# СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА
# NO-TILL І STRIP-TILL

**ЧАСТИНА 1**

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 № 3 від 30 вересня 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 Шевченко.

*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. 1: підручник для студ. вищ. навч. закл. / за редакцією М. П. Косолап та ін. – Київ: НУБіП України, 2026. – 336 с.

ISBN 978-617-8928-75-9

Підручник підготовлений за типовою програмою вибіркову 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, 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.

Підручник поширюється за ліцензією **CC BY-NC-ND 4.0**

© 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 посібники, 24 методичних рекомендацій.
Електронна адреса: n.kosolap@gmail.com



**Микола Іванович Биков**
Асистент кафедри землеробства та гербології НУБіП України. 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 права, публічного 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 «Інститут 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) 2018-24 рік. Основна діяльність у сфері управління міжнародними проєктами в аграрному бізнесі; агроконсалтинг у стратегічному, оперативному та фінансовому менеджменті, управління ризиками, маркетинг.
Електронна адреса: oleksandr.zhuravel@gmail.com

# ПЕРЕДМОВА

Землеробство – це основна галузь сільського господарства, головним завданням якої є забезпечення населення продуктами харчування, тваринництва – кормами, а промисловості – сировиною. Грунт є непоновлювальним ресурсом і без збереження та підвищення його родючості ґрунту подальший розвиток землеробства неможливий. Одночасно в землеробстві технологічні процеси реалізуються на величезний території і можуть справити як позитивний так і негативний вплив на стан оточуючого середовища. Це зумовлює обов`язкову вимогу до землеробства – захист навколишнього середовища. В умовах глобального потепління роль і значення галузі землеробства для людства змінилися, що зумовлює необхідність переходу на нові системи землеробства.

Усвідомлення людством негативних наслідків техногенного шляху розвитку, зокрема погіршення стану навколишнього середовища, виснаження природних ресурсів і зростання екологічних ризиків, стало однією з передумов формування концепції Сталого розвитку. У міжнародному розумінні сталий розвиток передбачає поєднання економічного зростання, соціального добробуту та охорони довкілля. У межах ООН ця концепція виражена в сформованих цілях сталого розвитку до 2030 року, які визначають основні напрями світового розвитку з урахуванням потреб людини, суспільства й довкілля на майбутнє.

Стале зберігаюче землеробство є не просто альтернативним методом ведення сільського господарства, а новим системним підходом, що ґрунтується на новому розумінні місця аграрного виробництва в екосистемі планети. Його суть полягає в тому, щоб забезпечувати виробництво сільськогосподарської продукції з одночасним збереженням ґрунту, раціональним використанням природних ресурсів і підтриманням екологічної рівноваги в умовах глобального потепління.

У рамках концепції сталого зберігаючого землеробства розроблена і впроваджується в життя значна кількість адаптованих до місцевих умов систем землеробства. Але, попри їх різноманітність, усі вони базуються на трьох основних принципах сталого зберігаючого землеробства:

1) мінімальне механічне порушення ґрунту (Mini-till, Strip-till та No-till);
2) диверсифікація сівозмін – максимальне дотримання закону біологічного різноманіття як основи сталого розвитку екосистем;
3) постійне покриття поверхні ґрунту органічною масою у вигляді живої рослинності або її решток.

Сучасні системи землеробства мусять бути:

1. інтенсивними;
2. грунтозберігаючими;
3. ресурсоощадними;
4. кліматично-орієнтованими;
5. екологічними (від секвестрації $CO_2$ до чистої води в річках)
6. економічно ефективними.

Цим вимогам найбільше відповідають системи землеробства No-till і Strip-till. Виконання вимог, що ставляться до сучасних систем землеробства, значною мірою залежить від рівня теоретичної та практичної підготовки фахівців агрономічного спрямування, покликаних бути провідниками науково-технічного прогресу. Підручник призваний озброїти фахівців знаннями про основні закономірності збереження та відтворення родючості ґрунту як основного засобу виробництва в землеробстві, його захисту від ерозії, напрямків адаптації землеробства до умов глобального потепління, за мінімального використання ресурсів. В сукупності ці завдання спрямовані на поліпшення умов росту і розвитку сільськогосподарських рослин та підвищення продуктивності ріллі за збереження довкілля.

Особливу увагу приділено вивченню питання регенерації родючості грунту за відмови від механічного обробітку та системі ефективного контролю біологічних факторів ризику урожайності. Також детально розглянуто питання диверсифікації сівозмін та місця і ролі в них покривних культур – одного з базових принципів сталого зберігаючого землеробства. Нова система землеробства вимагає і нового технічного забезпечення. В підручнику описаний в окремому розділі сучасний стан її технічного оснащення.

Будь-яка система землеробства буде прийнятною лише за умови її економічної переваги над попередньою. Питання економічної ефективності No-till і Strip-till детально висвітлено в окремому розділі. Запропоновано розширену методику оцінки економічної ефективності землеробства, як цілісної системи. В умовах сучасної демографічної ситуації зменшення потреби в людських ресурсах і підвищення продуктивності праці є особливо актуальним завданням.

Сучасним напрямкам розвитку землеробства – біологізації і цифровізації та їх можливості реалізації в системах No-till і Strip-till присвячено розділ.

Завершує підручник розділ присвячений проблемі впровадження у виробництво нових систем землеробства No-till і Strip-till. Представлений аналіз досвіду переходу на нові системи землеробства різних країн світу та України. Визначені етапи переходу та типові помилки, які зробили фермери, що першими освоювали нові системи землеробства.

Зміст і послідовність викладеного матеріалу відповідають типовій навчальній програмі з підготовки фахівців агрономічного спрямування. Підручник призначений не лише для студентів, а й для науковців та широкого кола фахівців аграрного сектору України.

Підручник підготували викладачі кафедри землеробства та гербології НУБіП України, Білоцерківського національного аграрного університету, експерти і фахівці з агрономії, представники агробізнесу, національні експерти зі ґрунтозберігаючого землеробства ФАО в Україні.

Передмова – Косолап М. П.

Розділи 1 – Косолап М. П., Примак І. Д., Данкевич А. Є.

Розділи 2 – Косолап М. П., Гуртовенко В. О.

Розділи 3 –Косолап М. П., Кротінов О. П., Биков М. І

Розділи 4 –Косолап М. П., Кротінов О. П.

Розділи 5 –Косолап М. П., Кротінов О. П., Биков М.І.

Розділ 6 – Косолап М. П., Биков М. І.

Розділ 7 – Косолап М. П., Іванюк М. Ф.

Розділи 8 – Косолап М. П., Кротінов О. П., Оверченко В. В.

Інформаційне забезпечення – Биков М. І., Оверченко В. В., Хоменко Т. О., Данкевич А. Є., Пугачов В. М.

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.

Серед основних загальних компетенцій (ЗК) студентів будуть сформовані такі навички, як знання предметної області та професійної діяльності (ЗК 6), здатність застосовувати отримані знання у практичних ситуаціях (ЗК 7) та уміння ефективно знаходити, обробляти та аналізувати інформацію (ЗК 9). Щодо фахових компетенцій (ФК), важливими є здатність вирішувати агрономічні проблеми, враховуючи біологічні особливості культур (СК 8), а також здатність керувати комплексними проектами та приймати обґрунтовані рішення в конкретних виробничих умовах (СК 9). У результаті курсу студенти зможуть проектувати та організовувати заходи з вирощування високоякісної продукції (ПРН 13) і вдосконалювати виробничі процеси в сільському господарстві відповідно до вимог сучасних технологій (ПРН 14).

# ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА ..... 6
Розділ 1. СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL,
ІСТОРІЯ ЇХ СТАНОВЛЕННЯ ТА НАУКОВІ ОСНОВИ ..... 13
1. 1. Сучасне розуміння терміна «система землеробства» ..... 14
1. 2. Світові тенденції та напрями розвитку систем землеробства ..... 17
1. 3. Розвиток систем землеробства в Україні ..... 20
1. 3. 1. Історія розвитку систем землеробства в Україні ..... 20
1. 3. 2. Причини зміни систем землеробства ..... 23
1.3.3. Системи землеробства No-till та Strip-till в Україні ..... 28
1.4. Основні концептуальні положення систем землеробства
No-till і Strip-till ..... 34
1. 4. 1. Концептуальні положення системи землеробства No-till ..... 34
1. 4. 2. Концептуальні положення системи землеробства Strip-till ..... 39
1. 5. Закони землеробства – наукова основа систем землеробства ..... 42

Розділ 2 РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ І СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА ..... 47
2. 1. Агрофізичні показники родючості ґрунту ..... 49
2. 1. 1. Щільність ґрунту ..... 49
2. 1. 2. Твердість ґрунту ..... 57
2. 1. 3. Структурно-агрегатний склад кореневмісного шару ґрунту ..... 60
2. 2. Формування запасів ґрунтової вологи ..... 62
2. 2. 1. Механізм накопичення води в ґрунті ..... 63
2. 2. 2. Значення обробітку ґрунту в регулюванні водного режиму ..... 66
2. 2. 3. Водний режим ґрунту в системі землеробства No-till ..... 68
2. 3. Температурний режим ґрунту ..... 74
2. 3. 1. Температура ґрунту в землеробстві ..... 74
2. 3. 2. Регулювання теплового режиму ..... 77
2. 4. Органічна речовина ґрунту і системи землеробства ..... 80
2. 4. 1. Органічна речовина ґрунту ..... 80
2. 4. 2. Шляхи регулювання гумусного стану ґрунтів ..... 84

2. 5. Закономірності функціонування ґрунту як живої біокосної системи . 89
2. 5. 1. Ґрунт як жива матерія ..... 89
2. 5. 2. Поняття про ризосферу..... 92
2. 5. 3. Ризосфера та грибкова везикулярно-арбискулярна мікориза..... 92
2. 5. 4. Дощові черв'яки ..... 94
2. 6. Біологічна складова ґрунту і система землеробства..... 105

Розділ 3. РОСЛИННІ РЕШТКИ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ..... 113
3. 1. Поняття про рослинні рештки ..... 115
3. 2. Місце і значення рослинних решток у системах землеробства No-till і Strip-till..... 116
3. 3. Склад і кількість рослинних решток ..... 118
3.3.1 Склад рослинних решток..... 118
3.3.2 Співвідношення вуглецю і азоту ..... 120
3.3.3 Кількість рослинних решток..... 121
3. 4. Управління рослинними рештками..... 122
3. 4. 1. Організацій заходи..... 122
3. 4. 2. Механічні заходи управління ..... 124
3. 4. 3 Біологічний метод управління рослинними рештками..... 137

Розділ 4. СІВОЗМІНИ..... 142
4.1. Особливості організації території в системах землеробства No-till і Srtip-till ..... 144
4.2. Структура посівних площ і раціональна система сівозмін..... 147
4.2.1. Формування структури посівних площ ..... 147
4.2.2. Різноманіття в сівозміні..... 150
4.2.3. Інтенсивність сівозміни..... 152
4.3. Чергування культур у схемі сівозміни..... 153
4.3.1. Причини необхідності чергування ..... 153
4.3.2. Динамічність сівозміни..... 160
4.4. Практика сівозмін у господарствах України..... 166

Розділ 5. ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ..... 171
5.1. Поняття та зміст терміну «покривні культури..... 173
5.2. Завдання покривних культур ..... 178
5.3. Потенційні проблеми запровадження покривних культур ..... 193
5.4. Вимоги до покривних культур..... 193
5.5. Технологія вирощування покривних культур..... 198
5.6. Рекомендації ЄС по покривним культурам..... 203

Розділ 6. СІВБА ЯК БАЗОВИЙ ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL I STRIP-TILL ..... 207
6. 1. Світові тренди якості сівби сільськогосподарських культур ..... 209
6. 2. Вимоги до якості насіння в системі землеробства No-till..... 212
6. 3. Роль покриву посівної борозни..... 214
6. 4. Проростання насіння і розвиток проростка в необробленому ґрунті.. 217
6. 4. 1. Особливості ґрунтових умов проростання насіння в системі землеробства No-till ..... 217
6. 4. 2. Сівба в сухий ґрунт ..... 219
6. 4. 3. Сівба у вологий ґрунт ..... 221
6. 5. Глибина заробки насіння ..... 223
6. 6. Ширина міжрядь..... 225
6. 7. Норма висіву насіння..... 226
6. 8. Принципи якісної сівби в технології No-till..... 228
6. 9. Налаштування роботи сівалки в No-till..... 229

Розділ 7.ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН У СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL I STRIP-TILL..... 236
7.1. Динаміка елементів мінерального живлення ..... 239
7.2. Колообіг поживних речовин за системи землеробства No-till ..... 241
7.3. Система удобрення..... 247
7.3.1. Загальні вимоги до системи удобрення ..... 247
7.3.2. Концепція чотирьох правил застосування добрив ..... 250
7.3.3. Азот..... 252
7.3.3.1. Внесення азотних добрив розкидним способом по поверхні..... 252

7.3.3.2. Стрічковий спосіб внесення азотних добрив ..... 255
7.3.3.3. Внесення добрив після сівби..... 259
7.3.4. Фосфор..... 261
7.3.5. Калій і сірка..... 265
7.3.6. Мікроелементи бор, цинк ..... 266
7.4. Внесення елементів живлення через листовий апарат..... 268

Розділ 8. ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ БІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ РИЗИКУ В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL..... 273
8.1. Поняття біологічних ризиків та їх значення в системах землеробства No-till і Strip-till..... 276
8.2. Контроль бур'янів ..... 276
8.2.1. Біологічні особливості бур'янів ..... 276
8.2.2. Стратегія контролю бур'янів ..... 281
8.2.3. Агротехнічні заходи контролю бур'янів ..... 285
8.2.4. Особливості хімічного контролю багаторічних бур'янів ..... 291
8.2.5. Особливості застосування гербіцидів з д. р. гліфосат..... 293
8.2.6. Рослинні рештки та бур'яни..... 296
8.2.7.Інтеграція заходів контролю бур'янів..... 297
8.3. Проблема шкідників та їх контролювання ..... 298
8.3.1. Загальні тенденції зміни проблеми шкідників за відмови від механічного обробітку ґрунту ..... 298
8.3.2. Проблема мишевидних гризунів ..... 299
8.3.3. Проблема слимаків..... 303
8.4. Хвороби та токсини..... 307
8.4.1. Хвороби рослин ..... 307
8.4.2. Токсини ..... 309
8.4.3. Фізіологічний стрес у рослин..... 309
8.5. Контроль насіння бур'янів під час збирання врожаю ..... 309
ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ..... 314
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ..... 326
АЛФАВІТНИЙ ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК ..... 331

# Розділ 1. СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL, ІСТОРІЯ ЇХ СТАНОВЛЕННЯ ТА НАУКОВІ ОСНОВИ

*У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:*

**Набуде цілісного уявлення** про сучасне розуміння системи землеробства як цілісної сукупності взаємопов'язаних агробіологічних, техніко-технологічних, організаційних, економічних та екологічних заходів. Зрозуміє місце систем землеробства No-till і Strip-till у загальному розвитку галузі рільництва, їх зв'язок із концепцією сталого зберігаючого землеробства, а також значення цих систем для збереження ґрунту, раціонального використання ресурсів і підвищення стійкості агроекосистем.

**Навчиться аналізувати** історичні, соціальні, екологічні та економічні передумови зміни систем землеробства, оцінювати причини переходу від інтенсивного механічного обробітку ґрунту до ґрунтозахисних, ресурсоощадних і кліматично орієнтованих систем.

**Оволодіє знаннями щодо** основних понять і термінів, пов'язаних із сучасними системами зберігаючого землеробства, принципів сталого зберігаючого землеробства, історії становлення No-till і Strip-till у світі та в Україні, концептуальних положень цих систем, їх технічних і технологічних особливостей, а також законів землеробства як наукової основи формування ефективних аграрних систем.

**Отримає практичні навички** розпізнавання основних відмінностей між різними системами землеробства, оцінювання доцільності застосування No-till і Strip-till у конкретних виробничих умовах, визначення можливих ризиків під час переходу на ґрунтозберігаючі технології та добору загальних підходів до їх попередження.

***Короткий зміст розділу***

Система землеробства – це цілісна сукупність взаємопов'язаних агробіологічних, техніко-технологічних, організаційних, економічних та екологічних заходів. До її основних складових належать організація території, сівозміна, удобрення, захист рослин, обробіток ґрунту, насінництво та система машин. Ефективність системи залежить від узгодженості всіх її елементів і відповідності конкретним ґрунтово-кліматичним та виробничим умовам. Сучасне землеробство має забезпечувати не лише стабільне отримання рослинницької продукції, а й збереження родючості ґрунту, раціональне використання ресурсів, економічну ефективність та зменшення негативного впливу на довкілля. Із цим пов'язані напрямки розвитоку сучасного землеробства, які отримали назви сталого, зберігаючого, консервативного, самопоновлювального, кліматично орієнтованого та карбонового землеробства залежно від головного завдання, які повинна вирішувати кожна з них. При цьому всі вони засновані на однакових трьох принципах – відмова від оранки, робота з рослинними рештками, що залишаються на поверхні грунту та сівбі покривних культур.

У зв`язку з посиленим розвитком водної та вітрової ерозії, ущільнення ґрунту, руйнування його структури, зменшення вмісту органічної речовини та погіршення водного режиму стала формуватися концепції сталого зберігаючого землеробства. Основними принципами сталого зберігаючого землеробства є мінімальне механічне порушення ґрунту, диверсифікація сівозмін і постійне покриття поверхні живими рослинами або рослинними рештками. Найбільш повно ці принципи реалізуються у системах No-till і Strip-till.

Розвиток землеробства в Україні тривалий час супроводжувався високою розораністю території та інтенсивним механічним обробітком. Водночас формувалися ґрунтозахисні підходи, пов’язані зі зменшенням глибини обробітку, відмовою від перевертання скиби, контурною організацією території та використанням природних механізмів відновлення родючості. Важливе місце в цьому процесі посідають ідеї Івана Овсинського, Миколи Шикули та Федора Моргуна. Зміна систем землеробства зумовлена соціальними, екологічними, економічними та технологічними причинами. Серед них – зменшення кількості працівників у сільському господарстві, зростання вартості пального й техніки, дефіцит вологи, деградація ґрунтів, необхідність скорочення кількості технологічних операцій і підвищення конкурентоспроможності виробництва.

Система No-till ґрунтується на відмові від попереднього механічного обробітку, прямій сівбі, збереженні рослинних решток, використанні покривних культур і різноманітних сівозмін. Це не лише спосіб сівби, а цілісна система управління агроекосистемою, у якій змінюються підходи до удобрення, захисту рослин, добору техніки, контролю бур’янів і організації виробничих процесів. Основними перевагами No-till є захист ґрунту від ерозії, краще накопичення та збереження вологи, підтримання структури, збільшення вмісту органічної речовини, зменшення витрат пального, праці та кількості проходів техніки.

Система Strip-till передбачає механічний обробіток лише вузьких смуг, у яких висівається культура. Міжряддя залишаються необробленими та вкритими рослинними рештками. Це дає змогу поєднати ґрунтозахисні властивості No-till із можливістю локально регулювати температурний, водний, повітряний і поживний режими ґрунту в зоні рядка. Вибір способу сівби залежить від властивостей ґрунту, забезпечення вологою, біологічних особливостей культури та технічного оснащення господарства. Для точного розміщення насіння в центрі підготовленої смуги обов`язково застосовують навігаційні системи.

### 1. 1. Сучасне розуміння терміна «система землеробства»

Сучасні поняття щодо сутності системи ведення сільського господарства зводяться до наукового обґрунтування організаційних, економічних і технологічних принципів побудови та заходів управління сільськогосподарським виробництвом із головним завданням задоволення потреб суспільства в продуктах харчування та промисловості в сировині. Система

землеробства є основною складовою частиною системи ведення сільського господарства.

«*Система землеробства*» широкий за змістом і складний для розуміння термін в агрономії. Широта його змісту зумовлена тим, що він є не лише агрономічним, а й економічним поняттям, а сьогодні пов'язується з екологічними та соціальними чинниками. Складним для розуміння і вивчення він є тому, що характеризує агроекосистему на різних рівнях її функціонування – господарство, регіон, країна. Від зародження наукового землеробства над трактуванням, змістом, складом і розумінням терміна «системи землеробства» працювало та продовжує працювати багато вчених. Можна вважати, що історія терміна відбиває історію розвитку наукового землеробства. Сьогодні залежно від масштабу застосування термін «система землеробства» описує як теоретичну основу наукового землеробства, так і різні варіанти практичного ведення землеробства в певних ґрунтово-кліматичних умовах, таблиця 1.1.

Таблиця 1.1.

**Основні поняття та спрямованість сучасних систем зберігаючого землеробства**

| Назва | Основний зміст | Пояснення |
|---|---|---|
| Самопоновлювальне землеробство | Орієнтація на здатність агроекосистеми до самопоновлення | Підкреслює ідею, що система землеробства має не лише використовувати природні ресурси, а й створювати умови для їх поступового самопоновлення. |
| Стале землеробство | Довгострокова стабільність агровиробництва, що включає: економіку, соціальні та екологічні фактори | Відображає прагнення поєднати продуктивність сільського господарства із збереженням ґрунту, води, біорізноманіття та природного середовища, для забезпечення сталого виробництва продуції в часі. |
| Консервативне землеробство | Збереження ґрунту та природних ресурсів | Акцентує увагу на обмеженні руйнівного впливу на ґрунт і збереженні його природних властивостей. |
| Зберігаюче землеробство | Збереження і раціональне використання ресурсного потенціалу землеробства | Підкреслює необхідність зберігати, відновлювати і підвищувати родючість ґрунту, її органічну речовину та екологічну стійкість агроекосистеми в цілому. |
| Кліматично орієнтована система землеробства | Адаптація землеробства до кліматичних змін | Орієнтоване на зменшення ризиків в землеробстві, пов'язаних зі зміною клімату, зокрема посухами, температурними стресами та нестабільністю погодних умов. |
| Карбонове землеробство | Управління вуглецем у ґрунті | Пов'язане з накопиченням, вуглецю в грунті як перетворенням його в товарний продукт |

На практиці для досягнення поставленої основної мети або дотримання певних вимог система землеробства отримує конкретну назву за основним провідним елементом. Наприклад, система землеробства No-till, органічна система землеробства, травопільна система землеробства тощо.

Будь-яка система землеробства складається з однакових елементів. На сьогодні в системі землеробства окреслюють дев'ять складових елементів (підсистем), базовими з яких є:

організація території, система сівозмін, система удобрення, система захисту культур, система обробітку ґрунту, система насінництва, система машин.

Підсистеми взаємопов'язані основною метою і цей взаємозв'язок зумовлює їх різницю в конкретній системі землеробства. Наприклад, система контролю біологічних факторів ризики в No-till принципово відрізняється від такої в органічній системі землеробства. Досягнення поставленої мети передбачає цілеспрямоване управління системою, тому складові елементи системи землеробства трансформуються відповідно до поставленої мети. Відсутність єдиної класифікації зумовлює основну проблему розуміння змісту і суті кожної конкретної системи землеробства.

*На сьогодні, згідно державного стандарту, під системою землеробства розуміють комплекс взаємопов'язаних агротехнічних, меліоративних й організаційних заходів, спрямованих на ефективне використання землі та інших ресурсів, збереження і підвищення родючості ґрунту, отримання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур.* Це визначення, хоча і затверджене в державному стандарті термінів, уже сьогодні потребує уточнення, оскільки система землеробства, крім задоволення потреб людства в їжі та промисловості у сировині, має відповідати й іншим сучасним вимогам суспільства, які не пов'язані напряму з безпосередньою метою та завданням цієї виробничої галузі, але яких система землеробства має дотримуватися, наприклад, збереження якості оточуючого середовища.

У зв`язку з цим, пропонується, приміром, таке визначення «Система землеробства – це цілісна сукупність взаємопов'язаних і цілеспрямовано взаємодіючих агробіологічних, техніко-біологічних та організаційно-економічних заходів, що здійснюються з метою ефективного використання земельних ресурсів для отримання необхідного обсягу та якості рослинницької продукції за відтворення ґрунтової родючості й збереження довкілля» (Примак І. та ін., 2013).

Нові системи землеробства базувалися і базуються передусім на нових досягненнях науки й технологічних можливостях суспільства, але всі вони беруть краще від попередників.

Ідеальної системи землеробства, яка б максимально реалізувала всі наявні вимоги, на сьогодні не створено.

## 1. 2. Світові тенденції та напрями розвитку систем землеробства

Виникнення і розвиток систем землеробства пов'язане з розвитком у конкретному суспільстві відповідних виробничих сил і виробничих відносин. Цей процес відбувався впродовж тривалого історичного періоду, який нараховує багато тисячоліть, не зупиняється й активно продовжується в нових реаліях сьогодення. Тривалий період часу людство розвивалося під гаслом людина – цар природи, суть якого сконцентровано сформульована російським біологом І. Мічуріним (1855–1935): «Ми не можемо чекати милостей від природи, взяти їх у неї – наше завдання». Сьогодні ця фраза звучить як символ споживацького ставлення до природи, зокрема й до ґрунту.

**Зміна парадігм**

Внаслідок такого підходу Україна посіла місце лідера за розораністю сільськогосподарських угідь, що призвело до деградації ґрунтів і опустелю-ванню території. Наслідком цього стала втрата не тільки біологічного різноманіття, а й агроландшафту, втрата водних об'єктів, зокрема великої кількості малих річок. За такої моделі використання ґрунтів, що базується на обробітку полицевими знаряддями, призводить до збільшення ерозійних процесів та на 25 % та викидів в атмосферу парникових газів.

За офіційними даними, сьогодні в Україні земель, які зазнали впливу водної ерозії, – 13,3 млн га, зокрема 10,6 млн га ріллі. Вітрової ерозії щороку зазнають понад 6 млн га, а 68 тис. га повністю втратили гумусовий горизонт. Агросектор України «винен» в утворенні 35–40 % усіх деградованих земель та появі першої в країні реальної пустелі в Херсонській області.

За останні 20 років у середньому вміст гумусу в орному шарі зменшився на 0,22 % (в абсолютних величинах – з 3,36 до 3,14 %). Загально визнано, що однією з основних причин агрофізичної деградації наших чорноземів є полицевий обробіток ґрунту. Погіршення якості ґрунтів – це глобальна світова проблема. Вона турбує не тільки вчених та аграріїв, а й усе світове співтовариство, тому що грунт – це світовий фільтр планети, який забезпечує чисту воду і чисте повітря. Аграрний сектор розвинутих країн світу рухається в напрямі освоєння ґрунтозберігаючих енергоощадних систем землеробства. Затримка з впровадженням ґрунтозберігаючих систем землеробства в Україні може призвести до катастрофи через глобальну деградацію ґрунтів. Енергоощадні грунтозберігаючі системи землеробства науково ще недостатньо вивчені, тож більшість сільгосптоваровиробників нашої країни до кінця не розуміють їх соціальну необхідність й економічну ефективність.

***Сьогодні Україна входить в п'ятірку світових експортерів продукції сільського господарства і для збереження свого місця у світовій торгівлі мусить прискорено переходити в землеробстві на нові енергоощадні, економічно ефективні та екологічно безпечні системи ведення рільництва щоб залишатися конкурентноздатною на світовому ринку.***

Усвідомлення людством ймовірного негативного кінця техногенного шляху розвитку внаслідок неминучого в такому разі руйнування

навколишнього середовища до повної його непридатності для підтримки життя привело до виникнення концепції «Сталого еколого-економічного розвитку«, яка на сьогодні в рамках ООН має офіційний статус «Стратегії світового розвитку».

*Серед принципів концепції сталого розвитку найважливішим є:*
*- принцип відповідальності перед майбутнім;*
*- рівність можливостей розвитку і задоволення потреб різних поколінь;*
*- кожна людина має право на здорове життя в гармонії з природою, на життя в екологічно безпечному навколишньому середовищі.*

Ідеї сталого розвитку людства почали переважати в 1960–1970 рр., коли ряд екологічних і соціально-економічних проблем стали загрожувати життю сучасних та майбутніх поколінь. До них належить:

- деградація навколишнього середовища (забруднення продуктів харчування хімікатами, зменшення площі лісів);
- опустелювання, заболочування, забруднення поверхневих і підземних вод;
- зменшення видового різноманіття живих організмів;
- захворювання, генетичні відхилення, скорочення тривалості життя;
- поява кислотних дощів, руйнування озонового шару, глобальне потепління клімату та інші екологічні проблеми, як наслідок широкого використання низькоефективних технологій.

В ухваленій декларації щодо навколишнього середовища і сталого розвитку (Програма дій на XXI ст.) конференції ООН за участю представників урядів 179 країн, яка відбулася в червні 1992 року в Ріо-де-Жанейро, констатується, що родючість ґрунтів і продуктивність великих регіонів, котрі виробляють продовольство, падає, тоді як попит на продукти харчування, волокно і паливо зростає.

Згідно з оцінками експертів, діяльність людини щорічно призводить до втрати 26 млрд т верхнього родючого шару ґрунту, що у 2,6 рази перевищує рівень природної деградації. Щорічний збиток, що наносить ерозія полям, водотокам, інфраструктурі та здоров'ю людини, становить приблизно 44 млрд дол. США (Pimentel D. et al., 1995). У світі щорічно деградує 6 млн га земель сільськогосподарського призначення.

Стале зберігаюче землеробство – це не просто альтернативний метод ведення сільського господарства. Воно ґрунтується на іншому баченні місця й ролі аграрного виробництва в екосистемі планети Земля. За такого підходу сільське господарство розглядається не лише як сфера виробництва продукції, а і як частина природної системи, від стану якої залежать родючість ґрунту, водний режим, біологічна активність, стабільність урожайності та довгострокова продуктивність агроекосистем. Стале зберігаюче землеробство можна розглядати як систему розвитку сільського господарства, що узгоджується з природними процесами, спрямована на збереження ґрунту, раціональне використання ресурсів і підтримання екологічної рівноваги. У сучасних умовах воно є одним із ключових напрямів подальшого розвитку галузі землеробства, оскільки поєднує

виробничу ефективність із необхідністю збереження природної основи аграрного виробництва.

*Стале зберігаюче землеробство – це система розвитку сільського господарства відповідно до законів природи, що розглядається сьогодні в усьому світі як єдино можливий спосіб існування та подальшого успішного розвитку галузі землеробства.*

У рамках концепції сталого зберігаючого землеробства розроблено і впроваджується в життя значна кількість адаптованих до місцевих умов систем землеробства. Але, попри їх різноманітність, усі вони базуються на ***трьох основних технологічних принципах сталого зберігаючого землеробства:***

*1)* **мінімальне механічне порушення ґрунту** (Mini-till, Strip-till та No-till). *Обмеження механічного обробітку ґрунту зумовлене тим, що науково доведено і загальновизнано: використання ґрунту шляхом інтенсивного полицевого обробітку – тупиковий шлях розвитку землеробства. Полицевий обробіток ґрунту суперечить природному процесу ґрунтоутворення, оскільки порушення, яке він завдає, перевищує здатність ґрунтів до самопоновлення, що веде до незворотної їх деградації. Полицевий обробіток тривалий період був і залишається спосібом максимальної експлуатації ґрунтів для отримання високих врожаїв;*

2) **диверсифікація сівозмін** (максимальне дотримання закону біологічного різноманіття як основи сталого розвитку екосистем). *Основою стійкості та здатності до самопоновлення сільськогосподарських агроекосистем є їх біорізноманіття;*

3) **постійне покриття поверхні ґрунту органічною масою у вигляді живої рослинності або її решток.** *Засобом праці в аграрній діяльності людини є ґрунт – обмежений природний ресурс. Ґрунт – жива біокостна система, в якій рослинність є джерелом харчування ґрунтової біоти та природним засобом захисту ґрунту від ерозії* (www.fao.org/ag/ca).

Основна мета землеробства – забезпечити людство продуктами харчування в достатній кількості. Звідси висновок: будь-яка система землеробства мусить бути ґрунтозахисною і забезпечувати стійке, стабільне й ефективне виробництво продуктів харчування без порушення природного середовища існування людини.

Термін стале (зберігаюче) землеробство (СЗ) – складний, оскільки його вживають, описуючи подібні, але все ж таки різні системи сільського господарства. З іншого боку, на базову концепцію СЗ часто посилаються за різними термінами. Після проголошення напряму на зниження інтенсивності механічного обробітку ґрунту, у світі почав поширюватися потік нових назв для подібних технологій: «нульовий» або «безполицевий обробіток», «прямий посів», «мінімальний обробіток», «зберігаючі технології вирощування культур», «ощадна технологія» або «хімічний обробіток» тощо. Терміни «безполицеве землеробство» або «зберігаюче землеробство» все ще повсюдно використовують. ФАО, ВООЗ, Європейська федерація зі зберігаючого землеробства (ECAF) намагалися звести всі напрацьовані

технології в цьому напрямі до терміна «безполицеве землеробство», який би означав аграрну систему, що «спрямована на збільшення сільськогосподарської продукції та зниження негативних впливів на навколишнє середовище» при відмові від полицевого обробітку (ФАО, 2001).

*Отже, концепція, визначена терміном «стале зберігаюче землеробство», передбачає такий розвиток аграрного виробництва, за якого досягнення прибутковості й високого стабільного рівня продуктивності поєднується зі збереженням ґрунту, раціональним використанням природних ресурсів і мінімізацією негативного впливу на навколишнє середовище.*

На сьогодні принципи концепції сталого (зберігаючого) землеробства найбільшою мірою реалізовані в практичних системах землеробства No-till та Strip-till.

## 1. 3. Розвиток систем землеробства в Україні

### *1. 3. 1. Історія розвитку систем землеробства в Україні*

Україна є великою європейською державою з площею 60,4 млн га. На суходіл припадає 58 млн га і 71 % його введено в той чи інший вид господарської діяльності. Розораність земель становить 57,5 %, тоді як у Франції цей показник становить 48 %, Угорщині – 37 %, США – 25 %. Частка ріллі в сільськогосподарських угіддях досягає близько 80 %, що є найбільшою в Європі. Площа під луками на сьогодні в Україні майже втричі менша порівняно з середньоєвропейськими показниками, лісовий покрив становить 14,3 %, тоді як півтора століття тому він був удвічі більшим.

Наявний археологічний, історичний та етнографічний матеріал не засвідчує достовірно точного періоду становлення найпростіших систем землеробства, якими послуговувалися землероби в ті давні часи на території сучасної України. Більшість істориків, що займалися вивченням цього питання, схильні вважати, що зародження землеробства на території нашої країни відбулося в пізніший період, ніж у країнах Стародавнього Сходу і півдня Азіатського материка і пов’язано це з тривалим періодом обледеніння на території нинішньої України. У Західній Європі впродовж всього XVIII ст., а в Україні і в XIX столітті системи землеробства формувалися на емпіричній основі. Будь-якого наукового підґрунтя не існувало.

За останні два сторіччя в Україні були запропоновані та випробувані революційні ідеї в галузі землеробства. Наприкінці XIX – на початку XX ст. Іван Овсинський – учений-агроном, розробив нову систему землеробства, в якій довів не тільки теоретично, а й уперше особистими дослідами на полях непотрібність плуга. Його ідеї мають велику популярність і нині. Вперше І. Овсинський презентував свої десятирічні виробничі дослідження як нову систему землеробства 27 серпня 1898 р. на засіданні секції агрономії Десятого з’їзду природодослідників і лікарів, що пройшов у Києві. Він уперше в історії дав обґрунтування безплужного обробітку ґрунту, розробив стрункy систему поверхневого обробітку і сівби сільськогосподарських культур смугами. І. Овсинський підійшов до ґрунту як до об’єкта, що

постійно розвивається, а не як до мінерального субстрату. Система землеробства І. Овсинського передбачала якнайменше «переробляти» природу, оскільки дослідник був глибоко переконаний, що це економічно дорого, небезпечно та хибно з соціального погляду. Розроблену І. Овсинським систему землеробства сьогодні б назвали самовідновлюваним органічним землеробством (Анікіна О. П., 2010).

У цій системі землеробства не застосовували хімічні засоби захисту, а мінеральні добрива могли використовувати лише в разі потреби коригування властивостей ґрунту. Всі проблеми захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів вирішували агротехнічними заходами та правильним підбором культур у сівозміні й способом сівби. Дослідник спрямовував розвиток землеробства до біологічного шляху. Головною перевагою його системи була виняткова стійкість посівів проти посух. З роками за постійного застосування родючість ґрунту зростала, про що свідчило збільшення врожаїв. Автор доводив, що за глибини обробітку 5 см у ґрунті нагромаджується конденційна волога – «сухий полив», що лише недавно теоретично обґрунтували вчені. Систему І. Овсинського випробовували п'ять років на Полтавській і два роки на Плотянській дослідних станціях України, але її переваги над традиційними методами обробітку ґрунту не підтвердилися. Перевіряли його метод і багато інших господарств, але бажаних результатів також не отримали. Відомий український вчений-ґрунтознавець, засновник наукової школи з ґрунтозахисного і біологічного землеробства, професор кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів Національного аграрного університету (нині НУБІП) М. К. Шикула навпаки високо оцінив праці І. Овсинського. Біологізація землеробства вимагала високого і широкого рівня знань, яких землекористувачі того часу часто не мали.

Історія землеробства України у XX сторіччі тісно пов'язана з соціальними катаклізмами, які пережила країна: соціалістична революція змінила форму власності на землю і відбулася зміна систем землеробства. Довоєнна та повоєнна стратегія розвитку землеробства країни була побудована на залученні в обробіток все нових і нових земельних угідь. Така стратегія за роки радянської влади вивела Україну на безпрецедентне перше у світі місце за рівнем розораності. До 1990-х років системи землеробства змінювалися за рішеннями керівних органів. Запроваджена повсюдно травопільна система землеробства не дала очікуваних результатів і була замінена на різні форми промислової інтенсивної системи землеробства. Отже, сучасний стан земель в обробітку об'єктивно є наслідком і результатом того шляху, який пройдено за монополії тривалого екстенсивного землеробства.

У цих умовах науковці України продовжували активно напрацьовувати нові підходи та системи землеробства. Територія України характеризується складним рельєфом і високою потенційною небезпекою прояву ерозійних процесів за високоінтенсивного ведення сільськогосподарського виробництва. Науковці вперше системно підійшли до розв'язання проблеми формування екологічно стійких агроландшафтів, запобігання водноерозійним

процесам, зарегулювання поверхневого стоку, підвищення родючості ґрунтів, поліпшення природного середовища, створення сприятливих умов для відтворення дикої флори та фауни. В результаті в Інституті землеробства у співдружності з іншими науковими установами впродовж 1975–1985 рр. була розроблена і реалізована на практиці в одному з господарств Обухівського району Київської області ґрунтозберігаюча система землеробства з контурно-меліоративною організацією території (ГССЗ із КМОТ), яка була покладена в основу концепції розвитку землеробства держави на період до 2005 р. **Її суть – система землеробства розробляється і впроваджується в органічному взаємозв'язку з організацією території.** Клітково-прямокутна організація території сівозміни реконструюється в контурно-меліоративну, за якої лінійні елементи організації території – межі полів і робочих ділянок, лісосмуги, польові дороги, наорні вали (тераси з широкою основою), вали (канави) тощо – розміщуються паралельно по контуру вздовж горизонталей з урахуванням поділу земель на технологічні групи.

Структура посівних площ, кількість, види й типи сівозмін визна-чаються не планом або держзамовленням на виробництво і продаж продукції, а ґрунтово-кліматичними умовами господарства. Впровадження Комплексної програми ґрунтозахисної системи землеробства з контурно-меліоративною організацією території мало знизити змив ґрунту з 18,7 до 3,5 т/га в рік, а втрати врожаю – з 5,1 до 1,2 ц/га зернових одиниць порівняно з еродованими сільськогосподарськими угіддями. На жаль, через різні соціально-економічні причини вона не була реалізована.

У другій половині XX ст. ідеї І. Овсинського розвивали Микола Шикула та Федір Моргун, які впродовж 1973–1988 рр. керували великомасштабним експериментом у Полтавської області на площі близько 2 млн га. Суть експерименту полягала в адаптації ґрунтозахисного землеробства до умов Полтавської області. Ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур, засновані на безполицевому плоскорізному обробітку ґрунту, були спрямовані на подолання залежності сільськогосподарського виробництва від несприятливих погодних умов (Моргун Ф., 1982; Панас Р., 2008). Таку систему безполицевого обробітку ґрунту часто називали плоскорізною, позаяк основними знаряддями обробітку ґрунту були різні моделі плоскорізів.

Упродовж 1980–1984 рр. ґрунтозахисне землеробство впровадили в усіх господарствах Полтавської області, що перетворило її з відсталої на передову аграрну область України. Застосування плоскорізних знарядь на 31 % зменшувало витрати паливо-мастильних матеріалів, тому ґрунтозахисне землеробство позитивно впливало на зниження собівартості зерна і підвищення рентабельності виробництва. Застосування безполицевого обробітку ґрунту під озимі зернові культури виявилося навіть на 20 % ефективнішим, ніж впровадження нових сортів озимої пшениці. Використання ґрунтозахисного землеробства в Полтавській області забезпечило його стабілізацію та зробило менш залежним від несприятливих чинників: посухи, заморозків, вітрової та водної ерозії. *За період впровадження ґрунтозахисного*

*землеробства якість ґрунтів у Полтавській області зросла з 70,6 бала у 1971–1975 рр. до 85,7 бала у 1986–1990 рр., після повернення 1996 р. до полицевого обробітку рівень родючості ґрунтів знизився впродовж 2001–2005 рр. до 76,2 бала.*

З набуттям в 1991 році незалежності в країні змінилася форма власності на землю та форми організації ведення сільського господарства. Глобалізація економіки й ринкові умови сприяли швидкому поширенню в країні зарубіжних інтенсивних технологій і систем землеробства на базі нового технічного оснащення. Сьогодні у виробництві поряд із традиційною системою землеробства, широко поширене органічне землеробство та системи No-till, Strip-till і різні варіанти мінімального безполицевого обробітку грунту в яких застосовуються нові види ґрунтообробної техніки. Крім цього, в усіх названих системах застосовуються елементи точного землеробства.

### *1.3.2. Причини зміни систем землеробства*

Серед багатьох складових впливу на виробничу діяльність і напрями розвитку як окремо взятого господарства, так і загалом землеробської галузі країни та відповідних систем землеробства, основними можна назвати такі.

***Соціальні складові впливу на розвиток систем землеробства в Україні***

Формування і використання трудових ресурсів у сільському господарстві має особливості. З розвитком продуктивних сил суспільства протягом ХХ сторіччя постійно зменшувалася абсолютна чисельність працівників у галузі та зростав їх віковий ценз. Змінювалися в позитивний бік освітній рівень, матеріальне становище та соціальні умови жителів села. Відповідно змінювалися й система землеробства в бік збільшення застосування всіх чинників інтенсифікації, що допомагало зменшувати трудомісткість одиниці виробленої продукції при одночасному збільшенні її загальної кількості.

Землеробство України характеризується значним просторовим розміщенням виробництва. Найкращі природні умови для життя і виробничої діяльності населення в країні склалися в лісостеповій зоні. Тут найвища густота населення і найінтенсивніша система землеробства. Менша щільність населення спостерігається в районах з менш сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами для сільськогосподарських культур. Через природні чинники в таких регіонах не можна отримати продуктивність рослин однакову з районами зі сприятливими кліматичними умовами. На ринкових засадах у таких умовах економічно ефективне землеробство можна вести лише за низьких витрат і низькій трудомісткості виробленої продукції. В умовах планової економіки система землеробства нав’язувалася виробництву керівними органами, а її ефективність оцінювалася не за економічними показниками, а за відповідністю кількості виробленої продукції плановим показникам.

В умовах зростання наукоємності систем землеробства важливою є проблема підвищення якості робочої сили. За останні 100 років спостерігався позитивний тренд збільшення кількості спеціалістів в аграрному секторі, але

частка спеціалістів із вищою освітою була і залишається найнижчою порівняно з іншими галузями народного господарства (5,8 %). На жаль, і рівень оплати в сільському господарстві був і сьогодні залишається також низьчим у порівнянні з промисловістю. Загалом це зумовлює повільний перехід господарств на нові менш трудомісткі, але більш наукомісткі економічно ефективніші системи землеробства, якими є No-till і Strip-till.

Водночас запровадження нових технологій або систем землеробства, передусім у густонаселених регіонах, може загострити проблему зайнятості сільського населення внаслідок швидкого вивільнення надлишкової робочої сили, що може призвести до підвищення соціальної напруженості в сільській місцевості. *Отже, до впровадження сучасних низьковитратних мінімальних та нульових технологій вирощування сільськогосподарських культур слід підходити досить виважено, враховуючи всі можливі позитивні та негативні соціальні наслідки.*

***Екологічні складові впливу на розвиток систем землеробства в Україні***

Екологічна незбалансованість сільськогосподарського виробництва призводить до посилення руйнівних тенденцій у використанні найціннішого багатства українського народу – грунту. Прикладом того, як технічний прогрес в землеробстві може обернутися регресом, є інтенсифікація механічного обробітку ґрунту. Виявилося, що підвищення інтенсивності механічного обробітку ґрунту порушує його макроструктуру, негативно позначається на врожайності та стимулює ерозію ґрунту. Застосування потужнішої (відповідно, і важчої) техніки призводить до збільшення механічного тиску на ґрунт. *Маса самохідних зернозбиральних комбайнів у розрахунку на 1 м ширини захвату за останні 30 років зросла більш ніж у 1,5 рази.* Сучасну кількість проходів машинотракторних агрегатів можна оцінити за рис 1.1.



Рис. 1.1. Результати впливу і щільність покриття поверхні поля ходовими системами тракторів і машин після здування вітром дрібнозему

Ущільнення ґрунту є однією з причин посилення процесів ерозії. Спостерігаємо певний парадокс: чим більше обробляємо ґрунт, тим більше зростає проблема його переущільнення.

Хімізація землеробства призводить до забруднення навколишнього середовища. Таке техногенне забруднення родючих ґрунтів негативно позначається на якості сільськогосподарської продукції. Широке застосування пестицидів породило і специфічні проблеми, пов'язані з набуттям бур'янами, шкідниками та збудниками хвороб стійкості до препаратів.

*Серед наявних в Україні й у світі систем землеробства до ґрунтозахисних найбільше наближені No-till і Strip-till.*

Дослідження В. Медведєва та інших свідчать, що ґрунтовий покрив України загалом є сприятливим для впровадження мінімальних технологій його обробітку. Була проведена класифікація ґрунтів щодо можливості застосування мінімального та нульового обробітків і виділено такі класи та обраховані їх площі: I – оптимальний (8,46 % або 2,54 млн га); II – сприятливий (40,57 % - 12,17 млн га); III – задовільний (41,2 %, - 12,36 млн га); IV – незадовільний (5,59 % - 1,68 млн га); V – торфовища та водойми (решта площі).

Вивчення систем землеробства No-till і Strip-till науковцями України є на сьогодні абсолютно недостатнім хоча б з тих міркувань, що екологічні аспекти застосування таких технологій залишаються поки, що поза їх увагою. Проте досвід виробників, а також дані обмеженої кількості наукових досліджень, проведених в Україні, свідчать про позитивний екологічний ефект щодо захисту ґрунту від ерозії та відтворення його природної родючості.

***Економічні складові впливу на розвиток систем землеробства в Україні.***

Система землеробства може претендувати на визначену їй роль і бути впровадженою у виробництво лише у випадках її доцільності та економічної ефективності. Оцінити економічну ефективність будь-якої системи є досить проблемним завданням через складність самої системи та залежність кінцевого результату від значної кількості змінних величин.

Оскільки система землеробства має безпосередній вплив на продуктивність сільськогосподарських культур та опосередкований вплив на стан навколишнього середовища, при розрахунку економічної ефективності системи землеробства треба обов'язково враховувати й витрати на підтримання належного стану навколишнього середовища в межах певного регіону.

На рівні господарства економічну ефективність системи землеробства можна оцінити за рівнем прибутку, який отримують з 1 га ріллі. За даними Tebrügge F. & Böhrnsen A. (1997), перевагу систем землеробства No-till і Strip-till перед традиційною в умовах Німеччини можна продемонструвати такими розрахунковими показниками:

- капіталовкладення в сільгосптехніку менші на 39 %;
- потреба в потужності тракторів нижча на 75 %;

- затрати праці знижуються на 80 %;
- витрати пального менші на 84 %.

Відмічені залежності в зміні показників економічної ефективності спостерігаються і в господарствах України, які тривалий час працюють за системою землеробства No-till. Сучасним й особливо прогнозованим на перспективу умовам (соціальним, екологічним та економічним) ведення землеробства в України здебільшого відповідають системи землеробства No-till і Strip-till. Для переходу на них є об'єктивні природні умови – половина площі покрита ґрунтами, на яких можна і доцільно відмовитися від механічного обробітку ґрунту або максимально його скоротити. Це допоможе зменшити дефіцит основного лімітуючого чинника життя рослин – вологи.

Таблиця 1.2.

**Економічні показники застосування технології No-till**

**FAO. *Why we do it? Conservation Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.**

| Показник | Значення |
|---|---|
| Економія часу на виконання польових робіт | 20-50 % |
| Економія робочої сили | 30–40 % |

Джерело:https://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/why-we-do-it/en/?utm_source = chatgpt.com

***Технологічні тренди при зміні систем землеробства***

Зміна систем землеробства передбачає відповідну зміну в технології вирощування культур з рамках нової системи землеробства. За цим показником можна виокремити кілька загальних трендів розвитку систем землеробства.

***За способом та інтенсивністю механічного обробітку ґрунту***

В історичній послідовності: від найпростіших способів висіву без попереднього обробітку ґрунту до інтенсивного механічного обробітку, а згодом – до поступового зменшення його глибини та інтенсивності.

Умовно цю послідовність можна подати так:

- *нульовий обробіток ґрунту на ранніх етапах землеробства* – сівба палкою-саджалкою у попередньо необроблений ґрунт;
- *поверхневе розпушення ґрунту без перевертання оброблюваного шару* – використання дерев'яної борони, сохи, рала та інших простих знарядь;
- *обробіток ґрунту плугом із перевертанням скиби* – застосування плуга та додаткових робочих органів для досягнення більшої глибини й інтенсивності обробітку за використання механічної або тяглової сили;
- *безполицевий різноглибинний обробіток без перевертання скиби* – застосування знарядь плоскорізного та чизельного типу;
- *мінімальний поверхневий обробіток без перевертання скиби* – використання дискових та інших знарядь поверхневого обробітку;

- *сучасний нульовий обробіток ґрунту* – застосування сівалок прямої сівби, які дають змогу висівати культуру без попереднього механічного обробітку ґрунту.

Таким чином, розвиток механічного обробітку ґрунту має циклічний характер: від відсутності обробітку на ранніх етапах землеробства – до його максимальної інтенсифікації, а потім до поступового зменшення механічного втручання в ґрунт.

За способом відновлення родючості ґрунту сучасний тренд розвитку систем землеробства пов'язаний із переходом від тривалих природних механізмів відтворення родючості до коротших і більш керованих людиною агротехнічних заходів.

На ранніх етапах родючість ґрунту відновлювалася переважно завдяки природним процесам під час використання заліжної або перелогової системи. У такому разі поле виводили з обробітку на кілька років, і родючість поступово відновлювалася за рахунок природної рослинності, накопичення органічної речовини та біологічної активності ґрунту.

Згодом у землеробстві посилилася роль антропогенних способів підтримання родючості: чистого, зайнятого й сидерального пару, а також покривних культур. Водночас скорочувався період, протягом якого поле не використовувалося для основного товарного виробництва: від кількох років у перелогових системах – до одного вегетаційного сезону або навіть його частини.

На сьогодні тренд розвитку полягає у зменшенні ролі тривалого природного відновлення родючості та зростанні значення керованих агротехнічних заходів, які дають змогу підтримувати родючість ґрунту в межах інтенсивнішого використання ріллі.

***За рівнем інтенсифікації землеробства***

За рівнем інтенсифікації загальний тренд розвитку систем землеробства спрямований на посилення використання ґрунту та збільшення ролі антропогенних чинників у формуванні врожаю.

У процесі розвитку землеробства відбувався перехід від екстенсивних систем, у яких урожай значною мірою залежав від природної родючості ґрунту, до перехідних та інтенсивних систем. В інтенсивних системах важливого значення набули мінеральні й органічні добрива, засоби захисту рослин, нові сорти та гібриди, удосконалені технології вирощування культур.

Високопродуктивні сорти й гібриди здатні формувати вищу врожайність, однак для реалізації свого потенціалу вони потребують відповідного рівня забезпечення поживними речовинами, вологою та захистом від бур'янів, хвороб і шкідників. Тому зростання продуктивності культур супроводжується підвищенням вимог до системи живлення, захисту рослин і загального технологічного супроводу вирощування.

На сьогодні тренд інтенсифікації полягає у зростанні продуктивності землеробства за рахунок активнішого використання технологічних, біологічних і хімічних засобів впливу на агроекосистему та нового

***За рівнем впливу на навколишнє середовище***

За рівнем впливу на навколишнє середовище сучасний тренд розвитку систем землеробства спрямований на посилення захисту ґрунту, зменшення деградаційних процесів і зниження негативного антропогенного навантаження на агроекосистеми.

У цьому напрямі відбувається перехід від традиційних інтенсивних систем до ґрунтозахисних, екологічних та органічних систем землеробства. Головна увага приділяється зменшенню ерозії, збереженню структури ґрунту, підтриманню вмісту органічної речовини, раціональному використанню добрив і засобів захисту рослин.

Особливе значення має зменшення кількості та інтенсивності застосування окремих чинників інтенсифікації, зокрема азотних мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин. У межах екологічного та органічного землеробства також обмежується або не допускається використання генетично модифікованих сортів і гібридів, залежно від вимог відповідної системи виробництва.

Отже, сучасний екологічний тренд у розвитку землеробства полягає не у повній відмові від продуктивності, а у пошуку балансу між урожайністю, економічною ефективністю та збереженням природної основи аграрного виробництва.

Таким чином, можна зробити висновок, що сьогодні в усіх сучасних системах землеробства реалізуються такі принципи:

- захист ґрунту від деградації – всі системи землеробства мають бути ґрунтозахисними;
- екологізація, тобто формування землеробства, не шкідливого для зовнішнього середовища, яке забезпечувало б людину і тварин біологічно повноцінними продуктами харчування;
- біологізація – збільшення застосування біологічних засобів і максимальної реутилізації та рециркуляції всіх відходів господарства в межах господарства;
- економічна доцільність – нові системи землеробства є більш економічно конкурентоздатними й забезпечувати високі рівні врожаїв.

### *1.3.3. Системи землеробства No-till та Strip-till в Україні*

Зародження і розвиток системи землеробства No-till розпочався в 1955 році у Великій Британії. Це стало можливим у результаті синтезу гербіцидів суцільної дії з коротким періодом розкладу. Гербіциди Паракват та Грамоксон дали можливість ефективно контролювати бур’яни на полях у періоди відсутності культур замінивши механічні заходи контролю бур`янів. Теоретичним підґрунтям для системи землеробства No-till стали розробки відомого англійського вченого Е. Рассела. Проте першими скористалися цими науковими результатами виробничники США. Піонером застосування системи No-till вважають фермера зі США Г. Янга, який у 1962 р. першим у світі використав англійську сівалку прямої сівби на своїй фермі. Фактично це

ще не була система землеробства No-till – це була реалізація технології прямої сівби у виробничих умовах.

У 1969 р. були видані перші практичні рекомендації щодо прямої сівби сільськогосподарських культур, а вже 70-ті роки минулого століття стали початком практичного освоєння та поширення нової технології в багатьох країнах світу і формування нової системи землеробства No-till та її адаптації до конкретних умов країни і регіонів.

Проте технічно й технологічно успішно запровадити систему No-till не завжди вдавалося. Наявні на той час сівалки не могли забезпечити якісну заробку насіння сільськогосподарських культур у ґрунт через наявність на його поверхні рослинних решток. З появою досконаліших сівалок це вже не була перепона, а навпаки, – обов'язковий елемент (наявність рослинних решток на поверхні ґрунту) технології No-till. Проблемним моментом було також внесення мінеральних добрив.

Сьогодні в світі, за останніми даними, обсяги застосування систем землеробства No-till і Strip-till перебувають у межах 220 млн га. Основні їх площі сконцентровані в Північній і Південній Америці та Австралії. Із загальної площі, на якій застосовують ці системи землеробства, на шість країн – Бразилію, Аргентину, США, Канаду, Австралію й Парагвай – припадає 95 %. Частка Європейського континенту, зокрема і його східна частина – лише 2,5–3 %. Щорічно площі під No-till у світі зростають приблизно на 1 млн га.

В Україні поширення й впровадження технології No-till має свою історію, яку можна розділити на кілька періодів. У 70-ті роки минулого століття (***перший період***) у нашу країну були завезені сівалки зарубіжного виробництва для прямої сівби. Виробничі випробування їх здебільшого не давали очікуваних результатів. Позитивні ж результати, які були одержані вченими Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла з випробування стерньової сівалки 20-SXBI чехословацького виробництва, залишилися майже невідомими для виробничників та більшості науковців. Цю сівалку було сконструйовано на основі поширеного нині принципу поєднання традиційного сошника та додаткового дискового ножа, який прорізує в ґрунті щілину для дводискового сошника, за котрим встановлюється прикочувальний пристрій.

Згодом сівалка 20-SXBI також пройшла всебічне успішне випробування в нинішньому Українському науково-дослідному інституті прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Л. Погорілого. У 1985 р. сівалку демонстрували на науково-практичному семінарі з сівби озимих зернових.

*Проте одержані результати, як і загалом технологія прямої сівби, подальшого розвитку і поширення не отримали ні в колишньому СРСР, ні в Україні. На той час соціально-економічні передумови для таких новацій ще не сформувалися.*

***Другий період*** випробування і впровадження технології No-till в Україні пов'язаний із компанією «Монсанто», яка за підтримки Держдепартаменту

США проводила широкомасштабне впровадження технології No-till у Старобешівському районі Донецької області. Для виконання програми ухваленого проєкту в Україну були завезені сівалки прямої сівби (Great Plains), необхідні гербіциди й американські гібриди кукурудзи та соняшнику. Під керівництвом американських спеціалістів технологія No-till була успішно реалізована на десятках тисяч гектарів. Був створений та обладнаний навчальний центр із підготовки фахівців для освоєння технології. Проте і на цьому етапі наші науковці та виробничники психологічно, технічно і технологічно виявилося ще не підготовленим до сприймання нової системи землеробства. Тому після завершення проєкту всі про все забули. Сільськогосподарське виробництво не відчувало особливої потреби в новій системі землеробства, а наша аграрна наука залишалася осторонь і не надавала відповідної методичної підтримки в питанні доцільності впровадження нової технології.

***Третій період*** впровадження й адаптації No-till в Україні як системи землеробства був розпочатий корпорацією «Агро-Союз» у Дніпропетровській області. Реальне впровадження нової системи землеробства в господарстві та широка її популяризація не забарилися з результатами. На базі цього господарства проводилися міжнародні конференції із залученням відомих вчених і практиків із різних країн світу, створено добре оснащений і постійно діючий навчальний центр, де за бажанням фахівців аграрного сектору можна пройти теоретичне і практичне навчання з цієї системи землеробства. Корпорація організувала в Україні власне виробництво сівалок для технології No-till (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Міжнародні конференції в компанії «Агро-Союз»

Таблиця 1. 3.

**Площі використання технології No-till в Україні у 2012 р.**
**(за даними Мінагропромполітики)**

| Область | Рілля, тис. га | Традиційна технологія | | Технологія No-till | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | тис. га | % | тис. га | % |
| Степ | 14 955,4 | 13 285,7 | 88,8 | 1 670,0 | 11,2 |
| АР Крим | 1 062,9 | 1 047,4 | 98,5 | 15,5 | 1,5 |
| Дніпропетровська | 2 079,8 | 1 819,8 | 87,5 | 260,0 | 12,5 |
| Донецька | 1 652,4 | 1 455,8 | 88,1 | 196,6 | 11,9 |
| Запорізька | 1 726,7 | 1 568,6 | 90,8 | 158,1 | 9,2 |
| Кіровоградська | 1 763,3 | 1 573,0 | 89,2 | 190,6 | 10,8 |
| Луганська | 1 131,8 | 1 076,2 | 95,0 | 55,6 | 5,0 |
| Миколаївська | 1 693,0 | 1 586,0 | 94,0 | 107,0 | 6,0 |
| Одеська | 2 072,5 | 1 973,9 | 95,0 | 98,6 | 5,0 |
| Херсонська | 1 773,0 | 1 185,0 | 69,0 | 588,0 | 31,0 |

Наслідки такої роботи в плані поширення нової системи землеробства на полях українського сільгоспвиробника можна побачити за кількістю та різноманітністю марок сівалок прямої сівби, які придбані вітчизняними аграріями, й кількості виробничих семінарів, днів поля та рівню зацікавленості в них виробничників. Технічне оснащення господарств (технічна їх готовність перейти на систему землеробства No-till) із кожним роком зростають, що свідчить про реальну зацікавленість товаровиробників в її освоєнні та впровадженні на полях свого господарства. З'явилися й успішно розвиваються інші центри поширення нової технології. Наприклад, популярними у виробничників є дні поля, які проводить ТОВ «Компанія Агромир». Поширення No-till на 2012 рік представлено в таблиці 1.3.

За планової економіки в агрономії основним показником ефективності будь-якого заходу, технології чи системи землеробства була врожайність. У 2009 р. в компанії «Агро-Союз» провели дослід із метою визначити, чи можна в системі землеробства No-till вирощувати пшеницю озиму з урожайністю в 10 і більше т/га. Пшеницю висівали сівалками з різними сошниками одночасно з внесенням в рядки 100кг/га діамофоски, попередник – кукурудза на силос. Сіяли 30 вересня з нормою 5 млн шт./га. Одержані результати свідчать, що за технології No-till в умовах України можна отримувати високі врожаї пшениці озимої (рис. 1.3). Світовий рекорд урожайності кукурудзи, який зафіксований у США, теж був отриманий за технології No-till.

На жаль, такими центрами удосконалення даної системи землеробства та її адаптації до умов України є не наукові установи, а приватні виробничі структури, які займаються збутом в Україні передусім сівалок для прямої сівби в необроблений ґрунт зарубіжного виробництва. Вони поширюють досвід інших країн без його наукової перевірки та адаптації до умов України. *Це зумовлює певні невдачі, які спіткають окремі господарства за спроби запровадити, а точніше скопіювати на своїх полях зарубіжний досвід.*

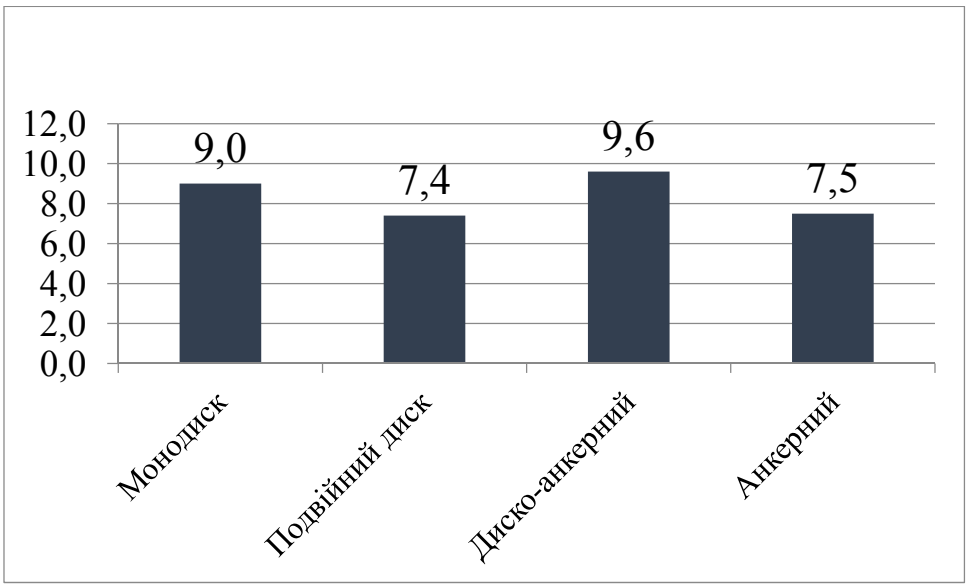


Рис.1.3. Урожайність пшениці озимої за сівби різними сошниками, т/га (дані компанії «Агро-Союз»)

Придбані дорогі сівалки прямої сівби в господарствах часто використовуються неефективно в технологіях мінімального або навіть традиційного полицевого обробітку ґрунту. Одна з головних причин полягає в тому, що в українській аграрній науці з питань цієї системи землеробства поки що мало власних напрацювань, не узагальнено виробничий досвід, не забезпечено аграріїв відповідними рекомендаціями. В наукових дослідженнях, які виконуються в нашій країні, проводиться оцінка не системи землеробства No-till, а технології прямої сівби; не вивчаються і не розробляються заходи адаптації цієї системи землеробства до умов України.

У кожній країні, що запроваджує технологію прямої сівби, науковим і практичним підґрунтям є власні (національні) напрацювання (адаптація технології та техніки до умов країни), а не просте копіювання досвіду інших держав. Адже мотивація широкого запровадження системи землеробства No-till у кожної країни своя.

У США аргументацією до таких дій є підвищення продуктивності праці та ґрунтозахисне значення нульового обробітку. Для Канади, де виробництво зерна зосереджено в степових регіонах, головним чинником є нагромадження і збереження вологи. Такий самий чинник і щодо землеробства в західних провінціях Австралії. Для тропіків Бразилії технологія No-till є державною програмою, яка спрямована на збереження родючості ґрунтів і захист їх від водної ерозії. Щодо європейського континенту, де безперечним лідером є Велика Британія, головним аргументом запровадження нульового обробітку є підвищення продуктивності праці на етапах підготовки ґрунту і сівби зерновик колосових культур.

*Товаровиробники сільськогосподарської продукції України методом проб і помилок напрацьовують власний варіант системи землеробства No-till, адаптований до умов конкретного господарства, що підтверджується суттєвими відмінностями її використання в різних господарствах.*

*Оцінюючи нову систему землеробства, можна впевнено стверджувати, що це не стільки інновація, скільки революція, бо вона реально відкидає традиційно усталені думки та формує зовсім інші уявлення про подальший розвиток рільництва в нашій країні. Потрібен час і результати наукових досліджень для того, щоб переконатися в перевагах нової технології та адаптувати її до регіональних особливостей нашої країни.*

На сьогодні цілісної державної наукової програми з розробки й адаптації систем землеробства No-till і Strip-till до умов України не існує. Тому актуальність цієї системи землеробства в Україні більше розуміють ті виробничники, які впроваджують власні її варіанти у різних ґрунтово-кліматичних зонах країни, оскільки їх передусім приваблюють переваги нової системи, а саме:

- *економічні* – зменшення витрат на вирощування сільськогосподарських культур за однакової або більшої врожайності;
- *екологічні* – збільшення вмісту і поліпшення балансу органічної речовини та вологи в ґрунті, збереження структури ґрунту, зменшення загрози ерозії;
- *організаційні* – зменшення кількості технологічних операцій з вирощування сільськогосподарських культур;
- *соціальні* – зменшення робочого часу, зайнятості та кількості працівників, створення можливостей для людей займатися іншими заняттями.

Названі переваги найбільше відповідають сучасним умовам ведення землеробства в Україні, а ще більше будуть відповідними в майбутньому.

Термін Strip-till перекладається як смуговий обробіток, тобто механічно обробляють не все поле, а лише смуги – рядки, де буде висіяна культура. Система землеробства Strip-till з'явилася в США понад 20 років тому як варіант, що поєднує переваги традиційної та системи No-till. Strip-till надає можливість вирішити ряд проблемних питань No-till – внесення добрив у зону розвитку кореневої системи та допомагає традиційними заходами регулювати водний, повітряний і тепловий режими ґрунту в зоні висіву насіння за одночасного збереження необроблених смуг поля, вкритих рослинними рештками, які виконують стабілізуючу і захисну функцію. В зоні обробітку ґрунт не обертається, а лише розпушується. Глибина обробітку змінюється залежно від типу ґрунту і біологічних вимог культури. На думку американських вчених, проводити розпушення в зоні рядка на глибину більше як 20 см економічно недоцільно. Проведення механічного обробітку ґрунту в очищеній від рослинних решток смузі дало можливість вирощувати такі культури, які за системи No-till зазвичай не вирощують – картопля, буряки тощо. Сьогодні технологія Strip-till застосовується в США, Канаді, а також в Німеччині й інших країнах Європи. За цією технологією вирощують соняшник, сою, картоплю, кукурудзу, буряки цукрові, овочі, озиму та яру пшеницю, ячмінь, гречку, ріпак та інші культури.

В Україні технологія Strip-till набуває все більшого поширення. Спочатку вона застосовувалася в степових посушливих умовах у Мико-

лаївській та Одеській областях, а потім її з успіхом почали запроваджувати в зоні Лісостепу та Поліссі здебільшого для вирощування просапних культур. В умовах глобального потепління, аридизації території кількість її прихильників постійно зростає.

## 1.4. Основні концептуальні положення систем землеробстваNo-till і Strip-till

### *1. 4. 1. Концептуальні положення системи землеробства No-till*

Наприкінці ХХ ст. в землеробстві відбулася зміна парадигми[1] розуміння місця і ролі людини в сучасному світі: *від парадигми «людина – цар природи», а відповідно вона знає, як краще природу можна і потрібно пристосовувати до власних потреб, до парадигми «природа знає краще і тому людина повинна співіснувати в природі та діяти відповідно до її законів».*

Кожній системі землеробства властиві загальні концептуальні положення, які визначають суть цієї системи, її спрямованість, технічне оснащення та необхідну суму знань для її реалізації. В землеробстві перехід до нової парадигми відбувається поступово. Можна виділити два основні етапи цього переходу:

1) удосконалення наявної системи землеробства – заміна полицевого обробітку на безполицевий, відмова від глибокого обробітку і заміна його поверхневим, зменшення застосування мінеральних добрив і пестицидів, розробка протиерозійних і протидефляційних заходів тощо;
2) перехід на системи землеробства, де агротехнічні заходи максимально не порушували б процес природного ґрунтоутворення, запобігали розвитку антропогенної ерозії, відновлювали природний стан «здорового» ґрунту та біорізноманіття навколишнього середовища.

*Сучасну систему землеробства No-till обґрунтовано зараховують до найвагоміших надбань агрономічної та інженерної науки другої половини ХХ ст. у галузі землеробства. Нульовий обробіток – основа системи, за якої сівбу сільськогосподарських культур проводять без попереднього обробітку ґрунту за наявності стерні або післяжнивних решток попередника (ДСТУ 4691:2006. Землеробство. Терміни та визначення понять). Другою базовою основою є сівба покривних культур.*

Система землеробства No-till базується на таких загальних концептуальних положеннях:

– ґрунт як живий організм найкраще функціонує за мінімального його порушення людиною;

– значна частина ґрунтових відмін за фізичними властивостями повністю відповідає вимогам основних сільськогосподарських культур і тому

[1] Парадигма – це система уявлень, принципів, цінностей та методів (наукових, світоглядних чи соціальних), які приймаються певною спільнотою як зразок чи стандарт вирішення завдань у певний період. Це ментальна модель або «рамка», яка визначає, як ми сприймаємо світ, думаємо та діємо, впливаючи на рішення та ставлення до речей

не потребує механічного обробітку як засобу зміни фізичних властивостей грунту у сприятливому для культур напрямі;

– ефективний контроль бур'янів в агрофітоценозах з успіхом можна проводити без застосування механічних заходів обробітку ґрунту;

– агротехнічно, економічно й екологічно найефективнішим засобом збереження і підвищення родючості ґрунту є залишення всієї побічної рослинницької продукції на поверхні ґрунту;

– наявність рослинних решток на поверхні поля – основний засіб контролю негативного прояву водної та вітрової ерозії, адекватний природному.

– сівба покривних культур за відсутності механічного обробітку і наявності розміщенні рослинних решток на поверхні грунту – суть антропогенного процесу грунтовтворення.

*Система землеробства No-till – це не просто відмова від механічного обробітку ґрунту. Це зміна філософії мислення щодо здоров'я ґрунту і людини та існування біосфери в ланцюгу здоровий грунт – здорова рослина – здорова людина. Це зміна підходів до всіх без винятку складових ланок системи землеробства – системи удобрення, насінництва, сівозмін, організації території, структури посівних площ тощо.*

No-till зумовлює *іншу парадигму землеробства*. Суть її полягає в тому, що технології вирощування сільськогосподарських культур це антропогенний процес грунтотворення і він має бути узгоджений із закономірностями природного ґрунтотворного процесу цієї ґрунтової відміни, а тому після отримання кожного врожаю культури, родючість ґрунту повинна не знижуватися, а підвищуватися. Урожай наступної культури має зростати саме завдяки цьому, а не внаслідок внесення додаткової кількості добрив або інших компонентів. Отже, землероб має справу з агроекосистемою, що постійно розвивається і самовдосконалюється і здатна до самопоновлення, тому своєю діяльністю мусить не порушує, а сприти її розвитку в напрямі сталості та підвищення продуктивності. Ось чому No-till зараховують до самовідновлювальних систем землеробства.

Змінюється також і поняття «технології вирощування культури». У *цій системі землеробства немає сталої технології. Вона мусить бути гнучкою, динамічною та змінюватися відповідно до змін властивостей ґрунту і особливостей погоди у конкретному році.* Це потребує щорічного корегування технології вирощування кожної культури на конкретному полі відповідно до змін властивостей екотопу агроекосистеми поля, які можуть змінюватися як в позитивну так і в негативну сторону, тому невіддільним елементом системи No-till є моніторинг ґрунтового і навколишнього середовища та розвитку сільськогосподарських культур.

Ці зміни передусім мають бути спрямовані на стимулювання ґрунтотворного процесу, але при цьому за мінімального впливу на нього різноманітними заходами грунт повинен набувати властивостей, які відповідають біологічним вимогам культури.

*Великий загал вітчизняних науковців вважає основною причиною агрофізичної деградації ґрунтів їх інтенсивний механічний обробіток з обертанням скиби.*

Полицевий обробіток вимагає високих витрат палива та людської праці, що в сучасних умовах є неприйнятним з економічного та екологічного погляду. За ретельного аналізу систем обробітку ґрунту, що розроблені та рекомендовані виробництву в зональних системах землеробства, прослідковується певна закономірність: більшість механічних заходів обробітку пропонується не з метою приведення фізичного стану ґрунту у відповідність до біологічних вимог культури, а з метою створення оптимальних умов для якісної роботи сівалки.

Відмінна риса самовідновлюваної системи землеробства полягає в тому, що до розширеного відтворення родючості ґрунту залучаються переважно відновлювані природні джерела, якими здатна забезпечити лише жива природа. Суть коротко можна викласти так: *«Кожен отриманий урожай культури має підвищувати вміст обмінної органічної речовини в ґрунті, тому врожай наступної культури повинен зростати не завдяки внесенню додаткової кількості добрив, а внаслідок підвищення родючості ґрунту».*

Таким чином, дотримання основних принципів сталого сільського господарства повинно забезпечити :

1. Підвищення продуктивності та доданої вартості в агропродовольчих системах;
2. Захист і поліпшення стану природних ресурсів, зокрема ґрунту, води, біорізноманіття та екосистеми в цілому;
3. Поліпшення умов існування сільського населення, забезпечення соціальної рівності та сприяння інклюзивному економічному розвитку;
4. Підвищення стійкості людей, територіальних громад і природних екосистем до кліматичних, економічних та інших зовнішніх впливів;
5. Удосконалення систем управління та прийняття рішень відповідно до нових викликів розвитку сільського господарства.

*Основні переваги системи землеробства No-til, які забезпечують досягнення цілей сталого землеробства:*

1) збереження й поновлення агрономічно-цінної структури ґрунту;
2) підвищення інфільтрації води;
3) збільшення поглинання і накопичення вологи в ґрунті;
4) зменшення площ і поступове, з часом, зникнення блюдець на полях;
5) ефективний захист ґрунтів від водної та вітрової ерозії;
6) підвищення вмісту в ґрунті органічної речовини;
7) секвестрація $CO_2$;
8) збагачення ґрунтів на мікро- і мезофауну, зокрема на дощових черв'яків;
9) зменшення витрат ПММ;
10) зниження викидів $CO_2$ від спалювання ПММ;
11) скорочення трудових затрат;
12) зменшення потреби в людських ресурсах;

13) підвищення продуктивності праці;
14) зниження рівня забруднення ґрунтових вод та водойм пестицидами та агрохімікатами.

Для успішного реалізації на практиці всіх переваг системи No-till і Strip-till потрібно знати не лише позитивні сторони, а обов`язково враховувати наявні імовірні ризики. Імовірні ризики та можливі шляхи їх попередження представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4.

**Проблемні моменти (фактори ризику) технології No-till і шляхи їх вирішення**

| № з/п | Фактор ризику | Шлях вирішення |
|---|---|---|
| 1 | За наявності на поверхні ґрунту післяжнивних решток спостерігається зниження температури ґрунту навесні на 2,8–5° С, що призводить до затримки посіву пізніх ярих культур та уповільненню їх розвитку на перших етапах органогенезу | Посів при настанні оптимальної для культури температури ґрунту. Посилення фосфорного живлення рослин. Висів насіння з високою енергією проростання в холодних умовах. Використання технології Strip-till. |
| 2 | Можливість перезволоження орного шару на ґрунтах, що слабо дренуються | Для прискорення просихання верхнього шару ґрунту весною можливе застосування ротаційних борін для розпушування ущільненого після зими шару рослинних решток. Включення в сівозміну культур із високим коефіцієнтом транспірації. |
| 3 | Можливість зниження польової схожості насіння внаслідок потрапляння в посівний рядок післяжнивних решток | Правильна робота з рослинними рештками – максимально висока стерня. Зміна сошника на сівалці відповідно до стану рослинних решток. Підвищення норми висіву. |
| 4 | Збільшення рівня забур’яненості посівів у перші роки запровадження технології | Запровадження інтенсивної системи хімічного контролю бур’янів у посівах сільськогосподарських культур у перші роки переходу на цю систему з обов’язковим застосуванням загальновинищувальних гербіцидів за появи сходів бур’янів у період відсутності культур на полі восени і весною. Через 2–4 роки потенційна засміченість верхнього шару ґрунту буде нижчою, ніж на традиційній технології, що надасть змогу суттєво зменшити застосування гербіцидів у сівозміні |
| 5 | За системи No-till існує загроза погіршення дії ґрунтових гербіцидів | Рослинні рештки можуть частково перехоплювати робочий розчин, однак на дію препаратів також впливають кислотність верхнього шару ґрунту, вміст органічної речовини та підвищена |

Продовження табл. 1.2.

| | | |
|---|---|---|
| | | біологічна активність. Це особливо важливо для діючих речовин, розклад яких значною мірою відбувається мікробіологічним шляхом.<br>У No-till ґрунтові гербіциди доцільно вносити після сівби до появи сходів, забезпечуючи рівномірне покриття поверхні поля. |
| 6 | При постійному застосуванні Раундапу виникає ризик появи резистентних до гербіциду популяцій бур'янів | Не використовувати єдину систему застосування загальновинищувальних гербіцидів на всіх полях. Чергування гербіцидів у системі захисту є обов'язковою вимогою. |
| 7 | За відсутності механічного обробітку ґрунту зростає проблема з мишовидними гризунами | Вимагає постійного моніторингу ситуації на полях і застосування додаткових заходів проти мишей. |
| 8 | Наявність на поверхні ґрунту рослинних решток, на яких зберігаються джерела інфекції; шкідники, що відкладають на них яйця; підвищується ризик погіршення фітосанітарної ситуації на полі | Формування з часом природного комплексу ентомофагів на полі знімає цю проблему. Підвищення рівня присутності шкідників і хвороб зазвичай не перевищує 20% у порівнянні з традиційною технологією, тому система хімічного захисту культур від шкідників та хвороб не відрізняється від подібної в традиційній системі землеробства і додаткового застосування пестицидів не потребує. Формування відповідного чергування культур в сівозміні надійний захід вирішення цієї проблеми. |
| 9 | При поверхневому застосуванні мінеральних добрив існує загроза втрати до 1/3 азоту. | Перехід на рідкі види добрив та застосування нових інжекторних технічних засобів їх внесення, які забезпечують розміщення рідких добрив у ґрунті на глибину до 15 см |
| 10 | На ґрунтах середнього і важкого гранулометричногоскладу у перші роки запровадження No-till може спостерігається явище сезонної цементації зі значним підвищенням щільності будови ґрунту | Відновлення оптимальних параметрів щільності ґрунту відбувається поступово, протягом 3–4 років, у міру насичення ґрунту органічною речовиною, тому бажано максимальне накопичення рослинних решток і сівба покривних культур |
| 11 | Висока ціна основного технічного засобу для No-till – сівалок прямої сівби | Вища економічна ефективність забезпечує накопичення необхідних коштів на придбання дорожчої техніки |
| 12 | Запровадження технологій No-till вимагає вищої кваліфікації агрономічного і технічного персоналу | Технологія No-till розвивається прискореними темпами, тому без постійного навчання і підвищення кваліфікації на всіх рівнях (від механізатора до спеціалістів і керівників господарств) отримати всі переваги від її застосування неможливо |

Закінчення табл. 1.2.

| | | |
|---|---|---|
| 13 | Масовий перехід виробництва на No-till технологію на значних площах може супроводжуватися загостренням проблем сільського безробіття | За період впровадження цієї технології в Україні масового її поширення не спостерігалося, а демографічна ситуація на селі свідчить, що це надумана проблема. |
| 14 | Посіви за No-till технологій можуть протягом певного часу бути пожежонебезпечними | Це реальна проблема, тому в періоди підвищеної пожежонебезпечності необхідно посилити заходи попередження і боротьби з пожежами (рис 1.4. та 1.5) |



Рис. 1.4. Горять рослинні рештки кукурудзи весною
(фото – В. Мокляк)



Рис. 1.5. Горять рослинні рештки пшениці після збирання. zolochiv.net

### *1. 4. 2. Концептуальні положення системи землеробства Strip-till*

Парадигма вирощування культур за технологією Strip-till заснована на уявленні, що проблеми No-till, пов'язані зі складнощами висіву насіння пізніх широкорядних культур і його проростання в ґрунті, вкритому

рослинними рештками, можна найефективніше вирішити переміщенням їх у міжряддя і застосуванням безполицевого обробітку ґрунту в зоні рядка. Залишення близько 2/3 площі поля в непорушеному стані дає змогу зберегти основні природні процеси ґрунтоутворення, підтримати біологічну активність ґрунту та зменшити механічне порушення його структури. Водночас на 1/3 площі, де формується посівна смуга, можна цілеспрямовано застосовувати ресурси інтенсифікації для підвищення продуктивності культур. Завдяки кращому регулюванню температурного режиму ґрунту в зоні рядка створюються умови для більш ранньої сівби , швидшого стартового розвитку рослин і потенційного подовження періоду їх активної вегетації.

Створення постійного покриття поверхні ґрунту живими рослинами або рослинними рештками протягом всього року залишається обов'язковою вимогою також для технології Strip-till, як і максимальна диверсифікація сівозмін. У системі землеробства Strip-till реалізовуються всі три принципи системи сталого зберігаючого землеробства, але лише на 2/3 площі поля.

*Загальний опис*. Основна відмінність Strip-till від системи No-till полягає в можливості оперативно заходом безполицевого розпушення вплинути на ґрунтові умови (водний, повітряний і температурний режими та рівень наявності доступних елементів живлення) в зоні розміщення культурних рослин за широкорядного або смугового способу сівби. Для запобігання формування плужної підошви в зоні обробітку застосовуються лише розпушувальні робочі органи. Концентрація рослинних решток у міжряддях допомагає збільшити їх кількість на одиниці площі, а відповідно – посилити всі їх функції на цих ділянках. Для виконання цих завдань технологія Strip-till вимагає застосування принципово нового знаряддя – культиватора смугового обробітку ґрунту, але водночас це дає змогу відмовитися від сівалки прямого посіву, але одночасно застосовувати всі інші агрегати технології No-till.

Роздільне застосування культиватора і сівалки вимагає обов'язкового узгодження їх робочої ширини та застосування GPS-навігації для точного розміщення посівного рядка посередині розпушеної смуги. Ця технологія не ставить підвищених вимог до видового складу культур у сівозміні та якості посівного матеріалу. Strip-till, як і технологія No-till, вимагає високого рівня професійних знань від виконавця.

Технологія Strip-till передбачає виконання чотирьох комплексів операцій:

- формування смуг;
- сівба;
- догляд за посівами;
- збирання врожаю.

***Методи реалізації Strip-till***

Формування смуг і сівба можуть відбуватися без розриву в часі і виконуватися за один прохід агрегату (комбінований метод), а можуть відбуватися з розривом в часі (поступовий метод). В другому випадку

нарізання і рихлення грунту в рядках виконує роль зяблевого обробітку з усіма його перевагами і ризиками.

*Комбінований метод* більше підходить для легких та середніх за гранулометричним складом ґрунтів, із великим вмістом піску та обмеженою кількістю вологи. У такому випадку розпушування в рядках і проведення сівби краще проводити за один прохід агрегату.

*Поступовий метод* більш прийнятний на важких ґрунтах, із великим вмістом глини та гумусу, а також у регіонах із добрими умовами забезпечення рослин вологою. Восени, після збирання врожаю попередника, окремо здійснюють розпушування ґрунту в рядках з внесеням добрив, а наступного року навесні по цих самих рядках здійснюють сівбу.

Як в першому так і в другому випадку рихлення ґрунту в зоні майбутнього рядку мусить бути виконано якісно. Якість роботи можна оцінити, в першу чергу, за такими показниками:

- наявність грудок;
- відсутність ґрунту в міжряддях;
- внесення добрив на задану глибину.

*Основні переваги цієї технології полягають у збереженні всіх позитивних моментів No-till за усунення її вузьких місць, а саме:*

- різноглибинне розпушування в зоні рядків допомагає локально змінити властивості ґрунту в стриятливу для культ сторону;
- локалізація рослинних решток у міжряддях надає можливість підтримувати в цій частині поля високу біологічну активність ґрунту, краще пригнічувати проростання бур`янів, регулювати водний і температурний режим грунту протягом всєї вегетації культури;
- поєднання розпушених і непорушених смуг ґрунту не знижує надійності захисту від ерозії за одночасної можливості більше впливати на ріст і розвиток культури сучасними засобами інтенсифікації землеробства (наприклад, пестициди можна вносити лише в зону рядка, чим зменшити хімічне навантаження на ґрунт);
- забезпечувати прискорене проростання насіння культури завдяки швидшому прогріванню ґрунту і підвищеному надходженню кисню до насіння. Підвищена потреба в надходженні кисню для проростання насіння культурних рослин частково зумовлена тривалим селекційним процесом сучасних сортів і гібридів лише на фонах із полицевим обробітком, який забезпечує високу аерацію ґрунту;
- швидке проникнення вглиб кореневої системи в розпушеному ґрунті;
- зменшення негативного впливу токсичних речовин, що утворюються за розкладання рослинних решток, на проростання насіння культурних рослин;
- максимальне наближення внесених мінеральних добрив до зони їх споживання кореневою системою. Технічно можливе навіть їх різноглибинне розміщення для поступового споживання культурою впродовж вегетаційного сезону в міру росту кореня в глиб;

- зменшення випаровування вологи ґрунтом за одночасного споживання її кореневою системою з необроблених смуг;
- зменшення витрат праці, часу і ПММ порівняно з традиційною системою землеробства;
- можливість за потреби проводити сівбу і рихлення ґрунту роздільно (наприклад, розпушення восени, а сівбу – весною, або одночасно одним комбінованим агрегатом).

*Проблемні моменти (фактори ризику) технології Strip-till*

1. Погіршення структури верхнього шару ґрунту в зоні обробленої смуги.
2. Можливість утворення ґрунтової кірки в зоні обробленої смуги.
3. Формування на полі смуг із різним рівнем ефективної родючості для наступної культури суцільного посіву.
4. Різний рівень розвитку і часового прояву бур'янів у рядку і міжрядді.
5. Недостатній контроль водної ерозії на схилах.
6. Збільшення витрат у порівнянні з No-till.
7. Система землеробства Strip-till прив'язана до точних технологій, а саме застосування GPS-сигналу та RTK-станцій, які дають змогу працювати з точністю до ±2,5 см.

### 1. 5. Закони землеробства – наукова основа систем землеробства

Безперервний розвиток агрономічної науки був і залишається головною рушійною силою зростання і стійкого функціонування землеробської галузі. Тривалі досліди та виробнича практика засвідчують, що основою наукового землеробства, як й інших наук, є закони. Вони відображають об'єктивні процеси, що відбуваються в землеробстві та природі. Знання цих законів і вміле їх застосування на практиці допомагає уникати багатьох помилок із непередбачуваними наслідками і отримати кращі результати своєї діяльності за менших витрат праці.

**Закон автотрофності зелених рослин**. За своєю сутністю він поєднує теорію фотосинтезу та мінерального живлення рослин. *Зелені рослини, використовуючи енергію сонячного світла і поглинаючи з повітря вуглекислий газ, а з ґрунту воду і мінеральні речовини, синтезують усі необхідні їм органічні речовини в кількостях, які забезпечують новий розвиток і високу продуктивність рослин.*

*Висновок з законну – зелені рослини це акумулятори, які накопичують сонячну енергію у вигляді хімічної енергії органічної речовини. Чим більша кількість новоствореної органічної речовини, тим кращі умови створюються для росту і розвитку рослин в наступному вегетаційному сезоні.*

**Закон незамінності й рівнозначності чинників життя рослин**, суть якого полягає в тому, що *всі фактори життя рослин незамінні й абсолютно рівнозначні*. Жоден із них не може бути замінений іншим. Цей закон сформулював академік В. Р. Вільямс.

**Закон обмежувального чинника**. У порівнянні з першим законом тут йдеться про кількісний бік чинників життя рослин. Він був сформульований уперше німецьким вченим Ю. Лібіхом як закон мінімуму щодо елементів живлення. *Відповідно до цього закону продуктивність рослин прямо залежить від рівня забезпечення їх тими поживними речовинами, які містяться в ґрунті у відносно найменшій (мінімальній) кількості.*

Пізніше в дослідах Г. Гельрігеля це було встановлено щодо забезпечення рослин водою, дослідженнями Ю. Сакса – щодо забезпечення теплом, а Е. Вольні – світлом, теплом і поживними речовинами. Так виявилося, що цей закон стосується не тільки елементів живлення, а всіх чинників життя рослин. У міру задоволення потреб рослин найдефіцитнішим для них чинником зростає їх продуктивність доти, доки не стане обмежувальним інший фактор.

**Закон мінімуму, оптимуму й максимуму.** *Найвища врожайність культурних рослин досягається за умови забезпечення їх чинниками життя в оптимальних кількостях; як недостатнє, так і надмірне забезпечення рослин будь-яким фактором життя обмежує їх продуктивність.*

Вперше сформулював німецький фізіолог Ю. Сакс. Академік В. Р. Вільямс дав йому більш чітке визначення: «*Найбільший урожай реалізується за середньої «оптимальної» наявності чинника, за найменшої (мінімальної) та найбільшої (максимальної) наявності фактора, урожай нереальний (дорівнює нулю)*».

**Закон сукупної дії чинників**, основи цього закону сформулював німецький учений Г. Лібшер. Суть цього закону полягає в тому, що *найбільша ефективність будь-якого фактора проявляється тільки при повній забезпеченості рослини всіма іншими факторами*.

**Закон повернення поживних речовин у ґрунт** відкритий у середині XIX ст. одним з основоположників агрохімії Ю. Лібіхом. Зміст його зводиться до того, що *всі речовини, які задіяні для створення врожаю, повинні бути повністю повернуті в ґрунт із добривами*. Порушення цього закону, за твердженням Ю. Лібіха, рано чи пізно призведе до втрати ґрунтом його родючості.

**Закон прогресивного зростання ефективної родючості ґрунту в інтенсивному землеробстві** є основою прогресу в сільському господарстві. Це можливо завдяки тому, що ґрунт, якщо правильно проводити агротехнічні заходи, помітно поліпшується, тобто зростає його родючість, відповідно підвищується й ефективність сільськогосподарського виробництва.

**Закон плодозміни.** Ще в 1838 р. професор М. Павлов визнавав його, як закон природи. Він стверджував, що *кожний агротехнічний захід ефективніший при плодозміні, ніж за беззмінного вирощування сільськогосподарських культур*.

В основі цього закону лежить **загальнобіологічний закон єдності та взаємозв'язку рослинних організмів й умов середовища**. Необхідність періодичної зміни різних культур на полі зумовлюється не тільки різним виснаженням ґрунту щодо елементів живлення й неоднаковим розміщенням

та накопиченням кореневих і післяжнивних решток (а бобовими – азоту), а й тим, що за період вегетації культури по-різному впливають на ґрунт і загалом на навколишнє середовище. По-різному змінюються щільність, твердість, гранулометричний склад і вологість ґрунту, а також кількісний склад мікрофлори й інтенсивність розвитку окремих груп мікроорганізмів, зокрема патогенних. Плодозміна не виключає і наявності чистого пару. *На підставах, що виходять з цього закону, ґрунтуються принципи побудови сівозмін.*

Сільське господарство є специфічною нестабільною за роками галуззю економіки. Причини його нестійкості можна поділити на дві групи:

*І група* – природні чинники: екстремальні умови – часті посухи, роки з низьким або високим температурним режимом; зниження родючості, деградація ґрунтового покриву – водна та вітрова ерозія, вторинне засолення, підвищена кислотність і лужність ґрунтів; нестійкі проти посух, заморозків, вилягання, хвороб і шкідників сорти сільськогосподарських культур тощо;

*ІІ група* – антропогенні (техногенні) чинники: незбалансовані (порушені) агроландшафти, агроекосистеми, сівозміни; руйнування ґрунтів, способів зрошення, сівби та садіння, догляду за рослинами, збирання та зберігання врожаю; дефіцит добрив; ущільнення ґрунтів технікою та механізмами; забруднення їх агрохімікатами, радіонуклідами, важкими металами; пригнічення корисної ґрунтової біоти, розвиток шкідливих мікроорганізмів; посів неякісними насінням, засміченість полів тощо.

## Висновок до розділу

1. Система землеробства є основною складовою системи ведення сільського господарства і охоплює комплекс взаємопов’язаних заходів, спрямованих на ефективне використання землі, збереження та підвищення родючості ґрунту, отримання стабільної продукції рослинництва і зменшення негативного впливу на довкілля.
2. У сучасних умовах система землеробства вже не може розглядатися лише як набір агротехнічних прийомів. Вона має поєднувати виробничу ефективність, економічну доцільність, екологічну безпеку, ресурсоощадність і здатність адаптуватися до змін клімату.
3. Концепція сталого зберігаючого землеробства сформувалася як відповідь на негативні наслідки техногенного розвитку сільського господарства, зокрема деградацію ґрунтів, ерозію, втрату органічної речовини, забруднення довкілля та зменшення біологічного різноманіття.
4. Основними принципами сталого зберігаючого землеробства є мінімальне механічне порушення ґрунту, диверсифікація сівозмін і постійне покриття поверхні ґрунту живими рослинами або рослинними рештками. Саме ці принципи найбільш повно реалізуються у системах No-till і Strip-till.
5. Історія розвитку землеробства в Україні засвідчує поступовий перехід від екстенсивного використання земель і високої розораності території до пошуку ґрунтозахисних, енергоощадних та екологічно безпечних систем. Важливе місце в цьому процесі посідають ідеї безплужного, ґрунтозахисного та самовідновлюваного землеробства.

6. Причини зміни систем землеробства мають комплексний характер. Вони пов’язані із соціальними змінами в сільській місцевості, потребою зменшення трудомісткості виробництва, екологічними наслідками інтенсивного обробітку ґрунту, економічною необхідністю зниження витрат і підвищення конкурентоспроможності аграрного виробництва.
7. Система No-till ґрунтується на відмові від механічного обробітку ґрунту, прямій сівбі, збереженні рослинних решток на поверхні поля, підтриманні біологічної активності ґрунту та використанні сівозміни й покривних культур як важливих інструментів регулювання агроекосистеми.
8. Система Strip-till є компромісним варіантом між традиційним землеробством і No-till. Вона передбачає обробіток лише вузької смуги в зоні майбутнього рядка, тоді як більша частина поверхні поля залишається непорушеною і вкритою рослинними рештками. Це дозволяє поєднати локальне поліпшення умов для проростання насіння з ґрунтозахисним ефектом необроблених міжрядь.
9. Успішне впровадження No-till і Strip-till потребує не механічного копіювання зарубіжного досвіду, а адаптації цих систем до конкретних ґрунтово-кліматичних, технічних, економічних і організаційних умов господарства. Важливими умовами є фахова підготовка спеціалістів, постійний моніторинг полів, правильний добір техніки, культур, сівозмін і систем захисту рослин.
10. Закони землеробства є науковою основою для розуміння функціонування агроекосистем. Вони пояснюють залежність продуктивності культур від чинників життя рослин, необхідність повернення поживних речовин у ґрунт, значення плодозміни, сукупної дії факторів і підтримання прогресивного зростання ефективної родючості ґрунту. Їх знання є необхідною умовою правильного проєктування та ведення сучасних систем землеробства.
11. Системи No-till і Strip-till слід розглядати не лише як технології сівби або обробітку ґрунту, а як нову філософію землеробства. Їх сутність полягає у переході від активного механічного втручання в ґрунт до управління агроекосистемою через рослинні рештки, живі корені, сівозміну, покривні культури, біологічну активність і раціональне використання природних ресурсів.
12. Отже, розділ формує базове розуміння того, чому сучасне землеробство має розвиватися в напрямі ґрунтозбереження, ресурсоощадності, екологічної безпеки та адаптації до кліматичних змін. Це створює теоретичну основу для подальшого вивчення окремих елементів систем No-till і Strip-till у наступних розділах підручника.

## Питання для самоконтролю

1. Який зміст терміна «система землеробства»?
2. У чому суть концепції сталого землеробства?
3. Які три основні принципи сталого зберігаючого землеробства?

4. Які системи землеробства були поширені в Україні?
5. Причини зміни систем землеробства?
6. Назвіть закони землеробства.
7. Сформулюйте закон мінімуму, оптимуму і максимуму.
8. Який закон зумовлює необхідність чергування культур у сівозміні?
9. Історія поширення системи землеробства No-till в Україні.

## Додаткова література

1. Косолап М. П., Кротінов О. П. Система землеробства No-till. Київ : Логос, 2011, 350 с.
2. Моргун Ф. Т. Затяжна війна агрономів. Полтава : Полтавський літератор, 2004. 52 с.
3. Моргун Ф. Т. Поле без плуга. Харьков : Прапор, 1982. 344 с.
4. Овсинский И. Новая система земледелия. URL: https://www.rulit.me/books/novaya-sistema-zemledeliya-read-193251-1.html (дата звернення: 28.07.2023).
5. Панас Р. М. Раціональне використання та охорона земель : навч. посіб. Львів : Новий світ-2000, 2008. 352 с.
6. Примак І. Д., Ткачук В. М., Примак О. І., Войтовик М. В. Адаптивні системи землеробства. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2013. 676 с.
7. Фурман В. М., Люсак А. В., Олійник О. О. Ґрунтозахисна контурно-меліоративна система землеробства : навч. посіб. Рівне : Мельнікова М. В. – 2016. 215 с.
8. Proceedings of the 8th world congress on conservation agriculture. URL: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1144251/1/Proceedings-8WCCA.pdf ((дата звернення: 28.07.2023).
9.Tebrügge, F. and Bohmsen, A., 1997: Crop yields and economic aspects of no-tillage compared to plough tillage: Results of long-term soil tillage field experiments in Germany. In: Tebrügge and Bohrnsen (Eds.): Experiences with the application of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of the EC-workshop IV, Boingneville, 12-14 May 1997: 25-43, 1997. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, ISBN 3-960600-95-1.

## Відеоматеріали

1. Реальний Strip-till:
https://www.youtube.com/playlist?list=PLiJnFl7LL0Yq7DKghPjP8MZ3HPagDy-O9
2. Оранка або No-till:
https://www.youtube.com/watch?v=ZF1-QfCXWyI
3. П’ять причин переходу на No-till (досвід ноутиллера з Миколаївської області Олександра Кулая):
https://www.youtube.com/watch?v=bJL2DeV_Ih4

# Розділ 2 РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ І СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

*Основною властивістю ґрунту є його родючість, тобто здатність ґрунту задовольняти потреби рослин в елементах живлення, воді, забезпечувати кореневі системи достатньою кількістю повітря, тепла і сприятливим фізико-хімічним середовищем для нормального росту і розвитку*

*У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:*

**Набуде цілісного уявлення** про родючість ґрунту як основну його властивість, що визначається сукупністю агрофізичних, агрохімічних і біологічних показників, а також про ґрунт як живу біокосну систему, у якій взаємопов'язані мінеральна частина, органічна речовина, вода, повітря, тепло, коренева система рослин і ґрунтова біота.

**Навчиться аналізувати** вплив різних систем землеробства – традиційної, мінімальної, Strip-till і No-till – на щільність будови ґрунту, його твердість, структурно-агрегатний склад, водний і температурний режими, вміст органічної речовини, гумусний стан та біологічну активність ґрунту.

**Оволодіє знаннями** щодо закономірностей функціонування ґрунту як живої системи, ролі рослинних решток, покривних культур, сівозміни, органічної речовини, ризосфери, мікоризи, дощових черв'яків і ґрунтових мікроорганізмів у формуванні та підтриманні родючості ґрунту.

**Отримає практичні навички** оцінювання агрофізичного й біологічного стану ґрунту за такими показниками, як щільність будови, твердість, структура, запаси продуктивної вологи, наявність рослинних решток, активність дощових черв'яків, стан ґрунтової біоти, а також навчиться обґрунтовувати вибір агротехнічних заходів для збереження і підвищення родючості ґрунту в різних системах землеробства.

**Короткий зміст розділу**

Родючість ґрунту – це його здатність забезпечувати рослини водою, елементами живлення, повітрям і теплом, а також спроможність створювати сприятливі фізико-хімічні та біологічні умови для росту кореневої системи. Її рівень визначається не одним показником, а сукупністю агрофізичних, агрохімічних та біологічних показників.

Важливими агрофізичними показниками є щільність будови, твердість і структурно-агрегатний склад ґрунту. Щільність впливає на водопроникність, аерацію, тепловий режим, розвиток коренів і активність мікроорганізмів. Надмірне ущільнення обмежує проникнення коренів, зменшує пористість, погіршує накопичення вологи та доступність елементів живлення. Водночас

надмірно розпушений ґрунт призводить до зростання втрат вологи. З часом розпушений грунт повертається до рівноважного стану.

У традиційній системі щільність регулюють механічним обробітком. Однак багаторазові проходи техніки можуть формувати переущільнені шари та плужну підошву. У No-till щільність регулюється переважно природними процесами: зміною вологості й температури, розвитком кореневих систем, діяльністю ґрунтових організмів і використанням покривних культур. У Strip-till механічно обробляється лише зона рядка, тоді як міжряддя зберігає природну будову.

За умов No-till твердість грунту може бути вищою у верхніх і середніх шарах, ніж після оранки, але в більшості типів гумусованих грунтів не перевищує допустимі для культур значення. На твердість суттєво впливають вологість і чергування культур у сівозміні.

Структура ґрунту визначається співвідношенням агрегатів різного розміру та їх водостійкістю. Добре структурований ґрунт краще поглинає і зберігає воду, має сприятливу пористість, менше запливає та краще протистоїть ерозії. Механічний обробіток і рух техніки руйнують агрегати, тоді як корені, органічна речовина, мікроорганізми та рослинний покрив сприяють їх формуванню. За зменшення механічного втручання процеси відновлення структури переважають над її руйнуванням.

Необроблений структурований ґрунт із рослинними рештками має цілісну систему пор від кореневих каналів і ходів ґрунтової фауни. Це сприяє стабільній інфільтрації, зменшенню поверхневого стоку.Рослинні рештки захищають поверхню ґрунту від ударів дощових крапель, утворення кірки, перегрівання і швидкого випаровування води. У No-till і Strip-till саме рослинні решки є основним засобом регулювання водного режиму.

Температура ґрунту визначає строки сівби, швидкість проростання насіння, розвиток коренів, активність мікроорганізмів і доступність поживних речовин. Відкритий оброблений ґрунт швидше прогрівається навесні, але сильніше перегрівається і втрачає вологу влітку. Рослинні рештки сповільнюють весняне прогрівання, що затримує посів ярих культур, однак захищають ґрунт від надмірних температур у період вегетації, що подовжує період активної вегетації культури та активність грунтової біоти. Strip-till поєднує швидше прогрівання обробленої смуги рядка зі збереженням вологи в необробленому міжрядді.

Органічна речовина є біологічною основою ґрунту. Вона складається з рослинних і тваринних решток різного ступеня розкладу та гумусу. Основними джерелами її надходження є корені, пожнивні рештки, покривні культури й органічні добрива.

Інтенсивний обробіток посилює аерацію і мінералізацію органічної речовини, що може спричинятє зменшення запасів гумусу. У No-till і Strip-till створюються передумовами для позитивного балансу гумусу за рахунок збереження побічної продукції, постійної присутності живих коренів покривних культур і зменшення механічного порушення ґрунту.

Ґрунт функціонує як жива біокосна система. Найактивніша біологічна зона пов'язана з ризосферою – шаром ґрунту біля коренів, де відбувається обмін речовинами між рослинами та мікроорганізмами. Мікоризні гриби розширюють зону живлення коренів, сприяють засвоєнню води, фосфору та інших елементів живлення і беруть участь у формуванні стійких ґрунтових агрегатів. Дощові черв'яки створюють ходи, покращують аерацію, інфільтрацію води й проникнення коренів у глибші шари. Отже, родючість ґрунту формується через взаємодію його мінералогічної органічної та біологічної складових. Системи No-till і Strip-till спрямовані на підтримання природних процесів грунттворення.

## 2. 1. Агрофізичні показники родючості ґрунту

Ґрунт – жива біокосна система, яка складається з неживої скелетної частини та біологічного його компоненту, які тісно переплетені й взаємозалежні. Передусім в основі будь-якої роботи з ґрунтом базовими є регулювання його агрофізичного стану, який визначає інтенсивність і напрямок хімічних процесів (окисно-відновлювальні реакції, осадження, нейтралізація та ін.), біологічні взаємодії (життя мікроорганізмів, фотосинтез, дихання), фізичні процеси: нагрівання, стискання.

В агрономічній літературі констатується, що сьогодні основними агрофізичними показниками ґрунту є щільність будови та структура. Агрофізична деградація ґрунту, в першу чергу, проявляється в переущільненні та погіршенні його структури, що негативно впливає на функціонування біологічної складової ґрунту. Агрофізичний стан ґрунту визначає його водний та тепловий режими, а зміна останніх в значній мірі визначає поживний режим ґрунту. В сукупності агрофізичні режими ґрунту визначають умови функціонування біологічного компоненту агрофітоценозу і інтенсивність розвитку. Відмічені залежності мають двосторонній напрямок прямого і зворотного впливу.

### *2. 1. 1. Щільність ґрунту*

Серед агрофізичних показників надзвичайно важливим є **щільність будови ґрунту**. В науковій літературі ще зустрічаємо назву **об'ємна маса ґрунту** – абсолютно суха маса 1 $см^3$ ґрунту за непорушеної будови. Щільність будови ґрунту можна вважати інтегральним показником його агрофізичного стану, оскільки від щільності ґрунту залежать усі ґрунтові режими: повітряний, водний, тепловий, а також мікробіологічні й в значній мірі окисно-відновні процеси, що протікають в ньому**.**

Водний режим як сукупність процесів надходження, перерозподілу, акумуляції та випаровування вологи в ґрунті залежить від щільності складення ґрунту (Мєдвєдєв В., 2004). Вважається, що розпушений ґрунт інтенсивніше поглинає вологу, ніж ущільнений. Однак у надмірно розпушеному та слабо оструктуреному ґрунті процес водопоглинання швидше сповільнюється. Надмірно розпушений ґрунт швидко втрачає вологу, тоді як ущільнений – повільніше; оптимальні умови для транспірації рослин формуються за помірного ущільнення ґрунту.

