. Отримані дані дозволяють оцінити якість сівби та своєчасно виявити проблемні ділянки.

Важливими характеристиками розвитку культури є висота рослин і накопичення біомаси. Їх визначають польовими вимірюваннями, за допомогою лазерного сканування або фотограмметрії, виконаної з використанням БПЛА.

Одним із найінформативніших показників є вміст хлорофілу, який характеризує забезпеченість рослин азотом та інтенсивність фотосинтезу. Його оцінюють за допомогою SPAD-метрів, активних оптичних сенсорів або спектрального аналізу.

Для оперативного моніторингу стану посівів широко застосовують вегетаційні індекси, які розраховують на основі супутникових або аерофотознімків. Найпоширенішим є NDVI, який характеризує накопичення зеленої біомаси та фотосинтетичну активність рослин. Для детальнішого аналізу використовують також NDRE, GNDVI, MSAVI та EVI, що дозволяють оцінювати забезпеченість азотом, рівень стресу та неоднорідність розвитку культури [98,99,101].

Завершальним інтегральним показником є карта врожайності, яку формують зернозбиральні комбайни, обладнані моніторами врожайності та GNSS-навігацією.

Накопичені просторові дані інтегруються в геоінформаційних системах (GIS), де здійснюється їх аналіз, побудова цифрових карт, виділення управлінських зон та формування карт-завдань для виконання технологічних операцій із диференційованим внесенням матеріально-технічних ресурсів.

5.1.7 Зони продуктивності та карти-завдання: поняття, принципи створення.

В точному землеробстві одиницею площі для застосування агротехнічних заходів та диференціації їх параметрів є зона продуктивності - площа з відносно однаковими властивостями. Виділення і формування зон продуктивності здійснюється на основі комплексного аналізу сукупності просторових даних, отриманих під час агрохімічного обстеження ґрунтів, дистанційного зондування, аналізу карт урожайності, цифрових моделей рельєфу та інших джерел інформації [98,101]. Поєднання різних типів даних дозволяє об'єктивно оцінити неоднорідність поля та виділити ділянки зі схожими умовами вирощування культур.

Зони продуктивності формують виходячи з наступних декількох основних принципів:

- *Просторова однорідність*. Відповідно до цього принципу кожна зона повинна характеризуватися максимально близькими значеннями показників, що визначають продуктивність культури. Це дозволяє застосовувати однакові технологічні рішення в межах усієї зони.

- *Комплексність аналізу*. Який передбачає використання сукупності кількарічних просторових даних. Використання лише одного або обмеженої кількості показників не дає можливості повною мірою оцінити потенціал продуктивності окремих ділянок поля.

- *Стабільність зон продуктивності*. Межі зон повинні залишатися відносно незмінними протягом кількох років і уточнюватися лише після накопичення нових просторових даних або істотних змін умов вирощування.

- *Економічна доцільність*. Сформовані зони повинні давати можливість ефективного використання матеріально-технічних ресурсів та компенсувати витрати на збір і аналіз просторової інформації.

- *Технологічна реалізованість*. Яка передбачає можливість практичного використання виділених зон сучасною сільськогосподарською технікою, обладнаною системами супутникової навігації та технологіями змінної норми внесення матеріальних ресурсів (Variable Rate Technology).

Таким чином, зони продуктивності є основою логістики реалізації технологій точного землеробства. Саме вони забезпечують перехід від аналізу просторових даних до ефективного диференційованого виконання технологічних операцій, що дозволяє максимально реалізувати потенціал продуктивності кожної ділянки поля.

Для кожної зони продуктивності розробляється карта-завдання, яка являє собою цифровий файл, створений у форматі, сумісному з бортовим комп'ютером сільськогосподарської техніки, спеціалізованим програмним забезпеченням з визначаються технологічні параметри виконання відповідної операції.

Формування карт-завдань здійснюється після завершення аналізу просторових даних і виділення зон продуктивності. Для кожної зони встановлюються оптимальні технологічні параметри, які враховують потенціал продуктивності, забезпеченість елементами живлення, запаси продуктивної вологи, особливості рельєфу та інші фактори, що впливають на розвиток культури.

Під час роботи бортовий комп'ютер визначає місцеположення агрегату за допомогою GNSS та автоматично змінює норму внесення відповідно до карти-завдання.

Сучасні системи точного землеробства забезпечують двосторонній обмін інформацією між програмним забезпеченням та сільськогосподарською технікою. Після виконання технологічної операції інформація про фактичні норми внесення, швидкість руху агрегату та інші виробничі показники зберігається в електронному вигляді й може використовуватися для оцінювання ефективності технології та формування карт-завдань у наступних виробничих циклах.

Таким чином, карти-завдання є завершальним етапом використання просторових даних у системі точного землеробства. Саме вони забезпечують практичне впровадження технологій змінної норми внесення та реалізацію принципів диференційованого управління агротехнологічними процесами.

Особливого значення в системі No-till та Strip-till набуває управління рослинними рештками. На високопродуктивних ділянках формується більша кількість післяжнивних решток, які впливають на накопичення органічної речовини, водний режим ґрунту та мінералізацію поживних елементів. Урахування цієї особливості під час зонування дозволяє коригувати систему удобрення та технологію вирощування наступної культури сівозміни.

Таким чином, зонування поля є одним із ключових елементів підвищення ефективності системи No-till та Strip-till. Поєднання технологій точного землеробства із системою No-till та Strip-till створює умови для формування високоефективних, економічно обґрунтованих і екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

5.1.8 Поширення Точного землеробства за кордоном і в Україні

Точне землеробство на даний час є невід'ємною складовою в сільськогосподарському виробництві України. Особливого значення воно набуває при впровадженні ґрунтозахисних систем землеробства, насамперед технології No-till і Strip-till, де ефективність технологій значною мірою залежить від точності виконання технологічних операцій, постійного моніторингу стану посівів. Відмова від такого заходу вирівнювання родючості ґрунту як щорічний полицевий обробіток (система No-till) збільшує різноманіття не лише родючості ґрунту, а і стану посівів. Виходячи з цього концепція точного землеробства в найбільшій мірі відповідає умовам системи No-till та Strip-till, тому точне землеробство в найбільшій мірі тут прояве свою ефективність.

Про доцільність поширення точного землеробства в зонах ризикового землеробства, куди відноситься більша частина території України, свідчать дані опитування канадських фермерів, які теж працюють за зберігаючими технологіями в умовах ризикованого землеробства. 93% з них впевнені в необхідності впровадження точного землеробства

Разом з тим, в практичному землеробстві використовуються не всі елементи сучасного точного землеробства. Так, в США найбільшого поширення серед фермерів (69 та 66%) набули GPS навігація та монітори врожайності на комбайнах. Далі іде використання посекційного контролю на обприскувачах чи сівалках (відповідно 56% та 45%). Більше половини фермерів (52%) використовують відбір зразків ґрунту в полі згідно сітки або зонально для побудови відповідної карти родючості ґрунту. Диференційоване внесення елементів живлення та вапна застосовують 41% та 39%. Найменше фермерів приділяє уваги застосуванню диференційованої норми висіву (19%) або диференційоване внесення пестицидів (8%) (Ніколас Трімблей) автор даних

Поширення GPS навігації серед фермерів США, зумовило те, що сьогодні всі світові лідери з виробництва сільськогосподарських машин (CLAAS, John Deer, Case і ін.), Комплектують свою техніку навігаційною системою GPS. У Європі, наприклад, підраховано, що економічний ефект від застосування GPS – обладнання сягає 50-60 Євро на гектар. Крім того, користувачі даного обладнання отримують можливість проводити польові роботи вночі, в тумані, при підвищеної запиленості.

GPS – це базова технологія для точного землеробства. Саме з технології позиціонування починається ТОЧНЕ землеробство. Без точного позиціонування неможливо мінімізувати площу перекриттів, пересівів та недосівів. За розрахунками Ковачека (2020) на полі в 40 га, в якому використовується типовий агрегат 6,2 м. без системи автопілота та GPS навігації, розмір перекриттів (подвійного обробітку агрегатом) може досягати 2 га, а це додаткові 5% витрат. Крім цього, велике значення GPS навігації полягає в тому, що вона забезпечує функцію контролю виконання технічних операцій в полі[1].

Серед елементів системи точного землеробства в господарства України. переважають GPS навігація, монітори врожайності на комбайнах диференційоване внесення елементів живлення та норми висіву насіння. Управління поживними речовинами напевно є найважливішою частиною в точному землеробстві, що впливає на ріст і розвиток культури в полі. Обладнання комбайнів моніторами фіксації урожайності забезпечує формування і доступ да базової інформації – карти урожайності поля. За словами представників компанії «Епіцентр Агро», застосування RTK-позиціювання дало змогу збільшити продуктивність машин на 10% і зменшити витрати матеріальних ресурсів на 5%. Окрім того, просування точного землеробства допомогло зменшити втрати від крадіжок та нераціонального використання добрив. Компанія «Контінентал Фармерз Груп» провела експеримент, використавши технології точного землеробства на 30% угідь, переважно. У середньому, вона знизила грошові витрати на 15%, зберігши високу врожайність. Їй також вдалося звільнити робочий час співробітників для підвищення якості ремонту та обслуговування техніки.

Сьогодні змінюється підхід до реалізації точного землеробства.

Раніше старалися вирівняти родючість ґрунту і отримувати однакову урожайність на всьому полі. Це означало, наприклад, що на частинах поля з малою врожайністю потрібно було вносити набагато більше добрив щоб підняти врожайність до тих ділянок, де вона була вища з малою нормою добрив. Цей підхід домінував на початку ери точного землеробства [1].

Суть нового полягає в тому, що краще реалізувати високий потенціал родючих ділянок, де віддача від заходів буде максимальною. І навпаки у зонах з низькою продуктивністю особливо, якщо така ситуація спостерігається регулярно, потрібно мінімізувати витрати. Наприклад, дози внесення поживних речовин оптимізують до рівня віддачі від них на родючих ділянках. Новий підхід базується на отриманні максимальної прибутковості від заходів при збереженні відмінностей у різних продуктивних зонах.

5.2. Біологізація системи No-till та Strip-till

5.2.1 Напрямки біологізації

Однією з пересторог, які стримують землекористувачів від впровадження No-till і Strip-till в практику є думка, що відмова від механічного обробітку ґрунту зумовить різке збільшення застосування пестицидів, а відповідно зросте забруднення сільськогосподарської продукції і оточуючого середовища їх залишками. Як свідчить тривала практика успішних фермерів в No-till ця пересторога є хибною.

За своєю філософією система No-till є найбільш біологічною і екологічною, тому що в основі її є відновлення і підвищення природним шляхом родючості ґрунту, а не шляхом застосування штучних речових хімічного походження. Природний шлях передбачає високу насиченість ґрунту мікробіотою за активного її функціонування. Відомо, що більшість, навіть дозволених пестицидів зменшують, хай і на короткий період, як чисельність так і інтенсивність життєдіяльності ґрунтової біоти. При цьому різні пестициди порушують баланс співвідношення в ґрунті різних біологічних груп мікроорганізмів. За такої ситуації сучасний рівень застосування пестицидів і агрохімікатів в системі No-till і Strip-till стримує процес регенерацію родючості ґрунту.

Принципова відмінність агроекосистеми від природної екосистеми полягає в меті і шляхах її досягнення. Завдання агронома не максимальне накопичення органічної речовини на любій ділянці землі, як в природній екосистемі, а отримання максимального господарськи цінного урожаю певної монокультури на полі. Тому в сучасних технологіях ми не можемо відмовитися від таких факторів інтенсифікації як нові сорти і гібриди, добрива та управління фітосанітарним станом посівів (застосування пестицидів). Але як свідчить віковий світовий всі ці заходи інтенсифікації справляють певний негативний вплив на оточуюче середовище. Цей негативний вплив може проявлятися не відразу, а через певний період часу. Одним з шляхів уникнення або зменшення цього негативного впливу є відмова або обмеження застосування цих заходів. *Відмова від певного фактору інтенсифікації – глибокий полицевий обробіток ґрунту, мінеральні добрива, пестициди та ін, не значить відмову від завдань які вони виконували*. Якщо нова технологія не здатна виконувати іншими заходами ці завдання, то урожайність буде знижуватися. Наприклад, в органічній системі землеробства завдання, які виконували мінеральні добрива та пестициди, від яких відмовилися, не вдалося замінити іншими заходами, що зумовило зниження урожайності культур незалежно від регіону, до вона застосовується.

На сьогодні рівень біологізації землеробства можна оцінити за широтою структури наявних на ринку біопрепаратів:

Деструктори стерні та оздоровлювачі ґрунту
Біологічні фунгіциди
Біологічні інсектициди
Біоживлення
Біологічні регулютори росту рослин

Інокулянти
Мікоризні препарати
Засоби підтримки рослин
Біоприлипачі (Прилипачі)
Макро- та мікроелементи

Найбільшу частку ринку біологічних препаратів сьогодні займають біоінсектициди (близько 40–47% від загального обсягу). Пов'язано це зі стрімким звиканням комах до хімічних молекул та масовою відмовою країн від неонікотиноїдів. На другому місці йдуть біофунгіциди (близько 44%). [105, 106]

Мікробні препарати (на основі бактерій та грибів) утримують понад 61,6% світового ринку. Продукти на основі бактерії *Bacillus thuringiensis* (Bt) досі формують значну частину інсектицидного біоконтролю. Український ринок біопрепаратів оцінюється приблизно в 30–35 млн доларів США. Для порівняння: ринок хімічних ЗЗР в Україні становить близько 1 млрд доларів. Попри менші масштаби, ринок біоконтролю має високий потенціал росту.

Згідно з результатами досліджень, відбулося різке зміщення інтересу аграріїв. Попит на класичні інокулянти (азотфіксатори) зменшився з 65% до 27,2%, натомість частка біофунгіцидів та біоінсектицидів підскочила з 27% до 63,5%. Україна має потенціал. Сьогодніі в Україні діють понад 24 сертифіковані біопідприємства (найвідоміші – БТУ-Центр, Ензим, Імекс Агро), чиї препарати успішно конкурують з іноземними аналогами.

Основний тренд сучасних змін в землеробстві – наближення процесів в агроекосистемі до природних за рахунок мінімалізації або повної відмови від механічного обробітку ґрунту, біологізації вирощування культур, автоматизації і цифровізації технологій.

На сьогодні найбільш перспективними для реалізації біологізації є системи землеробства Mini-till, No-till, Strip-till. Сучасний рівень знань про вплив мінімалізації механічного обробітку на ґрунт та культури детально представлений в попередніх розділах.

5.2.2 Біологічні пестициди

Скорочення застосування пестицидів це шлях подальшого розвитку системи No-till та Strip-till, тому що вона на відміну від традиційної системи землеробства, в основі орієнтована на більш широку опору на природні процеси, а не на збільшення застосування антропогенних засобів регулювання розвитку агробіоценозу.

Хімічні препарати в цьому підході прискоренно вирішують певну проблему але вони впливає не вибірково, а суцільно, тому одночасно негативно впливають на природні процеси розвитку агробіоценозу, що тормозить процес розвитку родючості ґрунту.

Сьогодні одним з основних шляхів зниження вмісту залишкових кількостей пестицидів в продукції і зменшення хімічного стресу у рослин і ґрунтової біоти та підвищення якості продукції вважається біологізація системи землеробства. Біологізація це широке поняття, вона охоплює наступ-

ні технологічні елементи в любій системі землеробства - захист рослин, живлення рослин, підтримання і підвищення біологічної активності ґрунтової біоти, підвищення стійкості рослин до стресів. Порівняння основних характеристик хімічних і біологічних препаратів наведено в таблиці 5.4

Таблиця 5.4

Порівняння основних характеристик хімічних і біологічних пестицидів (С. Хаблак)

Критерій порівняння	**Хімічні пестициди**	**Біологічні пестициди**
Швидкість дії	Миттєва (від кількох хвилин до годин)	Повільна (ефект помітний на 2–4 день)
Резистентність (звикання)	Висока (потребує постійної зміни молекул)	Відсутня (багатовекторний вплив)
Період очікування до збору	Довгий (20–40 днів)	Мінімальний (1–5 днів)
Вплив на екосистему	Токсичні для бджіл, накопичуються в ґрунті	Безпечні для ентомофагів та довкілля

Джерело: авторська розробка, Бикова М. та Косолапа М. на основі матеріалів (С.Хаблак)

Найбільш фінансово та технологічно виправданою моделлю в сучасному землеробстві є *Інтегрована система захисту (IPM).*яка поєднує хімічні препарати на ранніх етапах вегетації (коли потрібен швидкий "стоп-ефект") та біологічні – за 2-3 тижні до збору врожаю для отримання абсолютно чистої продукції без залишків пестицидів.

5.2.2.1 Біофунгіциди

Біофунгіциди - продукти, що містять не патогенні для рослин корисні мікроорганізми, такі як гриби чи бактерії, які застосовують для боротьби зі збудниками захворювань рослин За складом: біофунгіциди фунгіциди можуть бути виготовлені з використанням живих організмів, таких як гриби та бактерії, або лише використовують продукти, які ці організми виробляють.

Основою фунгіцидних препаратів можуть бути бактерій двох родів – Pseudomonas і Bacillus, гриби. *Бактерії роду Pseudomonas***.** Найвідоміші сапротрофні псевдомонади, що заселяють різосферу, є природними регуляторами фітопатогенних мікроорганізмів. До них відносять Pseudomonas fluorescens Mig., P. putida (Trevisan) Mig., P. aureofaciens Kluyver та інші види. Ці бактерії добре засвоюють різні органічні субстрати, характеризуються швидким ростом, продукують антибіотики, бактеріоциди і сидерофори, а також стимулятори росту рослин. На основі бактерій Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas aureofaciens виготовляють такі бактеріальні біофунгіциди: Біозлак, Псевдобактерин-2, Бізар, Біонорма, Планориз ВЛ, Планриз, Агат-25к. (*С. Хаблак,2025)*

*Бактерії роду Bacillus***.** З аеробних спороутворюючих бактерій найбільше значення як біологічний агент проти фітопатогенів має Bacillus subtilis (Ehrenberg) Cohn (синонім Bacillus amyloliquefaciens). Бактерії B.

subtilis – найпродуктивніші представники роду Bacillus за синтезом антибіотиків (більше 70). На основі бактерії Bacillus subtilis розроблено такі бактеріальні біофунгіциди: ФітоХелп, МікоХелп, Спектрал, Фітодоктор (Спорофіт), Фітоцид, Флорабацилін, Серенада АСО, Бактофіт, Інтеграл ПРО. Біонематоцид Кларіва 156 створено на основі бактерії Pasteuria nishizawae.

*Препарати на основі грибів роду Trichoderma***.** За рахунок високої біологічної активності гриби роду Trichoderma сприяють активному розкладанню органічних речовин у процесах амоніфікації та нітрифікації, збагачують ґрунт біологічно активними речовинами, а також підвищують стійкість рослин до захворювань Найчастіше використовують препарати, які виробляють на основі грибів Tr. lignorum (viride), Tr. harzianum, Tr. koningii: Триходермін-БЛ, Трихофіт, ТрихоПлант, Агромар, Різодерма, Сім Дерма тощо. Гриб Tr. lignorum пригнічує патогени, які передаються через ґрунт і рослинні рештки, розвиток яких пов'язаний з ґрунтом (Fusarium, Pythium, Phoma та ін.). Tr. harzianum пригнічує розвиток грибів із родів Ascochita, Sclerotinia, Botritis та ін.

5.2.2.2 Біоінсектициди

Біологічні інсектициди (біоінсектициди) – це екологічно безпечні препарати на основі живих мікроорганізмів, продуктів їхньої життєдіяльності або рослинних екстрактів, призначені для захисту рослин від комах-шкідників. На відміну від хімічних пестицидів, вони не викликають звикання (резистентності) у шкідників, не накопичуються в плодах чи ґрунті, є безпечними для людей, теплокровних тварин та більшості корисних комах (С. Хаблак, 2024)

За діючими речовинами біоінсектициди поділяються на:

- *Бактеріальні* – виготовляються на основі спор та ендотоксинів бактерій (найчастіше *Bacillus thuringiensis*). Потрапляючи в кишковий тракт комахи через листя, викликають параліч та швидку загибель.

- *Грибкові (ентомопатогенні гриби)* – містять спори грибів (наприклад, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium*), які проростають крізь хітиновий покрив шкідника, руйнують його зсередини та ефективно знищують ґрунтових чи відкритих комах.

- *Актиноміцетні (авермектини)* – препарати, що базуються на продуктах життєдіяльності ґрунтових грибків *Streptomyces avermitilis*. Вони мають потужну нейротоксичну контактно-кишкову дію.

- *Вірусні* – містять специфічні віруси (наприклад, вірус гранульозу), які вражають конкретний вид комах-шкідників, не зачіпаючи інших.

Популярні препарати на ринку України

Актофіт – універсальний інсекто-акарицид авермектинової групи. Дієвий проти колорадського жука, попелиць, трипсів та рослиноїдних кліщів. Шкідники перестають харчуватися через 4–8 годин після обприскування.

Бітоксибацилін-БТУ – бактеріальний препарат кишкової дії. Застосовується для захисту овочевих, ягідних і плодових культур від гусениць, совок, молей, листовійок та кліщів.

Боверін (Bover IM) – грибковий препарат проти трипсів, білокрилки, плодожерок та личинок совки. Спори гриба проникають через шкіру та викликають загибель шкідника від токсикозу.

Метаріз (MetaRiz) / Ентоцид – спеціалізовані біопрепарати для боротьби з ґрунтовими шкідниками. Надійно знищують ведмедку (капустянку), личинок хруща, дротяників та зимуючих комах у ґрунті.

Актоверм – біологічний інсекто-акарицид для захисту від сисних та листогризучих комах як у відкритому ґрунті, так і на кімнатних рослинах.

Головні переваги та особливості застосування біологічних інсектицидів наведені в табл. 5.5.

Показники технічної ефективності біологічних засобів захисту рослин.

Біоінсектициди: За умови правильного внесення їхня ефективність проти сисних та листогризучих комах сягає 92–98%, що повністю відповідає показникам хімічних стандартів.

Таблиця 5. 5

Головні переваги та особливості застосування

Перевага /особливість	**Опис дії та вимоги препарату**
Короткий термін очікування	Збирати врожай можна вже через 2–5 днів після обробки (у хімічних пестицидів цей термін становить 20–30 днів).
Температурний режим	Більшість біопрепаратів найкраще працюють при температурі повітря від +18°C до +28°C. При низьких температурах ефективність суттєво падає.
Безпека для довкілля	Належать до IV (малонебезпечного) класу токсичності. Не шкодять птахам, тваринам та дощовим черв'якам.
Вплив на бджіл	Деякі біотоксини (наприклад, у Бітоксибациліні) можуть впливати на бджіл, тому обробку рекомендують проводити у вечірній або ранковий час, коли немає вильоту комах.

Джерело: Джерело: авторська розробка, Бикова М. та Косолапа М. на основі власних досліджень

Біофунгіциди та *протруйники*: Комплексні суміші (наприклад, на основі бактерій *Pseudomonas* та гриба *Trichoderma*) демонструють захисний ефект проти грибкових хвороб і кореневих гнилей на рівні 51,8–76%. Вони не лише стримують хворобу, а й стимулюють ріст рослини (елісіторний ефект).

Вплив на врожайність: Практика застосування в господарствах підтверджує, що інтеграція біопрепаратів у систему захисту забезпечує додатковий приріст урожаю: +3–5 ц/га для зернових та олійних культур, та до +3.8 т/га для цукрових буряків.

Біологічні інсектициди мають певні критичні обмеження застосування, недотримання яких різко знижує їх ефективність.

Температурне вікно: Хімічний інсектицид працює майже завжди. Біопрепарат – це жива культура. Оптимальний діапазон: +18°C...+28°C. Нижче +12°C мікроорганізми "засинають", вище +32°C – спори гинуть або втрачають токсини.

Ультрафіолет (UV): Пряме сонячне світло руйнує бактеріальні клітини та мікробні токсини. Внесення слід проводити виключно ввечері або вночі.

Стратегія "Другої хвилі": На відміну від системної хімії, біопрепарати мають переважно контактно-кишкову дію. Проти шкідників (наприклад, кліщів чи попелиць) обов'язково необхідно планувати дві обробки з інтервалом 5–7 днів. Перша хвиля знищує дорослих особин, друга – личинок, які вилупилися пізніше. Якщо цього не зробити, популяція шкідника через стрес почне розмножуватися в кілька разів швидше.

5.2.2.3 Мікоризні препарати – це екологічні біостимулятори на основі живих мікоризоутворювальних грибів, які вступають у взаємовигідний симбіоз (грибокорінь) із кореневою системою рослин для максимізації їхнього живлення та захисту. [105, 106] Гіфи гриба розростаються у ґрунті на величезні відстані, утворюючи єдину мережу, яка збільшує площу поглинання води та мікроелементів коренем у 15 разів. Це дозволяє рослинам легко засвоювати раніше недоступні сполуки фосфору, калію та азоту.

Ключові переваги застосування

Стресостійкість: Допомагає рослинам переносити тривалу посуху, різкі перепади температур та надмірні опади.

Економія на добривах: Значно знижує потребу у внесенні мінеральних та хімічних підживлень.

Природний захист: Виділяє натуральні антибіотики, що захищають коріння від фузаріозу, фітофторозу та гнилей.

5.2.2.4 Антибіотики у захисті рослин

На сьогодні відомо понад 3800 мікробних метаболітів, що виявляють антибіотичні властивості, близько 35 тис. сполук отримано синтетичним шляхом у вигляді похідних і аналогів антибіотиків. За останніх 50 років проведено широкі випробування антибіотиків для боротьби зі збудниками хвороб рослин. Виявлено, що антибіотики мають деякі переваги в боротьбі з фітопатогенними мікроорганізмами порівняно з багатьма фунгіцидами. Вони легко проникають в органи і тканини рослин, і їх дія меншою мірою залежить від несприятливих кліматичних умов; чинять антибактеріальну дію в тканинах рослин і порівняно повільно інактивуються. У дозах, рекомендованих до застосування, не впливають негативно на ріст і розвиток рослин і водночас вибірково діють на збудників їхніх хвороб – бактерії та гриби.

Перевага антибіотиків як продуцентів живих організмів полягає в тому, що вони діють високоселективно і не забруднюють довкілля, оскільки швидко розпадаються на прості сполуки. У зв’язку з існуванням проблеми виникнення резистентних форм мікроорганізмів у рослинництві використовують здебільшого такі антибіотики, які не застосовують у медичній практиці. В Україні дозволено до широкого застосування в біологічному методі захисту рослин два антибіотики: трихоцетин і фітобактеріоміцин. Наразі триває пошук антибіотиків немедичного призначення для застосування в захисті рослин.

В переліку хімічних фунгіцидів відсутні препарати проти хвороб збудниками яких є батерії Сьогодні розроблений біологічний бактерицид і

фітоплазмоцид системної дії. Цей препарат високоефективний проти різних форм бактеріозів. Має тривалий період захисної дії (не менше ніж 3–4 тижні), високу швидкість дії (12–24 год), короткий термін очікування (одна доба). Безпечний для людей і тварин. Не токсичний для ентомофагів і комах–запилювачів.

5.2.2.5 Регулювання живлення рослин

Біологічні препарати для регулювання живлення рислин – це поліфункціональні екологічно безпечні препарати, що мають у своєму складі живі мікроорганізми: представники природної рослинної та ґрунтової мікрофлори, а також їхні фізіологічно активні речовини

Популярні препарати:

- *Азотофіт:* Збагачує ґрунт біологічним азотом, стимулює розвиток кореневої системи та покращує схожість насіння.
- *Фосфатовіт:* Переводить недоступні форми фосфору та калію у ґрунті в легкозасвоювану для рослин форму.
- *Мікофренд:* Препарат на основі мікоризоутворюючих грибів, який покращує забезпечення рослин вологою та мікроелементами.
- *Живе Добриво (Органік-Баланс):* Комплексний біопрепарат, що містить консорціум корисних мікроорганізмів для відновлення родючості ґрунту та живлення.
- *Біокомплекс-БТУ:* Універсальний біостимулятор для підживлення овочевих, ягідних та садових культур протягом усього вегетаційного періоду. Головні переваги використання біологічних препаратів біоживлення:
- *Екологічність:* Не накопичуються в продукції та повністю безпечні для людей, бджіл і довкілля.
- *Покращення структури ґрунту*: Відновлюють природну мікрофлору та пригнічують розвиток патогенних грибків.
- *Економічність:* Дозволяють зменшити норми внесення мінеральних добрив на 20–40%.
- *Підвищення імунітету*: Захищають рослини від стресових факторів та підвищують стійкість до хвороб.

5.2.2.6 Біологічні регулятори росту рослин

- *Фітогормони (природні*): Ауксини, гібереліни та цитокініни, які відповідають за поділ клітин, росту стебла й утворення коренів.
- *Гумінові та фульвові кислоти*: Органічні сполуки з торфу чи леонардиту, що розчиняють мінерали ґрунту і переводять їх у доступну для коріння форму.
- *Амінокислотні та білкові комплекси*: Будівельні блоки, які швидко знімають стрес у рослин після негоди чи обробки хімікатами.
- *Продукти життєдіяльності мікроорганізмів*: Біопрепарати з бактеріями та грибами, що фіксують азот і розчиняють важкодоступні фосфати.

На рослину вони впливають через живлення, підвищуючи ефективність звичайних мінеральних добрив та сприяючи глибше проникати корню в

ґрунт і вбирати більше вологи. Крім цього регулятори росту підвищують стійкість рослин до різних стресів.

5.2.3 Деструктори стерні

Контроль фітосанітарного стану посівів відбувається шляхом знищення збудників в місцях їх перезимівлі, або застосуванням спеціалізованих препаратів безпосередньо по вегетуючим рослинам. До перших, що застосовуються по поверхні ґрунту відносяться біологічні деструктори рослинних залишків на полі.

В Україні серед перших компаній, які побачили можливості застосування біопрепаратів в системі землеробства No-till була BTU. Різноманітні препарати даної компанії сьогодні широко використовують фермери, які працюють за системою No-till.

Відомо, що управління рослинними рештками один з стовпів успіху в No-till. BTU запропонувала деструктор стерні для даної системи землеробства. На відміну від традиційних деструкторів, мета яких прискорити розклад органічних решток на полі – основне завдання цього деструктора, за словами комерційна директорка БТУ-ЦЕНТР Тетяни Хоменко знезаразити рослинні рештки від збудників хвороб, які накопичуються на них. Для цього експериментально була підібрана для технології No-till композиція штамів мікробних організмів спрямованої дії. Основне завдання яких– знезараження від основних збудників патогенних організмів, які знаходяться на рослинних рештках. При цьому даний деструктор набагато менше ніж традиційний прискорює розклад органічних решток.

Практичний досвід ефективного використання біологічних деструкторів у системах Strip-till демонструє ТОВ «Технополь Агро». Джерело: стаття «Як працює Екостерн Триходерма на практиці? Реальний досвід Технополь Агро» .

У господарстві для прискорення розкладання пожнивних решток та покращення фітосанітарного стану ґрунту у ланці соя-соняшник застосовували після сої Екостерн Триходерма. Необхідність застосування препарату була пов’язана з ризиком накопичення збудників хвороб спільних для сої та соняшнику. Основним завданням було зменшення інфекційного навантаження в сівозміні. Після внесення біопрепарату використовували поверхневий обробіток штригельною бороною.

За результатами спостережень у господарстві відзначали добрий фітосанітарний стан посівів соняшнику та відсутність виражених ознак розвитку патогенів. Проведений аналіз ґрунту показав, що на ділянках де застосували біопрепарат рівень розвитку патогенної мікрофлори був суттєво нижчим.

