Міністерство освіти і науки України

Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ В АДАПТИВНИХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА ЗА КЛІМАТИЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

ПОСІБНИК

Вінниця
ТВОРИ
2026

УДК 631.15:631.5: 631.6.02:631.8:633:551.583

Т 11

Посібник підготовлено співробітниками Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» згідно з виконанням наукового дослідження за договором з Міністерством освіти і науки України (№ БФ/ А02–2025 від 29.10.2025 р.)

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» (протокол №2 від 16 березня 2026 р.)

Рецензенти:

В.М. Сінченко – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, радник дирекції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН;

О.С. Дем'янюк – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, заступник директора з наукової роботи Інституту агроекології і природокористування НААН

Т 11 Теоретико-методологічні засади розвитку інноваційних агротехнологій в адаптивних системах землеробства за кліматичних трансформацій: посібник/ М. А.Ткаченко, Л. П. Коломієць, І.М.Кондратюк та ін. Вінниця : ТВОРИ, 2026. 384 с.

ISBN 978-617-8845-04-9

У посібнику висвітлено науково-методичні та практичні підходи до розв'язання актуальних проблем аграрного виробництва в умовах кліматичних трансформацій. Обґрунтовано концептуальні засади ключових напрямів розвитку адаптивного землеробства з урахуванням екологічних, економічних і ґрунтово-кліматичних чинників, зокрема ґрунтозахисних технологій в ерозійно небезпечних агроландшафтах, диверсифікованих сівозмін, сучасних систем обробітку ґрунту, новітніх меліоративних заходів відтворення родючості ґрунтів та формування низьковуглецевих систем удобрення. Розглянуто шляхи максимальної реалізації генетичного потенціалу рослин у технологіях вирощування польових і кормових культур, регулювання фітосанітарного стану агроценозів. Обґрунтовано роль ринково-орієнтованих механізмів трансферу інновацій і використання підходу Living Labs як ефективного інструменту їх ефективної комерціалізації.

Результати досліджень, викладені у посібнику, отримані за виконання проєкту «Комплексне наукове дослідження розвитку інноваційних кліматостійких агротехнологій та добір джерел цінних ознак сільськогосподарських культур для формування адаптивних систем землеробства», здійсненого за підтримки Міністерства освіти і науки України, та спрямовані на зростання ефективності агропромислового виробництва, забезпечення сталого розвитку агроекосистем і зміцнення продовольчої безпеки держави.

Видання розраховано на керівників і фахівців у галузі сільського господарства, наукових співробітників, аспірантів, викладачів і студентів закладів вищої освіти аграрного профілю.

УДК 631.15:631.5: 631.6.02:631.8:633:551.583

ISBN 978-617-8845-04-9

© ННЦ «ІЗ НААН», 2026
© ТОВ "ТВОРИ", 2026

ЗМІСТ

АНАЛІЗ СТАНУ І ШЛЯХІВ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ В АДАПТИВНИХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА ЗА КЛІМАТИЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ (ПЕРЕДМОВА) 9
Розділ 1. АГРОЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АДАПТИВНИХ ҐРУНТОЗАХИСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР У СХИЛОВИХ АГРОЛАНДШАФТАХ ЛІСОСТЕПУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ 19
1.1. Стан і тенденції розвитку інноваційних ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур на еродованих ґрунтах схилових агроландшафтних систем зони Лісостепу 19
1.2. Протиерозійна та водоутримувальна здатність систем обробітку ґрунту за застосування сучасних ґрунтозахисних, які базуються на безполицевому обробітку ґрунту та *no-till*-технології 26
Розділ 2. СІВОЗМІНИ В ПАРАДИГМІ КЛІМАТИЧНО АДАПТОВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТА НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНІ ПРАКТИЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ АГРОСЕКТОРУ 42
2.1. Аспекти впливу попередників і удобрення на управління ґрунтовими процесами у системах диверсифікованих сівозмін 43
2.2. Закономірності формування продуктивності диверсифікованих сівозмін. Моделі високопродуктивних раціональних диверсифікованих сівозмін 48
Розділ 3. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ В СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА 67
3.1 Тенденції розвитку технологій обробітку грунту та ключові параметри їх ефективності в умовах змін клімату 68
3.2. Теоретичні і практичні аспекти інтеграції сучасних технологій обробітку ґрунту в адаптивних системах землеробства за зміни клімату ... 74
Розділ 4. ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ У КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ: НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗЕМЛЕРОБСТВА 102
4.1. Аспекти впливу меліорантів, систем удобрення на кислотно-лужний і поживний режими ґрунту за елементів інтенсивного та біологічного землеробства 102
4.2. Закономірності формування потенційної родючості ґрунту в агроценозі за елементів інтенсивного та біологічного землеробства 112
Розділ 5. ПАРАМЕТРИ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ, АДАПТОВАНИХ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ 128

5.1. Параметри змін агрохімічних та біологічних властивостей сірого лісового ґрунту за низьковуглецевих систем удобрення 130
5.2. Ефективність низьковуглецевих систем удобрення адаптованих до змін клімату 144
Розділ 6. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ 155
6.1. Закономірності зміни показників родючості забрудненого важкими металами ґрунту за вирощування кукурудзи на зерно в умовах зміни клімату 157
6.2. Особливості зменшення кількості рухомих сполук важких металів у ґрунті за вирощування кукурудзи на зерно 163
Розділ 7. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР, АДАПТОВАНІ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН..... 172
7.1. Закономірності формування продуктивності зернових колосових культур за кліматичних змін у Лісостепу 172
7.2. Ефективність та інноваційна спрямованість технологій вирощування зернових колосових культур, адаптованих до кліматичних змін у Лісостепу 181
Розділ 8. ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СУЧАСНИХ СОРТІВ ЗЕРНОБОБОВИХ, КРУП'ЯНИХ І ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР В ПІВНІЧНІЙ ЧАСТИНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ 207
8.2. Параметри агрозаходів технологій вирощування зернобобових, круп’яних і олійних культур (горох, соя, гречка, просо і гірчиця біла) з метою максимальної реалізації потенціалу продуктивності сучасних сортів в умовах кліматичних змін північної частини Правобережного Лісостепу 209
Розділ 9. ДЖЕРЕЛА СТІЙКИХ ФОРМ ЗА ОЗНАКАМИ ЛАБОРАТОРНОЇ СТІЙКОСТІ. ПРОГНОЗ ФІТОСАНІТАРНОГО СТАНУ АГРОЦЕНОЗІВ УКРАЇНИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАХИСТУ РОСЛИН У 2026 Р. ШКІДНИКИ І ХВОРОБИ СОЇ, ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І ЯРОЇ. СИСТЕМА ЗАХИСТУ СОЇ ВІД ШКІДНИКІВ І ХВОРОБ 252
9.1. Сортозразки (джерела стійкості): зернових та зернобобових культур, видовий склад збудників насіннєвого матеріалу зернових та зернобобових культур 252
9.2. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2026 р. 264
Розділ 10. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НАСІННЯ ЖИТА ОЗИМОГО В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ 284

10.1. Вплив мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту на фракційний склад насіння жита озимого 284
10.2. Економічна ефективність вирощування високоякісного насіння жита озимого в умовах змін клімату 296
Розділ 11. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ТРАВ'ЯНИСТИХ КОРМОВИХ ФІТОЦЕНОЗІВ, АДАПТОВАНИХ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ В ЛІСОСТЕПУ 302
11.1. Вирощування однорічних кормових культур 302
11.2. Поліпшення й використання природних кормових угідь 314
11.3. Особливості вирощування люцерни 326
11.4. Особливості вирощування буряків кормових 335
11.5. Виробництво кормів в умовах зміни клімату 341
Розділ 12. НАУКОВО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ РИНКОВО-ОРІЄНТОВАНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВПРОВАДЖЕННЯ 347
12.1. Ключові параметри відбору агротехнологій в адаптивних системах землеробства за кліматичних трансформацій 348
12.2. Інформаційна база даних інноваційних агротехнологій в адаптивних системах землеробства за кліматичних трансформацій 356
Розділ 13. LIVING LABS ЯК ІНСТРУМЕНТ КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ 368
13.1. Функціонування Живих Лабораторій (Living Labs) та обґрунтування організаційно-економічних засад адаптації до умов українського сільського господарства 369
13.2. Організаційно-економічні основи створення Живих Лабораторій у дослідницькому просторі України та критерії їхньої економічної ефективності 375

ПОДЯКА

Цей посібник створено науковцями Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» в межах виконання проєкту «Комплексне наукове дослідження розвитку інноваційних кліматостійких агротехнологій та добір джерел цінних ознак сільськогосподарських культур для формування адаптивних систем землеробства», профінансованого **Міністерством освіти і науки України** (договір № БФ/ А02–2025 від 29.10.2025 р.) з метою спрямування бюджетних коштів на підтримку пріоритетних напрямів і забезпечення проведення наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок державними науковими установами, що за результатами державної атестації віднесені до групи А.

Автори посібника висловлюють щиру подяку Уряду України, Міністерству освіти і науки України, особисто заступнику міністра Денису Курбатову, генеральному директору Директорату розвитку науки Григорію Мозолевичу, за можливість проведення досліджень та оприлюднення їх результатів, актуальних для аграрного сектора нашої держави в умовах воєнного стану і повоєнного відновлення.

Сподіваємось, що використання положень, викладених у посібнику, сприятиме підвищенню рівня наукового обґрунтування агротехнологічних і управлінських рішень, впровадженню інновацій у практику та забезпеченню сталого розвитку землеробства в умовах глобальних кліматичних викликів.

РОЗДІЛИ ПОСІБНИКА ПІДГОТУВАЛИ:

АНАЛІЗ СТАНУ І ШЛЯХІВ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ В АДАПТИВНИХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА ЗА КЛІМАТИЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ (ПЕРЕДМОВА)

Ткаченко М. А., Коломієць Л. П., Шляхтуров Д. С.

Розділ 1. АГРОЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АДАПТИВНИХ ҐРУНТОЗАХИСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР У СХИЛОВИХ АГРОЛАНДШАФТАХ ЛІСОСТЕПУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Коломієць Л. П., Шевченко І. П., Повидало В. М., Терещенко О. М., Близнюк Ю. П., Шквир М. І.

Розділ 2. СІВОЗМІНИ В ПАРАДИГМІ КЛІМАТИЧНО АДАПТОВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТА НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНІ ПРАКТИЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ АГРОСЕКТОРУ

Цимбал Я. С., Мартинюк І. В., Слюсар І. Т., Соляник О. П.

Розділ 3. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ В СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Пташнік М. М., Булгаков В. М., Ременюк Ю. О., Брухаль Ф. Й., Красюк Л. М., Остап'юк Б. В.

Розділ 4. ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ У КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ: НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Ткаченко М. А., Малиновська І. М., Кондратюк І. М., Заяць П. С.

Розділ 5. ПАРАМЕТРИ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ АДАПТОВАНИХ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ

Дегодюк С. Е., Мулярчук А. О., Штакал В. М.

Розділ 6. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Давидюк Г. В., Клименко І. І., Шкарівська Л. І., Довбаш Н. І., Гірник В. В.

Розділ 7. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР АДАПТОВАНІ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Юла В. М., Олійник К. М., Камінська В. В., Романюк П. В., Дрозд М. О. Мушик Б. В., Шляхтурова С. П.

Розділ 8. ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СУЧАСНИХ СОРТІВ ЗЕРНОБОБОВИХ,

КРУП'ЯНИХ І ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР В ПІВНІЧНІЙ ЧАСТИНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Камінський В. Ф., Голодна А. В., Любчич О. Г., Дворецька С. П., Грищенко Р. Є., Сербенюк В. О.

Розділ 9. ДЖЕРЕЛА СТІЙКИХ ФОРМ ЗА ОЗНАКАМИ ЛАБОРАТОРНОЇ СТІЙКОСТІ. ПРОГНОЗ ФІТОСАНІТАРНОГО СТАНУ АГРОЦЕНОЗІВ УКРАЇНИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАХИСТУ РОСЛИН У 2026 Р. ШКІДНИКИ І ХВОРОБИ СОЇ, ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І ЯРОЇ. СИСТЕМА ЗАХИСТУ СОЇ ВІД ШКІДНИКІВ І ХВОРОБ

Поліщук С. В., Райчук Т. М., Кузьменко Л. А.

Розділ 10. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НАСІННЯ ЖИТА ОЗИМОГО В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Волошин В. М., Грицюк Я. В.

Розділ 11. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ТРАВ'ЯНИСТИХ КОРМОВИХ ФІТОЦЕНОЗІВ, АДАПТОВАНИХ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ В ЛІСОСТЕПУ

Кургак В. Г., Костенко О. І., Панасюк С. С., Корягін О. М., Крамар О. С., Гавриш Я. В., Бочарова М. І., Мартинюк Н. І., Остапець Т. А.

Розділ 12. НАУКОВО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ РИНКОВО-ОРІЄНТОВАНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВПРОВАДЖЕННЯ

Оксимець О. Л., Вітвіцька О. І., Тимошенко О. В.

Розділ 13. LIVING LABS ЯК ІНСТРУМЕНТ КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

Ткаченко А. М., Буслаєва Н. Г., Камінська А. І., Щербатюк В. В., Вєтрова Н. О.

АНАЛІЗ СТАНУ І ШЛЯХІВ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ В АДАПТИВНИХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА ЗА КЛІМАТИЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

(передмова)

Однією із Національних цілей сталого розвитку сформованих в Указі Президента України №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», є подолання голоду, досягнення продовольчої безпеки, поліпшення харчування і сприяння сталому розвитку сільського господарства.

На продовольчу безпеку значний вплив мають зміни клімату. Глобальне потепління призводить до збільшення кліматичної мінливості та екстремальності ситуацій. На глобальному рівні зміни клімату є однією з найактуальніших проблем, що перешкоджають людству забезпечувати агроекологічну і продовольчу безпеку, зменшувати рівень бідності населення та досягати сталості розвитку. Враховуючи те, що територія України розташована у помірному кліматичному поясі, що є сприятливим для вирощування більшості сільськогосподарських культур, зміни клімату для нашої країни наразі варто розглядати насамперед як можливості для розвитку аграрного сектора і, відповідно, стійкості агропродовольчої системи.

Вирішальною умовою реалізації таких потенційних можливостей є протидія наростанню впливу ризиків, пов'язаних із кліматичними змінами, через застосування інноваційних технологій вирощування сільськогосподарських культур, які будуть диверсифіковані до цих змін і забезпечуватимуть скорочення розриву між потенційною та реальною продуктивністю рослин, підвищуючи вихід необхідної продукції шляхом впливу на продукційні процеси ефективними агротехнічними заходами. Крім того, збройна агресія РФ проти України перешкоджає ефективному впровадженню державної кліматичної політики та негативно впливає на сільськогосподарське виробництво.

Повномасштабна агресія російської федерації проти України спричинила системні трансформації у структурі землекористування, виробництва та логістики аграрного сектору. Землеробство і рослинництво, які формували понад 50 % валютної виручки від аграрного експорту та забезпечували продовольчу безпеку держави, зазнали безпрецедентного мілітарного впливу. Ключовими чинниками стали: тимчасова окупація територій, мінування сільськогосподарських угідь, руйнування гідротехнічної інфраструктури, деградація ґрунтового покриву та логістичні обмеження експорту.

Водночас, попри воєнний стан та постійні терористичні обстріли росії аграрний сектор у 2024-2025 рр. забезпечив обсяг надходжень від експортованої

продукції на рівні 22,5–24,5 млрд дол., що сягає 55–60% усього експорту України.

За даними Української зернової асоціації протягом 2025 р. експортовано 17,6 млн т зерна кукурудзи, 13,33 млн т пшениці, 3,37 млн т насіння сої, 1,65 млн т ріпаку, 1,63 млн т ячменю, 59,2 тис. т насіння соняшника, а також 4,29 млн т соняшникової і 536 тис. т соєвої олії.

Такі обсяги експорту стали можливими завдяки кропіткій праці вітчизняних хліборобів. За даними Державної служби статистики у 2025 р. сумарний валовий збір зернових і зернобобових культур в Україні становив 61,04 млн т, що на 8,2% перевищило показник роком раніше. Врожай було зібрано практично з 11,62 млн га. Зокрема, зібрано 23,34 млн т пшениці озимої, 5,2 млн т ячменю, 30,9 млн т кукурудзи, 208,3 тис. т жита, 382,5 тис. т вівса, 70,8 тис. т гречки, 60 тис. т проса, 824 тис. т зернобобових культур, 10,24 млн т соняшника, 3,21 млн т ріпаку, 4,98 млн т сої, 11,69 млн т буряків цукрових.

Ці показники мають особливе значення в контексті євроінтеграційного курсу України. За обсягами виробництва зернових Україна вже сьогодні посідає друге місце серед країн Європейського Союзу – після Франції (63,1 млн т), випереджаючи Німеччину (45,2 млн т) і Польщу (36,5 млн т).

Середня врожайність зернових в Україні у 2025 р. становить 5,24 т/га – лише на 14% нижче за середній показник у країнах ЄС. За цим рівнем Україна перебуває на 18-му місці серед 27 держав Євросоюзу та випереджає окремі великі аграрні країни: врожайність в Україні на 15% вища, ніж в Іспанії, та на 11% – ніж у Румунії.

Водночас провідні європейські виробники – Франція та Німеччина демонструють врожайність зернових на 42–48% вищу за українську. Цей розрив не пов’язаний із кліматичними умовами, адже виробництво в цих країнах зосереджене на схожих агрокліматичних широтах. Це свідчить про значний потенціал України для підвищення врожайності за рахунок інвестицій, сучасних технологій, розвитку аграрної інфраструктури та доступу до фінансування.

Військові дії спричинили кілька системних ризиків:

- втрати посівних площ через окупацію, мінування та зони бойових дій;
- логістичні обмеження, що ускладнюють експорт зернових, особливо через чорноморські порти;
- інфраструктурні руйнування (гідроспоруди, меліоративні системи), що впливають на можливості зрошення;
- здорожчання виробничих чинників (пального, добрив, транспорту), що підвищує собівартість.

Воєнні дії спричинили локальну, а подекуди й регіональну деградацію ґрунтів, зокрема:

- механічне руйнування профілю;
- ущільнення внаслідок руху військової техніки;
- хімічне забруднення (Pb, Cd, Cu, Zn, нафтопродукти);
- порушення структури агроландшафтів.

Зниження біологічної активності ґрунту, мікробіологічної різноманітності та гумусного стану створює довгострокові ризики для відтворення родючості. В умовах дефіциту ресурсів посилюється небезпека екстенсифікації землеробства та скорочення обсягів органічного удобрення, що може призвести до подальшого зменшення вмісту гумусу.

Тому, скорочення площі оброблюваних земель зумовлено:

- фізичною недоступністю частини угідь;
- небезпекою наявності на частині звільнених територій мін і вибухонебезпечних предметів, залишених після бойових дій;
- мілітарно обумовленою деградацією ґрунтів;
- підтопленням і вторинним засоленням у південних регіонах після руйнування гідроспоруд;
- забрудненням ґрунтів важкими металами й залишками боєприпасів.

Водночас аграрії Лісостепу адаптували структуру посівів: зросла частка менш затратних і більш стійких до посухи культур (ячмінь, соняшник), скоротилися площі під кукурудзою та ріпаком у зонах підвищеного ризику. Спостерігається тенденція до оптимізації норм мінерального живлення через подорожчання добрив і логістичні обмеження.

Причинами поширення фізичної деградації орних ґрунтів є надмірне розорювання земель, інтенсивне вирубування лісів, пожежі торфовищ та лісних масивів, промислові забруднення, негативні наслідки розробки гранітних кар'єрів, хімічні викиди внаслідок воєнних дій тощо. Тому сьогодні Полісся розглядається як регіон із загрозливою екологічною ситуацією, що негативно впливає на економіку держави в цілому.

Отже, землеробство і рослинництво України функціонують в умовах комплексної кризи, спричиненої воєнними діями та скороченням площі земельних угідь. Основними наслідками є зменшення виробничого потенціалу, деградація частини ґрунтового покриву, підвищення витрат та зміна структури посівів. Крім того, галузь демонструє високу адаптивність.

У цих умовах традиційні моделі ведення землеробства виявляються недостатньо ефективними та часто непридатними до практичного застосування,

що обумовлює необхідність переходу до більш гнучких, адаптивних і ресурсоощадних систем. Саме тому концептуальні положення, викладені в посібнику, набувають особливої значущості, оскільки вони орієнтовані на формування стійких до зовнішніх впливів агроекосистем, здатних функціонувати в умовах обмежених ресурсів і підвищених ризиків. Модернізація систем землеробства на основі інноваційних принципів передбачає не просто відновлення довоєнного стану, а формування нової моделі агровиробництва, що відповідає сучасним викликам і базується на принципах сталого розвитку, ресурсоефективності та екологічної безпеки.

В умовах зростання глобальної конкуренції, нестабільності ринків продовольства та підвищених вимог до якості і безпечності сільськогосподарської продукції особливого значення набуває формування науково обґрунтованих теоретико-методологічних засад розвитку інноваційних агротехнологій. Такі технології мають бути інтегровані в адаптивні системи землеробства, які здатні забезпечити не лише високу продуктивність агроценозів, але й їх стійкість до впливу абіотичних і біотичних стресових факторів, збереження природних ресурсів і мінімізацію негативного впливу на довкілля.

Адаптивні системи землеробства розглядаються як складні багаторівневі організаційно-технологічні структури, що базуються на принципах диференційованого підходу до використання земельних ресурсів, оптимізації агротехнічних заходів відповідно до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, а також інтеграції сучасних інноваційних рішень. Вони передбачають гармонійне поєднання біологічних, агрохімічних, агрофізичних і технологічних чинників, спрямованих на формування високопродуктивних і екологічно стабільних агроекосистем.

Одним із ключових напрямів розвитку сучасного землеробства є впровадження ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур, особливо на еродованих ґрунтах, які в Україні займають значні площі та характеризуються зниженим рівнем родючості. Ерозійні процеси, спричинені як природними, так і антропогенними чинниками, призводять до втрати гумусового шару, зменшення вмісту поживних речовин, погіршення структури ґрунту та його водно-фізичних властивостей. Це, своєю чергою, негативно впливає на продуктивність культур і стабільність аграрного виробництва.

У цьому контексті особливої ваги набувають технології мінімального та нульового обробітку ґрунту (*mini-till, no-till*), мульчування, застосування покривних (сидеральних) культур, адаптивно-ландшафтне землеробство та інші заходи, спрямовані на збереження ґрунтового покриву. Їх використання

дозволяє зменшити інтенсивність ерозійних процесів, підвищити вміст органічної речовини в ґрунті, покращити його структуру та водоутримувальну здатність, а також знизити витрати енергії та ресурсів.

Важливим структурним елементом адаптивних систем землеробства є диверсифіковані сівозміни, які забезпечують біологічну рівновагу агроценозів, сприяють раціональному використанню поживних речовин і зменшенню фітосанітарного навантаження. Раціональне чергування культур різних біологічних груп — зернових колосових, зернобобових, олійних, круп'яних — дає можливість ефективно використовувати агрокліматичний потенціал території, підвищувати родючість ґрунтів і зменшувати ризики поширення шкідників і хвороб. Включення в сівозміни зернобобових культур є важливим чинником біологізації землеробства, оскільки вони здатні фіксувати атмосферний азот і збагачувати ґрунт органічною речовиною.

Сучасні технології обробітку ґрунту відіграють визначальну роль у формуванні ефективних адаптивних систем землеробства. Вони базуються на принципах ресурсозбереження, мінімізації механічного впливу на ґрунт, збереження його біологічної активності та структурної цілісності. Диференційований підхід до обробітку, який враховує тип ґрунту, рельєф, кліматичні умови та попередники, дозволяє оптимізувати агротехнічні заходи та підвищити ефективність використання ресурсів.

Застосування новітніх заходів хімічної меліорації кислих ґрунтів є невід'ємною складовою відтворення їх родючості в умовах кліматичних викликів. Вони забезпечують підвищення продуктивності агроценозів, стабілізацію агрохімічних показників ґрунту, поліпшення умов живлення рослин і формування екологічно стійких агроекосистем. Сучасні підходи до хімічної меліорації кислих ґрунтів, викладені у посібнику, виходять за межі традиційного вапнування та передбачають використання інноваційних меліорантів і технологій їх застосування, що забезпечує не лише нейтралізацію кислотності, але й покращення агрофізичних властивостей ґрунту, підвищення його буферної здатності та відновлення біологічної активності. Впровадження інноваційних меліоративних технологій сприятиме підвищенню ефективності адаптивних систем землеробства та забезпеченню довгострокової продуктивності сільськогосподарських угідь.

В умовах кліматичних змін та необхідності зниження вуглецевого сліду аграрного виробництва особливої актуальності набувають низьковуглецеві системи удобрення. Вони передбачають оптимізацію використання мінеральних і органічних добрив, впровадження новітніх видів на основі інноваційних препаратів, таких як інгібітори нітрифікації, біостимулятори, мікробіологічні препарати. Такий підхід дає змогу підвищити коефіцієнт

використання поживних речовин рослинами, зменшити втрати азоту у вигляді парникових газів і нітратного вимивання, а також забезпечити екологічну безпеку агроландшафтів.

Військові дії, викиди підприємств та нераціональне використання хімікатів у сільському господарстві призводять до забруднення ґрунтів важкими металами, які мають високу стійкість у навколишньому середовищі, здатність до біоакумуляції та характеризуються токсичним впливом на живі організми. До них належать свинець (Pb), кадмій (Cd), цинк (Zn) та мідь (Cu). Ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених ґрунтах або неможливе, або небезпечне з огляду токсичності продукції, вирощеної на таких площах. Науковцями ННЦ «ІЗ НААН» розроблено і представлено у посібнику заходи з фіторемедіації таких земель, які дозволяють власнику відносно швидко знизити вміст важких металів у грунті до екологічно допустимого рівня і водночас отримати прибуток, вирощуючи культури альтернативного цільового використання, наприклад кукурудзу на біопаливо.