Повітрообмін ґрунту за найменшої вологоємності має зворотний лінійний зв'язок із щільністю складення, причому найтісніша залежність – у ґрунтах суглинкового та глинистого гранулометричного складу. Існує також зв'язок між складом газової фази ґрунту, її динамікою та щільністю ґрунту.

Тепловий режим, як і два зазначені вище, регулюється щільністю складення. Від неї залежать теплопровідність і теплоємність ґрунту. Розпушування і коткування – два заходи, якими можна впливати на тепловий режим ґрунту в традиційній системі землеробства.

Щільність будови істотно впливає на біологічний режим ґрунту. Надмірне ущільнення ґрунту призводить до зниження біологічної і ферментативної активності та, як наслідок, – зниження доступності для рослин елементів живлення.

*Рівноважна щільність будови ґрунту*

Для характеристики стану ґрунту в природних умовах в агрономічній практиці використовується показник **рівноважна щільність**. *Під нею розуміють щільність, якої набуває ґрунт за тривалий період часу за відсутності механічного обробітку.* Нерідко цей показник вважають константою для певного типу ґрунту, проте це справедливо лише частково. Впродовж вегетаційного сезону величина цього показника дещо змінюється під впливом різних природних чинників. Тривалість сільськогосподарського використання ґрунту також впливає на значення рівноважної щільності ґрунту. Наприклад, в умовах Агрономічної дослідної станції НУБіП України рівноважна щільність чорнозему типового малогумусного за тривалого обробітку становила 1,22–1,24 г/см$^3$, а поруч у лісосмузі – 1,1 г/см$^3$. Аналогічні дані наводить В. Медведєв. Рівноважна щільність ґрунту на ділянці цілини становила 1 г/см$^3$, а на ріллі – 1,35 г/см$^3$.

Таблиця 2.1.

**Рівноважна об'ємна маса ґрунту, г/см$^3$ (Примак І. Д. та ін., 2005)**

| Ґрунт | Гранулометричний склад | Рівноважна, щільність, г/см$^3$ |
|---|---|---|
| Дерново-підзолистий | піщаний | 1,50–1,60 |
| | супіщаний | 1,30–1,40 |
| | суглинковий | 1,35–1,50 |
| Дерново-карбонатний | суглинковий | 1,40–1,50 |
| Дерново-глейовий | суглинковий | 1,40 |
| Лучний заплавний | суглинковий | 1,15–1,20 |
| Болотний | ступінь розкладання торфу – 35–40 % | 0,17–0,18 |
| Сірий лісовий | важкосуглинковий | 1,40 |
| Чорнозем | суглинковий | 1,00–1,30 |
| Каштановий | суглинковий | 1,20–1,45 |
| Сірозем | суглинковий | 1,50–1,60 |

***Оптимальна щільність будови ґрунту для культур***

Оптимальною вважається така щільність, за якої за всіх інших рівних умов сільськогосподарські культури формують найбільші врожаї. Численними дослідженнями з різними сортами і гібридами сільськогосподарських культур в різних ґрунтово-кліматичних зонах України була визначена оптимальна величина **щільності будови ґрунту** для сільськогосподарських культур. Для переважної більшості сільськогосподарських культур вона знаходиться в межах 1–1,3 г/см$^3$ (табл. 2.2). За підвищеної вологості оптимум зміщується до нижчих значень, за умов недостатнього зволоження – до вищих (Малієнко А., 1989).

Дуже важливий момент – *у деяких типів ґрунту (чорноземи, каштанові та сірі лісові ґрунти) рівноважна щільність ґрунту й оптимальна для культури збігаються. Це положення є однією з теоретичних основ можливості відмови від механічного обробітку ґрунту*. В такому разі немає потреби використовувати ґрунтообробні знаряддя для розпушування чи ущільнення. На інших типах ґрунтів регулювання щільності будови ґрунту для утримування її на оптимальному для конкретної культури рівні в традиційному землеробстві виконується за допомогою заходів механічного обробітку ґрунту.

Таблиця 2.2

**Оптимальні значення щільності будови ґрунту для сільськогосподарських культур (за А. Малієнко, 1989), г/см$^3$**

| Зона | Ґрунт | Культура | Щільність будови, г/см$^3$ |
|---|---|---|---|
| Полісся | Дерново-підзолистий середньо-суглинистий | Зернові колосові | 1,10–1,40 |
| | | Кукурудза | 1,10–1,20 |
| | Дерново-підзолистий легкосуглинистий і супіщаний | Зернові колосові | 1,25–1,35 |
| | | Кукурудза | 1,10–1,30 |
| | Сірий опідзолений важко- і середньо-суглинистий | Зернові колосові | 1,05–1,30 |
| | | Кукурудза | 1,00–1,30 |
| Лісостеп | Сірий опідзолений легкосуглинистий | Зернові колосові | 1,10–1,30 |
| | Чорнозем типовий і опідзолений легкосуглинистий | Зернові колосові | 1,10–1,30 |
| | | Кукурудза | 1,00–1,25 |
| | | Гречка | 1,20 |
| | | Просо | 1,30 |
| | | Горох | 1,20–1,40 |
| Степ | Чорнозем звичайний і південний | Зернові колосові | 1,12–1,35 |
| | | Кукурудза | 1,00–1,30 |

***Регулювання щільності будови ґрунту в системах землеробства***

У традиційній системі землеробства основним способом регулювання щільності будови ґрунту є його механічний обробіток. Використовують різні способи, заходи й засоби та системи обробітку ґрунту для оптимізації будови орного шару, а відповідно – і щільності будови. В. Мєдвєдєв (2006) підкреслює, що система агротехнічних заходів має бути спрямована не просто на покращання певної властивості ґрунту, а на приведення її параметрів у відповідність до потреб конкретної культури. Узагальнені дані багатьох науково-дослідних установ й окремих вчених засвідчують, що здебільшого після оранки чи іншого способу основного глибокого обробітку ґрунту, оброблений шар набуває мінімальної щільності. Для чорноземних ґрунтів із середнім і важким гранулометричним складом вона становить 0,85–1 г/см$^3$, для дерново-підзолистих супіщаних – 1,25–1,27 г/см$^3$. В подальшому всі типи ґрунтів самоущільнюється до рівноважної щільності. Чим легший механічний склад, тим швидше грунт повертається до рівноважної щільності.

Встановлено, що ґрунт упродовж значної частини року (9–11 місяців) перебуває саме в рівноважному або близькому до нього стані. Період релаксації (час від обробітку до настання стану рівноважної щільності) для різних типів ґрунтів становить один-чотири місяці. Тобто щільність будови обробленого шару ґрунту величина динамічна. Після обробітку вона мінімальна, але протягом певного часу повертається до вихідного значення. Швидкість повернення залежить від гранулометричного складу та вмісту гумусу. Чим легший за гранулометричним складом ґрунт і менше вміст у ньому гумусу, тим швидше щільність його будови повертається до вихідної величини й, навпаки, – чим більше гумусу і важчій за гранулометричним складом ґрунт, тим повільніше він повертається до вихідної щільності будови після проведення механічного обробітку. За цією залежністю визначають оптимальний час проведення основного обробітку весною чи восени.

У природних умовах діапазон зміни щільності ґрунту під впливом зміни вологості й температури коливається в межах ±0,05 г/см$^3$. Залежно від типу кореневої системи рослин цей діапазон дещо збільшується та становить ±0,2–0,3 г/см$^3$, а за механічного обробітку, наприклад, чорнозему середньо- або важкосуглинкового гранулометричного складу може сягати ±0,40 г/см$^3$. Менша амплітуда коливань щільності будови ґрунту впродовж року за природних процесів її зміни в необроблюваних грунтах дає змогу не створювати його біотичному компоненту стресову ситуацію, яка щорічно виникає внаслідок проведення полицевого обробітку на орних землях.

Заходи передпосівного обробітку (культивація та боронування), забезпечують щільність оброблюваного шару ґрунту в межах 0,9–1 г/см$^3$. Завдяки застосуванню заходів, передбачених системою післяпосівного обробітку, зокрема коткування, а також внаслідок природних процесів посівний шар знову може досягнути стану рівноважної щільності складання.

Під час вегетації культури щільність будови верхніх шарів ґрунту за традиційних технологій може регулюватися завдяки міжрядним обробіткам.

*Таким чином, щільність будови ґрунту динамічна величина. Механічні заходи обробітку здатні змінювати щільність будови лише в оброблюваному шарі і лише на певний період часу. Період релаксації (час від обробітку до настання стану рівноважної щільності) для різних типів ґрунтів становить один-чотири місяці.*

***Щільність ґрунту й сільськогосподарські машини та агрегати***

За інтенсивного обробітку наявний багаторазовий вплив ходових систем машин і тракторів на ґрунт. За даними зарубіжних дослідників, покриття поля слідами від коліс техніки за традиційної технології вирощування (комбайн, сівалка, культиватор, розпушувач, плуг) в середньому становило 82 %, за системи No-till (комбайн, сівалка, тракторний оприскувач) – 46 %, а за системи No-till із контрольованим рухом техніки по полю – лише 14 %. Встановлено, що до 85 % ущільнення ґрунту сільськогосподарською технікою припадає на перший її прохід по полю.

За вирощування зернових культур за інтенсивною технологією в традиційній системі землеробства сумарна площа слідів коліс та гусениць тракторів, ґрунтообробних знарядь і транспортних засобів становить 100–200 %, а на просапних культурах – 150–250 % площі поля. Отже, тільки ходовими системами сільськогосподарських машин і знарядь ґрунт прикочується за сезон 1–2 рази. Переущільнення ґрунту тракторами та сільськогосподарськими машинами збільшує витрати на його обробіток у 1,5–2 рази (рис. 2.1.)



Рис. 2.1. Ущільнення грунту після техніки. Джерело: agrotimes.ua https://agrotimes.ua/tehnika/yaka-tehnika-provokuye-ushhilnennya-gruntu/

*Проблема ще більше загострюється за використання важкої сільськогосподарської техніки. Як свідчить світовий досвід, у питанні зменшення впливу важкої техніки на ґрунт оптимальне рішення полягає в переході на системи мінімального та нульового його обробітку зі скороченням проходів агрегатів і переходом на контрольований рух техніки по полю.*

Негативний вплив переущільнення ґрунту проявляється у:

- збільшенні щільності ґрунту;
- зниженні загальної та особливо некапілярної пористості;
- уповільненні росту кореневої системи – зменшується загальна маса коренів й утруднюється їх проникнення в глибші шари ґрунту;
- зменшенні вологозабезпеченості рослин;
- погіршенні водно-фізичних властивостей: вологоємності, зменшенні водопроникності;
- погіршенні аерації та біологічних процесів;
- посиленні поверхневого стоку води й змиву дрібнозему;
- погіршенні поживного режиму ґрунту;
- зниженні врожайності та якості сільськогосподарської продукції.

*Відмова від глибокого механічного обробітку сприяє формуванню в ґрунті більш високої несучої здатності (здатність протистояти ущільненню).*

***Мінімізація механічного обробітку ґрунту***

Мінімалізація – загальний термін, що описує всі напрямки і процеси зменшення кількості та інтенсивності механічного обробітку ґрунту. Мета мінімалізації механічного обробітку – повне зняття або обмеження негативного впливу цих заходів на ґрунт.

Питання мінімізації обробітку ґрунту не є новим для нашої країни. Сьогодні цей впливовий екологічний чинник тісно пов’язаний з економічним. Різке і невпинне зростання цін на паливо стимулює (в повному розумінні цього слова) керівників господарств до пошуку шляхів зменшення його витрат. В землеробстві найбільше палива витрачається на обробіток ґрунту. Глибока оранка – це робота з перевертання 3000 і більше т ґрунту на кожному гектарі за витрати 20–25 л дизельного палива на кожен гектар обробленої площі. Це при тому, що вона не додає ґрунту корисної речовини чи енергії, але посилює мінералізацію гумусу.

Причини необхідності зменшення механічного впливу на грунт:

*1. Екологічні* – агрофізична деградація ґрунтів, приводить до глобального потепління, необхідність секвестрації вуглецю;

*2. Економічні – здорожчання ресурсів, зниження прибутковості господарства;*

*3. Соціальні* – зменшення працездатного населення на селі, що зумовлює необхідність зменшення затрат людської праці на одиницю виробленої продукції.

**Теоретичною основою мінімалізації обробітку** ґрунту: служать наукові досягнення в області агрофізики ґрунту, які можна виразити наступним загальними висновками:

1. «*Полицевий обробіток ґрунту суперечить природному процесу ґрунтоутворення, порушення, яке він завдає перевищує здатність ґрунтів до самопоновлення і веде до незворотньої їх деградації». Встановлено, що довгостроковий негативний вплив перевищує короткострокові вигоди від полицевого обробітку.*

*2. Не всі культури потребують суттєвого і глибокого рихлення ґрунту.*

*3. Ґрунти України за своїм природним фізичним станом в основному відповідають вимогам культурних рослин і не потребують додаткового рихлення.*

Основні напрямки мінімалізації:

*1. Заміна полицевого обробітку на безполицевий;*

*2. Зменшення глибини обробітку;*

*3. Використання комбінованих агрегатів для виконання кількох операцій за один прохід агрегату;.*

*4. Зменшення площі обробітку до 1/3 поля (смуговий обробіток Srtip-till);*

*5. Повна відмова від механічного обробітку (No-till;)*

За глибиною обробітку ґрунту, заходи обробітку поділяються на:

- поверхневі - обробіток до 8 см
- мілкий – обробіток до 16 см;
- звичайний – обробіток до 24 см;
- глибокий – обробіток на 25 і більше см.

Сьогодні на виробництві виділяють ще ультраповерхневий обробіток, коли глибина обробітку не перевищує 4-5 см. За багаторічними даними кафедри землеробства та гербології НУБіП, поверхневий і глибокий плоскорізний обробітки чорнозему типового легкосуглинкового ґрунту не впливали негативно на щільність орного шару.

За поверхневого основного обробітку ґрунту на дату сівби ярих культур спостерігається певна диференціація орного шару за щільністю. У шарі ґрунту 0–20 см вона дещо вища порівняно з оранкою, а в шарі 20–30 см значних відхилень у щільності будови не спостерігається. Детальніший аналіз багаторічних досліджень багатьох авторів засвідчує, що тривале застосування мінімальних технологій обробітку не спричиняє переущільнення ґрунту. Вченими та практиками багатьох країн доведена можливість і економічна доцільність мінімізації механічного обробітку ґрунту, яка забезпечує наступні переваги:

- краще збереження вологи;
- захист ґрунту від водної і вітрової ерозії;
- підвищення біологічної активності ґрунту;
- зменшення витрат паливо-мастильних матеріалів;
- підвищення продуктивності праці.

***No-till і щільність будови ґрунту***

У системі землеробства No-till щільність будови ґрунту в період вегетації культури зазнає менших коливань завдяки наявності рослинних решток на поверхні, оскільки верхній шар ґрунту більш зволожений. Така

система подібніша до природних фітоценозів. У системі землеробства Strip-till щільність будови ґрунту в обробленій і необробленій смугах завжди суттєво відрізняється.

*У системі землеробства No-till, не передбачений механічний обробіток ґрунту з метою його розпушування або ущільнення. Ці завдання вирішується іншими – як природними (зміна вологості, температури ґрунту, діяльність ґрунтової біоти), так й агротехнічними заходами (чергування культур із різним типом кореневої системи, посів проміжних покривних культур тощо). Всі ці заходи максимально наближені до природних процесів. Природні чинники діють повільно, але набута щільність будови утримується ґрунтом більш тривалий період порівняно з орними землями.*

Зимовий період – це період розущільнення ґрунту. Результати досліджень, проведених у НУБіП України (табл. 2. 3), свідчать, що за відмови від обробітку ґрунту під пшеницю озиму щільність ґрунту весною у фазу кущення була вищою, ніж за традиційної технології обробітку, але в усіх шарах ґрунту вона не перевищувала оптимальної для цієї культури величини.

Таблиця 2. 3

**Щільність будови ґрунту в полі пшениці озимої навесні (фаза кущення), г/см$^3$ (Косолап М.)**

| Шар ґрунту, см | No-till технологія | Традиційна технологія |
|---|---|---|
| 0–10 | 1,12 | 1,07 |
| 10–20 | 1,27 | 1,18 |
| 20–30 | 1,26 | 1,24 |
| 0–30 | 1,22 | 1,16 |

Якщо ґрунт після збирання ранніх зернових культур (у наших дослідженнях – пшениця озима) не зазнає механічного обробітку, то на час завершення вегетаційного сезону його щільність суттєво зростає порівняно з оранкою, особливо в шарі 5–15 см. Зумовлено це тривалим періодом (до трьох місяців), для умов України здебільшого посушливим, від збирання культури й до кінця вегетаційного сезону, коли процеси ущільнення переважають над процесами розущільнення (табл. 2. 4).

За традиційної системи землеробства цей період використовується для проведення кількох заходів обробітку, передбачених різними системами (напівпарового, поліпшеного чи звичайного) зяблевого обробітку ґрунту. Якщо післязбиральний період використаний для вирощування проміжної покривної культури, то щільність будови ґрунту в усіх шарах суттєво зменшується. Отже, в системі землеробства No-till можна ефективно регулювати щільність будови ґрунту без механічного його обробітку через покривні культури. В цей час значення щільності будови залишаються трохи вищими ніж за використання оранки але знаходяться в оптимальних межах для культури.

Таблиця 2. 4

**Щільність ґрунту перед входом поля в зиму, (після збирання пшениці озимої), г/см$^3$ (Косолап М.)**

| Шар ґрунту, см | Заходи після збирання пшениці озимої | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Система No-till | | Традиційна система | |
| | післяжнивні посіви гречки | система хіміч-ного захисту | післяжнивні посіви гречки | лущення стерні, оранка на 20–22 см |
| 0–5 | 1,22 | 1,26 | 1,16 | 1,07 |
| 5–10 | 1,24 | 1,32 | 1,19 | 1,12 |
| 10–15 | 1,28 | 1,3 | 1,2 | 1,14 |
| 15–25 | 1,24 | 1,26 | 1,23 | 1,28 |

Застосуванні традиційної системи обробітку ґрунту може виникати проблема переущільнення підорного шару (плужна підошва). Часто ущільнений підорний шар є наслідком тривалого застосування традиційної системи обробітку на одну й ту саму глибину. Усувають її або суцільним глибоким розпушуванням перед переходом на систему землеробства No-till, або смуговими обробітками в системі Strip-till.

*Отже, в традиційній системі землеробства для утримання щільності будови ґрунту в оптимальних для вирощуваної культури параметрах постійно застосовують різні заходи й засоби механічного впливу на ґрунт, які зменшують її у оброблювальному шарі але підвищують в нижньому необробленому шарі (плужна підошва). У системі землеробства No-till плужна підошва не формується, тому що використовують лише природні процеси. В системі Strip-till використовують для регулювання щільності будови ґрунту і перші, й другі заходи, проте вирішальне значення мають природні процеси регулювання щільності будови кореневмісного шару грунту.*

### *2. 1. 2. Твердість ґрунту*

Опосередкованим показником оптимальності будови ґрунту може до певної міри слугувати його твердість. На відміну від щільності ґрунту цей показник можна легко і швидко визначати, використовуючи пенетрометри різних конструкцій. У господарствах спеціалісти за допомогою таких приладів визначають твердість ґрунту на кожному полі, відстежують її динаміку й оцінюють сприятливість фізичного стану ґрунту для росту та розвитку кореневої системи сільськогосподарських культур і необхідність застосування механічного розпушення та її глибину.

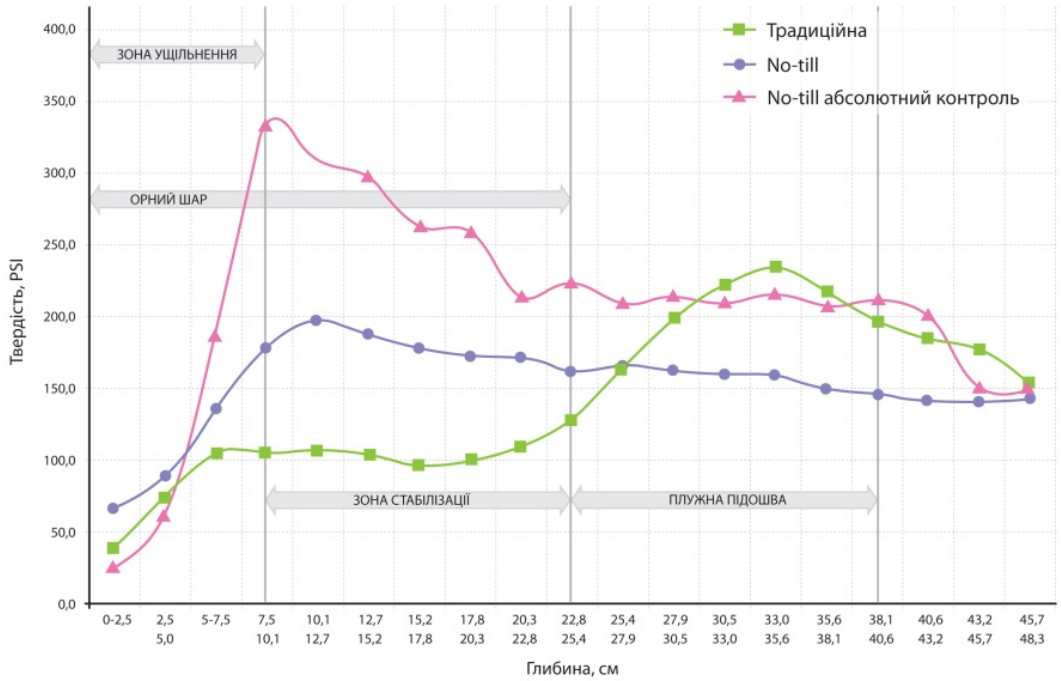
На рис. 2.2 і 2.3 представлені результати досліджень, проведених НУБіП України протягом 2008–2012 рр. із вивчення твердості ґрунту залежно від систем основного обробітку. Прийнятною для оптимального розвитку кореневої системи більшості сільськогосподарських культур вважається твердість ґрунту до 300 PSI (1 PSI = 7,03 х $10^{-2}$ кг/см$^2$). У півметровому шарі ґрунту незалежно від системи його обробітку чітко простежуються три зони, які різняться за показниками твердості.

Встановлено, що твердість ґрунту суттєво зростає у верхньому посівному (0–7 см) шарі, де розміщується насіння сільськогосподарських

культур незалежно від системи обробітку (рис. 2.2). Дані досліджень переконують, що твердість посівного шару ґрунту в зоні рядку не залежить від передпосівного обробітку, як це вважалося раніше, а більше залежить від типу сошника. За наведеними результатами, за відмови від механічного обробітку твердість посівного шару ґрунту лежить у межах оптимального інтервалу, що забезпечує дружнє проростання насіння сільськогосподарських культур.

Нижче посівного шару відзначається зона, умовно названа нами зоною стабілізації твердості ґрунту (10–22 см). За системи землеробства No-till спостерігається підвищення твердості ґрунту в цій зоні у порівнянні з оранкою, проте воно не перевищує оптимально допустимих значень для культурних рослин.

На абсолютному контролі (червона лінія) протягом усіх років дослідження не застосовували жодних заходів контролювання бур'янів, хоча культурні рослини висівали відповідно до схеми сівозміни. Рослинність на цій ділянці була представлена виключно багаторічними та малорічними бур'янами; культурні рослини не розвивалися. Твердість ґрунту в цьому варіанті була найвищою, що свідчить про важливе значення чергування культур у сівозміні для регулювання щільності ґрунту.




Червона лінія - No-till абсолютний контроль – ділянка, де щорічно до дикої рослинності лише всівали культуру згідно зі схемою сівозміни, гербіциди не застосовували.

Синя лінія - No-till посіви культури з застосуванням системи заходів контролю бур`янів.

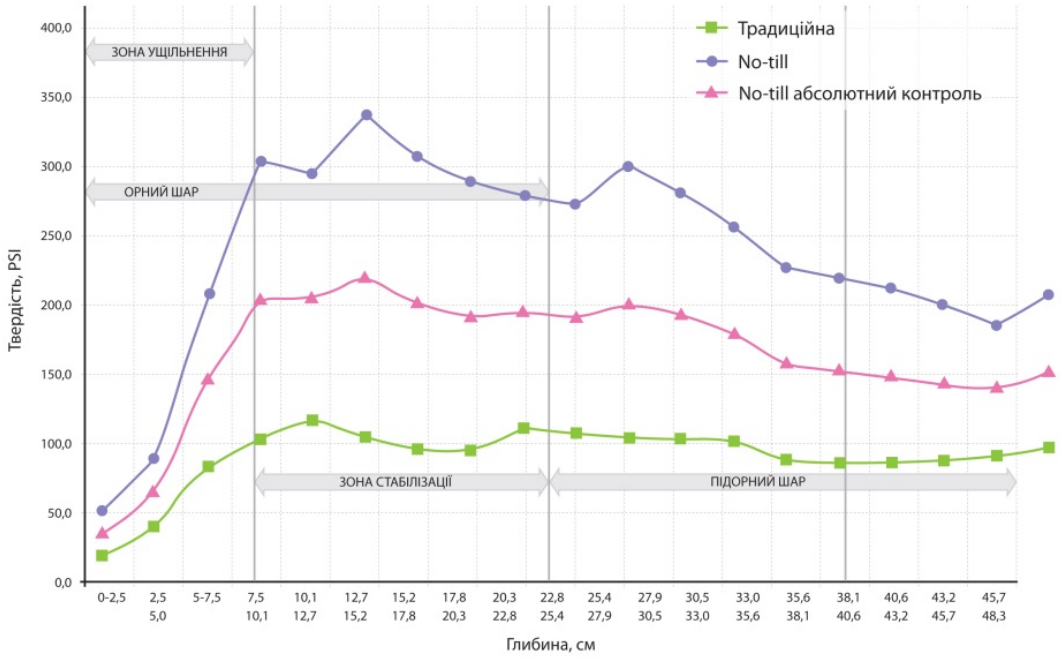
Зелена лінія – традиційний полицевий основний обробіток

Рис. 2.2. Твердість ґрунту після сівби кукурудзи залежно від системи основного обробітку (середнє за 2008–2012 рр.) Косолап М.

Третя зона (до 40 см) за традиційної системи обробітку ґрунту виявилася найбільш ущільненою. В науковій літературі її називають плужною підошвою. Формується вона під впливом тривалого полицевого обробітку та вмивання мулистої колоїдної фракції ґрунту в цю зону з верхніх шарів під час опадів, що призводить до закоркування пор у підорному шарі. Зміна структури підорного шару ґрунту може відбуватися також під впливом кореневої системи вирощуваних культур і бур'янів.

У полі пшениці ярої двопільної сівозміни *пшениця озима – пшениця яра* (рис. 2.3) показники твердості ґрунту залежно від системи обробітку ґрунту були вищими, ніж у полі кукурудзи в трипільній сівозміні *соя – пшениця яра – кукурудза* (рис. 2.4), хоча і мали таку саму тенденцію.

Наведені дані свідчать, що культури з різним типом кореневої системи (пшениця і кукурудза) неоднаково впливають на твердість ґрунту. Коренева система кукурудзи потужніша і проникає на більшу глибину, ніж коренева система пшениці озимої та ярої.




Червона лінія - No-till абсолютний контроль – ділянка, де щорічно до дикої рослинності лише всівали культуру згідно зі схемою сівозміни, гербіциди не застосовували.

Синя лінія - No-till посіви культури з застосуванням системи заходів контролю бур`янів.

Зелена лінія – традиційний полицевий основний обробіток

Рис. 2.3. Твердість ґрунту після сівби пшениці ярої в залежно від систем основного обробітку ґрунту (середнє на 2008–2012 рр.) Косолап М.

Дослідження, проведені в Дніпропетровській області, показали, що в перший рік переходу на технологію No-till твердість ґрунту перед сівбою гороху становила 10,8–14,5 кг/см² і виходила за межі оптимальних величин, які в період появи сходів й укорінення рослин не мають

перевищувати 5–6 кг/см² для шару 0–5 см і 10 кг/см² для шару 5–15 см. Утім, зростання показників опору ґрунту не призводило до пригнічення рослин на ранніх етапах органогенезу і нівелювалося завдяки оптимальній вологості ґрунту.

Отже, *підбираючи чергування культур у сівозміні, можна певною мірою впливати на твердість ґрунту в кореневмісному шарі без застосування механічних заходів обробітку, але цей вплив значно слабший ніж вплив механічного обробітку ґрунту.*

На абсолютному контролі, де не проводився механічний обробіток ґрунту і хімічний контроль забур'яненості, а лише висівалися сільськогосподарські культури як у полі кукурудзи, так і в полі пшениці твердість по всіх шарах ґрунту була вищою ніж на ділянках де вирощували ці культури з дотриманням всіх елементів технології No-till. Це свідчить, що не любий набір видів рослин позитивно ( в напрямку бажаному для агронома) впливає на твердість грунту.

***2. 1. 3. Структурно-агрегатний склад кореневмісного шару ґрунту***

Структура ґрунту є одним із показників рівня його родючості. *Структурою* називають сукупність різних за розміром і формою агрегатів, з яких утворюється ґрунт.

*Ґрунтовий агрегат* – сукупність первинних часточок або мікроагрегатів, з`єднаних між собою внаслідок коагуляції, склеювання, липкості.

*Структурність ґрунту* - властивість ґрунту розпадатися на окремі часточки називають

До агрономічно цінних належать ґрунтові агрегати, які мають розмір 0,25–10 мм, оскільки сукупність агрегатів такого розміру забезпечує сприятливий для рослин водний, повітряний і поживний режими. Важливо, щоб агрегати ґрунту мали високу водостійкість, тобто були здатні протистояти розмиванню водою. Загалом вважається, що ґрунт з оптимальною структурою має містити близько 80 % повітряно-сухих агрегатів розміром 0,25–10 мм, 70 % з яких – водостійкі; доброю – відповідно 80–60 і 70–55 %; задовільною – 60–40 і 55–40; незадовільною – 40–20 і 40–20 і з поганою структурою, коли повітряно-сухих та водотривких агрегатів менше 20% (Долгов С. І., Бахтин П. У., 1980).

Співвідношення маси агрономічно-цінних агрегатів (діаметром 0,25–10 мм) до сумарної маси пилуватої (<0,25 мм) і бриластої (>10 мм) фракцій називають *коефіцієнтом структурності ґрунту*. Позитивними властивостями структурних ґрунтів є їх висока загальна пористість (50–60 %), яка представлена капілярними й некапілярними проміжками, що і забезпечує високу її водопроникність. Від структурного стану ґрунту залежить і рівень випаровування вологи. Чим краща структура ґрунту, тим менше випаровується вологи. Тобто ґрунт із кращою структурою повніше вбирає вологу атмосферних опадів й економніше її витрачає. Добра водопроникність ґрунтів запобігає поверхневому стоку дощової і талої води на схилах, що значно послаблює водну ерозію.

Структурний ґрунт характеризується низькою зв'язністю, легко розсипається, менш схильний до запливання й утворення кірки. Структура ґрунту – в часі величина динамічна, оскільки на неї одночасно діють чинники, які спричиняють як руйнування, так і утворення структурних грудочок. Водночас оптимальні значення структури ґрунту для культури теж змінюються в період її вегетації.

Розрізняють три основні групи причин руйнування структури.

***Механічні причини.*** Структура руйнується під впливом механічної дії знарядь під час обробітку та ходових систем машин, що переміщуються по полю, від удару дощових крапель, граду та інших чинників.

***Фізико-хімічні причини.*** Зміна концентрації ґрунтового розчину внаслідок динаміки вологості, внесення добрив, використання поживних речовин рослинами по-різному впливають на структуроутворення, міцність агрегатів та їх руйнування. Давно встановлено, що обмінні катіони та аніони, а також органічна речовина є найвпливовішими в цьому процесі, оскільки коагулюють первинні часточки ґрунту або пептизують уже коагулянти чи склеюють їх у грудочки. Вимивання клейких речовин веде до руйнування структури. В орних землях хімічне руйнування агрегатів відбувається внаслідок вилуговування кальцію.

***Біологічні причини.*** Аеробні мікроорганізми здатні повністю руйнувати органічну речовину ґрунту, зокрема навіть умовно стійкі гумусні сполуки. Цей процес відбувається на поверхні кожної грудочки. Оскільки органічна речовина бере участь у створенні ґрунтових агрегатів, то її мінералізація призводить до їх руйнування. Проте, з іншого боку, продукти обміну й автолізу ґрунтових мікроорганізмів є найважливішими речовинами, що цементують грудочки.

Отже, міцність структури внаслідок багатофакторного впливу постійно змінюється аж до її руйнування. Проте паралельно цьому руйнівному процесу в ґрунті постійно чи періодично у відповідних шарах переважають процеси, які сприяють відновленню структури завдяки утворенню гумусу з рослинних решток і гною та поглинання двовалентних катіонів.

Вирощування сільськогосподарських культур – також впливовий чинник на структурний стан ґрунту, особливо такої ланки технології вирощування, як його механічний обробіток. За різних технологій обробітку ґрунту всі названі причини руйнування структури або окремі з них можуть мати місце (рис. 2.4).

У дослідженнях, проведених в НУБіП України на Агрономічній дослідній станції, встановлено, що традиційний і нульовий обробіток по-різному впливають на структурно-агрегатний склад ґрунту. У фазу кущення озимої пшениці залежно від технології обробітку ґрунту частка сукупності мега (>10 мм) та мікроагрегатів (<0,25 мм) різна. В шарі ґрунту 0–5 см за традиційної технології вміст цих агрегатів становив 29,6 %, зокрема мегаагрегатів – 27,7 %, тоді як за технології нульового обробітку ці показники дорівнювали відповідно 9,3 % і 7, 5%.

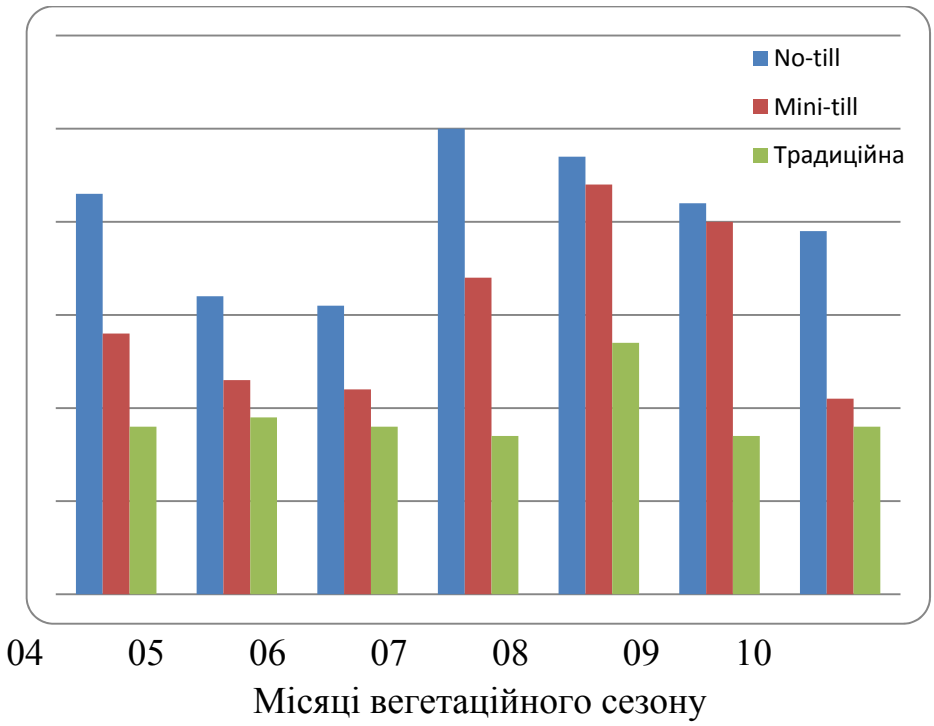



Рис. 2.4. Стабільність ґрунтових агрегатів в орному шарі залежно від технології обробітку ґрунту, % (Tebrugge and Bohrnsen, 1997)

Тобто бриластої фракції за нульової технології містилося в 3,8 рази менше. І це спостерігалося через вісім місяців після проведення механічного обробітку ґрунту. Звідси висновок: чим менше механічно розпушується ґрунт, тим краще зберігається і швидше відновлюється його структура.

*Основну роль у структуроутворенні належить біологічним чинникам, тобто рослинності й організмам, що населяють ґрунт. Найбільший позитивний вплив на структурний стан ґрунту справляють рослини з добре розвинутою кореневою системою та надземними органами, які суцільно покривають ґрунт*. Вони не лише сприяють формуванню агрономічно цінної структури, а й захищають її від руйнування краплинами дощу. Цим вимогам більше відповідають багаторічні бобові й злакові трави або їх сумішки та озимі зернові суцільного способу сівби.

*Загальний висновок: за відмова від механічного обробітку чорноземних ґрунтів в грунті переважають процеси формування структури грунту над процесами її порушення, що в результаті проявляється в покращенні їх структурного стану, особливо у поєднанні з наявністю живої рослинності.*

## 2. 2. Формування запасів ґрунтової вологи

Засновник ґрунтової гідрології Г. Висоцький свого часу писав: «*Вода в ґрунті – те саме, що кров в організмі людини*». Щоб одержати врожай сільськогосподарських культур необхідно передусім забезпечити їх життєву потребу в воді, тому в будь-якій системі землеробства цьому приділяється першочергова увага.

Основним джерелом надходження вологи в ґрунт є атмосферні опади, які ніколи не надходять рівномірно і часі і кількості. Чим вища нестабільність випадання опадів у часі і кількості, що є сьогодні характерною рисою через глобальне потепління, тим більше значення для отримання врожаю в будь-якій системі землеробства має накопичений запас доступної вологи в ґрунті.

Існують три етапи ефективного накопичення вологи в грунті:

1) збір опадів на поверхні поля, суть якого полягає в недопущенні стікання води та здування снігу з поля;

2) поглинання і накопичення зібраної води ґрунтом;

3) збереження накопиченої вологи в ґрунті.

***Збір опадів***

Накопичення води починається зі збору опадів (дощу чи снігу). Щоб накопичити достатній запас вологи в ґрунті в межах конкретного поля, збір опадів мусить бути максимальним. Чим менше води стікає з поля і менше на полі формується блюдець, тим більше вологи може поглинутися й накопичитися в ґрунті. Ще в XIX ст. О. Ізмаїльський (1893, 1894) вказував, що зростання запасів ґрунтової вологи залежить від наявності умов, що утруднюють стікання атмосферної води з поверхні ґрунту та сприяють проникненню цієї вологи всередину ґрунту і захищають його поверхню від висихання. Зменшенням втрат води на фізичне випаровування ми збільшуємо не лише її запаси, а й період її використання культурними рослинами, що особливо важливо в регіонах, де після випадання опадів влітку існує великий потенціал випаровування (висока температура і низька вологість повітря) і тривалий часовий розрив між опадами.

***2. 2. 1. Механізм накопичення води в ґрунті***

Надходження води в ґрунт – складний процес, оскільки швидкість її проникнення в ґрунт залежить від багатьох чинників (наприклад, від пористості ґрунту, його структури, початкового рівня вмісту в ній води й водопроникності всього ґрунтового профілю (Taylor S. & Ashcroft G. L., 1972)). Слід зазначити, що механізм накопичення та втрати вологи обробленим і необробленим ґрунтом за наявності чи відсутності на поверхні поля рослинних решток суттєво відрізняється.

***Розпушений ґрунт*** (традиційна система обробітку) завжди має розірвану капілярну систему на глибині проведеного обробітку з переважанням у цьому шарі пор некапілярного розміру (>0,1 мм), що забезпечує високе поглинання опадів у перший період (етап вбирання), але водночас не капілярна пористість призводить до швидкої втрати вологи через випаровування. Швидке проникнення води в розпушений ґрунт в перший період спричиняє перенос у необроблений шар мулистої фракції, яка закриває капілярні пори в необробленому шарі. Як наслідок – інфільтрація (другий етап поглинання води) істотно зменшується. В результаті основний об’єм води концентрується у верхньому обробленому шарі. Надлишкова вода залишається на поверхні у вигляді блюдець і потім випаровується або стікає з поля (Taylor S. & Ashcroft G. L.,1972).

***Необроблений ґрунт*** має цілісну капілярну систему, по якій волога постійно надходить до кореневої системи рослин, тому верхній шар такого ґрунту здебільшого більш вологий, ніж розпушений. Водночас чим триваліший період без механічного обробітку, тим ефективніше працює ґрунтова система транспортування вологи. Переважання капілярної пористості за наявності ходів ґрунтових черв'яків та пустот від відмерлих коренів рослин забезпечує стабільну інфільтрацію, яка суттєво вища, ніж на обробленому ґрунту, що і запобігає нагромадженню непоглинутої вологи на поверхні поля й загалом забезпечує більш ефективне поглинання, а відповідно і більше накопичення вологи в ґрунті.

В процесі поглинання води грунтом під час дощу можна виділити кілька етапів. На першому відбувається змочування сухих ґрунтових агрегатів, і лише після цього на другому етапі вода починає проникати в нижні горизонти. За наявності рослинних решток на поверхні під ними ґрунт часто вологіший, ніж за відкритого ґрунту, тому навіть за незначних опадів волога відразу надходить в нижні шари, а менша її частина йде на змочування ґрунтових агрегатів. Поверхня розпушеного ґрунту без рослинних решток завжди суха, тому спочатку вода змочує ґрунтові агрегати, а лише потім починає проникати в нижні горизонти. Вода, яка була витрачена на зволоження сухої поверхні ґрунту, після закінчення дощу знову швидко випариться і не буде корисна рослинам. Наведений опис процесу поглинання та накопичення вологи пояснює, чому в традиційній системі землеробства опади в 1–4 мм не вважаються агрономічно значущими, як кажуть у народі «лише прибивають пилюку». У системі No-till і Strip-till навіть такі невеликі опади можуть мати агрономічне значення із-за наявності на поверхні ґрунту рослинних решток.

В описаному процесі поглинання води важливі рівень структурності ґрунту й водостійкість ґрунтових агрегатів. За слабкої водотривкості ґрунтові агрегати швидко розпадаються у воді, що зумовлює зменшення розміру пор між агрегатами, тому за такої структури ґрунт швидко втрачає здатність швидко поглинати й пропускати вологу. Найкращою структурою буде стійка проти змін у воді структура (висока водотривкість ґрунтових агрегатів), рис. 2.5.

Вище відзначалося, що система землеробства No-till сприяє збереженню структури й підвищенню водотривкості ґрунтових агрегатів.

*Отже, вищу ефективність поглинання має необроблений, ніж оброблений ґрунт, за умови наявності рослинних решток на його поверхні*.

***Осінньо-зимові запаси вологи***

В Україні лише невелика частка території одержує достатню кількість атмосферних опадів, а більша частина характеризується нестачею ґрунтової вологи за надлишку тепла. Науковці визначили, що за останню чверть XX століття площа України з достатнім і надмірним зволоженням скоротилася на 10 % і становить 22,5 %, або 7,6 млн га орних земель (Воропай Г., 2020).

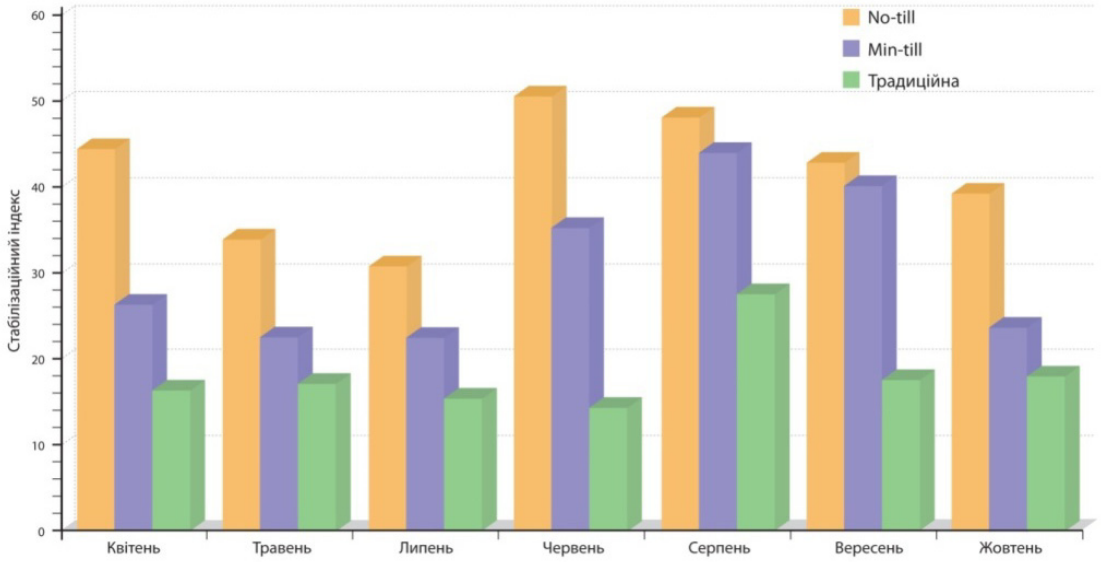



Рис. 2.5. Стабільність ґрунтових агрегатів (розмір 5–6 мм) під час вегетації цукрових буряків (імітація дощу крапельною установкою), сіроземи (лес) © Ф. Тебрюге

Згідно із законом мінімуму, на більшій частині території України саме ґрунтова волога визначає екологічну межу продуктивності агрофітоценозів (Танчик С. та ін., 2015). *За багаторічними спостереженнями вчених для продуктивного і стійкого землеробства в районах недостатнього зволоження необхідно в метровому шарі ґрунту на початок вегетаційного сезону мати 150–160 мм продуктивної вологи.*

На Агрономічній дослідній станції НУБіП України Васильківського району Київської області в стаціонарному польовому досліді в агрофітоценозі пшениці озимої (двопільна сівозміна: *пшениця озима – пшениця яра*) на час відновлення вегетації запаси вологи в шарі 0–30 см за традиційного обробітку ґрунту становили 34,5 мм, а за нульового – 45,2 мм, у метровому шарі – відповідно 175,3 і 185 мм. У полі пшениці ярої в цій самій сівозміні запас доступної вологи в шарі ґрунту 0–30 см за традиційного обробітку був 38,9 мм, а нульового – 52,8 мм, у метровому шарі – відповідно 187,8 і 206,5 мм.

Оптимальні запаси вологи залежать від ґрунтової відміни, виду і фази розвитку рослин. На чорноземних грунтах у період від фази сходів до кущення зернових у шарі 0–20 см оптимальними вважають запаси вологи 25–30 мм, поганими – менше 10 мм. У період від виходу в трубку до цвітіння вирішального значення набувають запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту. Їх оцінюють так: хороші – 120 мм і більше, задовільні – 120–80 мм, незадовільні – менше 80 мм. У період від цвітіння до воскової стиглості потреба рослин у воді дещо зменшується, умови вологозабезпечення оцінюють так: оптимальні – 80–100 мм, задовільні – 40–80 мм, незадовільні – 30–40 мм, погані – менше 25 мм. Запас вологи менше 25 мм різко недостатній, але і запас понад 125 мм у цей період оцінюється як надмірний, бо за таких запасів вологи спостерігається значне вилягання посівів і розвиток хвороб на рослинах (Вериго С., Разумова Л.., 1973).

Таблиця 2.5

**Оцінка запасів продуктивної вологи (Вадюнина А., Корчагина З., 1986)**

| Потужність шару ґрунту, см | Запаси продуктивної вологи, мм | Якісна оцінка запасів продуктивної вологи |
|---|---|---|
| 0–20 | >40 | Добрі |
| | 40–20 | Задовільні |
| | <20 | Незадовільні |
| 0–100 | >160 | Дуже добрі |
| | 160–130 | Добрі |
| | 130–90 | Задовільні |
| | 90–60 | Погані |
| | <60 | Дуже погані |

Оптимальна зволоженість кореневмісного шару ґрунту становить для пшениці, жита, ячменю, буряків цукрових, соняшнику, люцерни – 60–70 % НВ (найменшої вологоємкості), а для вівса, картоплі, гречки, гороху, конюшини, кукурудзи, сої – 70–80 % НВ (Примак І. Д. та ін., 2020).

*Таким чином, сьогодні агроному для корегування технології вирощування культур треба знати величину запасів вологи на кожному полі в динаміці і вміти правильно її оцінювати у прив`язці до фази розвитку культури та наявного типу грунту.*

***2. 2. 2. Значення обробітку ґрунту в регулюванні водного режиму***

У традиційних системах землеробства обробіток ґрунту розглядають як один із заходів впливу на водний режим, однак його ефективність щодо накопичення вологи та оптимізації водного режиму часто є нижчою порівняно з іншими агротехнічними заходами.

Рівень впливу обробітку ґрунту на водопроникність залежить від його інтенсивності та глибини На сьогодні максимальна глибина механічного обробітку ґрунту під польові культури обмежується 40 см. На таку глибину один раз у кілька років проводять глибоке рихлення, зазвичай чизелем. Здебільшого глибина основного обробітку ґрунту не перевищує 30–32 см. Коренева ж система сільськогосподарських культур поглинає вологу зі значно більшої глибини. Водний режим як комплекс процесів надходження, перерозподілу, нагромадження та випаровування вологи в ґрунті значною мірою залежить від щільності його будови, яка регулюється в традиційному землеробстві, переважно обробітком.

Накопичення вологи в ґрунті під майбутній урожай кожної культури починається відразу ж після збирання попередника. В традиційній системі землеробства загальновизнаним заходом збереження вологи в ґрунті, що залишилася після збирання культури, є лущення. Теоретичне обґрунтування цього заходу детально викладене в усіх підручниках і посібниках із землеробства.

Після звільнення поля від попередника залишкова волога швидко втрачається внаслідок випаровування з поверхні поля. Завдяки лущенню стерні знищуються виходи капілярних пор на поверхність ґрунту, а взамін створюється розпушений, здебільшого сухий шар з некапілярними порами, що і забезпечує зменшення інтенсивності випаровування вологи. Звісно, що цей розпушений шар швидко втрачає капілярну ґрунтову вологу, але він у цьому разі виконує роль ковдри, яка запобігає втратам вологи з нижніх шарів (за зволоження ґрунту не нижче межі вологості розриву капілярних зв'язків (ВРК)). Одночасно атмосферні опади краще поглинаються цим розпушеним шаром порівняно з ущільненою поверхнею поля. За зволоження ґрунту нижче ВРК випаровування, що відбувається в ґрунті, вище на злущеному, ніж незлущеному полі, проте інтенсивність цього процесу невисока. За класичними рекомендаціями для запобігання втратам ґрунтової вологи через випаровування за будь-яких рівнів зволоження необхідно, щоб під поверхневим розпушеним шаром ґрунту (0–10 см) розміщувався ущільнений (протидифузний) прошарок товщиною 3–5 см. Це досягається завдяки застосуванню відповідних культиваторів і котків або комбінованих агрегатів.

Результати тривалих стаціонарних досліджень, проведених у різних країнах світу, засвідчили, що зменшення глибини й відмова від полицевого обробітку не погіршують, а поліпшують водні властивості ґрунту. Дослідженнями М. Шикули та його колег із кафедри ґрунтознавства Національного аграрного університету (зараз НУБіП України) встановлено, що за полицевого обробітку розпушений на глибину 20 см орний шар в осінній період у результаті конвекційно-дифузного випаровування втрачає залишкову вологу, тоді як за безполицевого обробітку ця волога зберігається завдяки меншій пористості ґрунту та захисній дії мульчі з рослинних решток. Залежно від дати визначення (8 серпня – 4 жовтня), запаси продуктивної вологи в шарі 0–20 см коливалася на варіантах полицевого обробітку на глибину 20–22 см у межах 11,8–25,5 мм, а на безполицевих варіантах за мінімального обробітку на глибину 5–7 см – 17–31,9 мм. Ущільнений прошарок на глибині 10–20 см за безполицевого обробітку забезпечував висхідний тік води по капілярах до кореневої системи рослин. Запаси її продуктивної частини в шарі ґрунту 0–50 см становили на оранці 31,9–69,4 мм, а на мінімальному безполицевому обробітку – 42,4–79,7 мм.

За даними Ф. Моргуна (1982) в умовах Полтавської області зимові опади не вирівнювали запаси вологи по варіантах обробітку ґрунту. На зораному полі вміст продуктивної вологи весною наступного року в 2-метровому шарі ґрунту становив 200 мм, а за безполицевого обробітку її накочувалося на 11,7–27,9 мм більше.

Водонакопичувальну здатність системи мінімального обробітку посилюють рослинні рештки, що частково або повністю залишаються на поверхні ґрунту після його обробітку. *В системі мінімального обробітку, як і за традиційної полицевої технології, руйнування капілярів у верхньому шарі ґрунту є основним завданням першого обробітку після збирання культури.*

Довготривале застосування мінімального безполицевого обробітку поліпшує інфільтраційні властивості ґрунту порівняно з оранкою. В дослідах на дату сівби пшениці озимої поглинання води ґрунтом на оранці становило 56,3 мм за першу годину спостережень на мінімальному обробітку – 63,1 мм. Тенденція кращого поглинання води на цьому варіанті зберігалась і на третій годині спостережень (М. Шикула та ін., 2000).

Забезпечення рослин вологою впродовж вегетації залежить не лише від її кількості, накопиченої за осінньо-зимовий період. Тривалими дослідженнями встановлено, що із загальної маси вологи, яку використовують рослини, 65–75 % її припадає на атмосферні опади в період вегетації, тому на думку академіка О. Ніконова, для одержання гарантованого врожаю необхідно 700 мм опадів за рік.

*Отже, важливим є підтримання оптимального стану ґрунту, що забезпечує максимальне вбирання і раціональне використання атмосферних опадів весняно-літнього періоду. Тільки за умови, коли ґрунт впродовж всього сільськогосподарського року (від збирання попередника до збирання культури) має високу здатність до поглинання і збереження вологи атмосферних опадів, можна оптимізувати його водний режим і задовільнити вимоги культур щодо цього чинника їх життя. Будь-який захід механічного обробітку має короткий термін дії на ґрунт і не здатний забезпечити йому оптимальний фізичний стан для максимального поглинання і накопичення вологи протягом всього року*.

***2. 2. 3. Водний режим ґрунту в системі землеробства No-till***

Дослідженнями багатьох науковців доведено, що ґрунти в природних заповідниках мають кращі водні властивості, ніж на ріллі - староорні. За системи нульового обробітку вплив механічних засобів на щільність будови ґрунту відсутній. Регуляторними чинниками залишаються лише природні (волога, температура) та біологічні (коренева система рослин, дощові черв’яки, ґрунтова біота). Ці фактори не лише позитивно впливають на здатність ґрунту вбирати воду, а й одночасно суттєво зменшують загрозу утворення поверхневого стоку. Цей шлях екологічно прийнятний, бо він водночас захищає ґрунтове середовище від деградаційних процесів за тривалого використання системи (Кузін Н., 2016).

***Інфільтраційна здатність ґрунту***

Дані зарубіжних дослідників свідчать, що за 13 років застосування системи землеробства No-till інфільтраційна здатність ґрунту підвищилася майже в 2,5 рази порівняно з традиційною системою землеробства. На оранці вона становила 38 мм за годину, за нульової технології першого року – 52, п’ятого – 64 і тринадцятого – 81 мм за годину. Відмічається також, що зросла не лише інфільтрація, а й вологоємкість ґрунту, а ґрунтові агрегати набули водостійкості.

У системах землеробства No-till і Strip-till загальний об’єм пор формується внаслідок росту кореневої системи, наявності мезофауни та динаміки природних чинників вологи й температури. Ріст коренів супроводжується розущільненням ґрунту. Після відмирання кореневої

системи залишаються різні за діаметром пори, через які вода може вільно проникати. Значна частка загальної щілинності припадає на пустоти, створені землерийними тваринами, що мешкають у ґрунті. Це можуть бути миші, ховрахи, кроти, а також різні види жуків. Підвищення водостійкості ґрунтових агрегатів за мінімального та нульового обробітку зменшує ризики утворення ґрунтової кірки (рис. 2.6).

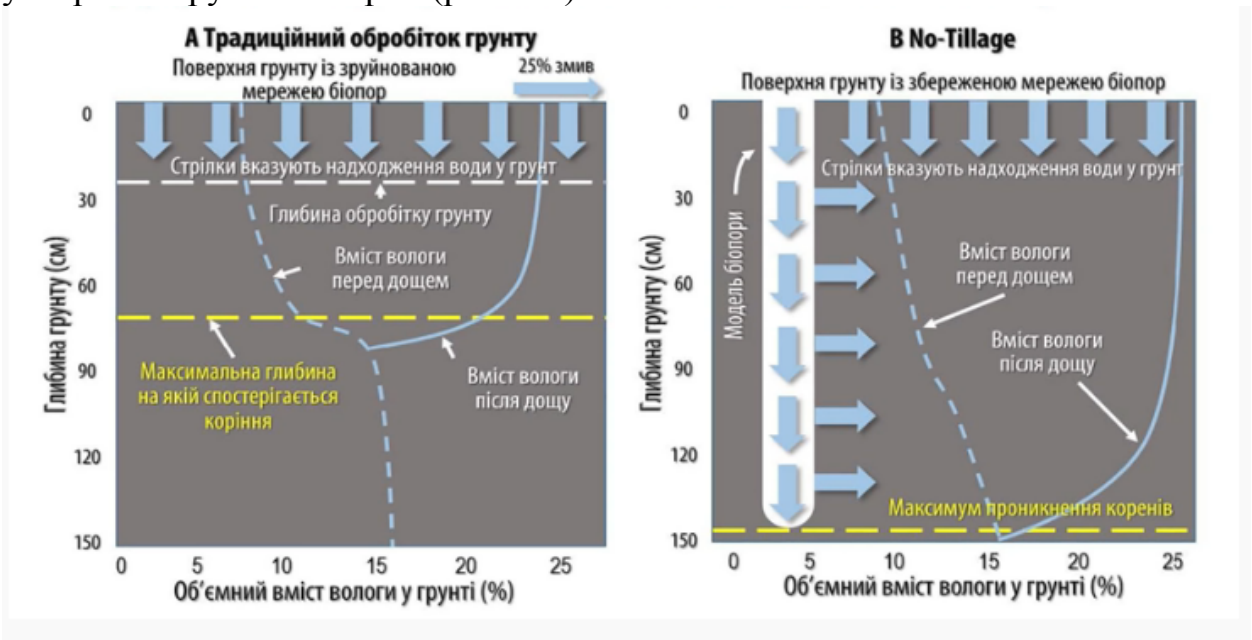



Рис. 2.6. Проникнення вологи та її накопичення в ґрунті за різних систем землеробства (презентація Ківерського Л.)

Підвищення швидкості інфільтрації води в ґрунт, крім суто агрономічного ефекту, має й екологічне значення як чинник, що зменшує водну ерозію ґрунту (поверхневий стік). Зниження поверхневого стоку позитивно впливає на рівень ґрунтових вод, а відповідно – покращує живлення річок, що своєю чергою знижує ймовірність великих паводків.

*Систематичне поповнення ґрунту органічною речовиною рослинних решток поліпшує структурний стан ґрунту, що й забезпечує зростання водопроникності та вологоємкості ґрунту. Відсутність механічного впливу на ґрунт забезпечує стабілізацію в ньому загальної пористості, що покращує його вбирну здатність. Отже, за відсутності механічного обробітку ґрунту його здатність поглинати й накопичувати вологу не зменшується, а зростає.*

***Вплив рослинних решток на накопичення вологи***

*Захист ґрунтових агрегатів від порушення краплями дощу – ключ до збереження максимального рівня поглинання води ґрунтом* (рис. 2. 6). Захищаючи ґрунтові агрегати від руйнування, рослинні рештки сприяють більшому накопиченню вологи.

В дослідах Ф. Л. Дюлея і Дж. Рассела (1939) за наявності на поверхні поля 4,5 т/га соломи накопичення опадів становило 54 %, коли цю кількість соломи заробили в верхній шар ґрунту накопичення опадів становило 34 %, а на варіанті з непокритим ґрунтом – лише 20 %.

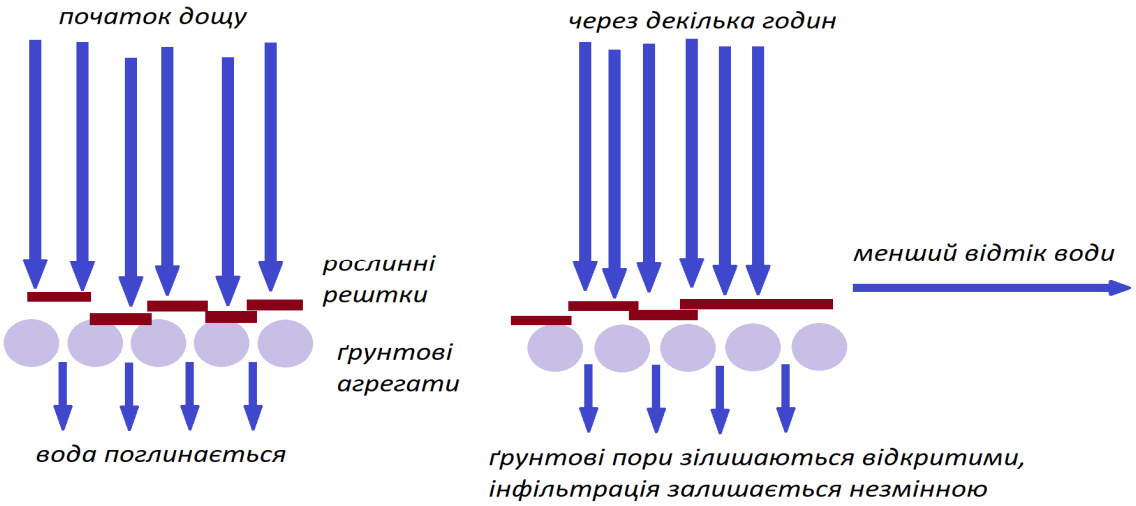



Рис. 2.7. Рослинні рештки захищають ґрунтові агрегати від впливу дощових крапель . © Гаррі Петерсон

Результати досліджень Дж. Маннеринга і Л. Майєра (1963) показали, що рослинні рештки позитивно впливають на швидкість інфільтрації на пилуватих суглинках навіть зі схилом 5 %. Отже, збереження пористості та фізичне запобігання стоку води були основними причинами збільшення накопичення води в ґрунті. Солома також захищає ґрунт від утворення кірки. Подібні дослідження продемонстрували, що *наявність рослинних решток і структурованість верхнього шару ґрунту впливали на накопичення вологи більше, ніж механічний склад і характеристика ґрунтового профілю* (Duley F. L. & Kelly L. L, 1939). *Тобто, зменшення негативного впливу енергії крапель на поверхню ґрунту – основна функція пожнивних решток в регулюванні водного режиму. Для забезпечення оптимального рівня інфільтрації води необхідно, щоб рослинні рештки покривали не менше 85 % поверхні поля.*

***Збір снігу й утримання талої води***

У регіонах з переважанням опадів у зимовий період рослинні рештки також суттєво впливають на збереження вологи завдяки додатковому накопиченню снігу на поверхні ґрунту. Ефективність роботи з зимовими опадами можна оцінити за двома показниками:

- за товщиною накопиченого снігу на полі;
- за утриманням талої води.

Через те, що випадання снігу часто супроводжується вітром, принципи утримання снігу такі самі, як і ті, що використовуються в захисті ґрунту від вітрової ерозії. Стерня, вітрозахисні смуги, смуговий посів сприяють уловлюванню й накопиченню снігу на полі. Стояча стерня зменшує швидкість вітру, тобто сніг, що ліг на поверхню ґрунту, вже недоступний для вітру і рівномірно розподіляється по поверхні поля (рис. 2.7, 2.8).



Рис. 2.7. Товщина снігового покриву за системи No-till. © Романьков Е.



Рис. 2.8. Рівномірність снігового покриву на полі кукурудзи за технології No-till. © Романьков Е.

Дослідження вчених на Великих рівнинах США (Staple та ін., 1960) показали, що висока стерня утримувала на 55 мм більше води, ніж оголений ґрунт. Це зумовлено тим, що стерня зберігала 37 % зимових опадів, а на полі під паром без стерні – лише 9 %. Для накопичення снігу велике значення має

стійкість стерні проти вилягання та густота її стояння, щоб вітер міг вільно проходити між стеблинами (65–75 % пористості). Вчені встановили, що чим вища висота зрізу стебел соняшнику після комбайна, тим більше снігу накопичувалося.

Крім того, ефект високої стерні проявляється в тому, що вона уповільнює початок танення снігу та збільшує тривалість періоду танення снігового покриву (Willis W. et al., 1969) Ці автори стверджують, що стояча солома поглинає більше сонячної радіації, ніж сніговий покрив та слугує більше «накопичувачем» тепла, а не його конвертором. Протягом зимових місяців у зонах із помірним кліматом рослинні рештки виконують також функцію зниження стоку води з поля внаслідок більш повільного танення снігу. Загалом встановлено, що товщина снігу, яку здатна накопичити стояча стерня дорівнює 2/3 її висоти.

***Вплив рослинних решток на випаровування води***

У системі землеробства No-till зменшення непродуктивних втрат вологи з ґрунту покладається не на механічний обробіток, а на залишені на поверхні поля рослинні рештки. Вони захищають ґрунт від перегріву та швидкого випаровування вологи, а також від ерозії.

Рослинні рештки не лише збільшують інфільтрацію, захищають ґрунт від змиву й руйнування агрегатів, а водночас впливають і на швидкість випаровування, особливо на початковій стадії – після випадання опадів. Випаровування виникає тому, що вологість повітря завжди нижча 100 %. У теплого повітря здатність утримувати вологу більша, ніж у холодного, тому при підвищенні температури потенціал випаровування зростає. Випаровування найбільше спостерігається тоді, коли ґрунт вологий, а повітря сухе (низька відносна вологість). Коли ґрунт на поверхні висихає, вода по капілярах піднімається з нижчих шарів. При постійному випаровуванні, відстань, котру проходить вода, поступово зростає, що завершується розривом капілярів. Це зменшує її надходження до поверхні у вигляді рідини або пару, при цьому поверхня ґрунту залишається сухою. Коли вода починає рухатися до поверхні тільки у вигляді пару швидкість випаровування стає дуже низькою. Кожне наступне випадання опадів починає цикл випаровування заново, позаяк поверхня ґрунту знову стає вологою.

Крім температури, на випаровування впливають й інші атмосферні чинники: сонячна радіація та вітер. Сонячна радіація дає енергію на випаровування, а вітер впливає на градієнт тиску пару в приземному шарі повітря. Висока вологість і низька швидкість вітру зумовлюють менший градієнт тиску пари, що в результаті зменшує швидкість випаровування. В міру зниження відносної вологості повітря і збільшення швидкості вітру потенціал випаровування поступово зростає. У вітряний день вологе повітря на поверхні ґрунту постійно замінюється сухим, що призводить до прискорення випаровування (рис. 2.9).

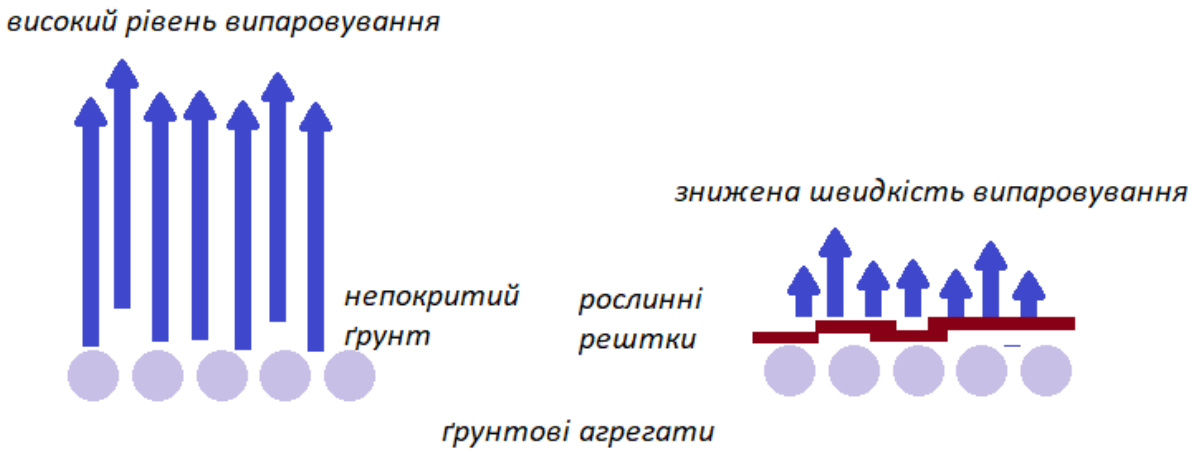



Рис. 2.9. Вплив рослинних решток на швидкість випаровування
© Гаррі Петерсон

Різне розміщення рослинних решток у просторі (стояча чи лежача стерня) по-різному впливає на радіаційний баланс підстильної поверхні, а отже – і на інтенсивність випаровування. За даними Смика (1983), втрати вологи з оголеного ґрунту впродовж 35 днів за відсутності опадів становили 23 мм, за наявності лежачих рослинних решток - 20 мм, за наявності 75 % лежачих і 25 % стоячих - 19 мм і лише 15 мм на варіанті, де 50 % рослинних решток лежали і 50 % стояли. Загальна кількість решток в досліді становила 4,6 т/га, а висота стоячої стерні – 46 см.



Рис. 2.10. Інтенсивне випаровування вологи з відкритого грунту. © vaderstad.com

За даними Derpsch R. & Calegari A. (1992), втрати вологи з орного шару за полицевого обробітку становили 18,3 мм, плоскорізного – 8 мм, нульового – 4,1 мм. Підорний шар ґрунту відповідно втрачав 9,7; 6,8; 3,5 мм.

Рослинна мульча подібна шерсті на шкірі тварин, яка утримує шар нерухомого повітря над поверхнею ґрунту, що уповільнює циркуляцію водяної пари між ґрунтом й атмосферою, тому відносна вологість атмосферного повітря в приґрунтовому шарі мульчі вища за системи No-till і Strip-till.

Отже, рослинні рештки повністю *не запобігають* втратам вологи з ґрунту на фізичне випаровування, *вони лише зменшують його інтенсивність*. Якщо бездощовий період тривалий, то ґрунт під соломою втрачає таку ж саму кількість води, що й оголений. Різниця тільки в тому, що оголений ґрунт втрачає вологу швидко, а вкритий – повільно (рис. 2.10). Але навіть у такому разі наявність рослинних решток на поверхні ґрунту дає користь, захищаючи його від руйнування майбутніми опадами й вітрами.

## 2. 3. Температурний режим ґрунту

### *2. 3. 1. Температура ґрунту в землеробстві*

Температура є одним із космічних чинників життя рослин, який слабо регулюється агротехнічними заходами, але має велике значення для землеробства весь календарний рік. Основним показником теплового режиму є температура ґрунту. За величиною температури ґрунту визначають:

- початок і кінець вегетаційного сезону;
- час сівби сільськогосподарських культур.

Величина температури визначає:

- швидкість розвитку агрофітоценозів та їх продуктивність;
- швидкість надходження до коріння поживних елементів;
- чисельність й активність діяльності ґрунтових мікроорганізмів (біологічна стиглість – початок активної життєдіяльності мікробіоти грунту настає за температури 10 °С).

За температури +60 °С і вище гинуть ґрунтові мікроорганізми – основа життя ґрунту. Ефективність використання основного лімітуючого чинника життя – вологи напряму залежить від рівня температури. За даними американських вчених, лише за температури +21 °С спостерігається максимально ефективне використання вологи (рис. 2.11).

Усі сільськогосподарські культури мають певні оптимальні температурні інтервали для свого існування, але вони не є константами та змінюються за фазами їх росту. Початок сівби культури зазвичай визначають за часом настання мінімальної температури ґрунту на глибині загортання насіння необхідної для проростання цього виду. Для появи сходів температура зазвичай потрібна вища на 1–3 °С, ніж для проростання (табл. 2.6).




Рис. 2.11. Критичні точки впливу температури на ґрунтові мікроорганізми та використання вологи агрофітоценозом (Mc Entre J. J., USDA, США)

Таблиця 2.6

**Мінімальна температура проростання і появи сходів основних польових культур (за Даниленко В.), °С**

| **Культура** | **Проростання** | **Поява сходів** | **Максимум у вегетацію** |
|---|---|---|---|
| Пшениця, ячмінь, овес, жито, горох, сочевиця, гірчиця, конюшина, люцерна, вика яра, ріпак ярий | 1–3 | 2–4 | 31–37 |
| Гречка, льон, люпин, кормові боби | 3–4 | 6–7 | 37–44 |
| Соняшник, картопля | 6–8 | 8–9 | 37–44 |
| Кукурудза, просо, соя, суданська трава | 8–10 | 10–11 | 44–50 |
| Сорго, квасоля | 10–12 | 12–13 | |

Оскільки температура повітря може суттєво коливатися по днях, то настання оптимального часу для сівби можна визначити за розвитком інших видів рослинності, наприклад, дерев (за В. Даниленко):

*- береза: з'явилися бруньки та починають розпускатися – температура ґрунту орієнтовно +4–6 °С – час сіяти гірчицю, ячмінь;*

*- вишня починає цвісти за температури повітря +10 °С, температура ґрунту орієнтовно +6–8 °С – час сіяти соняшник;*

*- яблуня починає цвісти: температура ґрунту орієнтовно +8-10 °С – час сіяти кукурудзу;*

*- яблуня масово цвіте: температура ґрунту орієнтовно +12–16 °С – час сіяти сою.*

Від температури ґрунту залежить і швидкість появи сходів. Якщо за температури +5 С насіння вівса сходить на 12-й день після сівби, то за температури +15 С – через 4 дні; насіння кукурудзи за температури +11–12 С сходить через 20–22 дні, а за температури +18–19°С – через 9 днів. Коливання температури прискорює появу сходів. На зниження температури

ґрунту рослини реагують затримкою росту надземної частини та прискореним ростом кореневої системи.

Не менш важливими температурні умови є для життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, з якими пов'язані процеси утворення доступних для рослин форм елементів мінерального живлення, зв'язування атмосферного азоту бульбочковими й вільноживучими бактеріями, діяльністю мікоризних грибів і бактеріями та грибами, які спричиняють хвороби рослин. Більшість ґрунтових мікроорганізмів розвивається за температури від +10 до +40 °С, а оптимальна температура становить +25–30 °С. Виходячи з цього, біологічна стиглість ґрунту визначена датою набуття ґрунтом температури $+10^0$С.

Температура впливає на поживний режим ґрунту й ефективність внесених мінеральних добрив. Наприклад, вміст аміачного і нітратного азоту в чорноземах після їх удобрення за різної температури істотно відрізняється. Найменша кількість аміачного азоту виявлена за низької температури ґрунту, із-за сповільнення біологічних процесів (Войнова-Райкова Ж. та ін., 1986).

Підвищення температури змінює ряд властивостей води – знижується в'язкість, що збільшує її рухомість. Зниження температури ґрунтової вологи підвищує розчинність у ній вуглекислого газу. Висушування ґрунту супроводжується коагуляцією ґрунтових колоїдів і зниженням дисперсності, збільшенням розчинності органічних речовин, зростанням вмісту в водній витяжці розчинних сполук азоту і фосфору.

Високі температури ґрунту викликають тепловий стрес у кореневої системи рослини, який зазвичай ми не фіксуємо, але його значення не менше, ніж видимий нами прояв теплового стресу у надземної частини рослин. За результатами огляду літератури, виконаного Л. Ківерським, дослідження, проведені в Канаді на ярій пшениці, показали:

- коренева система через меншу пристосованість значно чутливіша до теплового стресу, ніж надземна частина (Wang M. et al.,2006);
- тепловий стрес у період від цвітіння до наливу зерна має два типи – хронічний (+20–32 °С) і тепловий шок (>+32 °С) (Wadlaw et al., 2002);
- від теплового шоку для кореневої системи маса зерна з колоса знижувалася на 60 %, а якщо тепловий шок отримувала лише надземна частина рослини – зниження маси зерна з колоса становила 43 % (Guedra M & Paudsen G., 2002).

У зимовий період заходи регулювання температурного режиму спрямовано на підвищення температури ґрунту. Основним засобом є сніг. Відомо, що 1 см товщини снігового покриву підвищує температуру ґрунту в суворі зими на 1°С. У тридцятиградусний мороз температура оголеного ґрунту знижується до -20 С, а за наявності снігового покриву товщиною 30 см, температура поверхні ґрунту може становити всього -4°С. Особливе значення сніговий покрив має для уникнення вимерзання озимих культур і багаторічних трав. Крім цього, сніг – це джерело вологи. Спостереження показують, що шар у 10 см снігу може забезпечити накопичення в ґрунті до 200 т води на кожному гектарі (Данько В., 1975).

### *2. 3. 2. Регулювання теплового режиму*

Заходи щодо регулювання теплового режиму ґрунту в практиці сільськогосподарського виробництва умовно поділяють на три групи:

- ефективне використання основних і додаткових джерел тепла;
- збереження і зменшення втрат тепла ґрунтом;
- усунення перегрівання ґрунту.

Різні елементи рельєфу отримують неоднакову кількість сонячної радіації, тому розміщення культур за елементами рельєфу є одним із заходів її ефективного використання. Наприклад, *поле з південним схилом в 1° отримує таку саму кількість сонячної енергії, як і рівне поле, розміщене на 100 км південніше.* Цей ефект необхідно враховувати за будь-якої системи землеробства.

Регулювати кількість надходження сонячної енергії до ґрунту можна й орієнтацією напрямку рядків. Встановлено, що чим далі на південь, тим більший ефект має напрямок рядків. У Лісостепу і Степу доцільно рядки сільськогосподарських культур спрямовувати з південного сходу на північний захід або зі сходу на захід. У дослідах Інституту агроекології та біотехнології УААН кукурудза, посіяна зі сходу на захід, у посушливі роки давала на 20–25 % вищий урожай, ніж та, що посіяна з півдня на північ. Цей ефект теж доцільно використовувати за будь-якої системи землеробства.

У традиційній системі землеробства головним засобом регулювання теплового режиму є механічний обробіток, яким, змінюючи співвідношення в ґрунті вологи й повітря, можна до певної міри регулювати й температуру ґрунту. Основними технологічними процесами регулювання є розпушування та ущільнення. Розпушення вологого ґрунту на 2–4 см знижує його температуру на 1–2 °С, а коткування, навпаки, підвищує. За даними Ф. Колясєва (1951), середньодобова температура верхнього (0–10 см) шару ґрунту під впливом коткування підвищується на 3–5 °С. Через темний колір відкритий ґрунт поглинає значну частину сонячної енергії. Весною за невисоких температур повітря це можна оцінювати позитивно, але надалі з підвищенням температури повітря непокритий ґрунт нагрівається до температур, за яких діяльність мікроорганізмів у верхньому шарі ґрунту припиняється і, крім цього, він швидко втрачає вологу. За високих температур й інтенсивного випаровування вологи з ґрунту водяний пар передає температуру нижнім листкам рослин, що призводить до їх дострокового усихання (ефект російської бані). Основним недоліком механічного обробітку як засобу регулювання температури ґрунту є короткий термін дії та обмежена можливість впливати на температурний режим ґрунту в період вегетації культур. При цьому в перший (весняний період) він забезпечує позитивний ефект для росту і розвитку культур, а в подальшому - негативний із-за перегрівання ґрунту (рис. 2.12). Температура листя не піднімається вище $30^0$С (рис. 2.13). За високої температури повітря для підтримання такої температури листя, рослина повинна випаровувати значну кількість вологи.




Рис. 2.12. Температур ґрунту без і з рослинними рештками (фото Г. Тісена)




Рис. 2.13. Температура листя (фото Г. Тісена)

У системах землеробства No-till і Strip-till основним засобом регулювання температурного режиму грунту є рослинні рештки. Покриття його рослинними рештками зменшує інтенсивність і швидкість прогрівання, позаяк більшу частину сонячної енергії світлі рослинні рештки відбивають назад в атмосферу, а самі вони мають низьку теплопровідність і слабо передають тепло грунту (рис. 2.14).

На початку вегетаційного сезону це приводить до низької діяльності ґрунтової біоти, а відповідно затримки з часом сівби, що найбільше значення має для пізніх ярих культур. Саме це було основним рушійним чинником застосування Strip-till в Америці, де фермери, які працюють за No-till, відчули потребу в прискоренні прогрівання ґрунту для більш ранньої сівби пізніх ярих культур. За підвищення температури повітря влітку рослинні рештки захищають ґрунт від перегрівання, зменшують втрату вологи й підтримують температуру ґрунту на прийнятному рівні для

функціонування ґрунтової біоти, що в результаті прискорює ріст і розвиток культур у другій половині вегетації та подовжує термін їх вегетації (рис. 2. 7–2. 8). За високих температур повітря і малого випаровування вологи з ґрунту, вкритого рослинними рештками, в посіві спостерігається «ефект фінської бані», тому нижні листки культурних рослин не засихають достроково, а продовжують вегетувати.

За системи Strip-till ґрунт у рядку порівняно з міжряддями висихає і прогрівається значно швидше, майже як на фоні оранки. Однак, волога, що так потрібна рослинам, не втрачається, а накопичується в міжрядді. Отже, порівняно з прямим посівом технологія Strip-till дала змогу проводити посів раніше, одночасно не втрачаючи накопичену вологу з ґрунту.

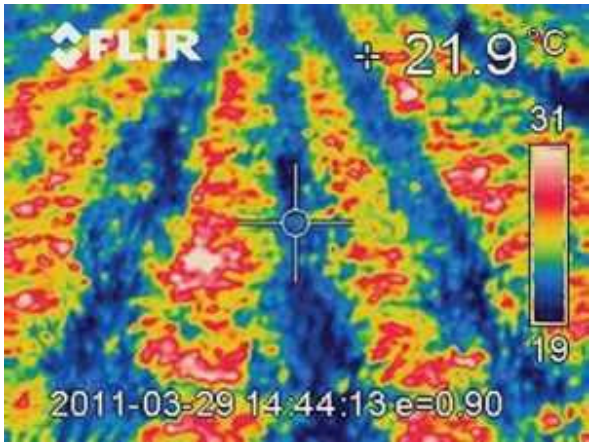



Рис. 2.14. Температура ґрунту в міжряддіі рядку (ділянка Strip-till) навесні
© ж-л Агроном, 2017

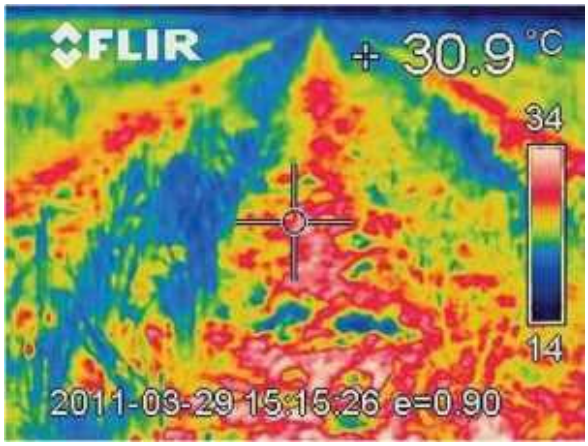



Рис. 2.15. Температура ґрунту в міжрядді і рядку (ділянка Strip-till) влітку
© ж-л Агроном, 2017

У зимовий період важливим чинником регулювання температурного режиму ґрунту є сніговий покрив. У традиційній системі землеробства для затримання та накопичення снігу на полях застосовують спеціальні агротехнічні заходи: кулісні пари, снігозатримувальні щити, формування снігових валів тощо.

Відповідно всі ці заходи вимагають додаткових витрат матеріальних ресурсів і праці. В системах землеробства No-till і Strip-till цього досягають залишенням високої стерні після збирання культури. Цей захід не вимагає додаткових витрат і є абсолютно ефективним – сніг рівномірно розміщується по полю та практично не здувається вітром. Водночас товщий шар снігу повільніше тане весною порівняно з полями, де проведена оранка і сніговий покрив менший, що є позитивним для озимих культур, які в цей період мають низьку морозостійкість. Однак це призводить до затримки початку вегетаційного сезону і можливості проведення весняно-польових робіт (рис. 2.16).

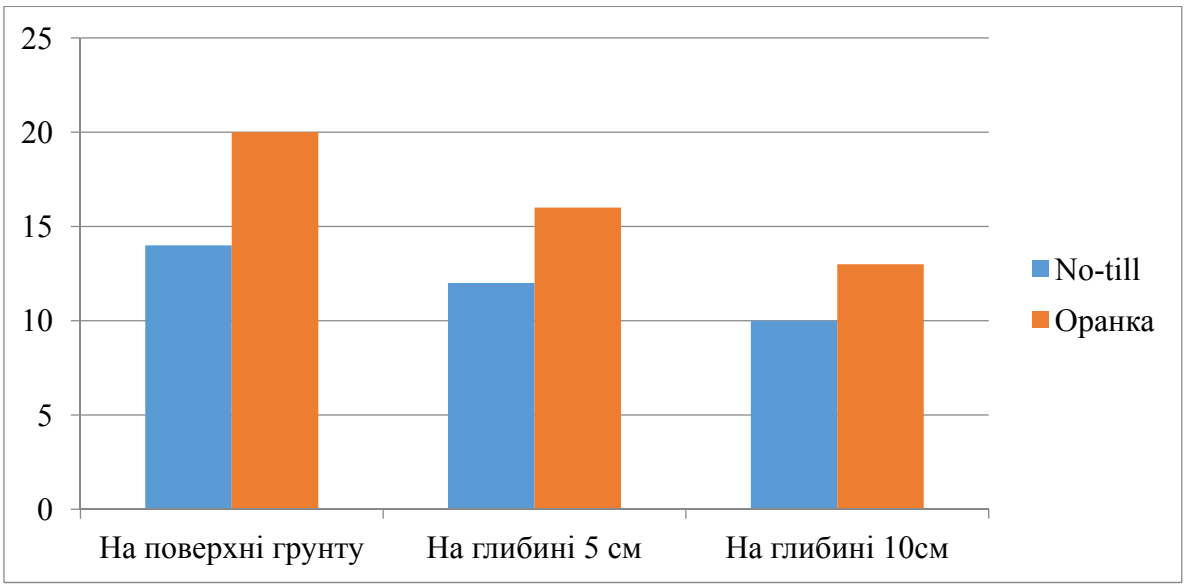


Рис. 2.16. Температура ґрунту за різних систем обробітку на час сівби кукурудзи (попередник – пшениця яра) середнє за 2010–2012 рр. Косолап М.

## 2. 4. Органічна речовина ґрунту і системи землеробства

### *2. 4. 1. Органічна речовина ґрунту*

Ґрунт – це жива біокосна система. Біологічну основу ґрунту становить органічна речовина, без якої нема ґрунту.

***Склад органічної частини ґрунту***

Органічна частина ґрунту складається з органічних решток різного ступеня розкладу та гумусу. До її складу входять свіжі рослинні й тваринні рештки, проміжні продукти їх розкладу, а також власне гумусові речовини. Гумусові речовини представлені кількома основними групами. До них належать темнозабарвлені гумінові кислоти та світлозабарвлені, більш рухомі фульвокислоти, які здатні легше переміщуватися по профілю ґрунту. Окрему групу становлять гуміни – малорозчинні гумусові сполуки, міцно зв’язані з мінеральною частиною ґрунту.

***Джерела надходження органічної речовини в ґрунт***

Загальновизнано, що основним джерелом для формування органічної частини ґрунту є зелені рослини. *Звідси: чим більше часу на полі наявні зелені рослини, тим більше ресурсу для формування гумусу*. Водночас потенційним джерелом органічної частини ґрунту можна вважати всі компоненти біоценозу. Наприклад, за даними І. Тюріна, органічні рештки мікроорганізмів становлять близько 1/3 від біомаси решток зелених рослин, а ось решток фауни накопичується в ґрунті мало – 100–200 кг/га сухої речовини. Органічна речовина розміщується як над ґрунтом, так і в ґрунті. За літературними даними, під багаторічними травами в метровому шарі накопичується від 6 до 25 т/га коренів, а під однорічними культурними рослинами – 3–5 т. У землеробстві основним органічним добривом для поповнення органічної частини ґрунту є гній (з 1 т гною в ґрунті може сформуватися 40–60 кг гумусу). За відсутності тваринництва в господарстві

основним видом органічних добрив є рослинні рештки культурних рослин та їх побічна продукція.

***Гумусоутворення та гуміфікація***

*Гумусоутворення* – це вся сукупність процесів трансформації органічних решток у ґрунті, а *гуміфікація* – елемент гумусоутворення. Процеси гуміфікації ще недостатньо вивчені. Згідно з Ф. Дюшофуром, процес гуміфікації має дві фази. Перша з них – біологічна, відносно коротка, в якій панують мікроорганізми та їх ензими. Ця фаза завершується утворенням «молодого гумусу», слабко зв'язаного з мінеральною частиною ґрунту. Друга фаза – фаза визрівання – кліматична, триваліша, зумовлена сезонними контрастами клімату. Фаза завершується формуванням зрілого гумусу, міцно зв'язаного з мінеральною частиною ґрунту.

Отже, *гумус ґрунту – це складний динамічний азотовмісний комплекс органічних сполук, утворених за розкладання та гуміфікації органічних решток, який вступає в тісну взаємодію з мінеральною частиною ґрунту.*

Напрямок та інтенсивність гумусоутворення залежить від хімічного складу решток та співвідношення в них C:N. Дуже впливає на процес гумусоутворення механічний склад ґрунтів та їх фізико-хімічні властивості. У ґрунтах легкого механічного складу, особливо піщаних та супіщаних, органічні рештки розкладаються значно швидше, ніж у ґрунтах важкого механічного складу. Більша частина органічних решток мінералізується повністю, частина продуктів розкладу вимивається за межі ґрунтового профілю. Новоутворені гумусові речовини майже не закріплюються на поверхні піщаних часток і досить швидко мінералізуються.

У суглинистих і глинистих ґрунтах процеси гуміфікації відбуваються інтенсивніше, гумусових речовин утворюється більше. Вони добре закріплюються на поверхні високодисперсних мінеральних часток. Особлива роль у накопиченні гумусу належить кальцію, який запобігає вимиванню гумусу з ґрунту, утворюючи водонерозчинний гумат кальцію. Крім того, насиченість ґрунту кальцієм забезпечує його нейтральну реакцію, сприятливу для розвитку мікроорганізмів. У різних природних умовах характер і швидкість гумусоутворення не однакові. Вони залежать від водно-повітряного та теплового режимів ґрунту. *Найсприятливішими для нагромадження гумусу є поєднання в ґрунті оптимального гідротермічного і водно-повітряного режимів за деякого періодичного висушування ґрунту*. В таких умовах розклад органічних решток відбувається поступово, а їх гуміфікація – достатньо енергійно. Саме такий режим характерний для чорноземів. В анаеробних умовах (за постійного надлишку вологи), а також за низьких температур процес гумусоутворення уповільнюється. Органічні рештки розкладаються за участю анаеробних бактерій. Процес розкладання поступово згасає, гуміфікація відбувається слабо. Органічні рештки перетворюються на торф. Надмірний аеробіозис теж є небажаним, оскільки органічні рештки швидко розкладаються і мінералізуються, а продукти мінералізації вимиваються за межі ґрунтового профілю. *Оптимальне поєднання аеробного та анаеробного процесів можливе лише в структурних*

*ґрунтах, де складається сприятливе співвідношення між водою та повітрям: пори всередині агрегатів (капілярні пори) заповнені водою, а пори між агрегатами (некапілярні пори) – повітрям.*

Розрізняють гуматний та фульватний типи гумусу. Межею поділу цих типів є співвідношення $C_{г.к.}$: $C_{ф.к.}$, що дорівнює одиниці. Виділяють такі типи групового складу гумусу за співвідношенням вуглецю гумінових і фульвокислот:

*Гуматний***:** \(C_{гк} : C_{фк} > 1,2\) (або більше \(2,0\) за іншими класифікаціями). Вуглець гумінових кислот переважає. Характерний для чорноземів та лучно-чорноземних ґрунтів. Забезпечує високу родючість, міцну структуру та накопичення поживних речовин.

*Фульватно-гуматний:* \(C_{гк} : C_{фк} = 0,8 - 1,2\). Гумінові кислоти переважають над фульвокислотами, але їх частка відносно невелика. Властивий для сірих лісових та каштанових ґрунтів.

*Гуматно-фульватний:* \(C_{гк} : C_{фк} = 0,6 - 0,8\). Переважають фульвокислоти, але кількість гумінових кислот є значною. Типовий для дерново-підзолистих ґрунтів та бурозем ів.

*Фульватний:* \(C_{гк} : C_{фк} < 0,6\) (або менше \(0,5\)). Різке домінування рухомих фульвокислот. Характерний для кислих ґрунтів тайги (підзолистих, торф'янистих), сприяє вимиванню поживних речовин.

***Форми гумусу***

За часом існування розрізняють три форми гумусу – активний, середній та пасивний. Вони існують у ґрунті різний час і виконують різні функції (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

**Якісний склад гумусу водотривких структурних агрегатів чорнозему типового (шар 0–10 см), %, (В. В. Дегтярьов О. С. Панасенко, 2013).**

| Варіанти | Розмір агрегатів, см | Активний гумус | | | Пасивний гумус | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | усього | детрит | ВГР | усього | детрит | ВГР |
| Цілина | >3 | 3,02 | 1,86 | 1,16 | 6,72 | 3,64 | 3,08 |
| | 3-1 | 1,97 | 1,09 | 0,88 | 6,50 | 3,48 | 3,02 |
| | 1-0,25 | 1,06 | 0,35 | 0,71 | 6,40 | 3,39 | 3,01 |
| | <0,25 | 1,39 | 0,62 | 0,77 | 5,84 | 3,08 | 2,76 |
| Рілля | >3 | 2,51 | 1,20 | 1,31 | 3,27 | 1,85 | 1,42 |
| | 3-1 | 2,56 | 1,32 | 1,24 | 3,59 | 2,05 | 1,54 |
| | 1-0,25 | 2,05 | 1,00 | 1,05 | 2,63 | 1,16 | 1,47 |
| | <0,25 | 2,10 | 1,05 | 1,05 | 2,50 | 1,08 | 1,42 |

***Гумусний стан ґрунту та його оцінка***

*Гумус – основне джерело енергії для процесів перетворення мінеральних сполук та життєдіяльності мікроорганізмів. У природних умовах його вміст у ґрунті передусім визначається характером рослинності, кліматичними умовами, гранулометричним складом ґрунту тощо.*

Л. Гришиною та Д. Орловим в 1977 році була запропонована система показників для оцінки гумусного стану ґрунту. Основними з них є:

1) вміст гумусу може бути дуже високим (>10 %), високим (6–10 %), середнім (4–6 %), низьким (2–4 %) та дуже низьким (2%);

2) запаси гумусу в шарі 0 -20 см та 0 - 100 см, т/га;

3) тип гумусу, за співвідношенням $C_{г.к.}$: $C_{ф.к.}$;

4) біологічна активність (дихання) ґрунту, оцінюється за інтенсивністю виділення $CO_2$ (кг/га за годину) і може бути високою (>10), середньою (5–10) або низькою (менше 5).

Гумус впливає майже на всі інші показники родючості та проходить у ґрунті складний шлях перетворень, що в узагальненому понятті визначає його гумусний стан і рівень родючості. *Збільшення вмісту гумусу в ґрунті позитивно впливає на всі показники та процеси в ґрунті (фізичні, хімічні та біологічні), що в загальному підсумку виражається в підвищенні врожайності культур.*

*Фізичний ефект* від підвищення вмісту гумусу в ґрунті проявляється у:

- поліпшенні структури ґрунту та її водотривкості;
- підвищенні водопроникності ґрунту;
- збільшенні вологонакопичувальної здатності ґрунту;
- підвищенні протиерозійної стійкості ґрунту.

*Хімічний ефект* від підвищення гумусу в ґрунті проявляється у:

- збільшується кількість поживних елементів;
- кислотність ґрунту наближається до нейтрального значення;
- підвищується буферність ґрунту, тобто здатність утримувати токсичні речовини й не давати їм вимиватися в ґрунтові води.

*Біологічний ефект* від підвищення гумусу в ґрунті проявляється в:

- підвищенні рівня врожайності сільськогосподарських культур;
- поліпшенні фітосанітарного стану посівів;
- підвищенні стабільності врожаїв;
- підвищенні мікробіологічної активності ґрунту.

### *Динаміка вмісту гумусу в ґрунті та вплив на нього технологічних заходів*

На динаміку гумусу може істотно впливати технологія вирощування культур і передусім системи механічного обробітку ґрунту внаслідок зміни його фізичних параметрів, які визначають інтенсивність хімічних і мікробіологічних процесів у ґрунті. В результаті збільшення надходження кисню посилюються процеси окислення, а також прискорюються мікробіологічні процеси розкладу органічної речовини.

*З літературних джерел відомо, що з часів В. Докучаєва наші ґрунти втратили до 45 % гумусу.* Певну частку втрат слід віднести й на рахунок обробітку ґрунту. За даними М. Шикули та ін. (2000), вміст і запаси гумусу в типовому чорноземі за 54 роки традиційної технології обробітку з використанням полицевої оранки зменшилися на 31 %, або на 42,1 т/га порівняно з ділянкою цілини. Причиною цього була інтенсивна мікробіологічна

активність в орному шарі внаслідок значної його розпушеності. Про значні втрати гумусу внаслідок інтенсивного обробітку ґрунту свідчать також дані зарубіжних авторів. За 100 років (з 1880 по 1980) в Аргентині вміст гумусу в ґрунті зменшився з 6 до 2,5 %. В Україні про значні втрати гумусу ґрунтами в різних природно-економічних зонах свідчать дані О. Бацули (1987), наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

**Динаміка вмісту гумусу в ґрунтах України (за даними WWF)**

| Зона | Вміст гумусу, % | | | Втрати гумусу (середньорічні), т/га | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1882 р. | 1961 р. | 1981 р. | 1882–1961 рр. | 1961–1981 рр. | за 100 років |
| Полісся | 2,44 | 2,30 | 1,98 | 0,07 | 0,57 | 0,18 |
| Лісостеп | 4,51 | 3,81 | 3,52 | 0,34 | 0,56 | 0,37 |
| Степ | 4,49 | 3,96 | 3,63 | 0,24 | 0,58 | 0,31 |
| В Україні | 4,17 | 3,64 | 3,32 | 0,30 | 0,57 | 0,32 |

За перші 79 років з 1882 року по 1961 рік втрати гумусу в Поліссі були меншими ніж за наступні 20 років в 8,1 рази, в Лісостепу – в 1,6 рози і в Степу – в 2,4 рази. Це свідчить, що втрата гумусу прямо пропорційно залежить від рівня інтенсифікації землеробства і, в першу чергу, від інтенсивності механічного обробітку ґрунту.

***2. 4. 2. Шляхи регулювання гумусного стану ґрунтів***

**Сільськогосподарські культури.** У всіх системах землеробства серед заходів, спрямованих на забезпечення бездефіцитного балансу гумусу, найважливіше значення мають рослинні рештки й органічні добрива. Маса рослинних решток збільшується з підвищенням урожайності, але на одиницю господарського врожаю – зменшується. Польові культури за рівнем впливу на гумусний стан ґрунту поділяють на три групи:

1) багаторічні трави;

2) однорічні зернові та зернобобові культури;

3) однорічні просапні культури.

Коренева маса багаторічних трав у 1,5–2 рази перевищує масу коріння й стерні однорічних зернових культур. Гумус під ними утворюється в умовах зменшення аеробних процесів внаслідок ущільнення ґрунту. Коефіцієнт гуміфікації досягає 0,4. Значно меншу масу рослинних решток залишає в ґрунті друга група рослин, а третя – найменшу. При заорюванні сидератів коефіцієнт гуміфікації наближається до нуля, але при цьому не розкладається органічна речовина ґрунту. Краща здатність багаторічних трав (люцерна, конюшина) до гумусоутворення зумовлена тим, що співвідношення C:N в їх корінні дорівнює 10:1–15:1, тоді як у корінні й соломі зернових культур суцільного посіву це співвідношення значно ширше – 35:1–70:1. З надземної маси у 2,5 рази менше формується гумусу, ніж із підземної, що необхідно враховувати при плануванні структури товарних культур у сівозміні та виборі видів для покривних посівів.

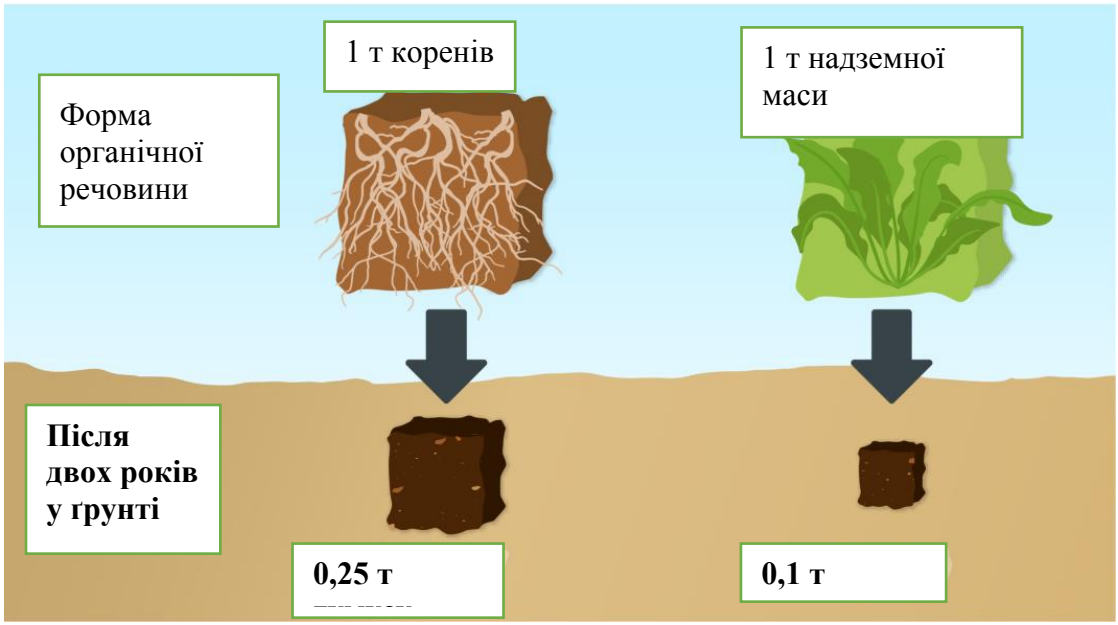



Рис. 2.17. Роль різних частин рослин у накопиченні гумусу (презентація А. Дон)

**Обробіток ґрунту**, в якому б технологічному варіанті він не застосовувався, так чи інакше є дуже впливовим чинником на органічну речовину, яка на 85–90 % складається з гумусу. Чим глибше проводиться механічний обробіток ґрунту, тим швидше відбувається його деструкція (табл. 2.9).

Таблиця 2.9

**Вміст органічної речовини в ґрунті за різних систем обробітку (Carls, 1994)**

| Система обробітку | Вміст органічної речовини С, % |
|---|---|
| Традиційна оранка | 2,5 |
| Культивація | 3,3 |
| Дискування | 3,5 |
| No-till | 4,1 |

**Системи землеробства.** Основним шляхом збільшення накопичення вуглецю в традиційній системі землеробства вважається застосування органічних добрив, а за відмови від механічного обробітку ґрунту в системах землеробства No-till і Strip-till – рослинні рештки та вирощування покривних культур. Аналіз результатів 17 дослідів, які проводилися в Європі, показав, що відмова від механічного обробітку ґрунту зумовила підвищення вмісту гумусу в ґрунті в середньому на 0,73±0,39 % у рік.

Процес підвищення вмісту гумусу в ґрунті не може відбуватися нескінченно. На сьогодні вважається, що досягнення нового балансу органічного вуглецю в ґрунті відбудеться приблизно через 50–100 років. За українськими даними, за застосування No-till у середньому за 10 років темп зростання гумусу в ґрунті може становив 0,7–1 %, що може сягати до 20 т/га.

Темп зростання гумусу в ґрунті залежить не тільки від загальної кількості органічної речовини, що надходить у ґрунт, а і від її якості.

Встановлено, що за два роки з однієї тонни коренів формується в 2,5 раза більше гумусу, ніж від такої самої кількості органічної речовини надземної маси (рис. 2.10). Зі зростанням вмісту гумусу в ґрунті зростає й урожайність культур (табл. 2.10).

Таблиця 2.10

**Урожайність сої та вміст гумусу в ґрунті за впровадження No-till (Herter, 1998)**

| Системи обробітку | Урожай сої, ц/га | Урожай, % | С у ґрунті, % |
|---|---|---|---|
| Традиційна оранка | 20,5 | 100,0 | 2,52 |
| No-till 4 роки | 29,4 | 144,2 | 2,71 |
| No-till 7 років | 32,0 | 156,0 | 2,92 |
| No-till 10 років | 31,9 | 155,5 | 3,12 |

За традиційної системи землеробства зменшити втрати гумусу в ґрунті й досягнути нульового або позитивного балансу вуглецю в ґрунті можливо завдяки застосуванню розроблених із цією метою заходів. Основними серед них є кількість внесеного гною або інших видів органічних добрив. Залежно від природно-кліматичної зони рекомендувалося довести внесення гною на 1 га сівозмінної площі до 8–16 т/га для досягнення розширеного відтворення родючості ґрунту. По-друге захист ґрунтів від водної та вітрової ерозії.

У системах землеробства No-till і Strip-till за відсутності в господарстві тваринництва вся побічна продукція залишається на полі, разом із покривними культурами, як свідчать результати наукових досліджень і практика господарств, це може забезпечити позитивний баланс гумусу в ґрунті. На сьогодні не існує єдиної думки про те, де найкраще розміщувати органічну речовину для максимального перетворення її в гумус – на поверхні ґрунту, у верхній, середній чи в нижній частинах орного шару. За даними М. Шикули та ін. (1988), мінімальний обробіток чорноземів на глибину 5–12 см в умовах органо-мінеральної системи удобрення (розміщення органічної речовини в верхньому шарі ґрунту) забезпечує позитивний баланс органічної речовини й внаслідок цього в сівозміні відбувається розширене відтворення родючості ґрунту. Запаси гумусу в 0–30 см шарі за мінімального обробітку, порівняно з оранкою, були вищими в 1,15–1,21 рази. В дослідах Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції за 42 роки застосування поверхневого обробітку ґрунту щорічний темп зростання вмісту гумусу по шарах 0–20 см та 0–40 см відповідно становив 0,005 і 0,0007 % (Демиденко О. та ін., 2019).

Іншої думки дотримуються німецькі вчені Е. Рюбензам та К. Рауе. Вони стверджують, що постійний поверхневий обробіток грунтум викликає більші втрати гумусу ґрунтом. Пояснюють вони це тим, що процеси розкладання органіки в поверхнево оброблюваному шарі ґрунту відбуваються інтенсивніше, ніж у підорному. Поверхнево зароблені післяжнивні рештки та органічні добрива мінералізуються впродовж короткого часу, тому відбувається втрата поживних речовин і під питанням є накопичення гумусу.

Згадані вчені посилаються на типові приклади в США, де окремі ґрунти внаслідок тривалого поверхневого обробітку повністю втратили гумус і тим самим свою родючість.

За твердженням зарубіжних авторів і поодинокими повідомленнями вітчизняних науковців, відмова від механічного обробітку ґрунту, що супроводжується розміщення органічної речовини рослинних решток на поверхні ґрунту без їх заробки, забезпечує збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті.

Наприклад, за систематичного застосування нульового обробітку ґрунту впродовж 26 років у штаті Іллінойс спостерігалось постійне зростання кількості органічної речовини ґрунту. При цьому відмічені такі закономірності:

- впродовж перших 19 років вміст органічної речовини в ґрунті збільшився з 1,75 % до 3 %;

- в наступні роки тенденція до збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті зберігалася, проте темпи накопичення були дещо меншими. За другий період вміст її підвищився лише на 0,7 % і становив 3,7 %;

У природних умовах вся надземна маса рослин залишається на поверхні ґрунту і в результаті не зафіксовано жодного випадку зменшення вмісту гумусу. Але це положення не можна автоматично переносити на агроекосистему. По-перше, в агроекосистемах значна частина створеної завдяки фотосинтезу органічної речовини відчужується (близько 50 %) із системи і, по-друге, в природних екосистемах співвідношення надземної та підземної синтезованої органічної речовини становить 1:2, а в агроекосистемах здебільшого воно 1:1. У дослідах Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції за 42 роки утримання перелогу гумус відносно 1925 р. відновився на 95–97 %, а за утримання перелогу понад 54 роки – на 113 % (Демиденко О. та ін., 2019).

