СИСТЕМИ ЗБЕРІГАЮЧОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: NO-TILL і STRIP-TILL

Навчальний посібник

Київ
2023

УДК 631.51(075)
З-41

Рекомендовано Вченою радою
Національного університету біоресурсів і природокористування України
(протокол № 3 від 26 жовтня 2022 року)

Авторський колектив:
М. П. Косолап, О. П. Кротінов, М. Ф. Іванюк, І. Д. Примак, О. М. Журавель, М. І. Биков.

Рецензенти:

Федоренко В. П. – доктор біологічних наук, професор, академік НААН, Інститут захисту рослин НААН.

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

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

Войтовик М.В. – кандидат с.-г. наук, голова ТОВ «Мрія».

Дробітько В.М. – голова ФГ «Аркадія».

Мокляк В.Я. – кандидат с.-г. наук, голова СФГ «Дослідне».

Романьков Е.А. – керівник ТОВ «Союз-Спецтехніка».

Щедрінов А.М. – агроном ДП «ДГ. «Великі клини» Інституту водних проблем і меліорації.

З-41 **Системи зберігаючого землеробства: No-till і Strip-till :** навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл. / М. П. Косолап та ін. – Київ: НУБіП України, 2023. – 377 с.
ISBN 978-617-8351-18-2

Перший в Україні навчальний посібник підготовлений за типовою програмою дисципліни «Системи землеробства No-till і Strip-till», 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. Навчальний посібник підготовлений на основі узагальнених даних власних наукових досліджень та зарубіжного і вітчизняного практичного досвіду запровадження систем землеробства No-till і Strip-till. Підготовка навчального посібника здійснювалася в рамках проекту Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО). «Інтегроване управління природними ресурсами деградованих ландшафтів лісостепової та степової зон України», що фінансувався Глобальним екологічним фондом (ГЕФ). Навчальний посібник буде корисним студентам, аспірантам, викладачам закладів вищої освіти та спеціалістам аграрного сектору України.

УДК 631.5(075)

© Косолап М. П., Кротінов О. П.,
Іванюк М. Ф., Примак І. Д.,
Журавель О. М., Биков М. І., 2023
© НУБіП України, 2023

ISBN 978-617-8351-18-2

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». 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



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



Іван Дмитрович Примак
Доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Біло-церківського 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



Олександр Миколайович Журавель
Національний координатор проєкту Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО), проєкт: «Інтегровані природні ресурси управління деградованими землями зон Степу та Лісостепу України». Основна діяльність у сфері управління міжнародними проєктами в аграрному бізнесі; агроконсалтинг у стратегічному, оперативному та фінансовому менеджменті; управління ризиками, маркетинг. Фермер із 2005 року, займається вирощуванням зернової групи та аспарагуса.
Електронна адреса: Oleksandr.Zhuravel@fao.org



Микола Іванович Биков
Національний експерт із ґрунтозберігаючого землеробства ФАО, дорадник з агрономії (свідоцтво №26/2017/2). Досвід в агробізнесі – понад 15 років, робота на агропідприємствах на різних керівних посадах. Тема виробничих досліджень: органічне виробництво, ґрунтозахисні технології вирощування, карбонова економіка. Є автором ряду практичних посібників для органічного виробництва.
Електронна адреса: agro.bykov@gmail.com

ЗМІСТ

Передмова 10

Розділ 1. Системи землеробства No-till і Strip-till, історія їх становлення та наукові основи 12

1. 1. Сучасне розуміння терміна «системи землеробства» 12

1. 2. Світові тенденції та напрями розвитку систем землеробства 13

1. 3. Розвиток систем землеробства в Україні 17

1. 3. 1. Історія розвитку систем землеробства в Україні 17

1. 3. 2. Причини зміни систем землеробства 20

1. 4. Системи землеробства No-till і Strip-till в Україні 25

1. 5. Основні концептуальні положення системи землеробства No-till і Strip-till 31

1. 5. 1. Концептуальні положення системи землеробства No-till 31

1. 5. 2 Концептуальні положення системи землеробства Strip-till 37

1. 6. Закони землеробства – наукова основа систем землеробства 39

Розділ 2. Родючість ґрунту і системи землеробства 43

2. 1. Агрофізичні показники родючості ґрунту 43

2. 1. 1. Щільність ґрунту 43

2. 1. 2. Твердість ґрунту 50

2. 1. 3. Структурно-агрегатний склад кореневмісного шару ґрунту 53

2. 2. Формування запасів ґрунтової вологи 56

2. 2. 1. Механізм накопичення води в ґрунті 56

2. 2. 2. Значення обробітку ґрунту в регулюванні його водного режиму 59

2. 2. 3. Водний режим ґрунту в системі землеробства No-till 62

2. 3. Температурний режим ґрунту 68

2. 3. 1. Температура ґрунту в землеробстві 68

2. 3. 2. Регулювання теплового режиму 71

2. 4. Органічна речовина ґрунту і системи землеробства 75

2. 4. 1. Органічна речовина ґрунту 75

2. 4. 2 Шляхи регулювання гумусного стану ґрунтів 80

2. 5. Закономірності функціонування ґрунту як живої біокосної системи 85

2. 5. 1. Ґрунт як жива матерія 85
2. 5. 2. Поняття про ризосферу 88
2. 5. 3. Ризосфера та грибкова везикулярно-арбискулярна мікориза 89
2. 5. 4. Дощові черв'яки 90
2. 6. Біологічна складова ґрунту і система землеробства 98
Розділ 3. Рослинні рештки та управління ними 106
3. 1. Поняття про рослинні рештки 106
3. 2. Місце і значення рослинних решток у системах землеробства No-till і Strip-till 107
3. 3. Склад і кількість рослинних решток 108
3. 4. Управління рослинними рештками 110
3. 4. 1. Організаційні заходи 111
3. 4. 2. Механічні заходи управління 111
3. 4. 3. Біологічний метод управління рослинними рештками 120
Розділ 4. Сівозміни та покривні культури 130
4. 1. Особливості організації території в системах землеробства No-till і Srtip-till 130
4. 2. Структура посівних площ і раціональна система сівозмін 135
4. 3. Чергування культур у схемі сівозміни 136
4. 3. 1. Причини необхідності чергування 136
4. 3. 2. Динамічність сівозміни 140
4. 3. 3. Інтенсивність сівозміни 143
4. 3. 4. Практика сівозмін у господарствах України 147
4. 4. Покривні культури 149
4. 4. 1. Поняття та зміст терміна «покривні культури» 149
4. 4. 2. Завдання покривних культур 154
4. 4. 3. Потенційні проблеми запровадження покривних культур 163
4. 4. 4. Вимоги до покривних культур 165
4. 5. 5. Суміші покривних культур 168
4. 4. 6. Технологія вирощування покривних культур 170
Розділ 5. Сівба як базовий елемент систем землеробства No-till і Strip-till 178
5. 1. Світові тренди якості сівби сільськогосподарських культур 178
5. 2. Вимоги до якості насіння в системі землеробства No-till 179

5. 3. Роль покриву посівної борозни 181
5. 4. Проростання насіння і розвиток проростка в необробленому ґрунті 185
5. 4. 1. Особливості ґрунтових умов проростання насіння в системі землеробства No-till 185
5. 4. 2. Сівба в сухий ґрунт 187
5. 4. 3. Сівба у вологий ґрунт 189
5. 5. Глибина заробки насіння 192
5. 6. Ширина міжрядь 194
5. 7. Норма висіву насіння 194
5. 8. Принципи якісної сівби технології No-till 197
5. 9. Налаштування роботи сівалки в No-till 198
Розділ 6. Живлення рослин у системах землеробства No-till і Strip-till 201
6. 1. Динаміка елементів мінерального живлення 201
6. 2. Колообіг поживних речовин за системи землеробства No-till 203
6. 3. Система удобрення 210
6. 3. 1. Загальні вимоги до системи удобрення 210
6. 3. 2. Концепція чотирьох правил застосування добрив 213
6. 3. 3. Азот 215
6. 3. 3. 1. Внесення азотних добрив розкидним способом по поверхні 215
6. 3. 3. 2. Стрічковий спосіб внесення азотних добрив 218
6. 3. 3. 3. Внесення добрив після сівби 223
6. 3. 4. Фосфор 225
6. 3. 5. Калій і сірка 229
6. 3. 6. Кальцій, магній, цинк 229
6. 3. 7. Хлор 230
6. 3. 8. Мікроелементи 230
6. 4. Внесення елементів живлення через листовий апарат 231
Розділ 7. Особливості контролю біологічних факторів ризику в системах землеробства No-till і Strip-till 235
7. 1. Поняття біологічних ризиків та їх значення в системах землеробства No-till і Strip-till 235
7. 2. Контроль бур’янів 235
7. 2. 1. Біологічні особливості бур’янів 235

7. 2. 2. Стратегія контролю бур'янів 238
7. 2. 3. Агротехнічні заходи контролю бур'янів 241
7. 2. 4. Особливості хімічного контролю багаторічних бур'янів 249
7. 2. 5. Особливості застосування гербіцидів з д. р. гліфосат 251
7. 2. 6. Рослинні рештки та бур'яни 253
7. 2. 7. Інтеграція заходів контролю бур'янів 254
7. 3. Проблема шкідників та їх контролювання 256
7. 3. 1. Загальні тенденції зміни проблеми шкідників за відмови від механічного обробітку ґрунту 256
7. 3. 2. Проблема мишовидних гризунів 257
7. 3. 3. Проблема слимаків 263
7. 4. Хвороби та токсини 265
7. 4. 1. Хвороби рослин 265
7. 4. 2. Токсини 267
7. 4. 3. Фізіологічний стрес у рослин 268
Розділ 8. Особливості технічного оснащення систем землеробства No-till і Strip-till 270
8. 1. Умови сівби в системі землеробства No-till та вимоги до сівалок прямого посіву 270
8. 2. Конструктивні особливості сівалок прямого посіву 274
8. 3. Дозувальні апарати 282
8. 4. Пристрої до сівалок No-tlll і Strip-till 283
8. 4. 1. Култери 284
8. 4. 2. Прикочувальні котки 285
8. 4. 3. Очищувачі рядів 287
8. 4. 4. Види сошників 288
8. 5. Формування посівного агрегату та його продуктивність 295
8. 6. Робота сівалки No-till із рослинними рештками 297
8. 7. Робота сівалки з добривами 300
8. 8. Техніка для Strip-till 303
8. 9. Агрегати для внесення рідких добрив 309
8. 10. Збиральні агрегати 316
8. 11. Бункер-перевантажувач (накопичувач) 318

8. 12. Рублячі котки 321

Розділ 9. Екологічна прийнятність систем землеробства No-till і Strip-till 324

9. 1. Секвестрація вуглецю 324

9. 1. 1. Поняття про секвестрацію 324

9. 1. 2. Системи землеробства і парникові гази 329

9. 1. 3. Секвестрація вуглецю нове джерело доходів фермера 332

9. 2. Ґрунтозахисна функція системи землеробства 334

9. 2. 1. Ґрунт і людина 334

9. 2. 2. Водна ерозія ґрунту 337

9. 2. 2. 1. Причини та форми водної ерозії 337

9. 2. 2. 2. Біогенні чинники контролю водної ерозії ґрунту 341

9. 2. 2. 3. Ерозія ґрунту і сніготанення 342

9. 2. 3. Вітрова ерозія 343

9. 3. Біологічне різноманіття 347

Розділ 10. Впровадження та економічна ефективність систем землеробства No-till і Strip-till в Україні 351

10. 1. Досвід зарубіжних країн щодо переходу на систему землеробства No-till 351

10. 2. Практика впровадження та результати застосування No-till і Strip-till в Україні 359

10. 2. 1. Мотивація до переходу на нову систему землеробства 360

10. 2. 2. Правила переходу на системи землеробства No-till і Strip-till 361

10. 2. 3. Імовірні помилки впровадження систем землеробства No-till і Strip-til 364

10. 3. Економічна ефективність систем землеробства No-till і Strip-till в Україні й у світі 365

10. 3. 1. Економічна ефективність системи землеробства No-till 365

10. 3. 2. Економічна ефективність системи землеробства Strip-till 371

Список літератури 375

ПЕРЕДМОВА

Землеробство – це основна галузь сільського господарства, головним завданням якої є забезпечення населення продуктами харчування, тваринництва – кормами, а промисловості – сировиною; збереження і підвищення родючості ґрунту з ефективним захистом навколишнього середовища. В умовах глобального потепління роль і значення галузі землеробства для людства змінилися, що зумовлює необхідність переходу на нові системи землеробства.

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». *Стале зберігаюче землеробство* – це не просто альтернативний метод у сільському господарстві. Воно засноване на іншому баченні й розумінні місця та ролі сільського господарства в екосистемі планети Земля. 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 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 iStrip-till. Виконання вимог, що ставляться до сучасних систем землеробства в значній міра залежить від рівня теоретичної та практичної підготовки фахівців агрономічного спрямування, покликаних бути провідниками науково-техніч-

ного прогресу. Навчальний посібник 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.

Особливу увагу приділено вивченню питання регенерації родючості грунту за відмови від механічного обробітку та системі ефективного контролю біологічних факторів ризику урожайності в зберігіючих системах землеробства – No-till і Strip-till. Також детально розглянуто питання диверсифікації сівозмін та місця і ролі в них покривних культур – одного з базових принципів сталого зберігаючого землеробства.

Завершує навчальний посібник 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 і їх економічна ефективність.

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

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

Передмова	–	Косолап М. П.
Розділи 1–2	–	Косолап М. П., Примак І. Д.
Розділи 3–5, 8	–	Косолап М. П., Кротінов О. П.
Розділ 6	–	Косолап М. П., Биков М. І.
Розділ 7	–	Косолап М. П., Іванюк М. Ф.
Розділ 9, 10	–	Косолап М. П., Журавель О. М.

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

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. Складний для розуміння і вивчення 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. Наприклад, такі загальні назви, як самопоновлювальне землеробство, стале землеробство, консервативне землеробство, зберігаюче землеробство тощо, більше відбивають теоретичне бачення подальшого шляху розвитку землеробства, а такі назви, як кліматично орієнтована система землеробства, карбонове землеробство, ґрунтозахисне землеробство, ресурсоощадне землеробство – спрямованість системи землеробства на досягнення тої чи іншої мети або соціальної вимоги суспільства. На практиці для досягнення поставленої мети або дотримання певних вимог така 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 система сівозмін, система удобрення, система захисту культур, система обробітку ґрунту, система насінництва, система ма-

шин. Підсистеми взаємопов’язані основною метою й цей взаємозв’язок зумовлює їх різницю в конкретній системі землеробства. Досягнення поставленої мети передбачає цілеспрямоване управління системою, тому складові елементи системи землеробства трансформуються відповідно до поставленої мети. Відсутність єдиної класифікації і зумовлює основну проблему розуміння змісту кожної конкретної системи.

На сьогодні під системою землеробства розуміють комплекс взаємопов’язаних агротехнічних, меліоративних й організаційних заходів, спрямованих на ефективне використання землі та інших ресурсів, збереження та підвищення родючості ґрунту, отримання високих і стійких 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 в сировині, має відповідати й іншим 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). 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. Тож сьогодні ми можемо сформулювати загальні вимоги до всіх сучасних систем землеробства, які мають бути:

1) інтенсивними;
2) ґрунтозберігаючими;
3) ресурсоощадними;
4) кліматично орієнтованими;
5) екологічними;
6) економічно ефективними.

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’язані 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, сформульованим 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.

Внаслідок такого підходу Україна посіла місце лідера за розораністю сільськогосподарських угідь, що призвело до деградації ґрунтів і спустелювання території. Наслідком цього стала втрата не тільки біологічного різноманіття, а й водних об'єктів, зокрема малих річок. За такої моделі використання ґрунтів, що базується на обробітку полицевими знаряддями, збільшуються викиди в атмосферу парникових газів на 25 відсотків.

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 відсотків 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 відсотка (в абсолютних величинах – з 3,36 до 3,14 відсотка). 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. Аграрний сектор розвинутих країн світу рухається в напрямі освоєння ґрунтозберігаючих енергоощадних систем землеробства. Затримка з впровадженням ґрунтозберігаючих систем землеробства в Україні призведе до катастрофи через глобальну деградацію ґрунтів. Енергоощадні ґрунтозберігаючі системи землеробства науково ще недостатньо вивчені, тож більшість сільгосптоваровиробників нашої країни до кінця не розуміють їх необхідність й економічну ефективність.

Сьогодні Україна є одним із провідних світових експортерів продукції рільництва і для збереження свого місця у світовій торгівлі мусить прискорено переходити в землеробстві на нові енергоощадні, економічно ефективні та екологічно безпечні системи ведення рільництва.

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 та рівності можливостей розвитку і задоволення потреб різних поколінь. Другий принцип – 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 21 століття) 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 раза перевищує рівень природної деградації. Щорічний збиток, що наносить ерозія полям, водотокам, інфраструктурі та здоров'ю людини, становить приблизно 44 млрд дол. США (Pimentel D. та ін., 1995). У світі щорічно деградує 6 млн га земель сільськогосподарського призначення.

Стале зберігаюче землеробство – це не просто альтернативний метод у сільському господарстві. Воно засноване на іншому баченні й розумінні місця та ролі сільського господарства в екосистемі планети Земля. 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 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;*

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 аграрної діяльності людини є ґрунт – обмежений природний ресурс. Ґрунт – жива біокостна система, в якій рослинність – це джерело харчування ґрунтової біоти та природний засіб 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 якості оточуючого 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», що означав би аграрну систему, «спрямовану на збільшення сільськогосподарської продукції та зниження негативних впливів на навколишнє середовище» (ФАО, 2001).

Отже, концепція, визначена терміном «стале (зберігаюче) землеробство» передбачає досягнення прибутку, високого і сталого рівня продуктивності, без заподіювання шкоди навколишньому середовищу.

На сьогодні принципи концепції зберігаючого (сталого) землеробства найбільшою мірою реалізовані в системах землеробства No-till і 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 відсоток його введено в той чи інший вид господарської діяльності. Розораність земель становить 57,5 відсотка, тоді як у Франції цей показник – 48 відсотків, Угорщині – 37, США – 25 відсотків. Частка ріллі в сільськогосподарських угіддях досягає близько 80 відсотків, що є найбільшою в Європі. Площа під луками на сьогодні в Україні майже втричі менша порівняно з середньоєвропейськими показниками, лісовий покрив становить 14,3 відсотка, 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 18 століття, а в Україні в 19 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 19 – на початку 20 століття Іван Овсинський – учений-агроном – розробив нову систему землеробства, в якій довів непотрібність плуга не тільки теоретично, а й уперше особистими дослідами на полях. Його ідеї мають велику популярність і нині. Вперше І. Овсинський презентував свої десятирічні виробничі дослідження у вигляді нової системи землеробства 27 серпня 1898 року 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. Агроном 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. 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 20 столітті 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 відбиває той шлях, 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 року. **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 визначаються 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 20 століття ідеї І. Овсинського розвивали Микола Шикула та Федір Моргун, які впродовж 1973–1988 рр. керували крупномасштабним 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 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 відсоток 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 відсотків 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 року 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 ґрунту. Крім цього, в усіх названих системах землеробства 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 20 століття 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 системи землеробства в бік збільшення застосування всіх

чинників інтенсифікації, що допомагало зменшувати трудомісткості 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. Найменша 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 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 відсотка). На жаль, і рівень оплати в сільському господарстві був і сьогодні залишається також найнижчим. Загалом це зумовлює 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 призведе до підвищення соціальної напруженості в сільській місцевості. *Отже, до впровадження сучасних мінімальних та нульових технологій слід підходити досить виважено, враховуючи всі можливі позитивні та негативні наслідки 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 – землі. 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 раза.*



Фото 1.1. Ущільнення грунту колесами тракторів. © Dr.Oleksii Orlov

Ущільнення ґрунту є однією з причин посилення процесів ерозії. Спостерігаємо певний парадокс: чим більше обробляли ґрунт, тим збільшувалася 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 проти 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 відсотка, або 2,54 млн га); II –

сприятливий (40,57 відсотка, 12,17 млн га); III – задовільний (41,2 відсотка, 12,36 млн га); IV – незадовільний (5,59 відсотка, 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 F. Tebrügge й A. Böhrnsen (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 відсотків;
- потреба в потужності тракторів нижча на 75 відсотків;
- затрати праці знижуються на 80 відсотків;
- витрати пального менші на 84 відсотки.

Відмічені залежності в зміні показників економічної ефективності спостерігаються й у господарствах України, які тривалий час працюють за системою землеробства No-till.

Отже, 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 в рослинництві – вологи.

Можна відзначити такі загальні тренди розвитку систем землеробства:

1) за способом та інтенсивністю механічного обробітку ґрунту прогрес розвитку систем землеробства йшов у такій послідовності:

- *нульовий обробіток* (сівба палкою-саджалкою в попередньо необроблений ґрунт);
- *поверхневе розпушення ґрунту без перевертання оброблюваного шару* (обробіток ґрунту дерев'яною бороною, сохою, ралом тощо);
- *обробіток ґрунту плугом із перевертанням скиби* (плуг із сукупністю додаткових знарядь для досягнення максимальної глибини обробітку та його інтенсивності за використання механічної тяглової сили);
- *безполицевий різноглибинний обробіток без перевертання скиби* (застосування знарядь плоскорізного та чизельного типу);
- *мінімальний поверхневий обробіток без перевертання скиби* (застосування дискових знарядь поверхневого обробітку);
- *нульовий обробіток* (*застосування сівалок прямої сівби*);

2) за способом відновлення родючості ґрунту. Тренд іде в напрямі зменшення природних механізмів відтворення родючості (заліж – переліг) і зростання антропогенних (чистий, зайнятий, сидеральний) пар, покривні культури та відповідно часу їх застосування – від кількох років до одного вегетаційного сезону;

3) за рівнем інтенсифікації. Тренд іде в напрямі зростання інтенсивності використання ґрунту й антропогенних засобів інтенсифікації (добрив, засобів захисту рослин, нових сортів і гібридів (екстенсивні – перехідні – інтенсивні системи землеробства);

4) за рівнем впливу на навколишнє середовище. Тренд змін сьогодні іде в напрямі підвищення захисту ґрунту (традиційна – ґрунтозахисна) та зменшення кількості й інтенсивності застосування таких чинників інтенсифікації, як мінеральні добрива, засоби захисту рослин та генетично модифікованих сортів і гібридів (традиційна інтенсивна – екологічна, органічна системи землеробства).

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 мають бути економічно конкурентоздатними й забезпечувати задовільні рівні врожаїв.

1.4. Системи землеробства No-till і 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. 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 році першим у світі використав англійську сівалку прямої сівби на своїй фермі. Фактично це ще не була система землеробства No-till – це була технологія прямої сівби.

У 1969 році 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.

Проте технічно й технологічно 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.

Сьогодні у 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 відсотків. На частку Європейського континенту, зокрема і східну його частину, – лише 2,5–3 відсотки. 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 році 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 виявилися ще не підготовленими 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 і проводяться дотепер 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.



Фото 1.2. Міжнародні конференції в компанії «Агро-Союз». © Е. Романьков

Таблиця 1.1. 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».

За планової економіки в агрономії основним показником ефективності будь-якого заходу, технології чи системи землеробства була врожайність. У 2009 року 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 100 кг/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. 1.1). Світовий рекорд урожайності кукурудзи, який зафіксований у США, теж був отриманий за технології No-till.

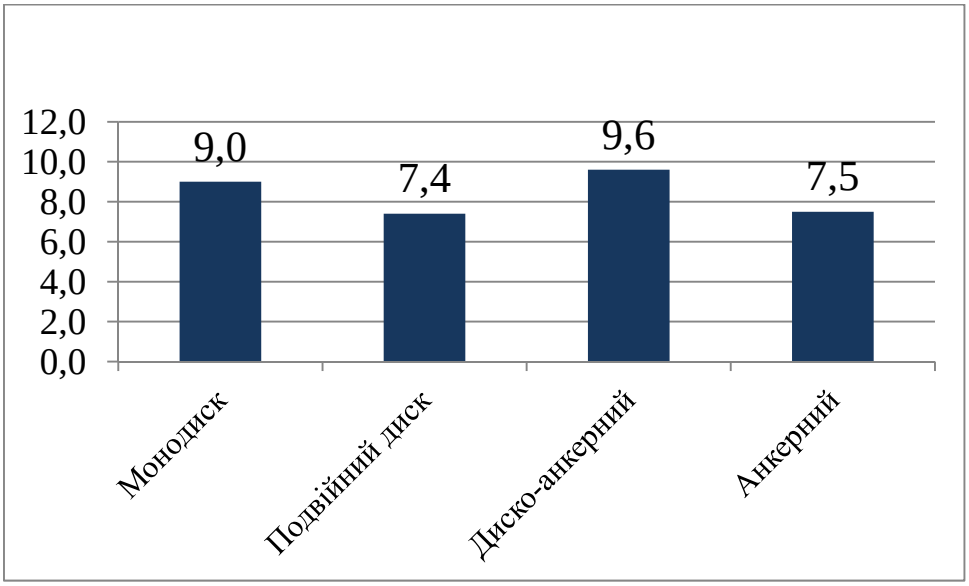


Рис.1.1. Урожайність пшениці озимої за сівби різними сошниками, т/га. Дані компанії «Агро-Союз», © Романьков Е.

На жаль, такими центрами вдосконалення цієї 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.*

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 та 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 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 робить лише перші кроки. Спочатку вона застосовувалася в степових посушливих умовах у Миколаївській та Одеській

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

1.5. Основні концептуальні положення систем землеробства No-till і Strip-till

1.5.1. Концептуальні положення системи землеробства No-till

Наприкінці 20 століття в землеробстві відбулася зміна парадигми 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 визначити 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 20 століття в 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).

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 не потребує механічного обробітку як засобу зміни фізичних властивостей 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.

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. 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 мають бути узгоджені із закономірностями ґрунтотворного процесу цієї ґрунтової відміни, а 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 та своєю діяльністю не порушує, а сприяє 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 й особливостей погоди в конкретному році.* Це потребує щорічного корегування технології вирощування кожної культури на конкретному полі відповідно до змін властивостей екотопу агроекосистеми поля, які можуть змінюватися як у позитивний, так і в негативний бік, тому невіддільним елементом системи No-till є моніторинг ґрунтового і навколишнього середовища.

Ці зміни передусім мають бути спрямовані на стимулювання ґрунтотворного процесу, але при цьому ґрунт за мінімального впливу на

нього різноманітними заходами 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.

Виходячи на рівень розуміння функціонування землеробства як агроекосистеми, ФАО у 2014 році сформулювало принципи стійкого самовідновлювального сільського господарства:

1) постійне підвищення ефективності використання антропогенних ресурсів за збереження і захисту природних ресурсів;

2) захист джерел ресурсів для існування рівності та соціального добробуту;

3) підвищення стійкості населення територіальних спільнот і природних навколишніх екосистем до зовнішніх впливів;

4) систематичне удосконалення механізмів відповідальності й управління природними та штучними екосистемами.

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»*.

Основні переваги системи землеробства No-till:

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.

Таблиця 1.2. Проблемні моменти (фактори ризику) технології No-till і шляхи їх вирішення (адаптовано Косолап М. П., Примак І. Д)

№ 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
2	Можливість перезволоження орного шару на ґрунтах, що слабо дренуються	Включення в сівозміну культур із високим коефіцієнтом транспірації
3	Можливість зниження польової схожості насіння внаслідок потрапляння в посівний рядок післяжнивних решток	Зміна сошника на сівалці відповідно до стану рослинних решток. Правильна робота з рослинними рештками – максимально висока стерня. 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. 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 погіршується дія ґрунтових гербіцидів	Причина не в наявності рослинних решток на поверхні ґрунту. Певною мірою це явище може бути спричинено підкисленням ґрунту у верхньому 10-сантиметровому шарі або посиленою детоксикацією діючих речовин у біологічно активному шарі ґрунту, особливо якщо основний шлях детоксикації діючої речовини мікробіологічний

6	При постійному застосуванні Раундапу виникає ризик появи резистентних до гербіциду популяцій бур'янів	Не використовувати єдину систему застосування 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
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, тому система хімічного захисту культур від шкідників та хвороб не відрізняється від подібної в традиційній системі землеробства
9	При поверхневому застосуванні існує загроза втрати до 1/3 азоту з внесених мінеральних добрив	Перехід на рідкі види добрив та застосування нових інжекторних технічних засобів внесення добрив, 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	Техніка в системі No-till має триваліший період амортизації, оскільки час та інтенсивність її використання менша, ніж у традиційній технології. 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 від її застосування всі переваги неможливо
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



Фото. 1.3. Горять рослинні рештки кукурудзи. © Мокляк В.



Фото 1.4. Спалені рослинні рештки. © zolochiv.net

Далеко не весь обсяг напрацьованих знань і навичок зі традиційного землеробства може без змін бути реалізований у системі рільництва No-till. Окремі проблеми No-till, з яким стикнулися виробничники й науковці, зумовили пошук компромісних варіантів між цими двома системами. Таким варіантом поєднання переваг різних систем землеробства є система Strip-till. Суть системи Strip-till полягає у застосуванні за стрічкового способу сівби механічного обробітку лише в зоні рядків і відсутності його в міжряддях. Спосіб механічного обробітку – лише безполицевий на глибину відповідно до біологічних вимог культур або технологічних вимог, наприклад, за

потреби розміщення добрив на певній глибині. Здебільшого ця система найкраще підходить для просапних культур. У Північній Америці вона першочергово розроблялася саме під кукурудзу. Відносно недавно вона потрапила в Європу та Україну, де знайшла своїх прихильників, насамперед серед фермерів, яких не задовольняла традиційна система землеробства, а перехід до No-till стримували певні застереження.

1.5.2. 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 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. Залишивши 2/3 площі в непорушеному стані, можна зберегти всі процеси природного ґрунтоутворення за одночасної можливості застосування на 1/3 частині поля всіх ресурсів інтенсифікації за правилами традиційного землеробства для отримання високої продуктивності культур. Створення постійного покриття поверхні ґрунту живими рослинами або рослинними рештками протягом всього року залишається обов'язковою вимогою, 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 і 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 сіво-

зміні та якості посівного матеріалу. Strip-till, як і технологія No-till, вимагає високого рівня професійних знань від виконавця.

Strip-till передбачає виконання чотирьох комплексів технологічних операцій:

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

Методи використання Strip-till

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 відбуваються 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, а наступного року навесні по цих самих рядках здійснюють сівбу.

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;
- локалізація рослинних решток у міжряддях надає можливість підтримувати в цій частині поля високу біологічну активність ґрунту;
- 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.
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.

1.6. 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 відбивають 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.

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 вуглекис-*

лий газ, а з ґрунту воду і мінеральні речовини, синтезують усі необхідні їм органічні речовини в кількостях, які забезпечують новий розвиток і високу продуктивність рослин.

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 якого 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 року 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 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.

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.
10. Суть системи землеробства Strip-till.
11. Парадигма системи землеробства No-till.

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., Bohmsen, A. 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.

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 ґрунтів задовольняти потреби рослин в елементах живлення, воді, забезпечувати їхні кореневі системи достатньою кількістю повітря, тепла і сприятливим фізико-хімічним середовищем для нормального росту і розвитку.***

Родючість ґрунту характеризується багатьма показниками, які можна звести в такі групи: агрофізичні, агрохімічні, біологічні.

2.1. Агрофізичні показники родючості ґрунту

Ґрунт – жива біокосна система, яка складається з неживої скелетної частини та біологічного його компоненту. Вони тісно переплетені й взаємозалежні. Передусім в основі будь-якої роботи з ґрунтом базовими є його агрофізичні аспекти. В агрономічній літературі констатується, що сьогодні агрофізична деградація ґрунту проявляється в переущільненні та погіршенні його структури, що негативно впливає на функціонування його біологічної складової.

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 ґрунту можна вважати інтегральним показником його агрофізичного стану, оскільки від щільності ґрунту залежать усі ґрунтові режими: повітряний, водний, тепловий, а також мікробіологічні й окисно-відновні процеси.

Водний режим як сукупність процесів надходження, перерозподілу, акумуляції та випаровування вологи в ґрунті залежить від щільності складення (Мєдвєдєв В., 2004). Вважається, що пухкий ґрунт краще сприймає вологу, ніж щільний. Але що пухкішим і гірше оструктуреним є ґрунт, то стрімкіше відбувається процес затухання вбирання ним вологи. Надмірно пухкий ґрунт швидко втрачає вологу, щільний — повільніше, оптимальна транспірація спостерігається за помірного ущільнення.

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 й 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 він дещо змінюється під впливом різних природних чинників – набувати різних значень навіть для одного типу ґрунту залежно від тривалості й інтенсивності його використання. 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 (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Рівноважна об'ємна маса ґрунту, г/см^3 (Примак І. Д. та ін., 2005)

Ґрунт	Гранулометричний склад	Рівноважна
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 відсотків	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 інших рівних умов отримують найбільші врожаї сільськогосподарських культур. Численними дослідженнями в ґрунтово-кліматичних зонах України було встановлено оптимальні параметри агрофізичних властивостей ґрунтів для вирощування сільськогосподарських культур. Для переважної більшості сільськогосподарських культур **оптимальна щільність** будови ґрунту – в межах 1–1,3 г/см^3 (табл. 2.2). За підвищеної вологості оптимум змінюється 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, г/см^3 (за Малієнко А., 1989)

Зона	Ґрунт	Культура	Щільність
Полісся	Дерново-підзолистий середньосуглинистий	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 середньосуглинистий	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 обробітку ґрунту, він 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. Надалі ґрунт самоущільнюється.

Водночас 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 від одного до чотирьох місяців. 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 строк 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 дає змогу не створювати його біотичному компоненту стресову ситуацію, яка щорічно виникає внаслідок проведення полицевого обробітку.

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 ґрунту за традиційних технологій може бути доведена до оптимального значення завдяки міжрядним обробіткам.

Узагальнення результатів наукових досліджень свідчить, що частка обробітку ґрунту в загальній структурі впливу чинників на врожай становить залежно від ґрунтово-кліматичних умов лише 10–20 відсотків.

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) становило 82 відсотки, за системи No-till (комбайн, сівалка, тракторний оприскувач) – 46 відсотків, а за системи No-till із контрольованим рухом техніки по полю – лише 14 відсотків. Встановлено, що до 85 відсотків 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 відсотків, а на просапних культурах – 150–250 відсотків 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.

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 питомої маси 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.

Мінімізація механічного обробітку ґрунту

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. У 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. Це при тому, що вона не додає ґрунту корисної речовини чи енергії, але посилює мінералізацію гумусу.

За мінімізації обробітку ґрунту за глибиною, механічному впливу робочих органів знарядь піддається лише верхній (8–10 см) шар ґрунту. Незалежно від того, чи це буде полицевий (лемішні знаряддя), чи безполицевий (знаряддя з робочими органами плоскорізного типу) спосіб обробітку, щільність верхнього шару ґрунту після обробітку завжди буде меншою порівняно з рівноважною. За багаторічними даними вчених НУБіП, поверхневий і глибокий плоскорізний обробітки чорнозему типового легкосуглинкового не впливали негативно на щільність орного шару ґрунту.

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 не лише мінімізації, а й повної відмови від механічного обробітку ґрунту без істотного підвищення щільності будови ґрунту.

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, яка не передбачає механічного обробітку ґрунту з метою його розпушування або ущільнення, це 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 вони максимально наближені до природних. 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 (до трьох місяців) і для умов України здебільшого посушливим періодом від збирання культури й до кінця вегетаційного сезону (табл. 2.4).

За традиційної системи землеробства цей період використовується для проведення кількох заходів, передбачених системами напівпарового, поліпшеного чи звичайного зяблевого обробітку ґрунту. Якщо післязбиральний період використаний для вирощування проміжної (покривної) культури (в наших дослідженнях гречки), 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, але її значення трохи вищі, ніж за використання оранки, хоч і перебувають 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 озимої пшениці			
	Система No-till		Традиційна система	
	післяжнивні посіви гречки	система хімічного 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

При 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 розпушенням 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 в оброблювальному шарі, але підвищують у 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, проте вирішальне значення мають природні процеси.

2.1.2. Твердість ґрунту

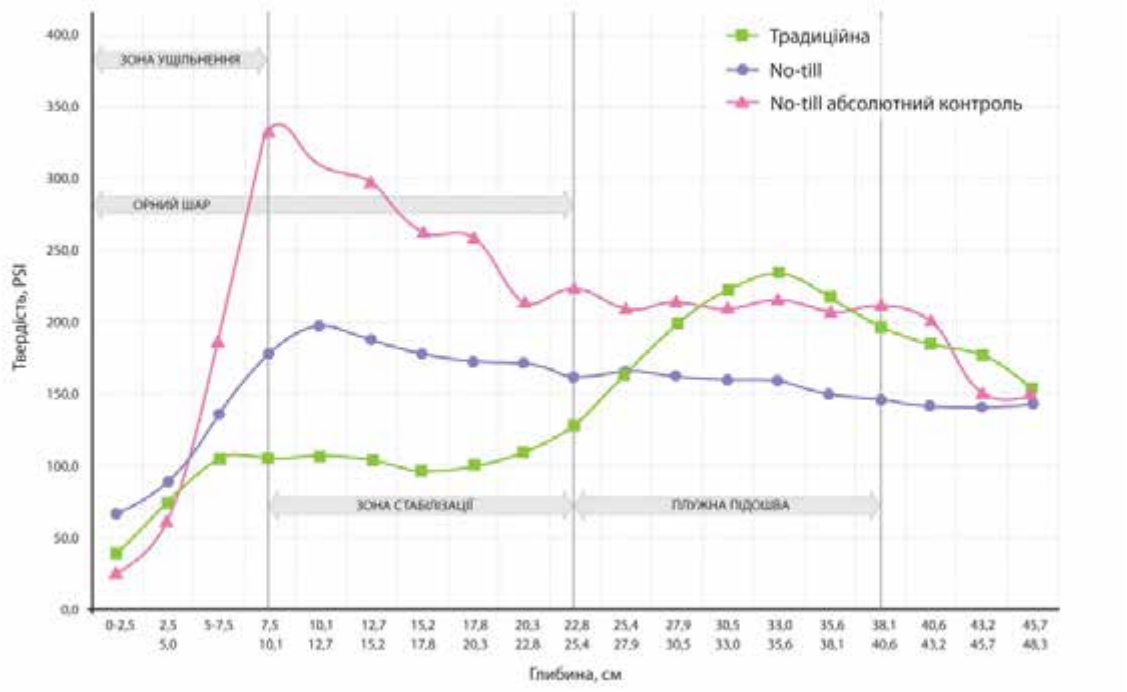
Опосередкованим показником оптимальності будови ґрунту може до певної міри слугувати його твердість. На відміну від щільності ґрунту цей показник можна оперативно легко і швидко визначати, використовуючи пенетрометри різних конструкцій. У господарствах спеціалісти за допомогою таких приладів визначають 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.

На рис. 2.1 і 2.2 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 = $7{,}03 \times 10^{-2}$ кг/см^2. У пів метровому шарі ґрунту незалежно від системи його обробітку чітко простежуються три зони, які різняться за показниками твердості.

Встановлено, що твердість ґрунту суттєво зростає у верхньому (0–7 см) шарі, де розміщується насіння сільськогосподарських культур незалежно від системи обробітку (рис. 2.1). Дані досліджень переконують, що твердість посівного шару ґрунту істотно не залежить від передпосівного обробітку, як це вважалося раніше. 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, проте воно не перевищує оптимально допустимих значень для культурних рослин.



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

Рис. 2.1. Твердість ґрунту після сівби кукурудзи залежно від системи обробітку (середнє за 2008–2012 рр.) © Косолап М.

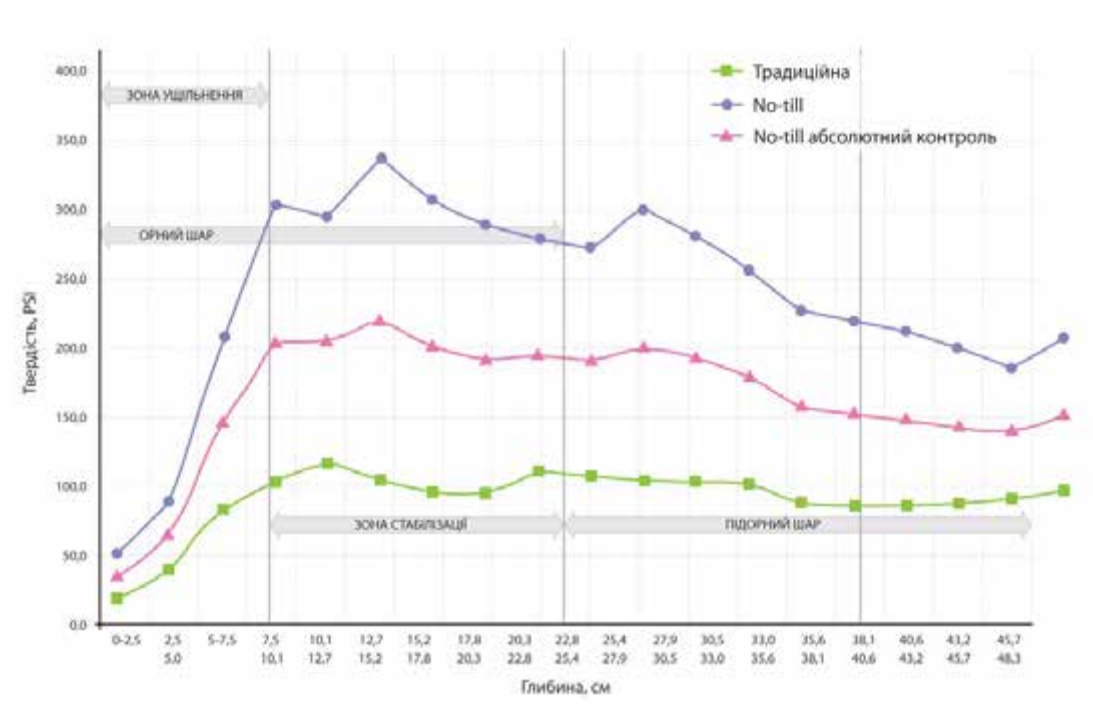
Третя зона (до 40 см) виявилася найущільненішою за традиційної системи обробітку ґрунту. В науковій літературі та практики називають її плужною підошвою. Формується вона під впливом тривалого полицевого

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. 2.2) показники твердості ґрунту залежно від системи обробітку ґрунту були вищими, ніж у полі кукурудзи в трипільній *сівозміні соя – пшениця яра – кукурудза* (рис. 2.1), 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.

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.



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

Рис. 2.2. Твердість ґрунту після сівби пшениці ярої залежно від систем обробітку ґрунту (середнє на 2008–2012 рр.). © Косолап М.

Отже, *підбираючи чергування культур у сівозміні, можна певною мірою впливати на твердість ґрунту в кореневмісному шарі без застосування механічних заходів обробітку.*

Природна рослинність (бур'яни) на абсолютному контролі, за відсутності механічного обробітку, не здатна суттєво зменшити твердість 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 усіх елементів технології No-till.

2.1.3. Структурно-агрегатний склад кореневмісного шару ґрунту

Структура ґрунту є одним із показників рівня його родючості. Сукупність різних за розміром і формою агрегатів, з яких утворюється ґрунт, називають його структурою. Ґрунтовий агрегат – це сукупність первинних часточок або мікроагрегатів, з`єднаних між собою внаслідок коагуляції, склеювання, липкості. Властивість ґрунту розпадатися на окремі часточки називають структурністю ґрунту.

До агрономічно цінних належать ґрунтові агрегати, які мають розмір 0,25–10 мм, оскільки вони забезпечують 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 відсотків повітряно-сухих агрегатів розміром 0,25–10 мм, 70 відсотків з яких – водостійкі; з доброю – відповідно 80–60 і 70–55 відсотків; задовільною – 60–40 і 55–40; незадовільною – 40–20 і 40–20 і з поганою структурою, коли повітряно-сухих та водотривких агрегатів менше 20 відсотків (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 відсотків), 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 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 від 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. 2.3).