Інноваційні технології вирощування зернових колосових, зернобобових, круп'яних і олійних культур у сучасних умовах набувають системного характеру та формуються як інтегровані технологічні платформи, що поєднують генетичні, агротехнічні, агрохімічні та біологічні компоненти. Їх ключовою метою є максимальна реалізація продуктивного потенціалу культур за одночасного підвищення їх адаптивності до абіотичних і біотичних стресів, ресурсоефективності виробництва та екологічної безпеки агроландшафтів.

У сегменті зернових колосових культур (пшениця озима і яра, ячмінь, жито, тритикале) інноваційні підходи базуються насамперед на використанні високопродуктивних сортів із широкою нормою реакції на умови вирощування. Селекційні досягнення останніх років орієнтовані на формування генотипів із підвищеною посухо- і жаростійкістю, стійкістю до вилягання, а також толерантністю до основних збудників хвороб (іржі, септоріозу, фузаріозу колоса). Інноваційні технології передбачають диференційований підхід до норм висіву, який базується на аналізі потенціалу сорту, родючості ґрунту, попередника та прогнозованих погодних умов. Додатковим чинником підвищення польової схожості та енергії проростання є застосування сучасних біопрепаратів з фунгіцидною, інсектицидною та стимулювальною дією.

У технологіях вирощування зернових культур особлива увага приділяється використанню диференційованого внесення азотних добрив на основі визначення потреб рослин у живленні. В умовах кліматичних змін це має вирішальне значення для стабілізації врожайності та зниження екологічного навантаження.

Для зернобобових культур (соя, горох) інноваційні технології спрямовані на максимальне використання їх біологічного потенціалу, зокрема здатності до симбіотичної фіксації атмосферного азоту. У цьому контексті важливим є застосування високоефективних штамів бульбочкових бактерій, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Інокуляція насіння сучасними мікробіологічними препаратами дозволяє значно підвищити рівень азотфіксації, зменшити потребу в мінеральних добривах і покращити екологічні показники виробництва.

Інноваційні підходи до вирощування круп'яних культур (гречка, просо) пов'язані з їх високою адаптивністю до посушливих умов і бідних ґрунтів, що робить їх перспективними в умовах кліматичних змін. Для цих культур важливим є підбір оптимальних сортів, адаптованих до конкретних екологічних ніш, а також удосконалення технологій сівби та удобрення. Зокрема, використання мікродобрив і стимуляторів росту сприяє підвищенню стійкості рослин до стресових чинників і покращанню якості продукції.

Вирощування олійних культур, зокрема гірчиці білої, вимагає застосування високотехнологічних рішень, що враховують біологічні особливості та високу чутливість до фітосанітарного стану агроценозів.

Суттєвим компонентом інноваційних технологій є прогнозування фітосанітарного стану агроценозів. Використання сучасних методів моніторингу дає можливість своєчасно виявляти загрози поширення шкідників і хвороб, оцінювати рівень їх шкодочинності та приймати обґрунтовані рішення щодо застосування заходів захисту. Особливе значення має вивчення шкідників і хвороб таких культур, як соя, пшениця озима та яра, які є стратегічно важливими для аграрного сектору України. Розроблення ефективних систем захисту цих культур базується на принципах інтегрованого захисту рослин, що передбачає поєднання агротехнічних, біологічних і хімічних заходів із урахуванням економічних порогів шкодочинності.

Тому, інноваційні технології вирощування зернових колосових, зернобобових, круп'яних і олійних культур формують комплексну систему знань і практичних рішень, спрямованих на підвищення ефективності аграрного виробництва в умовах кліматичних трансформацій. Їх впровадження забезпечує не лише зростання врожайності та якості продукції, але й сприяє збереженню природних ресурсів, підвищенню екологічної стійкості агроекосистем і конкурентоспроможності аграрного сектору.

Важливою передумовою реалізації потенціалу інноваційних агротехнологій є розвиток насінництва та забезпечення виробництва високоякісного насіння. Насіння є носієм генетичної інформації, що визначає рівень урожайності, якість продукції та адаптивність культур до умов

вирощування. Використання сертифікованого насіння високих репродукцій, впровадження сучасних технологій його вирощування, контроль якості є ключовими чинниками підвищення ефективності аграрного виробництва.

У сучасних умовах кліматичних трансформацій та структурних змін аграрного виробництва актуалізується необхідність наукового обґрунтування та впровадження інноваційних підходів до вирощування кормових культур, адаптованих до нових агроекологічних умов.

Вирощування однорічних кормових культур (кукурудза на силос, сорго, суданська трава, вико-вівсяні сумішки тощо) в умовах кліматичних змін потребує перегляду технологічних підходів з урахуванням їх адаптивності до стресових чинників. Особливої актуальності набуває використання посухостійких видів і гібридів, оптимізація строків сівби та густоти стояння рослин, впровадження змішаних посівів, які забезпечують більш стабільну продуктивність і кращу якість корму. Соргові культури, зокрема, розглядаються як перспективна альтернатива традиційним культурам завдяки їх стійкості до високих температур та економну витрачанню вологи. Окремого значення набуває вирощування кормових буряків як джерела висококалорійного соковитого корму для тваринництва. У сучасних умовах їх виробництво потребує оптимізації систем удобрення та захисту рослин, а також використання однонасінних високоврожайних гібридів вітчизняної селекції з підвищеною стійкістю до хвороб і посухи.

Багаторічні кормові культури (люцерна, конюшина, еспарцет, багаторічні злакові трави) відіграють ключову роль у формуванні стабільної кормової бази та відтворенні родючості ґрунтів. У контексті кліматичних викликів особливого значення набуває впровадження високопродуктивних, стійких до посухи та температурних коливань сортів, а також формування багатокомпонентних травосумішей, які забезпечують тривалу продуктивність травостоїв. Люцерна, як одна з найбільш цінних бобових культур, має виняткове значення завдяки високому вмісту протеїну, здатності до біологічної фіксації азоту та позитивному впливу на структуру ґрунту. Водночас її ефективне вирощування вимагає врахування кислотності ґрунту, водного режиму та особливостей агротехніки, що особливо актуально в умовах кліматичної нестабільності.

Значний резерв підвищення ефективності кормовиробництва пов’язаний із поліпшенням і раціональним використанням природних кормових угідь — луків і пасовищ. У сучасних умовах вони часто характеризуються низькою продуктивністю та деградованим станом через надмірне або нераціональне використання. Впровадження заходів поверхневого та докорінного поліпшення (підсівання цінних видів трав, внесення добрив, регулювання водного режиму, боротьба з бур’янами) дає змогу істотно підвищити їх продуктивність і якість

корму. Водночас важливим є запровадження раціональних систем випасання, які забезпечують відновлення травостою та запобігають його деградації. У цьому контексті кормові культури виконують не лише виробничу, але й екологічну функцію, сприяючи збереженню ґрунтової родючості, зменшенню ерозійних процесів і підвищенню біорізноманіття агроландшафтів.

Отже, вирощування кормових культур у розрізі однорічних і багаторічних видів, кормових буряків, люцерни, а також поліпшення природних кормових угідь є надзвичайно актуальним напрямом розвитку адаптивних систем землеробства в умовах кліматичних змін. Впровадження інноваційних технологій у цій сфері забезпечує формування стабільної кормової бази, підвищення ефективності тваринництва та сталий розвиток аграрного сектору загалом.

Впровадження інноваційних агротехнологій, розроблених вітчизняними науковими установами, неможливе без ефективного ринково-орієнтованого інструментарію, який забезпечує трансфер наукових розробок у виробництво. Економічна ефективність, інвестиційна привабливість, рівень ризиків, доступ до фінансових ресурсів і державна підтримка є визначальними факторами, що впливають на масштаби впровадження інновацій. У цьому контексті важливу роль відіграють освітні та наукові установи, які забезпечують поширення знань і підготовку кваліфікованих кадрів.

Особливого значення набувають новітні підходи до організації інноваційної діяльності, серед яких концепція Living Labs займає провідне місце. Living Labs як інструмент комерціалізації інноваційних агротехнологій передбачає створення відкритих платформ для співпраці між науковцями, агровиробниками, бізнесом і державними інституціями. Такий підхід дозволяє тестувати інновації в реальних умовах, адаптувати їх до потреб користувачів і забезпечувати ефективне впровадження у виробництво. В умовах динамічних змін зовнішнього середовища Living Labs сприяють підвищенню гнучкості та конкурентоспроможності аграрного сектору.

Тому, формування теоретико-методологічних засад розвитку інноваційних агротехнологій в адаптивних системах землеробства є складним міждисциплінарним завданням, що потребує інтеграції знань із агрономії, ґрунтознавства, екології та економіки. Запропонований посібник, оснований на результатах досліджень науковців Національного наукового центу «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», спрямований на систематизацію сучасних наукових підходів і практичних рішень у цій сфері, висвітлення ключових напрямів розвитку інноваційного землеробства та обґрунтування шляхів підвищення ефективності аграрного виробництва в умовах кліматичних трансформацій.

Матеріали посібника охоплюють широкий спектр питань — від ґрунтозахисних технологій і оптимізації сівозмін до сучасних систем удобрення, захисту рослин, насінництва та інноваційного забезпечення аграрного сектору. Особлива увага приділяється інтеграції екологічних, економічних і технологічних аспектів, що відповідає концепції сталого розвитку та забезпечує гармонійне поєднання продуктивності й екологічної безпеки.

Посібник розрахований на науковців, викладачів, аспірантів, здобувачів вищої освіти аграрного профілю, а також практичних фахівців аграрного виробництва. Його використання сприятиме підвищенню рівня наукового обґрунтування агротехнологічних рішень, впровадженню інновацій у практику та забезпеченню сталого розвитку землеробства в умовах глобальних кліматичних викликів.

Розділ 1. АГРОЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АДАПТИВНИХ ҐРУНТОЗАХИСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР У СХИЛОВИХ АГРОЛАНДШАФТАХ ЛІСОСТЕПУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

1.1. Стан і тенденції розвитку інноваційних ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур на еродованих ґрунтах схилових агроландшафтних систем зони Лісостепу

Ерозія ґрунтів є одним із найбільш загрозливих для довкілля явищ, яке негативно впливає на життєдіяльність людського суспільства. За даними ФАО ООН «Стан ґрунтових ресурсів світу», внаслідок ерозійних процесів в землеробських регіонах світу втрачається від 25 до 40 млрд т верхнього родючого шару ґрунту щорічно, що значно знижує врожайність сільськогосподарських культур та відповідно загрожує світовій продовольчій безпеці [1].

Інтенсифікація ерозійних процесів та їх поширення на величезні території призводить до істотної деградації ґрунтів, завдаючи непоправних збитків навколишньому природному середовищу та загалом ставлячи під загрозу безпечний розвиток людства. У світі найбільшу питому частку серед чинників деградації мають процеси водної та вітрової ерозії: 56 % та 28 % відповідно. Це означає, що охорона ґрунтів від ерозії є однією із істотних нагальних проблем, без вирішення якої досягнення сталого землекористування неможливе.

В Україні щороку від ерозії втрачається від 300–400 до 500–600 млн т ґрунту (рис.1.1).

Із продуктами ерозії виноситься до 10−15 млн т гумусу, 0,3–0,9 млн т азоту, 700–900 тис. т фосфору, 6–12 млн т калію, що значно більше, ніж вноситься з добривами та меліорантами.

Урожайність сільськогосподарських культур на еродованих ґрунтах схилових агроландшафтів на 20–60 % нижча, порівняно з модальними ґрунтами плато. Втрати продукції землеробства від ерозії, за експертними оцінками, перевищують 9–12 млн т зернових одиниць,

Площа сільськогосподарських угідь, які зазнають згубного впливу водної ерозії, в Україні становить 13,3 млн га (32 % загальної площі), у тому числі 10,6 млн га орних земель. У складі еродованих земель налічується біля 4,5 млн га із сильно- та середньозмитими ґрунтами, 68 тис. га повністю втратили гумусовий горизонт (рис. 1.2).



Рис. 1.1. Змивання ґрунту в агроценозі пшениці озимої у результаті весняного сніготанення на схилі крутизною 3−5 градусів



Рис. 1.2. Шкодочинність ерозійних процесів в результаті поверхневого стоку зливових вод на схилі крутизною 5-6 градусів (чорнозем типовий сильноеродований)

Вітровій ерозії систематично піддається понад 6 млн га угідь, а в роки з пиловими бурями – до 20 млн га. Так, наприклад, пиловою бурею 2007 р. було охоплено 125 тис. км^2, що становить майже 20% площі України (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Розвиток дефляційних процесів (вітрова ерозія) на легкосуглинкових ґрунтах Київщини

Процеси ерозії ґрунту залишаються актуальною невирішеною проблемою також і в багатьох країнах Європи, де на розвиток ерозійних процесів впливають як природні фактори так, і національні особливості землекористування. Втім, значні зусилля європейських інституцій, а саме злагоджені дії та достовірні дані про фактичні темпи ерозії для ґрунтів різного використання та стану, дають змогу успішно вирішувати велику кількість питань щодо захисту їх від деградаційних, в тому числі і водно-ерозійних процесів, збереження і підвищення родючості ґрунтів [2].

У даному контексті створення Глобального ґрунтового партнерства (ГГП), завданням якого є поліпшення управління ґрунтовими ресурсами з метою збереження здоров'я та продуктивності ґрунтів для продовольчої безпеки світу, а також підтримка основних екосистемних заходів, від яких залежить наше суспільство, у тому числі регулювання водного режиму, забезпечення населення чистою питною водою, зменшення негативного впливу кліматичних змін, збереження біорізноманіття і культурної спадщини, а також використання позитивного досвіду тих країн, які вже досягли значних успіхів в екологізації сільськогосподарського виробництва.

Означені проблеми вимагають посиленої уваги до вивчення, контролю й подолання деградації, зокрема і встановлення масштабів ерозійної деградації земель, визначення поточних загроз та окреслення шляхів вирішення наявних проблем.

У сільськогосподарському землекористуванні України ерозія ґрунтів становить не лише екологічну проблему, але й спричиняє значні економічні та соціальні наслідки, негативно впливаючи на стабільність аграрного виробництва та загальну продовольчу безпеку держави. У зв'язку з цим, розроблення та впровадження інноваційних ефективних вологозберігаючих та ґрунтозахисних агротехнологічних заходів є необхідною умовою сталого функціонування адаптивних систем землеробства [3].

Одним із ефективних агроекологічних заходів захисту схилових еродованих ґрунтів сільськогосподарських ландшафтів у системі адаптивно-ландшафтного землеробства є перехід до протиерозійних технологій, що поєднують агротехнічні, організаційні та біологічні заходи охорони еродованих ґрунтів схилових сільськогосподарських ландшафтів, підвищуючи в цілому стійкість агроекосистем до глобальних змін клімату та розвитку ерозійної деградації ґрунтового покриву [4].

Деструктивні ерозійні процеси, прояв яких залежить від погодно-кліматичних характеристик не лише безпосередньо під впливом агресивної дії на ґрунтовий покрив поверхневого водного потоку, а й побічно – шляхом суттєвої втрати біомаси агроценозів з причин зменшення вологозабезпеченості рослин, підвищення температури повітря впродовж вегетаційного періоду [5].

За даними звіту Національної метеорологічної служби Великої Британії (Met Office) «Вплив зміни клімату в Україні» та прилеглих регіонах середня багаторічна температура повітря піднялася майже на 1,5 °C за останні 30 років, і за прогнозами до кінця століття може зрости на 3,4–6,2 °C. На думку кліматологів, очікується збільшення кількості дощів узимку та зменшення потужності снігового покриву, що негативно відіб'ється на кількісних показниках весняного поверхневого стоку. Водночас, прогнозується зростання на 10–25% частоти та інтенсивності дуже сильних зливових опадів. Проведені статистичні обрахунки свідчать також про те, що за останнє двадцятиліття кожен наступний рік в Україні був теплішим, ніж середньостатистичні показники за довготривалий період (1961−1990 рр.), а 2020 р. став найбільш спекотним, перевищивши на 2,8°C середній багаторічний показник [6].

Сільськогосподарське виробництво значною мірою залежить від

погодно-кліматичних умов, тому зміни в сезонній кількості та інтенсивності опадів у поєднанні з підвищеними температурами створюють передумови як для зменшення вологозапасів ґрунту, так і для посилення зливового поверхневого стоку – основного реагента водно-ерозійних процесів.

Виробнича ефективність використання природно-ресурсного потенціалу та його основного базису – земельних угідь для цілей забезпечення продовольчої безпеки в досить значною мірою залежить від погодно-кліматичного ресурсу та адаптаційної здатності агротехнологій вирощування продовольчих культур до кліматичних флуктуацій. Відмічені на початку XXI ст. зміни погодних умов – у більшості випадків трактуються кліматологами як перехід до глобального потепління у планетарному масштабі. Кліматичні зміни в Україні полягають у підвищенні середньомісячної температури повітря, а також суми активних температур, посиленні процесів посушливості (аридизації) та зміні повітряного режиму і характеру атмосферних опадів у напрямі збільшення неоднорідності їх розподілу впродовж року та зростання частки інтенсивних дощів зливового характеру [7–9].

Урахування впливу кліматичних змін в цілому на сільське господарство і в особливості на галузь землеробства як одного із основних ключових гарантів забезпечення продовольчої безпеки вимагає розроблення та реалізації сучасних адаптаційних заходів у різних сферах аграрного сектору, в тому числі і у науковому обґрунтуванні та подальшому удосконаленні технологій протиерозійного захисту ерозійно небезпечних та еродованих ґрунтів схилових агроландшафтів [10].

Комплекс агротехнічних та організаційних заходів, що полягає в оптимізації структури сівозмін і угідь, застосуванні ґрунтозахисних агротехнологій, дає змогу у більшості випадків знизити рівень ерозійних втрат ґрунту до екологічно обґрунтованих нормативних показників.

Науковими дослідженнями встановлено та виробничим досвідом підтверджено, що застосування традиційних технологій вирощування культур із переважанням полицевого обробітку на схилових деградованих та малопродуктивних землях зумовлює посилення поверхневого стоку, інтенсифікує змив і втрату елементів родючості ґрунту та поживних речовин із внесених мінеральних добрив, що у кінцевому результаті призводить до зменшення продуктивності агрофітоценозів та істотних додаткових фінансових витрат, які доцільно було б використати на відновлення родючості еродованих ґрунтів, впровадження комплексу ґрунтозахисних заходів, призупинення подальшого розвитку процесів ерозійної деградації агроекосистем.

Водночас доведено, що за впровадження ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур, мінімальний і безполицевий обробітки еродованих чорноземів у схилових агроландшафтах за урахування ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу місцевості і ступеню еродованості ґрунтів забезпечують зменшення до екологічно унормованих показників втрати ґрунту в результаті ерозії , сприяють стабілізації його водно фізичних характеристик та структурно-агрегатного складу, суттєво підвищують продуктивність агроценозів [11–13].

У даному контексті серед основних складових інноваційних ґрунтозахисних систем землеробства в нинішніх умовах, у тому числі і прогресуючих кліматичних змін, особливе місце посідає технологія нульового обробітку (*no-till*). Зарубіжні дослідники акцентують увагу на тому, що застосування *no-till*-технології сприяє істотному зниженню ерозійних втрат ґрунту [14], підвищує інфільтраційну здатність та сприяє накопиченню вологи в орному шарі ґрунту. [15, 16], а також стабілізує або підвищує вміст органічного вуглецю в ґрунтовій екосистемі [17].

Зведені статистичні дані щодо використання технології no-till у країнах світу свідчать про те, що площа на якій запроваджено технологія «нульового» обробітку сягає 6,8–7,0 % від світової, або сумарно 95,5-96,0 млн га. При цьому на країни Південної Америки, США та Австралію припадає близько 95% площ, де використовуються технології «прямої сівби». Частка оброблюваних угідь за мінімальною технологією на європейському континенті не перевищує 2,5–3,5 %, а лідерами із застосування технології «нульового» обробітку є Велика Британія, Франція, Італія [18].

Результати досліджень, проведених у різних ґрунтово-кліматичних умовах, підтверджують висновок про те, що система *no-till* є ефективним інструментом адаптації землеробства до змін клімату, в тому числі і за умов складного рельєфу, оскільки підвищує стійкість агроекосистем як до посух, так і екстремальних зливових опадів. Водночас ефективність «нульових» технологій значною мірою залежить від локальних умов, що до ступеню еродованості ґрунтів, структури сівозмін, оптимізації системи живлення культур та енергооснащеності і фінансові спроможності аграрних підприємств. Наукові дослідження останніх років в Україні також засвідчують перспективність впровадження *no-till* на плакорних привододільних землях першої еколого технологічної групи за ведення системи ґрунтозахисного контурного землеробства. Зокрема, встановлено позитивний вплив технології прямої сівби на збереження вологи, стабілізацію гумусного стану та показники родючості чорноземних ґрунтів, підвищення їх біологічної активності та

ґрунтозахисну ефективність значної кількості рослинних решток [19, 20].

В Україні проводили лише окремі пошукові, несистемні дослідження щодо встановлення протиерозійної ефективності технології *no-till* на схилових еродованих землях. Тому ряд авторів наголошують на необхідності адаптації технології прямої сівби до конкретних геоморфологічних та ґрунтово-рельєфних умов сільськогосподарських територій схилових агроландшафтів з різного ступеню змитості ґрунтами та поєднання технології *no-till* з іншими елементами (складовими) грунтоводозберігаючого ландшафтно-адаптивного землеробства, зокрема для більш повного використання агробіологічного потенціалу покривних культур, застосування удосконалених методів управління рослинними рештками, диференційованих систем живлення та захисту рослин, зменшення емісії CO_2, меншої вразливості до кліматичних змін.

За результатами пошуку та аналізування зарубіжних та вітчизняних наукових джерел встановлено, що адаптивні інноваційні мінімальні технології обробітку, зокрема і *no-till* мають значний потенціал у забезпеченні агроекономічної та енергетичної ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Розглянуті системи мінімального та нульового обробітків ґрунту мають досить значну агроекологічну ефективність, позитивно впливають на збереження та відновлення родючості ґрунтів, економічний та виробничий ресурс. Однак, наразі означені технології ще не отримали достатнього наукового обґрунтування щодо перспективності їх використання як екологічно безпечних та технологічно придатних в умовах схилового ґрунтозахисного землеробства за інтенсивного прояву водно-ерозійних денудаційних процесів на чорноземних ґрунтах різного ступеню змитості.

Тому, питання комплексної агроекологічної оцінки та ґрунтоводоохоронної ефективності прямої сівби (*no-till*) в умовах адаптивних мінімальних технологій вирощування сільськогосподарських культур на чорноземах типових еродованих схилових агроландшафтів Лісостепу залишається нині недостатньо вивченим. Це зумовлює необхідність проведення подальших комплексних досліджень, спрямованих на кількісне визначення протиерозійного ефекту мінімальних технологічних прийомів, у тому числі технології *no-till*, а також на встановлення їх впливу на протиерозійну, ґрунтозахисну, вологозберігаючу здатність і родючість еродованого ґрунту та продуктивність агроценозів у схилових ерозійно небезпечних агроландшафтах.

1.2. Протиерозійна та водоутримувальна здатність систем обробітку ґрунту за застосування сучасних ґрунтозахисних технологій, які базуються на безполицевому обробітку ґрунту та *no-till*-технології

Науково-виробничий агроекологічний полігон відноситься до Правобережного-Придніпровського ерозійного денудаційного району, який характеризується високим ступенем ерозійного розчленування земельних угідь та активним проявом процесів деградації ґрунтового покриву інтенсивно оброблювальних схилових земель (рис. 1.4).

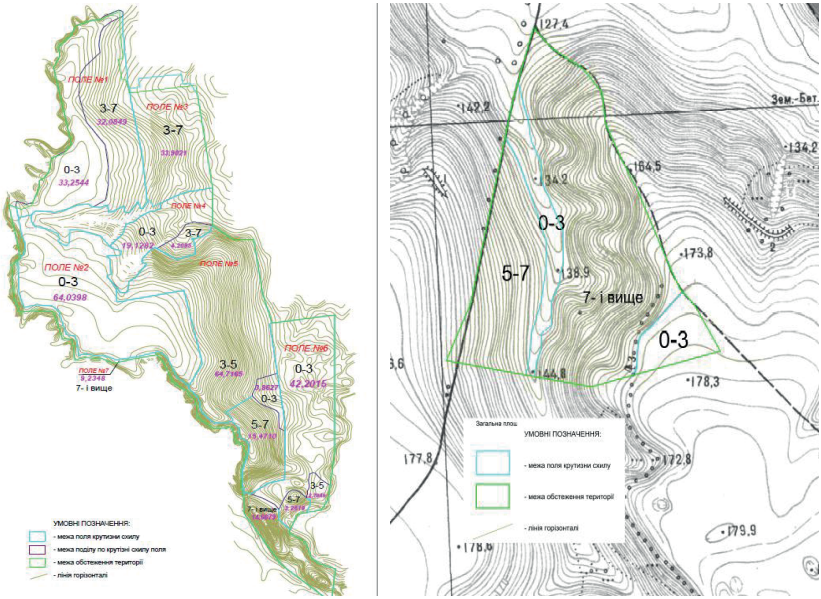


Рис. 1.4. Рельєф фаціальних систем схилів у межах агроекологічного полігону території проведення досліджень

Дослідження проводились у межах землекористувань сільськогосподарських підприємств розміщених на балкових водозборах малих річок Сквирка та Івковитиця, за схемою: водозбірні басейни малих річок – балкові водозбори – сільськогосподарські ландшафти, які відносяться до Ржищівської яружно-балкової ерозійної системи зони Лісостепу.