Аналіз ґрунту на полях фермерського господарства ТОВ «Мрія» (Київська область) показав, що за 10 років постійного застосування No-till кількість гумусу зросла, але по-різному і суттєво вирівнялася по полях. Так, якщо в 2010 році різниця у вмісті гумусу по полях досягала 13,5 %, то в 2020 році становила вже 8,3 %. Щорічний приріст гумусу в ґрунті по полях становив: поле № 1 – 1,4 %, поле № 2 – 1,44 %, поле № 3 – 1,08 % за мінімальної необхідної норми 0,4 %.

Таблиця 2. 11

**Вміст гумусу в ґрунті по полях у фермерському господарстві М. Войтовика ТОВ «Мрія» (Войтокик М.)**

| № поля | 2010 р. | 2015 р. | 2020 р. |
|---|---|---|---|
| 1 | 3,70 | 4,00 | 4,10 |
| 2 | 3,20 | 3,62 | 3,76 |
| 3 | 3,51 | 3,70 | 4,00 |

Збільшення вмісту гумусу в грунті це один з шляхів вирішення проблеми збільшення парникових газів в атмосфері. Розрахунки, проведені іноземними вченими, показують, що глобальні антропогенні викиди $CO_2$ відповідають 0,4 % глобальних запасів вуглецю в ґрунтах, тому можна вважати, що середній річний приріст гумусу в 0,4 відносних % забезпечить нульовий баланс гумусу, тож його можна визнати як мінімальну норму.

Усереднені показники реакції різних культур на підвищення вмісту гумусу в ґрунті свідчать, що вона коливається в широких межах і визначається біологічними особливостями кожної культури (табл. 2.12).

Таблиця 2. 12

**Приріст урожайності, кг/га зерна на кожну 1 т/га додаткової органічної речовини в ґрунті (Rattan L., 2021)**

| **Культура** | **Приріст урожайності, кг/га зерна на кожну 1 т/га додаткової органічної речовини в ґрунті** |
|---|---|
| Кукурудза | 100–300 |
| Соя | 20–50 |
| Пшениця | 20–70 |
| Рис | 10–50 |
| Сорго | 80–140 |
| Просо | 30–70 |
| Боби | 30–60 |

*З наведених даних можна зробити висновок, що відмова від механічного обробітку і залишення всієї побічної продукції на поверхні ґрунту більше відповідає природним закономірностям утворення гумусу, ніж її глибока заробка в нижні шари.* Отже, в системах землеробства No-till і Strip-till є всі умови для створення позитивного балансу гумусу в ґрунті – основи його родючості, що і підтверджується на практиці.

Баланс гумусу варто розглядати й на ландшафтному рівні, а не лише в межах поля. Передусім це стосується таких елементів ландшафту, як лісові смуги, природні луки й пасовища. Наявність цих елементів агрорельєфу позитивно впливає на підтримання біорізноманіття, захист ґрунту від ерозії, водночас послаблює вплив негативних кліматичних змін на культури тощо. Такий висновок підтверджується фактами:

- накопичення вуглецю в ґрунті в лісосмугах в 3,7 раза більший ніж на ріллі (385 т $CO_2$/га проти 104 т/га (Drexler et al., 2021);
- 80 % додатково накопиченого вуглецю розміщується в біомасі й 20 % – у гумусі;
- підраховано, що 2800 га лісосмуг дають можливість зв’язати 1 млн т $CO_2$ (Дон А.).

## 2. 5. Закономірності функціонування ґрунту як живої біокосної системи

### *2. 5. 1. Ґрунт як жива матерія*

Коли людина стоїть на землі, то фактично вона стоїть на даху іншого світу, який набагато більший і різноманітніший за наш надземний світ (Грант С., 2002). У ґрунті живе величезна кількість живих організмів, тому сам ґрунт часто називають живим. Крім кореневих систем рослин, у ґрунті існують віруси, бактерії, гриби, водорості, кліщі, нематоди, черв'яки, мурахи, комахи та інша ґрунтова біота. Чисельність живих організмів у ґрунті набагато більша, ніж на його поверхні. Вони суттєво відрізняються за розмірами, кількістю, екологією та біологією розвитку. Треба пам`ятати, що чим менший організм, тим він стійкіший до несприятливих умов.

У ґрунті між живими організмами існує складна система, взаємовідносин в основі якої лежать ланцюжки живлення. Взаємовідносини за типом «хижак – жертва» забезпечують контроль балансу присутності різних видів організмів у ґрунті, зокрема і проблемних для людини. В літературі з'явився термін *«живий» ґрунт, під яким розуміють* ґрунт в якому не порушені ні загальна чисельність, ні співвідношення різних видів живих організмів, котрі в результаті своєї діяльності забезпечують природну родючість ґрунту. *Землеробство може існувати, поки ґрунт «живий», інакше це буде не землеробство, а гідропоніка – вирощування культур на неживому субстраті.*

У процесі живлення рослин велику роль відіграють саме мікроорганізми, які живуть у ґрунті, особливо в прикореневій зоні (ризосфері). Вони розкладають органічні рештки, в результаті чого в ґрунті нагромаджуються доступні поживні речовини (нітрати та ін.). Бактерії, які живуть на коренях бобових, а також деякі бактерії, що вільно живуть у ґрунті, збагачують ґрунт на азот. Крім того, ґрунтові мікроорганізми розкладають мінеральні сполуки ґрунту, що містять недоступні рослинам поживні речовини, перетворюючи їх у доступні. Останнім часом встановлено також, що деякі мікроорганізми ризосфери синтезують речовини, котрі впливають на процеси обміну в рослинах.

Досліди, проведені в стерильних умовах, свідчать, що рослини можуть засвоювати азот, фосфор та калій і без допомоги мікроорганізмів. Проте за відповідної мікрофлори рослини ростуть краще, засвоюють більше поживних речовин, в них інтенсивніше відбуваються фізіологічні процеси (фотосинтез, дихання). Поряд із бактеріями, грибками й актиноміцетами в ґрунті є багато водоростей і мікробів з групи найпростіших (Protozoa), які теж відіграють важливу роль у живленні рослин. Деякі водорості здатні засвоювати атмосферний азот, найпростіші використовують органічні рештки, чим прискорюють їх розклад. Але вони можуть і шкодити культурним рослинам, знищуючи, наприклад, корисні мікроорганізми.

Діяльність мікроорганізмів у ґрунті досить мінлива і залежить від багатьох умов, а саме: від вмісту органічних речовин, водно-повітряного і теплового режимів, реакції ґрунтового розчину тощо. За несприятливих умов

(нестача вологи й повітря, низька або дуже висока температура, кисла реакція) розвиток мікроорганізмів послаблюється і культурні рослини внаслідок цього потерпають від нестачі доступних поживних речовин. Іноді мікроорганізми можуть і погіршувати умови живлення рослин (наприклад, денітрифікуючі бактерії в анаеробних умовах перетворюють нітратний азот у молекулярний, який рослинам недоступний, крім бобових). У ґрунті також завжди відбувається процес поглинання доступних поживних речовин мікроорганізмами (біологічна іммобілізація), що також може погіршувати умови живлення рослин.

*Отже, оптимальною буде така система землеробства, яка найбільше підтримує та стимулює діяльність ґрунтової біоти й усі заходи якої узгоджені і не суперечать закономірностям її життєдіяльності.*

Важливо розуміти, що висока біологічна різноманітність ґрунтової біоти – основа її стабільності та здорової позитивної життєдіяльності. Лише в такому випадку ґрунтотворний процес відбуватиметься в напрямі збереження і підвищення родючості завдяки природним процесам розвитку живого і здорового ґрунту, а не внаслідок привнесених людиною штучних чинників родючості.

Всі ґрунтові організми об’єднують у чотири групи:

*1) мікрофлора*. Її основа – бактерії та гриби. Вони є основними рушіями циркуляції поживних речовин, наприклад, азоту, фосфору та сірки. У бактерій і грибів різні метаболістичні здатності. Вони можуть існувати окремо один від одного або в симбіозі та брати активну участь у розкладанні або синтезі органічної речовини. Ще одним важливим наслідком їх життєдіяльності є формування стійких ґрунтових агрегатів;

*2) мікрофауна*. Протозоа та нематоди є важливою ланкою між мікрофлорою й фауною. Вони регулюють популяції бактерій і грибів та відіграють велику роль у мінералізації поживних речовин;

*3) мезофауна*. Кліщі та ногохвістки живляться рослинними рештками й сприяють їх фрагментації. Вони споживають гриби і мікрофауну та відіграють важливу роль у регулюванні популяції мікробів і колообігу поживних речовин;

*4) макрофауна*. Земляні черв’яки, терміти, гнойові жуки вважаються надзвичайно важливими біологічними організмами, які забезпечують фрагментацію органічних решток, а також розпушують ґрунт і сприяють формуванню його структури та порового простору.

Всі ґрунтові організми беруть участь у величезній кількості процесів, котрі визначають або впливають на здоров’я ґрунту й рівень його родючості, як у природних умовах, так і на полях сільськогосподарських культур. Їх загальна чисельність й активність залежить від стану навколишнього середовища. Технологічні операції, які виконуються на полі, можуть бути як сприятливими, так і несприятливими для ґрунтової біоти. Залежно від цього, в свою чергу, ґрунтова біота може знижувати або підвищувати продуктивність землеробства.

*Найбільша активність ґрунтової біоти проявляється у верхньому 0–10 см шарі ґрунту, при цьому 80–90 % ґрунтової біологічної активності припадає на гриби та бактерії (рис 2.18).*

Всю діяльність ґрунтових організмів можна поділити на чотири основні важливі функції:

*1) регулювання колообігу органічних речовин і поживних мінеральних елементів*. Мікробна біомаса – «двигун» колообігу органічних речовин й елементів мінерального живлення. Ключовим елементом родючості ґрунту є процес мінералізації – розкладу ґрунтовою біотою органічної речовини до доступних для рослин елементів мінерального живлення. З метою підвищення засвоєння специфічних поживних елементів рослини утворюють симбіоз із ґрунтовими мікроорганізмами (бобові рослини з бульбочковими бактеріями для поліпшення азотного живлення, а багато інших видів рослин – з мікоризними грибами для поліпшення забезпеченості фосфором);



Рис. 2.18. Рівень розвитку грибкової мікрофлори © ж-л Пропозиція

*2) біологічний розклад.* Ґрунтові організми слугують певним біологічним фільтром, який очищає ґрунт від забруднювачів антропогенного походження;

*3) збереження і відтворення структури ґрунту.* Стан структури ґрунту і життєдіяльність біоти – взаємозалежні процеси. Слизові оболонки біоти сприяють з'єднанню частинок ґрунту в одне ціле – ґрунтові комплекси. Своєю чергою добре структурований ґрунт забезпечує кращі умови для ґрунтової біоти;

*4) взаємодія з рослинами***.** Вплив ґрунтової біоти на рослину може мати позитивний і негативний характер. Позитивний – пригнічення і запобігання

поширення хвороб, негативний – перенесення збудників хвороб і їх поширення.

### *2. 5. 2. Поняття про ризосферу*

У непорушеному ґрунті основний колообіг речовин і біологічна діяльність сконцентровані в верхньому шарі ґрунту, який називають основною зоною кореня, або кореневмісним шаром. У цій зоні розміщена ризосфера, під якою розуміють частину ґрунту, що розміщена біля кореня і на яку він безпосередньо впливає. *Ризосфера – це зона тісного зв'язку між коренем рослини, ґрунтом і ґрунтовими мікроорганізмами.* Для неї характерна висока інтенсивність діяльності мікробів, позаяк у ній найбільша концентрація продуктів фотосинтезу. Рослини виділяють у ґрунт цукри, амінокислоти й органічні кислоти, які називають кореневими ексудатами (кореневі виділення).

Співвідношення цих компонентів індивідуальне у кожного виду рослин, але їх загальна кількість значною мірою залежить від фізичних і хімічних властивостей ґрунту. Якісний склад ексудатів визначає, які групи можуть переважати в ризосфері кореня того чи іншого виду рослин. Наприклад, такий симбіонт, як бактерія Rhizobium добре пристосувалась до складу і кількості кореневих ексудатів бобових культур.

Біля кореня відбувається конкурентна боротьба за місце. Зброєю при цьому можуть слугувати виділення мікроорганізмами певних речовин (антибіотики, отруйні гази тощо), які знешкоджують конкурентів. Здебільшого це стимулює ріст площі коренів і, відповідно, кількість виділень, які необхідні для життєдіяльності мікроорганізмів. Проте ця зброя мікроорганізмів може в окремих випадках бути токсичною і для рослини.

Липкі секреції бактерій у поєднанні з ексудатами й мертвими гниючими клітинами кореня створюють водостійкі ґрунтові агрегати. Так формується середовище, сприятливе для розвитку хижих простих одноклітинних нематод і котрі своєю чергою слугують джерелом живлення для бактерій та грибів. Отже, ризосфера являє собою, умовно кажучи, «біржу» зону партнерства і обміну продуктами життєдіяльності в ґрунті між рослинами і ґрунтовими організмами, в результаті якої вони змінюють ґрунт у сприятливому для землероба напрямі. *Будь-який агротехнічний захід, який суттєво впливає на ґрунтове середовище, справляє і відповідний вплив на його біологічну активність, що відображається на рості й розвитку рослин.*

### *2. 5. 3. Ризосфера та грибкова везикулярно-арбискулярна мікориза*

Грибна мікориза створює зв'язок у ґрунті між рослиною та ґрунтовими мікроорганізмами (табл. 2. 13). Такі взаємовигідні відносини створюються у 80 % рослин із різних родин (бобових, злакових та ін.). Велике значення такі взаємовідносини мають для теплолюбних рослин, таких як кукурудза, сорго, соняшник та картопля.

Грибна мікориза проникає в клітини кореня, не пошкоджуючи його. Водночас мікроскопічні гіфи пронизують у вигляді сітки тонких шовкових ниток ґрунтову масу навколо кореня. Вони є високоефективною транспортною системою між рослиною та ґрунтом, через котру надходить вода і

поживні речовини до рослини, а від неї – багаті вуглеводами продукти фотосинтезу.

Користь від грибної мікоризи полягає в підвищенні забезпечення рослини малодоступними мінеральними речовинами, такими як фосфор (P), кальцій (Ca), цинк (Zn) та мідь (Cu) (Клеппертон Дж., 1996) (рис. 2.19).

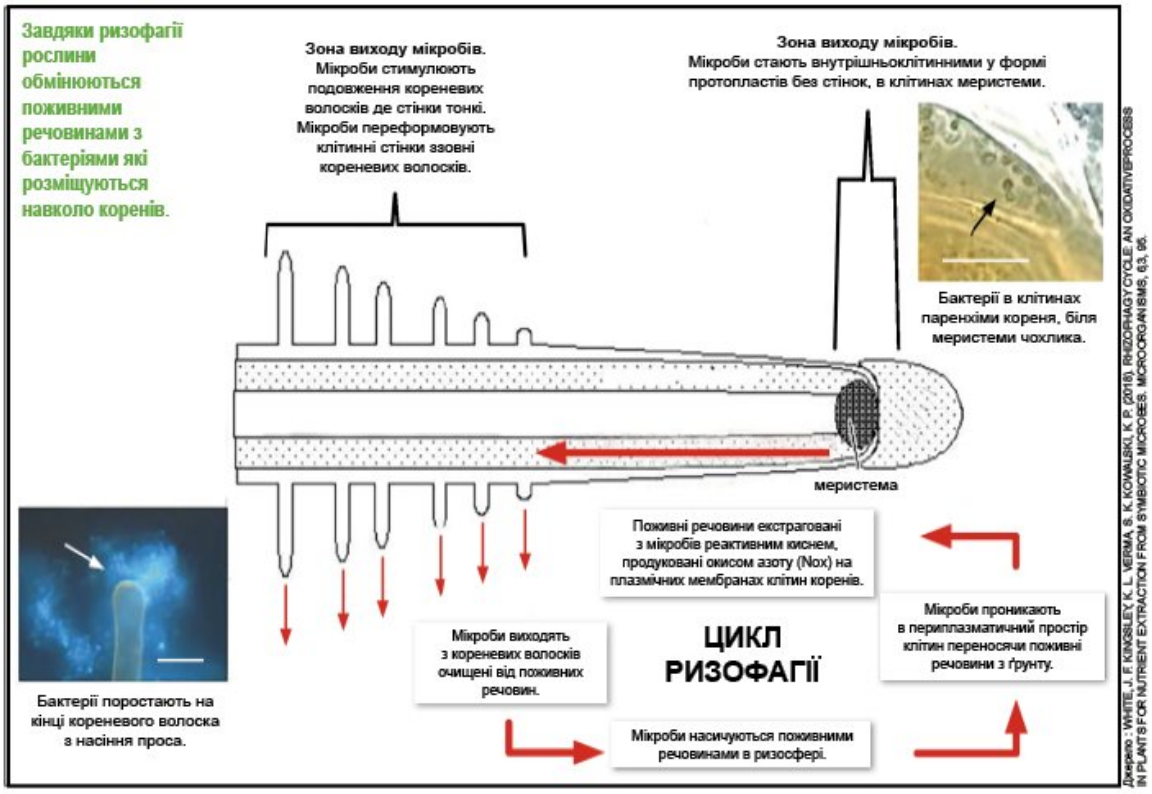



Рис. 2.19. Цикл ризофагії (за *С. Форнеро, 2020).*

Часто цим можна пояснити, що досягнутий рівень урожайності культур за використання технології No-till вищий, ніж прогнозований, який розрахований балансовим методом за кількістю наявних у ґрунті елементів живлення, визначених у лабораторії. Кількість отриманих рослиною поживних речовин залежить від рівня її взаємодії з мікоризою. Одночасно гіфи грибка за допомогою секрету глобуліну, який перетворюється у клей, зв’язують ґрунтові частинки в стійкі до ерозії ґрунтові агрегати.

Таблиця 2. 13

**Рівень взаємодії культурних видів із грибною мікоризою (Джил Клепертон)**

| **Висока залежність** | **Мала залежність** | **Не поєднуються** |
|---|---|---|
| Горох, боби та інші бобові культури | Пшениця та інші злакові культури | Ріпак, гірчиця та інші капустяні рослини |
| Льон | - | Люпин |
| Соняшник | - | - |
| Кукурудза | - | - |

У коренів рослин, які колонізовані грибною мікоризою, змінюються біохімічні процеси та їх фізіологію. У них підвищується рівень накопичення продуктів фотосинтезу, зростає ефективність використання вологи, змінюється ризосферне угруповання мікроорганізмів, зменшується кількість патогенних організмів і зростає кількість нітрифікаторів.

Мікориза дуже чутлива до механічного обробітку ґрунту. За полицевого обробітку вона зазвичай відсутня в ґрунті.

***2. 5. 4. Дощові черв'яки***

«*Плуг – один із найдавніших і найцінніших винаходів людини. Але ще задовго до існування людини землю розпушували земляні черв'яки, і цей процес продовжується донині*», – так писав свого часу Ч. Дарвін. Більш ніж 2000 років тому в Єгипті фараони захищали своїми указами дощових черв'яків, забороняючи видалення їх із природного середовища. І сьогодні актуальним є твердження, що дощові черв'яки – архітектори родючих ґрунтів.

***Види та біологія дощових черв'яків***

В природі нараховують всього 40-50 видів дощових черв'яків, з яких на ріллі відмічають всього 4-8 видів. Дощові черв'яки віддають перевагу середньосуглинистим, а не супіщаним ґрунтам. Вони не люблять ні важких глинистих , ні сухих піщаних ґрунтів, а на кислих торф'янистих живуть лише кілька видів, які пристосувалися до цих специфічних негостинних для них умов. Загальна маса дощових черв'яків може складати понад 33 т на 1 га щороку. Популяція грунтових черв`яків зростає протягом усього року особливо на добре удобрених грунтах. Вони досягають зрілості менш ніж за рік і живуть до 10 років.

Види дощових черв'яків відрізняються за принципом живлення, тому різні екологічні групи заселяють різні ділянки ґрунту й, відповідно, неоднаково впливають на ґрунтове середовище, що особливо важливо для землеробства. Їхній раціон в основному складається з грибів та найпростіших, а також і з бактерій. Самий раціон і типи грибів яким віддається перевага у різних видів дощових черв'яків різна, що відповідно впливає на рівень присутності в грунтах різних видів.

Дощові черв'яки розподіляються на три чітко виражені екологічні групи:

1) **черв'яки, що мешкають біля поверхні ґрунту – епігейні види (заселяють підстилку)**. Ця група живиться рослинними рештками, розміщуними на поверхні ґрунту. Вони здебільшого рухаються горизонтально через підстилку і практично не споживають ґрунту та не заглиблюються в нього. Зазвичай вони невеликого розміру і не зустрічаються в ґрунтах із низьким вмістом органічної речовини. До цієї екологічної групи належить, наприклад, такий вид, як Lumbricus rubellus. В даний час вони мають неважливе значення внаслідок обмеженого накопичення органічної речовини, викликаного сучасним методом обробітку ґрунту.

2) **дощові черв'яки з ендогенним типом поведінки (ендогенні види).** Вони мешкають неглибоко і виявляють свою активність у рослинних

рештках і верхніх шарах ґрунту, створюють тримірний лабіринт ходів, споживаючи велику кількість ґрунту. До цієї екологічної групи належать, наприклад, такі види, як Diplocardia та Aporrectodea;

3) **дощові черв'яки, що мешкають у глибших шарах ґрунту (норники)** у постійних і майже вертикальних ходах, глибина яких може досягати кількох метрів. Черв'яки цієї групи живляться рослинними рештками, що розміщені на поверхні ґрунту. Вони втягують їх у свої ходи. До цієї екологічної групи належить, наприклад, такий вид, як Lumbricus terrestris (Coleman D. C. & Crossley D., 1996). Вони утворюють стабільні вертикальні ходи діаметром від 8 до 11 мм. які відкриваються на поверхні грунту, де вони живляться мертвим рослинним матеріалом. Ці ходи грунтових черв`яків істотно впливають на водний режим у ґрунті. (рис. 2.19).

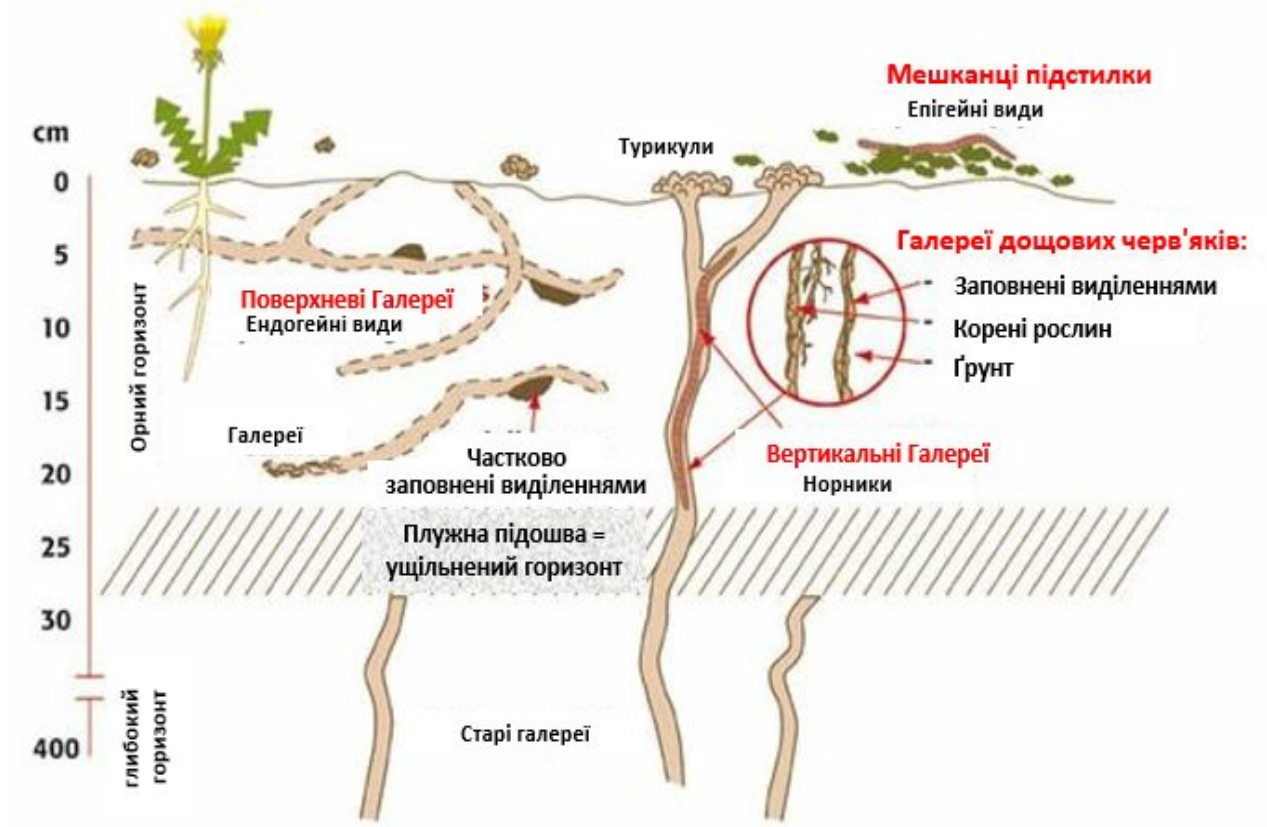



Рис. 2.19. Зони проживання основних груп дощових черв`яків

Для сільськогосподарського виробництва важливі ендогенні види та види, що живуть у глибших шарах ґрунту. Дощові черв'яки, як й інші живі організми, які існують у ґрунті, впливають на його властивості. Їх основний вплив позначається на агрегатному стані ґрунту та рівні інфільтрації води. Черв'яки створюють ходи діаметром близько 0,5 см, через які в ґрунт проникає повітря, вода і коренева система рослин. Зазвичай черв'яки можуть заглиблюватися й у підорні шари ґрунту. У важких ґрунтах тунелі дощових черв'яків є основним простором, куди проникають коріння рослин (в цих тунелях розташовуються 40 - 60% коріння рослин). Дослідження, проведені в штаті Іллінойс (США), показали, що корені сої проникають у мережу ходів утворених дощовими черв'яками на глибину 30–45 см. Потім ці корені

продовжують рости по цих ходах до їх закінчення й інколи сягають глибини понад 1 м.

Таблиця 2.14

**Загальна характеристика екологічних груп черв`яків**

| | **Норники** | **Ендогенні** | **Епігейні** |
|---|---|---|---|
| Галереї | Утворюють глибокі вертикальні галереї | Утворюють горизонтальні та поверхневі галереї | Заселяють рештки розміщені на поверхні |
| Середовище проживання | Усі горизонти глибиною до 3–4 м (суглинковий лес) | Верхній горизонт (5–40 см), високогумусні ґрунти | У поверхневих рештках, особливо на луках і лісах |
| Розміри особин | Переважно великі, довжиною 15–45 см | Невеликі, довжиною до 18 см | Невеликі, зазвичай довжиною 2–6 см |
| Живлення | Затягують крупні рослинні рештки до своїх галерей | Перемішані рослинні рештки в верхньому горизонті | Невеликі шматочки рослин що залишилися на поверхні ґрунту |
| Здатність до розмноження | Слабка | Слабка | Висока |
| Період життя | Довгий : 4–8 років | Середній : 3–5 років | Короткий: 1–2 років |
| Чутливість до світла | Середня | Сильна | Слабка |
| Колір | Червоно-коричневий, з темнуватою головою | Блідий | Більше червонувато-коричневий |
| Приклади особин | Дощовий черв'як, чорноголовий черв'як | Octolasium lacteum, Allolobophora caliginosa | Компостинй черв'як, червоний болотний черв'як |

Загальна кількість черв’яків у ґрунті залежить від багатьох чинників, але передусім від:

- інтенсивності механічного обробітку ґрунту: чим більше розпушуємо ґрунт, тим менше черв’яків. За результатами досліджень Летбриджського дослідного центру, на 1 м$^2$ без механічного обробітку ґрунту нараховувалось 300 особин дощових черв’яків і жодного на ділянці, де ґрунт обробляли за традиційною технологією;
- виду рослинних решток на полі;
- структури ґрунту: чим грубіша структура, тим менше черв’яків;
- рівня зволоження – в сухому ґрунті черв’яків завжди менше, ніж у вологому;
- використаних ґрунтових пестицидів – токсичні для черв’яків пестициди можуть істотно знизити їх чисельність;
- кількості внесених органічних добрив: чим більше внесено органічних добрив, тим більше в ґрунті черв’яків.

У дощових черв’яків немає систем травлення та виділення сечі (ця речовина виходить через поверхню тіла черв’яків, що призводить до гідролізу аміаку і подразненню їх шкірного покриву). Ось чому їх приваблюють вологі ґрунти, де вони можуть швидко позбутися сечовини й аміаку. З цією ж метою під час опадів вони виходять на поверхню ґрунту. Проте в такому разі на схилових землях їх можуть змити потоки води.

Слизові виділення – це речовина в якій містяться усі незамінні амінокислоти (всього 16). Китайські дослідники кількісно оцінили виробництво такого слизу, що складає близько 5,6 мг/г дощових черв’яків, протягом 24 годин. На контрольній популяції масою 1200 кг/га дощових черв’яків, при технології прямого посіву отримуємо 6,57 кг/га слизу протягом доби! Враховуючи, що дощові черв’яки активні близько 120 днів на рік, то отримаємо результат 800 кг/гектар на рік виробленого слизу. Слиз є джерелом живлення для нітрифікуючих бактерій. Як тільки бактерії насичуються поживними речовинами, рослина ідентифікує їх, та поглинає.... Згідно з результатами досліджень Джеймса Уайта, рослини здатні харчуватися поживними речовинами, присутніми в бактеріях, не вбиваючи їх. Тим самим вони розмножують бактерії, яких викидають у ґрунтове середовище після споживання продуктів їх виділень і т.д.. Таким чином, рослина може харчуватися органічним азотом, який транспортують бактерії. Останні взяли азот з слизових виділень дощових черв`яків. Виходячи з цього можна зрозуміти місце дощових черв`яків в кругообігу азоту.



Рис. 2.20. Спосіб життя ґрунтових черв`яків © Lukas Pfiffne:
а) дощовий черв'як виходить із кокона
б) доросла особина: добре видиме намисто або клітковина
в) скрутившись навколо себе, черв'яки переживають період засухи

Черв'яки розвиваються повільно, за винятком таких, що мешкають у рештках на поверхні ґрунту (особливо компостні черв’яки). Вони народжують лише одне покоління на рік та максимум вісім коконів. Тривалість життя досягає від двох до восьми років залежно від виду. Це пояснює, чому за відмови від механічного обробітку ґрунту не фіксується швидкого зростання чисельності цього виду рис. 2.20).

Дощові черв’яки, які досягли статевої зрілості, ідентифікуються за наявністю намистини (потовщення розташованого в передній третині тіла), що називається клітковиною. Саме весною та восени спостерігається найінтенсивніша фізична та репродуктивна активність дощових черв'яків.

Якщо дуже сухо і жарко, дощові черв’яки впадають у літню сплячку. Прокидаються восени, коли спека спадає, а в ґрунті з’являється більше вологи. З першими морозами вони спускаються в незамерзлу частину своїх галерей та переходять у так званий режим очікування. Активність знову повертається, якщо кілька днів немає мінусових температур. Дощові черв'яки здатні мігрувати на оброблювані поля з незайманих навколишніх районів (наприклад, із природних луків), але на малу відстань – близько 20 м на рік.

***Роль дощових черв’яків***

Хоча дощові черв’яки є не єдиними організмами, котрі впливають на властивості ґрунту, для більшості вчених і практиків аксіомою вважається те, що присутність дощових черв’яків позитивно впливає на родючість ґрунту. Їх чисельність може до певної міри слугувати індикатором родючості ґрунту.

Позитивний вплив дощових черв’яків на ґрунт виявляється в наступному:

***1. Дощові черв'яки сприяють утворенню водостійких ґрунтових агрегатів.*** Виділяючи слиз та інтенсивно змішуючи органічні речовини з мінеральними й мікроорганізмами, дощові черв’яки утворюють стабільну грудочкувату структуру, яка сприяє зменшенню утворення грунтової кірки. Виробляючи велику кількість виділень, дощові черв’яки розпушують важкі ґрунти та покращують текстуру піщаних ґрунтів. За деякими даними кількість посліду може становити від 40 до 100 т/га за рік, з яких приблизно 40 % розміщується в ґрунті й 60 % на поверхні. У наших умовах до 40-50 т на 1 га утворюються щороку на поверхні ґрунту, що становить близько 4-5 мм заввишки Екскременти містять мінеральні частинки змішані з розкладеними залишками органічної мікрофлори. У ґрунтах з великими популяціями дощових черв'яків рослини формують набагато більш потужну кореневу систему, що є передумовою достатнього постачання води та поживних речовин рослинам.

***2. Дощові черв'яки аерують ґрунт.*** Утворені черв’яками галереї ходів забезпечують добру аерацію ґрунту та збільшують частку макропор.

***3. Дощові черв'яки підвищують здатність ґрунту поглинати воду.*** Стабільні вертикальні галереї норників відчутно покращують поглинання, накопичення, інфільтрацію та дренаж води в ґрунт. У ґрунтах, які не орють, можна знайти до 150 отворів на одному метрі квадратному, що становить 900 м галерей в 1 $м^3$ ґрунту. За іншими даними популяції черв'яків створюють до 4,4 тис. км тунелів на 1 га. Стабілізовані слизом, що виділяється дощовими черв'яками, вертикальні галереї можуть досягати 3 м на глибоких лесових ґрунтах та близько 6 м на чорноземах.

***4. Дощові черв'яки сприяють розкладанню відмерлих рослинних решток і їх переміщенню в грунт.*** На полях дощові черв’яки на 1 га втягують у ґрунт до 6 т відмерлих частин рослин протягом року.

***5. Дощові черв’яки утворюють концентрати поживних речовин, яких безпосередньо потребують рослини.*** Виділення дощового черв’яка – це суміш рослинних і мінеральних частинок, де поживні речовини наявні у високій концентрації та в легкозасвоюваній рослинами формі. Цей

високоякісний гумус лишається у вигляді турикул, які містять у середньому в 5 разів більше азоту, в 7 разів більше фосфору та в 11 разів більше калію, ніж навколишній ґрунт;

***6. Підвищують вертикальну стійкість ґрунту проти навантаження***, позаяк стінки ходів черв`яків вкриті липким секретом і не руйнуються водою. Це підвищує вертикальну несучість грунту. У результаті цього ґрунт здатен витримувати важчу техніку без переущільнення.

***7. Дощові черв'яки «гігієнізують» ґрунт.*** Як тільки вони затягнули рештки рослин у ґрунт, ті піддаються біологічному розкладанню разом зі збудниками хвороб, яйцями шкідників, які на них розміщуються. Однак резистентні форми збудників хвороб рослин все ж виживають після травлення і потім наявні в турикулах.

***8. Ходи дощових черв'яків сприяють росту коренів.*** Понад 90 % галерей колонізуються корінням рослин, оскільки вони допомагають їм проникати без перешкод у глибокі шари ґрунту, маючи ідеальні умови для росту (виділення багаті поживними речовинами, доступна волога).

Дощовим черв'якам належить важлива роль у формуванні пористості ґрунту. Їхні ходи пронизують верхній шар ґрунту в різних напрямках. Вони за один тиждень можуть переробити до 9 т ґрунту на одному гектарі (рис. 2.21).



Рис. 2.21. Грунтовий червяк формує пори. © Д.Мак Гэрри

Пори зумовлюють підвищення аерації ґрунту та збільшують швидкість інфільтрації води, що захищає його від водної ерозії. Для збереження високих інфільтраційних властивостей ґрунтом ходи дощових черв'яків мають бути відкриті на його поверхні, але щоб через них не випаровувалася волога, в системі No-till вони завжди повинні бути прикриті рослинними рештками.

Пори, створені черв`яками, зумовлюють збільшення доступності азоту для рослин. Механізм цього явища на сьогодні пояснюють збільшенням нітрифікуючих бактерій у ходах дощових черв’яків.

Пори, утворені черв’яками, суттєво відрізняються від пор, створених у ґрунті механічними знаряддями обробітку (рис. 2.20). Стінки біопор насичені продуктами мікробіологічної діяльності. Як вказують окремі вчені, в біопорах відмічається більша кількість фосфатазних ензимів, що в результаті формує перегній. Біля дощових черв’яків спостерігається більша біологічна активність мікроорганізмів. Дослідження показали, що 42% аеробних азотфіксуючих мікроорганізмів розташовані поблизу тунелів дощових черв'яків.

Останні дослідження підтверджують, що дощові черв’яки сприяють розмноженню мікробіологічної популяції після проходження процесу травлення. Під час травлення дощові черв’яки можуть збільшувати мікробну популяцію в 1000 разів. Така популяція складається з нітрифікуючих бактерій, які відіграють важливу роль у забезпеченні рослин доступом до азоту. Це підтверджує результати Марселя Буше, вони показують, що 50% бактерій, які беруть участь у кругообігу азоту (азотобактер, протеолітичні, денітрифікуючі, амоніфікуючі, анаеробні фіксатори), розміщуються в першому міліметрі ґрунту, навколо галерей дощових черв'яків (рис. 2.22).

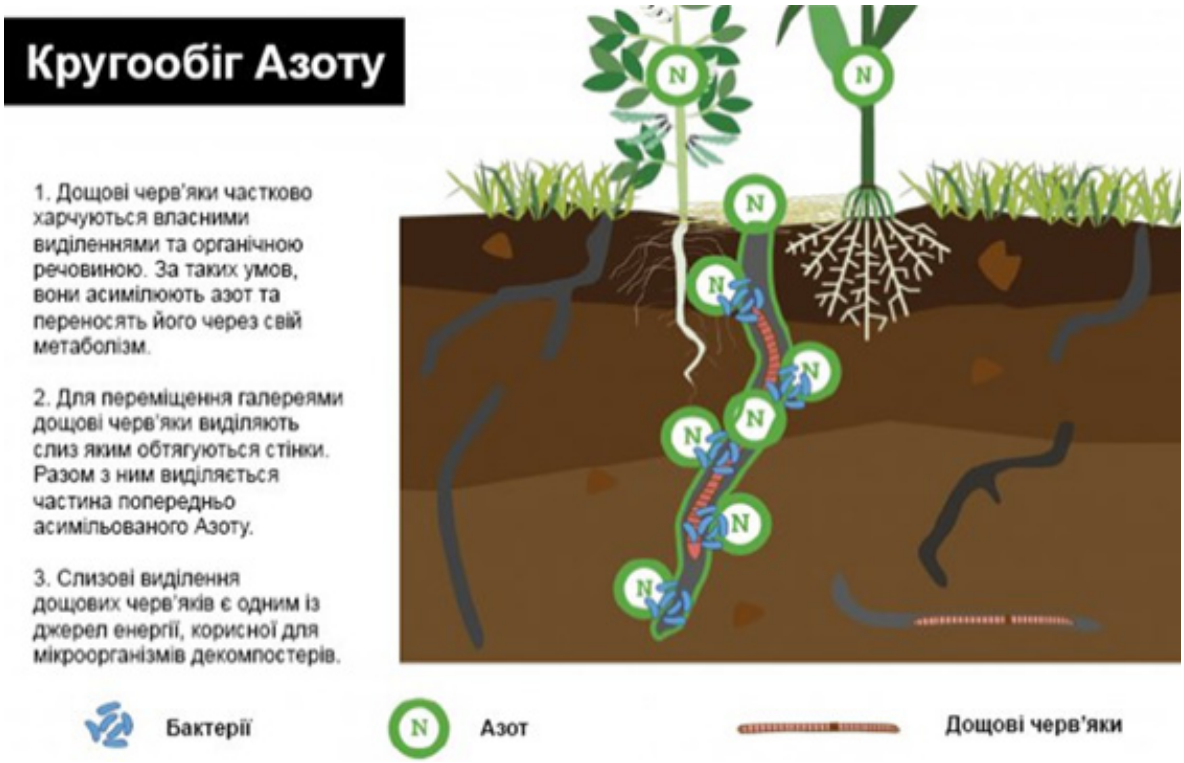



Рис.2.12. Черв`яки в циклі кругообігу азоту.
Джерело: Самюель Форнеро, 2020.

Завдяки дощовим черв’якам відбувається до певної міри переміщення органічної речовини в нижні шари ґрунту та забезпечуються сприятливі умови для росту кореневої системи рослин.

За використання системи землеробства No-till впродовж тривалого періоду роль дощових черв'яків у гуміфікації рослинних решток не зменшується, а зростає.

***Заходи зі збільшення популяції дощових черв'яків***

Дощові черв'яки можуть розвиватися не в усіх ґрунтах. Щоб чисельність їх була достатньою, ґрунт має відповідати кільком параметрам. До них передусім належать: реакція ґрунтового розчину (pH), кількість рослинних решток на поверхні ґрунту, відсутність заболочення і переущільнення ґрунту. Чим посушливіші умови й легші за гранулометричним складом ґрунти, тим менше в них чисельність дощових черв'яків.

Штучне розмноження і використання дощових черв'яків сьогодні застосовують лише при вермикомпостуванні, але не в усіх регіонах це доцільно. Наприклад, дощові черв'яки (Eisenia foetida), які використовуються для вермикомпостування, не характерні для Канади, тому і непридатні для застосування в рільництві цієї держави. Водночас характерні для Канади види дощових черв'яків були знайдені в Австралії, де вони широко поширені та сприяють підвищенню продуктивності багаторічних пасовищ на 30 % (Бейкер Дж., 2007).

*Проте більшість вчених вважають, що штучно поширювати дощові черв'яки недоцільно, оскільки ще мало вивчена екологія більше ніж 25 видів відомих на сьогодні дощових черв'яків.*

***Обробіток ґрунту і дощові черв'яки***

Фізичний стан ґрунту, який створюють живі організми, може більшою мірою відповідати вимогам сільськогосподарських культур, ніж штучно створений механічним обробітком. Поєднати діяльність ґрунтових черв`яків з механічними заходами практично неможливо. Встановлено, що чим інтенсивніше та глибше проводиться обробіток ґрунту, тим менша чисельність дощових черв'яків у ньому присутня. *Водночас відмова від механічного обробітку ґрунту приводить до зростання в ньому загальної чисельності черв'яків.*

За механічного обробітку порушується природне середовище їх існування. Зазвичай найінтенсивнішого обробітку зазнає верхній (0–5 см) шар ґрунту, де, як відомо, розміщується найбільша чисельність дощових черв'яків. Про ступінь впливу технологій обробітку ґрунту на чисельність популяцій різних видів дощових черв'яків свідчать дані Ф. Тебрюге й А. Вагнера (1997).

Загальна чисельність дощових черв'яків за нульового обробітку ґрунту збільшилась у сім разів (рис. 2.23). Чим триваліший період ґрунт не зазнає механічного обробітку, тим більша чисельність дощових черв'яків спостерігається. Це засвідчують дані інших зарубіжних дослідників, згідно з якими (Crovetto, 1996) через сім років постійного застосування системи No-till, чисельність їх була в 36 разів більша, ніж на ділянках, де весь цей час проводили полицевий обробіток ґрунту. За відсутності механічного обробітку ґрунту основна частка дощових черв'яків концентрується у верхньому шарі (рис. 2.24). Отже, найшвидший спосіб збільшити чисельність черв'яків у ґрунті – це відмова від механічного його обробітку.

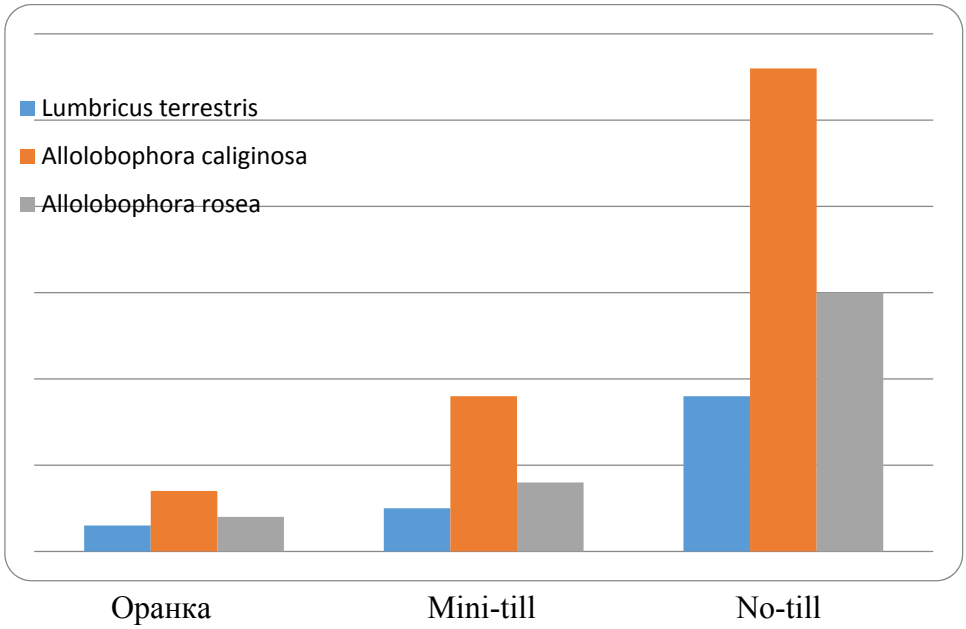



Рис. 2.23. Чисельність популяції різних видів дощових черв'яків за різних технологій обробітку ґрунту, шт./м2 (за Ф. Тебрюге й А. Вагнером, 1997)

Варто зазначити, що відмова від механічного обробітку ґрунту забезпечує поступове зростання чисельності дощових черв'яків. У штаті Огайо (США) пройшло 6–7 років після переходу на систему землеробства No-till, перш ніж повністю оновилася чисельність дощових черв'яків (Norton L. D. & Schroeder S. L., 1987).

Варто пам'ятати, що відмова від обробітку ґрунту в перші роки (до відновлення чисельності дощових черв'яків) може призвести до зниження водопроникності ґрунту.

Популяції дощових черв'яків можуть швидше збільшуватися за поєднання нульового обробітку з певним чергуванням культур у сівозміні. Бажано, щоб у сівозміні в період освоєння No-till були наявні олійні, бобові та багаторічні культури, що сприяють накопиченню більшої кількості дощових черв'яків, ніж злакові (Клепертон Дж. і Лі, 1998). За даними американських вчених, за постійного вирощування кукурудзи з застосуванням полицевого обробітку ґрунту чисельність дощових черв'яків становила 40 тис. особин на акр, а на удобреному гноєм пасовищі – до 5 млн на акр, або в 125 разів більше. Відповідна більша кількість дощових черв`яків формує і більшу кількість ходів в грунті (рис.2.24). Популяція дощових черв'яків є більш численною в ґрунтах з залишками рослинних решток на поверхні ґрунту.

*Отже, рівень наявності черв'яків у ґрунті може слугувати опосередкованим показником його здоров'я.*

Чисельність дощових черв'яків у ґрунті залежить не лише від рівня порушення ґрунту механічним обробітком, а і від культури, яка вирощується на цьому полі.

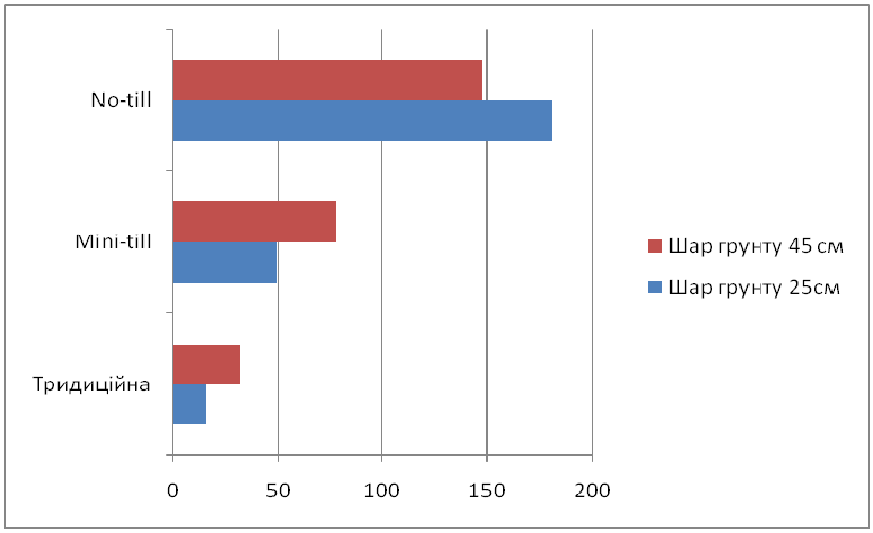



Рис. 2.24. Чисельність ходів земляних черв'яків на 1 м2 залежно від технологій обробітку ґрунту (Norton L. D. & Schroeder S. L., 1987)

Дослідження, проведені в фермерському господарстві М. Войтовика (Київська область), показали, що за традиційного полицевого обробітку ґрунту кількість дощових черв'яків незалежно від культури становила 12–27 шт./м$^2$, за відмови від механічного обробітку ґрунту – чітко простежується вплив культур на чисельність черв`яків. Наприклад, чисельність дощових черв`яків під кукурудзою становила 21 шт./м$^2$, а під соєю та гречкою вона була в 6–8 разів вищою і становила 121–160 шт./м$^2$ (табл. 2.15). Механічний обробіток, змінюючи ґрунтові умови, нівелює вплив культур на ґрунтову біоту. Необхідно підкреслити, що підрахунок чисельності дощових черв`яків за традиційного обробітку проводився на полях п'яти господарств Білоцерківського району Київської області, які мали потужне тваринництво і вносили постійно гній у високих нормах.

Таблиця 2.15

**Чисельність дощових черв'яків у ґрунті в посівах різних сільськогосподарських культур (М. Войтовик)**

| Система землеробства | Культури | | | | | Середнє |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | пшениця | соя | кукурудза | ячмінь | гречка | |
| Традиційна | 12 | 12 | 27 | 24 | 20 | 19 |
| No-till | 37 | 121 | 21 | 28 | 160 | 73,6 |
| No-till + - до традиційної, % | +208,0 | +927,8 | -22,0 | +19,8 | +692,7 | +287,3 |

Відмова від обробітку проявляє свій вплив на чисельність дощових черв'яків не лише на конкретному полі, а й на оточуючих елементах сільськогосподарського ландшафту (табл. 2.16).

Таблиця 2.16

**Кількість дощових черв'яків на землях сільськогосподарського ландшафту, шт./м$^2$ (М. Войтовик)**

| Система землеробства | Польові дороги | Лісосмуги | Пасовища | Рілля |
|---|---|---|---|---|
| Традиційна | 36 | 53 | 68 | 19 |
| No-till | 46 | 87 | 126 | 74 |
| До традиційної, % | +26 | +64 | +86 | +287 |

Наведені дані свідчать про екосистемний зв'язок усіх елементів агроландшафту. Позитивний вплив системи землеробства No-till виявляється у зростанні ґрунтової біоти в усіх елементах сільськогосподарської екосистеми, що підвищує її стійкість через зростання біологічного різноманіття.

**Оцінка рівня присутності дощових черв`яків**

Любий фактор впливу на родючість грунту, повинен оцінюватися не лише по його наявності, а й за рівнем присутності, а рівень присутності в свою чергу, за рівнем оптимальності. Виходячи з цього присутні черв``яків від 120 до 140 особин/м$^2$ оцінюється як хороший рівень присутності на розораних ґрунтів. Кількість турикул оцінюють шляхом їх підрахунку на поверхні в квадраті розміром 50х50 см в основні періоди активності дощових черв'яків (березень-квітень та вересень-жовтень):

- до 5 турикул : Слабка активність, дуже мала кількість черв'яків
- 10 турикул : Середня активність
- 20 турикул та більше : Висока активність, ґрунт містить велику кількість черв'яків

За результатами узагальнення результатів багатьох досліджень проведених на різних континентах і різних культурах (пшениця, рис, кукурудза, пасовища та деякі інші продовольчі культури), значна присутність дощових черв'яків систематичнов ґрунті дозволяє підвищити врожайність у середньому на 25% *(С. Форнеро,2020)*.

***Ризики від дощових черв'яків***

Дощові черв'яки можуть за певних умов завдавати шкоди, яка проявляється в наступному:

- зменшення маси рослинних решток на поверхні ґрунту, що залишає його незахищеним. Особливо це може проявлятися на полях, де вирощувались культури, що залишають малу масу решток;

- відкриті ходи на поверхні ґрунту можуть збільшити випаровування вологи;

- дощові води по ходах черв'яків можуть переносити пестициди й інші забруднювачі в підземні води, що може призвести до їх забруднення.

## 2. 6. Біологічна складова ґрунту і система землеробства

Будь-яка система землеробства складається з багатьох елементів, які по-різному впливають на ґрунтову біоту, але визначити частку впливу кожного елементу експериментально дуже складно.

На сьогодні встановлені лише кілька загальних положень:

- на полі, де висіяний ріпак, у ґрунті чисельність мікроорганізмів, що сприяють окисненню сірки, буде нижчою, ніж на інших полях, позаяк ріпак використовує сірку в більшій кількості, ніж інші культури;
- у ґрунтах, які обробляються механічно й удобрюються біологічна активність, внаслідок застосування добрив, часто може бути вища, ніж у природних умовах;
- різні види рослинних решток містять різний об'єм органічної речовини різної якості, що визначає і різницю в біологічній активності ґрунту;
- спалювання органічних решток обмежує біологічну активність ґрунту внаслідок зменшення в ґрунті кількості бактерій, грибів тощо;
- збереження стерні й рослинних решток на полі поліпшує середовище для ґрунтових організмів, що сприяє росту популяцій бактерій, котрі розщеплюють органічну речовину, звільняють і фіксують азот.
- швидкість розкладу органічної речовини залежить від її якості, яка визначається, в першу чергу, співвідношенням в ній між вуглецем і азоту, (C:N).

*Ґрунт це не склад, тому завдання будь-якої системи землеробства мінімізувати втрати поживних речовин із ґрунту та максимізувати їх внутрішню циркуляцію. На утворення гумусу витрачається всього до 2–3 % рослинних решток, а решта їх (97–98 %) мінералізується за участю грибів до* $CO_2$, $NH_3$ $H_2O$, *солей* (Кононова М. М., 1963).

**Вплив механічного обробітку на біоту грунту**

Зміна біоти залежно від технології обробітку ґрунту наведена на рис. 2.25. та табл.2.16; 2.17.

Таблиця 2.16

**Порівняльна таблиця впливу різних систем землеробства на біоту ґрунту**

| Традиційна система землеробства | Система землеробства No-till |
|---|---|
| Обробіток ґрунту призводить до суттєвих змін фізичних і хімічних умов життєдіяльності біоти в несприятливому для неї напрямі | Система No-till не викликає суттєвих змін умов життєдіяльності ґрунтової біоти, що позитивно впливає на загальний рівень її біологічної активності |
| Обробіток ґрунту прийнятний для організмів із короткою тривалістю генерації та високою швидкістю обміну речовин. В обробленому ґрунті переважають бактерії та бактерицидна фауна | За відсутності механічного обробітку ґрунту зростає чисельність ґрунтової біоти (круглих черв'яків, протозоа і макрофауни, яка живиться грибками) |

Закінчення табл. 2.16

| | |
|---|---|
| Цілісність гіфів грибів порушується обробітком, що призводить до різкого зменшення їх чисельності в ґрунті | Цілісність гіфів грибів у ґрунті не порушуються, тому їх чисельність збільшується, особливо у верхньому шарі, що дуже важливо стосовно корисних грибів, зокрема мікоризних. Проте це шкідливо, якщо відбувається накопичення гіфів грибів роду Rhizoctonia |
| За механічного обробітку мікроорганізми розповсюджені в більшому шарі ґрунту | Мікроорганізми локалізуються у верхньому шарі ґрунту |
| Тісніший контакт ґрунту і рослинних решток за механічного обробітку забезпечує вищу інтенсивність мінералізації рослинних решток і вивільнення поживних речовин | Процес мінералізації рослинних решток і вивільнення поживних речовин відбувається повільніше |
| Швидкий розклад органічної речовини призводить до уповільнення процесів гуміфікації | Уповільнений розклад органічної речовини позитивно впливає на рівень акумуляції гумусових речовин ґрунту |
| Популяція дощових черв'яків значно скорочується | Збільшується популяція не лише дощових черв'яків, а й чисельність протозоа, які живляться грибами (в 10–100 разів), що може за певних умов сприяти контролю рівня присутності патогенних грибів. |
| Механічний обробіток забезпечує більшу швидкість поглинання води лише на порівняно невеликий проміжок часу, в подальшому інфільтрація знижується | Краща структура ґрунту й дощові черв'яки, котрі роблять глибокі ходи в ґрунті, поліпшують його водопроникність, що спостерігається майже продовж року |
| Механічно створена агрономічно цінна структура не водостійка | Біологічно сформовані структурні агрегати ґрунту більш водостійкі |
| Думка, що інтенсивний обробіток ґрунту сприяє зниженню чисельності нематод не виправдалась | |

Таблиця 2.17.

**Кількість таксономічних одиниць фауни і чисельність особин зловлених у лісі та на полях з застосуванням No-till і традиційної оранки у районах Фрісленд і Облігадо. (Friesland and Obligado, Парагвай. (Römbke, 1997, Jansen 1999)**

| | ***Кількість таксономічних одиниць піймани особин*** | | | ***Чисельність піймани особин*** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Розташування району | Ліс | No-Till | Оранка | Ліс | No-Till | Оранка |
| Friesland | 67 | 40 | 33 | 508 | 466 | 149 |
| Obligado | 55 | 25 | 25 | 309 | 297 | 135 |

*Отже, відмова від механічного обробітку ґрунту зумовлює збільшення видового різноманіття і чисельності та підвищує життєву активність ґрунтової біоти. У результаті цього очікується збереження і підвищення родючості ґрунту. Вона відбувається природним, а не штучним шляхом, тому ґрунт стає більш живим і здоровим.*

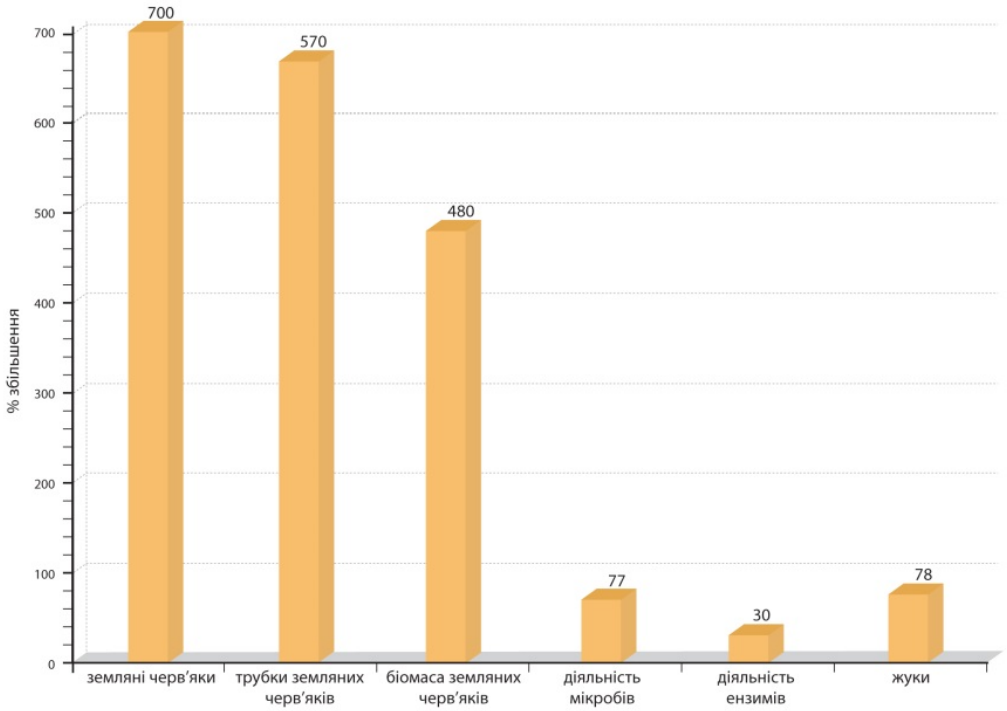



Рис. 2.25. Збільшення чисельності представників біоти ґрунту за відмови від механічного обробітку ґрунту @ Тебрюге Ф.

Під час оранки птахи споживають 6% популяції дощових черв'яків. Сама оранка знищує до 20% популяції.

**Вплив чергування культур на біоту ґрунту**

Сівозміна є однією з домінантних ланок системи землеробства. Багато з того, що ми називаємо «ефектом сівозміни», не можна пояснити лише змінами в рівні запасів вологи, поживних речовин, фізичного стану, бо це пов'язано зі змінами складу і чисельності біоти ґрунту. До цього загального висновку прийшли багато вчених із різних країн, що і зумовило підвищення зацікавленості у вивченні впливу сівозміни на біоту ґрунту.

Узагальнені результати досліджень науковців надають можливість зробити певні висновки:

- вплив чергування культур носить суперечливий і неоднозначний характер;

- певні види проміжних культур можуть знизити чисельність деяких патогенних організмів (наприклад, нематод) і збільшити присутність корисних, що свідчить про можливість використання чергування культур як засобу регулювання чисельності певних груп організмів у ґрунті;

- культури з розвинутою кореневою системою зумовлюють більше накопичення мікроорганізмів у зоні ризосфери, ніж види рослин зі стрижневою, нерозгалуженою кореневою системою, наприклад, ріпак;

- наявність у структурі посівних площ бобових однорічних і багаторічних культур забезпечує більшу різноманітність, чисельність і масу мікроорганізмів у ґрунті ніж рослини з інших родин. Наприклад, загальна мікробна маса в ґрунті в сівозміні *багаторічні трави – пшениця* на 15 % вища, ніж у сівозміні *пшениця – пшениця*;

- рослинні рештки злакових культур сприятливіші для розвитку грибів, а бобових – для бактерій;

- ногохвістки й кліщі краще розвиваються без механічного обробітку ґрунту;

- понад 90 % загальної чисельності ногохвісток і 55 % кліщів розміщується на глибині до 5 см незалежно від системи землеробства;

- ріпак і гірчиця призводять до зниження чисельності мікоризи в ґрунті під наступними культурами;

- рослини з родини капустяних краще протистоять випріванню, ніж із родини бобових;

- при розкладання решток рослин родини капустяних виділяються ізотіоционати, які виконують роль фунгіцидів і викликають процес біофумігації ґрунту.

- дощові черви надають перевагу люцерні та залишкам конюшини, ніж однорічним злакам чи стоколосу.

**Вплив системи удобрення на біоту ґрунту**

Система удобрення – обов'язковий компонент будь-якої системи землеробства. Вплив добрив на біоту ґрунту можна звести до таких положень:

- добрива збільшують не лише врожай, а й загальну кількість сформованої органічної речовини, відповідно зростає і маса рослинних решток, які залишаються на полі, що в результаті збільшує харчову базу мікробних популяцій;

- мінеральні добрива, особливо фізіологічно кислі або лужні, зазвичай негативно впливають на ґрунтову біоту, особливо якщо вони змінюють pH середовища;

- збалансоване мінеральне живлення зменшує ураження рослин патогенними мікроорганізмами (наприклад, застосування цинку знижує ураження злакових культур і люцерни збудником Rhizoctonia);

- внесення в ґрунт високих норм добрив може знизити ефективність симбіозу між рослинами та ґрунтовими мікроорганізмами. Наприклад, за високих норм фосфорних добрив зменшується позитивний вплив мікоризи, а за азотних зменшується фіксація $N_2$ мікроорганізмами з родини Rhizobium;

- внесення рідкого азотного добрива призводить до короткочасного негативного впливу на мікробіологічну активність ґрунту. Час її поновлення становить зазвичай до 5–6 тижнів;

- застосування добрив по листовому апарату часто виявляє менший вплив на ґрунтову біоту, ніж мінеральні добрива, які безпосередньо вносяться в ґрунт;

Тип та кількість органічних добрив мають свій вплив на дощових черв'яків:

- Добре збалансований грунт – є сприятливим як для рослин так і для дощових черв’яків.
- Свіжий компост з гною є кращим, ніж стиглий компост, оскільки містить більше їжі для дощових черв’яків.
- Органічні добрива варто мілко заробляти. Розведений та підготовлений рідкий гній справляє позитивний вплив на дощових черв'яків. Проте аміак, що міститься в непідготовленому гною, може серйозно нашкодити дощовим черв'якам, які знаходяться на поверхні ґрунту, особливо коли грунт перенасичений вологою.

Гноївку бажано вносити лише на ґрунтах, здатних її поглинути. Внесення помірних кількостей (до 25 $м^3$/га) буде корисним для біоти. При багаторазовому використанні рідких добрив в грунті зменшується популяція дощових черв`яків. Аміак є токсичним для грунтових червів.

**Вплив системи захисту на біоту ґрунту**

Система захисту культур є третім обов’язковим компонентом будь-якої системи землеробства і також істотно впливає на біоту ґрунту:

- пестициди можуть безпосередньо негативно впливати на ґрунтові організми або змінювати співвідношення «хижак – жертва»;

- тривале застосування (впродовж кількох років) окремих видів (особливо ґрунтових) гербіцидів може спричинити значне пригнічення певних груп мікроорганізмів. За одноразового застосування рівень мікробіологічної активності ґрунту поновлюється в середньому за 40 днів після їх внесення;

- нітрифікуючі бактерії найчутливіші до гербіцидів;

- застосування гербіцидів із групи сульфонілсечовин може спричинити в перший і наступні роки збільшення кількості Rhizoctonia, злакових нематод та імовірність випрівання озимих культур;

- активність певних організмів може зростати після внесення пестицидів внаслідок розриву ланцюгів живлення; якщо препарат діє на членистоногих, то зростає чисельність грибів, якими вони живляться.

- пестициди токсичні для дощових черв'яків.

## Висновок до розділу

1. Родючість ґрунту є результатом взаємодії багатьох процесів, що відбуваються в ґрунтовому середовищі. Вона залежить не лише від наявності поживних речовин, а й від фізичного стану ґрунту, його структури, водного й температурного режимів, кількості органічної речовини та активності ґрунтової біоти.
2. Агрофізичні показники, зокрема щільність будови, твердість і структурно-агрегатний склад, визначають умови для розвитку кореневої

системи, надходження води й повітря, діяльності мікроорганізмів і формування поживного режиму. Надмірне ущільнення або руйнування структури погіршує функціонування ґрунту та знижує його продуктивність.

3. Рослинні рештки на поверхні поля захищають ґрунт від руйнування дощовими краплями, зменшують поверхневий стік, уповільнюють випаровування і сприяють кращому використанню опадів.
4. В системах No-till і Strip-till водний режим ґрунту значною мірою регулюється природними процесами.
5. У системах No-till і Strip-till в регулювання температурного режиму грунту основну роль відіграють рослинні рештки, які захищають ґрунт від перегрівання влітку та сприяють утриманню снігу взимку.
6. Органічна речовина є біологічною основою родючості ґрунту. Зменшення інтенсивності механічного обробітку, залишення рослинних решток і використання покривних культур створюють кращі умови для збереження та накопичення органічної речовини.
7. Ґрунт слід розглядати як живу біокосну систему, у якій важливу роль відіграють мікроорганізми, гриби, мікориза, дощові черв'яки та інші представники ґрунтової біоти. Вони беруть участь у розкладанні органічних решток, формуванні структури, створенні біопор, поліпшенні водопроникності та забезпеченні рослин доступними елементами живлення.
8. Збереження родючості ґрунту найкраще забезпечує система землеробства, яка мінімізує руйнування структури ґрунту його фізичне знищення внаслідок ерозії, забезпечує збереження і збільшення органічної речовину в ньому, сприяє накопиченню вологи та створює сприятливі умови для розвитку ґрунтової біоти.

## Питання для самоконтролю

1. Якими показниками описуються агрофізичні властивості ґрунту?
2. Що таке рівноважна щільність ґрунту?
3. Як впливає тривалість використання ґрунту в землеробстві на його рівноважну щільність?
4. Як змінюється оптимальна для рослин щільність ґрунту залежно від його вологості?
5. Які заходи регулювання щільності ґрунту в системі землеробства No-till?
6. Як змінюється щільність ґрунту за відмови від його механічного обробітку?
7. Від чого залежить твердість ґрунту?
8. Як змінюється твердість за відмови від механічного обробітку ґрунту?
9. Що таке плужна підошва?
10. Як впливає відмова від механічного обробітку на структурний стан ґрунту?
11. Які найважливіші водні властивості ґрунту?

12. Чому дощ в 3 мм не вважається агрономічно значущим?
13. У чому проблема накопичення вологи заходами механічного обробітку ґрунту.
14. Позитивно чи негативно впливає на водопроникність ґрунту відмова від його механічного обробітку ?
15. За якої температури гинуть мікроорганізми ґрунту?
16. В які періоди температура ґрунту в системі землеробства No-till нижча, а в які вища, ніж за традиційної системи землеробства?
17. Як змінюється температура ґрунту за системи землеробства Strip-till?
18. Які джерела органічної речовини використовуються в системі землеробства No-till?
19. Які форми гумусу є в ґрунті?
20. За якими показниками можна оцінити гумусовий стан ґрунту?
21. Які шляхи регулювання гумусного стану ґрунтів?
22. Як впливає кількість гумусу в ґрунті на врожайність культур?
23. Чому ґрунт називають «живим»?
24. Як впливає діяльність ґрунтової біоти на родючість ґрунту?
25. На які групи поділяють ґрунтові організми?
26. Що таке ризосфера?
27. Що таке мікориза і як вона працює в ґрунті?
28. Яка роль дощових черв'яків у ґрунті?
29. Як впливає обробіток ґрунту на дощових черв'яків?
30. Як впливає чергування культур у сівозміні на біоту ґрунту?
31. Як впливають гербіциди на біоту ґрунту?
32. Як можуть впливати мінеральні добрива на біоту ґрунту?

## Додаткова література


1. Корси С. Почвозащитное и ресорсосберегающее земледелие : учеб. пособ. для консультантов по распространению сельскохозяйственных знаний и фермеров в Восточной Европе и Центральной Азии. Анкара, 2017. 145 с.
2. Косолап М. П., Кротінов О. П. Система землеробства No-till. Київ : Логос, 2011. 350 с.
3. Моргун Ф. Т., Шикула Н. К., Тарарико А. Г. Почвозащитное земледелие. Киев : Урожай, 1988. 253 с.
4. Примак І. Д., Лотоненко І. В., Манько Ю. П. Наукові основи землеробства. Біла Церква : Білоцерківський державний аграрний університет, 2005. 407 с.
5. *Coleman D. C., Crossley Jr. D. A.* Fundamentals of Soil Ecology: Published by Academic Press, 2003.


## Відеоматеріали

1. Порівняння Strip-till, чизель, Verti-till і No-till щодо запасів вологи й температури ґрунту: https://www.youtube.com/watch?v=4qqTwuppAZs&ab_channel=ЕрідонТех
2. Вологоутримувальна здатність і структура ґрунту на No-till:

https://www.youtube.com/watch?v=Jprwe8kcOig
3. Все про ущільнення ґрунту при No-till. 06.03.2019 No-till: стан ґрунту і посівів: https://www.youtube.com/watch?v=Qr-KGGSgg4w
4. Відеоколекція Strip-till: https://www.youtube.com/playlist?list=PLiJnFl7LL0Yq7DKghPjP8MZ3HPagDy-O9
5. Вирішення проблеми глобального потепління – в нас під ногами. Відео компані «Агро-Союз»:https://www.youtube.com/watch?v=Zk2DHaVMZaA
6. Ґрунт на No-till із покровом та без – різниця температур (відео компанії «Агро-Союз»): https://www.youtube.com/watch?v=vSC4rOs0lpA
7. Про роль здорових ґрунтів (канал компанії «Агро-Союз»): https://www.youtube.com/watch?v=bbNN7VmaUzo
8. Мікориза на полях компанії «Агро-Союз»: https://www.youtube.com/watch?v=DfAvLJFqW8U
9. Експеримент Е. Романькова («Агро-Союз») із поглинанням вологи ґрунтом при різних технологіях обробки: https://www.youtube.com/watch?v=0u8P5c8QiY0

# Розділ 3. РОСЛИННІ РЕШТКИ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ

*Практично всі переваги системи No-till*
*проявляються завдяки постійному покриву ґрунту*
*рослинними рештками й лише кілька з них –*
*внаслідок відмови від оранки. Система землеробства*
*No-till за недостатньої кількості рослинних*
*решток працювати не буде.*

Рольф Дерпш

***У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти***

**Набуде цілісного уявлення** про рослинні рештки як один із базових елементів систем землеробства No-till і Strip-till. Зрозуміє, що в цих системах рослинні рештки – це не побічний продукт, а важливий інструмент збереження вологи, захисту ґрунту від ерозії, підтримання органічної речовини, поліпшення структури ґрунту та активізації біологічних процесів.

**Навчиться аналізувати** роль рослинних решток у системах землеробства, їхній вплив на водний і температурний режим ґрунту, розвиток мікроорганізмів, колообіг поживних речовин, фітосанітарний стан поля та якість сівби. Особлива увага приділяється значенню рівномірного розподілу решток на поверхні поля, оскільки нерівномірність може погіршувати роботу сівалки, ускладнювати контроль бур'янів і створювати проблеми для появи дружних сходів.

**Оволодіє знаннями** щодо складу, кількості та властивостей рослинних решток різних культур, співвідношення вуглецю до азоту, швидкості їх розкладання та ролі у формуванні гумусу. Здобувач зрозуміє, чому рештки з високим співвідношенням C:N розкладаються повільніше й можуть тимчасово зв'язувати азот, а рештки бобових культур розкладаються швидше та активніше включаються в поживний режим ґрунту.

**Отримає практичні навички** управління рослинними рештками в системах No-till і Strip-till: підбір культур у сівозміні для формування потрібної кількості решток, оцінювання рівня покриття поверхні ґрунту, організації якісного збирання врожаю, налаштування комбайна для рівномірного розподілу соломи й полови, використання високої стерні, подрібнювачів, рублячих котків і біологічних деструкторів для регулювання швидкості розкладання решток.

***Короткий зміст розділу***

Рослинні рештки є одним із ключових елементів систем землеробства No-till і Strip-till. До них належать усі надземні та підземні частини рослин, що залишаються на полі після збирання основної продукції: стерня, солома, полова, листя, стебла, корені та інші органічні залишки. Вони є основним джерелом органічної речовини, беруть участь у гумусоутворенні, поверненні поживних елементів у ґрунт і формуванні його структури. У традиційній

системі землеробства побічну продукцію часто розглядають як добриво, корм, підстилку, сировину для компосту або палива. У No-till і Strip-till її роль значно ширша. Рослинні рештки обов'язково залишають на поверхні ґрунту та рівномірно розподіляють по полю. Саме постійний рослинний покрив забезпечує наближення процесів відтворення родючості до природного ґрунтоутворення.

Рослинні рештки захищають ґрунт від водної та вітрової ерозії, послаблюють дію дощових крапель, підтримують водопроникність, зменшують поверхневий стік і втрати вологи. Вони також захищають ґрунт від перегрівання, знижують випаровування, пригнічують проростання бур'янів і створюють сприятливі умови для діяльності ґрунтових мікроорганізмів. Хімічний склад рослинних решток визначає швидкість їх розкладання та вплив на родючість ґрунту. Основними компонентами є целюлоза, геміцелюлоза, лігнін, білкові сполуки, жири, воски, органічні кислоти та мінеральні елементи. Після мінералізації органічної маси у ґрунт повертаються азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка та мікроелементи.

Важливим показником якості рослинних решток є співвідношення вуглецю й азоту. Рештки молодих і бобових рослин мають вузьке співвідношення C:N і розкладаються швидше. Солома зернових та зрілі стебла мають широке співвідношення C:N, тому розкладаються повільніше і можуть спричиняти тимчасове зв'язування доступного азоту ґрунтовими мікроорганізмами. Це необхідно враховувати під час планування живлення наступної культури. Кількість рослинних решток залежить від виду культури, урожайності, співвідношення основної та побічної продукції, сорту або гібрида, а також кліматичних умов. Культури формують різну масу і якість решток. Наприклад, кукурудза, соняшник і зернові залишають значну кількість органічної маси, тоді як соя формує її менше. Тому в сівозміні важливо чергувати культури з різною кількістю та швидкістю розкладання решток.

Управління рослинними рештками включає організаційні, механічні та біологічні заходи. Чергування культур дає змогу підтримувати стабільний шар мульчі й регулювати швидкість розкладання органічної маси.

Механічне управління починається під час збирання врожаю: комбайн, жатка, подрібнювачі та рублячі котки повинні забезпечити потрібний розмір решток і рівномірно розподілити їх по ширині захвату. Нерівномірний розподіл соломи й полови погіршує якість сівби, спричиняє неоднакове прогрівання та зволоження ґрунту, розтягує появу сходів культур і бур'янів, знижує ефективність гербіцидів і може погіршувати фітосанітарний стан посіву. Важливим прийомом є залишення максимально можливої висоти стерні. Висока стояча стерня зменшує швидкість вітру біля поверхні ґрунту, обмежує надходження сонячної енергії, знижує випаровування та створює сприятливіший мікроклімат для озимих і покривних культур. Застосування очісуючих жаток дає змогу залишати високу стерню, зменшувати навантаження на комбайн і довше зберігати покриття поверхні.

Біологічне управління спрямоване на регулювання швидкості розкладання решток і зменшення фітопатологічних ризиків. Розкладання залежить від виду культури, складу органічної маси, температури, вологості, властивостей ґрунту та активності мікроорганізмів. Біологічні деструктори можуть прискорювати руйнування целюлози й лігніну та впливати на склад мікрофлори, однак їх ефективність залежить від наявності сприятливих погодних умов. Під час перетворення рослинних решток відбуваються три основні процеси: мінералізація органічної речовини до простих сполук, накопичення проміжних органічних продуктів і гуміфікація з утворенням гумусних речовин. Тому ефективне управління рештками має бути спрямоване не лише на їх швидке руйнування, а й на збереження органічного вуглецю в ґрунті.

### 3. 1. Поняття про рослинні рештки

За вирощування сільськогосподарських культур розрізняють основну та побічну продукцію. До першої належить зерно, коренеплоди, бульби тощо, заради яких і вирощують культури. До побічної (нетоварної, малоцінної) зараховують продукцію, яка не є метою вирощування культури, але формується водночас з основною продукцією – солома озимих та ярих культур, стебла кукурудзи й соняшнику, гичка буряків, тощо. Вона може бути використана як добриво, підстилка у тваринництві або як паливо. За розвинутого в Україні тваринництва до 1990 р. за традиційної системи землеробства 20–35 % зібраної соломи використовували на корм худобі, 10–15 – на підстилку, близько 5 – як паливо, понад 45 % приорювали або спалювали на полі. Внаслідок такого господарського використання побічної продукції в традиційному землеробстві під рослинними рештками зазвичай розуміють лише стерню і підземну кореневу частину рослин, які залишалися на полі. В сучасних господарствах побічну продукцію розглядають в основному як добриво, що вникає в процесі розкладання після його перемішування з поверхневим шаром грунту або заорюваннятглибико в грунт. В окремих господарствах побічну продукцію навіть відносять до добрив в бухгалтерському обліку.

У системах землеробства No-till і Strip-till рослинними рештками вважають усе, що залишається на полі після збору основної товарної продукції.

Отже, в системах землеробства No-till і Strip-till до рослинних решток належать:

- відмерлі частини рослин, що опадають на поверхню ґрунту ще до збирання врожаю (наприклад, листя тощо);
- висохлі стебла рослин, які в процесі збирання розділяються на дві частини: стерня – залишок стебла від поверхні ґрунту до висоти зрізу та солома, яка проходить через молотарку та подрібнюється або не подрібнюється комбайном і залишається на поверхні поля;

- полова – структурні елементи колоса або бобів, що залишаються на полі після вимолочування зерна.

Таким чином, **рослинні рештки** – це залишки надземних і підземних частин рослин, які потрапляють у ґрунт після збирання основного врожаю (солома, стерня, листя, корені, стебла). Вони є основним джерелом органічної речовини ґрунту і відіграють ключову роль у процесах гумусоутворення, живлення рослин та формування структури ґрунту (рис.3.1).

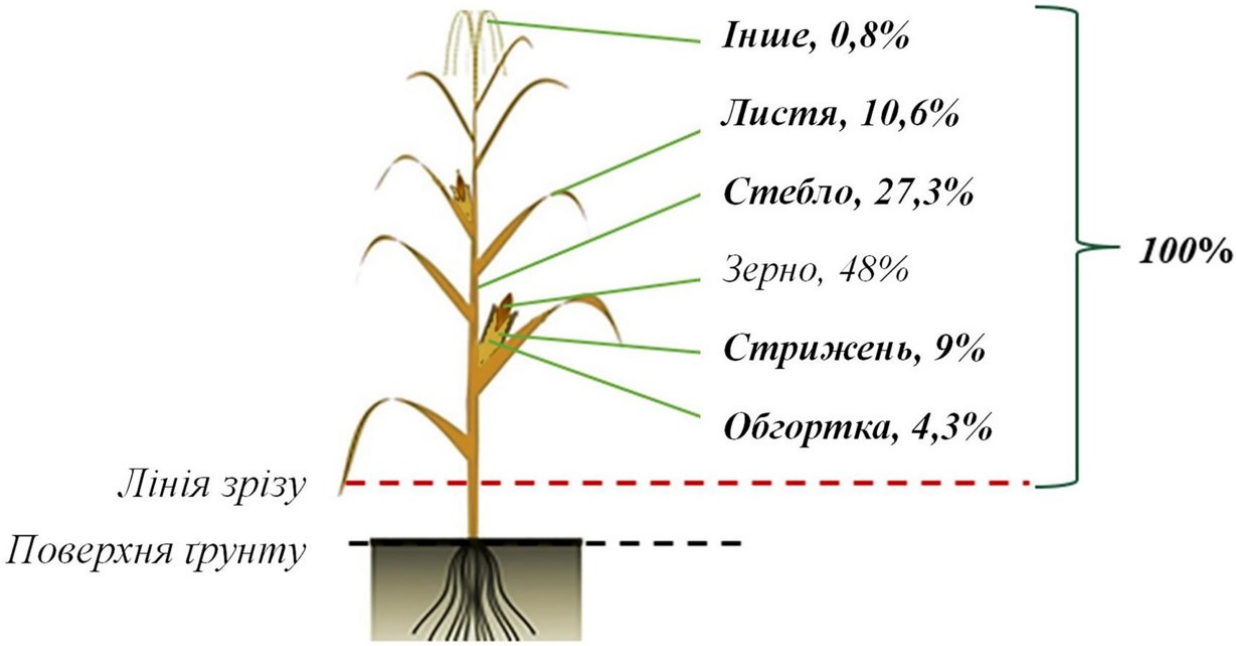



Рис.3.1. Розподіл рослинності маси у кукурудзи на зерно

Основна продукція:

- Зерно – 48 %

Побічна продукція:

- стебела, 27,3%;
- листя – 10,6%;
- стрижні – 9,0%;
- обгортки – 4,3%;
- інших частини – 0,8%.

Джерело: https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-23-en.pdf

### 3. 2. Місце і значення рослинних решток у системах землеробства No-till і Strip-till

У традиційному землеробстві будь-яка побічна продукція рослинництва, зокрема й солома, використовується здебільшого як *добриво чи корм або матеріал для застосування в інших галузях сільського господарства.* Це зумовлює необхідність збирання і транспортування соломи до ферм, що вимагає додаткових витрат, які можуть становити до 65 % загальних витрат, пов’язаних зі збиранням зернових. Затрати праці на збирання та скиртування соломи у 2–3 рази, а витрати палива в 1,2–1,5 раза більші, ніж на збирання зерна. Застосування рослинних решток в традиційному землеробстві:

- *Тваринництво:* корми та підстилка

- *Мульчування***:** використання решток для покриття ґрунту
- *Органічні добрива:* використання поживних речовин для вирощування комерційних культур
- *Сировина для компосту:* використання для виготовлення компосту

*Сировина як біопалива:* виготовлення або використання.

Способом використання побічної продукції системи землеробства No-till і Strip-till кардинально відрізняються від традиційного землеробства. Основна різниця полягає в розумінні місця і ролі рослинних решток у системі рільництва. У традиційному землеробстві солома розглядається здебільшого як додаткове джерело поживних речовин, що надходять у ґрунт внаслідок процесу розкладу органічної речовини. При цьому, виходячи із завдання механічного обробітку ґрунту щодо поліпшення його властивостей і приведення їх у відповідність біологічним вимогам культури, наявність побічної продукції на поверхні поля розглядається як перепона для якісного виконання обробітку ґрунту, тому рекомендувалося заробляти її в ґрунт, спалювати або використовувати у тваринництві (на корм та як підстилку).

**Розміщення рослинних решток на поверхні ґрунту, відсутність механічного обробітку і сівба покривних культур є фундаментом філософії системи землеробства No-till – максимального наближення процесів відтворення і розширення родючості ґрунту до природного ґрунтоутворення.**

*У системі землеробства No-till і Strip-till одним із базових положень є обов'язкове залишення всіх рослинних решток на поверхні та рівномірне їх розміщення на полі.*

Відмова в системі землеробства No-till від обробітку не означає повну відмову від завдань, які він виконує. Природно, що в системі землеробства No-till їх також слід вирішувати, але іншими методами. Одним з інструментів і є рослинні рештки. При вирішенні одних завдань – вони основний інструмент, а в розв'язуванні інших – їх вплив має опосередкований характер і потребує доповнення додатковими заходами. *Це обумовлює необхідність системного комплексного підходу до використання рослинних решток, що є однією з основних особливостей системи землеробства No-till.*

Роль і значення рослинних решток у системах землеробства No-till і Strip-till набагато ширші. Оцінюючи їх як засіб забезпечення процесу збереження і підвищення родючості ґрунту завдяки природному ґрунтотворенню, вони мають вирішувати такі завдання:

– *поліпшення структурного стану ґрунту внаслідок створення і підтримання сприятливої дрібногрудкуватої будови поверхневого шару ґрунту;*

– *посилення колообігу поживних речовин завдяки активізації корисних мікробіологічних процесів у ґрунті, а також залученню поживних елементів з рослинних решток у систему живлення культурних рослин;*

– *захист ґрунту від вітрової та водної ерозії.*

Для оцінки протиерозійної ефективності соломи можна навести наступні дані:

***Контрольний варіант (без наявності рослинних решток на поверхні ґрунту):***

- *схил 2°: стік 30,1 мм, змив 12,2 м³/га*
- *схил 5°: стік 32,2 мм, змив 29,9 м³/га*
- *схил 7°: стік 39,2 мм, змив 39,9 м³/га*

***Наявність соломи на поверхні ґрунту, 2 т/га:***

- *схил 2°: стік 1,6 мм, змив – 0,15 м³/га*
- *схил 5°: стік 5,4 мм, змив 1,9 м³/га*
- *схил 7°: стік 8,2 мм, змив 2,8 м³/га*

***Наявність соломи на поверхні ґрунту, 4 т/га:***

- *повне зникнення стоку і змиву на всіх схилах*
- *запобігання втратам із ґрунту поживних речовин і вологи;*
- *пригнічення проростання насіння і появи сходів бур'янів;*
- *надання необхідних властивостей і стану верхньому шару ґрунту для загортання насіння культури на задану глибину;*
- *захист ґрунту від перегрівання;*
- *забезпечення захисту ґрунту від енергії дощових крапель, підтримання високої водопроникності;*

## 3. 3. Склад і кількість рослинних решток

### *3.3.1Склад рослинних решток*

Солома ярих й озимих зернових і рослинні рештки інших культур як органічні добрива є одним із вагомих і найдешевших резервів підвищення родючості ґрунтів. Солома містить лише 15 % води і на 85 % складається з органічної речовини. Вона цінний ресурс підвищення потенційної родючості ґрунту і є важливим резервом збільшення органіки в ґрунті. До складу рослинних решток входять лігнін, целюлоза, геміцелюлоза тощо. У складі органічної речовини соломи є всі потрібні для рослин макро- та мікроелементи. *За вмістом органічної речовини 1 т соломи прирівнюється до 3–4 т підстилкового гною і з неї може утворитися 160–180 кг гумусу.*

Рослинні рештки широко використовуються в усьому світі. Наприклад, в Америці частка рослинних решток у загальному обсязі органічних добрив перевищує 53 %, у країнах ЄС – 60 %.

За даними численних літературних джерел, у біомасі 6–8 т соломи сконцентровано 25–35 кг азоту, 14–20 кг фосфору, 50–85 кг калію, 15–17 кг кальцію. Крім макроелементів, у цій кількості рослинних решток є певна кількість мікроелементів: бору – в середньому 30 г, міді – 20 г, марганцю – 180 г, молібдену – 2–3 г, цинку – 200–300 г, які мають можливість швидко повернутися в ґрунт (табл. 3.1).

Рослинні рештки складаються переважно з органічних полімерів і мінеральних елементів. У середньому їх склад включає такі компоненти:

Таблиця 3.1

**Хімічний склад надземних рослинних решток (Національний науковий центр «Інститут ґрунтів та агрохімії імені О. Н. Соколовського, 2012 рік з доповненнями)**

| Культура | Суха речовина, % | Органічна речовина, % | Вміст у повітряно-сухій речовині, % | | | | | | | Співвідношення C/N (N=1) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | CaO | MgO | S | зола | |
| Пшениця озима | 86 | 81 | 0,5 | 0,2 | 0,9 | 0,3 | 0,1 | 0,04 | 4,9 | 80 |
| Жито | 86 | 82 | 0,5 | 0,3 | 1,0 | 0,3 | 0,1 | 0,16 | 3,9 | 85 |
| Ячмінь | 86 | 81 | 0,5 | 0,2 | 1,0 | 0,3 | 0,1 | 0,15 | 4,5 | 80 |
| Овес | 86 | 79 | 0,6 | 0,3 | 1,6 | 0,4 | 0,12 | 0,17 | 6,5 | 60 |
| Пшениця яра | 86 | 82 | 0,6 | 0,3 | 0,7 | 0,3 | 0,1 | 0,05 | 3,5 | 65 |
| Кукурудза | 86 | 81 | 0,7 | 0,3 | 1,6 | 0,5 | 0,3 | 0,15 | 4,4 | 50 |
| Ріпак | 86 | 80 | 0,7 | 0,2 | 1,0 | 2,0 | 0,2 | 0,30 | 4,8 | 55 |
| Гречка | 86 | 80 | 0,8 | 0,6 | 2,4 | 1,0 | 0,2 | 0,13 | 5,2 | 50 |
| Горох | 86 | 81 | 1,4 | 0,3 | 0,5 | 1,8 | 0,3 | 0,32 | 3,9 | 30 |
| Люпин | 86 | 81 | 1,0 | 0,2 | 1,7 | 1,0 | 0,3 | 0,40 | 4,1 | 40 |
| Соя | 86 | 82 | 1,2 | 0,3 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,33 | 3,2 | 30 |
| Вика | 86 | 81 | 1,4 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 4,4 | 30 |

1. *Целюлоза* (35–50 %)

Це головний структурний компонент клітинних стінок рослин. Целюлоза формує волокнисту структуру стінок клітин, дозволяючи рослинам протистояти зовнішнім впливам Целюлоза є полісахаридом, що складається з залишків глюкози. Вона відносно швидко розкладається ґрунтовими мікроорганізмами (бактеріями та грибами) і є важливим джерелом енергії для ґрунтової мікробіоти. Вміст целюлози в рослинних рештках (солома, бадилля) може сягати 45–50%.

2. *Геміцелюлоза* (20–30 %)

Геміцелюлоза – це неструктурний полісахарид рослинного походження, що входить до складу клітинних стінок рослин разом із целюлозою. Це гетерополімер (суміш ксиланів, мананів та ін.), який утворює жорстку мережу, забезпечуючи міцність рослинних тканин, але гідролізується (розщеплюється) легше, ніж целюлоза, тому швидше мінералізуються під дією мікроорганізмів.

3. *Лігнін* (10–25 %)

Лігнін – природний органічний полімер, що міститься в клітинних стінках судинних рослин, забезпечуючи їхню жорсткість, міцність та здерев`яніння. Він розкладається значно повільніше, ніж целюлоза та геміцелюлоза, і відіграє важливу роль у процесі формування гумусу.

4. *Білкові та інші азотисті сполуки* (1–5 %)

До них належать амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти. Вони є джерелом азоту для ґрунтових мікроорганізмів і рослин.

5. *Ліпіди, жири, воски та смоли* (1–3 %)

Ці речовини відносно стійкі до біологічного розкладання. Вони утворюють гідрофобні компоненти рослинних тканин.

6. *Органічні кислоти, цукри, пектини та інші водорозчинні речовини* (до 5 %)

Ці сполуки швидко розкладаються мікроорганізмами і є першими субстратами мікробіологічної активності після потрапляння рослинних решток у ґрунт.

7. *Мінеральні речовини* (зольні елементи) – 2–10 %

Після мінералізації рослинних решток у ґрунт повертаються макро- і мікроелементи: азот (N), фосфор (P), калій (K), кальцій (Ca), магній (Mg), сірка (S), мікроелементи (Fe, Mn, Zn, Cu, B тощо). Кількість мінеральних речовин в рослинних рештках наведена в табл. 3.1.

### *3.3.2 Співвідношення вуглецю і азоту*

Важливою характеристикою рослинних решток є співвідношення вуглецю до азоту (C:N). Вуглець це енергія (їжа) для мікроорганізмів. Співвідношення вуглецю до азоту (C:N) у рослинах – це показник енергетичної цінності (якість їжі), яка визначає швидкість її розкладання. У молодих рослин та бобових воно низьке (< 20:1), що зумовлює їх швидке розкладання ( від кількох місяців до року), тоді як у зрілих злаків та соломи – високе (>50 :1), що зумовлює повільний їх розклад (більше 2 років) та іммобілізацію азоту ґрунтовими мікробами з грунту. Високе співвідношення C\N створює тимчасовий дефіцит азоту для наступних культур (іммобілізація). Загалом, здоровий ґрунт має співвідношення C:N у межах 10-12:1, що забезпечує баланс між швидкістю розкладання та живленням рослин (агротест, AgroTimes).

Співвідношення вуглецю до азоту у цілинних (нерозораних) ґрунтах зазвичай є вищим порівняно з окультуреними і становить у середньому **12:1 – 15:1** і вище. Це свідчить про накопичення значної кількості органічної речовини (гумусу), яка розкладається повільніше, забезпечуючи стабільну структуру ґрунту. Загалом, вище співвідношення у цілинних ґрунтах вказує на кращий екологічний стан та високу здатність до саморегуляції

Таким чином, рослинні рештки виконують наступні функції:

- є головним джерелом для утворення гумусу;
- покращують структуру ґрунту і його агрегатний стан;
- підвищують водоутримувальну здатність ґрунту;
- слугують субстратом для ґрунтових мікроорганізмів;
- зменшують ерозію ґрунту;
- повертають у ґрунт поживні елементи.

Особливо важливе значення рослинні рештки мають у системах No-till та Strip-till, де вони формують мульчувальний шар на поверхні ґрунту, що захищає його від перегрівання, випаровування вологи та руйнування структури

### *3.3.3 Кількість рослинних решток*

Кількість рослинних решток, які формує культура, не є сталою величиною. Вона має пряму залежність від кількості основної продукції. Численними науковими дослідженнями встановлені орієнтовні коефіцієнти співвідношення між основною та побічною продукцією (табл. 3.2). У системах землеробства No-till і Strip-till обов'язково враховують це співвідношення при виборі сортів і гібридів. За потреби збільшення рослинних решток на полі віддають перевагу сортам і гібридам, що мають ширше співвідношення основної та побічної продукції.

Таблиця 3.2

**Орієнтовні співвідношення основної та побічної продукції сільськогосподарських культур (абсолютно суха речовина (Мостіпан М. І., 2015)_**

| Культура | Продукція | | | Калорійність абсолютно сухої речовини, ккал/кг |
|---|---|---|---|---|
| | основна | побічна | співвідношення | |
| Пшениця озима | Зерно | Солома | 1 : 1,2–1,65 | 4450 |
| Озиме жито | Зерно | Солома | 1 : 1,7–2,0 | 4400 |
| Тритикале | Зерно | Солома | 1 : 1,5–1,9 | 4420 |
| Ячмінь | Зерно | Солома | 1 : 1,1–1,3 | 4420 |
| Овес | Зерно | Солома | 1 : 1,3–1,5 | 4400 |
| Просо | Зерно | Солома | 1 : 1,3–1,5 | 4600 |
| Кукурудза | Зерно | Солома | 1 : 1,2–1,6 | 4100 |
| Гречка | Зерно | Солома | 1 : 2,0–3,0 | 4540 |
| Горох | Зерно | Солома | 1 : 1,1–1,3 | 4710 |
| Картопля | Бульби | Бадилля | 1 : 0,7–1,0 | 4300 |
| Льон – довгунець | Насіння | Солома | 1 : 5,0–8,0 | 4600 |
| Буряки цукрові | Коренеплоди | Гичка | 1 : 0,4–0,6 | 4230 |
| Буряки кормові | Коренеплоди | Гичка | 1 : 0,4–0,6 | 3850 |
| Хміль | Шишки | Стебла | 1 : 3,0–5,0 | 4700 |
| Соняшник | Насіння | Листя, стебла | 1 : 1,5 – 2,0 | 4450 |
| Ріпак | Насіння | Листя, стебла | 1 : 1,5 – 2,0 | 4450 |

Необхідна кількість рослинних решток потрібних для підтримання балансу органічної речовини в грунті залежить від кліматичних умов (рис. 3.2). Чим вологіший і тепліший клімат, тим швидше відбувається розклад рослинних решток, а відповідно – потреба в них зростає. В тропічних регіонах щорічний синтез-розклад органічної речовини сягає 30т/га в умовах України він в середньому становить 16 т/га.

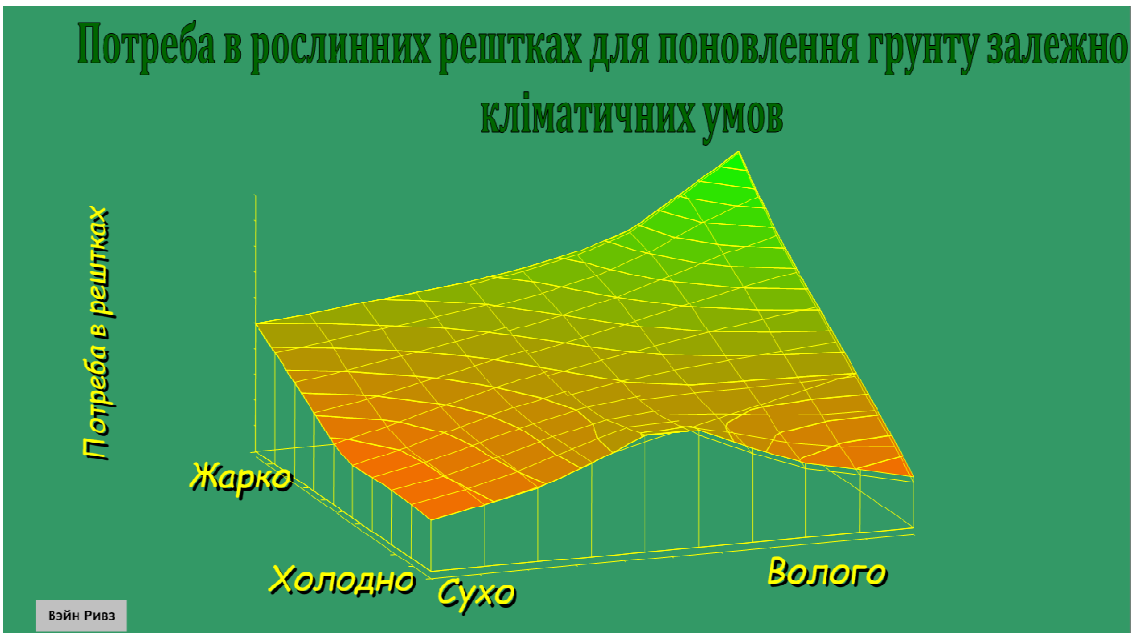


Рис. 3.2. Потреба в рослинних рештках залежно від кліматичних умов. © Вейн Рива

Залежно від виду культури рослинні рештки мають різні властивості. Наприклад, рослинні рештки рослин із родини капустяних мають сильні алелопатичні властивості. Рослинні рештки з високою механічною міцністю можуть бути перепоною для сівби наступних культур, таблиця 3.2. До таких, наприклад, відносяться рослинні решки льону, які здатні намотуватися на сошники.

### 3. 4. Управління рослинними рештками

Щоб рослинні решки виконували покладені на них завдання (накопичення вологи, добриво, захист ґрунту від ерозії тощо), з ними слід цілеспрямовано працювати, тому в системах землеробства No-till і Strip-till існує спеціальний термін – **управління рослинними рештками**. *Управління рослинними рештками проводиться агротехнічними заходами, які поділяються на організаційні, механічні та біологічні.*

#### *3. 4. 1. Організацій заходи*

До організаційних заходів управління рослинними рештками належать сівозміна та програма сівби покривних культур. До складу сівозміни підбираються культури, які формують бажану кількість і якість рослинних решток. Чергуванням культур досягається створення на поверхні поля певної товщини шару рослинних решток із бажаним темпом їх мікробіологічного розкладання, наприклад, кукурудза формує багато рослинних решток, а соя мало, чергуючи ці культури, можна досягнути стабільного шару рослинних решток на полі. Такого самого результату можна досягти, чергуючи на полі такі культури, як соняшник і пшениця озима. Крім цього, для кожної культури підбирають відповідно до поставленої мети й найоптимальніші за кількістю побічної продукції сорти та гібриди.

У кожній конкретній схемі сівозміни визначають місце і видовий набір покривних культур відповідно до поставленого завдання управління кількістю та якістю рослинних решток на поверхні ґрунту. Наприклад, після зернових колосових культур, що рано збираються, для підтримання постійного шару рослинних решток і бажаного темпу їх біологічного розкладу підбирають покривні культури з родин бобових, капустяних тощо і, навпаки, після бобових чи капустяних – підбирають покривні культури з родини тонконогових.

Для накопичення і підтримання певного рівня рослинних решток на полі необхідно, щоб частка злакових культур у структурі сівозміни становила не менше 60 %. Сівозміна зі співвідношенням злакових і дводольних культур 50:50 і менше не дає змоги зберігати та накопичувати рослинні рештки. Часто на таких полях вони практично відсутні із-за швидкого розкладу особливо на грунтах з викокою біологічною активністю.

В системі землеробства Strip-till рослинні рештки переміщують з зони рядку у міжряддя (рис. 3.3).

*Отже, набір і порядок чергування культур у сівозміні з планом сівби проміжних культур – становлять організаційну складову системної цілеспрямованої програми управління рослинними рештками, яка визначає час, вид, кількість і якість надходження рослинних решток на поля від основних і проміжних культур сівозміни (рис. 3.4).*



Рис. 3.3. Рослинні рештки, локалізовані в міжряддях



Рис. 3.4. Накопичення рослинних решток після трьох років застосування No-till («Агро-Союз», Дніпропетровська область)

### *3. 4. 2. Механічні заходи управління*

Знаряддями механічного впливу на рослинні рештки є комбайн, жатка, спеціальні подрібнювачі та рублячі-котки. Їх завдання – надати рослинним решткам певного розміру та розмістити їх по поверхні поля й у просторі. Розмір рослинних решток залежить від рівня їх подрібнення комбайном, подрібнювачем чи рублячим-котком. Ступінь подрібнення визначається поставленим завданням тривалості їх розкладу мікроорганізмами або необхідністю рівномірного їх розподілу по полю під час збирання врожаю культури тощо. Чим дрібніше подрібнюють солому і стебла, тим швидше органічна маса буде розкладатися, але її легше рівномірно розмістити по поверхні поля. Непосічена солома довше розкладається але комбайн гірше рівномірно розподіляє її по полю, ніж подрібнену.

*Збирання врожаю – перша технологічна операція механічного керування рослинними решт*ками. Основне завдання комбайна за використання звичайної жатки – виконати перший фізичний вплив на побічну продукцію (солому та полову): подрібнити й рівномірно розподілити по площі.

Оцінка якості виконання цього завдання проводиться різними методами. Вони поділяються на точні, що частіше використовуються науковцями в дослідах, та окомірні – найпростіші, які застосовуються здебільшого на виробництві. Для перших характерна висока точність, але вони вимагають значних затрат часу, наявності відповідного обладнання та певної підготовки від виконавця, другі – менш точні, але не вимагають ні багато часу, ні високого рівня підготовки й тому дають змогу проводити оцінку швидко на великій площі з достатньою для виробничих цілей точністю.

До перших належить, наприклад, метод пересічних ліній, точного зважування рослинних решток на певній площі (зазвичай це 1 м$^2$), а до інших – порівняння реального стану зі стандартною шкалою (здебільшого це фото або схематичні рисунки). При плануванні використовується розрахунковий метод імовірного рівня покриття рослинними рештками поверхні ґрунту після різних культур і можливий рівень його змін у часі (рис. 3.5, 3.6).

Для одержання рівномірного розподілу рослинних решток при роботі комбайна необхідно дотримуватися таких правил:

- не допускати зупинок комбайна в загінці. Кращим способом вивантаження зерна є розвантаження на ходу, а не на місці, навіть за використання накопичувача зерна. За потреби зупинки доцільно продовжити рух вперед для очищення комбайна від соломи, з метою уникнути локалізації рослинних решток на полі в одному місці;

- за сильного вітру напрям руху комбайна не повинен збігатися з рухом повітряного потоку. Цим досягається переміщення вітром подрібненої соломи вбік, особливо при збиранні зернових колосових і бобових культур. Інакше вітер посилить нерівномірність розміщення на поверхні поля рослинних решток;

- слід залишати максимально можливу висоту стерні. Цим полегшується робота комбайна, позаяк зменшується кількість соломи, яка проходить через молотарку, з 85 % за низького зрізу до 50 % за високого. Чим рівномірніше розміщені рослинні рештки по полю, то краще вони виконують свої завдання. На думку досвідченого фермера з No-till в США Ріка Бібера, 90% успіху чи невдачі в No-till криється в управлінні рослинними рештками;

- особливу проблему може створити рівномірність розподілу по полю рослинних решток, а не величина різки. Якісний та неякісний розподіл рослинних решток представлено на рис. 3.7, 3.8, 3.9, 3.10.