У господарстві деструктори застосовують не лише після сої, а й після кукурудзи. Досвід господарства підтверджує, що поєднання біологічних деструкторів із мінімальним механічним обробітком ґрунту є ефективним інструментом управління пожнивними рештками у системах No-till та Strip-till, сприяє покращенню фітосанітарного стану поля та підвищує біологічну

активність ґрунту. Позитивний ефект від застосування деструктора стерні компанії BTU підтверджується і практикою його застосування в господарстві СФГ «Істок». Досвід господарств підтверджує, що використання біологічних деструкторів у технології No-till сприяє активізації процесів мінералізації рослинних решток, покращенню фітосанітарного стану поля та поступовому відновленню біологічної активності ґрунту, що є важливою складовою стабільного функціонування ресурсозберігаючих систем землеробства. [107]

5.2.4 Протруйники і біоінокулянти

Цікавими є результати досліджень та практика застосування біологічних препаратів для обробки насіння сої. Наприклад, в ТОВ «Мрія» на посівах сої провели виробничий дослід заміни хімічного протруйника комплексом біологічних препаратів –інокулянт, біофунгіцид і мікориза. Результати досліду показали, що комплексне застосування біопрепаратів забезпечило приріст урожайності сої приблизно на 2 ц/га порівняно з традиційною хімічною схемою живлення та захисту рослин. Після цього на сої господарство не використовує ніяких хімічних протруйників.

За словами власника господарства М.В. Войтовика, систематичне використання біопрепаратів сприяло покращенню біологічного стану ґрунту та сприяло процесу відновлення гумусу. Основна проблема біопрепаратів необхідності дотримання всіх тонкощів внесення та більш повільному отриманні біологічного ефекту [108].

Сьогодні проблема реалізації одного з базових принципів No-till – наявності на полі весь вегетаційний сезон живих рослин пов`зана з проблемою отримання сходів покривних культур і їх швидкого розвитку із-за відсутності достатньої кількості вологи по поживи в посівному шарі ґрунту. Саме тому важливу роль виконують біоінокулянти, які здатні посилювати розвиток покривних культур уже на початкових етапах росту.

Фахівці BTU встановили, що застосування біопрепаратів Мікофренд-т та комплексу Мікофренд-т + Біоінокулянт-БТУ сприяло активнішому проростанню суміші покривних культур. На 4-й день найвищу схожість (100%) відзначено у вики звичайної за обробки її комплексом препаратів. Обробка насіння біоінокулянтом Мікофренд-т стимулювала розвиток проростків покривних культур. Найбільший ефект відзначено у суданської трави: довжина кореневої системи зросла у 2 рази, а надземної частини – у 3 рази порівняно з контролем. У вики, льону та конюшини також спостерігалося збільшення довжини коренів і надземної маси.

Оскільки у суміші покривних культур 40% становила вика, для її насіння досліджували дію комплексу біоінокулянтів Мікофренд-т і Біоінокулянт БТУ. Встановлено, що обробка препаратами стимулювала розвиток проростків, зокрема збільшення довжини пагонів і кореневої системи порівняно з контролем. Найвищі показники отримано за комплексного застосування препаратів (рис. 5.3).

Варіанти		Показники		
		Підземна частина, мм	Приріст коренів, %	Надземна частина, мм
Вика	Контроль	32,33		16,67
	Мікофренд-т	43,33	34,0	20,67
	Мікофренд-т + Біоінокулянт БТУ	49,33	**52,6**	**23,33**
Фацелія	Контроль	22,00		31,00
	Мікофренд-т	20,33	-7,6	30,00
Льон	Контроль	47,00		23,67
	Мікофренд-т	50,33	7,1	**32,00**
Суданська трава	Контроль	11,00		6,33
	Мікофренд-т	24,33	**121,2**	**20,67**
Конюшина	Контроль	19,00		32,67
	Мікофренд-т	20,67	**8,8**	**36,00**



Рис. 5.3 Вплив біоінокулянтів на біометричні показники проростання покривних культур. *Джерело: Біотехнологічна компанія BTU*

Встановлено, що застосування біоінокулянтів сприяло суттєвому збільшенню сирої маси підземної та надземної частин покривних культур. За дії препарату Мікофренд-т маса кореневої системи зросла на 43%, а надземної частини – на 60% порівняно з контролем. Комплексне застосування Мікофренд-т і Біоінокулянт БТУ забезпечило подвоєння маси кореневої системи та збільшення надземної маси на 59% (рис. 5.4).





Рис. 5.4 Вплив біоінокулянтів на сиру масу рослин.
Джерело: Біотехнологічна компанія BTU

Таким чином, отримані результати підтвердили стимулюючий вплив біоінокулянтів на суміш покривних культур. Обробка насіння сприяла покращенню проростання, підвищенню біометричних показників проростків, збільшенню маси надземної та кореневої частин рослин, а також позитивно впливала на фотосинтетичні процеси у суданської трави.

На ринку є цілий ряд біологічних препаратів, що впливають на процеси формування кількості доступних елементів живлення (азоту, фосфору та ін.) в ґрунті.

Загальний висновок. Біологічні препарати це засоби інтенсифікації росту і розвитку рослин без порушення процесів саморегуляції і ґрунтотворення – основної мети системи No-till. При тривалому застосуванні No-till, коли в агрофітоценозах сформувалася система саморегуляції дозволяє господарству повністю відмовитися від використання фунгіцидів і інсектицидів (розділ 2.14).

Висновки до розділу

1. Точне землеробство є важливим напрямом розвитку сучасних систем No-till і Strip-till. Його головна ідея полягає в тому, щоб відмовитися від сприйняття поля як однорідного масиву й перейти до управління окремими продуктивними зонами. Такий підхід дає змогу точніше враховувати різницю в родючості ґрунту, забезпеченні вологою, розвитку рослин і потенціалі врожайності на різних ділянках одного поля.
2. У системах No-till і Strip-till точне землеробство має особливе значення, оскільки відмова від суцільного механічного обробітку не вирівнює поле, а навпаки – зберігає або посилює просторову неоднорідність ґрунту й посівів. Тому цифровий моніторинг, аналіз просторових даних, супутникова навігація, дистанційне зондування, карти врожайності та картизавдання стають важливими інструментами прийняття агрономічних рішень.
3. Основою точного землеробства є збирання, обробка й використання просторово прив’язаних даних. Для цього застосовують GPS/GNSS-навігацію, GIS-системи, БПЛА, супутникові знімки, датчики вологості, електропровідності ґрунту, SPAD-метри, активні сенсори, монітори врожайності та інші цифрові інструменти. Вони дають змогу оцінювати стан ґрунту і рослин не загалом по полю, а на рівні окремих ділянок.
4. Просторова неоднорідність поля формується під впливом природних і антропогенних чинників. До природних належать рельєф, ґрунтотворні процеси, гранулометричний склад, водний режим і кліматичні умови. До антропогенних – система обробітку ґрунту, удобрення, проходи техніки, сівозміна, меліоративні заходи та інші технологічні рішення. Завдання точного землеробства полягає не в повному усуненні цієї неоднорідності, а в адаптації технології до реального стану кожної частини поля.
5. Зони продуктивності є практичною основою точного землеробства. Їх формують на основі аналізу карт урожайності, агрохімічного обстеження, дистанційного зондування, цифрових моделей рельєфу та інших даних. Для кожної зони можна встановлювати окремі норми висіву, добрив, засобів захисту рослин або інші технологічні параметри. Це дає змогу раціональніше використовувати ресурси й підвищувати економічну ефективність виробництва.

6. Карти-завдання є завершальним етапом роботи з просторовими даними. Вони перетворюють результати аналізу поля на конкретну технологічну дію: диференційовану сівбу, внесення добрив, вапнування, обприскування або інші операції. За допомогою GNSS-навігації та бортових комп'ютерів техніка може автоматично змінювати норму внесення відповідно до визначених зон поля.
7. Цифрове землеробство розширює можливості точного землеробства завдяки використанню великих масивів даних, комп'ютерних платформ, автоматизованого управління технікою, сенсорів, дистанційного моніторингу та штучного інтелекту. Воно дає змогу переходити від якісних оцінок стану поля до кількісних показників, які можна порівнювати, аналізувати й використовувати для прийняття рішень.
8. Біологізація систем No-till і Strip-till є логічним продовженням їхньої філософії, оскільки ці системи спираються на природні процеси відновлення родючості ґрунту. Біологізація передбачає ширше використання біологічних препаратів, мікроорганізмів, мікоризи, інокулянтів, біофунгіцидів, біоінсектицидів, деструкторів стерні та біологічних регуляторів росту рослин.
9. Біологічні препарати не слід розглядати як просту заміну хімічних засобів захисту чи мінеральних добрив. Їхня роль полягає в підтриманні біологічної активності ґрунту, зменшенні хімічного навантаження, підвищенні стійкості рослин до стресів, поліпшенні живлення та оздоровленні агроекосистеми.
10. Ефективність біопрепаратів значною мірою залежить від температури, вологості, строків застосування, якості внесення та загального стану ґрунтової біоти.
11. Деструктори стерні є важливим елементом біологізації в системах No-till і Strip-till. Їх застосування спрямоване не лише на прискорення розкладання рослинних решток, а й на поліпшення фітосанітарного стану поля. Особливо важливо це в сівозмінах, де є ризик накопичення збудників хвороб на післяжнивних рештках.
12. Біоінокулянти та мікоризні препарати мають значення для посилення початкового розвитку культур і покривних сумішей. Вони можуть сприяти кращому проростанню насіння, розвитку кореневої системи, накопиченню біомаси, поліпшенню засвоєння води та елементів живлення. У системах No-till і Strip-till це особливо важливо, оскільки швидкий старт рослин допомагає краще використовувати вологу й формувати живий рослинний покрив.
13. Поєднання точного землеробства і біологізації створює передумови для більш стійкого, ресурсоефективного та екологічно безпечного ведення систем No-till і Strip-till. Точне землеробство забезпечує дані, аналіз і диференційоване управління, а біологізація підтримує природні процеси родючості, живлення і саморегуляції агроекосистеми. Разом ці напрями дають змогу підвищити стабільність виробництва, зменшити витрати,

знизити ризики та краще адаптувати землеробство до сучасних кліматичних і економічних викликів.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке точне землеробство та які основні причини його виникнення?
2. У чому полягає концепція точного землеробства та як вона реалізується в системах No-till і Strip-till?
3. Які основні принципи точного землеробства?
4. Що таке просторова неоднорідність поля та які фактори впливають на її формування?
5. Які показники використовують для оцінювання просторової мінливості ґрунту та стану рослин?
6. Яку роль відіграють GNSS, GIS, дистанційне зондування, БПЛА та вегетаційні індекси в точному землеробстві?
7. Що таке зони продуктивності та карти-завдання і як їх використовують для диференційованого управління полем?
8. У чому полягає сутність біологізації систем No-till і Strip-till та які її основні напрями?
9. Яку роль відіграють біофунгіциди, біоінсектициди, мікоризні препарати, біоінокулянти та деструктори стерні в системі біологізації?
10. Як поєднання точного землеробства та біологізації сприяє підвищенню ефективності й стійкості систем No-till і Strip-till?

Додаткова література

1. Biopesticides Market Size, Share Analysis, Growth Trends & Forecast 2026-2035 https://www.datamintelligence.com/research-report/bio-pesticides-market
2. Український ринок біопрепаратів зростає – дослідження https://www.agronom.com.ua/ukrayinskyj-rynok-biopreparativ-zrostaye-doslidzhennya/
3. No-Till та мікробіологія: як фермеру подружитися з природою https://www.growhow.in.ua/no-till-ta-mikrobiolohiia-iak-fermeru-podruzhytysia-z-pryrodoiu/

Відеоматеріали

1. Біопрепарати для обробки насіння сої по NO-TILL | Михайло Войтовик про співпрацю з БТУ-ЦЕНТР https://youtu.be/pjzYjhShU8g?si=OdzF-LcYsLyvQyET
2. СКЛЕРОЦИД проти білої гнилі - відгук ТОВ «Агрокультура Полтава» https://www.youtube.com/watch?v=-HryYaMZhec
3. Впровадження ґрунтозахисних технологій. Що думає фермер? https://www.youtube.com/watch?v=5LJdpbN0oKw&t=234s
4. Що мотивує фермерів впроваджувати No-till та яку користь дає дана технологія? https://youtu.be/zTXxSFunbBw?si=64iI-YLTB6tF44yT
5. Микола Косолап - Системи землеробства No-till та Strip-till для виробництва, науки, освіти https://www.youtube.com/watch?v=Gqe3ZYn3ZHU

Розділ 6. ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД УКРАЇНСЬКИХ КОМПАНІЙ ТА ФЕРМЕРІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПО СИСТЕМІ NO-TILL І STRIP-TILL

У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:

Набуде цілісного уявлення про практичний досвід українських господарств, які впроваджують системи зберігаючого землеробства No-till і Strip-till у різних ґрунтово-кліматичних умовах України. Зрозуміє, що ці системи не є єдиним шаблонним рішенням, а формуються як адаптована модель господарювання з урахуванням клімату, типу ґрунту, рівня зволоження, структури сівозміни, технічного забезпечення та виробничих можливостей конкретного господарства.

Навчиться аналізувати практичні підходи фермерів до переходу на No-till і Strip-till, зокрема відмову або зменшення механічного обробітку ґрунту, збереження рослинних решток, використання високої стерні, покривних культур, продуманих сівозмін, рідких добрив, біологічних препаратів і точного землеробства. Особлива увага приділяється тому, як господарства різних регіонів вирішують проблеми дефіциту вологи, перегрівання ґрунту, ерозії, ущільнення, фітосанітарного стану та стабільності врожаю.

Оволодіє знаннями щодо особливостей упровадження систем No-till і Strip-till у господарствах Київської, Полтавської, Херсонської, Миколаївської, Дніпропетровської та Рівненської областей. Здобувач зрозуміє важливість формування сівозміни, для формування мульчі, яка сприяє біологічному розущільненню ґрунту, а також роль покривних культур, багаторічних трав, компостів, локального внесення добрив, очісувальних жаток і спеціалізованих сівалок у практичному впровадженні ґрунтозберігаючих технологій.

Отримає практичні навички узагальнення виробничого досвіду господарств, оцінювання сильних і слабких сторін різних моделей No-till і Strip-till, добору технологічних рішень для конкретних умов поля та регіону. Зможе аналізувати сівозміни, структуру посівних площ, роботу з рослинними рештками, підходи до збереження вологи, системи удобрення, захисту рослин і технічного забезпечення, а також використовувати досвід фермерів як основу для розроблення власної адаптованої моделі зберігаючого землеробства.

Короткий зміст розділу

Практичний досвід українських господарств, які впроваджують системи зберігаючого землеробства No-till і Strip-till у різних ґрунтово-кліматичних умовах представлений господарствами, які розташовані у Київській, Полтавській, Рівненській, Миколаївській, Херсонській і Дніпропетровській областях. Досвід господарств показує, що No-till і Strip-till не є стандартними технологічними схемами, однаковими для всіх регіонів, кожне господарство адаптує систему до кількості опадів, типу ґрунту, рельєфу, структури

посівних площ, технічного забезпечення та економічних можливостей не лише регіону , а і конкретного господарства .

Перехід до системи землеробства No-till і Strip-till переважно був зумовлений дефіцитом вологи, посиленням посушливості клімату, розвитком водної та вітрової ерозії, погіршенням структури ґрунту і потребою зменшити виробничі витрати. Особливо важливим No-till став для господарств Південного Степу, де нестача опадів, суховії, високі температури та пилові бурі безпосередньо обмежують урожайність культур. Основою системи є зменшення або повна відмова від інтенсивного механічного обробітку ґрунту. Частина господарств перейшла на пряму сівбу одразу на всій площі, інші використовували поступовий перехід через мінімальний або вертикальний обробіток. За наявності локального переущільнення окремі господарства застосовували глибоке розпушування, розглядаючи його як коригувальний захід, а не постійний елемент технології.

Важливим напрямом є управління рослинними рештками. Солому, стебла та іншу нетоварну частину врожаю залишають на поверхні поля. Рослинні рештки зменшують перегрівання ґрунту, випаровування вологи, водну й вітрову ерозію, підтримують діяльність ґрунтових організмів і поступове накопичення органічної речовини. У посушливих регіонах господарства залишають високу прямостоячу стерню, зокрема за допомогою очісувальних жаток. Вона знижує швидкість вітру біля поверхні, затінює ґрунт і створює сприятливіші умови для сходів наступної культури.

Сівозміна розглядається як основний інструмент управління ґрунтом. Зернові культури формують значну кількість рослинних решток, бобові сприяють накопиченню біологічного азоту, а кукурудза, соняшник і ріпак завдяки потужним кореневим системам беруть участь у біологічному розущільненні ґрунту. Господарства не використовують єдиного набору культур: одні орієнтуються на сою і зернові, інші – на озимий ріпак, горох, багаторічні трави, льон, нут, сочевицю, сорго або просо.

Важливе місце займають покривні культури. Їх частіше висівають після збирання озимих та ярих культур, безпосередньо після або навіть під час збирання за допомогою спеціальних посівних модулів. У багатьох господарствах одновидові посіви поступово замінюють багатокомпонентними сумішами. Вони використовуються для формування рослинної маси, підтримання живих коренів у ґрунті, накопичення азоту, поліпшення структури та захисту поверхні поля.

У господарствах південних областей застосовують зменшені норми висіву. Такий підхід знижує конкуренцію між рослинами за обмежені запаси вологи та дає змогу формувати потужнішу кореневу систему. Водночас норми висіву не можуть автоматично переноситися з одного господарства до іншого, оскільки залежать від культури, типу ґрунту, кількості опадів і виробничої практики, рельєфу поля.

Система живлення рослин поступово переходить до локального та точнішого внесення добрив. Господарства використовують КАС, рідкі комплексні добрива, гранульований пташиний послід, компости й біологічні

препарати. Добрива розміщують у рядку, поряд із ним або в підготовленій смузі. У Strip-till локальне внесення поєднують із формуванням смуги, а точний висів виконують за допомогою GPS-навігації. В окремих господарствах норми висіву насіння та внесення добрив диференціюють відповідно до карт родючості й неоднорідності поля.

Захист рослин ґрунтується переважно на оцінюванні фактичного фітосанітарного стану. Гербіциди застосовують для контролю бур'янів до появи сходів культури та в період вегетації культури, а фунгіциди та інсектициди – за наявності реальної загрози. Деякі господарства повідомляють про суттєве скорочення використання фунгіцидів та інсектицидів. Водночас наведені приклади є досвідом окремих підприємств і не можуть розглядатися як універсальна рекомендація для всіх господарств.

Технічне забезпечення фермерів No-till покращилося і сьогодні зазвичай включає: кілька типів сівалок прямого висіву, посівні комплекси, Strip-till-агрегати, обладнання для локального внесення рідких і твердих добрив, обприскувачі, очісувальні жатки, системи навігації, рублячі котки, зерноочисні лінії та зерносховища. Проте наявність спеціалізованої техніки сама по собі не гарантує успішного результату. Вирішальними залишаються правильна сівозміна, своєчасність операцій, оцінка вологості ґрунту, якість сівби, управління рештками та професійність персоналу.

Досвід ТОВ «Мрія» показує значення поступового вдосконалення сівозміни, переходу від одновидових покривних культур до багатокомпонентних сумішей і контролю переущільнення. ПП «Михайлівський лан» демонструє можливість повного переходу на No-till у господарстві з використанням рідких добрив і біопрепаратів. СФГ «Дослідне» поєднує виробництво зі стаціонарними польовими дослідами, коригує строки сівби відповідно до прогрівання ґрунту та локально розміщує добрива. ПП «Агрофірма-Додола» і ДП «Великі Клини» представляють досвід роботи у надзвичайно посушливих умовах Херсонщини, де основними завданнями є захист ґрунту від ерозії, видування й опустелювання. ФГ «Аркадія» та ФГ «Відродження-100» використовують власні польові досліди й зменшені норми висіву як спосіб адаптації до дефіциту вологи. ФГ «Аннушка» поєднує No-till із вертикальним обробітком та елементами точного землеробства. ФГ «Аргумент» застосовує високу стерню й озимий горох як покривну культуру перед соняшником. ТОВ «ВВІ-Агро» вирізняється широким набором культур, насінництвом і створенням сумішей покривних культур для степових умов. С(Ф)Г «Анастасія» поєднує No-till із багаторічними травами, компостами та максимально тривалим покриттям полів живою рослинністю. ПСП «Злагода» демонструє застосування Strip-till, локального внесення кількох видів добрив і диференційованої сівби. Агрофірма «Теллус-Юг» є прикладом використання No-till на піщаних ґрунтах із дуже низьким вмістом гумусу та в умовах крайнього дефіциту опадів.

Практичний досвід українських фермерів підтверджує, що успішне впровадження No-till і Strip-till потребує не копіювання готової схеми, а постійного спостереження, аналізу та поступового вдосконалення системи.

Найкращі результати отримують господарства, які поєднують мінімальне порушення ґрунту, різноманітну сівозміну, збереження рослинних решток, покривні культури, точне живлення та адаптацію технологічних рішень до конкретних умов поля. Для прискорення переходу землеробства на нові системи потрібна державна підтримка.

6.1. Узагальнений опис досвід українських фермерів, які які впровадили системи зберігаючого регенеративного землеробства: No-till і Strip-till

У цьому розділі представлено практичний досвід українських господарств, які у різних ґрунтово-кліматичних умовах працюють за системи зберігаючого землеробства. Основну увагу приділено господарствам, що застосовують технологію No-till з доповненням елементами мінімального або вертикального обробітку у відповідності до стану ґрунту, покривні культури, продумані сівозміни та підходи до збереження рослинних решток на поверхні поля.

Системи зберігаючого землеробства в цих господарствах не зводяться лише до відмови від оранки. Вони включають комплекс рішень: правильний добір культур у сівозміні, роботу з рослинними рештками, які залишаються на полі, використання покривних культур, зменшення кількості технологічних операцій, ощадне застосування пестицидів, раціональне внесення добрив і постійне спостереження за станом ґрунту.

Наведені приклади показують, що кожне господарство формує власну модель зберігаючого землеробства. У зоні кращого зволоження більша увага приділяється підвищенню біологічної активності ґрунту, накопиченню органічної речовини та стабілізації сівозміни. У посушливих регіонах головним завданням стає збереження вологи, захист поверхні ґрунту від перегрівання, суховіїв і вітрової ерозії. Тому досвід кожного господарства слід розглядати як практичний приклад адаптації технології до конкретних природних і виробничих умов.

Досвід українських господарств, представлений у цьому розділі, показує різні підходи до впровадження ґрунтоощадних технологій, насамперед No-till, а також окремих заходів мінімального, вертикального обробітку в ресурсозберігаючому землеробстві. Ці господарства працюють у різних ґрунтово-кліматичних умовах України – від Київщини й Полтавщини до Миколаївщини, Херсонщини та Дніпропетровщини. Їх досвід є цінним для інших і він свідчить, що No-till це не єдина універсальна модель, а адаптована сукупність практичних рішень, до конкретного регіону, типу ґрунту, рівня зволоження, структури посівних площ і технічних можливостей господарства.

Спільною рисою більшості господарств є те, що першим кроком переходу на No-till була поступова або повна відмова від інтенсивного механічного обробітку ґрунту. Основною причиною такого переходу стала потреба зберегти вологу, зменшити ерозійні процеси, поліпшити структуру ґрунту та знизити виробничі витрати.

Таблиця 6.1

Господарства, досвід яких представлено в розділі

№	Назва господарства	Керівник / власник	Регіон розміщення	Основний напрям досвіду
1	ТОВ «Мрія»	Михайло Вікторович Войтовик	Київська область, Білоцерківський район	No-till, сівозміна із соєю, пшеницею, кукурудзою та соняшником, збереження рослинних решток
2	ПП «Михайлівський лан»	Анатолій Костянтинович Шумко	Київська область, Білоцерківський район	No-till в умовах нестачі вологи, використання РКД, КАС і біопрепаратів
3	СФГ «Дослідне»	Володимир Якович Мокляк	Полтавська область, Семенівський район	No-till у зоні нестійкого зволоження, адаптація строків сівби, локальне внесення добрив
4	ПП «Агрофірма-Додола»	Василь Володимирович Штендера	Херсонська область, Бериславський район	No-till у зоні ризикованого землеробства, робота з озимим ріпаком, захист ґрунту від ерозії
5	ДП «Дослідне господарство “Великі Клини”»	Олена Григорівна Мухіна	Херсонська область, Скадовський район	Адаптація No-till до ґрунтових умов півдня країни, боротьба з опустелюванням і пиловими бурями
6	ФГ «Аркадія», ФГ «Відродження-100»	Вадим Миколайович Дробітько	Миколаївська область, Вознесенський район	No-till у посушливих умовах, зменшені норми висіву, власні польові досліди
7	ФГ «Аннушка»	Максим Віталійович Максименко	Миколаївська область, Первомайський район	Поєднання вертикального обробітку та No-till, елементи точного землеробства
8	ФГ «Аргумент»	Олексій Григорович Смоляков	Миколаївська область	No-till, висока стерня, озимі культури, покривний озимий горох
9	ТОВ «ВВІ-Агро»	Андрій Борисович Чичета	Миколаївська область, Березанський район	No-till у степовій зоні, покривні культури, післяжнивні посіви, насінництво
10	С(Ф)Г «Анастасія»	Андрій Петрович Усов	Дніпропетровська область, Синельниківський район	No-till, багаторічні трави, покривні культури, компости, органічна речовина біологізація No-till
11	ТОВ «Союз-Спецтехніка»	Едуард Анатолійович Романьков	Дніпропетровська область, Синельниківський район	No-till, ресурсоощадне землеробство, покривні культури, дослідна сівозміна, агроконсультування

У степових і посушливих регіонах вирішальним чинником була волога. Господарства Миколаївської, Херсонської та Дніпропетровської областей особливо наголошують, що без збереження ґрунтової вологи отримання стабільного врожаю стає дедалі складнішим. Тому No-till у цих умовах розглядається не лише як технологія сівби без обробітку, а як система управління вологою, рослинними рештками, сівозміною та ризиками посухи.

Важливим елементом досвіду фермерів є робота з рослинними рештками. У господарствах їх не забирають із поля, а залишають на поверхні ґрунту. Сьогодні більшість господарників розуміють, що рослинні рештки виконують кілька функцій: зменшують перегрівання поверхні, захищають ґрунт від вітрової та водної ерозії, зберігають вологу, сприяють розвитку ґрунтової біоти та поступовому накопиченню органічної речовини. Частина господарств залишає високу стерню, особливо після збирання пшениці та ячменю. Для цього застосовують очісувальні жатки або налаштовують збирання так, щоб стерня залишалася прямостоячою. У посушливих умовах така стерня створює кращі умови для якісного посіву наступних культур і створює тінь для сходів і зменшує вплив суховіїв.

Сівозміна є одним із ключових інструментів у системі No-till. Господарства формують структуру посівних площ не лише за економічною доцільністю, а й за їхньою роллю у відновленні ґрунту. Наприклад, зернові культури формують значну кількість соломи й мульчі. Бобові культури забезпечують накопичення біологічного азоту та активізують ґрунтову мікробіоту. Культури зі стрижневою або потужною кореневою системою – соняшник, ріпак, кукурудза – використовуються для біологічного розущільнення ґрунту та формування глибших каналів для проникнення води й повітря. Особливістю представленого досвіду є те, що кожне господарство формує власну систему. Одні роблять акцент на сої та бобових культурах, інші – на ріпаку, озимих зернових, багаторічних травах або покривних сумішах.

У багатьох господарствах велике значення мають покривні культури, які висівають після збирання озимих або перед ярими культурами. Більшість господарств переходять на сівбу сумішей покривним культур, підбираючи їх у відповідності до поставлених завдань. Як свідчить досвід такий підхід дає кращі результати.

У південних регіонах поширеним підходом є зменшення норм висіву, щоб знизити конкуренцію між рослинами за вологу. Це особливо помітно в досвіді господарств Миколаївщини, де фермери наголошують, що нижча густота рослин дозволяє сформувати сильнішу кореневу систему й стабільніше використовувати обмежені запаси води.

Застосування пестицидів у господарствах також має спільну тенденцію: препарати використовують переважно за потреби, після оцінки стану поля. У багатьох господарствах основним інструментом контролю бур’янів є загальновинищувальні гербіциди перед сівбою або після неї, але до появи сходів культури. Фунгіциди й інсектициди часто застосовують лише за наявності реальної загрози або перевищення економічного порогу

шкодочинності. Окремі господарства повідомляють про мінімальне використання фунгіцидів та інсектицидів або навіть повну відмову від них протягом тривалого часу.

У системі живлення рослин господарства дедалі частіше використовують рідкі добрива, зокрема КАС і РКД. Частина господарств застосовує локальне внесення добрив у рядок або поряд із рядком, щоб підвищити ефективність використання елементів живлення. У посушливих умовах це особливо важливо, оскільки добрива мають бути доступними для рослини в зоні розвитку кореневої системи.

Деякі господарства використовують біологічні препарати, інокулянти, фосформобілізуючі, каліймобілізуючі та азотофіксуючі бактерії, проте здебільшого ці елементи впроваджуються поступово або в дослідному порядку.

Технічне забезпечення є важливою умовою успішного впровадження No-till. У господарствах використовують спеціалізовані сівалки прямого висіву, широкорядні сівалки, посівні комплекси, самохідні та причіпні обприскувачі, очісувальні жатки, обладнання для внесення рідких добрив, зерноочисні лінії та зерносховища. Водночас досвід показує, що техніка сама по собі не є вирішальним чинником. Важливішими є правильна сівозміна, розуміння стану ґрунту, оцінка вологи, своєчасність технологічних операцій і готовність фермера змінювати підходи.

Загалом представлений матеріал показує, що No-till в Україні застосовується не як шаблонна технологія, а як гнучка система землеробства. Вона потребує знань, спостережень, дослідів і поступового налаштування під конкретне господарство. Найкращі результати отримують ті фермери, які поєднують прямий висів із продуманою сівозміною, збереженням рослинних решток, раціональним захистом рослин, точним використанням добрив і постійним аналізом стану ґрунту.

Одним із найважливіших результатів тривалого застосування No-Till є відновлення родючості ґрунту. За даними господарства, вміст органічної речовини за час господарювання зріс із 0,3 до 0,7 %, а чисельність дощових черв'яків досягає 150 особин на 1 м². Це свідчить про активізацію біологічних процесів, покращення структури ґрунту та підвищення його здатності акумулювати вологу (В.Я. Мокляк).

6.2 Короткі анотації господарств

6.2.1 ТОВ «Мрія»

Господарство працює в Київській області, в Білоцерківському районі. Господарство має 900 га ріллі, ґрунти - чорноземи типові. З 2007 року господарство практикує систему землеробства No-till. Основна ідея господарства полягає у збереженні та відтворенні родючості ґрунту, накопиченні гумусу, захисті поверхні ґрунту від перегрівання й ерозії. Особливістю господарства є уважне ставлення до сівозміни. У перші роки після переходу

на No-till застосовували трипільну сівозміну з переважанням сої та озимої пшениці. Надалі до структури додали кукурудзу та соняшник. Господарство приділяє значну увагу ролі кожної культури: пшениця формує солому, соя збагачує ґрунт азотом, кукурудза залишає багато органічної речовини, а соняшник завдяки кореневій системі сприяє глибокому біологічному розпушенню**.**

Використання палива: Витрата палива в господарстві становить 20 л/га: на сівбу – 5–6 л/га, два обприскування по 1 л/га, збирання врожаю – 9–11 л/га, транспорт – 1–2 л/га.

Урожайність у 2020 р.: озима пшениця – 5 т/га; соняшник – 2,9 т/га; кукурудза – 7 т/га; соя – 2,5 т/га.