Комплексні наукові дослідження проводилися впродовж 2023−2025 рр на стокооблікових майданчиках тривалого польового досліду (рис. 1.5), агрофонах з розроблення технологій вирощування сільськогосподарських

культур у короткотерміновому досліді, фаціальних системах науково виробничого досліду з вивчення грунтоводоохоронної ефективності *no-till* технології, шляхом встановлення інтенсивності ерозійно-гідрологічних процесів за сумарним стоком води, наносів та грубизною перевідкладеного змитого ґрунту у замикаючих створах модельних водозборів залежно від структури угідь і сівозмін та агротехнологічних напрямів вирощування культур.



Рис. 1.5. Стоково облікові майданчики ерозійного стаціонару польового досліду

Поєднання прийомів стаціонарного вивчення стоку і змиву ґрунту на стокових майданчиках, розташованих на схилах різної довжини, крутизни і експозиції із спостереженнями в замикаючих створах водозбірних басейнів різних порядків дає найбільш об'єктивні результати. Водночас використовували методи обліку поверхневого стоку методами, які дозволяють здійснити облік змиву ґрунту з окремих ділянок (зон) схилів без урахування об'ємів стокових зливових або від сніготанення вод.

Багатогранність методичних прийомів за рахунок поєднання польових геоморфологічних та маршрутних досліджень, із стаціонарними методиками, а також картометричним аналізом дало можливість отримати достовірно кількісну оцінку ролі ерозійно-акумулятивних процесів за застосування різних технологій вирощування сільськогосподарських культур, стану екологічної ситуації в агроценозах на схилових землях ерозійно небезпечних

агроландшафтів, встановити протиерозійну та вологозберігаючу ефективність агротехнологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур.

Кожен вид агроекологічного польового комплексу, що досліджувався в межах басейнової системи річок Сквирка та Івковитиця, має у своєму складі досить значну кількість урочищ, що створюють його структуру. Характер функціонування цих урочищ визнається в основному напрямком антропогенного їх використання, тобто землеробською спеціалізацією. В основі виділення урочищ ураховували основні ознаки, такі як: форми мезорельєфу, відмінності у змитості ґрунтів або їх типологічні ознаки, особливості формування сівозмінних масивів, агротехнологій та умов використання рельєфу для ведення землеробства. Фаціальні системи, що досліджувалися, характеризуються спільними схожими ландшафтними структурами такими як: генетико-морфологічними, позиційно-динамічними, зв'язністю по лініях потоку речовин і енергії, спільністю за гідрофункціонуванням, тобто за виділенням басейново-ландшафтної структури.

Для дослідження були підібрані територіально суміжні фаціальні системи, які утворюють та об'єднані в природно-територіальні комплекси-урочища.

Метою вибору типу ландшафтної територіальної структури було обґрунтування технологічних заходів з протиерозійного захисту ґрунтового покриву від розвитку водно-ерозійних процесів, розроблення системи вологозберігаючих і вологонакопичувальних агротехнологій, визначення напрямків збереження і підвищення родючості еродованих ґрунтів чорноземного типу в ерозійно небезпечних сільськогосподарських ландшафтах. Для визначення об'єкту і напрямів досліджень було проведено аналіз формування поверхневого стоку, водного режиму у фаціальних системах та проведено балансові розрахунки водності природно-територіального комплексу, визначено основні шляхи формування і міграції речовинних потоків, транспортування наносів, шляхів іонного стоку та втрати біогенних елементів.

Ґрунтові та погодні умови є одним із визначальних факторів формування врожаїв сільськогосподарських культур і результативності агропромислового виробництва. На формування погодних умов в районі проведення досліджень впливала безпосередня близькість однієї з найбільших водних артерій країни р. Дніпро, а також орографічне положення Ржищівської яружно-балкової ерозійної системи. Означені територіальні характеристики безпосередньо впливали на регулювання циркуляції повітряних мас, дренажну здатність території та її водний і температурний режим.

Багаторічними дослідженнями, проведеними співробітниками ННЦ «ІЗ НААН» в природно територіальних комплексах, які безпосередньо відносяться до земельних угідь Ржищівської ерозійної яружно-балкової системи встановлено, що ґрунтовий покрив місцевості характеризується досить низьким депонуванням атмосферних опадів, оскільки в межах системи переважна більшість земельних угідь знаходиться на схилових еродованих землях різної крутизни. При цьому, як в зимово-весняний період так і в період вегетації культур поверхневий стік в схилових агроландшафтах сягає близько 40−45% від річного стоку опадів. Дренажна активність території також спрямована у бік русла р. Дніпро. Тепловий режим території, що досліджувалась, близький до середньобагаторічних показників, характерних для природно-територіальних комплексів Лісостепу Правобережного.

Дослідження з вивчення ґрунтоводоохоронної ефективності мінімальних систем обробітку, в тому числі *no-till* за розроблення ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур на чорноземі типовому еродованому проводили впродовж 2023−2025 рр.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений чорноземом типовим сильнозмитим з такими агрохімічними характеристиками: низькою забезпеченістю сполуками легкогідролізного азоту – 74,4 мг/кг ґрунту, підвищеним вмістом рухомих сполук фосфору – 159,8 та калію – 93,1 мг/кг ґрунту. Вміст гумусу (за Тюріним) у шарі ґрунту 0–20 см – 1,79 %, $pH_{сол}$ – 5,6.

Крутизна схилу південно східної експозиції 5−7°, площа оброблювального земельного масиву 15,6 га. На дослідних ділянках вирощувалися соя – соняшник – пшениця озима.

Висока мінливість погодних умов зумовлює істотні коливання врожайності сільськогосподарських культур, тоді як сучасні кліматичні трансформації істотно підвищують рівень виробничих ризиків у галузі землеробства. Зміни температурного режиму та режиму зволоження призводять до порушення гідротермічної рівноваги агроекосистем, що безпосередньо впливає на тривалість вегетаційного періоду, інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів у рослинах та формування врожаю. Загалом клімат виступає системоутворювальним чинником сільськогосподарського виробництва, оскільки саме ця галузь економіки є найбільш залежною від просторово-часової динаміки агрокліматичних ресурсів [21].

Аналіз погодних умов останніх років за період проведення наукових досліджень свідчить про чітко виражену тенденцію до підвищення середньорічної температури повітря на фоні зменшення річної кількості атмосферних опадів. У 2023–2025 рр. відхилення температурного режиму від

середньобагаторічного показника (6,8 °С) становило +3,6–4,7 °С. Водночас спостерігалася значна нерівномірність випадання опадів упродовж вегетаційного періоду, що спричинило формування періодів атмосферної та ґрунтової посухи. Особливо критичною була ситуація у 2025 р., коли річна сума опадів становила лише 84 % від кліматичної норми. Це призвело до зниження запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту, погіршення водного режиму та посилення стресового навантаження на рослини.

Однак, незважаючи на істотні відхилення метеорологічних показників від середньобагаторічних норм у критичні фази росту й розвитку культур, рівень їх продуктивності залишався відносно високим. Такий результат може бути зумовлений комплексом адаптаційних факторів: використанням сучасних високопродуктивних і стресостійких сортів, удосконаленням технологій обробітку ґрунту та збереження вологи, оптимізацією систем удобрення, а також частковою компенсацією дефіциту опадів за рахунок перерозподілу вологи впродовж вегетації. Це свідчить про зростання ролі адаптивного потенціалу агротехнологій у пом'якшенні негативного впливу кліматичних змін та формуванні стабільності агроценозів в умовах кліматичної нестабільності.

Серед сучасних досліджень із визначення тенденцій подальшого розвитку комплексу інноваційних протиерозійних адаптивних технологій вирощування культур, особливу увагу приділяють системам мінімального та нульового обробітку ґрунту, як ключовим елементам ґрунтоводоохоронного землеробства. Водночас концепція мінімізації механічного впливу на ґрунт базується на зменшенні порушеності його структури, збереженні рослинних решток на поверхні та формуванні мульчувального шару, що сприяє зниженню інтенсивності водної й вітрової ерозії, підвищенню інфільтраційної здатності та зменшенню непродуктивних втрат вологи на випаровування та поверхневий стік

У цьому контексті наукові дослідження та подальша перспектива впровадження технології *no-till* на еродованих схилових землях розглядається як напрям стабілізації агроекосистем, спрямований на довгострокове збереження ґрунтового покриву в ерозійно небезпечних сільськогосподарських ландшафтах.

З огляду на посилення кліматичної мінливості, зростання ерозійної небезпеки та прогресуючих деградаційних процесів на еродованих чорноземах Лісостепу, доцільним та актуальним є процес поглибленого аналізу протиерозійної ґрунтоводоохоронної ефективності технології *no-till* з

урахуванням її впливу на агрофізичні та ерозійно- гідрологічні показники ґрунту, а також на продуктивність агроценозів.

Проведеними визначеннями об'єму змитого ґрунту на різних частинах рельєфу схилу зайнятих агроценозами пшениці озимої, сої та соняшнику за застосування різних технологій обробітку та урахування елементів рельєфу схилу проводили методом ерозійних борозен, який дає змогу визначити змив ґрунту практично на будь-яких елементах (мікрозонах) схилу.

У табл. 1.1 наведено інформацію про фактичний усереднений змив ґрунту у результаті розвитку ерозійно-гідрологічних процесів та пов'язаних з ними втратами (змивом) верхнього шару чорнозему типового сильнозмитого залежно від технологій обробітку ґрунту, крутизни та елементів рельєфу за вирощування сої у досліджуваних фаціальних системах-урочищах.

Таблиця 1.1. **Усереднений змив ґрунту в агроценозі сої залежно від технологій вирощування та елементів рельєфу (зон) схилу, т/га**

Елементи рельєфу схилу (зони)	**Крутизна схилу, градуси**	**Технології обробітку ґрунту**			**Розрахунковий змив ґрунту**
		традиційна	**мінімальна**	**пряма сівба (*no-till*)**	
Привододільна	2-3	0,88	2,8	1,9	1,3
Транзитна	3-5-7	13,4	7,1	5,4	3,9
Транзитно-акумулятивна	4-2	4,4	2,7	2,2	1,2
Сумарний змив ґрунту	2-7	18,7	12,6	10,8	6,4

Встановлено, що на кількісні показники змитого ґрунту в умовах ведення інтенсивного схилового землеробства впливають як елементи рельєфу схилу (зони) так і крутизна поверхні схилу, які обумовлюють швидкість стікання поверхневого стоку його інтенсивність та розмиваючу здатність. Повздовжні профілі у рельєфі схилів, їх хвилястість спричиняють чергування зон розмиву поверхні схилу та тимчасового перевідкладення змитого ґрунту – наносів (рис. 1.6).

Загальним є те що, інтенсивність змиву поверхневих шарів ґрунту наростає вниз по схилу від зони вододілу до підошви схилу (зона акумуляції). В межах досліджуваних фаціальних систем найбільший змив ґрунту (13,4 т/га) відмічено в транзитній зоні при крутизні схилу – до 7 градусів за проведення традиційної технології -оранки на глибину 20–22см.

Технології обробітку ґрунту суттєво впливали на інтенсивність розвитку ерозійно-гідрологічних процесів як за елементами рельєфу схилу так і за загальними втратами ґрунту. При цьому змив ґрунту з ділянок однакової крутизни розташованих у верхній і нижній частинах схилу істотно

відрізнявся за технологіями обробітку. Так, за технології *no-till* на привододільній зоні схилу змив ґрунту сягав – 1,9 т/га – за мінімальної технології обробітку – 2.8 т/га відповідно.



Рис. 1.6. Конуси виносу та відкладення наносів за елементами мікрорельєфу в результаті проходження стоку талих вод

У зв'язку з значним розпушенням ґрунту, більшою вологопоглинальною здатністю чорнозему типового сильно змитого та вирівняністю плакорної зони за традиційної технології обробітку – змив ґрунту мав незначні показники і становив – 0,88 т/га. Таке розташування зон змиву свідчить про те, що при проєктуванні та впровадженні системи протиерозійних заходів необхідно враховувати інтенсивність розвитку ерозійних процесів залежно від елементів рельєфу схилу, тобто вздовж схилову зональність втрат ґрунту їх величину та перенесення й відкладення твердого поверхневого стоку у напрямку річкової системи. В цілому ж сумарний змив ґрунту по схилу більш значимішим був за традиційної технології обробітку і сягав – 18,7 т/га, що на 32,6–42,2% вище порівняно з мінімальними технологіями обробітку ґрунту. Розрахунковий змив ґрунту в межах досліджуваних фацій урочищ становив 6,4 т/га, що свідчить про достатньо високий потенціал протиерозійної стійкості ґрунтового покриву досліджуваної території, який доцільно враховувати як базовий при проєктуванні комплексу ґрунтоводоохоронних заходів з урахуванням рівня інтенсивності антропогенного навантаження на фаціальні агроландшафтні системи.

Науково-виробничим підсумком проведених досліджень мають бути

моделі, які дають змогу кількісно урахувати виявлену реальну та потенційну небезпеку ерозії, а також повинні відображати фізичну природню сутність та закономірності розвитку водно-ерозійних процесів за урахування їх інтенсивності відповідно до елементів (зон змиву) рельєфу схилів у процесі виробничої перевірки і подальшого впровадження ґрунтозахисних технологій на схилових ерозійно небезпечних агроландшафтах при вирощуванні як густопокривних культур суцільного посіву так і агроценозів просапних культур без проведення у процесі догляду за ними додаткових міжрядних обробітків. При цьому розрахунковий змив ґрунту з площі в один умовний гектар досліджувальних фаціальних систем може слугувати нормативною величиною реально можливих допустимих втрат чорнозему типового змитого у результаті водної ерозії, які і визначають рівень надійності протиерозійного захисту оброблювальних земель схилових урочищ. Одним із найбільш доступних протиерозійних агротехнічних заходів за урахування визначених реальних втрат ґрунту за елементами (зонами) рельєфу схилу та технологіями обробітку може бути протиерозійна система яка передбачає смугове впоперек схилове висівання культур з різною ґрунтозахисною здатністю.

Дослідженнями встановлено, що постійний покрив ґрунту вегетуючими рослинами, та рослинними післязбиральними рештками за ґрунтозахисних технологій в тому числі *no-till*-технології, кореневі системи агроценозів захищають поверхню ґрунту, зменшують швидкість поверхневого стоку – основну причину водної ерозії, що суттєво впливає на формування показників протиерозійної стійкості ґрунту шляхом підвищення показників його інфільтраційної здатності.

Ураховуючи встановлену дослідженнями різну інтенсивність прояву ерозійних процесів у межах фаціальної схилової системи необхідно протиерозійно оптимізувати структуру і спосіб просторового розміщення посівів у межах угідь урочища ерозійно небезпечного агроландшафту. При цьому насичення сівозмін відповідними культурами повинно відбуватися з урахуванням їх ґрунтозахисної здатності а формування агроценозів культур здійснювати за елементами рельєфу, ураховуючи крутизну схилу, змитість грунтового покриву та потенційну небезпеку прояву водно-ерозійних процесів. За урахування означених принципів, подальше проєктування системи агротехнічного протиерозійного захисту схилових сільськогосподарських ландшафтів необхідно проводити у напрямку організації системи фітомеліоративних заходів шляхом смугового розміщення агрофонів. При цьому слід враховувати величину втрат ґрунту у фаціальних системах за елементами (зонами) схилу у межах транзитної зони, де змив ґрунту склав від 5,4 до 13,4 т/га. Смуги (агрофони) із густопокривних культур

повинні чергуватися із ерозійно нестійкими агрофонами, які слабо захищають ґрунт від ерозійних процесів. Поперек схилові смуги розміщуються вздовж горизонталей або з незначним відхиленням від них. Ширина протиерозійних смуг розраховується у залежності від прогнозованих втрат ґрунту у результаті змиву еродованості та технології обробітку ґрунту, наявності рослинних решток та проходів посівного агрегату.

Серед агрофізичних характеристик, щільність будови ґрунту є одним із найважливіших базових показників який має безпосередній вплив на ріст і розвиток культур та формування більшості ґрунтових режимів. Тривалими дослідженнями встановлено, що для переважної більшості сільськогосподарських культур у процесі їх вегетаційного періоду оптимальна щільність будови ґрунту становить 1,0–1,3 г/см^3. За ґрунтозахисної системи землеробства *no-till*-технологія не передбачає механічної дії на ґрунтовий покрив за виключенням незначної зони обробітку поверхні поля де формується посівне ложе. При цьому ґрунт не терпить значних стресових коливань пов'язаних із зміною щільності складення обумовлених механічним впливом знарядь для обробітку та догляду за рослинами при вирощуванні широкорядних посівів культур. Тобто ґрунт за застосування технології *no-till* більшу частину року перебуває у рівноважному стані під дією як природних факторів (зміна вологості, температури, діяльність ґрунтової фауни) так і деяких агротехнічних (сівозмінний фактор, сівба проміжних культур, тиск ходових систем сільськогосподарської техніки).

При цьому досить значна низка дослідників вважає що застосування технології прямої сівби обумовлює суттєве підвищення щільності ґрунту на 3,1–8,7 % упродовж вегетаційного періоду культур [22, 23].

Проведеними дослідженнями впливу технології *no-till* на щільність складення чорнозему типового сильнозмитого на ерозійно небезпечних схилових землях встановлено, що на показники щільності ґрунту в агроценозах пшениці озимої, сої та соняшника істотно впливає технологія нульового обробітку, а також погодні і ґрунтові умови, що складаються в осінньо-зимовий і впродовж вегетаційного періоду культур (табл. 1.2).

Так, у середньому за роки досліджень щільність складення чорнозему типового еродованого в 0–10 см шарі за технології *no-till* у критичні фази росту і розвитку культур, що досліджувалися (пшениця, соя, соняшник) знаходилася в оптимальних межах – для пшениці озимої 1,10 г/см^3, сої – 1,25 та соняшника – 1,15 г/см^3.

У середині вегетації культур найвищий показник щільності 0−10 см шару ґрунту – 1,34 г/см^3 відмічався в агроценозі пшениці озимої, водночас більш високим він був і у нижчих горизонтах чорнозему типового еродованого.

Таблиця 1.2. **Динаміка щільності складення 0–30 см шару ґрунту в сівозміні залежно від технологій обробітку, г/см^3, 2023-2025 рр.**

Період відбору	Шар ґрунту, см	Технології обробітку ґрунту								
		традиційна	мінімальна	пряма сівба (*no-till*)	традиційна	мінімальна	пряма сівба (*no-till*)	традиційна	Мінімальна	пряма сівба (*no-till*)
		пшениця озима			соя			соняшник		
Раньовесняний період	0-10	1,38	1,23	1,10	1,34	1,36	1,25	1,35	1,38	1,15
	10-20	1,33	1,21	1,36	1,35	1,40	1,28	1,38	1,47	1,28
	20-30	1,35	1,34	1,32	1,19	1,35	1,26	1,37	1,46	1,25
Період вегетації	0-10	1,34	1,26	1,33	1,36	1,21	1,05	1,32	1,34	1,16
	10-20	1,31	1,29	1,34	1,44	1,32	1,22	1,28	1,27	1,35
	20-30	1,3	1,32	1,32	1,46	1,32	1,3	1,28	1,29	1,41
Збір врожаю	0-10	1,19	1,29	1,23	1,26	1,22	1,13	1,29	1,31	1,1
	10-20	1,24	1,28	1,32	1,26	1,33	1,22	1,31	1,32	1,37
	20-30	1,23	1,25	1,27	1,31	1,26	1,25	1,29	1,32	1,34

Однак, на думку В.В. Медведєва системний обробіток у сівозміні в тому числі і пряма сівба, у середньостроковій перспективі (через 4–5 років) має сприяти розущільненню нижніх шарів ґрунту до оптимального рівня (1,15–1,25 г/см^3) за умови локалізації в обмеженому ґрунтовому середовищі значної кількості органічного субстрату [24].

Аналіз впливу технології no-till на щільність складення 0-30 см шару ґрунту під сільськогосподарськими культурами показав, що цей показник варіював також залежно від положення на схилі (верхня, середня, нижня частини) в межах ерозійно небезпечної зони схилового агроландшафту.

Таким чином, щільність складення чорнозему типового сильно змитого перебувала у тісному зв'язку з системами обробітку ґрунту, морфометричними характеристиками профілю схилу та інтенсивністю ерозійних процесів які відбувалися.

У середньому за роки досліджень на варіантах технологій обробітку у ланці сівозміни: пшениця озима, соя, соняшник - накопичувалася близько 4,5–5,1 т/га побічної продукції, яка за традиційної технології заорювалися на глибину 20–22 см; за мілкого мінімального обробітку частково зароблялися, а частково (близько 30 %) – залишалися у поверхневому шарі ґрунту, а за технології *no-till* всі рослинні рештки і побічна продукція концентрувалися на поверхні поля.

Встановлені залежно від технологій обробітку і прямої сівби особливості розподілу рослинних і поживних решток за випадання рівнозначної кількості зимових і літніх опадів та формування поверхневого стоку на схилових угіддях, як рівною мірою і інсоляційна активність – впливали на характер режиму зволоження ґрунту в агроценозах культур.

Одним із основних завдань досліджуваних систем обробітку ґрунту є створення умов для накопичення і збереження запасів продуктивної вологи у ґрунті доступної для росту і розвитку рослин.

Теоретично обґрунтовано та доведено практикою, що за no-till технології регуляторними факторами, які впливають на водний баланс агроценозів у більшості випадків виступають біологічні чинники – кореневі системи рослин, мезофауна і найбільшою мірою залишені га поверхні ґрунту рослинні рештки, які захищають ґрунт від високих температур, зменшують втрати вологи на випаровування і поверхневий стік, поліпшують структурно-агрегатний стан ґрунту, збільшують водопоглинальну його здатність.

Водночас, системи полицевого обробітку ґрунту в більшості випадків не мають переваг щодо збереження рослинних решток на поверхні поля, зниженні температурного режиму поверхневого шару, зменшенні процесів випаровування вологи.

Встановлено динаміку запасів доступної для рослинних угрупувань вологи в чорноземі типовому сильнозмитому залежно від технологій обробітку (традиційна, мінімальна та пряма сівба – *no-till*) у сівозміні з пшеницею озимою, соєю та соняшником. За результатами оцінки вологозапасів у горизонтах ґрунту 0–20, 0–50 і 0–100 см за трьома ключовими періодами: ранньовесняний, вегетаційний та на момент збирання врожаю встановлено, що у ранньовесняний період простежується чітка перевага прямої сівби (*no-till*) щодо накопичення продуктивної вологи за шарами ґрунту на посівах культур сівозміни. Найвищі значення зафіксовані в шарі 0–100 см: для пшениці озимої – 171 мм, сої — 161 мм, соняшника — 161 мм. Уміст продуктивної вологи за мінімального обробітку займає проміжне положення, тоді як традиційна технологія характеризується найнижчими показниками вологозабезпечення, що свідчить про значніші втрати вологи внаслідок інтенсивного механічного впливу на ґрунт (табл. 1.3).

Погодні умови періоду вегетації сільськогосподарських культур істотно впливали на зниження запасів продуктивної вологи в усіх варіантах, що зумовлено активним водоспоживанням рослин, випаровуванням та високими температурами повітря і відповідно поверхні поля. Однак, використання системи *no-till* забезпечує кращі умови для встановлення високого рівня умісту і збереження вологи у ґрунті.

Встановлено, що шарі 0–100 см вологозапаси становлять: для пшениці — 123 мм, сої — 111 мм, соняшника — 111 мм, що значно перевищує відповідні показники вологозабезпечення за традиційної технології обробітку ґрунту. Особливо помітною є ця різниця у верхніх шарах (0–20 і 0–50 см) ґрунтового покриву, де наявність значної кількості рослинних решток забезпечує мульчувальний ефект, що за технологій *no-till* істотно зменшує випаровування вологи.

Таблиця 1.3. **Динаміка запасів продуктивної вологи в сівозміні залежно від технологій обробітку ґрунту, мм, 2023-2025 рр.**

Період відбору	Шар ґрунту, см	Технології обробітку ґрунту								
		традиційна	мінімальна	пряма сівба (*no-till*)	традиційна	мінімальна	пряма сівба (*no-till*)	традиційна	мінімальна	пряма сівба (*no-till*)
		пшениця озима			соя			соняшник		
Ранньовесняний період	0-20	26	27	29	21	16	31	15	18	31
	0-50	62	66	72	50	52	80	38	40	80
	0-100	115	132	171	95	102	161	95	90	161
Період вегетації	0-20	2	4	19	5	5	18	8	7	18
	0-50	9	20	44	22	23	50	20	15	50
	0-100	27	53	123	54	55	111	79	83	111
Збір врожаю	0-20	2	3	19	2	3	10	5	3	10
	0-50	16	13	39	21	25	25	18	15	25
	0-100	58	51	76	63	65	50	51	43	50

На період збирання врожаю культур дослідженнями встановлено подальше зменшення вмісту вологи за шарами ґрунту на досліджуваних технологіях обробітку під культурами сівозміни. Однак тенденція переваги прямої сівби у збереженні вологи – зберігається. Водночас у глибшому шарі (0–100 см) різниця між технологіями частково нівелюється, що свідчить про вирівнювання водного режиму наприкінці вегетації культур.

Загалом результати дослідження підтверджують висновок про те, що мінімізація механічного обробітку ґрунту сприяє кращому накопиченню та збереженню продуктивної вологи на еродованих ґрунтах схилових агроландшафтів. При цьому, пряма сівба (*no-till)* є найбільш ефективною технологією з огляду на вологозбереження, що має особливе значення в умовах кліматичних змін, які характеризуються недостатнім зволоженням агроекосистем та підвищеними температурними режимами.