Рис. 3.7 Якісний розподіл рослинних решток комбайном



Рис. 3.8. Оптимальний вигляд поля після збирання зернових колосових культур комбайном зі звичайною жаткою за низького зрізу (М.Косолап)



Рис. 3.9. Незадовільний розподіл решток по ширині захвату жатки

Пшениця Соя

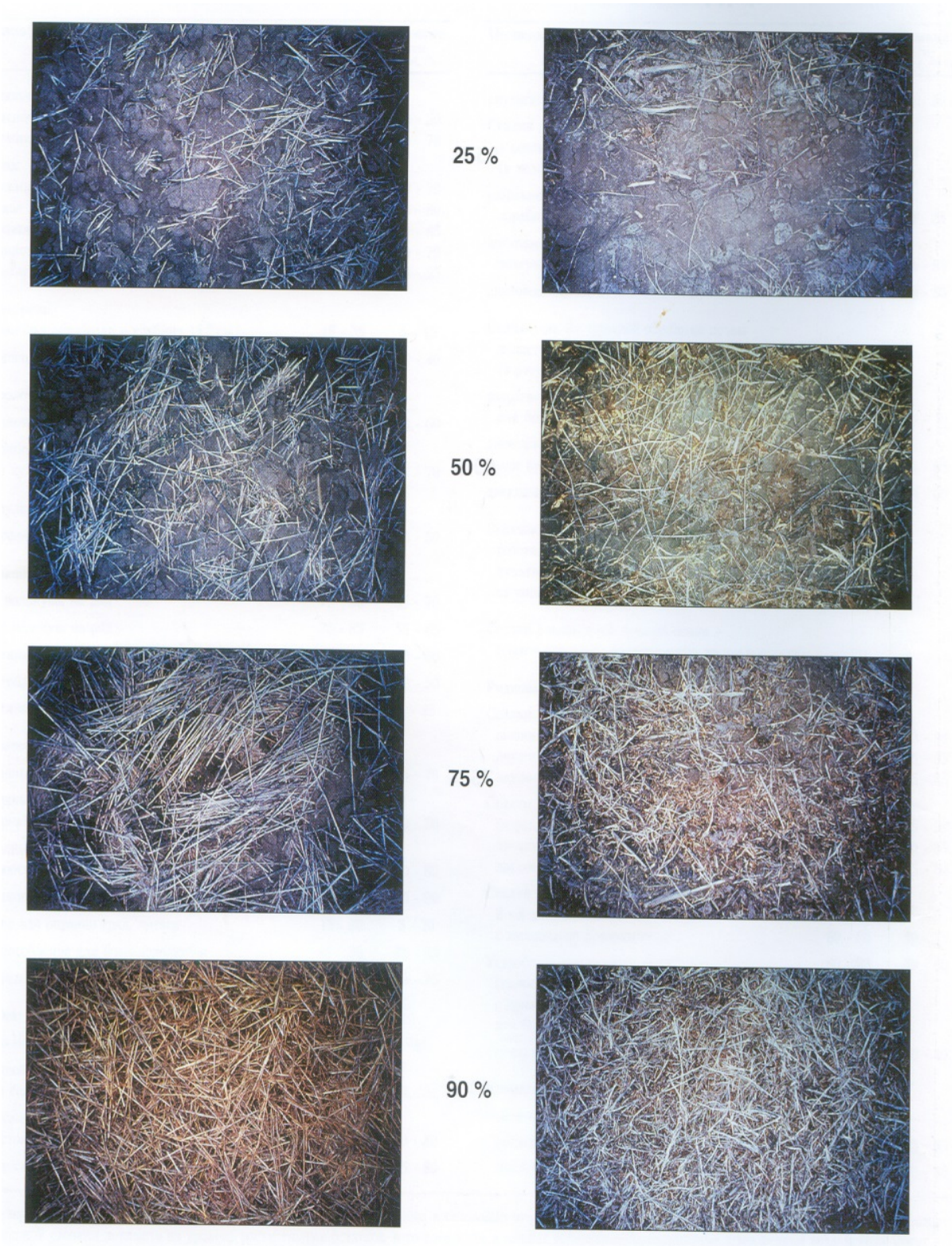



Рис. 3.5. Типова шкала для окомірної оцінки рівня покриття поверхні ґрунту рослинними рештками пшениці та сої (Д.П. Шелтон, Є.К.Дики)

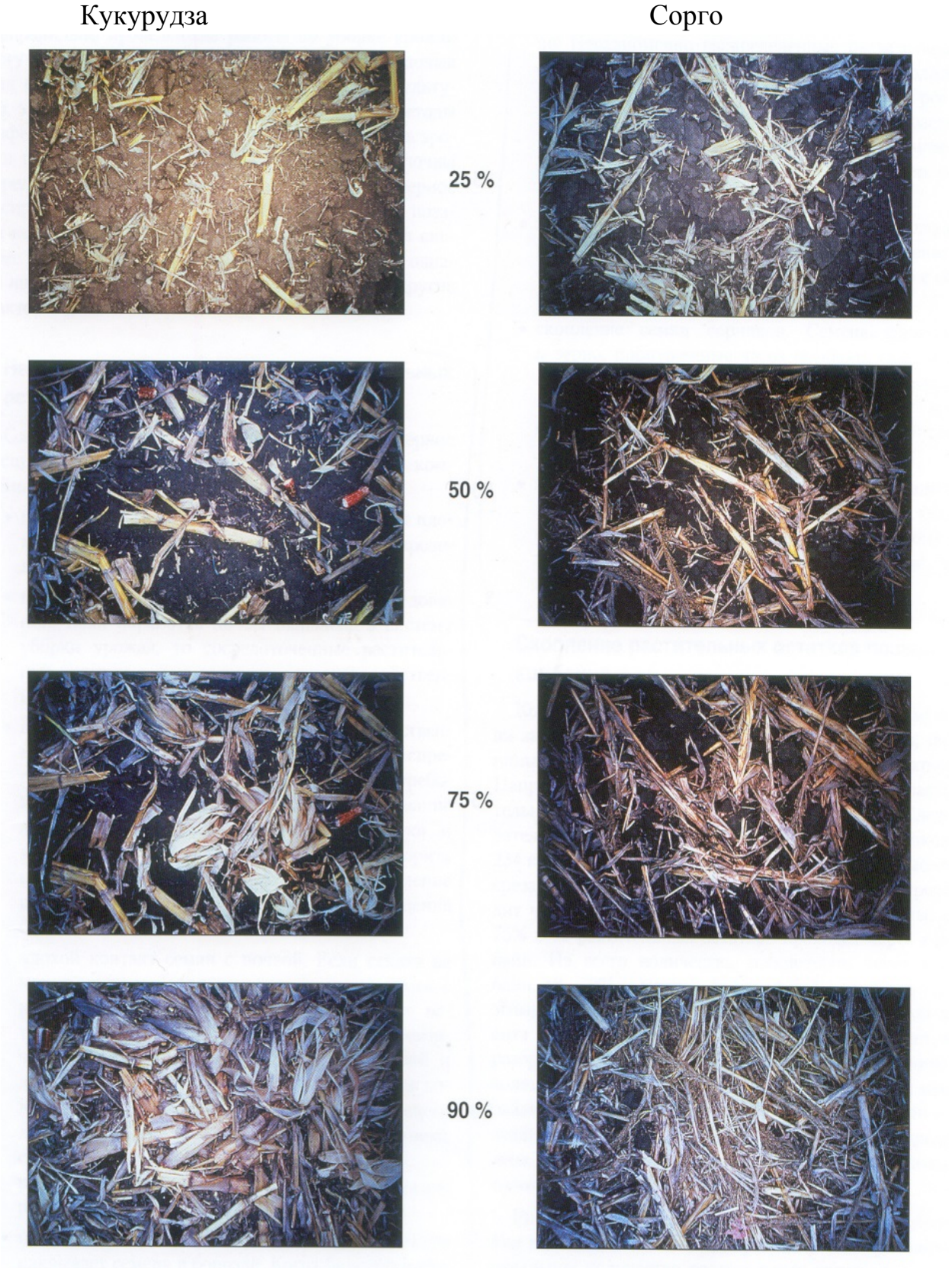



Рис. 3.6. Типова шкала для окомірної оцінки рівня покриття поверхні ґрунту рослинними рештками кукурудзи й сорго (Д.П. Шелтон, Є.К.Дики)



Рис. 3.10. Купи соломи можуть бути непереборною проблемою (М.Косолап)

Практика свідчить, що неможливо здійснити повністю ідеально рівномірний розподіл рослинних решток комбайном по всій ширині жатки. Це обумовлено багатьма чинниками, наприклад, шириною жатки. Чим ширша жатка, тим гірша рівномірність розподілу рослинних решток по її ширині. Причиною цього є неоднакові аеродинамічні характеристики різних частин рослинних решток.

Зазвичай до збирання побічна продукція (солома і полова) рівномірно розміщена на полі (рис 3.11). Необхідність її перерозподілу виникає при збиранні (рис. 3.12) та залежить від ширини захвату жатки та від конструкції розкидача, яким обладнаний комбайн (рис. 3.13, 3.14).

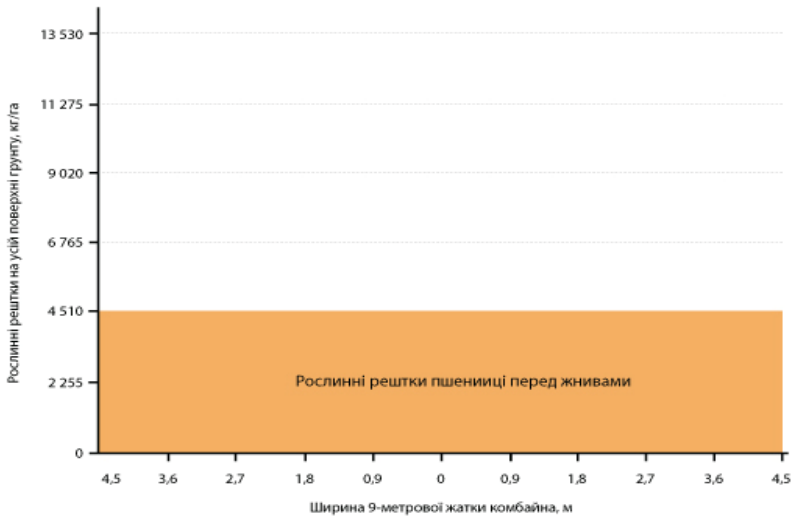



Рис. 3.11. Розподіл надземної органічної маси на полі до збирання врожаю пшениці (© John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman)

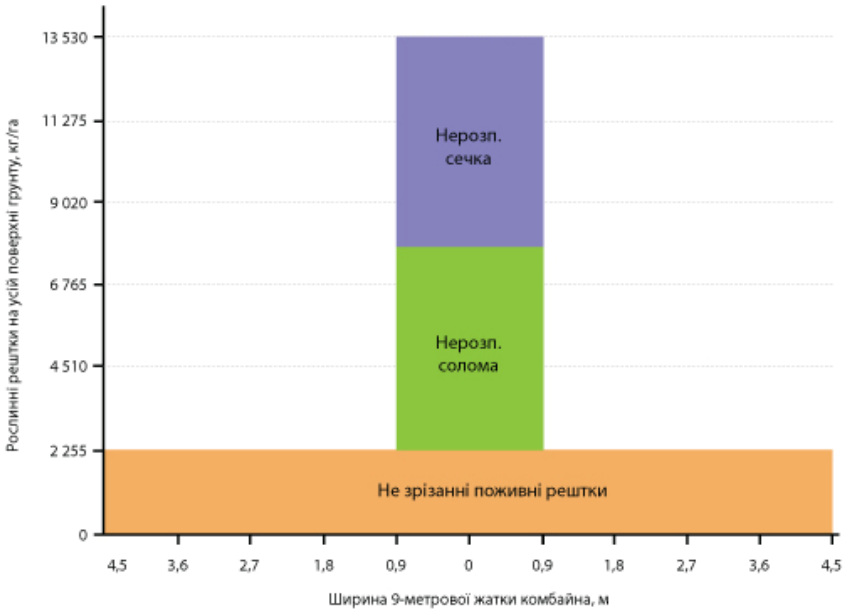



Рис. 3.12. Розподіл рослинних решток після збирання врожаю та комбайном без розподілу соломи й полови (50 % загального об'єму надземної рослинної маси пройшло через комбайн і 50 % залишилося у вигляді стерні).
© John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman.

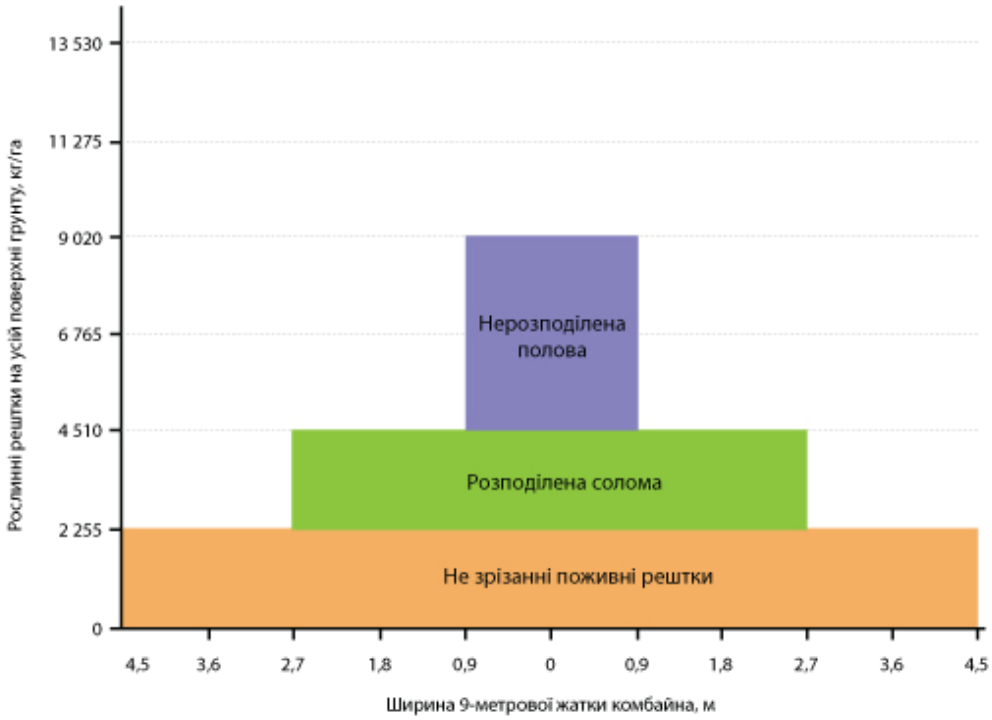



Рис. 3.13. Розподіл рослинних решток по ширині захвату жатки комбайном, який рівномірно розкидає солому на ширину більше як 5,5 м, але не розподіляє полову (полова становить 50 % рослинних решток, що проходять через комбайн). © John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman.

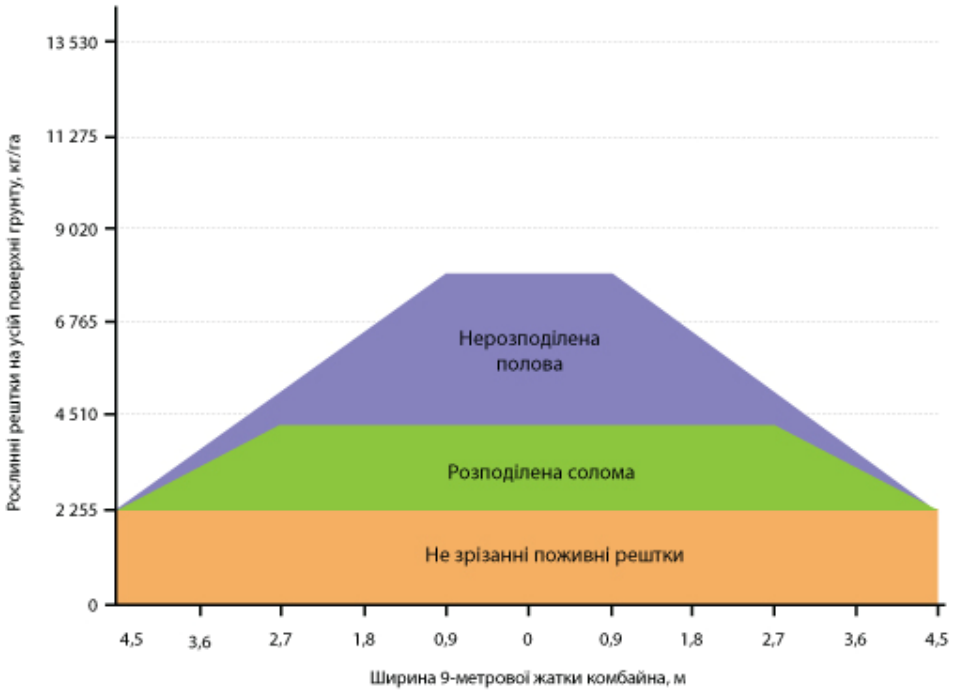



Рис. 3.14. Близький до ідеального розподіл соломи й полови комбайном із розкидачем при ширині захвату жниварки 7,3–9,1 м.
© John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman.

При обладнанні комбайна невідповідним розкидачем рослинних решток зростає нерівномірність їх розподілу по полю. Розподіл соломи при доброму (рівномірному) і незадовільному розподілі соломи по ширині захвату жатки наведений на рис. 3.15, рис. 3.16.

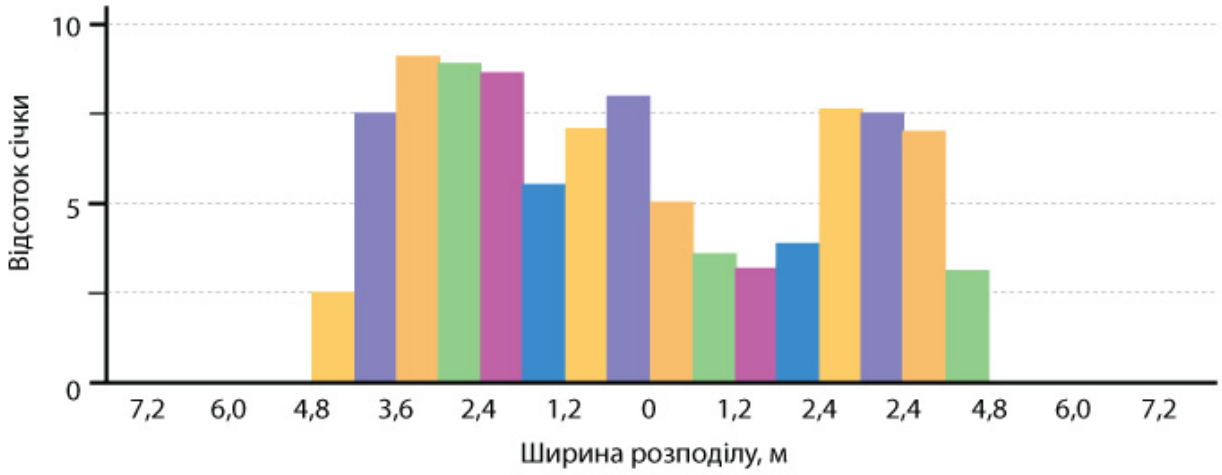



Рис. 3.15. Приклад незадовільного розподілу солом'яної січки комбайном із пристосуванням для розподілення соломи.
© John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman.

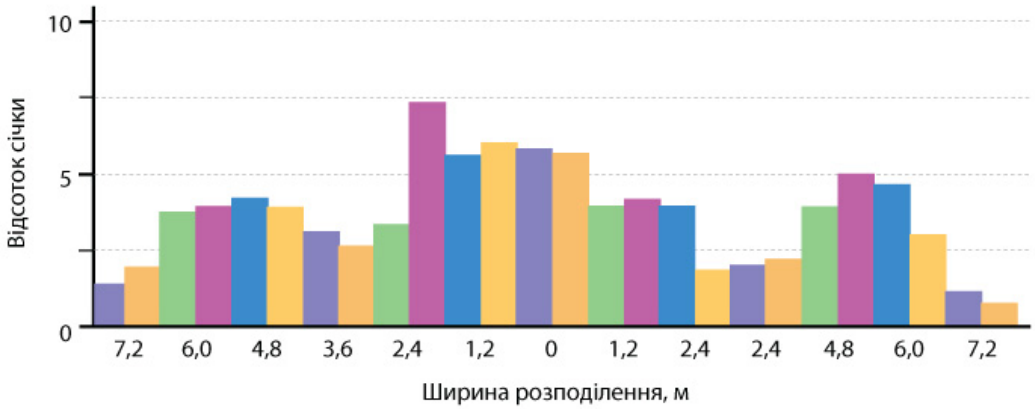



Рис. 3.16. Приклад дуже доброго розподілу солом'яної січки за допомогою пристосування для розподілення соломи
© John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman.

Чим менше органічної маси проходить через комбайн, тим вища його швидкість і продуктивність без втрати якості збирання, тому за збирання зернових колосових доцільно використовувати не традиційну, а очісуючу жатку. Застосування очісуючої жатки допомагає різко підвищити продуктивність комбайна (на 30%), зменшити в 1,6 раза витрати палива на одиницю площі при зменшенні навантаження на агрегати комбайна (табл. 3. 3). У середньому два комбайни з очісуючими жатками за продуктивністю прирівнюють до трьох із традиційними жатками.

Таблиця 3. 3

**Порівняльна характеристика роботи комбайна зі звичайною й очісуючою жатками (презентація Романьков Е.)**

| Показники | Очісуюча жатка | Звичайна жатка |
|---|---|---|
| Витрата палива, л/га | 6–8 | 11,0–12,5 |
| Продуктивність роботи комбайна, га/год | 1,3 (30 %) | 1,0 |
| Вологість зерна при збиранні, % | Від 30 % | Від 18 % |
| Навантаження на агрегати комбайна від максимального | 30 % | 80 % |
| Можливість цілодобової роботи | Так | Ні |
| Втрати, % | До 1,0 | До 0,5 |
| Компенсація дефіциту азоту | Ні | Так |
| Тривале покриття ґрунту | Так | Ні |

На рис. 3.17 наведений вигляд поля після збирання пшениці очісуючою жаткою.



Рис. 3.17. Стояча стерня пшениці озимої, яка зібрана очісуючою жаткою (М. Косолап)

Висока стояча стерня суттєво змінює мікроклімат біля поверхні ґрунту (табл. 3.4). Передусім це виявляється в зменшенні швидкості вітру біля поверхні ґрунту, рівня надходження сонячної інсоляції до його поверхні та випаровування вологи.

Таблиця 3.4

**Вплив висоти стерні на мікроклімат у посіві й урожайність культур (Konkey Mc., 2003)**

| Стерня | Швидкість вітру, м/сек | Температура повітря, t°C | Температура ґрунту, t°C | Сонячне випромінення, Мдж/д | Випаровування, г $H_2O$/год | Урожайність, т/га | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | пшениці | ріпаку |
| Зароблена в ґрунт | 1,7 | 12,4 | 15,2 | 20,2 | 3,17 | 22,6 | 12,4 |
| Коротка (150 мм) | 1,3 | 13,8 | 14,6 | 20,1 | 2,85 | 24,2 | 13,3 |
| Висока (300 мм) | 0,5 | 14,1 | 14,4 | 17,9 | 2,34 | 25,6 | 14,1 |

В результаті це спряє отриманню дружних сходів озимих або покривних культур і нормальному їх розвитку (рис. 3.18).



Рис. 3.18. Пшениця озима у високій стерні (фото В. Мокляка)

*Неякісну роботу комбайна щодо розподілу рослинних решток на полі складно або практично неможливо усунути наступними технологічними операціями в системах землеробства No-till і Srip-till.*

Неякісна робота комбайна з рослинними рештками призводить до таких негативних наслідків:

1) *погіршення якості сівби*, що може бути зумовлено поганим контактом насіння з ґрунтом, коли сошник у сформовану насіннєву борозенку затягує рослинні рештки й укладає насіння на них чи поряд із ними (рис. 3.19). Або збільшення нерівномірності розміщення насіння за глибиною через те, що сошник не зміг прорізати товстий шар рослинних решток і насіння опинилося на їх поверхні. Здебільшого це характерно для дискових сошників;

*2) нерівномірна за часом поява сходів* культури може бути обумовлена неоднаковою температурою та вологістю ґрунту під рослинними рештками на ділянках із різною їх товщиною, особливо у весняний період;

3) *забивання сошників сівалки* рослинними рештками, що знижує якість і швидкість посівних робіт;

4) *зниження ефективності гербіцидів*. Нерівномірний розподіл рослинних решток може бути причиною наявності великої кількості насіння бур'янів під купами соломи і, як наслідок, – зниження ефективності дії гербіцидів через підвищення їх стійкості (ефект групи: чим вища щільність бур’янів, тим вони стійкіші проти гербіцидів);

5) *різниця в часі появи сходів бур’янів*. Спочатку вони з’являються в місцях, де рослинних решток немає, а потім пробиваються з-під рослинних решток. Це суттєво ускладнює проведення заходів контролю (рис. 3.20);

6) збільшення вірогідності *ураження насіння і сходів культурних рослин збудниками хвороб і шкідниками,* які можуть концентруватися в місцях локалізації рослинних решток.



Рис. 3.19. Розміщене в рослинних рештках насіння пшениці (М.Косолап)

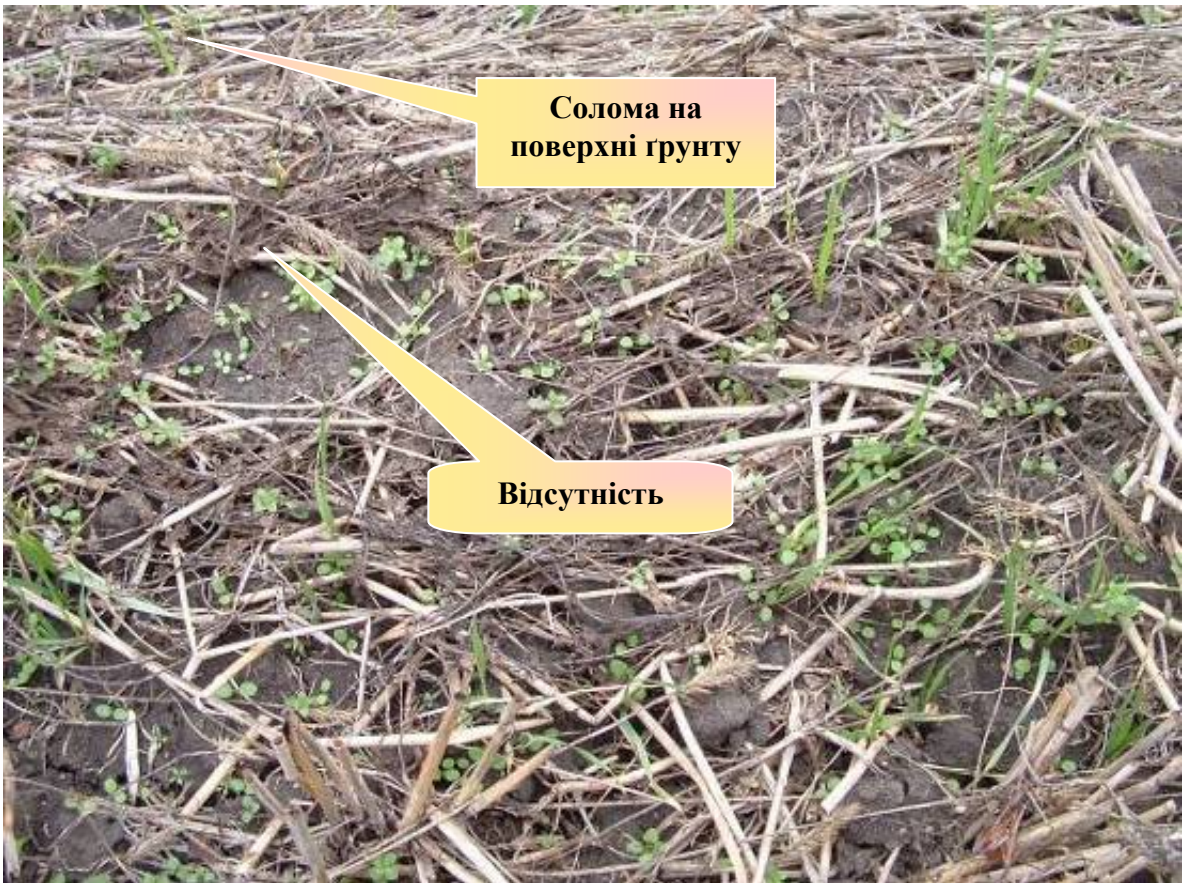



Рис. 3.20. Нерівномірність появи сходів бур'янів залежно від наявності рослинних решток (М.Косолап)

Отже, всі проблеми, які можуть виникнути за нерівномірного розподілу рослинних решток по полю, можна звести до:

- зниження якості роботи посівних агрегатів;
- зниження рівня контролю бур'янів;
- погіршення фітосанітарного стану посіву;
- необхідності проведення додаткових заходів на полі з розтягування куп соломи.

З усієї кількості органічної маси, що пройшла через комбайн, 40–70 % – це дрібна фракція. Вона зазвичай падає з комбайна на ґрунт із решета першого очищення. Часто полова не потрапляє на розподілювач або подрібнювачі соломи. Якщо на комбайні немає подрібнювача і розподілювача, в полі формуються валки з довгої соломи та полови. *У такому разі для їх рівномірного розподілу по поверхні ґрунту потрібна додаткова технологічна операція та відповідне обладнання.* Проте на сьогодні наявний асортимент подрібнювачів не здатен якісно подрібнити й розкидати створений комбайном валок соломи.

За збирання кукурудзи та соняшнику комбайн, не обладнаний відповідними жатками, не може виконати всі завдання і для подрібнення стоячих стебел цих культур можна застосовувати окремий агрегат. Його основне завдання – подрібнити стоячі стебла та рівномірно розподілити по полю подрібнену масу (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Робота подрібнювача рослинних решток (М.Косолап)

Останнім часом новітні комбайни (наприклад, Джон Дір S 770) обладнують системами для надмілкого подрібнення (100 ножів) або устаткуванням для рівномірного розкидання полови, а не лише соломи.

### *3. 4. 3 Біологічний метод управління рослинними рештками*

Суть біологічного методу управління рослинними рештками полягає в регулюванні швидкості їх біологічного розкладання та зменшення фітопатологічного ризику завдяки контролю рівня присутності на них шкідливих мікроорганізмів – збудників хвороб сільськогосподарських культур. На сьогодні створені лише препарати, які прискорюють процес розкладання соломи за допомогою різноманітних мікроорганізмів, що входять до складу біологічних препаратів, проте потрібні й препарати, котрі уповільнюють розклад, але їх донині немає.

Швидкість розкладання соломи залежить від типу ґрунту, його фізичних, хімічних і біологічних властивостей, погодних умов, а також від виду і складу культури. Особливо від співвідношення вуглецю й азоту. Встановлено, що інтенсивність розкладання клітковини зростає від дерново-підзолистих ґрунтів до сірих лісових і чорноземів, що чітко відповідає кількості мікроорганізмів у цих ґрунтах. Групи культур за швидкістю розкладання (від максимальної до мінімальної) можна розташувати в такій послідовності: бобові, капустяні, айстрові, злакові колосові, кукурудза. Оптимальна температура розкладання клітковини +28–30 °С за вологості ґрунту 60–70 % від повної його вологоємності. Інтенсивність розкладання соломи у верхньому шарі ґрунту помітно вища, що пояснюється доброю аерацією цього шару ґрунту, а також великою чисельністю й різноманітністю видового складу мікроорганізмів.

Існуючі біологічні деструктори стерні наносять на рослинні рештки – солому, стерню зернових культур, рештки кукурудзи, соняшнику та інших сільськогосподарських культур після їх збирання. У своєму складі зазвичай вони містять поживне середовище, що активізує діяльність мікроорганізмів, і самі мікроорганізми з різноманітних груп (целюлозо- і лігнінрозкладаючі, азотфіксуючі, фосформобілізуючі тощо). Ці мікроорганізми прискорюють біотрансформацію рослинних решток до мінеральних сполук і гумусу. До таких препаратів, наприклад, належить Екостерн® – оздоровлювач рослинних решток і ґрунту, розроблений спеціально для технології No-till, Strip-till, Mini-till, який не потребує заробки в ґрунт.

За результатами проведеного «БТУ-Центром» мікологічного аналізу ґрунту в десяти господарствах Полісся та Лісостепу (Хмельницька, Київська, Чернігівська, Черкаська, Харківська, Кіровоградська, Львівська області), які протягом 2018–2019 рр. застосовували Екостерн, було виявлено зниження ґрунтової патогенної мікрофлори в середньому в чотири рази – з 32,4 % на контролі до 8,8 % на варіантах із застосуванням препарату. Зокрема, високу ефективність деструктор показав проти патогенів із родів:

- ***Fusarium*** – збудник фузаріозної плісняви, фузаріозної кореневої гнилі, фузаріозу колоса;
- ***Rhizopus*** – факультативний паразит, який за сприятливих умов здатний викликати чорну гниль;
- ***Alternaria*** – спричиняє «чорний зародок» насіння;
- ***Gliocladium*** – уражує ослаблені рослини та спричиняє кореневі гнилі;

• ***Aspergillus, Alternaria, Penicillium*** – збудники плісняви насіння.

Міцелій грибів роду Trichoderma, що наявні в більшості деструкторів, проникає в структуру соломини та руйнує її повністю. Препарати на основі триходерми переважно ефективні тільки за оптимальних погодних умов (+20−25 °С) і достатній кількості вологи. Компанія Родоніт пропонує деструктор – Ризобакт Гуміфікатор, який розкладає рослинні рештки й покращує фітосанітарний стан ґрунту. Однією з важливих переваг Ризобакту Гуміфікатору – є те, що до його складу входить співтовариство (консорціум) мікроскопічних грибів роду Penicillium sp. і бактерій Micrococcus sp.

Результат застосування деструкторів проявляється у:

- прискореному розкладанні соломи зернових злакових культур;
- руйнуванні структури стерні та соломини, що забезпечує кращу якість роботи сівалки;
- підвищенні врожайності наступних культур на 10–15 % завдяки додатковій кількості доступних поживних речовин;
- зниженні ураження рослин збудниками хвороб удвічі;
- збільшенні вмісту гумусу в ґрунті;
- економії азотних добрив, які необхідно було б внести як азотком-пенсацію для розкладання соломи (10–15 кг/т д. р. за типової технології).

Відомо, що найінтенсивніше гумус утворюється в перші чотири місяці, у період розкладання целюлози й геміцелюлози. До того ж гумус накопичується в максимальній кількості в період найвищої чисельності мікроорганізмів, що підтверджує їх причетність до утворення гумусу.

За розкладання соломи, крім повернення в ґрунт наявних у ній макро- і мікроелементів, підвищується також доступність для рослин в ґрунті фосфору і калію, завдяки розчинній дії кислот, що утворюються при мінералізації.

Основна проблема розкладання рослинних решток полягає в дотриманні співвідношення в них С до N, яке визначає інтенсивність процесу іммобілізації азоту з ґрунту. Чотири тони соломи на гектарі за певних умов можуть тимчасово призвести до зв’язування (біологічного поглинання) близько 100 кг азоту. Зв’язування неорганічного азоту мікрофлорою, яка бере участь у мінералізації, відбувається тим інтенсивніше, чим ширше відношення C:N у рештках сільськогосподарських культур, особливо якщо це відбувається за оптимальних для діяльності мікроорганізмів вологості й температури. За співвідношення вуглецю до азоту 20–30:1 настає рівновага між мінералізацією й іммобілізацією, тобто кількість доступного неорганічного азоту, утвореного за мінералізації рослинних решток, дорівнює кількості іммобілізованого (недоступного азоту). За співвідношення C:N нижче 20:1 відбувається чиста мінералізація, вивільнення мінерального азоту. В такому разі стане доступним не лише іммобілізований азот, а й азот, що міститься в рослинних рештках.

Позитивно впливають на родючість ґрунту всі види соломи, звісно після додавання азоту для зниження широкого початкового співвідношення C:N, у випадку соломи зернових колосових з 80–100:1 на 25:1. На 1 тонну соломи

рекомендується застосовувати в середньому 10–15 кг д. р. азоту. На практиці мінеральний азот можна з успіхом замінити рідкими органічними добривами, такими як сеча, гноївка. За даними американських дослідників, *додатковий азот не прискорює розклад рослинних решток із широким співвідношенням вуглецю й азоту, а лише допомагає уникнути нестачі мінеральних форм азоту для наступних культур на таких полях*. Також встановлено, що *заорювання рослинних решток кукурудзи не прискорює їх розклад порівняно з розміщенням на поверхні ґрунту.*

Високий ефект спостерігається й за поєднання соломи та проміжної бобової покривної культури. Краща дія бобових культур пояснюється тим, що солома злакових культур виявляє позитивну дію на ріст бобових і фіксацію ними азоту з атмосфери. За підсіву під злакову культуру конюшини лучної та припинення її вегетації в пізній осінній період немає потреби вносити мінеральний азот для азоткомпенсації, позаяк його достатньо накопичують бобові рослини. Якщо як якості покривної культури використовують не бобову культуру, то виникає потреба у внесенні мінеральних азотних добрив. У поєднанні з відповідним мінеральним добривом, рідким гноєм або з вирощуванням проміжної бобової культури солома за впливом на вміст гумусу в ґрунті часто не поступається еквівалентній кількості гною.

Пригнічення сходів культурних рослин соломою може бути пов’язано і з наявністю фенольних сполук, які присутні в рослинних рештках із широким співвідношенням C:N. Вони інгібують проростання насіння та життєдіяльність мікрофлори. При цьому процеси розкладання рослинних решток уповільнюються.

*У середньому зі свіжої органічної речовини, що надходить у ґрунт, 90 % мінералізується до кінцевих продуктів і тільки 10 % закріплюється в стійких проти розкладу органічних формах.*

Слід враховувати, що під час розкладання соломи в ґрунт виділяються також токсини, котрі негативно впливають на вегетацію злакових культур. Внаслідок низької швидкості розкладання соломи, особливо в перші роки впровадження No-till, поживні речовини, що входять до її складу, стають доступними для рослин впродовж 2–4 років. Внесення соломи завдяки високому вмісту вуглецю стимулює розвиток азотфіксуючих бактерій. Адже, як відомо, один грам вуглецю забезпечує фіксацію від 15 до 20 мг атмосферного азоту. За розкладання соломи поверхневі шари ґрунту та приземного атмосферного повітря збагачуються $CO^2$, стимулюючи ріст зеленої маси рослин.

У разі внесення соломи посилюється загальна біологічна і ферментативна активність ґрунту. Важливо, щоб вуглець, акумульований в органічній масі рослинних решток на поверхні поля, не зазнав швидко мінералізації з виділенням $CO_2$, а закріплювався в ґрунті у вигляді органічних субстратів (*процес секвестрації*).

Отже, під час руйнування та перетворення рослинних решток у ґрунті відбуваються такі процеси:

1) мінералізація органічних решток рослин до повного руйнування їх з утворенням найпростіших сполук (вода, вуглекислий газ) і вилученням зольних речовин у вигляді мінеральних солей і азоту;
2) нагромадження в ґрунті неспецифічних низько- і високомолекулярних органічних речовин, зокрема вуглеводів (целюлоза, крохмаль, сахароза), протеїнів (білки, зокрема ферменти), ліпідів (жири, воски, смоли), ароматичних сполук (лігнін), танінів (дубильні речовини) тощо;
3) гуміфікація, під час якої не тільки розкладаються рослинні рештки, а й утворюються новосинтезовані гумусні сполуки.

## Висновки до розділу

1. Рослинні рештки є одним із базових елементів систем землеробства No-till і Strip-till. У цих системах вони розглядаються не як побічний продукт, а як важливий інструмент збереження і відновлення родючості ґрунту. Постійне залишення рослинних решток на поверхні поля наближує процеси ґрунтоутворення до природних, сприяє накопиченню органічної речовини, формуванню гумусу та підтриманню біологічної активності ґрунту.
2. На відміну від полицевого обробітку ґрунту , де солому часто заробляють у ґрунт, у системах No-till і Strip-till рослинні рештки мають залишатися на поверхні поля. Вони захищають ґрунт від вітрової та водної ерозії, зменшують дію дощових крапель, уповільнюють поверхневий стік, зберігають вологу, знижують випаровування та захищають поверхню ґрунту від перегрівання.
3. Важливе значення має не лише кількість, а й якість рослинних решток. Їхній склад, співвідношення вуглецю до азоту, вміст целюлози, геміцелюлози, лігніну та мінеральних елементів визначають швидкість розкладання і вплив на поживний режим ґрунту. Рештки бобових культур розкладаються швидше, тоді як солома зернових і стебла культур із широким співвідношенням C:N розкладаються повільніше та можуть тимчасово зв’язувати доступний азот.
4. Кількість рослинних решток залежить від культури, урожайності, співвідношення основної та побічної продукції, сорту або гібрида, а також кліматичних умов. Тому управління рештками починається ще на етапі планування сівозміни. Чергування культур, які формують різну кількість і якість органічної маси, дає змогу підтримувати стабільний мульчувальний шар на поверхні ґрунту.
5. Управління рослинними рештками включає організаційні, механічні та біологічні заходи. Організаційні заходи пов’язані з добором культур у сівозміні та використанням покривних культур. Механічні заходи починаються під час збирання врожаю, коли комбайн, жатка, подрібнювачі та розкидачі мають забезпечити рівномірний розподіл соломи й полови по поверхні поля. Біологічні заходи спрямовані на регулювання швидкості розкладання решток і зниження фітопатологічних ризиків.

6. Особливо важливою є рівномірність розміщення рослинних решток. Нерівномірний розподіл соломи й полови може погіршувати якість сівби, ускладнювати роботу сошників, спричиняти нерівномірне прогрівання і зволоження ґрунту, розтягувати появу сходів культур і бур'янів, знижувати ефективність гербіцидів та погіршувати фітосанітарний стан посівів.
7. Висока стерня та правильно організоване збирання врожаю мають велике значення для систем No-till і Strip-till. Залишення високої стерні зменшує швидкість вітру біля поверхні ґрунту, обмежує перегрівання, знижує випаровування вологи та створює кращі умови для появи сходів озимих і покривних культур. Тому збирання врожаю слід розглядати як першу технологічну операцію управління рослинними рештками.

## Запитання для самоконтролю

1. Що таке рослинні рештки?
2. Як використовують побічну продукцію в традиційному землеробстві?
3. Роль і значення рослинних решток у системах землеробства No-till і Strip-till.
4. Чому рослинні рештки мають бути розміщені рівномірно по полю?
5. У чому різниця впливу на побічну продукцію очісуючої жатки від традиційної?
6. Який склад рослинних решток?
7. Від чого залежить кількість рослинних решток на полі?
8. Що розуміють під терміном «управління рослинними рештками»?
9. Організаційні заходи управління рослинними рештками.
10. Механічні заходи управління рослинними рештками.
11. Біологічні заходи управління рослинними рештками.

## Додаткова література


1. Косолап М. П., Кротінов О. П. Система землеробства No-till. Київ : Логос, 2011. 350 с.
2. No-till – шаг к идеальному земледелию. Киев : Зерно, 2007. 127 с.


## Відеоматеріали

1. Управління пожнивними рештками: нові підходи – від Леоніда Ківерського: https://www.youtube.com/watch?v=qsOZe9_ygmo
2. Без чого працюватиме No-till? https://www.youtube.com/watch?v= w3Uwg_G6seU
3. Кукурудза на No-till – важливі нюанси при збиранні попередника, захист: https://www.youtube.com/watch?v=xx-U65ykNAs
4. Експеримент Е. Романькова («Агро-Союз») із поглинанням вологи ґрунтом при різних технологіях обробки: https://www.youtube.com/watch?v=w3Uwg_G6seU
5. Помилки в управлінні рослинними рештками при збиранні (відео Агро-Союзу): https://www.youtube.com/watch?v=xx-U65ykNAs

# Розділ 4. СІВОЗМІНИ

*Не працювати а отримувати насолоду від виду цвітучих покривних культур, навіть восени на такі поля їздять на фотосесії молодожони.*

*У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:*

**Набуде цілісного уявлення** про роль сівозміни як основної ланки систем землеробства No-till і Strip-till, її значення для організації території, формування структури посівних площ, збереження родючості ґрунту, регулювання водного режиму, підтримання фітосанітарного стану посівів і підвищення стійкості агроекосистеми.

**Навчиться аналізувати** структуру посівних площ господарства, співвідношення основних груп культур, рівень різноманіття та інтенсивності сівозміни, доцільність чергування культур із різними біологічними, господарськими й технологічними особливостями, а також оцінювати вплив попередників на наступні культури в умовах No-till і Strip-till.

**Оволодіє знаннями щодо** принципів побудови науково обґрунтованих і динамічних сівозмін, класифікації культур за еколого-біологічними ознаками, особливостей чергування вузьколистих і широколистих, холодостійких і теплолюбних культур, ролі покривних культур, рослинних решток, кореневих систем і рівня водоспоживання у формуванні ефективної сівозміни.

**Отримає практичні навички** розроблення базової схеми сівозміни для конкретного господарства, добору культур відповідно до ґрунтово-кліматичних умов, технічного забезпечення та виробничих завдань, оцінювання культури як попередника, насичення сівозміни покривними культурами та комплексної оцінки її агрономічної, економічної й екологічної ефективності.

### *Короткий зміст розділу*

Сівозміна є основною ланкою систем землеробства No-till і Strip-till: що визначає порядок використання земель, структуру посівних площ, чергування культур, рівень біологічного різноманіття та ефективність використання вологи, поживних речовин, техніки й трудових ресурсів. За відсутності або значного обмеження механічного обробітку саме культури сівозміни частково виконують функції регулювання фізичного, агрохімічного та біологічного стану ґрунту. Організація території господарства має враховувати рельєф, властивості ґрунтів, природні межі полів, лісосмуги, водні об’єкти та ризики ерозії.

У системах No-till і Strip-till ґрунтозахисний ефект забезпечується постійним рослинним покривом, збереженням рослинних решток і зменшенням механічного порушення поверхні. Розміри полів узгоджують із площею господарства, продуктивністю наявної техніки та організацією польових робіт. Структуру посівних площ повинно формуватися з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, спеціалізації господарства, потреб ринку,

економічної доцільності культур і технічних можливостей. Важливе значення має правильне співвідношення зернових, зернобобових, олійних, просапних і покривних культур. Оптимальність структури оцінюють за господарськими, агрономічними, економічними та екологічними показниками.

У системах No-till і Strip-till культури доцільно групувати за еколого-біологічними ознаками: холодостійкі й теплолюбні, вузьколисті й широколисті. До холодостійких вузьколистих належать пшениця, ячмінь і овес; до теплолюбних вузьколистих – кукурудза, сорго й просо; до холодостійких широколистих – горох, сочевиця та льон; до теплолюбних широколистих – соняшник, сафлор і соя. Чергування цих груп дає змогу краще використовувати природні ресурси та зменшувати фітосанітарні ризики. Різноманіття сівозміни визначається кількістю культур, тривалістю інтервалу між повторним вирощуванням одного виду, наявністю однодольних і дводольних, озимих і ярих, холодостійких і теплолюбних культур. Високе різноманіття сприяє контролю бур'янів, шкідників і хвороб, рівномірному розподілу польових робіт та зменшенню залежності господарства від погодних і ринкових ризиків.

Інтенсивність сівозміни характеризує відповідність потреб культур у волозі наявним запасам ґрунтової води й атмосферним опадам конкретного ругіону. У No-till і Strip-till завдяки кращому накопиченню вологи можна підвищувати інтенсивність використання ріллі, вводити покривні культури або отримувати додатковий урожай. Водночас надмірна інтенсивність може спричинити дефіцит вологи, а недостатня – неефективне використання накопичених ресурсів вологи.

Необхідність чергування культур зумовлена фізичними, хімічними, біологічними та організаційно-господарськими причинами. Культури з різними типами кореневих систем неоднаково впливають на структуру й щільність ґрунту, використовують воду та поживні речовини з різних горизонтів, залишають різну кількість рослинних решток і мають відмінні комплекси бур'янів, шкідників та хвороб.

Оцінювання культури як попередника охоплює її біологічну сумісність із наступною культурою, строки збирання, водоспоживання, тип кореневої системи, кількість і якість решток, швидкість їх розкладання, фітотоксичність, конкурентоспроможність щодо бур'янів і вплив на фізичний та поживний стан ґрунту. Кращими попередниками озимої пшениці є бобові культури, зокрема горох, сочевиця, люпин і соя. Пшениця, своєю чергою, є добрим попередником для більшості культур і створює можливість для вирощування покривних посівів.

Сучасні сівозміни повинні бути динамічними. Базову схему формують за групами культур, а конкретні види добирають відповідно до запасів вологи, погодних умов, ринкової кон'юнктури й виробничих можливостей. Такий підхід дає змогу змінювати культури без порушення основних принципів чергування закону плодозміни та зберігати сукупний сівозмінний ефект.

### 4.1. Особливості організації території в системах землеробства No-till і Srtip-till

У навчальній і науковій літературі в системі землеробства виокремлюють кілька складових. Головною є організація території та сівозміни, що охоплює питання порядку використання землі із запровадженням різних типів і видів сівозмін, а також використання земель поза сівозміною. Відповідно до парадигми кожної системи землеробства змінюється не суть, а конкретний зміст тої чи іншої ланки системи. *Будь-яка система землеробства буде успішно функціонувати, якщо всі її ланки відповідають концепції цієї системи землеробства, максимально враховують природно-кліматичні умови конкретного регіону та оптимально поєднані між собою.*

Будь-яка система землеробства реалізується на певній території, де представлені різноманітні природні (ліси, ріки озера, болота тощо) й антропогенні (населені пункти, дороги, виробничі будівлі та сільськогосподарські землі) елементи ландшафти. Тобто сільськогосподарська діяльність людини проходить в оточенні природних й антропогенних ландшафтів, а відповідно впливає на них і відчуває зворотний їх вплив на собі. Оскільки всі елементи ландшафту взаємопов'язані та функціонують як єдина екосистема, науково обґрунтована організація території має визначити оптимальний рівень її сільськогосподарського використання, а в межах господарства передбачити оптимальне співвідношення різних видів земельних угідь (рілля, багаторічні плодові насадження, природні сіножаті, пасовища тощо) для раціонального їх використання за економічними та екологічними параметрами. Бажання отримати максимальну кількість сільськогосподарської продукції зумовило недотримання цих вимог, що в результаті призвело до надмірної розораності території Україні, яка досягла 57 відсотків за екологічно допустимих 40 відсотків. Порушення екологічної рівноваги природних ландшафтів прискорило ерозійні процеси, які досягли найвищого рівня. В Україні кожен 3 гектар ріллі е еродованим в різній ступені.

Критично оцінивши ситуацію, науковцями України була розроблена нова концепція розвитку землеробської галузі, в основу якої покладений напрям її екологізації, самовідновлюваності та узгодженості з законами природи. Всі системи землеробства, які практикуються на території країни мають бути ґрунтозахисними з контурно-меліоративною організацією території.

Такий підхід передбачає диференціацію використання земель, зокрема вилучення з обробітку засолених, заболочених малопродуктивних, деградованих земель, загальна площа яких становить не менше 5–6 млн га. За реалізації таких заходів частка ріллі в обробітку становитиме 60 відсотків площі сільськогосподарських угідь, або 45 відсотків від всієї території держави.

В основі цієї концепції лежить системний підхід до формування екологічно стійких агроландшафтів, в яких зменшені або повністю припинені ерозійні процеси зумовлені землеробською діяльністю людини. Диференційоване використання орних земель з урахуванням ландшафтних

особливостей, властивостей місцевих ґрунтів і мезокліматичних умов дозволяє повністю регулювання поверхневий стік, підвищити родючість ґрунтів, поліпшити природне середовище, створити сприятливих умов для біорізноманіття (А. Ачасов).

На рис. 4.1 наведено приклад агроландшафтно впорядкованої території, де поля поділені системою лісових смуг. Лісосмуги розміщені з урахуванням рельєфу та конфігурації поля, утворюючи захисні межі між окремими ділянками. Така організація території має важливе значення для збереження вологи в ґрунті та зменшення негативного впливу вітру на агроценози. Лісові смуги виконують роль природного бар'єра, який знижує швидкість вітру над поверхнею поля. Завдяки цьому зменшується випаровування вологи з ґрунту, послаблюється висушування верхнього шару та створюються кращі умови для росту культурних рослин. Особливо важливим це є в районах із нестійким або недостатнім зволоженням, де кожен міліметр запасу продуктивної вологи має велике значення для формування врожаю. Крім того, лісосмуги сприяють більш рівномірному накопиченню снігу в зимовий період. Сніг затримується між смугами деревної рослинності, повільніше зноситься вітром і поступово тане навесні. Це забезпечує краще поповнення запасів вологи в ґрунті на початку вегетаційного періоду.

Агроландшафтне впорядкування полів із використанням лісосмуг є базовим елементом ґрунтозахисного землеробства. Воно допомагає зменшити втрати вологи, обмежити вітрову ерозію, стабілізувати мікроклімат поля та підвищити стійкість агроекосистеми до посушливих умов у взаємодії з відповідним набором агротехнічних заходів.

Науково-обгрунтованому управлінню агроланшафтами повністю відповідають ідеологія та філософія системи землеробства No-till і Strip-till. Хоча ці системи не передбачають особливих, кардинально відмінних від інших систем землеробства вимог до організації території але залежно від площі господарства, рівня його технічного оснащення й організації виробництва, проявляють певні особливості до організації території.

Системи землеробства No-till і Strip-till, завдяки властивій їм високій протиерозійній ефективності, допускають вирощування просапних культур (кукурудза, соняшник тощо) на схилах більшої крутизни (до 5 °), ніж за традиційних систем землеробства. Це надає можливість землеробу збільшити частку просапних культур у структурі посівних площ господарства і зменшити площу під ґрунтозахисними сівозмінами.

У великих господарствах середній розмір поля в сівозміні може бути значно більшим порівняно з наявними на сьогодні. Зумовлено це необхідністю раціонального найефективнішого використання переваг сучасної широкозахватної високопродуктивної техніки. Широкозахватні швидкісні посівні комплекси, що мають денну продуктивність у 250–300 га, не можуть ефективно використовуватися в сівозмінах із типовим традиційним середнім розміром поля в 50–100 га, оскільки в такому разі доводиться робити кілька переїздів упродовж дня з одного поля на інше.



Рис. 4.1 Приклад агроландшафтно впорядкованої території (Лісова Стінка, Куп'янський район, Харківська область)
Джерело: https://nbs.wwf.ua/konturno-melioratyvne-zemlerobstvo-v-ukraini/

Якщо ці поля розміщені в різних місцях і розташовані на значній відстані одне від одного, це призводить до різкого зниження продуктивності роботи широкозахватних агрегатів. У таких випадках доцільно організувати одну або кілька сівозмін у господарстві з таким розрахунком, щоб середній розмір поля був кратним денній продуктивності наявних та передбачуваних для господарства на майбутнє посівних комплексів. Як свідчить досвід великих господарств, котрі перейшли на систему землеробства No-till із застосуванням широкозахватних посівних комплексів, середній розмір поля може становити від 300 до 700 га. В агрохолдингах полями сівозміни можуть бути навіть окремі кластери з площею у 2000–2500 га. Великий середній розмір поля має і свої недоліки, наприклад, висока імовірність прояву масового поширення шкідників або хвороб. Крім цього, за великого середнього розміру поля спостерігається збільшення різниці в рівні родючості грунту, що вимагає відповідного регулювання технологічних параметрів агротехнічним заходів. Наприклад, зміни норми внесення добрив, норми висіву та інше, що може бути реалізовано за використання елементів точного землеробства, що потребує наявності відповідного технічного забезпечення.

У невеликих фермерських господарствах за використання сівалок прямої сівби з шириною захвату в 3–6 м потреби в проведенні нової організації території з реорганізацією сівозмін у господарстві не виникає. У такому разі прийнятними будуть середні розміри полів цього господарства.

## 4.2. Структура посівних площ і раціональна система сівозмін

### *4.2.1. Формування структури посівних площ*

*Стрижнем кожної системи землеробства є науково обґрунтована система сівозмін, що базується на раціональній структурі посівних площ.*

На основі науково обґрунтованого плану землекористування з чітко визначеними площами й межами різних видів сільськогосподарських угідь (особливо ріллі) та врахування спеціалізації господарства і вимог ринку розробляється структура посівних площ. Ґрунтово-кліматичні умови зони розміщення конкретного господарства дають змогу визначити перелік культур, для вирощування яких ці умови є найбільш сприятливими. Із цього переліку обирають культури, які можуть забезпечити господарство необхідною сільськогосподарською продукцією та водночас мати найвищий рівень економічної доцільності. Під час вибору культур враховують можливість їх реалізації на внутрішньому й міжнародному ринках, використання як сировини для переробки безпосередньо в господарстві, потреби для розрахунків з орендодавцями, забезпечення харчування працівників, кормову базу для тваринництва, формування насіннєвих фондів та інші внутрішні потреби господарства.

На основі визначених обсягів сільськогосподарської продукції розрахо-вують необхідну площу їх посіву, користуючись середньою врожайність цих культур у регіоні за останні роки,.

Розрахована структура посівних площ далі потребує детального агрономічного аналізу. Насамперед, встановлюють наскільки оптимальним є співвідношення між групами чи окремими культурами за їх господарським значенням, ботанічними особливостями – односім'ядольні, двосім'ядольні, зі стрижневою та мичкуватою кореневою системою, бобові й тонконогові, просапні й непросапні та інше і врешті їх загальний вплив на родючість ґрунту.

Саме ці агрономічні вимоги, які визначені науковцями за результатами тривалих польових дослідів, лягли в основу останніх рішень уряду про нормативи оптимального співвідношення культур у сівозмінах різних природно-кліматичних регіонів.

Виходячи з кон'юнктури ринку та господарських потреб, середнього розміру полів структура посівних площ надалі може і буде коригуватися й вдосконалюватися, тобто змінюються площі посіву культур, виводяться одні культури і вводяться інші. *В умовах ринкової економіки структура посівних площ не є стабільною в часі.* Крім цього, може змінюватися не лише набір культур, а й земельний банк господарства. Ці об'єктивні умови накладають свої вимоги на організацію території землекористування, обґрунтування оптимальної структури посівних площ, формування однієї або кількох сівозмін в межах господарства і діють при запровадженні будь-якої системи землеробства. *Проте системи землеробства No-till і Strip-till у цих питаннях мають певні особливості.*

*По-перше*, не всі культури сьогодні можливо та доцільно вирощувати в сівозмінах за системи землеробства No-till чи Strip-till. Нині неприйнятними

вважають корене- та бульбоплоди, технологія вирощування котрих вимагає суттєвого розпушення ґрунту, якого система No-till не передбачає, особливо на перших етапах переходу на нову систему землеробства. Водночас на сьогодні в Україні є перші успішні виробничі результати вирощування буряків цукрових за такої системи землеробства, що свідчить про подальший розвиток системи No-till.

*По-друге,* в структуру посівних площ за системи землеробства No-till і Strip-till завдяки накопиченню та збереженню додаткової вологи в ґрунті можуть бути введені культури, які раніше не вирощували на цій території. Сьогодні в Україні в структурі посівних площ залежно від регіону основне місце належить озимим культурам, ярим зерновим колосовим, кукурудзі, сої, соняшнику, ріпаку озимому. Можлива наявність у структурі посівів й інших культур, які називають нішевими (гречка, просо, сорго, ріпак ярий, чина, вігна, квасоля, вика тощо). Також слід оцінити структуру посівних площ щодо можливості її реалізації наявною в господарстві сільськогосподарською технікою. Більш детально програма формування і оцінки структури посівних площ при переході на систему землеробства No-till викладена в Практикумі до даного курсу.

*Загальні рекомендації формування правильного з біологічного погляду співвідношення груп культур у структури посівних площ:*

- зернові культури не повинні займати в структурі посівних площ понад 60 відсотків *(аби запобігти поширенню фузаріозу й гельмінтоспоріозу, що є симптомами надмірної частки зернових колосових і одночасно забезпечити відповідну кількість рослинних решток на полях );*

- частка олійних культур (ріпаку і соняшнику) не має перевищувати 30–50 відсотків *(щоб уникнути ризику склеротинії);*

- частка всіх зернобобових культур не повинна перевищувати 30–35 відсотків *(для запобігання ризику «виснаження бобовими культурами»)*. При цьому залежно від культури: горох – максимум 15 відсотків, соя – максимум 25 відсотків, люпин – максимум 20–25 відсотків;

- частка просапних культур не має перевищувати 50 відсотків;

- принаймні 25–30 відсотків площі сівозміни мусять займати покривні культури.

Зазначені рекомендації не є законами, часто через вплив інших чинників у господарствах їх повністю не дотримуються.

*Рівень оптимальності розробленої структури посівних площ визначається за великою сукупністю показників, які можна об`єднати в такі групи:*

1) *господарські* – задоволення всіх визначених потреб господарства в продукції рослинництва, наявність необхідної техніки та господарської структури, оптимальне використання наявної в господарстві просторої структури ріллі (просторова структура ріллі описується середньою площею земельних ділянок, які мають природні межі полів – лісосмуги, дороги, балки, річки тощо);

2) *агрономічні* – співвідношення культур та їх груп відповідно до державних нормативних документів, співвідношення груп культур відповідно до вимог системи землеробства No-till у значенні культури як попередника в сівозміні, кількість рослинних решток тощо;

3) *економічні* – мінімальні витрати за максимального прибутку з 1 га;

4) *екологічні* – максимальна відповідність екологічним умовам конкретного регіону (температурний режим та режим зволоження), вимогам захисту ґрунту від ерозії та секвестрації вуглекислого газу.

У системах землеробства No-till і Strip-till сільськогосподарські культури для складання схеми сівозміни прийнято об'єднувати в чотири групи.

*Класифікація культур родини тонконогових проведена за фізіологічним принципом – належності до групи С3 або С4. Широколисті культури не можна розмежувати так чітко, хоча існують значні відмінності між видами. Вони демонструють більше генетичне і фенотипічне різноманіття, ніж злакові. Класифікація культур, прийнята в No-till, відображає еколого-біологічні особливості культур, а не їх господарське значення (зернові, олійні) чи технологічні особливості (культури широкорядного та суцільного посіву).*

1. Холодостійкі вузьколисті тонконогові, або злакові культури (ХВ) – пшениця, ячмінь, овес (Triticum aestivum / T. durum, Hordeum vulgare, Avena sativa).
2. Теплолюбні вузьколисті тонконогові, або злакові культури (ТВ) – кукурудза, сорго, просо (Zea mays, Sorghum bicolor, Panicum miliaceum).
3. Холодостійкі широколисті, або двосім'ядольні культури (ХШ) – горох, сочевиця, льон (Pisum sativum, Lens culinaris, Linum usitatissimum).
4. Теплолюбні широколисті, або двосім'ядольні культури (ТШ) – соняшник, сафлор, соя (Helianthus annuus, Carthamus tinctorius, Glycine max).

Зазвичай виробничники називають їх культурами теплого і холодного періодів. Оптимальними чергуваннями таких груп культур за наведеної класифікації будуть варіанти: ХВ – ТШ із коротким періодом повернення на попереднє поле або ХВ – ХШ – ТВ – ТШ із тривалим періодом повернення. З ряду причин перевагу віддають варіантам чергування з довгим періодом повернення.

У традиційному землеробстві України більш поширеним є поділ (класифікація) культур на групи за впливом на родючість ґрунту:

- зернові колосові озимі та ярі, овес;
- просапні ранні та пізні;
- зернобобові;
- бобові багаторічні;
- пари чисті (чорні, ранні, кулісні);
- пари зайняті;
- пари сидеральні.

Таким чином, к*ласифікація культур, прийнята в No-till, відображає еколого-біологічні особливості культур, а не їх господарське значення (зернові, олійні) чи технологічні особливості (культури широкорядного та суцільного посіву).*

Постановою Кабінету Міністрів України №164 від 11 лютого 2010 року затверджені нормативи оптимального співвідношення культур у сівозмінах різних природно-кліматичних регіонів й унормована допустима періодичність повернення культур на попереднє поле вирощування. Зокрема, для:

- озимого жита і ячменю, вівса, гречки – через один рік;
- пшениці озимої, картоплі, проса – два роки;
- багаторічних бобових трав, зернобобових культур (крім люпину), буряків цукрових і кормових, ріпаку озимого і ярого – через три роки;
- льону – через п`ять років;
- люпину, капусти – через шість років;
- соняшнику – через сім років;
- повторні посіви кукурудзи обмежуються двома-трьома роками.

У цій постанові науковцями України узагальнено оптимально допустимі за сукупністю агрономічних вимог періоди повернення культур на попереднє поле вирощування в сівозмінах традиційних систем землеробства. Проте незаперечним є те, що, що на практиці, як в традиційній системі землеробства так і в No-till та Strip-till вони будуть коригуватися скороченням або подовженням оптимально допустимого періоду повернення. Причини, які зумовлюють недотримання рекомендованих строків повернення культур на попереднє поле можуть бути самі різноманітні. Наприклад, в системі No-till, у сівозміні з високою потенційною засміченістю ґрунту насінням бур'янів бажано, щоб культури однієї групи займали поле два роки поспіль. Це значно полегшує контроль рівня присутності малорічних видів бур'янів у посівах сільськогосподарських культур, що забезпечує зниження потенційної засміченості ґрунту.

Крім цього, поряд із загальноприйнятими для традиційних систем землеробства показниками оцінки структури посівних площ сівозміні в системах землеробства No-till і Strip-till найбільшу увагу приділяють двом показникам, які відображають їх нову філософію: *видовий набір культур (різноманіття) в структурі посівних площ та інтенсивність водоспоживання - як відповідність водоспоживання культур кліматичним умовам регіону.*

### *4.2.2.Різноманіття в сівозміні*

За показником видового різноманіття вирощуваних культур можна прогнозувати можливість контролю фітосанітарного стану агрофітоценозу фітоценотичним методом. Показник флористичного різномаїття посередньо відображає сталість агроекосистеми до кліматичних та біологічних ризиків. Оцінку флористичного різноманіття (ботанічну) можна провести за загальною чисельностю видів, що входять в дану структуру посівних площ, але в такому випадку не враховується різниця в площі посіву кожної культури. Для врахування в оцінці не лише кількості, а й площі кожної культури розрахунок проводять за формулою, яка наведена нижче.

$$H = \sum_{i=1}^{N} \left( \frac{U_i}{S} \right)^2, \quad (1)$$

де $U_i$ - площа першої культури у структурі посівних площ, га (%);
$S$ - загальна площа сівозміни, га (%).

Дана оцінка більше відображає сталість рослинного угрупування яке росте і розвивається на одному місці за одночасної присутності і взаємовпливу всіх виді. Відмінність сівозміни від такого рослинного угруповання полягає в тому, що кожен вид має не лише просторову ізоляцію від інших (по полям), а і часову різницю взаємодії між окремими видами, яка визначається порядком їх чергування на полях по рокам. Тому для поглибленого агрономічного аналізу різноманіття сівозміни доцільно використовувати більш складну методику, яку запропонував Двейн Бек для Південної Дакоти в системі землеробства No-till. Для розрахунку інтегрованого середнього індексу різноманіття сівозміни використовуються:

- середній інтервал між типами культур в сівозміні;
- наявність однодольних і дводольних культур;
- наявність культур з різним циклом розвитку - озимих та ярих;
- наявність критичного короткого інтервалу між дводольними культурами;

Перелічені показники є суто агробіологічними, які визначають рівень взаємного впливу культур на їх розвиток та родючість грунту, а також імовірний рівень проблеми фітосанітарного стану посівів, Крім цих показників в розрахунок інтегрованого індексу різноманіття включені антропогенні значення технології – наявність протирічь (одночасність виконання) двох основних технологічних процесів сівби і збирання.

Сівозміни з високим значенням інтегрованого показника різноманіття забезпечують рівномірне навантаження в польових роботах і зводять до мінімуму ризик появи бур`янів та хвороб. Така сівозміна матиме найбільшу економічну ефективність, якщо буде мати відповідну інтенсивність.

Різноманіття культур у сівозміні, крім вирішення агрономічних проблем, скорочує ризики й витрати. Більше видів культур можна посіяти на більшій площі за допомогою меншої кількості обладнання. Різноманіття культур у сівозміні зростає завдяки таким компонентам сівозміни:

- тривалість інтервалу між сівбою одного виду культури;
- наявність злакових і широколистих культур;
- наявність культур весняної та осінньої сівби;
- наявність холодостійких і теплолюбних культур.

Різноманіття культур допомагає зменшити потребу в сівалках і комбайнах. Наприклад, у СВГ «Дослідне», де сіяли ячмінь озимий, ріпак озимий, пшеницю озиму, а весною ячмінь ярий, просо, гречку, сою, соняшник та кукурудзу, тривалий час на площі понад 2000 га обходилися одним комбайном і двома сівалками (зерновою та просапною).

### *4.2.3.Інтенсивність сівозміни*

Інтенсивність сівозміни визначається за співвідношенням потреби у вологі присутніх у сівозміні видів рослин і наявними ресурсами опадів і їх накопиченням у ґрунті. Завдяки більшому накопиченню вологи в ґрунті

сівозміни в системах No-till і Strip-till мають бути більш інтенсивними, ніж у традиційній системі землеробства, що є основою для отримання вищої продуктивності культур. Наприклад, сівозміну пшениця – пар, яка застосовувалася в сухих регіонах при традиційній системі землеробства можна замінити сівозміною пшениця – кукурудза – пар або пшениця – просо – пар. Вирощування культур, що потребують більшої кількості води (приміром, введення в сівозміну люцерни, кукурудзи, сої) так само, як вирощування двох урожаїв за один рік і відмова від пару, підвищують інтенсивність. Використовувати накопичену вологу в системах No-till і Strip-till можуть і покривні культури, які одночасно підтримують біологічну активність мікроорганізмів, покращують середовище насіннєвого ложа, постачають азот (бобові). Недостатня інтенсивність справляє негативну дію.

Підвищений вміст вологи в ґрунті та її доступність за використання No-till і Srtip-till – встановлений і підтверджений на практиці факт. Встановленим фактом також є положення, що любий механічний обробіток грунту збільшує втрати вологи на випаровування. Задача ефективно використати додаткову вологу, накопичену в ґрунті за систем No-till і Strip-till, не має однозначного шляху вирішення і завжди потребує індивідуального підходу з урахуванням сукупності інших чинників.

Показники інтенсивності водоспоживання (одного з основних лімітуючих чинників життя рослин) дають можливість зробити оцінку щодо відповідності видового набору культур до наявних природних водних ресурсів території, а відповідно – прогнозувати рівень стабільності врожайності за роками.

Наприклад, незалежно від системи землеробства ґрунти з високою здатністю накопичувати воду (глинисті й суглинисті) підтримують більшу інтенсивність сівозміни, ніж ґрунти з грубим гранулометричним складом (піщані й супіщані). Холодніший клімат сприяє більшій інтенсивності землеробства, аніж теплий за однакової кількості опадів .

Інтенсивність сівозміни можна визначити органолептично, спостерігаючи за вологістю ґрунту. Якщо поля занадто вологі, поточній сівозміні бракує інтенсивності. Якщо занадто сухі, інтенсивність зависока, але краще загальну оцінку інтенсивності сівозміни робити за результатами розрахунків.

Для об`єктивної порівняльної оцінки рівня інтенсивності різних сівозмін розроблена спрощена, прийнятна для фермерів, модель розрахунку показника інтенсивності сівозміні, яку запропонували в університеті Південної Дакоти США. В основу методології розрахунків покладено положення, що культури холодного періоду з коротким періодом вегетації споживають менше вологи ніж однорічні культури теплого періоду з більш тривалою вегетацією та багаторічні трави. Позначивши перші балом 1, а другі балом 2, можна розрахувати коефіцієнт інтенсивності сівозміни додавши бали всіх культур і поділивши отриману суму на тривалість ротації даної сівозміни. Пар в даній методиці пропонується оцінювати балом 0, тому що він не споживає додаткової вологи.

Сівозміна є одним з кращим способом зниження ризику та збільшення ефективності землеробства. Кожен фермер має збалансувати різноманіття й інтенсивність своєї сівозміни для досягнення бажаного рівня витрат і прибутку. Помірно інтенсивні та різноманітні сівозміни, наприклад, яра пшениця – озима пшениця – кукурудза – соняшник або яра пшениця – кукурудза – соя є менш ризикованими, але дають менший валовий прибуток на одиницю площі. Разом з тим, така сівозміна допомагає розподілити робоче навантаження та фіксовані витрати, зменшити залежність від ціни й несприятливих погодних умов, позбутися проблем, пов'язаних із бур'янами та комахами.

Зниження інтенсивності за більшого різноманіття (озима пшениця – просо – ріпак; озима пшениця – кукурудза – овес – горох) гарантують менший ризик у посушливі роки, однак і менший валовий прибуток у роки з помірними опадами. Сівозміни з малою інтенсивністю й недостатнім різноманіттям (пшениця – ріпак; пшениця – пар; пшениця в монокультурі) за використання No-till є неефективними. Вони потребують вищих фіксованих витрат на одиницю площі, зумовлюють більші ризики і нижчий валовий прибуток.

Через потребу дотримуватися одночасно багатьох різнопланових вимог ідеальну сівозміну скласти неможливо. У кожній схемі сівозміні будуть вузькі ланки, які необхідно компенсувати додатковими агротехнічними заходами.

*В умовах динамічної зміни структури посівних площ для дотримання основних агрономічних вимог чергування спочатку розробляють* ***схему сівозміни – це агрономічно обґрунтоване чергування груп культур по полях сівозміни****, що допомагає дотриматися закону плодозміни. Уточнення групи культур за типом розвитку, що визначає строк сівби (озимі та ярі) або ботанічний клас (односім'ядольні чи двосім'ядольні) за використання наведеної вище класифікації дає змогу розробити схеми сівозміни з максимальним дотриманням всіх наукових принципів чергування культур у сівозміні.*

## 4.3. Чергування культур у схемі сівозміни

### *4.3.1. Причини необхідності чергування*

На необхідність чергування культур вказував ще в 1 століття н. е. римський діяч Колумела. На його думку, беззмінне вирощування культури призводить до отруєння ґрунту і рослин. За словами римського поета Вергілія, «*...змінюючи плоди, поля віддаються спокоєві*». Практика повсюдно підтверджувала доцільність чергування культур. У різні часи були розроблені кілька теорій необхідності чергування культур – токсична, коренезміни, хімічна, гумусова, структурна. Причини необхідності чергування культур, що покладені в основу всіх цих теорій, мають право на існування. Проте недоліком їх є те, що вчені за основу брали лише один чинник, хай навіть і найголовніший, не враховуючи інші. Д. Прянишников (1953) підійшов до цієї проблеми системно з урахуванням всіх причин, що

викликають потребу чергування культур, об'єднавши їх у чотири групи: *причини фізичного, хімічного, біологічного та економічного порядку.*

*Причини фізичного порядку* відбивають вплив чергування культур на водно-фізичні властивості ґрунту. Лише за науково обґрунтованого чергування культур поліпшується фізичний стан ґрунтів, його структура, водний та повітряний режими. Із-за відсутності можливості механічного впливу на фізичний стан грунту в No-till ця група причин має більш високе значення ніж в традиційній системі землеробства

*Причини хімічного порядку* пояснюють чергування культур поліпшенням умов живлення рослин завдяки раціональному використанню різними видами рослин всіх елементів живлення в різних кількостях із різних шарів ґрунту.

*Біологічні причини* пов'язані з впливом порядку чергування культур на рівень шкоди від бур'янів, шкідників, збудників хвороб.

*Організаційно-господарське значення сівозміни* полягає в більш рівномірному та раціональному використанні машино-тракторного парку й трудових ресурсів упродовж вегетаційного сезону. Це стосується також матеріальних і фінансових ресурсів.

Усі ці причини позитивно позначаються на продуктивності сівозміни та системі землеробства загалом. Усі чотири групи причин обов'язково слід враховувати при складанні варіантів порядку чергування культур по полях сівозміни в любій системі землеробства.

***Завдання сівозміни.*** У системах землеробства No-till і Strip-till сівозміна виконує ширше коло завдань, ніж у традиційному землеробстві, тому і підходи до формування як структури посівних площ, так і порядку чергування культур, хоча і базуються на загальних принципах, тотожних традиційній системі землеробства, мають суттєві відмінності. За відсутності механічного обробітку ґрунту завдання, покладені на нього, певною мірою виконують культури сівозміни, тому сівозміна розглядається як засіб регулювання:

- водно-фізичних властивостей ґрунту. Чергування культур із різним типом кореневої системи та глибиною її проникнення в ґрунт є обов'язковою умовою;

- агрохімічних властивостей ґрунту. Підбором культур і відповідним їх чергуванням можна регулювати pH ґрунту та вміст у ньому поживних елементів;

- контроль фітосанітарного стану посівів. Правильним чергуванням культур із різних біологічних груп, які відмічені вище, можна суттєво знизити рівень присутності в посівах не лише бур'янів, а й шкідників та ступінь прояву і розвиток хвороб (Примак І. Д. та ін., 2022).

***Попередники.*** Відмова від механічного обробітку ґрунту потребує коригування, але не змінює принципове значення культур як попередників у сівозміні, які визначені за результатами тривалих наукових досліджень і практики в традиційному землеробстві. Оцінка значення культури як попередника може з часом змінюватися, наприклад, ще недавно соняшник

вважався неприйнятним для пшениці озимої, а сьогодні він став в Україні одним з основним її попередником.

Коригування значення культури як попередника зумовлено багатьма причинами. Зазвичай, така оцінка проводиться за двома групами показників – біологічною сумісністю та технологічною можливістю. Остання визначається порівнянням строків збирання попередника і сівби наступної культури. Наприклад, культури, які збираються восени пізніше оптимальних строків сівби озимих, не можуть бути для них добрими попередниками. Основою оцінки культури як попередника є біологічна сумісність, яка поєднує:

- алелопатичний вплив попередника на культуру;
- наявність спільних біологічних чинників ризику (шкідників, хвороб та бур'янів);
- різноманітність і кількість споживання факторів життя культурами;
- вплив на фізичний та агрохімічний стан ґрунту.

У системах No-till і Strip-till вплив попередника тотожний традиційній системі землеробства, але він набагато різноманітніший і може бути потужнішим. Зумовлене це насамперед тим, що після висіву, насіння культури розміщується поблизу рослинних решток попередника. Продукти їх розкладання можуть сильніше впливати на проростаюче насіння, ніж за традиційної системи землеробства, де побічна продукція вилучається з поля, а післяжнивні рештки загортаються в ґрунт на певну глибину. Крім цього, за прямої сівби рослинні рештки можуть безпосередньо потрапити в зону розміщення насіння в насіннєвій борозенці. Зазвичай це справляє негативний вплив на проростання насіння.

Через це в системах землеробства No-till і Srtip-till запроваджується ширша система оцінки якості культури як попередника. Крім загальноприйнятих показників оцінки, в системі землеробства No-till застосовують специфічні для неї показники:

- кількість і якість рослинних решток, які залишає культура на полі після збирання;
- швидкість розкладання рослинних решток у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах;
- максимально можлива висота зрізу за збирання врожаю відповідної культури, що дає змогу оцінити снігозатримувальну здатність рослинних решток, необхідність їх подрібнення та розподілу по поверхні ґрунту;
- фітотоксичність рослинних решток до наступних культур;
- конкурентоздатність культур до бур'янів.
- тип кореневої системи та глибина її проникнення в ґрунт;
- водоспоживання кожної культури;
- для пізніх ярих культур – здатність насіння проростати за нижчих температур ґрунту весною тощо.

***Оцінка культур як попередників в No-till***

*Пари.* Згідно з парадигмою традиційного землеробства культура «експлуатує» ґрунт, що призводить до зниження його родючості й накопичення біологічних чинників ризику, тому доцільно давати ґрунту

можливість «відпочити» для відновлення родючості внаслідок накопичення певних чинників життя рослин (в першу чергу вологи і поживних речовин), зменшення в ньому зачатків біологічних факторів ризику (шкідників, збудників хвороб та насіння бур'янів). Виконують ці завдання різного виду пари. Залежно від природно-кліматичної зони це можуть бути чисті, зайняті або сидеральні пари. *Ґрунт без живих рослин поновлює (підвищує) свою родючість*. Відповідно в традиційній системі землеробства розроблені системи парового та напівпарового обробітку ґрунту в цих полях.

Системи землеробства No-till і Strip-till базуються на іншій парадигмі – вирощування кожної культури сприяє поліпшенню родючості ґрунту і тому кожне поле якомога триваліший період часу має перебувати під зеленим килимом рослин. *Ґрунт без живих рослин втрачає (знижує) свою природну родючість.* Виходячи з цього, в системах землеробства No-till і Strip-till мало поширене поняття чистого пару.

У гостро посушливих умовах на початку періоду впровадження No-till були рекомендації застосовувати хімічний пар – чистий пар, де знищення бур'янів у період парування проводили хімічним, а не механічним методом. Поглиблене вивчення водного режиму, біології ґрунту в полі хімічного пару показало його малу ефективність. Сьогодні навіть у посушливих умовах рекомендується не застосовувати в системі землеробства No-till і Strip-till чистий пар.

Варто відзначити такий екологічний ефект відмови від чистих парів, як збільшення кількості опадів у регіоні. Наприклад, як показали спостереження в регіоні Великих Рівнин (США), відмова від чистих парів і перехід на зайняті пари збільшило площу вкриту рослинністю весною та в першій половині літа, яка інтенсивно поглинала з атмосфери $CO_2$, менше випаровувало вологи що привело до підвищення рівня вологості атмосфери. Внаслідок цього, сотні квадратних миль площ із рослинним покривом сприяли збільшенню кількості дощів, протягом найкритичніших місяців вегетаційного сезону, що утворилися внаслідок *конвекції* в регіоні. Це один з небагатьох прикладів, коли землеробська діяльність не підвищила аридність клімату, а зменшила.

*Збільшення кількості зеленої маси й тривалості її присутності на полях означає більш прохолодні та зволожені умови вирощування. В регіонах, де волога є критичним чинником завдяки цьому збирають вищі врожаї.*

На сьогодні за системи No-till недостатньо розробленим і перевіреним наукою та виробництвом залишається питання сидерального пару у зонах достатнього зволоження на дерново-підзолистих ґрунтах піщаного та супіщаного механічного складу зони Полісся, де No-till і Strip-till на сьогодні найменше поширені в Україні.

*Пшениця озима*. У всіх господарствах, що перейшли на систему землеробства No-till ця культура займає одне з провідних місць в структурі посівних площ в усіх природно-кліматичних зонах України. За своїми біологічними особливостями вона добре відповідає умовам системи No-till. Основною проблемою – є підбір найбільш оптимальних попередників із

сучасного набору високомаржинальних культур, які залишають достатній рівень вологи в грунті для надійного отримання дружних сходів даної культури. Серед кращих для пшениці, в першу чергу, необхідно виділити бобові культури – горох, сочевицю, люпин та сою. В свою чергу пшениця озима є добрим попередником практично для всіх наступних культур сівозміни. Раннє звільнення поля дозволяє вирощувати різноманітні види покривних культур, які підвищують родючість грунту, а можливість формувати стерню різної висоти дозволяє регулювати рівень накопичення зимових опадів, що особливо важливо для наступних пізніх яких широколистих культур.

Біологічна властивість пшениці озимої проходити стадію яровізації в зимовий період в стадії, коли насінини лише пустили зародкові корінці і не мають на поверхні зелених листків дозволяє висівати цю культуру в гранично пізні строки в умовах відсутності вологи в грунті і опадів в осінній період . На думку американських вчених у такому випадку урожайність буде нижча ніж у пшениці оптимальних строків сівби, але вища за урожайність ярої пшениці.

*Ярі зернові культури*. Основними культурами даної групи є ячмінь ярий, пшениця яра та овес. Всі ці культури раннього строку сівби, тому їх насіння в системі No-till потрапляє в більш прохолодні умови ніж за традиційної системи землеробства. За вимогами до температури для проростання насіння ці культури можна розташувати в такій послідовності – ячмінь –пшениця яра – овес. Відповідно в такій послідовності варто проводити і їх посів, але при цьому необхідно враховувати, що темні рослинні рештки попередника, наприклад, соняшнику, зумовлюють більш швидке прогрівання грунту, а відповідно і проростання цих культур ніж світлі, наприклад, проса. Овес є чудовим фітосанітаром в сівозміні.

Температурний режим грунту впливає і на вибір глибини заробки насіння. За біологічними особливостями оптимальною для цих культур є заробка на глибину 3-4 см. Тривалість весняного прохолодного періоду і глибина загортання насіння впливає на норму висіву. Чим глибше зароблене насіння, чим довший прохолодний період весною, і менша норма висіву тим вище кущення рослин. Низька конкурентна здатність ячменю і пшениці ярої до бур`янів зумовлюють необхідність формування максимально прискореного суцільного покриття поверхні грунту, що можливе лише за використання вузьких міжрядь до 15 см.

Оптимальними попередниками є бобові та просапні культури. Для всіх цих культур важливою характеристикою попередника є наявність в грунті залишкової кількості гербіцидів. За кількістю рослинних решток дана група рослин поступається озимим формам зернових колосових культур. При цьому тривалість оптимального періоду збирання культур цієї групи менша ніж озимих зернових.

*Кукурудза.* Кукурудза є однією з важливих культур в системі землеробства No-till. У порівнянні з іншими культурами вона формує більшу кількість пожнивних решток. На цій культурі дозволений широкий спектр

гербіцидів, що дозволяє формувати різні системи хімічного захисту від бур`янів. Кукурудза - теплолюбива культура з високим водоспоживанням. Основною проблемою є імовірність затримки часу сівби із-за прохолодних грунтових умов у порівнянні з традиційною технологією. Затримка з сівбою скорочує термін імовірної вегетації культури. Для вирішення цієї проблеми підбирають гібриди, насіння яких здатне проростати при більш низьких температурах (6-8$^0$C) на глибині загортання насіння. Другим способом вирішення цієї проблеми є використання на сівалці розгортачів ряду, які дозволяють змістити рослинні рештки з зони рядку в міжряддя. При необхідності грунт в зоні рядку можна розрихлити і внести необхідну кількість мінеральних добрив (система Strip-till). Для цього використовують спеціальне знаряддя – культиватори полосового обробітку.

*Сорго.* Сорго є альтернативою культурою кукурудзі в сівозміні в регіонах з сухим теплим кліматом, тому що воно є більш жаро і посухостійкою культурою ніж кукурудза. До переваг також можна віднести меншу вартість насіння, меншу ураженість хворобами, кращу конкурентно-здатність протистояти бур`янам і те, що для його збирання не потрібне спеціальне обладнання. Менше поширення цієї культури зумовлене більш низькою закупівельною ціною та меншим потенціалом урожайності.

*Соя.* Серед бобових культур сою найбільш часто висівають за технологією No-till. Як попередник вона високо оцінюється для інших небобових культур. Інколи її вирощують два роки підряд. Сою служить природним індикатором наявності ущільненого шару в грунті. Показником служить форма кореня – відхилення центрального кореня в сторону свідчить про наявність ущільнення. Для успішного вирощування сої за технологією No-till необхідно враховувати наступні біологічні і технологічні особливості цієї культури. Із-за низького прикріплення нижніх бобів висота зрізу має бути дуже низька, що вимагає доброго вирівнювання поверхні грунту. Культура формує мало рослинних решток, які крім того швидко розкладаються із-за низького співвідношення N\C (1/20-30), тому після збирання рослинні рештки сої мало сприяють накопичення снігу зимою і недостатньо захищають грунт від водної ерозії. Для вирішення цієї проблеми сою часто в сівозміні розміщують після кукурудзи на зерно або інших злакових культур, які залишають велику кількість рослинних решток з високим співвідношенням N\C (1/70-90). Соя не має спільних хвороб і шкідників із зерновими культурами. Наявний широкий спектр дозволених гербіцидів дозволяє формувати надійні, безпечні і лабільні системи хімічного захисту від бур`янів. Як бобова культура вона накопичує азот в грунті. В Україні найбільш прийнятною шириною міжрядь є 35 см, коли використо-вують традиційні широкорядні кукурудзяні сівалки. Ранні сорти у більшості випадків висівають суцільним способом, тому що вони мало гілкуються.

*Ріпак.* Культура має ярі та озимі форми. Є чудовим попередником для озимих зернових культур. Тривалий післязбиральний період дозволяє ефективно вирощувати покривні культури. Має достатню кількість рослинних решток і залишає високу стерню. Кращими попередниками для

нього є ярі зернові колосові культури. В сівозмінах частіше вирощується озима форма, як більш урожайна. Для надійного отримання сходів бажано видаляти рослинні рештки попередника із зони рядку. Це дозволяє підвищити якість посіву. Справляє токсичний вплив на проростання насіння бур`янів, не має спільних хвороб і шкідників з зерновими культурами.

*Соняшник.* Пізньостигла олійна культура родини айстрових (складноцвітих) має глибоку стрижневу кореневу систему і високе водоспоживаання. У зв`яку з відсутністю надійних післясходових гербіцидів проти дводольних бур`янів в виробничих посівах по технології No-till більше висівають гібриди стійкі до гербіцидів групи імазолінів (так звані IMI-гібриди або Clearfield). Як і кукурудзу соняшник часто висівають з очищенням рядів від рослинних решток попередників особливо при потребі внесення мінеральних добрив. Основними попередниками соняшнику сьогодні є зернові колосові культури. Сам соняшник залишає мало рослинних решток. Соняшник високомаржинальна культура та у за`язку із глобальним потеплінням займає значне місце в сучасній структурі посівних площ нашої країни і вирощується у всіх грунтово-кліматичних зонах. На сьогодні із-за відсутності інших попередників в сівозмінах соняшник став одним із основних попередників пшениці озимої.

*Нішеві культури.* Дана група культур об`єднує види, які висівають в залежності від потреби і зазвичай на невеликій площі. Серед зернових культур – жито озиме, тритікале, круп`яних - просо, гречка, олійних – лен, сафлор, бобових - горох, сочевиця, люпин та ін.

*Жито озиме* висівають в основному в зоні Полісся, де грунтово-кліматичні умови відповідають біологічним вимогам культури. Жито формує більшу кількість післяжнивних решток ніж інші зернові колосові культури, має більш високу конкурентоздатність до бур`янів, мало уражується шкідниками і хворобами. Сучасні гібриди дозволяють отримувати високу урожайність більше 7т/га зерна але має низьку закупівельну ціну. Часто жито використовують в сівозміні в якості покривної культури.

*Лен* добре підходить до умов No-till. Його сіють і збирають пізніше ранніх зернових але раніше пізніх ярих культур. Льон оцінюють як добрий фітоценотичний захід поліпшення фітосанітарної ситуації в сівозмінах з високим насиченням зерновими колосовими культурами. Велика кількість рослинних решток попередника може негативно вплинути на якість сівби, тому що глибина загортання насіння льону становить всього 2-3 см. Льон є добрим попередником для зернових колосових в тому числі і озимих культур, тому що мало споживає вологи з глибших шарів грунту. Зернобобові, зернові колосові, в свою чергу, є добрими попередниками для льону. Час повернення на попереднє поле становить 5-6 років.

*Круп`яні культури (просо, гречка).* Дані культури часто використовують в якості культур другого урожаю. При цьому, якщо складаються несприятливі умови, то культури залишають на полі як покривну культуру. Основна проблема вирощування гречки за технологією No-till полягає у відсутності надійного гербіцидного захисту від бур`янів.

*Бобові культури.* Основною бобовою нішевою культурою є горох. Серед бобових культур це найкращий попередник озимих в зонах Степу і Лісостепу. Основна перевага всіх бобових культур полягає в їх здатності поглинати атмосферний азот і збагачувати ним грунт.

*Багаторічні трави.* Насамперед люцерна, конюшина та їх сумішки зі злаковими травами, є важливими культурами для збереження і підвищення родючості ґрунту. Багаторічні бобові трави здатні фіксувати атмосферний азот і збагачувати ним ґрунт, а завдяки потужній кореневій системі залишають значну кількість органічних решток, поліпшують структуру ґрунту, сприяють накопиченню гумусу та розвитку ґрунтової біоти. У сівозміні вони є цінними попередниками, оскільки після них ґрунт стає краще структурованим, біологічно активнішим і стійкішим до ущільнення, пересихання та ерозійних процесів.

У системі землеробства No-till і Strip-till, розробляючи схеми чергування культур у сівозмінах, крім їх біологічних властивостей, необхідно врахувати таке:

- дані про середньобагаторічну кількість опадів та їх розподіл за місяцями;
- хвороботворні організми, властиві кожній культурі;
- життєві цикли основних проблемних видів комах;
- перелік дозволених до використання гербіцидів на кожній культурі;
- необхідність і можливість застосування ґрунтових гербіцидів;
- необхідний набір техніки для вирощування кожної культури;
- способи сівби культур сівозміни;
- строки сівби та збирання кожної культури;
- потенційну прибутковість кожної культури;
- тип та глибину проникнення кореневої системи.

### *4. 3. 2. Динамічність сівозміни*

В умовах ринкової економіки та глобального потепління в системах землеробства No-till і Strip-till неможливо розробити типові постійні схеми чергування культур для певної природно-кліматичної зони України, що повсюдно практикувалося в СРСР у традиційній системі землеробства за планової економіки. *У сучасних умовах сівозміни мусять бути динамічними, щоб у випадку внесення змін у структуру чи введення нових культур це не порушувало загальноприйняті правила чергування й отримання позитивного сівозмінного ефекту як оперативного (підвищення рівня врожайності в рік сівби культури), так і тривалого (підвищення рівня врожайності за ротаціями) й підвищення родючості ґрунту*. Динамічність сівозміни полягає в здатності її трансформації (зміни культур) відповідно до погодних умов, що складаються чи очікуються, та вимог ринку без порушення наукових принципів чергування культур. Це можливо за умови, що в господарстві наявна базова схема сівозміни, в якій представлено чергування не конкретних культур, а груп культур. Наприклад, двопільна сівозміна для зони сухого Степу України ***зернові вузьколисті холодного періоду(ХВ) – широколисті олійні холодного або теплого періоду(ТШ)***. Отже, ця схема

відповідає вимогам чергування груп культур ХВ – ХШ, яке найбільш прийнятне для посушливих регіонів із накопиченням основної маси опадів в осінньо-зимовий період, або ХВ – ТШ (для умов мінімальної кількості опадів в осінній період і випадання основної їх частки в зимовий). Ці базові схеми можна реалізувати залежно від погодних умов у таких варіантах чергування культур:

1) пшениця озима – ріпак озимий;

2) пшениця озима – соняшник;

3) сорго – соняшник.

Усі три варіанти чергування культур відповідають базовим схемам і заміна культур не призводить до порушення схеми сівозміни й втрати сівозмінного ефекту. Перший варіант чергування культур є основним. Другий варіант застосовують у разі мінімальних запасів ґрунтової вологи восени й неможливості отримання сходів ріпаку озимого. Третій варіант використовується у разі майже повної відсутності опадів в осінній період, що унеможливлює отримання навіть сходів озимих зернових культур у пізній період.

За умови вищого рівня вологозабезпеченості доцільно розглядати можливість повторного вирощування високопродуктивної культури. динамічність сівозміни «пшениця озима – кукурудза – соя» (ХВ – ТВ – ТШ) полягає в тому, що в разі нестачі запасів вологи для сої вона може бути замінена на горох – культуру з меншим споживанням вологи, а в разі нестачі вологи для кукурудзи вона може бути замінена на посів сорго.

У сівозмінах із більшою кількістю полів тривале дотримання принципіальної схеми сівозміни в часі (ротація) навіть за умови зміни конкретного набору культур зумовленого, наприклад, вимогами ринку, все ж дає змогу отримати сівозмінний ефект (зростання врожайності й поліпшення стану ґрунту після проходження кількох ротацій сівозміни). Наприклад, схема 5-пільної сівозміни, яку за класифікацією груп культур системи No-till, можна записати: 1. ХШ – 2. ХВ – 3. ТВ – 4. ТШ – 5. ХВ.

За доповнення й уточнення групами культур, що використовуються в традиційному землеробстві України, загальна схема сівозміни набуде такого вигляду:

1) широколисті ярі культури з групи бобових холодного періоду;

2) вузьколисті культури з групи зернових колосових озимих холодного періоду;

3) вузьколисті культури з групи просапних теплого періоду;

4) широколисті культури з групи просапних теплого періоду;

5) вузьколисті культури з групи зернових колосових ярих холодного періоду.

Ця схема сівозміни може бути представлена кількома варіантами чергування культур, що є тотожними для отримання сівозмінного ефекту навіть за повної зміни набору культур.

1) горох – пшениця озима – кукурудза – соняшник – ячмінь;

2) сочевиця – жито озиме – сорго - соя – овес.

За тривалістю ротації оптимальними на сьогодні вважають коротко-ротаційні сівозміни з 4–7 полів. *Порядок чергування культур – це порядок зміни конкретних культур по полях сівозміни, складений відповідно до ухваленої схеми. Такий підхід відповідає поняттю динамічних сівозмін.*

Сьогодні згідно державного стандарту на терміни під терміном «схема сівозміни» розуміють порядок чергування сільськогосподарських культур і парів у просторі і часі, що обмежує можливість реалізації принципів динамічності сівозміни.

Принциповим положенням при проєктуванні схем чергування культур є потреба кожного господарства обрати свою сівозміну, яка б максимально відповідала його природно-економічним умовам і технічним можливостям. Проте необхідно зважати на окремі суттєві загальні положення, котрих необхідно дотримуватися при розробці порядку чергування культур у сівозмінах:

*1) чергування вузьколистих (односім'ядольних) та широколистих (двосім'ядольних) культур;*

*2) чергування культур теплого (пізніх ярих) і холодного (озимих та ранніх ярих) періодів, можливе використання культур однієї групи два роки поспіль;*

*3) брати до уваги можливість впливу попередника на наступну культуру (алелопатія чи синергізм);*

*4) чергування культур із мичкуватою та стрижневою кореневою системою;*

*5) основні товарні культури слід розміщувати по кращих попередниках.*

Науково-обґрунтований порядок чергування культур у сівозміні має функціонально забезпечувати:

*- зниження чисельності сходів бур'янів та пригнічення їх росту;*

*- зменшення ураження культур збудниками хвороб;*

*- оптимізацію використання поживних речовин;*

*- рівномірне навантаження на техніку;*

*- підвищення рентабельності;*

*- постійну наявність рослинних решток на поверхні ґрунту;*

*- максимальне біорізноманіття;*

*- максимально ефективне використання вологи – основного лімітуючого чинника життя рослин.*

Таблиця 4.1

**Порівняння монокультури, фіксованої сівозміни й динамічної сівозміни (адаптовано Косолап М. П., Кротінов О. П.)**

| **Показники** | **Монокультура** | **Фіксована сівозміна** | **Динамічна сівозміна** |
|---|---|---|---|
| Кількість культур | Одна | Багато: кількість залежить від придатності до вирощування в регіоні, економічної доцільності, знань виробника та інфраструктури | Багато: кількість залежить від придатності до вирощування в регіоні, економічної доцільності, знань виробника та інфраструктури |
| Різноманітність культур | Немає | Різноманітність залежить від тривалості ротаційного періоду | Велика різноманітність відповідно до різних умов вирощування, можливостей маркетингу та цілей виробника |
| Гнучкість у послідовності культур | Немає | Майже відсутня, але за умови використання «перспективних» культур сівозміна стає гнучкішою | Висока, оскільки всі культури розглядаються як можливі до посіву |
| Знання біології та екології | Знання агрономії | Потрібне розуміння впливу послідовності чергування культур на показники родючості ґрунту | Глибокі знання про багаторічну комплексну сівозміну й взаємовплив культур і середовища вирощування |
| Рівень складності управління | Нескладний. Залежно від виду культур | Підвищений. Залежно від тривалості ротації та сівозміни та різноманіття культур. | Високий. Відповідно до зміни умов вирощування впродовж року, ситуації на ринку та цілей виробника. |

Таблиця 4.2

**Властивості культур, які необхідно враховувати при плануванні сівозміни в системах землеробства No-till і Strip-till*, (Двейн Л. Бек)**

| Культура | Родина (тип) | Рівень водоспо-живання | Час сівби, місяць | Критичний період водо-споживання, місяць | Збір урожаю, місяць | Спосіб збирання | Забезпечення снігозатримання |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Озима пшениця | Злакові (холодостійка) | Низький | 9–10 | 10–6 | 6–7 | Пряме або роздільне збирання | Відмінне |
| Яра пшениця | Злакові (холодостійка) | Низький | 3–4 | 6 | 7 | Пряме або роздільне збирання | Добре/відмінне |
| Кукурудза | Злакові (теплолюбна) | Високий | 4–5 | 7–8 | 9–10 | Пряме комбайнування / вся культура | Добре |
| Сорго | Злакові (теплолюбна) | Високий | 5 | 8 | 9–10 | Пряме або роздільне збирання | Відмінне |
| Соя | Бобові (теплолюбна) | Високий | 4–5 | 7–8 | 8–10 | Пряме комбайнування на низькому зрізі | Незадовіл./ відсутнє |
| Соняшник | Айстрові (теплолюбна) | Високий | 4–5 | 7–8 | 9–10 | Пряме комбайнування з високим зрізом | Чудове/ добре |
| Просо | Злакові (теплолюбна) | Низький | 5 | 7–8 | 9 | Пряме комбайнування з високим зрізом | Незадовіл./ добре |
| Льон | Льонові (холодостійка) | Низький | 4–5 | 6–7 | 8–9 | Пряме або роздільне збирання | Незадовіл./ добре |
| Ячмінь | Злакові (холодостійка) | Низький | 3–4 | 5–6 | 6–7 | Пряме або роздільне комбайнування | Добре/ відмінне |
| Овес | Злакові (холодостійка) | Низький | 3–4 | 5–6 | 6–7 | Пряме або роздільне комбайнування | Добре/ відмінне |

Закінчення табл..4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Горох | Бобові (холодостійка) | Низький/Помірний | 3–4 | 5–6 | 6–7 | Пряме або роздільне комбайнування з низьким зрізом | Відмінно/ добре |
| Нут | Бобові (теплолюбна) | Помірний | 4–5 | 6 | 8–9 | Пряме або роздільне комбайнування з низьким зрізом | Незадовільне |
| Сочевиця | Бобові (холодостійка) | Низький/Помірний | 3–4 | 6 | 7–8 | Роздільне або пряме комбайнування | Незадовіл./ |
| Люпин | Бобові (теплолюбна) | Помірний | 4–5 | 6 | 8 | Роздільне або пряме комбайнування | Незадовіл./ добре |
| Картопля | Пасльонові (холодостійка) | Високий | 4–5 | 6–8 | 9–10 | Підкопування | Незадовіл. |
| Люцерна | Бобові (холодостійка) | Дуже високий | 4–8 | 5–8 | 6–9 | На зерно роздільне збирання, суцільне збирання зеленої маси | Незадовіл. |

* Наведені дані є узагальненими, тож їх доцільно уточнювати для конкретних сортів і регіонів.

**Отже, при складанні сівозміни визначають такі етапи роботи:**

1) уточнення організації території господарства;

2) розробка оптимальної структури посівних площ;

3) визначення оптимальної кількості сівозмін та середнього розміру поля в них;

4) складання схеми сівозміни по групам культур;

5) складання порядку чергування культур згідно зі схемою сівозміни;

6) насичення сівозміни покривними культурами;

7) комплексна оцінка ефективності складеної сівозміни.

Детально порядок корегування структури посівних площ і розробки оптимального порядку чергування культур по полям в польових сівозмінах описаний в практикумі до курсу «Системи землеробства No-till і Strip-till». В практикумі також описана методологія системної оцінки структури і схеми сівозміни.

### 4.4. Практика сівозмін у господарствах України

Різноманітність ґрунтово-кліматичних умов України зумовлює і різноманітність впроваджених у виробництві схем сівозмін. До основних польових товарних культур, які вирощують за технологіями систем землеробства No-till і Strip-till, належать:

- з озимих культур – пшениця, ячмінь, менше поширено жито;
- з ярих зернових – ячмінь і значно менше овес;
- з просапних – кукурудза і соняшник, менш поширено сорго;
- з бобових – соя і мала частка припадає на горох;
- з технічних – льон олійний та ріпак (здебільшого сіють озимий).

Значно ширший видовий склад нішевих культур – гречка, просо, вика, гірчиця, нут, вігна, сочевиця, квасоля, люпин, боби, фацелія тощо.

Посушливі умови півдня обмежують набір товарних культур. Наприклад, у богарних умовах південних регіонів економічно обґрунтований урожай забезпечують насамперед пшениця озима, ячмінь озимий, соняшник, льон олійний, ріпак озимий і сорго. Крім цього, вирощують просо, горох, нут та інші нішеві культури. В цих умовах часто застосовують короткоротаційні сівозміни, наприклад, 2-пільні сівозміни *озима пшениця – ріпак озимий (соняшник*), у разі відсутності вологи для отримання сходів ріпаку його заміняють на соняшник (Херсонська область). Другий варіант: *пшениця озима – ріпак озимий – ячмінь озимий – горох зимуючий*. У Миколаївській області практикують довшу сівозміну з ширшим набором культур: *соя – ячмінь озимий – ріпак озимий – пшениця озима – соя – кукурудза.*

У господарстві «Аннушка» на Миколаївщині відмітили таку закономірність: у сівозмінах, де між кукурудзою і соняшником протягом 2-3 років були культури, які зберігають вологу (озимий ріпак, горох, пшениця), урожайність соняшнику становила 2 т/га навіть якщо перед соняшником на полі послідовно висівали пшеницю, озимий ріпак і знову пшеницю. А ось після кукурудзи урожйність соняшнику завжди була нижчою. В сівозміні, де

присутні ріпак, соняшник і кукурудза складно робити інтервал для накопичення вологи, бо всі ці культури потребують багато вологи. Тому в умовах її дефіциту кращим варіантом буде зупинитися на одній з цих культур. Можливо навіть увести в сівозміну льон. В господарстві практикують не одну а три сівозміни з наступним чергуванням культур: «пшениця – кукурудза – соняшник» (10% площ), «пшениця – кукурудза – льон» (80%) та «пшениця – озимий горох» (на лужних ґрунтах, 10%).

Джерело: https://superagronom.com/blog/1131-otrimati-vegetativnu-masu-siderata-na-pivdni-vkray-problematichno-a-zisk-z-pokrivnoyi-kulturi--realno

У зоні Лісостепу зростання рівня вологозабезпеченості дає змогу збільшувати у сівозміні кількість культур, вимогливіших до вологи. Наприклад, *соя – кукурудза – соняшник – пшениця озима або соя – пшениця озима – ріпак* або *соняшник – кукурудза*. Але навіть за достатнього зволоження деякі фермери практикують економічно ефективну 2-пільну сівозміну *кукурудза – соя* або її варіанти з повторними посівами кукурудзи чи сої. Всюди застосовують здебільшого короткоротаційні сівозміни. Наприклад, у Київській області в невеликих за площею фермерських господарствах практикують 3-пільну сівозміну з таким чергуванням культур: *кукурудза – соя – пшениця озима.*

У великих господарствах застосовують і довгоротаційні сівозміни, наприклад, у зоні Лісостепу прапляються сівозміни з таким набором культур і їх чергуванням: *соя – пшениця озима – кукурудза – соняшник – пшениця озима – квасоля – пшениця озима – соняшник*.

Бувають сівозміни з повторними посівами. У повторних посівах частіше висівають кукурудзу або сою, наприклад: *соя – соя – соняшник – спельта – кукурудза* або *кукурудза – кукурудза – соя*. Є сівозміни з дуже широким набором культур, наприклад, у Вінницькій області структура посівних площ у господарстві така:

- соя, нут, сочевиця – 40–45%;
- пшениця озима, овес, жито, ярий ячмінь, спельта, гречка, просо – 50%;
- льон, соняшник, соя, чорний тмин – 5–10%.

У Полтавській області в господарстві, де запроваджена базова 10-пільна сівозміна та сівозміни в часі на віддалених полях структура посівних площ така:

- соя – 10–20%;
- пшениця озима – 20%;
- ячмінь озимий – 10%;
- ріпак озимий – 10%;
- кукурудза – 30–50%;
- горох – 5–7%;
- соняшник – 10–30%.

У Харківській області в господарстві запроваджена 10-пільна сівозміна, але зі значною кількістю збірних полів, оскільки в структурі посівних площ багато видів культур:

- пшениця озима – 20%;

- жито озиме – 3–5%;
- тритикале – 3–5%;
- ячмінь ярий – 10%;
- овес – 2%;
- нут – 2%;
- кукурудза на силос – 18%;
- кукурудза на зерно – 8%;
- соняшник – 18%;
- цукрові буряки – 0,5%;
- маш (золотиста квасоля) – 2%;
- люцерна – 7%;
- еспарцет – 2%.

У цьому разі господарство орієнтоване на дотримання високого біорізноманіття в сівозміні. У наведених схемах різноманітних сівозмін ми не фіксували місце і видовий склад покривних культур. Детально це висвітлено нижче у розділі «Покривні культури».