Чергування культур

Перші вісім років після переходу на No-till (2007–2014 рр.) практикували трипільну сівозміну «соя – соя – озима пшениця». Соя висівалася звичайним рядовим способом із шириною міжрядь 15 см, сівалкою Semeato. Ця культура забезпечувала накопичення в ґрунті легкодоступного азоту, покращувала структуру ґрунту, підвищувала активність ґрунтових мікроорганізмів. Усі ці переваги повною мірою використовує наступна культура – озима пшениця. Після збирання пшениці, висівали проміжну культуру – гречку. Отримували другий урожай 1–1,2 т/га. Висів 2 роки підряд сої був доцільним у перші роки після введення цієї культури в сівозміну або переходу на No-till. Це допомагало швидше підняти мікробіологічну активність ґрунту Тривалий період відсутності культур із глибокою кореневою системою зумовив прояв переущільнення ґрунту на одному з полів, для зняття якого було застосували глибоке рихлення. Керівництво господарства прийшло до висновку, що ґрунту треба допомагати, а не чекати поки проблема вирішиться сама.



Рис. 6.1. Сходи покривних культур, 2021 р. Покривні культури (сумішки до 12 культур) висівають після пшениці озимої. © М. Биков

Надалі з накопиченням збудників хвороб і підвищенням родючості ґрунту зумовило необхідність введення в сівозміну двох культур – кукурудзу і соняшник, які потужно впливають на щільність будови кореневмісного шару.

Поглиблення системи No-till спостерігається і в зміні відношення до покривних культур. Якщо раніше, це був виключно моновидовий посів гречки, то сьогодні після проведення польових виробничих дослідів, орієнтується на використання для покривних посівів баготокомпонених сумішей.

Подальшу стратегію розвитку системи No-till господарство бачить в формуванні технології з мінімальними проходами агрегатів по воля по постійним виробничим коліям для уникнення переущільнення ґрунту.

6.2.2 ПП «Михайлівський лан»

Розташоване в Київській області, земельний банк 980 га, тип ґрунту чорнозем типовий опідзолений, з 2012 року використовує технологію No-till. Перехід на технологію був зумовлений кліматичними умовами, зокрема нестачею опадів і проблемами із сівбою в сухий ґрунт. Господарство перейшло на No-till відразу на всій площі. Перед цим були вирівняні поля та проведене щілювання. Важливою частиною досвіду є психологічний аспект переходу: у перші роки розвиток культур навесні може виглядати повільнішим, ніж за полицевої технології, але з часом посіви вирівнюються, а стабільні врожаї підтверджують ефективність системи. У господарстві застосовують збалансовану сівозміну, рідкі добрива РКД і КАС, біологічні препарати, а також залишають рослинні рештки на полі.

Середня врожайність в три останні роки: соняшник 3–3,5 т/га; озима пшениця 5,5–7 т/га; кукурудза 8–11 т/га; соя 2,6–3,5 т/га.

Структура посівних площ: соняшник – 20–25%; озима пшениця – 25%; кукурудза – 25%; соя – 5–10%; квасоля –10%.



Рис. 6.2. Сівба кукурудзи за Strip-till. © Новый голос

Раніше вирощували озимий ріпак, але вже три роки як від нього відмовилися.

Культури, які формують мульчу, – 50% у структурі сівозміни: озима пшениця, ячмінь – 25%; кукурудза – 25%.

Культури, які накопичують азот, – 20% у структурі сівозміни: соя – 10%; квасоля – 10%.

Культури, які розущільнюють ґрунт, – 50% у структурі сівозміни: кукурудза – 25%; соняшник – 25%.

6.2.3 СФГ «Дослідне»

Господарство працює в Полтавській області, має 2 000 га землі з 2011 року застосовує No-till. Господарство вирощує широкий набір культур: пшеницю, ячмінь, ріпак, соняшник, сою, кукурудзу, гречку. Перехід до прямої сівби був зумовлений змінами клімату, нестійким зволоженням і потребою отримувати стабільніші прибутки. Досвід господарства показує, що No-till добре працює в посушливі роки. Для оґрунтованого застосування елементів системи No-till в господарстві закладений стаціонарний дослід, результати якого служать основою для прийняття і застосування на виробничих посівах певних елементів нової системи землеробства

За прямої сівби кукурудза давала кращий результат порівняно з оранкою, а озимі культури краще перезимовували завдяки мульчувальному шару. У господарстві відзначають збільшення вмісту гумусу на окремих полях і зростання кількості дощових черв'яків. Важливою технологічною особливістю є відтермінування строків сівби на 10–12 днів залежно від рівня прогрівання ґрунту. Також господарство застосовує власну систему внесення добрив: частину в рядок, частину збоку рядка на глибину близько 10 см. Це підвищує ефективність живлення рослин і зменшує втрати добрив.

Середня врожайність за останні 3 роки: пшениця – 5–5,5 т/га; ячмінь – 5–6 т/га; соняшник – 2–2,5 т/га; кукурудза – 4,5–10 т/га; соя – 1,6–2,5 т/га; горох – 3–3,5 т/га; ріпак – 2–2,4 т/га.

Структура сівозміни: соняшник – 10–30%; соя – 10–20%; озима пшениця – 20%; озимий ячмінь – 10%; озимий ріпак – 10%; кукурудза – 30–50%; горох – 5–7%.Сівозміна базується на економічній доцільності, з урахуванням біологічних особливостей культур: не висівається пшениця по пшениці або пшениця по ячменю. Соняшник повертається на поле через 4–5 років.

Чергування культур: Після кукурудзи – соя / соняшник / горох. Після соняшнику – ячмінь / пшениця / кукурудза. Після сої – пшениця / ячмінь / кукурудза. Після гороху – ріпак / пшениця / кукурудза.

Культури, які формують мульчу, 60% у структурі сівозміни: озима пшениця – 20%; озимий ячмінь – 10%; кукурудза – 30–50%.

Культури, які накопичують азот, 17–27% у структурі сівозміни**:** горох – 5–7%; соя – 10–20%.

Культури які розущільнюють ґрунт, 39–52% у структурі сівозміни: кукурудза – 30–50%; соняшник – 10–30%; ріпак – 10%.



Рис. 6.3. Посів соняшнику. © Агравери

Найбільш прибутковою культурою в системі No-Till власник господарства В. Я. Мокляк вважає кукурудзу, максимальна врожайність якої досягала 17,5 т/га. Практичні результати 15-річного досліду на демонстраційних полях, де паралельно застосовуються технології No-Till і полицевим обробітком, свідчать про можливість отримання додатково 2,0–2,5 т/га кукурудзи та 0,3–0,5 т/га сої в роки з дефіцитом вологи, а це додаткова EBITDA 300–430 дол./га на кукурудзі та 105–200 дол./га на сої.

Зміщення посівної компанії в No-Till порівняно з полицевою технологією в регіоні може відтягнутись в середньому на 2-4 тижні, тому родуктивний період посіву складає в межах 2-3 днів порівняно з 7 днями в класичній технології. Для дотримання цієї вимоги господарство повинно мати високе технічне забезпечення. Загальний рівень технічного забезпечення господарства оцінюється на рівні близько 1000 дол. США на 1 га сільськогосподарських угідь.

6.2.4 ПП «Агрофірма-Додола»

Розташоване в Херсонській області та обробляє 2 400 га. Господарство працює в умовах дуже низького зволоження, високих температур, повітряної посухи та пилових бур. З 2008 року воно повністю перейшло на технологію прямої сівби No-till. Головна ідея господарства – збереження ґрунтової вологи та захист ґрунту від руйнування в умовах ризикованого землеробства. Після переходу на пряму сівбу ґрунт почав поступово відновлювати структуру. Навіть за значних опадів не спостерігалося ерозійних проявів, що є важливим для господарства, де значна частина земель має схили. Особливу роль у системі господарства займає озимий ріпак. Його розглядають як рентабельну культуру, добрий попередник для пшениці та рослину з потужною стрижневою кореневою системою, яка сприяє руйнуванню ущільнення. Господарство також працює зі зрошенням і пробує вирощувати післяжнивну

сою. Територія господарства сьогодні попадає під обстріли і веде землеробство в умовах постійного впливу військових дій.

Витрати палива 20 л/га: на сівбу – 5–6 л/га, на два обприскування – до 1 л/га, на обмолот урожаю – 9–11 л.

Урожайність у середньому (до початку військових дій**):** пшениця – 5,5 т/га; озимий ріпак – 3 т/га; соняшник – 2,5 т/га; соя – 2 т/га.

Чергування культур:

Озима пшениця / післяжнивна соя – ріпак озимий / соняшник**.** Структура посівних площ **-** озима пшениця, ячмінь озимий – 50%; ріпак озимий – 50%; соняшник – пересів озимого ріпаку до 10%; соя післяжнивний посів, на поливі – до 10%.

*Культури, які формують мульчу, 50% у структурі сівозміни***:** озима пшениця; ячмінь озимий.

Культури, які розущільнюють ґрунт, 50% у структурі сівозміни: соняшник; ріпак озимий.

Культури, які накопичують азот, 10% у структурі сівозміни: соя.



Рис. 6.4. Посіви пшениці, 2020 р. © В. Штендера

6.2.5 ДП «Дослідне господарство “Великі Клини”»

Розташоване в Херсонській області, біля Олешківських пісків. Господарство має 1 360 га, працює на дерново-піщаних ґрунтах із низьким вмістом гумусу та з 2015 року впроваджує No-till. Це господарство є прикладом адаптації ґрунтоощадної технології до надзвичайно складних умов: малої кількості опадів, суховіїв, пилових бур, високих температур ґрунту та ризику опустелювання. Основне завдання технології – зменшити втрати вологи, захистити поверхню ґрунту від видування та створити умови для накопичення рослинних решток. Сівозміна господарства насичена озимими культурами, які формують рослинні рештки. Також вводяться бобові,

зокрема зимуючий горох, для збагачення ґрунту азотом. Господарство застосовує рідкі добрива, висіває покривні культури та залишає високу стерню. Сьогодні господарство знаходиться в зоні окупації.

Урожайність за останні 3 роки до окупації: озима пшениця – 2,3–2,5 т/га; ячмінь озимий – 2,3–2,5 т/га; ріпак озимий – 0,6–0,8 т/га; жито озиме – 1,6–2,0 т/га; кукурудза без поливу – 1,5–8,5 т/га; кукурудза на поливі – 12,7 т/га; просо пожнивне – 0,9 т/га; просо (основний посів) – 2,0–2,5 т/га.

Чергування культур у сівозміні базується на підборі культур, які накопичують рослинні рештки. Раніше практикувався такий порядок чергування культур: озима пшениця – ріпак озимий – ячмінь озимий – зимуючий горох.

Нова сівозміна: озима пшениця – ріпак озимий – кукурудза/просо – ячмінь озимий – горох зимуючий.

Висівають покривні культури: після озимого ячменю – гречка, після озимої пшениці та ріпаку – просо.

Структура посівних площ у 2021 р.: озима пшениця – 30%; ячмінь озимий – 25%; ріпак озимий – 10%; жито озиме – 20%; кукурудза без зрошення – 3%; кукурудза на зрошенні – 1,5%; просо – 10%.



Рис. 6.5. Посівна Господарство «Теллус-Юг» Джерело: kurkul.com

6.2.6 ФГ «Аркадія» та ФГ «Відродження-100»

Господарства розташовані у Миколаївській області, загальна площа ріллі 1 600 га. Господарства з моменту заснування застосовували мінімальний поверхневий обробіток, а з 2009 року перейшли на No-till. Основна проблема регіону – нестача вологи. Тому головним завданням господарств є її накопичення та збереження, особливо в другій половині літа, коли формується врожай ярих культур. Технологія побудована на мінімізації

втручання в ґрунт, розвитку кореневої системи рослин, збереженні мікробіологічного потенціалу ґрунту та оптимальному використанні запасів природної вологи. Господарства проводять власні польові досліди. Важливий висновок їхнього досвіду – у посушливих умовах зменшення норм висіву може давати стабільніші врожаї, оскільки рослини менше конкурують за воду та формують потужнішу кореневу систему. Цей підхід використовується для пшениці, сої, кукурудзи й соняшнику.

Рекомендації господарства щодо норм висіву культур у південних регіонах: пшениця та ячмінь – 1,5–2 млн насінин/га; соя – 200 000 насінин/га; кукурудза – 40 000 насінин/га; соняшник – 50 000 насінин/га.

Урожайність за останні 3 роки: пшениця – 3–5 т/га; ячмінь – 4–5 т/га; соняшник – 2,5–3 т/га; кукурудза – 4,5–6 т/га; соя – 1,6–2,2 т/га; горох – 2,2 т/га; ріпак – 2,5–3 т/га.

При ергуванні культур у сівозміні керуються такими правилами: різна структура кореневої системи, різна тривалість вегетації, різна активність ризосферної мікробіоти між попередником і культурою.

Приклад чергування культур:

соя – озима пшениця – соя – соняшник – соя.

Структура посівних площ: соняшник – 20–25%; соя – 25–30%; озима пшениця – 10–15%; озимий ячмінь – 10–15%; озимий ріпак – 7–10%; кукурудза – 10–15%; горох – 5–7%; гірчиця – 2%.

*Культури, які формують мульчу, – 30–45% у структурі сівозміни***:** озима пшениця – 10–15%; ячмінь озимий – 10–15%; кукурудза – 10–15%.

Культури, які накопичують азот, **– 32–39% у структурі сівозміни:** горох озимий – 5–7%; соя – 25–30%; нут – 2%.

Культури, які розущільнюють ґрунт, – 39–52% у структурі сівозміни: кукурудза – 10–15%; соняшник – 20–25%; ріпак – 7–10%; льон – 2%.



Рис. 6.6. Поле покривних культур, 2021 р. © М. Биков

6.2.7 Фермерське господарство «Аннушка»

Господарство розташоване в Миколаївській області, має 2 500 га, ґрунти - чорноземи південні. Господарство пройшло поступовий шлях від відмови від оранки до глибокого розпушення, вертикального обробітку, а з 2018 року – до No-till. Особливість господарства полягає у поєднанні вертикального обробітку та No-till. Вертикальний обробіток використовується для боротьби з ущільненням, рівномірного розподілу пожнивних решток і підготовки ґрунту до сівби. Водночас господарство прагне зберегти мульчувальний шар на поверхні, щоб зменшити випаровування вологи та захистити ґрунт. ФГ «Аннушка» також застосовує елементи точного землеробства: диференційований висів насіння та внесення добрив. Норма висіву кукурудзи змінюється залежно від характеристик ґрунту та наявної вологи на різних частинах поля. Це свідчить про перехід від загальної технології до точнішого управління полем.

Урожайність за останні 3 роки: соняшник – 3,5 т/га; кукурудза – 6–10 т/га; озима пшениця – 4–5 т/га; озимий ячмінь – 4–5 т/га; ярий горох – 3 т/га; озимий ріпак 3–4 т/га.

Чергування культур: Сівозміна 4-пільна зі збірними полями: пшениця/ячмінь озимі – ріпак озимий – пшениця/ячмінь озимі – соняшник/кукурудза. За поганої перезимівлі ріпаку висівають ярий горох або сою.

Структура посівних площ: озимі зернові – 50%; озимий ріпак – 25%; соняшник/кукурудза – 25%. У структурі посівних площ – озимі 75%, а ярі – 25%.



Рис. 6.7. Рослинні рештки пшениці. © YouTube, No-Tiller

6.2.8 ФГ «Аргумент»

Працює в Миколаївській області на площі 3 200 га. З 2015 року господарство перейшло на No-till. Основні культури – озима пшениця, озимий ячмінь, озимий ріпак, соняшник і горох. Господарство формує свою систему на основі кліматично-орієнтованого підходу: підбір культур відповідно до умов регіону, збереження вологи, зменшення витрат і підтримання

рентабельності. Значну увагу приділяють озимим культурам, які займають значну частку в структурі посівів і дають змогу формувати мульчувальний шар. Одна з важливих особливостей господарства – використання очісувальної жатки для збирання зернових. Завдяки цьому залишається висока прямостояча стерня, яка захищає ґрунт від суховіїв і створює кращі умови для сходів. Також господарство використовує покривну культуру – озимий горох – перед соняшником, що сприяє накопиченню азоту та розвитку ґрунтової біоти.

*Урожайність за останні 3 роки***:** соняшник – 2–2,5 т/га; озима пшениця – 3–3,5 т/га; ячмінь озимий – 4–4,5 т/га; горох ярий – 2–3 т/га; ріпак озимий – 2–3 т/га.

*Чергування культур***:** горох – ріпак – пшениця/ячмінь (покривна культура – горох озимий) – соняшник – горох – ячмінь.

Структура посівних площ: соняшник – 12%; пшениця – 12%; ячмінь – 16%; озимий ріпак – 18%; горох – 40%; льон – 2%; покривна культура – до 12%. Частка озимих культур – 60–70%.



Рис. 6.8. Сходи ріпаку, 2023 р. © О. Смоляков

6.2.9 ТОВ «ВВІ-Агро»

Розташоване в Миколаївській області, має 2 000 га , ґрунти чорноземи карбонатнатні. З 2015 року господарство перейшло на технологію прямої сівби No-till. Вирощує широкий набір культур: озиму пшеницю, озимий ячмінь, озимий ріпак, соняшник, льон, нут, горох, сочевицю, сорго, просо, гірчицю. Господарство працює в посушливих умовах, тому головним завданням є збереження вологи та добір культур, які можуть забезпечувати економічну ефективність у степовій зоні. Важливою особливістю є вирощування насіннєвого матеріалу зернових, бобових і технічних культур, а також створення сумішей покривних культур для Степової зони України. Активно використовує покривні культури, післяжнивні посіви та високу стерню після збирання зернових. У господарстві застосовують зменшені норми висіву зернових, рідкі добрива та гнучке формування сівозміни залежно від наявності вологи.

Урожайність за останні 3 роки: соняшник – 2–2,5 т/га; кукурудза – 2–5 т/га; озима пшениця – 4–5 т/га; ячмінь озимий – 3–3,5 т/га; горох озимий – 2–3,5 т/га; льон – 1,5–2 т/га; ріпак озимий – 2–2,5 т/га.

Структура посівних площ: соняшник – 10%; пшениця – 30%; кукурудза – 10–20%; льон – 0–10%; ріпак – 0–10%; ячмінь – 10%; покривні культури – 50–60%; горох, гірчиця – 10%.



Рис. 6.9. Обробіток соняшнику, 2021 р. © А. Чичета

6.2.10 С(Ф)Г «Анастасія»

Господарство розташоване в Дніпропетровській області, площа ріллі 2 600 га. Ґрунт – чорнозем звичайний. З 2012 року впроваджує No-till із використанням багаторічних трав і покривних культур. Основна ідея господарства – мінімальне втручання в ґрунт, пряма сівба, збалансована сівозміна, використання органічних і мінеральних добрив, підвищення вмісту гумусу та покриття полів живою рослинністю протягом вегетаційного сезону. Значну роль відіграють багаторічні трави – еспарцет і люцерна, які

займають частину площі й допомагають формувати структуру ґрунту. Господарство щороку виготовляє компости на основі пташиного посліду та рослинних залишків. Покривні культури висівають після озимих під час збирання за допомогою посівного модуля, встановленого на комбайні. Важливою особливістю є те, що господарство понад 20 років не застосовує фунгіциди та інсектициди, використовуючи переважно лише гербіцидний контроль.

*Урожайність за останні 3 роки***:** соняшник – 2,5 т/га; кукурудза – 6–7 т/га; озима пшениця – 5–5,5 т/га; озимий ячмінь – 5–5,5 т/га; насіння люцерни – еспарцету – 0,5–1 т/га; льон – 1,2 т/га.

Чергування культур: Соняшник із підсівом багаторічних трав – багаторічні трави на насіння – пшениця – кукурудза/льон/ріпак – пшениця/ячмінь. Багаторічні трави – еспарцет та люцерна. Покривні культури висівають після збирання озимих культур (пшениці, ячменю, ріпаку) на площі близько 1 500 га.

Структура посівних площ: соняшник із підсівом багаторічних трав – 20%; багаторічні трави на насіння – 20%; пшениця – 30%; кукурудза – 10%; льон – 0–10%; ріпак – 0–10%; ячмінь – 10%; покривні культури – 50–60%.



Рис. 6.10. Рослинні рештки кукурудзи, 2021 р. © А. Усов

6.2.11 ПСП «Злагода» - сучасне аграрне підприємство, розташоване у західній частині України на території двох районів Рівненської області. Земельний банк господарства становить близько 2000 га. В даний час ПСП «Злагода» застосовують двопільну сівозміну (кукурудза/соя), а стан ґрунтів покращують за допомогою сидерації.

Основними причинами переходу від оранки до Strip-till стали глинисті ґрунти, прояви водної та вітрової ерозії, а також необхідність збереження продуктивної вологи в умовах тривалих посушливих періодів. У господарстві практично відмовилися від оранки та використання важких дискових борін, залишаючи на поверхні поля значний шар рослинних решток.




Рис. 6.11. Кукурудза по технології Strip-till. Джерело ПСП «Злагода»

Одним із ключових елементів технології Strip-till є локальне внесення добрив у смугу: американським аплікаторо добрив із бункером-дозатором (Dawn Equipment Monodisk / Model 6000 + бункер-дозатор Montag GEN), що дозволяє одночасно формувати смугу та закладати кілька видів добрив - як твердих, так і рідких. Восени у смуги вносять калійні добрива та близько 500 кг/га гранульованого курячого посліду, а навесні за допомогою GPS-навігації виконують точний висів насіння разом із азотними або комплексними добривами.

Кукурудзу в господарстві сіють диференційованими нормами висіву за картами родючості полів, ширину міжрядь змінюють залежно від виду сільськогосподарської культури від 45 до 70 см). За смуговою технологією вирощують такі просапні культури, як кукурудзу, сою та соняшник.

6.2.12 Агрофірма «Теллус-Юг»

Обробляє близько 2000 га сільськогосподарських угідь у надзвичайно посушливих природно-кліматичних умовах крайнього півдня Херсонської області. Територія господарства характеризується середньорічною кількістю опадів лише 180–200 мм, з яких упродовж вегетаційного періоду випадає близько 37 мм. Землі представлені переважно чистими пісками з дуже низьким вмістом гумусу – близько 0,8 %.

Незважаючи на такі складні ґрунтово-кліматичні умови, господарство успішно вирощує озиму пшеницю, кукурудзу, ріпак, гірчицю та льон, забезпечуючи стабільний рівень урожайності. Ефективність виробництва дозволяє не лише підтримувати економічну стійкість підприємства, а й створювати нові робочі місця та розвивати соціальну інфраструктуру громади.

Основою виробничої стратегії є застосування ресурсоощадних технологій землеробства, адаптованих до екстремально посушливих умов регіону. За словами власника господарства та ідеолога впроваджуваної системи землеробства Андрія Щедрінова, під час вибору технологій обробітку ґрунту пріоритет надається рішенням, які забезпечують мінімізацію виробничих

витрат без зниження врожайності культур, з урахуванням особливостей природно-кліматичних умов зони вирощування.

Господарство першим на Херсонщині почало використовувати технологію нульового обробітку землі No-Till і підтвердило її практичну ефективність в умовах жорстких кліматичних змін та відсутності належного фінансового забезпечення. Дана технологія дозволяє закривати основні виробничі процеси трьома 110-сильними та одним 210-сильним тракторами New Holland. Впровадження технології No-till протягом 3 років сприятиме підвищенню вмісту гумусу в ґрунті з 0,81% до 1,21%, збереженню вологи та зниженню ерозійних процесів. Загалом на обслуговуванні виробництва буде задіяно 15 працівників.



Рис. 6.12 Керівник господарства Щедрінов А. Джерело: kurkul.com

6.2.13 ФГ «АДАПТ»

Для господарств Півдня України перехід до системи No-till набуває особливого значення в умовах дефіциту вологи та посушливого клімату. Практичний досвід ФГ «АДАПТ», розташованого в Березівському районі Одеської області, демонструє підхід до впровадження No-till, орієнтований на мінімізацію механічного порушення ґрунту, збереження рослинних решток на поверхні поля та ефективне використання наявної вологи.

Загальна площа земель господарства становить близько 2000 га. Система No-till застосовується у ФГ «АДАПТ» протягом шести років, що дає можливість оцінювати її вже не як окремий технологічний експеримент, а як сформований підхід до ведення рослинництва. Основу структури посівних площ становлять озима пшениця та озимий ріпак. У менших обсягах господарство вирощує ячмінь і соняшник. На окремих полях до сівозміни вводять зимуючий горох, який використовується для розширення набору культур та формування оптимального чергування культур у сівозміні. За

даними господарства, урожайність основних культур становить близько 5,5 т/га озимої пшениці та 4,5 т/га озимого ріпаку**.**

Основним принципом, якого дотримуються у господарстві, є відмова від полицевого обробітку ґрунту. Рослинні рештки попередньої культури залишають на поверхні поля, де вони формують захисний мульчувальний шар. Важливим виробничим показником системи є витрата пального. У господарстві загальні витрати пального на вирощування однієї культури становлять до 30 л/га**.** Зменшення кількості механічних операцій досягається передусім завдяки відмові від оранки, культивації та інших суцільних обробітків ґрунту. Значна увага приділяється контролю бур'янів, хвороб і шкідників. Залежно від культури та фітосанітарної ситуації протягом її вирощування у господарстві проводять до трьох гербіцидних обробок, до двох фунгіцидних та до двох інсектицидних обробок**.**

Відмова від передпосівного механічного обробітку також підвищує вимоги до проведення сівби. Посівний агрегат повинен забезпечувати якісне формування посівної борозни та стабільну глибину загортання насіння без попередньої підготовки ґрунту, у тому числі за наявності значної кількості рослинних решток. Для виконання цих завдань у ФГ «АДАПТ» використовують спеціалізовану посівну техніку Horsch – сівалки Avatar 12.25 SD та Maestro 24.50 SV.

Сівалка Horsch Avatar 12.25 SD – використовується для прямого посіву зернових культур та покривних у тому числі дрібнонасінних культур. Сівалка обладнана однодисковими сошниками SingleDisc, призначеними для роботи без попереднього суцільного обробітку ґрунту. Під час роботи сошник якісно розрізає шар рослинних решток і формує посівну борозну. Це має особливе значення за прямої сівби, оскільки таким чином мінімалізується потрапляння рослинних решток безпосередньо в зону контакту насіння з ґрунтом. Робоча ширина сівалки становить **12 м**, ширина міжряддя – **25 см**. Для господарства важливо, що така конструкція дає можливість поєднати значну продуктивність посівного агрегату з дотриманням необхідної якості посіву посіву.

24-рядна сівалка Horsch Maestro 24.50 SV – призначена для сівби просапних культур. В господарстві використовується для сівби ріпаку озимого, соняшнику та кукурудзи. Дана сівалка забезпечує необхідну рівномірність та стабільну глибину його загортання. Це особливо важливо в системі No-till, де посівні секції працюють по необробленій поверхні поля, щільність якої може суттєво змінюватися в межах поля. Забезпечується висока рівномірність глибини заробки насіння завдяки обладнанню сівалки системою автоматичного регулювання притискного зусилля AutoForce. Вона дає змогу змінювати притискне зусилля посівних секцій відповідно до умов роботи та підтримувати необхідне положення сошника.

6.2.14 ПСП «Сновський»: досвід адаптації No-till до умов Полісся

Приватне сільськогосподарське підприємство «Сновський» працює у Чернігівській області, Корюківському районі, на території Сновської громади. В обробітку 2170 га сільськогосподарських земель. Керівник підприємства - Сергій Миколайович Скоробогатько. ПСП «Сновський» зареєстроване у 1993 році, основним видом діяльності є вирощування зернових, бобових та олійних культур. Господарство розвивалося на базі колишнього радгоспу. За словами Сергія Скоробогатька, виробничу базу фактично доводилося відновлювати поступово, включно із закупівлею сучасної техніки.



Рис. 6.13. Сергій Срогобагатько ПСП «Сновський». *Джерело: https://superagronom.com/*

Природно-кліматичні умови

Сновська громада розташована на півночі Чернігівської області і належить до природно-географічної зони Українського Полісся. Клімат тут помірно-достатнім зволоженням. Середня багаторічна кількість опадів становить 603 мм на рік.

Головною проблемою для частини земель ПСП «Сновський» є не стільки загальна нестача атмосферних опадів, скільки низька здатність легких піщаних ґрунтів утримувати отриману вологу.

Ґрунтові умови

Однією з основних особливостей господарства є суттєва неоднорідність ґрунтового покриву. У північній частині переважають дерново-підзолисті піщані кислі та слабокислі ґрунти. (pH 5,0–5,8, ємність катіонного обміну – 3,5–7,7 мг-екв/100 г, а вміст органічної речовини – 1,7–2,2 %). У південній частині господарства поширені сірі опідзолені слабосуглинкові ґрунти з pH 5,5–6,5, ємністю катіонного обміну 10–14,9 мг-екв/100 г та вмістом органічної речовини 2,8–3,4 %. Саме ця різниця між біднішими піщаними ґрунтами півночі та більш родючими суглинковими ґрунтами півдня визначає різні технологічні підходи в межах одного господарства. Ґрунти господарства характеризуються високим вмістом фосфору та низьким та середнім вмістом калію

Філософія господарства

Основна ідея господарства полягає у тому, що ґрунт необхідно поступово покращувати через біологічні процеси, а не тільки підтримувати його продуктивність мінеральними ресурсами. У ПСП «Сновський» основними напрямами покращення ґрунту вважають використання покривних культур та внесення компосту. Один із принципів господарства –

поле повинно залишатися постійно вкритим, і за можливості – зеленим. Сергій Скоробогатько формулює цей підхід так: кожен промінь сонця має бути використаний зеленою поверхнею поля. Для господарства No-till є не самоціллю, а одним із інструментів поступового відновлення функціонального стану ґрунту. За спостереженнями господарства, на піщаних землях при No-till активізуються процеси ґрунтоутворення, з'являються дощові черв'яки та підвищується мікробіологічна активність.

Вислів керівника господарства «Північ – це піщані бідні ґрунти. Там я вирощую жито, люпин, ріпак і покривні культури. На умовному «півдні», в Менській громаді ґрунти кращі. Там сію кукурудзу, соняшник, пшеницю і ріпак»

Система обробітку ґрунту

Важливою особливістю ПСП «Сновський» є те, що господарство не застосовує однакову систему обробітку на всіх полях. На бідніших піщаних ґрунтах використовують No-till або мінімальне дискування. На інших площах застосовують безполицевий обробіток агрегатом HORSCH Tiger, у тому числі з одночасним внесенням калійних добрив. Такий підхід свідчить про поступове та диференційоване впровадження No-till залежно від типу ґрунту та завдань конкретного поля.

Основним критерієм ефективності технології No-till в господарстві вважають не лише урожайність, а зміни самого ґрунту – накопичення вологи, появу дощових черв'яків, активізацію біологічних процесів та формування органічної речовини.

Сівозміна на піщаних ґрунтах

На північних піщаних землях господарство застосовує відносно коротку сівозміну: жито + покривні культури → люпин вузьколистий → озимий ріпак.

Середня урожайність культур за п'ятирічний період становила: жито – 5,5–7,2 т/га; люпин вузьколистий – 1,7–2,2 т/га; озимий ріпак – 3,0–3,6 т/га. Особливе значення має люпин. Господарство віддає йому перевагу перед горохом на піщаних землях, оскільки люпин краще пристосований до таких умов і є добрим попередником для озимого ріпаку. Після люпину ріпак висівають прямим посівом без додаткового обробітку ґрунту Важливим принципом сівозміни реалізованим у господарстві є присутність культур щонайменше трьох різних біологічних груп – злакових, капустяних та бобових.

Сівозміна на більш родючих ґрунтах

На південних землях застосовується довша сівозміна:

кукурудза → горох ярий → ріпак озимий → пшениця озима + сидеральні культури → соняшник → кукурудза → кукурудза.

Середня урожайність за п'ять років становить: кукурудза – 9,2–9,8 т/га; горох ярий – 3,5–4,0 т/га; озимий ріпак – 4,5–4,7 т/га; озима пшениця – 5,8–7,5 ц/га; соняшник – 2,7–3,5 ц/га.

Сівозміни в господарстві адаптовані до родючості та гранулометричного складу ґрунтів.