Одним із ключових інтегральних показників ефективності впровадження технології *no-till* є рівень урожайності сільськогосподарських

культур, а також обсяг надходження органічної маси в ґрунт у вигляді післяжнивних і кореневих решток. Саме поєднання продуктивності агроценозу та біологізації ґрунтового середовища визначає довгострокову агроекологічну результативність адаптивної системи землеробства.

За результатами досліджень встановлено, що врожайність культур, виражена у зернових одиницях, значною мірою залежала від погодних умов, технологій вирощування сільськогосподарських культур, ґрунтово-екологічних умов дослідних ділянок урочища, розвитку ерозійних процесів, пов'язаних із втратою поверхневого стоку та розчинених елементів живлення, захистом агроценозів від бур'янів, хвороб і шкідників.

Встановлено, що середня врожайність пшениці озимої в цілому на схилі складала 4,80 т/га зернових одиниць за технології *no-till*. Визначено, що відповідно до обліку врожаю за елементами схилу більш високі показники продуктивності культури отримано на нижній частині схилу (транзитно-акумулятивній зоні), де рівень продуктивності склав 5,20 т/га зернових одиниць. У межах верхньої та середньої зон схилу продуктивність пшениці становила 4,34 – 4,86 т/га відповідно.

За застосування традиційної технології обробітку (оранка) продуктивність пшениці озимої була вищою на 0,7 т/га порівняно з технологією no-till та на 0,41 т/га з мінімальною технологією (табл. 1.4).

Таблиця 1.4. **Продуктивність культур сівозміни за різних технологій обробітку ґрунту та елементів рельєфу схилу (зон), т/га зернових одиниць, за 2023-2025 рр.**

Елементи рельєфу схилу (зони)	**Крутизна схилу, градуси**	**Технології обробітку**								
		традиційна	**мінімальна**	**пряма сівба (*no-till*)**	**традиційна**	**мінімальна**	**пряма сівба (*no-till*)**	**традиційна**	**мінімальна**	**пряма сівба (*no-till*)**
		пшениця озима*			соя*			соняшник*		
Привододільна	2-3	5,20	5,21	4,34	4,25	3,20	2,02	4,92	3,09	3,92
Транзитна	3-5-7	4,90	6,06	4,86	3,01	4,52	4,50	3,12	4,25	4,15
Транзитно-акумулятивна	4-2	6,40	4,02	5,20	3,45	4,50	3,68	3,56	3,86	4,56
Середня врожайність на схилі	2-7	5,50	5,09	4,80	3,57	4,07	3,40	3,86	3,73	4,21

* система удобрення - пшениця озима -$N_{60}P_{90}K_{90}$; соя-$N_{30}P_{60}K_{90}$; соняшник-$N_{60}P_{90}K_{120}$.

Рівень продуктивності агроценозу сої за *no-till*-технології був на 0,17 та на 0,67 т/га нижчим порівняно з іншими досліджуваними технологіями.

Урожайність посівів соняшника значною мірою залежала від рівня вологозабезпечення ґрунту, показники якого за технологією *no-till* були вищими порівняно з мінімальною та традиційною технологіями, що забезпечувало значно вищій рівень умісту доступної вологи, особливо в критичні фази вегетації та позитивно впливало на рівень продуктивності соняшника. При цьому середня продуктивність технічної культури за технології *no-till* становила – 4,21 т/га при показниках продуктивності на традиційній технології – 3,86 т/га, а на мінімальній – 3,73 т/га.

Тому, результати досліджень підтверджують, що застосування технології *no-till* у більшості випадків (зокрема при вирощуванні пшениці озимої та соняшника) забезпечує поєднання високої виробничої ефективності з вираженим ґрунтозахисним ефектом. Формування стабільного врожаю супроводжується накопиченням рослинних решток, які виконують мульчувальну та органогенну функції. Це, своєю чергою, сприяє накопиченню й збереженню продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см, а також істотно знижує інтенсивність розвитку ерозійних процесів.

У довгостроковій перспективі такі зміни створюють передумови для підвищення екологічної стійкості агроландшафтів і збереження їх продуктивного потенціалу в умовах кліматичної нестабільності.

Встановлено, що за обробітку ґрунту по технології *no-till* отримали продуктивність пшениці озимої зернових одиниць 4,80 т/га, сої – 3,4 т/га, соняшника – 4,21 т/га відповідно. Вищою була також продуктивність соняшнику за *no-till* технологій порівняно з традиційною та мінімальними технологіями, що обумовлено досить значними вологозапасами 0-100 см. шару ґрунту впродовж вегетації культури.

Список використаних джерел

1. FAO. (2008). Conservation Agriculture for Climate Change Adaptation and Mitigation in the Food and Agriculture Sector . Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/03c8b471-e4b0-4f13-9142-71f2d87f1f45/content.

2. Lal R. (2003). Soil erosion and the global carbon budget // *Environment International*. 27 (5). 437–450. https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00192-7.

3. Камінський В. (Ред). (2015). Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України. Київ: ВП «Едельвейс».

4. Кравченко Ю. (2020). Відтворення родючості чорноземів України за грунтозахисного землеробства. *Агробіологія*, 1, 67-79. URL:

https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/kravchenko_1_2020.pdf .

5. Коляда В.П., Круглов О.В, Ачасова А.О., Шевченко М.В., Дьомкін О.О., Назарок П.Г. (2020). Удосконалення системи охорони ґрунтів від ерозії в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 12, 70-78. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2020_12_09.pdf.

6. Met office (2021). Вплив зміни клімату в Україні. URL: https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/services/government/met-office_climate-change-impacts-for-ukraine_report_12dec2021_ukrainian.pdf .

7. Бородіна О. М.. Киризюк С. В, Яровий В. Д., Єрмольєв Ю. М., Єрмольєва Т. Ю. (2016). Моделювання локальних систем землекористування в умовах глобальних змін клімату *Економіка і прогнозування*, 1, 117-128. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econprog_2016_1_10.

8. Прокопенко К. О. Удова Л. О. (2017). Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка і прогнозування*, 1, 92-107. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econprog_2017_1_8.

9. Балюк С.А., Медведєв В.В., Носко Б.С. (Ред). (2018). Адаптація агротехнологій до змін клімату: грунтово-агрохімічні аспекти. Харків: Стильна типографія. URL: https://dspace.organic-platform.org/items/6512ce54-c92d-4803-bd72-88e0ed3c03fb.

10. Тараріко О.Г., Кучма Т.Л., Ільєнко Т.В., Дем'янюк О.С. (2017). Ерозійна деградація ґрунтів України за впливу змін клімату. *Агроекологічний журнал*, 1, 7 – 15. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2017_1_3.

11. Шикула М.К., Ігнатенко О.Ф., Капштик М.В. (1998). Відтворення родючості у ґрунтозахисному землеробстві. Оранта.

12. Коломієць Л.П., Шевченко І.П., Терещенко О.М. (2019). Агроекологічна ефективність ґрунтозахисних технологій у системі контурномеліоративної організації землекористування. *Вісник аграрної науки,* 12, 5–12. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201912-01.

13. Rucins Adolfs, Kaminskyi Viktor, Kolomiiets Larysa, Bulgakov Volodymyr, Olt Jyri, Kaminska Valentyna, Shevchenko Ivan, Ihnatiev Yevhen. (2024). Research Into Soil Resource Management Technologies in Context of Aggravating Exogenic Processes. *Journal of Ecological Engineering (JEE)*, 25(6), 128–143. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/186950.

14. Montgomery D. R. (2007) Soil erosion and agricultural sustainability // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (33), 13268–13272. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.0611508104

15. Hobbs P. R., Sayre K., Gupta R. (2008) The role of conservation

agriculture in sustainable agriculture. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sc,i* 363 (1491), 543–555. DOI: https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2169.

16. Blanco-Canqui H. (2011). Does no-till farming induce water repellency to soils? *Soil Use and Management*, 27 (1), 2–9. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00318.x.

17. Franzluebbers, A.J. (2010). Achieving soil organic carbon sequestration with conservation agricultural systems in the southeastern USA. *Soil Science Society of America Journal*, 74(2),347-357. DOI: https://doi.org/10.2136/sssaj2009.0079.

18. Kassam A., Friedrich T., Derpsch R.(2019). Global spread of Conservation Agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, 76 (1), 29–51. DOI: https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927.

19. Косолап М.П., Кротінов О.П. (2011). Система землеробства No-till: Навч. посібник. Логос. URL: https://lib.mnau.edu.ua/images_3/Organ_zem/No_till_Kosolap.pdf.

20. Танчик С.П. (2009). No–till і не тільки. Сучасні системи землеробства Юнівест Медіа. URL: https://k.twirpx.link/file/961145/.

21. Тараріко О. Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л., (2013). Формування екологічно стійких агроландшафтів в умовах змін клімату. *Агроекологічний журнал,* 4, 13-21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2013_4_4.

22. Петриченко В.Ф., Колісник С.І., Панасюк О.Я. (2013). Вплив нульового обробітку ґрунту на його фізичні властивості в Правобережному Лісостепу України. *Агробіологія*, 11, 183-187. URL: http://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/petrichenko_11_2013_0.pdf.

23. Ільченко В.Ю. Пономаренко Н.О. Пономаренко Р.Г., Бутенко Б.М. (2013). Переваги та недоліки No-till системи. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин,* 43 (2), 101-108. URL: https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/2d3f728e-3865-4110-a0ac-853579763afd/content.

24. Медведев В.В. (2010). Нульовий обробіток ґрунту в європейських країнах. Харків: Едена, URL: https://www.yakaboo.ua/ua/nul-ovij-obrobitok-gruntu-v-evropejs-kih-krainah.html?srsltid=AfmBOoqD7xXcRjR6SibZS06BcK2Ujhrnzd5UOtAj-X-Y3uHI-euezAao.

Розділ 2. СІВОЗМІНИ В ПАРАДИГМІ КЛІМАТИЧНО АДАПТОВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТА НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНІ ПРАКТИЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ АГРОСЕКТОРУ

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу оптимальне використання земельних ресурсів і раціональна організація сільськогосподарських площ є ключовими факторами для досягнення сталого розвитку та продовольчої безпеки держави. Підвищення продуктивності ріллі, збільшення асортименту рослинницької продукції, а відтак і забезпечення продовольчої безпеки потребують глибоких фундаментальних знань щодо оптимального набору, співвідношення та розміщення сільськогосподарських культур у сівозмінах.

Поглиблення економічної кризи разом із посиленням екологічних проблем зумовлює потребу у впровадженні агровиробниками суттєвих змін у технологіях вирощування сільськогосподарських культур і підходах до раціонального використання ресурсів, за умови збереження економічної доцільності виробництва.

Сучасний розвиток землеробства та умови ринкової економіки вимагають формування таких сівозмін, які б відповідали потребам ринку, сприяли зростанню врожайності культур, забезпечували відтворення родючості ґрунтів і підтримували екологічну рівновагу. За умови науково обґрунтованого підходу до чергування культур, структури посівних площ і їх розміщення, ефективними є як короткоротаційні (3–5-пільні), так і довгоротаційні (6–10-пільні) сівозміни.

Разом із тим упродовж останніх років, унаслідок змін у ринкових відносинах аграрного сектору, зокрема, у господарствах різних форм власності спостерігається відхід від науково обґрунтованих сівозмін. Поширюється практика порушення чергування культур або їх беззмінного вирощування, що переважно зумовлено орієнтацією на найбільш рентабельні культури без належного врахування агроекологічних наслідків.

Науково обґрунтоване чергування культур у поєднанні з ефективними агротехнічними заходами створює передумови для максимальної реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів і гібридів, що є важливим чинником забезпечення продовольчої безпеки України.

За дотримання раціональних сівозмін і оптимальних систем удобрення покращуються умови функціонування ґрунтової мікробіоти, підвищується продуктивність агроценозів, зростає якість продукції та поліпшується екологічний стан навколишнього середовища [1].

У зв’язку з цим особливої актуальності набуває розроблення та вдосконалення ефективних моделей організації землекористування, а також впровадження інноваційних сівозмін різної ротації з науково обґрунтованим співвідношенням і розміщенням культур при збалансованому рівні інтенсифікації агровиробництва.

2.1. Аспекти впливу попередників і удобрення на управління ґрунтовими процесами у системах диверсифікованих сівозмін

Мінеральні й органічні добрива відіграють ключову роль у сучасному сільському господарстві, забезпечуючи до 50 % приросту врожайності. Особливе значення мають азотні добрива, які є основним джерелом доступного азоту для рослин і визначають продуктивність більшості культур. Їх застосування є важливим чинником інтенсифікації землеробства та забезпечення продовольчої безпеки в умовах обмежених ресурсів [2–5]. Внесення добрив є одним із основних засобів підтримання балансу поживних речовин у ґрунті. Зокрема, покращує поживний режим, збільшує вміст доступних форм елементів і впливає на їхній склад [6–9].

Азот, фосфор і калій у ґрунті перебувають у різних формах – від недоступних до легкозасвоюваних. Їх перетворення залежать від фізико-хімічних і біологічних процесів, властивостей ґрунту, органічної речовини, мікробіологічної активності та клімату. У результаті формується ґрунтовий розчин, що забезпечує рослини необхідними елементами живлення [10–14].

Склад поживних речовин істотно впливає на фізіолого-біохімічні процеси рослин, зокрема фотосинтез і синтез органічних сполук. Водночас порушення балансу може мати негативні наслідки: надлишок азоту спричиняє накопичення нітратів, фосфору – посилює дихання без росту біомаси, а калію – викликає дефіцит інших елементів. Важливим фактором також є pH ґрунту, який визначає доступність мікроелементів і взаємодію між ними [15–21].

Також одним із перспективних й альтернативних напрямів є використання систем удобрення органічного спрямування (сидеральні культури, побічна продукція попередників, біодобрива тощо), які сприяють покращенню агрофізичних, агрохімічних і біологічних властивостей ґрунту. Їх застосування забезпечує поступове вивільнення елементів живлення, зменшує втрати поживних речовин і підвищує коефіцієнт їх засвоєння рослинами.

Крім того, такі системи удобрення сприяють зниженню антропогенного навантаження на довкілля, підвищенню екологічної безпеки агровиробництва та формуванню сталих агроекосистем. В умовах обмеженого використання мінеральних добрив вони можуть виступати ефективною складовою

ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Отже, управління поживним режимом ґрунту виступає одним із ключових факторів формування високої врожайності та забезпечення належної якості сільськогосподарської продукції. Ефективна система удобрення має ґрунтуватися на врахуванні біологічних особливостей культур, ґрунтово-кліматичних умов, структури сівозміни та комплексу агротехнічних заходів. Лише застосування комплексного підходу до оптимізації живлення рослин дає можливість поєднати інтенсифікацію виробництва зі збереженням і відтворенням родючості ґрунтів на принципах екологічної стійкості.

Регулювання кількості і співвідношення елементів живлення в ґрунті шляхом внесення добрив з урахуванням як потреби рослин, так і ґрунтово-кліматичних умов є однією з передумов формування високої продуктивності посівів. Отже, плануючи систему удобрення культур, насамперед, потрібно враховувати особливості використання польовими культурами елементів живлення, особливо у чорноземах та оптимальні для продуктивності культур дози добрив.

Дослідження з вивчення впливу структури, набору й розміщення польових культур та систем удобрення на агрохімічні та фізико-хімічні показники ґрунту, урожайності й продуктивності культур сівозмін різної ротації проводили у підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу на чорноземі типовому малогумусному Панфильської ДС ННЦ «ІЗ НААН» у тривалому польовому стаціонарному досліді упродовж 2021–2025 рр.

На основі результатів досліджень, отриманих у тривалому стаціонарному досліді, встановлено вплив попередника та систем удобрення культур 4-пільної сівозміни на агрохімічні та фізико-хімічні показники чорнозему типового, а також визначено основні фактори, що формують його родючість. Зокрема, виявлено, що ґрунт під культурами сівозміни за різних систем удобрення характеризується відносно стабільним вмістом гумусу на рівні 2,8–3,0 %, що відповідно до ДСТУ 4362:2004 [22] відповідає середньому ступеню забезпеченості органічною речовиною. Найвищий вміст гумусу відмічено під посівами гороху за умов застосування органо-мінеральної системи удобрення (побічна продукція ячменю ярого як попередника + $P_{40}K_{40}$) – 3,0 % (табл. 2.1).

Показники реакції ґрунтового середовища (pH) залишалися відносно стабільними в межах 5,1–5,5, що характеризує ґрунт як слабокислий. Така реакція є загалом сприятливою для вирощування більшості досліджуваних культур, однак може частково обмежувати доступність окремих елементів живлення, зокрема фосфору. Встановлено, що внесення побічної продукції попередника сприяло незначному підвищенню значень pH, особливо під

посівами ячменю ярого та кукурудзи.

Аналіз систем удобрення під ячмінь ярий засвідчив чітку залежність агрохімічних показників ґрунту від застосованих рівнів інтенсифікації. Зокрема, найменший вміст легкогідролізного азоту був на контролі 74,3 мг/кг, тоді як найбільший при внесені побічної продукції кукурудзи як попередника (органічна система) 98,3 мг/кг ґрунту, що свідчить про активізацію процесів мінералізації органічної речовини. Одночасно відмічено зростання вмісту рухомого фосфору від 231,8 на контролі до 300,4 мг/кг за органо-мінерального удобрення та калію від 152,6 до 208,0 мг/кг ґрунту за мінеральної системи удобрення. Тому, для ячменю ярого найефективнішою є органо-мінеральна та органічна системи удобрення, які забезпечують підвищення родючості ґрунту (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. **Агрохімічні та фізико-хімічні показники чорнозему типового під культурами 4-пільної сівозміни залежно від системи удобрення**

Система удобрення	**Гумус, %**	**$pH_{сол.}$**	**N, мг/кг**	**P_2O_5, мг/кг**	**K_2O, мг/кг**	**SO_4, мг/кг**
горох						
Без добрив (контроль)	2,8	5,2	96,2	238,1	140,6	2,7
$P_{40}K_{40}$	2,9	5,1	99,7	286,8	174,8	2,8
Побічна продукція + $P_{40}K_{40}$	3,0	5,3	103,7	286,2	179,9	2,9
Побічна продукція	2,9	5,4	98,5	268,6	149,8	2,7
пшениця озима						
Без добрив (контроль)	2,8	5,2	100,4	225,0	140,6	2,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,8	5,1	98,6	288,6	180,6	2,7
Побічна продукція + $N_{60}P_{60}K_{60}$	2,9	5,3	108,3	285,1	164,7	2,3
Побічна продукція	2,8	5,5	106,5	272,2	166,5	1,9
кукурудза на зерно						
Без добрив (контроль)	2,9	5,2	98,4	232,8	138,5	1,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,0	5,2	102,8	272,6	174,4	2,4
Побічна продукція + $N_{60}P_{60}K_{60}$	3,0	5,4	103,3	285,5	189,8	1,9
Побічна продукція	3,0	5,5	105,3	273,2	178,6	3,7
ячмінь ярий						
Без добрив (контроль)	2,8	5,2	74,3	231,8	152,6	3,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,9	5,2	97,7	297,1	208,0	4,5
Побічна продукція + $N_{60}P_{60}K_{60}$	2,9	5,4	95,9	300,4	196,6	4,6
Побічна продукція	2,9	5,5	98,3	297,7	165,6	2,7
Середнє	*2,89*	*5,29*	*99,2*	*271,4*	*168,9*	*2,8*
Sx	*0,02*	*0,03*	*1,90*	*6,35*	*5,14*	*0,21*
V, %	*2,7*	*2,6*	*7,7*	*9,4*	*12,2*	*29,9*
S	*0,08*	*0,14*	*7,61*	*25,4*	*20,6*	*0,85*

Горох характеризується специфічною реакцією на системи удобрення, що зумовлено його здатністю до симбіотичної фіксації атмосферного азоту. Зокрема, виявлено, що вміст легкогідролізного азоту на контролі є відносно високим і становить 96,2 мг/кг ґрунту, з підвищенням до 103,7 мг/кг за умов застосування органо-мінеральної системи удобрення. Найвищий вміст рухомих сполук фосфору та калію зафіксовано за мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення ($P_{40}K_{40}$ та побічна продукція ячменю ярого як попередника + $P_{40}K_{40}$), де ці показники становили відповідно 286,8 і 286,2 мг/кг для фосфору та 174,8 і 179,9 мг/кг ґрунту для калію. За класифікацією ДСТУ 4362:2004 [22] ці значення відповідають дуже високому та високому рівням забезпеченості ґрунту елементами живлення.

У посівах пшениці озимої встановлено найбільш виражену реакцію на системи удобрення. Вміст легкогідролізного азоту досягає максимальних значень серед усіх культур і пшениці зокрема (до 108,3 мг/кг) за органо-мінеральної системи інтенсифікації, тоді як за мінеральної цей показник становив 98,6 мг/кг ґрунту. Виявлено також високий рівень забезпеченості фосфором (225,0–288,6 мг/кг) у всіх системах удобрення, що може вказувати на його накопичення у ґрунті. Вміст рухомих сполук калію був у межах від 140,6 до 180,6 мг/кг за вищого вмісту при мінеральній системі удобрення. Тому, пшениця озима є найбільш чутливою до різних видів інтенсифікації.

Для кукурудзи характерне поступове покращення всіх агрохімічних показників, зокрема, відмічається найвищий серед досліджуваних культур вміст гумусу (до 3,0 %), а також високий рівень забезпеченості легкогідролізним азотом 98,4–105,3 мг/кг за вищих значень при застосуванні органічного удобрення і фосфором 232,8–285,5 мг/кг ґрунту за найбільшого його вмісту за органо-мінеральної системи інтенсифікації. Виявлено достатньо високий вміст рухомих сполук калію від 138,5 до 189,8 мг/кг ґрунту за найвищого вмісту при застосуванні органо-мінеральної системи удобрення (побічна продукція пшениці озимої + $N_{60}P_{60}K_{60}$). Разом з тим спостерігаються відносно низькі значення рухомої сірки, що може свідчити про необхідність додаткового внесення сірковмісних добрив.

Коефіцієнт варіації агрохімічних показників ґрунту свідчить про різний ступінь їх мінливості залежно від систем удобрення та біологічних особливостей культур. Найменш варіабельними показниками виявилися вміст гумусу (V = 2,67 %) та реакція ґрунтового розчину (V = 2,62 %), що характеризує їх як стабільні параметри із дуже низьким рівнем варіації. Це підтверджує однорідність ґрунтового покриву та відносну інертність зазначених показників до короткострокових агротехнічних впливів.

Низький рівень варіабельності також встановлено для легкогідролізного

азоту (V = 7,67 %), що свідчить про відносну стабільність фізико-хімічних властивостей ґрунту та помірний вплив систем удобрення на азотний режим. Водночас вміст рухомого калію (V = 12,18 %) характеризуються середнім рівнем варіації, що вказує на їх чутливість до агрохімічних заходів. Вміст рухомого фосфору характеризується відносно низькою варіабельністю (V = 9,35 %), що, ймовірно, зумовлено систематичним внесенням фосфорних добрив і накопиченням цього елемента у ґрунті. Найвищий коефіцієнт варіації зафіксовано для рухомої сірки (V = 29,88 %), що свідчить про її нестабільність і потенційну дефіцитність у ґрунті.

За результатами досліджень, з'ясовано закономірності впливу сівозмінного фактору на агрохімічні показники родючості чорнозему типового в 5−8-пільних сівозмінах за органо-мінеральної системи удобрення, що мають покладатися в основу їх чергування в сівозміні за умов змін клімату.

Зокрема, встановлено, що у підзоні нестійкого зволоження Лісостепу України найкращими попередниками щодо вмісту макроелементів у ґрунті для пшениці озимої виявилися люцерна посівна, горох, гречка та соя, які забезпечили більший вміст нітратного азоту та рухомих сполук фосфору і калію у шарі ґрунту 0–20 см, де вищий вміст NO_3 був після багаторічних бобових трав –145,6 мг/кг ґрунту, гороху – 138,9 та сої – 134,1 мг/кг ґрунту, що на 21–22 % більше порівняно до інших попередників за найнижчого вмісту після ріпаку озимого – 106,4 та кукурудзи на зелений корм – 114,3 мг/кг ґрунту. Найвищий вміст сполук рухомого фосфору і калію був також у посівах пшениці озимої після люцерни – 445,0 і 462,5 мг/кг, гороху – 422,3 і 438,8 та сої – 408,2 і 418,1 мг/кг ґрунту, що на 20–27 % P_2O_5 і на 31–38 % K_2O більше, ніж за попередників ріпак (325,0 і 287,5 мг/кг) та кукурудза на з/к (344,2 і 302,6 мг/кг ґрунту) відповідно.

Кращим попередником для жита озимого виявилася соя, яка забезпечила більший вміст макроелементів, зокрема NO_3 – 132,2 мг/кг, P_2O_5 – 390,0 та K_2O –235,0 мг/кг ґрунту, що на 6–8 % більше, ніж за попередника пшениця яра.

Встановлено, що кращим попередником для кукурудзи щодо вмісту нітратного азоту та рухомих сполук фосфору й калію в орному шарі ґрунту виявилася пшениця озима, яка забезпечила 229,6 мг/кг NO_3, 410,0 мг/кг P_2O_5 та 412,5 мг/кг ґрунту K_2O за найменшого вмісту після ячменю ярого – 117,6 мг/кг, 297,5 та 257,5 мг/кг ґрунту, що на 49 %, 27 та 38 % менше відповідно.