Через нестабільність площі ріллі в господарствах та велике просторове розміщення полів практично в кожному господарстві поєднують кілька сівозмін та позначають поля, які недавно приєднали, або на віддалених земельних масивах формують окремі сівозміни або навіть на всій віддаленій площі ріллі практикують сівозміну в часі щоб зменшити перегони техніки. Часто таких полів у господарстві може бути кілька. Зазвичай наявність у структурі посівних площ багатьох культур приводить до наявності в сівозмінах одного або кількох збірних полів.

## Висновки до розділу

1. Сівозміна у системах землеробства No-till і Strip-till є не лише способом чергування культур, а основним інструментом управління ґрунтом, вологою, рослинними рештками, біологічною активністю та фітосанітарним станом посівів.
2. За відсутності або значного обмеження механічного обробітку ґрунту саме культури сівозміни беруть на себе частину функцій, які у традиційних системах виконувалися обробітком: поліпшення водно-фізичних властивостей ґрунту, регулювання поживного режиму, зменшення ерозійних процесів, пригнічення бур’янів, обмеження поширення шкідників і хвороб.
3. Ефективна сівозміна в No-till і Strip-till має формуватися на основі раціональної організації території, урахування ґрунтово-кліматичних умов, спеціалізації господарства, технічного забезпечення та економічної доцільності вирощування культур.
4. Важливе значення має не лише набір культур, а й їхнє правильне співвідношення, біологічна сумісність, тип кореневої системи, рівень водоспоживання, кількість і якість рослинних решток, строки сівби та збирання, а також здатність культури бути добрим попередником для наступної ланки сівозміни.

5. Особливістю сучасного підходу є перехід від жорстко фіксованих сівозмін до динамічних схем, у яких чергуються не лише конкретні культури, а навіть їх біологічні групи. Такий підхід дає змогу господарству гнучко реагувати на зміну погодних умов, рівень вологозабезпечення, ринкову кон'юнктуру та виробничі потреби без порушення основних агрономічних принципів чергування культур.
6. Динамічна сівозміна дозволяє зберегти сівозмінний ефект, підтримувати родючість ґрунту й забезпечувати стабільність виробництва в умовах кліматичних і економічних ризиків.
7. Важливою умовою успішного функціонування сівозміни є її різноманіття та правильно визначена інтенсивність. Різноманіття культур сприяє зниженню фітосанітарних ризиків, рівномірнішому використанню техніки й трудових ресурсів, кращому розподілу навантаження впродовж сезону та підвищенню стійкості агроекосистеми. Інтенсивність сівозміни має відповідати запасам вологи, типу ґрунту, кліматичним умовам і можливостям господарства. Надмірно інтенсивна сівозміна може призвести до дефіциту вологи, тоді як недостатньо інтенсивна – до неефективного використання ресурсів, накопичених у системах No-till і Strip-till.

Отже, науково обґрунтована сівозміна в системах No-till і Strip-till повинна поєднувати агрономічну доцільність, економічну ефективність, екологічну стійкість і виробничу гнучкість. Її розроблення потребує послідовного аналізу території господарства, структури посівних площ, біологічних властивостей культур, ролі попередників, можливостей техніки та умов конкретного регіону..

**Питання для самоконтролю**

1. У яких випадках доцільно збільшувати середній розмір поля до 300–700 га?
2. Чому структура посівних площ не може бути стабільною в часі?
3. Яка класифікація культур у системі землеробства No-till?
4. За якими показниками оцінюють оптимальність структури посівних площ?
5. Чим схема сівозміни відрізняється від порядку чергування культур у сівозміні?
6. Які завдання виконує сівозміна в системі землеробства No-till?
7. Які показники враховують при оцінці культури як попередника в системах землеробства No-till і Strip-till?
8. Яка сівозміна вважається динамічною?
9. Що таке інтенсивність сівозміни?
10. Що таке різноманіття сівозміни?
11. Які етапи робот є при складанні сівозміни?

**Відеоматеріали**

1. Культиватор майбутнього «Колісниця КД-4» https://www.youtube.com/watch?v=LlmiRNDeGYo
2. Рублячий коток та його ефект: https://www.youtube.com/watch?v=a6DQVeczQu4
3. Посів покривної гречки No-till: https://www.youtube.com/watch?v=0cWqoBJvMXg
4. Ігорь Шайнога: через покрівні культури в No-till. Західна Україна. Пряма сівба: https://www.youtube.com/watch?v=XFUbLSgvzoI
6. Покривні культури – досвід зарубіжних колег. Олена Дудкіна: https://www.youtube.com/watch?v=O4FNFTKaVyM
7. Покривні культури – суміші чи монокультура, що ефективніше: https://www.youtube.com/watch?v=3O2UBPFy_E

**Додаткова література**

1. Едуард Романьков. Відмова від оранки, сівозміна та синергія культур навіщо це потрібно: https://www.youtube.com/watch?v=6k7xsZvb0FY

# Розділ 5. ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ

*У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти набуде:*

**Цілісне уявлення про покривні культури** як базовий елемент сучасного ґрунтозахисних систем землеробства, зокрема No-till і Strip-till. Він зрозуміє, що покривні культури вирощують не лише для отримання додаткової біомаси чи зеленого добрива, а передусім для захисту ґрунту, підтримання його родючості, накопичення органічної речовини та забезпечення постійного рослинного покриву на полі, як засобу формування в цілому більш стійкої агроекосистеми.

**Здобувач навчиться аналізувати роль** покривних культур у регулюванні фізичного стану ґрунту, водного і температурного режимів, поживного балансу, біологічної активності та фітосанітарного стану посівів. Особлива увага приділяється здатності покривних культур зменшувати ерозійні процеси, пригнічувати бур'яни, знижувати втрати поживних речовин, поліпшувати структуру ґрунту та створювати сприятливі умови для розвитку ґрунтової біоти.

**Після вивчення теми здобувач** оволодіє знаннями щодо добору видів і сумішей покривних культур залежно від мети їх використання, місця в сівозміні, строків сівби, ґрунтово-кліматичних умов і потреб наступної культури. Він також зрозуміє можливі ризики використання покривних культур, зокрема конкуренцію за вологу, збільшення витрат, затримку строків сівби основної культури та потенційні фітосанітарні проблеми за неправильного добору видів.

**Здобувач отримає практичні** навички планування системи покривних культур у сівозміні та технології їх вирощування з оцінкою їх впливу на ґрунт і наступні культури, добору озимих, ярих, підсівних культур або сумішей, а також визначення способів припинення їх вегетації. Він зможе обґрунтовувати доцільність використання покривних культур як агротехнічного заходу для збереження вологи, поповнення органічної речовини, поліпшення структури ґрунту та підвищення стійкості агроекосистеми.

***Короткий зміст розділу***

Покривні культури є важливим елементом систем землеробства No-till і Strip-till. Їх вирощують у періоди, коли поле вільне від основної товарної культури, щоб забезпечити постійний або максимально тривалий рослинний покрив. На відміну від сидеральних культур, які переважно розглядають як зелене добриво, покривні культури виконують ширший комплекс ґрунтозахисних, агрономічних та екологічних функцій. Покривні культури дають змогу повніше використовувати просторово-часовий ресурс сівозміни. Вирощування проміжних посівів підтримує безперервний зв'язок між рослинами, ґрунтом і ґрунтовою біотою.

Основними завданнями покривних культур є захист ґрунту від водної та вітрової ерозії, зменшення випаровування вологи, регулювання температур-

ного режиму, поліпшення структури та водопроникності ґрунту, поповнення органічної речовини, підтримання біологічної активності й обмеження розвитку бур'янів. Надземна маса захищає поверхню від руйнівної дії дощових крапель і перегрівання, а коренева система формує пори, зміцнює агрегати та створює канали для руху води, повітря і коренів наступних культур.

Поєднання культур із різними типами кореневих систем в сумішах забезпечує повніше використання ґрунтового профілю. Бобові види завдяки симбіотичній азотфіксації накопичують атмосферний азот, частина якого після розкладання біомаси стає доступною наступним культурам. Небобові види поглинають доступні елементи живлення з ґрунту, зменшуючи ризик їх вимивання, а після мінералізації повертають їх у ґрунтовий колообіг.

Швидкість розкладання біомаси залежить від співвідношення вуглецю й азоту. Рештки бобових культур із вузьким співвідношенням C:N розкладаються швидко та сприяють вивільненню азоту. Рештки злакових культур із ширшим співвідношенням C:N розкладаються повільніше й довше зберігають мульчувальний покрив, але можуть тимчасово зв'язувати доступний ґрунтовий азот. Поєднання злакових і бобових видів у сумішах дає змогу збалансувати швидкість розкладання, накопичення азоту та тривалість захисту поверхні.

Покривні культури можуть пригнічувати бур'яни завдяки швидкому формуванню рослинного покриву, конкуренції за світло, воду й поживні речовини, а також алелопатичному впливу окремих видів. Запізнення із сівбою може дати змогу післяжнивним бур'янам сформувати насіння раніше, ніж покривний посів накопичить достатню біомасу.

Добір покривних культур проводять відповідно до поставленої мети, місця в сівозміні, строку сівби, наявності вологи, властивостей ґрунту та потреб наступної культури. Покривна культура має бути добрим попередником і не належати до тієї самої родини, що й наступна основна культура, особливо за наявності спільних хвороб і шкідників.

Покривні культури можуть бути озимими, ярими або підсівними. Озимі види висівають наприкінці літа чи восени, переважно перед пізніми ярими культурами. Ярі покривні культури розміщують після культур раннього строку збирання. Підсівні культури висівають у міжряддя основної культури, створюючи живу зелену мульчу. Суміші кількох видів часто ефективніші за одновидові посіви, оскільки поєднують накопичення азоту, формування біомаси, розпушення ґрунту та пригнічення бур'янів.

Вегетацію покривних культур припиняють природним відмиранням від морозу, хімічним способом, скошуванням або прикочуванням рублячими котками. Строк припинення визначають з урахуванням запасів вологи, фази розвитку покривної культури та строку сівби наступної культури. Запізнення може спричинити конкуренцію за воду й ускладнити проведення сівби.

Застосування покривних культур пов'язане і з ризиками: додатковими витратами, недостатнім зволоженням для отримання сходів, надмірним використанням води, затримкою сівби основної культури та можливим

накопиченням окремих шкідників і збудників хвороб. Тому їх не можна використовувати за стандартною схемою без комплексної оціни конкретної ситуації на полі.

### 5.1. Поняття та зміст терміну «покривні культури»

Основними природними ресурсами в землеробстві є простір (площа ріллі) та час (тривалість вегетаційного сезону).

Рівень використання цих ресурсів по полях наведено на прикладі 6-пільної сівозміни (рис. 5.1).

| № поля | Місяці вегетаційного сезону | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 |
| 1 | Г О Р О Х | | | | | О З И М А | |
| 2 | П Ш Е Н И Ц Я | | | | | | |
| 3 | | К У К У Р У Д З А | | | | | |
| 4 | | С О Я | | | | О З И М И Й | |
| 5 | Р І П А К | | | | | ОЗИМИЙ | |
| 6 | Я Ч М І Н Ь | | | | | | |

Рис. 5.1. Карта-схема 6-пільної сівозміни. © Косолап М.

У таблиці 5.1. наведено приклад розміщення культур у полях сівозміни за місяцями вегетаційного сезону – з квітня по жовтень. Таблиця демонструє не лише чергування культур у сівозміні, а й тривалість зайнятості поля протягом вегетаційного сезону. Це важливо для планування строків сівби і збирання, раціонального використання вологи, організації післяжнивного періоду для забезпечення постійного або майже постійного рослинного покриву на полі. У системах No-till така схема допомагає краще планувати надходження рослинних решток, захист поверхні ґрунту від перегрівання й ерозії, а також підтримання біологічної активності ґрунту.

В природних фітоценозах рівень використання простору-часу дорівнює 100%. Розрахунок ступеня використання просторово-часового ресурсу в такій сівозміні (табл. 5.1) свідчить, що він не однаковий по полям сівозміни й у середньому по сівозміні становить лише 63 відсотка.

Наявність великого проміжку часу, коли поле вільне від вирощування культури, дає можливість вирощувати в цей же рік другий урожай. У сучасній агрономічній літературі України групи культур, які вирощують у вільний від основних культур період часу, мають назву «*проміжна культура*». За Державним стандартом ДСТУ 4691:2006 «*проміжна культура – це сільськогосподарська культура, яку вирощують на полі сівозміни, коли воно вільне від основної культури*».

Таблиця 5.1

**Рівень використання просторово-часового ресурсу в 4-пільній сівозміні (Косолап М.)**

| № поля, культура | Використано простору часу, % | Не використано, % | Зокрема за період весна–літо,% | Зокрема за період літо–осінь |
|---|---|---|---|---|
| 1 – Горох | 60 | 40 | 5 | 35 |
| 2 – Пшениця озима | 43 | 57 | 0 | 57 |
| 3 – Кукурудза | 67 | 33 | 14 | 19 |
| 4 - Соя | 85 | 15 | 12 | 3 |
| 5 – Ріпак озимий | 71 | 29 | 0 | 29 |
| 6 – Ячмінь озимий | 50 | 50 | 0 | 50 |
| У середньому | 63 | 37 | 5 | 32 |

У традиційному землеробстві проміжні сільськогосподарські культури вирощують з метою отримання додаткової продукції – зерна, бульб, зеленої маси, сіна, сінажу або зеленої вегетативної маси на корм тваринам. Їх також можна використовувати як джерело органічної речовини, «зелені добрива», для поповнення ґрунту органікою. В такому разі їх називають «сидеральними культурами». Такої самої думки дотримуються й в англомовній літературі, наприклад, Дайвер (Diver) і П. Салліван (P. Sullivan) (1992) вважають, що проміжні культури, які вирощуються спеціально для заробки в ґрунт у вигляді зеленого добрива слід називати «сидеральними культурами».

Описуючи зберігаючі системи землеробства, зокрема й системи No-till і Strip-till, в англомовній літературі частіше використовують термін не сидеральні, а «***покривні культури***». Під ним розуміють *культури, які вирощують насамперед для створення рослинного покриву на поверхні ґрунту незалежно від того, чи буде рослинна маса в майбутньому зароблена в ґрунт як органічне зелене добриво, чи збиратиметься як другий урожай, чи залишиться на поверхні ґрунту у вигляді рослинних решток.* Сівба покривних культур і підбір видів залежить від визначеного основного завдання, котре потрібно вирішити завдяки покривним посівам.

Щодо термінів «зелене добриво», «сидеральне добриво», в якості яких можуть бути використані покривні культури, то вони застосовуються більше в традиційному землеробстві й однаково трактуються у вітчизняній та англомовній науковій літературі. Американська спілка ґрунтознавців дає таке визначення терміна: «*зелене добриво – це рослинний матеріал, який вноситься в ґрунт у зеленій або стиглій фазі для поліпшення його стану»* (Martin D. L., Thrailkill D. J., 1993).

У традиційних системах землеробства вважають, що поле має «відпочивати» після зібраного врожаю, а тому ресурс (площа/час) вегетаційного сезону в сівозміні використовується лише на 50–70 відсотків. У решту часу на полі немає зелених рослин. Зазвичай це періоди реалізації систем основного і передпосівного обробітку ґрунту. Після вилучення

побічної продукції з поля, ґрунт залишається відкритим і на нього постійно діють природні чинники: вітер, атмосферні опади, сонячні промені. В цей період переважає викид $CO_2$ в атмосферу, а не його фіксація в рослинах і ґрунті. Проте давно відома істина свідчить, що «ґрунт – рослина» – це єдина екосистема, тож розривати її навіть на короткий термін – означає порушувати природний цикл ґрунтотворення, тому *в системах землеробства No-till і Strip-till покривні культури є базовим елементом контролю ґрунтового середовища, а не отримання другого врожаю.* Відмова від механічного обробітку ґрунту не означає відмову від завдань, які він виконує. Значну частину цих завдань покладають на покривні культури.

У традиційній системі землеробства вважають, що залишені без рослинних решток поля мають такі переваги:

- можна провести любі заходи зі знищення сходів бур'янів;
- заробити в ґрунт післяжнивні рештки, на яких здебільшого наявні збудники хвороб і шкідники, що приведе до їх загибелі;
- підготувати ґрунт для проведення якісної сівби – привести стан ґрунту до вимог культур і технічних можливостей сівалок.

Водночас, коли поверхня ґрунту залишається відкритою (відсутні рослини чи їх рештки), вона найуразливіша для дії дощових крапель, що руйнують ґрунтові агрегати. Непродуктивно розкладається органічна речовина ґрунту через вимивання відбувається втрата наявних рухомих поживних речовин, непродуктивно втрачається волога з ґрунту, проявляється водна та вітрова ерозія, ґрунтові мікроорганізми відчувають нестачу в поживі. *В природних умовах ґрунт ніколи не буває відкритим*. За тривалої відсутності культур на полі, вільні ресурси природа заповнює бур'янами, для знищення яких необхідно застосовувати механічні обробітки або гербіциди. Отже, ці агрономічні заходи вступають у суперечність із законами природи.

*У системі землеробства No-till і Strip-till засобом вирішення названих проблем у період відсутності основної культури на полі є вирощування покривних (проміжних) культур (рис. 5.1).*

Окремо стоїть питання вирощування багаторічних трав в сівозмінах за системи No-till. Відомо, що трав'яний покрив є двигуном або акумулятором сівозміни Багаторічні трави є товарними посівами лише у випадку реалізації їх насіння або відноситися до кормових за наявності тваринництва в господарстві. Завдяки цьому живому трав'яному покриву ґрунт збагачується гумусом й азотом більше ніж від посівів малорічних культур, що гарантує високу врожайність сільськогосподарських культур, які будуть вирощувати на цьому полі. Навіть у господарствах з невеликою кількістю худоби, слід відвести певну площу під посіви багаторічних трав. Якщо частка багаторічних трав є занадто малою, то баланс азоту в сівозміні буде негативним, баланс гумусу буде негативним і родючість ґрунту буде знижуватися. Присутність багаторічних трав протягом двох років сильніше впливає на рівень бур`янів, ніж посіви однорічних культур.

Ґрунт – живий організм, в якому ґрунтова біота постійно повинна мати поживу. Нею слугують надземні й підземні мертві рослинні рештки й живі

рослини та їх кореневі виділення. За наявності на полі покривних культур екологічна ніша для розвитку бур’янів зменшується, тому такі проміжні посіви в системах землеробства No-till і Strip-till розглядають, як фітоценотичний засіб контролю розвитку бур’янів й одночасно джерело накопичення органічної речовини на полі (рис. 5.2).



Рис. 5.1. Просо як проміжна культура. Херсонська область.
© Щедрінов А.

Пригнічення бур’янів покривними культурами є найбільш екологічно безпечним й економічно доцільним заходом їх контролю в період відсутності основних культур сівозміни на полі. Проте для застосування цього заходу не завжди є відповідні умови та можливості. Головна проблема використання покривних культур у регіонах із кількістю опадів менше ніж 700 мм у рік (що спостерігається на більшій частині території України) – це наявність доступної вологи в посівному шарі ґрунті на час їх сівби. За недостатньої кількості доступної вологи у верхньому шарі ґрунту можлива затримка появи сходів покривних культур або їх зрідження, а за умови її відсутності – сходи покривних культур можна не отримати взагалі, що є основним ризиком їх сівби. Водночас за умови нестійкого зволоження та надлишкового використання вологи проміжними культурами її може не вистачити для наступної основної культури, що спричинить зниження її врожайності.

Цього можна уникнути, розрахувавши оптимальний період присутності на полі покривної культури за кількістю використаної за період її вегетації вологи. Він мусить бути таким, щоб після знищення покривної культури та

кількість вологи, яку вона використала за період своєї вегетації, з високою долею ймовірності була компенсована опадами і у ґрунті встигла накопичитися достатня кількість вологи до наступної культури сівозміни. Точне числове значення цих меж буде суттєво коливатися залежно від виду культури, кліматичних особливостей кожного регіону тощо.

*Проте загальним правилом залишається положення, що чим більша вологозабезпеченість у регіоні, тим більше є можливостей для вирощування проміжних посівів покривних культур.*

*Покривні культури є ключовим чинником у системі землеробства No-till, який має набагато більше значення, ніж у традиційній системі землеробства. Чим менше культур у сівозміні (чим коротша сівозміна), тим більша роль і значення проміжних культур.*



Рис. 5.2. Суміш покривних культур. © Драганчук М.

Водночас обов'язково слід враховувати також , що покривні культури виступають як попередники для наступної культури сівозміни, тому одне з правил вибору покривних культур: *покривні культури мають бути не гіршим, а бажано кращим попередником для наступної культури, ніж основна культура*. Не можна висівати в покривних посівах культури, які є поганими попередниками для наступної культури. Дотриматися цього правила можливо, використавши інформацію, яка викладена в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 показує небажані варіанти розміщення наступних культур після окремих покривних культур. Вона допомагає враховувати фітосанітарні ризики, уникати повторного вирощування споріднених культур і правильно поєднувати покривні культури з основними культурами сівозміною.

Таблиця 5.2

**Небажане чергування культур у сівозміні**
**(адаптовано Косолап М. П., Кротінов О. П.)**

| Покривна культура | Небажана наступна культура |
|---|---|
| Пшениця | Пшениця, сорго, соняшник |
| Ячмінь | Ячмінь, соняшник |
| Сорго | Сорго, соняшник |
| Овес | Овес, ячмінь |
| Зернобобові | Зернобобові, ріпак, соняшник (ризик пошкодження склеротинією) |
| Соняшник | Соняшник, ячмінь (ризик фузаріозного в'янення) |

## 5.2. Завдання покривних культур

У системах землеробства No-till і Strip-till значущість і завдання, які вирішують за допомогою покривних культур, можна звести до таких позицій.

1. *Регулювання фізичного стану ґрунту*. Коренева система покривних культур і діяльність ґрунтової біоти унеможливлюють переущільнення ґрунту в період вегетації покривних культур і одночасно забезпечують формування водостійкої структури ґрунту (рис.5.2).

*2. Регулювання водного режиму ґрунту* шляхом зменшення випаровування ґрунтової вологи, поліпшення структурного стану та будови ґрунту, підвищення водоутримувальної його здатності. Основним чинником, який зумовлює підвищення проникнення води в ґрунт за відмови від механічного обробітку ґрунту, є пори, що утворюються після розкладу кореневої системи рослин та пори від земляних черв'яків (Lal та ін., 1991). Масове поширення на певній території покривних культур, як відзначалося вище, зумовлює навіть зміну погоди в певному регіоні – збільшується кількість опадів.

*3. Регулювання температурного режиму ґрунту***.** Травостій покривних культур відбиває пряму і розсіяну сонячну радіацію, тому температура ґрунту, покритого рослинами або рослинними рештками, завжди нижча, ніж за їх відсутності. Це особливо важливо в другій половині літа, коли в Україні спостерігаються найвищі її значення і температура відкритого ґрунту може перевищувати +50 °С, що унеможливлює життєдіяльність ґрунтової біоти та збільшує втрати вологи з ґрунту.

У весняний період затримка з прогріванням ґрунту справляє негативний вплив на життєдіяльність ґрунтової біоти. За таких умов мікробіологічні процеси активізуються повільніше, уповільнюється розкладання рослинних решток, мінералізація органічної речовини та вивільнення доступних для рослин елементів живлення. Відповідно, ґрунт пізніше набуває біологічної стиглості, тобто стану, за якого температура ґрунту в посівному шарі досягає

близько 10 °С і створюються сприятливі умови для активного розвитку ґрунтових організмів та проростання насіння теплолюбних культур.

4. *Регулювання поживного режиму* ґрунту відбувається завдяки запобіганню втратам поживних речовин із ґрунту внаслідок їх вимивання, збільшенню вмісту азоту в ґрунті через його біологічну фіксацію з атмосфери, рециркуляції доступних мінеральних поживних речовин, що забезпечує до певної міри їх збереження та поповнення.

*Процеси поглинання і вивільнення азоту мікроорганізмами*

Основною, найменш вивченою проблемою залишається питання деструкції живих і мертвих рослинних решток мікроорганізмами та процеси поглинання і вивільнення передусім такого важливого елемента живлення, як азот. Співвідношення C/N у мікроорганізмів у середньому становить 10:1. За використання покривних культур збільшується надходження поживи для мікроорганізмів, що викликає зростання їх популяції. Аби вони не споживали азот із ґрунту, це співвідношення 10:1 має бути в органічній речовині, яку вони розкладають, або необхідно вносити додатковий азот із мінеральними добривами. Наприклад, рослинна маса покривної культури суданської трави може мати відносно широке співвідношення вуглецю (C) до азоту (N) 50:1. Коли мікроорганізми використовують це джерело вуглецю, вони забезпечені необхідним для цього азотом лише на 20 відсотків. У такій ситуації мікроорганізми іммобілізують весь азот, що міститься в біомасі суданської трави, а забраклу його кількість будуть споживати з ґрунту (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

**Співвідношення C:N у покривних культурах (Престон Салливан)**

| Органічна речовина | Співвідношення C:N |
|---|---|
| Жито до цвітіння | 14:1 |
| Жито у фазі цвітіння | 20:1 |
| Вика | 10:1–15:1 |
| Конюшина | 15:1 |
| Стебла кукурудзи | 60:1 |
| Тирса | 250:1 |

У таблиці наведено співвідношення вуглецю до азоту – C:N – у різних видах органічної речовини. Цей показник має важливе значення для розуміння швидкості розкладання рослинних решток у ґрунті та їхнього впливу на доступність азоту для рослин.

Найнижче співвідношення C:N має вика – від 10:1 до 15:1. Це свідчить про те, що її рослинна маса містить відносно більше азоту порівняно з іншими видами органічної речовини., тому її рештки розкладаються швидше й активніше залучаються у ґрунтові біологічні процеси. Конюшина має співвідношення C:N на рівні 15:1. За цим показником вона також належить до органічної речовини з відносно вузьким співвідношенням вуглецю й азоту. Її рештки можуть швидше проходити процес розкладання порівняно з

післяжнивними рештками злакових культур. Жито до цвітіння має співвідношення C:N 14:1, а у фазі цвітіння – 20:1. Це показує, що в міру розвитку рослини співвідношення вуглецю до азоту збільшується. Тобто «молодша» рослинна маса жита є більш "м'якою" для розкладання, тоді як у фазі цвітіння вона стає грубішою і розкладається повільніше. Стебла кукурудзи мають значно ширше співвідношення C:N – 60:1. Такі рештки містять більше вуглецю відносно азоту, тому їх розкладання відбувається повільніше. Вони довше зберігаються на поверхні ґрунту або в його верхньому шарі та можуть виконувати роль захисного покриву. Найвище співвідношення C:N у таблиці має тирса – 250:1. Це дуже широкий показник, який свідчить про повільне розкладання такої органічної речовини. Тирса містить багато вуглецю і дуже мало азоту, тому її мінералізація потребує найбільше часу. Рештки з високим співвідношенням C:N, такі як стебла кукурудзи й тирса, розкладаються повільніше та довше залишаються у ґрунтовому середовищі. Тому під час планування покривних культур і роботи з рослинними рештками важливо враховувати не лише їхню кількість, а й якість органічної маси.

Співвідношення C/N у різних видів рослин та розподіл азоту між надземною й підземною частинами наведений у табл. 5.4.

Таблиця 5.4

**Розподіл азоту між надземною та підземною частинами рослин із родини бобових (Престон Салливан)**

| Сільськогосподарські культури | Надземна частина, % азоту | Підземна частина, % азоту |
|---|---|---|
| Соя | 93 | 7 |
| Вика | 89 | 11 |
| Нут | 84 | 16 |
| Конюшина червона | 68 | 32 |
| Люцерна | 58 | 42 |

За використання бобових культур як проміжних, що мають відносно вузьке співвідношення C:N, спостерігається незначна іммобілізація або вона взагалі відсутня. Тобто азот бобових рослин може бути швидко мінералізований, але в такому разі азот може надходити в ґрунт раніше, ніж наступна культура буде його використовувати.

За даними бразильського вченого А. Калагарі (2008), приблизно 65–70 відсотків вуглецю післяжнивних решток гороху (C:N = 32:1 і 24:1 відповідно) мінералізуються вже в перші два тижні після їх заробки в ґрунт. Якщо азот мінералізується швидко і його надходження перевищує потреби вирощуваних культур, він може вимиватися з ґрунту.

Отже, за зростання популяції мікроорганізми, які розкладають органічну речовину з широким співвідношенням вуглецю й азоту (понад 1:30), можуть іммобілізувати азот ґрунту або «зв'язати» його у фізичну структуру мікробів. Внаслідок цього азот покривної культури не буде доступний для сільськогосподарських культур. Лише після відмирання мікроорганізмів їхня

плазма швидко мінералізується й азот стає доступним для використання наступними культурами.

Досягнення балансу між вивільненим азотом із рослинних решток, що розкладаються, і потребою в ньому культур є оптимальним варіантом, який забезпечує підвищення загальної ефективності системи землеробства. Регулювати це можна і строками припинення вегетації покривних культур. Встановлено, що чим більш зрілі покривні культури, тим ширше співвідношення C:N і повільніше відбувається процес їх розкладання.

*Накопичення азоту.* Кількість азоту, який міститься в біомасі різних видів покривних культур, суттєво відрізняється. Зазвичай бобові культури в органічній масі накопичують від 65 до 220 кг/га екологічно безпечного атмосферного азоту.

Цей азот надходить у ґрунт у результаті мінералізації органічної речовини. Близько 50 відсотків його загальної кількості може бути використано наступною культурою. Дослідами було встановлено, що за вирощування люпину або вики, які слугували попередником кукурудзи, в ґрунті накопичувалося до 90 кг/га додаткового азоту (Derpsch R., Calegari A., 1992; Calegari A. та ін., 1998). Крім збільшення елементів живлення по такому попереднику, спостерігається синергічний позитивний вплив бобових на кукурудзу.



Рис. 5.3. Коренева система покривних культур та її вплив на ґрунт.
© компанія «Агро-Союз»

Споживання покривними культурами поживних речовин, які накопичуються в ґрунті зумовлює зменшення їх втрат із ґрунту, що має землеробське й екологічне значення. Обсяги зменшення втрат можна оцінити за даними, які наводить G. Guiraud та ін. (1990). За отриманими результатами підсівна культура пажитниця багатоквіткова зменшувала втрати в три рази (зі 124 кг/га до 40 кг/га). За даними R. B. Jackson та ін. (1993) вирощування покривних культур з листопада по березень дало змогу накопичили таку кількість азоту в рослинній масі: гірчиця біла –200 кг/га, жито – 129, фацелія – 182, редька олійна – 161 кг/га. *Ці дані свідчать, що покривні культури*

*надають можливість ефективно керувати колообігом азоту в системі землеробства No-till і Strip-till.*

Накопичення азоту бобовими культурами є ключовим чинником вирощування покривних культур з цієї родини. Обсяг накопиченого і доступного для використання наступними культурами азоту залежить від виду бобових культур, загальної кількості створеної ними біомаси, вмісту азоту в рослинах та погодних умов, що склалися в період їх вегетації (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Кількість азоту, яку здатні накопичити бобові покривні культури (Престон Салливан)**

| Покривна культура | Кількість азоту (кг/га) | Посилання |
|---|---|---|
| Вика волохата | 90–100 | Ebelhar S. A. та ін., 1984 |
| Озимі бобові | 72–78 | Hargrove W. L. та ін., 1986 |
| Конюшина червона | 99 | McVay K. A. та ін., 1989 |

Відсоток доступного для наступних культур азоту, одержаного з проміжних бобових культур, може становити від 40 до 60 відсотків загального обсягу, що накопичився в бобових культурах. Наприклад, культура вики волохатої, яка акумулює до 180 кг/га азоту, віддає наступним зерновим або овочевим культурам близько 90 кг/га азоту. За підрахунками Г. Хойта (Державний університет у Північній Кароліні), 40 відсотків азоту, що міститься в бобових рослинах, стає доступним у перший рік після позбавлення їх життєдіяльності хімічним способом і використання як покривного шару ґрунту. За використання покривної культури на зелене добриво кількість доступного азоту, яка буде доступна наступній культурі, зросте до 60 відсотків.

За даними L. A. Harper та ін. (1995), за використання в якості покривної культури конюшини, накопичення азоту досягало 323 кг/га, а його втрати становили лише 0,25 кг/га, або менше 0,1 відсотка. Водночас у посушливих умовах втрати азоту з рослинних решток бобових культур за їх розміщення на поверхні ґрунту можуть сягати 1/3 загального вмісту (Sarrantonio M., Scott T. W., 1988). Крім цього, у посушливих умовах внаслідок повільної мінералізації можливе пізнє надходження азоту з рослинних решток для наступних культур (Lemon та ін., 1990).

*Рециркуляція поживних елементів.* Крім одержання азоту з бобових культур, покривні культури також сприяють рециркуляції інших поживних речовин, зокрема фосфору (P), калію (K), кальцію (Ca), марганцю (Mg), сірки (S), які акумулюються покривними культурами впродовж вегетації. Якщо залишити органічну речовину покривних культур на поверхні ґрунту у вигляді мульчувального шару, накопичені в ній поживні речовини вивільняються в процесі її розкладу (декомпозиції). Д-р Г. Хойт розробив метод оцінки приросту поживних речовин із покривних культур із метою розрахунку можливого зниження обсягів внесення добрив для наступних

культур. У табл. 5.5 наведені кількість біомаси й поживних речовин, які акумулюються деякими покривними культурами.

Таблиця 5.5.

**Накопичення біомаси* та поживних речовин покривними культурами, кг/га (адаптовано Косолап М. П., Кротінов О. П.)**

| Культура | Біомаса | Азот | Калій | Фосфор | Марганець | Кальцій |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вика волохата | 3260 | 141 | 133 | 18 | 18 | 52 |
| Конюшина малинова | 4243 | 115 | 143 | 16 | 11 | 62 |
| Жито | 5608 | 89 | 108 | 17 | 8 | 22 |

* Суха маса рослинного матеріалу надземної частини.

Наведені дані дають змогу оцінити не лише здатність культури формувати рослинні рештки, а й її потенційний внесок у поживний режим ґрунту. Загалом відомо, що різні покривні культури виконують неоднакові функції в агроценозі. Жито доцільно розглядати як культуру, що забезпечує найбільшу кількість біомаси й добрий ґрунтозахисний ефект. Вика волохата є важливою культурою для накопичення азоту. Конюшина малинова поєднує достатнє формування біомаси з високим накопиченням калію та кальцію. Під час добору покривних культур важливо враховувати мету їх використання. Якщо основним завданням є створення великої кількості рослинних решток і захист поверхні ґрунту, перевагу може мати жито. Якщо пріоритетом є збагачення системи азотом, важливу роль відіграє вика волохата. Якщо потрібно поєднати формування біомаси з накопиченням калію та кальцію, доцільною культурою є конюшина малинова.

Деякі види двосім'ядольних рослин мають здатність акумулювати певні поживні речовини у своїх тканинах у великій концентрації з різної глибини ґрунту або перетворювати важкодоступні форми в легкодоступні. Наприклад, гречка, люпин, буркун білий мають здатність трансформувати та поглинати з ґрунту недоступні для інших видів рослин форми фосфору. Люцерна й інші види покривних культур із глибокою кореневою системою здатні поглинати поживні речовини з глибоких шарів і так піднімати їх до поверхневої кореневої зони, де вони будуть доступні для наступних культур після відмирання коріння і його мінералізації.

Збільшення вмісту доступних форм мінеральних елементів живлення відбувається не лише завдяки вивільненню їх із біомаси, що мінералізується. За розкладання мікроорганізмами органічних речовин як побічний продукт утворюються азотні й органічні кислоти. Ці органічні кислоти вступають у взаємодію з нерозчинними ґрунтовими мінералами, перетворюючи недоступні для рослин форми поживних речовин у доступні. Зміни, які відбулися в хімічному складі ґрунту за 11 років постійного застосування No-till, наведені в табл. 5.6.

Щоб ґрунт залишався захищеним якомога триваліший період часу без погіршення живлення наступної культури, бажано мати значний поверхневий шар біомаси з рослинних рештках із широким чи помірно широким

співвідношенням C/N. Оптимальною буде така схема сівозміни, де рослинні рештки мали б співвідношення C/N у діапазоні 25–30:1. Наявність лише рослинних решток, що повільно розкладаються (зернових колосових культур), спричинить тимчасову іммобілізацію азоту, а рослинні рештки з вузьким співвідношенням C/N (горох, соя), навпаки, підвищать доступність азоту для рослин, але ефективність захисту ґрунту знизиться. Цю дилему можна вирішити висіванням сумішки злакових і бобових культур, наприклад, *вика + ячмінь; вика + тритикале, вика волохата + тритикале*.

*5. Захист ґрунту від водної та вітрової ерозії***.** Основний час прояву вітрової ерозії в умовах України припадає на зимовий або весняний період, коли культури ще відсутні на полі. У зимовий період за відсутності снігового покриву гребеняста поверхня ґрунту після оранки за від'ємних температур перемерзає, розпушується і тому ґрунт стає нестійким проти дії вітру. Якби поля вкривали проміжні культури, то навіть за такого екстремального збігу умов, вітрова ерозія не могла б проявитися в таких катастрофічних масштабах.

Наявність вегетуючої живої проміжної культури або її решток, крім позитивного впливу на структуру ґрунту, зумовлює зниження швидкості вітру в приземному шарі, що сукупно унеможливлює прояв вітрової ерозії.

Водна ерозія ґрунту, яка виникає на схилах, найбільше проявляється у весняний період танення снігу та влітку під час злив. Основна причина полягає в тому, що швидкість надходження води перевищує швидкість її поглинання ґрунтом. Проміжні культури знижують швидкість потоку води цим збільшуючи час для поглинання води ґрунтом на схилах та збільшують інфільтраційну здатність ґрунту (рис. 5.3). Якщо покривні культури висіваються лише для захисту ґрунту від ерозії, то добирають культури, котрі здатні забезпечити високий відсоток покриття поверхні ґрунту в найкоротші строки.

Механізми затримки води покривними культурами полягає в раступному:

1. *Збільшення інфільтрації:* Коріння покривних культур пробиває в ґрунті мікроканали (пори), якими вода потрапляє в глибокі шари, а не стікає поверхнею.

2. *Зменшення випаровування*: Рослинні залишки на поверхні працюють як «термос», захищаючи землю від перегріву сонячними променями та вивітрювання вологи.

3. *Покращення структури (ефект губки):* Покривні культури поліпшують структуру та з часом підвищують вміст органічної речовини, що дозволяє ґрунту утримувати значно більше води в одиниці об'єму.

4. *Запобігання руйнації ґрунтових агрегатів*: Механічний удар крапель дощу є одним з основних факторів руйнації структурних агрегатів ґрунту. Листя приймаючи на себе механічну енергію крапель дощу, не дозволяє їм руйнувати структуру ґрунту та створювати непроникну кірку.

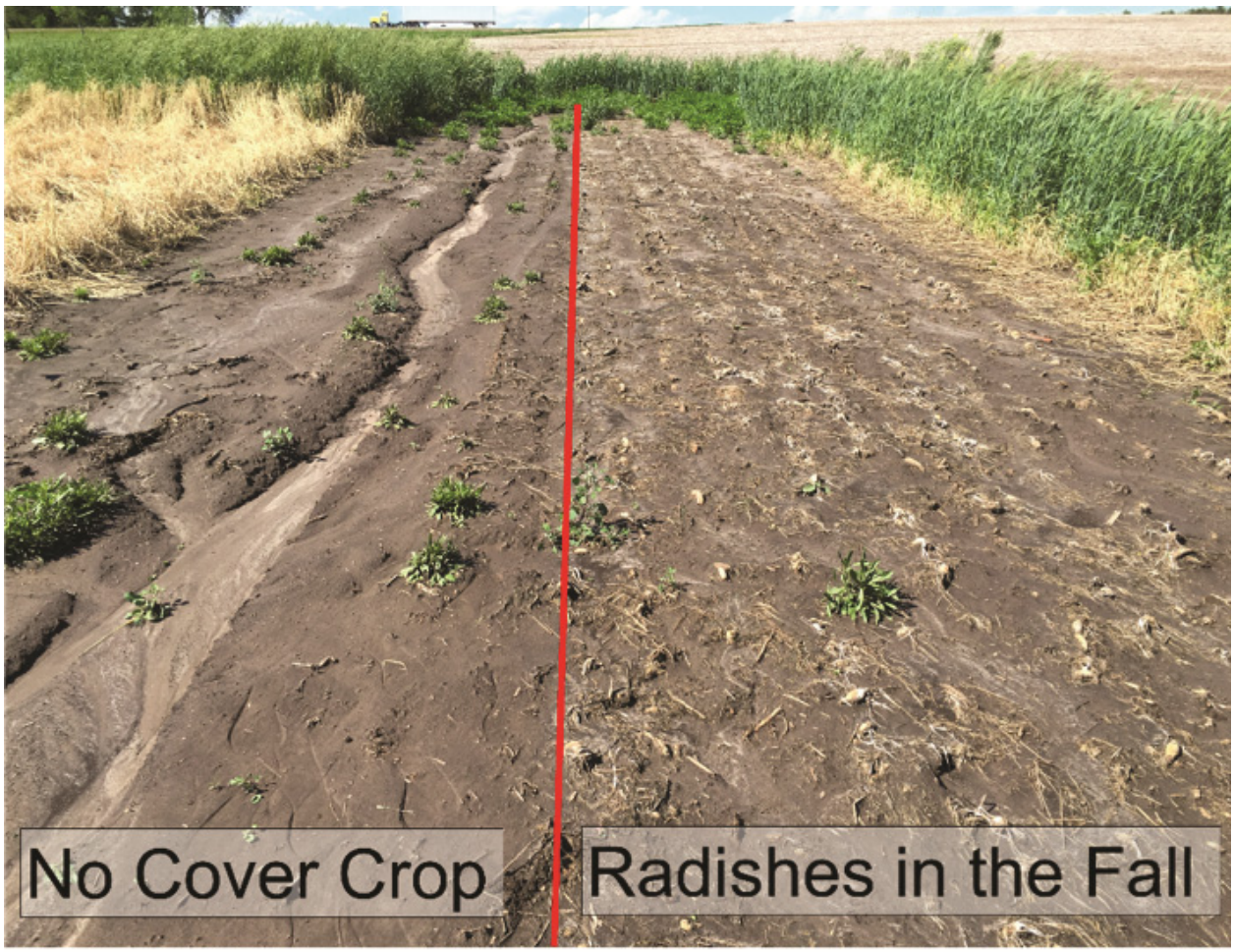



Рис. 5.4. Вплив покривних культур на ерозію ґрунту (11 травня 2016 р.). Джерело:https://extensionpubs.unl.edu/publication/g2284/na/html/view?utm_source=chatgpt.com

5. *Пригнічення росту і розвитку бур'янів***.** Негативний вплив на бур'яни покривних культур проявляється завдяки їх фітоценотичному тиску та зменшенню надходження сонячної енергії до поверхні ґрунту. Проміжні культури знижують інтенсивність проростання насіння бур'янів і пригнічують їх сходи настільки, що останні здебільшого не утворюють життєздатного насіння.

6. Водночас сівба покривних культур може і посилювати проблему забур`яненості посівів. Пов'язано це з тим, що покривні культури висівають зазвичай після зернових колосових культур, які збирають у середині літа. Це період масової появи сходів післяжнивних бур'янів. Основними з них є пізні ярі бур'яни (щириця різні види, лобода біла, амброзія полинолиста, мишій сизий та зелений, куряче просо, чистець однорічний, галінсога дрібноквіткова тощо). Зазвичай післяжнивні бур`яни э основними проблемними витдами в бур`яновому угрупованні просапних культур. Особливістю біології розвитку післяжнивних бур'янів є прискорений їх цикл розвитку – явище неотенії. Ця особливість зумовлює швидке (за 2–4 тижні) формування ними життєздатного насіння в посіві покривної культури, яка за цей час ще не накопичує достатньої біологічної маси для пригнічення бур`янів. В

результаті це призводить до зростання потенційної засміченості верхнього шару ґрунту. Тому ці види бур'янів можуть істотно посилити засміченість наступної просапної культури. Рівень цієї проблеми значною мірою визначається погодними умовами та ступенем розпушення ґрунту сошниками сівалки, позаяк це прискорює проростання насіння і збільшує кількість сходів бур'янів.

7. Щоб посилити протибур'янову ефективність покривних культур, їх варто висівати відразу після збирання попередника, щоб вони зійшли раніше післяжнивних бур'янів і не давали можливості їм розвиватися. За наявності високого рівня присутності сходів післяжнивних бур'янів у посівах зернових колосових культур на період їх збирання (часто спостерігається при випаданні значних опадів за 1–2 тижні до збирання) варто, навпаки, не поспішати з сівбою покривної культури, а спочатку знищити наявні сходи післяжнивних бур'янів загальновинищувальним гербіцидом, а потім проводити сівбу покривних культур.

По сходам бур`янів у посівах сумішей покривних культур можна судити про якість видового набору суміші. Поява в посіві суміші покривних культур масових сходів однодольних післяжнивних бур'янів може стати сигналом про недостатню частку злакових видів у висіяній суміші покривних культур і, навпаки, масова поява сходів дводольних післяжнивних бур'янів може бути сигналом перенасичення суміші покривних культур злаковими видами.

Бур'яни за певних умов можуть сприяти розвитку в ґрунті популяцій нематод. Застосування ж певних видів проміжних покривних культур та відповідного чергування культур у сівозміні може забезпечити найбільш економічно та екологічно доцільний контроль не лише бур'янів, а й популяцій різних видів шкідливих фітофагів завдяки знищенню на полі об'єктів їхнього харчування.

*7. Поповнення ґрунту органічною речовиною.* Кількість органічної речовини, котра надходить у ґрунт із проміжними культурами, орієнтовно рівноцінна внесенню на кожен гектар 15–20 т гною. За системи землеробства No-till і Strip-till покривні культури забезпечують ґрунт органічною речовиною біологічним шляхом, без порушення природного процесу ґрунтотворення. Суть цього процесу полягає в тому, що підземна частина рослин, тобто коренева система, розміщується безпосередньо в ґрунтовому середовищі та найкраще взаємодіє з ґрунтовими мікроорганізмами. Саме корені є важливим джерелом органічної речовини, оскільки після відмирання вони поступово розкладаються і сприяють формуванню ґрунтової структури.

*8. Поліпшення фізичних властивостей ґрунту***.** Зміна агрофізичних показників у кращий бік відбувається завдяки розущільненню орного та підорного шарів ґрунту кореневою системою поліпшення структури ґрунту, збільшення його пористості, а відповідно – аерації. Під час розкладу органічних речовин виділяються речовини, завдяки яким відбувається склеювання ґрунтових часток й утворення стабільних водостійких ґрунтових агрегатів (Davies M., 1986).

Таблиця 5.6

**Хімічні властивості ґрунту після 11 років застосування різних покривних культур (шар 0–5 см), (Calegari, 1998)**

| Види культур | Показники ґрунту | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P, мг/дм$^3$ | C, г/дм$^3$ | Ph | Al, мг/ дм$^3$ | Ca, мг/ дм$^3$ | Mg, мг/ дм$^3$ | K, мг/ дм$^3$ | Ступінь насичення основами |
| **Система землеробства No-till** | | | | | | | | |
| Вика волохата | 22,7 | 34,85 | 5,23 | 0,27 | 240,07 | 76,82 | 15,64 | 61,61 |
| Пар | 18,2 | 28,59 | 5,87 | 0 | 300,60 | 100,15 | 8,21 | 74,73 |
| Пшениця | 19,4 | 26,84 | 5,63 | 0 | 248,09 | 82,89 | 13,68 | 68,15 |
| Редиска | 33,2 | 29,72 | 5,77 | 0 | 296,59 | 90,67 | 19,16 | 72,89 |
| Овес чорноголовий | 27,5 | 30,70 | 5,80 | 0 | 311,42 | 104,53 | 15,24 | 74,59 |
| Люпин вузьколистий | 21,2 | 29,75 | 5,63 | 0 | 274,14 | 95,78 | 14,07 | 70,71 |
| **Традиційна система землеробства** | | | | | | | | |
| Вика волохата | 5,9 | 25,37 | 4,83 | 2,69 | 167,53 | 55,18 | 12,12 | 48,74 |
| Пар | 4,4 | 23,98 | 4,93 | 0,54 | 171,14 | 56,39 | 10,94 | 51,24 |
| Пшениця | 4,7 | 25,87 | 5,17 | 0,27 | 167,53 | 57,85 | 15,24 | 53,87 |
| Редиска | 4,9 | 26,62 | 5,13 | 0,81 | 200,80 | 69,28 | 16,81 | 57,36 |
| Овес чорноголовий | 4,2 | 27,12 | 5,10 | 0,27 | 193,58 | 65,15 | 24,63 | 56,42 |
| Люпин вузьколистий | 3,8 | 25,73 | 5,07 | 0,27 | 179,15 | 64,17 | 0,31 | 55,54 |

Це до певної міри запобігає також розвитку ерозійних процесів та сприяє підвищенню водоутримувальної здатності ґрунту.

Потужні глибокі кореневі системи окремих покривних культур надзвичайно ефективні для розпушення й аерації ґрунтів. На рисунку 5.5 показано середню будову кореневих систем поширених покривних культур: райграсу однорічного, жита та вики волохатої. Різні покривні культури формують неоднакову кореневу систему, тому по-різному впливають на ґрунтовий профіль. Райграс однорічний формує густу мичкувату кореневу систему, яка добре пронизує верхній і середній шари ґрунту. Велика кількість тонких корінців сприяє скріпленню ґрунтових агрегатів, зменшенню ризику руйнування структури та накопиченню органічної речовини у верхньому шарі ґрунту.

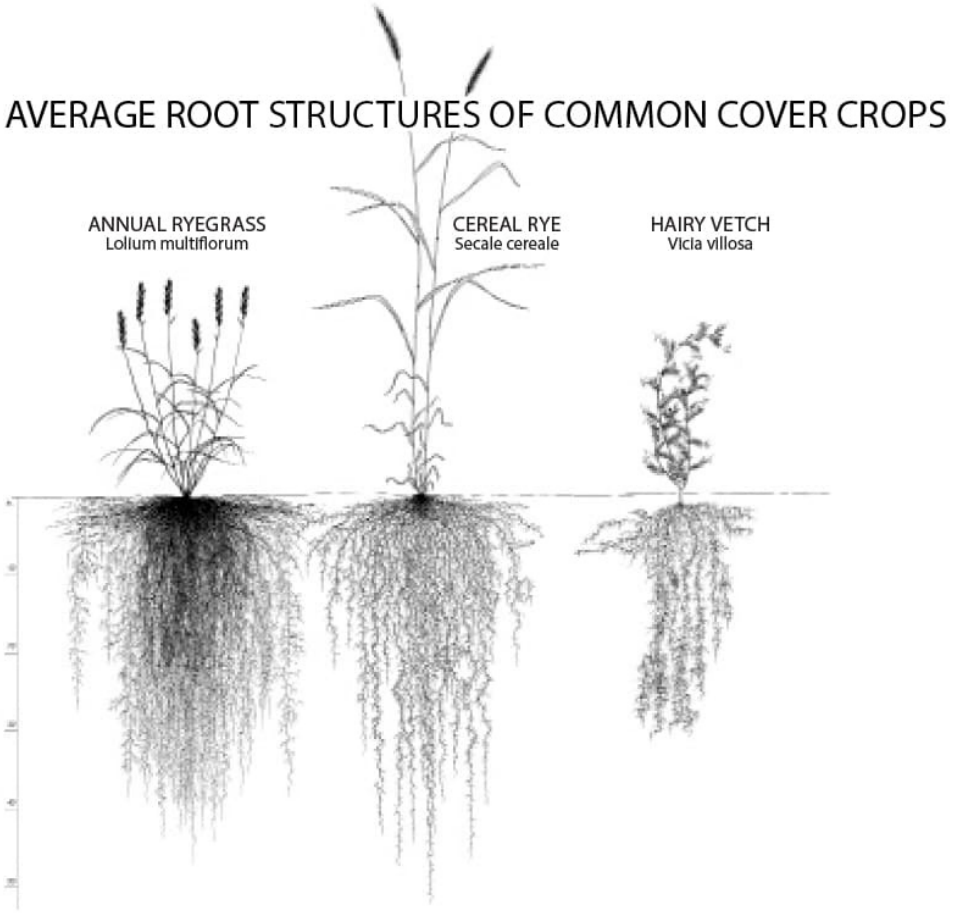



Рис 5.5. Порівняння кореневих систем покривних культур за глибиною та характером розвитку
Джерело: https://www.deere.com/en/publications/the-furrow/2021/sept-fall-2021/the-root-project/

Жито має розвинену кореневу систему, яка проникає глибше в ґрунтовий профіль. Така будова коренів дає змогу рослині краще використовувати вологу й поживні речовини з глибших шарів, а після відмирання коренів у ґрунті залишаються канали для руху води, повітря та розвитку коренів наступних культур.

Вика волохата формує менш масивну, але добре розгалужену кореневу систему. Вона працює переважно у верхньому та середньому шарах ґрунту,

доповнюючи дію злакових покривних культур. Її корені сприяють біологічній активності ґрунту та формуванню органічної маси. Поєднання культур із різною будовою коренів дає змогу краще охопити ґрунтовий профіль, поліпшити структуру ґрунту, підвищити водопроникність і створити сприятливі умови для розвитку наступних культур.

В Австралії проводили експеримент із сівбою люпину вузьколистого в пшениці й виявили, що бобова покривна культура виконує роль свого роду «біологічного плуга» завдяки властивостям кореневої системи проникати в глибоко ущільнені шари ґрунту. За сівби покривних культур після механічного глибокого розпушування, вони підсилюють і закріплюють його ефект. Глибина проникнення кореневої системи деяких популярних покривних бобових культур у ґрунт наведена в табл. 5.7.

До культур із найглибшим проникненням коренів – 150–210 см – належать конюшина червона, люпин і люцерна. Вони здатні використовувати вологу й поживні речовини з глибших шарів ґрунту, а після відмирання коренів залишають у ґрунті канали, які поліпшують водопроникність, аерацію та умови для розвитку наступних культур. Тому покривні культури потрібно добирати не лише за надземною біомасою, а й за особливостями кореневої системи. Поєднання культур із різною глибиною проникнення коренів дає змогу краще використовувати весь ґрунтовий профіль, зменшувати ущільнення, поліпшувати водний режим і підтримувати родючість ґрунту.

Таблиця 5.7

**Глибина проникнення кореневої системи деяких бобових покривних культур (адаптовано Косолап М. П., Кротінов О. П.)**

| Глибина (см) | Покривна культура |
|---|---|
| 150–210 | Конюшина червона, люпин, люцерна |
| 90–150 | Вика посівна, гірчиця |
| 30–90 | Конюшина біла, вика волохата |

Приклади позитивного впливу сумішей покривних культур на фізичні властивості ґрунту наведені в таблиці 5.8.

Після припинення вегетації покривних культур із низьким співвідношенням C/N у процесі їх розкладання поліпшується стабільність зв’язування частинок ґрунту за короткий проміжок часу, оскільки бактерії, активно розвиваючись на рослинних рештках, вивільняють велику кількість органічних речовин, зокрема таких, як полісахариди й інші органічні речовини, що склеюють мікроагрегати. Такий процес триває впродовж усього періоду розкладання наявної органічної маси. Покривні культури з широким співвідношенням C/N у процесі розкладання менше вивільняють полісахаридів, що уповільнює процес поліпшення структури ґрунту.

Таблиця 5.8

**Приклади позитивного впливу сумішей покривних культур на структуру та щільність будови ґрунту (адаптовано Косолап М. П., Кротінов О. П.)**

| **Склад суміші** | **Мета** | | **Технологія вирощування** | |
|---|---|---|---|---|
| Дайкон | Біологічне розпушення ґрунту | Розпушення глибоких шарів ґрунту | Посів (мала витрата палива) | Життєвий цикл такої суміші культур має бути перерваний до сівби основної культури |
| + одна або більше з таких культур:<br>• фацелія<br>• однорічний райграс | | Підготовка ґрунту до сівби (поверхневе розпушення) | | |
| + одна або більше з таких культур:<br>• конюшина<br>• горох<br>• кінські боби<br>• чина | Живлення рослин | Удобрення азотом | Посів (мала витрата палива) | Життєвий цикл такої суміші культур повинен бути перерваний до сівби основної культури |
| Будь-яка з перерахованих нижче культур:<br>• люцерна<br>• еспарцет<br>• лядвенець рогатий | Живлення рослин | Азотне добриво | Така схема вимагає, щоб ріст багаторічної бобової культури контролювався з метою недопущення її конкуренції з основною зерновою культурою за поживу та вологу | Після збору покривної культури пшениці бобова буде рости. Після укосу, за можливості, залиште багаторічну покривну культуру функціонувати якомога довше |
| + Одна озима культура (за вибором) | Прибуток | | | |
| • пшениця | | | | |
| • овес | | | | |
| • ячмінь | | | | |

*9. Підвищення біологічної активності ґрунту завдяки поєднанню живих коренів за багатокомпонентної суміші покривних культур.* Зростає не лише інтенсивність діяльності біоти ґрунту, а і її чисельність внаслідок створення сприятливих умов для їх існування та живлення.

*10. Збільшення кількості й видового різноманіття ґрунтової флори та фауни.* Завдяки покривним культурам зменшується пошкодження посівів культурних рослин шкідниками та ураження їх збудниками хвороб, наприклад, використання суданської трави та ріпаку як покривних культур суттєво зменшує кількість нематод на картоплі.

*11. Поліпшення якості навколишнього середовища.* Якщо в якості покривних культур використовують злакові озимі культури, то завдяки їх здатності швидко формувати потужну кореневу систему в осінній період вони є

ефективнішими, ніж двосім'ядольні рослини, в поглинанні доступного азоту з ґрунту та запобіганні його вимиванню в ґрунтові води в осінньо-зимовий період. Це зменшує забруднення підземних вод нітратами та пестицидами (Meisinger J, J, та ін., 1990; Mueller B. та ін., 1984).

Про рівень впливу проміжної культури на кількість доступного азоту в ґрунті в осінній період свідчать дані, наведені в табл. 5.8. Озиме жито було висіяне після культури, під яку вносили 250 кг/га азотних добрив.

Таблиця 5.8

**Вплив покривної культури (озиме жито) на вміст нітратів у ґрунті, мг/100 г ґрунту (Hemphill і Hart, 1991)**

| Шар ґрунту, см | Покривної культури немає | Покривна культура є |
|---|---|---|
| 0–10 | 0,4 | 0,05 |
| 10–20 | 0,6 | 0,10 |
| 20–30 | 3,2 | 0,15 |
| 30–40 | 5,4 | 0,20 |

*12. Поліпшення фітосанітарного стану посівів. Хвороби***.** Якщо патоген найкраще виживає на поверхні рослинних решток і покривної культури, що залишена на поверхні у вигляді мульчі, рівень поширення хвороби може зрости. З іншого боку, збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті може посилити біологічний контроль ґрунтових рослинних патогенів іншими видами через прямий антагонізм і боротьбу за енергію, воду й поживні речовини. За даними досліджень, проведених у США, кількість бактерій *Sclerotium rolfsii* збудника південної склероціальної гнилі (соняшик, соя) різко знижувалася в покривних культурах за вирощування їх у системі No-till.

Значна частка збудників хвороб, що розташовується на рослинних рештках, залишених на поверхні ґрунту, гинуть внаслідок низьких температур, підвищеної вологості або сухості та інших екологічних чинників. Деякі покривні культури рекомендують використовувати для зменшення популяції нематод (квасоля, суданська трава і кроталярія індійська).

За оптимального чергування культур у сівозміні та використання покривних культур знижується ризик ураження зернових культур стебловими гнилями та різними видами грибкових захворювань (Fusarium тощо), що зводить ураження кореневої системи до мінімуму.

Отже, покривні культури в системах землеробства No-till і Strip-till за неправильного застосування можуть сприяти накопиченню патогенів, а в разі правильного – різко зменшувати чисельність і пригнічувати їх поширення. *Правильне застосування базується на ідентифікації конкретного проблемного виду патогену, знанні його природи, біології та життєвого циклу, а неправильне – на впровадженні стандартних рішень без адаптації їх до конкретних умов.*

*Шкідники.* Вплив покривних культур на популяції шкідників теж може мати негативний, і позитивний результат з тих самих причин, які названі вище для збудників хвороб. Покривні культури є джерелом живлення як для

корисних, так і шкідливих видів комах, котрі можуть поширюватися на посівах товарних культур після дозрівання або відмирання покривної культури. Системи землеробства No-till і Strip-till спрямовані на розширення біологічного різноманіття. Часто до моменту припинення вегетації покривної культури чисельність популяції корисної ентомофауни може досягти достатньої щільності для затримання поширення популяції комах шкідників на суміжних культурах, знижуючи їх чисельність нижче граничного рівня. Наприклад, дослідження, проведені в США, продемонстрували збільшення щільності корисних комах у посівах вики й конюшини. Повідомлялося також і про те, що ці комахи знищили популяцію колорадських жуків, що харчувалися листям баклажанів, які чергували на полі зі смугами конюшини.

Різні види вики, конюшини, рослин із родини капустяних здатні підтримувати високу чисельність популяцій хижаків-ентомофагів, котрі живляться трипсами й попелицями. Серед них є клопи та сонечка.

Покривні культури не контролюють усі види нематод. Для конкретного виду необхідно вибирати покривну культуру або суміш, що здатна обмежувати або запобігати поширенню визначеного шкодочинного виду нематоди. Відомо, наприклад, що жито і сорго пригнічують галову нематоду і хвороби, котрі передаються через ґрунт, ріпак і соняшник заохочують слимаків і в певних умовах можуть підвищити проблему з цим видом, гірчиця біла виділеннями кореневої системи згубно впливає на гали нематоди.

*13. Покривні культури це засіб егулювання кругообігу вуглецю та азоту в ґрунті.* На рис. 5.6. показано взаємозв'язок між рослинами, ґрунтом, водою, вуглецем і азотом. Рослини використовують сонячне світло для фотосинтезу, утворюють органічну речовину та передають її в ґрунт через корені й рослинні рештки. У ґрунті органічні сполуки розкладаються за участю мікроорганізмів, а поживні речовини частково використовуються рослинами, частково переміщуються в глибші шари. Завдяки цим процесам вуглець і азот залучаються до ґрунтового кругообігу та можуть накопичуватися в різних шарах ґрунтового профілю.

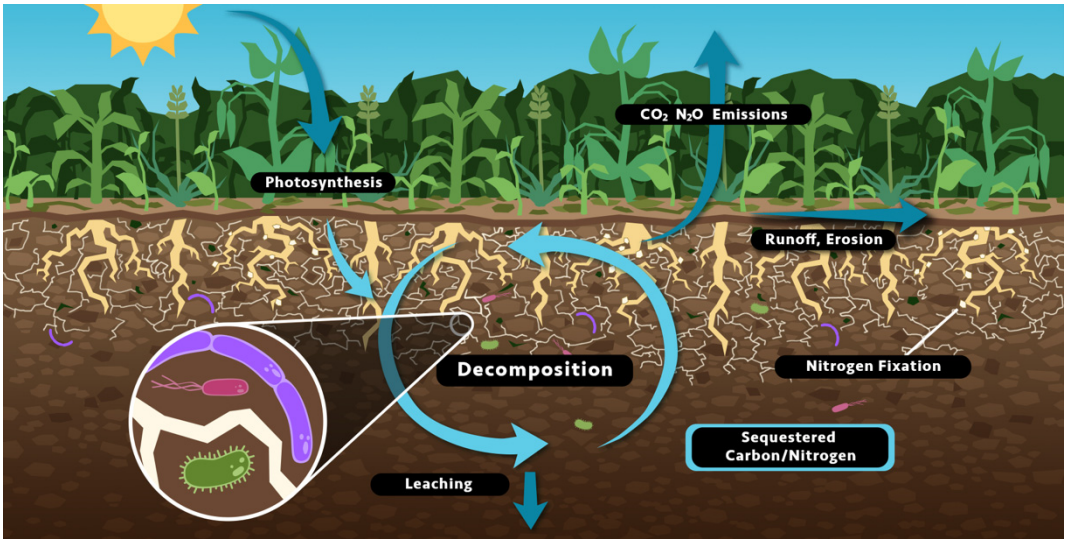



Рис 5.6. Регулювання кругообігу вуглецю та азоту в ґрунті за допомогою покривних культур. Джерело: https://arid.nmsu.edu/cover-crop.html?utm_source=chatgpt.com

### 5.3. Потенційні проблеми запровадження покривних культур

Слід зазначити, що покривні культури, крім певних переваг для системи землеробства, можуть створити й деякі потенційні проблеми, а саме:

- збільшення матеріальних витрат на одиницю площі на покривні культури без отримання приросту товарної продукції;
- збільшення затрат людської праці на одиницю площі;
- можливі затримки з часом проведення сівби основної культури;
- зменшення запасу вологи в ґрунті;
- вірогідність збільшення чисельності популяцій шкідливих організмів, передусім збудників хвороб та шкідників (як свідчить практика, ця загроза більш умовна, ніж реальна, оскільки за вирощування покривної культури чисельність корисної ентомофауни досягає такої межі, що здатна стримувати чисельність популяцій комах-шкідників нижче економічного порогу шкодочинності);
- шкідники, котрі ніколи не становили проблем у традиційному землеробстві, можуть стати проблемою за системи No-till. Здебільшого це стосується шкідників, у яких обробіток ґрунту розривав життєвий цикл розвитку. Розрив життєвого циклу розвитку – основний механізм впливу всіх непрямих агротехнічних заходів на рівень присутності шкідників і збудників хвороб. Наприклад, оранка забезпечувала порушення місця існування мишей чим різко зменшувала їх чисельність. За відмови від механічного обробітку цей вплив зникає, що в результаті призводить до зростання рівня присутності мишей на полі.

Рослинні рештки переважно є середовищем для виживання лялечок совки, що перезимували. Гусениці совки знищують проростки, підгризаючи рослини нижче вузла кущення, що може призвести до повної втрати врожаю.

**Застереження.**

1. Основна культура та покривні культури не повинні належати до однієї родини
2. Не варто вирощувати одину і туж покривну культуру на ділянці рік-у-рік.
3. Вчасне припинення вегетації покривних культур не допускає одеревіння стебел і довгого їх перегнивання в грунті, що може стати джерелом вірусних і грибкових захворювань

### 5.4. Вимоги до покривних культур

Через те, що покривні культури займають поле в період відсутності основних культур і не мають товарного значення, вони повинні відповідати наступним вимогам:

- мати низьку вартість посівного матеріалу;
- легко висіватися;
- швидко розвиватися та покривати поверхню поля, формуючи велику вегетативну масу;
- справляти позитивний ефект на наступні культури сівозміни як добриво;

- бути поза конкуренцією в сівозміні з основними культурами;
- легко знищуватися хімічними або механічними методами.

Як покривні культури можна використати різні види рослин.

*Озимі покривні культури* висівають наприкінці літа або восени для забезпечення покриву ґрунту в осінній та зимовий періоди. Часто для цього використовують не лише злакові, а і бобові культури з метою отримання додаткової вигоди – фіксації атмосферного азоту та збагачення ним ґрунту. Ця група покривних культур висівається в сівозміні після культур різного строку збирання, після яких є достатній період часу для отримання сходів озимих покривних культур. Так як озимі культури інтенсивно накопичують вегетативну масу в наступному році у весняний період, наступна культура весною повинна мати довгий досходовий період. Такі умови складаються, якщо наступна культура в сівозміні – пізня яра, наприклад, кукурудза, просо, тощо. Добирати культури необхідно відповідно до кліматичних умов зони. Найпридатнішою бобовою культурою є вика, а зі злакових – жито. Ці культури можна висівати як окремо, так і в суміші. Спосіб сівби – суцільний. Тенденції змін кліматичних умов в Україні, які намітилися внаслідок глобального потепління, є сприятливими для озимих культур (подовжується вегетаційний період, пом'якшуються зими та зменшується інтенсивність наростання температур у весняний період). У цих умовах для зменшення виробничих витрат можливо доцільним буде (за наявності осінніх опадів) використання для дрібнонасінних озимих культур розкидного способу сівби.

*Ярі покривні культури* вирощують упродовж певної частини одного вегетаційного сезону. До цієї групи рівною мірою належать як теплолюбні, так і холодостійкі культури, котрі можна висівати після різних зернових колосових і вівса, час збирання яких припадає на червень-липень. До них належать: із групи бобових – горох, соя, буркун, кінські боби, а з небобових – суданська трава, сорго, гречка тощо. Це далеко не повний перелік і в кожному конкретному випадку необхідно добирати проміжну культуру відповідно до завдань, які слід вирішувати за допомогою покривних культур.

Кількість сухої органічної речовини, котру здатні накопичити окремі покривні культури, оцінюється в середньому від 2 до 4 т/га і більше, що еквівалентно 20–25 т/га гною.

За усередненими результатами досліджень у США, для підтримання постійного рівня органічної речовини в ґрунті (бездефіцитного балансу гумусу) на землях, що постійно перебувають у сільськогосподарському використанні, достатнім буде щорічне надходження в ґрунт близько 5,4 т/га рослинних решток. За результатами досліджень, проведених в Україні, для досягнення бездефіцитного балансу гумусу в грунті за традиційної системи землеробства необхідно залежно від грунтово-кліматичної зони від 8 до 16 т/ га гною.

До покривних культур належить і зелена мульча. *Під зеленою мульчею слід розуміти покривну культуру, яку всівають у міжряддя широкорядних однорічних або багаторічних культур.* Зелена мульча пригнічує ріст бур'янів, зменшує водну ерозію, підвищує родючість ґрунту та поліпшує інфільтрацію води в ґрунт. Прикладом може бути посів вики волохатої або буркуну чи

конюшини в міжряддя кукурудзи перед змиканням рядків за висоти кукурудзи до 50 см.

Сьогодні в практичному землеробстві України підсівні культури як покривні використовують мало. В наших умовах серед культур, придатних для цього, – це люпин жовтий і багаторічний, серадела. Як покривні підсівні культури використовують і багаторічні трави (конюшину, люцерну, еспарцет), але вони мають високу вартість насіння і припинити їх вегетацію важче, ніж однорічних культур. Види покривних культур вибирають, виходячи з мети їх використання, з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і їх місця в порядку чергування культур.



Рис. 5.7. Кукурудзи на період збирання з підсівом у міжряддя покривних культур. © "АгроСнабФорум"

Якщо завдання покривних культур передбачає поліпшити забезпечення біологічно зв’язаним азотом наступної культури сівозміни, тоді варто вибирати вид із родини бобових, наприклад, вігну (вона зв'язує азот і має вузьке співвідношення C:N у рослинних рештках). Ця культура має кілька інших назв: горох коров’ячий, доліхос круглонасінневий, спаржева квасоля. Вігна – швидкоросла яра покривна культура, порівняно невибаглива до ґрунтів. Маючи стрижневий корінь, який може використовувати вологу з глибоких шарів ґрунту, вона може добре розвиватися в посушливих умовах. Рослини вігни добре конкурують із бур'янами. Цей вид має середню продуктивність біомаси 20–30 т/га, яка містить 3–4 відсотки азоту. Максимальної величини біомаса

досягає через 60–90 днів після сходів. Рослинні рештки достатньо соковиті й легко розкладаються. Вігну можна висівати навесні, коли мине загроза заморозку, і до пізнього літа суцільним способом із нормою висіву 40 кг/га або навіть розкидним способом із нормою 70–120 кг/га. Деякі культурні види та сорти мають витке стебло, тому їх краще висівати в суміші з іншими видами, наприклад, із суданською травою, яка виконує роль підтримуючої культури. Через кілька днів після механічного знищення вігна здатна до активного вторинного росту.

Якщо покривні культури мають виконувати роль мульчувального шару та бути засобом пригнічення бур'янів, тоді варто вибирати вид із широким співвідношенням C:N, тобто покривні культури повинні нарощувати велику біомасу та відповідати характеристикам, що забезпечують пригнічення росту бур'янів (суданська трава або сорго).

Як покривні культури можна використовувати представників із групи небобових, наприклад, гречку. Ця двосім'ядольна однорічна яра культура росте дуже швидко і може зацвісти через 4–6 тижнів після сходів. Рослини досягають висоти 1–1,5 м, мають основне стебло з численними бічними відгалуженнями. Гречку можна вирощувати для пригнічення росту бур'янів і посилення колообігу поживних речовин. Квіти гречки приваблюють комах, тому деякі хлібороби використовують цю культуру як засіб для забезпечення високих медозборів і залучення корисних комах в агрофітоценози. Гречка ефективно поглинає важкодоступні форми фосфору. Вона швидко утворює життєздатне насіння, що може призвести до проблеми засмічення падалицею наступних посівів сільськогосподарських культур, але, як свідчить практика, це явно перебільшена пересторога. Якщо поверхня ґрунту вкрита рослинними рештками злакових культур, велике насіння гречки не потрапляє на поверхню ґрунту, тож падалиця наступного року на полі практично відсутня. Водночас ця біологічна властивість культури створює можливість мати другий урожай і перевести покривну культуру з економічно збиткової в економічно прибуткову. Детальний опис інших культур наведений у відповідних посібниках.

*Суміші покривних культур*

*Суміші різних видів покривних культур можуть краще вирішувати поставлені перед ними завдання, ніж одновидові посіви.* Наземна біомаса покривних культур і відповідно вміст азоту в ній може збільшитися за використання суміші покривних культур, які здатні раціональніше використати запас доступної вологи в ґрунті. Наприклад, покривні культури з глибоким проникненням коріння в грунт можуть поєднуватися з покривними культурами з поверхневим розташуванням кореневої системи для оптимального використання вологи.

Конкуренція за ґрунтовий азот при використання суміші покривних культур приводить до збільшення частки біологічного азоту, який накопичують бобові культури. Зернові культури зазвичай мають ефективнішу кореневу систему, яка формується швидше, ніж у бобових. Внаслідок цього вони швидше поглинають азот і відповідно знижують його вміст у ґрунті. Це зумовлює

інтенсивніше формування бульбочкових бактерій на коренях бобових рослин, що посилює поглинання ними атмосферного азоту.

Колообіг азоту може також регулюватися за допомогою різних сумішей покривних культур. Поєднання рослин із широким співвідношенням C:N із рослинами, які мають вузьке співвідношення C:N (бобові), може вплинути на швидкість мінералізації рослинних решток як основної так і покривних культур. Тобто вивільнення азоту з післяжнивних решток необхідно ретельно сплановани, що допомагає оптимізувати ефективність використання зв'язаного азоту наступними культурами.

Використання сумішей покривних культур буде оптимальним варіантом для вирішення завдання пригнічення бур'янів із використанням алелопатичного потенціалу кожного виду покривних культур. Ширший спектр контролю над бур'янами можливий за використання складних сумішок, які формуються з кількох видів культурних рослин.

Суміші покривних культур можуть мати більший вплив на шкідників, ніж одновидові посіви. Тому в окремих випадках інколи варто вводити до складу сумішок види, незалежно від їх біопродуктивності або накопичення азоту за умови привабливості для комах.

Диверсифіковані (суміші, що містять 10 і більше видів) можна розглядати як альтернативу чистому пару за своєю дією на ґрунт. Серед науковців немає єдиної думки щодо оптимального видового складу сумішей покривних культур. Чим більше культур, тим важче передбачити систему взаємовідносин між ними. На думку С. Грофа, фермера зі США, який понад 30 років займається покривними культурами, в суміш не варто вводити більше як шість видів культур. На думку багатьох фермерів України, в суміші покривних культур варто залучати до 10 видів.

З досвіду американських фермерів за умов достатнього зволоження після культур, що рано збираються, можна рекомендувати таку суміш покривних культур:

- сорго-суданський гібрид (Sorghum bicolor) – 30%;
- кроталярія (Crotalaria juncea) – 25%;
- вігна (Vigna unguiculata) – 8%;
- редька посівна (Raphanus sativus) – 8%;
- гречка (Fagopyrum esculentum – 30%.

Норма висіву – 15–20 кг/га, сівба з 20 червня по 1 серпня.

Для пізніших посівів (з 1 серпня до 1 вересня) рекомендується такий варіант:

- сорго-суданський гібрид (Sorghum bicolor) – 25%;
- чорногривий овес (Cosaque) – 50%;
- гречка (Fagopyrum esculentum) – 25%.

Після кукурудзи або соняшнику скоростиглих сортів, які збирають до 20 вересня, рекомендується такий склад суміші:

- редька олійна (*Raphanus sativus* L.) – 12%;
- чорногривий овес (Cosaque) – 30%;
- фацелія (Phacelia) – 5%;

- кінські боби (Vicia faba L) – 16%;
- біла гірчиця (Sinapis alba L) – 2%;
- горох озимий (Pisum sativum) – 25%.

Загальна норма висіву 20–25 кг/га.

Інші варіанти сумішей описані у відповідних посібниках та в інтернеті.

### 5.5. Технологія вирощування покривних культур

Місце проміжних культур у сівозміні визначається набором основних культур та порядком їх чергування в схемі сівозміни. Покривні культури розміщують у сівозміні в полях культур, після збирання яких є 40–60 і більше вільних від основної культури днів вегетаційного сезону для видів з ярим циклом розвитку та мінімум 20–30 днів в осінній період для видів з озимим циклом розвитку. Застосування останніх раціональне лише за умови, що наступна основна культура в схемі сівозміни – яра пізнього строку сівби.

Сівбу покривних культур проводять стрічковим або розкидним способом. Навіть за суцільного покриття поверхні ґрунту рослинними рештками, сівба проміжних культур традиційними сівалками звичайного рядкового способу сівби залежно від виду сошника більшою або меншою мірою призводить до порушення поверхні ґрунту та його покриву рослинними рештками, що зумовлює втрату певної кількості вологи. У разі недостатнього рівня зволоження ця кількість вологи часто є критичною для отримання сходів покривних культур. Для зменшення таких втрат вологи сівбу покривних культур можна проводити розкидним способом спеціальними посівними модулями, які навішуються безпосередньо на комбайн або інше знаряддя. У такому разі висіяне насіння розміщується на поверхні ґрунту і прикривається лише рослинними рештками. Для його проростання достатньо незначних опадів або навіть вологи, яка конденсується з повітря (роса, сухий полив).

За умов відсутності рослинних решток або малої їх кількості на поверхні поля (проєктивне покриття менше за 50 відсотків) у посушливих районах для вирішення завдань контролю сходів бур’янів, зменшення непродуктивної втрати вологи з ґрунту та захисту його від ерозії доцільно сівбу проміжних культур проводити традиційними сівалками прямої сівби суцільним способом на малу глибину. Такий захід, завдяки розпушуванню (руйнуванню капілярних пор), захищає ґрунт від випаровування вологи, забезпечує використання навіть мінімальних опадів для проростання насіння покривних культур й ефекту сухого поливу (рис. 5.8).

У випадках, коли опади не очікуються тривалий період (понад два тижні), а поле недостатньо вкрите рослинними рештками, часто замість сівби покривних культур поле обробляють важкими пружинними боронами, у яких є можливість регулювати кут нахилу зубів. Це знаряддя допомагає рівномірніше розподілити по полю наявні рослинні рештки, мало пошкоджує стоячу стерню і частково перемішує рослинні рештки з поверхневим (1–2 см) шаром ґрунту. Створений мульчувальний шар добре захищає ґрунт від втрат вологи. Цей захід водночас знищує всі проростки й сходи однорічних бур’янів.



Рис. 5.8. Сівба покривних культур. © компанія «Агро-Союз»

В Україні сконструйований новий культиватор «Колісниця», який підрізає стоячу стерню на глибині 1–2 см, сепарує її від ґрунту та вкладає її на поверхню ґрунту, що створює оптимальні умови для прояву явища «сухий полив», яке спостерігається за коливання добової амплітуди температури повітря в +12 °С і вище. Волога в посівному шарі в такому разі може з'явитися вже через 2–3 дні. За такої ситуації насіння покривної культури, яке розміщується на твердому ложе і вкрите мульчею завдяки конденсації вологи, може прорости навіть за відсутності опадів. Норми висіву покривних культур порівняно з рекомендованими для товарних посівів завжди менші, але їх точне визначення залежить від їх видового складу та ґрунтових умов і погоди.

Для успіху в роботі з покривними культурами недостатньо мати тільки хорошу сівалку й хорошу суміш насіння покривних культур. Потрібно також навчитися працювати з пожнивними рештками під час збору врожаю основної культури, залежно від наявного обладнання і власних цілей виробництва. Одним із таких напрямів підвищення якості посівів покривних культур є їх сівба у високу стерню (рис. 5.9).

За результатами наукових досліджень і практичного досвіду можна зробити такі висновки:

- чим вищим є зріз стерні, тим менше вона перешкоджає якісній сівбі, особливо сівалками з дисковими сошниками;

- висока стерня обмежує випаровування вологи та перегрівання ґрунту;

- невелика кількість пожнивних решток на поверхні грунту, поєднана з високою стернею, допомагає краще засвоїти навіть невелику кількість опадів (5–8 мм);

- низьке скошування та подрібнення соломи є менш прийнятним варіантом для сівби покривних культур.




Н – низька стерня – 8 см;
В – висока стерня – 40 см.

Рис. 5.9. Розвиток покривних культур залежно від висоти стерні.
© Міньо Е.

Додаткових заходів із догляду за ростом і розвитком покривних культур зазвичай не проводять з економічних міркувань, оскільки ці культури не є товарними, хоча варто вносити невеликі норм азотних добрив, позаяк часто саме від нестачі азоту покривні культури страждають більше, ніж від нестачі вологи.

За змістом і значенням покривні культури в системах землеробства No-till і Strip-till – це не проміжні культури в традиційному землеробстві, тому вони вимагають власної технології, яка на сьогодні лише напрацьовується. Покривні культури в сучасних сівозмінах можуть і повинні займати значно важливіше місце. Насичення сівозмін кукурудзою – пізньою ярою просапною культурою – зумовлює необхідність розробки нових підходів для вирощування покривних культур на полях, зайнятих цією культурою. Існує два підходи для сівби покривних культур на полі кукурудзи. Перший – сівба озимих покривних культур після збирання кукурудзи, другий – всівання в міжряддя ярих покривних культур. Кожен із них має свої переваги й недоліки. На рис. 5.7 представлено вигляд поля кукурудзи після її збирання за всівання злакових покривних культур у міжряддя.

Доцільність підсіву покривних культур у міжряддя кукурудзи підтвердили результати досліджень, проведених в США у штаті Вісконсин (табл. 5.9), які наводить у своїй презентації Е. Романьков.



Рис. 5.10. Поле кукурудзи після збирання з підсівом у міжряддя покривних злакових культур. © "АгроСнабФорум"

Таблиця 5.9

**Рівень накопичення біомаси ярими покривними культурами в міжряддях кукурудзи (Романьков Е.)**

| Покривна культура | Біомаса, т/га | Урожайність кукурудзи, т/га |
|---|---|---|
| Жито озиме | 1,63 | 17,9 |
| Конюшина червона | 1,78 | 17,7 |
| Дайкон | 7,10 | 16,6 |
| Овес + горох | 1,58 | 17,7 |
| Без покривних культур | 0 | 17,6 |

Покривні культури на час сівби основної культури мають припинити свою вегетацію. Це може відбувається природно: від морозу або штучно за рахунок застосування механічних чи хімічних заходів припинення їх вегетації. Тривалість вегетації цих культур визначається не їх біологічними властивостями, а тими завданнями, які на них покладені. Крім цього, на більшій території України чинником, що обмежує тривалість вегетації покривних культур, є кількість вологи, яку покривні культури можуть спожити без істотного зменшення її запасу для основної культури сівозміни на час сівби.

Гербіциди є найпоширенішим засобом припинення вегетації, передусім озимих покривних культур, у системах землеробства No-till і Strip-till. Основна вимога – гербіцид не має справляти фітотоксичність на наступну культуру сівозміни. Серед нехімічних методів можуть бути використані скошування та механічне прикочування посівів рублячими котками. Якщо є час і достатня кількість вологи, скошування покривної культури озимого жита проводиться в

період, коли пильники стають повністю видимі, за розминання стебла висипається пилок. Якщо скосити раніше, жито може відрости знову.

Ланцюгові косарки забезпечують рівномірніший розподіл рослинної мульчі на поверхні ґрунту. Ротаційні косарки можуть викидати скошену масу в один бік. Ріжучі косарки створюють рівномірний розподіл рослинної маси, але потрібно, щоб після них не залишалися нескошені стебла. Якщо погода пізньої весни продовжує залишатися прохолодною й вологою, жито може інтенсивніше відростати, ніж за теплої та сухої погоди.

*Правильний вибір строків скошування або прикочування є ключовим моментом ефективності озимих покривних культур. Запізнення з припиненням вегетації озимих проміжних культур негативно позначається на врожайності наступної основної культури.*

Для бобових культур механічне зрізування буде найефективнішим, коли вони перебувають у фазі формування насіння або довжина стебла на поверхні поля досягає 25 см. Скошування бобових ефективно поєднується з наступним передпосівним внесенням гербіциду, у разі загрози відростання покривних культур.

Посіви ярих покривних культур (гречка, овес, сорго тощо), які швидко припиняють свій ріст і розвиток із настанням від'ємних температур, не потребують іншого способу припинення вегетації. Покривні культури, які припинили вегетацію, забезпечують покриття ґрунту мертвою рослинною масою впродовж усього осінньо-зимового періоду.

Прикочування виконують рублячими котками, що забезпечує укладання стебел у бажаному напрямку (для полегшення сівби наступної культури) та їх подрібнення (рис. 5.11; 5.12).



Рис. 5.11. Механічний спосіб припинення росту покривних культур.
© компанія «Агро-Союз»



Рис. 5.12. Стан покривних культур після застосування механічного способу припинення росту покривних культур. © компанія «Агро-Союз»

За наявності тваринництва в господарстві покривні культури можуть бути використані як пасовище. Тварини зазвичай не знищують повністю покривну культуру, тому перед сівбою основної культури поле доводиться обробляти загальновинищувальними гербіцидами для знищення нез'їдених тваринами рослин.

### 5.6. Рекомендації ЄС по покривним культурам

Фермери в ЄС можуть отримувати фінансову підтримку для сівби покривних культур/сидератів за рахунок «зелених прямих виплат» в рамках Спільної сільськогосподарської політики і в майбутній новій версії через «екосхеми». Покривні культури/сидерати також є шляхом досягнення однієї з цілей Стратегії «Від ферми до виделки».

У квітні 2022 року Рада Європейського Союзу ухвалила висновки щодо вуглецевого фермерства, спрямовані на заохочення сільськогосподарських практик, які сприяють поглинанню вуглецю з атмосфери та його сталому збереженню в ґрунті або біомасі. У цьому контексті покривні та проміжні культури розглядаються як кліматично дружні практики, поряд із вирощуванням бобових культур, застосуванням консервативного землеробства, підтриманням торфовищ, залісненням та іншими заходами, що сприяють пом'якшенню змін клімату.

Регламент Європейського Парламенту і Ради (ЄС) № 1306/2013 від 17 грудня 2013 року визначає загальні положення щодо фінансування, управління та моніторингу Спільної аграрної політики. Його доцільно розглядати як один із загальних нормативних документів, пов'язаних із функціонуванням механізмів аграрної політики ЄС, а не як спеціальний акт щодо вуглецевого фермерства або покривних культур.

**Реальна практика зарубіжних фермерів**

Ферма розміром 730 га знаходиться в штаті Іллінойс, США, і працює з 1975 року. Ґрунти ферми мулисті та мулисто-глинисті на рівних та полях з похилими схилами. Фермер почав використовувати покривні культури в 2014 році – висіявши жито між основними культурами (соєю та кукурудзою). Перші спроби вирощування покривних культур були не дуже успішними, але він продовжував шукати поради у виробників поки не досяг успіху.

Почав з того, що після зібраного врожаю кукурудзи посіяв жито на 32 га у 2014 році, а зараз слідує такій схемі вже на 334 га. Фермер був настільки дуже задоволений результатом, що започаткував власний продаж насіння покривних культур для навколишніх фермерів. Використання покривних культур дозволило покращити структуру ґрунту і в 2018 році перейти на нульовий обробіток ґрунту для кукурудзи, що раніше було неможливо (соя вже вирощувалася за безорною технологією з 1990 року). Використання жита як покривної культури забезпечило чудовий природній контроль за бур'янами на полі.

Джерело: https://farmlandinfo.org/wp-content/uploads/sites/2/2020/02/IL_IfftYorskhiresFarms_Soil_Health_Case_Study_AFT_NRCS.pdf

**Висновок до розділу**

1. Покривні культури є важливим елементом систем землеробства No-till і Strip-till, оскільки вони допомагають ефективніше використовувати простір і час вегетаційного сезону.
2. У періоди, коли поле вільне від основної культури, покривні культури забезпечують живий рослинний покрив або залишають на поверхні ґрунту рослинні рештки, що зменшує негативний вплив вітру, опадів і сонячної радіації.
3. Покривні культури захищають ґрунт від водної та вітрової ерозії, зменшують випаровування вологи, регулюють температуру поверхневого шару, пригнічують бур'яни, поповнюють ґрунт органічною речовиною та підтримують біологічну активність.
4. Покривні культури беруть активну участь у регулюванні поживного режиму ґрунту. Бобові види здатні накопичувати атмосферний азот, а небобові культури можуть поглинати поживні речовини з ґрунту і запобігати їх вимиванню. Після розкладання біомаси ці елементи поступово повертаються в ґрунтовий колообіг і можуть бути використані наступними культурами.
5. Ефективність покривних культур значною мірою залежить від правильного добору видів і сумішей. Для накопичення азоту доцільно використовувати бобові культури, для створення потужного мульчувального шару – злакові або культури з широким співвідношенням C:N, а для біологічного розпушення ґрунту – культури з глибокою та потужною кореневою системою.

6. Суміші покривних культур часто дають кращий результат, оскільки поєднують різні функції окремих видів.
7. Покривні культури можуть бути ефективним фітоценотичним засобом контролю бур'янів. Вони швидко займають вільну екологічну нішу, зменшують доступ світла до поверхні ґрунту, пригнічують проростання насіння бур'янів і обмежують їх розвиток. Водночас за несвоєчасної сівби або неправильного добору суміші вони можуть не забезпечити достатнього пригнічення післяжнивних бур'янів, тому технологія їх вирощування потребує уважного планування.
8. Використання покривних культур має і певні ризики. Основними з них є можливе зменшення запасів вологи для наступної культури, додаткові витрати на насіння і сівбу, складність своєчасного припинення вегетації, а також імовірність накопичення окремих шкідників чи збудників хвороб за неправильного чергування культур. Тому покривні культури потрібно розглядати не як універсальне рішення, а як елемент цілісної системи землеробства.

## Запитання для самоконтролю

1. Що таке покривні культури?
2. Які завдання покривних культур у системах землеробства No-till і Strip-till?
3. Чому покривні культури можуть зменшувати рівень забур'яненості наступних культур.
4. Що таке рециркуляція поживних елементів і роль у цьому процесі покривних культур?
5. Які проблеми можуть бути за запровадження в сівозміні покривних культур?
6. Назвіть види озимих покривних культур.
7. Назвіть види ярих покривних культур.
8. Як формувати видовий набір у суміші покривних культур?
9. Які існують методи припинення вегетації покривних культур?

## Додаткова література


1. Влияние высоты среза, ухода за стерней. URL: http://agriculture-de-conservation.com/Influence-de-la-hauteur-de-coupe-gestion-des-chaumes.html (дата звернення: 10.08.2023).
2. Influence de la hauteur de coupe et gestion des chaume. URL: http://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/pdfsam_tcs_ 95_cultures_hauteur_chaumes_cv.pdf (дата звернення: 10.08.2023).


## Відеоматеріали

1. Культиватор майбутнього «Колісниця КД-4» https://www.youtube.com/watch?v=LlmiRNDeGYo

2. Рублячий коток та його ефект: https://www.youtube.com/watch?v=a6DQVeczQu4
3. Посів покривної гречки No-till: https://www.youtube.com/watch?v=0cWqoBJvMXg
4. Ігорь Шайнога: через покрівні культури в No-till. Західна Україна. Пряма сівба: https://www.youtube.com/watch?v=XFUbLSgvzoI
5. Покривні культури – досвід зарубіжних колег. Олена Дудкіна: https://www.youtube.com/watch?v=O4FNFTKaVyM
6. Покривні культури – суміші чи монокультура, що ефективніше: https://www.youtube.com/watch?v=3O2UBPFy_E

# Розділ 6. СІВБА ЯК БАЗОВИЙ ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

*У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:*

**Набуде цілісного уявлення про сівбу як один із базових і найбільш відповідальних елементів систем землеробства No-till і Strip-till.** Він зрозуміє, що якість сівби визначає початкові умови для проростання насіння, появи дружних сходів, формування оптимальної густоти стояння рослин і подальшої реалізації потенціалу культури.

**Здобувач навчиться аналізувати** основні чинники, що впливають на якість сівби в необроблений ґрунт: посівні якості насіння, форму насіннєвої борозенки, покриття посівного рядка рослинними рештками, наявність вологи, доступ кисню, контакт насінини з ґрунтом, глибину заробки, ширину міжрядь, норму висіву та технічні можливості сівалки. Особлива увага приділяється сингуляції, рівномірності розміщення насіння в рядку та дружності появи сходів.

**Після вивчення теми здобувач** оволодіє знаннями щодо особливостей прямої сівби в сухий і вологий ґрунт, значення покриву посівної борозни, відмінностей між V-подібною, U-подібною та T-подібною формами борозенки, а також ролі робочих органів сівалки у створенні сприятливих умов для проростання насіння. Зрозуміє, чому в системах No-till і Strip-till вимоги до якості насіння, точності сівби та налаштування сівалки є вищими, ніж у традиційній системі землеробства.

**Здобувач отримає практичні** навички оцінювання якості сівби, вибору оптимальної глибини заробки насіння для конкретних польових умов, визначення доцільної ширини міжрядь і норми висіву, а також налаштування основних робочих частин сівалки прямого посіву. Він зможе обґрунтовувати технологічні рішення, спрямовані на отримання рівномірних сходів, зменшення пропусків і двійників, збереження вологи та мінімальне порушення ґрунтового покриву.

***Короткий зміст розділу***

Сівба є одним із базових і найбільш відповідальних елементів систем землеробства No-till і Strip-till. Від якості її виконання залежать польова схожість насіння, дружність появи сходів, рівномірність розміщення рослин, формування кореневої системи та подальша реалізація потенціалу врожайності культури. Показник сингуляції характеризує якість роботи сівалки при сівбі культур точного висіву.

У системах No-till і Strip-till підвищуються вимоги до посівного матеріалу. Використання сильного насіння допомагає частково компенсувати менш сприятливі умови необробленого посівного шару. Для проростання насіння необхідні волога, кисень, відповідна температура, добрий контакт із ґрунтом і правильна глибина розміщення. Насіння має лежати на твердому ложі, бути прикритим розпушеним ґрунтом, а зверху – рослинними рештками. Розміщення

насіння безпосередньо в рослинних рештках недопустиме, оскільки це погіршує контакт із ґрунтом, створює механічні перешкоди для проростка та може посилювати вплив продуктів розкладання органічної маси.

Чим краще борозна прикрита ґрунтом і рослинними рештками, тим стабільніше зберігається волога та менше проростання залежить від короткочасних змін погоди. Водночас для дрібнонасінних культур і культур зі слабким проростком надмірна кількість решток у зоні рядка може бути несприятливою. Тому рівень очищення рядка та характер його покриття визначають відповідно до культури, регіону, вологості ґрунту й температурних умов. Сошники сівалок формують різні типи насіннєвих борозенок: V-подібна борозенка утворюється переважно дводисковими сошниками й може ущільнювати бокові стінки; U-подібна має ширшу основу та розпушеніше насіннєве ложе; борозенка у формі перевернутої літери Т розроблена спеціально для прямої сівби й дає змогу краще зберігати вологу та більшу частину рослинних решток на поверхні. Вибір форми борозенки має відповідати властивостям ґрунту та умовам сівби.

За сівби в сухий ґрунт важливо мінімально порушувати ґрунт, зберігати покриття борозни та забезпечувати контакт насіння з ґрунтом. За нестачі вологи кращі умови можуть формувати борозенки, які зберігають високу вологість повітря навколо насінини. Сівба у вологий ґрунт пов’язана з ризиком налипання ґрунту на робочі органи, забивання рослинними рештками, замазування стінок борозни та утворення внутрішньої кірки після підсихання. Особливо небезпечним є ущільнення бокових стінок важкого вологого ґрунту. Тому строк сівби визначають за фізичною стиглістю ґрунту, а притискне зусилля й роботу прикочувальних коліс регулюють відповідно до його вологості.

Глибина заробки насіння є однією з основних умов одержання дружних сходів. Її визначають за біологічними особливостями культури, розміром насіння, розташуванням вологого шару, температурою, щільністю ґрунту та можливостями сівалки. За вищої вологості й нижчої весняної температури практичний досвід допускає дещо мілкіше розміщення насіння ярих культур, але рішення необхідно приймати окремо для кожного поля.

Ширину міжрядь добирають з урахуванням біології культури, забезпечення вологою, ризику забивання сівалки рештками та можливостей збиральної техніки. Вужчі міжряддя сприяють рівномірнішому розподілу рослин, швидшому закриттю поверхні ґрунту та кращому пригніченню бур’янів. У посушливих умовах може бути доцільним збільшення ширини міжрядь і зменшення густоти стояння рослин.

Норма висіву залежить від культури, сорту або гібрида, польової схожості, забезпечення вологою, ширини міжрядь і технічної якості сівби. У низці господарств, що працюють за No-till, застосовують зменшені норми висіву. Такий підхід може знижувати витрати на насіння та підвищувати забезпеченість окремої рослини вологою, але є ефективним лише за високої точності сівби та достатньої здатності культури компенсувати меншу густоту кущенням, гілкуванням або формуванням додаткових продуктивних органів. Якісна пряма

сівба потребує узгодженої роботи всіх елементів посівної секції. Притискне зусилля, швидкість руху, глибину висіву та роботу котків регулюють відповідно до культури, типу ґрунту, його вологості й кількості рослинних решток.

### 6. 1. Світові тренди якості сівби сільськогосподарських культур

У переліку технологічних операцій вирощування сільськогосподарських культур є дві, якісне виконання яких досягається сукупністю попередніх підготовчих операцій. Першою з них є сівба, а другою - збирання. В традиційних системах землеробства всі технологічні операції від збирання попередника до сівби культури мають різні завдання але всі вони об`єднані метою створення оптимальних умов для росту і розвитку культури, який починається з проростання висіяної насінини.

Процес проростання насінини залежить від умов, в які вона потрапляє. Ці умови описуються не лише сукупністю фізичних властивостей ґрунту, а і здатністю сівалки найкраще реалізувати ці властивості в поєднанні з біологічними особливостями культури. Тривалий період часу основною перепоною для якісної сівби були рослинні рештки попередника. Основним методом уникнення цієї проблеми була їх глибока заробка в ґрунт плугом з наступним проведенням ряду заходів обробітку для підготовки посівного ложа.

Прогрес у вивченні вимог насіння сільськогосподарських культур до фізичних умов та поліпшення конструкції сівалок і їх робочих органів дозволило сьогодні проводити високоякісну сівбу з мінімальними підготовчими технологічними операціями (різноманітні системи мінімального обробітку ґрунту, mini-till) або при повній їх відсутності (системи no-till та strip-till).

З розвитком землеробства завдяки створенню нових технічних засобів якість сівби суттєво підвищилася. *Передусім це стосується нових робочих органів сівалок, які дозволяють дотримуватися рівномірності глибини заробки насіння, рівномірності його розміщення в рядку й диференціації норми висіву в межах поля відповідно до рівня родючості та ґрунтових умов*. Особливо це характерно для культур широкорядного посіву. Науково доведено, що дружність появи сходів (не більше 24–36 год – 2-3 доби) є запорукою максимальної реалізації генетичного потенціалу любого гібрида кукурудзи. Ще один важливий показник – це *сингуляція,* комплексний показник, що характеризує наявність чи відсутність двійників і пропусків у рядку. За дотримання перших двох умов рівень урожайності буде визначатися кінцевою густотою стояння.

Отримання дружних і рівномірних сходів суттєво залежить від глибини заробки насіння. За результатами досліджень «АМАКО», навіть за традиційної системи землеробства кінцева густота стояння істотно залежала від глибини заробки насіння соняшнику. За однакової норми висіву зменшення у два рази глибини заробки збільшувало густоту стояння соняшнику на 34,5 % (рис. 6.1).

У таблиці 6.1. наведено вплив глибини заробки насіння на густоту стояння рослин. Дані показують чітку залежність: зі зменшенням глибини заробки кількість рослин на одиниці площі зростає при однаковій нормі висіву. В даних

умовах мілкіша заробка насіння забезпечила краще формування рослинного покриву. Отже, наведені дані свідчать, що сама глибина заробки насіння і дотримання її рівномірності на полі є важливим технологічним чинником, який впливає на польову схожість і подальшу густоту стояння рослин. Надмірне заглиблення насіння може знижувати кількість сходів, тоді як оптимальна мілкіша заробка сприяє формуванню більш рівномірного та густого посіву.

Таблиця 6.1

**Порівняння густоти заробки насіння та густоти стояння.**

| Глибина заробки, см | Густота стояння, тис./га |
|---|---|
| 7,6 | 41,7 |
| 5,0 | 59,2 |
| 3,8 | 63,7 |

Чим глибшою була заробка насіння в ґрунт, тим тоншими були стебла рослин, адже вони витратили більше енергії на проростання. Очевидно, що глибша заробка насіння спричиняє затримку в часі появи сходів. Вибір оптимальної глибини залежить від біології культури, кліматичних умов, типу ґрунту тощо. Наприклад, на суглинкових ґрунтах кукурудзу рекомендують висівати на глибину 4–5 см, на легких суглинкових – 5–6 см, на чорноземних – 5–7 см, а на супіщаних – 6–8 см. За посушливих умов глибину заробки збільшують ще на 1–2 см, щоб насіння мало кращий доступ до вологи. Всі ці рекомендації розроблені для традиційної системи землеробства. В системі землеробства No-till їх доводиться корегувати через інший температурний режим грунту і рівень забезпечення вологою посівного шару. Здебільшого це виражається в відтермінування строку сівби та зменшенні глибини заробки.




Рис. 6.1. Вигляд посіву соняшнику залежно від глибини заробки насіння, (фото компанії AgriLab)

**Сингуляція**

Сьогодні в землеробстві часто використовується новий термін «Сингуляція». Це показник точності висіву, який визначає відсоток насіння, посіяного поодинці, без пропусків та без висіву двох насінин одночасно (двійників). Рівномірність розміщення насіння в рядку особливо важлива для широкорядних культур до яких належить кукурудза.

Якщо в посіві наявні двійники (дві рослини розміщені одна біля іншої на відстані меншій від заданої), то виникає підвищена конкуренція між рослинами, а отже – вони не зможуть максимально реалізувати свій потенціал. У такому разі в цих рослин кукурудзи качани будуть меншими, ніж на рослинах, рівномірно розміщених у рядку. Якщо в посіві є пропуски, врожай на певній площі втрачається через брак достатньої кількості рослин. Сусідні рослини можуть лише частково компенсувати відсутність рослини між ними, але не повністю (рис. 6.2).

Нормальною сингуляцією вважається 94 %. Компанія Precision Planting розробила технічні рішення, які допомагають досягнути сингуляції 99 %. Багаторічні дослідження свідчать, що 1 % сингуляції дорівнює 1 % врожайності кукурудзи.

Однією з відомих розробок компанії Precision Planting для підвищення якості сівби є висівний апарат vSet (рис. 6.3). Його основне завдання – забезпечити точну сингуляцію насіння, тобто подачу в насіннєпровід по одній насінині без пропусків і двійників. Такий підхід дає змогу рівномірніше розміщувати насіння в рядку, створювати кращі умови для одночасної появи сходів і зменшувати конкуренцію між рослинами. Особливістю vSet є те, що він працює з насінням різної форми й розміру та не потребує постійного ручного регулювання під час роботи. У сучасних сівалках ця система може поєднуватися з електричним приводом vDrive і системами контролю висіву, що дає змогу точніше керувати роботою кожної висівної секції.

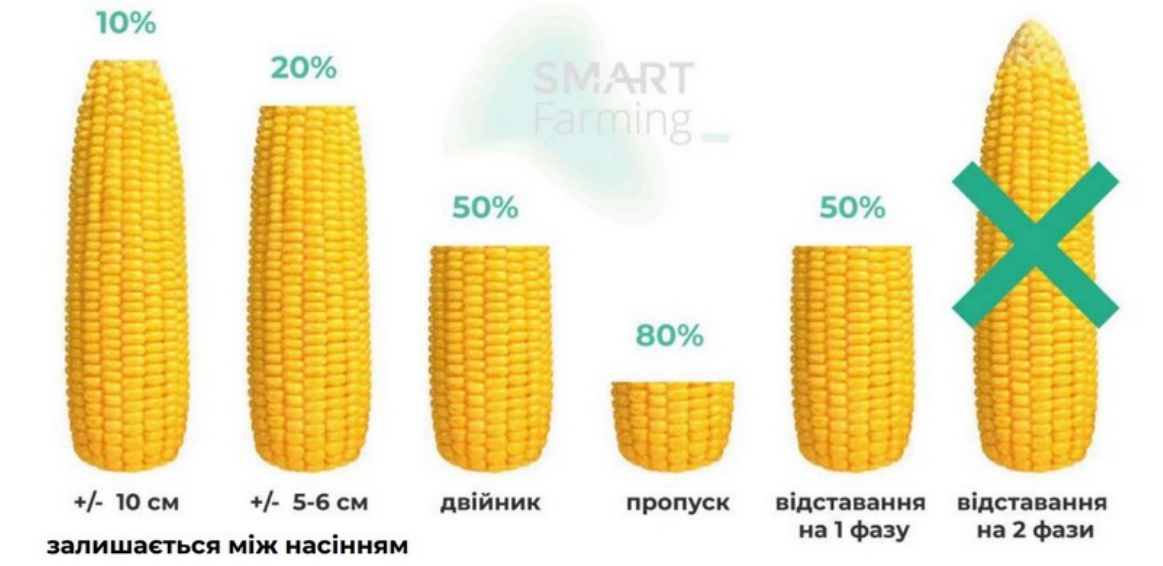



Рис. 6.2. Вплив відхилення у рівномірності розміщення насіння в рядку на урожайність кукурудзи (Олексій Агєєв, 2023)
Джерело: https://superagronom.com/news/18146

Загалом, по рівномірності розкладання насіння типи сівалок можна оцінити наступним чином: вакуумні сівалки > механічні сівалки > пневматичні сівалки (Liu, Tollenaar, Stewart, et. All, 2004).



Рис. 6.3. Висівний апарат Precision Planting vSet для підвищення сингуляції насіння. Джерело:https://www.kite.hu/alkatresz-szerviz/a-precizios-gazdalkodashoz-ajanlott-eszkozok/precision-planting-vset/72/734?utm_source=chatgpt.com

Якісний посів має забезпечити для кожної рослини оптимальну площу живлення. Це підвищує ефективність використання всіх інших чинників життя рослин (вологи, світла, добрив) і водночас створює кращі умови для догляду та збирання культури. Використання цих досягнень у практиці No-till і Strip-till можливе лише за умови придбання нових сівалок або переобладнання старих новими пристроями.

### 6. 2. Вимоги до якості насіння в системі землеробства No-till

Існує обґрунтована думка, що за відсутності передпосівного обробітку ґрунту насіннєве ложе може бути сформовано самою сівалкою, але таке насіннєве ложе може бути менш сприятливе для проростання насіння культури за температурними умовами, рівнем надходження кисню, ступенем ущільнення ґрунту та наявністю в ньому рослинних решток, ніж за традиційної системи землеробства.

Ця проблема вирішується здебільшого поліпшенням конструкції та підбором різних сошників, що є оптимальними до конкретних умов господарства (ґрунти, культури сівозміни, погодні умови), а також підвищенням вимог до посівних якостей насіння. Водночас, як свідчить практика, чим довше застосовується технологія No-till, тим кращих фізичних властивостей набуває посівний шар ґрунту внаслідок накопичення в ньому органічної речовини, що позитивно впливає на якість сівби сільськогосподарських культур. Відомо, що швидкість проростання насіння залежить не лише від фізичних параметрів насіннєвого ложа, а і від біологічних особливостей висіяного насіння.