Покривні культури та постійне покриття ґрунту

Покривні культури займають важливе місце в системі господарства. Їх застосування безпосередньо пов’язане з принципом постійного рослинного покриття. Для господарства покривні культури виконують не окрему технологічну операцію, а є складовою довгострокової роботи з ґрунтом поряд із No-till та внесенням компосту.

Живлення рослин

У системі живлення ПСП «Сновський» значну роль відіграє сівозміна завдяки присутності люпину та гороху господарство використовує біологічну фіксацію азоту, після бобових культур на старті наступної культури азотне добриво може не застосовуватися; виняток становить кукурудза, яка отримує стартове азотне живлення. Значну увагу приділяють кальцію, сірці, магнію та калію. Наприклад, під ріпак застосовують сульфат кальцію. На більш родючих землях проводяться експерименти з бактеріальними препаратами.

Компост

Окремим напрямом біологізації є виробництво власного компосту. Для його приготування використовують органічні відходи елеватора. Матеріал зволожують, обробляють бактеріальними препаратами, формують у кагати та періодично на протязі року перемішують. Потім в компост додають каліфорнійських черв`яків. Таким чином, компост готують 2 року. Компост переважно вносять на малопродуктивні поля та ділянки No-till. Власним компостом господарство може охопити приблизно 60 га за сезон. Цей прийом добре відповідає загальній філософії господарства – не просто компенсувати винос поживних елементів, а поступово формувати більш активне ґрунтове середовище.



Рис. 6.14. Ступінь покриття рослинними рештками поля.
Джерело: https://superagronom.com/

Жито озиме

Жито є однією з основних культур піщаних ґрунтів. В господарстві урожайність становить 5,5–7,2 т/га. Попередник – ріпак озимий. Перед сівбою поле обробляють загальновинищувальним гербіцидом. Строк сівби надранній. Початок сівби з 18 серпня. Висівають гібриди компанії КВС, норма висіву 1,5 млн. шт/га. Сіють прямим посівом сівалкою HORSCH PRONTO12NT з шириною міжрядь 20 см. При посіві вносять 50кг/га аміачної селітри в рядок. Догляд за посівами в осінній період полягає в

застосування інсектицидів проти совки на початку сходів та внесення гербіцидів проти падалиці ріпаку. За наявності сходів злакових бур`янів посіви обробляють граміницидами. На весні посіви підкормлюють в кілька прийомів азотними добривами з розрахунку 100 кг/га д.р. В період достигання за наявності шкідників проводиться інсектицидна обробка. Після збирання відразу за комбайном висівається суміш покривних культур. Сівбу проводять наступним чином – сівалка Horsch Pronto12NT без заглиблення сошників в ґрунт із швидкыстю 20 км/год рівномірно розподіляє насіння покривних культур на поверхню ґрунту, а потім культиватор Selford RTS їх заробляє. При цьому всі рештки жита залишаються на поверхні ґрунту.

Люпин вузьколистий

Люпин має особливе значення для сівозміни на піщаних ґрунтах. Його середня урожайність становить в господарстві 1,7–2,2 т/га. За економічним показникам ця культура не є високомаржинальною, але вона розглядається як чудовий попередник для ріпаку, який вирощується за технологією No-till на піщаних ґрунтах. Крім отримання товарного урожаю, люпин виконує функцію біологічної фіксації азоту. Попередник люпина – жито озиме + покривні культури. Сіють прямим посівом сівалкою HORSCH PRONTO12NT з шириною міжрядь 20 см. Норма висіву 1,2 млн. шт/га. Для захисту від бур`янів вноситься ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд після посіву до появи сходів. За наявності опадів під час бутонізації люпину, проводиться фунгіцидний захист від антракнозу. За потреби проводиться десикація.

Ріпак озимий на пісках



Рис. 6.15. Сходів ріпаку. *Джерело: https://superagronom.com/*

Середня урожайність становить на північній частині – 3,0–3,6 т/га. Попередник – люпин вузьколистий. До посіву вноситься сульфат кальцію 500 кг/га. Ріпак висівається прямим посівом сівалкою точного висіву HORSCH MAESTRO 24SW з міжряддям 70 см за два проходи зі зміщенням по навігації на 35 см. Господарство починає сівбу ріпаку озимого на піщаних ґрунтах орієнтовно з 5 по 10 серпня. Господарство сіє гібриди стійкі до імідозолінів. При посіві вноситься аміачна селітра в кількості 50 кг/га. Після сходів - вноситься гербіцид з д.р метазахлор та імазамокс. Як правило, в осінній період проводять два рази рістрегуляцію ріпаку з одночасним внесенням бору. За наявності шкідників проводиться

інсектицидна обробка. В зимовий період вносять калій хлористий в кількості 120 кг/га д.р. Навесні вносять 250 кг/га аміачної селітри та 80 кг/га сульфату магнію. В середині фази цвітіння посіви обробляють фунгіцидами та інсектицидами. Як правило на піщаних ґрунтах десикацію не проводять.

Пшениця озима

Середня урожайність пшениці озимої за п’ять років становила 5,8–7,5 ц/га. Після збирання пшениці висівають покривні культури, завдяки чому поле не залишається тривалий час без живого рослинного покриву. В господарстві висівають пшеницю після ріпаку в ранні строки зі зменшеними нормами висіву - 2,5 млн/га. З мінеральних добрив використовують лише азот 150 кг/га д.р. в кілька строків, та сірковмістні добрива однократно навесні. Обов`язково гербіциди застосовують восени для контролю падалиці ріпаку і сходів багаторічних та зимуючих бур`янів. Весною гербіциди практично не застосовують.

Після збирання відразу за комбайном висівається суміш сидеральних культур. Сівбу проводять наступним чином – сівалка HORSCH MAESTRO 24SW без заглиблення сошників в ґрунт зі швидкістю рівномірно розподіляє насіння сидеральних культур на поверхню ґрунту, а потім культиватор Selford RTS їх заробляє. При цьому всі рештки пшениці залишаються на поверхні ґрунту.

Соняшник

Середня урожайність - 2,7–3,5 т/га. Попередник – пшениця озима + сидерати. Підготовка ґрунту – рихлення HORSCH Tiger MT восени з поверхневою заробкою сидератів. При сівбі вноситься 51 кг/га д.р.азоту сівалкою в рядок. Норма висіву – 62 тис/га. Вирощують класичні гібриди соняшнику. В системі захисту використовують ґрунтові та страхові гербіциди та двох або за потреби трьох кратний обробіток фунгіцидами. Перед збиранням обов`язково проводиться десикація.

Кукурудза

Кукурудза займає значне місце у структурі посівів господарства. Її середня урожайність становить 9,2–9,8 т/га. Попередник – соняшник або кукурудза. Основний обробіток ґрунту восени - рихлення HORSCH Tiger MT з диференційованим внесенням калію в 2 шари ґрунту на 5 см та 18 см. У середньому вноситься 90 кг/га д.р. калію. Весною перед сівбою по картам завданням обприскувачем вноситься семиводневий сульфат цинку, потім розкидачем диференційовано вноситься карбамід у середньому 250 кг/га у фізичній вазі і потім проводиться передпосівний обробіток ґрунту Amazone Catros.

Сівба проводиться також за картами завданнями диференційованими нормами висіву від 50 до 68 тис.шт/га . При сівбі вносять в зону розміщення насіння стартову мікрогранулу з високодоступними формами фосфору. Захист від бур`янів обов`яково включає ґрунтові гербіциди і за потреби страхові. Від стеблового метелика в період викидання волоті посів обробляють інсектицидами висококліренским обприскувачем.

Горох

Горох ярий використовується в сівозміні на більш родючих землях і забезпечує в середньому 3,5–4,0 т/га. В структуру посівних площ горох був включений як дуже гарний попередник для ріпаку. Попередник гороху – кукурудза. Основний обробіток ґрунту восени - рихлення HORSCH Tiger MT без внесення добрив. Посів суцільний з нормою висіву 1,2 млн шт/га. Насіння попередньо обробляють інокулянтом. В період вегетації поля обробляються інсектицидами 2 рази та однократно фунгіцидами. Контроль бур`янів проводять страховими гербіцидами.

Ріпак озимий на родючих ґрунтах

Середня урожайність становить 4,5–4,7 т/га. Попередник ріпаку – горох. Перед обробітком ґрунту вноситься сульфат кальцію 500 кг/га та калій диференційовано в середньому 90 кг/га д.р. Обробіток ґрунту – рихлення HORSCH Tiger MT з наступним прикочуванням кільчато-шпоровими котками. Ріпак висівається в господарстві сівалкою точного висіву Horsch Maestro 24SW з міжряддям 70 см за два проходи зі зміщенням по навігації на 35 см. Строк сівби зазвичай з 10 по 15 серпня. Висівають гібриди стійкі до імідозалінів. При посіві вносять аміачну селітру в кількості 100 кг/га. Після сходів - вносять гербіцид з д.р метазахлор та імазамокс. Як правило, в осінній період проводять два рази рістрегуляцію ріпаку з одночасним внесенням бору. За наявності шкідників проводять інсектицидну обробку. Навесні вносять 300 кг/га аміачної селітри та 100 кг/га сульфату магнію. В середині фази цвітіння посіви обробляють фунгіцидами та інсектицидами. За необхідності перед збиранням проводять десикацію агродронами.

Технічне забезпечення

ПСП «Сновський» має машинно-тракторний парк, який дозволяє працювати за системою землеробства Mini-till на родючих ґрунтах та No-till на піщаних ґрунтах поєднуючи з елементами точного землеробства.

Машинно-тракторний парк господарства включає:

два трактори John Deere 8335R та John Deere 8370R потужністю більше 300 к.с.;

трактор John Deere 6155M потужністю 155 к.с.

розкидачач добрив Sulky 40+ з можливістю диференційованого внесення;

два самохідні обприскувачі Agrifac Condor та John Deere R 4140 I

сівалка суцільного висіву HORSCH PRONTO 12 NT;

сівалка точного висіву HORSCH MAESTRO 24 SW

ґрунтообробний агрегат HORSCH TIGER MT з обладнанням для внесення добрив

ґрунтообробний агрегат Amazone Catros

агрегат вертикального обробітку ґрунту Selford RTS

агродрон

Точне землеробство

У господарстві впроваджуються цифрові технології, що дозволяє використовувати диференційоване внесення добрив та диференціювати

норму висіву за картами-завданнями, які сформовані на підставі результатів агрохічного аналізу ґрунтів, виконаних компанією АГРІЛАБ. На комбайнах встановлено обладнання для формування карт урожайності. Господарство використовує навігацію за RTK сигналом для більш точної роботи з картами -завданнями. Для розкидання гранульованих добрив та внесення ЗЗР на полях господарства впроваджена єдина технологічна колія.

Післязбиральна інфраструктура

Господарство має власну післязбиральну інфраструктуру, побудовано власний елеватор. Для сушіння зерна кукурудзи використовують сушильне обладнання Kepler Weber 100 з теплогенератором на деревині. Для сушки насіння зернових зернобобових та олійних використовується сушильне обладнання Kepler Weber 30 з теплогенератором на щепі. До елеватора підведена залізнична колія, що дозволяє оперативної з мінімальними витратами відвантажувати збіжжя.

Практичне значення досвіду ПСП «Сновський», що корисно для поширення фермерам України

Досвід ПСП «Сновський» цікавий насамперед тим, що No-till застосовується і розвивається в умовах, які суттєво відрізняються від типових чорноземних районів України. На півночі господарства переважають кислі піщані дерново-підзолисті ґрунти з низьким вмістом органічної речовини та невеликою ємністю катіонного обміну. На півдні – більш родючі слабосуглинкові ґрунти. Тому в господарстві фактично застосовують дві системи землеробства. На бідних землях де освоєна короткоротаційна сівозміна з сільскогосподарських культур, які належать до різних біологічних груп впроваджена система землеробства No-till. На продуктивніших ґрунтах де застосовують широку сівозміну працюють за системою мінімального обробітку ґрунту.

В обох системах землеробства впроваджені наступні елементи точного землеробства: картографування урожайності в межах поля, створення карт завдань для диференційованого норм внесення добрив, ЗЗР та норм висіву культур. Для руху техніки на кожному полі створена єдина технологічна колія. В господарстві реалізована інформаційно-програмне забезпечення від компанії Джон Дір.

Підприємство практично не використовує фосфорних добрив тому що за результатами лабораторних досліджень кількість доступного фосфору в ґрунті не зменшується за даних систем землеробства, а зростає за рахунок підвищення мікробіологічної активності ґрунту.

Загальний принцип господарювання можна сформулювати так: менше механічно порушувати ґрунт, максимально довго утримувати його вкритим рослинністю, використовувати різноманітну сівозміну та поступово посилювати біологічні процеси ґрунтоутворення. Для успіху аграрій мусить менше працювати руками, а більше мислити головою!

Джерело: https://superagronom.com/blog/1057-eksperimenti-z-udobrennyam-nishevi-kulturi-v-sivozminah-diversifikatsiya-biznesu-ta-inshi-layfhaki-vijivannya-agrariyiv-polissya

6.3. Практичний досвід українських компаній та фермерів з використання біологічних препаратів No-till і Strip-till

ТОВ «Мрія»



Рис. 6.16. Михайло Войтовик. *Джерело: https://www.growhow.in.ua*

Одним із прикладів є діяльність ТОВ «Мрія» у Київській області під керівництвом Михайла Войтовика, де систему нульового обробітку ґрунту застосовують вже 19 років, а біопрепарати біля 10 років. За словами керівника господарства, технологія No-till особливо ефективна в умовах дефіциту вологи та посилення кліматичних змін.

У технології господарства протягом понад чотирьох років застосовують біологічні препарати виробництва BTU: зокрема Біоінокулянт-БТУ, Мікофренд та Фітоцид. За словами керівника господарства, систематичне використання біопрепаратів сприяло покращенню біологічного стану ґрунту та забезпечило процеси відновлення гумусу.

СФГ «Істок»

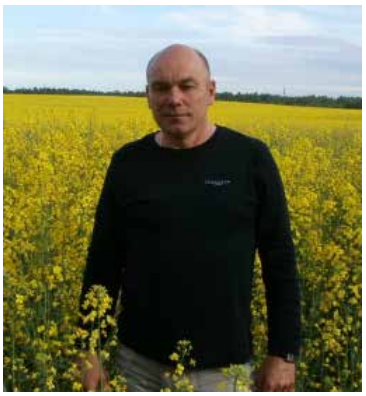


Рис. 6.17. Євген Канарейкін. *Джерело: https://agrotimes.ua*

Практичний досвід використання біопрепаратів у системі No-till демонструє СФГ «Істок» в Київській області під керівництвом Євгена Канарейкіна. Господарство системно працює за технологією No-till та активно впроваджує біологізацію у виробництво. На думку фермера, біологічні препарати можуть ефективно замінювати частину дорогих хімічних засобів без втрати врожайності та без зниження якості продукції.

Перший практичний досвід використання деструкторів стерні в господарстві було отримано у 2016 році під час вирощування кукурудзи на полі площею 75 га. Після збирання культури значна частина поверхні ґрунту залишалася вкритою пожнивними рештками, що є характерним для технології No-till. Для оцінки ефективності біопрепаратів поле умовно розділили на дві частини: одну залишили без обробки, а на іншій застосували деструктор спеціально адаптований для системи No-till. Одночасно для активізації процесів мінералізації рослинних решток було внесено мінеральний азот у формі аміачної селітри з розрахунку 15 кг діючої речовини азоту на гектар. Надалі на цьому полі планувалося вирощування сої, тому важливим було оцінити стан розкладання пожнивних решток та готовність поля до сівби.

ТОВ «Технополь Агро»



Рис. 6.18. Орест Гранат
Джерело: https://www.youtube.com/@TechnopolOfficial

Практичний досвід ефективного використання біологічних деструкторів у системах Strip-till демонструє ТОВ «Технополь Агро». У господарстві для прискорення розкладання пожнивних решток та покращення фітосанітарного стану ґрунту застосовували Екостерн Триходерма на полях із великою кількістю рослинних решток сої. Необхідність застосування препарату була пов'язана з ризиком накопичення збудників хвороб, спільних для сої та соняшнику. Основним завданням було прискорення процесів деструкції рослинних решток та зменшення інфекційного навантаження в сівозміні. Внесення препарату проводили агрегатом для рідких добрив Yukon. У технології господарства не застосовували глибокий механічний обробіток ґрунту. Після внесення біопрепарату використовували лише поверхневий обробіток штригельною бороною. Поєднання механічного подрібнення рослинних решток із діяльністю мікроорганізмів забезпечило активізацію процесів мінералізації органічної маси. Рослинні залишки ставали більш пухкими та краще піддавалися подальшому подрібненню робочими органами борони, що сприяло швидшому їх розкладанню.



Синергія технологій = відновлення ґрунту + стабільніше виробництво

1 Чому це перспективний напрям?

No-till
Мінімальне порушення ґрунту, збереження рослинних решток, менше ерозії, краща економія вологи.

Strip-till
Обробіток лише у посівній смузі, локальне внесення добрив, швидший старт культури, поєднання переваг традиційного та мінімального обробітку.

Біочар
Стабільний вуглецевий матеріал з пористою структурою, що покращує водоутримання, ємність катіонного обміну та середовище для ґрунтової біоти.

2 Ключові ефекти поєднання

Водний режим
Краще накопичення та утримання продуктивної вологи, вища стійкість до посухи.

Поживний режим
Менше втрат елементів живлення, краща ефективність добрив, зниження вимивання азоту.

Мікробіологічна активність
Біочар створює мікроніші для корисних мікроорганізмів і підтримує трансформаційні процеси у ґрунті.

Структура ґрунту
Краще агрегування, менше ущільнення, поліпшення аерації та інфільтрації води.

Вуглецевий баланс
Накопичення стабільного вуглецю та потенціал для довгострокового відновлення родючості.

3 Очікувані переваги для господарства

- Підвищення стійкості агросистем до кліматичних ризиків
- Кращий старт і розвиток культур
- Зменшення ерозії та деградації ґрунту
- Ефективніше використання добрив і вологи
- Потенціал зростання врожайності у довгостроковій перспективі
- Покращення біологічної активності ґрунту

4 Умови успішного впровадження

1. **Аналіз ґрунту:** pH, органічна речовина, щільність, забезпеченість елементами живлення.
2. **Правильна доза і якість біочару:** стабільний, безпечний, адаптований до типу ґрунту.
3. Локальне або диференційоване внесення у системах **No-till / Strip-till**.
4. Поєднання з покривними культурами, рослинними рештками та збалансованим живленням.

5 Можливі обмеження

- Ефект залежить від типу ґрунту, культури та клімату
- Потрібен контроль якості біочару
- Результат може проявлятися поступово, а не миттєво
- Технологія потребує адаптації під конкретне господарство

Висновок: поєднання No-till, Strip-till і біочару є перспективним шляхом до відновлення родючості, кращого водного режиму та більш стійкого землеробства.

Інфографіка: узагальнення науково-практичних підходів до регенеративного землеробства

Перспективи удосконалення системи землеробства No-till та Strip-till

Приєднання України до ЄС надасть нові можливості в напрямку удосконалення систем землеробства **No-till та Strip-till.** Перспективні напрямки розвитку технологій No-till та Strip-till зосереджені на інтеграції цифрових рішень, адаптації до кліматичних змін та підвищенні біологічної активності ґрунту. Головна мета майбутнього – відійти від простої відмови від оранки до створення стійких екосистем із точним управлінням.

Нижче наведено ключові вектори розвитку цих технологій.

1. **Цифровізація та точне землеробство (Precision Agriculture)**

- *Навігація надвисокої точності RTK.* Для Strip-till це критично. Майбутнє за системами, які дають змогу роками пускати сівалку точно в нарізані смуги (з точністю до 2 см), мінімізуючи ущільнення міжрядь.

- *Смугове внесення добрив (Variable Rate Application).* Диференційоване внесення поживних речовин на різну глибину в смугу на основі 3D-карт ґрунту.

- *Роботизація та автопілоти*. Використання легких автономних польових роботів (роботракторів), які не ущільнюють ґрунт, що є основою філософії No-till.

2. **Керування покривними культурами (Cover Crops**)

- *Мультикомпонентні суміші.* Перехід від монокультур (наприклад, лише жито) до сумішей із 5–12 видів рослин. Це дає змогу одночасно структурувати ґрунт, фіксувати азот та пригнічувати бур'яни.

-*Технологія "Planting Green"*. Посів основної культури безпосередньо в живі покривні культури з подальшим їх закочуванням роллером-крімпером (roller-crimper). Це створює ідеальний захисний шар мульчі.

-*Посів основної культури безпосередньо в живі покривні культури* з подальшим їх закочуванням роллером-крімпером (roller-crimper).

-*Підсів у міжряддя* (Interseeding). Впровадження технологій висіву покривних культур у міжряддя основної культури (наприклад, кукурудзи) на пізніх стадіях її вегетації за допомогою дронів або спеціальних високих сівалок.

3. **Модернізація висівної та ґрунтообробної техніки**

-*Інтелектуальні сошники:* Розумні висівні секції, які в реальному часі вимірюють вологість, температуру та чистоту борозни від рослинних решток, автоматично змінюючи притискне зусилля (наприклад, системи DeltaForce).

-*Гібридні агрегати Strip-till:* Техніка, що здатна за один прохід нарізати смуги, підрізати коріння бур'янів, вносити кілька видів добрив (рідкі, сухі, газоподібні) та висівати культуру.

-*Електроприводи:* Повна відмова від механічних ланцюгів на сівалках, що забезпечує ідеальний розподіл насіння навіть на високих швидкостях по нерівному рельєфу No-till.

4. **Біологізація та управління мікробіомом ґрунту**

-Рідкі біопрепарати при посіві (In-furrow). Внесення безпосередньо в ложе насіння бактерій та мікоризних грибів для стимуляції розвитку кореневої системи в непорушеному ґрунті.

- *Прискорення деструкції решток* для контролю товщини мульчі, щоб вона захищала ґрунт, але не заважала посіву навесні.

Одним з перспективних напрямків подальшого розвитку даних систем землеробства є використання нових засобів підвищення ефективності біологізації, які прийняті в Європі, але на сьогодні ще не зареєстровані в Україні. До таких засобів відноситься Біочар *(рослинне вугілля), який розглядається як потужний каталізатор для відновлення природної родючості ґрунту* та відмови від надмірного використання агрохімікатів.

Впровадження біочару чітко відповідає стратегії Європейського Союзу **Farm to Fork** (від лану до столу) та загальноєвропейському курсу на **Carbon Farming** (вуглецеве землеробство). В ЄС діють суворі стандарти якості на даний препарат (European Biochar Certificate). Вони гарантують, що біочар виготовлено з екологічно чистої біомаси (без токсинів, важких металів чи поліциклічних ароматичних вуглеводнів) і він безпечний для внесення в ґрунт. Біочар офіційно внесено до переліку дозволених компонентів для покращення ґрунту та виробництва добрив на ринку ЄС. В Україні на сьогодні даний препарат не зареєстрований.

Напрямки майбутнього розвитку No-till Strip-till

Критерій	**Вектор розвитку No-till**	**Вектор розвитку Strip-till**
Головний фокус	Максимальне накопичення органіки та відновлення біоти ґрунту.	Поєднання переваг класичного обробітку (прогрів зони посіву) та No-till.
Технологічний виклик	Контроль надземних шкідників, хвороб та бур'янів без плуга.	Ідеальне утримання траєкторії "смуга в смугу" рік у рік.
Ефективність добрив	Поверхневе внесення або ін'єкційне (екологічний рідкий підживлювач).	Локальне глибоке внесення під корінь у зону майбутнього рядка.

Біологізація будь-якої системи землеробства в тому числі і No-till, передбачає перехід від хімічного стимулювання рослин до відновлення живої екосистеми ґрунту. Вважається, що біочар є ідеальною основою для цього процесу. Ключовими властивостями цього ресурсу, які визначають майбутню його роль в екологічному та біологічному землеробстві No-till є його надзвичайна пориста структура. Це дає змогу розглядати його як «будинок» для ґрунтової мікрофлори. Його мікропори слугують ідеальним сховищем для корисних бактерій (азотфіксаторів, фосфатмобілізаторів) та мікоризних грибів, захищаючи їх від висихання та хижих найпростіших. За результатами досліджень, біочар краще використовувати не чистим, а «зарядженим» – попередньо заселеним живими штамами мікроорганізмів перед внесенням у ґрунт, що в рази підвищує ефективність дії біодобрив.

Покращення структури ґрунту та утримання вологи пористим матеріалом поліпшує умови функціонування мікробіому ґрунту. При цьому він дає змогу зберегти додаткову вологу, яка накопичується в ґрунті при відмові від його механічного обробітку. За даними зарубіжних досліджень, біочар збільшує здатність ґрунту утримувати доступну для рослин воду в середньому більш ніж на 20%. Властивість біочару поглинати воду в обсягах, що перевищують його власну масу, є особливо важливою в умовах сучасних посух та кліматичних змін. Цей препарат здатен розширити зону ефективного застосування No-till: на важких глинистих ґрунтах він забезпечує розпушування та покращує аерацію, а на піщаних – зв'язує мікрочастинки, формуючи стійку грудкувату структуру.

Застосування біочару значно підвищує депонування вуглецю (Carbon Farming), оскільки, на відміну від звичайної органіки (солома, органічна маса покривних культур, гній), яка за кілька років мінералізується і повертається в атмосферу у вигляді CO_2, біочар залишається стабільним у ґрунті сотні років. Це дає змогу підвищити рівень секвестрації вуглецю в системі No-till-Strip-till.

Одноразове внесення 10–20 тонн біочару на гектар стабільно консервує від 25 до 50–60 тонн еквіваленту CO_2**)** на кожному гектарі лише за рахунок маси самого матеріалу. Спільне застосування No-till, покривних культур та активованого біочару дає змогу нарощувати рівень гумусу значно швидше, ніж стандартний No-till (який зазвичай дає чистий приріст депонування в межах 0.5–1.5 тонн еквіваленту CO_2).

У світі активно проводяться дослідження щодо спільного застосування біочару (біовугілля) та систем No-till та Strip-till. Вважається, що Біочар (біовугілля) є ідеальним синергістом для систем збережувального землеробства No-till та Strip-till і їх поєднання є одним із найперспективніших напрямів подальшого розвитку даних систем землеробства

У дослідженні *Du et al.* було зафіксовано, що система No-till без добавок знижувала врожайність рису на 15% порівняно з традиційним обробітком, а внесення біочару в систему No-till підвищило врожайність на 20%, повністю нівелювавши цей негативний ефект. 11-річні дослідження (*Ding et al.*) показали, що за No-till біочар не просто зберігається в ґрунті (через 11 років 39–51% внесеного біочару залишилися нерозкладеними у верхньому 30-сантиметровому шарі), а й прискорює перехід природного вуглецю ґрунту з нестабільних фракцій у стійкі (резистентні). Комбінація No-till + покривні культури + біочар збільшила запаси органічного вуглецю в ґрунті (SOC) на 23–30%. Разом вони створюють синергетичний ефект. Внесення біочару на полях No-till знижує також емісію закису азоту (N_2O) – одного з найнебезпечніших парникових газів. За даними лабораторних та польових тестів, біочар зменшує ці викиди в середньому на 54%.

Завдяки покращенню пористості ґрунту, кращому утриманню вологи та підвищенню доступності елементів живлення, застосування біочару нівелює такі недоліки No-till, як повільне прогрівання ґрунту навесні, можливе

ущільнення верхнього шару, іммобілізація азоту рослинними рештками та ризик тимчасового зниження врожайності.

У США (у межах Кукурудзяного поясу – штати Небраска та Огайо) під час тривалих досліджень Університету Небраски-Лінкольн (UNL) біочар із хвойних порід (Eastern red cedar) вносили на полях із багаторічним No-till та покривними культурами. У результаті було зафіксовано різке підвищення вмісту стабільного органічного вуглецю (SOC). Крім того, біочар запобіг вимиванню азоту та нівелював стрес рослин кукурудзи від весняного перезволоження ґрунту. Водночас дослідження Інституту Родейла (Rodale Institute) [https://www.arti.com/biochar-and-no-till-agriculture-a-path-to-healthier-soil-and-sustainable-farming/1] підтвердили, що біочар у системі No-till стимулює розвиток мікоризи та збільшення мікробної біомаси, які зазвичай пригнічуються за традиційної оранки.

Головне питання, яке зараз вивчають у світі – це спосіб внесення біочару. Оскільки No-till виключає перемішування ґрунту плугом, дослідники тестують внесення біочару разом із рідкими добривами у рядок під час посіву сівалками прямого висіву або аплікаторами у зону коренів.

Внесення біочару в технології Strip-till має свою специфіку – вугілля закладається локально в розпушену смугу разом із добривами (через анкер або диск сівалки). Європейська практика доводить високу дієвість такого локального внесення, а вітчизняні польові експерименти (зокрема, дослідження УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого) підтверджують: додавання до біочару комплексу мікробіологічних препаратів створює потужний синергетичний ефект, який максимізує масу рослин та розвиток кореневої системи в умовах ресурсоощадного землеробства порівняно з традиційними технологіями.

Разом з тим, проведені дослідження показали, що внесення *чистого (неактивованого)* біочару безпосередньо на поля No-till може призвести до тимчасового дефіциту азоту через його високу адсорбцію. Тому в сучасній практиці біочар обов'язково пропонують попередньо інокулювати (насичувати) рідкими азотними добривами або компостом. В таблиці приведені зведені узагальненні результати вивчення ефективності застосування біочару в системах No-till та Strip-till.

Встановлені в дослідах ефекти поєднання біочару з No-till та Strip-till

Параметр ґрунту / рослини	**Вплив комбінації "Біочар + No-till / Strip-till"**	**Механізм дії та наукове підтвердження**
Врожайність культур	Зростання на 15–20% порівняно з чистим No-till.	Біочар компенсує стартові втрати врожайності No-till за рахунок покращення умов проростання.
Запаси вуглецю (SOC)	Значне зростання (до +23–30%)	Біочар утримав азот від вимивання та нівелював стрес рослин кукурудзи від весняного перезволоження ґрунту.

Утримання вологи	Збільшення на 10–25% у верхньому шарі ґрунту.	Пориста структура біочару працює як губка, утримуючи воду між залишками мульчі.
Стабільність агрегатів	Значне покращення структури (водотривких агрегатів).	Дослідження в Данії показали підвищення міцності великих ґрунтових агрегатів і стійкості до ерозії.
Емісія парникових газів	Зниження викидів CH_4 на 13–21% та N_2O на 20–30%.	Покращення аерації та адсорбція азотних сполук пригнічують денітрифікацію.
Депонування вуглецю	Збільшує в середньому на 15–45% (а на збіднених або деградованих ґрунтах – до 80%	No-till утримує вуглець у верхньому шарі, а біочар є надзвичайно стабільною формою вуглецю, яка не розкладається сотні років. Разом вони створюють синергетичний ефект.

Джерела: авторська розробка на основі особистих досліджень та узагальнення літературних даних Косолапа М. П.

Висновки до розділу

1. Практичний досвід українських господарств підтверджує, що системи No-till і Strip-till не є універсальною технологічною схемою, яку можна однаково застосувати в усіх регіонах. Кожне господарство формує власну модель зберігаючого землеробства з урахуванням клімату, типу ґрунту, кількості опадів, рельєфу, структури посівних площ, технічного забезпечення та економічних можливостей.
2. Основними причинами переходу господарств до No-till і Strip-till стали дефіцит вологи, посилення посушливості клімату, розвиток водної та вітрової ерозії, погіршення структури ґрунту й потреба зменшити виробничі витрати. У південних регіонах ці системи розглядаються передусім як спосіб збереження ґрунтової вологи, захисту поверхні поля від перегрівання, суховіїв, пилових бур і ерозійних процесів.
3. Досвід господарств показує, що перехід до No-till або Strip-till не зводиться лише до відмови від оранки. Це комплексна зміна системи господарювання, яка охоплює сівозміну, управління рослинними рештками, добір культур, систему удобрення, захист рослин, технічне забезпечення, строки виконання польових робіт і постійне спостереження за станом ґрунту.
4. Важливим елементом успішного впровадження є збереження рослинних решток на поверхні поля. Вони захищають ґрунт від перегрівання, зменшують випаровування вологи, обмежують водну й вітрову ерозію, підтримують розвиток ґрунтової біоти та сприяють поступовому накопиченню органічної речовини. У посушливих умовах особливо

важливе значення має висока стерня, яка знижує вплив вітру й створює кращі умови для сходів наступних культур.