Кращими попередниками для ячменю ярого були пшениця озима й яра, гіршими – овес і кукурудза на зерно. Так, вміст макроелементів у 0–20 см шарі ґрунту за кращих попередників становив 110,6 і 121,1 мг/кг нітратного азоту, сполук рухомого фосфору – 234,0 і 241,9 та калію – 187,5 і 194,4 мг/кг ґрунту відповідно, що на 15–19 % нітратного азоту, на 21 % рухомого фосфору та на

12–22 % рухомого калію більше, ніж за попередників овес і кукурудза. За гірших попередників вміст NO_3 був на рівні 93,8 і 98,2 мг/кг, P_2O_5 – 185,0 і 192,2 та K_2O – 165,0 і 171,2 мг/кг ґрунту відповідно.

Отже, наявність рухомих форм поживних речовин в ґрунті упродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур зумовлюється багатьма факторами, найголовнішими з яких є фактор сівозміни, система удобрення, характер та інтенсивність обмінних реакцій в системі вбирний комплекс ґрунту-ґрунтовий розчин, достатня кількість вологи в ґрунті.

2.2. Закономірності формування продуктивності диверсифікованих сівозмін. Моделі високопродуктивних раціональних диверсифікованих сівозмін

Основні принципи побудови науково обґрунтованих сівозмін. Наукові принципи побудови сівозмін спрямовані на оптимізацію позитивних факторів взаємодії рослин із ґрунтом і між собою. Наукове обґрунтоване чергування культур у сівозміні передбачає, з одного боку, правильний відбір сприятливих для вирощування культур попередників, а з другого – оптимальне насичення сівозмін одновидовими культурами, яке враховує допустиму періодичність вирощування їх у полях сівозмін. За умов повного освоєння зональних науково обґрунтованих сівозмін у комплексі з іншими технологічними заходами можна підвищити продуктивність ріллі на 40–50 %, забезпечивши при цьому відтворення родючості ґрунтів і збереженість навколишнього середовища.

За результатами багаторічних досліджень сформовано нормативні умови розміщення і чергування культур за яких можна побудувати будь-яку сівозміну, зокрема, *побудова сівозмін базується на таких принципах*:

а) оптимальний, науково визначений підбір кращих культур попередників або парів;

б) сівозмінне поєднання одновидових культур із дотриманням допустимої періодичності їх повернення на одне й те саме поле з урахуванням спеціалізації господарства і ґрунтово-кліматичних умов, де система удобрення сільськогосподарських культур сівозміни і технології їх вирощування повинні бути спрямовані на збереження родючості ґрунту і екологічного стану довкілля;

в) теоретичною основою побудови сівозмін має бути плодозміна, у структурі якої зернові культури рядкового способу сівби займають не більше половини площі ріллі і чергуються з просапними і бобовими культурами, які займають решту площі у сівозміні. В умовах плодозміни найповніше

реалізується біологічний потенціал продуктивності сільськогосподарських культур та збереження родючості ґрунту. Плодозміна найбільшою мірою передбачає чергування культур, щорічну їхню зміну у полях сівозміни, що різняться між собою біологічними властивостями і технологією вирощування, особливо за впровадження короткоротаційних сівозмін. Впровадження таких сівозмін має складнощі з вирощування культур, що потребують тривалого нормативу в їх чергуванні (соняшник, льон, зернобобові, буряки цукрові, ріпак), або близьких за біологічними властивостями (пшениця озима, ячмінь озимий і ярий, овес) і потребує урахування несумісності культур, або ж окремих між собою.

Довжину ротації сівозміни при тому чи іншому наборі культур визначає культура з найбільш тривалим періодом повернення на попереднє місце вирощування.

Допустимі нормативи періодичності вирощування культури на одному і тому самому полі становлять:

– для озимих жита і ячменю, ячменю ярого, вівса, гречки – не менше ніж через один рік;

– для пшениці озимої, так як і для жита – не менше ніж через один рік, проса – не менше ніж через два роки;

– для кукурудзи, сорго і риса та картоплі в сівозміні або на тимчасово виведеному із сівозміни полі – протягом двох-трьох років поспіль;

– для багаторічних бобових трав, зернобобових культур (крім люпину), буряків цукрових і кормових, ріпаку озимого і ярого – не менше ніж через три роки;

– для льону олійного – не менше ніж через один рік, а для льону довгунця – не менше ніж через чотири років;

– для соняшника – не менше ніж через чотири роки;

– для люпину – не менше ніж через шість років;

– для томатів, капусти, перцю, картоплі, баклажанів та огірків – не менше ніж через три роки;

– для цибулі, часнику, моркви, буряків столових – не менше ніж через 2 роки.

– для лікарських рослин (залежно від біологічних властивостей) – один-десять років.

При науково обґрунтованій побудові сівозміна максимально виконує основну біологічну функцію – фітосанітарну і позбавляє посіви сільськогосподарських культур від зайвого застосування хімічних засобів захисту врожаю. У ній порівняно з беззмінними посівами культур ураженість рослин хворобами і шкідниками зменшується у 2–4 рази.

Закономірності формування продуктивності диверсифікованих сівозмін. В умовах посилення конкуренції як на світовому, так і на внутрішньому ринках сільськогосподарської продукції ключовим чинником забезпечення прибутковості її виробництва виступає досягнення належного рівня культури землеробства. Важливою складовою ефективного впровадження сучасних агротехнологій за умови раціонального використання місцевих ґрунтово-кліматичних ресурсів і технічних засобів інтенсифікації є застосування систем сівозмін. Вони не лише сприяють збільшенню обсягів виробництва, а й забезпечують відтворення та підвищення родючості ґрунтів.

Роль сівозміни в сучасному землеробстві визначається біологічними особливостями сільськогосподарських культур. Науково обґрунтоване формування та впровадження сівозмін є важливим фактором підвищення рівня землеробства, збереження і поліпшення родючості ґрунту, збільшення врожайності культур і підвищення економічної ефективності агровиробництва [23, 24].

Дослідження та практичний досвід у галузі сільського господарства підтверджують, що тривале вирощування однієї культури на одному полі призводить до істотного зниження врожайності, виснаження ґрунту та погіршення його фітосанітарного стану порівняно із застосуванням сівозмін. Включення до сівозміни культур, які відрізняються строками сівби й збирання, біологічними особливостями розвитку та агротехнічними заходами догляду, сприяє більш рівномірному та ефективному використанню протягом року техніки і трудових ресурсів [25].

Одним із ефективних підходів до вирішення зазначених проблем є розроблення комплексних наукових досліджень, спрямованих на обґрунтування розміщення культур у сівозміні з урахуванням попередників і рівнів інтенсифікації. Це дає змогу оцінити вплив цих чинників на формування врожайності окремих культур і продуктивності сівозміни в цілому, якість продукції, а також визначити економічну й енергетичну ефективність виробництва. Реалізація таких підходів сприятиме створенню науково обґрунтованих сівозмін, зниженню собівартості продукції та збільшенню валового виробництва [23–25].

На основі встановлених закономірностей теоретично обґрунтовано наукові основи побудови різноротаційних диверсифікованих сівозмін, які базуються на «законах» плодозміни та розроблено високопродуктивні екологічно збалансовані 4−8-пільні сівозміни за насичення зерновими від 62 до 100 %, буряками цукровими – від 25 до 33 %, соняшником – від 12,5 до 20 %, ріпаком – 14 %, кормовими культурами – 12,5 % для виробництва конкурентоспроможної рослинницької продукції (зернові, круп’яні, олійні,

культури, цукросировина, корми).

Зокрема, розроблено системи різноротаційних диверсифікованих (короткоротаційних 4-5-пільних і довгоротаційних 6−8-пільних) сівозмін за їх оптимального набору, співвідношення та розміщення сільськогосподарських культур, що ґрунтуються на зональному принципі розвитку землеробства в Україні (фрагменти досліджуваних сівозмін представлені на рис. 2.1; 2.2; 2.3; 2.4).

В умовах нестійкого зволоження на чорноземах типових були розроблені такі різноротаційні сівозміни: 4-пільна: *горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий*; 5-пільна: *горох – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно*; 6-пільні: 1) *соя – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий – кукурудза на зерно – гречка*; 2) *гречка – пшениця озима – соя – пшениця яра – жито озиме – ячмінь ярий*; 7-пільна: *ріпак озимий – пшениця озима – соняшник – пшениця яра – соя – пшениця озима – ячмінь ярий*; 8-пільні: 1) *кукурудза на зелений корм – пшениця озима – соняшник – пшениця яра – соя – жито озиме – овес – ячмінь ярий*; 2) *багаторічні трави (люцерна посівна) – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на зерно – кукурудза на зелений корм – тритикале озиме – пшениця яра – ячмінь ярий з підсівом багаторічних трав*.

Порівняльну оцінку продуктивності різноротаційних сівозмін у своїх дослідженнях розрахували за обсягом продукції з 1 га сівозмінної площі, яку перераховували на зернові одиниці за коефіцієнтами, кормові одиниці та перетравний протеїн розрахунковим методом.

Встановлено закономірності впливу сівозмінного фактору на формування продуктивності залежно від співвідношення культур у сівозмінах. Зокрема, визначено, що урожайність культур залежала від системи удобрення, частки культури та розміщення після попередника у сівозміні. У експериментальних сівозмінах *пшеницю озиму* вирощували після гороху, гречки, сої, ріпаку озимого, кукурудзи на з/к та багаторічних бобових трав на фоні внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Найкращими попередниками для формування урожайності пшениці озимої виявилися соя, горох, багаторічні трави (люцерна) та гречка (табл. 2.2).

Вищою врожайність пшениці озимої в шестипільних сівозмінах за органо-мінеральної системи удобрення була за розміщення культури після сої 6,83 т/га, що на 0,18 т/га більше, ніж після гречки (6,65 т/га).

Тоді як у семипільній сівозміні за органо-мінеральної системи удобрення вищою врожайність пшениці озимої була за розміщення культури після сої 6,98 т/га, що на 1,41 т/га або на 20 % більше, ніж за попередника ріпак озимий (5,57 т/га).



Рис. 2.1. Загальний вигляд 6-пільної сівозміни із 16,7 % насиченням буряками цукровими



Рис. 2.2. Загальний вигляд 4-пільних сівозмін із 25,0 % насиченням горохом



Рис. 2.3. Загальний вигляд 8-пільної сівозміни із 12,5 % насиченням тритикале озимим



Рис. 2.4. Загальний вигляд 5-пільної сівозміни із 20,0 % насиченням соняшником

Таблиця 2.2. **Урожайність пшениці озимої у системах диверсифікованих сівозмін**

Попередник	Середньосівозмінна доза добрив	Доза добрив під культуру	Урожайність, т/га
4-пільні сівозміни			
Горох	без добрив (контроль)	без добрив	5,17
	$N_{45}P_{55}K_{55}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,80
	$N_{54}P_{52}K_{62}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	6,26
	побічна продукція попередника	побічна продукція попередника	5,20
5-пільна сівозміна			
Горох	$N_{54}P_{52}K_{62}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	5,83
6-пільні сівозміни			
Соя	$N_{53}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	6,83
Гречка	$N_{47}P_{53}K_{53}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	6,65
7-пільна сівозміна			
Ріпак	$N_{57}P_{57}K_{64}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	5,57
Соя			6,98
8-пільні сівозміна			
Кукурудза на з/к	$N_{56}P_{58}K_{61}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$+ побічна продукція попередника	6,11
Багаторічні бобові трави	$N_{58}P_{62}K_{62}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$+ побічна продукція попередника	6,40
$НІР_{05}$			0,09

Більшою врожайність пшениці озимої у восьмипільних сівозмінах за органо-мінеральної системи інтенсифікації була за розміщення культури після багаторічних трав на І укіс – 6,40 т/га, що на 0,29 т/га більше, ніж за попередника кукурудза на зелений корм – 6,11 т/га. Загалом найвищою врожайність пшениці озимої, з-поміж досліджуваних сівозмін довгої ротації, була в 7-пільній сівозміні (6,98 т/га) після сої як попередника, що на 3 % більше, ніж за гречки та на 21 %, ніж за ріпаку озимого.

Найвищу врожайність пшениці озимої в чотирипільних сівозмінах за розміщення культури після гороху забезпечила органо-мінеральна система удобрення 6,26 т/га, що на 0,46 т/га більше, ніж за мінеральної та на 1,06 т/га, ніж за органічної системи удобрення відповідно в аналогічній сівозміні.

Стандартне відхилення пшениці озимої становить 0,63 т/га, що свідчить про помірну мінливість урожайності. Це означає, що відхилення окремих варіантів від середнього значення є відчутними, але не критичними. Такий рівень варіації вказує на відносну стабільність культури, однак урожайність все-таки істотно залежить від попередників і систем удобрення.

Ячмінь ярий в експериментальних сівозмінах вирощували після кукурудзи, буряків цукрових, вівса, пшениці озимої та ярої, жита озимого і соняшнику. Кращими попередниками для формування врожайності ячменю ярого виявилися буряки цукрові, пшениця озима та соняшник (табл. 2.3).

Таблиця 2.3. **Урожайність ячменю ярого у системах диверсифікованих сівозмін**

Попередник	**Середньосівозмінна доза добрив**	**Доза добрив під культуру**	**Урожайність, т/га**
4-пільні сівозміни			
Кукурудза на зерно	без добрив (контроль)	без добрив	3,35
	$N_{45}P_{55}K_{55}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	4,58
	$N_{54}P_{52}K_{62}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	4,74
	побічна продукція попередника	побічна продукція попередника	3,82
5-пільна сівозміна			
Соняшник	$N_{54}P_{52}K_{62}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	4,99
6-пільні сівозміни			
Буряки цукрові	$N_{53}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	5,25
Жито озиме	$N_{47}P_{53}K_{53}$ + побічна продукція попередника		4,87
7-пільна сівозміна			
Пшениця озима	$N_{57}P_{57}K_{64}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	5,02
8-пільні сівозміна			
Овес	$N_{56}P_{58}K_{61}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	4,81
Пшениця яра	$N_{58}P_{62}K_{62}$ + побічна продукція попередника		4,74
НІР $_{05}$			0,10

Найвищу врожайність ячменю ярого отримано в 6-пільній сівозміні за вирощування культури після буряків цукрових (5,25 т/га) за органо-мінеральної системи удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника), ступінь насичення – 16,7 %, що на 0,51 т/га або на 10 % більше, ніж за

попередника кукурудза на зерно у чотирипільній сівозміні, на 0,44 т/га (або 8 %), ніж за вівса та на 0,51 т/га (або 10 %), ніж за пшениці ярої в 8-пільних сівозмінах за аналогічної системи удобрення. Пшениця озима як попередник ячменю ярого в 7-пільній сівозміні забезпечила врожайність культури на рівні 5,02 т/га за насичення культурою на 14,3 %.

Стандартне відхилення для ячменю становить 0,58 т/га, що характеризує середній рівень коливання врожайності. Ячмінь ярий проявляє дещо більшу чутливість до умов вирощування. Це підтверджує, що зміна попередника або системи удобрення може істотно впливати на врожайність культури.

Кукурудзу на зерно в експериментальних сівозмінах вирощували після пшениці озимої, ячменю ярого і буряків цукрових на фоні мінеральної, органо-мінеральної та органічної систем удобрення. Кращим попередником для формування врожайності кукурудзи були буряки цукрові (табл. 2.4).

Таблиця 2.4. **Урожайність кукурудзи у системах диверсифікованих сівозмін**

Попередник	**Середньосівозмінна доза добрив**	**Доза добрив під культуру**	**Урожайність, т/га**
4-пільні сівозміни			
Пшениця озима	без добрив	без добрив	6,93
	$N_{45}P_{55}K_{55}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	8,11
	$N_{54}P_{52}K_{62}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	8,37
	побічна продукція попередника	побічна продукція попередника	7,40
5-пільна сівозміна			
Ячмінь ярий	$N_{54}P_{52}K_{62}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	8,46
6-пільна сівозміни			
Ячмінь ярий	$N_{53}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	8,84
8-пільна сівозміна			
Буряки цукрові	$N_{58}P_{62}K_{62}$ + побічна продукція попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	9,39
$НІР_{05}$			0,09

Зокрема, врожайність за цього самого попередника була на рівні 9,39 т/га в 8-пільній сівозміні за органо-мінеральної системи удобрення, що на 1,02 т/га та на 0,93 т/га або на 10–11 % більше, ніж за попередників пшениця озима та ячмінь ярий у 4- і 5-пільних сівозмінах відповідно.

З-поміж досліджуваних систем удобрення в 4-пільній сівозміні (попередник пшениця озима) найпродуктивнішою виявилася органо-

мінеральна система, яка забезпечила врожайність кукурудзи на рівні 8,37 т/га, що на 3 % більше, ніж за мінеральної та на 12 %, ніж за органічної системи відповідно.

У кукурудзи найвище стандартне відхилення серед зернових культур – 0,79 т/га. Це свідчить про значну варіабельність урожайності. Кукурудза є більш вимогливою до умов вирощування, і її продуктивність сильно залежить від агротехнічних чинників, особливо від попередника та рівня удобрення.

Пшеницю яру вирощували у 6−8-пільних сівозмінах після сої, соняшнику і тритикале озимого. Найвищою врожайність культури була в 7-пільній сівозміні після соняшнику – 4,56 т/га, що на 0,41 т/га більше, ніж у 6-пільній та на 0,89 т/га, ніж у 8-пільній сівозміні за попередників соя та соняшник. Тритикале як попередник забезпечило врожайність пшениці ярої на рівні 3,96 т/га.

Соя, яку вирощували в 6-, 7- і 8-пільних сівозмінах після гречки, пшениці озимої та ярої. Кращим попередником для формування врожайності культури виявилася пшениця яра. Найвищу врожайність сої отримали в семипільній сівозміні після пшениці ярої – 3,57 т/га, що на 0,10 та 0,17 т/га більше, ніж за попередників гречка та пшениця озима в 6-7-пільних сівозмінах (табл. 2.5).

Таблиця 2.5. **Урожайність сої у системах диверсифікованих сівозмін**

Попередник	**Середньосівозмінна доза добрив**	**Доза добрив під культуру**	**Урожайність, т/га**
6-пільні сівозміни			
Гречка	$N_{53}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	$N_0P_{40}K_{40}$ + побічна продукція попередника	3,47
Пшениця озима	$N_{47}P_{53}K_{53}$ + побічна продукція попередника	$N_0P_{40}K_{40}$ + побічна продукція попередника	3,40
7-пільна сівозміна			
Пшениця яра	$N_{57}P_{57}K_{64}$ + побічна продукція попередника	$N_0P_{40}K_{40}$ + побічна продукція попередника	3,57
8-пільна сівозміна			
Пшениця яра	$N_{56}P_{58}K_{61}$ + побічна продукція попередника	$N_0P_{40}K_{40}$ + побічна продукція попередника	3,48
$НІР_{05}$			0,05

Для сої стандартне відхилення дуже низьке – лише 0,05 т/га, що вказує на високу стабільність урожайності. Результати практично не відхиляються від середнього значення, тому можна зробити висновок, що соя є найменш варіабельною культурою серед досліджуваних.

Соняшник вирощували за органо-мінеральної системи удобрення у 5−7 і

8-пільних сівозмінах після пшениці озимої. Найвищою врожайність соняшнику була за вирощування культури в 5-пільній сівозміні (3,61 т/га) за попередника пшениця озима, що на 0,47 та на 0,22 т/га більше, ніж у 7- і 8-пільних сівозмінах за того ж попередника (табл. 2.6).

Таблиця 2.6. **Урожайність соняшнику у системах диверсифікованих сівозмін**

Попередник	**Середньо сівозмінна доза добрив**	**Доза добрив під культуру**	**Урожайність, т/га**
5-пільна сівозміна			
Пшениця озима	$N_{54}P_{46}K_{62}$ + побічна продукція попередника	$N_{90}P_{60}K_{90}$ + побічна продукція попередника	3,61
7-пільна сівозміна			
Пшениця озима	$N_{57}P_{57}K_{64}$ + побічна продукція попередника	$N_{90}P_{60}K_{90}$ + побічна продукція попередника	3,14
8-пільна сівозміна			
Пшениця озима	$N_{56}P_{58}K_{61}$ + побічна продукція попередника	$N_{90}P_{60}K_{90}$ + побічна продукція попередника	3,39
$НІР_{05}$			0,10

Стандартне відхилення для соняшнику становить 0,20 т/га, що відповідає низькому рівню мінливості. Урожайність соняшника є відносно стабільною, хоча певний вплив агротехнічних чинників все-таки спостерігається.

Гречку вирощували у 6-пільних сівозмінах після кукурудзи на зерно і ячменю ярого. Кращим попередником для формування врожайності гречки виявився ячмінь ярий. Так, урожайність культури становила 1,93–2,28 т/га за найвищого показника після ячменю як попередника.

Стандартне відхилення для гречки становить 0,17 т/га, що характеризує помірну стабільність урожайності. Гречка реагує на умови вирощування, але коливання не є значними.

Багаторічні трави, які вирощували на сіно (І-укіс) в 8-пільній сівозміні після ячменю ярого забезпечили урожайність на рівні 10,98 т/га сухої маси.

Буряки цукрові вирощували у 6 і 8-пільних сівозмінах після пшениці озимої. Рівень урожайності культури становив: 50,30 т/га у 6-пільній і 52,59 т/га у 8-пільній сівозміні. Збір цукру знаходився в межах 12,3–12,9 т/га при цукристості 17,24–17,92 % (табл. 2.7).

Найбільше стандартне відхилення з-поміж досліджуваних культур проявляли буряки цукрові – 1,62 т/га. Це пояснюється високими абсолютними значеннями врожайності (50+ т/га), тому навіть незначні відносні зміни дають великі абсолютні відхилення.

Отже, аналіз стандартного відхилення показав, що найменш варіабельними культурами є соя та соняшник, тоді як найбільші коливання врожайності характерні для кукурудзи та буряків цукрових. Пшениця озима і ячмінь ярий показали дещо посередній рівень мінливості, що свідчить про їх середню стабільність у змінних умовах вирощування.

Таблиця 2.7. **Урожайність буряків цукрових та якість коренеплодів у систем диверсифікованих сівозмін**

Попередник	**Середньо сівозмінна доза добрив**	**Доза добрив під культуру**	**Урожайність, т/га**	**Цукристість, %**	**Збір цукру, т/га**
6-пільна сівозміна					
Пшениця озима	$N_{53}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника	$N_{100}P_{100}K_{100}$ + побічна продукція попередника	50,30	17,92	12,9
8-пільна сівозміна					
Пшениця озима	$N_{56}P_{58}K_{61}$ + побічна продукція попередника	$N_{100}P_{100}K_{100}$ + побічна продукція попередника	52,59	17,24	12,3
НІР $_{05}$			0,12		

Оцінка ефективності сівозмін – це комплексний захід з урахуванням цілої низки показників. Для порівняння продуктивності сівозмін враховують показники виробництва зерна та насіння культур, виходу зернових, кормових одиниць та перетравного протеїну.

Встановлено, що дослідні 4-пільні сівозміни за 100 % насичення зерновими культурами та різних систем їх удобрення забезпечили врожайність зернових на рівні 4,70–5,98 т/га, збір з 1 га ріллі 4,70–5,98 т зерна, у тому числі 1,29–1,57 продовольчого, 8,38–10,20 т кормових і 6,00–7,37 т зернових одиниць та 0,66–0,81 т перетравного протеїну. Найвищих показників продуктивності отримали при застосуванні мінеральної системи удобрення, яка забезпечила збір з 1 га зерна – 5,71 т, кормових – 10,20 т, зернових одиниць – 7,37 т (табл. 2.8).

У 5-пільній сівозміні із соняшником і 80 % насичення зерновими культурами, показники середньої урожайності зернових у середньому за п’ять років були на рівні 5,93 т/га, збір з 1 га ріллі кормових одиниць – 9,59, зернових одиниць – 7,88, перетравного протеїну – 0,80 т.

Установлено, що шестипільні сівозміни, насичені на 83,5 і 66,8 % зерновими культурами, 33,2 і 16,5 % технічними забезпечили: збір з 1 га ріллі зерна – 3,81 і 4,13 т, кормових одиниць – 9,72 і 7,55 т, зернових одиниць – 8,07

і 6,06, перетравного протеїну – 0,92 і 0,69 т відповідно.

Таблиця 2.8. **Продуктивність різноротаційних диверсифікованих сівозмін**

Сівозміна	Середньо сівозмінна доза добрив				Урожайність зернових, т/га	Збір з 1 га ріллі, т					
						зерна			кормових одиниць	зернових одиниць	перетравного протеїну
	органічні	N	P	K		всього	в т. ч.				
		к/га д. р.					продовольчого	фуражного			
4-пільні сівозміни											
Горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий	-	-	-	-	4,70	4,70	1,29	3,41	8,38	6,00	0,66
	-	45	55	55	5,71	5,71	1,45	4,26	10,20	7,37	0,81
	побічна* продукція попередника	45	55	55	5,98	5,98	1,57	4,42	9,93	7,36	0,80
	побічна продукція попередника				5,06	5,06	1,30	3,76	9,05	6,56	0,73
5-пільна сівозміни											
Горох – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно	-//-	54	56	62	5,93	4,74	1,17	3,58	9,59	7,88	0,80
6-пільні сівозміни											
Соя – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий – кукурудза на зерно – гречка	-//-	53	60	60	5,71	3,81	1,46	2,35	9,72	8,07	0,92
Гречка – пшениця озима – соя – пшениця яра – жито озиме – ячмінь ярий	-//-	47	53	53	4,96	4,13	3,32	0,81	7,55	6,06	0,69
7-пільна сівозміна											
Ріпак озимий – пшениця озима – соняшник – пшениця яра – соя – пшениця озима – ячмінь ярий	-//-	57	57	64	5,53	3,16	2,44	0,72	7,29	6,39	0,73
8-пільні сівозміна											
Кукурудза на з/к – пшениця озима – соняшник – пшениця яра – соя – жито озиме – овес – ячмінь ярий	-//-	56	58	61	5,34	3,34	2,09	1,25	7,38	6,19	0,67
Багаторічні бобові трави – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на зерно – кукурудза на з/к – тритикале озиме – пшениця яра – ячмінь ярий + трави	-//-	58	62	62	6,69	4,20	1,30	2,89	10,69	7,97	1,61

Семипільна сівозміна на 57,2 % насичена зерновими і 42,8 % технічними

культурами забезпечила збір з 1 га сівозмінної площі 3,16 т зерна, 7,29 т кормових і 6,39 т зернових одиниць та 0,73 т перетравного протеїну.