***Фізичні параметри насіннєвого ложа:***

- наявність вологи (в рідкій і газоподібній формі);
- фізичний контакт насінини з ґрунтом;
- наявність доступу кисню до насіння;
- розміщення насіння на відповідній глибині;

- щільність будови посівного шару.

***Біологічні параметри насіння:***

- чистота насіння та його калібровка (сильне насіння);
- лабораторна схожість насіння, визначена за оптимальних температурних умов;
- лабораторна схожість насіння, визначена за стресових температурних умов – понижених порівняно з оптимальними температурами. На практиці набув поширення лабораторний метод «холодного» пророщування насіння (Gold-test). Це найактуальніше питання для групи пізніх ярих культур, які порівняно з ранніми ярими культурами мають підвищені вимоги до температури для проростання насіння;
- енергія росту.

Отже, в системі землеробства No-till і Strip-till вимоги до якості насіння вищі, ніж за традиційної системи землеробства, щоб підвищені посівні якості насіння могли компенсувати гірші грунтові умови посівного шару.

«Сильне насіння» – новий термін, що набув поширення серед виробників. Під ним розуміють посівний матеріал, отриманий на новому очисному обладнанні, яке створив український інженер-винахідник Л. Фадєєв. Воно дозволяє отримувати насіння з мінімальними механічними пошкодженнями, максимально вирівняне за розмірами та масою з високою натурою. Навіть зовнішньо такий посівний матеріал суттєво відрізняється від стандартного (рис. 6.4).

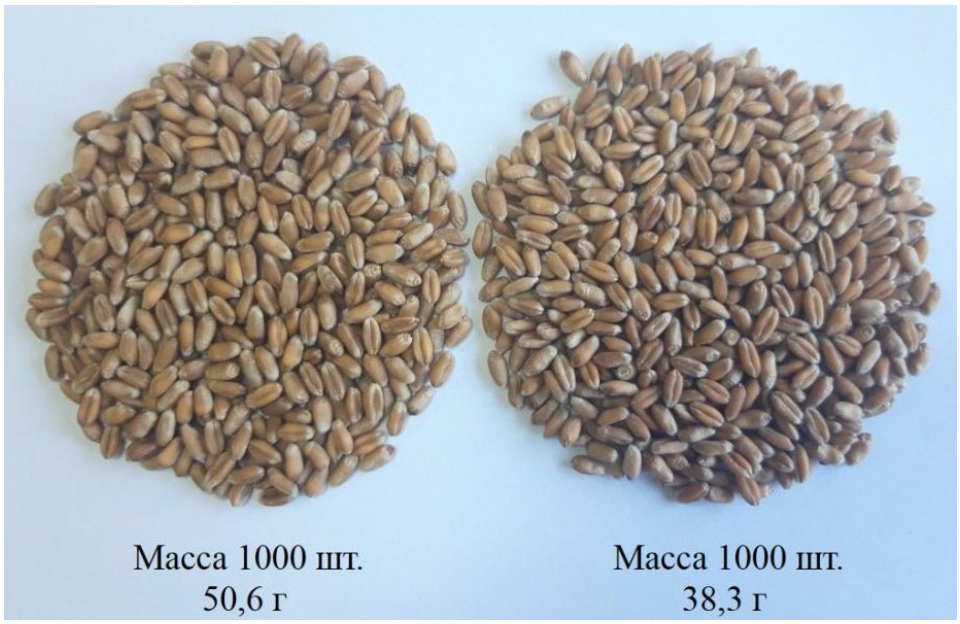



Рис. 6.4. Насіння пшениці з різною масою 1000 шт., підготовлене на очисному обладнанні Л. Фадєєва

Використання важкого крупного насіння (наприклад, пшениці озимої) дає змогу отримати вирівняні потужні сходи. Біологічною основою позитивного ефекту застосування такого насіння є формування кожною зерниною потужних

первинних зародкових корінців, що забезпечує отримання дружних вирівняних сходів, оскільки первинні корінці й перші листки формуються практично лише завдяки наявному в зернівці запасу пластичних речовин. Подальший розвиток сходів також залежить від рівня розвитку зародкових корінців, оскільки навіть у сприятливі за умовами роки розвиток вторинної кореневої системи, за даними М. Пруцкової (1976), (цитується по статті Л.Фадеєва, журнал Агробізнес сьогодні, 2014р) починається через 18 днів після сходів, а в несприятливих посушливих умовах – через 28 днів. Первинні корінці не відмирають після формування вторинної кореневої системи, а функціонують до молочно-воскової стиглості та є найглибшими в кореневій системі пшениці. Крім цього, внаслідок більшого запасу поживних речовин таке насіння може надійно проростати з більшої глибини, ніж дрібне.

### 6. 3. Роль покриву посівної борозни

*У системі No-till ніщо так не впливає*
*на схожість культур, як властивості*
*покриву посівної борозни.*
***С. Джон Бейкер***

За тривалий період застосування традиційної системи землеробства склалося стале уявлення, що найкращим (оптимальним) покривом для висіяної насінини є розпушений ґрунт. Така думка утвердилася, оскільки в цій системі землеробства всі рослинні рештки заробляли в ґрунт, видаляли з поля або спалювали. В системі землеробства No-till залежно від типу сошника, рівня наявності рослинних решток на поверхні ґрунту посівна борона може мати такі варіанти покриття (за класифікацією Baker C. J. et al., 1996):

- клас 1 – висіяне насіння видно зверху в насіннєвій борозенці або воно ледве вкрите;

- клас II – чистий розпушений ґрунт або з рослинними рештками до 30 % проєктивного покриття;

- клас IIIа – покриття рослинними рештками становить від 30 до 70 % і вони не перемішані з ґрунтом;

- клас IIIб – насінина вкрита мульчею, де 30 % рослинних решток змішані з ґрунтом, а не розміщуються на його поверхні;

- клас IV – повний покрив насіннєвої борозенки грунтом, який вкритий рослинними рештками (не менше 70 %). При цьому шари рослинних решток і ґрунту розміщені так, як і до сівби, не перемішані.

Ці класи покриття посівного ряду визначають рівень впливу на проростання і розвиток сходів висіяних культурних рослин таких трьох чинників:

- вологість ґрунту;
- наявність механічних перепон із рослинних решток для проростків;
- наявність негативного впливу токсинів, які утворюються за розкладу рослинних решток.

Відомо, що повітря в макропорах необробленого ґрунту, який покритий рослинними рештками, має відносну вологість близьку до 100 % практично незалежно від рівня вологості ґрунту (Scotter D. R., 1976). Навіть за вологості атмосферного повітря, що дорівнює точці в'янення, відносна вологість ґрунтового повітря становить 99,8 %. Робота сошника викликає порушення ґрунту і розміщення рослинних решток на його поверхні в зоні рядка, а відповідно – визначає рівень втрати вологи з посівної борозенки. За результатами багатьох проведених досліджень, клас IV покриття посівного ряду на 65 % краще зберігає вологу в борозні, ніж покрив класу II (чистий ґрунт) і на 154 % ліпше, ніж покриття класу I (частковий покрив або повна його відсутність) (Coudhary A., 1979). Це свідчить, що вплив погодних умов на проростання висіяного насіння за наявності покриття насіннєвої борозенки IV класу значно менший, ніж за покриття посівного ряду I чи II класу. Водяний пар у посівний рядок надходить з оточуючого необробленого ґрунту.

Сільськогосподарські культури на зміну згаданих вище чинників реагують по-різному, залежно від класу покриття посівного ряду. Для дрібнонасінних культур більше значення має негативний вплив токсинів на проростання висіяного насіння, ніж інші фактори. Тому доцільним, як довела практика, виявилося розгортання рослинних решток із зони рядка і покриття висіяного насіння ґрунтом (рис. 6.5). У пшениці озимої та інших культур суцільного способу сівби внаслідок вузьких міжрядь зазвичай формується III клас покриття посівного рядка (рис. 6.6).



Рис. 6.5. Розвиток сходів ріпаку озимого за II класу покриття посівного ряду (фото E. Vlasenko)

Для просапних культур, особливо теплолюбних, можливі кілька варіантів покриття зони рядка: у північних регіонах, де важливо прискорити прогрівання ґрунту, доцільно рослинні рештки видаляти з зони рядка в міжряддя, а в південних регіонах, навпаки, орієнтуватися на клас IV покриття (рис. 6.7).



Рис. 6.6. Розвиток пшениці озимої за III класу покриття посівного ряду (фото компанії «Агро-Мир»)



Рис. 6.7. Розвиток сходів кукурудзи за IV класу покриття посівного ряду (фото – В. Черкас)

Покриття зони рядка рослинними рештками може створювати механічні перешкоди для культур, що мають слабкий проросток і виносять сім'ядолі на поверхню.

Окремі вимоги ставляться до покриття висіяного насіння покривних культур. Зумовлено це тим, що ця група культур може бути висіяна не лише традиційними сівалками, які формують посівний рядок, а й розкидним способом. За такого способу сівби покриття висіяних насінин може складатися

виключно з подрібнених рослинних решток. Про можливість такої сівби свідчать такі дані сівби люцерни: через 10 днів після сівби за покриття клас I (насіння на поверхні) густота сходів становила 87 шт./м$^2$, а за покриття класу III – 118 шт./м$^2$. Вплив покриву зони рядка: класи III і IV особливо позитивно впливають на густоту сходів, коли ґрунт сухий або коли після сівби настає суха погода.

Отже, покриття зони рядка може мати суттєвий вплив на результат сівби, але єдиного рішення в цьому питанні не існує, тому необхідний творчий підхід для вибору оптимального покриття зони рядка відповідно до умов конкретного поля, культури, погоди та сошника сівалки.

На рис. 6.6 зображено посів зернової культури на полі з наявними рослинними рештками на поверхні ґрунту. Міжряддя частково вкриті післяжнивними рештками попередньої культури, що свідчить про збереження рослинного покриву на поверхні поля.

На рис. 6.7. зображено молоді рослини кукурудзи, що ростуть на полі з добре вираженим шаром рослинних решток на поверхні ґрунту. Рослинні рештки захищають ґрунт від прямого сонячного проміння, зменшують перегрівання верхнього шару та обмежують непродуктивне випаровування вологи. Це особливо важливо на ранніх етапах розвитку кукурудзи, коли рослини ще не сформували достатньої листкової поверхні для самостійного затінення міжрядь. Наявність мульчувального шару також знижує ризик утворення ґрунтової кірки після опадів, послаблює дію крапель дощу на поверхню ґрунту та зменшує небезпеку водної і вітрової ерозії. Поступове розкладання рослинних решток сприяє поповненню ґрунту органічною речовиною, підтримує активність ґрунтових мікроорганізмів і створює сприятливі умови для розвитку дощових черв’яків.

На сьогодні найменш вивченою й оціненою є фаза розвитку рослин від проростання до появи проростка на поверхні. На практиці низька польова схожість насіння обумовлена частіше не зниженою схожістю насіння, а загибеллю проростків у ґрунті. Для свого розвитку проросток використовує запаси поживних речовин із насінини та вологу, яка надходить від зародкового коріння. За всіх інших умов найменш життєздатними є проростки за відсутності будь-якого покриття (клас 1).

## 6. 4. Проростання насіння і розвиток проростка в необробленому ґрунті

### *6. 4. 1. Особливості ґрунтових умов проростання насіння в системі землеробства No-till*

Сівба в необроблений ґрунт, вкритий рослинними рештками, є базовим елементом системи землеробства No-till. В непошкодженому механічним обробітком ґрунті формуються інші умови для проростання насіння, а ґрунт містить іншу кількість необхідних для цього ресурсів порівняно з традиційним землеробством. Тому це ставить інші завдання та вимагає інших підходів до висіву насіння. За традиційної підготовки ґрунту до сівби посівному шару різних типів ґрунтів надавали механічним обробітком майже близьких фізич-

них та водних властивостей, які за науковими теоріями відповідали оптимальним для проростання насіння культурних рослин. Уніфікація властивостей посівного шару допомагала створювати й уніфіковані сівалки з одним типом робочих органів, які з задовільною якістю виконували свою роботу в різних кліматичних умовах і на різних типах ґрунтів.

*Відмова від механічного передпосівного обробітку різко збільшила різноманіття ґрунтових умов посівного шару, а відповідно зросли й вимоги до робочих органів сівалок. До цього ще додалася наявність рослинних решток на поверхні ґрунту, якої в традиційній технології не було.*

Сьогодні за великого різноманіття конструкцій, видів і марок сівалок та сошників для прямої сівби, як свідчать наукові дані, найважливішим аспектом, за котрим вони принципово розрізняються, є форма насіннєвої борозенки, яку сошник формує в ґрунті. Від характеристики цієї борозенки багато в чому залежить проростання насіння та його подальший ріст і розвиток.

Виділяють три принципово відмінні форми насіннєвих борозенок:

- ***V-подібна***, яка є типовою для всіх сівалок традиційної системи землеробства. Формується вона за допомогою дводискових сошників за всього різноманіття їх конструктивних особливостей (однакові диски, різні в діаметрі, зміщені, нахилені тощо). Формування такої форми насіннєвої борозенки обов'язково призводить до певного ущільнення бокових стінок;
- ***U-подібна***. Таку форму насіннєвої борозенки формують анкерні та монодискові сошники тощо. Для створення насіннєвої борозенки такої форми сошники розпушують ґрунт більше, ніж сошники, що формують V-подібну насіннєву борозенку (рис. 6.8). Вона має ширшу основу та розпушеніше насіннєве ложе;

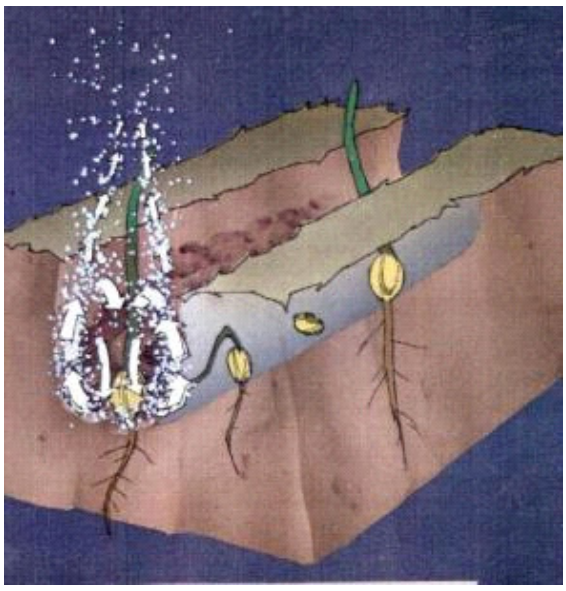


Рис 6.8. Схема борозенки U-подібної форми

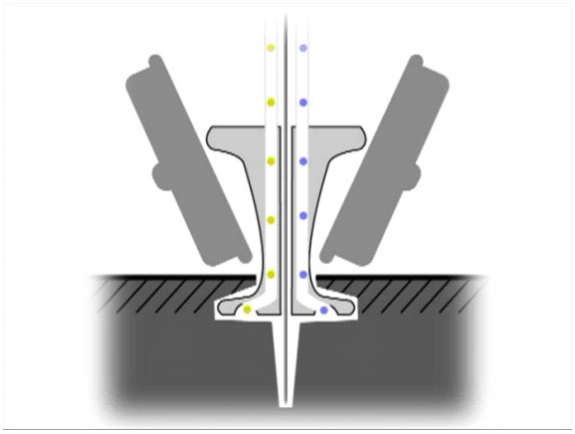


Рис. 6.9. Схема борозенки у формі перевернутої літери Т

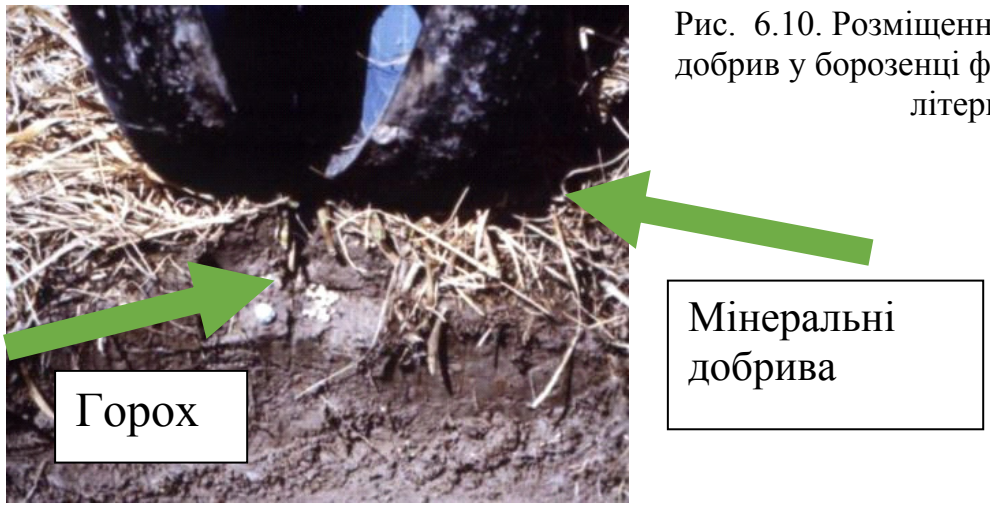



Рис. 6.10. Розміщення насіння гороху та добрив у борозенці форми перевернутої літери Т

### *6.4.2. Сівба в сухий ґрунт*

• ***борозенка у формі перевернутої Т.*** Така форма насіннєвої борозенки в традиційному землеробстві не застосовувалася, а була розроблена спеціально для системи No-till (рис. 6.8). Технічна реалізація сошників, які формують таку насіннєву борозенку, проходила складно. На сьогодні вважається, що найкраще реалізує насіннєву борозенку у формі перевернутої літери Т дискова версія сошника. Цей сошник дає змогу проводити сівбу всіх польових культур суцільного посіву та широкорядних культур точного висіву (рис. 6.9). Він залишає нерушеними від 70 до 95 % рослинних решток на поверхні. Сошниками, які формують такий тип борозенки, оснащені сівалки як вітчизняного Cross-Slot NTD 10.204 (виготовляє «Агро-Союз»), так і зарубіжного виробництва.

В Україні є два основних посівних періоди (весняний та осінній) і один проміжний літній, коли сіють покривні (проміжні) культури. Посів озимих і покривних культур здебільшого проводиться в ґрунт з недостатнім рівнем зволоження. В розділі 2 ми відзначали різницю в агрофізичних властивостях і механізмах накопичення та збереження вологи в No-till і традиційній системі землеробства. Вся особливість прямої сівби полягає в максимальній реалізації наявних переваг No-till, що дає змогу отримувати сходи за умов, в яких за традиційної системи землеробства одержати їх неможливо.

Добре відомо, що в усіх ґрунтах волога наявна в рідкій формі і у вигляді пару. Сукупність цих двох форм і становить поняття вологості ґрунту, але чинні методи визначення запасів вологи допомагають визначити вологу лише в рідкій формі. Нагадуємо, що рівноважна відносна вологість ґрунтового повітря за відсутності механічного обробітку дорівнює практично 100 % за будь-якого рівня наявності рідкої вологи в ґрунті (Scotter D. R., 1976). Рослинні рештки уповільнюють швидкість вітру на поверхні ґрунту, тому вологість приземного шару повітря вища, ніж атмосферного. Важливо, що розташована поряд мікроділянка без рослинних решток, де вологість повітря нижча, суттєво не впливає на вологість вкритої рештками ділянки. Це одне з пояснень прискореного розвитку рослин на смуговому посіві Strip-till.

Традиційно вважається, що для проростання насіння використовує вологу лише в рідкій фазі. Проте наукові дослідження свідчать, що насіння може проростати і за наявності вологи у формі водяної пари. Найшвидше проростання відбувається тоді, коли в посівному рядку є волога в рідкій фазі. За використання вологи у формі водяної пари цей процес проходить повільніше. Для ефективного використання різних форм вологи потрібні різні умови. Щоб насіння могло поглинати вологу в рідкій формі, необхідний його тісний контакт із ґрунтом. Натомість для використання водяної пари важливий вільний доступ до насіння ґрунтового повітря з високою відносною вологістю.

Ступінь оптимальності поєднання цих форм вологи значно залежить від форми посівної борозенки та стану покриття насінини, тому за прямої сівби вологість ґрунтового повітря в зоні посівної борозенки має велике значення для проростання насінини.

У V-подібній насіннєвій борозенці, де стінки не порушені, переважають капілярні пори, по яких за невеликого контакту насінина може отримати вологу в достатній кількості для проростання, тому навіть за покрову борозенки класу І проростання насіння може бути добрим, але потім проросток не виживає. В U-подібних – насіннєва борозенка ширше, ґрунт розпушеніший, у ньому більше некапілярних пор, тому навіть за більшого контакту насінини з ґрунтом вона може не отримати достатньої кількості вологи для проростання, особливо за покрову класу І чи ІІ. У Т-подібних борозенках завдяки високій відносній вологості ґрунтового повітря насіння, хоч і з затримкою, може дати дружні сходи за нестачі вологи в рідкій фазі. (табл. 6.2). Є думка, що в такому разі добре проявляється ефект «сухого поливу», про який писав ще І. Овсинський.

Таблиця 6.2

**Вплив типу сошника і форми борозенки на схожість пшениці (Choudhary M. A., 1979)**

| **Показники** | **Дводисковий сошник, V-подібна борозенка** | **Анкерний сошник, U-подібна борозенка** | **Диско-анкерний сошник, Т-подібна борозенка** |
|---|---|---|---|
| Польова схожість, % | 27 | 51 | 64 |
| Насіння, яке проросло, але не дало сходів, % | 64 | 26 | 27 |
| Насіння, яке не проросло, % | 9 | 23 | 9 |
| Разом | 100 | 100 | 100 |

Наведені дані підтверджують результати досліду, що був проведений у Дніпропетровській області в компанії «Агро-Союз».

Наведені дані свідчать, що значна частка насіння, яке проросло, не дало сходів. Основна причина цього нестача вологи. Актуальним залишається питання, як довго проросток може зберігати свою життєздатність після проростання за нестачі вологи до його виходу на поверхню ґрунту. Поступова поява сходів в агрономії отримала назву наповнення сходів. За V-подібної

борозенки за п’ять днів кількість сходів зросла з 60,5 до 81,8 %. Наведені в табл. 6.3 дані свідчать, що в необробленому ґрунті найкращі умови для проростання складаються за форми борозенки у вигляді перевернутої Т. Властивості U-подібної борозенки залежать від сошника, яким вона сформована. Кращі властивості для проростання насіння вона має, якщо сформована монодиском, а не анкерним сошником.

Таблиця 6.3

**Вплив типу сошника на схожість пшениця, %**
**(дані компанії «Агро-Союз»)**

| Тип сошника | Дата обліку | | |
|---|---|---|---|
| | на 9-й день після сівби | на 14-й день після сівби | на 52-й день після сівби |
| Монодиск, U-подібна борозенка | 0 | 100 | 100 |
| Подвійний диск, V-подібна борозенка | 60,5 | 81,8 | 81,8 |
| Диско-анкерний, Т-подібна борозенка | 93,5 | 100 | 100 |
| Анкерний, U-подібна борозенка | 0 | 42,2 | 58,6 |

Численні дослідження зарубіжних вчених дали змогу зробити такі висновки:

- за ефективністю (в порядку зниження) покрив насіннєвих борозенок розташовується так: клас IV, клас III, клас II, клас I;
- за біологічною ефективністю в посушливих умовах (в порядку її скорочення) форми насіннєвих борозенок розташовується в такому порядку: перевернута форма Т, U-подібна, V-подібна;
- прикочування ґрунту після закриття борозенки справляє незначний вплив на проростання насіння за будь-якої форми борозенки;
- притиск насіння до ґрунту в борозенках U- та V-подібної форми під час сівби суттєво позитивно впливає на проростання насіння;
- для кращого проростання насіння має бути прикрите ґрунтом, а потім рослинними рештками.

### *6. 4. 3. Сівба у вологий ґрунт*

Найсуттєвіша проблема сівби у вологий ґрунт полягає в проблемах сівалки, пов’язаних із фізичними перепонами: налипання і забивання рослинними рештками, що унеможливлює за таких умов проведення якісної сівби. Всі сошники, які обертаються, мають обмеження до застосування на вологих ґрунтах. Налипання ґрунту на прикочуючи та копіювальні колеса також негативно впливає на якість сівби.

На вологих ґрунтах (особливо важкого механічного складу) сошники, які формують насіннєву V-подібну борозенку, призводять до сильного ущільнення бокових стінок і дна борозенки, що може при підсиханні сформувати внутрішню кірку, котра обмежує проникнення коренів у ґрунт. У вологих

глинистих ґрунтах диски сошників піднімають ґрунт і насіння з борозни й розміщують їх біля рядка. Налипання ґрунту на зовнішні боки дискових сошників призводить до викидання грудок, які потім швидко висихають (рис. 6.11; 6.12).




Рис. 6.11. Диски сошників піднімають грудки вологого ґрунту по пшениці




Рис. 6.12. Диски сошників піднімають грудки вологого ґрунту по ріпаку

Крім цього, на вологих ґрунтах часто спостерігається втискування рослинних решток у борозенку (рис. 6.13), позаяк на м'якому ґрунті култери й різальні диски погано розрізають рослинні рештки порівняно з сівбою в сухий ґрунт.

Анкерні сошники призводять до значно меншого ущільнення стінок насіннєвих борозенок. На анкерних сошниках за вологого ґрунту важко якісно закрити посівну борозенку ґрунтом, який збирається навколо неї, позаяк вологий ґрунт погано кришиться.

Сошники, що формують насіннєву борозенку в формі перевернутого Т, теж мало ущільнюють стінки борозенки, однак як й інші типи сошників здатні замазувати ґрунт, що за підсихання утворює кірку. Якість роботи різних сошників на вологому ґрунті залежить також від характеристик самого ґрунту. Чим більше в ґрунті органічної речовини, тим менше замазується ґрунт і формується ґрунтова кірка. В системах землеробства No-till і Strip-till постійне поліпшення структури й підвищення вмісту органіки у верхньому шарі ґрунту з часом зменшує залежність якості сівби від вологості ґрунту.

Варто відзначити, що на неякісну сівбу у вологий ґрунт реагують навіть дощові черв'яки. Чим більше ущільнення і замазування стінок, тим менше біля них ґрунтових черв'яків (Chaudhry A. D., 1985).

Отже, за сівби у вологий ґрунт кращими є насіннєві борозенки у формі оберненої літери Т. На вологих ґрунтах проростання висіяного насіння незалежно від форми насіннєвої борозенки значно залежить від вільного доступу до нього кисню.

Тобто універсальних сошників для всіх імовірних ґрунтових умов не існує, але за цими та іншими параметрами визначають для певного типу ґрунту у конкретному господарстві оптимальний тип сошника сівалки прямого посіву. На вологому грунті важливо обрати оптимальний час проведення сівби. Фізична стиглість грунту є основним показником для визначення часу сівби.

Допущені помилки у виборі оптимального часу сівби особливо у весняний період практично неможливо виправити у подальшому.

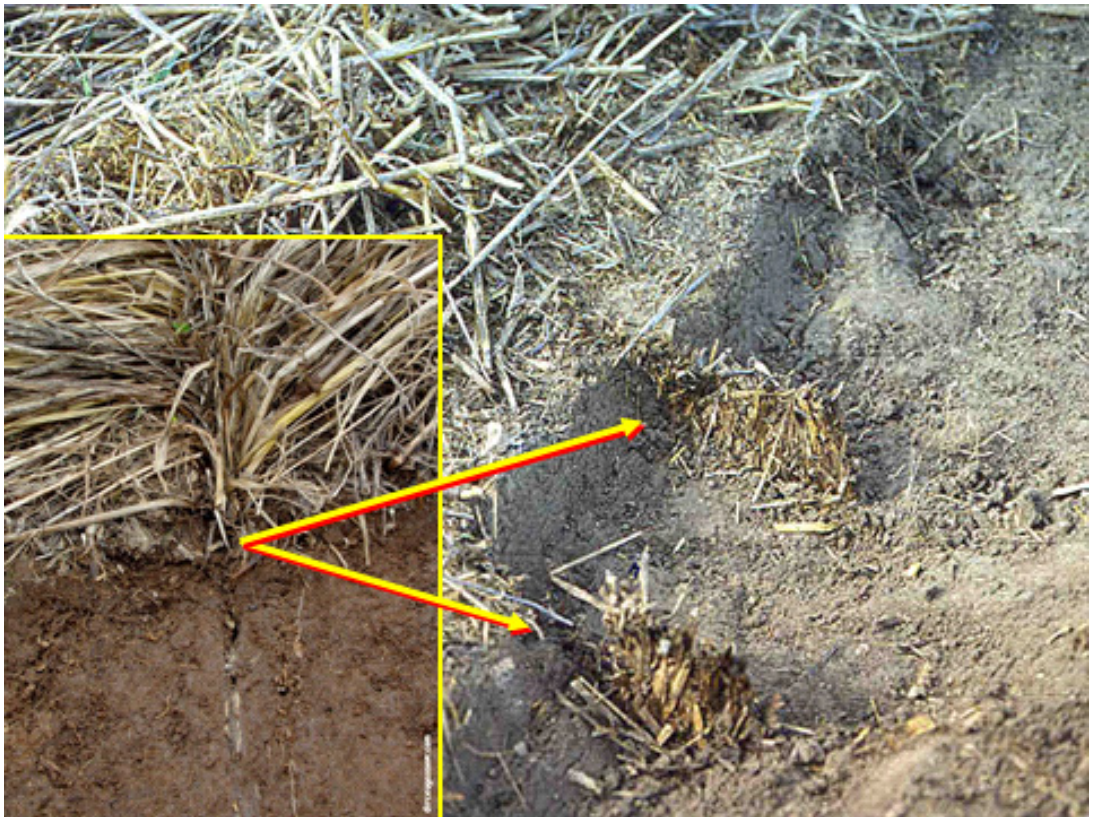


Рис. 6.13. Вдавлені дводисковими сошниками рослинні рештки

### 6. 5. Глибина заробки насіння

Оптимальна глибина заробки насіння – перша умова отримання дружних потужних сходів культури. Відомо, що оптимальна глибина загортання насіння сільськогосподарських культур визначається двома групами показників:

- *біологічними* - визначається біологічними особливостями насіння даного виду (розмір насінини – визначає імовірний запас поживних речовин, глибина розміщення вузла кущення є оптимально з точки зору біології даного виду, винос сім`ядольних листочків – визначає рівень ущільнення грунту над насіниною т.д);

- *технологічними* (вологістю ґрунту – насіння стараються розмістити у вологий шар ґрунту, навіть якщо волога розміщена глибше оптимальної біологічної глибини заробки насіння, якість підготовки посівного шару ґрунту, технологічні можливості сівалки дотримуватися заданої глибини загортання насіння та ін.).

Досліджень із вивчення оптимальної глибини заробки насіння в системі землеробства No-till на різних ґрунтах у нашій країні практично не проводилося. Через це виробничники, які практикують No-till і Strip-till використовують загальні правила та рекомендації визначення оптимальної глибини заробки насіння, встановлені для традиційної системи землеробства. Проте, як свідчить набутий практичний досвід фермерів, які успішно працюють тривалий час у нових системах землеробства дійшли висновку, що зважаючи на вищий

рівень вологості ґрунту та нижчу температуру у весняний період, доцільно зменшувати глибину заробки насіння ярих культур на 1–1,5 см порівняно з рекомендованою для конкретної культури. Визначення оптимальної глибини заробки насіння рекомендується проводити для кожного поля окремо з врахуванням його топографії, погодних умов, наявності рослинних решток і властивостей конкретного типу ґрунту.

Дотримання точної глибини заробки насіння за системи No-till має більше значення, ніж у традиційній системі землеробства, оскільки відповідність ґрунтових умов оптимальним вимогам насіння для проростання (температура, вологість, щільність, доступ повітря) в необробленому ґрунті з глибиною змінюється більше, ніж в обробленому.

Наведені в табл. 6.4 і 6.5. дані свідчать, що зі збільшенням глибини заробки насіння пшениці на кожні 10 мм у діапазоні від 20 до 70 мм зменшується схожість насіння на 4 %, а схожість люпину – на 17 %. Причиною зниження схожості була загибель проростків у ґрунті. Ще більше впливала глибина заробки на таку дрібнонасінну культуру, як конюшина червона.

Висока актуальність питання щодо дотримання глибини заробки насіння за системи No-till зумовлено такими причинами:

- поверхня поля за відсутності обробітку ґрунту менш вирівняна;
- посівний шар має високу варіабельність щільності будови;
- високе притисне зусилля може зумовити більшу варіацію глибини заробки насіння через зміну щільності будови ґрунту;
- наявність нерівномірного покриття поверхні ґрунту рослинними рештками.

Таблиця 6.4

**Вплив глибини заробки на польову схожість насіння пшениці та люпину за сівби за технологією No-till (Hadfield A. B., 1993).**

| **Глибина загортання насіння, мм** | **Схожість, %** | |
|---|---|---|
| | **Пшениця** | **люпин** |
| 20 | 79 | 93 |
| 30 | 80 | 87 |
| 50 | 73 | 60 |
| 70 | 61 | 24 |

Таблиця 6.5

**Вплив глибини заробки на польову схожість насіння конюшини червоної за сівби за технологією No-till (Campbel, 1993)**

| **Глибина загортання насіння, мм** | **Схожість, %** |
|---|---|
| 0 | 53 |
| 13 | 89 |
| 38 | 56 |

Для запобігання нерівномірності заробки насіння в ґрунт сучасні сівалки обладнані сукупністю додаткових пристроїв від звичайних пружин до гідроциліндрів з комп'ютерним керуванням їх притискної сили, але все це значно підвищує вартість сівалок. Поширення цифрових технологій у землеробстві допомагає візуально контролювати якість сівби на сучасних гаджетах навіть дистанційно.

У системі землеробства Strip-till підходи до визначення глибиниа заробки насіння практично не відрізняються від такої самої в традиційній технології, позаяк насіння висівається в оброблену смугу.

### 6. 6. Ширина міжрядь

У системі землеробства No-till не застосовуються механічні заходи догляду за культурами в період вегетації, що дає можливість вибирати ширину міжряддя відповідно до біології культури та конкретних ґрунтово-кліматичних умов, а не виходити з потреби механізованого догляду в період вегетації. Якщо ширина міжрядь культур суцільного посіву не пов'язана зі збиральними агрегатами, то зміна ширини міжрядь просапних культур порівняно з традиційною (наприклад, для кукурудзи, соняшнику – 70 см) зумовлює необхідність зміни жаток із традиційних на універсальні. У деяких сучасних сівалках прямої сівби конструктивно є можливість змінювати ширину міжрядь широкорядних культур від 45 до 90 см. Наприклад, у сівалки NEWLAND за максимальної комплектації можна навіть в умовах господарства встановити ширину міжрядь 45, 50, 60, 70, чи навіть 90 см. Зернові сівалки, поширені в Україні, найчастіше сіють із шириною від 15 до 25 см.

Результати чисельних польових досліджень в умовах задовільного забезпечення вологою свідчать, що за сівби з міжряддям від 9 см до 12 см, приріст урожайності культур суцільного посіву становить 5–10 %, порівняно із сівбою з міжряддям від 18 до 25 см. Такий приріст відповідає збільшенню врожайності на 1 % із кожним сантиметром зменшення міжряддя. Проте чим вужче міжряддя, тим вища ймовірність забивання сівалки рослинними рештками.

Чинники, що забезпечують приріст при зменшенні міжрядь:

- ефективніше збереження та використання продуктивної вологи;
- оптимізація площі живлення;
- зниження конкуренції між культурними рослинами;
- раннє закриття міжрядь.

Раннє закриття міжрядь культурними рослинами підвищує їх конкурентну спроможність посіву протистояти бур'янам. *Водночас у посушливих умовах за дефіциту вологи в ґрунті густоту стояння рослин доцільно зменшувати, а ширину міжрядь – збільшувати.* На виробництві є позитивні результати застосування сівби пшениці з міжряддям в 35 см і навіть більше.

Проведені дослідження показали технічну можливість вирощування такої традиційно широкорядної культури, як соняшник суцільним способом, але популярності цей спосіб сівби у виробничників не набув.

### 6. 7. Норма висіву насіння

Норма висіву є функцією багатьох перемінних. Передусім це біологічні особливості культури та ґрунтово-кліматичні умови. Науковими установами проведена велика робота з визначення оптимальних норм висіву кожної культури в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Переважна більшість досліджень проведена за традиційної системи землеробства на старій технічній базі (культиватор КПС-4, сівалки СЗ-3,6, СПЧ-6 тощо), що зумовлює необхідність уточнення напрацьованих рекомендацій у сучасних умовах, оскільки на сьогодні внаслідок процесу глобального потепління змінилися погодні умови, відмова від механічного обробітку зумовила зміни агрофізичних і водних властивостей посівного шару ґрунту, нова посівна техніка дає змогу значно поліпшити якість сівби, а саме рівномірність розміщення насіння в рядку та дотримання глибини його загортання в ґрунт. Змінилися на краще також і посівні якості насіння завдяки застосуванню нових машин для його підготовки. Підвищення якості всіх цих чинників зумовило й ріст їх вартості. Сукупність цих причин спонукала виробничників самим проводити польові дослідження і встановлювати оптимальні норми висіву культур у своїх господарствах. Проведені в зоні недостатнього зволоження у виробничих умовах польові досліди засвідчили господарську й економічну доцільність суттєвого зменшення рекомендованих норм висіву практично всіх основних культур, які вирощуються за технологією No-till. Багато напрацювань щодо цих питань провів фермер В. Дробітько в Миколаївській області. Приклад ефективності переходу на зменшені норми висіву наведено в табл. 6.6.

Таблиця 6.6

**Ефективність застосування зменшених норм висіву ячменю озимого в фермерському господарстві «Аркадія» (джерело – презентація В. Дробітька)**

| Рік | Норма висіву, млн шт. | Мінімальна врожайність, ц/га | Максимальна врожайність, ц/га | Середня врожайність, ц/га | Площа, га | Витрати, $/га |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 4,5 | 25,0 | 39,2 | 28,0 | 317 | 542 |
| 2018 | 3,0 | 16,0 | 52,0 | 38,0 | 294 | 510 |
| 2019 | 2,5 | 34,0 | 57,6 | 40,0 | 384 | 500 |
| 2020 | 2,0 | 29,5 | 47,2 | 37,5 | 352 | 487 |

Зменшення витрат – 55 $/га

У цьому господарстві, що розташовано в Братському районі Миколаївської області, застосовують знижені норми висіву й інших культур, які вирощують у господарстві (рис. 6.14). Тенденція переходу на зменшені норми висіву характерна для більшості господарств України, навіть у тих, котрі не застосовують системи землеробства No-till і Strip-till. На жаль, широких наукових досліджень із цього питання не проводиться, а об’єктивні умови, зазначені вище, та практика господарств засвідчують потребу в таких дослідженнях.




Рис. 6.14. Норми висіву основних польових культур у фермерському господарстві «Аркадія» (джерело – презентація В. Дробітька)

Як свідчить практика, зменшення норми висіву є доцільним та ефективним лише за умови достатньої технічної оснащеності й високої культури землеробства.

Зменшені норми висіву забезпечують прямі й опосередковані економічні вигоди:

- зниження вартості гектарної норми насіння;
- зменшення витрат на його протруєння, зберігання, транспортування тощо;
- зменшення кількості протруйника, який потрапляє в ґрунт із насінням слід оцінювати позитивно з екологічного погляду.

Практика застосування зменшених норм висіву в зоні Степу показала, що цей захід допомагає отримувати стабільніші врожаї в роки з різним рівнем зволоження. В сухі роки менша кількість рослин краще забезпечена обмеженим ресурсом вологи, що приводить до отримання вищого врожаю, ніж за сівби рекомендованими нормами, де кожна рослини більшою мірою відчуває дефіцит вологи. У вологі роки наявний ресурс культури краще використовують завдяки їх біологічним компенсаторним властивостям (гілкування, кущення, формування двох качанів тощо), що допомагає отримувати однаковий або близький урожай порівняно з ділянками, де дотримана рекомендована норма висіву. Але оцінюючи можливість висіву зменшеної норми висіву, обов'язково слід враховувати, що компенсаторні властивості різні не тільки у видів рослин, а й у сортів та гібридів. Наприклад, горох негативно реагує на зменшені норми висіву, у ранніх сортів сої гілкування дуже обмежене, а в середніх та пізніх – навпаки компенсаторні властивості більші за рахунок підвищеної здатності до гілкування. Гібрид кукурудзи ДКС 4590 пластичний і відповідно має високі

компенсаторні властивості, а гібрид ДКС 3939 їх не має, тому при зменшенні норми висіву цього гібрида буде спостерігатися зниження врожайності.

### 6. 8. Принципи якісної сівби в технології No-till

За період практичного використання системи землеробства No-till були напрацьовані базові принципи, дотримання яких допомагає провести якісну сівбу в необроблений ґрунт. Відмовляючись від технологічних операцій, що видаляють чи заробляють рослинні рештки в ґрунт, слід дотримуватися наступних принципів: викладеного вище;

- *не можна розміщувати насіння в рослинні рештки*.
- *насіння має бути розміщено на твердому ложі й укрите розпушеним шаром ґрунту, а потім рослинними рештками, щоб дати доступ до нього повітрю*. У системі No-till ніщо так не впливає на схожість насіння, як властивості покриву насіннєвої борозенки;
- *насіння повинно мати добрий контакт із ґрунтом*, тому сівалки для технології No-till комплектуються притискачами насіння та прикочуючими котками. Вони мають забезпечити достатній тиск на ґрунт для створення якісного контакту насінини з ним. При цьому слід враховувати, що вологий ґрунт легко ущільнюється, тому при сильному ущільненні паросток висіяної культури може просто не пробитися на поверхню. За сівби в сухий ґрунт, навпаки, – потрібне додаткове зусилля для прикочування. Суть правильної роботи котка в тому, щоб створити необхідний контакт насінини з ґрунтом, а не контакт верхнього шару ґрунту з посівним ложем. Якщо є якісний контакт насінини з ґрунтом, необхідно лише закрити насіння і перемістити рослинні рештки на поверхню посівної борозенки;
- *насіння має бути розміщено рівномірно на задану глибину***.** Необхідно пам’ятати, що точний контроль глибини висіву часто визначається не лише самою конструкцією сівалки, а і станом поля, на якому проводиться сівба;
- *насіння і добрива, які вносяться одночасно мають бути розділені шаром ґрунту***.** Це не стосується стартових добрив, які вносять в невеликих нормах в зону розміщення насіння культури;
- *абсолютно рівного поля не існує, тому сошники мають копіювати наявний його мікрорельєф***.** На всіх сучасних сівалках сошники не прикріплюються жорстко до рами сівалки. Кожен сошник має індивідуальне регулювання тиску на ґрунт (рис. 6.15);
- *сівалка мусить мінімально розпушувати ґрунт і мінімально порушувати покрив із рослинних решток***;**
- *оптимальну глибину посіву треба визначати окремо для кожного поля, зважаючи на тип ґрунту та погодні умови;*
- *притискне зусилля секцій сівалки, швидкість посіву та інші чинники. слід регулювати, зважаючи на обрану для посіву культуру, тип ґрунту та його вологість,*

*Тобто до кожного поля треба підходити індивідуально.*



Рис. 6.15. Система паралелограма допомагає забезпечити копіювання рельєфу поля кожним сошником, фото компанії «Агро-Союз»

### 6. 9. Налаштування роботи сівалки в No-till

Налаштувати правильну роботу сівалки прямої сівби складніше, ніж сівалок для обробленого ґрунту. Щоб виконати якісну сівбу, слід перевірити налаштування чотирьох частин сівалки (рис. 6.16);

1) култера;
2) сошника;
3) притискача насіння до ґрунту;
4) прикочуючого котка.

Технічно кожна сівалка має свої механізми налаштування вказаних частин, але лише за правильного налаштування всіх чотирьох частин посівна секція забезпечить проведення якісного посіву.

Механізми виставлення оптимальної норми висіву на сівалках прямого посіву не мають суттєвої відмінності від сівалок, що працюють по обробленому ґрунті.

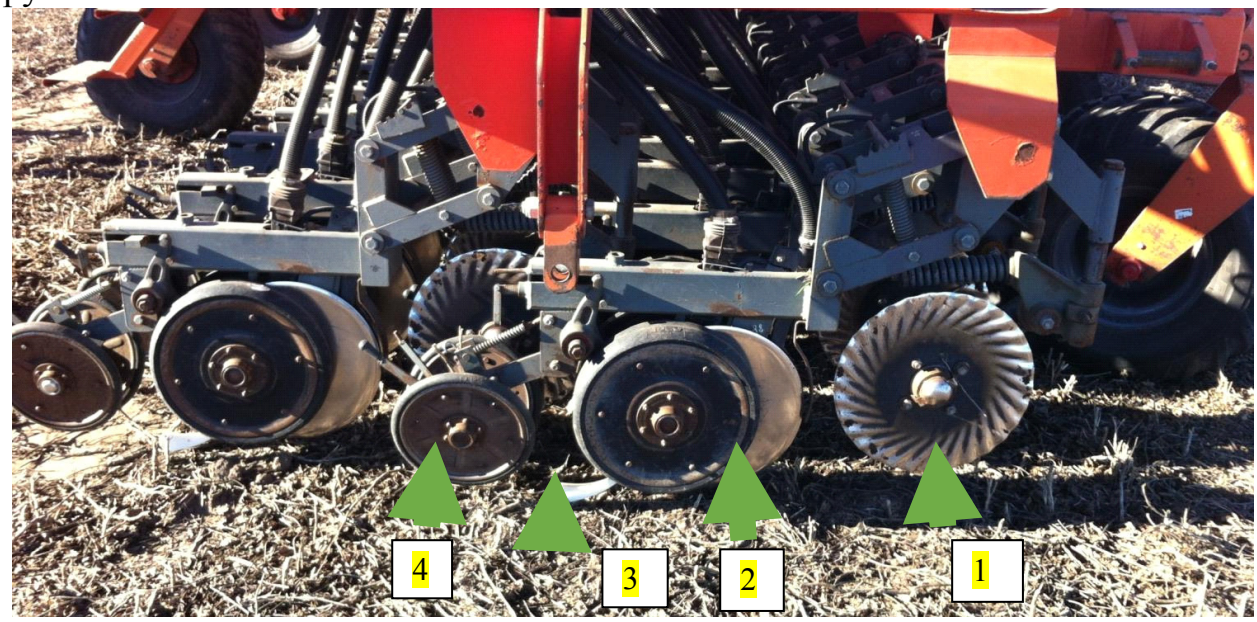



Рис. 6.16. Обов’язкові точки регулювання на посівній секції сівалки прямого посіву.

## Інструкція з налаштування сівалки HORSCH Maestro для роботи за технологією No-Till

Сівба за технологією No-Till виконується без попереднього механічного обробітку ґрунту, тому якість роботи сівалки значною мірою залежить від правильного налаштування висівної секції безпосередньо під умови конкретного поля. Основними завданнями є проходження через рослинні рештки, стабільне формування посівної борозни, дотримання заданої глибини, рівномірне розміщення насіння, його контакт із ґрунтом та повне закриття борозни.

Сівалки HORSCH Maestro можуть мати виконання SV / SX або SV L / SX L. Літера «L» в кінці позначення моделі означає комплект для внесення рідких добрив. Версії без “L” передбачають роботу із сухими гранульованими добривами.Сівалки HORSCH Maestro SV L / SX L мають важку конструкцію висівних секцій, можливість створення притискного зусилля до 350 кг на ряд, систему AutoForce, різні варіанти робочих органів і прикочувальних коліс.

### 1. Оцінка поля перед налаштуванням

Перед початком сівби необхідно оцінити фактичний стан поля. Особливу увагу звертають на кількість і рівномірність розподілу рослинних решток, вологість верхнього шару, щільність ґрунту та наявність ущільнених ділянок. В умовах No-Till параметри можуть суттєво змінюватися навіть у межах одного поля. Тому налаштування, яке забезпечує якісний висів на одній ділянці, необхідно додатково перевіряти після переходу на ділянку з іншою щільністю або вологістю.

### 2. Перевірка висівних секцій

Перед виїздом у поле перевірте технічний стан дводискових сошників, опорних коліс контролю глибини, уловлювальних та прикочувальних коліс. Висівні секції Maestro мають міцний паралелограм шириною 35 см та можуть переміщуватися в діапазоні до 40 см для копіювання нерівностей поля. Важливо, щоб механізм паралелограма працював вільно та не обмежував вертикальне переміщення секції. Особливу увагу приділіть стану дисків сошника. В умовах прямого висіву саме вони повинні сформувати стабільну борозну в необробленому ґрунті.

### 3. Робота з рослинними рештками

Рослинні рештки є одним із факторів, що впливають на якість прямого висіву. Якщо значна їх кількість накопичується перед висівною секцією або потрапляє до борозни, необхідно скоригувати роботу передніх робочих органів. Конструкція Maestro передбачає можливість встановлення перед дводисковими сошниками різних робочих органів, зокрема очисників рядка або різальних дисків. У системі No-Till їхнє завдання полягає в забезпеченні стабільної роботи основного сошника в зоні рядка. Налаштування повинно бути таким, щоб робочі органи не створювали надмірного обробітку ґрунту.

### 4. Вибір дозувального диска

Дозувальний диск підбирають відповідно до культури, норми висіву, ширини міжряддя та запланованої робочої швидкості. Для цього може використовуватися функція «Вибір дозувального диска» у HORSCH Assist.

Оператор задає культуру, робочу швидкість, норму висіву та міжряддя, після чого система допомагає визначити відповідний дозувальний диск. Maestro може використовуватися для точного висіву кукурудзи, соняшнику, цукрових буряків, сорго, ріпаку, сої та інших бобових культур.

**5. Налаштування дозатора**

Maestro SV L оснащується системою AirVac, а SX L — AirSpeed. AirVac використовує вакуум для утримання насіння на отворах дозувального диска. Після дозування насіння через насіннєву трубку під дією вільного падіння надходить у борозну. AirSpeed використовує позитивний тиск. Насіння утримується на диску стиснутим повітрям, після чого повітряним потоком спрямовується до борозни.

Після встановлення відповідного дозувального диска необхідно виконати калібрування та перевірити якість дозування. Під час роботи сенсор у трубці сошника контролює кількість насіння та дозволяє виявляти пропуски й двійники.

**6. Встановлення норми висіву**

Норму висіву встановлюють відповідно до агрономічного завдання для конкретної культури та поля. Електричний привод дозаторів дозволяє використовувати SectionControl, VariableRate та керування технологічними коліями.

До початку основної сівби необхідно провести калібрування дозаторів. За наявності HORSCH Control можна виконувати калібрування норми висіву та перевіряти якість дозування окремих висівних секцій. Після налаштування норми необхідно виконати контрольний висів і переконатися, що фактична робота секцій відповідає заданим параметрам. Норма висіву задається на монітори в тисячах зерен на гектар. Після введення норми висіву системи, з урахуванням встановленої ширини міжряддя, автоматично визначається розрахункова відстань між насінинами в рядку. Перед початком роботи оператор повинен перевірити правильність заданої норми, міжряддя та розрахованого розташування між насінинами.

**7. Встановлення глибини висіву**

На Maestro глибина регулюється переставленням пальця на висівній секції. Передбачено 14 положень регулювання в діапазоні від 1,5 до 9 см. Глибину необхідно встановлювати відповідно до агрономічних вимог конкретної культури, вологості ґрунту та розташування вологого шару. Для No-Till особливо важливо розрізняти встановлену та фактичну глибину. Наявність рослинних решток і неоднорідна щільність ґрунту можуть впливати на положення секції.

Тому після перших проходів необхідно вручну розкопати насіння щонайменше в декількох рядках і перевірити його фактичне положення.

**8. Налаштування притискного зусилля**

Притискне зусилля є одним із ключових параметрів роботи в необробленому ґрунті. Недостатнє притискне зусилля призводить до нестабільного ходу секції. Сошник може підніматися на щільних або кам’янистих ділянках, унаслідок чого насіння розміщується на різній глибині.

Надмірне притискне зусилля також небажане. За даними HORSCH, на легких і переущільнених ґрунтах надлишковий тиск висівної секції може додатково ущільнювати ґрунт і негативно впливати на розвиток кореневої системи. Тому принцип налаштування для No-Till такий: використовувати не максимально можливе, а мінімально достатнє притискне зусилля, за якого секція стабільно витримує необхідну глибину. Залежно від моделі Maestro максимальне притискне зусилля може досягати 350 кг на ряд.

**9. Налаштування AutoForce**

На полях із неоднорідною щільністю ґрунту доцільно використовувати систему AutoForce. Датчик контролює тиск опорних коліс на ґрунт. Оператор задає номінальне значення через термінал, після чого система автоматично змінює притискне зусилля секції відповідно до умов. Базовий рівень тиску 25, 50 та 80 кг із можливістю налаштування значення. Притискне зусилля секції може змінюватися в діапазоні 150–350 кг. Під час початкового налаштування необхідно виконати контрольний прохід, розкопати насіння та перевірити глибину на ділянках із різною щільністю ґрунту.

**10. Робота уловлювального колеса**

Уловлювальне колесо підхоплює насінину та притискає її до дна борозни. На Maestro воно входить до серійного оснащення. Для AirSpeed використання уловлювального колеса є обов’язковим, оскільки насіння транспортується до борозни потоком стиснутого повітря. У системі No-Till важливо контролювати не лише положення насінини, а й якість контакту насіння з ґрунтом. Під час польової перевірки потрібно переконатися, що насіння знаходиться на дні сформованої борозни та не зміщується до моменту її закриття.

**11. Налаштування прикочувальних коліс**

Закриття борозни є завершальним етапом формування насіннєвого ложа. Maestro може комплектуватися різними типами прикочувальних коліс. Гладкі гумові колеса оптимальні для легких ґрунтів. Профільовані гумові колеса рекомендовані для дрібнонасіннєвих культур. Вони додатково подрібнюють ґрунт і краще запобігають замулюванню. Шпорові колеса рекомендуються для легких і середніх ґрунтів. Пальчикові колеса призначені для середніх і важких умов. Вони можуть розпушувати ущільнені краї борозни та сприяти її закриттю, зокрема в сухих умовах на важких і глинистих ґрунтах. Пальчикові та шпорові колеса не рекомендуються виробником для поверхневого висіву.

**12. Налаштування робочої швидкості**

Для Maestro SV L із AirVac передбачена робоча швидкість 2–12 км/год, для Maestro SX L із AirSpeed — 6–15 км/год. В умовах No-Till максимальна швидкість не повинна бути основним орієнтиром. Швидкість необхідно підбирати за фактичною якістю роботи висівних секцій.

Під час збільшення швидкості контролюйте: стабільність глибини; рівномірність розміщення насіння; кількість пропусків і двійників; копіювання поверхні секціями; якість формування та закриття борозни.

Якщо один із цих показників погіршується, робочу швидкість необхідно зменшити.

**13. Внесення стартових рідких добрив**

Сівалки HORSCH Maestro можуть комплектуватися системами внесення рідких або сухих добрив. Літера «L» у кінці позначення моделі вказує на виконання сівалки для роботи з рідкими добривами. Передбачене два варіанти внесення рідких добрив: безпосередньо в посівну борозну перед насіннєвою трубкою або позаду уловлювального колеса в ще відкриту борозну. Система забезпечує внесення рідких добрив у нормі від 20 до 100 л/га за робочої швидкості до 15 км/год.

Сівалки без позначення «L» можуть оснащуватися системою внесення сухих гранульованих добрив. Глибина внесення може становити 5, 7 або 9 см. Максимальна норма внесення для такої системи — до 350 кг/га. Можливе контактне внесення сухих добрив безпосередньо в посівну борозну перед насіниною, максимальна норма внесення становить до 80 кг/га.

**14. Контрольний прохід перед початком сівби**

Після завершення всіх налаштувань необхідно виконати контрольний прохід у типових для поля умовах. Після проходу зупиніть агрегат та розкопайте декілька рядків. Бажано перевіряти не один ряд, а секції в різних частинах робочої ширини машини.

Необхідно оцінити: проходження робочих органів через рослинні рештки; стабільність формування борозни; фактичну глибину насіння; рівномірність відстані між насінинами; наявність пропусків і двійників; положення насіння на дні борозни; якість контакту насіння з ґрунтом; якість закриття борозни; наявність ущільнення стінок борозни; роботу прикочувальних коліс.

Якщо хоча б один із цих показників незадовільний, необхідно скоригувати відповідний параметр і повторити контрольний прохід.

**15. Контроль під час роботи**

Налаштування сівалки не завершується після першого контрольного проходу. В умовах No-Till характеристики поверхні та ґрунту можуть змінюватися в межах одного поля. Повторну перевірку доцільно проводити після переходу з сухої ділянки на вологу, при зміні щільності ґрунту, збільшенні кількості рослинних решток або після зміни робочої швидкості.

**16. Рекомендований алгоритм налаштування для No-Till**

Перед початком роботи оцініть стан ґрунту та кількість рослинних решток. Перевірте висівні секції та робочі органи. За необхідності налаштуйте очисники рядка або різальні диски. Підберіть дозувальний диск відповідно до культури та норми висіву. Проведіть калібрування дозаторів. Встановіть необхідну глибину. Налаштуйте притискне зусилля або AutoForce. Підберіть прикочувальні колеса відповідно до типу й стану ґрунту. Встановіть початкову робочу швидкість та виконайте контрольний прохід.

Після контрольного проходу обов’язково розкопайте насіння. Якщо сошник не витримує глибину — перевірте притискне зусилля та швидкість. Якщо краї борозни надмірно ущільнені — перевірте притискне зусилля та роботу системи закриття. Якщо борозна залишається відкритою — скоригуйте прикочувальні колеса. Якщо збільшується кількість пропусків або двійників — перевірте дозування та робочу швидкість.

## Висновок до розділу

1. Сівба в системах землеробства No-till і Strip-till є ключовим етапом формування майбутнього врожаю. Від якості її виконання залежить польова схожість насіння, дружність появи сходів, рівномірність розміщення рослин, розвиток кореневої системи та ефективність використання вологи, світла і поживних речовин.
2. Важливим показником сучасної якості сівби є сингуляція – подача насіння по одній насінині без пропусків і двійників. Двійники посилюють конкуренцію між рослинами, а пропуски зменшують кількість продуктивних рослин на площі. Тому точне розміщення насіння в рядку є необхідною умовою формування рівномірного посіву.
3. У системах No-till і Strip-till підвищуються вимоги до якості насіння, роботи сівалки та стану посівної борозни. Насіння має бути вирівняним, чистим, із високою схожістю та енергією росту. Воно повинно розміщуватися на твердому ложі, мати добрий контакт із ґрунтом, бути прикритим ґрунтом і захищеним рослинними рештками зверху.
4. Особливе значення має форма насіннєвої борозенки. V-подібна борозенка може ущільнювати бокові стінки, U-подібна має ширшу основу і розпушеніше ложе, а борозенка у формі перевернутої літери Т краще зберігає вологу та рослинні рештки на поверхні. Це особливо важливо в умовах дефіциту вологи.
5. Оптимальну глибину сівби, ширину міжрядь і норму висіву потрібно визначати окремо для кожного поля з урахуванням культури, типу ґрунту, вологості, кількості рослинних решток, погодних умов і технічних можливостей сівалки.
6. Якісна сівба в No-till можлива лише за правильного налаштування культерів, сошників, притискачів насіння та прикочуючих котків.

## Запитання для самоконтролю

1. Які світові напрями розвитку якості сівби сільськогосподарських культур?
2. Що таке сингуляція?
3. Які особливості у вимогах до якості посівного матеріалу в системі землеробства No-till?
4. Яке значення має покрив посівної борозни в системі землеробства No-till?
5. Яка класифікація покриву посівної борозни в системі землеробства No-till?
6. Які особливості ґрунтових умов проростання насіння в системі землеробства No-till?
7. Які існують форми насіннєвої борозенки?
8. У чому перевага насіннєвої борозенки в формі перевернутої літери Т?
9. Які особливості прямої сівби в сухий ґрунт?
10. Які особливості прямої сівби у вологий ґрунт?
11. Чому глибина заробки насіння в ґрунт у системі землеробства No-till має більше значення, ніж у традиційній?
12. Чим зумовлена тенденція до зменшення норми висіву?
13. Назвіть принципи якісної сівби в системах землеробства No-till і Strip-till.

14. Налаштування яких чотирьох частин посівної секції потрібні для якісної сівби в системі землеробства No-till?

## Додаткова література

1. С.Дж.Бейкер (C.J. Baker1), К.Е.Скстон (K.E. Saxton) и В.Р.Ричи (W.R. Ritchie). Технология и посев Наука и практика,- New York, 1996, -258С.

## Відеоматеріали

1. Якою має бути сівалка для прямої сівби No-till: https://www.youtube.com/watch?v=ji5HRC14bBA
2. Посівний комплекс CrossSlot® – контроль глибини сівби: https://www.youtube.com/watch?v=bnIkTI2DEgs
3. Л. Фадєєв: Сильне насіння – основа врожаю.: https://www.youtube.com/watch?v=X3cPXrqUniY

# Розділ 7.ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН У СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

*Єдиний спосіб надати обмеженій кількості властивості нескінченного – змусити його обертатися замкненою кривою*.

В. Р. Вільямс (1949)

*У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:*

**Набуде цілісного** уявлення про живлення рослин у системах землеробства No-till і Strip-till та зрозуміє, що доступність елементів живлення залежить не лише від їх загального вмісту в ґрунті, а й від стану органічної речовини, активності ґрунтової біоти, вологості, pH, рослинних решток і способу внесення добрив.

**Навчиться аналізувати** динаміку основних елементів живлення в ґрунті, особливості колообігу азоту й фосфору, процеси мінералізації та іммобілізації, а також вплив рослинних решток, покривних культур і мікроорганізмів на поживний режим ґрунту. Особлива увага приділяється тому, що в No-till і Strip-till поживні речовини можуть накопичуватися переважно у верхньому шарі ґрунту, тому змінюються підходи до оцінки родючості та системи удобрення.

**Здобувач оволодіє знаннями щодо загальних вимог до системи удобрення**, концепції чотирьох правил застосування добрив, особливостей внесення азотних, фосфорних, калійних, сірчаних добрив, кальцію, магнію, цинку та мікроелементів. Він зрозуміє переваги й обмеження розкидного, стрічкового, припосівного та позакореневого внесення добрив у системах No-till і Strip-till.

**Отримає практичні навички** з оцінки потреби культур в елементах живлення, вибору форми, норми, строку і способу внесення добрив, урахування ризиків втрат азоту, дефіциту фосфору, впливу pH та взаємодії між елементами живлення. Здобувач зможе обґрунтовувати систему удобрення з урахуванням вимог культури, ґрунтових умов, наявності рослинних решток, рівня забезпечення вологою та запланованої врожайності.

***Короткий зміст розділу***

Живлення рослин у системах землеробства No-till і Strip-till має свої особливості, оскільки відмова від суцільного механічного обробітку змінює розміщення поживних речовин у ґрунті, швидкість розкладання рослинних решток, активність мікроорганізмів і доступність елементів живлення для кореневої системи. Тому систему удобрення необхідно розглядати як складову комплексного управління родючістю ґрунту, а не як окреме внесення певної кількості мінеральних добрив. Основним джерелом поживних речовин для рослин є ґрунт, важливо пам’ятати, що загальний вміст елементів не завжди відповідає їх доступності для рослини. Значна частина азоту, фосфору, калію та інших елементів міститься в органічних або

малорозчинних мінеральних сполуках. Рослини можуть безпосередньо використовувати лише ту частину поживних речовин, яка перебуває в ґрунтовому розчині або переходить у доступну форму внаслідок біологічних і хімічних процесів.

За No-till і Strip-till поживні речовини та органічна речовина переважно накопичуються у верхньому шарі ґрунту. Це пов'язано із залишенням післяжнивних решток на поверхні та відсутністю їх механічного перемішування з глибшими шарами. У результаті формується диференціація ґрунтового профілю за вмістом елементів живлення. Рослинні рештки й покривні культури є важливими складовими системи живлення. Після розкладання вони повертають у ґрунт азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірку та мікроелементи. Швидкість цього процесу залежить від хімічного складу біомаси, вологості, температури та активності ґрунтових мікроорганізмів. Тому управління рослинними рештками безпосередньо впливає на строки й обсяги надходження поживних речовин до наступної культури.

Особливе значення має співвідношення вуглецю й азоту в рослинній масі. Рештки з широким співвідношенням C:N, зокрема солома зернових і стебла кукурудзи, розкладаються повільно. Мікроорганізми під час їх розкладання можуть тимчасово використовувати доступний ґрунтовий азот, спричиняючи його іммобілізацію. Рештки бобових культур мають вужче співвідношення C:N, тому швидше мінералізуються та сприяють вивільненню азоту. Збалансована сівозміна й використання бобових покривних культур допомагають регулювати ці процеси.

Азот є одним із головних елементів, що визначають інтенсивність росту та рівень урожайності. Він надходить до ґрунту з органічної речовини, опадів, мінеральних добрив і внаслідок біологічної фіксації. Найбільше біологічного азоту накопичують бобові культури завдяки діяльності бульбочкових бактерій. У No-till також зростає роль вільноживучих мікроорганізмів, які фіксують атмосферний азот. Азот у ґрунті проходить процеси амоніфікації, нітрифікації, мінералізації та іммобілізації. Водночас можливі його втрати через випаровування аміаку, вимивання нітратів і денітрифікацію. Ризик втрат залежить від форми добрива, вологості, температури, типу ґрунту, кількості рослинних решток і способу внесення. Поверхневе розкидне внесення азотних добрив є простим і продуктивним, але в системі No-till може бути менш ефективним через відсутність подальшого загортання. Особливо високий ризик втрат виникає за внесення сечовини на поверхню ґрунту з великою кількістю рослинних решток у теплу, суху й вітряну погоду. Ефективність такого способу підвищується за ранньовесняного або пізньоосіннього внесення, достатньої вологості, невисокої температури та ймовірності опадів.

Стрічкове внесення часто є ефективнішим, оскільки дає змогу розміщувати добрива ближче до кореневої системи, зменшувати контакт із рослинними рештками та обмежувати втрати азоту. Добрива можна вносити до сівби, одночасно із сівбою або після появи сходів. Внесення разом із сівбою скорочує кількість проходів техніки, але потребує обов'язкового розділення

насіння і концентрованих добрив шаром ґрунту. Ризик пошкодження насіння підвищується за високих норм добрив, низької вологості, легкого гранулометричного складу ґрунту та недостатньої відстані між насінням і добривом. Дрібнонасінні культури, зокрема ріпак і гірчиця, чутливіші до високої концентрації солей та амонійних сполук. Безпечність внесення підвищують розміщенням добрива збоку або нижче насіння, зменшенням норми та застосуванням добрив із контрольованим вивільненням або інгібіторами. Роздільне внесення азоту дає змогу коригувати систему живлення відповідно до фактичних погодних умов і потенціалу врожайності. Частину норми вносять до або під час сівби, а решту – після оцінювання стану посіву й забезпечення вологою. Такий підхід зменшує ризик економічно необґрунтованого використання азотних добрив у посушливі роки.

Фосфор є малорухомим елементом, тому місце його розміщення має особливе значення. За поверхневого внесення він може накопичуватися у верхньому шарі ґрунту й залишатися недоступним за його пересихання. У No-till і Strip-till фосфорні добрива доцільно розміщувати ближче до зони розвитку коренів, зокрема припосівно або стрічково. Стартові фосфорні добрива важливі на початкових етапах розвитку культури, коли ґрунт навесні залишається прохолодним, а коренева система ще недостатньо розвинена. Вони сприяють енергійному старту, розвитку коренів і частково зменшують негативний вплив низької температури. Доступність фосфору також підвищується завдяки мікоризним грибам, міцелій яких краще зберігається за відсутності інтенсивного обробітку ґрунту.

У Strip-till можна одночасно формувати смугу, висівати насіння та вносити добрива на різну глибину. Це забезпечує локальне розміщення поживних речовин у зоні майбутнього розвитку коренів і дає змогу ефективніше використовувати фосфор, азот та інші елементи. Підходи до калійного й сірчаного живлення загалом суттєво не відрізняються від традиційних систем. Калій рухливіший за фосфор, але менш рухливий за нітратний азот. Сірку доцільно контролювати за станом рослин, оскільки ґрунтові аналізи не завжди точно відображають ризик її дефіциту.

Бор, цинк та інші мікроелементи можуть бути обмежувальними чинниками врожайності навіть за достатнього забезпечення макроелементами. Бор особливо важливий для соняшнику, ріпаку й кукурудзи, оскільки бере участь у розвитку коренів, цвітінні та запиленні. Цинк має важливе значення для кукурудзи, сої, сорго й квасолі. Його доступність може знижуватися в холодному ґрунті та за надлишкового локального внесення фосфору.

Мікроелементи можна застосовувати для обробки насіння, у складі стартових або рідких комплексних добрив і позакоренево. Листкове підживлення використовують для швидкого коригування дефіциту в критичні фази розвитку, особливо коли нестача вологи або низька активність коренів обмежують засвоєння поживних речовин із ґрунту. Воно доповнює, але не замінює основну систему удобрення.

Система живлення в No-till і Strip-till має відповідати концепції чотирьох правил: правильна форма добрива, обґрунтована доза, своєчасне внесення та

правильне розміщення. Вибір кожного параметра залежить від потреб культури, результатів аналізу ґрунту, запланованої врожайності, вологості, кислотності, взаємодії між поживними елементами та економічної доцільності.

### 7.1. Динаміка елементів мінерального живлення

Основним джерелом поживних речовин для рослин є ґрунт і повітря. Запаси поживних речовин у різних ґрунтах неоднакові, найбільше їх (насамперед азоту та фосфору) містять чорноземи і значно менше порівняно з ними – підзолисті ґрунти. В процесі використання ґрунт набуває інших властивостей порівняно з цілиною (табл. 7.1). Сільськогосподарське використання ґрунту негативно позначилося на вмісті азоту і калію та позитивно – на фосфорі. Основна особливість систем землеробства No-till і Strip-till – це наближення процесу відтворення родючості ґрунту до природного, тому показники родючості непорушеного ґрунту можна вважати орієнтовними маркерами для оцінки відтворення родючості в цих системах землеробства.

Таблиця 7.1

**Вміст поживних елементів у кореневмісному шарі ґрунту чорнозему звичайного в Дніпропетровській області (дані С. Крамарьова)**

| Шар ґрунту, см | Поживні елементи | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $N–NO_3$ | | $P_2O_5$ | | $K_2O$ | |
| | Цілина | Рілля | Цілина | Рілля | Цілина | Рілля |
| 0–10 | 30,1 | 18,5 | 96 | 142 | 319 | 189 |
| 10–20 | 15,3 | 20,1 | 87 | 138 | 231 | 135 |
| 0–30 | 18,9 | 18,9 | 90 | 137 | 248 | 145 |

*Потенційна родючість чорноземів*

Запаси в метровому шарі:

гумусу – 300–760 т/га;

валового азоту – 10–36 т/га;

валового фосфору – 18–20 т/га;

валового калію – 230–270 т/га;

$pH_{KC}$ = 5,5–7,5.

У всіх ґрунтах загальні запаси поживних речовин дуже великі порівняно з потребою рослин у них. Проте часто рослини потерпають від нестачі поживних речовин на ґрунтах зі значним вмістом елементів живлення. Пояснюється це тим, що рослинам доступна лише невелика частина поживних речовин ґрунту, а більшість із них входить до складу нерозчинних сполук і недоступна рослинам (органічні рослинні та тваринні рештки, гумусні речовини тощо). Багато поживних речовин входить до складу нерозчинних сполук мінеральної частини ґрунту (кальцій, калій). Водночас певна, але значно менша частина їх увібрана колоїдами ґрунту. І лише деяка частина поживних речовин, які розміщуються в ґрунтовому розчині,

найдоступніша рослинам. Одночасно надмірна концентрація поживних речовин у ґрунтовому розчині може шкодити рослинам і стати причиною втрати поживних речовин з ґрунту внаслідок вимивання.

У природних умовах поживні речовини накопичуються здебільшого у верхніх шарах ґрунту і переміщуються в нижні за допомогою вологи атмосферних опадів, ґрунтових тварин та кореневих систем рослин. За системи землеробства No-till і Strip-till відбуваються аналогічні процеси, позаяк відсутній механічний обробіток ґрунту, завдяки якому органічні рештки рослин загортаються в глибші шари.

За відсутності механічного обробітку відбувається диференціація орного шару за вмістом поживних елементів на відміну від традиційної системи землеробства. Це зумовлює необхідність розробки нових підходів як до системи удобрення культур, так і методології оцінки забезпеченості рослин доступними формами елементів мінерального живлення (в яких місцях та з яких шарів відбирати зразки для визначення вмісту запасів поживних елементів у ґрунті).

За системи землеробства No-till і Strip-till, на думку багатьох вчених і практиків, більше уваги слід приділяти саме органічним добривам (у вигляді рослинних решток та органічної речовини покривних культур, які кожен рік надходять на поля), а не мінеральним, оскільки в цих системах землеробства наявне постійне джерело надходження рослинних решток і покривних культур. У таких умовах мінеральні добрива варто розглядати, як заходи корегування вмісту доступних елементів живлення для рослин у періоди, коли потреби культурних рослин певних видів вищі, ніж швидкість їх надходження внаслідок природних процесів їх утворення під час розкладання рослинних решток і покривних культур. Позитивний баланс гумусу на полях має забезпечувати нетоварна частина врожаю: солома озимих культур, ячменю, зернобобових, а також подрібнені стебла кукурудзи, соняшнику з обов’язковим внесенням як азоткомпенсації 10–15 кг діючої речовини азотних добрив на 1 т рослинних решток. У польових сівозмінах коефіцієнт використання простору/часу основними культурами зрідка перевищує 70 відсотків, а звідси висновок – вільний ресурс простору/часу мусять використати не бур`яни, а покривні культури.

*Чим більша маса органічної речовини формується і розкладається щорічно, тим більше елементів живлення доступні для рослин без внесення мінеральних добрив*.

Однією з основних відмінностей системи землеробства No-till від інших є те, що післяжнивні рослинні рештки та побічна продукція залишаються на полі щорічно. На поверхні післяжнивні рештки розкладаються повільніше, ніж за умови їх заробки в ґрунт, через обмежений контакт із мікроорганізмами та їх меншою чисельністю. Рослинні рештки кожної культури мають свій хімічний склад. Крім того, мікроклімат на поверхні ґрунту менш сприятливий для розкладу, ніж у ґрунті.

*Отже, робота з рослинними рештками є елементом системи управління живленням рослин. Недоліки й помилки в управлінні рослинними*

*рештками доводиться виправляти внесенням додаткової кількості мінеральних добрив*.

Помилки в управлінні рослинними рештками як чинником керування наявністю поживних елементів у ґрунті часто зумовлені їх різним розташуванням (вертикальне, горизонтальне) на поверхні ґрунту, рівнем подрібнення, хімічним складом (що не однаково змінює водно-фізичні властивості й температурний режим ґрунту) і наявністю в них живих покривних культур різних видів. У результаті змінюється швидкість мінералізації органічної речовини в ґрунті протягом вегетаційного сезону. Повільний або надто швидкий розклад рослинних решток, які розміщені на поверхні ґрунту, може призводити до того, що надходження з них поживних речовин у часі не збігається з їх споживанням наступною культурою. Це призводить до зростання в ґрунті дефіциту доступних для рослин поживних елементів і передусім азоту, оскільки, наприклад, за співвідношення в органічній речовині азоту і вуглецю 1:70 (що характерно для соломи злакових культур) відзначається іммобілізація доступного азоту в ґрунті.

З часом, у міру збільшення вмісту органічної речовини у верхньому шарі ґрунту, дефіцит буде зменшуватися, а врожай зростати за того самого рівня внесення мінеральних добрив.

### 7.2. Колообіг поживних речовин за системи землеробства No-till

У складі рослин виявлено більшість елементів таблиці Д. Менделєєва. Нині доведено, що 20 елементів належать до необхідних, оскільки без них рослини не можуть жити та їх не можна замінити іншими елементами. Це – кисень, вуглець, водень, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, натрій, сірка, залізо, хлор, марганець, бор, цинк, мідь, молібден, кобальт, ванадій, йод. Ще 12 елементів вважають умовно необхідними, оскільки вони іноді позитивно впливають на рослини (кремній, літій, стронцій, кадмій, селен, срібло, свинець, фтор, хром, нікель, алюміній, титан). Проте деякі, але не всі, рослини потребують наявності натрію, кремнію, кобальту й нікелю. До макроелементів належать азот, фосфор, калій. Елементи, вміст яких у рослинах не перевищує тисячних часток, називають мікроелементами. До них належать бор, марганець, мідь, цинк, молібден, кобальт та ін. Поділ хімічних елементів на макро- і мікроелементи досить умовний.

**Азот** – основний елемент мінерального живлення, який максимально визначає вегетативний ріст і рівень урожаю, тому рослини використовують його найбільше порівняно з іншими макроелементами. Джерелами азоту для рослин слугують ґрунт і повітря. Азот у ґрунті здебільшого входить до складу органічних сполук. Незначну частину азоту містять доступні рослинам його аміачні й нітратні сполуки. Шар органіки на поверхні землі змінює динаміку азоту в ґрунті та зменшує його накопичення, позаяк ґрунтові мікроорганізми затримують його мінералізацію (перехід у доступну форму).

Загальні запаси азоту в ґрунті можуть збільшуватися внаслідок опадів та біологічних процесів. В опадах є незначна кількість нітратних азотних сполук, що утворюються в атмосфері в результаті окиснення молекулярного

азоту під час електричних розрядів. Крім того, в опадах є амоніак, який вилучається з ґрунту в повітря. З опадами ці сполуки надходять у ґрунт. За рік з опадами в зоні Полісся України в ґрунт надходить 5,5–6,5, а в Лісостепу – 8,5 кг/га (Захарченко І., 1980).

Поповнюють запаси азоту також бактерії, які вільно живуть у ґрунті (азотобактер та ін.), або симбіотичні бульбочкові бактерії на корінні бобових. Внаслідок діяльності бульбочкових бактерій після вирощування бобових рослин ґрунт значно збагачується азотом.

У дослідженнях Українського науково-дослідного інституту землеробства на дерново-підзолистих і чорноземних ґрунтах різні бобові культури нагромаджували за рік таку кількість азоту (кг/га)*:* люцерна – 161–532, конюшина – 278, еспарцет – 130, люпин – 133, кормові боби – 141, горох – 51–99. Отже, багаторічні бобові культури (люцерна, конюшина) нагромаджують значно більше азоту, ніж однорічні. Збільшується в ґрунті вміст азоту після вирощування покривних бобових культур, які накопичують азот в грунті. Посилюється біологічне нагромадження азоту при внесенні фосфорно-калійних добрив та використанні бактеріальних препаратів.

Нові наукові дослідження свідчать, що азот за допомогою мікроорганізмів зв‘язують також багато небобових рослин (близько 200 видів). До мікроорганізмів, які вільно живуть у ґрунті та засвоюють азот, крім зазначених вище, слід віднести фотосинтезуючі бактерії з групи сірчаних, актиноміцети, деякі види дріжджів і синьо-зелені водорості (особливо в умовах зрошувального землеробства). Роль і значення водоростей як джерела поживних елементів і їх роль у колообігу нині недооцінена.

Біологічна фіксація азоту має дуже важливе значення, навіть в умовах зростаючого виробництва мінеральних добрив, оскільки «біологічний» азот набагато дешевший, ніж азот в мінеральних добрив, які виробляють на хімічних заводах, і він менше забруднює оточуюче середовище.

У землеробстві всієї планети на біологічний азот, за даними О. Імшенецького, припадає в перерахунку на мінеральні азотні добрива близько 100 млн. т. у рік. Азотовмісні речовини, які надходять у ґрунт, зазнають різноманітних перетворень, внаслідок чого нагромаджуються доступні для рослин сполуки азоту. Крім того, рослини можуть у невеликих кількостях засвоювати азотовмісні органічні речовини, амінокислоти, стимулятори росту, вітаміни, антибіотики. Проте окремі процеси перетворення органічних речовин у ґрунті можуть бути й причиною втрати азоту з ґрунту.

В органічних речовинах азот перебуває переважно у складі білкових речовин. Перший процес під час їх перетворень – це розщеплення білків з утворенням амоніаку, або *амоніфікація.* Відбувається він в аеробних й анаеробних умовах. Амоніак у вигляді йона $NH_4^+$ може бути використаний рослинами. Але в ґрунті за аеробних умов він під впливом бактерій-нітрифікаторів перетворюється спочатку в нітрити (солі азотистої кислоти), а потім у нітрати (солі азотної кислоти). Цей важливий процес, відомий під назвою *нітрифікації* (вивчений мікробіологом С. Виноградським), відбувається найінтенсивніше за температури +25–30 °С, вологості 60 відсотків

від повної вологоємкості ґрунту, нейтральній або слаболужній реакції та вільному доступу повітря. Мало нітратів утворюється рано навесні, коли в ґрунті недостатньо повітря і низька температура. Більше нітратів у ґрунті влітку, а восени їхній вміст знову зменшується.

З нітратами й нітритами, що утворюються в ґрунті, можуть відбуватися такі перетворення: денітрифікація, хімічне відновлення нітритів, мікробіологічне відновлення до нітритів й амоніаку, біологічна іммобілізація і вимивання. Всі ці перетворення, а також вбирання нітратів рослинами призводять до зменшення кількості азоту в ґрунті. Особливо шкідливі денітрифікація (перетворення деякими бактеріями нітратів на вільний азот, який вилучається з ґрунту), хімічне відновлення нітритів і вимивання нітратів з ґрунту.

*Денітрифікація* відбувається переважно в анаеробних умовах за наявності великої кількості нерозкладеної органічної речовини, яка містить багато клітковини та інших вуглеводів за нейтральної або лужної реакції. Часто таке явище може відбуватися в перезволоженому ґрунті.

Досить поширений у ґрунті процес *біологічної іммобілізації азоту*, який полягає в тому, що мікроорганізми в процесі життєдіяльності використовують мінеральні сполуки азоту, внаслідок чого він перетворюється в органічні сполуки (білки) плазми цих організмів. Цей процес значно посилюється за внесення в ґрунт багатих на вуглець і бідних на азот речовин – соломи, стебел кукурудзи, соняшнику, післяжнивних решток інших злакових культур.

Якщо в рослинних рештках співвідношення C:N більше ніж 30:1, популяції мікробів, котрі розкладають цю органічну речовину, будуть використовувати будь-який доступний ґрунтовий азот. З іншого боку, якщо співвідношення C:N у рослинних рештках менше, ніж 20:1, популяції мікробів почнуть вивільняти доступний азот із початком розкладання рослинної маси. Цей процес називається *мінералізацією.*

В органічній речовині бобових культур, порівняно з іншими культурами, найбільша концентрація азоту. Співвідношення C:N у бобових культурах зазвичай менше ніж 20:1, що рівноцінно сирому (неочищеному) протеїну, в якому вміст азоту становить понад 12 відсотків. Тому з початком процесу розкладання рослинних решток бобових культур азот вивільняється у формі нітратів. *Це й є причиною того, що бобові культури вважають джерелом родючості ґрунтів.*

Кукурудзяні стебла мають співвідношення C:N – 70:1. Приблизно таке саме співвідношення в соломи злакових культур. З початком розкладання таких рослинних решток мікроорганізми починають закріплювати (іммобілізувати) нітрат азоту з ґрунту. Щоб уникнути такого процесу необхідно вносити додаткову кількість мінерального азоту з розрахунку 10–15 кг д. р. на тонну сухих органічних решток (азоткомпенсація). У соломі зернових культур і стеблах кукурудзи міститься від 4,5–7,5 кг азоту на тонну рослинних решток. Після 3–4 років застосування No-till об‘єм розкладання рослинних решток досягає такого рівня, що, за умови правильної сівозміни й висіву покривних бобових культур, додатковий об‘єм азоту вносити вже не

потрібно. Після цього практично весь азот, який був спочатку закріплений у рослинних рештках зернових культур, кукурудзи й проса, буде (мінералізованим) вивільненим.

Явище біологічної іммобілізації шкідливе навесні, коли мінеральний азот гостро потрібен для живлення рослин, а восени – корисне, коли біологічне зв'язування азоту запобігає вимиванню його з ґрунту.

Після того, як мікроорганізми відімруть і розкладуться, поживні речовини знову можуть бути використані культурними рослинами. Зважаючи на це, слід регулювати процеси біологічної іммобілізації. Загалом краще, коли періоди інтенсивного розвитку мікроорганізмів не збігаються з періодами активного росту рослин і коли потреба в азоті та інших поживних речовинах особливо велика.

*Вимивання нітратів* найбільше спостерігається на піщаних ґрунтах у районах достатнього зволоження. Так, у поліській зоні України (за даними Захарченко І., 1980) залежно від агротехнічного фону і кількості опадів вимивалося від 2,1 до 25,6 кг/га азоту нітратної форми за рік.

Щоб запобігти вимиванню нітратів у цих районах, у другій половині літа доцільно висівати післяжнивні покривні культури, які використовують ці сполуки для формування органічної речовини. На чорноземних ґрунтах нітрати вимиваються рідко, спостерігається лише їх міграція в глибші шари (до 2,5 м, а за внесення високих доз добрив – і до 5 м) восени. Проте з потоками води вони піднімаються у верхні шари навесні та влітку. Глибина опускання нітратів залежить від вологості ґрунту.

*Випаровування* – це втрата азоту з добрив у вигляді амоніаку та $NO_2$. З амонійних форм добрив. Наприклад, сечовина швидко втрачає азот у випадку її розміщення на поверхні ґрунту, особливо в ситуації, коли умови для випаровування сприятливі – висока температура, низька відносна вологість повітря та вітер.

Як зазначалося раніше, азот повітря також може слугувати джерелом поповнення ґрунтових його запасів. Атмосферне повітря містить 78–79 відсотків азоту в газоподібному стані. Цей азот може бути зв'язаний і стати доступним для рослин природним шляхом і промисловим способом. Промисловий спосіб передбачає одержання спочатку безводного амоніаку ($NH_3$) із повітря чи природного газу. Безводний амоніак є основою для виробництва всіх інших промислових азотних добрив. Природний шлях передбачає фіксацію (зв'язування) азоту симбіотичними й вільноживучими ґрунтовими мікроорганізмами. Деякі види симбіотичних бактерій поселяються на кореневих системах бобових культур і створюють свого роду колонії або потовщення на коріннях. Вони зв'язують (фіксують) азот повітря для рослини, а рослина, своєю чергою, живить бактерії речовинами, створеними в процесі фотосинтезу. В такий спосіб виникає симбіоз. У кожного виду бобових культур є свій особливий тип симбіотичних бактерій. Цікавим є той факт, що за природних симбіотичних процесів і промислового виробництва практично відбуваються однакові процеси, а саме: спочатку фіксація (зв'язування) атмосферного азоту ($N_2$), а далі вже перетворення його в $NH_3$.

Вільноживучі (несимбіотичні) ґрунтові мікроорганізми здатні фіксувати азот з повітря без співіснування з іншими рослинами. Щорічна кількість азоту, фіксована несимбіотичними бактеріями, може становити максимум 6 кг/га. *Перехід на системи землеробства No-till і Strip-till, за деякими розрахунками, дає змогу одержувати в 2,5 раза більше азоту, фіксованого несимбіотичними мікроорганізмами.*

Зростання чисельності популяції мікроорганізмів і залишення всіх рослинних решток на поверхні за відсутності обробітку ґрунту зумовлює збільшення процесів фіксації азоту в ґрунті. Додатковим джерелом доступного азоту є покривні культури, особливо бобові.

Незначна кількість азоту надходить у ґрунт із повітря з опадами, що в середньому щорічно становить від 4 до 7 кг/га. Ще І. Овсинський (повторне видання в 2007) підкреслював, що приблизно 5–10 кг/га азоту може надходити в ґрунт із росою й туманом. Так, із повітря в ґрунт може потрапити за сезон всього 10–15 кг/га азоту.

**Фосфор** є надзвичайно важливим елементом мінерального живлення рослин і значення його всебічне. Він відіграє важливу роль у всіх процесах обміну речовин у рослинних організмах, є стимулятором енергетичного балансу та спадковості, входить до складу кожної клітини, концентрується в насінні, регулює ріст і розвиток рослин.

Як свідчать дослідження останніх років, біологічний колообіг фосфору явище більш складне, ніж колообіг вуглецю чи азоту. До того ж основна роль в ньому належить мікроорганізмам. Їхній вплив на колообіг фосфору відбувається за трьома напрямами:

- використання доступного фосфору;
- розкладання органофосфатів;
- стимулювання розчинення неорганічних його форм.

Фосфор у ґрунті входить до складу органічних і мінеральних сполук. Мінеральні сполуки – це переважно солі одновалентних і лужноземельних металів, а також алюмінію та заліза. Розчинність їх неоднакова – у воді розчиняються лише фосфати одновалентних і частково лужноземельних металів. Решта сполук у воді нерозчинна та для більшості рослин малодоступна. Лише деякі рослини (люпин, гречка, горох, гірчиця та ін.) здатні засвоювати слаборозчинні фосфати ґрунту.

Під час розкладу органічних речовин відбувається процес мобілізації фосфатів, тобто фосфати ґрунту стають доступнішими. Недоступні органічні сполуки перетворюються на мінеральні солі та, крім цього, під час розкладу органічних речовин утворюється багато кислот, які розчиняють слаборозчинні мінеральні фосфати ґрунту. Але під час розкладу органічних речовин відбувається і протилежний процес – біологічне вбирання мінеральних фосфатів мікроорганізмами та перетворення їх на органічні фосфати мікробів. Залежно від того, який процес переважає – мобілізація, біологічне вбирання чи розчинність фосфатів у процесі розкладання органічних речовин – у ґрунті може збільшуватися або зменшуватися загальна кількість доступного фосфору.

Отже, якщо обробітком ґрунту, котрий є однією з основних ланок традиційних систем землеробства, можна завжди сприяти мобілізації азотних речовин ґрунту, то про фосфати цього сказати не можна. Особливо це стосується системи землеробства No-till, за якої механічного впливу ґрунтообробних знарядь на ґрунт взагалі немає.

*З переходом до системи землеробства No-till особливо важливо довести вміст фосфору в ґрунті до кількості, за якої рівень забезпеченості цим елементом оцінювався б в цьому типі ґрунту як високий або навіть дуже високий.* Це дасть змогу в майбутньому поступово зменшити норми внесення фосфорних добрив (лише на компенсацію його виносу попередником). Така стратегія роботи базується на твердженні, що залишкові фосфати добрив характеризуються здатністю протягом тривалого часу підтримувати підвищений вміст рухомих форм фосфору в ґрунті. Такий підхід до регулювання фосфорного режиму ґрунту допоможе оптимізувати рівень урожайності культур та економічну доцільність фосфорних добрив як у посушливі, так і вологі роки. Стратегічної мети можна досягти або разовим внесенням великої кількості фосфорних добрив із розрахунку на кілька років, або щорічним внесенням до досягнення високого його вмісту в ґрунті. Є і протилежний погляд, суть якого полягає в тому, що під впливом природних процесів вміст рухомих фосфатів у ґрунті повертається в початкове положення (Носко Б., 2008).

Збільшення запасів рухомих фосфатів визначається не тільки характером розподілу органічних і мінеральних добрив під час їх внесення, а і збільшенням рухомості фосфатів, які є в ґрунті. Це явище до певної міри пов’язане з рядом специфічних чинників і процесів, які відбуваються в ґрунті за переходу на системи землеробства, що базуються на застосуванні мінімального чи нульового обробітку ґрунту.

Встановлено, що систематичний мінімальний обробіток значно збільшує насиченість корінням верхніх шарів ґрунту. Коренева система рослин є активним продуцентом водорозчинних органічних речовин. До того ж нею продукується і частина вуглекислого газу, який підсилює розклад ґрунтових компонентів, змінюючи фосфатний режим ґрунту. Внаслідок цього виникає припущення, що вища рухливість фосфатів за мінімального обробітку ґрунту обумовлена накопиченням більшої кількості $CO_2$. Це частково впливає на зменшення кількості ввібраного кальцію внаслідок заміни його воднем. Іншими словами, відбувається підкислення ґрунтового розчину – це особливо характерно для чорноземів, в результаті збільшується доступність фосфору для рослин. Таке припущення підтверджується практикою тривалого застосування системи землеробства No-till.

Позитивним моментом відмови від механічного обробітку ґрунту є забезпечення оптимальніших умов для розвитку мікоризи (явище симбіозу окремих видів грибів із вищими рослинами). Гриби, оселяючись на кореневих системах, позитивно взаємодіють із рослиною. Внаслідок мікоризного симбіозу гриб дістає від рослини поживні енергетичні речовини (здебільшого

вуглеводи) й допомагає засвоювати недоступні їй немінералізовані органічні як азотисті, так і фосфорні сполуки.

За низького вмісту фосфору в ґрунті мікориза забезпечує рослинам покращення фосфорного живлення, особливо на початку вегетаційного періоду. За результатами досліджень Miller (2000), Bittman та ін. (1998), інтенсивний механічний обробіток ґрунту значно ушкоджує міцелій мікоризних грибів. *За системи землеробства No-till рівень присутності мікоризи та її вплив на культуру різко зростає через відсутності механічного обробітку ґрунту, який призводить до загибелі мікоризи.*

## 7.3. Система удобрення

### *7.3.1. Загальні вимоги до системи удобрення*

Матеріальну основу життя кожного рослинного організму становить забезпеченість його біологічно важливими елементами живлення. Сучасні теорії живлення рослин здебільшого базуються на положеннях одержання якісної та безпечної для людини продукції рослинництва. Враховуючи складність процесу безперебійного живлення рослин і часті випадки одержання низького врожаю, К. Тимірязєв із цього приводу свого часу писав: «*Всі завдання агрономії, якщо вникнути в їх суть, зводяться до визначення і за можливості своєчасного забезпечення правильного живлення рослин*». Проте вирішення цих завдань безпосередньо залежить від інших чинників життя рослин – тепла, світла, води, повітря тощо.

Сучасний розвиток стратегії та практики управління мінеральним живленням рослин умовно можна визначити за трьома напрямами:

1) *локальне застосування мінеральних* й органо-мінеральних добрив, збалансованих за N, P, K, Mg, Ca, Mn, Fe, B, Cu, Zn, Mo, Co + гумати;

2) *передпосівна інкрустація насіння елементами мінерального живлення* в комплексі з антистресантами, полісахаридами та біологічно-активними речовинами;

3) *підкормка культур для корегування дефіциту живлення* рослин у критичні фази розвитку.

Застосування добрив забезпечує матеріальні умови для оптимізації росту і розвитку культур, але це ще не гарантує одержання запланованого врожаю. Використання добрив для поліпшення умов живлення може мати і несприятливі наслідки, наприклад, добрива можуть забезпечити не зменшення забур’яненості посівів, а навпаки в окремих випадках навіть сприяють інтенсивнішому росту бур’янів. По-різному впливають добрива на ураження рослин хворобами та пошкодження шкідниками. Тому питання живлення рослин, а отже, і система удобрення, завданням якої є оптимізація забезпечення елементами живлення культурних рослин, слід розглядати не ізольовано, а в комплексі з іншими ланками системи землеробства (обробіток ґрунту, чергування культур, захист рослин, зрошення, осушення, технології вирощування культур та їх сорти й гібриди), що тією чи іншою мірою безпосередньо впливають на ці чинники.

За будь-якої системи землеробства, розробляючи систему удобрення, слід керуватися такими положеннями:

1) система удобрення має забезпечувати не лише зростання врожайності, поліпшення якості продукції всіх культур сівозміни, а й водночас сприяти відновленню родючості ґрунту;

2) враховуючи конкретні умови господарства, добрива слід вносити в нормах і співвідношеннях елементів живлення найефективніших для цієї культури за раціонального поєднання окремих їх форм і видів;

3) водночас із застосуванням добрив слід впроваджувати заходи, спрямовані на поліпшення виробничих властивостей ґрунтів, усунення надмірної кислотності, гіпсування засолених ґрунтів, збагачення органічними речовинами;

4) розроблена система удобрення має забезпечувати одержання запланованих урожаїв усіх культур сівозміни з найменшими затратами праці та матеріальних засобів на одиницю продукції;

5) норми внесення добрив не мають створювати негативний вплив на оточуюче середовище. Для цього при визначенні норм внесення слід керуватися законами землеробства (мінімуму, оптимуму, рівнозначності та сукупної дії чинників);

6) добрива слід вносити тоді, коли цього потребує культура, а не тоді, коли з'являється можливість це зробити;

7) добрива необхідно вносити в ту зону кореневмісного шару ґрунту, де вони будуть максимально доступні для рослин.

*Єдиної універсальної системи удобрення не існує, бо кожна культура в умовах конкретного поля потребує відповідного виду добрив, норми, часу і способу їх внесення*. Суттєвим моментом, на який слід звертати увагу, розробляючи систему заходів регулювання поживного режиму в системах землеробства Strip-till, є рівень механічного впливу на ґрунт.

Мінімізація обробітку ґрунту чи повна відмова від нього, порівняно з традиційною, помітно впливає на процеси відновлення та накопичення запасів доступної вологи, посилює диференціацію орного шару, змінює активність мікробіологічних процесів у ґрунті. Все це безпосередньо впливає на загальну кількість поживних речовин у ґрунті та їх доступність для рослин, а відповідно до цього і на підходи до розробки системи удобрення культур – вибір виду, форми добрив, норм і часу їх внесення.

Розробляючи системи удобрення, в центрі уваги варто тримати інформацію про наявні дефіцити чи дисбаланси між окремими елементами живлення в ґрунті та передбачати відповідне їх корегування. Обов'язковою умовою слід вважати також постійне забезпечення рівня поживних речовин, що відповідає запланованій урожайності культури. *І найголовнішим має бути дотримання одного з основних законів землеробства – закону повернення поживних речовин у ґрунт, які були спожиті й винесені з урожаєм культури з поля.*

Система удобрення має враховувати сукупність чинників оточуючого середовища і систему взаємного впливу поживних елементів, які суттєво

впливають на ефективність добрив. Одним із таких факторів є рівень pH ґрунту (рис. 7.1).

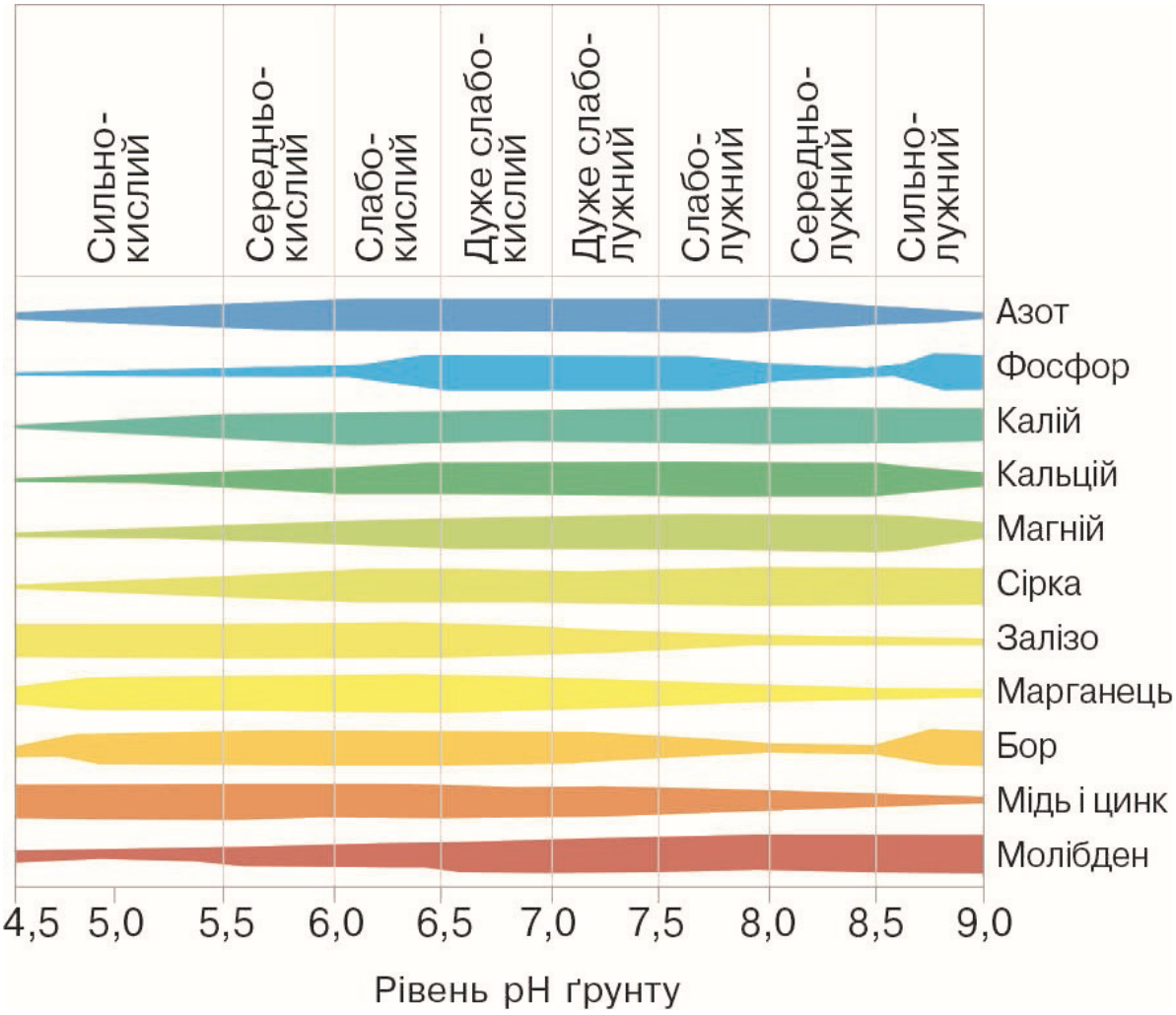



Рис. 7.1. Вплив рівня pH ґрунту на доступність елементів живлення для рослин. ©Агроном

Елементи живлення рослин мають потужний взаємний вплив. Крім цього, зміни рівня забезпеченості макро- і мікроелементами зумовлюють численні реакції у рослинах:

- за надлишку одного елемента мінерального живлення захисна реакція рослин виявляється передусім у посиленні поглинання інших елементів;
- підвищення рівня азотного живлення посилює надходження в рослини фосфору, калію, кальцію, магнію, цинку, заліза і марганцю;
- високі рівні фосфорного живлення інгібують надходження в рослини заліза та марганцю;
- за наявності фосфатів знижується поглинання рослинами цинку;
- під дією калію зменшується надходження в рослини кальцію та магнію;
- за дефіциту заліза, марганцю та цинку знижується надходження в рослини азоту;
- поглинання рослинами фосфору посилюється за наявності міді, цинку, кальцію, молібдену, але зменшується під впливом магнію та заліза;

• надходження в рослини калію знижується під впливом міді, марганцю, нікелю, цинку, молібдену, заліза, бору і зростає за внесення хлору.

• існує антагонізм між такими парами елементів живлення: Fe і Ca, Al і Na, Fe і Zn, Mn і Zn, Cu і Zn, Zn і Fe, Mn, Cu, Mo.

• проявляється синергізм між такими парами елементів живлення: S і Mn, Zn, Cu і Co, B, Zn, Co, Mo і Mn, Mo і Cu, Cu і Mn, Ca і Co.

За даними Університету Нью-Джерсі, наведеними F. E. Bear у 1945 році, поняття «ідеальний ґрунт» пов'язували не лише із загальною кількістю поживних елементів, а й з їхнім співвідношенням у ґрунтовому вбирному комплексі. Особливу увагу приділяли основним катіонам – кальцію, магнію, калію та водню, які займають місця на поверхні ґрунтових колоїдів і можуть обмінюватися з ґрунтовим розчином.

У такому підході вважалося, що оптимальний катіонний склад ґрунту має становити приблизно 65 % кальцію, 10 % магнію, 5 % калію і 20 % водню. Це означає, що серед обмінних катіонів переважати повинен кальцій. Саме він відіграє важливу роль у формуванні сприятливої структури ґрунту, підтриманні його фізичних властивостей і створенні умов для нормального розвитку кореневої системи рослин.

Магній у цьому співвідношенні займає меншу частку, але також є важливим елементом живлення рослин. Калій представлений ще меншою часткою, однак його значення полягає в забезпеченні фізіологічних процесів у рослинах. Водень у складі катіонного обміну пов'язаний із кислотністю ґрунту, тому його частка також враховується під час оцінювання стану ґрунтового середовища.

Запропоновані співвідношення між катіонами – Ca:Mg як 6,5:1, Ca:K як 13:1 і Mg:K як 2:1 – показують не абсолютну кількість елементів у ґрунті, а їхню відносну рівновагу. Тобто важливо не лише те, скільки кальцію, магнію чи калію міститься в ґрунті, а й те, у якому співвідношенні вони перебувають між собою. Порушення цього балансу може впливати на доступність елементів живлення, фізичний стан ґрунту та умови росту рослин.

Вислів про «ідеальний ґрунт» слід розуміти як спробу описати бажаний баланс основних обмінних катіонів у ґрунті. Такий підхід дає змогу оцінювати ґрунт не тільки за вмістом окремих елементів, а й за їхньою взаємодією у ґрунтовому вбирному комплексі.

### *7.3.2. Концепція чотирьох правил застосування добрив*

У системах сталого зберігаючого землеробства, до яких належать системи землеробства No-till і Strip-till, у системі удобрення реалізується концепція чотирьох правил застосування добрив (рис. 7.2).

Згідно з цією концепцією система застосування добрив мусить сприяти всім зацікавленим сторонам вирішувати економічні, соціальні та екологічні завдання. *Форми, дози, строки та способи внесення добрив є взаємопов'язаними елементами системи удобрення*. Всі чотири правила мають дотримуватися одночасно та відповідати особливостям і вимогам цієї системи землеробства, тому систему удобрення слід оцінювати за її впливом на вихідні

параметри чи на ефективність функціонування системи землеробства загалом. Наукові принципи концепції застосування добрив викладені в табл. 7.2.

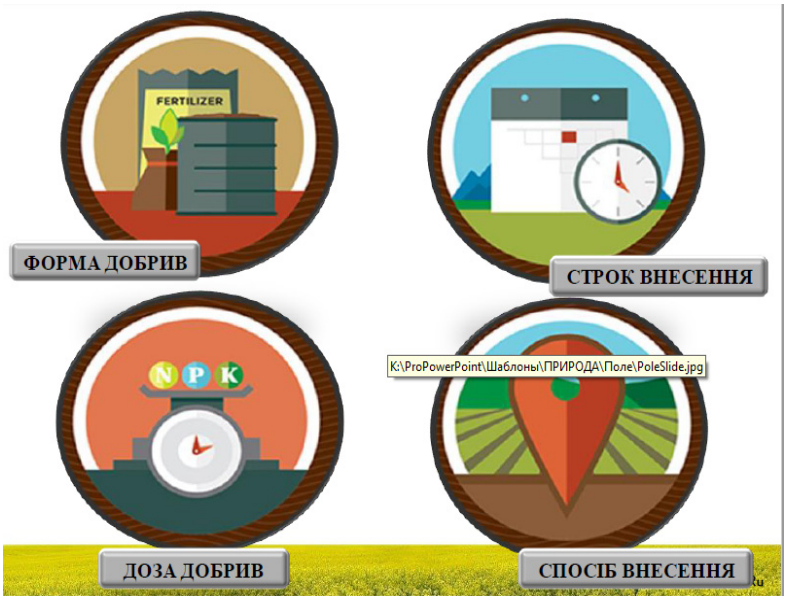



Рис. 7.2. Концепція чотирьох правил застосування добрив.
© Господаренко Г.М., Крамарьов С.М., Мірошніченко М.М.