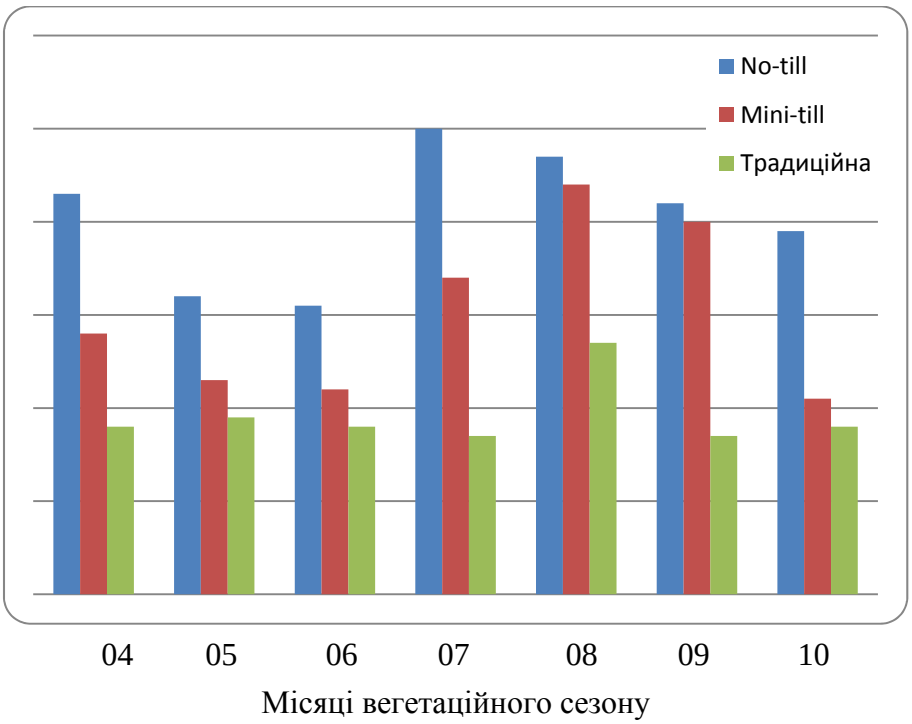


Рис. 2.3. Стабільність ґрунтових агрегатів в орному шарі залежно від технології обробітку ґрунту, відсотків, 1997, © Ф. Тебрюге

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 сума мега (>10 мм) та мікроагрегатів (<0,25 мм) різна. В шарі ґрунту 0–5 см за традиційної технології вміст цих агрегатів становив 29,6 відсотка, зокрема мегаагрегатів – 27,7 відсотка, тоді як за технології нульового обробітку ці показники дорівнювали відповідно 9,3 відсотка і 7, 5відсотка. Тобто бриластої фракції за нульової технології містилося в 3,8 раза 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: відмова від механічного обробітку чорноземних ґрунтів сприяє покращенню їх структурного стану.

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.

Чим вища нестабільність випадання опадів у часі, 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 накопичення й ефективного використання вологи:

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

2) поглинання і накопичення зібраної води в ґрунті;

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 19 столітті 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 запаси для культурних рослин, що особливо важливо в регіонах, де після випадання опадів влітку існує великий потенціал випаровування (висока температура і низька вологість повітря).

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 неоднаковий.

Розпушений ґрунт 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 некапілярна пористість призводить до швидкої втрати вологи через випаровування. Швидке проникнення води в розпушений ґрунт спричиняє перенос у необроблений шар мулистої фракції, яка закриває капілярні пори в необробленому шарі. Як наслідок – інфільтрація (другий етап поглинання води) істотно зменшується й 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 зволоженіший, ніж розпушений. Водночас чим тривалішший 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 ефективнішому поглинанню, а відповідно і більшому накопиченню вологи в ґрунті.

Накопичення вологи в ґрунті під час дощу має кілька етапів. На першому відбувається змочування сухих ґрунтових агрегатів, а на другому вода проникає 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. 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.

В описаному процесі важливі структура 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 поглинати й

пропускати вологу. Найкращою структурою буде стійка проти змін у воді структура – висока водотривкість ґрунтових агрегатів (рис. 2.4).

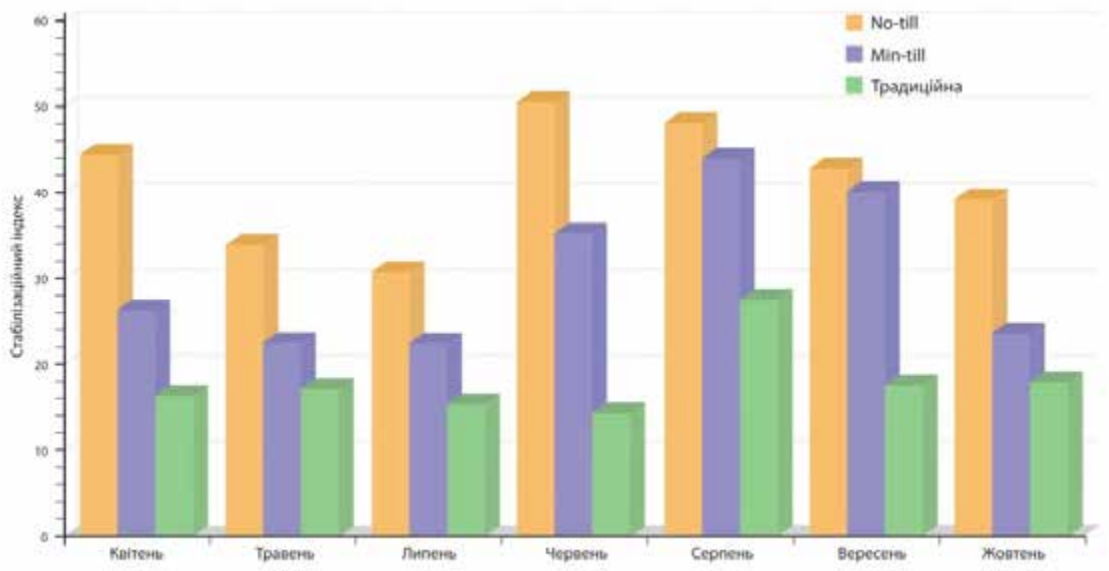


Рис. 2.4. Стабільність ґрунтових агрегатів (розмір 5–6 мм) під час вегетації цукрових буряків (імітація дощу крапельною установкою), сіроземи (лес). © Ф. Тебрюге

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 кількість сільськогосподарських угідь одержує достатню кількість атмосферних опадів, а більша частина території 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 відсотків і становить 22,5 відсотка, або 7,6 млн га орних земель (Воропай Г., 2020). 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 агрофіто-

ценозі 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. 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 відсотків НВ (найменшої вологоємкості), а для вівса, картоплі, гречки, гороху, конюшини, кукурудзи, сої – 70–80 відсотків НВ (Примак І. Д. та ін., 2020).

2.2.2. Значення обробітку ґрунту в регулюванні водного режиму

У традиційних системах землеробства вважається, що серед заходів із вологонакопичення та впливу на водний режим у напрямі його оптимізації обробіток ґрунту є чи не найдієвішим. 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 чизелювання. 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 створюється розпушений шар, здебільшого 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. 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 (Шикула М. 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 відсотків її припадає на атмосферні опади в період вегетації. 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 усього року.

2.2.3. Водний режим ґрунту в системі землеробства No-till

Дослідженнями багатьох науковців доведено, що ґрунти в природних умовах мають кращі водні властивості, ніж староорні. За системи нульового обробітку вплив механічних засобів на щільність будови ґрунту відсутня. 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 раза 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 (рис. 2.5.)

У системах землеробства No-till і Strip-till загальний об'єм пор формується внаслідок росту кореневої системи, наявності мезофауни та 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.

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.

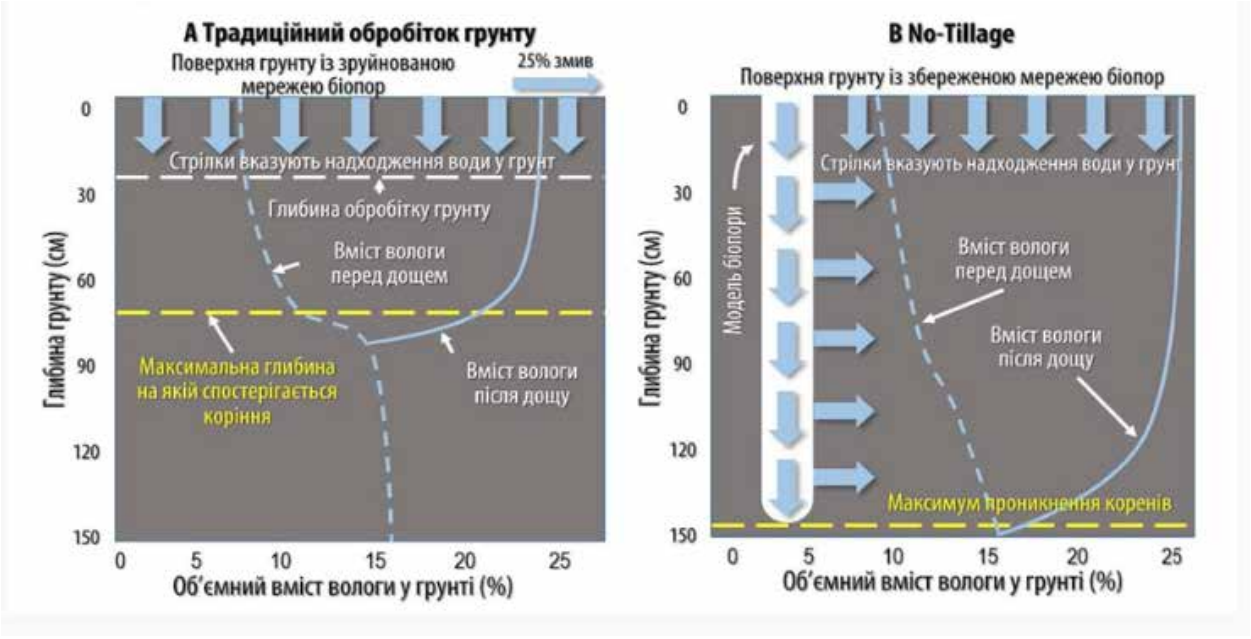


Рис. 2.5. Проникнення вологи та її накопичення в ґрунті за різних систем землеробства, презентація. © Ківерський Л.

Систематичне поповнення ґрунту органічною речовиною рослинних решток поліпшило структурний стан ґрунту, що й забезпечило 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.

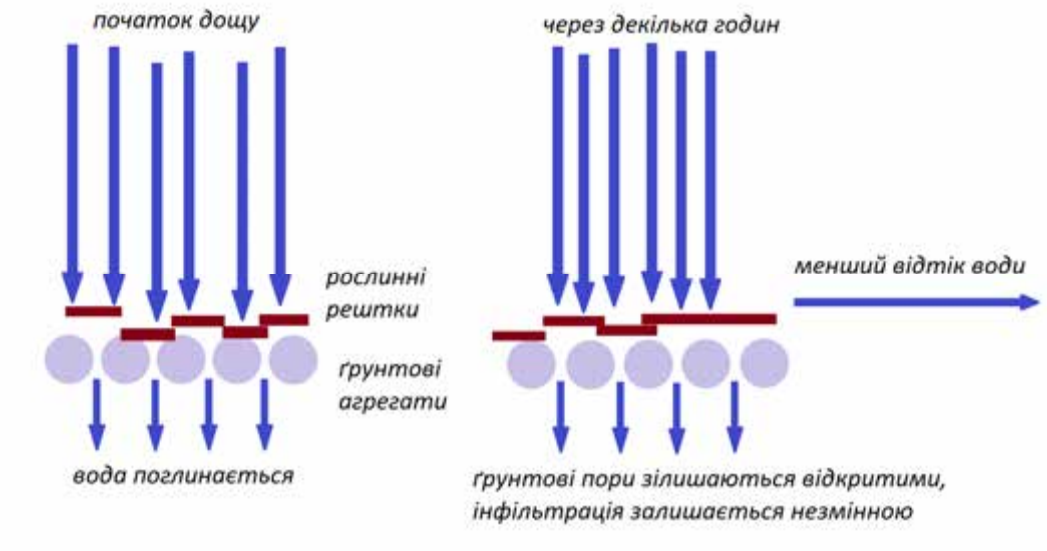


Рис. 2.6. Рослинні рештки захищають ґрунтові агрегати від впливу дощових крапель. © Гаррі Петерсон

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 відсотки, коли цю кількість соломи заробили в верхній шар ґрунту накопичення опадів було 34 відсотки, а на варіанті з непокритим ґрунтом – лише 20 відсотків. Результати досліджень Дж. Маннеринга і Л. Майєра (1963) показали, що рослинні рештки позитивно впливають на швидкість інфільтрації на пилуватих суглинках навіть зі схилом 5 відсотків. 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. Для забезпечення оптимального рівня інфільтрації води необхідно, щоб рослинні рештки покривали не менше 85 відсотків 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 (фото 2.1, 2.2).



Фото 2.1. Товщина снігового покриву за системи No-till. © Романьков Е.



Фото 2.2. 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 відсотків зимових опадів, а поля під паром без стерні – лише 9 відсотків. Для накопичення снігу велике значення має стійкість стерні проти вилягання та густота її стояння, щоб

вітер міг вільно проходити між стеблинами (65–75 відсотків 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 танення снігового покриву (Willis W. та ін., 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 повільнішого танення снігу.

Доречно зазначити, що підвищення щільності складання орного шару за системи No-till і Strip-till порівняно з традиційним обробітком забезпечує і зниження вологості стійкого в'янення рослин, що також є одним із резервів підвищення продуктивності використання ґрунтової вологи.

Вплив рослинних решток на випаровування води

У системі землеробства No-till зменшення 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 відсотків. 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 й так зменшують 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.

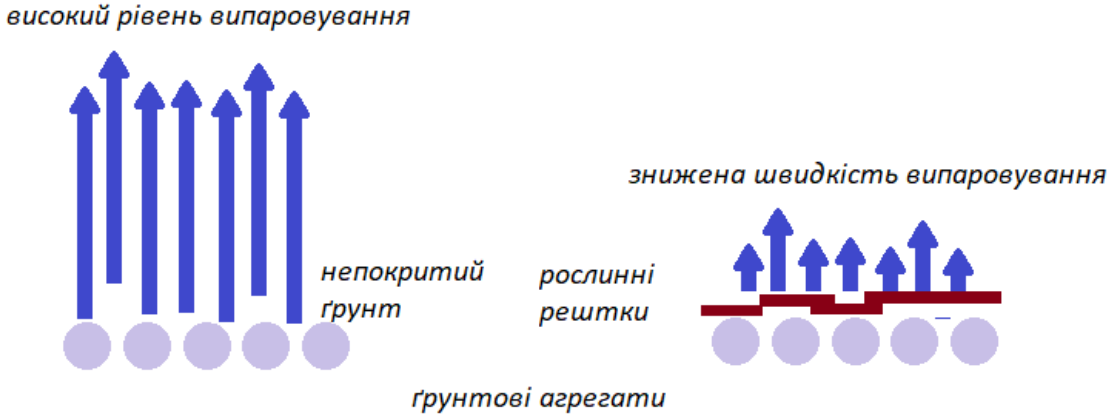


Рис. 2.7. Вплив рослинних решток на швидкість випаровування. © Гаррі Петерсон

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 ґрунту впродовж 35 днів за відсутності опадів становили 23 мм з оголеного ґрунту, 20 мм за лежачих рослинних решток, 19 мм – за 75 відсотків лежачих і 25 відсотків стоячих і 15 мм на варіанті, де 50 відсотків рослинних решток лежали і 50 відсотків стояли. Загальна кількість решток в досліді становила 4,6 т/га, а висота стоячої стерні – 46 см.

За даними R. Derpsch і A. Calegari (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 (рис. 2.7).

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 саму кількість води, що й оголений. Різниця тільки в тому, що оголений ґрунт

втрачає вологу швидко, а вкритий – повільно (рис. 2.8). Але навіть у такому разі наявність рослинних решток на поверхні ґрунту дає користь, захищаючи його від руйнування майбутніми опадами й вітрами.



Рис. 2.8. Інтенсивне випаровування вологи з відкритого грунту. © vaderstad.com

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 температурного режиму є температура ґрунту. Від температури ґрунту залежить:

- початок і кінець вегетаційного сезону;
- час сівби сільськогосподарських культур;
- швидкість розвитку агрофітоценозів та їх продуктивність;
- швидкість надходження до коріння поживних елементів;
- чисельність й активність діяльності ґрунтових мікроорганізмів.

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. 2.9).



Рис. 2.9. Критичні точки впливу температури на ґрунтові мікроорганізми та використання вологи агрофітоценозом, ©Mc Entre J. J., USDA, США

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).

Таблиця 2.6. Мінімальна температура проростання і появи сходів основних польових культур, °С (за Даниленко В.)

Культура	**Проростання**	**Поява сходів**	**Максимум**
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 Даниленко В.):

- 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 є температурні умови 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.

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. Найбільша кількість аміачного азоту виявлена за низької температури ґрунту, що свідчить про активну біологічну іммобілізацію азоту (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 в 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. та ін., 2006);
- тепловий стрес у період від цвітіння до наливу зерна має два типи – хронічний (+20–32 °С) і тепловий шок (>+32 °С) (Wadlaw та ін., 2002);

- від теплового шоку для кореневої системи маса зерна з колоса знижувалася на 60 відсотків, а якщо тепловий шок отримувала лише надземна частина рослини – зниження маси зерна з колоса становила 43 відсотків (Guedra M, Paudsen G., 2002).

У зимовий період 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 відсотків 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 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 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 надалі – негативний через перегрівання ґрунту (фото 2.6). Температура листя не піднімається вище +30 °С (фото 2.7).

У системах землеробства No-till і Strip-till основним засобом регулювання температурного режиму є рослинні рештки. Покриття ґрунту 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 (фото 2.6). На початку вегетаційного сезону це приводить до низької діяльності ґрунтової біоти, затримки прогрівання, а відповідно – й часу сівби, особливо 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 (фото 2.3–2.5). 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.

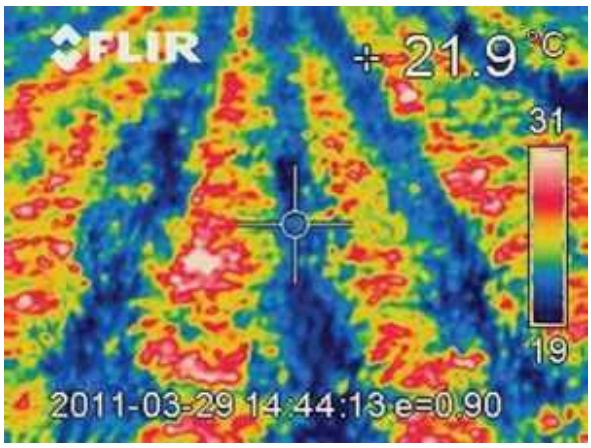


Фото 2.3. Температура ґрунту в міжрядді (ділянка Strip-till) навесні © ж-л Агроном, 2017

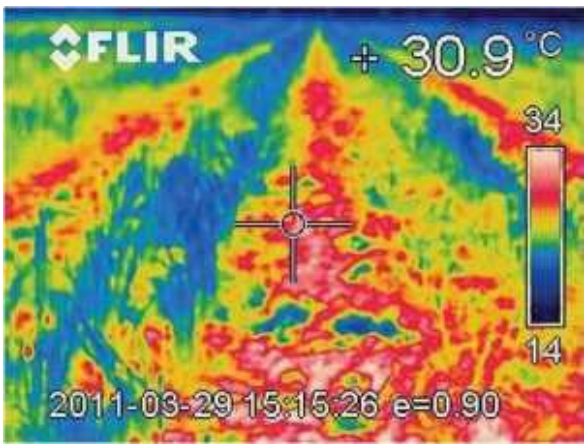


Фото 2.4. Температура ґрунту в міжрядді (ділянка Strip-till) влітку © ж-л Агроном, 2017

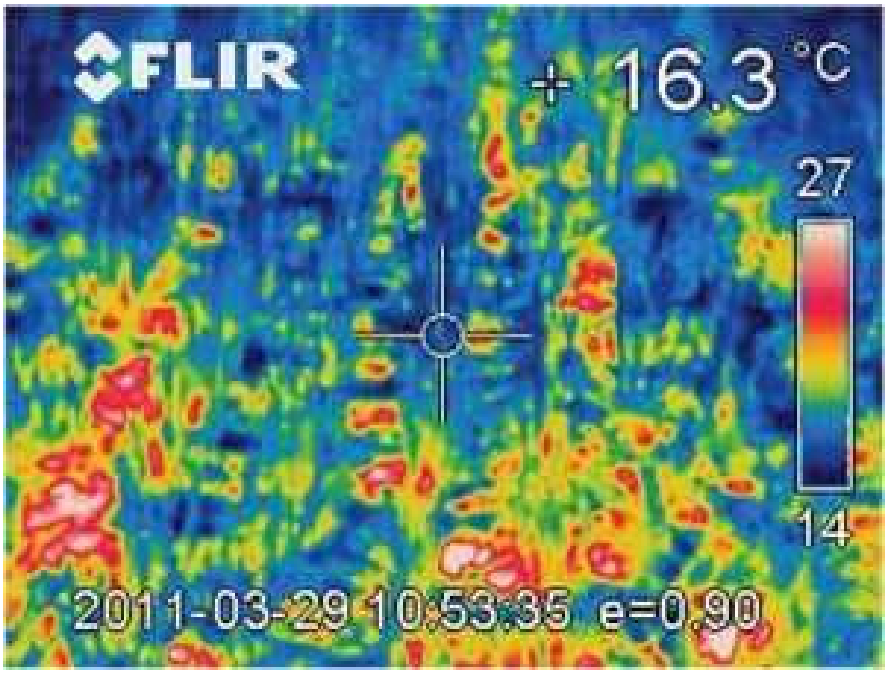


Фото 2.5. Температура ґрунту в міжрядді (ділянка No-till) навесні. Знімки з тепловізорної камери. © ж-л Агроном, 2017

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.

У зимовий період основним заходом регулювання температури ґрунту в будь-якій системі землеробства є сніговий покрив. У традиційній системі землеробства для утримання й накопичення снігу на полях застосовують спеціальні агротехнічні заходи – кулісні пари, снігозатримувальні щити,

снігооранку 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. 2.10).

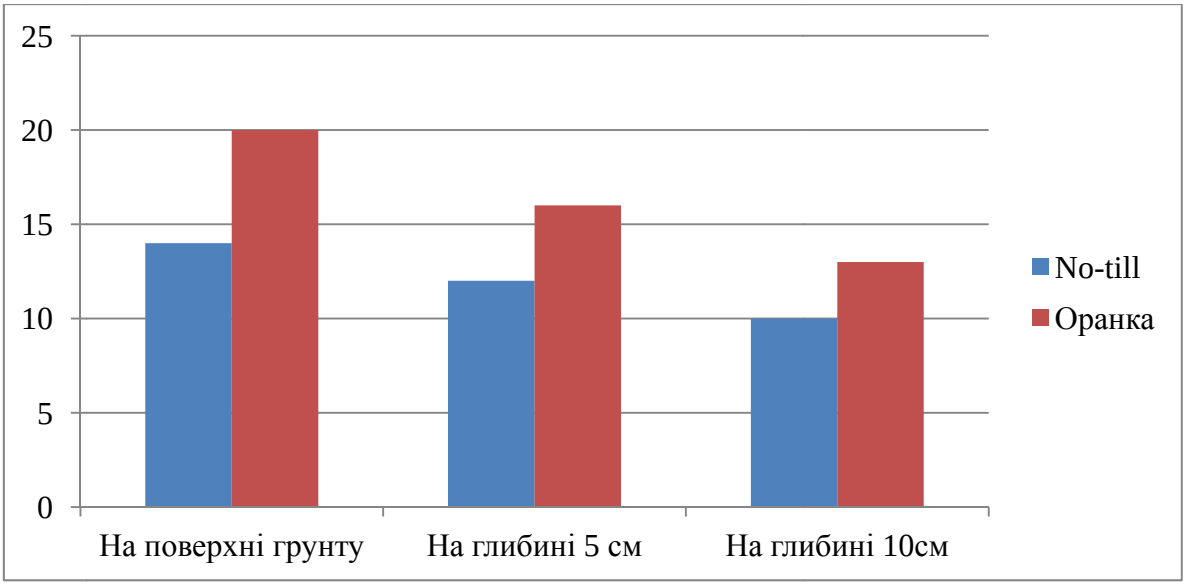


Рис. 2.10. Температура ґрунту за різних систем обробітку на час сівби кукурудзи (попередник – пшениця яра, середнє за 2010–2012 рр.). © Косолап М.



Фото 2.6. Температур ґрунту без і з рослинними рештками, © Тісен Г.



Фото 2.7. Температура листя, © Тісен Г.

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 – це органічні рештки та гумус. Сам гумус складається з негумусових речовин (органічних решток, проміжних продуктів їх розпаду) та власне гумусових речовин, які представлені двома основними групами гумусових кислот: темноколірних гумінових кислот і світлозабарвлених рухоміших фульвокислот, які легко мігрують по профілю ґрунту. Третя група гумусових сполук – гуміни, що є комплексом гумінових та фульвокислот, що дуже 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 браком 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 відношення 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 >2; гуматно-фульватний 1–0,5; фульватно-гуматний 2–1; фульватний <0,5. Типи гумусу здебільшого відповідають певним типам ґрунтів. Так, підзолисті та дерново-підзолисті ґрунти найчастіше мають фульватний тип гумусу. У сірих лісових ґрунтів лісостепової зони – фульватний або гуматно-фульватний тип гумусу. В опідзолених чорноземів лісостепу найчастіше фульватно-гуматний тип гумусу, а типові чи звичайні чорноземи, які добре насичені основами, – здебільшого гуматного типу.

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).

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.

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

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

1) вміст гумусу, відсотки. Може бути дуже високим (>10 відсотків), високим (6–10 відсотків), середнім (4–6 відсотків), низьким (2–4 відсотки) та дуже низьким (2 відсотки);

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

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

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 гумусу в ґрунті проявляється в:

- 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 так:

- 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 відсотків 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 за традиційної технології обробітку з вико-ристанням полицевої оранки зменшилися на 31 відсоток, 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 відсотка. 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

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 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 раза менше формується гумусу, ніж із підземної, що необхідно враховувати при плануванні структури товарних культур у сівозміні та виборі видів для покривних посівів.

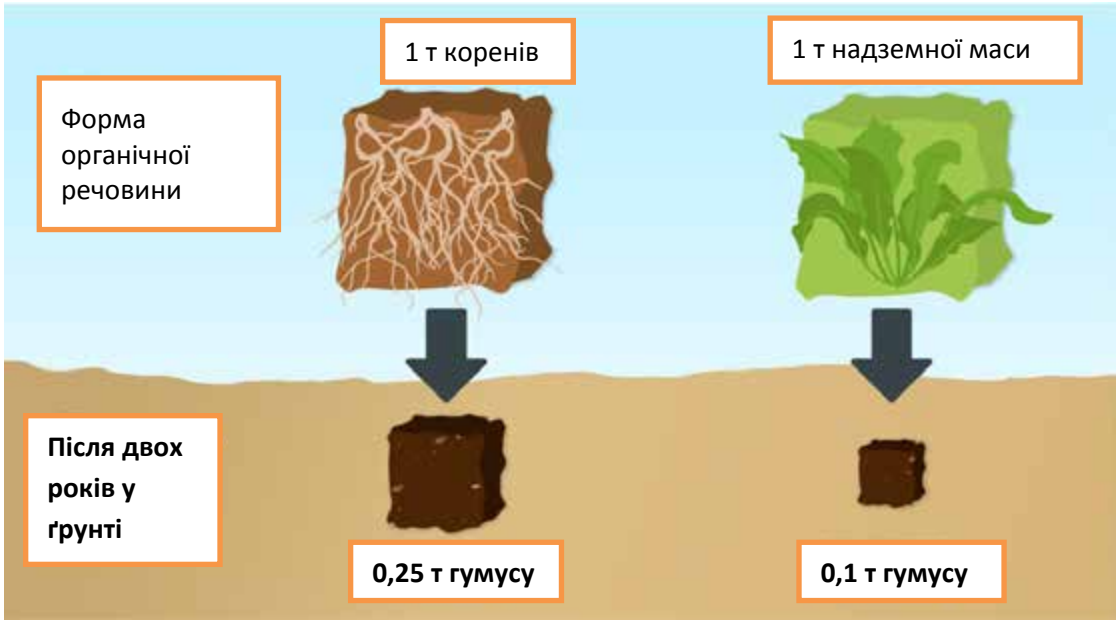


Рис. 2.11. Роль різних частин рослин у накопиченні гумусу, презентація. © Дон А.

Обробіток ґрунту, в якому б технологічному варіанті він не застосовувався, так чи інакше є дуже впливовим чинником на органічну речовину, яка на 85–90 відсотків 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 відсотків 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 становив 0,7–1 відсоток, 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. 2.11). 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:

- внесення відповідної кількості 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 й разом із покривними культурами, як свідчать результати наукових досліджень і практика господарств, це забезпечує 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 раза. 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 відсотка (Демиденко О. та ін., 2019).

Іншої думки дотримуються німецькі вчені Е. Рюбензам та К. Рауе. Вони стверджують, що більші втрати гумусу ґрунтом пов’язані з його постійним поверхневим обробітком, бо процеси розкладання 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 відсотка до 3 відсотків. 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 відсотка і становив 3,7 відсотка. 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 (понад 50 відсотків) 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 відсотків, а за утримання перелогу понад 54 роки – на 113 відсотків (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 відсотка, то в 2020 році становила вже 8,3 відсотка.

Таблиця 2.11. Вміст гумусу в ґрунті по полях у фермерському господарстві М. Войтовика ТОВ «Мрія» (М. Войтовик)

№ 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

Щорічний приріст гумусу в ґрунті по полях становив: поле № 1 – 1,4 відсотка, поле № 2 – 1,44 відсотка, поле № 3 – 1,08 відсотка за мінімальної необхідної норми 0,4 відсотка.

Збільшення вмісту гумусу в ґрунті – це один зі шляхів вирішення проблеми збільшення парникових газів в атмосфері. Розрахунки, проведені іноземними вченими, показують, що глобальні антропогенні викиди CO_2

відповідають 0,4 відсотка глобальних запасів вуглецю в ґрунтах, тому можна вважати, що середній річний приріст гумусу в 0,4 відсотка 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 та ін., 2021);
- 80 відсотків додатково накопиченого вуглецю розміщується в біомасі й 20 відсотків – 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. Загальна ж закономірність така: чим менший організм, тим він стійкіший проти 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 й 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 різноманітні 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 й 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, своєю чергою, ґрунтова біота може знижувати або підвищувати продуктивність землеробства.

Найбільша активність ґрунтової біоти проявляється у верхньому 0–10 см шарі ґрунту, при цьому 80–90 відсотків ґрунтової біологічної активності припадає на гриби та бактерії (фото 2.8).

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);

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 поширенню 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 орному 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



Фото 2.8. Рівень розвитку грибкової мікрофлори. © ж-л Пропозиція

Біля кореня відбувається конкурентна боротьба за місце. Зброєю при цьому можуть слугувати виділення мікроорганізмами певних речовин (антибіотики, отруйні гази тощо), які знешкоджують конкурентів. Здебіль-

шого 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 кліщів, котрі своєю чергою слугують джерелом живлення для бактерій та грибів.

Отже, ризосфера являє собою, умовно кажучи, «біржу» зону партнерства та 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 відсотків рослин із різних родин (бобових, злакових та ін.). Велике значення вона має 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). 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	-	-

Якщо корені рослин колонізовані грибною мікоризою, це змінює 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 задовго до її існування землю розпушували земляні черв'яки, й 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

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

1) **черв'яки, що мешкають біля поверхні ґрунту (заселяють підстилку)**. Ця група живиться рослинними рештками, розміщеними 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.

2) **дощові черв'яки з ендогенним типом поведінки.** 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 (anecic)** 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).

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. 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.

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.



Фото 2.9. 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 (фото 2.9).

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 такому.

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 запливання ґрунту. 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 відсотків розміщується в ґрунті й 60 відсотків на поверхні.

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. Стабілізовані слизом, що виділяються 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 ґрунт. 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.

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

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;

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 відсотків 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.

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. 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 (фото 2.10). Стінки біопор насичені продуктами мікробіологічної діяльності. Як вказують окремі вчені, в біопорах відмічається більша кількість фосфатазних ензимів, що в результаті формує перегній. Спостерігається більша біологічна активність мікроорганізмів біля дощових черв'яків. Завдяки дощовим черв'якам відбувається до певної міри переміщення органічної речовини в нижні шари ґрунту та забезпечуються сприятливі умови для росту кореневої системи рослин.



Фото 2.10. Пори утверені грунтовими черв`яками. © Д.Мак Гэрри

За використання системи землеробства No-till впродовж тривалого періоду дощові черв'яки відіграють велику роль у гуміфікації рослинних решток, що розміщуються на поверхні ґрунту.

Шкода від дощових черв'яків

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

- 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.

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 з вермикомпостами, 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 відсотків (Бейкер Дж., 2007).

Проте більшість вчених вважають, що штучно поширювати дощові черв'яки недоцільно, оскільки це 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 різкого 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).

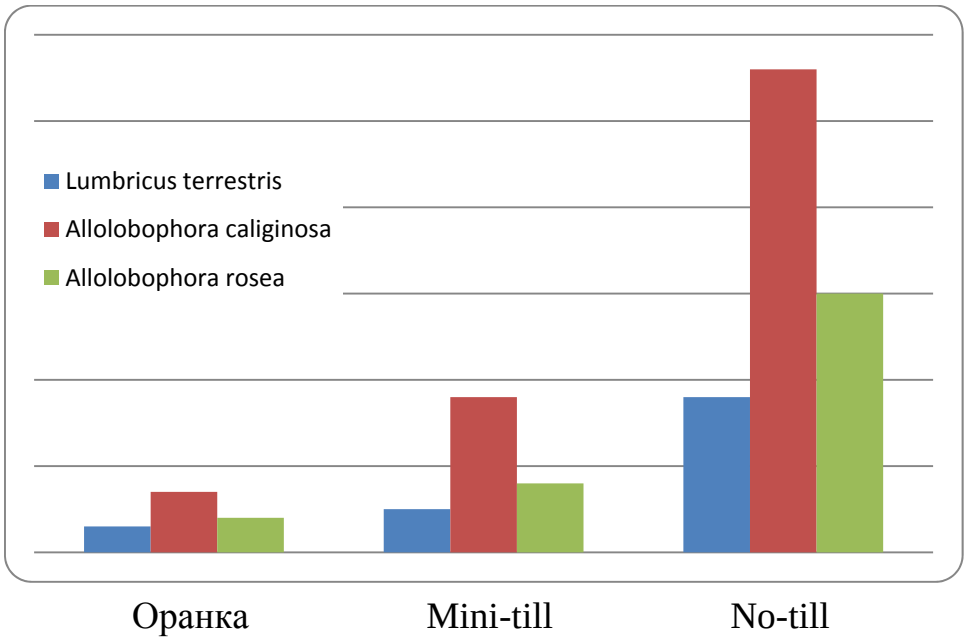


Рис. 2.12. Чисельність популяції різних видів дощових черв'яків за різних технологій обробітку ґрунту, шт./м^2, 1997. © Тебрюге Ф., Вагнер А.

Загальна чисельність дощових черв'яків за нульового обробітку ґрунту збільшилась у сім разів (рис. 2.12). 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. 2.13). *Отже, найшвидший спосіб збільшити чисельність черв'яків у ґрунті – це відмова від механічного його обробітку.*

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.

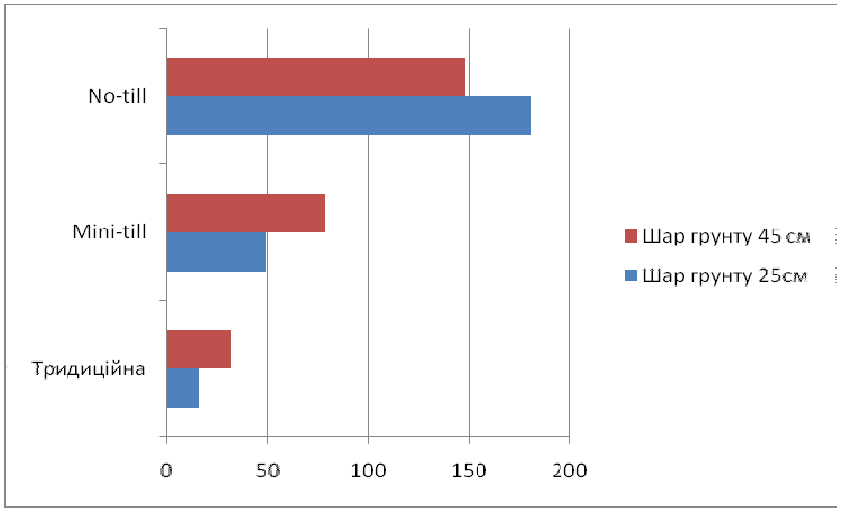


Рис. 2.13. Чисельність ходів земляних черв’яків на 1 м^2 залежно від технологій обробітку ґрунту, 1987. © Norton L. D., Schroeder S. L.

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. Дослідження, проведені в фермерському господарстві М. Войтовика, показали, що за традиційного полицевого обробітку ґрунту (незалежно від культури) кількість дощових черв’яків становила 12–27 шт./м^2, за відмови від механічного обробітку ґрунту – чітко простежується вплив культур. Наприклад, чисельність дощових черв`яків під кукурудзою 21 шт./м$^2$, а під соєю та гречкою вона була в 6–8 разів вищою і становила 121–160 шт./м$^2$ (табл. 2.14). 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 2.14. Чисельність дощових черв’яків у ґрунті в посівах різних сільськогосподарських культур (Войтовик М.)

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. 2.15).

Таблиця 2.15. Кількість дощових черв’яків на землях сільськогосподарського ландшафту, шт./м^2 (Войтовик М.)

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, а позитивний вплив системи землеробства No-till виявляється у зростанні ґрунтової біоти в усіх елементах сільськогосподарської екосистеми, що підвищує її стійкість через зростання біологічного різноманіття.

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, внаслідок застосування добрив часто біологічна активність може бути вища, ніж у природних умовах;

- різні види рослинних решток містять різний об'єм органічної речовини різної якості, що визначає і різну біологічну активність 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 (співвідношення в ній між вуглецем і азотом, C:N).

Завдання будь-якої системи землеробства мінімізувати втрати поживних речовин із ґрунту та максимізувати їх внутрішню циркуляцію. Слід зазначити, що на утворення гумусу витрачається всього до 2–3 відсотків рослинних решток, а решта їх (97–98 відсотків) мінералізується за участю грибів до CO_2, NH_3 H_2O, солей (Кононова М. М., 1963).

Механічний обробіток. Зміна біоти залежно від технології обробітку ґрунту наведена на рис. 2.16.

Таблиця 2.16. 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			***Чисельність пійманих особин***		
Розташування	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 чисельності й підвищення життєвої активності 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.

Сівозміна є однією з домінантних ланок системи землеробства, але 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.

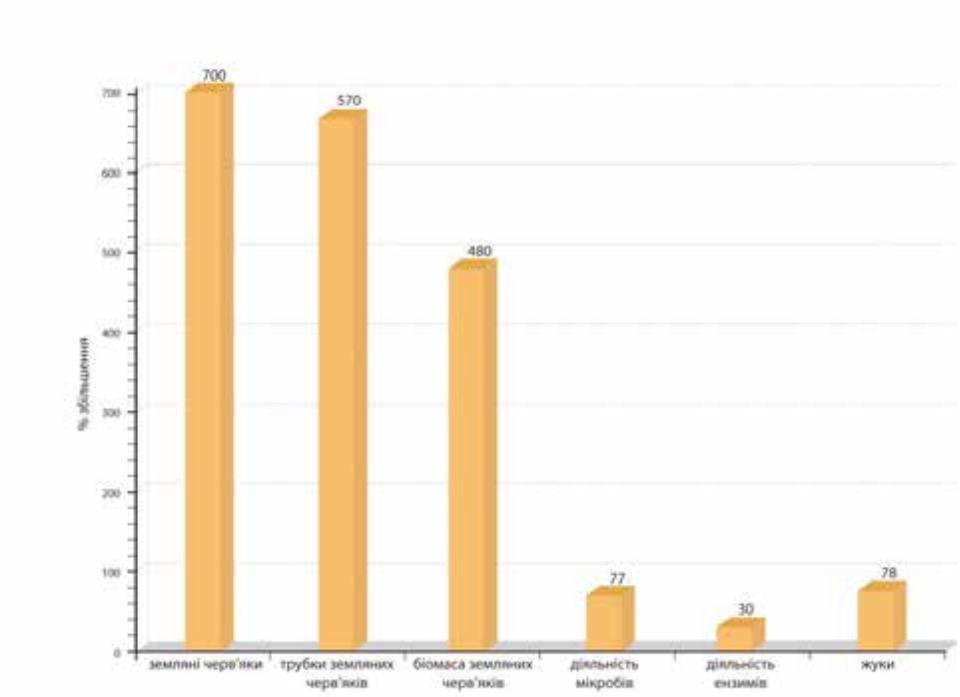


Рис. 2.14. Зміна чисельності представників біоти ґрунту за відмови від механічного обробітку ґрунту. © Тебрюге Ф.

Дослідження 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 чи люцерна);

- наявність у структурі посівних площ бобових однорічних і багаторічних культур забезпечує більшу різноманітність, чисельність і масу мікроорганізмів у ґрунті. Наприклад, загальна мікробна маса в ґрунті за сівозміни *багаторічні трави – пшениця* на 15 відсотків 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 відсотків загальної чисельності ногохвісток і 55 відсотків 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;

- за розкладання решток рослин родини капустяних виділяються ізотіоционати, які виконують роль фунгіцидів і викликають процес біофумігації 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 5–6 тижнів;

- застосування післясходових добрив, що проникають через листя часто виявляє менший вплив на ґрунтову біоту, ніж мінеральні добрива, які безпосередньо вносяться в ґрунт;

- порушення співвідношення «хижак – жертва» може призвести до домінування шкодочинних організмів.

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.

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 за відмови від механічного обробітку ґрунту?
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. Відмова від механічного обробітку позитивно чи негативно впливає на водопроникність ґрунту?
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 відмові від оранки. Система землеробства
No-till за недостатньої кількості
рослинних решток працювати не буде.
Рольф Дерпш

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 року за традиційної системи землеробства 20–35 відсотків зібраної соломи використовували на корм худобі, 10–15 – на підстилку, близько 5 – як паливо, понад 45 відсотків 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. 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;
- полова – структурні елементи колоса або бобів, що залишаються на полі після вимолочування зерна.

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 відсотків 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.

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, 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.

У будь-якому посібнику із землеробства викладені вимоги та завдання основного обробітку ґрунту. 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;*
- *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 на задану глибину;*
- *захист ґрунту від перегрівання;*
- *забезпечення захисту ґрунту від енергії дощових крапель, підтримання високої водопроникності;*

3.3. Склад і кількість рослинних решток

Склад 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 відсотків води і на 85 відсотків 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 відсотки, у країнах ЄС – 60 відсотків.

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).

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, відсотки	Органічна речовина, відсотки	Вміст у повітряно-сухій речовині, відсотки					Співвідношення C/N (N=1)
			N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	
Пшениця	86	82	0,45	0,07	0,64	0,21	0,07	80-90
Жито	86	82	0,34	0,07	0,52	0,33	0,1	100-110
Ячмінь	86	82	0,5	0,18	0,94	0,28	0,05	70-80
Овес	86	80	0,42	0,13	1,12	0,24	0,07	80-90
Ріпак	85	80	0,53	0,11	0,85	0,81	0,16	60-70
Зернобобові культури	86	80	1,29	0,16	1,07	0,91	0,16	20-25
Гречка	86	80	0,8	0,6	2,4	1,0	0,2	50-55
Горох	86	81	1,4	0,3	0,5	1,8	0,3	30
Люпин	86	81	1,0	0,2	1,7	1,0	0,3	40
Соя	86	82	1,2	0,3	0,5	1,5	0,5	30
Вика	86	81	1,4	0,3	0,6	0,6	0,4	30

Ідеальне співвідношення для мікроорганізмів 24/1.

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 Орієнтовне співвідношення основної і побічної продукції (Мостіпан М. І., 2015)

Культура	Продукція		
	основна	побічна	співвідношення
Пшениця озима	Зерно	Солома	1 : 1,2–1,65
Озиме жито	Зерно	Солома	1 : 1,7–2,0
Тритикале	Зерно	Солома	1 : 1,5–1,9
Ячмінь	Зерно	Солома	1 : 1,1–1,3
Овес	Зерно	Солома	1 : 1,3–1,5
Просо	Зерно	Солома	1 : 1,3–1,5

Кукурудза	Зерно	Солома	1 : 1,2–1,6
Гречка	Зерно	Солома	1 : 2,0–3,0
Горох	Зерно	Солома	1 : 1,1–1,3
Картопля	Бульби	Бадилля	1 : 0,7–1,0
Льон –довгунець	Насіння	Солома	1 : 5,0–8,0
Соняшник	Насіння	Листя, стебла	1 : 1,5–2,0
Ріпак	Насіння	Листя, стебла	1 : 1,5–2,0

Кількість потрібних рослинних решток залежить від кліматичних умов (рис. 3.1). Чим вологіший і тепліший клімат, тим швидше відбувається розклад рослинних решток, а відповідно – їх потреба зростає. Залежно від виду культури рослинні рештки мають різні властивості. Рослинні рештки рослин із родини капустяних мають сильні алелопатичні властивості. Рослинні решки льону можуть становити проблеми для сівби наступних культур.