5. Сівозміна в системах No-till і Strip-till є одним із головних інструментів управління ґрунтом. Зернові культури формують мульчу, бобові накопичують біологічний азот, а культури з потужною або стрижневою кореневою системою сприяють біологічному розущільненню ґрунту. Тому ефективна сівозміна має поєднувати культури з різною кореневою системою, різною кількістю рослинних решток і різним впливом на ґрунтову біоту.
6. Покривні культури поступово стають важливою частиною практики українських господарств. Їх використовують для підтримання живих коренів у ґрунті, формування додаткової біомаси, збереження вологи, накопичення азоту, покращення структури ґрунту та зменшення ризику ерозії. Досвід господарств показує перехід від одновидових посівів до багатокомпонентних сумішей, які краще виконують кілька агрономічних функцій одночасно.
7. У посушливих регіонах важливим прийомом є зменшення норм висіву. Такий підхід дає змогу знизити конкуренцію між рослинами за вологу, сформувати потужнішу кореневу систему та стабілізувати врожайність у складних погодних умовах. Водночас норми висіву не можуть бути однаковими для всіх господарств і мають визначатися з урахуванням культури, ґрунту, запасів вологи, рельєфу та виробничого досвіду.
8. Система живлення рослин у господарствах, що працюють за No-till і Strip-till, поступово переходить до точнішого й локального внесення добрив. Використання КАС, РКД, компостів, гранульованого пташиного посліду, локального внесення в рядок або смугу підвищує ефективність живлення культур, особливо в умовах нестачі вологи. У Strip-till локальне внесення добрив у смугу поєднується з точним висівом і використанням GPS-навігації.
9. Захист рослин у представлених господарствах базується переважно на оцінюванні фактичного стану поля. Гербіциди застосовують для контролю бур’янів, а фунгіциди й інсектициди – за наявності реальної загрози або перевищення порогу шкодочинності. Окремі господарства демонструють можливість суттєвого скорочення використання фунгіцидів та інсектицидів, однак такий досвід слід розглядати як результат конкретної системи землеробства, а не як універсальну рекомендацію.
10. Біологізація є важливим напрямом розвитку систем No-till і Strip-till. Практичний досвід використання біоінокулянтів, мікоризних препаратів, фітоцидів і деструкторів стерні показує їхню роль у покращенні біологічного стану ґрунту, активізації розкладання рослинних решток, зниженні інфекційного навантаження та підтриманні процесів відновлення гумусу. Водночас ефективність біопрепаратів залежить від правильного добору, умов застосування та загальної системи ведення господарства.

11. Технічне забезпечення є необхідною умовою впровадження No-till і Strip-till, але не є єдиним чинником успіху. Сівалки прямого висіву, Strip-till-агрегати, очісувальні жатки, обладнання для локального внесення добрив, обприскувачі, системи навігації та зерноочисна інфраструктура мають працювати як частина цілісної технологічної системи. Вирішальними залишаються правильне налаштування техніки, своєчасність операцій, якість сівби та розуміння стану поля.
12. Досвід окремих господарств демонструє різні напрями адаптації технологій. Одні господарства роблять акцент на сівозміні та багатокомпонентних покривних сумішах, інші – на високій стерні, зменшених нормах висіву, локальному внесенні добрив, багаторічних травах, компостах, точному землеробстві або біологічних препаратах. Це підтверджує, що успіх No-till і Strip-till залежить від уміння адаптувати загальні принципи до конкретних умов господарства.

Інформаційне забезпечення



Наукові основи сучасних систем зберігаючого (зберігаючого) землеробства: концепція No-Till та напрями сталого розвитку аграрного виробництва

https://youtu.be/ZjWFQ6Ol3tw?si=Hq00pcIXAN1SLyfg

Сучасне землеробство дедалі частіше розглядається не лише як система виробництва сільськогосподарської продукції, а як складна взаємодія людини з природним середовищем. У центрі уваги опиняється питання: як забезпечити стабільне виробництво продовольства і водночас не виснажувати ґрунти, не руйнувати екосистеми та не поглиблювати наслідки кліматичних змін. Саме з цієї позиції у лекції розглядаються наукові основи сучасних систем зберігаючого, або зберігаючого, землеробства.

Однією з головних проблем, є деградація ґрунтового покриву яке пов’язане з тривалим інтенсивним використання земель, надмірний механічний обробіток, порушення природної структури ґрунту, втрата органічної речовини та розвиток ерозійних процесів призводять до поступового зниження родючості. У таких умовах традиційне уявлення, прийнятне в XIX столітті, про землеробство як про постійне «підкорення» ґрунту потребує перегляду. Натомість пропонується інший підхід – працювати відповідно до законів природи, підтримуючи ті процеси, які забезпечують самовідновлення ґрунту.

У цьому контексті особливого значення набуває концепція Сталого розвитку. Вона передбачає, що аграрне виробництво має бути не лише продуктивним, а й екологічно збалансованим. Сільське господарство повинно забезпечувати потреби суспільства, але не руйнувати природну основу, від якої саме залежить. Тому сучасні системи землеробства мають поєднувати економічну ефективність, збереження родючості ґрунтів, раціональне використання ресурсів і здатність адаптуватися до змін клімату.

У лекції окреслено кілька напрямів, які формують сучасне бачення аграрного виробництва. Йдеться про кліматично орієнтоване землеробство, карбонове землеробство, ґрунтозахисні та ресурсоощадні системи. Усі ці підходи мають спільну мету – зменшити негативний вплив людини на ґрунт і довкілля, підвищити стійкість агроекосистем та забезпечити довготривалу продуктивність сільськогосподарських земель.

Центральне місце серед таких систем посідає No-Till та Strip-Till– технологія нульового обробітку ґрунту. Її сутність полягає у відмові від традиційного механічного обробітку. Ґрунт не орють і не перевертають, а насіння висівають безпосередньо в необроблений або мінімально порушений ґрунтовий шар. Такий підхід спрямований на збереження природної структури ґрунту, його біологічної активності та поверхневого рослинного покриву.

Важливим принципом No-Till та Strip-Till є максимальне покриття поверхні ґрунту рослинними рештками. Після збирання врожаю залишки культур не вилучають повністю і не загортають глибоко, а залишають на поверхні. Вони виконують роль захисного шару: зменшують випаровування вологи, послаблюють дію вітру й дощу, стримують ерозійні процеси та сприяють накопиченню органічної речовини. Завдяки цьому ґрунт поступово стає більш стійким до зовнішніх впливів.

Ще одним важливим елементом системи є біологічне різноманіття, широка сівозма, оскільки чергування культур дає змогу підтримувати рівновагу в агроекосистемі. Різні культури по-різному впливають на ґрунт, мають різну кореневу систему, залишають різну кількість рослинних решток і залучають різні біологічні процеси. Тому No-Till та Strip-Till не можна зводити лише до відмови від оранки. Це цілісна система, у якій важливі всі складники: спосіб сівби, покриття ґрунту, сівозміна, управління рослинними рештками та загальна логіка господарювання.

Переваги систем No-Till та Strip-Till пов’язані насамперед із захистом ґрунту. Відмова від інтенсивного обробітку зменшує руйнування ґрунтової структури, поверхневий шар рослинних решток захищає землю від водної та вітрової ерозії. Крім того, такі системи сприяють кращому проникненню води в ґрунт і збереженню вологи, що має особливе значення в умовах кліматичних змін і посушливих періодів.

No-Till та Strip-Till також розглядається як спосіб накопичення органічної речовини та вуглецю в ґрунті. Коли рослинні рештки залишаються на полі й поступово розкладаються, вони стають джерелом органічної речовини. Це позитивно впливає на родючість, біологічну активність і

загальну стійкість ґрунтової системи. Таким чином, землеробство перестає бути лише процесом вилучення врожаю з поля, а набуває характеру постійного відновлення ґрунтового ресурсу.

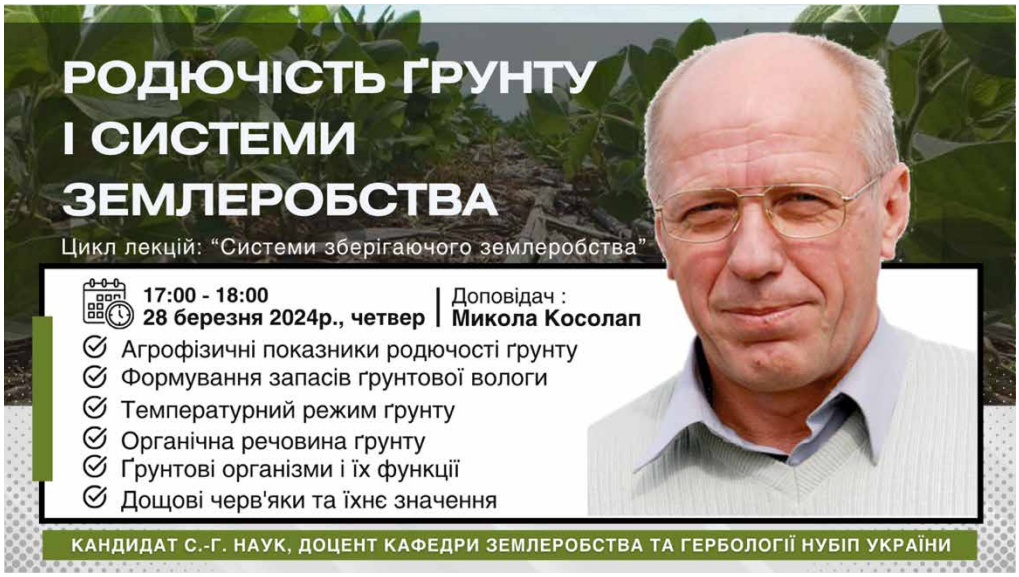
Економічний аспект системи також є важливим. Зменшення кількості механізованих операцій означає економію пального, робочого часу та технічних ресурсів. Господарство менше залежить від інтенсивного обробітку, а отже, може оптимізувати виробничі витрати. Впровадження No-Till та Strip-Till потребує зваженого підходу, знань і розуміння ґрунтових процесів. Це не проста заміна однієї операції іншою, а перехід до нової агрономічної культури.

Разом із перевагами систем має і певні ризики: зокрема, за умов постійного поверхневого покриття ґрунт рослинними рештками ґрунт може повільніше прогріватися навесні. Це здатне ускладнювати початковий розвиток культур. Тому впровадження No-Till та Strip-Till потребує врахування місцевих природно-кліматичних умов, властивостей ґрунту, структури сівозміни та технічних можливостей господарства.

Як проміжний або компромісний варіант у лекції розглядається Strip-Till – система смугового обробітку. Її особливість полягає в тому, що обробляється не вся площа поля, а лише вузькі смуги, у які згодом висіваються культури. Міжряддя при цьому залишаються необробленими й захищеними рослинними рештками. Такий підхід поєднує окремі переваги традиційного обробітку та No-Till: ґрунт у зоні висіву краще підготовлений для стартового розвитку рослин, але значна частина поля залишається захищеною від руйнування.

Отже, головна ідея лекції полягає в тому, що майбутнє землеробства пов’язане з переходом до систем, які не виснажують ґрунт, а підтримують і відновлюють його природні функції. No-Till та Strip-Till у цьому контексті постає не просто як технологія, а як нова філософія господарювання. Вона вимагає від аграрія розуміння ґрунту як живої системи, у якій механічне втручання має бути мінімальним, а природні процеси – максимально збереженими.

Сучасне зберігаюче землеробство спрямоване на те, щоб поєднати виробничу ефективність із відповідальністю перед природою. Його завдання полягає не лише в отриманні врожаю, а й у збереженні ресурсу, який забезпечує саме існування аграрного виробництва. Саме тому системи No-Till, Strip-Till та інші ґрунтозахисні підходи розглядаються як важливий напрям розвитку сільського господарства в умовах кліматичних змін, деградації земель і потреби у сталому використанні природних ресурсів.



Родючість ґрунту і системи землеробства.
https://youtu.be/2yTn0f3kFgE?si=WQpuwXX2bYTHNe8_

Родючість ґрунту є базовим поняттям для розуміння будь-якої системи землеробства. Незалежно від того, з яких мотивів господарство переходить до тієї чи іншої технології – економічних, екологічних або виробничих, – головною умовою ефективності такої системи залишається збереження або підвищення родючості ґрунту. Саме тому оцінювати No-Till, Strip-Till чи інші зберігаючі системи землеробства потрібно не лише за рівнем урожайності або скороченням витрат, а й за тим, як вони впливають на фізичний стан ґрунту, його вологозабезпечення, температурний режим, вміст органічної речовини та активність ґрунтової біоти.

Родючість ґрунту формується як сукупність кількох взаємопов’язаних чинників. До них належать структура ґрунту, щільність його будови, твердість, запаси вологи, температурний режим, вміст гумусу, діяльність мікроорганізмів, кореневих систем рослин і дощових черв’яків. Усі ці компоненти не існують окремо: зміна одного з них впливає на інші. Наприклад, наявність рослинних решток на поверхні ґрунту одночасно впливає на накопичення вологи, температуру верхнього шару, активність мікроорганізмів і захист ґрунтової структури від руйнування.

Одним із найважливіших показників родючості є фізичний стан ґрунту. Традиційно в землеробстві значну увагу приділяли механічному обробітку, вважаючи його основним способом поліпшення умов для росту рослин. Проте лектор наголошує, що механічний обробіток впливає переважно на середовище, у якому розвивається рослина, але сам по собі не є матеріальним ресурсом урожаю. Ґрунтообробні операції потребують значних витрат енергії та праці, однак їхній внесок у кінцевий результат урожайності є обмеженим порівняно з роллю добрив, сортів, гібридів і засобів захисту рослин.

Для оцінювання фізичного стану ґрунту використовують кілька показників. Першим є структура ґрунту, тобто здатність ґрунтової маси формувати агрегати, які забезпечують оптимальні умови для водного,

повітряного та поживного режимів. Другим показником є щільність будови ґрунту. Для різних типів ґрунтів і культур існують оптимальні значення щільності, за яких коренева система може нормально розвиватися. Третім важливим показником є твердість ґрунту, яка відображає здатність ґрунту чинити опір проникненню кореня. Цей показник особливо зручний у виробничих умовах, оскільки його можна швидко визначати без складних лабораторних процедур.

Значна частина українських чорноземів за своїми природними властивостями не потребує постійного інтенсивного механічного обробітку. Їхня рівноважна щільність часто відповідає оптимальним умовам для розвитку основних сільськогосподарських культур. Це створює природну основу для впровадження енергоощадних і ресурсоощадних систем землеробства, зокрема мінімального та нульового обробітку. Водночас відмова від оранки не означає відмови від виконання агрономічних завдань: ті самі функції, які раніше виконувалися механічно, мають забезпечуватися іншими засобами – через кореневі системи, покривні культури, біологічну активність ґрунту та раціональне управління рослинними рештками.

Особливою проблемою традиційного обробітку є формування плужної підошви. Вона виникає внаслідок постійного впливу робочих органів сільськогосподарських машин на одну й ту саму глибину, а також через переміщення дрібних часточок ґрунту вниз із подальшим ущільненням. Плужна підошва обмежує проникнення коренів у глибші горизонти, ускладнює рух води та звужує зону, у якій рослина може використовувати запаси вологи. У системах зберігаючого землеробства руйнування або поступове подолання таких ущільнених шарів пов’язується не лише з технічними заходами, а й із діяльністю коренів, дощових черв’яків і ґрунтових організмів.

Водний режим ґрунту є ще одним ключовим чинником родючості. Для рослин важливо не тільки те, скільки опадів випало, а й те, яка їхня частина залишилася на полі, проникла в ґрунт і була збережена до моменту використання культурою. Лектор виділяє три основні етапи роботи з вологою: збирання опадів, їхнє проникнення в ґрунт і подальше збереження. Якщо сніг здувається з поля або дощова вода стікає поверхнею, така волога втрачається для врожаю. Тому головним завданням є створення умов, за яких вода не залишатиме поле, а входить у ґрунтовий профіль.

Рослинні рештки відіграють у цьому процесі вирішальну роль. Вони зменшують швидкість вітру біля поверхні, затримують сніг, знижують інтенсивність поверхневого стоку, пом’якшують удар крапель дощу по ґрунту та сприяють кращій інфільтрації. Укритий рослинними рештками ґрунт краще приймає воду і менше втрачає її через випаровування, але No-Till сам по собі не створює вологу, а лише дозволяє довше зберігати ті опади, які фактично випали. Якщо тривалий час немає дощу, різниця між системами може зменшуватися, але за наявності мульчі ґрунт висихає повільніше.

Температурний режим ґрунту також істотно залежить від системи землеробства. Навесні наявність рослинних решток може уповільнювати прогрівання верхнього шару ґрунту, що особливо важливо для раннього

розвитку теплолюбних культур. Це один із ризиків No-Till, який необхідно враховувати під час упровадження технології. Саме для подолання цієї проблеми застосовується Strip-Till – смуговий обробіток, за якого обробляється лише зона майбутнього рядка, а міжряддя залишаються вкритими рослинними рештками. Такий підхід дозволяє поєднати швидше весняне прогрівання рядка з перевагами мульчованої поверхні.

У другій половині літа роль рослинних решток змінюється: те, що навесні могло бути недоліком, стає перевагою. Мульча захищає ґрунт від перегрівання, зменшує тепловий стрес кореневої системи, підтримує активність мікроорганізмів і сприяє довшому функціонуванню рослин. За високих температур неукритий ґрунт може перегріватися до рівня, за якого життєдіяльність мікроорганізмів сповільнюється або припиняється. Укритий ґрунт зберігає більш сприятливий температурний режим, що позитивно впливає на живлення рослин і тривалість вегетації.

Важливим показником родючості є гумус. У лекції наголошується, що втрата гумусу є однією з головних ознак деградації ґрунтів. Протягом тривалого періоду інтенсивного землеробства вміст гумусу в ґрунтах України знижувався. Відновити його можна лише через надходження органічної речовини. Джерелами такої речовини є кореневі рештки, післяжнивні залишки, покривні культури та інші органічні матеріали, що залишаються або вносяться в ґрунт.

Особливе значення мають корені рослин. Саме коренева маса, що залишається в ґрунті, є ефективним джерелом формування гумусу. Багаторічні трави та культури з потужною кореневою системою позитивно впливають на родючість більше, ніж культури з менш розвиненою підземною масою. У системах No-Till і Strip-Till збереження решток і постійна присутність рослин або покривних культур сприяють кращому накопиченню органічної речовини порівняно з традиційною оранкою.

Ґрунт розглядається не як інертне середовище, а як жива біологічна система. У ньому функціонують мікроорганізми, гриби, дощові черв’яки та інші представники ґрунтової фауни. Вони беруть участь у кругообігу органічної речовини та поживних елементів, формують структуру ґрунту, взаємодіють із коренями рослин і забезпечують природне відновлення родючості. Найактивніша взаємодія між рослиною та ґрунтовою біотою відбувається в ризосфері – зоні навколо кореня, де рослина і мікроорганізми обмінюються речовинами.

Дощові черв’яки є природніми розпушувачами ґрунту, їхні ходи поліпшують водопроникність, аерацію та умови для росту коренів. На відміну від механічних порожнин, які швидко руйнуються, ходи черв’яків є стабільнішими, оскільки їхні стінки зміцнені органічними виділеннями. Такі ходи можуть зберігатися протягом тривалого часу і слугувати каналами для води та коренів. У системах без оранки чисельність дощових черв’яків істотно зростає, що є однією з ознак відновлення біологічної активності ґрунту.

Поняття «здоров’я ґрунту» є інтегральна характеристика здатності ґрунту функціонувати як жива екосистема. «Здоровий» ґрунт забезпечує розвиток рослин, підтримує біологічне різноманіття, краще регулює водний і поживний режими та сприяє формуванню стабільного агровиробництва. У цьому розумінні ощадні системи землеробства спрямовані не лише на зменшення механічного втручання, а й на відновлення природних процесів, які забезпечують довготривалу родючість.



Рослинні рештки та управління ними
https://youtu.be/6JvJmyM6HZ8?si=ylI_wBlzYGDD5vh_

Однією з ключових складових систем зберігаючого землеробства є правильне управління рослинними рештками. У традиційних системах землеробства солома, стерня та інші післяжнивні залишки часто розглядалися як побічний продукт виробництва, який необхідно прибрати з поля або заробити в ґрунт. Натомість у системах No-Till і Strip-Till рослинні рештки розглядаються як один із найважливіших інструментів управління родючістю ґрунту, водним режимом, біологічною активністю та стабільністю агроекосистем. Успішність впровадження технології No-Till значною мірою залежить саме від грамотної роботи з рослинними рештками.

До рослинних решток належать усі відмерлі частини рослин, які залишаються на полі після завершення вегетації та збирання врожаю. Це опале листя, стерня, солома, полова, залишки колосся або бобів, а також коренева система, що залишається в ґрунті після збирання культури. Кожна з цих складових має різне значення для формування родючості ґрунту та функціонування агроекосистеми. У традиційному землеробстві рослинні рештки переважно розглядалися як органічне добриво або сировина для інших галузей господарства. Проте в системах No-Till вони набувають значно ширшого значення, оскільки виконують комплекс захисних, регуляторних та відновлювальних функцій.

Основною вимогою технології No-Till є постійна наявність рослинного покриву на поверхні ґрунту. Рослинні рештки повинні залишатися на полі та рівномірно розподілятися по його поверхні. Їхня роль полягає насамперед у захисті ґрунту від руйнівного впливу зовнішніх факторів. Вони пом'якшують дію крапель дощу, знижують швидкість поверхневого стоку води, послаблюють вплив вітру та захищають ґрунт від перегрівання. Завдяки цьому істотно зменшуються процеси водної та вітрової ерозії. Не менш важливою є їхня участь у кругообігу поживних речовин. Рослинні рештки містять значні запаси азоту, фосфору, калію та інших елементів живлення. У

процесі розкладання вони поступово повертаються до ґрунту і стають доступними для наступних культур.

Крім того, шар рослинних решток сприяє накопиченню та збереженню вологи, зменшує випаровування води з поверхні ґрунту, що особливо важливо в умовах дефіциту опадів та посилення кліматичних змін. Водночас рослинні рештки беруть участь у регулюванні температурного режиму ґрунту, створюючи більш стабільні умови для розвитку рослин і ґрунтових організмів.

Кількість рослинних решток залежить насамперед від біологічних особливостей культур та рівня їх урожайності. Чим вищий урожай, тим більша маса органічної речовини залишається на полі. За здатністю формувати рослинні рештки культури умовно поділяються на кілька груп. Найбільшу кількість кореневих і післяжнивних залишків забезпечують багаторічні трави. Дещо менше органічної маси залишають зернові культури. Найменше рослинних решток формують деякі ярі та зернобобові культури.

Саме тому в системах No-Till особливого значення набуває структура сівозміни. Добір культур має здійснюватися не лише з урахуванням економічної доцільності, а й з позицій формування достатньої кількості органічної маси для захисту поверхні ґрунту. Основна маса рослинних решток складається з органічної речовини, після збирання врожаю в них міститься невелика кількість вологи, а переважна частина маси представлена органічними сполуками. У процесі розкладання рослинні рештки стають джерелом гумусу. Саме через процес гуміфікації відбувається накопичення органічної речовини в ґрунті. Водночас для розкладання рослинних залишків мікроорганізми використовують значну кількість поживних елементів, тому швидкість цього процесу залежить від співвідношення вуглецю та азоту в органічній масі. Особлива роль у перетворенні рослинних решток належить ґрунтовим мікроорганізмам та дощовим черв'якам. Саме вони забезпечують перехід органічних сполук у доступні для рослин форми. Розкладання органічної речовини залежить від температури, вологості, складу рослинних решток та активності ґрунтової біоти. Тому управління рослинними рештками нерозривно пов'язане з управлінням біологічними процесами в ґрунті.

Ґрунтові черв'яки подрібнюють органічні залишки та пропускають їх через травну систему. У результаті утворюються біологічно активні сполуки, які містять більше доступних форм поживних елементів порівняно з навколишнім ґрунтом.

Виділяється три великі групи заходів управління рослинними рештками.

Першою є організаційна складова: вона передбачає правильний підбір культур, побудову сівозмін та використання покривних культур. Саме на цьому етапі закладається основа формування необхідної кількості органічної маси на поверхні поля.

Друга група заходів пов'язана з механічним управлінням: велику роль відіграє процес збирання врожаю, робота жатки та комбайна визначає висоту

стерні, ступінь подрібнення соломи та рівномірність її розподілу по поверхні поля. Нерівномірний розподіл рослинних решток може створювати серйозні труднощі під час сівби та негативно впливати на розвиток наступної культури.

Третя група заходів включає біологічні методи: до них належить використання спеціальних мікробіологічних препаратів – деструкторів стерні, які прискорюють або регулюють процеси розкладання органічної речовини та сприяють відновленню біологічної активності ґрунту.

Висока стерня як елемент технології No-Till

Окрему увагу приділено питанню висоти зрізу під час збирання врожаю. Багаторічні спостереження показали, що висока стерня має низку переваг порівняно з дрібно подрібненою соломою. Стояча стерня краще затримує сніг і вологу, зменшує швидкість вітру біля поверхні ґрунту, покращує мікроклімат посівів та сприяє більш рівномірному розвитку культур. Крім того, вона довше зберігається на полі, забезпечуючи захист ґрунту протягом тривалого часу. Саме тому сучасні підходи до No-Till дедалі частіше орієнтуються не на максимальне подрібнення соломи, а на збереження високої стерні.

Рослинні рештки є одним із фундаментальних елементів систем зберігаючого землеробства. Вони виконують захисну, ґрунтотворну, водорегулювальну та екологічну функції. Від їх кількості, якості та правильності управління залежить успішність упровадження технологій No-Till і Strip-Till.



Сівозміна та покривні культури в системі зберігаючого землеробства.

https://youtu.be/GeU1gXEnNRw?si=1R65ioAb3eNDxRkA

У системі зберігаючого землеробства сівозміна і покривні культури розглядаються не як додаткові елементи технології, а як її основа. Якщо у традиційному землеробстві головну роль часто відводили механічному обробітку ґрунту, то в системах No-Till і Strip-Till значна частина цих функцій переходить до правильно побудованої сівозміни, рослинних решток і покривних культур. Кожна земельна ділянка має власні особливості: рельєф, тип ґрунту, рівень зволоження, ерозійну небезпеку, потенціал родючості. Тому поле не можна розглядати як умовно однакову площу, на якій механічно чергуються кілька культур. Раціональна структура посівних площ формується після оцінки цих умов. Вона має відповідати не лише економічним інтересам, а й біологічним потребам ґрунту. Культура повинна займати те місце, де її вирощування є найбільш доцільним з погляду природних умов, виробничих завдань і збереження родючості.

Сівозміна в Системі зберігаючого землеробстві виконує ширші функції, ніж просте чергування культур. Вона має забезпечувати різноманіття рослин, стабільне надходження органічної речовини, зменшення ризиків поширення бур’янів, хвороб і шкідників, а також ефективне використання вологи. Особливо важливо, що в системі No-Till накопичена волога повинна бути використана культурними рослинами. Якщо додаткова волога зберігається в ґрунті, але не перетворюється на врожай, вона не дає виробничої користі господарству.

Саме тому перехід до No-Till може змінювати набір культур у господарстві. Водночас не всі культури однаково придатні для системи нульового обробітку. Особливо обережно слід ставитися до культур, які традиційно потребують інтенсивного розпушення ґрунту, зокрема коренеплодів і бульбоплодів, досвід вирощування таких культур без глибокої

оранки вже існує, однак для більшості господарств це залишається складним питанням.

Важливою вимогою до сівозміни є біологічне різноманіття. Чим більший набір культур використовується у господарстві, тим стійкішою стає система. Різні культури мають різні строки вегетації, різну кореневу систему, різний вплив на ґрунт і бур'яновий компонент. Чергування холодостійких і теплолюбних культур, широколистих і вузьколистих рослин дає змогу порушувати життєвий цикл бур'янів і зменшувати їхню пристосованість до системи вирощування.

Разом із тим сівозміна має практичні обмеження, не можна безмежно збільшувати кількість культур, якщо площа господарства не дозволяє ефективно їх вирощувати. Тому завдання агронома полягає не в механічному ускладненні структури посівів, а в побудові такої системи, яка одночасно є різноманітною, керованою й економічно доцільною.

Окреме місце в лекції займають покривні культури. Їхня роль особливо важлива тому, що в природних екосистемах ґрунт майже ніколи не залишається відкритим. Натомість у сільському господарстві після збирання основної культури поле часто певний час перебуває без живого рослинного покриву. У системі No-Till цю прогалину повинні заповнювати покривні культури. Покривні культури виконують частину функцій, які в традиційному землеробстві покладалися на механічний обробіток. Вони впливають на структуру ґрунту, підтримують біологічну активність, залишають кореневу систему, формують рослинні рештки, захищають поверхню від перегрівання, ерозії та надмірного випаровування. На відміну від механічного обробітку, їхня дія повільніша, але вона має довготривалий і переважно позитивний характер. «Покривних» культур як окремої групи не існує, покривними можуть бути звичайні сільськогосподарські культури, якщо їх вирощують не заради основного врожаю, а для виконання ґрунтозахисних, біологічних або агротехнічних функцій. Вибір таких культур залежить від попередника, строків сівби, кліматичних умов, запасів вологи та завдань господарства.

Бобові культури цінні тим, що можуть збагачувати систему азотом. Інші рослини можуть бути важливими завдяки кореневій системі, здатності швидко нарощувати біомасу або впливати на поживний режим ґрунту. Прикладом є гречка, яка швидко росте, має розгалужену кореневу систему і може позитивно впливати на доступність фосфору для наступних культур. Водночас лектор наголошує, що жодна одна культура не здатна вирішити всі завдання, тому значну увагу слід приділяти сумішам покривних культур.

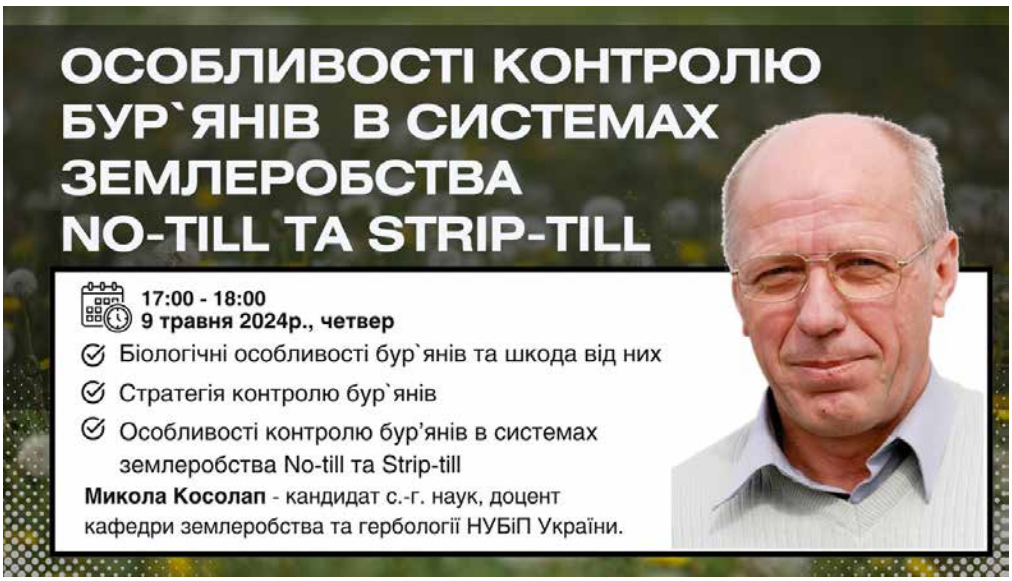
Суміші є ближчими до природної моделі, де рослинний покрив формується не одним видом, а поєднанням різних рослин. Такі суміші можуть краще виконувати кілька функцій одночасно: формувати біомасу, покращувати структуру ґрунту, залучати корисні організми, підтримувати живу кореневу систему та зменшувати ризики невдалого розвитку окремої культури.