Таблиця 7.2

**Основні наукові принципи концепції «чотирьох правил» застосування добрив, 2012 (IPNI)**

| Форма | Доза | Строки внесення | Способи внесення |
|---|---|---|---|
| Вміст найважливіших елементів живлення | Потреба рослин в елементах живлення | Динаміка поглинання елементів живлення | Динаміка розвитку кореневої системи |
| Доступні для рослин форми добрив | Доступність елементів живлення з ґрунту | Періоди максимального поглинання елементів живлення | Реакція ґрунтового середовища |
| Фізико-хімічні властивості ґрунту | Надходження елементів живлення з усіх доступних джерел | Динаміка втрат елементів живлення з ґрунту | Система обробітку ґрунту |
| Синергізм елементів живлення | Прогноз ефективності використання поживних елементів із добрив | Логістика польових робіт | Внесення добрив з урахуванням різного рівня родючості полів |
| Сумісність добрив тукосумішках | Підтримання ґрунтової родючості | | Диференційоване внесення добрив з врахуванням різноманіття родючості ґрунту в межах поля |
| Супутні елементи | Економіка | | |

За строками внесення добрив розрізняють основне, передпосівне, припосівне та підживлення (ДСТУ EN 12944-2:2005). За способом внесення – розкидний і стрічковий.

Способи внесення визначають відстань від гранули добрив до споживача – кореня рослини. Оптимальна відстань є різною для кожного елемента (рис. 7.3).

Основою для вибору того чи іншого способу та строку внесення добрив є такі чинники, як властивості ґрунтової відміни, запланована врожайність, система землеробства, результати агрохімічних аналізів ґрунту на вміст поживних речовин та ряд інших показників. На піщаних ґрунтах варто вносити добрива кілька разів, позаяк вони мають низький рівень катіонного обміну й високу ймовірність вимивання поживних речовин із кореневмісної зони водою опадів. На таких ґрунтах доцільно вносити добрива з максимально коротким розривом у часі до їх споживання культурою. Також на піщаних ґрунтах варто використовувати внесення азотних добрив частками.

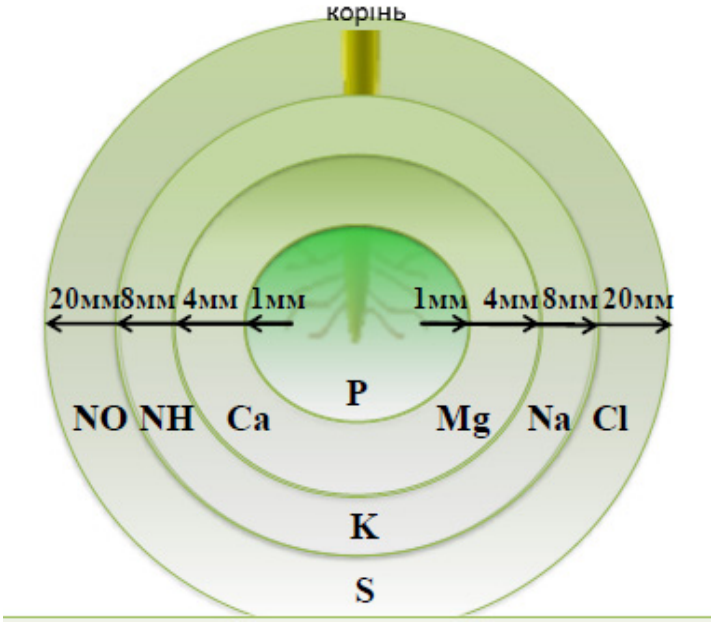



Рис. 7.3. Відстані ефективного засвоєння поживних елементів, презентація. © Крамарьов С.

### *7.3.3.Азот*

#### 7.3.3.1. *Внесення азотних добрив розкидним способом по поверхні*

Розкидний спосіб внесення напрацьований для систем землеробства, в яких передбачена можливість заробки добрив у ґрунт завдяки наступному механічному обробітку. В системі землеробства No-till цієї можливості немає, тому виникає питання про доцільність й ефективність такого способу внесення.

Розкидним способом можна вносити основне, передпосівне удобрення та підживлення рослин. Ефективність добрива залежить від його форми. За використання висококонцентрованого твердого гранульованого азотного добрива сечовини, завдяки зростанню pH навколо гранули, різко збільшується утворення аміаку. Наявність рослинних решток на поверхні ґрунту

також може збільшувати втрати азоту з добрив, оскільки вони містять ферменти, які розщеплюють сечовину і призводять до втрати азоту у вигляді газу (амоніаку). До того ж післяжнивні рештки можуть сприяти збільшенню іммобілізації азоту, особливо якщо вони характеризуються широким співвідношенням C:N.

Досліди S. S. Malhi і M. Nyborg (1991), які проводилися в Канаді в штаті Альберта, засвідчили зниження врожайності ярого ячменю за технології No-till порівняно з традиційною за внесення сечовини розкидним способом по поверхні ґрунту. *Якщо добриво вносилося стрічкою збоку або загорталося під насіння, то різниці в урожаї не спостерігалося.*

У дослідах з ярою пшеницею, проведених на супіщаних ґрунтах штату Манітоба, встановлена подібна залежність урожайності культури від способу внесення сечовини за традиційної та технології No-till (табл. 7.3.). Аналогічні результати отримані також в дослідах із ріпаком (Grant C. A. та ін., 2002).

Таблиця 7.3

**Вплив виду добрив, часу і способу внесення на врожайність ярої пшениці залежно від технології обробітку ґрунту, т/га (Grant C. A. та ін., 2001) з доопрацюванням М. Косолап**

| Добрива та способи їх внесення | Врожайність (середнє за 1993–1995 рр.), т/га | | | |
|---|---|---|---|---|
| | No-till | +% від добрив | Традиційна | +% від добрив |
| *Осінь, стрічково* | | | | |
| $NH_3$ | 2,5 | 47,1 | 3,6 | 12,5 |
| КАС | 1,9 | 6,5 | 2,8 | -12,5 |
| Сечовина | 2,0 | 17,6 | 3,1 | -3,1 |
| *Весна, стрічково* | | | | |
| $NH_3$ | 2,8 | 64,7 | 3,2 | 0,0 |
| КАС | 2,9 | 70,6 | 3,3 | 3,1 |
| Сечовина | 2,9 | 70,6 | 3,2 | 0,0 |
| *Інші способи* | | | | |
| КАС колесо зі спицями | 2,4 | 41,2 | 3,2 | 0,0 |
| КАС краплинно | 2,4 | 41,2 | 3,2 | 0,0 |
| Нітрат краплинно (ранок) | 2,1 | 23,5 | 3,0 | -6,2 |
| Нітрат, розкидним (ранок) | 2,2 | 29,4 | 3,2 | 0, |
| Сечовина розкидним | 2,2 | 29,4 | 3,3 | 3,1 |
| *Контроль без добрив* | 1,7 | 0,0 | 3,2 | 0,0 |

Наведені в таблиці 7.3. дані свідчать, що за різних систем землеробства однакові види, строки і норми внесення добрив дають різний результат. За No-till культура більше реагували на внесення добрив ніж за традиційної системи землеробства, хоча за рівнем урожайності і поступалася традиційній технології, де ефект від внесених азотних добрив не завжди був позитивним.

Всі види добрив (КАС, NH3, Сечовина) при No-till забезпечили найвищу ефективність при внесенні їх стрічкою весною. В сукупності це свідчить про необхідність диференційованого підходу до вибору виду строку та норми внесення мінеральних добрив в системі No-till

В цілому розкидний спосіб внесення добрив найменш затратний. Він не потребує спеціального обладнання, високопродуктивний і дає змогу легко вносити велику кількість добрив.

*Це дає змогу зробити висновок, що, попри певну ймовірність втрат азоту за розкидання азотних добрив по поверхні, цей спосіб може бути прийнятним, особливо для господарств, які не мають відповідного обладнання для внесення добрив в грунт.*

За сприятливих умов (раннє весняне внесення, коли невисока температура і достатньо вологи) навіть розкидання сечовини по поверхні може бути таким самим ефективним, як і розкидання аміачної селітри (рис. 7.4).

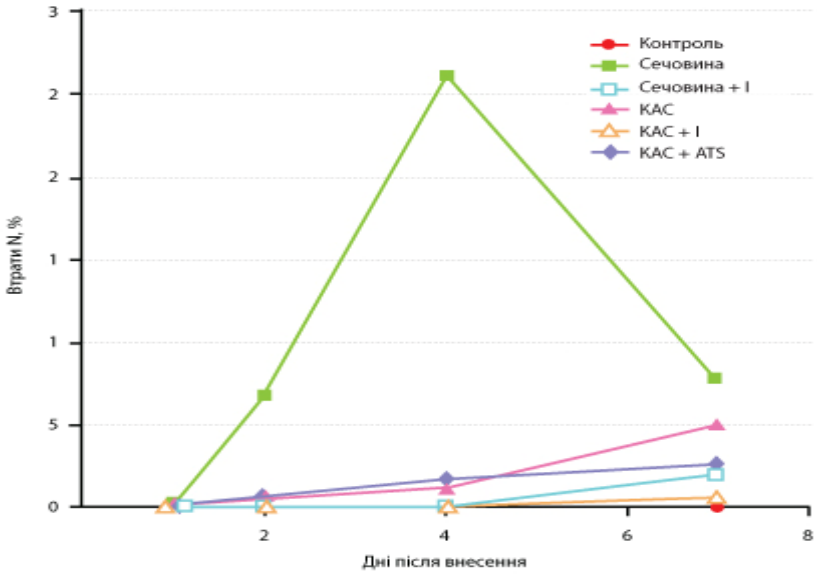



Рис. 7.4. Втрати азоту з сечовини і КАС з обробкою та без інгібітором Agrotain (I) або тіосульфат амонієм (ATS) протягом семи днів, 1996. © Grant C. A. та ін.

Рідкі азотні добрива особливо чутливі до розкидного суцільного способу їх внесення. Вони здатні активно вступати в реакцію з рослинними рештками. Для розкидного способу внесення азотних добрив за системи землеробства No-till більш придатними є такі, в яких азот міститься в нітратній формі. Краще по поверхні вносити рідке азотне добриво КАС (сечовино-аміачну суміш), тому що воно не підвищує pH у місці внесення, як сечовина. Вносити його варто великокраплинним способом, а не розпиляти, як за обприскування. Це зменшує контакт добрива з рослинними рештками.

Суттєвий вплив на рівень втрати азоту з мінеральних добрив справляють інгібітори (рис.7.4). Використання уреазних інгібіторів разом із сечовиною може суттєво скоротити втрати азоту з цього виду добрив. В осінній період азотні добрива можна вносити розкидним способом, якщо температура повітря знизилася до +10 °С і нижче. Швидкому їх розчиненню та про-

никненню в ґрунт дуже сприяють туман і роса. Технологічно найбільш прийнятною формою азотних добрив в системі No-till є рідка форма (рис. 7.5).

### *7.3.3.2. Стрічковий спосіб внесення азотних добрив*

*Цей спосіб є прийнятнішим порівняно з розкидним. Він допомагає концентрувати добрива у вузькій смузі, де безпосередньо розміщені культурні рослини.* Стрічкове внесення можна робити на різну глибину й у різні періоди вегетаційного сезону (рис. 7.5). В передпосівний період добрива цим способом заробляють на глибину від 5 до 15 см.

Осіннє стрічкове внесення азотних добрив у посушливих регіонах північної частини Великих рівнин США (близьких за кліматичними умовами до нашої зони Степу) забезпечує найменші втрати азоту в період із середини листопада до середини березня. В цей період року ґрунт у мерзлому стані. В цих умовах азот можна вносити з осені стрічковим способом, що допомагає перенести виробниче навантаження з внесення добрив із весняного періоду на осінь. Є ще одна перевага осіннього внесення азоту – це ціна. Зазвичай осіння вартість азотних добрив нижча, ніж весняна.



Рис. 7.5. Внесення рідких добрив одночасно з сівбою. © Щедрінов А.

До недоліків осіннього стрічкового внесення варто віднести збільшення витрат часу і праці. Крім того, цей захід призводить до додаткового розпушування ґрунту. Необхідно враховувати, що чим менший розрив у часі між внесенням та замерзанням ґрунту, тим менші втрати азоту з добрив. *Оптимальним часом для внесення добрив американські фермери вважають той, коли температура ґрунту знижується до +5–10 °С. Цей висновок підтверджується виробничими дослідами в Україні.*

Друга особливість цього строку внесення добрив полягає в тому, що чим вища вологість ґрунту, тим більші втрати азоту. В цей період найкраще використовувати аміачні форми добрив, а не нітратні (табл. 7.3). Цей спосіб внесення в No-till вимагає наявності відповідного обладнання. Необхідно експериментально визначати температуру, оскільки восени ґрунт, вкритий рослинними рештками, тепліший, ніж відкритий. Це допомагає подовжити час внесення добрив до замерзання і знизити ймовірність втрат азоту від денітрифікації.

**Весняне стрічкове внесення** прийнятніше в умовах достатнього зволоження, що забезпечує високий рівень використання внесеного азоту рослинами. У посушливих умовах додаткове розпушування ґрунту за стрічкового внесення може призвести до пересушування посівного шару. Крім того, за стрічкового внесення можна погіршити якість насіннєвого ложа, тому краще вносити азотні добрива весною стрічковим способом одночасно з сівбою, розташовуючи стрічку збоку від рядка (рис. 7.1).

Через високу рухомість азоту в ґрунті місце розташування стрічки не таке критичне, як за внесення малорухомого в ґрунті фосфору. За невисокої норми краще вносити азотні добрива безпосередньо в зону рядка одночасно з сівбою, позаяк малі кількості добрива не викликають пошкодження проростків культури.

**Внесення з насінням азотних та інших добрив** одночасно в насіннєву стрічку є найпопулярнішим способом, оскільки має такі переваги:

- відсутність додаткових проходів агрегатів по полю;
- відсутність додаткового розпушення ґрунту;
- зменшення втрат азоту.

Основним недоліком є імовірність пошкодження проростків культурної рослини за їх контакту з добривами. Рівень пошкодження може зростати в посушливі роки, особливо на ґрунтах із низьким вмістом органічної речовини та легкого гранулометричного складу, які відрізняються низькою водоутримувальною здатністю.

Цьому можна запобігти заходами, які забезпечують зниження концентрації добрива в зоні рядка (наприклад, збільшенням відстані між насінням та добривами, збільшенням ширини міжрядь, внесення їх збоку від насіння, зменшенням норми внесення).

Необхідно враховувати, що дрібнонасінні культури (ріпак, гірчиця) чутливіші до добрив, ніж пшениця чи ячмінь. Форма добрив також має різну токсичність для проростків. Наприклад, сечовина може більше нашкодити, ніж аміачна селітра, а КАС має проміжне положення. Ступінь впливу добрив

на проростки може сильно змінюватися за роками через зміни кліматичних умов на час сівби.

Використання добрив із контролем швидкості розчинення дає змогу збільшити норму внесення, яка не пошкоджує насіння за їх сумісного внесення. Уповільнений розклад сечовини зменшує її токсичність, оскільки зменшується кількість сполук азоту у формі $NH_3$ та $NH_4^+$, які безпосередньо контактують із насінням, що проростає.

Трирічні дослідження використання сечовини разом із насінням, проведені на піщаних і суглинкових ґрунтах, показали, що за відсутності управління розкладом сечовини густота стеблостою ярого ячменю зменшується за норми 40 кг/га на піщаному і 60 кг/га на суглинковому ґрунті. За використання регулятора розкладу вплив цих норм внесення сечовини на густоту стояння ячменю був у межах похибки.

**Стрічкове внесення добрив збоку рядка або в міжряддя** внаслідок збільшення відстані між добривом і насінням зменшує їх токсичний вплив на нього та дозволяє збільшити кількість добрив, яку можна безпечно вносити водночас із сівбою.

Багато видів сошників було сконструйовано так, щоб вносити добрива одночасно з сівбою. Це прості системи, коли, наприклад, рідкі азотні добрива надходять по трубці до сошника для висіву насіння і змішується з ґрунтом, що накриває насіння. Також це системи з сошниками, за яких добрива вносяться стрічковим способом окремо від насіння і системи з окремими сошниками для внесення добрив збоку або в міжряддя.

Рідкі добрива краще підходять для внесення при сівбі, оскільки устаткування для їх внесення легко модифікувати та з ним простіше працювати, ніж з устаткуванням для внесення гранульованих добрив або безводного аміаку. Проте в деяких системах погано розділяються добрива і насіння, що може призводити до значних пошкоджень проростків.

Внесення стрічковим способом у міжрядді допомагає уникнути цієї проблеми та зменшити пошкодження насіннєвого ложа. Багато сівалок добре виконують завдання окремого внесення добрив або внесення його в міжряддя. Однак вартість такого устаткування є досить високою. Слід наголосити, що тягова сила і ступінь дії на насіннєве ложе можуть збільшитися, але виробничник отримує значні переваги від об’єднання внесення насіння і добрив в одній технологічній операції.

Безводний аміак є відносно недорогим джерелом азоту. Його можна безпечно вносити, використовуючи устаткування для стрічкового внесення збоку або в міжряддя, якщо насіння і добрива розділені шаром ґрунту.

У дослідженнях, проведених у штатах Саскачеван й Альберта, урожай ріпаку був однаковий за стрічкового внесення сечовини або аміаку збоку чи в міжрядді (рис. 7.6). Рівень віддалення добрив від насіння залежить від глибини ходу та зносостійкості сошників, вологості ґрунту і швидкості руху сівалки.

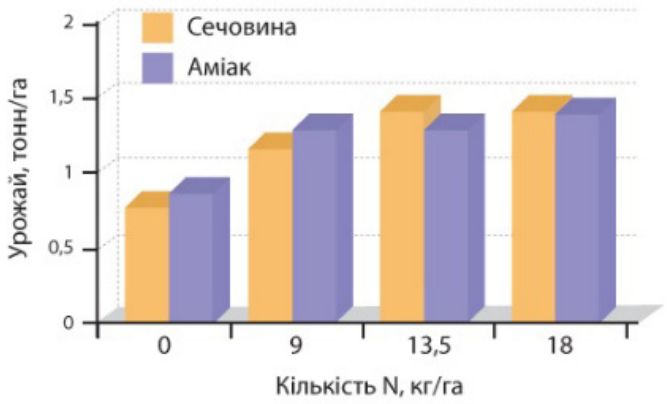



Рис. 7.6. Вплив видів азотних добрив на врожай ріпаку за стрічкового їх внесення. © Джонстон А.

Попри те, що внесення добрив збоку від насіння є відносно безпечним методом, дуже чутливе насіння (наприклад, ріпаку) може пошкоджуватися (рис. 7.6). Багато сівалок розроблено так, що добрива розміщуються на 2,5 см вбік і на 2,5 см нижче від насінини. За високих норм внесення добрив або дуже чутливих культур такої відстані може бути недостатньо, що спричинить пошкодження насіння або проростку внаслідок його інтоксикації.

До ґрунтових чинників ризику, які можуть збільшити ймовірність пошкодження насіння добривами, належать: високий рівень pH, низький рівень обмінних катіонів, низький вміст органічної речовини, а також посушливі умови після сівби та внесення добрив на чутливих культурах (ріпак, льон). Ризик пошкодження насіння буде вищий, якщо не підтримується адекватне розділення насіння і добрив. Пошкодження насіння не завжди призводить до зниження врожаю культур. Інтоксикація насіння може затримати час появи сходів, знизити його польову схожість і уповільнити швидкість росту. Дозрівання культур також може затриматися, що призведе до збільшення ризику пошкодження культури від осінніх приморозків. Можливе зниження і якості урожаю культури. Якщо існує високий рівень ризику, краще застосувати інший метод внесення добрив (наприклад, у міжряддя або стрічкове внесення перед сівбою) чи використати менш агресивний вид добрив.

Використання уреазних інгібіторів може допомогти зменшити ризик пошкодження насіння як від КАС, так і від сечовини (рис. 7.7). Уреазний інгібітор сповільнює конверсію сечовини в амоній, зменшує його концентрацію біля насінини, яка проростає.

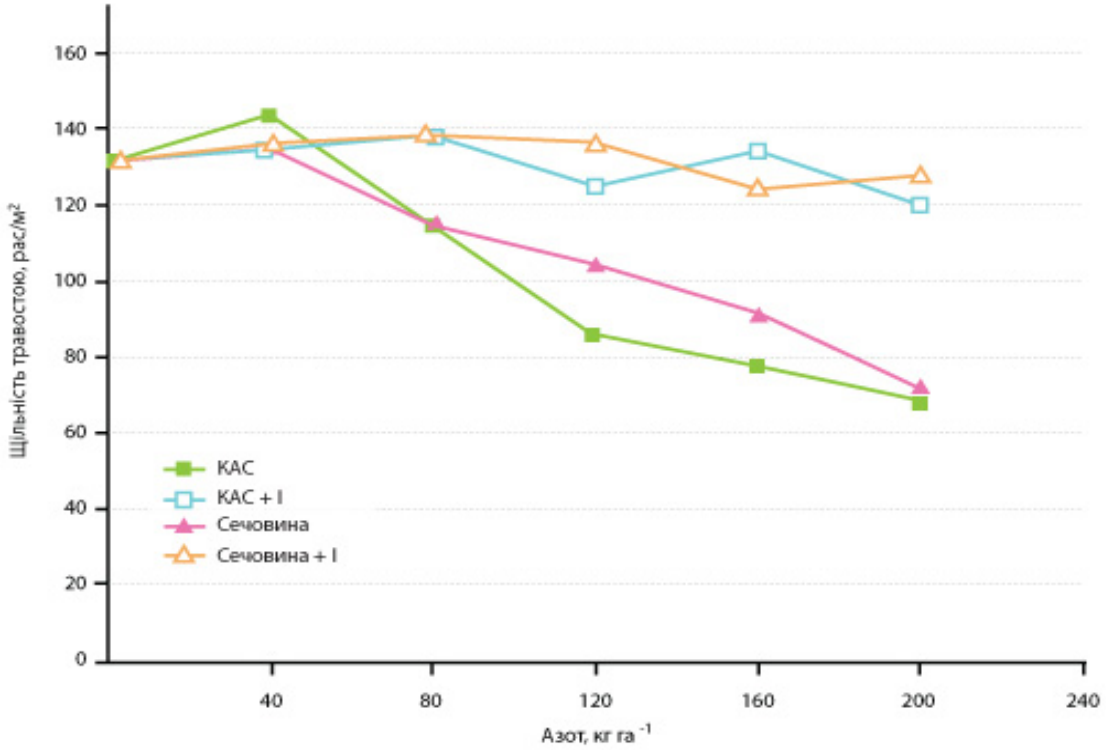



Рис. 7.7. Щільність стеблестою ріпаку на суглинистому ґрунті залежно від норми й виду азотного добрива, внесеного стрічковим способом збоку з і без уреазного інгібітору, неопубліковані дані. © Grant S.

### *7.3.3.3. Внесення добрив після сівби*

В умовах західної Канади, де поширена система землеробства No-till, внесення азоту до або під час сівби є однією з найефективніших технологій. Проте точне визначення потреби культури в азоті ускладнюється в умовах, коли рівень вологості ґрунту й потенціал урожаю сильно варіюють за роками. Виробничники мусять вносити низькі норми азотних добрив, якщо на час сівби запас вологи в ґрунті низький. За достатньої вологості ґрунту потенціал урожаю підвищується. За таких обставин необхідно додатково вносити азот.

Відстрочене або роздільне внесення азоту можна використовувати як стратегію зниження ризику неефективного використання азотних добрив. Роздільне внесення може не забезпечити вищого врожаю, ніж внесення азоту перед або водночас із сівбою, але це дає виробникові можливість витратити азотні добрива відповідно до кліматичних умов конкретного року, щоб окупити інвестиції, вкладені в азот.

Внесення добрив на поверхню після сівби буде пов’язано з тими самими проблемами, що і внесення на поверхню перед сівбою, тому види добрив, в яких азот перебуває у формі нітрату, будуть ефективнішими, ніж ті, в яких він міститься у формі амонію або сечовини. У системі землеробства No-till, де на поверхні ґрунту розміщується велика кількість рослинних решток, втрати азоту через процес іммобілізації або випаровування можуть бути

значними. Тому внесення розчину азотних добрив методом обприскування або внесення за допомогою культера може мати більший успіх, ніж розкидання сухих добрив (рис. 7.8).

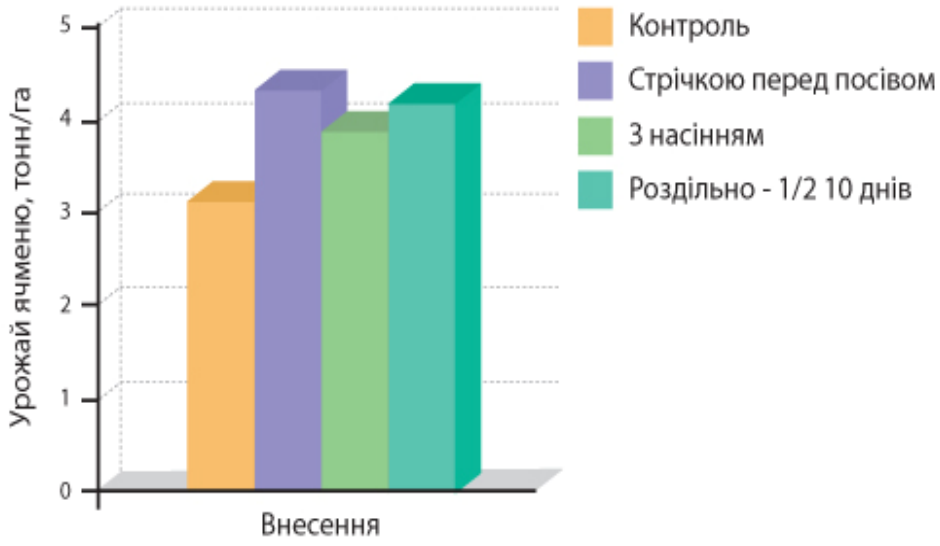



Рис. 7.8. Вплив часу внесення 60 кг/га азоту у вигляді КАС на врожай ячменю.
© Grant C. A. і D. Bailey

Азотне добриво у вигляді КАС добре адаптоване для внесення після сівби. Його можна вносити стрічковим великокраплинним обприскуванням або заробляти в ґрунт за допомогою культера після сходів культури.

В ідеалі азот потрібно вносити на зернових до або у фазу 3–5 листочків, а на ріпаку – до виходу в стрілку. Оскільки несприятливі погодні умови можуть затримати внесення азотних добрив після сівби, якусь частину їх доцільно вносити водночас із сівбою, якщо рівень доступного азоту в ґрунті низький.

Відомо, що в посушливих умовах користь від внесення азотних добрив розкидним способом невелика (рис. 7.9). Планувати внесення азотних добрив розкидним способом найдоцільніше за високої ймовірності випадання опадів після їх внесення. За таких умов рослини мають більше шансів поглинути внесений азот, який із вологою опадів надходитиме в кореневу зону. Водночас у регіонах із високою кількістю опадів можливі суттєві втрати азоту з добрив внаслідок його вимивання з кореневмісного шару та процесу денітрифікації.

*Отже, будь-який спосіб внесення азотних добрив має свої переваги й недоліки, які неоднаково проявляються в регіонах із різними ґрунтово-кліматичними умовами, тому підхід до внесення азотних добрив не може бути стандартним.*

Ідеальної «найкращої» системи регулювання азотного режиму не існує, все визначається і залежить від наявних обмежувальних об’єктивних і суб’єктивних чинників у конкретному господарстві, що вимагає творчого підходу від господарника.

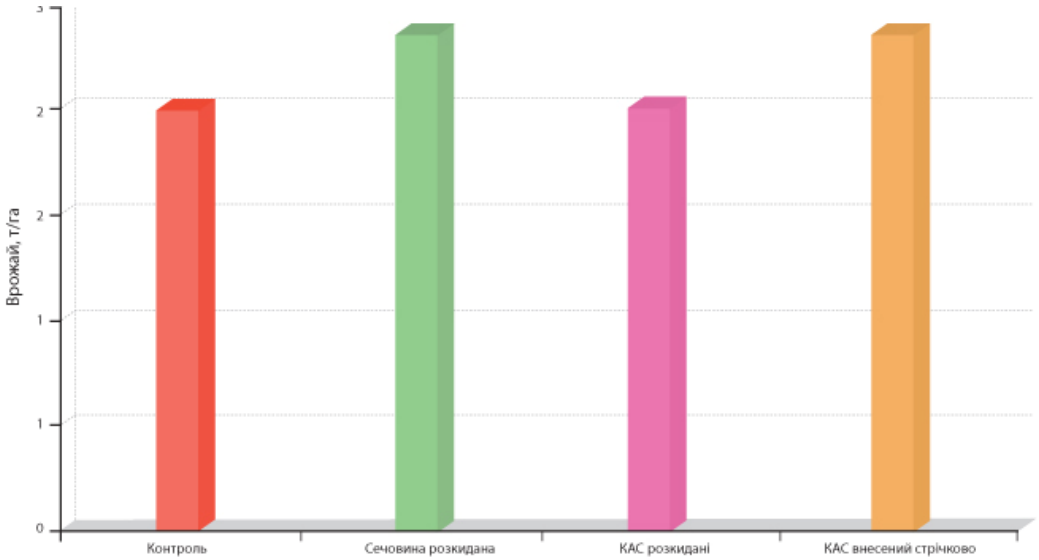



Рис. 7.9. Вплив способу внесення азотних добрив на врожай ячменю.
© Grant C. A. і Bailey

### *7.3.4. Фосфор*

На більшості типів ґрунтів за традиційної технології обробітку та за відсутності поверхневого стоку фосфорні добрива можна застосовувати поверхнево протягом тривалого часу. У таких умовах зменшується ризик втрати поживних речовин зі стоком, а фосфор поступово переходить у доступні для рослин форми в кореневмісному шарі ґрунту. Однак фосфор є малорухомим елементом, тому його ефективне використання залежить від вологості ґрунту, типу ґрунту, розвитку кореневої системи та загального стану ґрунтового середовища.

У системі No-till поверхневе внесення фосфорних добрив може бути менш ефективним, особливо за наявності значного шару рослинних решток на поверхні ґрунту. Фосфор є малорухомим елементом: після внесення він повільно переміщується в ґрунті, а значна його частина переходить у форми, малодоступні для рослин.

До кореневої системи фосфор надходить переважно шляхом дифузії, що є тривалим процесом і залежить від умов ґрунтового середовища. Тому фосфорні добрива доцільно розміщувати максимально близько до зони розвитку коренів. Цього можна досягти за допомогою припосівного внесення, яке підвищує доступність фосфору для рослин на початкових етапах росту.

Фосфорні добрива в системах землеробства No-till і Strip-till можна вносити в такі строки:

- передпосівна обробка насіння препаратами, що містять фосфор;
- внесення стартових добрив разом із насінням під час сівби;
- внесення в складі рідких комплексних добрив.

Основна причина короткого періоду поглинання фосфорних добрив: нездатність фосфору переміщуватися до адсорбуючих коренів, тому розміщення фосфорних добрив відносно насіння має більше значення, ніж для інших поживних елементів. Одночасно стартові фосфорні добрива до

певної міри допомагають знизити негативний вплив пониженої температури ґрунту весною в системі землеробства No-till (рис. 7.10, 7.11).



Рис. 7.10. Вплив обробки насіння стартовими фосфорними добривами на стан сходів пшениці ярої в холодну весну, 2008. © Швартау В.




Рис. 7.11. Дефіцит фосфору в зернових. © компанія «Агро-Союз»

На відміну від класичних фосфорних добрив (суперфосфат) стартові мікрогранульовані добрива мають у своєму складі не лише легкорозчинні форми фосфору, а й ряд інших поживних елементів. Наприклад, стартове добриво SuperStart має такий склад: NP 10:35 + 2% MgO + 5% S + 2% Zn. Норма внесення цих добрив становить 20–30 кг/га, але для їх внесення потрібно дообладнати сівалку аплікаторами.

*Стартові фосфорні добрива – це засіб підвищення енергії проростання, що особливо важливо в No-till через понижену температуру ґрунту. Поживні елементи одночасно варто розглядати як антистресанти для рослин (рис. 7.12).*

Загальна стратегія регулювання фосфорного режиму ґрунту в системі землеробства No-till спрямована на досягнення високого рівня фосфору в ґрунті. Це допомагає оптимізувати рівень урожайності культур та економічну доцільність використання фосфорних добрив як у посушливі, так й у вологі роки (табл. 7.4).

На відміну від азоту, рухомість якого підвищується, як тільки він перетворюється в нітратну форму, фосфор відносно малорухомий у ґрунті, тому й залишається в зоні внесеного фосфорного добрива. У системі землеробства No-till, коли перемішування ґрунту відсутнє, це може призвести до накопичення фосфору у верхньому шарі ґрунту.

За умов вирощування культур зі широкими міжряддями й внесенні стрічковим способом фосфорних добрив, його концентрація в стрічці завжди вища, ніж у міжряддях. Це потрібно враховувати при відборі зразків ґрунту для отримання достовірних результатів аналізу.




Рис. 7.12. Добрива як антистресанти (з презентації Бикова М.)

Таблиця 7.4

**Окупність помірних доз фосфорних добрив за збалансованого азотно-калійного живлення рослин за даними польових дослідів агрохімслужби України**

| Зона, ґрунти | Окупність 1 кг $P_2 0_5$ добрив приростом урожаю, кг | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Пшениця озима | Ячмінь ярий | Картопля | Буряк цукровий | Соняшник |
| Полісся, Карпати | | | | | |
| Дерново-підзолисті | 5,0 | 7,0 | 37 | – | – |
| Лісостеп | | | | | |
| Чорноземи типові | 3,7 | 3,2 | 17 | 26 | 3,5 |
| Опідзолені й темно-сірі лісові | 3,5 | 6,5 | 40 | 90 | – |
| Сірі лісові | 4,7 | 8,8 | 40 | 90 | – |
| Степ | | | | | |
| Чорноземи звичайні | 7,3 | 4,8 | - | 27 | 2,0 |
| південні | 5,0 | 5,0 | – | – | 2,2 |
| Темно-каштанові солонцюваті | 2,3 | 1,8 | - | - | |

За внесення фосфорних добрив стрічковим способом знижується швидкість його реакцій у ґрунтовому розчині з утворенням важкорозчинних фосфатів, а отже, добриво залишається в доступній для рослин формі триваліший час. Наявність стрічки з підвищеним вмістом фосфору не затримує, а навпаки, сприяє інтенсивному росту кореневої системи рослин. Проте основна проблема полягає в тому, що за пересихання шару ґрунту, де внесені фосфорні добрива, вони можуть стати недоступними для рослин. *Оптимально вносити фосфорні добрива водночас із сівбою на глибину не менше, ніж глибина загортання насіння, щоб уникнути дефіциту фосфору на початку вегетації культури.*

Відмова від механічного обробітку ґрунту призводить до певного зниження температури ґрунту весною та підвищення його щільності. В таких умовах проростки культурних рослин можуть бути недостатньо забезпечені фосфором.

За низького рівня вмісту фосфору в ґрунті позитивну роль у забезпеченні рослин цим елементом може відігравати мікориза на їхній кореневій системі, яка сприяє фосфорному живленню рослин, особливо на початку вегетаційного періоду.

Міцелій мікоризних грибів не гине протягом тривалого зимового періоду, а отже – може використовувати вільний фосфор із ґрунту і

забезпечувати ним культурні рослини, як тільки утворить симбіоз із їх кореневою системою, що формується навесні.

Фосфор, яким забезпечує мікориза рослину в перші 4–6 тижнів вегетації, має великий вплив на ріст, розвиток і кінцевий урожай (Grant C. A. та ін., 2001). Мікориза добре розвивається не на всіх культурах. Дуже погано розвивається мікориза на ріпаку, тому після нього варто збільшувати норму внесення фосфорних добрив.

*Отже, в системах землеробства No-till і Strip-till послідовність чергування культур у сівозміні може суттєво вплинути на реакцію культури на внесення фосфорних добрив.*

Однією з переваг системи Strip-till є можливість проведення поряд із розпушуванням та посівом внесення добрив у ґрунт. Сучасні агрегати можуть поряд із посівним матеріалом одночасно вносити на різну глибину від 5 см до 25 см навіть два різні види добрив. Цим можна уникнути диференціації орного шару за вмістом поживних елементів живлення. Через те, що не всі поживні елементи мають високу рухливість у ґрунті, за точної сівби наступного року чи навіть через рік існує велика ймовірність знаходження рослиною раніше відкладених добрив на тому самому місці. З часом на певній стадії розвитку рослина досягає цих відкладених поживних речовин, а також накопиченої на цій глибині необхідної вологи. Тож посіви на удобрених таким чином площах не лише відрізняються від інших завдяки ліпшій забезпеченості поживними речовинами, а й краще переживають посушливі періоди. Система зміщення рядків успішно проявила себе за вирощування сої та кукурудзи. Застосовувати таку технологію Strip-till можна і при вирощуванні зернових. До того ж в один сформований рядок зазвичай висівають два рядки зернових культур. Відстань між рядками посіву може становити до 17 см, а між крайніми рядками по міжряддю – 20 см при загальному розмірі міжряддя при розпушуванні рядків у Strip-till – 37,5 см. Для зернових також можна використати переваги підкореневого підживлення.

### *7.3.5. Калій і сірка*

Рух калію в ґрунті набагато інтенсивніший, ніж фосфору, але менший, ніж нітратного азоту. Іони калію утримуються на від'ємно заряджених частинках глини й органічній речовині ґрунту. Дефіцит калію може виникати за низьких температур і перепадів вологості ґрунту. Найпоширеніше калійне добриво KCl (хлорид калію, NPK – 0–0–62) може бути особливо корисним за одночасної наявності дефіциту хлору в ґрунті. Суттєвих відмінностей у підходах до застосування калійних добрив у системах землеробства No-till і Strip-till порівняно з традиційною не зафіксовано. За тривалого застосування No-till спостерігається тенденція до поліпшення калійного режиму ґрунту.

На такий елемент, як сірка, часто не звертають належної уваги, хоча він цього вартий. Ґрунтові тести на сірку сьогодні недостатньо надійні й за ними важко точно визначити потребу внесення цього елемента. Надійнішим є визначення сіркового дефіциту за відповідними симптомами безпосередньо

на культурних рослинах. Суттєвих вимог, що були б відмінні від традиційної системи землеробства, до регулювання сірки в системі живлення рослин No-till і Strip-till не описують.

Калійні та сірчані добрива в системах землеробства No-till і Strip-till можна вносити в такі строки:

- передпосівна обробка насіння препаратами, що містять сірку;
- внесення стартових добрив разом із насінням під час сівби;
- внесення в складі рідких комплексних добрив.

### *7.3.6. Мікроелементи (бор, цинк )*

Мікроелементи часто є обмежувальним чинником отримання запланованого рівня врожайності культур, окрім випадків невисоких планових рівнів урожайності.

В умовах системи No-till управління бором відіграє критичну роль. Через відсутність перемішування ґрунту, його природна мінералізація та активність біоти інші, ніж за традиційної оранки. Поверхневий шар, багатий на рослинні рештки, може обмежувати доступність деяких елементів. Бор для культур-індикаторів (соняшник, ріпак, кукурудза) стає ще важливішим, оскільки він впливає на цвітіння, запилення та розвиток кореневої системи.

***Головні особливості бору при No-till***

- *Блокування та рухливість***:** Верхній шар ґрунту за нульового обробітку часто холодніший та має підвищену вологість. Це уповільнює вивільнення природного бору з органічної речовини.
- *Покривні культури:* У сівозміні No-till активно використовуються покривні культури. Вони можуть як покращувати структуру, так і "консервувати" частину мікроелементів.
- Підживлення: Оскільки за No-till неможливо рівномірно внести борні добрива в ґрунт без порушення його структури, основний спосіб внесення – це листові (позакореневі) підживлення **у** критичні фази розвитку рослин.]

Соняшник**:** Внесення в фазі 5–6 пар листків (або зірочки) та перед початком цвітіння. Норма внесення зазвичай становить 1,0–1,5 л/га.

Ріпак: Потребує бору восени (фаза 4–6 листків) для кращого розвитку кореневої системи та підготовки до зими. Навесні підживлення проводять у фазу стеблування та перед початком цвітіння.

Кукурудза: Підживлення проводять у фазу 3–5 та 6–8 листків. Особливо важливо вносити бор на піщаних, супіщаних або карбонатних ґрунтах.

Для того, щоб отримати максимальний ефект, обирайте органічні форми бору (наприклад, боретаноламіни або поліольні комплекси), які є безпечнішими для рослин і швидко засвоюються навіть за екстремальних погодних умов.

Цинк у системі No-till є одним із найбільш критичних та часто дефіцитних мікроелементів. Через відсутність перемішування ґрунту, накопичення рослинних решток і температурний режим верхнього шару, забезпеченість рослин цинком вимагає особливого контролю.

Чому виникає дефіцит цинку за No-till

*Холодний і вологий ґрунт*: Навесні ґрунт під мульчею прогрівається повільніше. У холодних умовах активність коренів знижується, а мікроорганізми повільніше вивільняють цинк із пожнивних решток.

*Блокування фосфором:* При переході на No-till добрива (наприклад, фосфорні) часто вносяться локально, через що створюються зони з надвисокою концентрацією фосфору. Фосфор є головним антагоністом цинку – надлишок фосфору робить цинк недоступним для рослини.

*Нестача аерації та ущільнення***:** Злежаний верхній шар ґрунту обмежує ріст кореневої системи, погіршуючи природне засвоєння елементів. [1]

*Малорухомість:* Цинк – малорухомий елемент, він погано мігрує по профілю ґрунту.

Найбільш чутливі до дефіциту цинку культури – *кукурудза, соя, сорго та квасоля.*

***Стратегія внесення цинку за No-till***

Для подолання дефіциту використовують комплексний підхід, розділяючи внесення на кілька етапів:

*Стартове внесення (при посіві)*

- Найефективніший спосіб за технологією No-till.
- Використовують хелатні форми (наприклад, цинк у формі EDTA) або спеціальні гранульовані добрива, які вносять безпосередньо в рядок разом із насінням або на невеликій відстані від нього (технологія мікродобрив у рядок).
- Норма внесення залежить від ґрунту, але зазвичай становить 1–2 л/га рідких добрив для стартового живлення.

*Листкове (позакореневе) підживлення*

- Використовується як коригувальний захід або профілактика.
- Для кукурудзи оптимальні фази – 3–5 листків **та** 6–8 листків (до початку інтенсивного росту стебла).
- Норма: 0.5–2 л/га (залежно від концентрації діючої речовини). Рекомендується застосовувати хелатні форми. Часто цинк застосовують у бакових сумішах разом із бором для кращої синергії.
- *Обробка насіння*
- Ефективний захід для потужного старту кореневої системи. Забезпечує молоді рослини цинком на перших етапах вегетації, доки коренева система не розів'ється достатньо для поглиблення в ґрунт.

Нестача мікроелементів у ґрунті є причиною зниження швидкості й узгодженості обмінних процесів в організмі рослин, що може призвести до захворювань і навіть стати причиною їх загибелі. Зрештою рослини не реалізують своїх можливостей і дають низький та не завжди якісний урожай.

Важливими в живленні рослин є ще 14 елементів, найвагоміше значення мають шість – B, Mn, Cu, Co, Mo. Більшість мікроелементів потрібні для нормального росту і розвитку рослин, оскільки вони виконують важливі фізіологічні функції. Мікроелементи входять до складу ферментів, вітамінів,

гормонів, інших біологічно активних речовин і відіграють важливу роль у процесах синтезу білків, вуглеводів, жирів, вітамінів.

Мікроелементи не можна замінити на інші речовини, а їх нестача обов'язково має бути компенсована. Рослини можуть використовувати мікроелементи лише у водорозчинній формі (рухомі форми мікроелемента), нерухомі їх форми стають придатними після перебігу складних біохімічних процесів за участю гумінових кислот ґрунту.

Внесення мікроелементів в системах землеробства No-till і Strip-till можна проводити в такі строки:

- передпосівна обробка насіння препаратами, що містять мікроелементи;
- внесення стартових добрив разом із насінням під час сівби;
- внесення в складі рідких комплексних добрив;
- внесення позакореневим способом.

Нестача мікроелементів у ґрунті не призводить до загибелі рослин, але спричинює порушення обміну речовин, захворювання рослин і тварин

### 7.4. Внесення елементів живлення через листовий апарат

Останнім часом усе більшого поширення набуває листкове внесення елементів живлення під час вегетації культурних рослин у періоди найбільшої потреби в них.

Позакореневим живленням називають внесення добрив, завдяки яким рослини отримують поживні речовини не через коріння, а через листя і стебла. Такий спосіб живлення проводять, обприскуючи рослини розчинами, котрі містять поживні речовини. Необхідність позакореневого живлення обумовлена тим, що в другій половині вегетації вносити добрива в ґрунт неможливо через високий суцільний травостій. Крім того, в цей період вегетації часто в ґрунті є недостатня кількість вологи, що призводить до зниження або навіть припинення використання поживних елементів із ґрунту.

Останні наукові дослідження доводять, що найбільш активними і доступними для рослин є мікроелементи у формі комплексонатів (хелатів) металів, де елемент живлення перебуває в напіворганічній формі. Щоб уникнути опіків листків осмотичний потенціал розчинів для проведення позакореневого підживлення має бути нижчим за осмотичний потенціал клітинного соку листків. Тому на практиці застосовують розчини добрив, концентрація яких не перевищує 1,5–2 відсотки.

Виявлено позитивний ефект позакореневого внесення макро- та мікроелементів у комплексі із засобами захисту рослин, що виключає потребу в додатковому застосуванні обприскувачів для їх внесення. *Кожна гривня, витрачена на застосування мікродобрив, забезпечує одержання чистого прибутку залежно від культури від 4 до 50 і більше гривень.*

Застосування комплексних добрив для позакореневого підживлення підвищує врожайність на 10–30 відсотків та значно покращує його якісні та

органолептичні властивості, за умови достатнього вмісту основних елементів живлення (NPK) у ґрунті.

За результатами досліджень зарубіжних вчених, швидкість надходження поживного елемента до рослини через листя така: азот – 0,5–2 год, фосфор – 5–10 днів, калій – 10–24 год, кальцій – 10–94 год, магній 10–24 год. Треба пам`ятати, що рослини мають різну здатність поглинати поживні елементи через кореневу систему і через листя (табл. 7.5).

Таблиця 7.5.

**Дози рівної ефективності елементів живлення за різних шляхів надходження (Крамарьов С.)**

| Елемент живлення | Листкове живлення | Кореневе живлення | Елемент живлення | Листкове живлення | Кореневе живлення |
|---|---|---|---|---|---|
| N | 1 | 4 | Fe | 1 | 100 |
| P | 1 | 20 | Cu | 1 | 12 |
| K | 1 | 6 | Mn | 1 | 30 |
| S | 1 | 5–7 | Mg | 1 | 75 |
| B | 1 | 30 | Zn | 1 | 12 |

За високої культури землеробства для отримання високих урожаїв позакореневе підживлення має проводитися як обов'язковий агрозахід у системі інших заходів, спрямованих на підвищення врожаю.

Для визначення доцільності позакореневого підживлення найдоступнішим є метод зовнішньої оцінки дефіциту елементу живлення за станом листового апарату рослин (рис. 7.12).

*Отже, система удобрення в No-till, хоч і базується на загальних принципах, однак має й особливості у загальних підходах, конкретних знаряддях і заходах реалізації. Основна відмінність полягає в тому, що чим більший термін часу застосовується система No-till чи Strip-till, тим вищою є родючість ґрунту, що дає змогу зменшувати норми внесення штучних мінеральних добрив для отримання одного і того самого рівня врожайності.*

Водночас на сьогодні явно недостатньо вивчений процес колообігу як макро-, так і мікроелементів у ґрунті за відсутності механічного обробітку. Маловивченим залишається питання зміни поживного режиму ґрунту за умов поліпшення його агрофізичних властивостей, збільшення чисельності й інтенсивності життєдіяльності біоти за практично постійного його прикриття від сонячних променів за відмови від механічного обробітку.

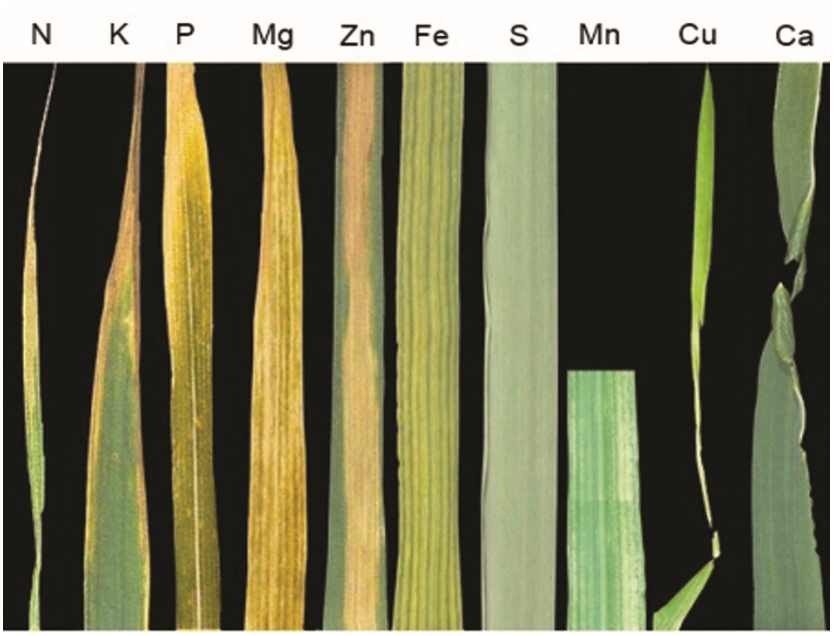


Рис. 7.12. Зовнішні прояви нестачі елементів живлення. © agronom.com.ua

**Висновок до розділу**

1. Живлення рослин у системах землеробства No-till і Strip-till має свої особливості, оскільки відмова від механічного обробітку змінює розміщення поживних речовин у ґрунті, швидкість розкладання рослинних решток, активність мікроорганізмів і доступність елементів живлення для рослин. У таких умовах систему удобрення потрібно розглядати не окремо, а як частину цілісної системи управління родючістю ґрунту.
2. Основним джерелом поживних речовин є ґрунт, рослинні рештки, покривні культури, органічна речовина та мінеральні добрива.
3. У No-till і Strip-till особливо важливе значення має залишення нетоварної частини врожаю на поле, оскільки вона підтримує колообіг елементів живлення, сприяє накопиченню органічної речовини та сприяє поступовому відновленню родючості ґрунту.
4. Важливу роль відіграє співвідношення вуглецю до азоту в рослинних рештках. Рештки з широким співвідношенням C:N можуть тимчасово зв’язувати доступний азот у ґрунті, тому за їх великої кількості потрібна азоткомпенсація. Натомість бобові культури й покривні бобові рослини збагачують ґрунт біологічним азотом і сприяють поліпшенню поживного режиму.
5. Система удобрення в No-till і Strip-till має базуватися на правильному виборі форми добрива, норми, строку та способу внесення. Концепція чотирьох правил застосування добрив допомагає узгодити потреби культури, властивості ґрунту, доступність елементів живлення, економічну доцільність і екологічну безпеку.
6. Азотні добрива в системі No-till потребують особливо уважного підходу, оскільки за поверхневого внесення можливі втрати азоту через випаровування, іммобілізацію або вимивання.

7. Стрічкове внесення часто є ефективнішим, оскільки дає змогу розмістити добриво ближче до кореневої системи та зменшити втрати. Водночас спосіб внесення має враховувати вологість ґрунту, культуру, форму добрива і ризик пошкодження насіння.
8. Фосфор у ґрунті є малорухомим елементом, тому в системах No-till і Strip-till важливо розміщувати його ближче до зони розвитку коренів. Стартові фосфорні добрива особливо важливі на початкових етапах росту рослин, коли ґрунт навесні прохолодніший, а розвиток кореневої системи ще обмежений.
9. Цинк, бор та інші мікроелементи також мають враховуватися в системі живлення рослин. Їх нестача може обмежувати врожайність навіть за достатнього забезпечення основними елементами живлення.
10. Система удобрення повинна будуватися на основі аналізу ґрунту, стану рослин і розуміння взаємодії між елементами живлення.
11. Позакореневе живлення важливий способом швидкого коригування дефіциту елементів живлення в період вегетації. Воно не замінює основну систему удобрення, але допомагає підтримати рослини в критичні фази розвитку, особливо коли через нестачу вологи або інші стресові умови коренева система не може повноцінно засвоювати поживні речовини з ґрунту.

**Питання для самоконтролю**

1. Чим відрізняються загальні запаси поживних речових у ґрунті від доступних?
2. Що таке диференціація орного шару?
3. Чому в системах землеробства No-till і Strip-till збільшена увага до органічних добрив?
4. Чи може бути робота з рослинними рештками елементом системи управління живленням рослин?
5. Опишіть колообіг азоту.
6. Опишіть колообіг фосфору.
7. Які загальні вимоги до системи удобрення?
8. Як впливає величина pH на рівень доступності поживних елементів для рослин?
9. Що таке концепція чотирьох правил застосування добрив?
10. Чи доцільно вносити азотні добрива розкидним способом по поверхні?
11. Що таке стрічковий спосіб внесення азотних добрив?
12. Чи можна вносити мінеральні добрива разом із насінням в одну посівну борозенку?
13. Чи можна вносити мінеральні добрива після сівби?
14. Коли фосфорні добрива можна вносити в системі землеробства No-till?
15. Що таке стартові добрива?
16. Які добрива доцільно вносити позакоренево?

## Додаткова література


1. Кисіль В. І. Агрохімічні аспекти екологізації землеробства. Харків. 2005. 167 с.
2. Марчук І. У., Макаренко В. М., Розстальний В. Є. Добрива та їх використання. Київ. 2002. 245 с.


## Відеоматеріали

1. Сухо. Підживлення соняшнику в посуху: https://www.youtube.com/watch?v=tbP7tez8OsM
2. Бор – прояви дефіциту на соняшнику: https://www.youtube.com/watch?v=2UzsTztuvmw
3. Особливості No-till в Олександра Чумака: удобрення, сівозміна, покривні культури, техніка: https://www.youtube.com/watch?v=vsOp5gWKdKI
4. Як підвищити врожайність і якість озимої пшениці – коли є сенс підгодовувати: https://www.youtube.com/watch?v=P6_Hp6mMTdQ

# Розділ 8. ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ БІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ РИЗИКУ В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

*У результаті опрацювання цієї теми здобувач освіти:*

**Набуде цілісного уявлення** про біологічні фактори ризику в системах землеробства No-till і Strip-till, їх роль у формуванні фітосанітарного стану посівів та особливості їх прояву за відмови від механічного обробітку ґрунту. Здобувач освіти зрозуміє, що бур'яни, шкідники, хвороби, токсини та фізіологічні стреси є невід'ємними елементами агроекосистеми, а їх контроль має базуватися не лише на застосуванні пестицидів, а й на використанні природних механізмів саморегуляції, сівозміни, рослинних решток, покривних культур і правильно побудованої технології вирощування.

**Навчиться аналізувати** причини зміни рівня біологічних ризиків у системах No-till і Strip-till порівняно з традиційним землеробством. Зможе оцінювати рівень забур'яненості посівів, видовий склад бур'янового угруповання, тривалість спільної вегетації культури та бур'янів, конкурентоздатність культури, вплив рослинних решток, погодних умов і технологічних заходів на формування біологічної шкоди. Навчіться аналізувати причини поширення мишоподібних гризунів, слимаків, окремих груп шкідників і хвороб у посівах за мінімального порушення ґрунту.

**Оволодіє знаннями щодо** біологічних особливостей бур'янів, гербокритичного періоду, тактичної та стратегічної ефективності контролю бур'янів, ролі ґрунтового банку насіння, принципів інтегрованого контролю бур'янової рослинності, особливостей застосування гербіцидів, зокрема препаратів на основі гліфосату. Засвоїть основні підходи до контролю багаторічних бур'янів, шкідників, мишоподібних гризунів, слимаків, хвороб рослин, токсичної дії рослинних решток, фізіологічного стресу культурних рослин і сучасних інновацій в захисту рослин.

**Отримає практичні навички** оцінювання біологічних ризиків у конкретному полі, визначення найбільш проблемних видів бур'янів, шкідників і хвороб, добору заходів інтегрованого контролю відповідно до системи землеробства, культури, сівозміни, погодних умов і рівня рослинних решток на поверхні ґрунту. Здобувач освіти навчиться обґрунтовувати доцільність застосування агротехнічних, хімічних, біологічних і організаційних заходів, а також розуміти, коли контроль має бути спрямований на зменшення поточної шкоди, а коли – на довгострокове зниження потенційної засміченості поля.

***Короткий зміст розділу***

Біологічні фактори ризику в системах землеробства No-till і Strip-till охоплюють бур'яни, шкідників, хвороби рослин, токсини та фізіологічні стреси. Відмова від суцільного механічного обробітку ґрунту, збереження рослинних решток і зміна температурного та водного режимів створюють інші умови для розвитку як шкідливих, так і корисних організмів. Тому

система захисту рослин має ґрунтуватися на постійному моніторингу, сівозміні, використанні природних механізмів саморегуляції та обґрунтованому застосуванні пестицидів.

Бур'яни є природним компонентом агрофітоценозу й займають вільні екологічні ніші, які не використовуються культурними рослинами. Їх поширенню сприяють розтягнутий період проростання, висока насіннєва продуктивність, здатність до швидкого поширення та тривале збереження життєздатного насіння у ґрунті. Механічне порушення ґрунту переміщує насіння у верхній шар і стимулює появу нових сходів. Найбільшої шкоди бур'яни завдають у гербокритичний період – переважно в перші 30–45 днів після появи сходів культури. Конкуренція за світло, воду, поживні речовини та простір у цей час може необоротно зменшити кількість і розмір майбутніх продуктивних органів. Пізніше знищення бур'янів не завжди усуває вже завдану біологічну шкоду.

Рівень шкодочинності залежить від кількості та видового складу бур'янів, тривалості їх спільної вегетації з культурою, густоти й стану посіву, погодних умов, системи живлення, строків сівби, зрошення та особливостей захисту рослин. Завдання контролю полягає не в повному знищенні бур'янів, а в обмеженні їх чисельності до економічно прийнятного рівня. Інтегрований контроль бур'янів поєднує запобіжні, агротехнічні, фітоценотичні, хімічні, біологічні та організаційні заходи. Тактична ефективність визначається зменшенням чисельності бур'янів у посіві протягом поточного року, а стратегічна – скороченням ґрунтового банку їх насіння та недопущенням формування нового життєздатного насіння.

За відсутності механічного обробітку насіння бур'янів накопичується переважно на поверхні або у верхньому шарі ґрунту. Тут воно швидше втрачає життєздатність унаслідок коливань температури й вологості, проростання, поїдання птахами та ґрунтовою фауною, а також діяльності мікроорганізмів. Якщо не допускати нового надходження насіння, потенційна забур'яненість поступово знижується.

Сівозміна є одним із головних засобів контролю бур'янів. Чергування культур із різними строками сівби, біологічними особливостями та конкурентною здатністю порушує життєві цикли окремих видів. У No-till ефективним є послідовне вирощування протягом двох років культур холодного періоду, а потім два роки культур теплого періоду. Конкурентоспроможність посіву підвищують оптимальною густотою рослин, звуженням міжрядь, правильним строком сівби, добором норми висіву та збалансованим живленням.

Рослинні рештки додатково пригнічують бур'яни, оскільки змінюють освітленість, температуру та вологість поверхні ґрунту, створюють фізичну перешкоду для проростків і впливають на них продуктами розкладання.

Гербіциди залишаються важливою складовою частиною системи захисту, але не можуть бути єдиним засобом контролю. Програму їх застосування розробляють окремо для кожного поля з урахуванням культури, видового складу бур'янів, рослинних решток і погодних умов. Ґрунтові

гербіциди в системах No-till часто доцільніше вносити після сівби, але до появи сходів культури, оскільки прохід сошника може порушувати сформований раніше гербіцидний екран.

Препарати на основі гліфосату використовують у періоди відсутності сходів культур: перед сівбою, після сівби до появи сходів, після збирання для контролю багаторічних бур'янів та в інших передбачених технологією випадках. Гліфосат не контролює однаково ефективно всі види бур'янів, тому за потреби його поєднують з іншими діючими речовинами. Важливими умовами ефективності є правильний строк обробки, фізіологічний стан бур'янів і якість води для приготування робочого розчину.

Контроль багаторічних бур'янів потребує довгострокової програми. Системні гербіциди найефективніші тоді, коли поживні речовини переміщуються від листків до кореневищ, коренепаростків і бульб. Найсприятливішим періодом часто є осінь. Навіть за правильного застосування гербіцидів очищення поля від багаторічних видів може тривати кілька років.

У системах No-till і Strip-till змінюється видовий склад шкідників. Водночас стабілізація агроекосистеми сприяє збільшенню чисельності хижих комах, які природно обмежують популяції шкідливих видів. Окремої уваги потребують дротяники, мишоподібні гризуни та слимаки.

Мишоподібним гризунам сприяють відсутність руйнування нір, наявність рослинних решток і корму на поверхні поля. Основою контролю є систематичне обстеження посівів, зменшення втрат зерна під час збирання, використання природних ворогів і застосування дозволених родентицидів за їх небезпечної чисельності.

Слимаки найбільш шкодочинні в прохолодних і вологих умовах, особливо протягом першого місяця після сівби. Вони можуть пошкоджувати зернові, кукурудзу, сою, ріпак, люцерну та інші культури. Єдиного універсального способу контролю слимаків немає, тому необхідне поєднання моніторингу, агротехнічних заходів, підтримання природних ворогів і спеціалізованих засобів захисту.

Рослинні рештки можуть бути місцем збереження окремих збудників хвороб, але водночас вони сприяють зростанню чисельності корисної мікробіоти та природному біологічному контролю патогенів. Основою захисту від хвороб залишаються правильна сівозміна, добір культур і сортів, якісне насіння, протруювання та моніторинг. Посилення фунгіцидного захисту лише через перехід на No-till або Strip-till не завжди є обґрунтованим.

Токсичний вплив рослинних решток може виникати за їх потрапляння разом із насінням у посівну борозну, особливо в холодному й вологому ґрунті. Це спричиняє ослаблення сходів. Фізіологічний стрес може проявлятися затримкою проростання та повільнішим початковим розвитком рослин через нижчу температуру ґрунту. За ослаблених рослин або несвоєчасного внесення можливий фітоценотичний стрес від гербіцидів, або застосування необгрунтованої суміші декількох пестицидів. Зменшити ці ризики можна правильним налаштуванням сівалки, добором сошників,

управлінням рештками застосуванням Strip-till за обов`язкового дотримання регламенту та рекомендованих норм внесення пестицидів.

## 8.1. Поняття біологічних ризиків та їх значення в системах землеробства No-till і Strip-till

Біологічні фактори ризику є обов`язковими факторами функціонування любої агроекосистеми, і тому є чинником любої системи землеробства. До біологічних факторів ризику (БФР) у землеробстві зараховують шкідників, хвороби сільськогосподарських культур і бур'яни (ДСТУ 4756:2007). У світовій літературі до біологічних факторів ризику також відносять токсини, фізіологічні стреси в розвитку рослин, які викликані зміною фізичних та хімічних властивостей ґрунту, що зумовлені відсутністю його механічного обробітку й наявністю рослинних решток на поверхні. Відмова від механічного обробітку ґрунту або різке його зменшення зумовлює відповідно і зміну всієї системи контролю всіх БФР.

Проблема бур'янів, шкідників і хвороб у посівах сільськогосподарських культур була чи не найактуальнішою ще з часів початку вирощування культур і залишається такою донині в кожній сучасній системі землеробства.

Добре відомою істиною є те, що без вирішення питання ефективного контролю фітосанітарного стану посівів сільськогосподарських культур жодна система землеробства не буде життєздатною. В системі землеробства No-till формуються інші ніж в традиційній умови формування і розвитку біологічних факторів ризику. Відмова від механічного обробітку грунту обмежує можливості землероба в їх контролі, але одночасно створює умови для формування специфічного біологічного компоненту агрофітоценозу з значним рівнем присутності природних факторів контролю популяції шкідливих організмів, що викликає необхідність більш глибокого знання не лише біології шкідливих організмів, а і природних механізмі регулювання рівня чисельності їх популяції в агрофітоценозі.

Таким чином, специфіка формування біологічних факторів ризику в агрофітоценозах та відсутність механічних заходів їх контролю зумовлює формування в No-till відмінної від традиційної системи їх контролювання.

## 8.2. Контроль бур'янів

### *8.2.1. Біологічні особливості бур'янів*

Люба сільськогосподарська культура в монокультурі в принципі не здатна використати всі ресурси, що зумовлює завжди присутність в агрофітоценозі вільних екологічних ніш, які будуть заповнені бур`янами. Основою для розробки правильної стратегії контролю бур'янів є розуміння місця цієї групи природної рослинності у фітоценозах та глибоке знання біологічних особливостей їх розвитку й екологічних вимог до факторів життя рослин. *Екологічне визначення бур'янів: «Бур'яни – це піонерні рослини порушених екотопів».* Звідси можна зробити висновок, що сукупність видів рослин, які ми називаємо бур'янами, – це природний засіб заповнення вільних екологічних ніш. З погляду природи, наші поля – це порушений

екотоп (ґрунт), на яких знищена природна рослинність. а культури, які ми вирощуємо це моновидові посіви із вільними екологічними нішами При цьому значний проміжок часу на полі взагалі були відсутні рослини. Чим більше на полі вільних екологічних ніш і чим довший період вони існують, тим більше бур'янів можуть бути присутніми на полі. Для виконання цього природного завдання всі бур'яни мають такі біологічні особливості:

*1)* ***розтягнутий період проростання.*** Ця біологічна особливість допомагає бур'янам займати звільнені екологічні ніші незалежно від часу їх появи протягом усього вегетаційного сезону. Практичний висновок – необхідна тривалість дії системи контролю – весь вегетаційний сезон;

*2)* ***висока насіннєва продуктивність.*** Практичний висновок - система контролю бур'янів має мусить мати високу біологічну ефективність, тому що навіть незначна чисельність бур'янів здатна швидко поповнити ґрунтовий банк насіння;

***3) здатність органів розмноження швидко поширюватися на значній площі.*** Ця біологічна особливість забезпечує бур'янам можливість контролювати появу вільних екологічних ніш на значній площі. Практичний висновок – незнищені бур`яни на одному полі чи ділянці – перше джерело засміченості оточуючих полів;

*3)* ***збереження життєздатного насіння тривалий час у ґрунті***. Це дає змогу цій групі рослинності чекати появи вільних екологічних ніш кілька років. Практичний висновок - щорічне «закопування» оранкою насіння бур'янів як захід їх знищення – неефективне;

*4)* ***порушення спокою насіння механічним обробітком і переміщення у верхній шар ґрунту прискорює його проростання***. Практичний висновок - розпушування верхнього шару ґрунту при достатньому зволоженні збільшую і прискорює появу сходів бур'янів.

Незважаючи на те, що бур'яни здатні проростати весь вегетаційний сезон, їх основний негативний вплив на культуру найбільше виявляється лише певний проміжок часу в перший період вегетації культури. Цей період називають *гербокритичним* (рис. 8.1) Біологічною основою гербокритичного періоду є система взаємовідносин між рослинами. Найгостріша вона на початку вегетації, коли відбувається заповнення екологічних ніш конкуруючими рослинами. Тривалість цього періоду в різних видів коливається від 30 до 45 днів після появи сходів культури. В цей період особливо важливо добитися максимального розриву в часі між появою сходів культури та бур'янами.

*Чим менша різниця в часі між сходами культури та бур'янів, тим вищий негативний вплив бур'яни можуть справити на культуру*. Це називають *біологічною шкодою*, яка виражається в зниженні густоти стояння, висоти рослин, зменшенні врожаю та погіршення його якості.

Крім цього, присутність бур'янів може становити й *технологічну шкоду*, коли їх наявність у посіві фізично заважає якісному виконанню технологічних операцій, наприклад, сівбі, догляду чи збиранню культури.

Наприклад, збирання забур'янених посівів призводить до збільшення втрат урожаю.

Бур'яни та культури – це рослини однієї групи – трави, й упаковка екологічних ніш у гербокритичний період виражається формуванням нижчого потенціалу врожайності у рослин, наприклад, через зменшення генеративних органів (рис. 8.2).

Закладені елементи структури врожаю (наприклад, довжина і кількість колосків) надалі не можна покращити навіть за наступного знищення причини (присутності бур'янів). *Звідси висновок: пізнє знищення бур'янів не знімає негативного їх впливу, оскільки біологічна шкода від них для культури уже відбулася*.

Шкоду бур'яни можуть завдавати й після того, як вони знищені. Причина полягає в токсичному впливі продуктів їх розкладання. Наприклад, продукти розкладання кореневищ знищеного гербіцидом пирію повзучого подавили розвиток рослин кукурудзи (рис. 8.3).

Загальний рівень можливої біологічної шкоди залежить від:

- рівня присутності бур'янового угруповання;
- видового складу бур'янового угруповання;
- часу спільної вегетації культури та бур'янів;
- виду культури, густоти стояння та стану її розвитку;
- погодних умов;
- технологічних заходів (кількість і норми внесених мінеральних добрив, зрошення тощо).

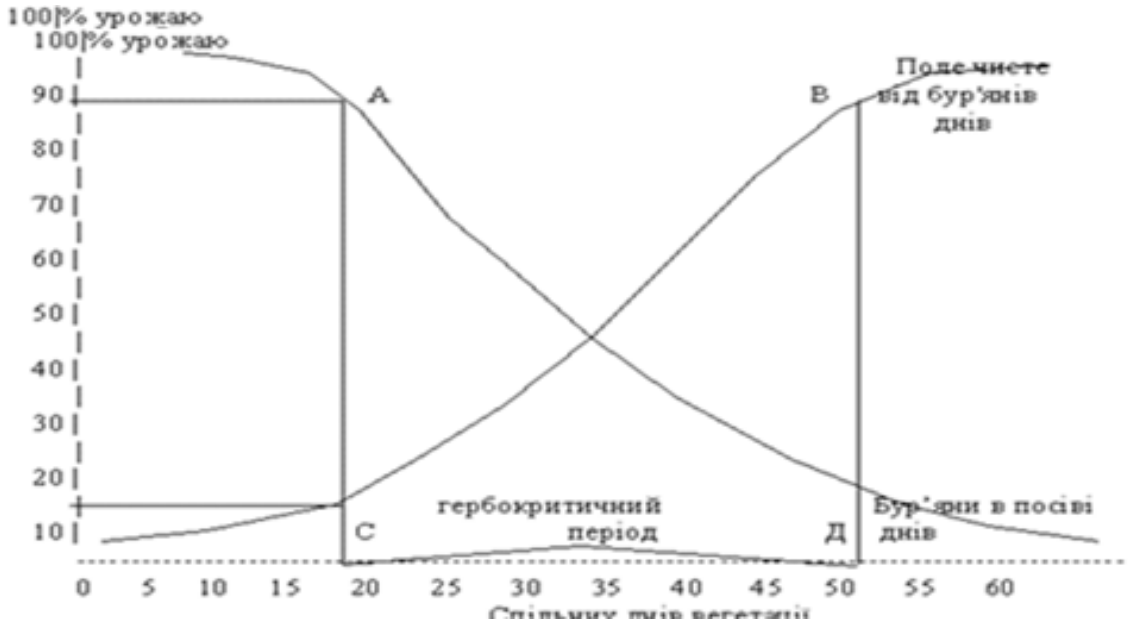



Рис. 8.1. Гербокритичний період. © Косолап М.




Рис. 8.2. Закладений у точці росту колос за умови присутності й відсутності поряд бур'янів. © Косолап М.



Рис. 8.3. Пригнічення розвитку кукурудзи продуктами розкладу кореневищ пирію повзучого, знищеного гербіцидами. © Косолап М.

Таблиця 8.1

**Чинники, що визначають рівень можливої біологічної шкоди від бур'янів**

| Чинник | Як впливає на рівень шкоди від бур'янів |
|---|---|
| Рівень забур'яненості посіву | Чим більша кількість бур'янів у посіві та чим вища їхня біомаса, тим сильнішою є конкуренція з культурними рослинами за світло, вологу, поживні речовини та простір. |
| Видовий склад бур'янового угруповання | Різні види бур'янів мають неоднакову шкодочинність. Одні швидко ростуть і затінюють культуру, інші формують потужну кореневу систему або інтенсивно використовують вологу й поживні речовини. |
| Тривалість спільної вегетації культури та бур'янів | Чим довше бур'яни ростуть разом із культурними рослинами, тим більшим може бути їхній негативний вплив. Особливо небезпечною є конкуренція на ранніх етапах розвитку культури |
| Вид культури | Різні культури мають неоднакову здатність конкурувати з бур'янами. Культури, які швидко формують надземну масу й добре закривають поверхню ґрунту, краще пригнічують бур'яни. Повільний початковий ріст культури, навпаки, підвищує ризик забур'янення. |
| Густота стояння культурних рослин | Оптимальна густота посіву сприяє швидшому змиканню рядків і зменшує доступ світла до бур'янів. Зріджені або нерівномірні посіви створюють умови для активнішого розвитку бур'янової рослинності. |
| Стан розвитку культурних рослин | Добре розвинені рослини краще конкурують із бур'янами. Ослаблені, пошкоджені або нерівномірні посіви гірше використовують ресурси середовища, тому бур'яни можуть швидше займати вільний простір. |
| Погодні умови | Температура, кількість опадів і забезпеченість вологою впливають як на культуру, так і на бур'яни. За сприятливих умов бур'яни можуть швидко нарощувати біомасу й посилювати конкуренцію з культурними рослинами. |
| Система обробітку ґрунту | Обробіток ґрунту впливає на розміщення насіння бур'янів у ґрунтовому профілі, умови його проростання та подальший розвиток бур'янового угруповання. У різних системах землеробства механізми регулювання бур'янів відрізняються. |
| Сівозміна | Чергування культур впливає на видовий склад бур'янів і не дає окремим видам постійно пристосовуватися до одних і тих самих умов вирощування. Одноманітна структура посівів може сприяти накопиченню певних видів бур'янів. |
| Строки сівби | Строки сівби визначають співвідношення між темпами розвитку культури та бур'янів. Якщо культура швидко займає площу й випереджає бур'яни в розвитку, рівень їхньої шкодочинності зменшується. |
| Норма висіву | Правильно підібрана норма висіву забезпечує оптимальну густоту стояння рослин. За недостатньої норми висіву посів може бути зрідженим, що створює більше простору для розвитку бур'янів. |

| | |
|---|---|
| Рівень мінерального живлення | Внесення добрив може посилювати ріст не лише культурних рослин, а й бур'янів. Якщо культура добре розвинена, вона ефективніше використовує поживні речовини. Якщо ж посів слабкий або зріджений, добрива можуть частково стимулювати розвиток бур'янів. |
| Зрошення | За наявності зрошення створюються сприятливі умови для росту рослин, але водночас може посилюватися розвиток бур'янів. Тому в умовах зрошення важливо своєчасно контролювати бур'янове угруповання. |
| Система захисту рослин | Ефективність контролю бур'янів залежить від своєчасності та правильності застосування заходів захисту. Запізнення з контролем бур'янів може призвести до значної конкуренції з культурою і зниження продуктивності посіву. |
| Фаза розвитку бур'янів | Молоді бур'яни легше контролювати, а їхній вплив на культуру ще відносно обмежений. У пізніших фазах розвитку вони формують більшу біомасу, активніше конкурують із культурою і можуть ускладнювати збирання врожаю. |
| Запас насіння бур'янів у ґрунті | Чим більший запас насіння бур'янів у ґрунті, тим вищий ризик появи нових хвиль забур'янення протягом вегетації. Це ускладнює контроль бур'янів і потребує системного підходу до їх регулювання. |

*Отже, бур'яни є закономірним та обов'язковим компонентом агрофітоценозів, знищити який повністю з економічного погляду дуже дорого, а з екологічного – шкідливо. Виходячи з цього, термін «боротьба» було замінено на термін «контролювання», суть якого – обмежити рівень присутності бур'янів в агрофітоценозах до економічно прийнятного на сьогодні рівня за мінімально рівня витрат на заходи.*

### *8.2.2. Стратегія контролю бур'янів*

На сучасному етапі розвитку систем землеробства найперспективнішими методами вирішення завдань контролювання БФР, зокрема і бур'янів у посівах сільськогосподарських культур, є інтегровані системи контролю, що передбачають поєднання природних механізмів саморегулювання чисельності популяцій БФР із запобіжними, винищувальними та спеціальними агротехнічними заходами. У традиційній системі землеробства інтегрована система контролю базується на сукупності заходів механічного обробітку ґрунту, а в системі No-till і Strip-till – на доповненні природних механізмів саморегуляції запобіжними та спеціальними (основним винищувальним методом є хімічний) заходами.

*Запобіжними заходами* вважають такі, що не допускають занесення на поля насіння бур'янів чи їх вегетативних органів розмноження. *Винищувальні* – передбачають застосування любих заходів знищення від хімічних до біологічних, що припиняють життєздатність рослин бур'янів. *Спеціальні заходи* – це фітоценотичні, екологічні й організаційні (ДСТУ 6070:2008).

*Відомо, що за життєвим циклом і способом розмноження всі бур'яни поділяють на малорічні та багаторічні. Концептуальний підхід контролю бур'янів за тієї чи іншої системи землеробства полягає в тому, що хоча група багаторічних бур'янів є більш шкодочинними ніж малорічні, але, оскільки основний спосіб їх розмноження – вегетативний, від них можна повністю очистити поля за кілька років, якщо правильно обрати тактику і заходи їх контролю. Однорічні бур'яни є менш небезпечними, але із-за їх здатності розмножуються насінням, системою заходів можна лише зменшити й контролювати рівень їх присутності на полі в конкретному році, проте неможливо повністю очистити від них поля.*

У системі контролю однорічних бур'янів акцент слід робити на заходах, які будуть певною мірою впливати на динаміку популяцій бур'янів насіннєвого способу розмноження – основою якої є ґрунтовий банк насіння. Зважаючи на це, всі заходи за ступенем і рівнем впливу можна умовно поділити на ті, що забезпечують уникнення біологічної шкоди і дозволяють контролювати фактичну забур'яненість конкретного посіву в певному році, та котрі забезпечують стратегічний контроль популяції конкретного виду малорічного бур'яну завдяки зменшенню кількості його насіння в ґрунтовому банку у період відсутності культури на полі. До перших, наприклад, можна зарахувати знищення бур'янів у період сходів культури, а до других – зменшення чи недопущення формування бур'янами життєздатного насіння у післяжнивний період.

***Міфи та реальність.*** Основна пересторога в багатьох виробничників при переході від традиційної до системи No-till і Strip-till полягає в тому, що за відмови від механічного обробітку ґрунту різко зросте рівень забур'яненості посівів. Базується вона на віковому досвіді землероба, коли основним і практично єдиним заходом контролю бур'янів був механічний метод. Водночас, якби оранка справді здатна була б вирішити проблему присутності бур'янів на полях, наші посіви сільськогосподарських культур давно були б чистими від них.

Друга пересторога, яка витікає з першої: за відсутності обробітку ґрунту для знищення бур'янів поля будемо «заливати» гербіцидами, тому різко зросте хімічне навантаження на ґрунт й оточуюче середовище.

Як свідчать результати наукових досліджень та практика господарств, де витримана кілька років інтегрована система контролю бур'янів, що базується на знанні видового складу проблемних бур'янів, динаміки їх популяції: фіксується суттєве зниження рівня їх присутності в посівах, а відповідно, і потреба в застосуванні гербіцидів знижується на 50% порівняно з початковим періодом запровадження системи землеробства No-till (рис. 8.4).

Динаміка рівня присутності на полі популяцій всіх видів бур'янів протягом вегетаційного сезону визначається їх біологічними особливостями, екологічними вимогами та наявними кліматичними ресурсами території. *У однорічних бур'янів насіння є ключовим моментом динаміки популяції цих видів (рис 8.5).*

Основним показником довгострокової ефективності контролю однорічних бур'янів є динаміка ґрунтового банку їх насіння. В системі землеробства No-till активна частини ґрунтового банку, яка дає сходи концентрується у верхньому посівному шарі ґрунту і при відсутності щорічного надходження поступово виснажується, а насіння більшості видів із нижніх шарів за біологічними особливостями не здатне прорости.

*Біологічна (тактична) ефективність контролю популяції конкретного виду визначається зменшенням його чисельності в гербокритичний період – показник відображає рівень уникнення біологічної шкоди, а стратегічна – зменшенням формування банку життєздатного насіння в ґрунті, який визначає рівень присутності бур'янів у посівах наступних сільськогосподарських культур.*

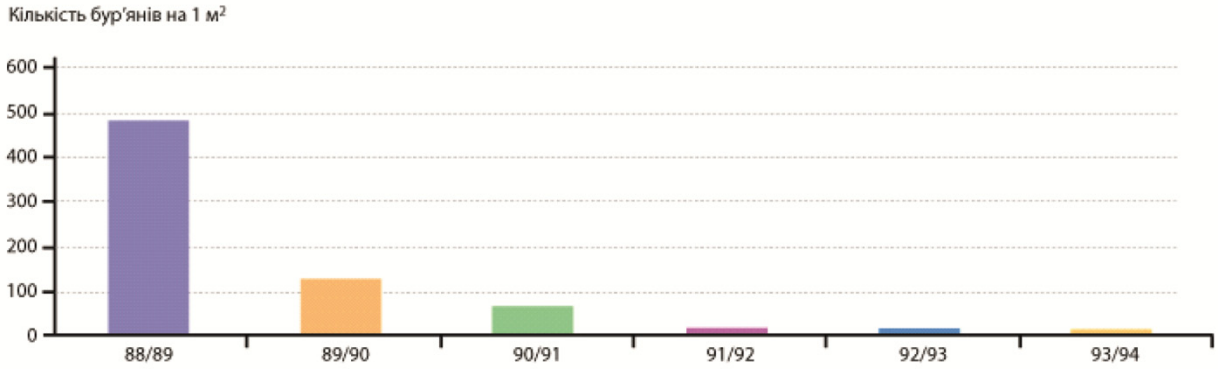



Рис. 8.4. Забур'яненість посівів за технології No-till за відсутності нового надходження насіння, шт./м$^2$, 1994. © Skora Neto (IAPAR)

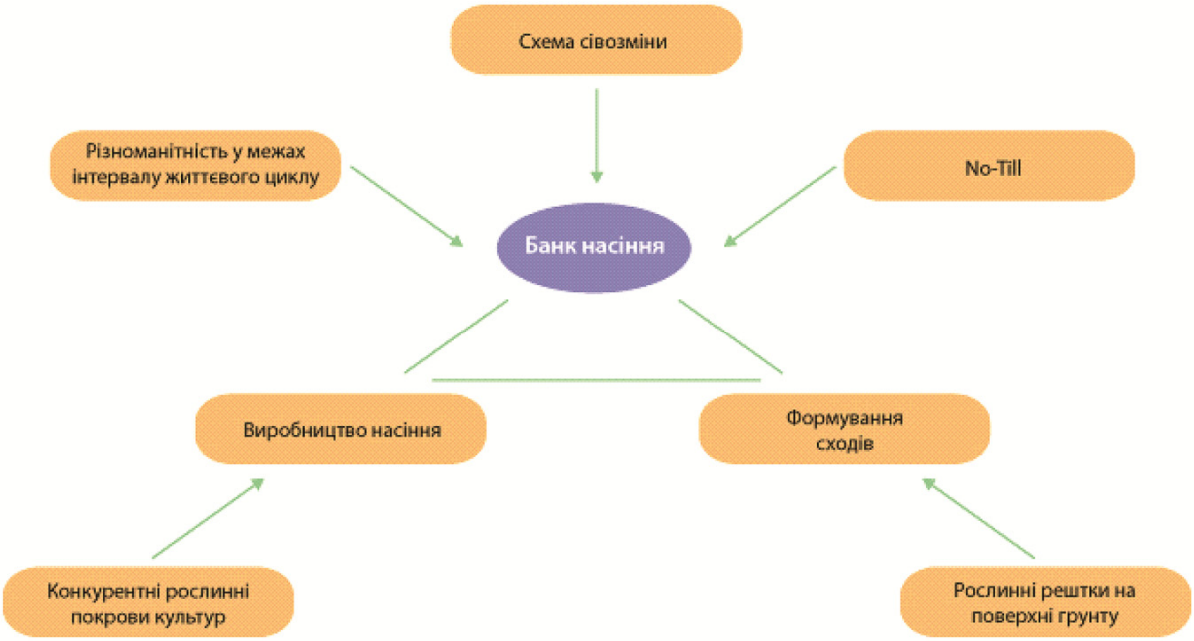



Рис. 8.5. П'ять компонентів системи інтегрованого контролю бур'янів. © Косолап М.



Рис. 8.6. Анізанта покрівельна в посівах пшениці озимої. © Косолап М.

Відмова від механічного обробітку ґрунту суттєво змінює його властивості, що не може не позначитися на зміні видового складу бур'янового угруповання. Наприклад, в господарствах зони Степу, які тривалий час практикують систему землеробства No-till, відмічається поява таких нових видів бур'янів із родини тонконогових, як анізанта покрівельна (бромус покрівельний) та егілопс циліндричний (рис. 8.6). У посівах зернових колосових ці види становлять значну проблему. Спочатку вони з'являються окремими плямами в посівах, а потім із посівним матеріалом розносяться по інших полях (рис. 8.7).



Рис. 8.7. Егілопс циліндричний. © Косолап М.

### *8.2.3. Агротехнічні заходи контролю бур'янів*

*Сівозмінний фактор.* Науково обґрунтоване чергування культур у сівозміні є першим базовим чинником впливу на формування бур'янового компонента агрофітоценозу.

*По-перше, при чергуванні культур на полі відбувається зміна видового складу бур'янового угруповання*, позаяк кожній культурі властива присутність певного набору проблемних видів однорічних бур'янів, насіння яких наявне в ґрунтовому банку на певній території. Багаторічні бур'яни практично не прив'язані до культури та є характерною особливістю конкретного поля. Вони здатні забур'янювати кожну культуру, яку висівають на полі незалежно від їх чергування в сівозміні.

*По-друге, під впливом сівозміни можливе зменшення загального рівня присутності бур'янів у посівах*. Кожна культура має свій рівень конкуренто-здатності протистояти бур'янам і водночас створює різні можливості фітоценотичного контролю їх присутності в посівах певної культури. Зміна культур на полях ставить кожен раз певну групу бур'янів у несприятливі умови для появи їх сходів і подальшого розвитку. Треба розрізняти *конкурентоздатність культури*, основою якої є її певні біологічні особливості й *протибур'янову стійкість посіву*, що, крім біологічних особливостей самої культури, визначається агротехнічними заходами, котрі зумовлюють рівномірність розміщення рослин на полі, їх густоту стояння, час появи сходів, рівень живлення тощо.

Обсяг агротехнічних можливостей контролю рівня присутності й репродуктивної здатності видів бур'янів на полі пов'язаний зі строками сівби та збирання конкретної культури. Наприклад, сходи мишію зеленого з'являються в середині травня, а цвітуть і формують насіння рослини мишію в липні. Озима пшениця на зерно звільняє поле в липні. Отже, в післязбиральний період у цьому полі можна контролювати не лише присутність, а й репродуктивну здатність малорічних післяжнивних бур'янів, у нашому прикладі – пізнього ярого виду бур'яну мишію. Подібну ситуацію можна змоделювати й для поля, де вирощується кукурудза, стосовно ранніх ярих бур'янів.

У такий спосіб можливий контроль репродуктивної здатності певних видів бур'янів у посівах конкретної культури протягом одного року. Якби термін зберігання життєздатності насіння цих видів був один рік, то в принципі можливо остаточно вирішити питання забур'яненості культур цим видом, але всі малорічні бур'яни здатні тривалий час зберігати у ґрунтовому банку велику кількість життєздатного насіння.

*Дослідження впливу сівозмінного фактору на бур'яни за системи землеробства No-till показали, що за відсутності механічного обробітку ґрунту для ефективного пригнічення бур'янів доцільно розробляти схему чергування культур у сівозміні так, щоб дві культури холодного періоду (ранні ярі та озимі) займали два роки, а потім поле займали два роки культури теплого періоду (пізні ярі). Це допомагає набагато суттєвіше*

*знизити загальний рівень забур'яненості культур порівняно зі щорічним чергуванням культур теплого і холодного періодів.*

За традиційної системи землеробства, яка базується на полицевому обробітку ґрунту, не дотримуються означених вище рекомендацій, і в польових сівозмінах щороку культури холодного періоду змінюються теплими.

У посушливих регіонах Степу прикладом вдалого протибур'янового чергування культур у короткоротаційній сівозміні може бути такий: *озима пшениця – кукурудза – просо – горох*. У сівозміні дві культури (озима пшениця і просо) можуть взагалі вирощуватися без застосування гербіцидів під час їх вегетації із-за високої їх конкурентної спроможності. Варто відзначити, ще й таку перевагу: за низької загальної чисельності бур'янів гербіциди як ґрунтові, так і післясходові є більш ефективними (Winkle M. E. та ін., 1981; Dieleman J A. та ін., 1999). Практика господарства «Мрія» свідчить, що це дозволяє застосовувати мінімальні норми їх внесення.

У чистому пару гербіцидами можна успішно контролювати бур'яни завдяки дво- і триразовому їх внесенню, а за традиційної технології обробітку ґрунту за період догляду за паром для цього необхідно провести 4–6 механічних обробітків. Варто зауважити про таку особливість впливу механічних заходів обробітку: знищуючи бур'яни, що вегетують, обробіток рихлить ґрунту, що стимулює проростання наступної порції насіння. Порушення чергування культур може призводити до різкого зростання чисельності ранніх або пізніх видів бур'янів. Через вплив системи механічного обробітку на динаміку появи сходів бур'янів у традиційній системі землеробства менше виражена залежність рівня забур'яненості посівів від порядку чергування культур у сівозміні ніж в системі No-till.

Основними статтями витрат насіння з ґрунтового банку є проростання, споживання їх птахами та різними представниками ґрунтової фауни, а також розклад насіння мікроорганізмами. *Наукові дані (табл. 8.2) свідчать, що в природних умовах кількість життєздатного насіння без його поповнення в ґрунті щороку знижується*

Таблиця 8.2

**Вплив схеми чергування культур у сівозміні за різних систем обробітку ґрунту на кількість сходів бур'янів через 9 років після закладки досліду (Anderson R., 2004)**

| Варіанти обробітку ґрунту | Схема сівозміни* | | Різниця в забур'яненості в межах варіанту системи обробітку |
|---|---|---|---|
| | 1:1 | 2:2 | |
| Механічний обробіток** | 225 | 44 | 5 разів |
| No-till | 94 | 7 | 13 разів |

** Сівозміна 1:1 – чергуються щорічно культури холодного і теплого періодів; сівозміна 2:2 – культури холодного і теплого періодів чергуються через 2 роки.*

*** Система механічного обробітку мала мінімум одну культивацію культиватором-плоскорізом кожен рік.*

***Природні механізми зниження потенційної забур'яненості.*** Науковими дослідженнями встановлено, що швидкість втрати життєздатності насінням вища за його розташування на поверхні ґрунту, де фактори, що впливають на нього (волога, світло, температура тощо), мають найбільшу амплітуду коливання. Зароблене в ґрунт насіння здатне триваліший час зберігати свою життєздатність. Цим пояснюється той факт, що за постійного механічного обробітку ґрунту спостерігається високий рівень потенційної засміченості посівів.

Концентрація насіння на поверхні ґрунту за кількарічного ефективного контролю репродуктивної здатності бур'янів допомагає значно зменшити актуальність проблеми забур'яненості в системах землеробства No-till і Srtip-till. Встановлено, наприклад, що за перший рік після осипання життєздатним залишається 20 відсотків насіння бромусу житнього і мишію зеленого, а через два роки – лише 5 відсотків (Anderson R., 2003). Це характерно для більшості однорічних бур'янів (Roberts H. A., 1981; Egley G. T. & Williams R. D., 1990). Чергування культур із різними життєвими циклами, що визначає видовий набір вегетуючих бур`янів допомагає досягти природним шляхом зменшення потенційної засміченості ґрунту (рис. 8.8).

***Динаміка проростання бур'янів.*** Бур'яни не сходять рівномірно протягом вегетаційного сезону. Дослідженнями динаміки наростання чисельності сходів бур'янів було встановлено два піки їх масової появи. Перший формується здебільшого сходами ранніх ярих і зимуючих бур'янів, а другий – пізніми ярими бур'янами (рис. 8.9). Враховуючи тривалість періоду між піками появи сходів бур'янів, можна передбачити чергування культур в сівозміні так, щоб до сівби наступної було знищено 35–50 відсотків імовірних сходів бур'янів і сходи культури з'являлися б раніше, ніж сходи бур'янів.

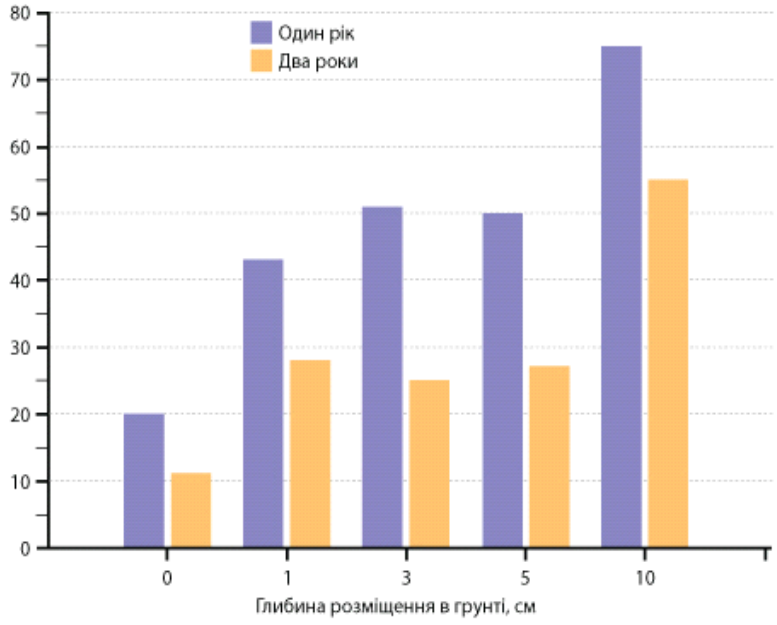



Рис. 8.8. Вплив глибини розміщення насіння мишію зеленого на рівень його життєздатності. Дослідження проводилися в напівпосушливих умовах прерій Канади, 1973, © Banting J. D. та ін.; 1986. © Thomas A. G. та ін.

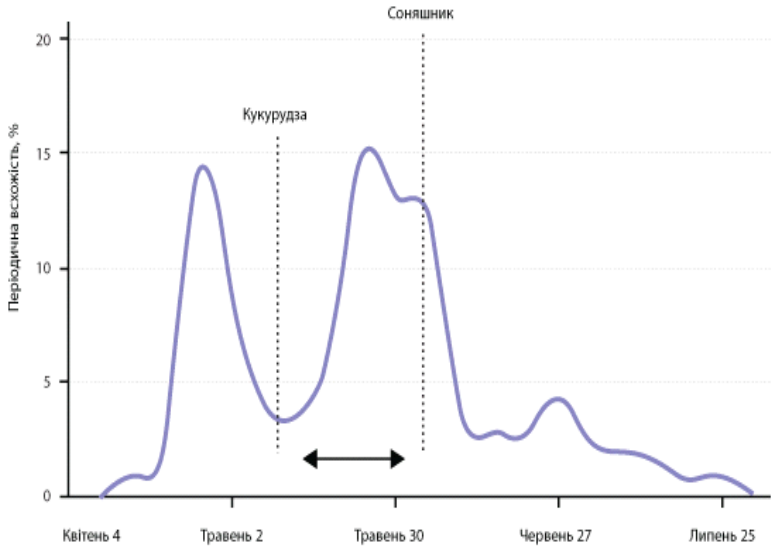



Рис. 8.9. Динаміка сходів бур'янів у штаті Колорадо. Вертикальні лінії – час посіву кукурудзи та соняшнику, 2004. © Anderson R.

Збільшення чисельності бур'янів у перші роки після переходу на систему No-till чи Strip-till пояснюється наявністю великої кількості насіння бур'янів на поверхні ґрунту. Проте якщо нові порції насіння бур'янів не будуть потрапляти на поверхню ґрунту, то з часом за системи землеробства No-till і Strip-till кількість сходів бур'янів зменшуватиметься набагато швидше, ніж за традиційної системи землеробства, що зумовлено зменшенням потенційної засміченості посівного шару ґрунту – основного шару грунту звідки з`являються бур`яни. За застосування ефективної системи контролю збільшення чисельності бур'янів може спостерігатися лише в перші два роки.

*Водночас необхідно добре розуміти, що в перші роки переходу до системи землеробства No-till і Strip-till, може збільшитися не лише кількість сходів бур'янів, а й зміститися час появи їх сходів на пізніший строк порівняно з обробленим ґрунтом (рис. 8.10).*

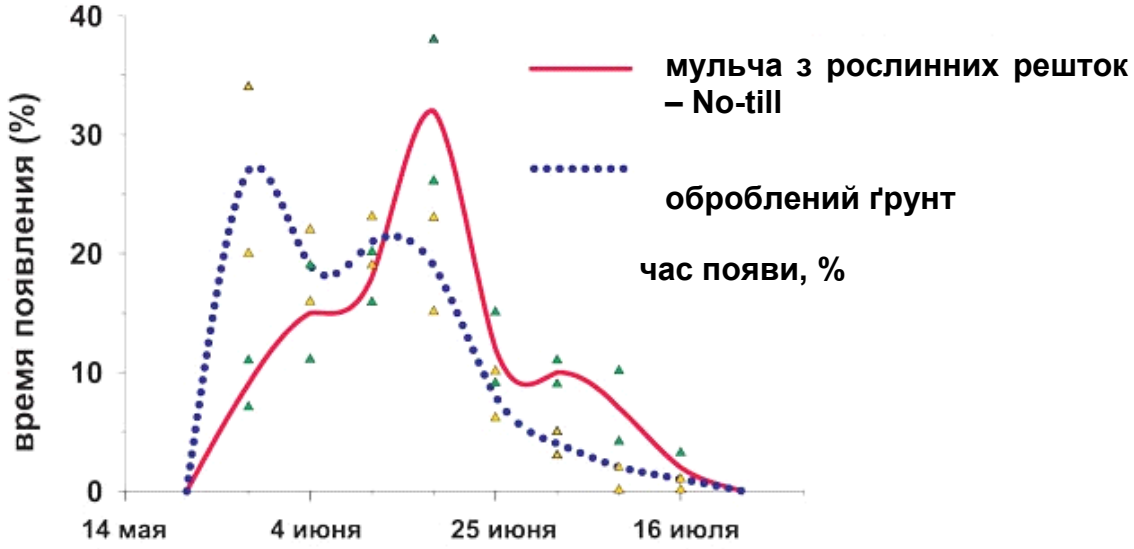



Рис. 8.10. Час появи сходів бур'янів залежно від системи землеробства, презентація. © Скоробагатова Н.

*У системі землеробства No-till та Strip-till, як і в інших, гербіциди є ефективним, але не єдиним заходом впливу на бур'яни. Проте стратегія застосування гербіцидів за системи землеробства No-till дещо інша, ніж за традиційної системи землеробства.*

Відмінність передусім полягає в іншому наборі гербіцидів для контролювання рівня присутності бур'янів у періоди, коли культури відсутні на полі. При запровадженні ефективної системи контролю забур'яненості посівів основу бур'янових угруповань як за традиційної, так і за системи землеробства No-till становлять однорічні бур'яни.

Відсутність механічного обробітку ґрунту приводить до зміни не лише кількості, а й видового складу бур'янового угрупування. Встановлено, що бур'яни, які мають велике насіння, менш пристосовані до існування в агрофітоценозах за відсутності механічного обробітку ґрунту, а дрібнонасінні, навпаки, більш пристосовані. Тобто насамперед варто звертати увагу на дрібнонасінні бур'яни, для контролю котрих необхідно використати як ґрунтові, так і післясходові гербіциди. У посівах ранніх ярих та озимих колосових культур у системах хімічного захисту використовуються лише післясходові гербіциди.

Для кожного поля сівозміни необхідно розробити свою програму застосування гербіцидів, яка б не справляла негативного впливу на наступну культуру. Ранні ярі зернові культури досить добре захищаються навіть традиційними недорогими гербіцидами з діючою речовиною 2,4-Д, МСРА, бромоксиніл трибенурон-метил, тифенсульфурон-метил та ін. На тих полях, де в осінній період переважають дводольні бур'яни, варто з осені провести обробіток гербіцидами групи 2,4-Д як найдешевшими й достатньо ефективними, а не використовувати загальновинищувальні гербіциди.



Рис. 8.11. Післязбиральні бур'яни сформували насіння. © Косолап М.

Протизлакові препарати варто використовувати лише за наявності однодольних бур'янів. У період відсутності культур на полі за змішаного класу забур'яненості краще використати загальновинищувальні препарати з діючою речовиною гліфосат. Основна вимога – не допустити формування післязбиральними бур'янами життєздатного насіння (рис. 8.11).

На полях, де планується сівба пізніх ярих культур із тривалим весняним допосівним періодом необхідно провести знищення весняних сходів бур'янів до сівби культури. Для цього краще використати загальновинищувальні препарати. Застосування ґрунтових гербіцидів за часом варто перенести на післяпосівний період. Зумовлено це тим, що наявні рослинні рештки можуть перехоплювати певну частину внесених гербіцидів, що може негативно позначитися на загальній ефективності ґрунтових препаратів. Опади, які випадають після внесення гербіцидів, можуть суттєво це виправити. Крім цього, прохід сошника розпушує ґрунт у зоні рядка, порушує гербіцидний екран і до певної міри зміщує рослинні рештки, що стимулює проростання нової порції насіння бур'янів. Внесені в післяпосівний період ґрунтові гербіциди вирішують цю проблему. Одночасно, відтермінування часу внесення ґрунтових гербіцидів подовжує термін їх захисної дії в посіві культури. За період дії ґрунтового гербіциду культура набуває високої конкурентоспроможності протистояти бур'янам і часто потреба в додатковому застосуванні післясходових гербіцидів відпадає. Отже, застосування ґрунтових гербіцидів у післяпосівний період, але до появи сходів культури буде ефективнішим, ніж у передпосівний період.

На посівах кукурудзи ефективним є застосування ґрунтового гербіциду Примекстра ТЗ Голд уже по сходах культури, особливо якщо його поєднати з післясходовим гербіцидом (наприклад, Базис або Майстер). У такому разі можна зменшити норму внесення кожного препарату, одержати максимальну ефективність проти вегетуючих бур'янів і мати більш тривалий період захисної дії ґрунтового гербіциду. Відзначено, що чим товстіші рослинні рештки, тим більша кількість ґрунтового гербіциду потрапляє в ґрунт.

Програми застосування гербіцидів можуть мати різну стратегію. В одних передбачається максимальне знищення бур'янів із ранньої весни завдяки внесенню гербіцидів у два строки: ранньою весною – 50 відсотків норми і перед сівбою – 2/3 рекомендованої норми. Ця система буде доцільною в умовах посушливої весни зі швидким наростанням температури, коли волога виступає основним лімітуючим фактором. Якщо волога весною буде в надлишковій кількості й затримуватиме сівбу культури, то варто дати можливість розвиватися першим весняним сходам бур'янів і знищувати їх лише перед сівбою культури. У такому разі ці бур'яни за час свого розвитку підсушують верхній посівний шар ґрунту.

Кожна з цих програм має свої переваги й недоліки, які збільшують або зменшують напругу в найбільш завантажений період сівби ранніх ярих культур через потребу внесення в цей час гербіцидів.

Внесення гербіцидів навесні може бути обумовлено не лише наявністю бур'янів, а й присутністю на полі проміжної/покривної культури, ріст якої

необхідно припинити до сівби культури. Наприклад, коли на полі наявна швидкоросла проміжна/покривна озима культура - жито.

Отже, система застосування гербіцидів не може бути стандартною, а мусить спиратися на особливості кожного конкретного регіону або поля та наявного видового складу бур'янів. Орієнтація лише на застосування гербіцидів може не дати високої довготривалої протибур`янової ефективності, крім того, може зумовити набуття бур'янами стійкості проти певних гербіцидів, які застосовуються щорічно. Тому інтегрована система контролю бур'янів обов'язково має містити сукупність інших заходів, які взаємодоповнюють один одного.

### *8.2.4. Особливості хімічного контролю багаторічних бур'янів*

*Контроль багаторічних бур'янів у силу їх біологічних особливостей передбачає інший підхід, ніж до контролю однорічних. Суть підходу полягає в тому, що у багаторічних бур`янів треба знищити не лише надземну, а підземну частину, в якій накопичуються запасні поживні речовини. Тому, ключ контролю багаторічних бур'янів полягає в розумінні закономірностей руху вуглеводів у рослині – запасних поживних речовин, які визначають здатність цієї групи рослин перезимовувати, проростати й поширюватися вегетативно.*

На рис. 8.12 представлена модель переважаючого руху вуглеводів у рослинах багаторічних бур'янів за період їх вегетації. У перший період (інтервал між 1 і 2) завдяки утворенню нових сходів у рослинах переважає рух від органів нагромадження поживних речових до ростучих бруньок. Але коли рослини досягають певної фази розвитку, вуглеводи, що утворюються в листках, починають переміщуватися назад до органів їх накопичення, кореневі паростки, кореневища, бульби (інтервал 2–3). Наприклад, у пирію повзучого це спостерігається за досягнення рослинами висоти 15–20 см, а в осотів – після формування бутонів – початком цвітіння.

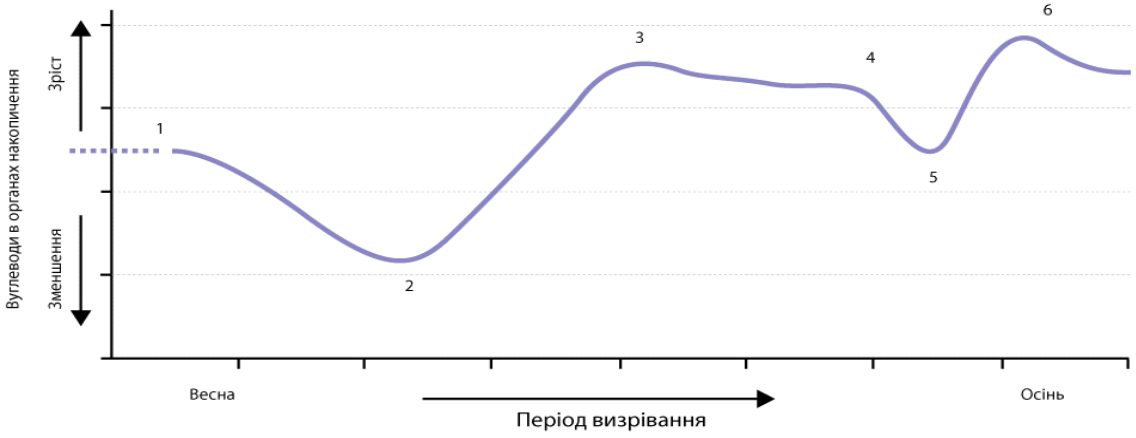



Рис. 8.12. Сезонний рух вуглеводів між листками та органами накопичення, 1994. © Anderson R.

Знання закономірностей руху вуглеводів у рослині є основою для ефективного застосування системних гербіцидів проти цієї групи бур'янів. Застосування гербіцидів має збігатися з переміщенням вуглеводів від листкового апарату до кореневої системи, що різко полегшує їх проникнення в підземні органи і забезпечує їх знищення. В іншому разі основна частина гербіциду залишиться на листках і може добре знищити надземну частину і слабо підземну або взагалі її не ушкодити. Це призведе до появи нових сходів цих бур'янів. Найбільша ефективність системних гербіцидів проти багаторічних бур'янів спостерігається восени (інтервал 5–6), позаяк у цей час переважає лише відтік запасних поживних речовин. Дослідженнями було встановлено, що в органах накопичення за осіннього застосування гербіциду гліфосат його кількість в них була в 4 рази більшою, ніж за весняного (Hunter J. H., 1995).