Восьмипільні сівозміни, насичені на 62,5 % зерновими культурами, забезпечили збір з 1 га ріллі 3,34–4,20 т зерна, кормових одиниць – 7,38–10,69 т, зернових одиниць – 6,19–7,97, перетравного протеїну – 0,67–1,61 т за найвищого збору кормових одиниць (10,69 т) та перетравного протеїну (1,61 т) у 8-пільній сівозміні з 25 % насиченням кормовими культурами: *багаторічні бобові трави – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на зерно – кукурудза на з/к – тритикале озиме – пшениця яра – ячмінь ярий.*

Важливим принципом у науковій побудові сівозмін є не лише набір польових культур, а й їх співвідношення, розміщення після попередників та рівень інтенсифікації.

Математичний аналіз продуктивності сівозмін показав, що найменш варіабельним показником є урожайність зернових культур (V = 10,25 %), що свідчить про її відносну стабільність у різних варіантах досліду. Водночас збір зерна характеризується високим рівнем варіації (V = 20,3 %), що вказує на значний вплив структури сівозміни. Найбільш мінливим показником виявився вихід перетравного протеїну (V = 32,1 %), що обумовлено включенням різних за біологічною цінністю культур, зокрема бобових і багаторічних трав. Кормові одиниці вирізняються середньою стабільністю (V = 13,36 %).

Аналіз стандартного відхилення показав, що найбільш стабільним показником є урожайність зернових культур (σ = 0,57 т/га), що свідчить про відносно рівномірний вплив факторів вирощування. Водночас збір зерна з 1 га ріллі характеризується вищим рівнем коливань (σ = 0,91 т/га), що зумовлено різною структурою сівозмін. Кормова продуктивність має середній рівень мінливості (σ = 1,20 т/га), тоді як вихід перетравного протеїну відзначається значними відхиленнями (σ = 0,27 т/га).

Отже, аналіз продуктивності різноротаційних сівозмін показав, що підвищення кількості полів у сівозміні та застосування органо-мінеральної системи удобрення сприяє зростанню врожайності та загальної продуктивності агроценозів. Найвищі показники отримано в 8-пільній сівозміні з включенням багаторічних бобових трав, де урожайність зернових становила 6,69 т/га, вихід кормових одиниць – 10,69 т/га, а перетравного протеїну – 1,61 т/га. Найнижчі показники зафіксовано в 4-пільній сівозміні без внесення добрив. Встановлено, що оптимальне поєднання культур і систем удобрення забезпечує підвищення продуктивності на 25–45 %.

Економічна ефективність різноротаційних сівозмін залежить від набору в них сільськогосподарських культур, їх насичення і чергування, систем удобрення, обробітку ґрунту, рівня механізації та ін. Повна оцінка

різноротаційних сівозмін можлива лише за умови порівняння складу та виходу продукції сільськогосподарських культур з одиниці земельної площі. Слід враховувати, що підвищення загальної ефективності сівозмін у першу чергу досягається за рахунок їх насичення найпродуктивнішими і високоліквідними культурами за оптимальних, науково обгрунтованих параметрів.

Аналіз експериментальних даних із вивчення впливу досліджуваних факторів на економічну ефективність сівозмін засвідчив, що найвитратнішими в них є такі культури як, буряки цукрові, соняшник, ріпак озимий і кукурудза на зерно, найменш витратними – гречка, пшениця яра та ячмінь ярий. Згідно розрахунків економічної ефективності кукурудза на зерно, соя, соняшник, буряки цукрові, ріпак озимий та багаторічні бобові трави є найприбутковішими і найрентабельнішими культурами.

Установлено, що серед досліджуваних різноротаційних сівозмін найвищий прибуток забезпечила 6-пільна сівозміна: *соя – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий – кукурудза на зерно – гречка* за органо-мінеральної системи удобрення, де прибуток становив 40,33 тис. грн/га за рівня рентабельності 208 % та восьмипільна сівозміна на 62,5 % насичена зерновими, 25 кормовими і 12,5 % технічними: *багаторічні бобові трави – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на зерно – кукурудза на з/к – тритикале озиме – пшениця яра – ячмінь ярий* за органо-мінеральної системи удобрення, яка забезпечила 36,05 тис. грн/га умовно чистого прибутку за рентабельності 194 %.

Чотирипільні сівозміни на 100 % насичені зерновими культурами: *горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий* за різних рівнів інтенсифікації забезпечили умовно чистий прибуток на рівні 29,07–32,23 тис. грн/га. Найвищим прибуток був на контролі, який становив 32,23 тис. грн/га при рентабельності 274 %. Органо-мінеральна система удобрення у цій же сівозміні забезпечила умовно чистого прибутку на рівні 29,07 тис. грн/га за рівня рентабельності 128 %. Органічна система удобрення в аналогічній сівозміні забезпечила прибуток на рівні 31,48 тис. грн/га при рентабельності 204 %, мінеральна – 29,98 тис. грн/га за рентабельності 149 % відповідно.

Найприбутковішим серед технічних культур було вирощування буряків цукрових – 75,46 тис. грн/га з рівнем рентабельності 272 % та соняшнику – 67,70–71,55 тис. грн/га за рентабельності 355–378 %. Серед кормових культур найвищим прибутком відзначилися багаторічні бобові трави (люцерна посівна), який був на рівні 48,25 тис. грн/га з рівнем рентабельності 277 %. Кукурудза на зелений корм мала умовно чистий прибуток в межах 18,39–21,23 тис. грн з 1 га сівозмінної площі, рентабельність при цьому становила 87–109%.

Отже, перехід до ринкових відносин і вступом України до СОТ зумовив необхідність орієнтуватись у ринкових умовах виробництва сільськогосподарської продукції, ефективно розпоряджатися виробничими, кадровими та фінансовими ресурсами сільгосппідприємств, кваліфіковано оцінювати кон'юнктуру ринку та запобігати можливим негативним чинникам навколишнього середовища. Розуміння цих проблем, правильна маркетингова стратегія, ефективне використання всього ресурсного і технологічного потенціалу аграрних підприємств можуть принести позитивні результати.

Науково обґрунтована сівозміна є основою землеробства, запорукою його стабільності, оскільки істотно впливає на водний, поживний, біологічний режими ґрунту, швидкість детоксикації шкідливих речовин, які надходять у ґрунт в процесі сільськогосподарського виробництва. Розроблено і рекомендовано системи сівозмін, що ґрунтуються на зональному принципі розвитку землеробства в Україні. Ці системи, які пройшли тривале випробування, можуть бути використані в господарствах різної спеціалізації.

Моделі високопродуктивних раціональних диверсифікованих сівозмін. Для підвищення рівня виробництва сільськогосподарських культур в різноротаційних сівозмінах за забезпечення відтворення та збереження родючості й продуктивних функцій ґрунтів Лісостепу України, рекомендується впроваджувати чотири-, п’яти-, шести-, семи- та восьмипільні сівозміни з насиченням зерновими від 62,5 до 100 %.

Господарствам, які спеціалізуються на сівозмінах короткої ротації розроблено модель чотирипільної сівозміни на 100 % насиченої зерновими культурами: *горох-пшениця озима-кукурудза на зерно-ячмінь ярий* за органо-мінеральної системи удобрення ($N_{45}P_{55}K_{55}$+побічна продукція попередника). Впровадження цієї сівозміни забезпечить збір з 1 га ріллі: зерна – 5,98 т, кормових одиниць – 9,93 т, зернових одиниць – 7,36 т і перетравного протеїну – 0,80 т за достатньо високих економічних показників: умовно чистий прибуток становить 29,08 тис. грн/га за рентабельності 135 %.

Ефективно впроваджувати модель шестипільної сівозміни, насиченої на 66,8 % зерновими культурами, 33,2 % технічними: *соя-пшениця озима-буряки цукрові-ячмінь ярий-кукурудза на зерно-гречка* за органо-мінеральної системи удобрення ($N_{53}P_{60}K_{60}$+побічна продукція попередника), яка забезпечує збір з 1 га ріллі зерна – 3,81 т, кормових одиниць – 9,72 т, зернових одиниць – 8,07 т, перетравного протеїну – 0,92 т за високих економічних показників: умовно чистий прибуток становить 40,33 тис грн/га з рентабельністю 207 %.

Доцільно впроваджувати модель восьмипільної сівозміни, яка на 62,5 % насичена зерновими, 25 % кормовими і 12,5 % технічними: *багаторічні бобові трави-пшениця озима-буряки цукрові-кукурудза на зерно-кукурудза на з/к-*

тритикале озиме-пшениця яра-ячмінь ярий за органо-мінеральної системи удобрення ($N_{58}P_{62}K_{62}$+побічна продукція попередника), яка забезпечує збір з 1 га ріллі зерна – 4,20 т, кормових одиниць – 10,69 т, зернових одиниць – 7,97 т, перетравного протеїну – 1,61 т за високих економічних показників: умовно чистий прибуток становить 39,05 тис. грн/га з рентабельністю 194 %.

Список використаних джерел

1. Бойко П. І., Мартинюк І. В., Цимбал Я. С. (2021). Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки, 3,* 5–13. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01,
2. Roberts T. L. (2008). Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32 (3),* 177–182.
3. Stewart W. M., Dibb D. W., Johnston A. E., Smyth T. J. (2005). The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy Journal, 97 (1),* 1–6. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0001.
4. Борис Н. Є., Красюк Л. М. (2020). Поживний режим сірого лісового ґрунту залежно від систем основного обробітку і удобрення в короткоротаційній зерновій сівозміні. *Агробіологія, 2.* 16–26. URL: https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/boris_2_2020.pdf.
5. FAO. (2019). World fertilizer trends and outlook to 2022. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: https://www.fao.org/3/ca6746en/ca6746en.pdf.
6. Веремеєнко С. І., Семенко Л. О. (2019). Сучасні проблеми деградації ґрунтів – трофічний аспект. *Наукові горизонти, 1 (74),* 69–75. http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/9781.
7. Лень О. І. та ін. (2021). Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2,* 52–58. URL: https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06.
8. Скрильник Є. В., Кутова А. М., Гетманенко В. А. та ін. (2019). Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового. *Агрохімія і ґрунтознавство, 88,* 74–78. URL: https://doi.org/10.31073/acss88-10.
9. Balabukh V., Tarariko O., Ilienko T., Velychko V. (2021). Influence of changes in air temperature on crop productivity formation in Ukraine at the turn of XX–XXI centuries (1981–2010). *Agricultural Science and Practice, 3*. 71–87. URL: https://doi.org/10.15407/agrisp8.03.071.

10. Hossain M. S., & Islam M. R. (2021). Nitrogen, phosphorus, and potassium adsorption and desorption improvement and soil buffering capacity using clinoptilolite zeolite. *Agronomy, 11 (2),* 379. https://doi.org/10.3390/agronomy11020379.

11. Li W., Zhang J., & Liu Y. (2023). Mechanisms underlying soil microbial regulation of available phosphorus. *Science of the Total Environment, 904(6),166403.* https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166403.

12. Mahanta D., & Tiwari M. (2021). Microbial transformation of nutrients in soil: An overview. У: Rakshit A., & Meena V. S. *Advances in Soil Microbiology: Stress Management and Microbial Applications.* 131–151. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9154-9_7.

13. Mykhailo Voitovyk, Ivan Prymak, Oleksandr Panchenko etc. (2023). Humus state and nutrient regime of typical chernozem depending on fertilisation in short crop rotations. *Plant and Soil Science, 14 (4),* 33–44. https://doi.org/10.31548/plant4.2023.33.

14. Voitovyk M., Prymak I., Tsyuk O., & Melnyk V. (2023). Qualitative composition of humus and physical and chemical properties of typical chernozem depending on the fertiliser system. *Plant and Soil Science, 14 (1),* 9–21. https://doi.org/10.31548/plant1.2023.09.

15. Hu Y., Zhang H., & Liu Z. (2025). Effects of excessive phosphorus fertilization on carbon metabolism and respiration in crops: A physiological perspective. *Soil Biology and Biochemistry, 185, 108192.* https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.108192.

16. Litvinova Olena, Dehodiuk Stanislav, Litvinov Dmytro etc. (2021). The impact of agrochemical loading on nutritive regime of gray forest soil during field crop rotation. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES), 11* (4), 831–836 DOI: https://doi.org/10.31407/ijees11.421.

17. Pavlichenko A., Dmytrenko O., Litvinova O. etc. (2023). Changes in gray forest soil organic matter pools under anthropogenic load in agrocenoses. Agronomy Research, 21 (3). 1266–1277. https://doi.org/10.15159/AR.23.095.

18. Santos M., Ferreira R. M., & Oliveira B. (2025). Enhancing nitrogen use efficiency in agriculture by integrating management strategies. Frontiers in Plant Science, 16. 1543714. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1543714.

19. Tsyuk O., Tkachenko M., Butenko A. etc. (2022). Changes in the nitrogen compound transformation processes of typical chernozem depending on the tillage systems and fertilizers. *Agraarteadus, 33* (1), 192–198. DOI: 10.15159/jas.22.23. URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.085134743207&origin=-resultslist&sort=plf-f.

20. Wang X., Huang C., & Yang L. (2025). Long-term legacy impacts of

nitrogen fertilization on crop yield and nitrate accumulation in intensive farming systems. *European Journal of Agronomy, 142,* 126222. https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.126222.

21. Zhou J., Wang C., & Sun W. (2022). Potassium-calcium antagonism in soils and its effects on nutrient uptake and membrane stability in crops. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 22 (3),* 1591–1605. https://doi.org/10.1007/s42729-022-00680-7.

22. Якість ґрунту. (2005). *Показники родючості ґрунтів.* ДСТУ 4362:2004. Держспоживстандарт України.

23. Камінський В. Ф., Бойко П. І. (2013). Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Вісник аграрної науки, 6,* 5–9.

24. Бойко П. І., Літвінов Д. В., Цимбал Я. С., Кудря С. О. (2018). Принципи розроблення систем різноротаційних сівозмін в Україні. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН», 1,* 3–14.

25. Цимбал Я. С., Бойко П. І., Мартинюк І. В. та ін. (2024). Продуктивність пшениці озимої в 6-7-пільних сівозмінах за органо-мінерального удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика, 4 (14),* 25–32.

Розділ 3. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ В СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Сучасні системи обробітку ґрунту в Україні доцільно розглядати не як сукупність окремих механічних операцій, а як функціональний елемент адаптивної агротехнології, що визначає перебіг водного, повітряного, поживного та біологічного режимів ґрунту. За умов кліматичних трансформацій, зростання вартості енергоресурсів, посилення деградаційних процесів ґрунтів і потреби у післявоєнному відновленні аграрного сектору вимоги до обробітку ґрунту істотно змінилися. Його ефективність має оцінюватися не лише за глибиною чи способом механічного впливу, а передусім за здатністю забезпечувати накопичення і збереження продуктивної вологи, оптимізацію агрофізичного стану орного й підорного шарів, стабілізацію вмісту органічної речовини та відтворення ґрунтової родючості, підвищення ефективності використання добрив і стабільність продуктивності агроценозів. У такому розумінні обробіток ґрунту перестає бути самодостатнім прийомом підвищення врожайності й набуває ролі інструменту інтегрованого регулювання стійкості систем землеробства в умовах кліматичних і соціально-економічних викликів [1–5].

Для зони Лісостепу України ця проблема є особливо загостреною, оскільки упродовж останніх десятиліть кліматичні зміни проявляються у посиленні нерівномірності вологозабезпечення, частішому дефіциті продуктивної вологи в критичні періоди формування врожаю, підвищенні температурного фону та нерівномірності випадання опадів. За таких умов перевагу мають не ті технології, що лише формально зменшують інтенсивність механічного впливу на ґрунт, а ті, що забезпечують диференційоване керування ґрунтовими процесами з урахуванням культури, попередника, системи удобрення, кількості рослинних решток і фактичного стану ґрунтового профілю. Саме такий підхід створює передумови для поєднання вологоощадності, збереження оптимальних агрофізичних властивостей ґрунту та стійкості продукційного процесу в адаптивних системах землеробства [2, 3, 6, 7].

Наукові узагальнення останніх років свідчать, що в межах концепцій природоохоронного (conservation agriculture) та відновлювального (regenerative agriculture) землеробства визначальним є не саме по собі зниження інтенсивності обробітку, а системна узгодженість мінімального механічного впливу з диверсифікованою сівозміною, керуванням рослинними рештками, збалансованим живленням, контролем ущільнення та належною

технологічною дисципліною. Саме тому сучасні адаптивні системи землеробства дедалі більше орієнтуються на диференційовані, комбіновані й контекстно обґрунтовані моделі обробітку ґрунту, а не на пошук єдиної універсальної системи, придатної для всіх ґрунтово-кліматичних і виробничих умов [2–3, 6, 8–10].

Саме тому теоретико-методологічні засади інтеграції сучасних технологій обробітку ґрунту в системи адаптивного землеробства мають спиратися на багатокритеріальне оцінювання їхньої ефективності. Йдеться про необхідність одночасного врахування агрофізичних, гідрологічних, агрохімічних, та техніко-економічних параметрів, які в сукупності визначають реальну придатність тієї чи іншої системи до конкретних ґрунтово-кліматичних і виробничих умов. Такий підхід дає змогу поєднати вологоощадність, контроль ущільнення, стабілізацію ґрунтових властивостей і господарську доцільність, що є принципово важливим для формування стійких і продуктивних агросистем.

3.1. Тенденції розвитку технологій обробітку ґрунту та ключові параметри їх ефективності в умовах змін клімату

Розвиток сучасних технологій обробітку ґрунту у світовому й вітчизняному землеробстві відбувається у кількох взаємопов'язаних напрямах. Перший пов'язаний зі зниженням енергоємності механічного впливу на ґрунт і скороченням кількості проходів техніки. Другий – із посиленням ґрунтозахисної та вологоощадної функцій технології. Третій – з інтеграцією обробітку ґрунту у складні системи керування ґрунтовими функціями, де визначального значення набувають не лише глибина чи спосіб проведення обробітку, а й просторове розміщення рослинних решток, локальне внесення добрив, контроль ущільнення, суміщення операцій, точність навігації та відповідність технології біологічним особливостям культур сівозміни [1, 2, 8, 9].

Звідси випливає принципово важливий методологічний висновок: сучасну технологію обробітку ґрунту не можна оцінювати за одним показником – лише врожайністю або лише економією пального. У короткостроковому вимірі інтенсивний обробіток нерідко має перевагу завдяки швидкому коригувальному ефекту, якіснішому формуванню посівного ложа та вищій початковій реалізації мінерального живлення. Проте в довготривалій перспективі надмірна інтенсивність може прискорювати втрати органічної речовини, погіршення структури ґрунту, зростання непродуктивного випаровування вологи та підвищення чутливості

агроекосистем до посухи. Водночас надмірна мінімізація без достатнього покриття рослинними рештками, науково обґрунтованої сівозміни та періодичного глибокого розущільнення може зумовлювати вертикальну диференціацію ґрунтового профілю, накопичення ущільнення в підорних шарах і зниження продуктивності. Саме тому ефективність системи обробітку слід визначати за сукупністю коротко- і довгострокових агрофізичних, гідрологічних, агрохімічних та економічних ефектів [8, 9, 11, 12].

За цих умов у центрі уваги опиняються адаптивні, диференційовані й комбіновані системи обробітку ґрунту. Вони не заперечують ролі полицевого чи глибокого безполицевого обробітку, проте переводять їх із категорії базового щорічного фону до категорії функціонально необхідного прийому, який застосовують там і тоді, де він справді потрібний. Саме таке розуміння дедалі частіше простежується як у міжнародних, так і в українських дослідженнях, де ефективність системи обробітку грунту пов'язують не з відповідністю ідеологізованій моделі «максимальної інтенсивності» або «абсолютного *no-till*», а з її здатністю підтримувати ґрунтові функції в конкретних ґрунтово-кліматичних і виробничих умовах [2, 8, 10, 13].

Для умов Лісостепу України визначальними є щонайменше чотири взаємопов'язані тенденції. По-перше, зростає значення локального й диференційованого розпушування, оскільки саме воно дає змогу поєднати збереження мульчуючого покриву з усуненням ущільнених горизонтів. По-друге, посилюється роль поверхневого зосередження рослинних решток як чинника регуляції випаровування, температурного режиму та водоутримуючої здатності ґрунту. По-третє, зростає технологічна ефективність застосування комбінованих агрегатів і моделей суміщення операцій, що забезпечують вищу ресурсну ефективність і кращу адаптацію до стислих агротехнічних строків. По-четверте, вибір системи обробітку дедалі тісніше пов'язується зі структурою сівозміни та фоном удобрення, оскільки реакція культур на тип і глибину обробітку залежить від поєднання ґрунтових, кліматичних і технологічних чинників [1, 6, 7, 10].

Наведена система критеріїв принципово змінює підхід до інтерпретації результатів польових досліджень. Якщо раніше оцінювання систем обробітку ґрунту часто завершувалося лише констатацією різниці врожайності, то тепер акцент переноситься на виявлення механізмів формування цієї різниці (табл. 3.1). Одна й та сама технологія може забезпечувати кращі запаси продуктивної вологи в поверхневих шарах, але водночас формувати менш сприятливий стан підорного горизонту; зменшувати прямі виробничі витрати, але поступатися за довгостроковою стабільністю; підвищувати вміст органічної речовини у верхньому шарі, але посилювати вертикальну диференціацію ґрунтового

профілю. Саме тому коректний висновок щодо ефективності тієї чи іншої системи можливий лише на основі комплексного аналізу її агрофізичних, гідрологічних, агрохімічних і господарських ефектів [1, 6, 11, 12].

Таблиця 3.1. **Критерії оцінювання ефективності сучасних технологій обробітку ґрунту в адаптивних системах землеробства**

Група критеріїв	Основні показники	Методологічне значення
Агрофізичні	щільність складення; твердість; пористість; структурно-агрегатний стан; наявність ущільнених горизонтів	характеризують здатність системи підтримувати оптимальні умови для розвитку коренів, інфільтрації та аерації
Гідрологічні	запаси продуктивної вологи; інфільтрація; випаровування; водоутримуюча здатність	відображають вологоощадний потенціал технології і її придатність до роботи в умовах посухи або нестійкого зволоження
Агрохімічні	вміст гумусу; pH; гідролітична кислотність; вміст рухомих форм N, P, K; профільний розподіл поживних елементів	дають змогу оцінити вплив системи обробітку на актуальну родючість і ефективність використання добрив
Екологічні	рівень поверхневого покриву рештками; ризик ерозії; інтенсивність деградаційних процесів; вуглецево-енергетичний слід технології	відображають здатність системи зменшувати деградацію ґрунту, підтримувати екологічну стійкість агроландшафту та відповідати вимогам кліматичної адаптації
Техніко-економічні	кількість проходів; продуктивність агрегатів; суміщення операцій; потреба у навігації; собівартість; умовно чистий прибуток; рентабельність; енерговитрати; коефіцієнт енергетичної ефективності	визначають рівень практичної придатності системи до впровадження в господарстві та її ресурсну, економічну й енергетичну доцільність

Ще одним важливим методологічним аспектом є функціональне позиціонування окремих технологій у системі адаптивного землеробства. У прикладному вимірі це означає, що кожну технологію слід розглядати не ізольовано, а через її провідну функцію, типові переваги, обмеження та оптимальну нішу застосування (табл. 3.2).

Таблиця 3.2. **Функціональна характеристика сучасних технологій обробітку ґрунту та їх місце в адаптивному землеробстві**

Технологія	Головна функція	Переваги	Обмеження / ризики	Оптимальна ніша застосування
Полицева оранка	інтенсивне переміщення орного шару, загортання решток	чисте посівне ложе; добра реалізація удобрення; швидкий коригувальний ефект	втрати вологи; руйнування мульчі; ризик плужної підошви; вищі енерговитрати	коригувальний або цільовий прийом під чутливі культури та проблемні поля
Глибоке рихлення / чизелювання	розущільнення без обертання пласта ґрунту	поліпшення інфільтрації; збереження решток; усунення ущільнення; накопичення вологи	потребує енергії та правильної діагностики; не замінює повністю інші операції	адаптивні та комбіновані системи; поля з ущільненням
Адаптивна	добір способу і глибини згідно біологічних особливостей культур та станом поля	висока продуктивність; кращий баланс між вологозбереженням і структурою; ефективне використання добрив	вимагає планування сівозміни і технологічної дисципліни	базова модель для більшості господарств Лісостепу
Комбінована	поєднання мілких і глибоких прийомів у межах сівозміни	стабільність продуктивності; контроль ущільнення; висока прибутковість	потребує узгодження способів і глибини обробітку з ланками сівозміни	короткоротаційні сівозміни в умовах нестійкого зволоження
Mini-till	помірна мінімізація глибини і кількості проходів	менші витрати пального; часткове збереження мульчі; технологічно простіший перехід	ризик накопичення ущільнення за постійного мілкого обробітку	перехідні моделі за умови періодичного глибокого розущільнення
No-till	пряма сівба без попереднього механічного обробітку	максимальне збереження мульчі; високий вологоощадний ефект; протиерозійна дія	залежність від гербіцидів; високі вимоги до техніки і сівозміни	поля з достатньою кількістю решток і високою технологічною дисципліною
Strip-till	локальне розпушення у рядку при збереженні мульчі в міжряддях	компроміс між інтенсивним і ґрунтозахисним обробітком; висока ефективність під просапні	потребує навігації та точного суміщення операцій	широкорядні культури, локальне внесення добрив
Verti-till	вертикальне розпушування та регулювання розміщення рослинних решток	делікатна робота з поверхнею; покращення контакту решток із ґрунтом	не усуває глибокого ущільнення; не є самодостатньою системою	допоміжний або коригувальний модуль у комбінованих системах

Такий підхід є особливо важливим для господарств Лісостепу, де в

межах однієї сівозміни поєднуються культури з різною реакцією на глибину й спосіб обробітку ґрунту, різними строками сівби та неоднаковою потребою у вологозабезпеченні [1, 2, 4, 10].