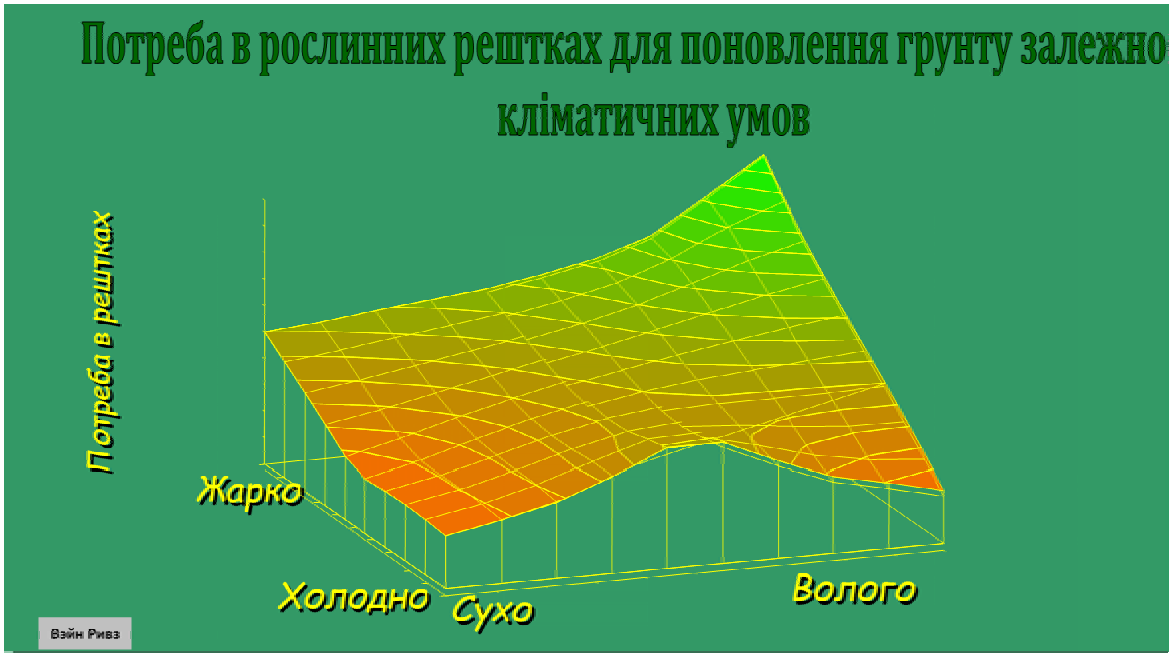


Рис. 3.1. Потреба в рослинних рештках залежно від кліматичних умов. © Вейн Рива

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 організаційними, механічними та біологічними заходами.*

3.4.1. Організаційні заходи

До організаційних заходів управління рослинними рештками належать сівозміна та програма сівби покривних культур. У сівозміну 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 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 відсотків. Сівозміна зі співвідношенням злакових і дводольних культур 50:50 і менше не дає змоги зберігати та накопичувати рослинні рештки. Часто на таких полях їх немає через швидке розкладання.

У системі землеробства Strip-till рослинні рештки переміщують із зони рядку в міжряддя (фото 3.11).

Отже, набір і порядок чергування культур у сівозміні з планом сівби проміжних культур – це організаційна складова системної цілеспрямованої програми управління рослинними рештками, яка визначає час, вид, кількість і якість надходження рослинних решток на поля від основних і проміжних культур сівозміни (фото 3.12).

3.4.2. Механічні заходи управління

Знаряддями механічного впливу на рослинні рештки є комбайн, жатка, спеціальні подрібнювачі та рублячі котки. Їх завдання – надати рослинним рештками певного розміру та розмістити 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 кришать солому і стебла, тим швидше органічна маса буде розкладатися. Непосічену солому комбайн гірше рівномірно розподіляє по полю, ніж подрібнену.

Збирання врожаю – перша технологічна операція механічного керування рослинними рештками. 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 (фото 3.1, 3.2).

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 відсотків за низького зрізу до 50 відсотків за високого. Чим рівномірніше розміщені рослинні рештки по полю, ти краще вони виконують свої завдання. На думку досвідченого фермера з No-till в США Ріка Бібера,

90 відсотків успіху чи невдачі в No-till криється в управлінні рослинними рештками;

- особливу проблему може створити розподіл по полю, а не величина різки.

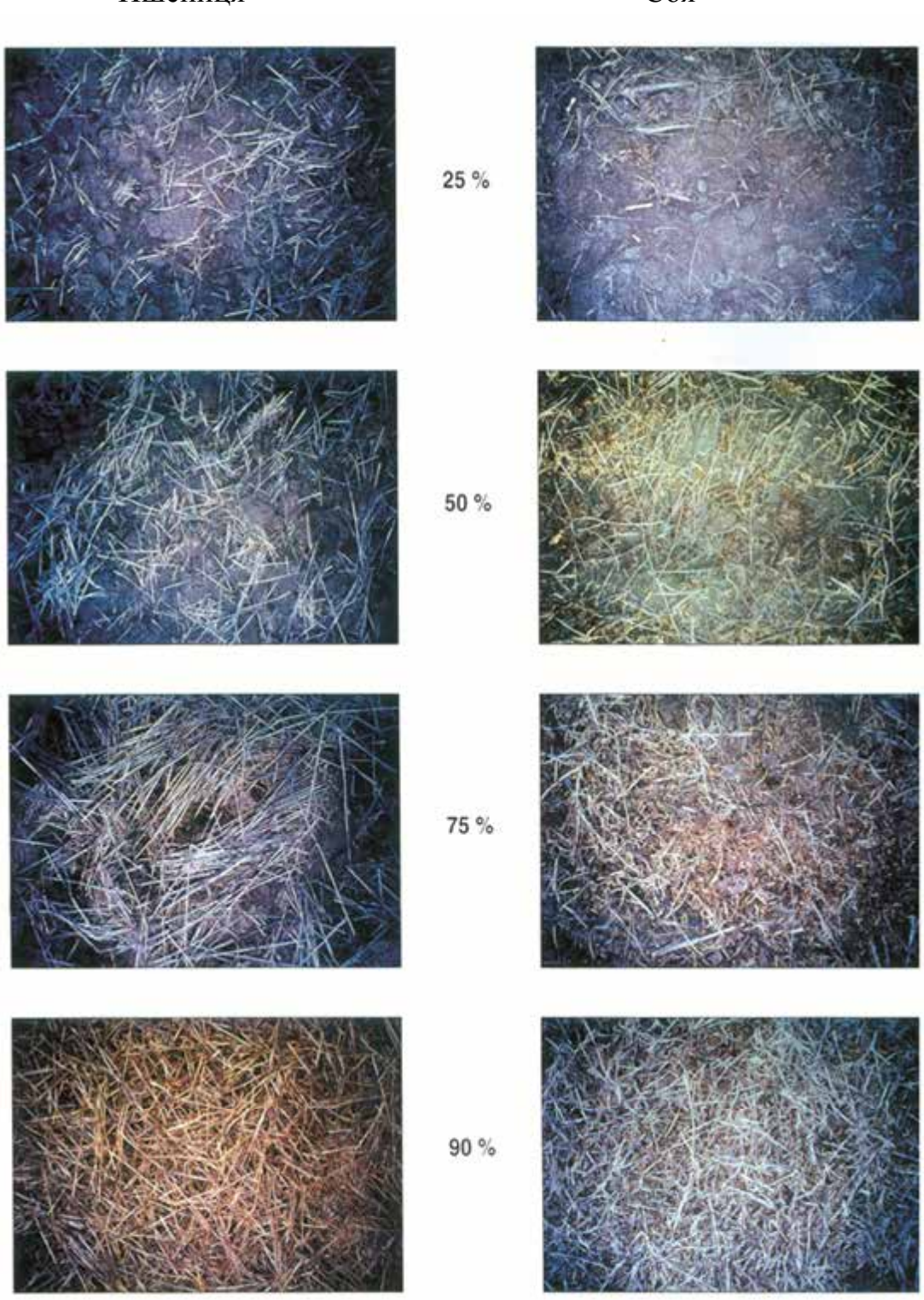


Фото 3.1. Типова шкала для окомірної оцінки рівня покриття поверхні ґрунту рослинними рештками пшениці та сої. © Д.П. Шелтон, Є.К.Дики



Фото 3.2. Типова шкала для окомірної оцінки рівня покриття поверхні ґрунту рослинними рештками кукурудзи й сорго. © Д.П. Шелтон, Є.К.Дики

Якісний та неякісний розподіл рослинних решток представлено на фото 3.3–3.5.



Фото 3.3. Задовільний розподіл рослинних решток. © ctagro-ua.com



Фото 3.4. Незадовільний розподіл рослинних решток. © ctagro-ua.com



Фото 3.5. Купи соломи можуть бути непереборною проблемою. © Косолап М.

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 3.2). Необхідність її перерозподілу виникає при збиранні (рис. 3.3) та залежить від жатки (рис. 3.4–3.7). Регулювати можна і просторове розміщення соломи – горизонтальне лежаче або вертикальне стояче. Рештки рослин можуть усі або лежати (горизонтальне положення) на поверхні ґрунту або залишатися стояти (вертикальне положення), наприклад, збираються лише колоски без зрізування соломи (фото 3.6).

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 очісувальну жатку. Застосування очісувальної жатки допомагає різко підвищити продуктивність комбайна (на 30 відсотків), зменшити в 1,6 раза витрати палива на одиницю площі при зменшенні навантаження на агрегати комбайна (табл. 3.3). У середньому два комбайни з очісувальними жатками за продуктивністю прирівнюють до трьох із традиційними жатками.



Фото 3.6. Стояча стерня пшениці озимої, яка зібрана очісувальними жатками. © Косолап М.

Таблиця 3.3. Порівняльна характеристика роботи комбайна зі звичайною й очісувальною жатками (презентація Романьков Е.)

Показники	Очісувальна 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

Висока стояча стерня суттєво змінює мікроклімат біля поверхні ґрунту (табл. 3.4). Передусім це виявляється в зменшенні швидкості вітру на поверхні ґрунту, рівня надходження сонячної інсоляції до його поверхні та випаровування вологи. В результаті це сприяє отриманню дружних сходів і нормальному їх розвитку (фото 3.7).

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 грунту, 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

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.



Фото 3.7. Пшениця озима у високій стерні. © Мокляк В.

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

1) *погіршення якості сівби*, що може бути виражено поганим контактом насіння з ґрунтом, коли сошник у сформовану насіннєву борозенку затягує рослинні рештки й укладає насіння на них чи поряд із ними (фото 3.9). 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 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 (фото 3.10);

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

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;
- необхідності проведення додаткових заходів на полі з розтягування куп соломи.

З усієї кількості органічної маси, що пройшла через комбайн, 40–70 відсотків – 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 (фото 3.8).



Фото 3.8. Робота подрібнювача рослинних решток. © Косолап М.

Останнім часом новітні комбайни (наприклад, Джон Дір S 770) обладнують системами для надмілкого подрібнення (100 ножів).

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 від наявності на поверхні ґрунту 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, соняшник, злакові колосові, кукурудза. Оптимальна температура розкладання клітковини +28–30 °С за вологості ґрунту 60–70 відсотків 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.

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 і 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 відсотка на контролі до 8,8 відсотка 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 відсотків 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 азоткомпенсацію 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 вказує на причетність їх до утворення гумусу.

За розкладання соломи, крім повернення в ґрунт наявних у ній макро- і мікроелементів, підвищується також доступність для рослин фосфору і калію в ґрунті, 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 тонни 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 покривну культуру використовують не бобові, 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 відсотків мінералізується до кінцевих продуктів і тільки 10 відсотків 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.



Фото 3.9. Розміщене в рослинних рештках насіння пшениці. © Косолап М.



Фото 3.10. Нерівномірність появи сходів бур'янів залежно від наявності рослинних решток. © Косолап М.



Фото 3.11. Рослинні рештки, локалізовані в міжряддях.
© superagronoml_компанія Atis



Фото 3.12. Накопичення рослинних решток після трьох років застосування No-till. © «Агро-Союз», Дніпропетровська область

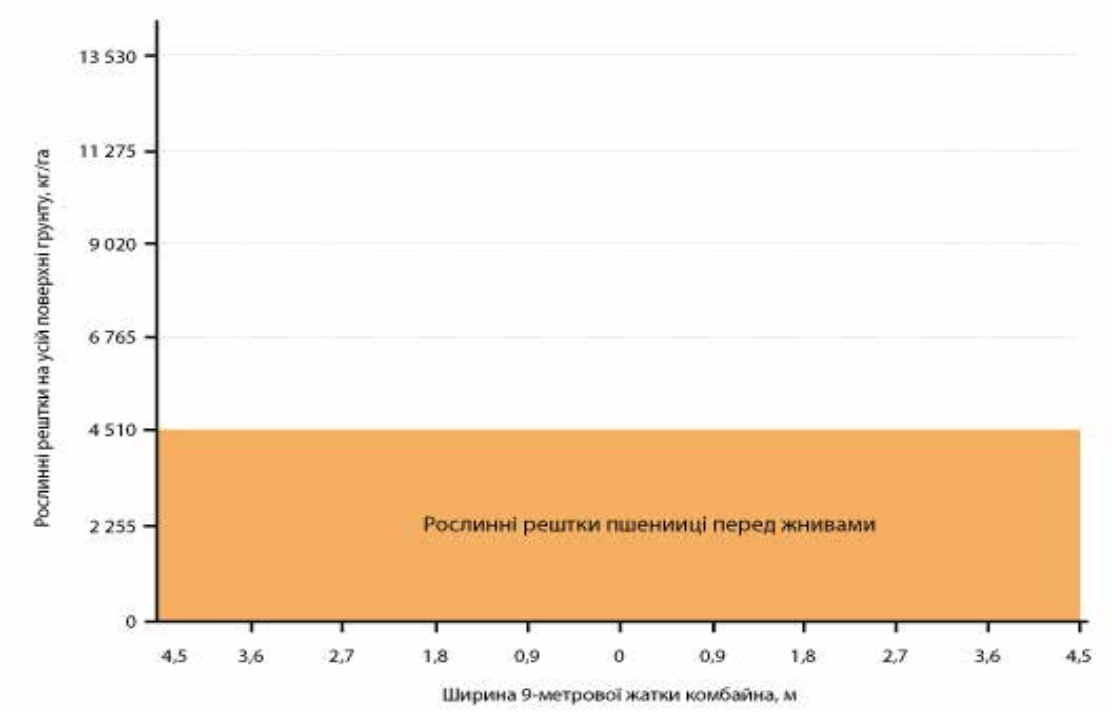


Рис. 3.2. Розподіл надземної органічної маси на полі до збирання врожаю пшениці. © John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman

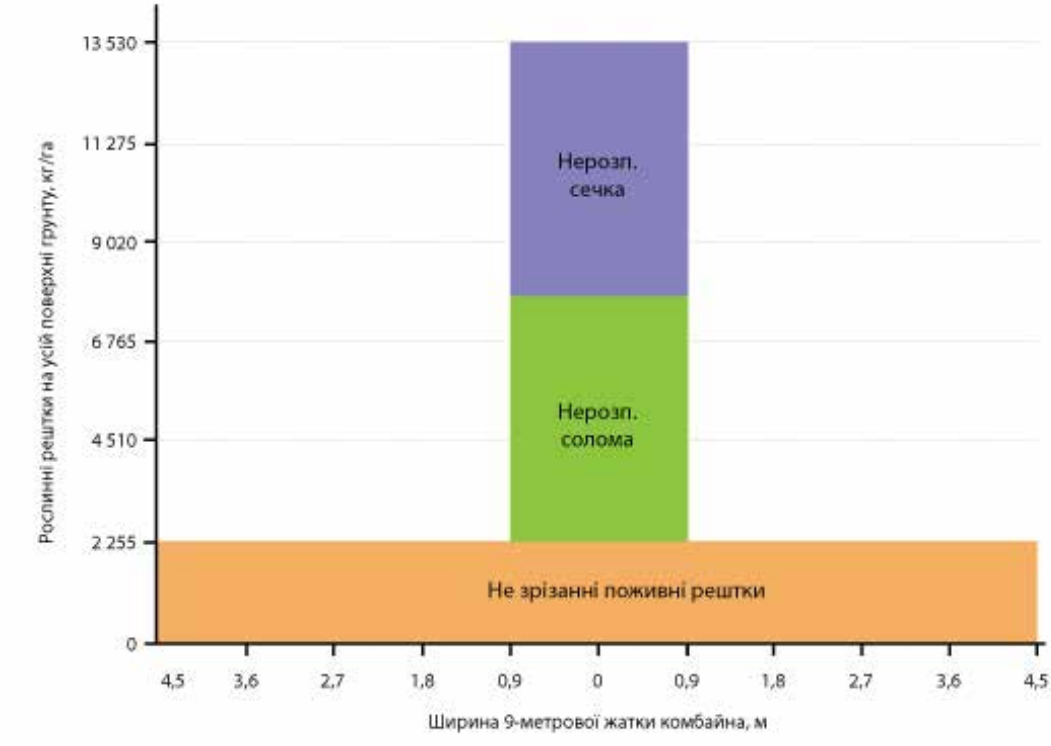


Рис. 3.3. Розподіл рослинних решток після збирання врожаю та комбайном без розподілу соломи й полови (50 % загального об'єму надземної рослинної маси пройшло через комбайн і 50 % залишилося у вигляді стерні).
© John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman. Оценочний доклад Pami

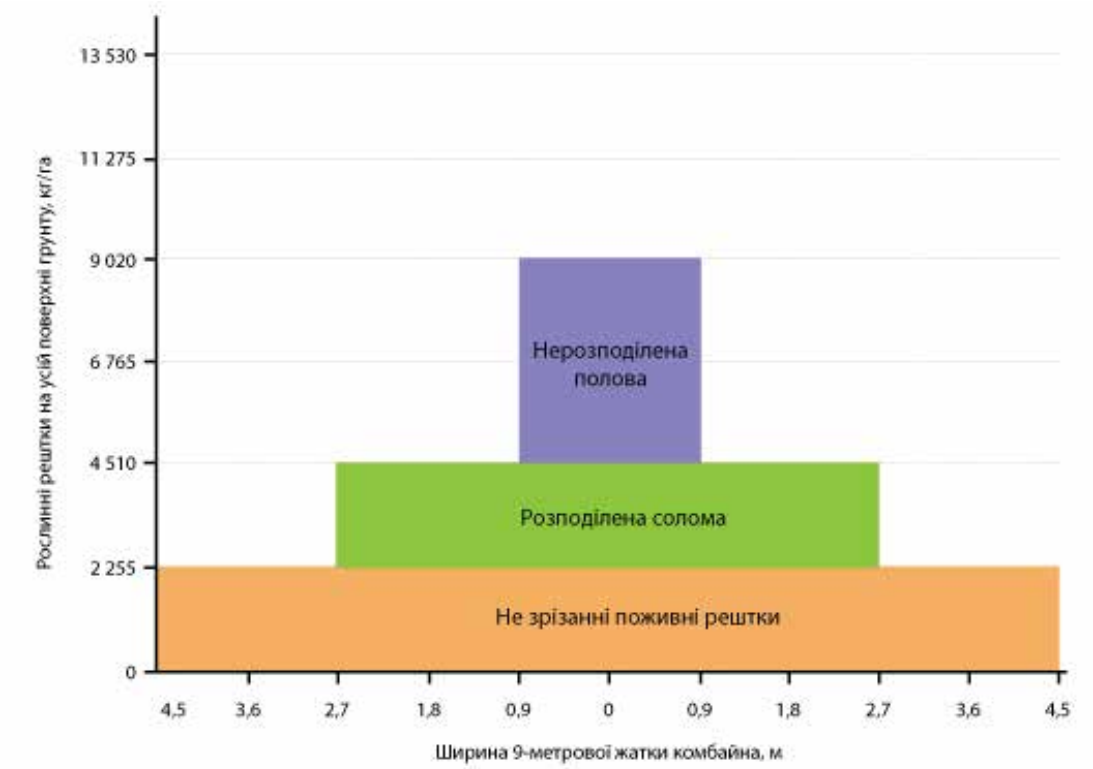


Рис. 3.4. Розподіл рослинних решток по ширині захвату жатки комбайном, який рівномірно розкидає солому на ширину більше як 5,5 м, але не розподіляє полову (полова становить 50 % рослинних решток, що проходять через комбайн). © John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman. Оценочний доклад Pami

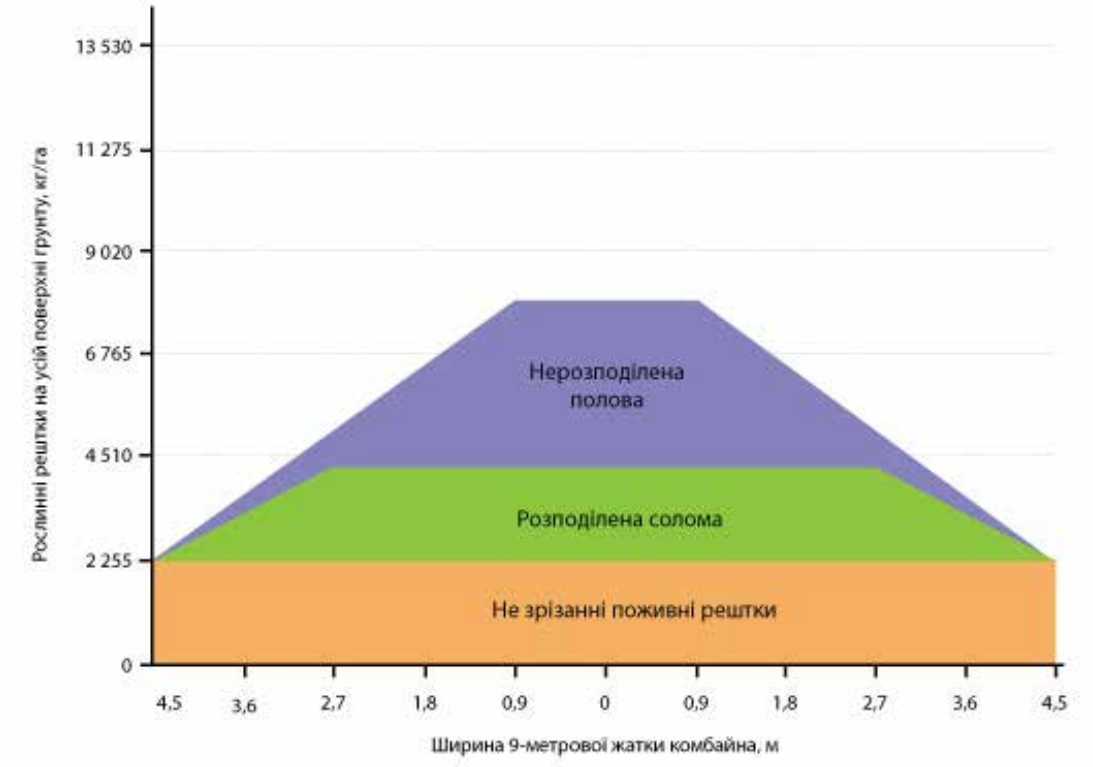


Рис. 3.5. Близький до ідеального розподіл соломи й полови комбайном із розкидачем при ширині захвату жниварки 7,3–9,1 м.
© John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman. Оценочний доклад Pami

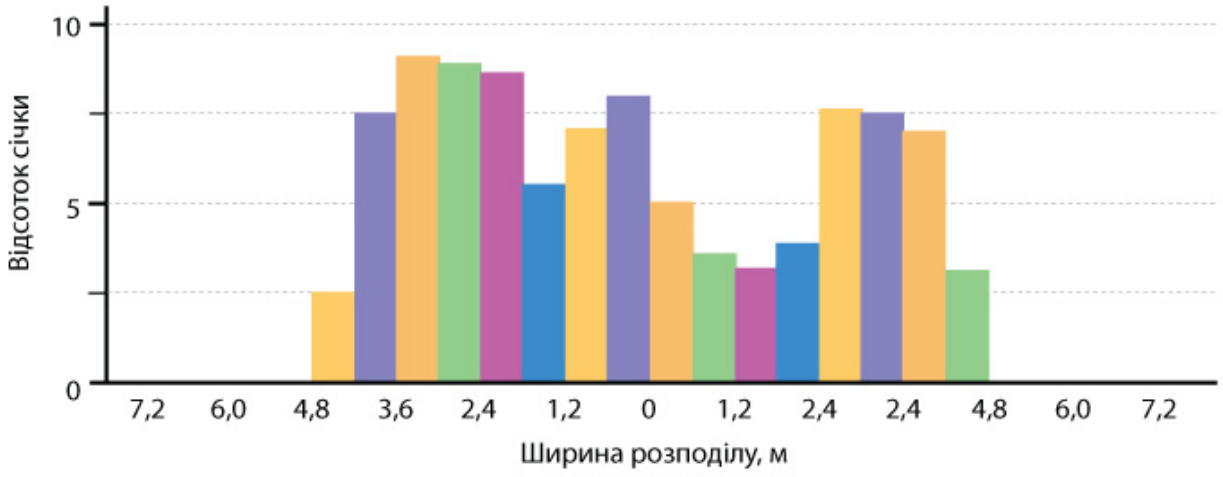


Рис. 3.6. Приклад незадовільного розподілу солом'яної січки комбайном із пристосуванням для розподілення соломи.
© John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman. Оценочний доклад Pami

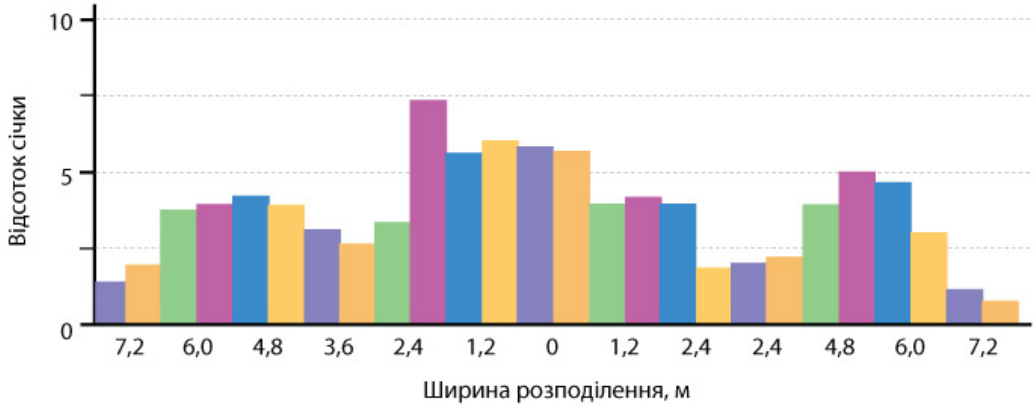


Рис. 3.7. Приклад дуже доброго розподілу солом'яної січки за допомогою пристосування для розподілення соломи
© John A. Smith, Scottsbluff and Vernon L. Hofman. Оценочний доклад Pami

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 очісувальної 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 ТА ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ

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.*

4.1. Особливості організації території в системах землеробства No-till і Srtip-till

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 у світі.

Критично оцінивши ситуацію, науковці України розробили нову концепцію 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 площею не менше 5–6 млн га. За реалізації таких заходів частка ріллі становитиме 60 відсотків площі сільськогосподарських угідь, або 45 відсотків від всієї території держави.

Вимогам концепції повністю відповідають ідеологія та філософія системи землеробства No-till і Strip-till. Вони не передбачають особливих, кардинально відмінних від інших систем землеробства вимог до організації території. Водночас залежно від площі господарства, рівня його технічного оснащення й організації виробництва, проявляються особливості 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 працювати 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. 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.

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

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. Не слід також залишати поза увагою ґрунтово-кліматичні умови конкретного господарства, для якого визначають оптимальну структуру посівних площ, а також обсяги наявних і можливих контрактів, кількість і номенклатура сільськогосподарської продукції, котру можна реалізувати з найбільшим рівнем прибутку та власні потреби господарства (насіннєві фонди, оплата орендодавцям, потреба на харчування, потреби тваринництва тощо). Все це є основою для визначення необхідного набору культур. Зважаючи на середню врожайність цих культур у регіоні за останні роки, розраховують необхідну площу їх посіву.

Розрахована структура посівних площ 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 їх 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, структура посівних площ надалі може коригуватися й вдосконалюватися, тобто змінюються площі посіву культур, вводяться нові культури. 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, розробки систем сівозмін 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. 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 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 сівби покривних культур, які є обов'язковим елементом систем землеробства No-till і Strip-till. **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);*

- 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.

Оптимальна структура посівних площ визначається за сукупністю таких груп показників:

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 відповід-

но 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 заведено 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 при асиміляції, вони демонструють більше генетичне і фенотипічне різноманіття, ніж злакові.

1. Холодостійкі вузьколисті (тонконогові – злакові) культури *(ХВ) – пшениця, ячмінь, овес (Triticum aestivum / T. durum, Hordeum vulgare, Avena sativa).*

2. Теплолюбні вузьколисті (тонконогові – злакові) культури (ТВ) – *кукурудза, сорго, просо (Zea mays, Sorghum bicolor, Panicum miliaceum / Setaria italica / Pennisetum glaucum).*

3. Холодостійкі широколисті (двосім'ядольні) культури (ХШ) – *горох, сочевиця, льон (Pisum sativum, Lens culinaris, Linum usitatissimum).*

4. Теплолюбні широколисті (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.

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 агрономічними вимогами періоди повернення культур на попереднє поле вирощування в сівозмінах традиційних систем землеробства. Проте незаперечним є те, що в системі землеробства No-till і Strip-till вони будуть коригуватися скороченням або подовженням оптимально допустимого періоду повернення. Наприклад, 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 та порядком чергування культур у 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 кліматичним умовам регіону*.

За показником видового різноманіття вирощуваних культур можна прогнозувати можливість контролю фітосанітарного стану агрофітоценозу фітоценотичним методом. 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.

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 ***(фізичні основи)*** 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.

Причини хімічного порядку ***(хімічні основи)*** пояснюють чергування культур поліпшенням умов живлення рослин завдяки раціональному використанню рослинами всіх елементів живлення з різних шарів ґрунту.

Біологічні причини ***(біологічні основи)*** пов'язані з впливом правильного чергування культур на рівень шкоди від бур'янів, шкідників, збудників хвороб.

Організаційно-господарське значення сівозміни ***(економічні основи)*** 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.

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, яка визначається порівнянням строків збирання попередника і сівби наступної культури. Наприклад, культури, які збираються восени пізніше оптимальних строків сівби озимих, не можуть бути для них 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 цей чинник має 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.

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, 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. 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 пізньою весною та раннім літом, яка інтенсивно поглинала з атмосфери CO_2, що привело до підвищення рівня вологості в атмосфері. 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 недостатньо розробленим і перевіреним наукою у виробництві залишається питання сидерального пару за системи No-till 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.

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, які повсюдно практикувалися 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 групи культур. Наприклад, двопільна сівозміна для зони сухого Степу України ***зернові вузьколисті холодного періоду – широколисті олійні холодного або теплого періоду***. Отже, ця схема відповідає вимогам чергування груп культур ХВ – ХШ, яке найприйнятніше для посушливих регіонів із випаданням 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 сходів озимих культур.

За умови вищого рівня вологозабезпеченості й можливості 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 короткоротаційні 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.*

Принциповим положенням при проєктуванні схем чергування культур є потреба кожного господарства обрати свою сівозміну, яка б максимально відповідала його природно-економічним умовам. 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.

Різноманітність набору культур

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).

4.3.3. 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 інтенсивнішими, ніж у традиційній системі землеробства, що є основою для отримання вищої продуктивності сівозміни. Наприклад, сівозміну *пшениця – пар* 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 надлишок води 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. 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.

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 водоспо-живання, 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

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.

Наприклад, 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.

Сівозміна є кращим способом зниження ризику та збільшення ефективності землеробства. Кожен фермер має збалансувати різноманіття й інтенсивність 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.

Отже, при складанні сівозміни визначають такі етапи роботи:

1) уточнення організації території господарства;
2) розробка оптимальної структури посівних площ;
3) визначення оптимальної кількості полів;
4) складання схеми сівозміни;
5) складання порядку чергування культур згідно зі схемою сівозміни;
6) насичення сівозміни покривними культурами;
7) комплексна оцінка ефективності складеної сівозміни.

4.3.4. Практика сівозмін у господарствах України

Різноманітність ґрунтово-кліматичних умов України зумовлюють і різноманітність впроваджених 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 2-пільні сівозміни, наприклад, *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 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 трапляються 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.

Практика організації території

Через нестабільність площі ріллі в господарствах та велике просторове розташування полів практично в кожному господарстві поєднують кілька

сівозмін та позначають поля, які недавно приєднали. На них незрідка практикують сівозміну в часі. Часто таких полів у господарстві кілька. Наявність у структурі посівних площ багатьох культур приводить до наявності в сівозмінах одного або кількох збірних полів.

4.4. Покривні культури

4.4.1. Поняття та зміст терміна «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 4-пільної сівозміни (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Карта-схема 4-пільної сівозміни. © Косолап М.

Розрахунок ступеня використання просторово-часового ресурсу в такій сівозміні (табл. 4.3) свідчить, що він не однаковий в різних полях сівозміни й у середньому по сівозміні становить лише близько 60 відсотків.

Таблиця 4.3. Рівень використання просторово-часового ресурсу в 4-пільній сівозміні (Косолап М.)

№ поля, культура	Використано, %	Не використано, %	Зокрема за період весна–літо	Зокрема за період літо–осінь
1 – горох	60	40	5	35,0
2 – пшениця озима	43	57	0	57,0
3 – соняшник	67	33	14	19,0
4 – пшениця озима	69	31	9	0
У середньому	59,7	40,3	7	33,3

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*».

У традиційному землеробстві вирощують різні проміжні сільськогосподарські культури для отримання додаткового врожаю зерна, бульб, зеленої маси, сіна, сінажу або вегетативної маси для використання на зелене добриво. 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 **«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 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. 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.*

Також у традиційній системі землеробства вважають, що залишені без рослинних решток поля мають такі переваги:

- можна провести заходи зі знищення сходів бур'янів;

- заробити в ґрунт післяжнивні рештки, на яких здебільшого наявні збудники хвороб і шкідники;

- підготувати ґрунт для проведення якісної сівби – привести стан ґрунту до вимог культур і технічних вимог сівалок.

Водночас, коли поверхня ґрунту залишається відкритою (відсутні рослини чи їх рештки), вона найвразливіша для дії дощових крапель, що руйнують ґрунтові агрегати. Внаслідок цього через вимивання відбувається втрата наявних рухомих поживних речовин, проявляється водна та вітрова ерозія, непродуктивно розкладається органічна речовина ґрунту, непродуктивно втрачається волога з ґрунту, 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 (фото 4.1).

Тимчасовий трав'яний покрив є двигуном або акумулятором сівозміни. Завдяки цьому трав'яному покриву ґрунт збагачується гумусом й азотом, що гарантує високу врожайність сільськогосподарських культур, які будуть вирощувати. Навіть у господарствах без або з невеликою кількістю худоби, слід відвести принаймні 25–30 відсотків під тимчасові трав'яні покриви, нехай би це й означало зниження врожаю товарних культур. Якщо частка тимчасових трав'яних покривів є занадто низькою, то баланс азоту в сівозміні буде негативним, вміст гумусу знизиться так само, як і родючість ґрунту. Тимчасовий трав'яний покрив на два роки надає дезінфікційний ефект від бур'янів кращий, ніж тимчасовий покрив із просапних культур протягом року.

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



Фото 4.1. Просо як проміжна культура. Херсонська область.
© Щедрінов А.

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 (фото 4.2).

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 і надлишкового використання вологи проміжними культурами її може не вистачити для наступної основної культури, що спричинить зниження врожайності.



Фото 4.2. Суміш покривних культур. © Драганчук М.

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 й у ґрунті встигла накопичитися достатня кількість вологи для 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.

Водночас обов'язково слід враховувати, 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. 4.4.

Таблиця 4.4. 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)

4.4.2. 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 водного режиму ґрунту завдяки зменшенню випаровування ґрунтової вологи, поліпшенню структурного стану та будови ґрунту, підвищенню водоутримувальної його здатності (фото 4.3). 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 внаслідок життєдіяльності 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.

2. 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.

3. 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.

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.



Фото 4.3. Коренева система покривних культур та її вплив на ґрунт.
© компанія «Агро-Союз»

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 кукурудзі, 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 вплив бобових на кукурудзу.

Зменшення втрат доступних поживних речовин із ґрунту за використання покривних культур має землеробське й екологічне значення. Про обсяги зменшення втрат можна висновувати 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: 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.

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), 40відсотків 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 частини загального вмісту (Sarrantonio M., Scott T. W., 1988). Крім цього, у посушливих умовах внаслідок повільної мінералізації можливе пізнє надходження азоту 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. 4. 5 наведені біомаса й поживні речовини, які акумулюються деякими покривними культурами.

Таблиця 4.5. 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.

Деякі види двосім’ядольних рослин мають здатність акумулювати певні поживні речовини у своїх тканинах у великій концентрації з різної глибини або перетворювати важкодоступні форми в легкодоступні. Наприклад, гречка, люпин, буркун білий мають здатність поглинати з ґрунту недоступні для інших видів рослин форми фосфору. Люцерна й інші види

сидеральних 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 побічного продукту 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. 4.6.

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, спричинить тимчасову іммобілізацію азоту, а рослинні рештки з вузьким співвідношенням C/N, 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*.

4. Захист ґрунту від водної та вітрової ерозії. Основний час прояву вітрової ерозії в умовах України припадає на зимовий або весняний період, коли культур ще немає на полі. У зимовий період за відсутності снігового покриву ґрунт за гребенястої поверхні після оранки за від’ємних температур перемерзає, розпушується і тому стає нестійким проти дії вітру. Прикладом такої екстремальної ситуації можна назвати 1969 рік, коли на сході України були сильні пилові бурі. 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. А проміжні культури знижують швидкість потоку води

Таблиця 4.6. 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

на схилах та збільшують інфільтраційну здатність ґрунту. Якщо покривні культури висіваються лише для захисту ґрунту від ерозії, то добирають культури, котрі здатні забезпечити високий відсоток покриття поверхні ґрунту в найкоротші строки.

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.

Водночас сівба покривних культур може і посилювати проблему бур'янів. Пов'язано це з тим, що покривні культури висівають зазвичай після зернових колосових культур, які збирають у середині літа. Це період 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). 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, що 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.

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. Поява в посіві суміші покривних культур сходів однодольних післяжнивних бур'янів може стати сигналом про недостатню частку злакових видів у висіяній суміші покривних культур і, навпаки, 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.

6. 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 біологічного процесу полягає в тому, що підземна частина рослин (коренева система) навіть без втручання хлібороба оптимально розміщена в ґрунті та найкраще взаємодіє з ґрунтовими мікроорганізмами. Надземна ж частина буде розкладатися ними за умови залишення створеної органічної речовини на поверхні ґрунту.

7. Поліпшення фізичних властивостей ґрунту. Зміна агрофізичних показників у кращий бік відбувається завдяки розущільненню орного та підорного шарів ґрунту кореневою системою (фото 4.3) поліпшення структури ґрунту, збільшення його пористості, а відповідно – аерації. Під час розкладання органічних речовин виділяються речовини, завдяки яким відбувається склеювання ґрунтових часток й утворення стабільних ґрунтових агрегатів (Davies M., 1986). Це до певної міри запобігає також розвитку ерозійних процесів та сприяє підвищенню водоутримувальної здатності ґрунту.

Потужні глибокі кореневі системи окремих покривних культур (табл. 4.7) надзвичайно ефективні для розпушення й аерації ґрунтів. 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 навіть підсилюють його ефект. Глибина проникнення кореневої системи деяких сидеральних культур у ґрунт наведена в табл. 4.7.

Таблиця 4.7. Глибина проникнення кореневої системи деяких 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

Після припинення вегетації покривних культур із низьким співвідношенням C/N у процесі їх розкладання поліпшується стабільність зв'язування частинок ґрунту на 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 поліпшення структури ґрунту, але цей процес відбувається довший проміжок часу, ніж при розкладі культур із вузьким балансом C/N.

8. 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.

9. 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.

10. Поліпшення якості навколишнього середовища. Якщо як покривні культури 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. 4.8. Озиме жито було висіяне після культури, під яку вносили 250 кг/га азотних добрив.

Таблиця 4. 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

11. Поліпшення фітосанітарного стану посівів. ***Хвороби.*** Якщо патоген найкраще виживає на поверхні рослинних решток і покривної культури, що залишена на поверхні у вигляді мульчі, тоді 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* 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 характер 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, які 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.

4.4.3. 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 (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 розриває життєвий цикл розвитку. Розрив життєвого циклу розвитку – основний механізм впливу всіх непрямих агротехнічних заходів на рівень присутності шкідників і збудників хвороб. 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.

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.

Таблиця 4.9. 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

Молода зелена маса сидеральних культур краще розкладається ґрунтовими мікроорганізмами, ніж грубі сухі післязбиральні рештки, оскільки в зеленій масі більше азоту (вужче співвідношення вуглецю до азоту). Співвідношення C/N у різних видів рослин та розподіл азоту між надземною й підземною частинами наведений у табл. 4.9 та 4.10, а здатність накопичувати азот різними видами бобових – у табл. 4.11.

Таблиця 4.10. 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

Таблиця 4.11. 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

За використання бобових культур як проміжних, що мають відносно вузьке співвідношення C:N, спостерігається незначна іммобілізація або її взагалі немає. 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 і кроталярії індійської (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), із покривних культур і з ґрунту можуть іммобілізувати азот 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.

4.4.4. Вимоги до покривних культур

Через те, що покривні культури займають поле в період відсутності основних культур і не мають товарного значення, вони повинні відповідати таким вимогам:

- мати низьку вартість посівного матеріалу;
- легко висіватися;
- швидко розвиватися та покривати поверхню поля, формуючи велику вегетативну масу;
- давати позитивний ефект як добриво на наступні культури сівозміни;
- 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 бобові культури з метою отримання додаткової вигоди –

фіксації атмосферного азоту та збагачення ним ґрунту. Ця група покривних бобових культур висівається в сівозміні перед ярою культурою пізнього строку сівби, наприклад, кукурудзи, проса тощо за умови, що строк збирання попередника дає змогу провести сівбу озимих культур.

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.

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.

Підсівні культури як покривні використовують набагато менше. 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.

Якщо завдання покривних культур передбачає 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. Доцільно збільшувати норму висіву за нестачі вологи в ґрунті. Деякі культурні види та сорти мають витке стебло, тому їх краще висівати в суміші з іншими видами, наприклад, із суданською травою. 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 падалиці наступного року на полі практично немає. Водночас ця біологічна властивість культури створює можливість мати другий урожай і перевести покривну культуру з економічно збиткової в економічно прибуткову.

4.5.5. 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 можуть поєднуватися з покривними культурами з поверхневим розташуванням кореневої системи для оптимального використання вологи.

Конкуренція за ґрунтовий азот за 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 покривних культур. Тобто вивільнення азоту з післяжнивних решток може бути ретельніше сплановане, 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.

Таблиця 4.12. 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: • фацелія • однорічний райграс		Підготовка ґрунту до сівби (поверхневе розпушення)		
+ одна або більше з таких культур: • конюшина • горох • кінські боби • 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: • люцерна • еспарцет • 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				

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.

4.4.6. 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 20–30 днів для видів з озимим циклом розвитку. Застосування останніх можливе лише за умови, що наступна основна культура в схемі сівозміни – це ярі пізнього строку сівби.

Сівбу покривних культур проводять стрічковим або розкидним способами. 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 (фото 4.4).



Фото 4.4. Сівба покривних культур. © компанія «Агро-Союз»

В умовах Північної Америки 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. В Україні сконструйований культиватор «Колісниця», який допомагає підрізати стоячу стерню на глибині 1–2 см, сепарувати від ґрунту та вкладати її на поверхню ґрунту, що створює оптимальні умови для прояву явища «сухий полив», яке спостерігається за 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) зазвичай можна збільшувати або зменшувати залежно 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, залежно від наявного обладнання і власних цілей виробництва. Одним із таких напрямів підвищення якості посівів покривних культур є їх сівба у високу стерню (фото 4.5).