Водночас покривні культури мають і ризики. Їх вирощування потребує насіння, пального, часу та додаткової організації робіт. У посушливих

регіонах особливо важливим є питання використання вологи. Неправильно підібрані або несвоєчасно зупинений розвиток покривних культур можуть конкурувати з основною культурою за воду. Тому управління ними повинно бути дуже уважним і прив'язаним до конкретних умов господарства.

Технологія вирощування покривних культур може виглядати відносно проста за принципом, але складна в практичному виконанні: їх потрібно своєчасно посіяти, забезпечити умови для росту і вчасно припинити їх розвиток. Важливе значення має також висота стерні після збирання попередньої культури. Перспективним напрямом є підсів покривних культур, які можуть розвиватися в міжряддях широкорядних культур. Це особливо важливо для культур із тривалим періодом вегетації, які не завжди повністю закривають поверхню ґрунту на ранніх етапах розвитку. У таких умовах покривні культури можуть підтримувати живу кореневу систему й ефективніше використовувати простір міжрядь.

Отже, сівозміна і покривні культури в системі зберігаючого землеробства є інструментами керування ґрунтом без інтенсивного механічного втручання. Вони допомагають підтримувати родючість, зберігати вологу, формувати органічну речовину, зменшувати ерозійні процеси та наближати агроекосистему до природних принципів функціонування.



Особливості контролю бур'янів
https://youtu.be/oj0qj7XMCFg?si=RHJkMpDwmK_8QECN

Контроль бур'янів є одним із найбільш дискусійних питань під час переходу до системи No-Till та Strip-Till. Саме проблема забур'яненості найчастіше викликає занепокоєння серед аграріїв, які розглядають можливість відмови від механічного обробітку ґрунту. Поширеною є думка, що без оранки, культивації та боронування поля неминуче заростуть бур'янами, а виробництво стане некерованим. Проте сучасні наукові підходи та виробничий досвід свідчать про інше: ефективний контроль бур'янів у системі No-Till та Strip-Till ґрунтується не на їх повному знищенні, а на регулюванні чисельності та запобіганні масовому розмноженню.

Традиційно бур'яни визначають як рослини, що засмічують сільськогосподарські угіддя та негативно впливають на ріст і розвиток культурних рослин. Водночас більш сучасний підхід розглядає бур'яни як складову агроекосистеми, яка набуває негативного значення лише за умов надмірного поширення. Це означає, що сама наявність окремих бур'янів на полі не є критичною проблемою. Вирішальним фактором стає їхня чисельність, конкурентна здатність і час присутності у посівах.

Для розуміння ролі бур'янів необхідно звернутися до природних екосистем. У природі поняття «бур'ян» фактично не існує, це та сама рослина, яка в посівах пшениці розглядається як небажаний вид, на луках або пасовищах може бути цінною кормовою культурою. Отже, бур'янистість є не біологічною характеристикою рослини, а наслідком її взаємодії з людиною та культурними посівами.

З екологічної точки зору бур'яни виконують функцію так званих піонерних рослин порушених екотопів. Вони першими заселяють ділянки, де відсутній рослинний покрив, забезпечуючи відновлення біологічної активності та захист поверхні ґрунту. Саме тому будь-яке поле, яке тимчасово залишається без рослинності, швидко заселяється бур'янами. Для

природи оголений ґрунт є нестабільним станом, який необхідно якомога швидше змінити шляхом формування рослинного покриву.

Особливу групу становлять культурні рослини, які з'являються не на своєму місці. Такі рослини називають засмічувачами або падалицею. Наприклад, соняшник у посівах озимого ріпаку або пшениці може створювати не менші проблеми, ніж традиційні бур'яни. У сучасних умовах потепління клімату навіть картопля дедалі частіше виступає як засмічувач посівів, оскільки частина бульб успішно перезимовує та проростає наступного року. Важливою особливістю бур'янів є їхня здатність швидко реагувати на зміни умов середовища. Насіння багатьох видів зберігає життєздатність у ґрунті протягом тривалого часу і може проростати за сприятливих умов практично в будь-який сезон. Саме ця властивість робить бур'яни постійним супутником землеробства. Проте вона ж пояснює, чому повне їх знищення є не лише практично неможливим, а й екологічно недоцільним.

Сучасна гербологія дедалі частіше відмовляється від терміна «боротьба з бур'янами» на користь понять «контроль» або «регулювання». Причина полягає в тому, що повне знищення всіх небажаних рослин не забезпечує стабільності агроекосистеми. Навпаки, завдання агронома полягає у підтриманні такої чисельності бур'янів, за якої вони не завдають економічно відчутної шкоди культурним рослинам.

Рівень шкодочинності бур'янів визначається кількома факторами. Насамперед значення має їхня чисельність: чим більше бур'янів присутнє на полі, тим сильнішою є конкуренція за воду, світло та поживні речовини. Важливим також є видовий склад. Багаторічні бур'яни зазвичай завдають більшої шкоди, ніж однорічні, а дводольні види часто виявляються агресивнішими за однодольні. Однак найбільше значення має тривалість спільної вегетації бур'янів і культури.

Особливе місце займає поняття гербокритичного періоду. Це проміжок часу, коли культура найбільш чутлива до конкуренції з боку бур'янів. Якщо в цей період посіви залишаються чистими, подальша поява окремих бур'янів уже не спричиняє суттєвого зниження врожайності. Саме тому головне завдання системи контролю полягає не у підтриманні абсолютної чистоти поля протягом усього сезону, а у забезпеченні відсутності бур'янів у критичні фази розвитку культури. Однією з фундаментальних особливостей No-Till та Strip-Till є зміна підходів до насіннєвого банку бур'янів. За традиційного обробітку ґрунту насіння постійно переміщується в орному шарі, де може зберігати життєздатність протягом багатьох років. Відвальна оранка фактично виконує функцію консервації насіння, відкладаючи його проростання на майбутнє. У системі прямого висіву насіння залишається переважно на поверхні ґрунту, де піддається впливу температурних коливань, висихання, мікроорганізмів, комах і птахів. У результаті значна його частина втрачає життєздатність природним шляхом.

Практичний досвід показує, що перші два-чотири роки після переходу на No-Till потребують підвищеної уваги до контролю бур'янів. Саме в цей

період відбувається поступове виснаження насіннєвого банку та перебудова агроекосистеми. Надалі інтенсивність забур'янення суттєво знижується, а роль основних інструментів контролю переходить до сівозміни, рослинних решток і покривних культур. Сівозміна є одним із найефективніших біологічних механізмів регулювання бур'янів. Чергування культур із різною біологією, строками сівби та особливостями розвитку порушує життєві цикли бур'янів і ускладнює їх пристосування до умов поля. Особливо ефективними є багатопільні сівозміни, які забезпечують більшу різноманітність умов порівняно з короткими двопільними схемами.

Не менш важливу роль відіграють рослинні рештки. Шар мульчі на поверхні ґрунту змінює температурний режим, зменшує доступ світла та перешкоджає проростанню багатьох видів бур'янів. Дослідження свідчать, що зі збільшенням кількості рослинних решток маса бур'янів суттєво зменшується. Таким чином, рослинні рештки виконують не лише функцію захисту ґрунту від ерозії та збереження вологи, а й стають важливим інструментом біологічного контролю забур'яненості.

Додатковий ефект забезпечують покривні культури. Вони займають вільну екологічну нішу між основними культурами, використовуючи ресурси світла, води та поживних речовин, які інакше були б доступними для бур'янів. У результаті покривні культури не лише покращують стан ґрунту, а й істотно зменшують потенціал забур'янення посівів.

Хімічний контроль у системі No-Till та Strip-Till залишається важливим елементом технології, особливо на початкових етапах переходу. Центральне місце займають препарати на основі гліфосату, які застосовують перед сівбою, після сівби до появи сходів культури та в післязбиральний період. Однак навіть використання гербіцидів розглядається не як самодостатній інструмент, а як складова комплексної системи управління бур'янами.

Отже, система No-Till та Strip-Till змінює саму філософію роботи з бур'янами. Замість постійної боротьби та прагнення до абсолютної чистоти поля формується підхід, заснований на розумінні біології рослин і функціонування агроекосистеми. Поєднання сівозміни, рослинних решток, покривних культур та раціонального використання гербіцидів дозволяє поступово знизити забур'яненість і підтримувати її на економічно безпечному рівні. Саме такий підхід забезпечує довгострокову ефективність системи No-Till та Strip-Till та сприяє формуванню більш стійкого і збалансованого землеробства.



Живлення рослин в системах землеробства No-till та Strip-till.
https://youtu.be/wgZrOHV5CAE?si=AJx8CY95wM-2lvec

Система живлення рослин є одним із ключових елементів успішного впровадження технологій No-Till та Strip-Till. Перехід від інтенсивного механічного обробітку ґрунту до ґрунтозберігаючих технологій змінює не лише фізичний стан ґрунту, а й закономірності руху, накопичення та доступності поживних речовин. Саме тому застосування традиційних підходів до удобрення в умовах прямого висіву не завжди забезпечує очікуваний результат.

Основною метою системи живлення в No-Till та Strip-Till є не лише забезпечення культури поживними речовинами для формування врожаю, а й підтримання родючості ґрунту, ефективне використання ресурсів та збереження економічної рентабельності виробництва. У цих системах живлення розглядається як складова цілісної агроекосистеми, де взаємодіють ґрунт, рослини, мікроорганізми, рослинні рештки та технологічні прийоми господарювання. Технології No-Till і Strip-Till базуються на принципі мінімального порушення ґрунту та поступового наближення агроекосистеми до природних процесів. Якщо в традиційному землеробстві родючість значною мірою підтримується завдяки інтенсивному розпушуванню, перемішуванню ґрунту та заробці добрив, то в системах прямого висіву ключову роль починають відігравати біологічні процеси.

При зменшенні інтенсивності обробітку змінюється просторовий розподіл основних елементів живлення. У верхньому горизонті ґрунту поступово накопичується азот, оскільки органічні рештки залишаються на поверхні та стають джерелом його надходження. Водночас доступність фосфору може зменшуватися, оскільки цей елемент характеризується низькою рухливістю та значною залежністю від біологічних процесів. Калій, навпаки, краще зберігається у ґрунтовому профілі через зменшення втрат внаслідок вимивання та ерозії. Такі зміни вимагають перегляду традиційних схем удобрення. Головним завданням стає не збільшення кількості добрив, а

підвищення ефективності їх використання та максимальне наближення поживних речовин до кореневої системи рослин.

Однією з фундаментальних особливостей ґрунтозберігаючого землеробства є використання рослинних решток як джерела поживних речовин. Уся рослинна маса, що залишається на полі після збирання врожаю, поступово розкладається та повертає значну частину елементів живлення назад у ґрунт. Чим більша кількість рослинних решток формується і чим ефективніше відбувається їх розкладання, тим менша потреба у внесенні додаткових мінеральних добрив.

Водночас на початкових етапах переходу до No-Till виникає проблема тимчасового дефіциту азоту. Для розкладання соломи зернових культур, кукурудзи або соняшнику мікроорганізми використовують значні обсяги доступного азоту. Через це протягом перших трьох–п’яти років після переходу культури можуть відчувати його нестачу. Саме тому в цей період рекомендується додаткове внесення азотних добрив для компенсації потреб мікробіологічних процесів. Важливим елементом системи живлення є також правильно побудована сівозміна. Різні культури неоднаково споживають поживні речовини та по-різному впливають на їхній баланс у ґрунті. Наявність у структурі посівів бобових культур сприяє накопиченню азоту, тоді як культури з високим рівнем винесення поживних речовин можуть формувати дефіцит окремих елементів. Тому система удобрення повинна розглядатися у взаємозв’язку із сівозміною та структурою посівних площ.

У системах No-Till і Strip-Till застосовуються ті самі агрохімічні закони, що й у традиційному землеробстві. Проте змінюються підходи до практичного використання добрив. Основою є чотири ключові принципи.

Перший принцип – правильна норма внесення. Кількість добрив повинна відповідати запланованому рівню врожайності, потенціалу ґрунту та природно-кліматичним умовам господарства. Недостатні норми призводять до дефіциту живлення, а надмірні – до економічних втрат та зниження ефективності використання добрив.

Другий принцип – правильна форма добрива. Для систем прямого висіву особливого значення набувають легкодоступні форми поживних речовин, які можуть швидко засвоюватися кореневою системою без необхідності інтенсивного перемішування з ґрунтом.

Третій принцип – правильний час внесення. Добрива повинні надходити в період максимальної потреби культури. Саме тому широко застосовуються дробні схеми удобрення, коли поживні речовини вносять кількома етапами протягом вегетації.

Четвертий принцип – правильне місце внесення. У системах No-Till найбільш ефективним визнається локальне внесення добрив безпосередньо в зону розвитку кореневої системи. Такий підхід дозволяє підвищити коефіцієнт використання поживних речовин і зменшити їхні втрати.

Азотне живлення

Азот є головним елементом, що визначає рівень урожайності більшості польових культур. Його особливістю є висока рухливість у ґрунті та значна

залежність від біологічних процесів. Азот постійно переходить між різними формами, може вимиватися водою, втрачатися внаслідок денітрифікації або тимчасово зв'язуватися мікроорганізмами під час розкладання рослинних решток.

На початкових етапах переходу до No-Till та Strip-Till особливо важливим стає забезпечення азотного живлення верхнього шару ґрунту. Для прискорення відновлення азотного балансу рекомендується використовувати розкидне внесення азотних добрив, а надалі переходити до більш ефективних локальних способів.

Високу ефективність демонструє стрічкове внесення азоту, коли добрива розміщуються в зоні майбутнього розвитку кореневої системи. Такий підхід дозволяє істотно підвищити коефіцієнт використання азоту порівняно з поверхневим внесенням. Для цього використовуються спеціалізовані сівалки та системи локального внесення рідких або гранульованих добрив.

Важливо також враховувати сезонну динаміку азоту. Найбільша потреба культур у доступному азоті спостерігається навесні, коли природна нітрифікація ще недостатньо активна. Саме тому ранньовесняні підживлення мають особливе значення для озимих культур та ранніх ярих посівів.

Фосфорне живлення та роль мікоризи

Фосфор є другим за значенням елементом живлення після азоту. Його основна функція полягає у формуванні кореневої системи та забезпеченні енергетичних процесів у рослині. На відміну від азоту, фосфор практично не переміщується у ґрунті, що робить проблему його доступності особливо актуальною для систем No-Till та Strip-Till. У ґрунті фосфор перебуває в кількох формах: важкодоступній, середньодоступній та легкодоступній. Для живлення рослин значення має саме легкодоступна форма, тому під час аналізу ґрунту важливо оцінювати не лише загальний запас фосфору, а й його доступну частку.

Особливу роль у забезпеченні рослин фосфором відіграють мікоризні гриби. Вони утворюють симбіоз із кореневою системою та сприяють мобілізації важкодоступних сполук фосфору. Однією з переваг No-Till та Strip-Till є саме покращення умов для розвитку мікоризи завдяки мінімальному порушенню ґрунту та накопиченню органічних решток. Для підвищення ефективності фосфорного живлення рекомендується використовувати інкрустацію насіння, стартові добрива та локальне внесення легкодоступних форм фосфору безпосередньо в зону проростання насіння. Особливо важливим це є за холодної весни, коли природна доступність фосфору істотно знижується.

Калій, сірка та мікроелементи

Калій забезпечує регуляцію водного режиму рослин, підвищує їхню стійкість до стресів та бере участь у формуванні врожаю. У багатьох українських ґрунтах його запаси є значними, проте остаточні висновки можуть бути зроблені лише після проведення агрохімічного аналізу. Калій достатньо рухливий, тому за необхідності може вноситися розкидним

способом для насичення ґрунту. Надалі його рівень підтримується за рахунок стартового внесення та локального застосування.

Сірка тісно пов’язана з азотним живленням. Її достатня кількість забезпечує ефективніше використання азоту рослинами та позитивно впливає на якість урожаю. Найчастіше сірку вносять у складі стартових добрив або під час передпосівної підготовки.

Особливого значення в сучасних технологіях набувають мікроелементи. Через незначні норми внесення їх економічно доцільно застосовувати локально разом зі стартовими добривами або у вигляді позакореневих підживлень. Використання хелатних форм дозволяє швидко усувати дефіцит окремих елементів та підтримувати рослини в періоди стресу.

Система живлення в технологіях No-Till та Strip-Till ґрунтується на тих самих агрохімічних закономірностях, що й традиційне землеробство, однак потребує іншої організації процесів удобрення. Основними особливостями є локальне внесення добрив, використання легкодоступних форм поживних речовин, широке застосування стартових добрив і дробних підживлень протягом вегетації.

Перехід до ґрунтозберігаючих технологій супроводжується зміною біологічних процесів у ґрунті та потребує адаптаційного періоду тривалістю від трьох до п’яти років. У цей час особливого значення набувають агрохімічний моніторинг, аналіз ґрунту та гнучке коригування системи удобрення. Лише поєднання науково обґрунтованого живлення, правильної сівозміни, управління рослинними рештками та використання сучасних технологій внесення добрив дозволяє реалізувати потенціал систем No-Till і Strip-Till та забезпечити стабільну врожайність за збереження родючості ґрунту.



Сівба як базовий елемент систем землеробства No-till та Strip-till

https://youtu.be/mrKzDw69t5w?si=ZuDyaU5pFUyOYrvK

Сівба є одним із найважливіших агротехнічних заходів у будь-якій системі землеробства. Від якості її виконання залежить рівномірність сходів, формування густоти посіву, розвиток рослин і, зрештою, рівень урожайності. Особливого значення це питання набуває в системах No-Till та Strip-Till, де відсутній або суттєво обмежений механічний обробіток ґрунту. За таких умов саме сівалка повинна виконувати значну частину функцій, які раніше забезпечувалися культивацією, боронуванням та іншими операціями підготовки посівного ложа.

У сучасному ґрунтозберігаючому землеробстві вимоги до якості сівби значно зросли. Якщо в традиційних технологіях окремі недоліки могли компенсуватися подальшими агротехнічними заходами, то в системах прямого висіву помилки під час сівби практично неможливо виправити без додаткових витрат ресурсів і втрати частини врожаю. Саме тому якість роботи посівної техніки сьогодні розглядається як один із ключових факторів ефективності No-Till та Strip-Till.

Сучасні тенденції розвитку аграрних технологій свідчать про зростання уваги до точності виконання посівних операцій. Основними напрямами вдосконалення є забезпечення стабільної глибини загортання насіння, рівномірності його розміщення в рядку, використання елементів точного землеробства та постійний моніторинг якості роботи сівалки. Особливе значення має дотримання заданої глибини висіву. У традиційних сівалках нерівномірність загортання насіння часто призводила до розтягнутого періоду появи сходів. Сучасні системи керування та навігації дозволяють значно підвищити точність роботи посівних агрегатів і забезпечити дружні сходи культури. Не менш важливою є рівномірність розміщення насіння в рядку. У сучасній агрономії активно використовується поняття «сингуляція»

– показник, який характеризує відсутність двійників і пропусків під час висіву. Двійники виникають тоді, коли поруч розміщуються дві насінини, які в подальшому конкурують між собою за ресурси. Пропуски ж призводять до недовикористання площі живлення та зниження врожайності. За сучасними вимогами якісним вважається висів із сингуляцією на рівні близько 94 %, тоді як новітні технічні рішення дозволяють досягати показників до 99 %.

Перехід до технології No-Till суттєво змінює умови роботи посівної техніки. Якщо після традиційного обробітку поверхня поля є відносно вирівняною, а посівний шар має однорідну структуру, то на необробленому ґрунті виникає низка додаткових складнощів. По-перше, поверхня ґрунту характеризується природною нерівністю та наявністю мікрорельєфу. По-друге, верхній шар має значну варіабельність щільності. В одних місцях ґрунт може бути ущільненим, а в інших – пухким. Через це виникає ризик нерівномірного заглиблення сошників: на ущільнених ділянках вони можуть не досягати необхідної глибини, а на пухких – надмірно заглиблюватися. Додаткову проблему створюють рослинні рештки, які залишаються на поверхні поля. Якщо сошник не забезпечує якісного розрізання та відведення пожнивних решток, вони можуть потрапляти в посівну борозну й перешкоджати контакту насіння з ґрунтом. Це негативно впливає на проростання та рівномірність сходів. Саме тому сучасні No-Till та Strip-Till - сівалки відрізняються значною масою, високим притискним зусиллям і складними системами копіювання рельєфу, які дозволяють утримувати стабільну глибину висіву незалежно від неоднорідності поверхні поля.

Для успішного проростання насіння необхідно забезпечити кілька обов’язкових умов. Насамперед насінина повинна контактувати з вологою. Найкращі результати досягаються тоді, коли насіння розміщується на ущільненому насіннєвому ложі, що забезпечує добрий контакт із ґрунтом та надходження вологи. Водночас верхній шар повинен залишатися достатньо пухким для забезпечення доступу кисню.

У лекції наголошується на відмінності між біологічною та технологічною глибиною висіву. Біологічна глибина визначається особливостями культури й є оптимальною для розвитку проростка. Однак фактична глибина сівби часто коригується залежно від розташування вологи в ґрунті та конкретних польових умов.

Важливе значення має також якість самого насіння. Високі показники чистоти, калібрування та лабораторної схожості безпосередньо впливають на рівномірність появи сходів. Особливо цінним показником для теплолюбних культур є так зване «холодне пророщування», яке дозволяє оцінити здатність насіння проростати за несприятливих температурних умов ранньої весни. Одним із критеріїв оцінювання якості прямого висіву є характер розміщення насіння відносно ґрунту та рослинних решток.

Розглядається чотири класи:

Перший клас характеризується ситуацією, коли насіння залишається практично відкритим або недостатньо загорнутим у ґрунт. Такий варіант

вважається неприйнятним через високий ризик втрати вологи та нерівномірних сходів.

Другий клас передбачає часткове покриття насіння ґрунтом, але при цьому значна частина рослинних решток залишається перемішаною з посівним шаром. Це також вважається небажаним варіантом.

Третій клас характеризується кращим розподілом решток і ґрунту, однак повного розділення між ними ще не досягнуто.

Найкращим визнається четвертий клас, або так званий «невидимий посів». У цьому випадку насіння загортається в пухкий ґрунт, а рослинні рештки залишаються на поверхні та не змішуються із зоною розміщення насіння. Саме такий варіант забезпечує найкращі умови для проростання й вважається еталонним для технології No-Till та Strip-Till.

Одним із ключових елементів сучасної посівної техніки є конструкція сошника. У практиці застосовуються дискові, анкерні, монодискові та комбіновані системи. Кожна з них має власні переваги та обмеження. Анкерні сошники вирізняються простотою конструкції та високою прохідністю через рослинні рештки. Водночас вони сильніше порушують поверхню ґрунту та можуть спричиняти втрати вологи.

Подвійні дискові сошники тривалий час залишалися класичним рішенням для сівалок суцільного посіву. Проте в умовах No-Till вони можуть поступатися більш сучасним конструкціям за здатністю підтримувати стабільну глибину загортання. Монодисковий сошник та системам із Т-подібною борозною: такі конструкції забезпечують мінімальне порушення поверхні ґрунту, краще збереження вологи та ефективніше розміщення насіння. Результати польових досліджень свідчать про високий рівень схожості культур саме за використання подібних технологічних рішень.

У системах No-Till та Strip-Till якість сівби набуває вирішального значення для формування врожаю. Відсутність механічного обробітку ґрунту переносить основне навантаження щодо створення оптимальних умов проростання насіння на посівну техніку. Тому сучасні вимоги до сівби включають забезпечення стабільної глибини висіву, високої сингуляції, правильного контакту насіння з ґрунтом та ефективного управління рослинними рештками. Найбільш перспективними напрямами розвитку є використання незалежних висівних секцій, систем автоматичного контролю глибини, монодискових сошників і технологій точного землеробства. Реалізація цих підходів дозволяє максимально розкрити потенціал ґрунтозберігаючих технологій та забезпечити стабільне отримання високих урожаїв за мінімального впливу на ґрунтову екосистему.



Особливості технічного оснащення систем землеробства No-till і Strip-till

https://youtu.be/r311WZdU8wA?si=4RyDEMuRBGfr-Ylf

Технічне оснащення є однією з ключових умов успішного впровадження систем No-Till і Strip-Till. Якщо теоретичні засади ґрунтозберігаючого землеробства визначають загальні принципи роботи з ґрунтом, рослинними рештками, сівозміною та живленням рослин, то практична реалізація цих принципів значною мірою залежить від правильно підібраної техніки.

У системах зберігаючого землеробства техніка виконує не лише виробничу, а й агрономічну функцію. Вона має забезпечити якісну сівбу без попереднього інтенсивного обробітку ґрунту, мінімально порушити його структуру, зберегти рослинні рештки на поверхні та водночас створити оптимальні умови для проростання насіння. Саме тому вибір сівалки, сошників, прикочувальних елементів, обладнання для внесення добрив і допоміжних агрегатів є одним із найскладніших питань переходу до No-Till або Strip-Till.

У традиційному землеробстві значна частина роботи зі створення посівного ложа виконується до сівби: ґрунт орють, культивують, вирівнюють, подрібнюють грудки, заробляють рослинні рештки. У системі No-Till цих операцій немає. Тому основне навантаження переходить на сівалку прямого висіву. Сівалка повинна працювати по необробленому ґрунту, який має природну щільність, мікрорельєф і шар рослинних решток. Вона має розрізати або відсунути рештки, відкрити вузьку посівну борозну, покласти насіння на потрібну глибину, забезпечити контакт насінини з ґрунтом і закрити борозну без надмірного руйнування поверхні. Це принципово відрізняє її від традиційної сівалки, для якої ґрунт заздалегідь готують іншими агрегатами.

Саме тому в системі No-Till особливого значення набуває конструкція сошника. Від нього залежить, наскільки якісно насіння буде розміщене в ґрунті і наскільки мінімальним буде порушення поверхні поля. У сівалках

прямого висіву застосовуються різні типи сошників: дводискові, монодискові, анкерні, долотоподібні та комбіновані. Кожен із них має власні переваги й обмеження.

Дводисковий сошник є модернізованим варіантом традиційної конструкції. У системах No-Till диски часто зміщують відносно один одного, щоб один із них краще розрізав рослинні рештки та ґрунт, а другий формував борозну для насіння. Для поліпшення роботи перед сошником може встановлюватися культер – спеціальний диск, який попередньо прорізає рослинні рештки та полегшує входження сошника в ґрунт.

Монодисковий сошник має один робочий диск і часто використовується для зменшення порушення ґрунту. Він дає змогу формувати вузьку борозну та краще зберігати структуру поверхні. Такі сошники можуть працювати в поєднанні з прикочувальними колесами, притискачами насіння та різними варіантами розгортачів рослинних решток.

Анкерні або долотоподібні сошники простіші за конструкцією і менше бояться великої кількості рослинних решток. Вони здатні розсувати рештки та працювати в складних умовах. Однак їхнім недоліком є більше розпушення ґрунту, що не завжди відповідає принципам мінімального порушення поверхні.

Окремо розглядається комбінований сошник типу Cross Slot, який дає змогу розміщувати насіння і добрива окремо, з мінімальним порушенням ґрунту. Такий підхід вважається одним із найбільш технологічно досконалих, однак потребує складнішої та дорожчої техніки.

Додаткові елементи: сучасної No-Till-сівалка – це не лише сошник. Вона включає цілу систему допоміжних елементів, які забезпечують якість висіву. Культери розрізають рослинні рештки перед сошником. Їхня форма може бути різною: прямою, хвилястою, зазубреною. Вибір залежить від типу ґрунту, вологості, кількості та стану рослинних решток. Розгортачі рядка використовуються тоді, коли рештки краще не розрізати, а відсунути із зони майбутнього рядка. Це особливо важливо для культур, які потребують швидшого прогрівання ґрунту навесні, зокрема кукурудзи або соняшнику. Притискачі насіння забезпечують контакт насінини з ґрунтом. Це невеликі елементи, які притискають насіння до дна борозни. Їхнє завдання – поліпшити надходження вологи до насінини та забезпечити рівномірніше проростання. Прикочувальні колеса закривають борозну, ущільнюють ґрунт навколо насіння та формують завершений посівний профіль. Їхня форма і ширина добираються залежно від типу ґрунту, вологості та конструкції борозни.

Система Strip-Till потребує спеціальних культиваторів смугового обробітку. Їхнє завдання – обробити лише вузьку смугу майбутнього рядка, не порушуючи міжряддя. У цій смузі ґрунт розпушується, очищується від рослинних решток і може одночасно удобрюватися. Типова секція Strip-Till-агрегату складається з диска або ножа для розрізання поверхні, розгортачів рослинних решток, робочого органа для розпушення смуги, елементів для внесення добрив і прикочувального вузла. Такий агрегат дозволяє поєднати переваги No-Till із кращим прогріванням та підготовкою зони висіву.

Перевагою Strip-Till є можливість локального внесення добрив у майбутню кореневу зону. Це дає змогу ефективніше використовувати поживні речовини та зменшити їх втрати. Водночас ця система потребує високої точності навігації, оскільки під час сівби насіння повинно потрапити саме в підготовлену смугу.

Техніка для внесення добрив

У системах No-Till і Strip-Till змінюється підхід до внесення добрив. Оскільки ґрунт не перемішується інтенсивно, поверхневе розкидання добрив не завжди є ефективним. Частина поживних речовин може втрачатися або залишатися недоступною для кореневої системи. Тому велике значення мають агрегати для локального внесення рідких і твердих добрив. Рідкі добрива можуть вноситися спеціальними аплікаторами безпосередньо в ґрунт. Це зменшує втрати, підвищує ефективність живлення і дає змогу уникнути опіків рослин.

Особливого значення набувають також сівалки з кількома бункерами, які можуть одночасно висівати насіння різних культур і вносити кілька видів добрив на різну глибину. Такі технічні рішення відкривають нові можливості для сівби сумішей, покривних культур та диференційованого живлення.

Допоміжна техніка

До важливих елементів технічного оснащення No-Till належать очісувальні жатки, бункери-накопичувачі, рублячі котки та посівні модулі. Очісувальні жатки дають змогу залишати високу стерню, що є важливим для захисту ґрунту, збереження вологи та створення сприятливого мікроклімату. Вони зменшують навантаження на комбайн, оскільки через нього проходить менше соломистої маси. Бункери-накопичувачі змінюють логістику збирання врожаю. Вони дозволяють комбайну працювати без тривалих зупинок на розвантаження, що підвищує продуктивність і зменшує ущільнення ґрунту важким транспортом. Рублячі котки використовуються для механічного припинення розвитку покривних культур або подрібнення стебел після збирання соняшнику чи інших культур. Вони дають змогу швидко підготувати поле до наступної сівби з мінімальним втручанням у ґрунт. Посівні модулі можуть встановлюватися на різні агрегати, зокрема на комбайни або ґрунтообробні знаряддя. Вони дають змогу висівати покривні культури одночасно з іншими технологічними операціями.

Технічне оснащення систем No-Till і Strip-Till є складним і багатокомпонентним. Головним знаряддям у цих системах залишається сівалка прямого висіву, але її ефективність залежить від правильного добору сошників, культерів, розгортачів, притискачів, прикочувальних коліс і систем внесення добрив.

Не існує універсальної сівалки або агрегату, які однаково добре працюватимуть на всіх ґрунтах і в усіх господарствах. Вибір техніки має залежати від типу ґрунту, кількості рослинних решток, вологості, культур у сівозміні, площі господарства, наявної потужності тракторів і фінансових можливостей.