Подані в таблиці характеристики дають змогу перейти від загальних декларацій до практичного конструювання системи обробітку ґрунту. Полицеву оранку, глибоке рихлення, *mini-till, no-till, strip-till, verti-till* а також адаптивні й комбіновані моделі доцільно розглядати як різні інструменти в межах єдиного набору технологічних рішень. Методологічною помилкою є спроба підмінити систему одним інструментом. Натомість адаптивне землеробство виходить із того, що одна й та сама технологія може бути оптимальною для конкретного поля, окремої культури або певного етапу переходу, але не бути універсально придатною для всієї ротації [2, 8, 10, 13].

Особливу цінність для умов Лісостепу має матричний підхід до вибору технології (табл. 3.3). Він дає змогу співвідносити вихідний стан ґрунту, характер домінантних обмежень і рівень технологічного забезпечення господарства з функціонально адекватним рішенням.

Таблиця 3.3. **Матриця вибору сучасних технологій обробітку ґрунту для господарств Лісостепу**

Вихідна ситуація / критерій	**Доцільна технологія**	**Умова ефективності**
Виражене ущільнення підорного шару, слабка інфільтрація, дефіцит вологи	глибоке рихлення; адаптивна або комбінована система	попередня діагностика ущільнення; контроль глибини розпушення
Широкорядні культури, потреба в локальному внесенні добрив, достатнє технічне забезпечення	*Strip-till*	точна навігація, суміщення проходів, рівномірний розподіл решток
Високе покриття поля рослинними рештками, відпрацьована система гербіцидного захисту	*No-till*	диверсифікована сівозміна, пряма сівба, постійний фітосанітарний моніторинг
Поступовий перехід від інтенсивної системи до ґрунтозахисної	*Mini-till* або адаптивна (диференційована) система	періодичне глибоке розущільнення, контроль руху техніки (технологічні колії)
Надлишок решток на поверхні поля, потреба в поверхневому коригуванні поля	*Verti-till*	застосування як допоміжного модуля, а не самодостатньої системи
Необхідність радикального коригувального заходу на проблемних полях	полицева оранка	разове або обмежене використання з подальшим переходом до більш адаптивної моделі

Саме такий підхід найбільш повно відповідає завданню інтеграції обробітку ґрунту в адаптивні системи землеробства, оскільки переводить питання з площини «яка технологія краща взагалі» у площину «яка технологія є найбільш доцільною за конкретних ґрунтово-кліматичних і виробничих умов» [1, 2, 10, 13].

Тому, критерії оцінювання ефективності сучасних технологій обробітку

ґрунту, їхня функціональна характеристика та матриця вибору для господарств Лісостепу формують методологічну основу подальшого аналізу. У наступному підрозділі ці узагальнення буде конкретизовано на матеріалах стаціонарного і виробничого дослідів, що дає змогу перейти від концептуального рівня до аналізу фактичних змін агрофізичного стану ґрунту, вологонакопичення, продуктивності та ефективності застосування сучасних систем обробітку.

Схему стаціонарного досліду відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності ННЦ «ІЗ НААН» розташованого в північній частині Правобережного Лісостепу на сірому лісовому крупнопилувато легкосуглинковому грунті, який є базою для аналізу довготривалих закономірностей у короткоротаційній зерновій сівозміні, наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4. **Системи обробітку ґрунту по культурах короткоротаційної зернової сівозміни** (схема досліду)

Система обробітку ґрунту	Пшениця озима	Просо	Овес	Соя
Різноглибинна полицева	О 16–18 см	О 22–24 см	МО 10–12 см	О 28–30 см
Різноглибинна плоскорізна	П 16–18 см	П 22–24 см	П 10–12 см	П 28–30 см
Дискова одноглибинна	Д 10–12 см	Д 10–12 см	Д 10–12 см	Д 10–12 см
Одноглибинна дискова з весняним безполицевим під ярі культури	Д 10–12 см	ВД 10–12 см	ВД 10–12 см	ВД 10–12 см
Комбінована	Д 10–12 см	Ч 40–42 см	Д 10–12 см	Д 10–12 см
Комбінована № 2	Д 6–8 см	Д 6–8 см	О 22–24 см	Д 6–8 см
Комбінована № 3	Д 10–12 см	Д 10–12 см	О 28–30 см	Д 10–12 см
Поверхнева дискова	Д 6–8 см	Д 6–8 см	Д 6–8 см	Д 6–8 см

Примітка. О – оранка; П – плоскорізний обробіток; Ч – чизельний обробіток; Д – дискування; ВД – весняне дискування. Сівозміна: соя – пшениця озима – просо – овес. Удобрення: без добрив; побічна продукція попередника; побічна продукція попередника + $N_{65}P_{60}K_{70}$ на 1 га сівозмінної площі.

Саме вона забезпечує структурну рамку для подальшого порівняння систем обробітку, тоді як виробничий дослід, який закладено у виробничих посівах кукурудзи на зерно на чорноземі типовому середньосуглинковому, буде використано для оцінювання технологічної дієздатності сучасних інноваційних (глибоке рихлення, *mini-till, no-till, strip-till, verti-till*) технологій у більш наближених до господарської практики умовах.

3.2. Теоретичні і практичні аспекти інтеграції сучасних технологій обробітку ґрунту в адаптивних системах землеробства за зміни клімату

Теоретичне значення інтеграції сучасних технологій обробітку ґрунту полягає у переході від лінійної моделі «обробіток → урожайність» до системної моделі, у якій механічний вплив на ґрунт розглядають як чинник регулювання ґрунтових функцій, ефективності живлення і водоспоживання, стійкості агроценозу та кінцевого господарського результату. У такому розумінні обробіток ґрунту набуває значення не лише технологічного прийому, а й інструменту керування ґрунтовим середовищем, через який можна посилювати або, навпаки, обмежувати реалізацію біологічного потенціалу культури. Практичний зміст інтеграції полягає у доборі такої конфігурації технологій, яка для конкретного поля забезпечує оптимальне співвідношення між розпушенням, збереженням рослинних решток, вологонакопиченням, доступністю елементів живлення та витратами ресурсів [1, 2, 14, 15].

Численними дослідженнями встановлено, що одним із ключових показників агрофізичного стану ґрунту є щільність складення, оскільки саме вона значною мірою визначає опір коренепроникненню, співвідношення твердої фази і порового простору, а також особливості водно-повітряного режиму орного шару. Надмірне ущільнення ускладнює ріст кореневої системи, обмежує інфільтрацію вологи та знижує ефективність використання елементів живлення. Тому оцінювання систем обробітку ґрунту у стаціонарному досліді доцільно починати саме з аналізу динаміки щільності складення в основні фази розвитку культур [3, 12, 16, 17].

Результати досліджень свідчать, що оптимальні параметри щільності складення істотно залежать від біологічних особливостей культури, гранулометричного складу ґрунту та стану його профілю. Наприклад, для пшениці озимої в умовах сірого лісового ґрунту найбільш сприятливою є щільність орного шару в межах 1,23–1,38 г/см³, тоді як наприкінці вегетації допустимі значення можуть зростати до 1,45–1,48 г/см³ [16, 18]. За мілкого дискового розпушування у верхньому горизонті часто створюються прийнятні умови для появи сходів, однак у шарі 20–30 см нерідко формується зона підвищеної щільності, яка обмежує розвиток кореневої системи та знижує повноту реалізації продуктивного потенціалу культури [16–18].

Узагальнення літературних даних свідчить, що найменша щільність складення найчастіше формується за різноглибинного полицевого або глибокого безполицевого обробітку, тоді як постійний мілкий чи поверхневий обробіток сприяє накопиченню ущільнення в нижній частині орного шару [12,

17, 18]. Водночас модель оптимального посівного шару не є універсальною і має формуватися окремо для кожної культури з урахуванням розміру насіння, потреби в аерації та особливостей вологозабезпечення [19].

У стаціонарному досліді щільність складення ґрунту визначали в полях сівозміни у критичні фази розвитку культур – на час сходів і на період повної стиглості зерна.

Аналіз даних, наведених у табл. 3.5, свідчить, що на початку вегетації у 0–10 см шарі цей показник коливався в межах 1,22–1,29 г/см³, тобто загалом відповідав фізіологічно допустимому рівню. Найбільш вирівняний розподіл щільності в межах орного шару забезпечували різноглибинна полицева система та комбінована система, що передбачала глибоке чизельне розпушування під просо.

Таблиця 3.5. **Щільність складення сірого лісового ґрунту в основні фази розвитку культур сівозміни, г/см³, 2021–2025 рр.**

Системи обробітку ґрунту в сівозміні	Фаза розвитку	Шар ґрунту, см		
		0–10	10–20	20–30
Полицева різноглибинна (контроль)	сходи	1,29	1,31	1,36
	повна стиглість	1,36	1,38	1,44
	повна стиглість	1,36	1,37	1,44
Плоскорізна різноглибинна	сходи	1,27	1,33	1,40
	повна стиглість	1,36	1,41	1,47
	повна стиглість	1,35	1,38	1,42
Одноглибинна дискова	сходи	1,25	1,32	1,41
	повна стиглість	1,35	1,43	1,48
Одноглибинна дискова з весняним безполицевим під ярі	сходи	1,22	1,32	1,41
	повна стиглість	1,35	1,42	1,48
Комбінована	сходи	1,27	1,30	1,38
	повна стиглість	1,35	1,38	1,45
Комбінована 2	сходи	1,26	1,33	1,39
	повна стиглість	1,36	1,41	1,47
Комбінована 3	сходи	1,25	1,33	1,41
	повна стиглість	1,39	1,43	1,47
	повна стиглість	1,38	1,40	1,44
Комбінована 4	сходи	1,26	1,33	1,39
	повна стиглість	1,37	1,43	1,47
	повна стиглість	1,38	1,44	1,49
Поверхнева дискова	сходи	1,25	1,36	1,44
	повна стиглість	1,38	1,46	1,52
$НІР_{0,05}$ г/см³	сходи	0,041	0,046	0,053
	повна стиглість	0,056	0,065	0,069

Натомість за дискових і поверхневих систем обробітку виявлено виразні ознаки профільної диференціації: за відносно прийнятної щільності у верхньому 0–10 см шарі нижня частина орного горизонту залишалася істотно

щільнішою. Найчіткіше ця закономірність простежувалася у 20–30 см шарі, де за поверхневого дискування на 6–8 см щільність уже на початку вегетації становила 1,44 г/см³, а за мілкої дискової системи – 1,41 г/см³. Для порівняння, за різноглибинної полицевої системи цей показник становив 1,36 г/см³, а за комбінованої – 1,38 г/см³.

Такий розподіл свідчить, що періодичне глибоке розпушування у межах адаптивних і комбінованих моделей забезпечує не лише розпушення окремого горизонту, а й стабілізацію щільності в усьому орному профілі. Відповідно це створює кращі передумови для інфільтрації води, розвитку кореневої системи та ефективного використання добрив. Саме тому подальший аналіз доцільно проводити в напрямі «щільність → водний режим → продуктивність → економічна ефективність», а не як набір ізольованих показників.

У шарі 10–20 см щільність ґрунту зростала насамперед за мілкого та поверхневого дискового обробітку, де на час сходів досягала відповідно 1,32–1,36 г/см³, тоді як у комбінованій системі та за різноглибинної полицевої оранки утримувалася на рівні 1,30–1,31 г/см³ (див. табл. 3.5). Це свідчить, що саме середня частина орного шару виявляється найбільш чутливою до наслідків тривалого застосування мілкого та поверхневого дискового обробітку.

Нижня частина активного кореневмісного 20–30 см шару за постійного мілкого й поверхневого дискового обробітку залишалася найщільнішою – 1,41–1,44 г/см³ на час сходів. Натомість за різноглибинної полицевої, комбінованої з чизельним розпушуванням під просо щільність у цьому шарі становила 1,36–1,38 г/см³, тобто була ближчою до оптимального рівня для розвитку кореневої системи культур сівозміни.

У середньому по орному 0–30 см шару на час сходів найвищу щільність формував поверхневий дисковий обробіток – близько 1,35 г/см³, тоді як різноглибинна полицева та комбінована з глибоким чизельним розпушуванням забезпечували 1,30–1,32 г/см³ (рис. 3.1). Це підтверджує, що періодичне руйнування ущільнених горизонтів у межах адаптивних моделей є важливою передумовою стабілізації агрофізичного стану ґрунту.

На період повної стиглості щільність ґрунту закономірно зростала за усіх систем обробітку, однак найбільш виразні відмінності зберігалися у шарах 10–20 і 20–30 см. За мілкого та поверхневого дискового обробітку в нижній частині орного шару вона досягала 1,49–1,52 г/см³, що свідчить про прояв переущільнення. Натомість за різноглибинної полицевої та комбінованої з чизельним розпушуванням під просо щільність утримувалася в межах 1,42–1,45 г/см³. Мілка дискова і поверхнева дискова системи забезпечували 1,44–1,45 г/см³, що на 0,05–0,06 г/см³ перевищувало рівень

різноглибинної полицевої оранки.

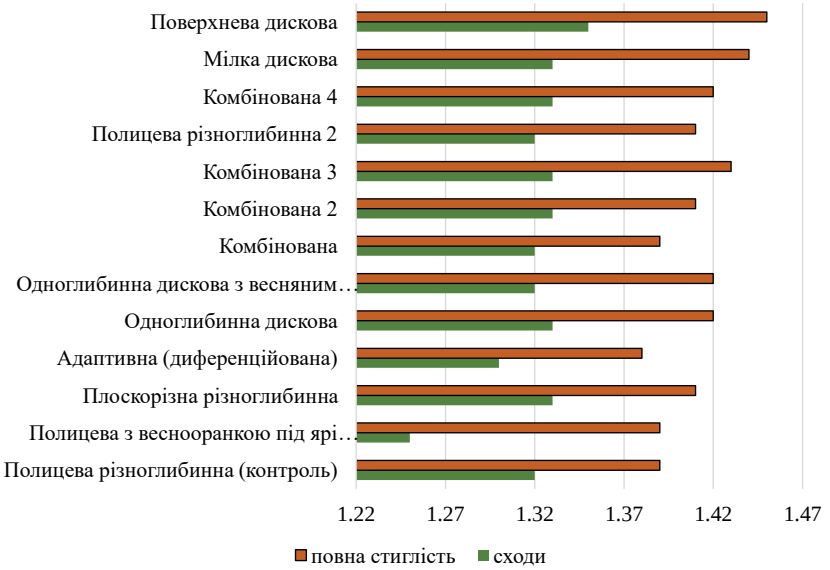


Рис. 3.1. Щільність складення орного шару ґрунту 0–30 см в основні фази розвитку культур сівозміни, г/см³, 2021–2025 рр.

Тому, навіть за генетично високої рівноважної щільності сірого лісового ґрунту досліджувані системи обробітку істотно різнилися за здатністю стримувати процеси вторинного ущільнення. Найкращі результати забезпечували різноглибинні та комбіновані моделі, тоді як поверхневе дискування на 6–8 см виявилося найменш придатним для довготривалого підтримання оптимального агрофізичного стану орного шару.

Головним показником, що найповніше відображає адаптаційний потенціал системи обробітку ґрунту в умовах кліматичної мінливості, є запас продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту. Саме цей параметр відображає сукупний вплив агрофізичного стану орного і підорного шарів, інтенсивності випаровування, водопроникності, інфільтраційної здатності та дії мульчуючого рослинного покриву [1, 2, 6, 10, 20].

За результатами аналізу метеорологічних даних за 2021–2025 рр. встановлено тенденцію до підвищення середньомісячних температур повітря, з найбільш вираженими відхиленнями від середньобагаторічних показників у зимовий та літній періоди. Зокрема, максимальні відхилення від

середньобагаторічних значень зафіксовано в лютому 2022 р. (+4,3 °С) та 2024 р. (+4,0 °С), у червні 2024 р. (+2,9 °С), а також у липні–серпні 2024 р. (+4,1 °С), що свідчить про посилення континентальності клімату та зростання частоти температурних аномалій упродовж вегетаційного періоду.

Середня річна сума опадів за роки спостережень становила 471 мм за кліматичної норми 618 мм, тобто дефіцит зволоження досягав близько 24 %. Водночас виявлено значну міжрічну варіабельність кількості атмосферних опадів: 2021 р. – 452 мм, 2022 р. – 435 мм, 2023 р. – 515 мм, 2024 р. – 533 мм, 2025 р. – 418 мм. Коливання в межах 418–533 мм за відсутності рівномірного розподілу протягом вегетації формують нестійкий режим зволоження із періодичним поєднанням посушливих і відносно вологих періодів.

Отже, сукупність підвищеного температурного фону та дефіциту атмосферних опадів зумовлює зростання випаровуваності, зниження коефіцієнта зволоження й посилення ризиків ґрунтової посухи в критичні фази розвитку культур.

Отримані результати засвідчують, що системи обробітку ґрунту порізному впливали на акумуляцію продуктивної вологи як у поверхневому, так і в підорному шарах ґрунту (табл. 3.6). У верхньому 0–10 см шарі реакція культур на спосіб обробітку була виразно диференційованою. Під пшеницею озимою найбільші запаси продуктивної вологи сформувалися за одноглибинного дискового обробітку – 23,1 мм, що на 3,1 мм перевищувало різноглибинну полицеву систему. Близькі значення забезпечували комбінована система з чизельним розпушуванням під просо – 22,8 мм, а також комбінована система з оранкою під овес – 22,4 мм. Це вказує на те, що за вирощування озимих культур поверхневе зосередження рослинних решток і помірна мінімізація обробітку можуть сприяти кращому накопиченню вологи у верхньому горизонті.

Під вівсом у 0–10 см шарі найбільший запас продуктивної вологи також забезпечив одноглибинний дисковий обробіток – 26,1 мм. Дещо нижчі, але близькі значення сформувалися за комбінованої системи з чизелюванням під просо – 25,2 мм та за дискової системи з весняним безполицевим розпушуванням під ярі культури – 24,6 мм. Отже, для вівса найбільш сприятливими виявилися системи, які поєднували збереження вологи у верхньому шарі з достатньо розпушеним посівним ложем.

У посівах проса найвищий рівень вологонакопичення у 0–10 см шарі забезпечила комбінована система з чизельним розпушуванням на 40–42 см – 20,7 мм. Це підтверджує, що для проса, як культури, чутливої до стану кореневмісного шару, важливим є поєднання поверхневого збереження вологи з глибоким розущільненням ґрунтового профілю. Найнижчий показник у

цьому шарі сформувався за поверхневого дискового обробітку – 13,4 мм, що свідчить про обмежену здатність надмірно мінімізованої системи акумулювати вологу в умовах нестійкого зволоження.

Таблиця 3.6. **Запаси продуктивної вологи в ґрунті залежно від систем обробітку, мм (середнє за 2021–2025 рр.)**

Системи обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Пшениця озима	Просо	Овес	Соя
Різноглибинна полицева	0–10	20,0	18,1	22,2	15,1
	10–30	41,0	41,0	44,1	35,8
Різноглибинна плоскорізна	0–10	21,6	17,4	22,3	18,1
	10–30	44,4	38,9	44,9	36,5
Дискова одноглибинна	0–10	23,1	18,0	26,1	17,7
	10–30	43,5	40,1	48,5	41,2
Одноглибинна дискова з весняним безполицевим під ярі культури	0–10	22,2	18,0	24,6	16,8
	10–30	43,9	40,1	49,9	39,5
Комбінована	0–10	22,8	20,7	25,2	17,0
	10–30	44,5	42,4	46,4	43,3
Комбінована № 2	0–10	21,0	17,8	22,6	15,6
	10–30	42,1	36,8	44,7	36,8
Комбінована № 3	0–10	22,4	17,4	23,7	19,3
	10–30	43,4	40,1	47,1	42,2
Поверхнева дискова	0–10	20,1	13,4	20,3	16,8

Для сої найбільший запас продуктивної вологи у 0–10 см шарі забезпечила комбінована система з оранкою під овес і дискуванням під інші культури – 19,3 мм. За різноглибинної полицевої системи цей показник становив лише 15,1 мм. Плоскорізна різноглибинна система також забезпечила відносно високий рівень вологозабезпечення – 18,1 мм. Це дає підстави вважати, що соя краще реагує на системи обробітку, які поєднують достатню аерацію, менш різке пересушування верхнього шару та більш рівномірний розподіл вологи в профілі ґрунту.

У шарі 10–30 см характер розподілу запасів продуктивної вологи дещо змінювався, що відображає довготривалу дію систем обробітку на підорну частину ґрунтового профілю. Під пшеницею озимою найбільші значення зафіксовано за комбінованої системи з чизельним розпушуванням під просо – 44,5 мм та за різноглибинної плоскорізної системи – 44,4 мм, тоді як за різноглибинної полицевої системи вони становили 41,0 мм. Це свідчить, що безполицеві й комбіновані моделі обробітку в умовах достатнього покриву рослинними рештками здатні ефективніше стримувати втрати вологи з підорної частини ґрунтового профілю.

За вирощування вівса у 10–30 см шарі найвищі запаси продуктивної вологи сформувалися за дискової системи з весняним безполицевим розпушуванням під ярі культури – 49,9 мм, а також за одноглибинного дискового обробітку – 48,5 мм. Це підтверджує, що в даній ланці сівозміни значення мав не лише спосіб обробітку, а й його поєднання зі строками виконання та попереднім агрофізичним станом ґрунту.

У посівах проса максимальний запас продуктивної вологи у 10–30 см шарі забезпечила комбінована система з чизельним розпушуванням – 42,4 мм. Для сої найбільші значення також сформувалися за цієї системи – 43,3 мм, а близький результат забезпечила комбінована система з оранкою під овес – 42,2 мм. Отже, саме комбіновані системи, в яких мілке розпушування (дисковий обробіток) поєднувалося з періодичним глибоким обробітком під окремі культури, виявилися найбільш ефективними щодо накопичення вологи в активному кореневмісному шарі.

Тому, реакція на систему обробітку змінюється залежно від культури сівозміни та її вимог до ґрунтових умов. Поряд із цим, найбільш сталі запаси продуктивної вологи забезпечувалися не за умов максимальної інтенсивності чи надмірної мінімізації, – а за рахунок застосування диференційованої та комбінованої систем, які узгоджують глибину й спосіб обробітку з біологічними особливостями культури та агрофізичним станом ґрунтового профілю. Саме це визначає їхню перевагу як бази для інтеграції в адаптивні системи землеробства.

У метровому шарі ґрунту сумарні запаси продуктивної вологи залежно від системи обробітку та культури сівозміни варіювали в межах 132,6–169,8 мм (рис. 3.2). Загалом найвищі показники найчастіше забезпечували комбіновані та диференційовані системи обробітку, тоді як поверхневе дискування у більшості випадків поступалося за здатністю акумулювати вологу в ґрунтовому профілі.

У посівах пшениці озимої найбільший сумарний запас продуктивної вологи сформувався за комбінованої системи – 159,7 мм, що перевищувало різноглибинну полицеву систему на 9,5 мм. Для вівса найвищий показник також забезпечила комбінована система – 169,8 мм, тоді як за різноглибинної полицевої він становив 159,6 мм. У посівах проса максимальне вологонакопичення знову було зафіксовано за комбінованої системи – 164,3 мм, що свідчить про високу ефективність поєднання мілкого обробітку з періодичним глибоким чизельним розпушуванням.

Для сої розподіл вологи мав дещо інший характер. Найбільший запас продуктивної вологи у метровому шарі сформувався за одноглибинного дискового обробітку – 150,0 мм. Близькі значення забезпечували комбінована

система – 149,1 мм та комбінована система з оранкою під овес – 147,5 мм. Найменший показник у цій ланці сівозміни сформувався за різноглибинної полицевої системи – 132,6 мм. Це свідчить, що для сої вирішальне значення мало не лише глибоке розущільнення, а й загальний режим збереження вологи в профілі в поєднанні з менш інтенсивним механічним впливом на ґрунт.

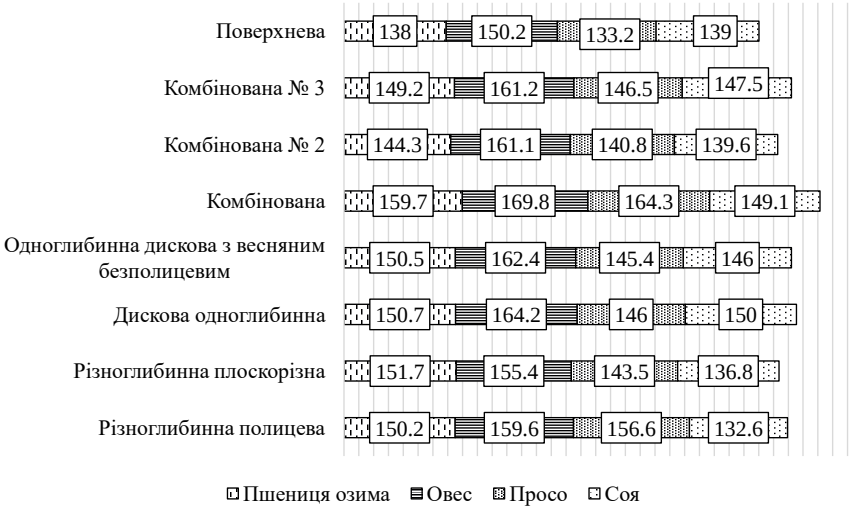


Рис. 3.2. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (середнє за 2021–2025 рр.)