За результатами наукових досліджень і практичного досвіду можна зробити такі висновки:

- чим вищим є зріз стерні, тим менше вона перешкоджає якісній сівбі, особливо дисковими сівалками;

- висока стерня обмежує випаровування вологи та перегрівання ґрунту;

- невелика кількість пожнивних решток, поєднана з високою стернею, допомагає краще засвоїти навіть невелику кількість опадів (5–8 мм);

- низьке скошування та подрібнення соломи є найменш прийнятним варіантом для сівби покривних культур.

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.



Н – низька стерня – 8 см;
В – висока стерня – 40 см.

Фото 4.5. Розвиток покривних культур залежно від висоти стерні. © Міньо Е.

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 після збирання озимих покривних культур, другий – всівання в міжряддя кукурудзи ярих покривних культур. Кожен із них має свої переваги й недоліки. На фото 4.6 представлено вигляд поля кукурудзи за всівання різних покривних культур у міжряддя.

Дослідження, проведені в США у штаті Вісконсин (табл. 4.13), показали можливість і доцільність підсіву покривних культур у міжряддя кукурудзи.




Фото 4.6. Поле кукурудзи на період збирання з підсівом у міжряддя покривних культур. © "АгроСнабФорум"

Таблиця 4.13. 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 відбувається природно: від морозу або 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, 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. 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.

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 (фото 4.7, 4.8).



Фото 4.7. Механічний спосіб припинення росту покривних культур. © компанія «Агро-Союз»



Фото 4.8. 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.

Запитання 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. Чим відрізняється схема сівозміни від порядку чергування культур по полях сівозміни ?
10. Що таке інтенсивність сівозміни?
11. Що таке різноманіття сівозміни?

12. Які етапи робот є при складанні сівозміни?
13. Що таке покривні культури?
14. Які завдання покривних культур у системах землеробства No-till і Strip-till?
15. Чому покривні культури можуть зменшувати рівень забур'яненості наступних культур.
16. Що таке рециркуляція поживних елементів і роль у цьому процесі покривних культур?
17. Які проблеми можуть бути за запровадження в сівозміні покривних культур?
18. Назвіть види озимих покривних культур.
19. Назвіть види ярих покривних культур.
20. Як формувати видовий набір у суміші покривних культур?
21. 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. Едуард Романьков. Відмова від оранки, сівозміна та синергія культур – навіщо це потрібно: https://www.youtube.com/watch?v=6k7xsZvb0FY
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_E0

РОЗДІЛ 5. СІВБА ЯК БАЗОВИЙ ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

5.1. Світові тренди якості сівби сільськогосподарських культур

З розвитком землеробства завдяки створенню нових технічних засобів якість сівби суттєво підвищилася. Передусім це стосується рівномірності дотримання 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) є запорукою максимальної реалізації генетичного потенціалу 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 AgriLab та «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 відсотка (фото 5.1).

Глибина заробки, см	Густота стояння, тис./га
7,6	41,7
5,0	59,2
3,8	63,7



Фото 5.1. Вигляд посіву соняшнику залежно від глибини заробки насіння. © AgriLab

Чим глибшою була заробка насіння в ґрунт, тим тоншими були стебла в рослин, адже вони витратили більше енергії на проростання. Очевидно, що глибша заробка насіння спричиняє затримку в появі 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 і рівень забезпечення вологою посівного шару. Здебільшого це виражається в відтермінуванні строку сівби та зменшенні глибини заробки.

Сингуляція

Якщо в посіві наявні двійники, 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 частково компенсувати відсутність рослини між ними, але не повністю, і тільки на кілька відсотків.

Нормальною сингуляцією вважається 94 відсотки. Компанія Precision Planting розробила технічні рішення, які допомагають досягнути сингуляції 99 відсотків. Багаторічні дослідження свідчать, що 1 відсоток сингуляції дорівнює 1 відсотку врожайності.

Якісний посів має забезпечити для кожної рослини оптимальну площу живлення. Це підвищує ефективність використання всіх 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.

5.2. Вимоги до якості насіння в системі землеробства No-till

Існує обґрунтована думка, що за відсутності передпосівного обробітку ґрунту сформоване сівалкою 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 насіннєвого ложа:

- 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.

«Сильне насіння» – новий термін, що набув поширення серед виробничників. Під ним розуміють посівний матеріал, отриманий на новому очисному обладнанні, яке створив український інженер-винахідник Л. Фадєєв. Основою є одержання насіння з мінімальними механічними пошкодженнями, максимально вирівняного за розмірами та масою з високою натурою. Навіть зовнішньо такий посівний матеріал суттєво відрізняється від стандартного (фото 5.2).

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) (цитовано за статтею Л. Фадєєва, журнал «Агробізнес сьогодні», 2014) 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.



Фото 5.2. Насіння пшениці з різною масою 1000 шт., підготовлене на очисному обладнанні Л. Фадєєва. © Л. Фадєєв

5.3. 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. та ін., 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 відсотків проєктивного покриття;

- клас IIIа – покриття рослинними рештками становить від 30 до 70 відсотків і вони не перемішані з ґрунтом;

- клас IIIб – насінина вкрита мульчею, де 30 відсотків рослинних решток змішані з ґрунтом, а не розміщуються на його поверхні;

- клас IV – повний покрив насіннєвої борозенки рослинними рештками (не менше 70 відсотків). При цьому шари рослинних решток і ґрунту розміщені так, як і до сівби.

Ці класи покриття посівного ряду регулюють вплив 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 відсотків практично незалежно від рівня вологості ґрунту (Scotter D. R., 1976). Навіть за вологості, що дорівнює точці в’янення, відносна вологість ґрунтового повітря становить 99,8 відсотка. 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 відсотків краще зберігає вологу в борозні, ніж покрив класу II (чистий ґрунт) і на 154 відсотки 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 (фото 5.4). У пшениці озимої та інших культур суцільного способу сівби внаслідок вузьких міжрядь зазвичай формується ІІІ клас покриття посівного рядка (фото 5.3).

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 (фото 5.5).

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 ІІІ – 118 шт./м^2. Вплив покриву зони рядка: класи ІІІ 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.



Фото 5.3. Розвиток пшениці озимої за ІІІ класу покриття посівного ряду. © компанія «Агро-Мир»



Фото 5.4. Розвиток сходів ріпаку озимого за II класу покриття посівного ряду. © Vlasenko E.



Фото 5.5. Розвиток сходів кукурудзи за IV класу покриття посівного ряду. © Черкас В.

На сьогодні найменш вивченою й оціненою є фаза розвитку від проростання до появи проростка на поверхні ґрунту. 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).

5.4. Проростання насіння і розвиток проростка в необробленому ґрунті

5.4.1. Особливості ґрунтових умов проростання насіння в системі землеробства No-till

Сівба в необроблений ґрунт, вкритий рослинними рештками, є базовим елементом системи землеробства No-till. Непошкоджений механічним обробітком ґрунт має інші умови для проростання насіння, 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 фізичних 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 зонах 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 за допомогою двох дискових 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, монодискові сошники тощо. Для створення насіннєвої борозенки такої форми всі сошники розпушують ґрунт більше, ніж сошники, що формують V-подібну насіннєву борозенку (рис. 5.1). Вона має ширшу основу та розпушеніше насіннєве ложе;

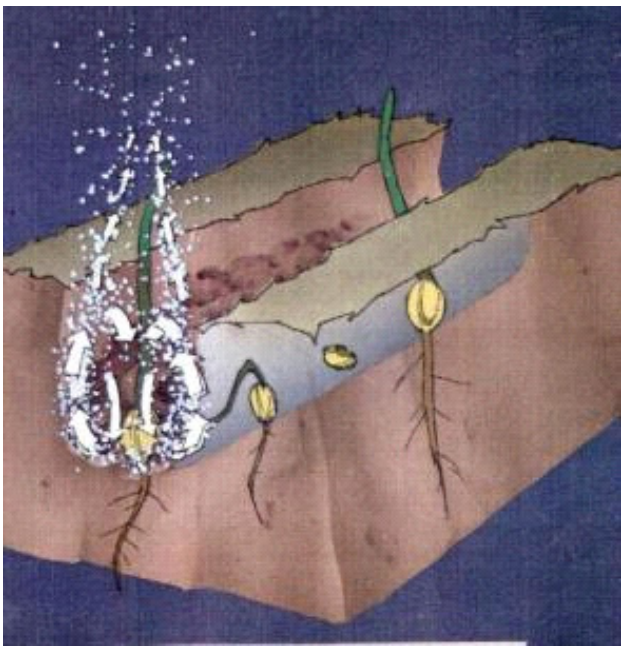


Рис 5.1. Схема борозенки U-подібної форми. © Романьков Е.

• ***борозенка у формі перевернутої Т.*** Така форма насіннєвої борозенки в традиційному землеробстві не застосовувалася, а була розроблена спеціально для системи No-till (рис. 5.2). Технічна реалізація створення 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 (фото 5.6). Він залишає нерушеними від 70 до 95 відсотків 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.

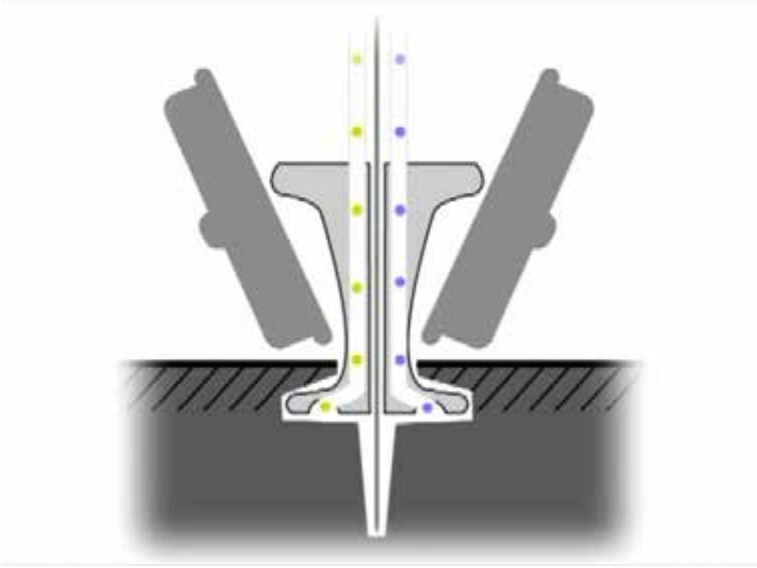


Рис. 5.2. Схема борозенки у формі перевернутої літери Т. © Романьков Е.

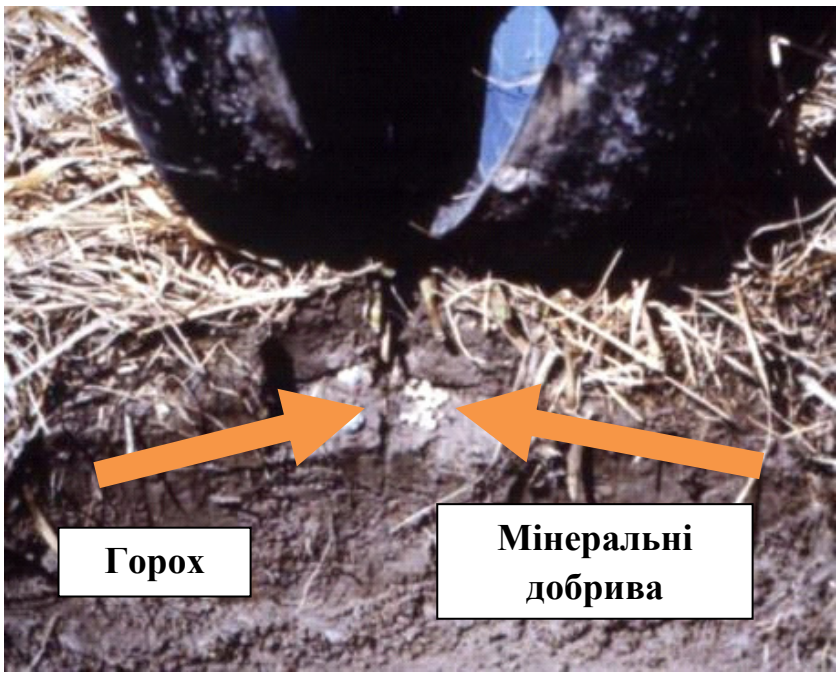


Фото 5.6. Розміщення насіння гороху та добрив у борозенці форми перевернутої літери Т. © Романьков Е.

5.4.2. Сівба в сухий ґрунт

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 і паровидній формі. 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 відсотків 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 Strip-till.

Традиційно вважається, що для проростання насінина використовує вологу лише в рідкій фазі, але наукові дослідження свідчать, що насінина може прорости й за наявності вологи у формі пари. Найшвидше насінина проростає за наявності вологи в посівному рядку в рідкій фазі та повільніше – за наявності вологи у формі водяного пару. Для ефективного використання цих форм вологи необхідні різні умови. Для поглинання насіниною вологи в рідкій формі потрібен тісний контакт із ґрунтом, а для використання пари – вільний доступ до насінини ґрунтового повітря з максимальною 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 I 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 I чи II. У T-подібних борозенках завдяки високій відносній вологості ґрунтового повітря насіння, хоч і з затримкою, може дати дружні сходи за нестачі вологи в рідкій фазі. (табл. 5.1). Є думка, що в такому разі добре проявляється ефект «сухого поливу», про який писав ще І. Овсинський.

Таблиця 5.1. 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, T-подібна борозенка
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».

Таблиця 5.2. 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, T-подібна борозенка	93,5	100	100
Анкерний, U-подібна борозенка	0	42,2	58,6

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 для його виходу на поверхню ґрунту. Поступова поява сходів в агрономії отримало назву наповнення сходів. За V-подібної борозенки за п'ять днів кількість сходів зросла з 60,5 до 81,8 відсотка. Наведені в табл. 5.2 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.

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 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;
- насіння має бути прикрите ґрунтом, а потім рослинними рештками.

5.4.3. Сівба у вологий ґрунт

Найсуттєвіша проблема сівби у вологий ґрунт полягає в проблемах сівалки, пов'язаних із фізичними перепонами: налипання і забивання рослин-

ними рештками, що унеможливлює за таких умов проведення якісної сівби. Всі сошники, які обертаються, мають обмеження до застосування на вологих ґрунтах. Налипання ґрунту на прикочуючі 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 (фото 5.7, 5.8).



Фото 5.7. Диски сошників піднімають грудки вологого ґрунту за сівби по стерні зернових колосових. © Косолап М.

Крім цього, на вологих ґрунтах спостерігається висока тенденція втискування рослинних решток у борозенку (фото 5.9), позаяк на м’якому ґрунті культери 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.



Фото 5.8. Диски сошників піднімають грудки вологого ґрунту за сівби по ріпаку. © Косолап М.

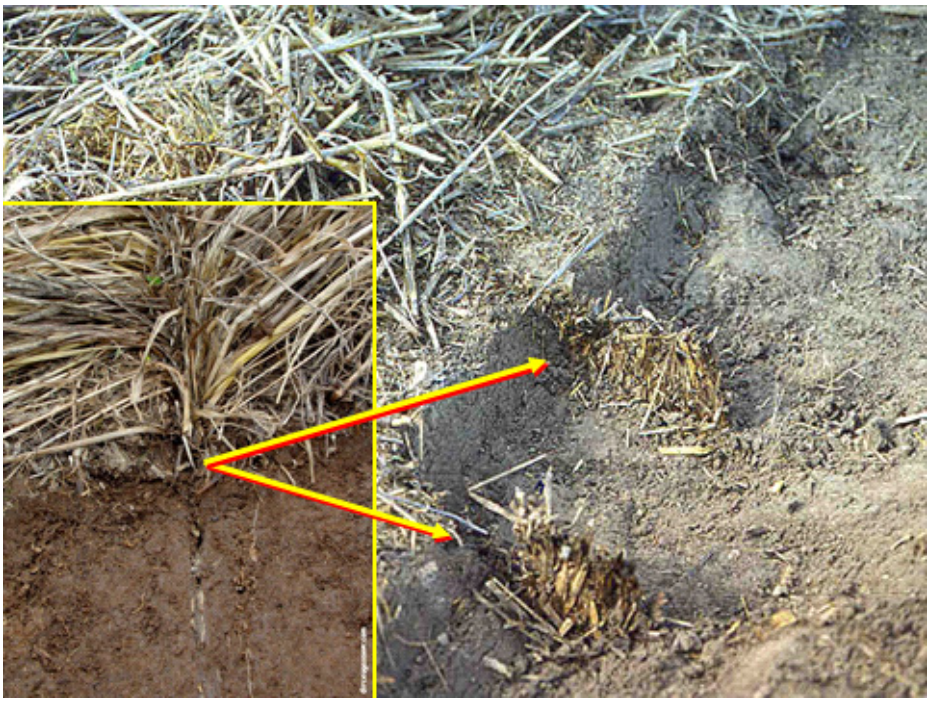


Фото 5.9. Вдавлені дводисковими сошниками рослинні рештки. © DirseuGassen.com

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 якість сівби 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 визначається оптимальний тип сошника для певного типу ґрунту в конкретному господарстві.

5.5. Глибина заробки насіння

Оптимальна глибина заробки насіння – перша умова отримання дружних потужних сходів культури. Досліджень із вивчення оптимальної глибини заробки насіння в системі землеробства No-till у нашій країні практично не проводилося. Через це виробничники в системах землеробства No-till і Strip-till використовують загальні правила та рекомендації визначення оптимальної глибини заробки насіння, встановлені для традиційної системи землеробства. Проте, як свідчить практичний досвід фермерів, що успішно працюють тривалий час у цій системі землеробства, доцільно, зважаючи на вищий рівень вологості ґрунту та нижчу температуру, зменшувати глибину заробки насіння на 1–1,5 см порівняно з рекомендованою для конкретної культури. Передусім це стосується ярих культур. Оскільки немає передпосівного обробітку ґрунту, 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. 5.3 і 5 4 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 відсотки, а схожість люпину – на 17 відсотків. Причиною зниження схожості була

загибель проростків у ґрунті. Ще більше впливала рівномірність глибини заробки на таку дрібнонасінну культуру, як конюшина червона.

Таблиця 5.3. 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 5.4. 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

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.

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. 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 глибина заробки насіння практично не відрізняється від такої самої в традиційній технології, позаяк насіння висівається в оброблену смугу.

5.6. 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 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 відсотків, порівняно із сівбою з міжряддям від 18 до 25 см. Такий приріст відповідає збільшенню врожайності на 1 відсоток 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 та раннє закриття міжрядь. Раннє закриття міжрядь культурними рослинами підвищує їх конкурентну спроможність 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 у 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.

5.7. 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, СПН-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. Приклад ефективності переходу на зменшені норми висіву наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5. 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. 5.3). 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.

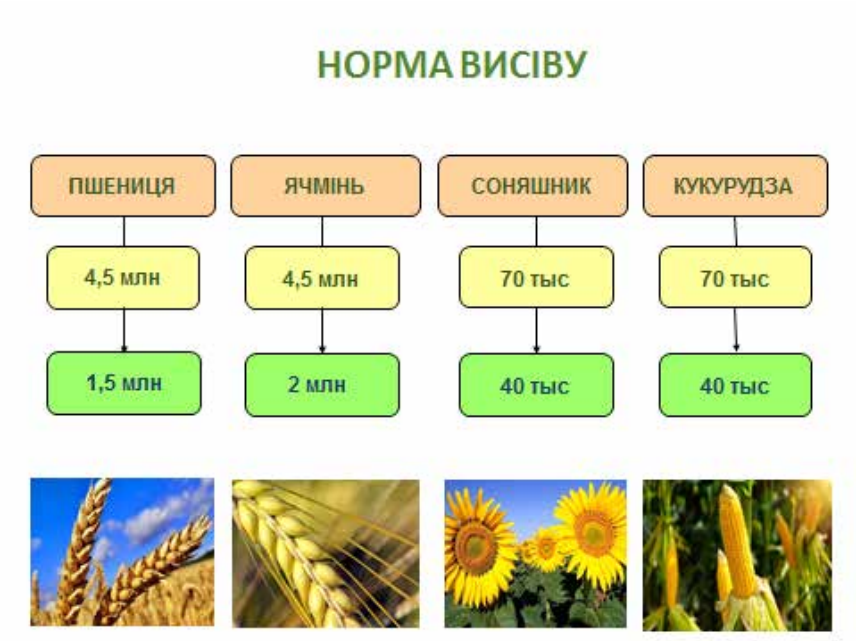


Рис. 5.3. Норми висіву основних польових культур у фермерському господарстві «Аркадія», презентація. © Дробітько В.

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 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, в ранніх сортів сої гілкування дуже обмежене, а в

середніх та пізніх – навпаки, 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.

5.8. 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:

- ***не можна розміщувати насіння в рослинні рештки.*** Відмовляючись від технологічних операцій, що видаляють чи заробляють рослинні рештки в ґрунт, слід дотримуватися принципу, викладеного вище;
- ***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;***
- ***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 (фото 5.10);
- ***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 слід регулювати, зважаючи на обрану для посіву культуру, тип ґрунту, його вологість, плановану швидкість посіву та інші чинники.***

Тобто до кожного поля треба підходити індивідуально.



Фото 5.10. Система паралелограма допомагає забезпечити копіювання рельєфу поля кожним сошником. © компанія «Агро-Союз»

5.9. 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 (фото 5.11);

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.

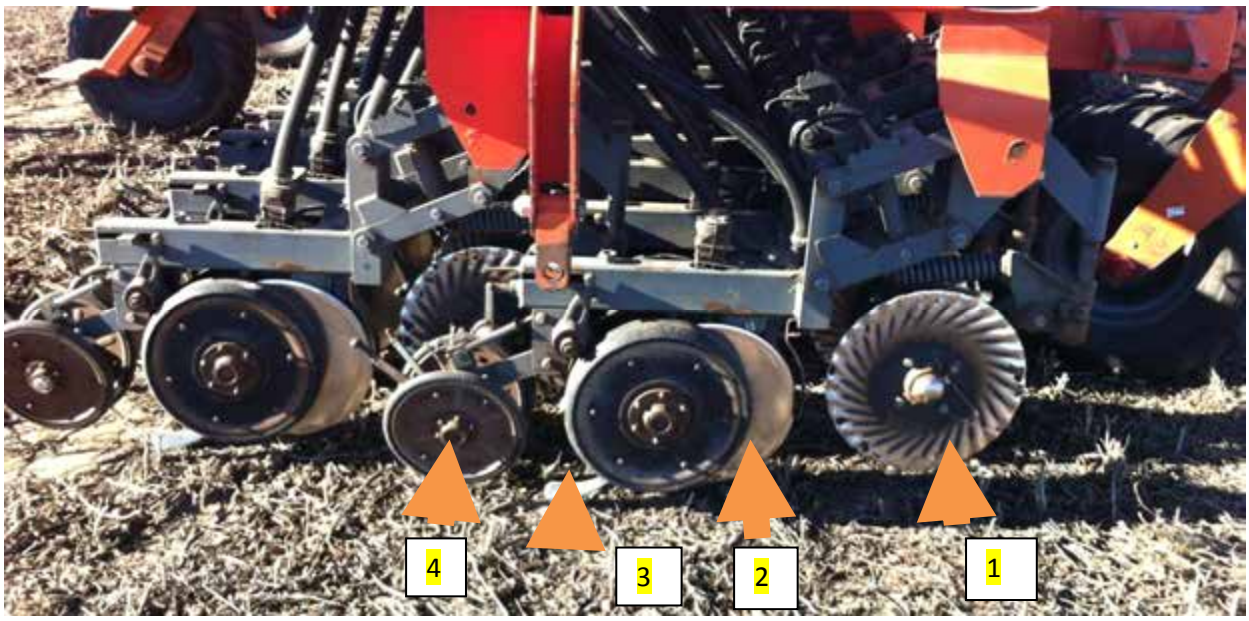


Фото 5.11. Обов'язкові точки регулювання на посівній секції сівалки прямого посіву. © Романьков Е.

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. No-tillage Seeding: Science and Practice / C. J. Baker, Keith E. Saxton, W. R. Ritchie. CAB International, 1996 – 258 p.

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 6.ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН У СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВАNO-TILL І STRIP-TILL

Єдиний спосіб надати обмеженій кількості властивості нескінченного – змусити його обертатися замкненою кривою.

В. Р. Вільямс (1949)

6.1. Динаміка елементів мінерального живлення

Основним джерелом поживних речовин для рослин є ґрунт і повітря. Запаси поживних речовин у різних ґрунтах неоднакові, найбільше їх речовин (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. 6.1). 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 6.1. 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 немає механічного обробітку 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 органічних речовин у вигляді рослинних решток і маси 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 – цей 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 решками 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. Зниження 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. Особливо це спостерігається в перші роки переходу на технологію No-till, коли відбувається накопичення органічної речовини. 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.

6.2. 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 і 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. Набагато зростає в ґрунті вміст азоту після вирощування покривних бобових культур, які накопичують біологічний азот. Посилюється біологічне нагромадження азоту при внесенні фосфорно-калійних добрив та використанні бактеріальних препаратів.

Нові наукові дослідження свідчать, що молекулярний 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. Перші спроби використати їх як добрива показали позитивні результати.

Біологічна фіксація азоту має дуже важливе значення, навіть в умовах зростаючого виробництва мінеральних добрив, оскільки біологічний азот набагато дешевший, ніж азот технічних добрив, які виробляють на хімічних заводах, і 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 (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 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 складніше явище, ніж колообіг вуглецю чи азоту. До того ж основна роль 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 слабороз-

чинні 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 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 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.*

6.3. Система удобрення

6.3.1. 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 оптимальні умови для росту і розвитку культур, але ще не гарантує одержання запланованого врожаю. Кращі умови живлення, наприклад, не забезпечують зменшення забур'яненості посівів повною мірою, а 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) керуватися законами землеробства (мінімуму, оптимуму, рівнозначності та сукупної дії чинників);

6) норми внесення добрив не мають створювати негативний вплив на оточуюче середовище;

7) добрива слід вносити тоді, коли цього потребує культура, а не тоді, коли з'являється можливість це зробити;

8) добрива необхідно вносити в ту зону кореневмісного шару, 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 відповідно 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 культурою з урожаєм 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. 6.1).

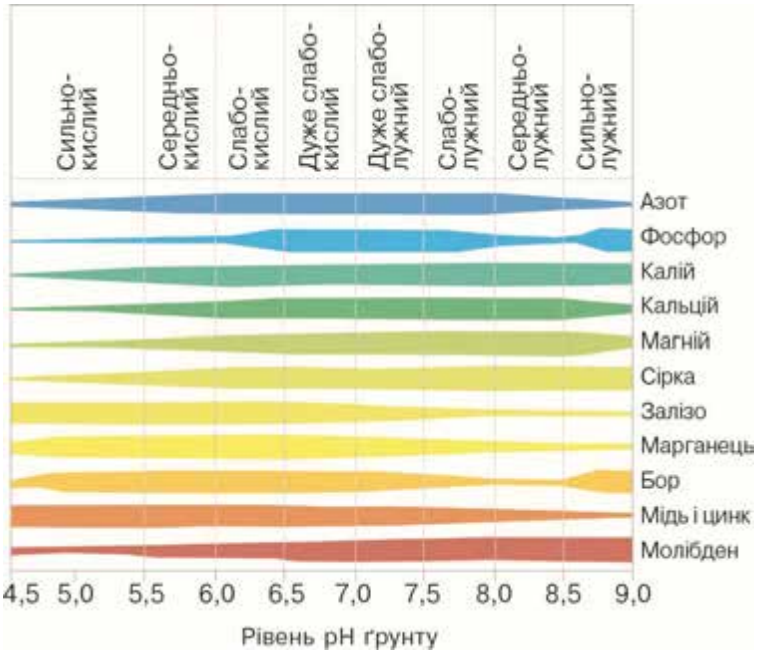


Рис. 6.1. Вплив рівня pH ґрунту на доступність елементів живлення для рослин. ©Агроном

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 New Jersey (Bear F. E., 1945), «ідеальний ґрунт» має співвідношення K, Ca та Mg – 65% Ca, 10% Mg, 5% K і 20% H – Ca:Mg – 6,5:1, Ca:K – 13:1, Mg:K – 2:1.

6.3.2. 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. 6.2).

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. 6.2.

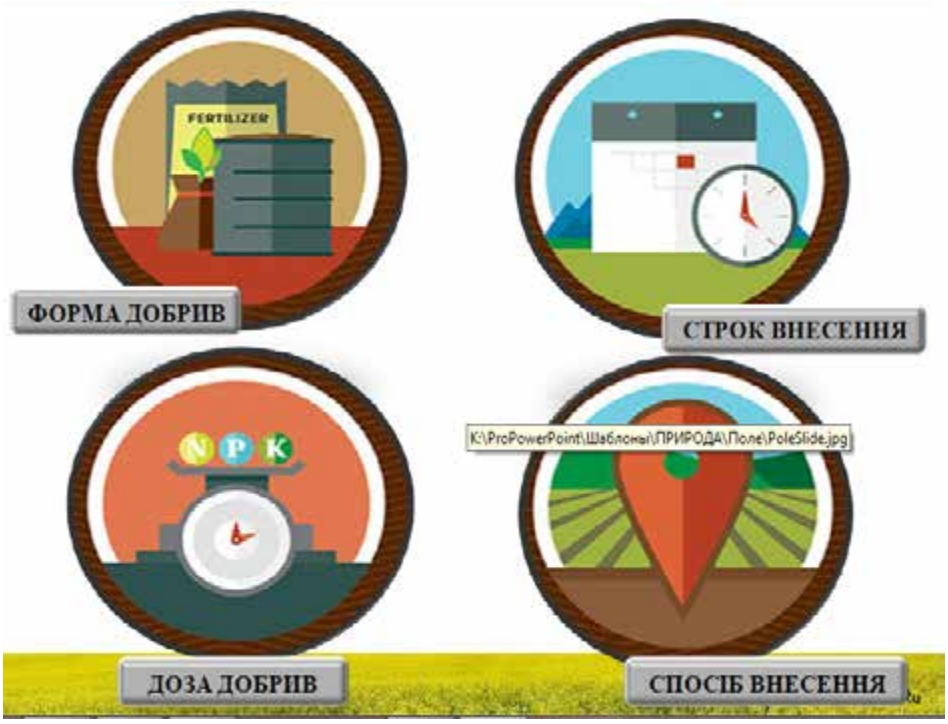


Рис. 6.2. Концепція чотирьох правил застосування добрив.
© Господаренко Г.М., Крамарьов С.М., Мірошніченко М.М.

Таблиця 6.2. 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. 6.3).

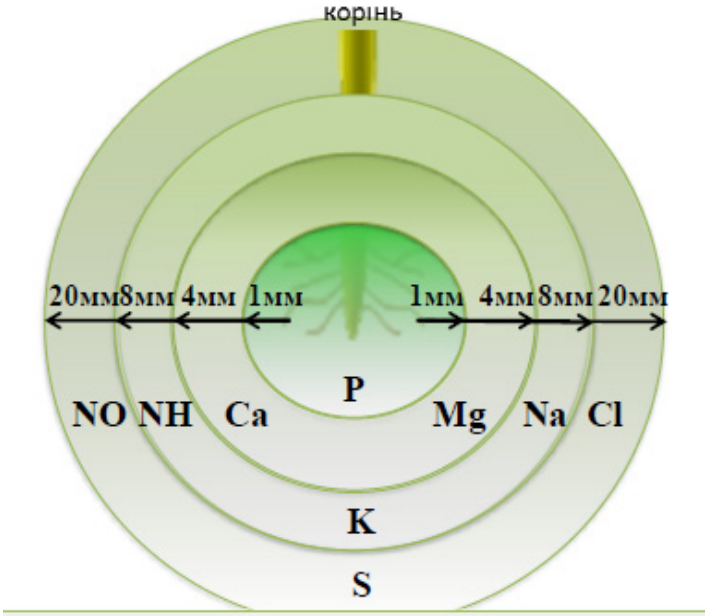


Рис. 6.3. Відстані ефективного засвоєння поживних елементів, презентація. © Крамарьов С.

Основою для вибору того чи іншого способу та строку внесення добрив слід вважати 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 вологою 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.

6.3.3.Азот

6.3.3.1. Внесення азотних добрив розкидним способом по поверхні

Розкидний спосіб внесення напрацьований для систем землеробства, в яких передбачена можливість заробки добрив у ґрунт завдяки 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. 6.3.). Аналогічні результати отримані також в дослідах із ріпаком (Grant C. A. та ін., 2002).

Таблиця 6.3. Вплив виду добрив, часу і способу внесення на врожайність ярої пшениці залежно від технології обробітку ґрунту, т/га (Grant C. A. та ін., 2001)

Добрива та способи їх внесення	Врожайність (середнє за 1993–1995 рр.), т/га	
	No-till	Традиційна
Осінь, стрічково		
NH_3	2,5	3,6
КАС	1,9	2,8
Сечовина	2,0	3,1
Весна, стрічково		
NH_3	2,8	3,2
КАС	2,9	3,3
Сечовина	2,9	3,2
Інші способи		
КАС колесо зі спицями	2,4	3,2
КАС краплинно	2,4	3,2
Нітрат краплинно (ранок)	2,1	3,0
Нітрат, розкидним (ранок)	2,2	3,2
Сечовина розкидним	2,2	3,3
Контроль без добрив	1,7	3,2

Розкидний спосіб 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 тільки переходять до системи землеробства No-till.*

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 (табл. 6.3).

Рідкі азотні добрива особливо чутливі до розкидного 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.

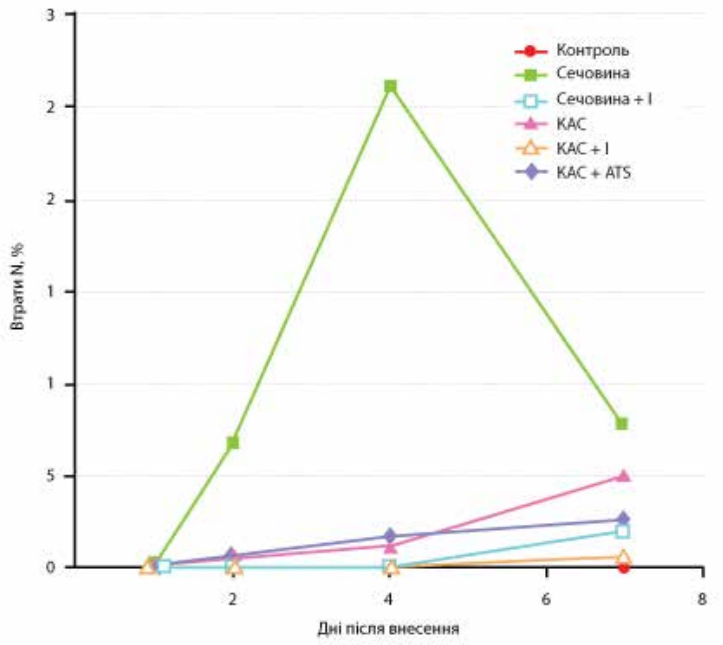


Рис. 6.4. Втрати азоту з сечовини і КАС з обробкою та без інгібітором Agrotain (I) або тіосульфат амонієм (ATS) протягом семи днів, 1996. © Grant C. A. та ін.

В осінній період азотні добрива теж можна вносити розкидним способом, якщо температура повітря знизилася до +10 °С і нижче. Швидкому їх розчиненню та проникненню в ґрунт дуже сприяють туман і роса. Використання уреазних інгібіторів разом із сечовиною може скоротити втрати азоту з цього виду добрив (рис. 6.4).



Фото 6.1. Внесення рідких добрив одночасно з сівбою. © Щедрінов А.

6.3.3.2. 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 (фото 6.1). 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.

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. 6.3). 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 (фото 6.1).

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.

Таблиця 6.4. Вплив виду добрив, часу і способу внесення на урожайність ярої пшениці залежно від системи обробітку ґрунту, т/га (Grantetal, 2001)

Варіанти добрив та способів внесення	Урожайність, т/га	
	No-till	Традиційна
Осінь, стрічково		
NH3	2,5	3,6
КАС	1,9	2,8
Сечовина	2	3,1
Весна, стрічково		
NH3	2,8	3,2
КАС	2,9	3,3
Сечовина	2,9	3,2
КАС, колесо зі спицями	2,4	3,2
КАС, краплинно	2,4	3,2
Ранок. Нітрат, краплинно	2,1	3
Ранок. Нітрат, розкидним	2,2	3,2
Сечовина, розкидним	2,2	3,3
Контроль без добрив	1,7	3,2

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. 6.5). Рівень віддалення добрив від насіння залежить від глибини ходу та зносостійкості сошників, вологості ґрунту і швидкості руху сівалки.

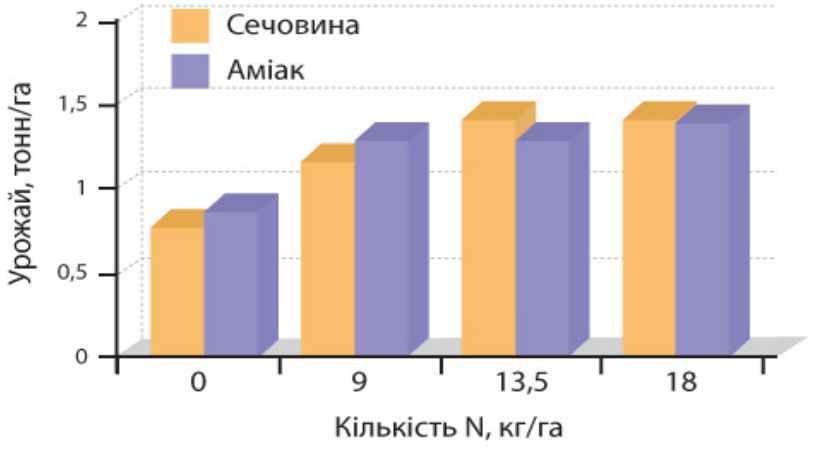


Рис. 6.5. Вплив видів азотних добрив на врожай ріпаку за стрічкового їх внесення. © Джонстон А.

Попри те, що внесення добрив збоку від насіння є відносно безпечним методом, дуже чутливе насіння (наприклад, ріпаку) може пошкоджуватися (рис. 6.5). 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 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.

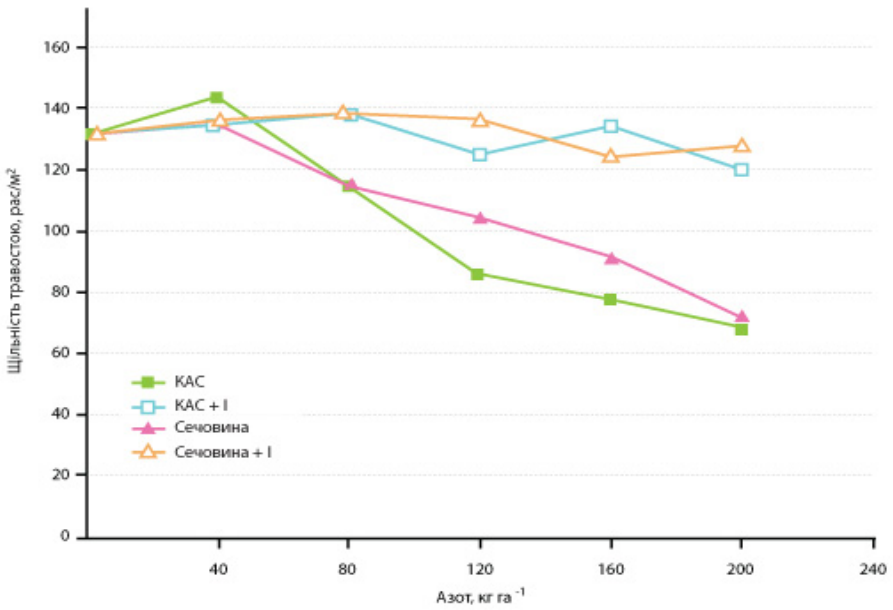


Рис. 6.6. Щільність стеблестою ріпаку на суглинистому ґрунті залежно від норми й виду азотного добрива, внесеного стрічковим способом збоку з і без уреазного інгібітору, неопубліковані дані. © Grant S.

Використання уреазних інгібіторів може допомогти зменшити ризик пошкодження насіння як від КАС, так і від сечовини (рис. 6.6). Уреазний

інгібітор сповільнює конверсію сечовини в амоній, зменшує його концентрацію біля насінини, яка проростає.

6.3.3.3. 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 култера може мати більший успіх, ніж розкидання сухих добрив (рис. 6.7).

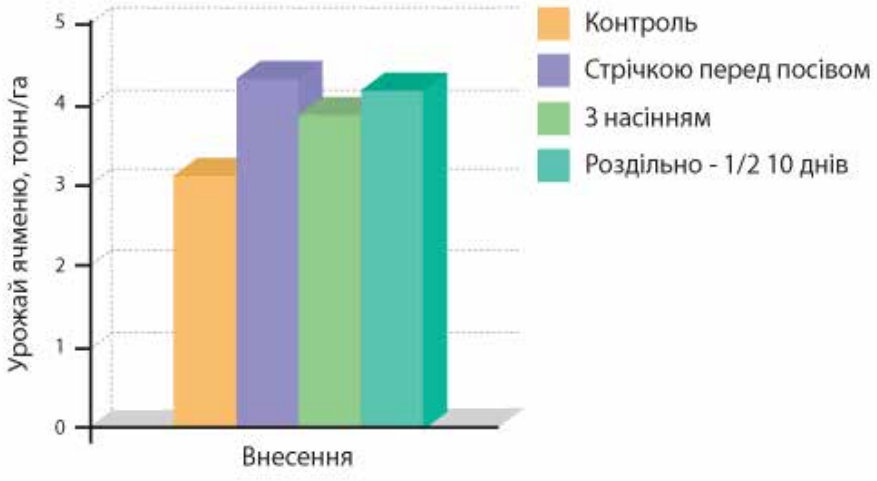


Рис. 6.7. Вплив часу внесення 60 кг/га азоту у вигляді КАС на врожай ячменю. © Grant C. A. і D. Bailey

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. 6.8). 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.

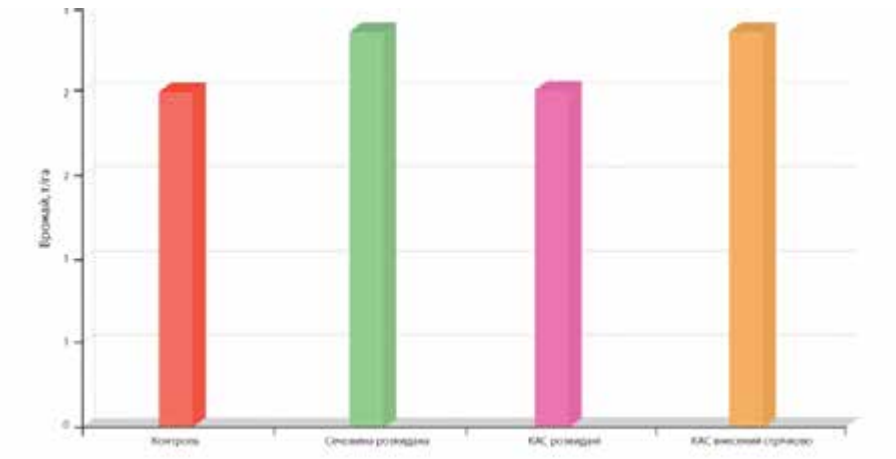


Рис. 6.8. Вплив способу внесення азотних добрив на врожай ячменю.
© Grant C. A. і Bailey

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.

6.3.4. Фосфор

На більшості типів ґрунтів за традиційної технології обробітку ґрунту і відсутності стоку, фосфор можна застосовувати поверхнево тривалий період часу. За цих умов здебільшого всі поживні речовини будуть ефективно використані внаслідок їх промивання в ґрунт.

Проте за системи землеробства No-till такий спосіб внесення може мати певні проблеми, особливо за наявності значного шару рослинних решток на поверхні ґрунту.

З внесених у ґрунт фосфорних добрив більша їх частина переходить у форми, які малодоступні для рослин. Отже, рухомість фосфору в ґрунті мінімальна і він досягає коріння здебільшого завдяки дифузії, а це тривалий процес. *Зважаючи на це, фосфор необхідно вносити максимально наближено до кореневої системи – цього можна досягти припосівним способом його внесення.*

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 (фото 6.2, 6.3).