Регенеративне землеробство: новий напрямок в сільському господарстві.

https://youtu.be/W5IPxEGxAsA?si=2SI8ZGZidAeGSW-_

Регенеративне землеробство розглядається як один із нових і водночас закономірних напрямів розвитку сучасного сільського господарства. Його поява пов’язана з усвідомленням того, що аграрне виробництво не може обмежуватися лише отриманням урожаю. Воно має також зберігати й відновлювати природні ресурси, від яких залежить саме існування землеробства. У центрі уваги регенеративного підходу перебуває питання відновлення: що саме було втрачено, внаслідок яких процесів це сталося і якими діями можна повернути систему до кращого стану. У лекції наголошується, що регенерація означає не просто поліпшення окремого показника, а відновлення структур і функцій системи, які були порушені внаслідок шкідливих або патологічних процесів.

Для сільського господарства такими втратами є зменшення вмісту гумусу, погіршення структури ґрунту, зниження біорізноманіття, деградація земель, втрата здатності ґрунту підтримувати повноцінний розвиток рослин. Отже, регенеративне землеробство спрямоване не лише на родючість у вузькому агрономічному розумінні, а на відновлення всієї агроекосистеми.

Термін «регенеративне землеробство» має широке значення і використовується в різних контекстах. Він може стосуватися управління фермою, відновлення ґрунтів, збереження біорізноманіття, кліматичних дій, традиційних практик господарювання або навіть ширшого бачення гармонійного співіснування людини з природою.

Однак для аграрної практики особливо важливим є визначення, за яким регенеративне землеробство розглядається як підхід до управління фермою, спрямований на протидію зміні клімату через відновлення деградованих ґрунтів, збільшення органічної речовини та підтримання біорізноманіття.

У цьому визначенні важливими є кілька складових:

По-перше, йдеться саме про управління фермою. Тобто регенеративність не зводиться до окремого прийому, наприклад висіву покривної культури чи відмови від оранки. Це система управлінських рішень, яка охоплює сівозміну, обробіток ґрунту, роботу з рослинними рештками, удобрення, захист рослин, використання техніки та планування виробництва.

По-друге, регенеративне землеробство має кліматичну мету. Воно пов'язане із завданням зменшення негативного впливу сільського господарства на клімат і збільшенням здатності ґрунтів накопичувати органічний вуглець.

По-третє, головним практичним об'єктом відновлення виступає ґрунт. Саме в ньому накопичується органічна речовина, формується структура, розвивається біота і створюються умови для продуктивного росту рослин.

Необхідність регенеративного підходу пов'язана з реальними втратами, які вже відбулися в аграрних ландшафтах. Ідеться про зменшення вмісту гумусу, деградацію ґрунтів, погіршення їхньої здатності утримувати вологу, зниження біологічної активності та скорочення різноманіття живих організмів. Особливо важливим показником є органічна речовина ґрунту. Вона пов'язана з родючістю, водоутримувальною здатністю, структурою ґрунту, активністю мікроорганізмів і стійкістю агроекосистеми до стресів. Втрата органічної речовини означає, що ґрунт поступово втрачає здатність повноцінно виконувати свої функції. Не менш важливим є біорізноманіття. У регенеративному землеробстві воно розглядається не як другорядна екологічна тема, а як основа стабільності системи. Чим більше в агроекосистемі різних рослин, мікроорганізмів, ґрунтових організмів та інших живих компонентів, тим краще вона здатна до саморегуляції.

Основні принципи регенеративного землеробства

Першим принципом є зміна погляду агровиробника на власну діяльність. Фермер або господарство мають усвідомлено поставити перед собою не лише виробничу мету, а й завдання відновлення ґрунту, органічної речовини, біорізноманіття та зменшення кліматичного впливу. Без такої зміни управлінського мислення окремі технологічні прийоми не формують цілісної регенеративної системи.

Другий принцип – мінімізація порушення ґрунту. Йдеться про зменшення або відмову від інтенсивного механічного обробітку. Чим менше ґрунт перевертається і руйнується, тим краще зберігається його структура, волога, мікробіологічна активність і органічна речовина. У цьому контексті технології No-Till і Strip-Till можуть бути частиною регенеративного підходу, якщо вони спрямовані не лише на економію ресурсів, а й на відновлення ґрунтової системи.

Третій принцип – максимальне різноманіття культур. Одноманітні посіви роблять агроекосистему нестійкою. Різні культури мають різну кореневу систему, по-різному використовують воду й поживні речовини, залишають різні рослинні рештки та підтримують різні групи ґрунтової біоти. Тому збільшення кількості культур у сівозміні є одним із практичних шляхів до регенерації.

Четвертий принцип – постійне покриття ґрунту. Ґрунт не повинен залишатися відкритим. Його має захищати мульча з рослинних решток або живий рослинний покрив. Покриття зменшує перегрівання, втрати вологи, ерозію та створює сприятливі умови для життя ґрунтових організмів. Важливими умовами є відмова від спалювання решток, їх рівномірний розподіл і збереження на поверхні.

П’ятий принцип – підтримання живого коріння в ґрунті якомога довше протягом року. Живі корені забезпечують живлення ґрунтової біоти, підтримують структуру ґрунту та сприяють формуванню органічної речовини. Для цього можуть використовуватися культури з довшим періодом вегетації, покривні культури, післяжнивні посіви або інші рішення, які скорочують періоди, коли поле залишається без живої рослинності.

Шостий принцип – інтеграція тваринництва в систему рослинництва, якщо це можливо в умовах конкретного господарства. Така інтеграція реалізується шляхом періодичного випасання худоби після збирання основної культури або на посівах покривних культур. Основною метою цього підходу є активізація природних біологічних процесів у ґрунті, підвищення його біологічного різноманіття та покращення фізичних, хімічних і біологічних властивостей.

No-Till і Strip-Till можуть бути складовими регенеративного землеробства, але не автоматично дорівнюють йому. Якщо господарство просто відмовилося від оранки, але не працює над біорізноманіттям, органічною речовиною, покривними культурами, сівозміною та відновленням екосистеми, така система ще не обов’язково є регенеративною.

Регенеративність визначається не назвою технології, а метою і результатом. Якщо система управління фермою спрямована на відновлення деградованих ґрунтів, збільшення органічної речовини, підтримання біорізноманіття та зменшення кліматичного впливу, тоді її можна розглядати як регенеративну.

Це означає, що регенеративне землеробство може бути присутнє в різних виробничих моделях: інтенсивній, органічній, ґрунтозахисній, ресурсоощадній. Важливо не те, до якої категорії формально належить господарство, а те, чи змінює воно управління в напрямі відновлення природних функцій агроекосистеми.

У світі формується добровільний вуглецевий ринок, де компанії, що мають кліматичні зобов’язання, можуть підтримувати проєкти, спрямовані на зменшення або компенсацію викидів. Для фермерів це потенційно створює додаткову мотивацію впроваджувати регенеративні практики.

Регенеративні практики пов’язані з накопиченням органічного вуглецю в ґрунті. Якщо господарство може підтвердити, що завдяки його діям відбувається додаткове накопичення вуглецю або зменшення викидів, це може мати економічну цінність.

Для України тема регенеративного землеробства має особливе значення, окремі українські фермери, вже рухаються в напрямі ґрунтозахисного та ресурсозберігаючого землеробства. Вони зменшують обробіток ґрунту,

розширюють сівозміну, працюють із покривними культурами, знижують залежність від надмірного застосування добрив і поступово змінюють підхід до управління господарством. Такі практики поки що не завжди прямо називаються регенеративними, однак за своєю суттю вони наближаються до цього напряму. Саме тому важливим завданням є формування українського розуміння регенеративного землеробства – такого, що враховує наші ґрунтово-кліматичні умови, структуру господарств, стан земель, досвід фермерів і потреби аграрного виробництва.

Регенеративне землеробство – це не окрема операція і не модна назва вже відомих технологій. Це підхід до управління аграрною системою, який поєднує виробництво продукції з відновленням ґрунтів, органічної речовини, біорізноманіття та природних функцій агроекосистеми.

Його основа полягає в розумінні втрат, які відбулися внаслідок деградаційних процесів, і в цілеспрямованому впровадженні практик, здатних ці втрати поступово відновлювати. До таких практик належать мінімізація порушення ґрунту, різноманітна сівозміна, покривні культури, постійне мульчування, підтримання живого коріння та інтеграція біологічних процесів у систему господарювання.

Головна ідея лекції полягає в тому, що майбутнє сільського господарства залежить не лише від урожайності, а й від здатності аграрних систем відновлювати ресурс, на якому вони ґрунтуються. Регенеративне землеробство пропонує саме такий напрям розвитку – від використання ґрунту до його відновлення.



Тернистий шлях, пошук ідеальної технології. Михайло Войтовик
https://youtu.be/bJq-G72ZwjA?si=idPp6gll-kRdqaue

Однією з ключових тем зустрічі стало обговорення практичного досвіду впровадження технології No-Till у невеликому фермерському господарстві ТОВ «Мрія». Своїм баченням поділився Михайло Войтовик – фермер, науковець і дослідник, який понад сімнадцять років працює із ґрунтозберігаючими технологіями.

Було представлено невелике фермерське господарство, яке протягом багатьох років послідовно відстоює думку про важливу роль малих фермерів у розвитку аграрного сектору України. Михайло Войтовик зазначив, що впровадження No-Till відбувалося в умовах майже повної відсутності доступної інформації, на початковому етапі 2007 року. Більшість рішень доводилося приймати на основі власних спостережень, аналізу окремих матеріалів та практичних експериментів. Кожен рік приносив нові виклики, а помилки ставали важливою складовою процесу навчання. Саме тому свій шлях він характеризує як тернистий, але водночас надзвичайно цінний з точки зору накопичення досвіду.

За роки роботи сформувалося чітке переконання, що першим і найважливішим кроком для будь-якого господарства повинна стати відмова від оранки. На думку доповідача, незалежно від того, яку систему землеробства обирає фермер – Mini-Till, Strip-Till чи No-Till, – саме відмова від інтенсивного механічного обробітку створює передумови для відновлення природних процесів у ґрунті. Він звернув увагу на те, що ще понад сто років тому український агроном Іван Овсінський наголошував на негативних наслідках глибокої оранки та пропонував альтернативні підходи до обробітку ґрунту. Сучасні дослідження та практичний досвід багатьох господарств фактично підтверджують правильність цих висновків.

Особливу увагу доповідач приділив проблемі деградації українських чорноземів. Він зазначив, що за останні десятиліття вміст органічної

речовини в ґрунтах невпинно зменшується. У ситуації, коли тваринництво скоротилося, а традиційні джерела органічної речовини використовуються дедалі менше, виникає потреба у нових підходах до підтримання та відновлення родючості. Саме технологія No-Till, на його думку, дозволяє реалізувати механізм розширеного відтворення родючості ґрунту за рахунок накопичення рослинних решток, розвитку ґрунтової біоти та активізації природних процесів гумусоутворення.

Важливим аргументом на користь ґрунтозберігаючих технологій стали економічні результати. Михайло Войтовик навів дані власного господарства, де витрати дизельного пального становлять до 20 літрів на гектар за весь цикл вирощування культур. Для порівняння, у господарствах із традиційною технологією обробітку ці витрати можуть сягати 70–100 літрів на гектар. Водночас урожайність залишається на високому рівні. Як приклад було наведено врожайність озимої пшениці близько 6 тонн з гектара, що свідчить про можливість поєднання економічної ефективності та збереження ґрунтових ресурсів.

Разом із тим доповідач наголосив, що технологія No-Till не є простішою за традиційне землеробство. Навпаки, вона вимагає значно глибших знань і більшої дисципліни. Фермер повинен добре розуміти біологію культурних рослин і бур’янів, своєчасно виконувати технологічні операції, контролювати розвиток посівів та уважно аналізувати стан ґрунту. Якщо у традиційній системі деякі помилки можна виправити механічним обробітком, то в No-Till такі можливості значно обмежені. Саме тому рівень професійної підготовки стає одним із головних чинників успіху.

Під час дискусії значну увагу було приділено сучасному поняттю регенеративного землеробства. На думку учасників зустрічі, цей напрямок є логічним продовженням розвитку технології No-Till. Його основною метою є не просто мінімізація негативного впливу на ґрунт, а активне відновлення природних процесів, покращення структури ґрунту, накопичення органічної речовини та підвищення біологічної активності агроекосистем. Водночас було підкреслено, що перехід до регенеративного землеробства не означає механічного дотримання певних догм. У деяких випадках фермер змушений втручатися в природні процеси для вирішення конкретних проблем, наприклад ущільнення ґрунту чи утворення поверхневої кірки. Головне – щоб такі втручання були обґрунтованими та спрямованими на довгострокове оздоровлення ґрунту.

Окремий блок обговорення стосувався покривних культур. Михайло Войтовик підкреслив, що вони є невід’ємною складовою сучасного ґрунтозберігаючого землеробства. Постійне покриття поверхні ґрунту рослинністю або рослинними рештками дозволяє зменшити перегрівання ґрунту, зберігати вологу, покращувати його структуру та створювати сприятливі умови для розвитку ґрунтової мікробіоти. Особливу увагу він приділив використанню багатокомпонентних сумішей покривних культур. На його переконання, біорізноманіття сприяє формуванню різноманітних груп мікроорганізмів, що позитивно впливає на процеси відновлення

родючості. Саме тому поряд із гречкою, яка тривалий час використовувалася як покривна культура, все більшого значення набувають суміші бобових та інших рослин.

Власний досвід господарства демонструє, що накопичення органічної речовини поступово забезпечує позитивний ефект для наступних культур. Як приклад було наведено послідовність вирощування пшениці, покривних культур, сої та кукурудзи. Така система дозволяє частково відмовлятися від мінеральних добрив, зменшувати хімічне навантаження на агроекосистему та підтримувати стабільний розвиток рослин навіть у складних погодних умовах.

Наприкінці виступу Михайло Войтовик підкреслив, що головною метою його діяльності є не лише отримання економічного результату, а й формування нової культури землеробства, в центрі якої знаходиться здоровий ґрунт. Саме здоров'я ґрунту він вважає основою для вирощування здорових рослин, виробництва якісної продукції та забезпечення продовольчої безпеки. На його переконання, майбутнє українського сільського господарства пов'язане з поширенням ґрунтозберігаючих і регенеративних технологій, а також із розвитком відповідального фермерства, здатного поєднувати економічну ефективність із дбайливим ставленням до природних ресурсів.



Результати дослідження ефективності використання біочару для агровиробництва в Україні за результатами 2026 року

У рамках проєкту, що реалізується за підтримки **Фонду Minderoo та Міністерства аграрної політики та продовольства України**, у 2026 році було проведено практичне випробування застосування біочару в агровиробництві. Основною метою досліду було оцінити вплив біочару, а також його поєднання з біологічними препаратами, на врожайність сільськогосподарської культури, якість продукції та основні агрохімічні й агрофізичні показники ґрунту.

Дослідження проводили на дослідних полях **УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого** у селищі Дослідницьке Білоцерківського району Київської області. Культурою досліду був ярий ячмінь сорту Лексі. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем глибокий малогумусний середньосуглинковий, із рівним рельєфом та вирівняним мікрорельєфом.

Для випробування використовували деревний біочар, якість якого відповідала вимогам **European Biochar Certificate (EBC) v.4.8** та **IBI Biochar Standards v.2.0**. Матеріал відповідав також нормативним вимогам щодо вмісту важких металів. Біочар вносили перед сівбою нормою **5 т/га** окремо та в комбінації з біопрепаратами Мікофренд, Азотохелп і Липосам.

Вплив біочару на врожайність

Контрольний варіант забезпечив урожайність ярого ячменю **4,83 т/га**. За внесення лише біочару врожайність зросла до **5,21 т/га**, тобто на **0,38 т/га, або 7,87 %**. Найвищий показник було отримано у варіанті спільного застосування біочару та біопрепаратів – **5,52 т/га**, що на **0,69 т/га, або 14,29 %**, перевищувало контроль.

Відмінності спостерігалися також у якості зерна. Масова частка білка на контролі становила **11,2 %**, за застосування біочару – **11,3 %**, а у варіанті «біочар + біопрепарати» – **14,0 %**. Таким чином, комплексне застосування

забезпечило збільшення вмісту білка на 2,8 відсоткового пункту, або на 25 % відносно контролю.



Біочар внесений на поверхню поля
Джерело: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого



Біочар перед внесенням в ґрунт
Джерело: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Зміни агрохімічних показників ґрунту

Застосування біочару вплинуло на доступність основних елементів живлення. Вміст гідролізованого азоту у шарі ґрунту 0–10 см на контролі становив **10,8 мг/100 г**, після внесення біочару – **12,9 мг/100 г**, а за спільного використання біочару та біопрепаратів – **14,8 мг/100 г**. Приріст порівняно з контролем становив відповідно 19,44 та 37,04 %.

Ще більш виражені зміни були зафіксовані щодо рухомого фосфору. Його вміст збільшився від **25,2 мг/100 г** на контролі до **27,8 мг/100 г** у варіанті з біочаром та до **41,8 мг/100 г** у комплексному варіанті. Останній показник перевищував контроль на **65,87 %**.

Вміст рухомого калію також зростав. За контрольного варіанта він становив **32,5 мг/100 г**, за внесення біочару – **39,5 мг/100 г**, а у поєднанні з біопрепаратами – **41,0 мг/100 г**. Відповідне збільшення становило 21,54 та 26,15 %. Водночас реакція ґрунтового розчину впродовж сезону залишалася стабільною: показник pH перебував у межах 7,4–7,5.

Вплив на водний режим і фізичний стан ґрунту

Одним із важливих результатів стало збільшення запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту (0–20 см). На контрольній ділянці цей показник становив **13,4 мм**, після внесення біочару – **15,6 мм**, а за використання біочару разом із біопрепаратами – **14,9 мм**. Таким чином, приріст становив відповідно **16,42 % та 11,19 %**.

Щільність ґрунту змінювалася незначно: від 1,23 г/см³ на контролі до 1,20 г/см³ у варіанті з біочаром та 1,18 г/см³ у комплексному варіанті. Тому за результатами одного року дослідження найбільш виражений ефект біочару проявився не через зміну щільності, а через підвищення запасів продуктивної вологи та доступності елементів живлення.

Практичне значення результатів

Отримані результати показують, що застосування біочару в умовах досліду забезпечило позитивний вплив на врожайність ярого ячменю,

накопичення продуктивної вологи та доступність поживних речовин. Особливо помітним був ефект від спільного використання біочару з біопрепаратами. Саме цей варіант забезпечив найвищу врожайність, максимальний вміст білка в зерні та найбільше збільшення доступності азоту, фосфору і калію.

Водночас результати досліду необхідно розглядати як результати конкретного польового випробування **2026 року**, проведеного на певному типі ґрунту, одній культурі та за норми внесення біочару 5 т/га. Подальше практичне використання технології потребує оцінки її довгострокової дії, оскільки економічна ефективність значною мірою залежить від вартості біочару, норми внесення, культури та умов конкретного господарства.

Наведений дослід є важливим практичним етапом оцінки ефективності застосування біочару в землеробстві України. Отримані дані показують перспективність його використання не лише як окремого ґрунтового матеріалу, а насамперед як елемента комплексної регенерації ґрунтів, де біочар поєднується з біологічними препаратами та мінімальною системою обробітку ґрунту.

За літературними даними, біочар може сприяти довгостроковому накопиченню та стабілізації органічної речовини ґрунту завдяки внесенню стійкого пірогенного вуглецю, сорбції органічних сполук, формуванню органо-мінеральних асоціацій та впливу на мікробіологічні процеси. У процесі тривалого перебування в ґрунті поверхня біочару поступово окиснюється та взаємодіє з органічними і мінеральними компонентами, створюючи умови для стабілізації органічної речовини. Крім того, покращення умов для розвитку рослин і ґрунтової біоти може збільшувати надходження кореневих і післяжнивних решток. Сукупність цих процесів у довгостроковій перспективі може сприяти накопиченню стабільних форм органічної речовини та підтримувати процеси гумусоутворення в ґрунті.

Онлайн-панельна дискусія для фермерів «Формула родючого поля»

Біочар – можливості його застосування для підвищення родючості ґрунтів.

https://youtu.be/bO5lxlfBq0w?si=vjufzkzcC6g8dcdN

Виступ **Надії Майданович**, кандидата географічних наук, старшого дослідника та вченого секретаря Інституту імені Леоніда Погорілого, присвячений впливу біочару на агроекологічний стан ґрунтів та

господарсько-економічним аспектам його застосування. Спікерка охарактеризувала біочар як високостабільну форму вуглецю, отриману шляхом піролізу біомаси, та окреслила його потенціал для підвищення вологоємності ґрунту, регулювання кислотності, утримання поживних речовин і довгострокового секвестрування вуглецю. Окрему увагу приділено результатам польового досліду на ярому ячмені: застосування біочару забезпечило зростання врожайності на 8% порівняно з контролем, а його поєднання з біопрепаратами – більш ніж на 14%; у цьому варіанті також зафіксовано підвищення масової частки білка в зерні на 25% та поліпшення окремих агрохімічних показників ґрунту.

«Посібник зі сталого сільського господарства, готового до викликів майбутнього» практичні підходи до впровадження сталого землеробства.

Посібник підготовлено в межах проєкту Tony Blair Institute for Global Change спільно з Урядом України за фінансової підтримки Minderoo Foundation. Видання спрямоване на реалізацію стратегічної цілі 5 «Кліматично орієнтоване сільське господарство» Стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року. У посібнику розглянуто чотири напрями: мінімальний обробіток ґрунту, застосування біологічних препаратів, використання біовугілля (біочару) та відновлення ґрунтів, пошкоджених унаслідок війни. Для кожного напряму наведено результати випробувань, практичні рекомендації та підходи до оцінювання витрат, переваг і ризиків. Запропонована послідовність роботи передбачає визначення проблеми господарства, вибір відповідної практики, її випробування на обмеженій площі та оцінювання отриманих результатів.

Посилання на «Посібник зі сталого сільського господарства, готового до викликів майбутнього»

https://www.ndipvt.com.ua/TiTAPK/Farmer_Guide_UA.pdf

Фундація Сталих Змін

ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ

https://scfoundation.org.ua

ПРО ОРГАНІЗАЦІЮ

Від екологічної освіти — до практичних рішень

ГО «Фундація сталих змін» працює на перетині екологічної освіти, науки та цифрових технологій. Наша мета —перетворювати знання про довкілля на зрозумілі інструменти для студентів, фермерів і громад, допомагаючи ухвалювати рішення з урахуванням їхніх довгострокових наслідків.
Особливу увагу приділяємо сталому землекористуванню, збереженню родючості ґрунтів і практикам, що сприяють накопиченню органічного вуглецю. Ми розвиваємо партнерства між університетами, науковцями та аграрним сектором, щоб дослідження ставали основою реальних змін.



КОМАНДА ФУНДАЦІЇ

Вероніка Грищенко - голова організації Стратегічне управління та розвиток партнерства

Андрій Грищенко- член правління
Координація операційної діяльності

ВІД ІДЕЇ ДО ІНСТРУМЕНТА

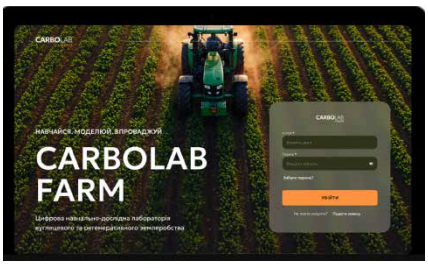
Серед напрямів нашої роботи — освітні ініціативи та семінари для аграріїв щодо сталого землеробства. Співпраця з університетами показує важливу потребу: після лекції студенту необхідно самостійно перевірити, як агрономічні рішення впливають на ґрунт і клімат. Саме для цього ми розробили цифрову лабораторії CarboLab Farm.

ОСВІТНІЙ ПРОЄКТ ФУНДАЦІЇ

CarboLab Farm

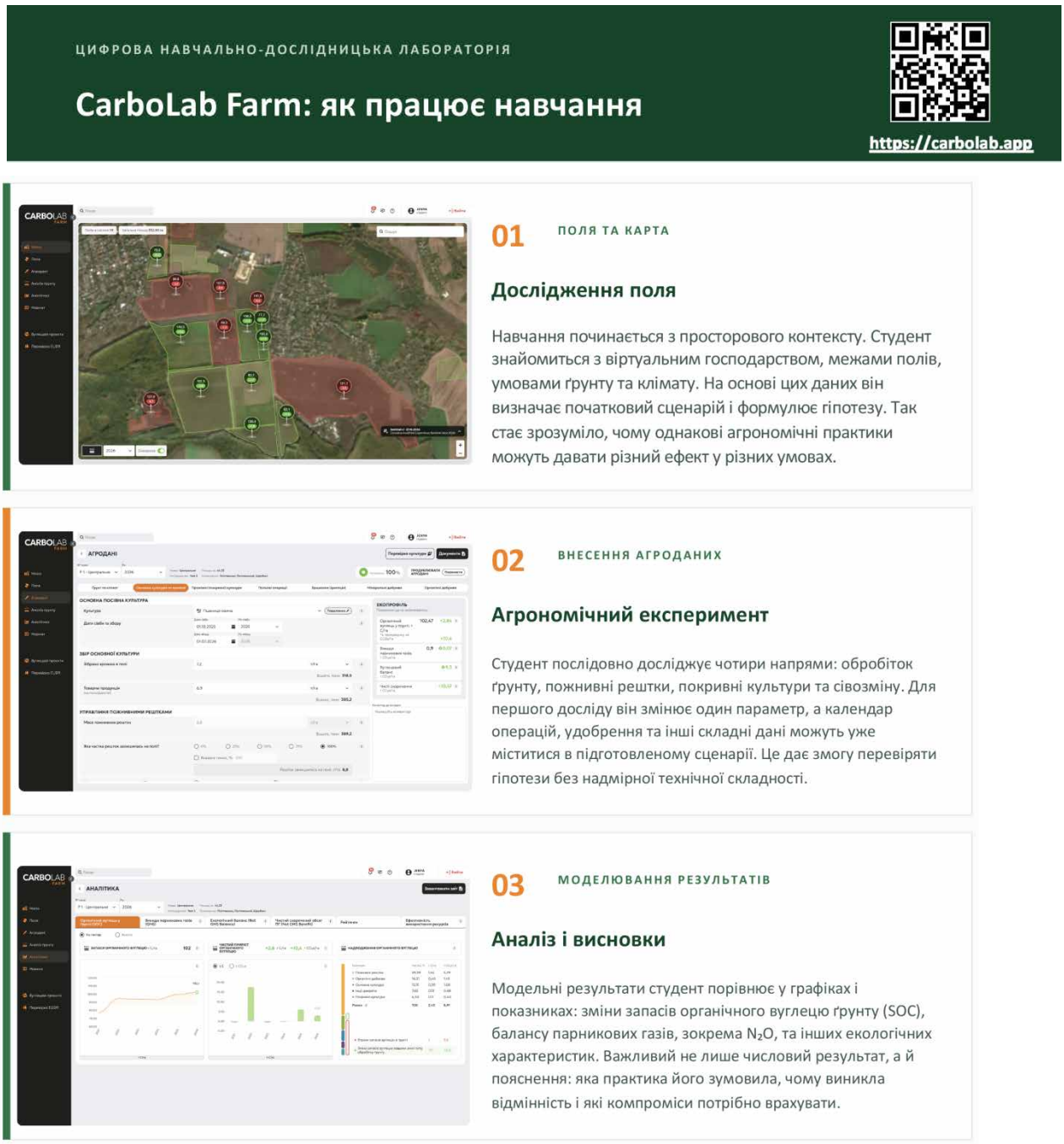
https://carbolab.app

CarboLab Farm — цифрова навчально-дослідницька лабораторія вуглецевого та регенеративного землеробства. У ній студент працює з віртуальними полями, виконує навчальні експерименти та порівнює наслідки різних агрономічних практик. Платформа реалізована як практичне доповнення до університетських дисциплін, а не заміна викладача чи польових дослідів.



Лабораторна робота в цифровому середовищі

У навчальному сценарії студент не мусить одразу вводити десятки параметрів моделі: він отримує підготовлене поле, змінює одну практику, запускає моделювання й пояснює результат. Так цифровий експеримент стає продовженням лекції та основою для обговорення з викладачем.



ВІД ЛЕКЦІЇ — ДО ВЛАСНОГО ДОСЛІДУ

Освітня методика побудована за принципом «від одного чинника — до системи». Після лекції студент отримує конкретне завдання та підготовлений сценарій поля. Спочатку він змінює лише одну практику, поки інші умови залишаються сталими; згодом комбінує декілька рішень і порівнює результати. Такий підхід допомагає зосередитися на причинно-наслідкових зв'язках, не перевантажуючи початківця повною технологічною картою господарства.

ПЕРЕВАГИ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Для студента — можливість безпечно експериментувати й обґрунтовувати рішення. Для викладача — практичні завдання, які доповнюють теми курсу. Для університету — місток між аграрною наукою, цифровими навичками та майбутньою професійною практикою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Denysiuk, O., Svitlyshyn, I., Tsaruk, I., Vikarchuk, O., & Dankevych, A. (2022). Diversification in the enterprises' activities for sustainable development in the agricultural sector. Rivista di studi sulla sostenibilita, Pages 18. Pp. 85-102, doi 10.3280/RISS2022-002007
2. Рудик Р.І. Методичні рекомендації щодо оптимізації виробничої структури високотоварних сільськогосподарських підприємств Житомирської області / Р.І. Рудик, Т.Ю. Приймачук, А. Є. Данкевич, Є. М. Данкевич [та ін.]; Ін-т сільського госп-ва Полісся НААН. – Житомир, 2016. – 97 с.
3. Данкевич, А. Є. Рослинництво / Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західному регіоні України ; редкол.: М. В. Зубець (голова), В.П. Ситник, М.Д. Безуглий, А.М. Головко, В.М.Соколов, П.В.Кондратенко, І.В.Гриник, та ін. – Київ : Аграрна наука, 2010. – 944 с. – С. 202–480
4. Данкевич, А. (2011). Організаційно-економічні складові раціонального господарювання. Економіка АПК, (6), 22–27.
5. Данкевич, А. (2011). Напрями підвищення ефективності господарської діяльності агрохолдингів. АгроІнКом, (4–6), 76–79.
6. Dankevych, A., Dankevych, V., Levchenko, Y. (2023). EU integration and the business efficiency of the quality control system of dairy products: The dilemma of Ukrainian enterprises. In Recent trends in business and entrepreneurial ventures (pp. 61–83). Nova Science Publishers. https://doi.org/10.52305/KZZV1105
7. Методичні рекомендації з агроскаутингу за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) : Програма з аграрного і сільського розвитку (АГРО) / М. Биков, А. Данкевич, В. Коваленко, В. Оверченко, М. Косолап, П. Горячев, В. Воронцов, О. Приходько, О., Зозуля. – Київ: АГРО, 2025. – 69 с. URI: https://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/8975
8. Development of integrated structures in agriculture: a monograph / Dankevych A.E.- K.: NNC IAE, 2011. - 350 c.
9. Методичні рекомендації для закладів вищої освіти з підготовки операторів безпілотних літальних апаратів для агропромислового виробництва: Програма з аграрного і сільського розвитку (АГРО) / М. Биков, А. Данкевич, В. Коваленко та ін. - Київ : Нац. ун. біоресурсів і природокористування України, 2026. – 140 с. URI: https://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/9128
10. Prodanchuk, M., Dankevych, A., Aksonova, O., & Tomchuk, O. (2023). Digital tools for accounting and analytical support of enterprises: Innovation and management aspect. Economics Ecology Socium, 7, 27–39. https://doi.org/10.61954/2616-7107/2023.7.4-3
11. Dankevych, A., Sosnovska, O., Dobrianska, N., Nikolenko, L., Mazur, Yu., Ingram K. (2021). Ecological and economic management of innovation activity of enterprises. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, №5. Pp. 112-118. https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-5/118.