Необхідно враховувати й те, що навіть за оптимального застосування гербіцидів у сукупності з іншими заходами, багаторічні бур'яни можна вивести з поля лише за 2-3 а то й 4 роки (рис. 8.13).Якщо інтенсивна система захисту застосовується лише один рік, то початкова чисельність цього виду поновлюється вже через 2–3 наступних роки. Пояснюється це біологічними особливостями видів цієї біологічної групи, які полягають у різній здатності протистояти проникненню гербіцидів до бруньок, що перебувають у різному життєвому стані. Бруньки, які активно ростуть, поглинають гербіцид у 10 разів більше, ніж сплячі. Це призводить до того, що перші гинуть, а другі залишаються живими та здатні давати нові сходи. Сплячі бруньки починають активно розвиватися лише після загибелі перших.

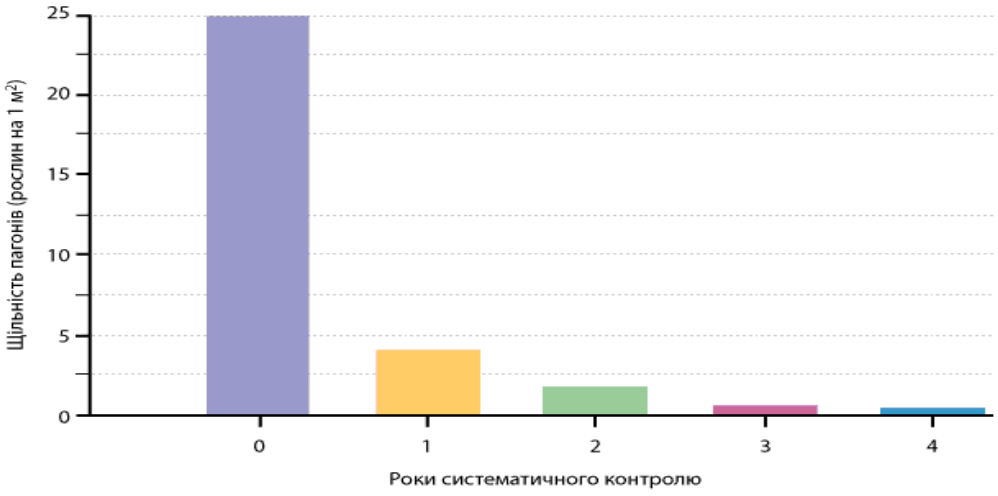
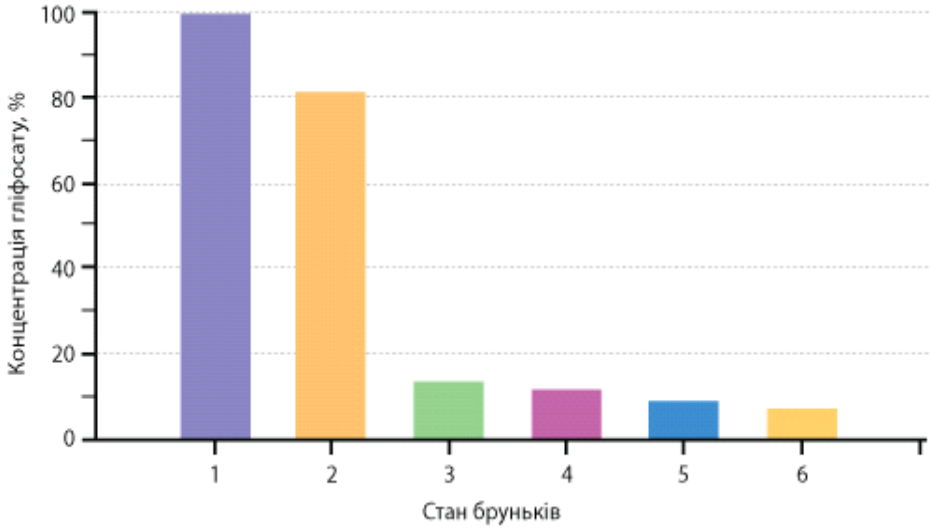



Рис. 8.13. Чисельність рослин осоту рожевого на полі за систематичного застосування інтегрованої системи його контролю, 1994. © Darwent A. L. та ін.

У посушливих умовах, коли ймовірність появи сходів багаторічних бур'янів у другий період вегетації низька, доцільно вносити гліфосат перед збиранням зернових культур, що допомагає знищити вегетуючі багаторічні

бур’яни (Darwent A. L. та ін., 1994). Гліфосат вносять за тиждень-два до збирання. На початку вегетаційного сезону доречно знищувати осоти в посівах зернових колосових культур препаратами з діючою речовиною 2,4-Д або МСРА, дикамба, клопіралід тощо (рис. 8.14).




*1–2 – активно ростучі бруньки, 3–6 сплячі бруньки*

Рис. 8.14. Порівняння концентрації гліфосату в бруньках пирію повзучого залежно від їх стану, 1976. © Claus J. S., Behrens R.; 1993, © Shieh W. J.та ін.

*Отже, щоб досягнути успіху в контролі багаторічних бур’янів потрібна довгострокова програма, в якій поєднані кілька методів їх контролю.*

### *8.2.5. Особливості застосування гербіцидів з д. р. гліфосат*

У системах землеробства No-till і Strip-till деякі виробничники помилково вважають, що загально-винищувальні гербіциди можуть бути альтернативою механічним заходам контролю бур’янів, позаяк основне вікно їх застосування – час коли на полі відсутні сходи культурних рослин. Є п’ять строків застосування гербіцидів суцільної дії:

1) у передпосівний період пізніх ярих культур;
2) у післяпосівний період до появи сходів культури;
3) у період вегетації стійких проти гліфосату культур;
4) у післязбиральний період для ліквідації багаторічних бур’янів;
5) як десикант для прискорення дозрівання культур у передзбиральний період.

Препарати на основі солей гліфосату прості в застосуванні. Крім того, вони контролюють найширший спектр бур’янів порівняно з іншими засобами. Тобто їх використання у схемах захисту дає змогу істотно знизити собівартість готової продукції та збільшити дохід сільгоспвиробників. Тому гліфосат є найінтенсивніше використовуваним гербіцидом в історії хімізації сільського господарства. Наприклад, лише в США у 2015 році було використано понад 100 тис. т гліфосату.

На ринку України наявна велика кількість препаратів з д. р. на основі різних солей гліфосату. Відмінність полягає в розчинності та відповідно

швидкості прояву гербіцидного ефекту. Переважна більшість препаратів містить у своєму складі ізопропіламінну сіль гліфосату в концентрації 480 г/л. Гербіцидний ефект настає в середньому на 20-й день. Препарати на основі калійної солі гліфосату діють значно швидше, бо краще засвоюються рослиною. Ефект проявляється на 7–10 день. Найдовшим він є у препаратів, де д. р. представлена гліфосатом у формі амонійної солі.

Препарати на основі гліфосату мають широкий видовий спектр ефективної дії, але він не охоплює всього різноманіття бур'янів, які зустрічаються на полях. Список видів бур'янів, що мають низьку і середню чутливість до препаратів на основі гліфосату, наведений нижче (табл. 8.3, 8.4).

Таблиця 8.3

**Список бур'янів, що мають низьку чутливість до препаратів на основі гліфосату (Биков М.)**

| | |
|---|---|
| Осот рожевий | Квасениця звичайна |
| Березка польова | Гірчаки (види) |
| Морква дика | Жовтець (польовий) |
| Кучерявець Софії | Осот жовтий |
| Дворядник | Кульбаба лікарська |
| Хвощ польовий | Талабан польовий |
| Грабельки | Конюшина повзуча |
| Жовтушник | Горошки (види) |
| Молочай види | |

Таблиця 8.4

**Перелік видів бур'янів із середньою чутливістю до гліфосатів (адаптовано Косолап М. П., Іванюк М. Ф.)**

| | | |
|---|---|---|
| Канатник Теофраста | Лобода біла | М'ята польова |
| Петрушка собача | Королиця посівна | Портулак городній |
| Амброзія (види) | Соняшник звичайний | Первоцвіт (види) |
| Приворотень польовий | Гібіскус трійчастий | Гірчиця польова |
| Гусимець Таля | Льонок несправжній | Чистець польовий |
| Полин (види) | Кохія звичайна | Кропива (види) |
| Лутига списовидна | Латук компасний (молокан) | Вероніка польова |
| Нетреба колюча | Калачики лісові | |
| Волосняк (види) | Ромашка (види) | |

Для розширення видового спектра дії та підвищення ефективності застосовують бакові суміші або використовують готові препарати, де до гліфосату додана така д. р., наприклад, як 2,4-Д. Використання бакових сумішей допомагає також уникнути набуття бур'янами резистентності до гліфосату.

Оскільки гліфосат практично не має ґрунтової дії, часто за після посівного застосування його вносять у суміші з ґрунтовими препаратами (наприклад, із такими, які містять д. р. ацетахлор або прометрин, пропізохлор, метобромурон, хлурохлоредон (проти амброзії) або кілька діючих речовини), але застосовують знижені до мінімуму норми. Так вдається утримувати

посіви чистими від бур'янів тривалий період. Гліфосат вносять із малими нормами внесення робочого розчину (50–100 л/га), оскільки чим вища концентрація препарату, тим краще він поглинається рослиною.

Серед імовірних ризиків застосування гліфосату називають:

1) погіршення якості насіння;

2) зниження здатності рослин фіксувати азот;

3) збільшення схильності рослин до хвороб;

4) зменшення активності мікоризних грибів.

Для уникнення токсичної дії препарату на культуру, при його застосуванні у післяпосівний період, проросток культури має бути висотою щонайменше 1 см від поверхні ґрунту.

Важливим елементом технології внесення гербіцидів є якість води, оскільки навіть правильно підібраний препарат може спрацювати слабше, якщо робочий розчин приготовлений на непридатній воді. На ефективність гербіцидів найбільше впливають pH води, жорсткість, лужність/бікарбонати, каламутність, температура та наявність органічних домішок. Воду перед використанням бажано аналізувати, особливо якщо її беруть із відкритих водойм, ставків, каналів або накопичувачів. (ag.purdue.edu) (табл.8.5).

Таблиця 8.5

**Характеристики води для оприскування**

| Показник води | Бажана вимога | Чому це важливо |
|---|---|---|
| Чистота | Без мулу, глини, водоростей, органічних решток | Завислі частки можуть зв'язувати діючу речовину |
| pH | Переважно 4,0–6,5, але залежить від препарату | Неправильний pH може знижувати стабільність і дію гербіциду |
| Жорсткість | Бажано низька або скоригована кондиціонером | Кальцій і магній можуть зв'язувати окремі гербіциди |
| Бікарбонати / лужність | Бажано контролювати за аналізом | Можуть знижувати дію 2,4-Д амінної форми та деяких граміцидів |
| Каламутність | Мінімальна, вода має бути прозорою | Мул і органічні домішки знижують ефективність препарату |
| Температура | Не надто холодна і не перегріта | Впливає на розчинення препаратів і стабільність бакової суміші |

*Вимоги до води для обприскування гербіцидами.*

Вода для приготування робочого розчину гербіцидів має бути чистою, без мулу, глини, водоростей, органічних решток і значної кількості завислих часток. Каламутна вода з відкритих джерел може знижувати ефективність гербіцидів, оскільки частина діючої речовини зв'язується з частками ґрунту або органічної речовини і стає менш доступною для дії на бур'яни.

Перед використанням води бажано перевірити її pH, жорсткість, лужність і каламутність. Для більшості гербіцидів сприятливою є слабокисла реакція води, орієнтовно pH 4,0–6,5, але для окремих груп, зокрема сульфонілсечовин, кращими можуть бути нейтральні або слабколужні умови. Тому остаточні вимоги потрібно звіряти з етикеткою конкретного препарату.

Жорстка вода, яка містить багато іонів кальцію, магнію, заліза або інших катіонів, може знижувати ефективність окремих гербіцидів, особливо гліфосату, глюфосинату та 2,4-Д. У таких випадках до робочого розчину можуть додавати кондиціонери води або сульфат амонію, але тільки відповідно до рекомендацій виробника препарату.

### *8.2.6. Рослинні рештки та бур'яни*

Рослинні решки, які залишаються на поверхні ґрунту, змінюють стан і властивості верхнього шару ґрунту (температуру, вологість, освітленість), що впливає на інтенсивність проростання, ріст і розвиток сходів бур'янів. Крім цього, на проростання бур'янів свій вплив справляють продукти розкладу рослинних решток. Водночас самі решки слугують фізичною перепоною для проростків бур'янів (Crutchfield D. A. та ін., 1986). За даними G. A. Wicks та ін. (1994) кожні 1000 кг/га рослинних решток соломи пшениці озимої, які залишали на полі, зменшували кількість сходів бур'янів на 14 відсотків. (рис. 8.15).

Будь-який механічний обробіток ґрунту зменшує вплив рослинних решток на бур'яни. Навіть одноразове застосування культиватора-плоскоріза після кількох років No-till призводило до зростання кількості сходів бур'янів у посівах наступної культури на 35–50 відсотків (Anderson R., 1999). Загортання насіння в ґрунт підвищує час збереження його життєздатності.

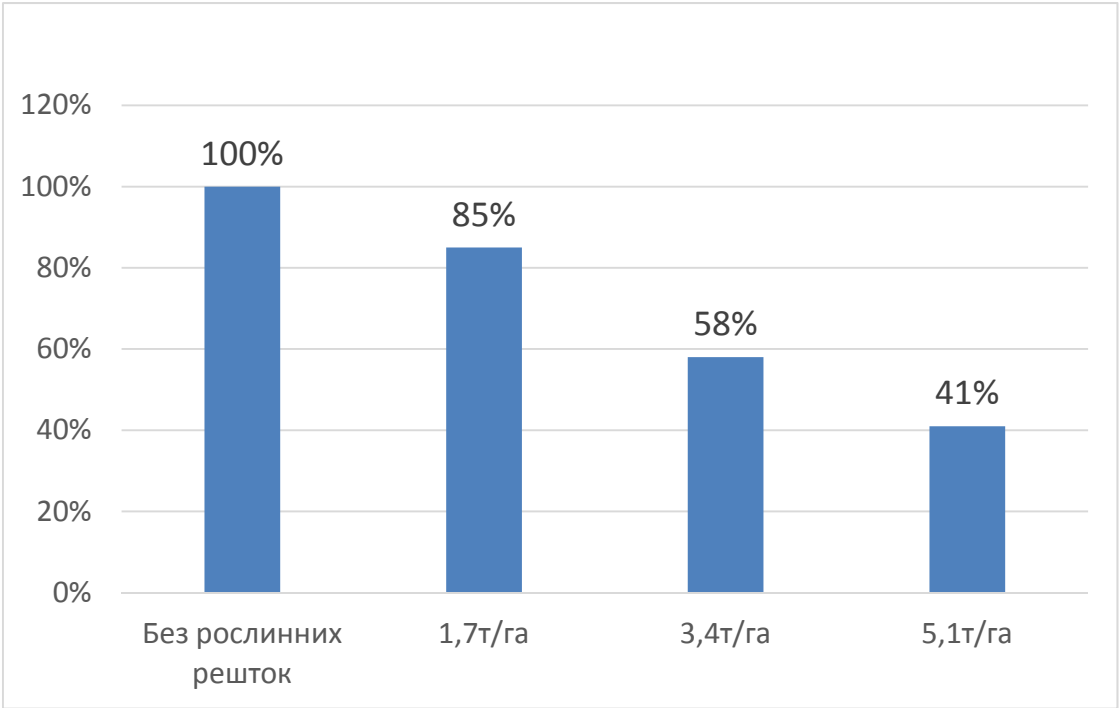


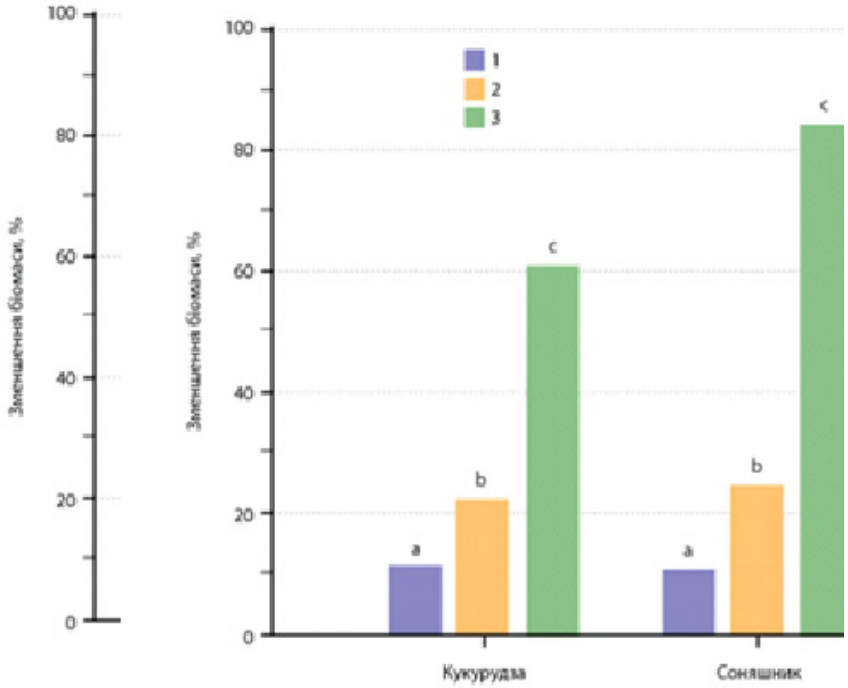

Рис. 8.15. Кількості сходів бур'янів залежно від маси рослинних решток, у % до непокритого ґрунту. © Anderson R.

### *8.2.7.Інтеграція заходів контролю бур'янів*

*Навіть найефективніша хімічна система контролю бур'янів ніколи не має 100 відсотків ефективності. Для бур'янів характерна висока насіннєва продуктивність, тому навіть незначна кількість рослин бур'янів, що залишилися, здатні сформувати велику чисельність життєздатного насіння і поновити їх ґрунтовий насіннєвий банк.*

Щоб уникнути явища набуття видами бур'янів резистентності до гербіцидів і підвищити загальний рівень контролю, в інтегрованій системі захисту гербіцидну складову слід обов'язково поєднувати або доповнювати іншими агротехнічними заходами. Серед них мають бути заходи, які сприяють підвищенню конкурентної здатності сільськогосподарських культур щодо бур'янів. Приклад зростання ефективності за поєднання протибур'янових заходів наведено на рис. 8.16. *Одним із найефективніших заходів, завдяки якому посилюється конкурентна спроможність культурних рослин відносно бур'янів, є формування відповідної їх густоти стояння.*

Цього можна досягнути простим збільшенням норми висіву або поєднанням підвищеної норми висіву зі зміною способу сівби. Проте не слід зловживати збільшенням норми висіву, а орієнтуватися на максимально допустиму для цієї культури щодо певних ґрунтово-кліматичних умов конкретного господарства. Для прикладу, за вирощування кукурудзи чи соняшнику можна зменшувати ширину міжрядь з 90–80 см до 70–60 см. При цьому варто також розглянути доцільність і можливість перенесення часу сівби культури на пізніший строк.




*a – звуження міжрядь;*

*b – звуження міжрядь + підвищення норми висіву;*

*c – звуження міжрядь + підвищення норми висіву + відстрочений час сівби.*

Рис. 8.16. Синергізм від застосування кількох методів контролю забур'яненості на кукурудзі та соняшнику, 2003. © Anderson R.

З практики добре відомо, що поєднання кількох заходів підвищує їх сумарний загальний ефект. Якщо на посівах соняшнику застосовувалося лише зменшення ширини міжрядь, чисельність бур'янів знижувалася на 5–10 відсотків, за зменшення міжрядь і збільшення норми висіву зниження забур'яненості досягало 20–25 відсотків, а за поєднання трьох заходів (звужені міжряддя, підвищені норми висіву та відтермінований час сівби) маса бур'янів в агрофітоценозі зменшилась на 90 відсотків і за низького початкового рівня присутності повістю відпадає потреба в застосуванні гербіцидів .

Усі заходи, що сприяють прискоренню темпів росту і розвитку культури підвищують конкурентну здатність культурних рослин. До таких заходів можна зарахувати використання відповідних добрив, мікроелементів, стимуляторів росту чи інших засобів. Пригнічені рослини бур'янів можуть взагалі випадати з агрофітоценозу, не давати життєздатного насіння чи значною мірою знижувати свою насіннєву продуктивність.

Отже, змістовною базою для розробки інтегрованої системи контролю бур'янів у посівах сільськогосподарських культур мають слугувати такі основні заходи чи їх поєднання:

- *запобіжні механічні* – очищення посівного матеріалу, систематичне скошування бур'янів до їх цвітіння біля доріг, меж, лісосмуг, зрошувальних каналів та на інших необроблюваних землях;

- *біологічного пригнічення* – максимальне використання здатності сільськогосподарських культур пригнічувати бур'яни за чергування високо-конкурентоздатних щодо бур'янів культур, таких як озиме жито, озима пшениця, озимий ячмінь, тритикале, овес зі слабоконкурентоздатними. До середньоконкурентоздатних видів належать ячмінь ярий, ріпак, соняшник, кукурудза, люпин; до слабоконкурентоздатних – яра пшениця, зернобобові, льон;

- *система управління рослинними рештками*;

- *науково обґрунтоване чергування культур у сівозміні*;

- *видова різноманітність культур у сівозміні;*

- *строки, способи сівби, норми висіву та удобрення;*

- *мінімальне порушення ґрунту*.

## 8.3. Проблема шкідників та їх контролювання

### *8.3.1. Загальні тенденції зміни проблеми шкідників за відмови від механічного обробітку ґрунту*

Зміна екологічних умов життя за відмови від механічного обробітку ґрунту змінює не лише чисельність, а й видовий склад ентомокомплексу агрофітоценозу. Пересторога, що відмова від заробки рослинних решток (місця зимівлі багатьох шкідників) у ґрунт спричинить різке зростання чисельності шкідників, виявилася міфом. З'ясувалося, що досягнення стабільності ентомокомплексу в посівах сільськогосподарських культур у системі землеробства No-till і Strip-till відбувається через різке зростання чисельності корисних комах. За результатами досліджень українських та

закордонних науковців, за переходу на систему землеробства No-till у 10–13 разів збільшується щільність хижих комах відносно шкідливих. Особливо збільшується чисельність популяцій хижих турунів із ряду Coleoptera родини Carabidae, які живляться шкідниками, активно переміщуючись у нічні години по поверхні мульчі та вегетуючих рослинах.

Відсутність механічного обробітку ґрунту та наявність рослинних решток, як зазначалося, зумовлює підвищення рівня вологості ґрунту. На ці умови позитивно реагують популяції слимаків та ґрунтових черв'яків. Слимаки особливо схильні до розмноження в рослинних рештках за високої вологості. Ця проблема може бути дуже актуальною в регіонах із високим рівнем зволоження. В таких регіонах цю проблему доводиться вирішувати застосуванням спеціалізованих протислимакових пестицидів: на основі Метальдегід або Фосфат заліза (Basker та ін., 1993).

З інших ґрунтових шкідників за технології No-till і Strip-till можливе збільшення чисельності дротяників та несправжніх дротяників. З польових культур найбільше шкоди дротяники завдають кукурудзі та соняшнику: якщо їх чисельність перевищує 1–3 особини на 1 $м^2$. У такому випадку вони ушкоджують від 25 до 99 відсотків рослин кукурудзи. Специфічних заходів контролю дротяників у технології No-till не застосовується. Основою системи контролю є попереджувальні заходи – правильна сівозміна та посів покривних культур, які відлякують дротяників (гірчиця, вика, люпин, люцерна). Крім цього, для зменшення пошкодження проростків дротяниками проводиться обробка насіння інсектицидними протруйниками (Chaudhry A., 1985).

Збільшення рівня присутності ґрунтових черв'яків має більше позитивних наслідків, ніж негативних.

Проблема поширення шкідників у системі землеробства No-till і Strip-till дуже мало вивчена. Не оцінена позитивна роль і значення рослинних решток. За спостереженнями Е. Міньо, кількість пошкоджених хрестоцвітими блішками рослин гірчиці у високій стерні (40 см) становило 25 відсотків, у низькій (8 см) – 68 відсотків, а на фоні закультивованої стерні – 85 відсотків. З цього можна зробити припущення, що висока стерня є перешкодою для хрестоцвітих блішок.

### *8.3.2. Проблема мишевидних гризунів*

У традиційних системах землеробства, де застосовується механічний обробіток ґрунту, проблема мишоподібних гризунів не є такою актуальною, як за системи землеробства No-till і Strip-till, за яких складаються сприятливіші умови для їхнього існування через відсутність механічного обробітку, що порушує гнізда. Другий фактор, який сприяє розвитку популяції мишей - наявність великої кількості їжі на поверхні ґрунту (насіння бур'янів, зерно культур, котре втрачається під час збирання).

В Україні налічується 38 видів гризунів – це ховрахи, пацюки, миші й полівки тощо. Особливість цієї групи шкідливих гризунів – здатність до щорічного масового розмноження. Завдяки високій міграційній здатності

вони можуть завдавати шкоди всім культурам протягом року. Окрім цього, гризуни небезпечні в епідеміологічному відношенні, як потенційні носії збудників чуми, холери, туляремії, рожі, інших хвороб. Саме тому санітарні служби Міністерства охорони здоров'я України контролюють та прогнозують їх кількісний і якісний стан.

На території України найнебезпечнішими та найпоширенішими в посівах є сірі полівки (звичайна і гуртова) та миші (хатня, лісова, польова, курганчикова). Всі вони живляться рослинним кормом, швидко розмножуються, здатні до масової міграції з одного поля на інше в пошуках їжі (рис. 8.17).

Тривалість життя сірих полівок – у середньому дев'ять-десять місяців. Ті, що народилися навесні, восени вмирають, залишаючи потомство. Протягом року сірі полівки здатні давати до 10 приплодів, пересічно по 5–6, максимально 10–13 малят, які швидко ростуть і на 10–12-й день починають самостійно жити. Самиці за сприятливих умов у 10–20-денному віці здатні до розмноження.



Рис. 8.17. Колонія мишей на полі після збирання сої. © Косолап М.

Розмноження мишоподібних гризунів має виражену сезонність і значною мірою залежить від температурних умов. Навесні вони починають активно розмножуватися за середньодобової температури повітря близько +5 °С і вище. За середньодекадної температури +22 °С і вище інтенсивність розмноження знижується або припиняється.

У системі No-till через наявність рослинних решток ґрунт навесні може прогріватися повільніше, що потенційно здатне відтерміновувати початок весняної репродукції гризунів. Проте чисельність мишоподібних гризунів визначається не лише температурою, а й наявністю корму, укриття, умовами перезимівлі та впливом природних ворогів.

Найінтенсивніше мишоподібні гризуни розмножуються восени, до настання холодів. У захищених місцях, зокрема в скиртах, полівки можуть

розмножуватися і взимку. За теплої зими їхня активність зберігається, що сприяє збільшенню чисельності популяції.

Підраховано, що за наявності на 1 га пшениці озимої в жовтні трьох жилих колоній цих гризунів (по одній парі дорослих полівок у кожній), то за сприятливих умов протягом зими й весни від них та їхнього потомства до червня наступного року може наплодитися до 600 полівок. Така кількість гризунів (за відсутності боротьби з ними) здатна цілком знищити посіви та врожай пшениці озимої.

Сірі полівки – травоїдні, живляться рослинами й за добу кожна споживає їжу в кількості, що дорівнює масі її тіла. Полівка вириває проростаюче зерно, виїдає сходи, січе хліб, який колоситься, накопичує в норах по кілька кілограмів колосків достигаючого зерна. Після жнив та в період проведення обробітку ґрунту полівки переміщуються на поля з посівами озимих культур та нищать їх (рис. 8.18).

Польова миша (житник) зверху червоно-бура, черево і ноги – білі, має чорну смужку вздовж спини. Поширена в Поліссі та Лісостепу, зустрічається в річкових заплавах і степовій зоні, за винятком її посушливої частини. Розмножується миша польова 4–5 разів у рік і приносить щоразу до 8 малят. Мишенята вже за місяць починають самостійне життя, а в тримісячному віці й самі здатні до розмноження.

Останнім часом у деяких областях країни, зокрема Донецькій, Кіровоградській, Одеській, Харківській, спостерігається зростання чисельності курганчикової миші, яка дещо менша за звичайну хатню мишу. Вона характеризується здатністю збирати восени великі запаси корму (5–10 кг колосків зернових, насіння злакових й інших культур, бур'янів) на зиму та споруджувати над ними насип із ґрунту близько 1 м у діаметрі й до 0,5 м заввишки. У живленні курганчикової миші переважає зерно, зелені рослини вона майже не споживає. Щороку буває до 7 виплодів, за кожного з яких вона приносить 4–8 малят. Найбільше розмножуються курганчикові миші в роки з багатим на опади літом і теплою осінню. Збільшення кількості цих мишей прямо пов'язано з втратами під час збирання врожаю та зменшенням площі оранки.

Для визначення потреби в проведенні захисту посівів від мишоподібних гризунів слід правильно та систематично обстежувати поля та обліковувати шкідників. За наявності 3–5 колоній на 1 га слід розпочинати захист посівів.

*Найефективнішим і найекономічнішим способом боротьби з гризунами є застосування родентицидів (бактероденцид, мишолов, бродівіт, крисолов, шторм) й аміачної води тощо.*

Серед природних регуляторів чисельності мишоподібних гризунів також є збудники бактеріальних хвороб. Деякі з них патогенні лише для цих теплокровних і не впливають на корисну фауну. На основі таких бактерій і виготовляється біологічний препарат бактероденцид (зерно заражене бактеріями «мишачого тифу»). Застосовують його в дозі 2 г у нору. Для летального ефекту гризуну достатньо з'їсти 1–2 зернини. Препарат ефективний проти всіх видів полівок, хатньої та лісової мишей. А от польовій

миші бактерії «мишачого тифу», що містяться на плодовій оболонці зараженого зерна, не загрожують, бо вона не їсть оболонку зернини, а вигризає середину зернівки. Біологічна ефективність бактероденциду, який може виготовлятися обласними й районними біологічними лабораторіями країни, коливається в межах 60–80 відсотків.

Інфекція тифу може передаватися від хворих особин здоровим різними шляхами, найпоширеніший із яких – канібалізм. Загиблі гризуни є резервуаром маси бактерій, тому, поїдаючи їх, здорові особини заражуються. Так відбувається горизонтальна передача інфекції. Спочатку активність гризунів підвищується, але за 3–5 діб вони стають кволими, мало їдять і гинуть. Зазвичай хвороба триває протягом тижня. Для людей і домашніх тварин бактерії хвороби безпечні.

Перелік родонтецидів, дозволених до застосування в Україні наведений в табл. 8.5.



Рис. 8.18. Пошкодження озимини мишовидними гризунами.
© Косолап М.

**Приклад застосування препаратів:** Шторм 0,005% у вигляді воскових брикетів досить високоефективний кумариновий антикоагулянтний родентицид на основі зерна з діючою речовиною флокумафен, який, потрапляючи до організму, пригнічує процес згортання крові. Застосовують за норми 0,7–1,5 кг/га. Загибель гризунів від великої кровотечі настає через 3–10 днів. Шторм дозволений для роздрібного продажу проти хатньої миші та пацюків.

Проте відомо, що в польових умовах ефективність родентицидів-антикоагулянтів, особливо кумаринової групи, знижуються через живлення гризунів зеленими рослинами (вітамін К, який міститься в зелених рослинах, блокує антикоагулянтну дію препарату).

Сьогодні в системі землеробства No-till рекомендується в осінній період за відсутності культури на полі вносити аміачну воду як основне добриво. Водночас це ефективний захід для зниження чисельності мишовидних гризунів.

### *8.3.3. Проблема слимаків*

Зі збільшенням площі No-till і Strip-till все більше виробничників стикається з проблемою слимаків. Слимаки можуть поїдати практично всі культури та завдають найбільшої шкоди під час формування врожаю та раннього росту навесні й восени. Ця шкода здебільшого найсерйозніша в прохолодних, вологих умовах, які сповільнюють ріст рослин і сприяють активності слимаків. Слимаки процвітають у середовищі з низьким рівнем порушень і багатих залишками рослин, що характерно для полів No-till. Слимаків важко контролювати через обмежену кількість доступних заходів управління. У недавньому опитуванні в Пенсільванії (США) понад 80 % виробників, які працюють за системи землеробства No-till, визначили слимаків як найскладнішу проблему серед шкідників. Сильні та багаторічні пошкодження слимаків можуть навіть зумовити виробників повернутися до обробітку ґрунту, щоб контролювати популяцію слимаків (Willson H. R., Eisley B. R., 1992; Hammond R. B. та ін., 1996; ).

#### *Короткий опис життєвого циклу*

Слимаки – близькі родичі равликів, по суті – равлики без панцира. Це безногі істоти з м’яким тілом і чотирма передніми щупальцями, два з яких несуть очі, а два працюють як антени. Слимаки також мають покрив зі слизу по всьому тілу. (South A., 1992). Цей слиз сприяє пересуванню слимаків і залишає за собою характерний «слизовий слід», який може бути важливою ознакою їхньої присутності. Залежно від виду та віку слимаки можуть мати розмір від кількох міліметрів до кількох сантиметрів.

Яйця слимаків – це маленькі драглисті кульки або овали, розміщені під залишками рослин або в ґрунті. Молоді особини, які нагадують дорослих, але менші за розмірами, ростуть протягом весни та літа, з’являються вночі й під час дощів, зазвичай ховаються вдень, дозрівають наприкінці літа або на початку осені, спаровуються і відкладають яйця восени. Часто саме зрілі слимаки D. reticulatum є причиною пошкодження зернових, кормових і покривних культур, висаджених восени. Яйця від цих особин зимують, а вилуплюються наступної весни. Максимальна тривалість життя D. reticulatum становить приблизно 12 місяців, а найкоротший час генерації – щонайменше 6 місяців, оскільки в польових умовах для вилуплення яєць може знадобитися від 2 до 5 місяців (South A., 1992).

#### *На яких культурах шкодять слимаки?*

Слимаки вважаються серйозними шкідниками багатьох видів сільськогосподарських культур, зокрема пшениці, ячменю, вівса, жита, кукурудзи (рис. 8.8), сої, тютюну, ріпаку, люцерни та інших культур із родин тонконогових і бобових (Godan D., 1983; Hammond R. B. , Stinner B. R., 1987; South A., 1992; Barrett J. та ін., 1994; Cook L. M. та ін., 1996; Hammond R. B. та ін., 1999; Byers R. A., 2002). Більшість пошкоджень посівів, викликаних слимаками, виникають протягом місяця після посіву, коли сільськогосподарські культури є вразливими й перебувають у фазі сходів

(Byers R. A. та ін., 1983; South A., 1992). D. reticulatum пошкоджує не лише культурні рослини, а і бур'яни, такі як подорожник вузьколистий (Plantago lanceolata L.), кульбаба лікарська (Taraxacum officinale L.), грицики звичайні (Capsella bursa pastoris L.) та лобода біла (Chenopodium album L.), що свідчить про те, що злегка забур'янені поля або поля, навмисно засіяні видами конюшини, можуть допомогти обмежити шкоду від слимаків (Cook L. M. та ін., 1996, 1997; Peters та ін., 2000; Brooks та ін., 2003). Експерименти, проведені на пшениці, вказують, що на злегка забур'янених полях спостерігається менше пошкодження культури слимаками (Cook L. M. та ін., 1997; Brooks та ін., 2005). Економічні пороги для слимаків не встановлені й загальноприйнятих методів обліку не існує.

### *Вплив навколишнього середовища*

Оптимальні температурні умови для D. reticulatum – від +17 до +20 °C. Крім зниження активності за високих температур, слимаки мають ще сильнішу чутливість до змін інтенсивності світла (Godan D., 1983). Слимаки ведуть нічний спосіб життя і з'являються, щоб харчуватися наземним рослинним матеріалом, після настання сутінків.

### *Природні вороги та біологічний контроль*

Слимаки є поживою для різноманітних природних хребетних і безхребетних. Птахи, зокрема домашня птиця, особливо качки й гуси, можуть поїдати велику кількість слимаків (South A., 1992; Allen J. A., 2004). До членистоногих хижаків слимаків належать жужелиці (Carabidae), жуки (Staphylinidae), личинки світлячків (Lampyridae), болотні мухи (Sciomyzidae, Opiliones), павуки, (Lycosidae) та багатоніжки (Chilopoda).

### *Параметри керування*

На жаль, можливості керування слимаками обмежені. До того ж визнана тактика іноді неефективна; тому перевага надається комплексному управлінському підходу, який спирається на кілька тактик контролю.

Проти слимаків доступно кілька засобів хімічного контролю, у яких основним активним інгредієнтом є метальдегід. Фермери в США застосовують кілька нетрадиційних заходів, основним із них є обприскування посівів у нічний час, коли слимаки активно живляться розчинами азоту, що діють як контактна отрута та спалюють слимаків. Звичайний підхід полягає в тому, щоб використовувати 30 відсотків розчин азоту на основі сечовини, змішати його з рівною кількістю води та застосувати в нормі 190-200 л/га. Цей захід зазвичай повторюють кілька ночей поспіль, щоб охопити якомога більше слимаків і максимізувати ефективність. Існує ризик спалювання листя врожаю високою концентрацією азоту, але виробники, які використовують цей підхід, вважають, що переваги від зменшення кількості популяції слимаків переважають витрати на тимчасове пошкодження листя.

Отже, нині можна з упевненістю сказати, що немає «срібної кулі» для вирішення проблем зі слимаками на полях No-till і Strip-till.

Таблиця 8.6

**Перелік родентицидів, дозволених до використання в Україні (адаптовано Биков М.)**

| Назва препарату (діюча речовина) | Норма витрати препарату | Об'єкт, що обробляється | Об'єкт, проти якого обробляється | Спосіб, час обробок, обмеження |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Бродівіт, 0,25%, розчин (бродіфакум, 0,25%) | Виготовлення принади з вмістом д.р. 0,005% | Сільськогосподарські угіддя | Мишоподібні гризуни | Централізоване виготовлення принади спеціалізованими підприємствами |
| Бродісан А, р., зернова принада (бромадіалон, 0,005%). | 3 г/нору | Сільськогосподарські угіддя | Мишоподібні гризуни | Принади закладають у нірку в осінньо-зимовий період з подальшим її засипанням |
| Бромавіт, 0,25%, розчин (бромадіолон 0,25%) | Виготовлення принади з вмістом діючої речовини 0,005% | Сільськогосподарські угіддя | Мишоподібні гризуни | Централізоване виготовлення принади підприємствами, які спеціалізуються на виготовленні такої продукції |
| Варат Г, гранульована принада (бродіфакум, 0,005%) | 5–10 г/нору | На посівах зернових, кукурудзи, соняшнику та багаторічних трав | Мишоподібні гризуни | Закладання принади в нору з подальшим її засипанням |
| Варат МБ, м'які брикети (бродіфакум, 0,005%) | 5–10 г/нору | На посівах зернових, кукурудзи, соняшнику та багаторічних трав | Мишоподібні гризуни | Закладання принади в нору з подальшим її засипанням |
| Вірата, зернова суміш, тістоподібна речовина, парафіновий брикет (бродіфакум, 0,005%) | 15 г зернової суміші, 2–3 пакети тістоподібної речовини або 1–2 парафінових брикети на нору | Сільськогосподарські угіддя | Пацюки, миші та інші шкідливі гризуни | Принади закладають в нору в осінньо-зимовий період із подальшим її засипанням |
| Крисолов, принада, р (бродіфакум, 0,005%) | 3–4 кг/га | Сільськогосподарські угіддя, зокрема на зернових, багаторічних травах, лісосмугах та інших насадженнях | Мишоподібні гризуни | При великій заселеності гризунами (15–30 колоній/га) |
| | 1,5–2 кг/га | | | При низькій заселеності гризунів (10 колоній/га) |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Ратиндант Екстра 0,5%, п. (дифенацин 0,5%) | Виготовлення принади | Сільськогосподарські угіддя | Мишоподібні гризуни | Централізоване виготовлення принади підприємствами, які спеціалізуються на виготовленні такої продукції |
| Раттідіон Г, 0,005%, гранульована принада (бромадіолон, 0,005%) | 5–10 г/нору | На посівах зернових, кукурудзи, соняшнику та багаторічних травах | Мишоподібні гризуни | Закладання принади в нору з подальшим її засипанням |
| Смерть щурам №1, тістоподібна принада, (бродіфакум, 0,005%) | 1 пакет на нору | Сільськогосподарські угіддя | Миші | Пакети з засобами кладуть у нору або біля неї, на шляху пересування гризунів. Уникати торкатися принади голими руками. Повторне розкладання через 5–7 днів |
| | 3 пакети в нору | Сільськогосподарські угіддя | Пацюки | |
| Шторм, 0,005%, воскові брикети (флокумафен) | 1 брикет | Зернові колосові культури, кукурудза, соняшник, картопля, сади, багаторічні трави | Полівки, домові миші | Розкладають брикети в польових умовах на відстані 10–15 м один від одного та по одному в кожну нору. Брикети поновлюють через 7–10 днів до досягнення бажаного ефекту. |

| | |
|---|---|
| **Умови розвитку слимаків, де їх шукати, як шкодять, як захистити рослини?**<br><br>https://youtu.be/sKlm94LSsP4?si=EQ6yDjlj9ca472E9 | У відео розглянуто проблему можливого поширення слимаків на посівах ріпаку, особливо на полях, що розташовані поблизу лісосмуг, посадок, овочевих культур, зокрема капусти, а також у зонах із достатньою кількістю опадів. Наголошено, що слимаки можуть швидко пошкоджувати молоді рослини ріпаку й за короткий час спричиняти значні втрати посівів. |



Рис. 8.19. Нашестя слимаків. © Флористікс Інфо

## 8.4. Хвороби та токсини

### *8.4.1. Хвороби рослин*

Відмова від механічного обробітку ґрунту і залишення рослинних решток на поверхні призводить до зміни екологічних умов формування і розвитку мікробіоти ґрунту, зокрема і патогенної (табл. 8.5).Ущільнення ґрунту особливо в перші роки впровадження No-till може сприяти розвитку кореневих гнилей. Як свідчать наукові дані та практика господарств, зростання чисельності всіх груп мікроорганізмів призводить до суттєвого природного біологічного контролю чисельності та прояву збудників хвороб (табл.8.6).

Наприклад, такі патогени, як гельмінтоспоріозні кореневі гнилі та фузаріоз злаків, за відмови від механічного обробітку ґрунту значною мірою контролюються природним шляхом. Наявність рослинних решток є бар’єром, що порушує рух спор шкодочинних видів та стимулює появу корисних таксонів мікроорганізмів, які й становлять конкуренцію патогенам у прикореневій зоні культурних рослин.

Таблиця 8.6

**Зміна чисельності мікроорганізмів в ґрунті за 10 років застосування No-till (за даними О. Мигловця)**

| **Чисельність груп мікроорганізмів** | **Оранка** | **No-till** | **+До оранки, %** |
|---|---|---|---|
| Амоніфікуючі (сапрофіти), млн КУО/г ґрунту | 1,7 | 6,1 | 72,1 |
| Амілолітичні мікроорганізми, млн КУО/г ґрунту | 1,3 | 4,5 | 71,1 |
| Підотрофні мікроорганізми, млн КУО/г ґрунту | 1,4 | 4,2 | 66,7 |
| Загальна чисельність мікроміцетів, млн КУО/г ґрунту | 1,9 | 9,7 | 80,4 |

Сьогодні багато літератури про те, як обробіток ґрунту або його відсутність впливають на інтенсивність грибкових захворювань рослин, особливо тих, що виживають на рослинних рештках. Наприклад, поширення септоріозу (Septoria tritici) та борошнистої роси (Blumeria graminis) зернових, пероноспорозу соняшнику (Lasmopara halstedii), церкоспорозу цукрових буряків (Cercospora beticola) збільшується, коли пожнивні рештки залишаються на поверхні ґрунту і стають місцем зимівлі та формування плодових тіл патогенів, але ці зміни не викликають потреби змінювати традиційну систему захисту і застосовувати якісь особливі фунгіцидні програми. Як і в традиційній системі землеробства, коли природні агенти біологічного контролю не справляються в разі перевищення економічного порогу шкідливості, в системі землеробства No-till і Strip-till застосовують хімічні засоби захисту рослин.

Найпоширенішою хворобою рослин, яка передається через ґрунт за технології No-till, є ризоктоніоз. Більшість хвороб поширюється через рослинні рештки, де зимують їх збудники. Основою контролю розповсюдження хвороб рослин за системи землеробства No-till і Strip-till є попереджувальні заходи – правильне чергування культур у сівозміні та висів покривних культур певного видового складу. Система винищувальних хімічних заходів (застосування фунгіцидів) практично не відрізняється від такої в традиційній системі землеробства. Як свідчить практика, посилення фунгіцидного захисту недоцільно.

Більшість сільськогосподарських культур мають специфічні збудники хвороб, які виявляються виключно на цих культурах або групах культур. Це дає змогу підбором оптимального їх чергування в сівозміні уникнути або суттєво зменшити їх прояв на культурах. Наприклад, упродовж періоду вегетації і навіть під час зберігання кукурудзу уражують понад 100 видів грибів і бактерій, деякі вірусні та мікоплазменні хвороби. *Переважна більшість збудників хвороб уражує тільки кукурудзу і не може живитися іншими рослинами, лише окремі з них є спільними для кукурудзи та інших видів рослин.* До таких належить фузаріоз, біла гниль, плісняві гриби. Для висіяного насіння та паростків молодих рослин дуже шкідливим є

пліснявіння насіння, в цей же період кукурудза схильна до ураження сажковими хворобами (летючою та пухирчастою сажками).

На наступних етапах розвитку (за 2–3 тижні до цвітіння й надалі) рослини можуть уражувати листкові хвороби: гельмінтоспоріоз, іржа, септоріоз й інші плямистості грибної, бактеріальної та вірусної природи. З утворенням качанів (у період молочної стиглості) їх уражують пухирчаста сажка, біль, бактеріоз, а пізніше – фузаріоз, сіра гниль й ін. Прояв цих хвороб мало залежить від наявності чи відсутності рослинних решток на поверхні ґрунту.

Як свідчить широка практика в різних природно-кліматичних регіонах України, в системі землеробства No-till і Strip-till суттєвого підвищення прояву хвороб на сільськогосподарських культурах порівняно з традиційним землеробством не спостерігається, тому система захисту культур від хвороб додаткових заходів за відмови від механічного обробітку ґрунту не потребує. Основою системи захисту від хвороб має бути сівозміна, природний біологічний контроль і лише потім, як доповнення, пестициди.

### *8.4.2. Токсини*

Ризик, пов'язаний із токсинами, здебільшого виникає за наявності контакту насіння з рослинними рештками, що розкладаються. Місце прояву – межі посівної борозни. Він проявляється переважно за холодних вологих умов, коли сошники вминають рослинні решки в посівну борозенку, куди висівається насіння. Найбільше таке явище може спостерігатися за використання дводискового сошника для сівби у вологий м'який ґрунт. Часто це буває за сівби ранніх ярих культур після попередників рослинні рештки яких подріднені. Наслідком негативної дії токсинів є слабкі сходи.

### *8.4.3. Фізіологічний стрес у рослин*

Фізіологічний стрес у культурних рослин від розміщення насіння в необробленому ґрунті, вкритому рослинними рештками, проявляється насамперед у затримці й ослабленні проростання насіння та відставанні в рості рослин у початковий період вегетації порівняно з традиційним землеробством. Раніше це пояснювали різницею в якості насіннєвого ложа (Baker, 1976). З появою нових видів сошників і поліпшенням конструкції сівалок цю проблему вдалося вирішити. Сьогодні відставання в рості рослин пояснюється особливостями температурного режиму ґрунту, вкритого рослинними рештками. В регіонах, де найгостріше виявляється ця проблема, застосовують Strip-till.

## 8.5. Контроль насіння бур'янів під час збирання врожаю

Однією з сучасних інновацій у системі інтегрованого контролю бур'янів є технологія Seed Terminator. Це спеціальний пристрій, який встановлюється на зернозбиральний комбайн і працює безпосередньо під час збирання врожаю. Його основне завдання – не допустити повернення життєздатного насіння бур'янів назад на поле разом із післязбиральними рештками. Такий

підхід належить до напряму Harvest Weed Seed Control, тобто контролю насіння бур'янів під час збирання врожаю.

Проблема полягає в тому, що під час збирання комбайн не лише відокремлює зерно основної культури, а й пропускає через себе значну частину насіння бур'янів. Якщо це насіння разом із половою та подрібненими рештками повертається на поле, воно поповнює ґрунтовий банк насіння і стає джерелом нової хвилі забур'яненості в наступні роки. Seed Terminator перехоплює насіння бур'янів у тій частині рослинної маси, яка виходить із решіт комбайна, і подрібнює його до втрати здатності проростати. За описом виробника, пристрій встановлюється в задній частині комбайна і знищує насіння бур'янів до того, як воно знову потрапить на поле.

Технічна суть Seed Terminator полягає у використанні високошвидкісних багатоступеневих ударних млинів. Через них проходить полова разом із насінням бур'янів, що вийшло з очисної системи комбайна. У млинах насіння зазнає механічного пошкодження – розбивання, стирання, ударного подрібнення та руйнування оболонок. Після такої обробки воно втрачає життєздатність і не може сформувати сходи. За даними виробника та система здатна знищувати до 99 % насіння бур'янів, яке проходить через млини.

Важливо, що Seed Terminator працює саме з половою, а не з усією соломистою масою. Це має технологічне значення, оскільки значна частина насіння бур'янів під час збирання потрапляє саме у фракцію полови, яка виходить із решіт комбайна. Після проходження через млини подрібнена маса повертається на поле, але вже без життєздатного насіння бур'янів. Таким чином, поживні речовини та органічна речовина залишаються в агроекосистемі, а ризик поповнення банку насіння бур'янів у ґрунті зменшується.

Основна цінність цієї технології полягає в тому, що вона діє в той момент, коли бур'яни вже завершили розвиток і сформували насіння, але це насіння ще можна перехопити до потрапляння в ґрунт. Тобто Seed Terminator не замінює гербіциди, сівозміну, покривні культури чи інші агротехнічні заходи, а доповнює їх. Його доцільно розглядати як один із елементів інтегрованої системи контролю бур'янів, особливо там, де зростає проблема гербіцидостійких видів.

Для систем землеробства No-till і Strip-till така технологія має особливе значення. У цих системах механічний обробіток ґрунту не використовується або суттєво обмежений, тому немає традиційного впливу обробітку на насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту. Через це контроль поповнення ґрунтового банку насіння стає одним із важливих завдань. Seed Terminator допомагає зменшити кількість життєздатного насіння, яке повертається на поле після збирання, і тим самим поступово знижує потенційну забур'яненість посівів у наступні роки.

Додаткова перевага цієї інновації полягає в можливості зменшити навантаження на гербіцидну систему захисту. Якщо щороку на поле повертається менше життєздатного насіння бур'янів, то з часом зменшується тиск бур'янового угруповання. Це може допомогти знизити ризик форму-

вання гербіцидостійких популяцій, продовжити ефективність наявних діючих речовин і зробити систему контролю бур'янів більш стійкою. Дослідження з ударними млинами показують, що такі пристрої здатні істотно пошкоджувати насіння бур'янів, яке проходить через комбайн; у дослідах із Seed Terminator у сої було знищено в середньому 94 % насіння водяної коноплі, а для окремих видів бур'янів показники пошкодження сягали 97–99 %.

Водночас ефективність Seed Terminator залежить від біології бур'янів і строків збирання культури. Найкраще технологія працює проти тих видів, насіння яких на момент збирання ще утримується на рослинах і потрапляє в комбайн. Якщо бур'ян осипає насіння до збирання, пристрій уже не зможе його знищити. Тому для правильної оцінки доцільності цієї технології потрібно враховувати видовий склад бур'янів, строки їх достигання, висоту розміщення насіння на рослинах, культуру, яку збирають, та режим роботи комбайна.

Отже, Seed Terminator є прикладом технічної інновації, яка переносить частину контролю бур'янів на етап збирання врожаю. Його використання дає змогу не лише зменшити повернення насіння бур'янів у ґрунт, а й посилити загальну стійкість системи землеробства. У поєднанні з правильною сівозміною, покривними культурами, гербіцидним захистом і якісним управлінням рослинними рештками ця технологія може стати важливим інструментом для господарств, що працюють за принципами No-till і Strip-till.




Рис. 8.20. Seed Terminator – система знищення насіння бур'янів під час збирання врожаю. Джерело: https://www.system.seedterminator.com.au/

## Висновок до розділу

1. Біологічні фактори ризику є обов'язковою складовою будь-якої агроекосистеми. У системах землеробства No-till і Strip-till їх значення не зменшується, але змінюються умови їх прояву та підходи до контролювання.
2. Відмова від механічного обробітку ґрунту, залишення рослинних решток на поверхні, зміна температурного й вологісного режимів ґрунту, накопичення органічної речовини та посилення біологічної активності створюють нове середовище для розвитку бур'янів, шкідників, хвороб і корисних організмів.
3. Контроль бур'янів у системах No-till і Strip-till має базуватися на глибокому розумінні їхніх біологічних особливостей. Бур'яни є природним компонентом порушених екотопів, тому повністю усунути їх із поля практично неможливо і недоцільно.
4. Головне завдання полягає не в повному знищенні бур'янової рослинності, а в обмеженні її присутності до рівня, за якого вона не завдає істотної біологічної та технологічної шкоди культурним рослинам.
5. У системах No-till і Strip-till особливого значення набуває стратегічний контроль бур'янів, спрямований на зменшення ґрунтового банку насіння. За відсутності механічного обробітку насіння бур'янів переважно зосереджується у верхньому шарі ґрунту або на його поверхні. Якщо не допускати нового надходження життєздатного насіння, потенційна забур'яненість поля поступово знижується.
6. Післяжнивний контроль бур'янів, недопущення їх насіннєвого розмноження є важливими елементами довгострокової стратегії.
7. Хімічний контроль у системах No-till і Strip-till залишається важливим інструментом, але він не може бути єдиною основою системи захисту. Найкращий результат забезпечує не ізольоване застосування гербіцидів, а їх поєднання з агротехнічними, фітоценотичними та організаційними заходами.
8. Відмова від механічного обробітку ґрунту впливає також на поширення шкідників. У системах No-till і Strip-till можуть створюватися сприятливі умови для окремих груп шкідливих організмів, зокрема мишоподібних гризунів, слимаків, дротяників та інших ґрунтових шкідників. Стабілізація агроекосистеми сприяє зростанню чисельності корисних організмів, зокрема хижих комах, які беруть участь у природному регулюванні чисельності шкідників.
9. Проблема мишоподібних гризунів і слимаків потребує особливої уваги. Наявність рослинних решток, кормової бази, укриття та вологого мікроклімату може сприяти їх розвитку.
10. Рослинні рештки можуть бути місцем збереження окремих збудників, але одночасно вони сприяють активізації ґрунтової мікробіоти та природного біологічного контролю. Тому посилення фунгіцидного захисту не завжди є виправданим.

11. Основою контролю хвороб залишаються сівозміна, добір стійких культур і сортів, якісне насіння, протруювання, моніторинг посівів і застосування фунгіцидів лише за потреби.
12. Фізіологічний стрес найчастіше проявляється у затримці проростання, ослабленні сходів і повільнішому стартовому рості культур. Ці явища можна зменшити завдяки правильному вибору сівалки, типу сошника, глибини сівби, управлінню рослинними рештками та, за потреби, застосуванню Strip-till.
13. Контроль біологічних факторів ризику в системах No-till і Strip-till має бути інтегрованим, системним і довгостроковим. Його ефективність визначається використання природних механізмів саморегуляції агроекосистеми у поєднанні з іншими агротехнічними захадами.

**Питання для самоконтролю**

1. Що розуміють під терміном «біологічні фактори ризику»?
2. В чому екологічний зміст поняття «біологічні фактори ризику»?
3. Які біологічні особливості бур'янів визначають стратегію їх контролювання?
4. Яка стратегія контролю малорічних бур'янів?
5. Яка стратегія контролю багаторічних бур'янів?
6. Що таке гербокритичний період у бур'янів?
7. Які особливості застосування препаратів з діючою речовиною гліфосат?
8. Як рослинні решки можуть впливати на бур'яни?
9. Що таке інтегрована система контролю бур'янів?
10. Чому при No-till зростає проблема мишовидних шкідників?
11. Чому при No-till зростає проблема слимаків?
12. Чи загострює No-till проблему ураження культурних рослин хворобами?
13. Чому негативний вплив токсинів є актуальнішим за No-till, ніж у традиційній системі землеробства?
14. У чому проявляється фізіологічний стрес у культурних рослин у системі землеробства No-till

**Література**

1. Федоренко В. П., Бублик Л. І., Козуб Н. О. Стратегія і тактика захисту рослин : монографія. Т. 1 . Стратегія / Київ : Альфа-стевія. 2012. 500 с. URL:http://www.nas.gov.ua/UA/Book/Pages/default.aspx?BookID=0000014 0872 (дата звернення: 24.10.2023).
2. Косолап М. П. Гербологія: навч. посібник. Київ : Арістей. 2004. 364 с.
3. Дядечко М. П., Падій М. М., Шелестова В. С. Біологічний захист рослин. Біла Церква. 2001. 312 с.

**Відеоматеріали**

Що робити після збирання зернових в No-till – два варіанти:
https://www.youtube.com/watch?v

# ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

## 1. ЛІНІЙКА КОМПЛЕКСНИХ БІОДЕСТРУКТОРІВ ЕКОСТЕРН ДЛЯ КЕРОВАНОГО РОЗКЛАДАННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК ТА ОЗДОРОВЛЕННЯ ҐРУНТУ

***Матеріал наданий біотехнологічної компанії BTU:***

Різноманітні ґрунтові відміни, мінливість кліматичних умов й насамперед - різна інтенсивність сучасних технологій землеробства потребують постійного удосконалення формуляції біодеструкторів з метою адаптації до конкретних систем господарювання. Мікробіологи біотехнологічної компанії BTU розробили лінійку біопрепаратів-деструкторів, композиції яких дозволять сформувати індивідуальний, розумний підхід до кожного поля і господарства (рис.1.).

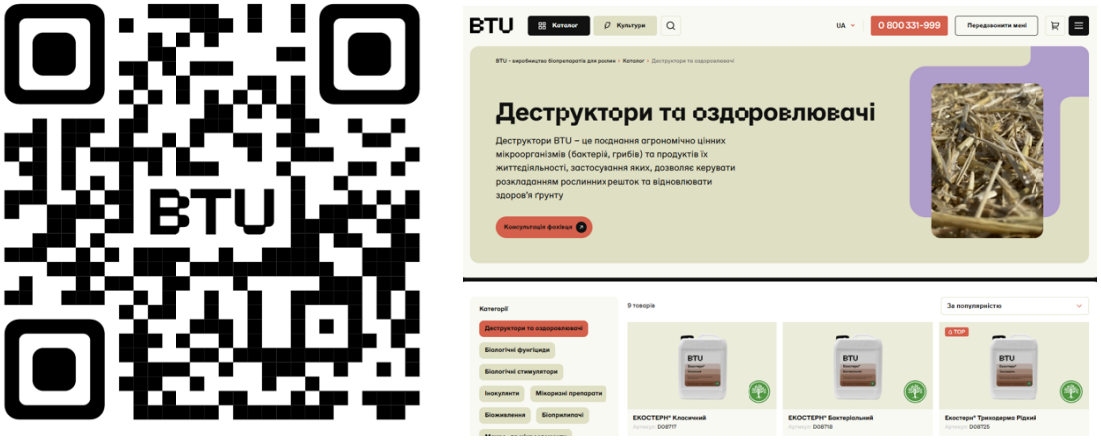



Рис. 1. Деструктори та оздоровлювачі ґрунту виробництва BTU

Серед запропонованих є препарати з бактеріальною складовою - **Екостерн Бактеріальний**, грибною складовою - **Екостерн Триходерма** та комплексні - це **Екостерн Лайт, Екостерн Ноу-тілл, Екостерн Детоксикант** та **Екостерн Класичний**.

Сучасний підхід до обробітку стерні вже давно вийшов за рамки простого прискорення розкладання рослинних решток у комплексне керування біологічною активністю ґрунту. Нижче детально розглянуто механізми, за допомогою яких сучасні багатофункціональні біодеструктори (зокрема, на прикладі вітчизняних розробок біотехнологічної компанії BTU) впливають на ґрунтове середовище, активізують корисну мікрофлору та оптимізують процеси мінералізації рослинних решток.

## 2. ВУГЛЕЦЕВІ ПРОЕКТИ НОВІ ФІНАНСОВІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ФЕРМЕРІВ

***Матеріал наданий: Естонською агротехнологічною компанією eAgronom (OÜ e-Agronom), офіційний партнер eAgronom в УкраїніТОВ «ДАН» (www.AgriCarbon.com.ua).***

Вуглецеві проєкти — це спеціально організовані проєкти, спрямовані на зменшення викидів парникових газів або на додаткове вилучення вуглецю з атмосфери та його накопичення в стабільних формах. У сільському господарстві такі проєкти найчастіше пов'язані з поліпшенням управління ґрунтом, рослинними рештками, добривами, сівозмінами, покривними культурами, водним режимом і пасовищами.

Однією з міжнародних організацій, яка розробляє стандарти для таких проєктів, є Verra. Verra адмініструє програму Verified Carbon Standard, або VCS, яка використовується для оцінки, підтвердження та обліку скорочення викидів парникових газів або вилучення вуглецю.

Методологія Verra VM0042 Improved Agricultural Land Management, призначена для кількісної оцінки скорочення викидів парникових газів і вилучення вуглецю через збільшення запасів органічного вуглецю ґрунту внаслідок впровадження покращених практик управління сільськогосподарськими землями.

Основою будь-якого вуглецевого проєкту є порівняння двох станів: базового сценарію та проєктного сценарію. Базовий сценарій показує, що відбувалося б на полі без упровадження нових практик. Проєктний сценарій відображає зміни, які були запроваджені в межах проєкту, наприклад перехід до No-till, використання покривних культур, зміна системи удобрення або поліпшення управління рослинними рештками. Різниця між цими сценаріями і є основою для розрахунку скорочення викидів або додаткового накопичення вуглецю.

Важливою вимогою таких проєктів є додатковість. Це означає, що кліматичний ефект має бути результатом саме нових або додаткових дій, а не звичайної практики, яка й так застосовувалася б у господарстві. Тому агровиробник повинен мати документальне підтвердження того, які технології використовувалися раніше, які зміни були впроваджені, на яких площах, у які строки та з яким очікуваним результатом. У документації проєкту також описують місце розташування, дату початку, період кредитування, право власності на скорочення викидів, базовий сценарій, очікувані результати та параметри, які будуть контролюватися впродовж реалізації проєкту.

Ще одним важливим елементом є моніторинг. У вуглецевому проєкті недостатньо просто заявити про впровадження No-till або покривних культур. Потрібно системно збирати дані про технологічні операції, культури в сівозміні, урожайність, кількість і тип рослинних решток, систему удобрення, використання пального, стан ґрунту та інші показники, передбачені методологією. Для оцінки змін запасів органічного вуглецю

ґрунту можуть використовуватися ґрунтові аналізи, моделювання або поєднання цих підходів залежно від вимог конкретної методології.

Після збору даних результати мають пройти незалежну перевірку. У системі Verra проєктний розробник готує моніторинговий звіт за відповідним шаблоном VCS, а потім проєкт перевіряється затвердженим органом з валідації та верифікації. Лише після цього проєкт може бути поданий на затвердження результатів і випуск вуглецевих одиниць.

Для господарства участь у вуглецевому проєкті може мати кілька потенційних переваг. По-перше, це можливість отримати додаткову економічну вигоду за рахунок підтверджених скорочень викидів або накопичення вуглецю. По-друге, участь у таких проєктах стимулює більш точний облік технологічних операцій, стану ґрунту, використання ресурсів і продуктивності культур. По-третє, це може посилити екологічну репутацію господарства, особливо якщо воно працює з партнерами, які звертають увагу на кліматичний слід продукції.

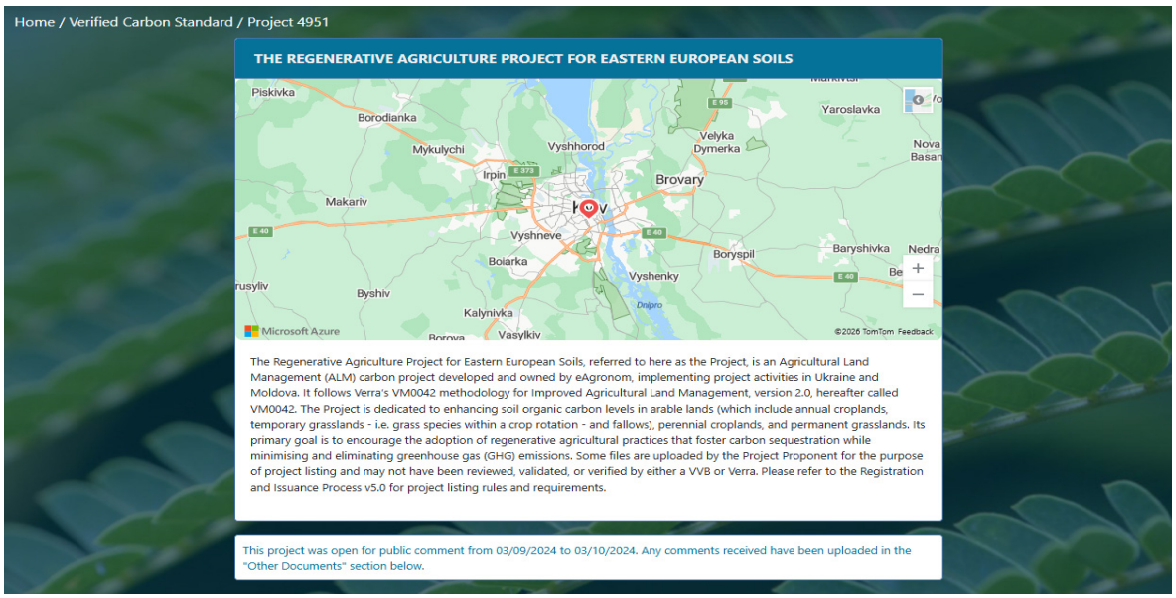
Особливо важливо розуміти, що накопичення органічного вуглецю в ґрунті є поступовим процесом. Воно не формується за один сезон і не може бути забезпечене лише однією технологічною операцією. Для цього потрібна цілісна система: мінімальне порушення ґрунту, постійне надходження рослинних решток, живе коріння протягом більшої частини року, збалансоване живлення рослин, продумана сівозміна та збереження ґрунтової біоти.

## ПРОЄКТ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ДЛЯ ҐРУНТІВ СХІДНОЇ ЄВРОПИ

*Короткий опис вуглецевого проєкту VCS 4951 (стандарт Verra / VCS)*

### 1. Загальна характеристика проекту

| | |
|---|---|
| **Номер проєкту у реєстрі Verra** | VCS 4951 |
| **Розробник проєкту** | eAgronom OÜ (м. Таллінн, Естонія) |
| **Категорія / тип діяльності** | AFOLU — Agricultural Land Management (ALM), Improved Cropland Management (ICM) |
| **Методологія** | VM0042 «Методологія покращеного управління сільськогосподарськими землями», версія 2.0 |
| **Географія реалізації** | Україна (основна територія); можливе розширення на Молдову та інші країни Східної Європи поза ЄС, а також окремі країни СНД (без РФ, Білорусі та Туркменістану) |
| **Період кредитування** | 01.04.2023 – 01.04.2043 (20 років) |
| **Тип проєкту за масштабом** | Великий проєкт (≥ 300 000 т$CO_2$-екв/рік у середньому за період) |




## 2. Мета та підхід

Проєкт спрямований на підвищення вмісту органічного вуглецю в ґрунті (SOC) на орних землях і пасовищах через стимулювання фермерів до впровадження практик регенеративного землеробства. Розробник (компанія eAgronom) укладає з фермерами «вуглецевий контракт», за яким право власності на отримані скорочення/вилучення викидів передається компанії для подальшого продажу вуглецевих кредитів, а фермери отримують агрономічну підтримку та можливість часткового викупу (retirement) кредитів.

Базовий сценарій (без проєкту) — це продовження традиційних інтенсивних практик: глибока оранка, оголений ґрунт між сезонами, високі дози синтетичних добрив, що призводить до поступової втрати органічного вуглецю ґрунту.

**Посилання на проект:**
**https://registry.verra.org/verra/public/program/VCS/projects/4951**

## 3. Використання техніки компанії HORSCH

**Матеріал наданий компанію ТОВ "ХОРШ УКРАЇНА"**
**HORSCH в динаміці на Практичному Дні Поля "ХОРШ УКРАЇНА"**



Сівалка HORSCH Джерело: https://www.horsch.com/

**Посилання: https://www.youtube.com/watch?v=TJG0cC4UTbk**

На демонстраційному полі представили кілька типів посівної техніки, призначеної для різних технологій обробітку ґрунту. Серед них була сівалка **Horsch Avatar** шириною 18 м, обладнана трьома бункерами загальним об’ємом близько 11 000 л. Вона дає змогу одночасно працювати з двома видами добрив, агрегатується з трактором потужністю приблизно 340–380 к. с. і може засівати в середньому до 350 га за добу. Робочі органи машини розміщені в один ряд, а конструкція з чотирма секціями крил забезпечує копіювання поверхні поля. Сівалка призначена для мінімального обробітку ґрунту та укладання насіння на тверде посівне ложе.

Також продемонстрували анкерну сівалку **Horsch Sprinter**, розраховану на прямий посів за технологією No-till. Вона має транспортну ширину 3 м, міжряддя 25 см і вузьке долото шириною 12 мм. Сошник очищує посівне ложе від пожнивних решток, після чого насіння укладається в ґрунт і прикочується. Сівалка може використовуватися для посіву ріпаку, зернових і бобових культур, зокрема гороху, сочевиці та нуту. Її перевагою є можливість працювати у вологих і сухих умовах без значного порушення поверхні ґрунту.

Окремо була представлена універсальна точна сівалка **Horsch Maestro**, назву якої в окремих фрагментах стенограми розпізнано неповно. Дванадцятирядна модель потребує трактора потужністю близько 200 к. с., а восьмирядна — від 130 к. с. Машина може мати автономну гідравлічну систему, завдяки якій не перевантажується гідравліка трактора. Передбачено налаштування міжряддя на 45, 50 або 70 см. Сівалка може використовуватися для точного висіву цукрового буряку, сої, ріпаку, кукурудзи та соняшнику.

**Horsch Focus 6.35 TD F. УКАБ Агротехнології 2025**



Сівалка Horsch Focus 6.35 TD F
Джерело: https://www.horsch.com/

Представили оновлену універсальну сівалку **Horsch Focus 6.35 TDF**. Машина оснащена основним бункером об’ємом 5000 л, розділеним у пропорції 60/40, і додатковим бункером MiniDrill на 400 л для дрібнонасінних культур. Сівалка може одночасно висівати насіння та вносити різні види добрив у верхні й нижні горизонти ґрунту.

Основними робочими органами є лапи, здатні працювати на глибині до 35 см, розпушувати ґрунт, очищати посівну зону від пожнивних решток і підтягувати вологу з нижніх шарів. Після лап ґрунт вирівнюють і ущільнюють спеціальні колеса. Машина може комплектуватися анкерними або дводисковими висівними сошниками, а також змінними робочими модулями для різних технологій і культур.



**Посилання: https://www.youtube.com/watch?v=5yT7Hiqwerw**

Horsch Focus 6.35 TDF призначена для посіву ріпаку, зернових і просапних культур за мінімальною, смуговою та іншими технологіями обробітку. Для роботи із шестиметровою моделлю рекомендований трактор потужністю від 370 к. с. Заявлена продуктивність становить приблизно 100–120 га на добу.

**4. Вимоги регулювання EUDR (Регламент щодо протидії знелісненню) стосовно сої та продуктів її переробки. Практичне впровадження в Україні**

Регламент ЄС щодо протидії знелісненню, або EUDR — Регламент (ЄС) 2023/1115 — охоплює соєві боби та кілька важливих продуктів їх переробки, включаючи соєве борошно/шрот, соєву олію та макуху/тверді залишки від екстракції олії. Його основне правило є простим, але вимогливим з операційної точки зору: продукт, на який поширюється дія Регламенту, може бути розміщений або наданий на ринку ЄС або експортований з ЄС лише за умови, що він не призводить до знелісснення, вироблений відповідно до чинного законодавства країни виробництва та охоплений заявою про належну обачність. [69]

Для більшості українських фермерів та експортерів EUDR– це, перш за все, вимога доступу до ринку ЄС, а не закон прямої дії в Україні. У звичайній поставці сої від українського експортера до імпортера з ЄС оператор з боку ЄС відповідає за дотримання EUDR та подання заяви про належну обачність, але він не може зробити це без набору детальної інформації зі сторони українського фермера. Тому на практиці українським постачальникам потрібні геокоординати полів, інформація про виробництво/збір врожаю, документи про законність та простежуваність, що пов'язують поле з фізичною партією сої, доставленої до ЄС. [70]

Графік впровадження суттєво змінився протягом 2024–2026 років. Після послідовних перенесення термінів чинні правила роблять основні зобов'язання EUDR застосовними з 30 грудня 2026 року. Кваліфіковані мікро- та малі підприємства, які вже були створені до 31 грудня 2024 року, зазвичай отримують додатковий перехідний період до 30 червня 2027 року , з урахуванням детальних винятків, викладених у Регламенті.

EUDR визначає знеліснення як перетворення лісу на сільськогосподарські угіддя, незалежно від того, чи було це спричинено людиною, чи ні. Важливим також є період, за вимогами Регламенту не допускається знеліснення на полях після 31 грудня 2020 року. Визначення базується на фактичних характеристиках та використанні землі, а не лише на її кадастровій познаці. Вимоги Регламенту щодо протидії деградації лісів є додатковими правилами для деревини та не відносяться до сої. [71]

Україна має важливу конкурентну перевагу: Європейська Комісія наразі класифікує Україну як країну з низьким рівнем ризику згідно з бенчмаркінгом EUDR. Це може суттєво зменшити процедурне навантаження для оператора ЄС, який купує українську сою, оскільки може бути доступна спрощена перевірка належної обачності згідно зі статтею 13 Регулювання. Це не скасовує вимог щодо простежуваності або геокоординат: оператор все ще повинен збирати інформацію, що вимагається статтею 9 Регулювання, і повинен реагувати, якщо виявлено невідповідність. [72]

## ДЕТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИМОГ

EUDR застосовується до семи товарних груп: велика рогата худоба, какао, кава, олійна пальма, каучук, **соя** та деревина, разом із продуктами переробки, переліченими в Додатку I Регулювання. Для українського сектору сої Додаток I охоплює принаймні основні комерційні форми цієї культури: соєві боби, соєве борошно та шрот, соєву олію та її фракції, а також макуху/інші тверді залишки, що утворюються в результаті екстракції соєвої олії. Тому чи охоплюється конкретний оброблений харчовий продукт або корм, слід визначати на основі його класифікації Комбінованої номенклатури (УКТЗЕД), а не лише на основі того факту, що він містить певний соєвий інгредієнт. [69]

Центральна заборона міститься у статті 3 Регулювання. Відповідний товар або продукт може потрапити до регульованого ринкового ланцюга ЄС лише за умови виконання трьох окремих умов:

| *Умова* | *Що це означає?* |
|---|---|
| **Без знеліснення** | Соя не повинна була вирощуватися на землях, знеліснених після 31 грудня 2020 року. |
| **Легальність виробництва** | Виробництво повинно відповідати чинному законодавству України в межах категорій, визначених EUDR. |
| **Декларація EUDR** | Оператор з боку ЄС повинен мати хаяву про належну обачність або відповідну спрощену заяву, якщо це передбачено Регламентом. |

Усі три вимоги є кумулятивними. Наприклад, відсутність знелісснення не усуває незаконність прав землекористування, а відтак така продукція не відповідає вимогам EUDR. [71]

Для **оператора в ЄС, що імпортує сою чи продукти її переробки** , належна перевірка EUDR складається з трьох основних етапів: збір інформації згідно зі статтею 9 Регулювання; оцінка ризиків згідно зі статтею 10 Регулювання; та, якщо ризик вже не є незначним або не застосовується спрощена належна перевірка, зменшення ризиків згідно зі статтею 11 Регулювання. Оператор повинен підтримувати задокументовану систему належної перевірки. [70]

Фермер в Україні, який продає товар українському трейдеру, а зрештою імпортеру з ЄС, зазвичай не є стороною, яка напряму підпорядковується регулюванню EUDR. Тим не менш, імпортер з ЄС не може виконати свої зобов'язання за статтею 9 Регулювання, якщо дані про походження не надходять з українського ланцюга поставок. Таким чином, українські виробники, елеватори та експортери стають постачальниками даних, від яких залежить дотримання правових норм ЄС. [71]

Згідно з EUDR, знелісснення – це **перетворення лісів на сільськогосподарські землі, незалежно від того, чи спричинене воно антропогенною діяльністю, чи ні**. Тому для сої критичним питанням є стан та історія виробничого поля станом на **31 грудня 2020 року**.

У Регламенті використовується визначення лісу, наведене ФАО. Загалом, ліс – це земельні ділянки площею понад 0,5 гектара з деревами висотою понад п'ять метрів та листовим покривом понад 10%, або деревами, здатними досягти цих порогів. У рекомендаціях Комісії 2026 року наголошується на важливості об'єктивних характеристик землі: кадастрова або адміністративна класифікація може бути корисним доказом, але сама по собі вона не скасовує того, яким фактично був стан земельної ділянки. [71]

Стаття 9 робить геокоординати фундаментальними для EUDR. Операторам потрібні геокоординати **всіх земельних ділянок, на яких було вирощено відповідний товар**. Для полів площею понад 4 гектари Регламент вимагає геокоординати полігону, що описує периметр поля (кутові поворотні точки); для менших полів може використовуватися одна точка широти/довготи. [69]

Геокоординат самих по собі недостатньо. Оператор повинен мати можливість пов’язати координати з фактично поставленим товаром. Отже, елеватор, який отримує сою з 50 господарств, повинен знати, які поля входять до партії, що експортується до ЄС. EUDR не забороняє поєднання сої з кількох господарств, але модель, в якій соя змішується з іншою соєю **невідомого або непростежуваного походження,** не відповідає вимогам Регулювання. [71]

Друга умова статті 3 Регулювання вимагає виробництва відповідно до «відповідного законодавства країни виробництва». У вказівках Комісії пояснюється, що відповідні сфери можуть охоплювати права землекористування, охорону навколишнього середовища, правила, пов’язані з охороною

лісів, охорону прав третіх сторін, трудові права, права людини, право на вільну, попередню та усвідомлену згоду, а також відповідні податкові, антикорупційні, торговельні та митні правила, оскільки вони стосуються правового статусу виробничого процесу. [71]

Для української сої це означає, що відповідність EUDR не повинна бути зведена лише до супутникового знімка екрана. Залежно від ситуації, докази можуть включати юридичну особу виробника, права власності або оренди/користування полем, кадастрові ідентифікатори, дозволи, де це передбачено законом, договірні записи та торговельну/митну документацію.

## КОНТРОЛЬ ВИКОНАННЯ РЕГУЛЮВАННЯ EUDR

Компетентні органи держав-членів ЄС, контролюють виконання Регламенту. Передбачені грошові штрафи: для юридичних осіб максимальний розмір штрафу може становити щонайменше **4% від загального річного обороту оператора або торговця в ЄС**. [69]

Для українських постачальників безпосередній бізнес-ризик зазвичай виникає раніше, ніж штраф, накладений регулятором: клієнт з ЄС може просто не придбати партію товару, якщо відсутня необхідна інформація згідно Регулювання.

## OPENSOURCE РІШЕННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНЕЛІСНЕННЯ ЗА ЗЕМЕЛЬНІЙ ДІЛЯНЦІ

За період підготовки до впровадження EUDR було розроблено кілька доступних відкритих рішень для швидкої перевірки та підтвердження відсутності знеліснення на земельній ділянці чи полі.

**Open Foris Whisp** (Whats in that plot?)

Розроблений за сприяння FAO – це найпотужніший варіант з відкритим кодом для скринінгу на рівні ділянок, орієнтованого на EUDR. FAO стверджує, що додаток/API та плагін QGIS від Whisp є безкоштовними та з відкритим кодом; код опубліковано за **ліцензією MIT** , включаючи комерційне використання. Він приймає геометрію ділянок та об’єднує загальнодоступні геопросторові шари замість того, щоб покладатися на одну карту лісу. [72]

Його архітектура особливо актуальна для сої, оскільки категорії доказів включають лісовий/деревний покрив приблизно на кінець 2020 року, докази використання товарів/сільськогосподарських культур, зміну порогового значення.

Whisp підтримує кілька шляхів реалізації: веб-застосунок/API для відносно простої обробки та візуалізації, а також пакет Python для більших/налаштованих робочих процесів. В його офіційному репозиторії зазначено, що застосунок/API може обробляти тисячі геометрій за завдання, тоді як реалізація Python підходить для більших наборів даних. [73]

Його головною перевагою є також використання різних наборів даних дистанційного зондування Землі. Тому Whisp надає **оцінку ризиків/доказів, а не юридично обов'язкових доказів**. Поля, що мають неоднозначний

результат перевірки, вимагають повторного огляду з використанням зображень з вищою роздільною здатністю, історичних кадастрових записів або інших доказів.

**Open Foris Ground**

**Open Foris Ground** вирішує ще одну важливу проблему EUDR: збір достовірних даних про ферми та ділянки в польових умовах. ФАО чітко представляє Ground та Whisp разом як геопросторові рішення з відкритим кодом для прозорих ланцюгів постачання, вільних від знеліснення. Ground може збирати інформацію про виробництво товарів та геолокації, зокрема для сої, і тому може бути використаний перед оцінкою Whisp. [74]

**EU/JRC Global Forest Cover 2020**

Спільний дослідницький центр Європейської Комісії надає продукти **Global Forest Cover 2020** через Лісову обсерваторію ЄС спеціально для підтримки впровадження в рамках EUDR. Це особливо корисно як авторитетний, розроблений ЄС орієнтир, за яким можна перевірити українську ділянку. [75]

Однак, його слід класифікувати як **довідковий набір даних/карту з відкритим доступом, а не як повну систему відповідності EUDR з відкритим кодом** . Як і інші глобальні карти, його не слід розглядати як юридично остаточний вердикт щодо окремої ділянки.

**Global Forest Watch**

Глобальна служба охорони лісів (Global Forest Watch) надає загальнодоступні набори даних та сповіщення щодо моніторингу лісів і може слугувати незалежною другою думкою, коли Whisp або карти JRC не дають однозначної відповіді. Саме Регулювання EUDR застерігає, що EUDR не визнає один конкретний набір даних, а глобальні карти є радше доказом, ніж офіційним юридичним рішенням. [76]

Для України це корисно, оскільки полегшує моніторинг та забезпечення відповідності EUDR. Поле, перевірене кількома незалежними наборами даних, легше документувати та надавати інформацію своєму контрагенту в ЄС.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИКА СОЇ В УКРАЇНІ

Нижче наведено практичну модель впровадження, розроблену на основі вимог EUDR та інституційної ситуації в Україні. Це **рекомендований робочий процес.**

1. Ідентифікація товару

Експортер та клієнт з ЄС повинні встановити код товарної номенклатури товару (УКТЗЕД), чи він фігурує в Додатку I EUDR, хто є оператором EUDR, хто подасть заяву про належну обачність та який електронний формат даних очікує клієнт. [69]

2. Збір геокоординат полів сої

Кожне виробниче поле, де вирощується соя для експорту в ЄС, необхідно ідентифікувати.

Інформація про поле повинна містити необхідні геокоординати, площу, рік вирощування та інформацію про обсяг виробництва, а також, де це можливо, підтвердження прав користування землею. [77]

Координати слід зберігати у стандартній географічній системі координат, яку можна експортувати як **GeoJSON**, оскільки Інформаційна система EUDR Комісії приймає масові завантаження лише у форматі GeoJSON. Інформаційна система також підтримує інтеграцію API між рішеннями окремих операторів ринку. [78]

3. Перевірте кожне поле на відсутність знеліснення

Бюджетна процедура скринінгу може використовувати Whisp як механізм першого рівня, а карту JRC 2020 для додаткового підтвердження.

4. Зберіть юридичні підтвердження легальності виробництва

Для кожного виробника або групи фермерських господарств створіть досьє, що охоплює відповідні документи, що підтверджують законність вирощування згідно законодавства України. Для сої практичним відправним набором є документи, що підтверджують зправо володіння/користування/оренди відповідної ділянки, а також відповідні дозволи на довкілля та виробництво, а також торговельні/митні документи.

5. Запровадьте систему простежуваності руху партій

Практичним рішенням є **управління партіями, що відповідають вимогам EUDR**: через систему простежуваності та документування інформації про поля вирощування EUDR не дозволяє змішування сої невідомого походження (без підтвердження відсутності знеліснення та легальності) із соєю, яка відповідає вимогам Регулювання. В такожму випадку вся партія сої перестає відповідати вимогам EUDR.

6. Зберігайте документацію про експортну партію

EUDR вимагає зберігання відповідних документів протягом **п'яти років** , а системи належної перевірки підлягають регулярному перегляду; вказівки Комісії зазначають щорічний перегляд системи належної перевірки оператора в ЄС. [77]

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ


1. ISO 14064: An emerging standard on Greenhouse Gas accounting and verification, http://www.iso.org/
2. ISO 9000:2005 Quality management systems. Fundamentals and vocabulary. http://www.iso.org/
3. ДСТУ ISO 14001–97 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ. Состав и описание элементов, руководящие указания по их применению. Киев : Гостстандарт Украины,1997. С. 26.
4. ДСТУ 4691:2006 Землеробство. Терміни та визначення понять. Київ : Держспоживстандарт, 2008. С. 37.
5. ДСТУ EN 12944–2:2005 Добрива, вапнувальні матеріали та меліоранти ґрунту. Словник термінів. Частина 2. Терміни, що стосуються добрив. (EN12944–2:1999, IDT). Київ : Держспоживстандарт, 2007. С. 15.
6. ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Київ : Держспоживстандарт, 2007. С. 23.
7. ДСТУ 7118:2009 Якість ґрунту. Ерозія ґрунту. Терміни та визначення основних понять. Київ : Держспоживстандарт, 2010. С. 20.
8. ДСТУ 6070:2008 Гербологія. Терміни та визначення понять. Київ : Держспоживстандарт, 2010. С. 22.
9. ДСТУ 5049:2008 Соя. Технологія вирощування. Загальні вимоги. Київ : Держспоживстандарт, 2010. С. 14.
10. ДСТУ 4838:2007 Технологія вирощування сільськогосподарських культур. Терміни та визначення понять. Київ : Держспоживстандарт, 2010. С. 22.
11. ДСТУ 4756:2007 Захист рослин. Терміни та визначення понять. Київ : Держспоживстандарт, 2009. С. 42.
12. Лісовал А.П Система застосування добрив: Підручник. Київ 2002 317 ст.
13. За ред. Пилипенка О.І. Системи захисту грунтів від ерозії. Підручник. Кондор. 2024. 317 с.
14. Бегей С. В. Проміжні культури в інтенсивному землеробстві: монографія. Львів : Світ, 1992. 160 с.
15. Годулян И. С. Рациональные севообороты – основа высокого урожая. Днепропетровск : Проминь, 1972. 160 с.
16. «Наші степи колись і тепер» Докучаев В. В» (Київ – Харків, 1949) – офіційне окреме видання праці В. В. Докучаєва, перекладене українською мовою.
17. М. М. Макрушин, О. О. Созінов, Є. М. Макрушина, О. І. Созінов Генетика сільськогосподарських рослин: підручник . Київ Урожай, 1996 320 с
18. Жорстка посуха у зоні Степу спостерігається раз на 3-5 років https://agrotimes.ua/agronomiya/zhorstka-posuha-u-zoni-stepu-sposterigayetsya-raz-na-3-5-rokiv/

19. Кисель В. И. Биологическое земледелие в Украине: проблемы и перспективы. Харьков : Штрих, 2000. 162 с.
20. Кисіль В. І. Агрохімічні аспекти екологізації землеробства. Харків, 2005. 167 с.
21. Кротінов О. П., Косолап М. П. Аніскевич Л. В. та ін. Землеробство України і проблема глобального потепління. Науковий вісник НАУ. 2004 № 75.
22. Косолап М. П., Кротінов О. П. Зміна водно-фізичних властивостей чорнозему типового при переході до технології No–till. Доповідь на міжнародній науково–практичній конференції з нагоди 100–річчя з дня народження проф. Городнього М. Г. Київ : НУБІПУ, 2008.
23. Лебідь Є. М., Андрусенко І. І., Пабат І. А. Сівозміни при інтенсивному землеробстві. Київ : Урожай, 1992. 224 с.
24. Малієнко А. М., Сайко В. Ф. Системи обробітку ґрунту в Україні /; УААН, ННЦ «Інитут землеробства», Центр наук. забезп. АПВ Київ. обл. Київ. : Екмо, 2007. 42 с.
25. Бібліогр.: с. 42. ISBN 978-966-8555-81-7.Марчук І. У, Макаренко В. М., Розстальний В. Є. Добрива та їх використання. Київ, 2002. 245 с.
26. Медведев В. В. Плотность сложения почв. Харьков, 2004. 243 с.
27. Моргун Ф. Т. и др. Почвозащитное земледелие. Киев : Урожай. 1988. 256 с.
28. Моргун Ф. Т, Шикула Н. К., Тарарико А. Г. Почвозащитное земледелие. Киев : Урожай, 1988. 256 с.
29. Овсинський І.Є. Нова система землеробства. м. Біла Церква: ЛА Піраміда
2017. 197 сторінок.
30. Пабат І. А. Ґрунтозахисна система землеробства. Київ : Урожай, 1992. 160 с.
31. Пастушенко В. О. Сівозміни на Україні. Київ : Урожай, 1972. 360 с.
32. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту. Київ : 2007. 41 с.
33. Примак І. Д. та ін. Механічний обробіток ґрунту в землеробстві. Біла Церква, 2002. 319 с.
34. Примак І. Д., Єщенко В. О., Манько Ю. П. Сівозміни в землеробстві України. Київ : КВІЦ, 2008. 286 с.
35. Примак І. Д., Єщенко В. О., Манько Ю. П. та ін. Ресурсозберігаючі технології обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України. Київ : КВІЦ, 2007. 270 с.
36. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ, 2007. 41 с.
37. Ситник К. М., Багнюк В. М. Стан ґрунтів і майбутнє людства. Вісник НАН України, 2008. № 8. С. 3–27.
38. Тарарико А. Г. Агроэкологические основы почвозащитного земледелия. Киев : Урожай, 1990. 184 с.
39. Тараріко О. Г., Лапа М. А., Тараріко Ю. О. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства / За ред. О. Г. Тараріко, М. Г. Лобаса. Київ, 1998. 158 с.

40. Шикула М. К. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Київ : 1998. 677 с.
41. Шикула М. К. під заг. ред Грунтозахисна біологічна система землеробства в Україні: монографія /. - Київ : Оранта, 2000. - 389 с. - ISBN 966-7786-23-4
42. Burns R. G., Davies J. A. The microbiology of soil structure. Biol. Agric. and Hort. 1986. № 3. P. 95–113.
43. Calegari A., Darolt M., Ferro, M. Towards sustainable agriculture with a no–tillage system. Advances in GeoEcology. 1998. № 31. P. 1205–1209.
44. Derpsch R., Calegari A. Plantas para adubaçao verde de inverno. IAPAR, Londrina, Circular. 1992. № 73. 80 p.
45. Ebelhar S.A., Frye W. W., Blevins R.L. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. Agron. J. 1984. № 76. P. 51–55.
46. Guiraud G., Martinez J., Latil M., Marol C. Effect of a ryegrass catch crop on the balance sheet of a nitrogen fertilizer. (English translation of French title). Nitrates, agriculture, water. Paris, November. 1990.
47. Hargrove W. L. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. Agron. J. 1986. № 78. P. 70–74.
48. Harper L. A., Hendrix P. F., Langdale G. W., Coleman D. C. Clover management to provide optimum nitrogen and soil water conservation. Crop Science. 1995. № 35. – P. 176–182.
49. Lal R. et al. Methodology for assessment of soil degradation. Int. Soc. Soil Sci. monograph. 1991. 558 p.
50. Lemon R. G., Hons F. M., Saladino V. A. Tillage and clover cover crop effects on grain sorghum yield and nitrogen uptake. Journal of Soil and Water Conservation. 1990. № 45. P. 125–127.
51. McVay K. A., Radcliffe D. E., Hargrove W. L. Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. Soil Sci. Aoc. Am. J. 1989. №53. P. 1856–1862.
52. Sarrantonio M., Scott T. W. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. Soil Science Society of America Journal. 1988. № 52. P. 1661–1668.
53. 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
54. 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.
55. 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
56. Данкевич, А. (2011). Організаційно-економічні складові раціонального господарювання. Економіка АПК, (6), 22–27.
57. Данкевич, А. (2011). Напрями підвищення ефективності господарської діяльності агрохолдингів. АгроІнКом, (4–6), 76–79.
58. Регламент (ЄС) 2023/1115 https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1115/oj/eng
59. Roles and responsibilities under EUDR – Green Forum - Europa.eu https://green-forum.ec.europa.eu/nature-and-biodiversity/deforestation-regulation-implementation/roles-and-responsibilities_en
60. Guidance Document for Regulation (EU) 2023/1115 on Deforestation-Free Products https://green-forum.ec.europa.eu/document/download/030c9bf7-a935-4d4d-91c6-bbddd745c181_en?filename=Guidance+Document+for+the+Regulation+on+Deforestation-Free+Products+%282026%29.pdf
61. OpenForis WHISP website https://www.openforis.org/whisp-faqs/
62. OpenForis WHISP API on GitHub https://github.com/forestdatapartnership/whisp
63. FAO Forest Monitoring for Transparent Supply Chains https://www.fao.org/transparent-supply-chains/overview/en
64. EU observatory on deforestation and forest degradation https://forest-observatory.ec.europa.eu/forest
65. Global Forest Watch https://globalnaturewatch.org/blog/data-and-tools/satellite-data-eu-regulation-deforestation-free-supply-chains/
66. Frequently Asked Questions Implementation of the EU Deforestation Regulation Version 5 – April 2026 https://environment.ec.europa.eu/document/download/744919a7-8650-4850-89ad-a597268cd69e_en?filename=FAQ-UPDATE-5th-Iteration+FINAL.pdf
67. The Information System of the EU Deforestation Regulation https://green-forum.ec.europa.eu/nature-and-biodiversity/deforestation-regulation-implementation/information-system-deforestation-regulation.
68. 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, 112-118. DOI: https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-5/118
69. Dankevych, A., Nitsenko, V., Dankevych, V. et al. Agricultural waste valorization in the circular economy using sunflower husk ash as a secondary resource. Discov Sustain (2026). https://doi.org/10.1007/s43621-026-04879-y
70. Ostapchuk, T., Orlova, K., Biriuchenko, S., Dankevych, A., & Marchuk, G. (2021). Defuzzification in the process of managerial estimating the value of agricultural lands. Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal, 7(4), 62-81. - DOI: https://doi.org/10.51599/are.2021.07.04.04
71. 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
72. Dankevych, A. (2011). Background and basic principles of agricultural holdings. Ekonomika APK, (5), 139-147
73. 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.

# Алфавітний предметний покажчик


## *А*

**Агрегатний склад ґрунту** — 47, 61
**Агрофізичні показники** — 49, 108
**Азот** — 89–90, 97, 104, 112–113, 119, 137–139, 151, 157, 159, 171, 178–180, 182, 191, 194–195, 203, 236–237, 240–244, 251, 253–254, 258–259, 268–269, 297
**Азотні добрива** — 241, 253, 255–256, 258, 269–270
**Амоніфікація** — 242

## *Б*

**Бактерії** — 89–91, 97, 104, 108, 188, 241, 243, 262, 303–304
**Біологізація землеробства** — 21
**Біомаса** — 91, 182, 194–195, 200, 280
**Бобові культури** — 93, 142, 156, 159, 180, 193, 195, 203, 236, 241–242, 269
**Бульбочкові бактерії** — 241
**Бур'яни** — 28, 170–171, 184–185, 203, 239, 272–273, 275–277, 280–282, 286–292, 294, 298, 301, 306, 310, 313–314

## *В*

**Випаровування вологи** — 42, 49, 60, 66–67, 72–73, 77, 79, 103, 119, 132, 140, 144, 170, 197–198, 203, 216
**Внесення добрив** — 33, 41, 61, 145, 181, 235, 247, 249–258, 264, 267, 281
**Водний режим ґрунту** — 68, 109
**Водопроникність** — 47, 60, 66, 105, 110, 113, 188
**Вуглець** — 82, 119, 138, 191, 240, 242

## *Г*

**Гербіциди** — 28, 30, 38, 58–59, 110, 174, 200, 273–274, 287, 290–292, 295, 297, 310
**Глибина заробки насіння** — 207, 209, 222, 233
**Гліфосат** — 274, 291, 294–295, 297, 314
**Гуміфікація** — 81, 114, 139
**Гумус** — 81–84, 86–87, 99, 137

## *Ґ*

**Ґрунт** — 15, 17, 19, 24–27, 29, 31, 33–35, 41, 43–45, 47–54, 56–57, 60–64, 68–72, 74, 77–80, 85, 89–92, 95–96, 98–99, 101, 103–104, 106–117, 119, 132, 135–139, 153–155, 157, 159, 170, 173–174, 177, 179–180, 182–183, 185, 188, 191, 193, 195–197, 203, 206–209, 213–214, 216–221, 224–227, 231, 233, 235–242, 244–245, 247, 249, 251, 253–255, 259, 264–267, 269–270, 276, 282, 288, 290–292, 298, 301–302, 309–311, 319, 321
**Ґрунтова волога** — 65
**Ґрунтові мікроорганізми** — 74–75, 89, 174, 240, 244
**Ґрунтозахисне землеробство** — 22
**Ґрунтоутворення** — 19, 34, 40, 55, 113, 116, 139

## *Д*

**Денітрифікація** — 242
**Диверсифікація сівозмін** — 14, 19, 40, 44
**Динамічна сівозміна** — 162, 168

**Добрива** — 21, 27, 48, 84, 86, 107–108, 110, 116–117, 170, 173, 218, 227, 236–237, 239, 241, 246–247, 251–258, 260, 262–263, 265–267, 269–271, 281
**Дощові черв’яки** — 49, 68, 94–95, 97–101, 103, 105, 109, 221

## *Е*

**Економічна ефективність** — 38
**Екостерн** — 136, 316
**Елементи живлення** — 171, 248
**Ерозія ґрунту** — 183

## *Ж*

**Жатка** — 113, 123, 128, 131, 139
**Живлення рослин** — 37, 42, 89–90, 115, 153, 189, 235, 243–244, 246, 248–249, 263, 265, 269–270, 318
**Жири** — 113, 119, 139
**Жито** — 75, 118, 120, 158, 160, 165–167, 178–180, 182, 187, 190–191, 193, 200–201, 203, 292, 301
**Життєздатність** — 219, 273, 282, 288, 310

## *З*

**Загортання насіння** — 74, 117, 156–158, 222–223, 263, 298
**Закони землеробства** — 42, 45–46
**Запаси вологи** — 64–65, 67
**Зберігаюче землеробство** — 15, 18–20
**Зернові культури** — 22, 147, 156, 195, 291

## *І*

**Іммобілізація** — 90, 119, 179, 240, 242
**Інтегрований контроль** — 273
**Інтенсивність сівозміни** — 142, 150–151, 168
**Інфільтрація** — 63, 68, 105

## *К*

**Калій** — 89, 113, 119, 182, 236–238, 240, 249, 264, 268
**Кальцій** — 93, 113, 119, 182, 236, 238, 240, 249, 268, 297
**Колообіг поживних речовин** — 112, 240
**Контроль бур’янів** — 35, 112, 273, 275, 281, 313
**Коренева система** — 47, 59, 68, 76, 95, 171, 177, 180, 185, 237, 245, 266, 270

## *Л*

**Листкове живлення** — 268
**Лігнін** — 113, 117–118, 139
**Льон** — 75, 93, 120, 142, 148, 158, 163, 165–166, 257, 301
**Люпин** — 75, 93, 118, 142, 147, 156, 158, 164–165, 182, 186, 188, 194, 223, 241, 244, 301–302
**Люцерна** — 75, 84, 159, 164, 167, 179, 182, 188–189, 241, 302

## *М*

**Механічний обробіток ґрунту** — 56, 60, 85, 151, 239, 246, 298, 302, 310
**Мікориза** — 92, 94, 109–111, 246, 263–264

**Мікроелементи** — 113, 117, 119, 236–237, 240, 265–267, 270
**Мінеральні добрива** — 21, 107–108, 110, 218, 239, 269–270
**Мульча** — 74, 193, 290

## *Н*

**Накопичення вологи** — 36, 47, 63–64, 66, 68–70, 110, 121, 166
**Насіннєве ложе** — 207, 211, 217, 256
**Насіння** — 14, 29, 33, 37, 39, 41, 45, 48, 57–58, 74–75, 117, 120, 133–134, 136–138, 154–158, 171, 174, 178, 184–185, 194–195, 197–198, 201, 203–204, 206–234, 237, 246, 252, 255–257, 260–261, 263, 265–267, 270, 272–274, 276, 280–283, 286–291, 297–300, 302–303, 310–314, 320–321
**Нітрати** — 89, 241, 243
**Норма висіву** — 156, 196–197, 207, 225–226, 230, 280

## *О*

**Обробіток ґрунту** — 13, 17, 19, 26–27, 54–56, 60, 66, 85, 101, 104–105, 110, 151, 192, 203, 239, 246, 280, 298, 302, 309–310
**Оранка** — 46, 54, 57, 79, 85–86, 101, 105–106, 192, 282, 309, 319
**Організація території** — 13, 16, 22, 141, 143–144
**Органічна речовина ґрунту** — 80, 84, 174
**Органічні добрива** — 27, 48, 84, 86, 108, 116–117

## *П*

**Пестициди** — 41, 96, 103, 108, 310
**Покривні культури** — 45, 48, 56, 122, 142, 147, 151, 157, 167, 169–174, 176, 180–185, 187–188, 190–193, 195, 197, 199–205, 236, 239, 243–244, 265, 269, 271, 310
**Польова схожість** — 206, 216, 219, 233
**Проростання насіння** — 41, 45, 48, 58, 117, 138, 154, 156, 158, 178, 184–185, 197, 204, 206, 211–212, 216–217, 219–220, 233, 310
**Пряма сівба** — 169, 205

## *Р*

**Ризосфера** — 92, 110
**Родючість ґрунту** — 15, 18, 21, 27, 35, 47, 49, 89, 98, 103, 108, 110, 113, 137, 146, 148, 150, 156, 168, 174, 188, 193, 268
**Розклад рослинних решток** — 120, 138, 240
**Розпушування ґрунту** — 41, 255
**Рослинні рештки** — 37, 39, 45, 48, 67, 69–70, 72, 74, 78, 81, 84–85, 96, 107, 109, 112–117, 119, 121–124, 133, 136–137, 139–140, 154, 156–158, 174, 182–183, 191–192, 195, 197, 203, 208, 213–214, 216, 218, 221–222, 227, 229, 232–233, 236, 239, 265, 269, 273–274, 291–292, 298, 309–310, 313

## *С*

**Система землеробства No-till** — 16, 29, 35, 46, 64, 104, 110, 112, 140, 186, 258
**Система землеробства Strip-till** — 33, 42
**Сівба** — 26, 34–35, 38, 40, 116, 169, 173, 184, 196–199, 205–208, 216, 218, 220, 227, 229, 233, 291
**Сівозміна** — 13, 65, 106, 121–122, 141, 150, 152–153, 159, 162, 166–169, 176, 236, 271, 273–274, 280, 288, 302, 310, 314, 318
**Структура ґрунту** — 48, 60–61, 105, 110

## *Т*

**Твердість ґрунту** — 48, 57–60, 109
**Температура ґрунту** — 48, 74–75, 79–80, 110, 132, 177, 255
**Тепловий режим ґрунту** — 50
**Токсини** — 138, 272, 275, 309–310

## *У*

**Удобрення** — 13–14, 16, 35, 76, 86, 107, 189, 235, 237, 239, 246–247, 249, 251, 268–271, 301, 317
**Управління рослинними рештками** — 112–113, 121–122, 136, 139–140, 236, 301, 317
**Урожайність** — 32, 86, 132, 156, 158, 165, 200, 210, 317
**Ущільнення ґрунту** — 14, 25, 49–50, 53, 84, 111, 211, 222, 309

## *Ф*

**Фітосанітарний стан** — 112–113, 137, 140
**Фосфор** — 89, 93, 113, 119, 182, 236–237, 240, 244, 260, 262–264, 266, 268, 270
**Фосфорні добрива** — 237, 260, 262–263, 270
**Фотосинтез** — 49, 89

## *Х*

**Хвороби рослин** — 76, 272, 309
**Хімічний контроль** — 60, 313
**Хімічні властивості** — 81, 186, 250
**Хімічні засоби** — 21, 309
**Ховрахи** — 69, 302

## *Ц*

**Цвітіння** — 65, 76, 178–179, 262, 265, 293, 300, 310
**Целюлоза** — 113, 117–118, 139
**Цинк** — 93, 237, 240, 265–266, 270
**Цукри** — 92, 119
**Цукрові буряки** — 167

## *Ч*

**Чергування культур** — 38, 46, 48, 56, 58, 60, 106, 110, 113, 122, 139, 141–142, 152–153, 159–162, 165, 167–168, 172, 177, 185, 190, 194, 204, 246, 264, 273, 280, 286–288, 301, 309
**Чисельність бур'янів** — 276, 300
**Чистий пар** — 155
**Чорнозем** — 50–51

## *Ш*

**Шар ґрунту** — 55–57, 69, 74, 99, 101, 190, 211, 222, 238, 265–266, 276, 292
**Ширина міжрядь** — 224
**Широколисті культури** — 148, 160
**Шкідники** — 38, 174, 190, 192, 272
**Шкодочинність** — 280

## *Щ*

**Щириця** — 184
**Щільність будови ґрунту** — 47, 49–51, 53, 55–56, 68, 189

**Щільність ґрунту** — 49–51, 53, 56–57, 109, 142, 229–230
**Щільність орного шару** — 55

## *Я*

**Якість сівби** — 112–113, 140, 158, 206, 208, 211, 220, 224–225
**Яра пшениця** — 152, 163, 301
**Ярі культури** — 160
**Ячмінь** — 33, 75, 102, 118, 120, 142, 148, 150, 156, 160, 163, 165–167, 173, 177, 183, 189, 255, 263, 301

## *Латинські терміни*

**No-till** — 13–14, 16, 19–20, 23–26, 28–35, 37–42, 44–49, 53, 55–60, 64, 68, 71–72, 74, 78–79, 85–88, 93, 99, 101–105, 109–116, 119–121, 123–124, 133, 136, 138–160, 163, 165, 167–170, 172–177, 181–182, 185–186, 190–192, 199–200, 203–209, 211–213, 216, 218, 221–225, 227–240, 242, 244–246, 249, 251–255, 258, 260–262, 264–275, 281–284, 286–290, 295, 301–302, 304–305, 307, 309–311, 313–315, 317, 321
**Strip-till** — 13–14, 19–20, 23–26, 28–29, 33–34, 37, 39–40, 42, 44–49, 56–57, 64, 68, 74, 78–79, 85–86, 88, 109–116, 119–122, 136, 139–142, 144, 146–149, 151, 153–155, 157, 159, 163, 165, 167–168, 170, 173–175, 177, 181, 185, 190–191, 199–200, 203–204, 206, 208, 211–212, 218, 221–222, 224–225, 233, 235–239, 244, 247, 249, 260, 264–265, 267–270, 272, 274–275, 281–282, 289–290, 295, 301–302, 305, 307, 309–311, 313–314

**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 1

За редакцією Косолапа М. П.

Підписано до друку 09.09.26 Формат 60х84\16
Ум. друк. арк. 19,4 Наклад 50 прим. Зам. № 260515

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

Підручник поширюється за ліцензією **CC BY-NC-ND 4.0**