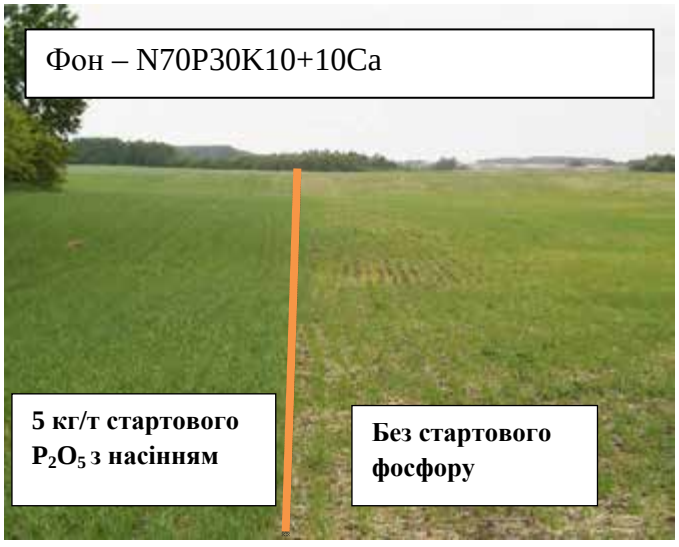


Фото 6.2. Вплив обробки насіння стартовими фосфорними добривами на стан сходів пшениці ярої в холодну весну, 2008. © Швартау В.

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. 6.10).



Фото 6.3. Дефіцит фосфору в зернових. © компанія «Агро-Союз»

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.

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 немає, 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. 6.9. Добрива як антистресанти (з презентації Бикова М.)

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.

Таблиця 6.5. Окупність помірних доз фосфорних добрив за збалансованого азотно-калійного живлення рослин за даними польових дослідів агрохімслужби України

Зона, ґрунти	Окупність 1 кг P_20_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	-	-	

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 так 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.

6.3.5. 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 висувають.

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.

6.3.6. Кальцій, магній, цинк

Мікроелементи часто є обмежувальним чинником отримання запланованого рівня врожайності культур, окрім випадків невисоких планових рівнів урожайності.

Водночас в умовах України цинку (Zn) може не вистачати для кукурудзи, особливо на ґрунтах із високим вмістом карбонату кальцію та

фосфору. Піщані ґрунти часто бувають бідними на цинк. Нерідко дефіцит цинку для озимої пшениці та інших зернових культур може спостерігатися на фоні високого вмісту фосфору в ґрунті. Інші мікроелементи (такі, як марганець, мідь, молібден) рідко бувають у дефіциті для сільськогосподарських культур. Для соняшнику серед мікроелементів на наших ґрунтах найбільше значення має бор.

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.

Внесення кальцію, магнію, цинку в системах землеробства No-till і Strip-till можна проводити в такі строки:

- передпосівна обробка насіння препаратами, що містять магній та цинк;
- внесення стартових добрив разом із насінням під час сівби;
- внесення в складі рідких комплексних добрив.

6.3.7. Хлор

Дефіцит цього елемента для зернових колосових (пшениці та ячменю) зустрічається не так часто, але для точної відповіді на це питання необхідно мати результати аналізу ґрунту.

Основна користь від застосування хлорних добрив часто проявляється у пригніченні збудників хвороб пшениці та ячменю.

6.3.8. Мікроелементи

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.

Нестача мікроелементів у ґрунті не призводить до загибелі рослин, але спричинює порушення обміну речовин, захворювання рослин і тварин.

Найвиразніша ознака нестачі мікроелементів у рослинах – порушення нормального росту. Насамперед це стосується B, Mn, Zn, Mo, Cu тощо.

Внесення мікроелементів у 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.

6.4. 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. 6.6).

Таблиця 6.6. 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 (фото 6.4).

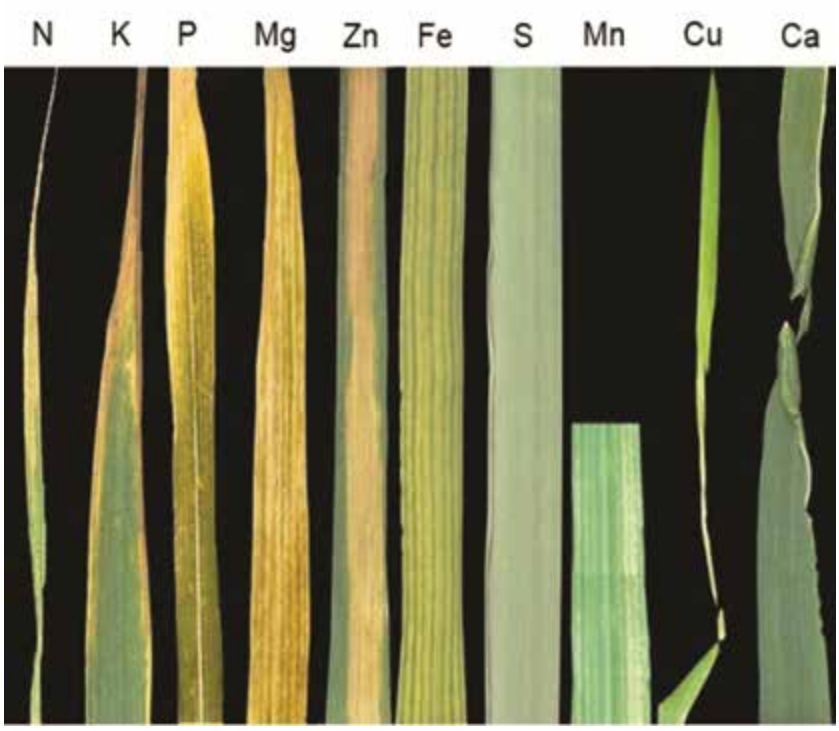


Фото 6.4. Зовнішні прояви нестачі елементів живлення. © agronom.com.ua

Отже, система удобрення в системах землеробства 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.

Питання для самоконтролю

1. Чим відрізняються загальні запаси поживних речовин 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 7.ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ БІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ РИЗИКУ В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

7.1. Поняття біологічних ризиків та їх значення в системах землеробства No-till і Strip-till

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, силу проростків і 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 від шкодочинних організмів жодна система землеробства не буде життєздатною.

7.2. Контроль бур'янів

7.2.1. Біологічні особливості бур'янів

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), знищена природна рослинність із вільними екологічними нішами, позаяк ми вирощуємо моновидні посіви й значний проміжок часу на полі взагалі 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 – єдиного універсального заходу контролю бур'янів не існує, необхідна тривалість дії системи контролю – весь вегетаційний сезон;

2) ***висока насіннєва продуктивність і 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: система контролю бур'янів має бути побудована так, щоб не допустити формування життєздатного насіння рослинами бур'янів, оскільки навіть незначна частина бур'янів, що плодоносить, швидко поповнює ґрунтовий банк насіння на значній території;

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***. Звідси висновок: розпушування верхнього шару ґрунту збільшую появу сходів бур'янів.

Незважаючи на те, що бур'яни здатні проростати весь вегетативний сезон, їх негативний вплив на культуру найбільше виявляється лише в перший період вегетації культури. Цей період називають *гербокритичним* (рис. 7.1) Біологічною основою гербокритичного періоду є система взаємовідносин між рослинами. Найгостріший він 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.

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 (фото 7.1).

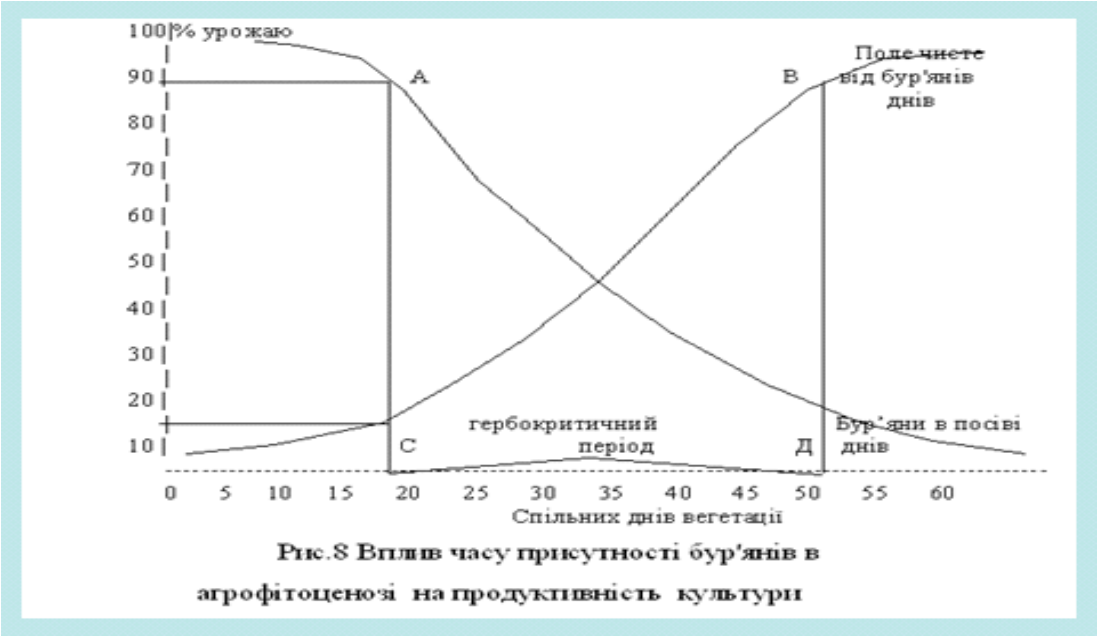


Рис. 7.1. Гербокритичний період. © Косолап М.

Закладені елементи структури врожаю (наприклад, довжина і кількість колосків) надалі не можна покращити навіть за знищення причини (присутності бур'янів). *Звідси висновок: пізнє знищення бур'янів не знімає негативного їх впливу, оскільки шкода від них 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 (фото 7.2).



Фото 7.1. Закладений у точці росту колос за умови присутності й відсутності поряд бур'янів. © Косолап М.



Фото 7.2. Пригнічення розвитку кукурудзи продуктами розкладу кореневищ пирію повзучого, знищеного гербіцидами. © Косолап М.

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).

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.

7.2.2. 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 механічному обробітку ґрунту, а в системі No-till і Strip-till – на доповненні природних механізмів саморегуляції в поєднанні з запобіжними та спеціальними (основним винищувальним методом є хімічний).

Запобіжними заходами вважають такі, що не допускають занесення на поля насіння бур'янів чи їх вегетативних органів розмноження. *Винищувальні* — передбачають застосування хімічних і біологічних заходів знищення, що припиняють життєздатність рослин бур'янів. *Спеціальні заходи* – це фітоценотичні, екологічні й організаційні (ДСТУ 6070:2008).

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 найшкодочиннішою, 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 зважаючи на те, що вони 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 контроль фактичної забур'яненості конкретного посіву в певному році, та котрі забезпечують стратегічний контроль популяції конкретного виду малорічного бур'яну завдяки зменшенню кількості його насіння в ґрунтовому банку. До перших, наприклад, можна зарахувати знищення сходів бур'янів, а до других – зменшення чи недопущення формування бур'янами життєздатного насіння.

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 популя-

ції: 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. 7.2).

Динаміка рівня присутності на полі популяцій всіх видів бур'янів протягом вегетаційного сезону визначається їх біологічними особливостями, екологічними вимогами та наявними кліматичними ресурсами території. *В однорічних бур'янів насіння є ключовим моментом динаміки популяції цих видів (рис 7.3).*

Основним показником довгострокової ефективності контролю однорічних бур'янів є динаміка ґрунтового банку їх насіння. В системі землеробства No-till активна його частини, яка дає сходи менша, тому що все насіння концентрується у верхньому посівному шарі ґрунту, а насіння більшості видів із нижніх шарів за біологічними особливостями не здатне прорости.

Фактична ефективність контролю популяції конкретного виду визначається зменшенням його чисельності в гербокритичний період – показник уникнення біологічної шкоди, а стратегічна – зменшенням формування банку життєздатного насіння в ґрунті, який визначає рівень присутності бур'янів у посівах наступних сільськогосподарських культур.

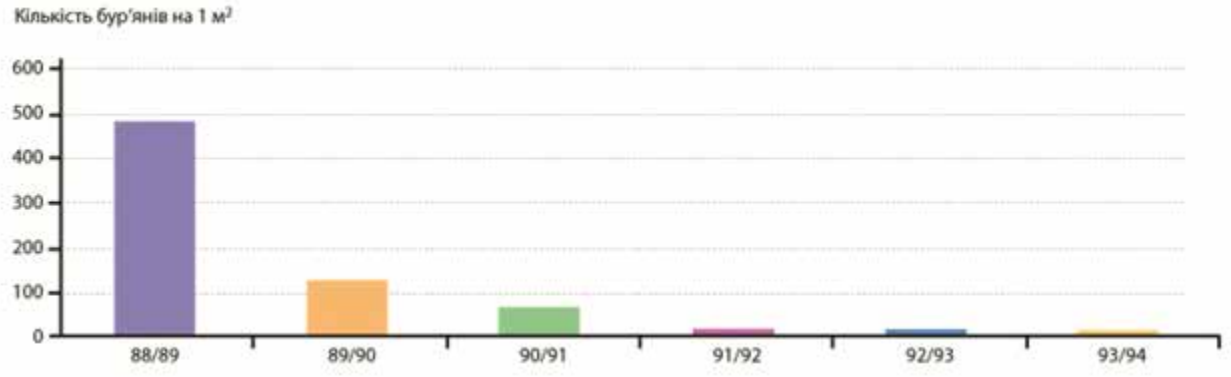


Рис. 7.2. Забур'яненість посівів за технології No-till за відсутності нового надходження насіння, шт./м^2, 1994. © Skora Neto (IAPAR)

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 (фото 7.3). 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 (фото 7.4).

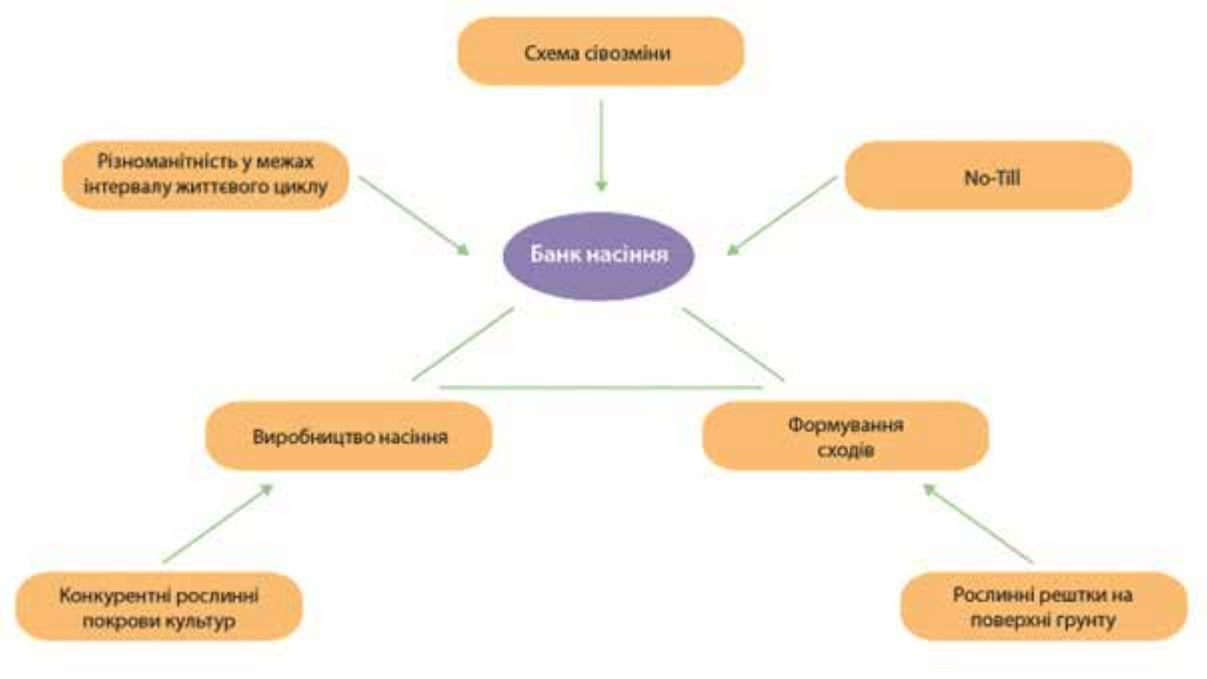


Рис. 7.3. П’ять компонентів системи інтегрованого контролю бур’янів. © Косолап М.



Фото 7.3. Анізанта покрівельна в посівах пшениці озимої. © Косолап М.

7.2.3. 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 присут-

ність 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.



Фото 7.4. Егілопс циліндричний. © Косолап М.

По-друге, під впливом сівозміни можливе зменшення загального рівня присутності бур’янів у посівах. Кожна культура має свій рівень конкурентоздатності 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 при-

кладі – 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 тривалий час зберігають 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 вирощуватися без застосування гербіцидів під час їх вегетації. Варто відзначити, ще й таку перевагу: за низької загальної чисельності бур’янів гербіциди як ґрунтові, так і післясходові ефективніші (Winkle M. E. та ін., 1981; Dieleman J A. та ін., 1999). Практика господарства «Мрія» свідчить, що це дозволяє застосовувати мінімальні норми висіву.

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 одночасно стимулює проростання наступної порції насіння. Порушення чергування культур призводить 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.

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. 7.1) свідчать, що в природних умовах кількість життєздатного насіння без його поповнення в ґрунті щороку знижується*

Таблиця 7.1. 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 допомагає досягти природним шляхом зменшення потенційної засміченості ґрунту (рис. 7.4).

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. 7.5). Враховуючи тривалість періоду між піками появи сходів бур’янів, можна передбачити чергування культур 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.

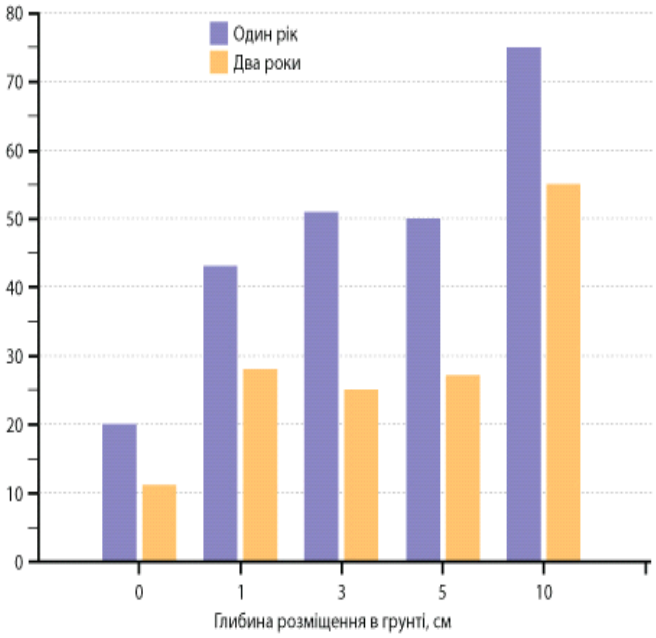


Рис. 7.4. Вплив глибини розміщення насіння мишію зеленого на рівень його життєздатності. Дослідження проводилися в напівпосушливих умовах прерій Канади, 1973, © Banting J. D. та ін.; 1986. © Thomas A. G. та ін.

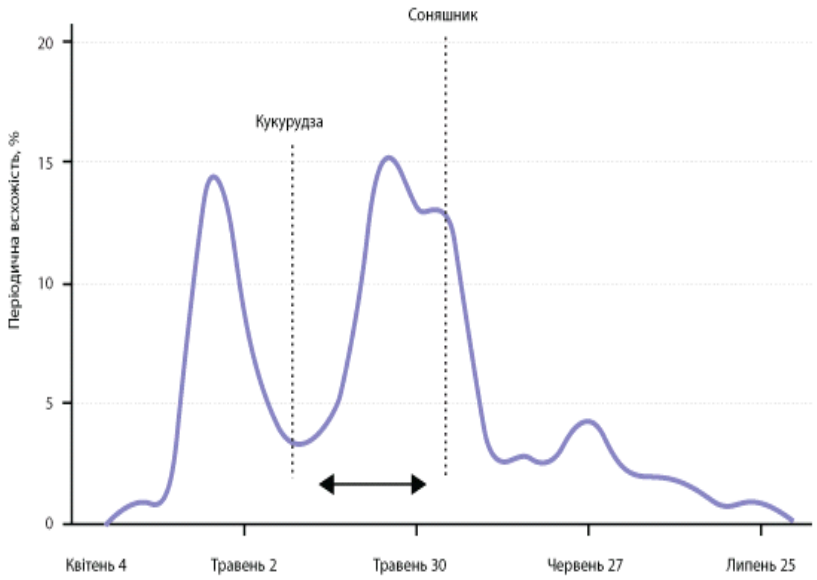


Рис. 7.5. Динаміка сходів бур’янів у штаті Колорадо. Вертикальні лінії – час посіву кукурудзи та соняшнику, 2004. © Anderson R.

Збільшення чисельності бур’янів у перші роки після переходу на систему No-till чи Strip-till пояснюється наявністю великої кількості насіння бур’янів на поверхню 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. Реально збільшення чисельності бур’янів може спостерігається лише в перші два роки.

Водночас необхідно добре розуміти, що в перші роки переходу до системи землеробства No-till і Strip-till, кількість сходів бур’янів може бути більшою, ніж за традиційної системи землеробства. В системі землеробства No-till і Strip-till час появи сходів бур’янів зміщений на пізніший строк порівняно з обробленим ґрунтом (рис. 7.8).

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.

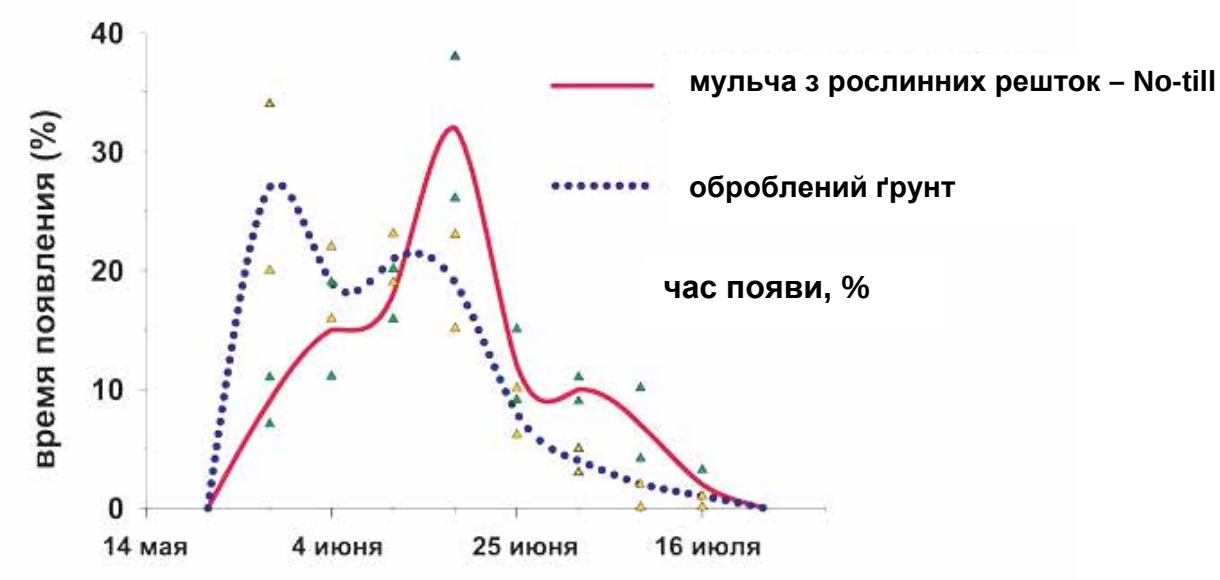


Рис. 7.6. Час появи сходів бур’янів залежно від системи землеробства, презентація. © Скоробагатова Н.

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 мала 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.

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 (фото 7.5).



Фото 7.5. Післязбиральні бур’яни сформували насіння. © Косолап М.

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 загальновинищу-

вальні 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. Відтермінування часу внесення ґрунтових гербіцидів подовжує термін їх 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 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 культури, ріст якої необхідно припинити до сівби культури. Наприклад, коли на полі наявна швидкоросла проміжна 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 ефективності та, 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.

7.2. 4. Особливості хімічного контролю багаторічних бур'янів

Контроль багаторічних бур'янів у силу їх біологічних особливостей передбачає інший підхід, ніж до контролю однорічних. 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. 7.7 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 висоти рослин 15–20 см, а в осотів – після формування бутонів – початком цвітіння.

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, в іншому разі основна частина гербіциду залишиться на листках і може знищити лише надземну частину, а підземна навіть не ушкодиться. 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. У весняний період (інтервал 2–3) одночасно є рух вуглеводів від коренів до листків і навпаки.

Дослідженнями було встановлено, що в органах накопичення за осіннього застосування гербіциду гліфосат його кількість 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 3–4 роки (рис. 7.8).

Якщо інтенсивна система захисту застосовується лише один рік, то початкова чисельність цього виду поновлюється вже через 2–3 наступних роки. Пояснюється це біологічними особливостями виду, 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.

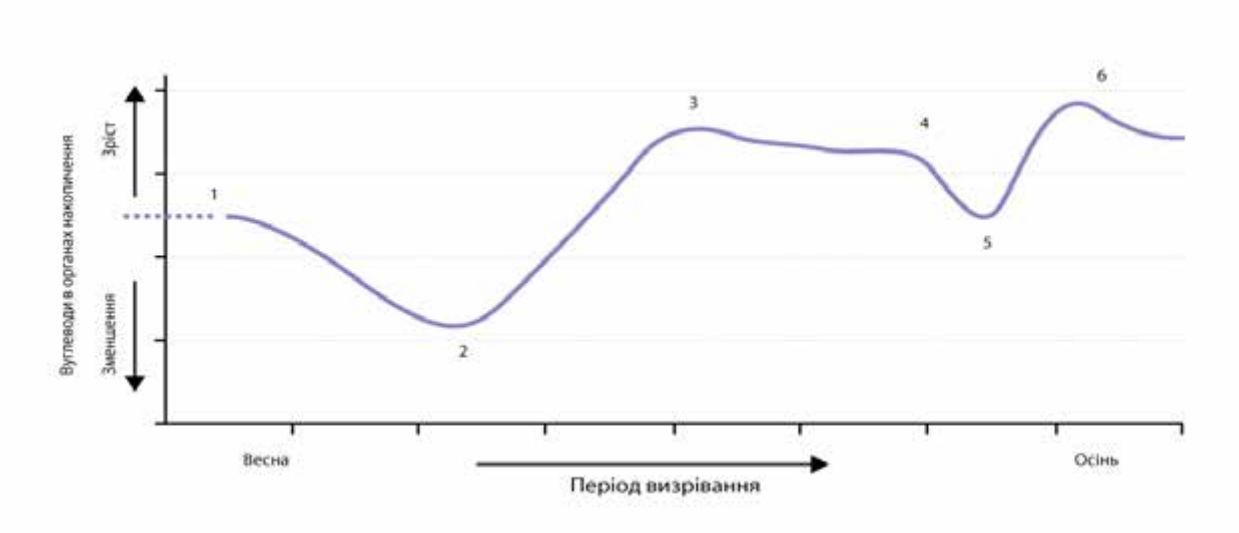


Рис. 7.7. Сезонний рух вуглеводів між листками та органами накопичення, 1994. © Anderson R.

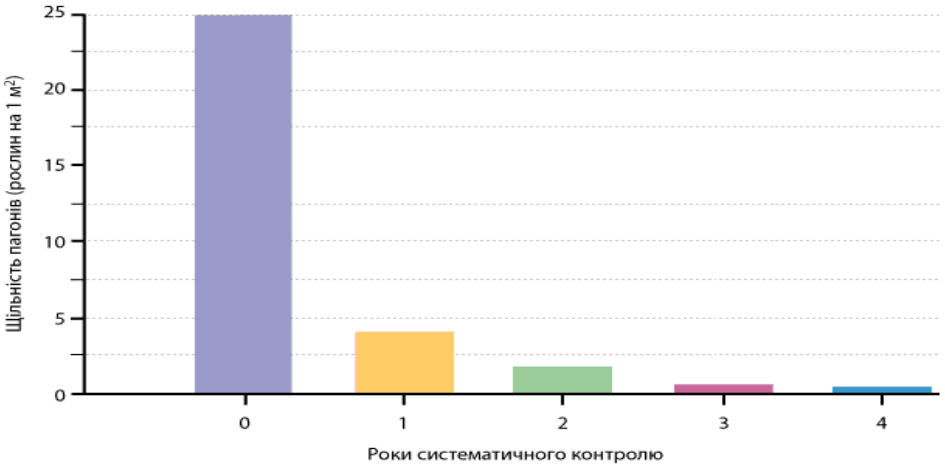
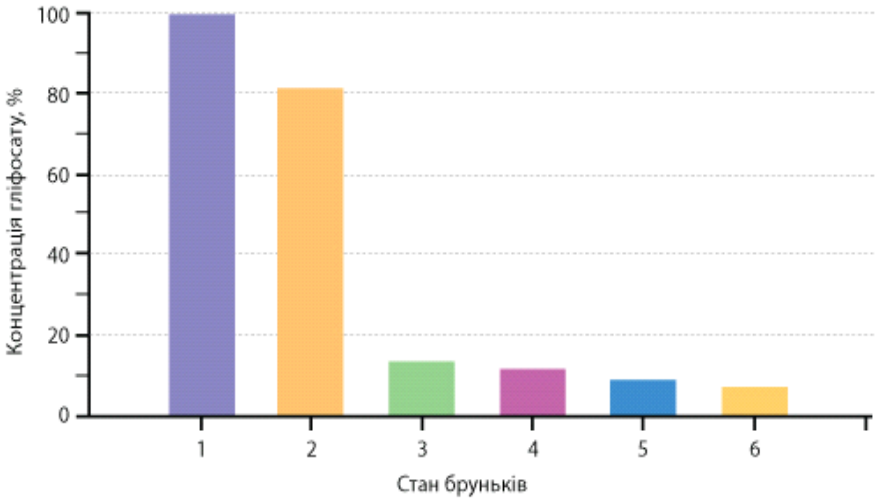


Рис. 7.8. Чисельність рослин осоту рожевого на полі за систематичного застосування інтегрованої системи його контролю, 1994. © Darwent A. L. та ін.

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. 7.9).



1–2 – активно ростучі бруньки, 3–6 сплячі бруньки

Рис. 7.9. 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.

7.2.5. 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, у 2015 році тільки у США для боротьби з бур'янами 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 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. 7.2, 7.3).

Таблиця 7.2. 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	

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 післяпосівного 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 водночас 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.

Таблиця 7.3. 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)	

Серед імовірних ризиків застосування гліфосату називають:

1) погіршення якості насіння;

2) зниження здатності 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.

7.2.6. 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 мають 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. 7.10).

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 відсоток його проростання.

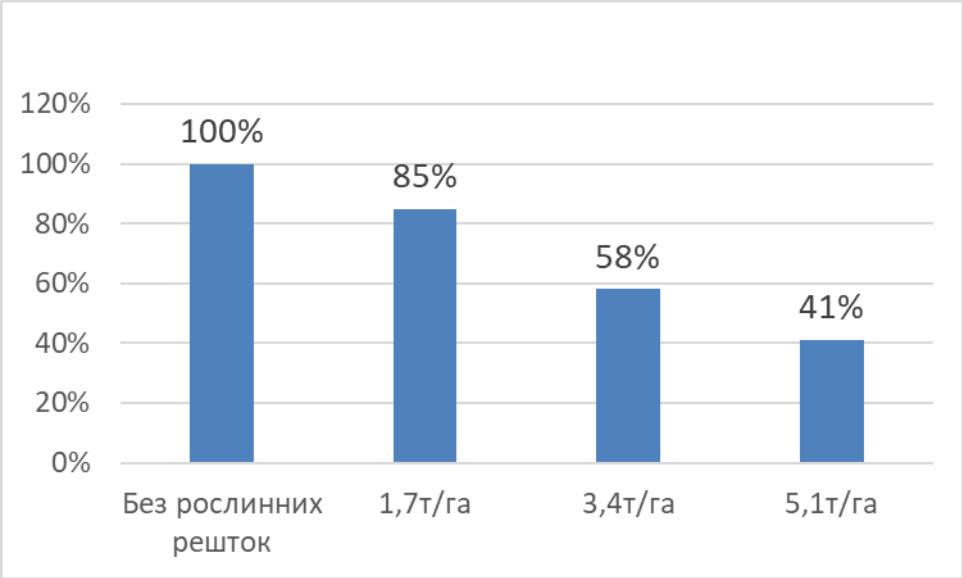


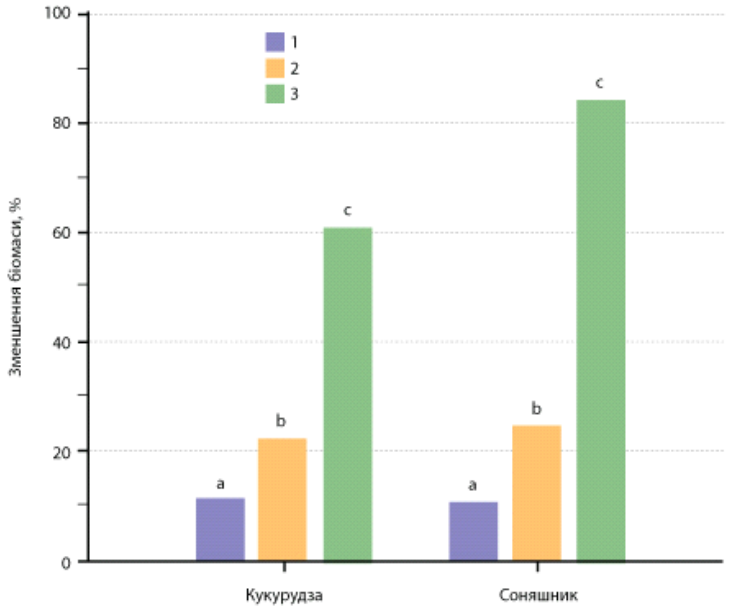
Рис. 7.10. Кількості сходів бур'янів залежно від маси рослинних решток, у % до непокритого ґрунту. © Anderson R.

7.2.7.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. 7.11. *Одним із найефективніших заходів, завдяки якому посилюється конкуренція 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. 7.11. 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.

Усі заходи, що сприяють прискоренню темпів росту і розвитку культури внаслідок підвищення конкурентної здатності культурних рослин опосередковано знижують рівень забур'яненості посівів. 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*.

7.3. Проблема шкідників та їх контролювання

7.3.1. 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 у відповідь на зростання чисельності шкідників 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 рослин.

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 (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, то ушкоджується 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 бліш-ками 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.

7.3.2. 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 котрих складаються сприятливіші умови для їхнього існування через відсутність механічного обробітку, що порушує гнізда, та наявності 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 носії збудників чуми, холери, туляремії, рожі, інших хвороб. Саме тому санітарні служби Міністер-ства 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 розмно-жуються, здатні до масової міграції з одного поля на інше в пошуках їжі (фото 7.6).



Фото 7.6. Колонія мишей на полі після збирання сої. © Косолап М.

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.

Природа зумовлює сезонність у розмноженні гризунів. Навесні вони починають розмножуватися за середньодобової температури повітря +5 °С і вище. За середньодекадної температури +22 °С та вище розмноження припиняється. Найінтенсивніше мишоподібні гризуни розмножуються восени до настання холодів. Однак у скиртах полівки репродукують і взимку. За теплої зими полівки активно розмножуються й накопичуються.

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 (фото 7.7)

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. Зараз на посівах озимих пшениці та ріпаку найпоширеніші звичайна полівка, польова й інші види мишей.

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 доби вони стають кволими, мало їдять і гинуть. Зазвичай хвороба триває протягом тижня. Для людей і домашніх тварин бактерії хвороби безпечні.



Фото 7.7. Пошкодження озимини мишовидними гризунами. © Косолап М.

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.

Таблиця 7.4. 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 діючої речовини 0,005%	Сільськогосподарські угіддя	Мишоподібні гризуни	Централізоване виготовлення принади підприємствами, які спеціалізуються на виготовленні такої продукції
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 тістопо-дібної 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.

7.3.3. 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. На додаток до слизу на зовнішній стороні тіла, коли слимаки подорожують, виділяється слиз із педальної залози, розташованої на передньому кінці тварини (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 вважаються серйозними шкідниками багатьох видів сільськогосподарських культур, зокрема пшениці, ячменю, вівса, жита, кукурудзи (фото 7.8), 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.



Фото 7.8. Нашестя слимаків. © Флористікс Інфо

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 – карбаматні інсектициди, але основним активним інгредієнтом, який використовується проти слимаків, 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 20 галонів на акр. Цей захід зазвичай повторюють кілька ночей поспіль, щоб охопити якомога більше слимаків і максимізувати ефективність. Незважаючи на можливість спалювання листя врожаю високою концентрацією азоту, 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.

7.4. Хвороби та токсини

7.4.1. 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. 7.5).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.

Таблиця 7.5. 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

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.

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.

7.4.2. 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. Наслідком негативної дії токсинів є слабкі сходи.

7.4.3. Фізіологічний стрес у рослин

Фізіологічний стрес у культурних рослин від розміщення насіння в необробленому ґрунті, вкритому рослинними рештками, виявляється 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.

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=0000140872 (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=UOsyg2BItMs

РОЗДІЛ 8. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

8.1. Умови сівби в системах землеробства No-till та вимоги до сівалок прямого посіву

Умови роботи сівалок у системі землеробства No-till

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

До особливостей належать:

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

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

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

У системі землеробства No-till сьогодні застосовують рядковий і розкидний способи сівби. Розкидний спосіб набуває поширення для сівби покривних культур у зонах нестійкого або достатнього зволоження. Зазвичай для цього застосовують посівні модулі, які мають гідравлічний або

електричний привод. Посівні модулі можна приєднати практично до будь-яких знарядь і навіть комбайнів.

Вимоги до сівалки прямого рядкового посіву

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

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

- *розрізання*. Для цього сівалки можуть обладнувати додатковими робочими органами – культерами різної конструкції, які встановлюють перед сошниками (фото 8.17; 8.25), або надають сошникам здатності самим розрізати рослинні рештки завдяки вазі посівної секції. Для підвищення здатності розрізати рослинні рештки, наприклад, у дводискових сошниках зміщують один диск відносно іншого, у дифазного сошника – диски мають різний діаметр, або застосовують монодиск;

- *посів під покрив рослинних решток*. Для цього використовують різні види стрілоподібних або анкерних сошників на сівалках суцільного посіву (фото 8.4, 8.23);

- *зсування рослинних решток у міжряддя*. Для цього на сівалках широкорядного посіву застосовують різної конструкції розгортачі, які встановлюють перед сошниками (фото 8.20). На деяких сівалках рослинні рештки із зони рядка звільняють туковим сошником, котрий одночасно вносить стартові добрива.

Полегшити роботу сошників із рослинними рештками можна не лише через технічне вдосконалення сівалки, а й завдяки відповідній роботі з рослинними рештками – рівномірність розміщення (чим рівномірніше вони розміщені, тим якісний посів), зміна їх просторового розміщення (вертикальна стояча стерня менше заважає процесу сівби, ніж лежача), кількість лежачих рослинних решток (чим вища стерня, тим краще працює сівалка) та рівень їх подрібнення (чим довша солома, тим легше її розрізати сошником і менше її заминається в посівну борозенку).

2. Здатність проводити посів у важкі ґрунти

Посів у важкі за механічним складом ґрунти або у тверді ґрунти, якими вони стають у посушливий період, вимагає від сівалки необхідної ваги для створення потрібного тиску на сошники, тому сівалки для No-till набагато важчі порівняно з сівалками, які застосовуються в традиційній системі землеробства. Збільшення загальної маси сівалки в поєднанні з можливістю регулювання тиску на кожному робочому органі (бажано в автоматичному режимі) дає змогу проводити якісну сівбу практично за будь-якої твердості

ґрунту. В середньому для монодиска потрібний тиск на кожен сошник становить 140 кг, даблдиска – 214 кг. Для анкерних сошників вимог немає.

3. Витримувати рівномірність глибини заробки насіння

Рівномірність глибини заробки визначає дружність появи сходів. Досягнення рівномірної заробки насіння на сучасних сівалках досягається завдяки застосуванню підвищеної ваги посівної секції або внаслідок встановлення індивідуальних механічних (пружина) або гідравлічних дотичкувачів на кожен сошник. Наприклад, гідравлічний контроль кожного сошника на сівалці моделі P500 фірми John Deere забезпечує добре дотримання встановленої глибини. Дуже важливе значення має для цього вага самої рами сівалки.

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

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

5. Логістика заправки сівалки посівним матеріалом і добривами

Вона визначається місткістю бункерів для насіння і добрив, їх розташуванням і доступністю. Не варто сьогодні розраховувати на сівачів на кожному агрегаті й виконання цих робіт вручну. Слід дотримуватися економічного закону: «Чим дорожчий і високопродуктивніший агрегат, тим менше часу він має простоювати через технологічні зупинки, зумовлені необхідністю заправки чи технологічного обслуговування». Деякі сучасні сівалки здатні проводити сівбу навіть двох гібридів кукурудзи одночасно на одному полі (залежно від родючості ґрунту на конкретній ділянці) або сівбу батьківських і материнських ліній. У господарствах для скорочення часу простою використовують спеціальні завантажувачі сівалок із двома бункерами, які можуть працювати одночасно.

6. Рівномірне внесення стартових добрив у зону рядка

Без рівномірного внесення стартового добрива по всій площі поля не досягти вирівняного розвитку рослин. Дозатори мінеральних добрив мають різну конструкцію, тому забезпечують різну якість роботи. Зазвичай це дозатори котушкового типу. Фірма Semeato на сівалці NEWLAND встанов-

лює шнековий дозатор добрив SFLOW®, який подає рівну кількість добрив навіть за зміни швидкості на початку та наприкінці руху сівалки (фото 8.1).



Фото 8.1. Шнековий дозатор добрив SFLOW. © «Агро-Мир»

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

7. Контроль за процесом сівби

Нині всі системи землеробства виходять на високоточні агрономічні технології, зокрема й така технологічна операція, як сівба. На фото 8.2, 8.3. представлена зміна якості сівби кукурудзи лише від заміни пальцевого висівального апарату на висівальний апарат vSet компанії Precision planting. Сьогодні оперативна інформація про якість сівби й умови її проведення, яку може отримати агроном чи механізатор на монітор, містить такі показники:

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

Додайте сюди, що все це записується в точно визначних географічних координатах і за цією сукупністю інформації сучасному агроному необхідно ухвалювати рішення.