12. Dankevych, A. (2011). Background and basic principles of agricultural holdings. Ekonomika APK, (5), 139-147
13. Данкевич А. Орендні земельні відносини у сільському господарстві // Економіка АПК. – 2006. – № 5. – С. 63–69.
14. Данкевич А. (2011) Особливості розвитку земельних відносин в умовах концентрації землекористувань / Землеустрій і кадастр, № 2. – С. 34–39.
15. Dankevych, A., Levchenko, Y., Dankevych, V., Nitsenko, V., & Ingram, K. L. (2025). Neo-economic doctrine of innovative economic transformation: Digital, creative, and socio-ethical aspects of business. Фінансово-кредитні системи: перспективи розвитку, 2(17), 180–191. https://doi.org/10.26565/2786-4995-2025-2-15
16. Данкевич, А. Є., Міліневська В. Д. (2020). Фактори та резерви підвищення рівня рентабельності на підприємстві. Інтернаука, (18), 58-63.
17. Dankevych, A. (2026). Creative and digital economy as a strategic resource for innovation and value chains in the context of post-war recovery and European integration / Moderní aspekty vědy: Díl mezinárodní kolektivní monografie. – Czech Republic : Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., LXVI. – Pp. 290–319.
18. Данкевич, А. Є. (2008). Методологічні основи розвитку бюджетування у сільському господарстві. Економіка АПК, (6), 64–69.
19. Данкевич, В., Данкевич, А. (2024). Інтернет речей та штучний інтелект як ключові елементи інноваційного розвитку підприємств в епоху цифрових викликів. Актуальні проблеми економіки, № 7. С. 165–173. DOI: https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-277-165-173.
20. Dankevych, A., Perevozova, I., Nitsenko, V., Lozinska, L., & Nemish, Y. (2023). Effectiveness of Bioenergy Management and Investment Potential in Agriculture: The Case of Ukraine. In: Koval, V., Olczak, P. (eds) Circular Economy for Renewable Energy. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0_6
21. Данкевич, А. (2011). Напрямки вдосконалення орендних земельних відносин у контексті розвитку агрохолдингів. Землеустрій та кадастр, (1), 21–28.
22. Dankevych, A., Stoyanova-Koval, S., Polova, O., Los, Z., Burdeina, N., & Kazak, O. (2024). State of economic security and directions of restoration socio-economic development and food security in the conditions of war. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 2(55). Pp. 441–460. https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.55.2024.4170.
23. Данкевич А. (2004). Проблеми та перспективи розвитку орендних земельних відносин у сільському господарстві // Землеустрій і кадастр. – № 1-2. – С. 88-92.
24. Данкевич А. Розвиток земельних відносин у сільському господарстві / Економіка АПК. – 2007. – № 7. – С. 47-50.
25. Данкевич А. Інституціональне забезпечення розвитку агрохолдингів. Матеріали XIII річних зборів Всеукр. конгресу вчених економістів-аграрників 20–21 червня 2011 р. [“Інституціональні засади трансформацій в аграрній сфері”], (м. Київ), К.: ННЦ “ІАЕ”, 2011, с. 628–633.

26. Данкевич А. Удосконалення земельних відносин в аграрній сфері / АгроІнКом. – 2007. – № 5–6. – С. 120–122
27. Данкевич, А. Розвиток орендних земельних відносин в умовах корпоратизації. Землевпорядний вісник. – 2015. – № 10. – С. 34–39.
28. Kovalchuk, S., Morokhova, V., Bondarenko, O., Mohylova, A., Dankevych, A., & Liu, J. (2024). Creative economy and value creation through marketing analytics: New approaches and opportunities. Pakistan Journal of Life and Social Sciences, 22(2), 9812–9824. https://doi.org/10.57239/PJLSS-2024-22.2.00741
29. Horák, J., Bilan, Y., Dankevych, A., Nitsenko, V., Kucher, A., & Streimikiene, D. (2023). Bioenergy production from sunflower husk in Ukraine: Potential and necessary investments. Journal of Business Economics and Management, 24(1), 1–19. https://doi.org/10.3846/jbem.2023.17756
30. Данкевич, В., Данкевич, А., & Навроцька, Т. (2024). Креативне управління конкурентоспроможністю бізнес-структур в економіці України в умовах війни і відбудови: інтернет речей та інноваційні рішення. Актуальні проблеми економіки, (9), 112–120.
31. Chukurna, O., Zamlynskyi, V., & Dankevych, A. (Eds.). (2023). Modern trends in digital transformation of marketing & management. Košice: Vysoká škola bezpečnostného manažérstva v Košiciach. https://doi.org/10.5281/zenodo.7633350
32. Данкевич, А. (2011). Роль агрохолдингів у соціальному розвитку села. Агросвіт, (12), 30–35.
33. Безпілотні літальні апарати в точному землеробстві : навч. посібник / М. Косолап, М. Биков, А. Данкевич, С. Танчик, В. Коваленко, В. Оверченко, П. Горячев, та ін. – Київ : Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2026. – 168 с. ISBN 978-617-8928-35-3.https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/52640
34. М.П. Косолап, О.П. Кротінов. Система землеробства No-till: Навч. посібник. - К.: К71 «Логос», 2011. - 352 с.
35. Shannon D.K., Clay D.E., Kitchen N.R. (Eds.). Precision Agriculture Basics. ASA, CSSA, SSSA, 2020.
36. Monteiro A., Santos S., Gonçalves P. Precision Agriculture for Crop and Livestock Farming–Brief Review. Animals. 2021. 11(8):2345. DOI:10.3390/ani11082345
37. Lee C.-L., Strong R., Dooley K.E. Analyzing Precision Agriculture Adoption across the Globe: A Systematic Review of Scholarship from 1999–2020. Sustainability. 2021. 13(18):10295.
38. Shaheb M.R., Sarker A., Shearer S.A. Precision Agriculture for Sustainable Soil and Crop Management. IntechOpen. 2022.
39. Kassam A., Friedrich T., Derpsch R. Global Spread of Conservation Agriculture. International Journal of Environmental Studies. 2019. 76(1):29–51.
40. FAO. Conservation Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

41. Lal R. Soil Health and Carbon Management. Food and Energy Security. 2020.9(2):e202.
42. Biopesticides Market Size, Share Analysis, Growth Trends & Forecast 2026-2035 https://www.datamintelligence.com/research-report/bio-pesticides-market
43. Український ринок біопрепаратів зростає – дослідження https://www.agronom.com.ua/ukrayinskyj-rynok-biopreparativ-zrostaye-doslidzhennya/
44. No-Till та мікробіологія: як фермеру подружитися з природою https://www.growhow.in.ua/no-till-ta-mikrobiolohiia-iak-fermeru-podruzhytysia-z-pryrodoiu/
45. Біопрепарати для обробки насіння сої по NO-TILL | Михайло Войтовик про співпрацю з БТУ-ЦЕНТР https://youtu.be/pjzYjhShU8g?si=OdzF-LcYsLyvQyET
46. Мухаміндjанов Х. А., Косолап М. П., Биков М. І. та інші , Ґрунтозахисне та ресурсоощадне землеробство в Україні. Нав. Посібник. – Київ. НУБіП Україна, 2022. – 118 с.
47. Директива Європейського Парламенту та Ради 2009/128/ЄС від 21 жовтня 2009 року про встановлення рамок для дій Співтовариства щодо досягнення сталого використання пестицидів https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/128/2019-06-05/eng?utm_source=chatgpt.com
48. Статус гліфосату в ЄС https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/approval-active-substances-safeners-and-synergists/renewal-approval/glyphosate_en?utm_source=chatgpt.com
49. ЄС: Тенденції Тенденції використання та ризику хімічних пестицидів, а також використання більш небезпечних пестицидів https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/pesticide-reduction-targets-progress/eu-trends_en?utm_source=chatgpt.com
50. Sharma A.R., Singh V.P. Integrated weed management in conservation agriculture systems. 2014.
51. Nichols V., Verhulst N., Cox R., Govaerts B. Weed dynamics and conservation agriculture principles: a review. 2015.
52. Chauhan B.S., Singh R.G., Mahajan G. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. Crop Protection. 2012. 38: 57–65. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.03.010.
53. Beckie H.J. Herbicide-resistant weed management: focus on glyphosate. Pest Management Science. 2011. 67(9): 1037–1048. DOI: 10.1002/ps.2195.
54. Міністерство економіки та довкілля України. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні.
55. ADAMA Україна. ЛЕГАТО™ ТРІО. Офіційна інформація про препарат.
56. Corteva Agriscience. Геліантекс® / Геліантекс® Про. Офіційна інформація про препарати.
57. Corteva Agriscience. Белкар®. Офіційна інформація про препарат.
58. Zadorozhnyi V., Chernelivska O., Labunets A. Weed control using no-till soybean growing technology in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Карантин і захист рослин. 2025.

Алфавітний предметний покажчик

А

Агробіоценоз 124
Агроекосистема — 74–77, 80, 88–89, 102–107, 109, 112, 127, 131, 137–138, 164, 166–171, 180–181, 191, 219, 225, 230–234, 244–247, 249–250
Агрофізичні показники 110, 131
Аерація ґрунту 17, 69, 111, 159, 223
Азот — 49–50, 56, 61, 75, 77, 82, 88, 90, 98, 129–130, 134–135, 137, 157, 175–176, 181, 185–187, 190, 194, 198–200, 202, 204–206, 208, 211, 214, 216, 225–226, 229, 234–237
Азотні добрива 49–50, 61, 75, 88, 134, 235–236
Амоніфікація 183
Антибіотики 182–183, 185–186
Антропогенний вплив 78, 89, 165, 167, 172, 181, 190

Б

Багаторічні бур'яни 124, 232
Бактерії 98, 103, 181–187, 199
Бар'єри впровадження 118, 132–136, 138–139, 155
Безпілотні літальні апарати 146, 164–165, 169, 171, 174–176, 190, 192
Безполицевий обробіток ґрунту 128
Біоінокулянти 164, 166, 188–189, 191–192, 214, 216
Біоінсектициди 164, 166, 181, 183–184, 191–192
Біологізація землеробства 164, 166, 180–182, 191–192, 197, 214, 216
Біологічна активність ґрунту — 74, 76, 125, 130, 164, 175, 182–183, 188, 191, 196, 200, 219, 222–223, 225–227, 229, 231, 245, 249
Біологічне різноманіття 74–76, 83, 89, 102–107, 111, 219, 224, 229, 244–247, 250
Біологічні пестициди 181–182
Біологічні регулятори росту 164, 166, 186–187, 191
Біомаса 74, 78–83, 133, 165, 175–176, 191, 216, 229
Біопори 50
Біопрепарати 180–181, 184–188, 191–192, 195, 197, 214–215, 217
Біота ґрунту — 78, 80, 88, 105, 111, 133, 166, 182, 191, 198, 208, 216, 221, 223, 226, 245–246,249
Біофунгіциди 164, 166, 181–184, 188, 191–192
Бобові культури — 17, 30, 64, 97, 109, 124–125, 194, 198, 204, 209, 216, 226, 229, 235, 250
Борозни 18, 27, 30, 34–35, 38–39, 42, 58, 213, 239–242
Боронування 159, 231, 238
Бункери перевантажувачі 15, 17, 45, 64, 66–67, 72, 124, 243
Бур'яни — 17, 47–49, 61, 64, 67, 70, 103, 109, 124, 133, 138, 158, 173, 195, 198, 213, 216, 228–229, 231–233, 249

В

Вакуумні висівні апарати 27, 30, 32
Вапнування 166, 191
Варіабельність урожайності 115, 146, 169, 239
Вартість капіталу 142, 154
Вегетаційні індекси 112, 164–165, 170, 175–176, 192
Викиди вуглекислого газу 74, 78–80, 83–88, 106
Викиди парникових газів 74–79, 84, 88, 105–106
Випаровування вологи 35, 61, 69, 133, 194, 207, 216, 219, 222, 226, 229
Виробничі витрати — 111, 114–115, 122, 126, 128, 144–145, 147, 153, 157, 161, 194, 197, 211, 215, 220
Висівні апарати 21, 30–32
Витрати пального — 64, 67, 75, 84, 109, 111, 118, 125–126, 136, 138, 141–142, 148, 155, 157–161, 200, 204, 213

Вітрова ерозія 74–75, 89–90, 99–101, 106, 112, 134, 194, 196, 210, 215–216, 219, 225
Вміст гумусу — 74, 80, 87, 106, 157, 172–173, 195, 202, 204, 209, 211–212, 221, 223, 244–245
Внесення добрив — 15, 17, 20, 29, 49–51, 54–56, 61, 71–72, 84, 129, 134–136, 138, 141–142, 148, 151, 160–162, 166, 170, 172, 175, 191, 193, 195–197, 199, 202, 207, 211, 216–217, 235, 237, 241–243
Внутрішня норма дохідності 142, 154
Водна ерозія 75, 89, 92, 94–96, 98, 106, 198
Водний режим ґрунту 76–77, 89, 109, 123, 131, 165, 175, 178, 190, 222, 225, 236
Водопроникність 74–75, 94–95, 97–98, 106, 109, 133, 223
Водоутримувальна здатність 245
Втрати азоту 75, 88
Вуглецевий баланс 78
Вуглецеві кредити 87
Вуглецеві ринки 87, 246
Вуглець 49, 74–88, 105–106, 111, 219, 226, 245–246

Г

Геоінформаційні системи 176
Гербіциди 67, 104, 158, 195, 198, 210, 213, 216, 233
Глибина заробки насіння 15, 19, 28, 33–34, 36, 38–40, 42, 46, 71, 130, 213, 238–240
Гліфосат 233
Глобальне потепління 76, 78–79, 82, 87–88, 106–107
Гранулометричний склад ґрунту 46, 101, 165, 173–175, 190
Грошові потоки 142, 154
Гуміфікація 226
Гумус — 74–76, 78, 80, 82–83, 86–88, 90, 102, 106, 157, 165, 172–175, 188, 195, 199, 202, 204, 209, 211–212, 214, 217, 221, 223, 226, 244–245, 249

Ґ

Ґрунтова волога 157, 198, 203, 215
Ґрунтові мікроорганізми — 49, 69, 76–77, 80, 103, 106, 133, 180, 182–183, 185–187, 191, 200, 215, 221, 223, 226, 232, 234–236, 245, 250
Ґрунтозахисне землеробство 88, 92, 96, 100–101, 106, 140, 178, 192, 219–220, 229, 246

Д

Датчики 58, 146–147, 164–165, 169, 171–172, 174–176, 190–191
Деградація ґрунту — 74, 76, 78, 89, 91, 108, 110, 118, 126, 218, 220, 223, 244–245, 247, 249
Денітрифікація 88, 236
Деструктори рослинних решток 164, 166, 180, 187–188, 191–192, 214–216, 227
Диверсифікація сівозмін 86
Дискові сошники 16, 19, 21, 27, 36–38, 47–48, 72, 213, 240, 242
Дисконтування 154
Дистанційне зондування 104, 164–165, 167–169, 172, 176, 190, 192
Диференційоване внесення 112, 170, 175–176, 178–179
Добрива — 15–17, 19–21, 25, 28–29, 39, 41–46, 49–52, 54–62, 67, 71–72, 75–76, 80, 82, 84, 88, 112, 121, 124, 129, 134–138, 141–142, 146, 148, 151, 157–158, 160–167, 170, 172, 174–175, 179–180, 185–187, 190–191, 193, 195–197, 199, 201–202, 205, 207, 209, 211, 215–217, 221, 225, 234–237, 241–243, 247, 250
Дозувальні апарати 15–16, 20–21, 28, 30, 32, 71–72
Дохід 75, 86, 108, 127–129, 141, 143–146, 150–151, 153–155, 161–162
Дощові черв’яки 61, 76, 106, 133, 184, 199, 202, 221–223, 226

Е

Екологічна прийнятність 74, 102, 105–106
Економіка помилок 129–130

Економічна ефективність — 61, 108, 110, 126, 128–129, 131, 133–136, 141, 143–145, 155, 157, 160, 162–163, 167, 191, 209, 219, 249–250
Економія ресурсів 111, 126, 158, 245
Ерозія ґрунту — 70, 74–77, 89–90, 92–102, 106–107, 111–112, 116, 118, 121–122, 132, 134, 151, 157, 168, 172, 193–199, 203, 210, 212, 215–216, 218–219, 225, 228–230, 233–234, 246

Ж

Живлення рослин — 111, 160, 162, 164, 172, 182, 186, 195, 199, 202, 216, 223, 234, 236, 241

З

Загортання насіння 19, 33, 36, 38–40, 42, 46, 71, 130, 213, 238
Запаси вологи 113, 194, 216, 221–222, 229
Зарубіжний досвід 118
Зберігаюче землеробство — 86, 113, 117, 119–120, 123, 125, 164, 193, 196, 215, 220, 222, 225, 227–228, 230, 235, 238, 241, 246, 249
Зернові культури 27, 30, 39, 59, 97, 104, 109, 134, 148, 194, 198, 213, 216, 226, 235
Зміна клімату 78–79, 106, 108, 126, 137, 139, 202, 219, 244
Зони продуктивності 164–165, 176–177, 190, 192

І

Інвестиції — 82, 108, 110, 113, 116–118, 122, 127, 129, 134–136, 141–142, 147–150, 153–156, 160, 162
Інгібітори нітрифікації 88
Інгібітори уреази 75, 88
Інокуляція 58, 164, 166, 181, 188–189, 191–192, 199, 214, 216
Інтегральна економічна ефективність 155
Інфільтрація води 95, 222

К

Калій 50, 90, 137, 157, 185–186, 199, 211, 225, 234, 236
Капітальні витрати 108, 129, 141–142, 153–156
Карбонове землеробство 75, 82–83, 219
Карбонові програми 75, 88
Карти врожайності 164–165, 176, 179, 190
Карти завдання 164–166, 175–178, 191–192
Кислотність ґрунту 82, 172
Колтер 15–16, 18–19, 21, 33, 37, 47, 49, 71–72, 242–243
Комбайни — 17–18, 28–29, 47–48, 63–66, 69, 124, 130, 147, 150, 162, 176, 178–179, 210, 226, 243
Конкуренція рослин 194, 198, 216, 232
Контроль бур’янів 70, 109, 124, 138, 158, 195, 198, 213, 216, 231–232
Коренева система — 47, 61, 71, 74, 82–83, 97, 99, 106, 133–134, 137, 160, 166, 173, 185–186, 188–189, 191, 194, 198–200, 203, 206, 216, 219, 221–223, 225, 229–230, 235–236, 243, 245
Кореневі виділення 74, 78, 80, 83, 105
Котки прикочувальні 15–16, 30, 33–35, 38–39, 52, 71–72, 242
Котки рублячі 15, 17, 29, 67–69, 72, 124, 195, 243
Кредитування 121, 150

Л

Листкове живлення 134, 237
Логістика 15–17, 42–44, 61, 64, 72, 125, 135–137, 177, 243
Локальне внесення добрив — 17, 29, 54–55, 135–136, 142, 148, 151, 160, 175, 193, 195, 197, 199, 211, 216–217, 235–237, 243
Людський капітал 109, 131–132, 138–139
Люцерна 97, 209–210

М

Механічний обробіток ґрунту — 15, 18, 33, 49–50, 56, 75–76, 78, 82, 84, 94–95, 98, 104–105, 108, 111, 122–123, 131, 134, 137, 142, 158–159, 165, 174, 180–181, 188, 190, 193–194, 196, 213, 215, 218–219, 221–222, 228–229, 231, 234, 238, 240, 245, 248–249
Механічні дозувальні апарати 21, 30, 32
Міжрядця — 19, 27, 30, 36, 47, 52, 54–55, 59–60, 71, 160, 200, 211, 213, 220, 223, 230, 242
Мікориза 81–82, 164, 166, 181, 185–186, 188, 191–192, 216, 236
Мікроелементи 90, 181, 185–186, 236–237
Мінералізація органічної речовини 49, 74–76, 78–79, 84, 105, 130, 178, 188, 214–215
Мінеральні добрива — 20, 25, 39, 43–44, 49, 52, 57, 61, 72, 124, 158, 160, 167, 180, 186–187, 191, 209, 235, 250
Мінімальний обробіток ґрунту 54, 61, 84, 144, 148, 181, 248
Моделі впровадження 116, 139
Моніторинг ґрунту 139
Моноблокові сівалки 16, 21–22
Монокультура 83, 180
Мульча 19, 69–71, 193, 198, 202, 204, 206–208, 213, 216, 222–223, 233, 246–247
Мульчування 247

Н

Навігація супутникова — 126, 136, 138, 141, 148, 150, 160–162, 164–168, 170–171, 175–179, 190–192, 195, 211, 216–217, 238, 243
Насіння — 15–21, 25, 27–47, 49–51, 54, 57–58, 63, 67, 70–72, 99, 104, 130, 136, 142, 148, 159, 162, 164–165, 167, 170, 174, 179, 186, 188–189, 191–192, 195, 197, 206–207, 209–211, 213, 219, 229, 232, 236, 238–243
Незалежні посівні секції 70
Нітрати 61
Нітрифікація 75, 88, 183, 236
Норма висіву — 28, 30–31, 104, 166, 173, 178–179, 190, 194–195, 197–198, 206–207, 209, 211, 216–217

О

Обробіток ґрунту — 15, 17–19, 33, 49–50, 54–56, 69–70, 76, 84–86, 91–93, 95–96, 98, 104–105, 108, 110–113, 121–123, 125, 131, 134, 138–142, 144, 147, 151, 157–159, 161, 165, 173, 180–181, 188, 190, 193–194, 196, 211, 213–215, 219, 228, 231–232, 234, 238, 240–241, 245–246, 248
Окупність інвестицій 108, 141–142, 150–151, 153–155, 162
Операційні витрати 108, 113, 129, 135–136, 141–142, 152–156, 161
Органічна речовина ґрунту — 74–83, 86–89, 93, 105–106, 109, 122, 125–126, 133, 138, 175, 178, 180, 183, 194, 196–200, 216, 218–219, 221, 223, 226–228, 230, 244–247, 249–250
Органічні добрива 49, 80, 82, 225
Очищувачі рядків 15–17, 19, 27, 30, 36, 52, 71–72, 242–243
Очісувальні жатки 15, 17, 63–64, 72–73, 193–195, 198–199, 208, 217, 243

П

Парниковий ефект 77, 88
Пенетрометр 174–175
Пестициди 76, 84, 170, 179–184, 196, 198
Пневматичні висівні апарати 16, 21, 25–26, 30, 32, 34–35
Пожнивні рештки — 29–30, 33, 42, 48, 52, 67, 74–75, 78, 95, 105, 131, 133, 135, 149, 187–188, 207, 214–215, 239
Покривні культури — 17–18, 28, 47, 67, 72, 74–75, 80–83, 86, 97–98, 104–106, 123–125, 131, 147, 150, 188–189, 193–198, 200–201, 205–206, 208–210, 216, 222–223, 226, 228–230, 233, 243, 245–247, 249–250
Полицевий обробіток ґрунту — 18, 84, 95–96, 98, 114, 131, 142, 157–160, 178, 180, 201, 203, 213

Попередники 16, 62, 101, 123–124, 157, 203, 206, 229
Посівна борозна 30, 38–39, 213, 239, 241
Посівні модулі 15, 18, 28–29, 67, 72, 194, 210, 243
Поточні витрати 152
Прибуток — 87–88, 108, 115, 117, 122, 127–129, 131–132, 141–144, 146–147, 151–157, 161–162, 170, 180, 202–203
Притискачі насіння 16, 41–42, 72, 242–243
Продуктивна волога 114, 123, 126, 134, 165, 173–175, 177, 210
Продуктивність агрегату 16, 46
Проростання насіння 33, 36, 47, 67, 70, 130, 133, 188–189, 191, 232–233, 236, 239–242
Просторова неоднорідність поля 164–165, 167, 170, 172–176, 190, 192
Протруйники 164, 166, 184, 188
Пружинні борони 17, 67, 69–70, 72
Пряма сівба 20–23, 42–44, 72–73, 125, 194, 202–203, 209, 213
Пшениця 50, 62–63, 73, 86, 104, 123–125, 167, 197–198, 200–212, 231–232, 249–250

Р

Регенеративне землеробство 166, 196, 244–247, 249–250
Регенерація ґрунту 124, 180, 244–245
Резистентність бур’янів 182–183, 185
Рентабельність 43, 127, 153, 161, 163, 169, 203, 208, 234
Ризики перехідного періоду 109–110, 120, 123, 125, 127, 129, 131, 138, 141
Ризосфера 81–83, 206, 223
Рідкі добрива — 15, 17, 43, 46, 50, 54, 56–62, 71, 75, 134, 193, 195, 199, 201, 205, 209, 215, 243
Родючість ґрунту — 44, 76, 85–90, 105–106, 109–111, 114, 122, 124, 128, 138, 157, 164–166, 168–170, 172–175, 178–181, 186, 190–191, 195, 199, 201, 211, 218–219, 221–225, 228, 230, 234, 237, 244–245, 249–250
Розпушування ґрунту 17, 19, 29, 52, 95, 125, 194, 234
Рослинні рештки — 15–21, 27, 33–34, 36–39, 44, 46–50, 52, 55, 61–62, 69–72, 74–76, 80, 86, 95–96, 98, 101–102, 105–106, 108–109, 113, 124–125, 129–130, 133, 135, 137–139, 147, 150, 160, 162, 164–165, 173–175, 178, 183, 187–188, 191, 193–194, 196–199, 201, 204–205, 207, 210, 212–216, 219–223, 225–229, 233–237, 239–243, 245–246, 249

С

Секвестрація вуглецю 74, 76–78, 81–86, 88, 105–106
Секційні сівалки 21–22, 32
Сидерати 150
Сидерація 210
Сингуляція 16, 20, 32–33, 46, 238–240
Система удобрення 108–109, 134, 178, 193, 215, 235, 237
Сівалки прямої сівби — 15–23, 25–34, 36, 38–39, 41–45, 47–51, 54, 57–59, 67, 71–72, 109, 116, 122, 124–126, 129–130, 135–136, 138, 142, 147–148, 150, 162, 178, 199–200, 213, 217, 236, 238–239, 241–243
Сівба — 15–23, 25–34, 36, 38–39, 42–45, 47, 49, 51–52, 54, 56–58, 60, 71–73, 98, 109–110, 123–125, 130, 133–134, 136, 138, 142, 147–148, 173, 176, 191, 194–195, 197–198, 200–204, 207, 209, 213–214, 217, 219, 227, 229, 233, 238–241, 243
Сівба у сухий ґрунт 201
Сівозміна — 47, 74–76, 80, 85–86, 92, 95, 104–106, 108–109, 116, 121, 123–125, 127–129, 131, 133, 138–139, 141–142, 147–149, 159, 162, 165, 168, 178, 187, 190–191, 193–202, 204–207, 209–210, 212, 215–217, 219–220, 226, 228–230, 233, 235, 237, 241, 243, 245–247
Сірка 50, 236–237
Смуговий обробіток ґрунту 52–55, 136, 220, 223, 242
Сніготанення 98
Собівартість 108, 114, 125, 135–136, 141–142, 146, 149, 151, 153, 155–156, 158–163
Солома 16–17, 19, 27, 36, 61, 63, 69–72, 130, 194, 198, 200, 225–227, 235, 243

Соняшник — 16–17, 20, 31, 54, 60, 67–68, 70, 103, 111, 124, 187, 194–195, 197–198, 200–204, 206–213, 215, 232, 235, 242–243
Сошники 15–21, 26–27, 29–30, 32–34, 36–44, 47–52, 58, 71–72, 213, 239–243
Співвідношення вуглецю й азоту 226
Стале землеробство 150
Стартові добрива 16, 19–20, 50–51, 236–237
Стрічкове внесення добрив 17, 49–50, 236
Строк окупності 154
Структура ґрунту — 15, 70, 83, 94, 101, 107, 109, 111, 127, 133, 138, 151, 186, 194, 197, 199–200, 210, 215–216, 218–219, 221, 223, 229, 244–246, 249
Структура посівних площ — 83, 98, 123, 193–194, 196, 198, 201, 204–210, 212, 215, 228, 235
Суміші покривних культур — 28, 83, 97, 106, 184, 188–189, 191, 194–195, 198, 200–201, 209, 216–217, 229, 243, 249–250
Супутникові знімки 190
Схожість насіння 176, 186, 188, 239–240

Т

Твердість ґрунту 15, 18–19, 54, 71, 124–125, 165, 174–175, 221–222
Температура ґрунту 36, 46, 204
Тепловий режим ґрунту 123, 184, 221–223, 226, 233
Технічне оснащення — 15, 43, 47, 71–72, 108–109, 116, 121, 126, 136–138, 142, 147–148, 155, 159, 162, 193–195, 199, 203, 215, 217, 241, 243
Токсини 49, 183–185
Точне землеробство — 46, 56, 85, 104, 113, 131, 138, 146, 148–150, 157, 162, 164–174, 176–179, 190–193, 195, 197, 207, 217, 238, 240
Трактори — 16, 38, 42–45, 50, 54, 64, 66–67, 70, 72, 122, 126, 129, 135, 138, 148, 212, 243

У

Управління ризиками 108, 142–143, 145, 147, 162
Управління рослинними рештками — 47, 69–70, 72, 76, 108–109, 125, 129, 135, 138–139, 147, 164, 178, 187, 194, 215, 219, 222, 225–226, 237, 240
Урожайність — 33, 49, 63, 76–79, 88, 108–112, 114–115, 126–129, 132–134, 136, 138, 141–142, 144, 146–148, 151, 153, 157, 159–162, 164–165, 168–169, 172–173, 175–176, 178–180, 184, 188, 190, 194, 200–212, 214, 216, 221, 226, 232, 235, 237–239, 247, 249
Ущільнення ґрунту — 15, 17, 19, 27, 29, 34, 38–39, 49, 52–53, 59, 64, 69, 72, 97–98, 109, 125, 130, 134, 138, 175, 193–195, 198, 200–201, 203, 207, 216, 222, 239, 243, 249

Ф

Фермерські господарства 104, 122, 135, 149, 166, 207, 248
Фінансові ризики 131
Фітосанітарний стан 109, 133, 138, 164, 166, 180, 187–188, 191, 193, 195, 213, 215
Фосфор 50, 56, 82, 98, 137, 175, 185–186, 190, 199, 225, 229, 234, 236
Фосфорні добрива 50
Фотосинтез 77–81, 83, 105, 176

Х

Хвороби рослин 49, 75–76, 106, 113, 130, 173, 184–187, 191, 201, 213, 215, 228

Ц

Цифрове землеробство 164–165, 171, 191
Цифровізація 112, 146, 181

Ч

Чергування культур 47, 109, 123–124, 200, 202, 204–208, 210, 212, 219, 228, 233
Чиста приведена вартість 142, 154

Ш

Ширина міжрядь 27, 52, 54, 60, 200, 211, 213
Широкозахватні сівалки 16, 21, 70
Шкідники 49, 75–76, 103–104, 106, 133, 173, 183–185, 213, 228

Щ

Щільність ґрунту 125, 173

Я

Якість сівби 15, 18, 32–33, 45, 142, 176, 195, 217, 238, 240
Ячмінь 63, 198, 202, 204–210, 212

Латинські назви та скорочення

EBITDA 108, 132, 136, 141–142, 151–155, 157, 160–162, 203
NDVI 112, 164, 170, 175–176
RTK навігація 126, 136, 148, 150, 160, 162, 179

М. П. КОСОЛАП,

М. І. БИКОВ.,

А. Є. ДАНКЕВИЧ,

І. Д. ПРИМАК,

О. П. КРОТІНОВ,

М. Ф. ІВАНЮК,

В. В. ОВЕРЧЕНКО,

В. О. ГУРТОВЕНКО,

В. М. ПУГАЧОВ,

Т. О. ХОМЕНКО,

О. М. ЖУРАВЕЛЬ

СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

ЧАСТИНА 2

За редакцією Косолапа М. П.

Підписано до друку 2.11.26 Формат 60х84\16
Ум. друк. арк. 15,6 Наклад 50 прим. Зам. № 260516

Видавець і виготовлювач Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 4097 від 17.06.2011