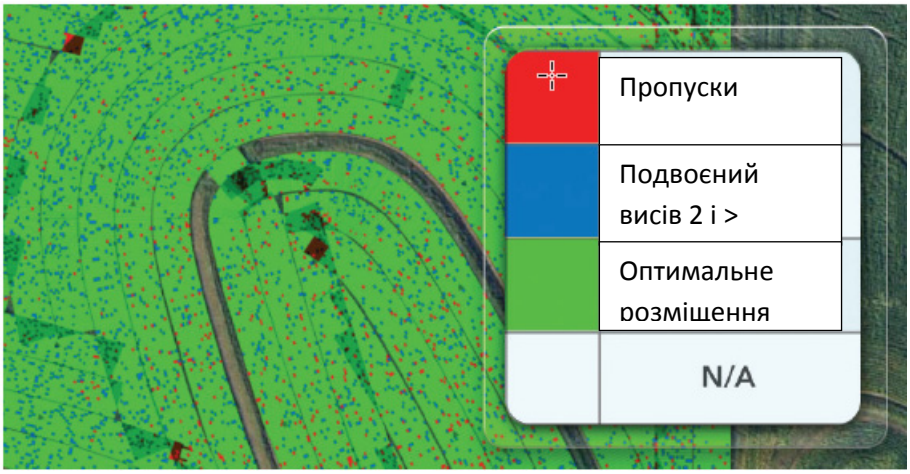


Фото 8.2. Поле, засіяне у 2014 році з використанням пальцевих дозаторів. Середній показник сингуляції – 96,2%, пропуски – 1,5%, здвоєні сходи – 2,3%. © ТОВ «АМАКО Україна»

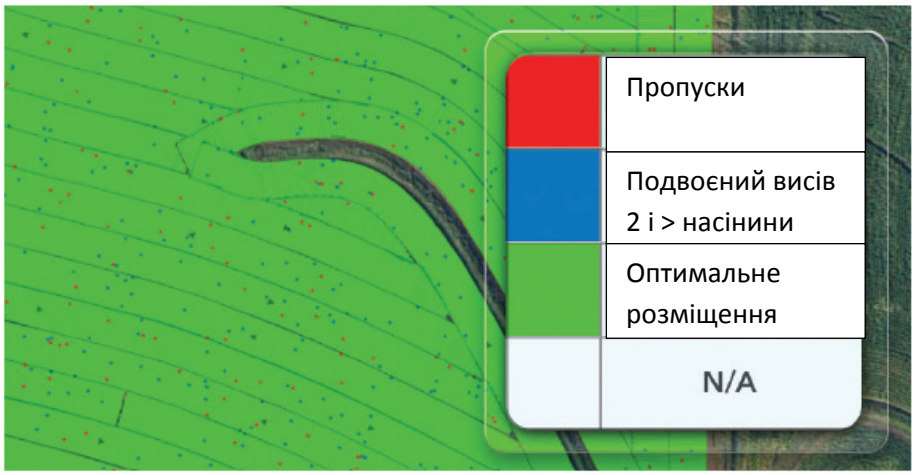


Фото 8.3. Це саме поле, засіяне у 2016 році з використанням висівних апаратів vSet. © ТОВ «АМАКО Україна»

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

8.2. Конструктивні особливості сівалок прямого посіву

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

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

- *секційні*. Переважно за таким компонуванням представлені сівалки для сівби широкорядних культур, які мають здебільшого пневматичну

висівну систему. Є моделі й із механічними висівними системами. Секційні сівалки складаються з окремих посівних секцій, що шарнірно приєднані до основної рами або з'єднані в один ряд між собою. Секція обладнана бункером, висівними апаратами та сошниками й працює в автономному режимі. На деяких сівалках посівні секції розташовані не в один ряд, а в шаховому порядку, що забезпечує кращий прохід рослинних решток між сошниками;

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

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

Моноблокові сівалки *(фото 8.4–8.6)*



Фото 8.4. Сівалка для суцільної сівби за технологією No-till традиційної конструкції. © vagro



Фото 8.5. Сівалка PH 1500F для прямої сівби фірми Great Plains із модулем хвилястих різальних дисків. © agrokar



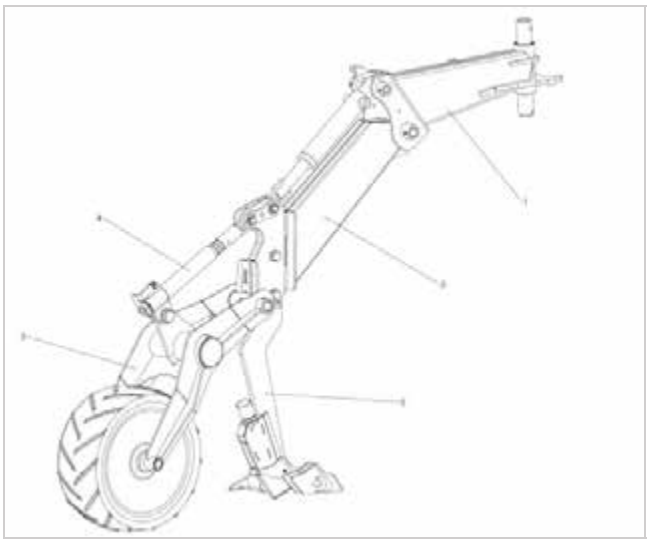
Фото 8.6. В Україні випускають сівалку Атлант 400, подібну до PH 2000F. © harvest.ua

Секційні сівалки *(фото 8.7–8.8а)*



Рис. 8.7. Сівалка для сівби широкорядних культур SPACE 560. © harvest.ua





1. Посівний рукав. Передня частина.
2. Посівний рукав. Середня частина
3. Посівний рукав. Задня частина
4. Регулятор глибини висіву
5. Насіннєвий сошник, анкерного типу

Фото 8.7а. Посівний комплекс MZURI Pro-till. © Карамавров С.



Фото 8.8. Модельний ряд зернових сівалок компанії «Агро-Союз». © «Агро-Союз»



Фото 8.8а. Модельний ряд зернових сівалок компанії «Агро-Союз» (механічна та пневматична). © «Агро-Союз»

Роздільно агрегатоване компонування сівалок *(фото 8.9–8.13)*



Фото 8.9. Роздільно агрегатована сівалка для суцільної сівби. © assets



Фото 8.10. Висівна секція пневматичної сівалки роздільно агрегатованої сівалки. © CASE



Фото 8.11. Візок із бункерами для насіння і мінеральних добрив роздільно агрегатованої сівалки. © John Deere



Фото 8.12. Сучасний посівний комплекс для прямої сівби. © «Агро-Союз»



Фото 8.13. Посівний 6-метровий комплекс AUROCK 6000 RC із незалежним прикріпленням сошників. © Kuhn

Конструктивні особливості посівних модулів розкидного способу посіву

Розкидний спосіб сівби малопоширений, бо не забезпечує якісного дотримання таких показників, як точність розміщення по площі та глибина заробки. Але поширений у системах ощадного землеробства для висіву покривних культур, де не вимагається високої точності розміщення насіння по площі. Перевагою посівних модулів, які забезпечують розкидний спосіб сівби, є їх низька вартість, можливість агрегатувати з найрізноманітнішими сільськогосподарськими машинами (від борін до комбайнів – фото 8.14, 8.15) та привод дозувальних апаратів (від електричної мережі енергетичного засобу – 12 В). Лідером із виробництва таких посівних модулів у Європі є компанія LEHNER. Посівні модулі допомагають надійно висівати насіння трав, покривні культури в чистому вигляді та їхні суміші, а також вносити ЗЗР і добрива в гранульованій формі. В посівних модулях застосовується централізований котушковий механізм дозування насіння, яке потім потоком повітря від вентилятора по шлангах подається до розподільчих пластин. Ударяючись об пластини, насіння віялом розподіляється на ширину 50–70 см. Норма висіву встановлюється відповідно до даних базових таблиць на основі визначення швидкості руху агрегату та оборотів вентилятора.

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



Фото 8.14. Посівний модуль на комбайні. © Косолап М.



Фото 8.15. Посівний модуль на рублячому котку. © askpower

8.3. Дозувальні апарати

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

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

Серед основних недоліків котушкового апарата є порційне подавання насіння внаслідок наявності на котушці ребер, що розділяють між собою жолоби, в які потрапляє насіння під час дозування. Результат – нерівномірне розміщення насіння в рядку. За малих норм висіву та зі збільшенням крупності насіння цей недолік виявляється сильніше. Для запобігання фермери часто збільшують норму висіву зернових на 5–8 відсотків. З підвищенням вартості насіння фермери все більше уваги приділяють сівалкам суцільного посіву, які обладнані апаратами індивідуального висіву, близькими за конструкцією до висівних апаратів точного висіву (фото 8.16).



Фото 8.16. Точний висівний апарат на зерновій сівалці з коробкою передач і ланцюговим приводом, 2011. © «ЗЕРНО»

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

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

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

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

До переваг таких дозаторів належить:

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

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

Відсутність механічного обробітку ґрунту зумовлює необхідність розробки спеціальних сівалок. Відповідно до цих умов сівалки для No-till мають більшу вагу та обладнані додатковими пристроями. Першими з них є култери – диски для розрізання рослинних решток по лінії рядка, які ставлять на сівалки перед сошниками (хоча і не обов'язково). Вони забезпечують

краще проникнення сошника в ґрунт і дотримання рівномірнішої глибини заробки.

8.4.1. Култери

Для полегшення і поліпшення якості роботи сошника попереду нього встановлюють дискові ножі (култери). Їх можуть кріпити на окремій рамі або на рамі сівалки чи посівної секції. Ці диски мають розрізати наявні на поверхні рослинні рештки й нарізати канавку для сошника. Вони можуть бути різної форми (фото 8.17).

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

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



а) **б)** **в)**

Фото 8.17. Загальний вигляд різних видів різальних дисків: а) турбодиск; б) хвилястий різальний диск; в) рифлений різальний диск (з презентації Бикова М.)

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

для різальних дисків встановлюють максимально близьку до глибини заробки насіння, щоб воно лягало на ущільнене насіннєве ложе, а не зависало в розпушеному ґрунті. Бажано застосовувати різальні риски більшого діаметра, які краще розрізають рослинні рештки та менше схильні до забивання.

Вага сівалки

Кожен сошник сівалки прямої сівби має справляти потужний тиск на ґрунт для заглиблення на необхідну глибину. Встановлено, що необхідний тиск залежить від форми сошника, структури та стану ґрунту, кількості сошників на метрі захвату сівалки та наявності рослинних решток. Наприклад, у сівалки Semeato він становить 10 т на 35 рядів, а у сівалки Сіва Нова – 3,3 т на 19 рядів, але витримується основна вимога – мати можливість створювати тиск на посівну секцію від 60 до 250 кг. У кожної сівалки обов'язково є свій пристрій для регулювання тиску на сошник. Якщо сівалка обладнана культерами, то вага мусить розподілятися і на них, що дуже важливо для їх якісної роботи. Залежно від компонування сівалки важливо враховувати її вагу з порожнім і повним бункером. Дводисковий сошник вимагає більшої ваги, ніж монодиск.

8.4.2. Прикочувальні котки

Сівба в непорушений шар ґрунту обов'язково потребує подальшої роботи з посівним рядком – присипання ґрунтом, прикочування зони рядка та роботу з рослинними рештками. Присипання і прикочування виконує додатковий пристрій – каток. Через різноманітні ґрунтові умови та сошники сівалки можуть бути обладнані різними типами котків (рис. 8.1, фото 8.18). Найчастіше застосовують такі типи прикочувальних котків:

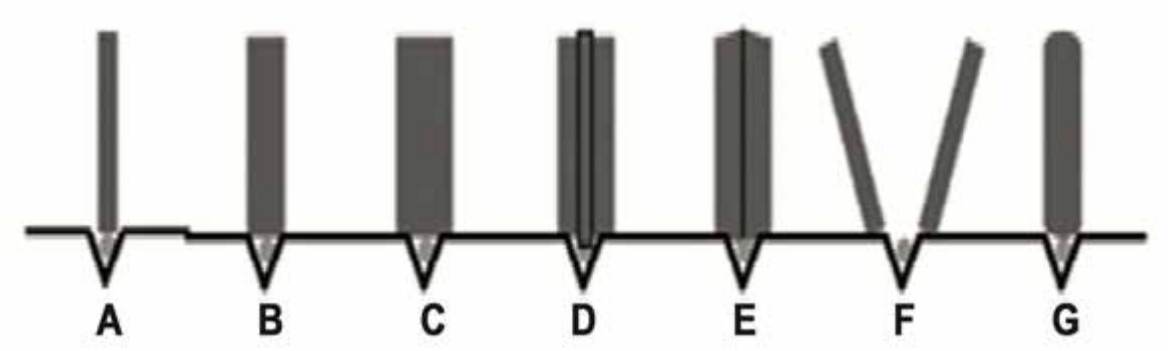


Рис. 8.1. Форми основних типів прикочувальних котків.
© Є. К.Дики, П.Д.Джаса

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

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

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

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

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

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

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



Фото 8.18. Варіанти прикочувальних котків. © velesagro

Оскільки прикочувальні котки працюють на різних типах ґрунтів за різної їх вологості та наявності різних рослинних решток, вибрати оптимальний коток справа не проста. Однією з можливостей поліпшити роботу прикочувальних котків стала двоступенева система закриття борозни з пневматичним притисканням Furrow Force, яка розроблена компанією

Precision Planting. (фото 8.19) У ній металеві диски спочатку руйнують і подрібнюють стінки борозни, зсувають ґрунт з обох боків до борозни, не обвалюючи сухий ґрунт із поверхні на насінину, і видаляють повітряні кишені по всій глибині. Потім гумові котки, що йдуть позаду, притискають поверхню, забезпечуючи необхідний контакт насіння з ґрунтом, а також запобігаючи випаровуванню вологи. Пневматична подушка з адаптивним автоматичним керуванням забезпечує необхідне притискання прикочувальних коліс кожного ряду для якісного закриття незалежно від мінливих умов на полі.



Фото 8.19. Двоступенева система закриття борозни з пневматичним притисканням FurrowForce. © The Ukrainian Farmer

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

8.4.3. Очищувачі рядів

Наявність соломи на поверхні ґрунту, крім переваг, має і недоліки. Як відмічалося вище, до них належить токсичний вплив продуктів їх розкладу на проростаюче насіння культури та зниження температури ґрунту. Наприклад, на проростання насіння ріпаку сильний вплив справляють токсичні виділення соломи, а для проростання насіння кукурудзи більше значення має температура ґрунту. Для уникнення негативного впливу від наявності соломи в зоні рядка на сівалці перед сошником ставлять розгортачі рядів із завданням перемістити рослинні рештки з зони рядка в міжряддя (фото 8.20). За конструкцією вони бувають дуже різні, тож варто кожен раз підбирати й оптимально їх налаштовувати, виходячи з виду, кількості та стану рослинних решток.



Фото 8.20. Варіанти розгортачів рядка. (з презентації Бикова М.)

8.4.4. Види сошників

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

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

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

Більшість сівалок суцільного посіву, які використовують в Україні, обладнані дисковими сошниками (рис. 8.2, фото 8.24). Традиційні дводискові сошники не забезпечують необхідної глибини проникнення в необроблений ґрунт, тому перед ними встановлюють култери. Якщо в дискового сошника диски один відносно іншого зміщені (зазвичай на 2,5–5 см), то перший диск розрізає рослинні рештки, а другий прорізає борозенку для насіння, або один

диск має більший діаметр, а другий менший – у такому разі култер не потрібен.

Ряд моделей сівалок обладнані одним диском, але більшого діаметра, який нахилений від невеликим кутом до поверхні ґрунту (рис. 8.3, фото 8.21). Ця сошникова група є досконалішою й значно краще проникає в ґрунт, оскільки один диск має меншу опорну поверхню, краще розрізає рослинні рештки, якісніше формує борозенку, в якій розміщується насіння. Але, як і попередній тип, ця сошникова група для забезпечення рівномірності глибини заробки насіння обладнується індивідуальними опорно-прикочувальними колесами. У такому разі кожен сошник може бути налаштований на оптимальну глибину заробки насіння, а опорне колесо забезпечить високу її стабільність по ходу руху сівалки та відповідно – високоякісну сівбу.

Така конструкція забезпечує ефективне проникнення сошника в ґрунт за меншої маси сівалки та мінімального порушення верхнього шару ґрунту.



Рис. 8.2. Сошникова група з дводисковим сошником. © equalizer

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

На відміну від дискових сошників, анкерна сошникова група, завдяки значній опорній поверхні сошника, стабільніше витримує глибину загортання насіння, якісно формує борозенку та насіннєве ложе, на якому розміщується насіння, але сильніше, ніж інші види сошників, порушує посівний шар ґрунту.



Рис. 8.3. Однодисковий сошник фірми AMAZONE. © amazone.co.uk
1. Регулювання глибини заробки насіння. 2. Посилений кронштейн із тиском на сошник до 55 кг. Централізоване регулювання тиску на сошник. 3. Опорний коток Control 25 мм або 10 мм для рівномірної заробки насіння. 4. Утворювач насіннєвої борозенки. 5. Трубка подачі посівного матеріалу. 6. Висівний диск ∅ 400 мм. 7. Штригель Exakt для закриття посівного матеріалу.



Фото 8.21. Конструкція монодискового сошника Turbosem для No-till (виробник – «Агро-Союз»). Тиск на сошник здійснюється за допомогою пружини та може коливатися від 80 до 200 кг. © Агро-Союз

Модернізовані типи анкерних сошників, передня частина яких дообладнується спеціальним наральником із гострим кутом входження в

ґрунт та додатковими крильцями (рис. 8.4), мають значно кращі проникні властивості, але вони ще більше порушують посівний шар ґрунту.



Рис. 8.4. Варіанти сошників анкерного типу. © В. Сало, О. Гайденко, О. Гончаров, versatile.ua, prom.ua

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

Найдосконалішим типом сошникової групи є долотоподібний сошник, встановлений на паралелограмній підвісці з опорним колесом (фото 8.22). Завдяки невеликим розмірам долотоподібний сошник легко проникає в ґрунт, не реагує на наявність рослинних решток на поверхні поля, а паралелограмна підвіска з копіювальним колесом за будь-яких умов може бути відрегульована на оптимальну глибину загортання насіння та забезпечує її стабільність протягом усього часу роботи сівалки в конкретних умовах. Моделі сівалок з анкерними сошниками для технології No-till виробляють зарубіжні компанії DMS, Амацоне, Бурго, Кейс, з вітчизняних – «Агро-Союз».

Деякі фірми пропонують сівалки зі здвоєними долотоподібними сошниками типу Seed Hawk (рис. 8.5) для сівби зернових культур з одночасним внесенням мінеральних добрив. Вони змонтовані на радіальній підвісці з заднім опорно-прикочувальним колесом та гідравлічною системою регулювання притискного зусилля сошника. Такий тип сошникової групи за

якістю роботи дуже близький до попереднього, оскільки регулювання і стабільність глибини загортання насіння легко та якісно забезпечується спеціальною гідравлічною системою.



Фото 8.22. Загальний вигляд долотоподібних сошників сівалки DMC Primera. © amazone.co.uk



Рис. 8.5. Загальний вигляд сошника Seed Master (а) та схема розміщення ним насіння та добрив. © В.Сало, П.Лузан

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

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



Фото 8.23. Варіанти анкерних сошників. © NRCS



Фото 8.24. Варіанти дискових сошників. © Косолап М.



Фото 8.25. Культери. © Биков М.

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

На цьому шляху залежно від форми сошника можуть трапитися частини пожнивних решток, грудки землі, самі нерівності борозни, насінина може відскочити від удару тощо. У результаті ці причини можуть змінювати глибину загортання насінини порівняно із заданою. Компанія Precision Planting пропонує простий за конструкцією, але ефективний пристрій для притискання насіння до дна борозни, який називається Keeton (рис. 8.6).

Притискач насіння Keeton виготовлений зі спеціального матеріалу та має особливу поверхню, що запобігає налипанню насіння і ґрунту.

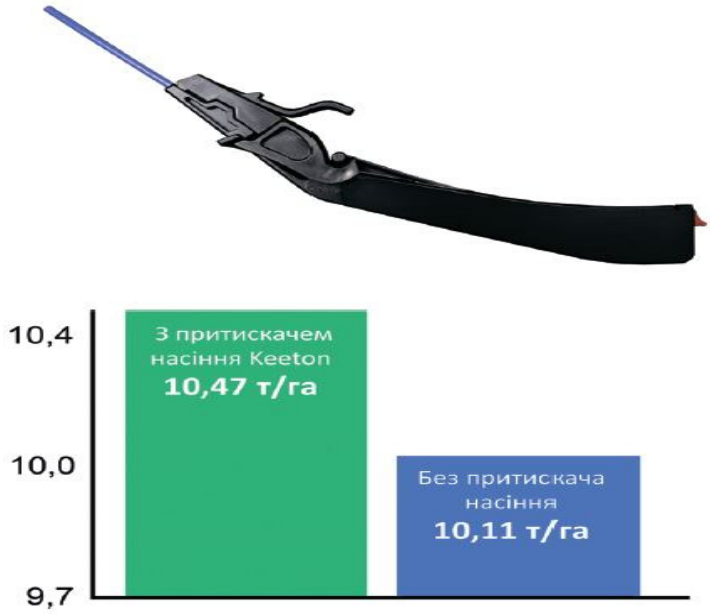


Рис. 8. 6. Випробування притискача Keeton на полі Precision Planting дало різницю в урожаї кукурудзи в 360 кг/га. © The Ukrainian Farmer

8.5. Формування посівного агрегату та його продуктивність

При формуванні посівного агрегату, окрім технічних характеристик сівалки і можливостей досягнути агротехнічних вимог якісної сівби, необхідно враховувати ще й організаційно-економічні вимоги та логістику роботи конкретного посівного комплексу в господарстві. До цих вимог передусім належить необхідна тягова потужність трактора, логістика заправки насінням та добривами. Позаяк сошники сівалок прямої сівби рухаються в необробленому ґрунті й сівалки важчі від традиційних, для них завжди потрібна більша тягова потужність трактора, що припадає на один сошник, ніж для сівалок, які працюють на підготовленому обробленому ґрунті. Зазвичай на один сошник потрібно від 4 до 12 кінських сил потужності двигуна трактора. Такий широкий діапазон частково обумовлений відмінностями в конструкціях сошників, а також рельєфом поля і типом ґрунту. Останні два показники для однієї і тієї самої сівалки можуть змінити необхідну потужність трактора на 50 відсотків і більше.

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

Можна вважати, що за однакової ширини захвату традиційної сівалки та сівалки для No-till останній потрібен удвічі потужніший трактор. Проте, слід пам'ятати, що майже завжди в No-till спостері-

гається така закономірність: чим менший тяговий опір припадає на один сошник, тим менше він розпушує ґрунт.

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

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

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

Ширина захвату сівалки – функція багатьох параметрів. Передусім не треба прагнути максимальної ширини захвату сівалки або точно копіювати її до подібної за традиційної технології. Сівалка No-till проходить по полю один раз. В Україні майже не використовують сівалки з робочою шириною захвату понад 18 м, оскільки практикою доведена їхня недоцільність.

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

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

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

Зазвичай сівалки з шириною захвату до 6 м мають опорні колеса з боків, що забезпечує добру маневреність. Але їх складно транспортувати з поля на поле. Сівалки з більшою шириною захвату здебільшого оснащені

опорними колесами спереду та ззаду і завдяки складанню бокових крил мають прийнятну ширину в транспортному положенні.

Якщо є фінансові проблеми з придбанням трактора, то сівалку No-till потрібно вибирати вужчу, ніж зазвичай, орієнтуючись під потужність свого наявного трактора, а не прагнути обов'язково купити весь посівний комплекс одразу.

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

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

8.6. Робота сівалки No-till із рослинними рештками

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

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

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

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

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

Для оцінки спроможності конкретної моделі сівалки працювати з рослинними рештками необхідно оцінити певні вимоги.

1. Можливість забивання сошників рослинними рештками. Це залежить від розташування сошників, їх типу, висоти рами та стану й виду рослинних решток. Мінімальна відстань між сусідніми сошниками для самостійного їх очищення від рослинних решток становить приблизно 250 мм убік, по діагоналі або по ходу сівалки. Сошники у вигляді культиваторної лапи можуть більше забиватися рослинними рештками, але практично ніколи не вдавлюють їх у посівну борозенку. Якщо на полі присутні бур'яни з міцною кореневою системою або надземним стеблом, які вегетують на час сівби, вони також можуть накопичуватися на стійці сошника (фото 8.26). Треба пам’ятати, що будь-який нерухомий компонент сошника може накопичувати рослинні рештки.

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

3. Чи обов'язкове подрібнення рослинних решток для якісної роботи такої сівалки? Для цього необхідно оцінити, які культури вирощують у сівозміні, як і чим їх будуть збирати, а отже, які рослинні рештки й у якому стані будуть на полі на час сівби. Всі рослинні рештки після проведення комбайнового збирання культури можна класифікувати на ті, що залишилися на полі (оцінюють за висотою зрізу – «низький», «високий»), і ті, які пройшли через комбайн (оцінюють за довжиною – «січка дрібної фракції», «січка довгої фракції»). Необхідно пам’ятати, що найважче працювати з погано розподіленою по площі поля січкою довгої фракції пожнивних решток. Надія лише на подрібнення рослинних решток комбайном або додатковим агрегатом виправдовується зрідка і часто є недоцільною. *Жодні пристрої не можуть повністю та якісно подрібнити рослинні рештки, тому*

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

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



Фото 8.26. Накопичення бур'янів на стійках нерухомих сошників. © Косолап М.

Вибираючи сівалку, необхідно пам’ятати:

- якщо сівалка обладнана культером, то кращою його формою є зазублений диск або диск із хвилястим краєм;
- на твердому ґрунті диски краще розрізають рослинні рештки, ніж на м'якому;
- з вологим ґрунтом або вологими рослинними рештками працювати складніше, ніж із сухими;
- функціональність і конструкція No-till сівалки можуть впливати на ступінь прояву ризиків: біологічних (хвороби рослин, шкідники, токсини), хімічних (нестача поживних речовин, використання мінеральних добрив і

можливість пошкодження сходів «спалюванням» мінеральними добривами при їх розміщенні поряд із насіниною), фізичних (мікросередовище посівної борозенки), економічних (термін служби основного засобу, продуктивність сівалки тощо.);

- неправильно зменшувати витрати в No-till, заощаджуючи на ефективності сівалки, оскільки часто така економія витрат набагато менша, ніж втрати зниження врожайності від неякісної роботи сівалки;

- сошник не має призводити до ущільнення та розмазування стінок борозенки – цей показник багато в чому залежить від механічного складу ґрунту і рівня зволоження на час проведення сівби.

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

8.7. Робота сівалки з добривами

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

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

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

Зазвичай вважається, що верхня межа «стартової» норми азотних добрив, що вносяться сівалкою, лежить у межах 15–20 кг/га д. р. Хоча є експериментальні дані американських вчених (Baker C. J., 1976), що верхня

межа під кукурудзу, за якої спостерігалася токсичність становить 200 кг/га сечовини, а верхня межа калієвого суперфосфату (0–6–15–8) під горох була взагалі 780 кг/га. Під пшеницю азот у вигляді аміачної води вносили до 140 кг/га. В Україні під кукурудзу без пошкодження сходів вносили 120 кг/га д. р. азоту у вигляді аміачної води.

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

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

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

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

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

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

2) використання одного складного сошника, який сам виконує обидві функції одночасно.



Фото 8.27. Дисково-анкерний сошник Cross Slot. © компанія «Агро-Союз»

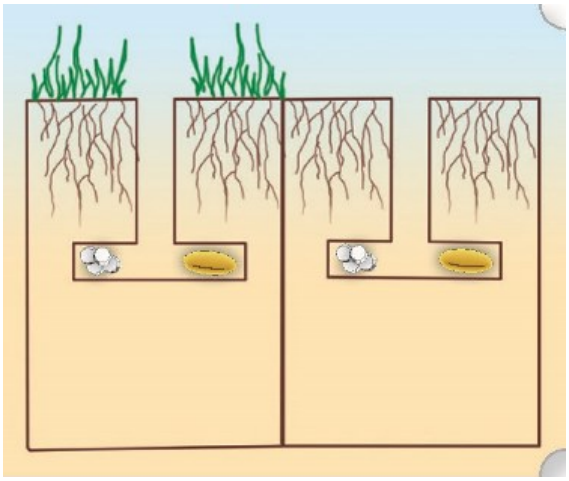


Рис. 8.7. Унікальна конструкція дисково-анкерного сошника Cross Slot, що дає змогу окремо вносити добрива та насіння одночасно при посіві. © vfc

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

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

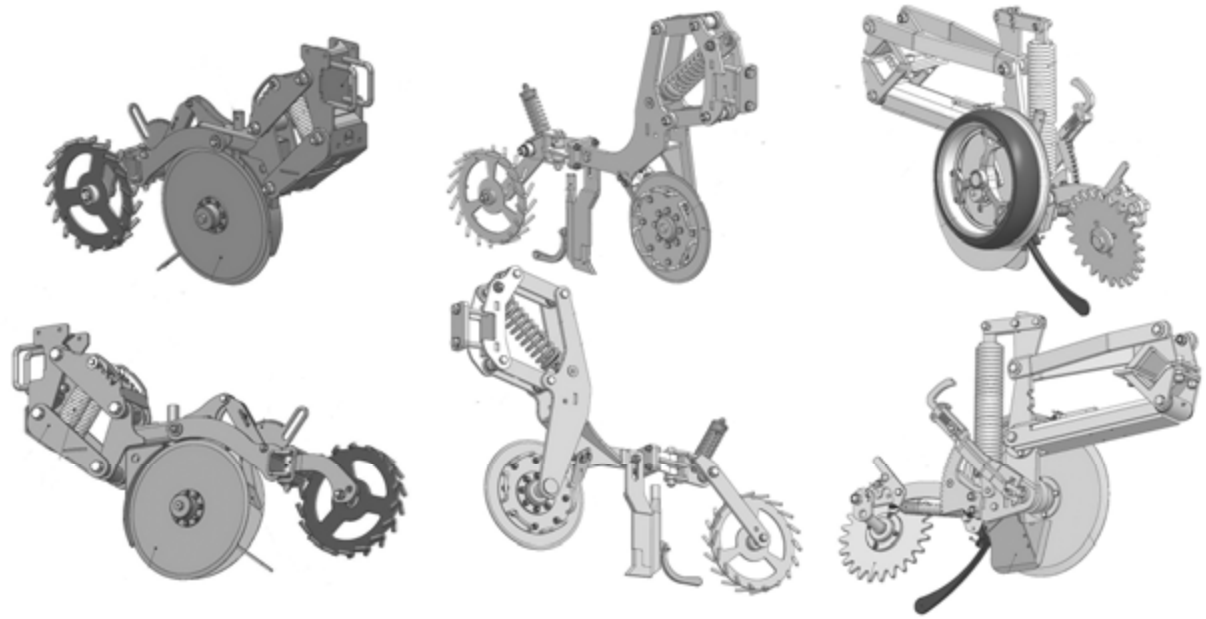


Рис. 8.8. Різні конструкції сошника. © Аверс-Агро

8.8.Техніка для Strip-till

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

1) весняні (легкі);

2) осінні: середні й важкі (глибокі).

Весняні агрегати для Strip-till здебільшого призначені для очищення рядка від рослинних решток та рівномірного поверхневого розпушування ґрунту. Водночас можна вносити мінеральні добрива на глибину розпушування. Через 1–2 години після обробітку за умови незначного просихання ґрунту рекомендується проводити сівбу.

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

а) середня – для глибини 20–30 см;

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

Конструктивна будова техніки для Strip-till

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

- розрізувальні диски, що закладають місце майбутнього рядка;

- прибиральні диски, що прибирають на обидва боки з майбутнього рядка пожнивні рештки;

- робочі органи для розпушування, які залежно від глибини розпушування можуть мати різну форму, але відповідно бути тим вужчими, чим на більшу глибину проводитиметься обробіток.

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

За групою розпушування розміщується група робочих органів, завданнями яких є формування рядка та його обробіток. Формування рядка виконують диски, які запобігають розкиданню великого об'єму розпушеного ґрунту до міжрядь, утримуючи його і так формуючи рядок. Завершальний обробіток рядка виконують найчастіше прикочувальні котки, які слугують для зворотного ущільнення та вирівнювання (фото 8.28).

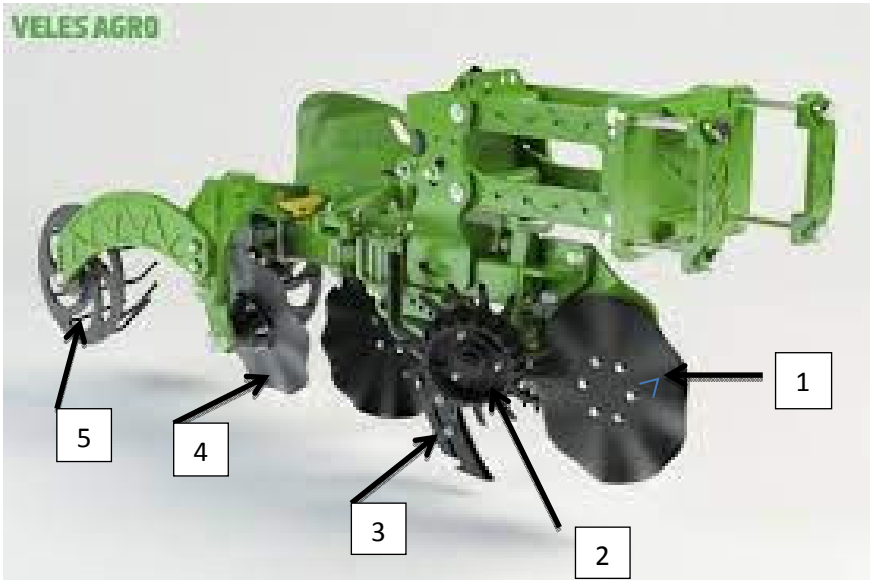


Фото 8.28.Секція культиватора смугового обробітку. © Veles Agro: 1 – розрізувальний диск; 2 – розгортальні (прибиральні) диски; 3 – розпушувальний орган; 4 – формувальні рядки диски; 5 – каток

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

Залежно від ширини захвату агрегати для Strip-till можуть бути навісними та причіпними, а від форми сошників – анкерними та дисковими (фото 8.29). Типи будови агрегатів також відрізняються залежно від умов, де вони надалі можуть використовуватися. За типом управління вони можуть бути рамні та паралелограмні. Рамна структура забезпечує більшу стабільність всієї конструкції, але вона малопридатна для використання на

полях із нерівностями поверхні та потребує вищої потужності за роботи на велику глибину. За паралелограмної конструкції кожен із рядів робочих органів має окреме приєднання, що робить їх маневренішими та полегшує керування.



Фото 8.29. Модифікація культиватора для смугового обробітку з анкерним робочим органом розпушення ґрунту. © Horsch

Одним із важливих елементів конструкції може стати амортизувальне приєднання окремих робочих органів, особливо тих, що працюють на глибині, замість звичайного нерухомого з'єднання. Це значно зменшує ймовірність їх псування від кам'янистих шарів. Замість того, щоб зламатися, певна секція злегка піднімається, а потім знову автоматично заглиблюється на виставлену глибину.

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

Зі знарядь, що використовують у системі Strip-till, можна навести як приклад культиватор Gladiator компанії KUHN Krause, який забезпечує обробіток ґрунту в стрічці на глибину від 15 до 30 см і внесення твердих чи рідких добрив за одночасної підготовки насіннєвого ложа. Агрегати KUHN Krause Gladiator виробляють у навісному та причіпному варіантах 6, 8 и 12-

рядні з шириною міжрядь 70 и 76 см (фото 8.33, 8.34). Ці агрегати найбільше підходять для вирощування широкорядних культур (кукурудзи, сої, соняшнику, ріпаку тощо).

Причіпний культиватор смугового обробітку ґрунту ALEY 5600 виробництва компанії «ВК Технополь» допомагає проводити смуговий обробіток за технологією Strip-till під просапні культури з міжряддями 70 см, 52 см та 45 см на глибину до 30 см. Він може якісно працювати на ґрунтах із вологістю від 8 до 27 відсотків і твердістю у верхньому шарі 0,4–1,6 МПа. Також може вносити сухі й рідкі добрива на різну глибину (фото 8.32).



Фото 8.30. Весняний Strip-till на полях України: обробіток ґрунту з одночасним внесенням рідких добрив і сівбою. © «Агроном»



Фото 8.31. Strip-till восени після збирання кукурудзи – нарізання смуг з одночасним внесенням добрив. © «Агроном»



Фото 8.32. Культиватор для смугового обробітку ґрунту ALEY 5600 компанії «ВК Технополь». © «ВК Технополь»



Фото 8.33. Культиватор смугового обробітку ґрунту фірми KUHN. © KUHN



Фото 8.34. Культиватор для смугового обробітку ґрунту фірми KUHN у роботі. © Косолап М.



Фото 8.35. Культиватор смугового обробітку ґрунту Stripcat. © EKIPAGRO



Фото 8.36. Ґрунтообробний агрегат нарізає смуги й водночас вносить мінеральні добрива. © «Агробізнес сьогодні»

8.9. Агрегати для внесення рідких добрив

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

Сьогодні більшість господарств, котрі практикують систему No-till, переходять на рідку форму добрив як більш технологічну. Застосування рідких добрив становить основу точного землеробства країн Північної Америки й Австралії, поступово це беруть до уваги й аграрії в Україні. Відомо, що посушливість нашого клімату зростає, а в умовах недостатнього зволоження рідкі добрива розкривають свій потенціал набагато краще, ніж сухі. Це стало передумовою для поступового переходу виробництва на застосування рідких добрив як за основного внесення, так і з сівбою і при підживленні.

Сьогодні на ринку сільгосптехніки наявні як дискові знаряддя для внесення рідких добрив, так й інжекторні машини та аплікатори для дооснащення ґрунтообробних і посівних агрегатів.



Фото 8.37. Дисковий культиватор для внесення аміаку LandRunner II. © blu-jet

Дообладнання сівалок

Канадські й американські виробники сільгосптехніки першими почали обладнувати свої сівалки додатковими опціями для внесення рідких добрив. Серед піонерів – сівалки прямого висіву Bourgault і Great Plains, а також посівні комплекси Seed Hawk, розроблені шведською компанією Vaderstad. При внесенні рідких добрив одночасно з сівбою сівалки обладнують додатковою герметичною ємкістю. Бункер для рідких добрив може бути інтегрований безпосередньо в основний бункер з насінням або встановлений на дишель сівалки. Тобто в деяких випадках це збільшений загальний бункер, в якому містяться одночасно насіння та гранульовані «сухі» мінеральні добрива і наявне герметичне відділення для рідких. Найчастіше бочка з рідкими добривами розміщується на власній рамі (тобто є окремою незалежною одиницею). Наприклад, така концепція реалізується в просапних сівалках Great Plains (YP3025A, YP4025A, YP2425A), практично в усіх призначених для внесення рідких добрив зернових сівалках Bourgault (3720, 3320, 8910), а також на моделях Amazone DMC, Condor, EDX**.** На всіх сівалках добрива розміщуються в ґрунті окремо від насіння, для уникнення токсичної дії добрив.

Дообладнання сівалок (наприклад, системою Amazone Fertilizer Delivery Cart FDC, яка розроблена для сівалок бренду Amazone) для внесення стартових рідких добрив одночасно з сівбою може також бути використано для внесення ЗЗР. Система складається з двох баків для рідких добрив об’ємом по 3000 л, а подача добрив до сошників відбувається за допомогою

мембранно-поршневого насоса. Особливістю агрегату є оснащення датчиком концентрації діючої речовини в розчині та телеметричним модулем.

Універсальну автоматизовану систему внесення основних рідких добрив має вітчизняна компанія А3 Tech. Система складається з двох баків об'ємом по 400 л, які забезпечують можливість вносити одночасно два види рідких добрив із кожного бака в рядок зі зміщенням вбік на 5–15 см, а також вносити інокулянт під час посіву сої. Норма внесення (10 запрограмованих норм від 5 до 200 л/га) регулюється за допомогою мобільного пристрою та спеціального ПО Performer 530. Цією системою оснащуються сівалки незалежно від виробника.

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



Фото 8.38.Сівалка суцільного посіву з внесенням рідких добрив, 2019. © «Агроном»

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

Інжектори для внесення рідких добрив

Крім опцій дооснащення сівалок, ринок сільгосптехніки щороку поповнюють спеціалізовані агрегати для внесення рідких добрив – інжектори. За конструкцією всі вони мають колеса з нержавіючої сталі для роботи з агресивним середовищем, кожне з яких оснащене 12 аплікаторами (голками), що вносять добрива через кожні 13 см (рис. 8.9). Принцип роботи аплікаторів подібний до шприца, котрий під тиском вносить добриво в ґрунт на потрібну глибину завдяки тиску на шип силою 3,9 мПа. Такі аплікатори виготовляють компанії «Ропа Україна», «Велес-Агро ЛТД», Blu-Jet, Fast.

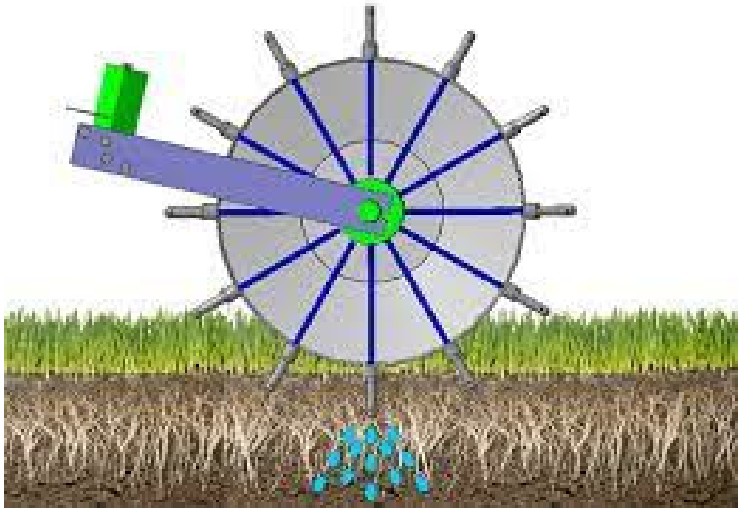


Рис. 8.9. Схема дії аплікатора. © Агроремаш-плюс

Аплікатор для внесення рідких добрив Dragon (фото 8.39), який працює з міжряддями від 25 см до 70 см, виготовляє компанія «Ропа Україна». Регулювання міжряддя механічне. Є 24-рядні моделі з об’ємом бака 6000 л, є 6-метрові з об’ємом бака 500 л. Агрегат має систему посекційного відключення, а норма виливу налаштовується в межах 50–2000 л/га, глибина внесення від 3 до 8 см. Робоча швидкість — 10 км/год.

Аплікатор Vulkan від «Велес-Агро ЛТД» (фото.8.40) представлений на ринку України в навісних та причіпних модифікаціях із шириною захвату від 6 до 12 м та об’ємом бака від 500 до 4400 л з 24/16 робочими органами для міжрядь 25 см. Норма виливу налаштовується в межах 100–150 л/га.

Універсальні аплікатори для просапних та зернових культур із можливістю підживлювати рослини до фази 7–8 листка має бренд Blu-Jet. Цю можливість забезпечує робочий кліренс агрегатів до 79 см. Машини, представлені у варіаціях з шириною захвату 10 та 12 м, оснащені насосом із гідравлічним приводом від колеса. Об’єм бака в моделей варіює від 2 т до 11,5 т, ширина захвату – від 6 м до 27,5 м. Фішкою агрегату є опція гусеничного ходу для зменшення ущільнення ґрунту. Презентована в Україні

у 2019 р. модернізована модель AT 3015 з об’ємом бака 3785 л, максимальна ширина захвату агрегату становить 10 м, а довжина голки – 9 см. Ширина міжряддя від 12,5 до 25 см, що дає змогу працювати в суцільних посівах.



Фото 8.39. Аплікатор для внесення рідких добрив Ropa Dragon,.
© Біржа сільськогосподарської техніки Traktorist.ua



Фото 8.40. Аплікатор «Велес-Агро» Vulkan. © «ВЕЛЕС-АГРО»

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

Переваги технології інжекторного внесення рідких добрив:

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

2) рівномірніше внесення і точно дозований розподіл по площі;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Сьогодні наявні технічні можливості підживлення просапних культур у період вегетації (фото 8.43). Такі агрегати вже є в Україні й використовуються на виробництві, наприклад, у Полтавській області в СФГ «Дослідне».



Фото 8.41. Аплікатор для внесення рідких добрив у ґрунт. © «АгроЕліта»



Фото 8.42. Підживлення пшениці. © «АгроЕліта»



Фото 8.43. Підживлювач просапних культур рідкими добривами. © Мокляк В.

Основні проблеми внесення рідких добрив:

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

2) проблема зберігання за мінусових температур;

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

8.10. Збиральні агрегати

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

На збирання врожаю припадає близько 30–40 відсотків у загальному балансі енергозатрат на вирощування культури. Аналіз роботи сучасних зернозбиральних комбайнів показує, що за зрізання стебел косою жаток і під час обмолоту цієї рослинної маси *майже 80 відсотків енергії витрачається безпосередньо на зминання, подрібнення та розрив стебел*, а значна частина зерна при цьому отримує пошкодження. Для зменшення енергозатрат і підвищення пропускної спроможності комбайнів інженерами та конструкторами в різних країнах давно розробляється альтернативний напрям – подача хлібної маси до молотарки з мінімальним вмістом у ній стебел соломи. Зменшити кількість соломи в хлібній масі можливо завдяки застосуванню методу очісування зернової маси рослин на корені без зрізання стебла.

У середньому вміст зерна в хлібній масі за збирання традиційною жниваркою становить 40 відсотків, а оптимальний швидкісний режим роботи комбайна з такою жниваркою залежно від урожайності – 3–4 км/год. Очісувальна жниварка залишає солому на полі. У зібраній нею хлібній масі зерно становить 80 відсотків, тобто удвічі більше, ніж під час традиційного збирання. Це дає змогу збільшити швидкість руху комбайна вдвічі (до 6–10

км/год), що своєю чергою скорочує термін збирання й зменшує біологічні втрати зерна через осипання. В результаті два комбайни з очісувальними жатками за продуктивністю заміняють три комбайни з традиційними жатками.

Очісувальні жатки придатні для збирання пшениці, ячменю, вівса, льону й інших дрібнонасінних культур, які мають суцвіття колос, волоть або близькі до них, але лише методом прямого комбайнування. Неефективно збирати такою жаткою бобові культури. Важливою перевагою такої жниварки є можливість збирання більш вологого зерна (до 30 відсотків). Це дає змогу не лише раніше почати збирання, а й отримати вищий рівень урожаю. За збирання зерна з вологістю (14 відсотків) витрати палива на тонну зібраного врожаю скорочуються на 35–40 відсотків. Очісувальна жатка допомагає збирати врожай на засмічених бур'янами полях, але на збиранні полеглих посівів кращі результати показує традиційна жниварка.

У сучасному землеробстві використовуються очісувальні жниварки з активними робочими органами (гребінками), закріпленими на барабані, що крутиться. Розрізняють дві конструктивні схеми таких жниварок: однобарабанну та двобарабанну. В Україні з 2004 року виготовляють власні очісувальні двобарабанні жниварки «Слов'янка УАС». З іноземних найпоширеніша однобарабанна жниварка, виготовлена англійською компанією Shelbourne Reynolds (фото 8.44).



Фото 8.44. Очісувальна жатка Chelrbourne. © souz-st.com

8.11. Бункер-перевантажувач (накопичувач)

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

Вирішити ці проблеми можна, вдосконаливши технології збирання врожаю завдяки впровадженню бункерів-перевантажувачів (накопичувачів) зерна (фото 8.45). Бункер-перевантажувач відіграє роль проміжної ємності, в яку комбайни вивантажують зібране зерно з власного бункера. Цей процес виконується на ходу, комбайн продовжує працювати, а не виходить із загінки (фото 8.46). Потім розвантажується наступний комбайн. Після вивантаження 2–4 комбайнів трактор тягне бункер до краю поля, а там із допомогою потужного шнека, яким обладнаний бункер-перевантажувач, висипає зерно в автомобілі-зерновози. Така технологія називається триланковою, себто комбайн – бункер – зерновоз. Усі бункери-накопичувачі обладнані широкопрофільними шинами, що забезпечує низький загальний тиск на ґрунт цих машин, який у кілька разів менший, ніж у вантажних автомобілів. Сьогодні деякі моделі обладнані ваговою системою, що дає змогу контролювати вагу врожаю зерна, вивантаженого з комбайна та перевантаженого до зерновоза, і проводити оформлення товаротранспортної документації на зерно дистанційно в режимі онлайн.

Зупинки комбайна – це не лише зниження ефективності його роботи, це збільшення часу на біологічну втрату врожаю, особливо таких культур, як ранні зернові, соя та ріпак, оптимальний агротехнічний період збирання котрих обмежений і становить від 7 до 10 днів. Підраховано, що правильно розрахований за місткістю бункер-перевантажувач може замінити за продуктивністю один комбайн із чотирьох. Себто якщо три комбайни безперервно працюють у полі, розвантажуючись під час руху в бункер-накопичувач, то їх сукупна продуктивність дорівнює роботі чотирьох у традиційному режимі.



Фото 8.45. Накопичувач-перевантажувач зерновий UW-200. ©«Агро-Союз»



Фото 8.46. Вивантаження зібраного зерна з комбайна в перевантажувач зерна. © Landlord

Критерієм вибору бункера-перевантажувача для зерна є кратність його об’єму до вмісту бункерів комбайнів, які працюють у господарстві, та автомобілів-зерновозів. Якщо бункер великого комбайна може вмістити 16 т зерна, то оптимально буде підібрати 50-тонний бункер-накопичувач, який дасть можливість тричі розвантажитися зернозбиральній техніці. Цього обсягу якраз вистачить для двох великих автомобілів-зерновозів або, наприклад, чотирьох середніх. Якщо в господарстві працюють комбайни з невисокою ємкістю бункера, то буде достатньо 20-тонного бункера-

перенавантажувача. Зазвичай на перенавантажувача монтують вивантажні шнеки з високою продуктивністю, яка сягає до 11 т/хв. *За дотримання зазначених умов швидкість збирання врожаю буде підвищено більш ніж на 25 відсотків, крім того, суттєво зменшується необхідна кількість автомобілів на перевезення врожаю.*

Дуже важливо визначити оптимальну потужність трактора під підібраний бункер-накопичувач. Чим більша ємність кузова бункера-перевантажувача, тим потужніший трактор потрібен для підтримання оптимального функціонування та швидкості руху. Так, для роботи з БНП-30 або БНП-40 потрібен трактор потужністю не менше ніж 280 к. с. А для роботи з БНП-16 або БНП-20 буде достатньо трактора з потужністю двигуна 180–220 к. с. Необхідно також враховувати рельєф полів. Якщо поля розташовані на схилах пагорбів, більш маневреними будуть одновісні бункери на кшталт БНП-20. Якщо ж поля розміщені на рівнинах, кращим варіантом стане тандем або тридем (фото 8.47).

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



Фото 8.47. Бункер-навантажувач українського виробництва. © «Агробізнес сьогодні»

8.12.Рублячі котки

У системах землеробства No-till і Strip-till для припинення вегетації покривних культур застосовують таке знаряддя, як рублячий коток (фото 48). Зазвичай це гладкий каток, який оснащений гострими рублячими ребрами, що розрізають рослинну масу на частини. Це завдання особливо часто стоїть перед фермерами в Аргентині та Бразилії, де покривні культури формують велику масу. В умовах України рублячі котки здебільшого застосовують по соняшнику чи кукурудзі (фото 8.49). Високі й міцні стебла цих культур можуть обривати насіннєпроводи на сівалках або навіть пробивати скати на опорних колесах сівалок. Покривні культури на більшій частині України через недостатній рівень зволоження не виростають високими, тож потреби в коткуванні здебільшого немає. Вони припиняють вегетацію через зимові морози або знищуються гербіцидами в період вегетації. Рублячі котки можуть розглядатися як альтернатива гербіцидам. Висока швидкість руху котка приводить до певного розпушення верхнього (3–5 см) шару ґрунту, тому деякі фермери так заробляють дрібнонасінні покривні культури, обладнавши котки посівними модулями.



Фото 8.48. Рублячий коток. © Косолап М.



Рис. 8.49. Вигляд зібраного поля соняшнику до і після проходу рублячого котка. © Косолап М.

Питання для самоконтролю

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

Додаткова література

1. Косолап М. П., Кротінов О. П. Система землеробства No-till. Київ : Логос. 2011. 350 с.
2. Корси С. Почвозащитное и ресурсозберегающее земледелие : учеб. пособие для консультантов по распространению сельскохозяйственных знаний и фермеров в Восточной Европе и Центральной Азии. Анкара : FAO. 2017. – 144 с.

Відеоматеріали

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

РОЗДІЛ 9. ЕКОЛОГІЧНА ПРИЙНЯТНІСТЬ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL

9.1. Секвестрація вуглецю

9.1.1. Поняття про секвестрацію

Сталість газового складу атмосфери – найважливіша умова існування й розвитку життя на Землі. За 50 років концентрація CO_2 зросла з 300 до 419 ppm (0,03–0,042 відсотка станом на 2021 р.), що за твердженням вчених є рекордом за останні 800 тис. років. Це зумовило зростання середньорічної температури на планеті. В Україні зростання температури становило 1,4 °С. Як наслідок – підвищується рівень моря, за одними прогнозами він може бути 2–3 м, а за іншими – ще більше. Найближчим негативним наслідком глобального потепління автори міжнародної доповіді щодо зміни клімату вважають різку зміну циркуляції океану. Це може послабити мусони в Африці та Азії, звести нанівець Гольфстрім і «висушити» Європу.

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

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

Наведена структура (рис. 9.1) свідчить, що в землеробстві основним джерелом викидів CO_2 є ґрунт, а причина підвищеного викиду CO_2 з ґрунту – його механічний обробіток. В результаті інтенсивної мінералізації органічної речовини, яку викликає механічний обробіток завдяки надходженню в ґрунт значної кількості кисню, відбувається прискорена втрата гумусу. Звідси вирішення проблеми землеробства (збереження і накопичення гумусу в ґрунті внаслідок зменшення його механічного обробітку) одночасно сприяє вирішенню проблеми глобального потепління. Зменшення викидів CO_2 в атмосферу в землеробстві може досягатися завдяки збільшенню рівня його накопичення в ґрунті.

Складний процес поглинання і накопичення CO_2 відображає термін «секвестрація», який став сьогодні загальновживаним. Але для легшого

сприймання варто описувати процес поглинання і накопичення двома термінами. За секвестрацією залишити поглинання CO_2 з атмосфери рослинами – перехід вуглецю з газоподібного стану в органічний, а процес накопичення і фіксації його в ґрунті описувати терміном «депонування» – перехід органічного вуглецю з органічної маси рослин в органічний вуглець ґрунту, позаяк, попри поглинутий з атмосфери рослинами вуглекислий газ, це не гарантує, що весь цей вуглець буде накопичений у ґрунті.



Рис. 9.1. Структура викидів вуглекислого газу в землеробстві. © Дубровін В.

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

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

- від рівня врожайності культур: чим вищий урожай (загальна кількість створеної біомаси), тим відповідно більше CO_2 поглинається з атмосфери. В сухій масі рослин на вуглець припадає 45 відсотків;

- фотосинтез відбувається лише протягом вегетаційного сезону, тому чим більший період часу присутні культури на полі протягом вегетаційного сезону, тим більшу кількість CO_2 буде поглинуто.

У природних фітоценозах зелені рослини присутні від початку до завершення вегетаційного сезону. Звідси можна зробити висновок, що чим довший період вегетації культури, вищий рівень її врожаю та чим більше в сівозміні на полях присутні покривні культури, тим більший обсяг CO_2 з атмосфери може бути поглинутий.

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

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

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



Рис. 9.2. Інтегрований системний вплив секвестраціївуглецю на здоров'я ґрунту. © Дубровін В.

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

Рослини виділяють значну кількість (20–30 відсотків) продуктів фотосинтезу у свою підземну біомасу. Близько 50 відсотків переміщеного вуглецю використовується для росту коренів, але значна частина вуглецю, що надійшла в корінь (до 30 відсотків), вивільняється в ризосферу у вигляді прямого виділення через ексудацію або через мікоризу, або втрачається через дихання (Lorenz M. та ін., 2008; Turner T. R. та ін., 2013; Kaiser C. та ін., 2015). Ексудація коренів і передача мікоризним грибам продуктів фотосинтезу відбуваються у трав швидко – за кілька годин (Kaiser C. та ін., 2015). Коренева ексудація стимулює мікробне розкладання органічної маси ґрунту, що своєю чергою покращує доступність поживних речовин в ризосфері. Перенесення вуглецю до мікоризних грибів йде на користь рослині завдяки прямому перенесенню їй поживних речовин із мережі гіфів грибів. В обох випадках інвестиції рослини в підземний розподіл вуглецю винагороджуються збільшенням доступності поживних речовин, зокрема азоту та фосфору, а також підвищенням стійкості проти абіотичного стресу, такого як посуха, спека та кислотності ґрунту (Kaiser C. та ін., 2015; Бегум та ін., 2019).

Карбонове землеробство

Про актуальність для суспільства проблеми секвестрації вуглецю в землеробстві свідчить і те, що сьогодні поширюються такі терміни, як карбонове землеробство та кліматично-орієнтоване землеробство. Ці терміни позначають напрями розвитку, які базуються на тих самих принципах ощадного землеробства, які детально розглянуті в розділах 1 і 2, та є основою систем землеробства No-till і Strip-till, але основний акцент, на які орієнтовані ці системи землеробства, відбиваються в їх назвах. У кліматично-орієнтованому землеробстві основна увага зосереджена на пошуку шляхів адаптації системи землеробства до умов глобального потепління, а в

карбоновому землеробстві – на утриманні (секвестрації) вуглецю в ґрунті. Відповідно кожне з них базується на загальноприйнятих положеннях, але водночас розвиває й власні напрями.

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

Основними напрямами наукових селекційно-генетичних розробок є:

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

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

Збільшення глибини проникнення кореневих систем є ще одним шляхом, за допомогою якого можна збільшити надходження й утримання вуглецю в ґрунті. Вуглець, що відкладається на глибині, може мати більше часу на перетворення, оскільки швидкість розкладання з глибиною зменшується порівняно з поверхневими горизонтами ґрунту. Це може сприяти тривалому зберіганню вуглецю в ґрунті. Крім того, глибше коріння може одночасно певною мірою пом’якшити наслідки посухи, тим самим збільшуючи поглинання вуглецю. Селекція з вдосконалення рослин для збільшення поглинання вуглецю в ґрунті є невикористаним, екологічно чистим й економічно прийнятним джерелом збільшення накопичення гумусу в ґрунті (Paustian K. та ін., 2019).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3) сформувати ґрунтовий мікробний консорціум, який здатен не лише підвищити спроможності ризосфери на поглинання CO_2, а й потужно стимулювати ріст рослин через формування певної сукупності рістрегулювальних речовин (PPP).

9.1.2. Системи землеробства і парникові гази

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

1) виробництво і робота знарядь для обробітку ґрунту;

2) виробництво і внесення добрив та пестицидів;

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

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

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

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

За даними Д. С. Рейкоскі, загальний об'єм виділеного CO_2 за 87 днів із кожного квадратного метра за застосування No-till був на 60 відсотків меншим, ніж за традиційної технології. Рівень викиду в атмосферу CO_2 з ґрунту суттєво залежить від глибини його обробітку. Чим глибше проводиться механічний обробіток, тим більше надходить вуглекислого газу в атмосферу (рис. 9.3).

В умовах Агрономічної дослідної станції Національного університету біоресурсів і природокористування України науковцями кафедри землеробства і гербології та лабораторії точного землеробства було встановлено, що навіть осіння культивація виораного поля призводить до різкого зменшення вмісту вуглекислого газу в обробленому шарі. Вже через 5 хв після культивації вміст CO_2 в ґрунтовому повітрі зменшився у 2,8 раза. Тобто відбувся значний викид цього газу в атмосферу.

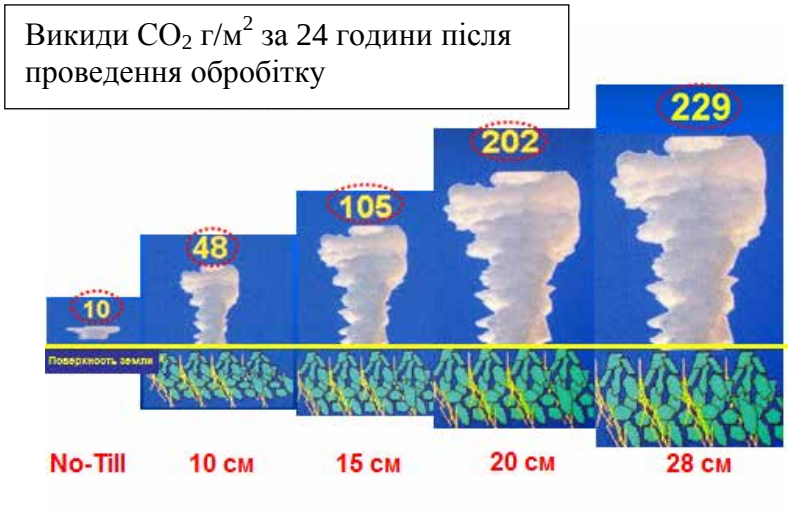


Рис. 9.3. Вплив глибини обробітку на рівень викиду CO_2 в атмосферу за Д. С. Рейкоскі

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

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

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

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

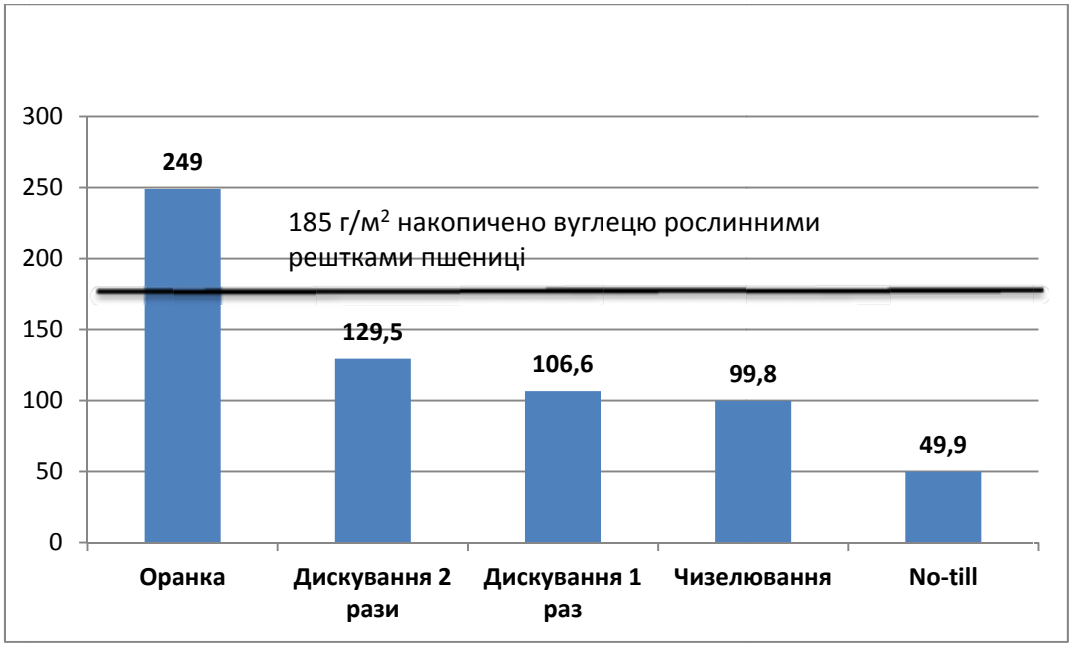


Рис. 9.4. Викиди вуглекислого газу через 19 діб після обробітку ґрунту, 1997. © Reicosky D. C., USDA

Отже, потенціал секвестрації вуглецю в орних ґрунтах визначається:

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

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

9.1.3. Секвестрація вуглецю – нове джерело доходів фермерів

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

Вуглець, зібраний рослинами з повітря і законсервований у ґрунті, можна продати на вуглецевих ринках, які зараз активно розвиваються. Як це працює? Простими словами, промислова компанія внаслідок своєї виробничої діяльності викидає в повітря 1000 т CO_2. Виконуючи законодавчі вимоги щодо очищення повітря, компанія купує цей обсяг у фермера, який ці 1000 т CO_2 вилучив із повітря і законсервував на своїх полях у вигляді

органічної речовини. Зиск мають обидві сторони: промислова компанія має нульові викиди й відсутність додаткових податків, а фермер – додатковий прибуток і здоровий ґрунт із підвищеною родючістю. В Європі за підвищення вмісту гумусу з 2,5 до 2,8 відсотка (зниження викидів CO_2 в розмірі 10 т/га) винагорода становить 300 €/га. У США в кожному штаті існують свої ціни за секвестрацію вуглецю, бо єдиної загальноприйнятої у світі методики оцінки кількості поглинутого CO_2 не існує. В Мексиці та Казахстані за 1 т секвестрованого CO_2 премія становить $1, в Китаї – $5, у Каліфорнії (США) – $18, у Швеції – $139 за тонну.

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

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

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

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

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

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

9.2. Ґрунтозахисна функція системи землеробства

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

9.2.1. Ґрунт і людина

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

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

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

Загальна площа антропогенних пустель до кінця 2000 року перевищила 9 млн км^2, а це майже дорівнює території США або Китаю та становить 6,7 відсотка усього земельного фонду планети. Цікаво, проте і площа No-till у світі майже така сама – 6,8 відсотка. Процес антропогенного опустелювання триває й дотепер. Під загрозою опинилися від 30 до 40 млн км^2 на територіях понад 60 країн. Сьогодні проблему опустелювання зараховують до глобальних проблем людства.

Основні причини антропогенного опустелювання – надлишковий випас худоби, вирубка лісів, а також надмірне й неправильне використання оброблюваних земель (монокультурність, оранка цілини, полицевий механічний обробіток ґрунту на схилах).

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

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

Проте ерозія й дефляція пов’язані не лише зі збільшенням площ орних земель і наднормованим навантаженням на пасовища, а й з використанням важкої ґрунтообробної техніки, яка ущільнює ґрунт і руйнує його структуру (фото 9.1)



Фото 9.1. Технологічна ерозія. ©agrotimes.ua

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

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

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

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

На території України утворилася своя пустеля – Олешківські піски, яка за площею є найбільшою в Європі. Вона розташована в 30 км південніше Херсона. Пустеля простягнулася майже на 30 км із заходу на схід і на 150 км із півночі на південь і займає площу в 160 000 га. *Українська пустеля – це справді географічний феномен, що з'явився в результаті безвідповідальної людської діяльності. Подальша інтенсифікація обробітку ґрунту з частими й глибокими оранками може призвести до повної деградації наших земель (фото 9.2).*



Фото 9.2. Пилова буря в Херсонській області. © Щедрінов А.

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

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

9.2.2. Водна ерозія ґрунту

9.2.2.1. Причини та форми водної ерозії

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

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

Водна ерозія проявляється на схилах, де стікає дощова або тала вода, і поділяється на площинну (порівняно рівномірний змив ґрунту під впливом стоку води, яка не встигає поглинатися ґрунтом), струменеву (утворення неглибоких промоїн, що усуваються подальшим обробітком ґрунту) і лінійну, або яружну (розмив потоками води ґрунтів і гірських порід).

Площинна ерозія (змив ґрунту) (ДСТУ 7118:2009) виникає на крутих розораних схилах, коли тонкий шар води накопичується на поверхні, заповнює всі проміжки в ґрунті, а потім стікає суцільним потоком по схилу, руйнуючи ґрунт (фото 9.3).

Струменева ерозія (ДСТУ 7118:2009) – наступна стадія розвитку площинної ерозії, коли відбувається перерозподіл поверхневого стоку з переходом його у мікрорусла (фото 9. 4). Надалі ці мікрорусла заходами обробітку ґрунту зарівнюють. За чергового випадання опадів вони знову з'являються і їх знову зарівнюють ґрунтообробними знаряддями. В результаті потужність ґрунтового шару поступово зменшується й з'являються змиті еродовані ґрунти. Поступово струменева ерозія може перейти в лінійну.

Лінійна, або яружна, ерозія (ДСТУ 7118:2009) проявляється у вигляді розмиву ґрунту концентрованим потоком у понижених місцях схилу з формуванням промоїн, які надалі збільшуються за шириною та глибиною й

перетворюються в яри. Лінійна ерозія за розмірами території, що ушкоджується, значно поступається площинній і струменевій. Цей вид ерозії найчастіше проявляється за знищення рослинного покриву.



Фото 9.3. Площинна ерозія. © agroprofi.com.ua

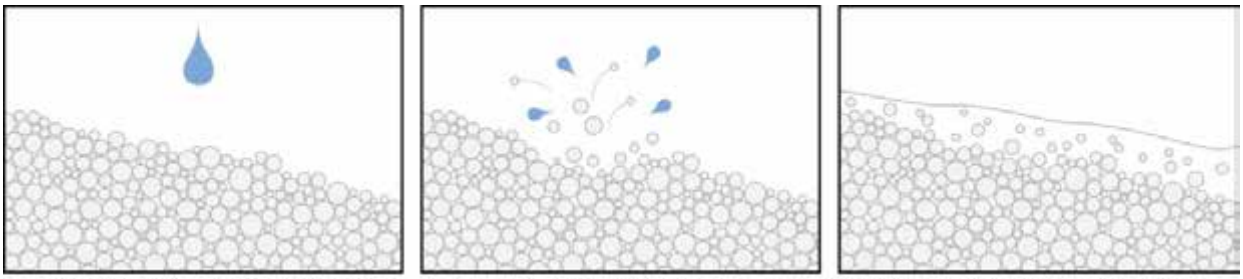


Фото 9.4. Струменева ерозія. © agroprofi.com.ua

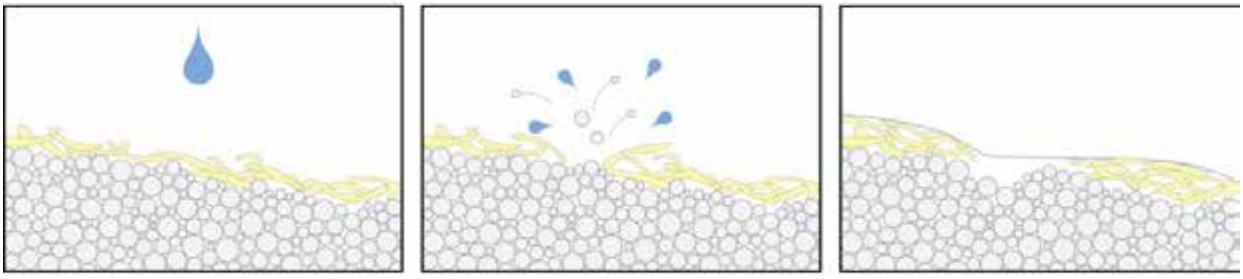
Маса щорічно змитого ґрунту в районах землеробства становить від 9 т/га до десятків тон із кожного гектара. Кількість органічних речовин, яка змивається протягом року з усієї суші нашої планети, – близько 720 млн т.

Водна ерозія розпочинається з руйнування ґрунтових агрегатів ударами дощових крапель (рис. 9.5). Звідси – першою перепоною прояву водної ерозії є водостійка структура та достатній рівень водопроникності ґрунту. В системі землеробства No-till наявна максимальна кількість чинників, які сприяють формуванню водостійкої структури ґрунту, а відсутність механічного обробітку – максимально мінімізує її порушення. В системі землеробства Strip-till переміщення пожнивних решток із зони рядка і проведення розпушування посилюють вплив негативних чинників відкритого

ґрунту й механічного обробітку на структурний стан у середньому на 30 відсотків площі поля. Наявність розпушених відкритих смуг підвищує ризик прояву водної ерозії. Детально зміни в структурі та водопроникності ґрунту в системі No-till і Strip-till викладені в розділі 2.



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



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

Рис. 9.5. Прояв руйнівної дії дощових крапель. © David P. Shelton, Paul J.Jasa, Larry C. Broun

Що відбувається коли крапля води падає на поверхню ґрунту?

Удари дощових крапель починають руйнування ґрунтових агрегатів (рис. 9.5). Розмір крапель залежить від сили дощу, котрий в свою чергу, визначається кліматичними умовами конкретного регіону. Діаметр крапель дощу варіює від 0,25 до 6 мм (середній – близько 3 мм). Розмір ґрунтових агрегатів зазвичай становить менше як 1 мм. Коли крапля діаметром 3 мм, що летить зі швидкістю 750 м/сек, ударяє в ґрунтову частинку, то та розпадається на кілька дрібніших агрегатів. За силою удару це подібно тому, якби в людину вагою 80 кг врізався автомобіль масою 1600 кг, що рухається зі швидкістю 27 км/год. Дощ із вітром, котрий прискорює швидкість краплини, посилює її вплив на ґрунт, бо прискорена вітром краплина несе в собі заряд кінетичної енергії у 2,75 раза більший, ніж при дощі без вітру (Troeh та ін., 1991).

Крапля, що падає, має силу, дія якої на ґрунтовий агрегат спрямована вниз, вбік і вверх. Сила, що діє вниз, ущільнює і зменшує розмір пор. Енергія крапель дощу, котра діє вверх і вбік, так впливає на ґрунтові агрегати, що ті буквально «вибухають». Коли ґрунтові агрегати «вибухають», дрібні їх

частинки забивають простір макропор і швидкість інфільтрації знижується Зрозуміло, що при короткочасному й несильному дощі вплив крапель буде меншим, ніж при зливі з сильним вітром. Наслідком цього є утворення ґрунтової кірки.

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

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

Тому ключовим моментом процесу контролю виникнення водної ерозії є наявність необхідної кількості рослинних решок на поверхні поля (рис. 9.6).



Рис. 9.6. Торнадо в Одеській області. © Подгорний В.

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

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

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

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

9.2.2.2. Біогенні чинники контролю водної ерозії ґрунту

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

Встановлено, наприклад, що вирощування люцерни та райграсу сприяє підвищенню показника протиерозійної стійкості в 1,4–2 рази. Ефективність різних видів рослин у зниженні ерозії ґрунту передусім залежить від типу їх кореневої системи та її розвитку. Відповідно до цього, просапні культури майже не сприяють зростанню швидкості поглинання води ґрунтом, зернобобові збільшують її приблизно в 1,2 раза, зернові – в 1,3, бобові без злаків – в 1,7, злаково-бобові суміші – у 2,2, лугові рослини – в 3 рази. Ці параметри враховують при створенні сумішей покривних культур із метою розущільнення ґрунту і підвищення його водопроникності.

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

Одним з узагальнювальних показників оцінки багатогранного впливу рослинності на ерозію може бути коефіцієнт наявності перешкод, ство-

рюваних рослинністю до поверхневого стоку води. Численними дослідженнями встановлено, що коефіцієнт наявності перешкод збільшується залежно від характеру трав'яного покриву у 2–3 і навіть 4–5 разів (Кетридж Дж., 1951). За даними Г. Ларіонова (1993) помітне зменшення швидкості руху води починається вже при досягненні проєктивного покриття 50 відсотків.

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

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

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

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

В системі землеробства No-till протиерозійна стійкість ґрунту в період відсутності культур на полі досягається завдяки мертвим рослинним рештками або наявності покривних культур, а на дуже крутих схилах, за потреби, може доповнюватися додатково проведеним щілюванням по горизонталях. Сівба культур проводиться без попереднього механічного обробітку ґрунту, що забезпечує надійний протиерозійний контроль впродовж усього вегетаційного сезону.

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

9.2.2.3. Ерозія ґрунту і сніготанення

Ерозія, яка зумовлена сніготаненням, відрізняється меншою виразністю, але більшою тривалістю, ніж дощова ерозія. Якщо до початку

танення снігу ґрунт розмерзається лише з поверхні (5–8 см), то водопроникність такого ґрунту дуже мала і перенасичений водою верхній шар легко може бути змитий. Чорноземні ґрунти здатні поглинати талу воду у разі, якщо вони розмерзлися на глибину не менше 20 см.

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

9.2.3. Вітрова ерозія

Вітрова ерозія (дефляція) ґрунту спостерігається на будь-яких типах рельєфу, зокрема й на рівнинах. Вона буває слабкою повсякденною, що виникає за малих швидкостей вітру (5–10 м/с). Протікає цей процес непомітно, проте є не менш шкідливим, оскільки повільно і постійно руйнує та виснажує ґрунт. Може спричиняти оголення насіння, висіяного в ґрунт, пошкодження молодих сходів рослин (засікання) (фото 9.7).



Фото 9.5 Лісосмуга, занесена ґрунтом. © Щедрінов А.

Потужна вітрова ерозія (пилові бурі) проявляється періодично, коли сильні вітри піднімають у повітря дрібні частинки верхнього шару ґрунту, іноді разом з рослинами, і переносять їх на великі відстані (фото 9.5). Це

найбільш активний і шкідливий вид дефляції, який призводить до швидкого і сильного руйнування ґрунтового покриву та виникає за швидкості вітру понад 12–15 м/с.

Прояву пилових бур передує тривала повсякденна дефляція, яка лише засвідчує можливість руйнування ґрунту до її виникнення (фото 9.6). Тобто пилові бурі є не причиною, а наслідком попереднього руйнування ґрунту. Кількість ґрунту, що видувається в окремих випадках, може досягати 120–124 т/га і відбувається це переважно на територіях із недостатнім зволоженням і за відсутності рослинного покриву.



Рис. 9.6. «Торнадо» на полі в Україні. © Косолап М.

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

Як свідчить практика, пилові бурі не можуть виникати над вітростійкою поверхнею. Дефляційна стійкість агроландшафту за використання системи землеробства No-till визначається двома чинниками – безпосеред-

ньою наявністю рослинних решток на поверхні ґрунту та їх опосередкованим впливом на структурний стан поверхневого шару ґрунту (фото. 9.8).



Фото 9.7. Присипані піском сходи культури. © Щедрінов А.



Фото 9.8. Стерня як захист від вітрової ерозії. Затримка піску. © Щедрінов А.

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

Основним чинником захисту ґрунту від повітряної ерозії є наявність рослинних решток на поверхні ґрунту. Важлива характеристика їх протидефляційної ефективності – це густота та просторове розміщення. Мінімальна кількість рослинних решток, яка забезпечує надійний захист ґрунтів від дефляції, становить 200–300 (і більше) штук стерні на 1 $м^2$. Встановлено, що чим більше рослинних решток залишилося у вертикальному стані, тим краще вони захищають ґрунт від вітрової ерозії. Дослідження проведені в Херсонській області, підтвердили, що технологія No-till має абсолютну ґрунтозахисну ефективність. На варіантах із No-till кількість рослинних решток, які залишилися на поверхні ґрунту, порівняно з традиційними обробітками, залежно від попередника була у 2,5–24 разів більшою, що й зумовило високу загальну протидефляційну спроможність агроландшафту.

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

Норман Борлог,
лауреат Нобелівської премії, 1970 р.



© nubip.edu.ua

9.3. Біологічне різноманіття

Сьогодні будь-яка система землеробства оцінюється за трьома групами показників – традиційними базовими агроекономічними, екологічними та соціальними. Одним з основних показників екологічної прийнятності, який визначає сталість агроекосистеми, є рівень збереження та підтримання біорізноманіття. Склад і співвідношення видів живих організмів в агроекосистемі («біологічне різноманіття») визначає не її лише стан, а і стан навколишнього природного середовища. У Концепції загальнодержавної програми збереження біорізноманіття в Україні на 2005–2025 рр. вказується на необхідність забезпечення розширеного відтворення біорізноманіття шляхом удосконалення механізму управління збереженням та невиснажливим використанням біорізноманіття у складі єдиної екомережі України.

Термін «біорізноманіття» стандартного визначення не має. Екологи часто користуються таким визначенням: *біорізноманіття – як сукупність генів, видів та екосистем у регіоні*. Це визначення дає змогу застосовувати уніфікований підхід до різних рівнів організації живої біоти. Розрізняють

природне й агробіорізноманіття, яке характерне для земель, де ведеться сільськогосподарська діяльність.

Агробіорізноманіття поєднує:

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

Особливості, які відрізняють агробіорізноманіття від біорізноманіття інших екосистем:

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

Під управлінням агроекосистемою поля слід розуміти проведення системи певних сільськогосподарських заходів. Управління є дія, але не кожна дія є актом управління. Людина не регулює, а тільки внаслідок проведення здебільшого агротехнічних заходів модифікує агроекосистему, в рамках її саморегуляційних можливостей. Наприклад, висів покривних

нектароносних культур, які виконують сукупність агротехнічних завдань, водночас є високоефективним заходом щодо підтримки біорізноманіття в агроландшафтах. Густота рослин також може виступати одним із «важелів» регулювального управління структурою агроценоконсорцій. Через норми висіву насіння можна спричинити зміни біоценотичних відносин між культурою і шкідливими організмами. Вплив шкідників не завжди має негативний характер. Наприклад, відомий позитивний ефект від пізніх пошкоджень додаткових стебел пшениці озимої личинками злакових мух. Збільшення норм висіву зернових культур на 10–15 відсотків можна застосувати з метою зниження інтенсивності застосування гербіцидів. Тут доречно навести одну з рекомендацій нової науки синергетики − головне в управлінні не сила, а правильна дія, хоч би і слабка. Норма висіву, часто якраз і є тонким заходом управління.

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

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

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

За свідченням фермерів, що перейшли на систему землеробства No-till, посереднім показником зростання біорізноманіття на полях є збільшення чисельності зайців, лис та інших тварин, які знаходять для себе поживу. Навіть перелітні птахи (гуси) віддають перевагу полям озимих культур, які посіяні за технологією No-till (фото 9.9). Слідом за ними на полях No-till зростає в сезон охоти чисельність мисливців. В розділі 7 відмічалося зростання проблеми мишей на полях. Для їх контролю американські фермери навіть будують спеціальні будиночки для нічних сов, котрі є чудовими мисливцями на мишей.



Фото 9. 9. Перша ознака біологічного різноманіття. © SuperAgronom.com

Єдиного загальновизнаного методу оцінки рівня біорізноманіття не існує. Це пов’язано зі складністю не лише фізичного обліку всіх живих організмів, а й з оцінкою їх місця, ролі та визначення оптимального рівня їх присутності в складі конкретної агроекосистеми. З розвитком інформаційних технологій з’являються принципово нові можливості використання сучасних методів аналізу агробіорізноманіття, які базуються на отриманих даних дистанційного зондування Землі та алгоритмах розрахунку індексу MSA (Mean Species Abandance). Індекс MSA – це узагальнене видове багатство (середня видова щільність), за яким будується просторова модель та визначається середній тренд очікуваної видової щільності з огляду на відносну видову щільність цієї території, якщо вона була б у природному стані.

Актуальність вивчення, врахування і використання в практичній роботі біорізноманіття зумовлена тим, що вона забезпечує стабільність і продуктивність екосистем без застосування додаткових ресурсів інтенсифікації. Різні види, займаючи відповідні екологічні ніші, забезпечують повніше використання ресурсів.

Питання для самоконтролю

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

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

Додаткова література

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

Відеоматеріали

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

РОЗДІЛ 10. ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА NO-TILL І STRIP-TILL В УКРАЇНІ

За всіх переваг систем землеробства No-till і Strip-till їх впровадження в Україні відбувається неоднозначно. Аналіз останнього 15-річного періоду загалом показав, що перший етап «ентузіастів» уже завершився. На жаль, багато господарств, які починали впроваджувати систему No-till, стикнувшись із труднощами, відмовилися від неї, але ті, що витримали перший складний період, на сьогодні є успішними й система No-till та Strip-till для них стала єдиним напрямом подальшого розвитку, тому вони продовжують її активно вивчати й удосконалювати. Виявилося, що технологія прямого посіву є складнішою, вимагає більше знань і без відповідної підготовки її застосування може призводити до небажаних результатів. Це зумовлює необхідність вивчення досвіду країн, які успішно застосовують ці системи землеробства на великих площах та досвіду успішних фермерів України.

10.1. Досвід зарубіжних країн щодо переходу на систему землеробства No-till

США і Канада. Цілісна природа системного підходу до методу No-till вимагає співпраці між фермерами й агентствами з передачі технології кінцевому користувачу. Проєкт для створення такої співпраці в цих країнах був запущений у травні 1997 року. Цей проєкт – плід спільних зусиль державної Служби раціонального використання природних ресурсів, приватного підприємства Ducks Unlimited, Відділу навколишнього середовища і природних ресурсів штату Південна Дакота, Асоціації No-till Південної Дакоти, Служби кооперативного розвитку сільського господарства Державного університету Південної Дакоти і Сільськогосподарської експериментальної станції Південної Дакоти. В рамках проєкту були напрацьовані підходи до здійснення переходу на нову систему землеробства, починаючи зі створення місцевих груп із проведення експертиз і закінчуючи розвитком інформаційних джерел у всесвітній мережі інтернет. Наші фермери вивчають досвід No-till в США (фото 10.1).

Європа. Попередні дослідження свідчать, що системи зберігаючого землеробства у формі No-till і Srtip-till в Європі мають великий потенціал розвитку в більшості країнах, особливо в Іспанії та Італії. Але загалом слабкі темпи впровадження на цьому континенті пояснюються передусім

упередженим ставленням європейських науковців до методів зберігаючого землеробства, а також відсутністю бажання у фермерів, яких влаштовують субсидії від Європейського Союзу на використання різних методів обробітку ґрунту. Досягнутий високий рівень урожайності не стимулює їх до ризиків, пов'язаних з переходом на нові системи землеробства. За даними ECAF (2002), технологія No-till в Іспанії запроваджена на 300 000 га, в Італії – на 80 000 га, Франції – на 50 000 га.



Фото 10.1. Багаторічний No-till. Вирощування покривних культур у США. Вивчення досвіду. © «Агро-Союз»

Австралія. Через жорсткі особливості клімату й економічні причини (зниження витрат праці, економія часу, зниження витрат палива, інвестицій на обладнання та спецодяг), а також завдяки розвитку і розширенню наявних фермерських організацій (WANTFA, 2003) зберігаюче землеробство стабільно розвивається і розширюється. Адаптація системи No-till у Західній Австралії проходила швидко, як революція, коли за 12 років відсоток її поширення зріс з 1 до 80 відсотків. Зміни почалися з мінімізації обробітку ґрунту від одноразової або дворазової культивації перед сівбою до повної відмови від оранки. Рушійною силою адаптації був сам фермер, попри те, що дані наукових досліджень протягом тривалого періоду часу оцінювали метод

No-till тільки з негативного боку. Клімат Південно-Західної Австралії є чітко вираженим середземноморським кліматом. На 18 млн га землі за рівня випадання опадів 300–600 мм можна вирощувати посухостійкі культури. Вегетаційний сезон триває з травня по жовтень, в жаркі й посушливі літні місяці культури практично не виживають. Температура взимку коливається від -4 °С до -14 °С, трохи тепліше на півночі (до +5 °С). Максимальні літні температури часто досягають +45 °С у північних і центральних регіонах. Отже, погодні умови в цьому регіоні Австралії менш сприятливі, ніж в Україні. Близько 60 відсотків ґрунтів є піщано-глинистими, глибина гумусового горизонту 10–50 см. Існують регіони і з глибшими піщаними пластами. Ці неоднорідні піщані ґрунти містять здебільшого тільки 1–5 відсотків глини. Ґрунти не містять міді, цинку, молібдену, в них наявна незначна кількість фосфору. Червоні суглинки на берегах річок зазвичай мають достатню кількість поживних речовин для росту рослин.

Упродовж 1870-х років, після очищення від лісів, на малородючих річкових суглинках з'явилася можливість вирощувати сільськогосподарські культури та формувати пасовища. Піщані ґрунти не використовували до 1946 року, поки не були виявлені відсутні ґрунтові мікроелементи. Через 10 років протягом 1950-х років за вказівкою уряду розчищалося понад 1 млн акрів землі в рік. Зараз, через 70 років 10 відсотків цих земель є засоленими й очікується, що їх загальна площа становитиме близько 30 відсотків до 2025 року. Це викликає занепокоєння серед учених і практиків. Багато сільськогосподарських проблем були значною мірою вирішені завдяки широкомасштабному застосуванню технології No-till.

Значний вплив вітрової ерозії в Західній Австралії та зокрема вздовж південного узбережжя на початку 1980–1990-х років призвів до зміни ґрунтової родючості. Так несприятливі ґрунтово-кліматичні умови й короткий період інтенсивного сільськогосподарського використання (брак у фермерів тривалого досвіду обробітку цих ґрунтів) виявилися стимулювальними чинниками швидкого переходу на нову систему землеробства. Цьому сприяло вивчення практичного досвіду використання системи No-till на американському континенті. Мережа фермерської організації WANTFA грала головну роль у процесі співпраці з колегами з наукових установ у цій системі землеробства.

Аргентина. Впровадження системи землеробства No-till в Аргентині має свою специфіку. Головна особливість полягає в тому, що перехід на нову систему землеробства проходив через групи фермерів CREA – регіональні й національні структури, що фінансуються з коштів, які одержують від членських внесків На сьогодні існує понад 150 таких груп, в середньому одна

група складається з 8–10 осіб. Щорічні витрати членів групи CREA приблизно становлять 6–7 000 дол. США. Середній розмір ферми/ранчо – 1681 га. Витрати в 6–7 000 дол. США (станом на 1996 рік) становили еквівалент зібраного врожаю з 12–20 га таких сільськогосподарських культур, як пшениця, кукурудза, соняшник або соя.

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

Етап 1. Ознайомлення, інформація і тренінги.

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

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

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

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

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

Тренінги. Метою сукупності проведених тренінгів було не поширення системи на всю територію відразу, а формування системи перших «маяків», тобто місць, де застосування No-till було успішним і забезпечило вирішення актуальних проблем. У цих точках фермери змогли на реальних прикладах вивчити принципи й концепцію зберігаючого землеробства, а також способи освоєння і переходу на нову систему землеробства в місцевих ґрунтово-кліматичних умовах. Якщо вони вважали, що система ефективна, то самі брали ініціативу з впровадження і поширення цієї системи, позаяк фермери

завжди в таких випадках виступають як «провідники». Основний ризик вони беруть на себе, їхній досвід і творчість завжди є основою для успішного впровадження нових сільськогосподарських принципів і систем землеробства.

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

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

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

Фермерські організації.

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

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

У світі такі організації існують для того, щоб зміцнити роль фермерів у суспільстві на національному та міжнародному рівні. Підтримка у створенні

нових фермерських організацій та діючих у цей час, а також в об'єднанні таких організацій спрощує та прискорює поступальний розвиток сільського господарства.

Етап 3. *Ф*інансова підтримка та відповідний план дій.

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

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

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

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

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

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

Окремі дослідження з проблем No-till почали проводити з 1969 року, на півдні Бразилії, з 1971 року – в штаті Парана, за підтримки GTZ наслідком яких став вихід першого видання технології мінімального обробітку ґрунту (Ramos, 1976). Центр з дослідження пшениці (ЕМБРАПА) в Пассо Фунда, Ріо-Гранде до Сул, почав імпортувати сівалки з США у 1975 році, які стали основою для сучасної сільськогосподарської техніки Бразилії (Bartz H., 1999). Паралельно проходили дослідження, пов'язані з покривними культурами, сівозмінами, шкідниками, хворобами та іншими аспектами, що стосуються зберігаючого землеробства.

У 1977 році в Центрі з дослідження сої (ЕМБРАПА) було проведено перше наукове засідання з проблем технології нульового обробітку. Фермери й агрономи організували технічні наради за участю приватного сектора. Надалі в Понта Гросса (1981, 1983 і 1985 рр.) утворилося три національні рухи з підтримки та впровадження системи землеробства No-till.

Отже, в Бразилії початкова ініціатива належала фермерам. Ця ініціатива знайшла підтримку в державних структурах і наукових колах. Сьогодні спільна робота фермерських організацій, державних структур, університетів і дослідницьких центрів є основою успішного впровадження нової технології в цій країні. Завдяки фермерським об'єднанням стало можливим створення в 1992 році Національної федерації, яка займається питаннями прямого посіву (FEBRAPDP). Бразильські вчені вважають, що тісна співпраця приватного сектора, недержавних та державних організацій, а також деяких міжнародних агентств стала початковим чинником успішної реалізації в країні програми переходу на технологію No-till.

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

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

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

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

4) фаза домінування нової технології. Нова технологія стала нормою в сільському господарстві країни. У цей період проводилися її комплексні дослідження з метою уникнути великих проблем у майбутньому. Активна робота громадських, державних та приватних організацій із розповсюдження нової технології. Відбувалося широкомасштабне впровадження нової системи землеробства. *Як підкреслювали Gassen D. N. і Gassen E. R. (1996), комплексні агрономічні дослідження в галузі нульової технології особливо важливі в період після її впровадження, позаяк широке застосування No-till приводить до зміни біологічного балансу території.*

Швидкому поширенню нової системи землеробства сприяли:

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

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

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

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

Одним зі стримувальних моментів було те, що система землеробства No-till вимагає досить-таки великих інвестиційних вкладень на техніку та витрат на проведення тренінгів для зацікавлених людей. Технології вирощування сільськогосподарських культур вимагають високого рівня знань від виконавців.

10.2. Практика впровадження та результати застосування No-till і Strip-till в Україні

На сьогодні в нашій країні більшість вітчизняних дослідників і виробничників вважає найдоцільнішим у сівозмінах диференційований основний обробіток ґрунту, що передбачає чергування полицевих і безполицевих способів обробітку на різну глибину залежно від екологічних умов, біологічних особливостей рослин, систем удобрення, меліоративних заходів тощо.

На думку наших науковців, з 30 млн га ріллі в Україні на 6,4 млн га мінімізація обробітку практично неможлива, на 5,1 млн га мають застосовуватися зональні технології з окремими елементами мінімізації, на 13,01 млн га – пропонується мінімальний обробіток і лише на 5,49 млн га – нульовий, хоча ми впевнені, що No-till може бути успішно застосований на значно більшій площі. За попередніми даними Міністерства сільського господарства країни, площа ріллі, на якій застосовується система землеробства No-till у зоні Степу сягає 11 відсотків. Сьогодні продовжується формування українського варіанту системи No-till, адаптованого до різних ґрунтово-кліматичних умов нашої країни. Надалі можна прогнозувати прискорення поширення No-till в Україні, оскільки з’явилася власна матеріальна основа цієї технології – сівалки прямого посіву, які вже виробляють українські машинобудівники. Набутий досвід України з освоєння системи землеробства No-till є цінним не лише для нас, а й для наших сусідів (фото 10.2).



Фото 10.2. На полях болгарських ноутиллерів. Виїзний семінар від компанії «Агро-Союз» та обмін досвідом. © Романьков Е.

10.2.1. Мотивація до переходу на нову систему землеробства

Кожна людина і все людство загалом постійно розвиваються. Рушійною силою передусім є особистість і її мотивація до пошуку нового. Нова техніка і технологія – це результат пошуку шляху подальшого розвитку, а не навпаки. Стимулом для активного пошуку є реальні проблеми, з якими стикається людина в тій чи іншій галузі діяльності. В розділі 1 детально представлені основні причини, які зумовлюють необхідність освоєння нових систем землеробства, але пріоритети серед них розставляє кожна людина: від особистих, економічних до соціальних і політичних. Це підтверджує і досвід зарубіжних країн світу, які успішно перейшли й працюють за системами землеробства No-till і Strip-till.

Переваг у систем землеробства No-till і Strip-till багато, але кожен визначає для себе кілька основних, які допомагають вирішити проблеми конкретного фермера. Для когось – це посушливий клімат, гостра нестача вологи, для когось – турбота про збереження і підвищення родючості ґрунту, а для когось – пошук шляхів збільшення прибутковості свого бізнесу завдяки зменшенню витрат людської праці. Ці причини можуть бути лише першим поштовхом. Надалі всі фермери проходять складну практичну і теоретичну школу нового розуміння та сприймання місця й ролі землеробства в сучасному виробничому комплексі людства і свого особистого місця в ньому, оскільки системи землеробства No-till і Strip-till – це не просто нові технічні можливості, це нова філософія в землеробстві. Як неодноразово підкреслювали наші та закордонні фермери – основною є проблема побороти в собі старі сталі принципи землеробства. Наскільки це складно – можна бачити за типовою ситуацією, коли поряд два господарства працюють за різними системами землеробства, або звична відмовка тих, хто боїться нового: «У нас такі умови, що ця технологія не піде». На думку багатьох вчених, головний обмежувальний чинник для широкомасштабного поширення систем зберігаючого землеробства по всьому світу – це внутрішні упередження людей.

Системи землеробства No-till і Strip-till є новими системами, тож безумовно мають вузькі місця. Найпроблемнішими моментами, які сьогодні неоднозначно оцінюються науковцями та виробничниками, є:

- диференціація орного шару за розподілом фосфору;
- допустимий рівень ущільнення нижніх горизонтів орного шару після кількох років застосування No-till;
- застосування органічних добрив та вапна в системі No-till;
- точність навігації в системі землеробства Strip-till. Якщо насінина зміщується при сівбі від зони закладки добрив до 3 см – це не позначається на кінцевому рівні врожайності, але якщо зміщення становитиме 10 см і

більше, то буде фіксуватися зниження врожаю культури. І чим більше відхилення, тим більше зниження (наприклад, в урожаї кукурудзи воно досягає до 15 відсотків).

10.2.2. Правила переходу на системи землеробства No-till і Strip-till

Впровадження нової системи землеробства – це не перехід на новий порядок виконання чи набір технологічних заходів. No-till – це більше, ніж технологія, це адаптація землеробства до законів природи, тому будь-який технологічний захід має супроводжуватися певною сукупністю спостережень (постійний моніторинг), щоб правильно оцінити рівень досягнення поставленої мети. Моніторинг об'єднує певну сукупність візуальних, органолептичних й інструментальних спостережень.

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

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

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

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

- повний аналіз фізико-хімічних, водно-фізичних та агрохімічних властивостей ґрунту на полях, де планується почати впровадження No-till,

встановлення наявності плужної підошви та можливості відмови від механічного обробітку ґрунту на кожному полі. *Реперними показниками оцінки стану впровадження на цьому етапі можуть бути: рівень запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на час збирання ранніх зернових (наприклад, пшениці озимої та пізніх культур або кукурудзи) та на час поновлення весняної вегетації пшениці озимої та сівби пізніх ярих культур.* У поєднанні з кількістю опадів, які випали за ці періоди, такі дані дають можливість визначити ступінь ефективності поглинання і накопичення опадів у ґрунті – основного лімітуючого чинника життя рослин в умовах України. Ці розрахунки слід доповнювати спостереженнями (наприклад, за кількістю і площею блюдець на полі, затримкою води на поверхні ґрунту за сильного дощу). Загальний висновок: якщо запаси доступної вологи в ґрунті зросли, ступінь накопичення опадів підвищився, а на полі опади не формують блюдець і відмічається тенденція до їх зменшення, то впровадження системи відбувається добре;

- перегляд структури посівних площ, складання схеми сівозміни й порядку чергування культур. Визначення місця покривних культур у сівозміні (особливості порядку чергування культур і технологія покривних культур детально представлені в розділі 4). *Реперними показниками оцінки стану впровадження цього пункту можна вважати наявність, кількість і стан рослинних решток на поверхні ґрунту, а також рівень розвитку покривних культур по полях сівозміни.* Аналітичними розрахунковими показниками будуть коефіцієнт використання простору-часу, рівень інтенсивності та коефіцієнт видового різноманіття сівозміни;

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

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

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

- придбання сівалки, яка найбільше відповідає ґрунтовим умовам господарства, забезпечує сівбу запланованих культур та за планування системи Strip-till – необхідних для цього знарядь (система машин для цих систем землеробства наведена в розділі 8);

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

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

Варто починати впровадження зберігаючої системи землеробства No-till на одному-трьох полях сівозміни, які за сукупністю проаналізованих показників найбільше відповідають вимогам No-till. Починати треба зі збирання попередника озимих культур. Помилково вважають, що розпочинати треба зі збирання пшениці, яка дає багато рослинних решток. Причина в тому, що після пшениці зазвичай висівають покривні культури, що через брак досвіду сильно ускладнює задачу успішного переходу на нову систему землеробства. Здебільшого попередниками озимих є бобові або просапні (наприклад, соняшник, який мало залишає рослинних решток). Після проходу рублячого катка не виникає проблем провести якісний посів пшениці озимої. Особливу увагу звертають на роботу з рослинними рештками, їх рівномірність розміщення і логістику процесу збирання. Зернові колосові та соя за біологічними особливостями найбільше відповідають умовам прямої сівби. Загальну оцінку ефективності переходу на системи зберігаючого землеробства No-till і Strip-till визначають за сукупністю таких показників:

- підвищення вмісту органічної речовини в ґрунті;
- скорочення витрати ПММ на одиницю площі ;
- підвищення продуктивності праці;
- зниження чисельності працівників;
- зменшення собівартості виробленої продукції.

Як свідчить світова практика, в процесі впровадження системи зберігаючих технологій відмічається п'ять часових етапів, коли фіксуються суттєві зміни в стані ґрунту, формуванні та продуктивності агробіоценозів. Завжди слід бути готовим до появи проблем, які не були передбачені в плані переходу. Їх необхідно своєчасно виявляти та приймати відповідні рішення, вносячи потрібні зміни в план переходу.

10.2.3. Імовірні помилки впровадження систем землеробства No-till і Strip-till

Як свідчить практика, в процесі переходу до нової системи землеробства кожен фермер припускався помилок. Повністю їх уникнути неможливо, тому треба бути готовим до них. Найтиповіші з них такі:

- неякісне подрібнення рослинних решток. Занадто дрібне – призводить до загрози їх заминання в насіннєве ложе, що за потрапляння в нього вологи може викликати гниття кореневої системи проростків;
- нерівномірний розподіл решток по полю. Для рівномірного розподілу насамперед ширина жатки має відповідати потужності розкидача соломи, яким обладнаний комбайн;
- ранній посів насіння в занадто вологий ґрунт, що затримує появу сходів і збільшує їх ураження хворобами;
- азотне голодування рослин. Часто причина в тому, що в системі удобрення культури не передбачено внесення компенсаційних норм азоту для розкладання рослинних решток або за низької температури ґрунту в ньому немає активної діяльності мікроорганізмів;
- висока швидкість руху сівалки під час сівби, що знижує рівномірність заробки насіння в ґрунт;
- переущільнення ґрунту, особливо на краях полів. Багаторазові проходи трактора чи автомобіля (наприклад, для вивезення зерна від комбайна) призводять до ущільнення поверхневого шару ґрунту та порушення його структури. Такий самий ефект справляють сильно накачані шини тракторів, навіть якщо їх ставити здвоєними;
- неправильне налаштування роботи сівалки. В перші роки переходу на нову систему землеробства ця помилка трапляється дуже часто. Проявляється вона зазвичай в неправильному налаштуванні роботи култера або прикочуючих котків, виборі неоптимальної глибини заробки насіння, підборі сортів і гібридів, якості висіяного насіння тощо. Причиною помилок зазвичай є попередній досвід роботи в традиційному землеробстві, коли ґрунт на час сівби розпушений, а рослинних решток немає;
- застосування розроблених для традиційної системи землеробства заходів регулювання поживного режиму та систем контролю біологічних чинників ризику;
- очікування швидкого результату від No-till. Основна перевага No-till – поліпшення властивостей ґрунту, а вони не настають миттєво за один рік. У середньому тільки після 2–3 років можна чітко побачити поліпшення ґрунту (наприклад, ґрунт став структурованішим, менше прилипає до

робочих знарядь, на полі зменшується площа блюдець, ґрунт перестає тріскатися тощо);

- переведення всіх орних земель господарства на No-till – не варто робити відразу.

10.3. Економічна ефективність систем землеробства No-till і Strip-till в Україні й у світі

10.3.1. Економічна ефективність системи землеробства No-till

Системи землеробства – це не спосіб існування людини в природі, а товарне виробництво, ефективність якого визначається не загальним обсягом виробництва продукції, а його економічною доцільністю незалежно від континенту чи країни. У попередніх розділах викладені екологічні, соціальні й агротехнічні переваги систем землеробства No-till і Strip-till, але *якщо будь-яка система виробництва буде збитковою – вона буде нежиттєздатною*.

Система землеробства – це відкрита виробнича система, економічну ефективність якої можна оцінювати вузько на рівні самої системи, а можна проводити широку економічну оцінку на рівні регіонального і державного соціально-виробничого комплексу. Наприклад, No-till поліпшує якість води й повітря, це прямого економічного зиску для господарства не дає, але в межах територіального соціально-виробничого комплексу допомагає зменшити витрати на очищення води й лікування людей. Зменшення ерозії ґрунту в процесі переходу на системи землеробства No-till і Strip-till за результатами розрахунків Міністерства землеробства США (Glanz J. T., 1995), допомогло б зменшити витрати на захист від водної та вітрової ерозії на 7 млрд доларів США. За результатами розрахунків F. Tebrügge й A. Böhrnsen, проведеними ще в 1997 році, в дев'яти країнах ЄС потенційно щорічне зменшення витрат може становити 3,44 млрд євро за умови, що системи зберігаючого землеробства будуть застосовані на найпридатніших ґрунтах на загальній площі 22,9 млн га. Але й сьогодні більшість політиків і фермерів у Європі думає більше про врожайність. Перші надають великі фінансові дотації аграрному сектору, а тому інші не хочуть ризикувати та переходити на нові системи землеробства, але поступово в міру розвитку світової економіки – прискорене зростання цін на паливо, добрива, пестициди й менше на сільгосппродукцію змушує політиків зменшувати дотації, а фермерів усе більше вивчати принципи й основи зберігаючого землеробства та починати впроваджувати елементи для зменшення собівартості своєї продукції. Якщо ціни на продукцію визначаються на світових ринках і виробник на них практично не впливає, то єдиним вагомим чинником збереження і підвищення прибутку є зниження власних витрат.

Прибуток = валова виручка - витрати

Всі три показники для порівняння різних варіантів технологій чи систем землеробства в економіці заведено виражати в грошових одиницях на одиницю площі – гектар, оскільки на цю одиницю площі визначають і кількість виробленої продукції. Витрати на одиницю виробленої продукції називають *собівартістю*. Собівартість – розрахунковий економічний показник, який складається з кількох статей зазвичай прямих витрат, котрі можна оцінити не лише в грошовому виразі сукупністю фінансових показників, як й інтегрованими та прямими фізичними показниками (табл. 10.1).

Валова виручка = урожай • ціна за одиницю врожаю

Отже, рівень урожаю не є показником економічної ефективності технології чи системи землеробства. Економічну ефективність відображають такі прямі показники: *валова виручка*, *затрати*, *прибуток та рівень рентабельності*, який розраховується у відсотках і відбиває фінансову ефективність вкладених коштів.

Таблиця 10.1. Статті собівартості й одиниці виміру. © Биков М.

Прямі статті собівартості	Прямі (фізичні показники)	Розрахункові (фінансові показники)	Інтегровані показники
Амортизація техніки	мг/га, к. с./га, шт./га		$/т, рентабельність, строк окупності
Запчастини й ремонт	к-ть/га	$/га	$/т
ПММ	л/га, кг/га	$/га	$/л/т, кг/т
Фонд оплати праці	людин./га, людин.-год/га	$/га, $/людин.	люд-год/т
Оренда	к-ть га, паїв	$/га, натура/га	$/т
Насіння	кг/га	$/га	$/т, кг/т
ЗЗР	л/га, кг/га	$/га	$/т, кг/т
Добрива	л/га, кг/га. д. р./га	$/га	$/т, кг/т
Собівартість		$/га	$/т

Валова виручка визначається набором вирощуваних культур, їх урожайністю й закупівельною ціною на них, або іншими словами, валова виручка визначається передусім структурою посівних площ, бо кожна культура забезпечує різну валову виручку. Звідси зрозуміло, що з двох рівноцінних за агрономічними вимогами варіантів сівозмін вибирають ту, яка забезпечує вищий валовий прибуток з одиниці сівозмінної площі.

Економічна ефективність заведеної системи землеробства залежить від багатьох не лише об’єктивних, а й суб’єктивних чинників, тому в кожному господарстві вона різна. В Україні одним із перших на систему землеробства No-till перейшло господарство АОЗТ «Агро-Союз», яке розташоване в

Синельниківському районі Дніпропетровської області. На рис. 10.1 показані зміни в структурі собівартості, які відбулися в господарстві. Статті витрат за впливом на кінцевий урожай поділені на три групи. Першу групу (позначено коричневим кольором) становлять статті витрат, які безпосередньо не впливають на кінцевий урожай – ПММ, амортизація та запчастини й ремонт. Система землеробства No-till насамперед дає змогу скоротити витрати на ці статті, без впливу на рівень урожаю. Завдяки отриманій економії можна переспрямувати ці кошти на статті, які безпосередньо впливають на врожай добрива, насіння та засоби захисту (позначено зеленим кольором), поліпшуючи технологію вирощування.

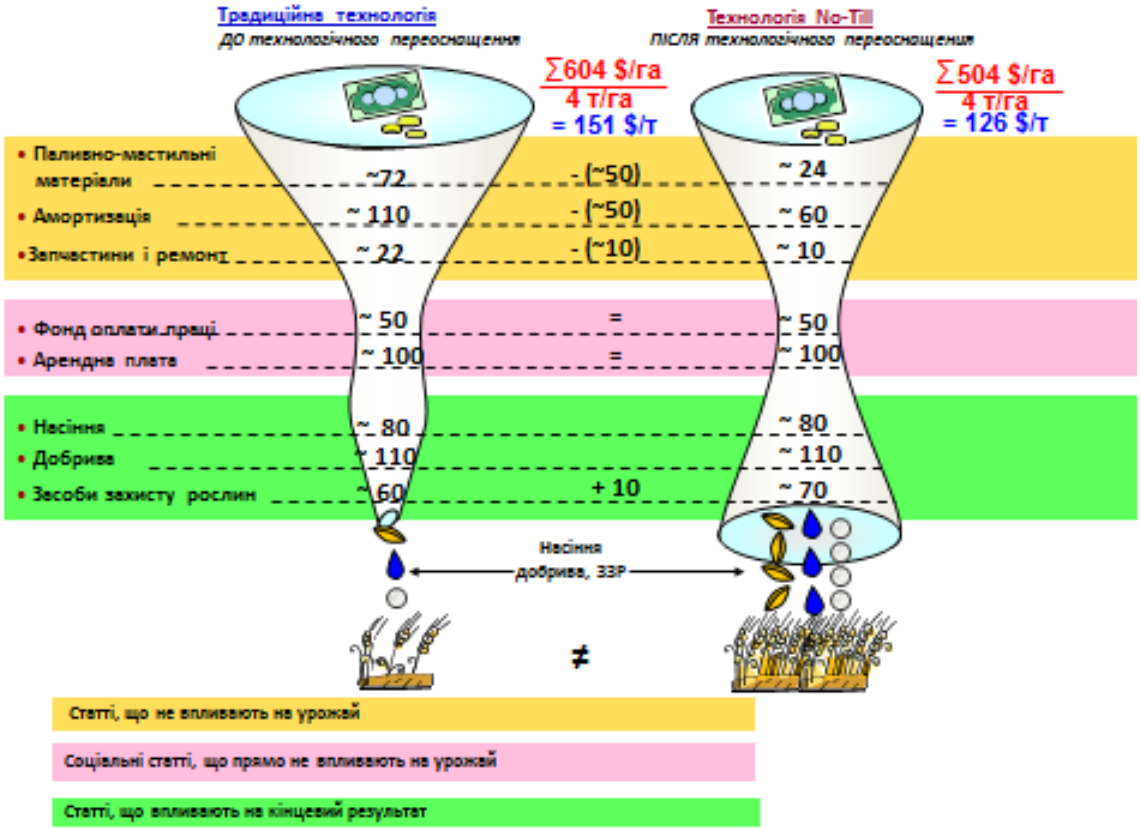
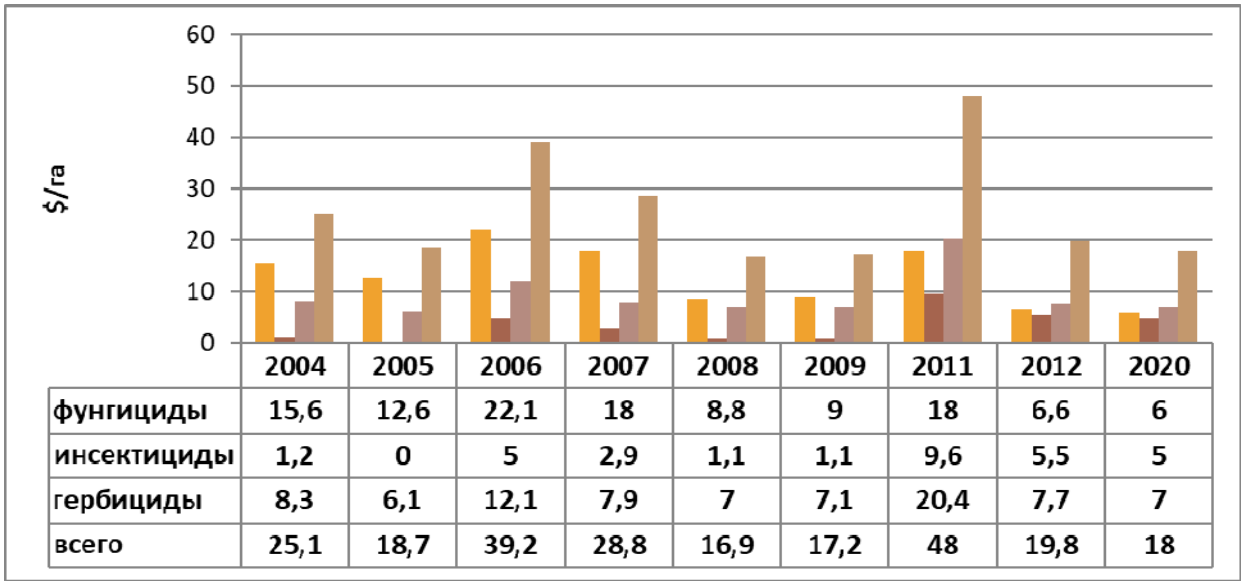


Рис. 10.1. Зміна структури собівартості за переходу від традиційної до системи землеробства No-till на прикладі АОЗТ «Агро-Союз», Дніпропетровська область. © Романьков Е.

Окрему групу становлять соціальні статті – фонд оплати праці й орендна плата, які не можна скорочувати. Вони мають постійно зростати, особливо фонд оплати праці відповідно до підвищення рівня життя і продуктивності праці.

Відмова від механічного обробітку ґрунту – одна з трьох основ ресурсоощадних технологій, що допомагає зменшити витрати палива, праці і витрат на запчастини, оскільки трактори не працюють на найскладнішій роботі – оранці.

В «Агро-Союзі» за час існування господарства змінилося три системи землеробства. Починали з традиційної, на основі полицевої оранки, потім був запроваджений мінімальний поверхневий обробіток ґрунту, а з 2001 року господарство перейшло на систему землеробства No-till. Витрати палива в середньому по системах землеробства відповідно становили 83 л/га, 44 л/га і 18 л/га. Затрати праці зменшилися в 6,5 раза. Поліпшення родючості ґрунту допомогло за останні п’ять років зменшити застосування мінеральних добрив зі 100 кг/га д. р. до 35 кг/га д. р., частка добрив у собівартості 1 т зерна знизилася з 16,8 до 7,8 $/т, але водночас віддача від одиниці добрив зросла. Зменшилися і витрати на засоби захисту рослин (рис. 10.2).



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2020
фунгициды	15,6	12,6	22,1	18	8,8	9	18	6,6	6
инсектициды	1,2	0	5	2,9	1,1	1,1	9,6	5,5	5
гербициды	8,3	6,1	12,1	7,9	7	7,1	20,4	7,7	7
всего	25,1	18,7	39,2	28,8	16,9	17,2	48	19,8	18

Рис. 10.2. Витрати на засоби захисту рослин на посівах пшениці озимої в АОЗТ «Агро-Союз», $/га. © Романьков Е.

Основними чинниками, котрі допомагають із часом знизити виробничі витрати в системі землеробства No-till, є:

1) зниження рівня забур’яненості – прямий посів дає змогу знизити витрати на гербіциди;

2) оздоровлення і підвищення родючості ґрунту – з часом за системи землеробства No-till можна знизити застосування добрив і відповідно витрати на них без зниження врожайності культур.

Система землеробства No-till нині починає практикуватися не лише на богарних землях, а й на зрошуваних. Економічна оцінка вирощування кукурудзи за богарного та зрошуваного землеробства (табл. 10.2), свідчить, що застосування різних варіантів краплинного зрошення в умовах посушливого клімату Херсонської області різко підвищує ефективність системи землеробства No-till.

Таблиця 10.2. Економічна ефективність вирощування кукурудзи в ДП «ДГ «Великі Клини», розташованого в Голопристанському районі Херсонської області (неопубліковані дані Інституту водних проблем і меліорації НААН)

Показники	Традиційна технологія без зрошення	No-till без зрошення	No-till краплинне зрошення	No-till підґрунтове краплинне зрошення
Урожайність, т/га	7,10	7,50	12,00	12,10
Собівартість, грн/т	497,20	453,44	372,24	377,95
Затрати, грн/га	35 301,34	34 007,76	44 668,63	45 731,77
Прибуток, грн/га	20 788,66	25 242,24	50 131,37	49 858,23
Рентабельність, відсотків	58,89	74,22	112,23	109,02

Про ефективність системи землеробства No-till свідчать і приклади з країн, де ця система найпоширеніша або лише набуває поширення.

В Аргентині, де No-till є основною системою землеробства країни, чітко спостерігається зниження прямих витрат не лише за статтями собівартості, які не є матеріальними ресурсами врожаю (польові роботи), а й за статтями, що безпосередньо впливають на рівень урожаю, – добрива та гербіциди (табл. 10.3).

Таблиця 10.3. Зміна економічних показників у середньому за три роки при переході на No-till (приклад з Аргентини)

Показники	Традиційна система землеробства, $/га	Система землеробства No-till, $/га
Прибуток		
Урожайність	5,2	5,9
Закупівельна ціна	120	120
Валовий прибуток	627	710
Витрати на комерціалізацію	99	112
Чистий прибуток	527	598
Прямі витрати		
Польові роботи	70	44
Гербіциди	33	28
Фунгіциди	7	7
Інсектициди	2	2
Добрива	41	36
Насіння	57	57
Збирання	44	50
Загальні витрати	239	222
Валовий прибуток	273	376

Відмова від механічного обробітку ґрунту і перехід на систему землеробства No-till зменшує обсяг необхідної людської праці, що знижує потребу в працівниках. Наприклад, на фермі Кронінов (США) в 1991 році за традиційної системи землеробства на площі в 2000 га вирощували п’ять культур. Для цього було потрібно два трактори та чотири працівники, а з переходом на No-till навіть на більшій площі (3500 га) вирощували 11 культур і для цього вистачало одного трактора і двох працівників. Водночас рівень урожайності зріс на 25 відсотків. У результаті це допомогло підняти рівень оплати працівників.

На прикладі результатів розрахунків, проведених в Індії, можна оцінити рівень економії ресурсів за переходу з традиційної на систему землеробства No-till. Дані підтверджують, що за системи землеробства No-till порівняно з традиційною системою землеробства знижується використання шести основних ресурсів технології – часу, палива, праці, витрат, енергії та води (рис. 10.3).

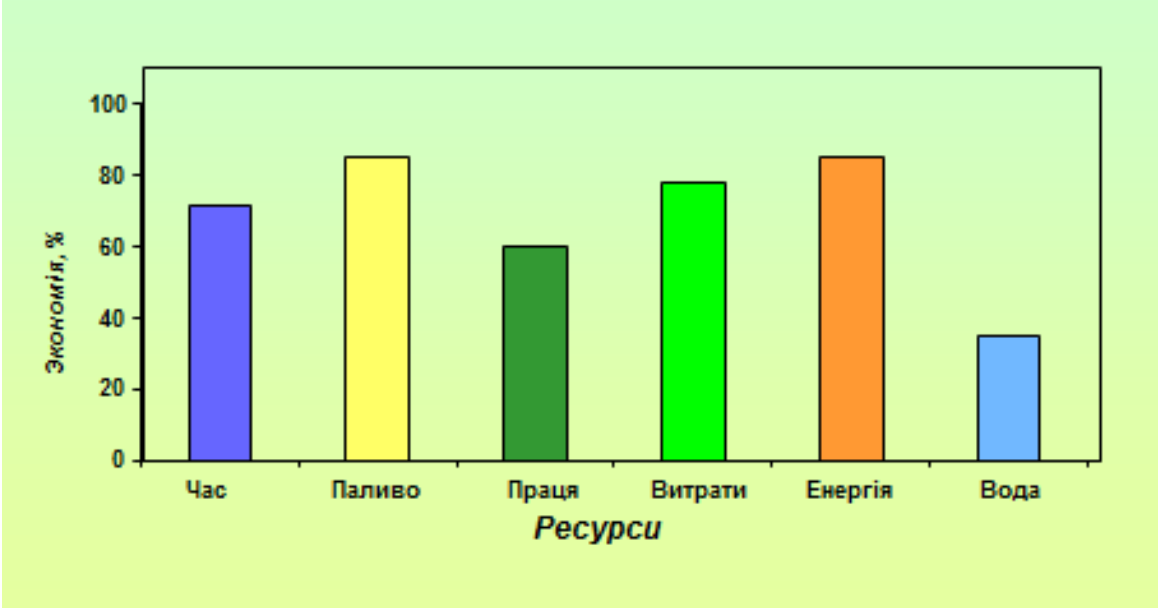


Рис. 10.3. Рівень економії ресурсів за переходу з традиційної на систему землеробства No-till, 2005. © Singh R., Sharma A. R.

Відомо, що вартість сівалок для прямої сівби вища від звичайних, котрі застосовуються в традиційній системі землеробства. Але, як свідчить приклад із Парагваю, для ферми з площею ріллі 350 га сукупна вартість необхідної техніки й витрати на її обслуговування та ремонт за системи землеробства No-till в середньому на 82 відсотків менші, ніж за звичайної технології. На 60 відсотків скорочуються і витрати палива (табл. 10.4).

Таблиця 10.4. Зниження витрат на техніку та її обслуговування і ремонт за переходу з традиційної на технологію No-till (приклад із Парагваю)

Показники	Традиційна технологія	No-till технологія	Зменшення, відсотків
Вартість тракторів, €	142 500	49 000	65
Обслуговування й ремонт тракторів, €	10 450	1 507	85
Машини для сівби та обробітку ґрунту, €	66 680	25 700	61
Обслуговування й ремонт сівалок і машин для обробітку ґрунту, €	8 150	1 840	77
Всього вартість техніки, €	18 608	3 347	82
Всього витрат на обслуговування й ремонт техніки, €	18 608	3 347	82
Дизпалива всього, л	29 100	11 850	60

Ще одним джерелом додаткового прибутку в системі землеробства No-till є і в майбутньому набере ще більшої ваги оплата за секвестрації вуглецю в ґрунті. На сьогодні сума додаткової оплати на гектар ріллі дуже коливається (від 29 до 100 $/га) в різних країнах і визначається не світовим ринком, а здебільшого залежить від місцевих регіональних ринків.

10.3.2. Економічна ефективність системи землеробства Strip-till

Впровадження системи землеробства Strip-till у господарствах України теж підтвердило високу її економічну ефективність. Наукові співробітники УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого О. Тихоненко, В. Погоріла, В. Громадська провели дослідження економічної ефективності застосування технології Strip-till у фермерському господарстві «Деметра» Миколаївської області, що є типовим представником господарств степової ґрунтово-кліматичної зони. В господарстві запроваджена зернопросапна сівозміна. Використовували вітчизняний агрегат смугового обробітку KRIOS ST, яким проводили нарізку смуг з осені з одночасним внесенням мінеральних добрив. Висівали кукурудзу і соняшник. Облік біологічної врожайності показав, що на Strip-till у соняшнику вона була на 60 відсотків, а у кукурудзи – на 20 відсотків вища порівняно з технологією Mini-till.

Показники економічної ефективності наведені в табл. 10.5. Залучення додаткової техніки та вартісного навігатора GPS зумовлює зростання експлуатаційних витрат, зокрема на амортизацію та ремонт на 4–5 відсотків

порівняно з технологією Mini-till. Зниження собівартості продукції досягнуто здебільшого завдяки підвищенню рівня врожайності культур.

Науковці зробили висновок, що в разі реалізації технології Strip-till у господарстві площею 1 000 га з трипільною сівозміною (озима пшениця, кукурудза, соняшник) за розміру інвестицій 670 000 грн та додаткових затратах на нову технологію в розмірі 250 000 грн буде отримано додатковий прибуток 410 000 грн, що дає можливість окупити інвестиції за півтора року.

У Німеччині провели економічну оцінку ефективності вирощування за технологією Strip-till буряків цукрових, які в Україні вирощують за традиційною технологією з глибоким полицевим обробітком. Результати розрахунків, які навів у журналі «Агроном» *Вілфрід Германн*, *(університет* Гоенгайм, *Штутгарт)* наведені в таблиці 10.6. Вони свідчать, що у технології Strip-till виконується менше технологічних операцій, а відповідно – зменшуються затрати праці, а також витрати палива і коштів.

Отже, нові системи землеробства No-till і Strip-till як у нашій країні, так і за кордоном демонструють вищу економічну ефективність порівняно з традиційною системою землеробства. Здебільшого це досягається завдяки скороченню витрат матеріальних ресурсів, які не впливають безпосередньо на рівень продуктивності культур.

Таблиця 10.5. Витрати на вирощування соняшнику та кукурудзи за статтями собівартості (за О. Тихоненко, В. Погоріла, В. Громадська)

Показники	Соняшник		Кукурудза	
	Strip-till	Mini-till	Strip-till	Mini-till
Технологічні матеріали, грн/га	8 000	8 000	8 950	7 450
у т. ч. насіння	2 500	2 500	4 450	4 450
добрива	4 000	4 000	3 000	1 500
ЗЗР	1 500	1 500	1 500	1 500
Експлуатаційні витрати, грн/га	5 280	5 060	5 200	4 980
у т. ч. на техніку (амортизація та ремонт і ТО)	3 480	3 330	3 480	3 330
ПММ	1 500	1 450	1 500	1 400
оплата праці	300	280	220	250
Інші (загальновиробничі, загальногосподарські, оренда, оплата стороннім організаціям)	6 640	6 530	7 000	6 200
Всього витрат, грн/га	19 920	19 590	21 150	18 630
Фактична врожайність, т/га	3,48 (+1,3)	2,18	6,61 (+1,03)	5,38
Собівартість, грн/т	5 724	8 986	3 230	3 436

Таблиця 10.6. Економічна ефективність застосування технології Strip-till за вирощування буряків цукрових у Німеччині (farming. org.ua)

Технологічні операції	Мульчована сівба, проміжна культура – гірчиця			Рядковий обробіток Strip-till		
	затрати праці, год/га	витрати палива, л/га	€/га	затрати праці, год/га	витрати палива, л/га	€/га
Обробіток стерні	0,55	9	38	-	-	-
Розпушування / посів гірчиці	0,80	14	62	-	-	-
Коткування	0,40	3	18	-	-	-
Гліфосат восени	-	-	-	0,23	2	32
Рядковий обробіток 6 рядків	-	-	-	1,0	22	77
Гліфосат весною	0,23	2	32	0,23	2	32
Підготовка до сівби	0,53	8	20	-	-	-
Точний посів 6 рядків	0,50	3	42	0,55	3	49*
Боротьба з бур’янами	0,69	6	195	0,69	6	160
Сума	3,70	45	407	2,70	35	350
Економія				-1,00	-10	-57

Запитання для самоконтролю

1. Що спільного в досвіді переходу на систему землеробства No-till в Аргентині та Бразилії?
2. Які етапи визначають при переході на системи No-till і Strip-till?
3. Правила переходу на системи землеробства No-till і Strip-till?
4. Яка мотивація може бути у фермера, що спонукає його перейти на нові системи землеробства?
5. Які ймовірні помилки при впровадженні систем землеробства No-till і Strip-till можуть бути?
6. Які статті витрат у структурі собівартості скорочуються при переході на No-till?
7. Які статті витрат у структурі собівартості безпосередньо впливають на рівень урожайності?
8. Чи може врожайність бути показником економічної ефективності вирощування культур?

9. На що потрібні додаткові витрати при переході на технологію Strip-till?
10. Чому знижуються витрати на ремонт й амортизацію машин і знарядь у нових системах землеробства порівняно з традиційною системою землеробства?

Додаткова література

1. Драганчук М. І. No-till для початківців. Київ, 2022. 156 с.

Відеоматеріали

1. Успішний No-till у регіоні без дефіциту вологи: https://www.youtube.com/watch?v=w9KB_AOYkfs
2. Порівняння ґрунту за класикою та No-till у Болгарії: https://www.youtube.com/watch?v=Ro3-et_lULg
3. Третій рік на No-till у Болгарії: https://www.youtube.com/watch?v=uYtZpVUq32I
4. No-till – посіви соняшнику в Румунії: https://www.youtube.com/watch?v=3G-JwUS3FvU
5. Три роки на No-till у Молдові: https://www.youtube.com/watch?v=fhM8Xmsp0nk
6. Досвід та помилки в No-till (Дніпропетровська обл.): https://www.youtube.com/watch?v=OwlZSfrM1Co https://www.youtube.com/watch?v=-HSrh2_uQhs
7. 16 років без хімії на No-till (Дніпропетровська обл., «Агро-Союз»): https://www.youtube.com/watch?v=rluSYrBbwD0
8. No-till по-кіровоградськи: боротьба за економіку: https://www.youtube.com/watch?v=o3YHS6fQ--s
9. Економіка No-till та знижені норми висіву в О. Кулая (Миколаївська обл.): https://www.youtube.com/watch?v=qGp0tGWfMtU
10. П’ять причин переходу на No-till: https://www.youtube.com/watch?v=bJL2DeV_Ih4
11. 20 років No-till на полях «Агро-Союзу». Помилки при посіві: https://www.youtube.com/watch?v=VHc4iZg3MLQ
12. Відповіді на запитання починаючих ноутиллерів: https://www.youtube.com/watch?v=-Dcs6q3juA4
13. Як сівозміна впливає на економіку (компанія «Агро-Союз»): https://www.youtube.com/watch?v=IAACWiVjTZI

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. Авдонин Н. С. Научные основы применения удобрений. Москва : Колос, 1972. 320 с.
13. Бараев А. И., Зайцева А. А., Госсен Э. Ф. Рекомендации по защите почв от ветровой эрозии. Москва : Колос, 1975. 55 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 : Промінь, 1972. 160 с.
16. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. Москва : Сельхозгиз, 1936. 116 с.

17. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика): в 2-х томах. Москва :: Агрус, 2004. 1156 с.
18. Измаильский А. А. Как высохла наша степь. Москва : Сельхозгиз, 1937. 76 с.
19. Качинский Н. А. Физика почвы. Москва : Высшая школа, 1965. 323 с.
20. Кисель В. И. Биологическое земледелие в Украине: проблемы и перспективы. Харьков : Штрих, 2000. 162 с.
21. Кисіль В. І. Агрохімічні аспекти екологізації землеробства. Харків, 2005. 167 с.
22. Кротінов О. П., Косолап М. П. Аніскевич Л. В. та ін. Землеробство України і проблема глобального потепління. Науковий вісник НАУ. 2004 № 75.
23. 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.
24. Лебідь Є. М., Андрусенко І. І., Пабат І. А. Сівозміни при інтенсивному землеробстві. Київ : Урожай, 1992. 224 с.
25. Мальцев Т. С. Система безотвального земледелия. Москва : Агропромиздат, 1988. 129 с.
26. Малиенко А. М. и др. Изменение физического состояния дерново-подзолистой почвы под влиянием приемов ее обработки. Вестник с.-х. науки. 1992. № 4.
27. Марчук І. У, Макаренко В. М., Розстальний В. Є. Добрива та їх використання. Київ, 2002. 245 с.
28. Медведев В. В. Плотность сложения почв. Харьков, 2004. 243 с.
29. Менделеев Д. И. Об углублении пахотного слоя подзолистых и черноземных почв. Тр. Вольного эконом. об–ва, 1866. Т. 2. Вып. 3. С. 253–263.
30. Моргун Ф. Т. и др. Почвозащитное земледелие. Киев : Урожай. 1988. 256 с.
31. Моргун Ф. Т., Шикула Н. К. Почвозащитное безплужное земледелие. Москва : Колос, 1984. 290 с.
32. Моргун Ф. Т. Обработка почвы и урожай. Москва : Колос, 1977. 272 с.
33. Моргун Ф. Т, Шикула Н. К., Тарарико А. Г. Почвозащитное земледелие. Киев : Урожай, 1988. 256 с.
34. Нарциссов В. П. Научные основы систем земледелия. Изд. 2–е., пе–рераб. и доп. Москва : Колос, 1982. 328 с.

35. Овсинский И. Е. Новая система земледелия. Киев, 1899. 138 с.
36. Пабат І. А. Ґрунтозахисна система землеробства. Київ : Урожай, 1992. 160 с.
37. Пастушенко В. О. Сівозміни на Україні. Київ : Урожай, 1972. 360 с.
38. Почвозащитное земледелие / Под. ред. А. И. Бараева. Москва : Колос, 1975. 304 с.
39. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту. Київ : 2007. 41 с.
40. Примак І. Д. та ін. Механічний обробіток ґрунту в землеробстві. Біла Церква, 2002. 319 с.
41. Примак І. Д., Єщенко В. О., Манько Ю. П. Сівозміни в землеробстві України. Київ : КВІЦ, 2008. 286 с.
42. Примак І. Д., Єщенко В. О., Манько Ю. П. та ін. Ресурсозберігаючі технології обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України. Київ : КВІЦ, 2007. 270 с.
43. Рассел Э. Почвенные условия и рост растений. Москва : ИЛ, 1955. 623 с.
44. Рюбензам Э., Рауэ К. Земледелие. Москва : Колос, 1969. 520 с.
45. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ, 2007. 41 с.
46. Сергеев Г. Н. Из опыта освоения системы земледелия. Москва : Сельхозгиз, 1969. 248 с.
47. Ситник К. М., Багнюк В. М. Стан ґрунтів і майбутнє людства. Вісник НАН України, 2008. № 8. С. 3–27.
48. Тарарико А. Г. Агроэкологические основы почвозащитного земледелия. Киев : Урожай, 1990. 184 с.
49. 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.
50. Фолкнер Э. Безумие пахаря. Млсква : Сельхозгиз, 1959. 227 с.
51. Шикула М. К. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Київ : 1998. 677 с.
52. Шикула Н. К., Назаренко Г. В. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия. Москва : Агропромиздат, 1990. 320 с.
53. Burns R. G., Davies J. A. The microbiology of soil structure. Biol. Agric. and Hort. 1986. № 3. P. 95–113.
54. Calegari A., Darolt M., Ferro, M. Towards sustainable agriculture with a no–tillage system. Advances in GeoEcology. 1998. № 31. P. 1205–1209.
55. Derpsch R., Calegari A. Plantas para adubaçao verde de inverno. IAPAR, Londrina, Circular. 1992. № 73. 80 p.

56. 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.
57. 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.
58. Hargrove W. L. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. Agron. J. 1986. № 78. P. 70–74.
59. 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.
60. Lal R. et al. Methodology for assessment of soil degradation. Int. Soc. Soil Sci. monograph. 1991. 558 p.
61. 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.
62. 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.
63. 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.

Навчальне видання

КОСОЛАП Микола Павлович,
КРОТІНОВ Олексій Павлович,
ІВАНЮК Микола Федорович та ін.

СИСТЕМИ ЗБЕРІГАЮЧОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: NO–TILL і STRIP–TILL

Навчальний посібник

Літературний редактор – Н. В. Жданова

Підписано до друку 05.10.23 Формат 60х84\16
Ум. друк. арк. 22,1 Наклад 300 прим. Зам. № 230507

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