Отже, за показниками вологонакопичення перевагу мають не просто мінімізовані системи, а функціонально диференційовані моделі обробітку, у яких глибокі прийоми застосовують вибірково – у найбільш критичних ланках сівозміни. Саме така організація обробітку ґрунту забезпечує найбільш стійкий водний режим ґрунту.

Запаси продуктивної вологи в ґрунтовому профілі не можна розглядати ізольовано від формування врожаю, оскільки саме вони визначають умови реалізації водоспоживання культур, активність кореневої системи, інтенсивність засвоєння поживних елементів і стійкість рослин до температурного стресу. В умовах Лісостепу, де дефіцит вологи дедалі частіше проявляється в критичні фази органогенезу, здатність системи обробітку акумулювати й утримувати вологу в активному кореневмісному шарі набуває значення одного з ключових чинників продуктивності агроценозу. Сучасні дослідження підтверджують, що зміни водного режиму, зумовлені системою

обробітку, безпосередньо впливають на врожайність через трансформацію ґрунтової структури, інфільтраційної здатності, гідравлічних властивостей і доступності вологи для рослин [1, 6, 21, 23].

Водночас сам по собі високий запас продуктивної вологи ще не гарантує максимального врожаю. Його ефект реалізується лише за умови сприятливого агрофізичного стану ґрунту, достатньої аерації, відсутності критичного ущільнення та збалансованого поживного режиму. Саме тому в системах адаптивного землеробства оцінювання вологоощадної ефективності обробітку ґрунту має логічно переходити до аналізу продуктивності сівозміни. У практичному вимірі це означає з'ясування, наскільки та чи інша система обробітку здатна не лише накопичувати вологу, а й забезпечувати її реалізацію у вигляді стабільної продуктивності агроценозу. Такий підхід дає змогу оцінити обробіток ґрунту як елемент цілісної агротехнологічної системи, у якій водний режим, щільність складення, поживний режим ґрунту та система удобрення взаємодіють у формуванні кінцевої продуктивності культур і сівозміни загалом [1, 7, 21, 22].

Зокрема, за умов природної родючості середньозважений збір зерна з 1 га сівозмінної площі варіював у межах 2,20–2,98 т/га залежно від системи обробітку ґрунту (табл. 3.7). Найнижчий показник забезпечила поверхнева дискова система – 2,20 т/га, тоді як найвищий – комбінована система з чизельним розпушуванням під просо – 2,98 т/га. Отже, навіть без додаткового удобрення різниця між даними системами становила 0,78 т/га, або 35,5 %, що свідчить про істотний вплив способу і глибини обробітку на реалізацію природної родючості ґрунту. Високий рівень продуктивності за цього фону забезпечила також різноглибинна полицева система – 2,83 т/га. Натомість за спрощення обробітку, особливо за поверхневого дискування, продуктивність сівозміни помітно знижувалася, що вказує на обмеження реалізації біологічного потенціалу культур за недостатнього живлення.

За внесення побічної продукції попередника збір зерна зростав у всіх системах обробітку – на 0,39–0,58 т/га, або на 16,7–21,9 % порівняно з фоном без добрив. Це підтверджує позитивну роль повернення органічної речовини в ґрунт у поліпшенні поживного режиму та стабілізації агрофізичних властивостей орного шару. Найвищий показник і на цьому фоні забезпечила комбінована система – 3,48 т/га, що на 0,89 т/га перевищувало поверхневу дискову систему. Таким чином, поєднання диференційованого обробітку з використанням побічної продукції попередника сприяло більш повній реалізації продуктивного потенціалу сівозміни.

Максимальний рівень продуктивності сформувався за поєднання внесення побічної продукції з мінеральним удобренням $N_{65}P_{60}K_{70}$, коли збір

зерна становив 3,27–4,23 т/га. Найвищий результат знову забезпечила комбінована система – 4,23 т/га, у якій під сою, пшеницю озиму й овес застосовували мілкий дисковий обробіток на 10–12 см, а під просо – глибоке чизельне розпушування на 40–42 см. Її перевага над поверхневим дискуванням на 6–8 см під усі культури становила 0,96 т/га, що підтверджує ключову роль періодичного глибокого розущільнення в поліпшенні умов вологонакопичення, аерації та використання елементів живлення на фоні підвищеного надходження органічної речовини й мінеральних добрив.

Таблиця 3.7. **Збір зерна з 1 га сівозмінної площі за різних систем обробітку ґрунту та удобрення, т/га (середнє за 2021–2025 рр.)**

Системи обробітку ґрунту	**Система удобрення**		
	без добрив (природна родючість)	**внесення побічної продукції попередника 6,5–7,0 т/га**	**внесення побічної продукції попередника 6,5–7,0 т/га + $N_{65}P_{60}K_{70}$**
Різноглибинна полицева	2,83±0,34	3,41±0,45	4,02±0,47
Різноглибинна плоскорізна	2,71±0,35	3,20±0,42	3,69±0,48
Дискова одноглибинна	2,69±0,35	3,18±0,46	3,74±0,52
Одноглибинна дискова з весняним безполицевим під ярі культури	2,64±0,33	3,08±0,40	3,58±0,51
Комбінована	2,98±0,37	3,48±0,42	4,23±0,46
Комбінована № 2	2,56±0,28	3,04±0,41	3,50±0,52
Комбінована № 3	2,47±0,33	3,01±0,39	3,55±0,51
Поверхнева дискова	2,20±0,29	2,59±0,35	3,27±0,49

Різноглибинна полицева система за цього фону забезпечила 4,02 т/га зерна, що на 0,75 т/га, або на 22,9 %, перевищувало поверхневу дискову систему. Різноглибинна плоскорізна система сформувала 3,69 т/га, а одноглибинна дискова – 3,74 т/га, тобто поступалися як комбінованій, так і різноглибинній полицевій системам. Комбінована система з оранкою під овес і дискуванням під інші культури забезпечила 3,55 т/га і була близькою до дискової системи з весняним безполицевим розпушуванням під ярі культури – 3,58 т/га. Це свідчить, що глибоке розпушення є найбільш ефективним тоді,

коли його застосовують у ланках сівозміни, найбільш чутливих до ущільнення та дефіциту вологи.

Оцінювання продуктивності сівозміни є необхідним, але не завершальним етапом аналізу ефективності систем обробітку ґрунту. Високий збір зерна сам по собі ще не означає господарської переваги тієї чи іншої технології, оскільки кінцевий результат залежить не лише від рівня врожайності, а й від обсягу ресурсних витрат, енергоємності операцій, ефективності використання добрив та здатності системи забезпечувати стабільний прибуток. Саме тому в адаптивному землеробстві продуктивність слід розглядати як біологічну основу економічної віддачі, а економічну оцінку – як інтегральний показник реальної доцільності впровадження технології [1, 4, 15].

Такий підхід дає змогу перейти від відповіді на запитання, яка система формує більший урожай, до з'ясування, яка з них забезпечує найкраще співвідношення між продукційним ефектом і витратами на його досягнення. У цьому контексті економічні та енергетичні показники виступають логічним продовженням аналізу продуктивності, оскільки дозволяють оцінити, наскільки приріст урожаю компенсує витрати на обробіток ґрунту, удобрення та інші технологічні операції, а також наскільки така модель є стабільною за сучасних виробничих і ресурсних викликів [1, 15, 22].

Економічна та енергетична оцінка засвідчила чітку залежність ефективності короткоротаційної зернової сівозміни від поєднання системи обробітку ґрунту та рівня удобрення (табл. 3.8). На фоні природної родючості найкращі показники забезпечила комбінована система: собівартість зерна становила 4,74 тис. грн/т, умовно чистий прибуток – 18,72 тис. грн/га, рівень рентабельності – 138 %, коефіцієнт енергетичної ефективності – 4,2. Порівняно з різноглибинною полицевою системою умовно чистий прибуток зріс на 1,65 тис. грн/га, а рівень рентабельності – на 15 %. Отже, навіть на фоні природної родючості комбінована система обробітку грунту забезпечила найкраще поєднання помірних ресурсних витрат і високої продуктивності агроценозів.

Полицева різноглибинна, плоскорізна та одноглибинна дискова системи на цьому фоні формували близькі значення коефіцієнта енергетичної ефективності – 4,0, однак поступалися комбінованій за рівнем прибутку та рентабельності. Найменш ефективною була поверхнева дискова система на 6–8 см: собівартість зростала до 6,26 тис. грн/т, умовно чистий прибуток знижувався до 10,52 тис. грн/га за рентабельності 81 % та коефіцієнта енергетичної ефективності – 3,2. Це свідчить, що надмірна мінімізація обробітку за умов недостатнього мінерального живлення обмежувала не лише

продуктивність, а й загальну економічну віддачу сівозміни.

Таблиця 3.8. **Показники економічної та енергетичної ефективності вирощування культур короткоротаційної зернової сівозміни залежно від системи обробітку ґрунту та удобрення** (середнє за 2021–2025 рр.)

Обробіток ґрунту	Удобрення	Собівартість зерна, грн/т	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Кее
Різноглибинна полицева	а	5,03	17,07	123	4,0
	в	4,86	20,75	130	3,7
	с	5,35	22,87	110	3,2
Різноглибинна плоскорізна	а	5,20	15,74	118	4,0
	в	5,01	19,25	126	3,7
	с	5,62	19,61	99	3,0
Дискова одноглибинна	а	5,13	15,69	120	4,0
	в	4,88	19,19	131	3,7
	с	5,69	19,56	97	3,1
Одноглибинна дискова з весняним безполицевим	а	5,20	15,36	117	3,8
	в	4,97	18,53	126	3,5
	с	5,89	18,25	90	2,9
Комбінована	а	4,74	18,72	138	4,2
	в	4,53	22,47	149	3,9
	с	4,97	25,43	125	3,4
Комбінована № 2	а	5,58	13,73	104	3,7
	в	5,29	16,99	113	3,5
	с	5,93	17,29	90	2,8
Комбінована № 3	а	5,56	13,56	101	3,5
	в	5,19	17,46	115	3,4
	с	5,99	17,69	87	2,9
Поверхнева дискова	а	6,26	10,52	81	3,2
	в	5,87	13,37	92	3,1
	с	6,29	15,04	78	2,7

Примітка. * а – без добрив (природна родючість); в – внесення побічної продукції попередника 6,5–7,0 т/га; с – внесення побічної продукції попередника 6,5–7,0 т/га + $N_{65}P_{60}K_{70}$.

Повернення в ґрунт побічної продукції попередника поліпшувало економічні показники за всіх систем обробітку. Собівартість знижувалася до 4,53–5,87 тис. грн/т, а умовно чистий прибуток зростав до 13,37–22,47 тис. грн/га. І за цього фону найкращі результати забезпечила комбінована система: собівартість – 4,53 тис. грн/т, умовно чистий прибуток – 22,47 тис. грн/га, рентабельність – 149 %, коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,9.

Порівняно з полицевою різноглибинною системою приріст умовно чистого прибутку становив 1,72 тис. грн/га, а рівень рентабельності був вищим на 19 %. Поверхнева дискова система залишалася найменш прибутковою – 13,37 тис. грн/га за рентабельності 92 %, хоча її показники були вищими, ніж на фоні без добрив.

За поєднання побічної продукції з мінеральним удобренням $N_{65}P_{60}K_{70}$ рівень собівартості зростав до 4,97–6,29 тис. грн/т, а рентабельність знижувалася до 78–125 %, що було зумовлено підвищенням виробничих витрат. Водночас саме на цьому фоні комбінована система забезпечила максимальний умовно чистий прибуток – 25,43 тис. грн/га, що на 2,56 тис. грн/га, або на 11,2 %, більше порівняно з різноглибинною полицевою системою. Її рентабельність становила 125 %, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,4, що також було найкращим результатом серед досліджуваних систем. Для плоскорізної різноглибинної та одноглибинної дискової систем рентабельність знижувалася до 99 і 97 % відповідно, тоді як за поверхневого дискового обробітку вона становила лише 78 %, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,7. Це підтверджує, що мінеральні добрива найбільш повно реалізуються в тих системах обробітку, які забезпечують кращий водний режим та нижчий рівень ущільнення ґрунту.

Розглянуті закономірності дають змогу сформулювати важливий методологічний принцип: адаптивність системи обробітку ґрунту слід оцінювати в безпосередньому зв'язку з конкретною ланкою сівозміни. Технологія, що виявляється оптимальною для проса, не обов'язково забезпечуватиме такий самий ефект за вирощування вівса чи сої. Саме тому система обробітку не може бути одноманітною. Її диференційований або комбінований характер є не формальною ознакою «сучасності», а закономірним наслідком того, що різні культури висувають неоднакові вимоги до структурного стану ґрунту, запасів продуктивної вологи та ступеня механічного впливу.

Окремої уваги заслуговує співвідношення між адаптивною та комбінованою логікою побудови системи обробітку ґрунту. Адаптивна система у вузькому розумінні передбачає добір способу і глибини обробітку відповідно до біологічних особливостей культури та поточного агрофізичного стану ґрунту. Комбінована система означає поєднання в межах ротації сівозміни заходів обробітку ґрунту, різних за глибиною та інтенсивністю. На практиці ці дві логіки здебільшого не суперечать одна одній, а взаємодоповнюються: найбільш ефективні комбіновані системи фактично є адаптивними, оскільки ґрунтуються не на механічному чергуванні технологічних операцій з обробітку, а на їх функціональній доцільності. Саме

цим пояснюється те, що за результатами досліджень найвищу результативність забезпечила комбінована модель, тоді як суто мінімізовані або суто інтенсивні системи виявилися менш ефективними.

У виробничому досліді, закладеному в умовах Лівобережного Лісостепу України за вирощування кукурудзи на зерно в беззмінних посівах, оцінювали практичну ефективність інноваційних технологій обробітку ґрунту за показниками вологонакопичення в різні строки спостережень. На відміну від стаціонарного досліду, де основну увагу було зосереджено на довготривалих закономірностях функціонування систем у сівозміні, у цьому випадку визначальним стало виявлення технологій, здатних забезпечувати стабільний водний режим профілю у виробничих умовах.

Встановлено, що технології обробітку ґрунту по-різному впливали на розподіл продуктивної вологи як у верхньому, так і в глибших шарах ґрунту. Зокрема, станом на 24.12.2024 р. у шарі 0–20 см найвищі запаси продуктивної вологи сформувалися за технології *strip-till* і глибокого рихлення – по 43 мм, а також за полицевої оранки – 42 мм (табл. 3.9). *no-till і verti-till* технології також забезпечували відносно високий рівень – 41 і 40 мм відповідно, тоді як технологія *mini-till* вирізнялася найнижчими значеннями – 39 мм. Це свідчить, що за осінньо-зимового періоду як збереження мульчуючого покриву, так і достатня глибина розпушування можуть позитивно впливати на накопичення вологи у верхньому горизонті ґрунту.

Станом на 20.03.2025 р. відмінності між технологіями у верхньому шарі зберігалися: найвищі значення мали полицева оранка – 29 мм і *verti-till* – 27 мм, тоді як глибоке рихлення, *mini-till, strip-till і no-till* технології забезпечували 23–26 мм. Проте в шарі 20–40 см кращі результати продемонстрували полицева оранка, глибоке рихлення, *strip-till, no-till* та *verti-till*-технології – 29–31 мм, тоді як технологія *mini-till* на рівні 28 мм. Це вказує на те, що збереження вологи у верхніх шарах не завжди збігається з максимальним накопиченням її у середній частині ґрунтового профілю, яка є критично важливою для живлення кореневої системи кукурудзи.

Найбільш показовими є відмінності у метровому шарі ґрунту. Станом на 24.12.2024 р. максимальний сумарний запас продуктивної вологи забезпечували глибоке рихлення – 166 мм і *strip-till*-технологія – 162 мм. На кінець зими – початок весни (20.03.2025 р.) найвищі запаси забезпечили глибоке рихлення і *no-till*-технологія – по 142 мм, тоді як *verti-till* забезпечував 134 мм, полицева оранка – 133 мм, а *strip-till* – 130 мм. Станом на 10.06.2025 р. найкращими за сумарним вологозапасом виявилися глибоке рихлення і *strip-till* – по 112 мм, тоді як *no-till* забезпечував 109 мм, *verti-till* – 99 мм, а полицева оранка лише 84 мм. Таким чином, саме глибоке рихлення та *strip-till*

технологія найбільш послідовно забезпечували збереження вологи в усьому ґрунтовому профілі впродовж вегетації культури.

Таблиця 3.9. **Запаси продуктивної вологи залежно від технології обробітку ґрунту, мм, 2024–2025 рр.**

Технологія обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Запаси продуктивної вологи, мм		
		станом на 24.12.2024	станом на 20.03.2025	станом на 10.06.2025
Полицева (оранка)	0–20	42	29	12
	20–40	38	31	20
	0–100	140	133	84
Глибоке рихлення	0–20	43	23	13
	20–40	36	29	26
	0–100	166	142	112
Mini-till	0–20	39	26	4
	20–40	34	28	14
	0–100	115	124	57
Strip-till	0–20	43	24	13
	20–40	42	30	26
	0–100	162	130	112
No-till	0–20	41	23	14
	20–40	35	29	22
	0–100	151	142	109
Verti-till	0–20	40	27	13
	20–40	38	29	22
	0–100	157	134	99

Mini-till виявився найменш стабільним за показниками водного режиму. Якщо в грудні у метровому шарі запас продуктивної вологи становив 115 мм, а в березні – 124 мм, то вже на 10.06.2025 р. він знизився до 57 мм, що було найменшим значенням серед усіх досліджуваних технологій. Це дає підстави вважати, що за недостатнього глибокого розущільнення часткове збереження рослинних решток не компенсує обмеження інфільтрації та акумуляції вологи в глибших горизонтах ґрунтового профілю.

Отже, у виробничому досліді найвищу здатність до стабілізації водного режиму в умовах нестійкого зволоження продемонстрували глибоке рихлення та *strip-till*. Технології *no-till і verti-till* виявилися ефективними насамперед у підтриманні сприятливого водного режиму верхнього шару, однак поступалися за запасами вологи в метровому шарі ґрунту на початку літа.

Дані щодо локалізації ущільнення (табл. 3.10) показують, що характер розміщення ущільнених горизонтів істотно відрізняється між технологіями. Зокрема, для *strip-till*-технології типовою є диференціація між обробленою смугою рядка і міжряддям: у зоні рядка формується достатньо розпушений

шар, тоді як міжряддя зберігає підвищену щільність, але одночасно краще прикрите рослинними рештками. Саме така просторово диференційована будова і створює компроміс між вологоощадністю та локальним покращенням умов для росту коренів.

Таблиця 3.10. **Зона ущільнення ґрунту залежно від системи обробітку ґрунту, 2025 р.**

Система обробітку грунту	**0-10 см**	**10-20см**	**20-30см**	**30-40см**	**40-50см**
Оранка	слабо ущільнено	слабо ущільнено	слабо ущільнено	сильне ущільнення	середнє ущільнення
Рихлення	слабо ущільнено	слабо ущільнено	середнє ущільнення	слабо ущільнено	середнє ущільнення
No-till	середнє ущільнення	середнє ущільнення	середнє ущільнення	ущільнення	ущільнення
Mini-till	слабо ущільнено	ущільнення	ущільнення	сильне ущільнення	ущільнення
Verty-till	слабо ущільнено	середнє ущільнення	середнє ущільнення	сильне ущільнення	ущільнення
Strip-till	слабо ущільнено	слабо ущільнено	середнє ущільнення	середнє ущільнення	ущільнення

Технологія *strip-till*, незважаючи на наявне ущільнення у зоні міжрядь, забезпечує високу ефективність збереження рослинних решток на поверхні поля. Цей мульчувальний шар значно знижує інтенсивність випаровування вологи з верхніх горизонтів ґрунту, зменшує амплітуду добових коливань температури, пригнічує розвиток бур'янів і сприяє стабілізації структури орного шару. Щільність складення ґрунту при застосуванні *strip-till* у зонах обробітку є помірною (до 1,5 г/см³), що забезпечує оптимальний баланс між водопроникністю, аерацією та водоутримуючою здатністю. Це створює сприятливі умови для рівномірного проростання насіння та розвитку кореневої системи кукурудзи (табл. 3.11).

У протилежність цьому, технологія *mini-till* характеризується низкою обмежень, які негативно позначаються на водному балансі. Надмірне ущільнення орного шару, особливо у відсутність глибокого розпушення, супроводжується підвищенням втрат вологи через випаровування. Причиною є недостатній мульчувальний ефект: рослинні рештки розподіляються

нерівномірно, а часткове їх заробляння в ґрунт погіршує ізоляційні властивості поверхні поля. Зафіксована щільність складення ґрунту в глибших шарах за *mini-till* перевищувала 1,5 г/см³, що перевищує оптимальні агрофізичні параметри для більшості культур, зокрема кукурудзи.

Таблиця 3.11. **Щільність складення ґрунту в основні фази розвитку кукурудзи при застосуванні різних систем обробітку ґрунту, 2025 р.**

Система обробітку ґрунту в сівозміні	Шар ґрунту, см	Щільність складення ґрунту, г/см³		
		сходи	цвітіння	повна стиглість
Оранка	0–10	1,1	1,3	1,5
	10–20	1,1	1,3	1,4
	20–30	1,2	1,5	1,5
Рихлення	0–10	1,0	1,3	1,4
	10–20	1,1	1,2	1,2
	20–30	1,0	1,2	1,2
No-till	0–10	1,5	1,5	1,5
	10–20	1,6	1,6	1,6
	20–30	1,4	1,4	1,4
Mini-till	0–10	1,2	1,3	1,4
	10–20	1,3	1,4	1,5
	20–30	1,4	1,5	1,5
Verty-till	0–10	1,1	1,2	1,3
	10–20	1,3	1,5	1,6
	20–30	1,3	1,3	1,4
Strip-till	0–10	1,2	1,3	1,4
	10–20	1,3	1,4	1,5
	20–30	1,4	1,5	1,5

Традиційна оранка, попри тимчасове покращення фізичних властивостей орного шару після обробітку, має низку негативних наслідків у довготривалій перспективі. Зокрема, було відзначено утворення плужної підошви – ущільненого шару на межі орного горизонту, який ускладнює вертикальну фільтрацію води та обмежує проникнення коренів у глибші горизонти. Така структура сприяє горизонтальному переміщенню вологи, що зменшує її доступність для рослин у фазах активної вегетації. Крім того, оранка повністю заробляє рослинні рештки, позбавляючи ґрунт захисного

шару, що підвищує випаровування та сприяє деградації його структури. Щільність складення після оранки в середньому досягала ≥1,5 г/см³ – граничного значення для структурно-стабільних ґрунтів.

У свою чергу, застосування глибокого рихлення сприяло формуванню найменших показників щільності складення ґрунту (1,0–1,4 г/см³), що є оптимальним для водного та повітряного режимів. Така система забезпечує ефективну інфільтрацію атмосферних опадів, покращує доступ кисню до кореневої системи, знижує ризик застою води та сприяє активному розвитку мікробіологічних процесів. Це особливо важливо для акумуляції вологи в осінньо-зимовий період, коли водопроникність ґрунту відіграє ключову роль у формуванні весняного запасу продуктивної вологи.

Технології *verty-till* і *mini-till* показали тенденцію до підвищення щільності складення в нижніх горизонтах ґрунтового профілю, що може свідчити про їх недостатню здатність до глибокого порушення ущільнених прошарків. Це може призводити до утворення фізичних бар'єрів для розвитку кореневої системи, погіршення гідротермічного режиму та зниження коефіцієнта використання вологи.

Що стосується *no-till*, то ця технологія, попри високу здатність до збереження поверхневої вологи завдяки безперервному мульчувальному шару, формує щільність складення на рівні ≥1,5 г/см³, що свідчить про ризик ущільнення ґрунту в середньо- та глибоких шарах за тривалого застосування. У разі відсутності систематичного контролю й чергування культур це може призводити до структурної деградації ґрунту, утруднення аерації та водопоглинання.

Таким чином, агрофізичні показники ґрунту значно варіюють залежно від системи обробітку. Застосування ресурсозберігаючих технологій (особливо *strip-till* і глибоке рихлення) демонструє найвищу ефективність у збереженні вологи та оптимізації щільності ґрунту. Натомість інтенсивні (оранка) чи недостатньо адаптовані (*mini-till, no-till* без ротації культур) технології вимагають додаткових заходів для попередження деградації фізичних властивостей ґрунту.

Встановлено істотну залежність рівня врожаю зерна кукурудзи від поєднання системи основного обробітку ґрунту та рівня удобрення. Варіація показника в межах досліду становила 5,5–9,8 т/га, що свідчить про високу чутливість культури як до агрофізичного стану ґрунту, так і до забезпеченості елементами живлення (табл. 3.12).

Зокрема, найвищу врожайність зерна кукурудзи забезпечила оранка – 9,8 т/га на фоні внесення 200 кг карбаміду + 60 кг РКД, що підтверджує її перевагу за інтенсивного рівня мінерального живлення та кращу реалізацію

продукційного потенціалу культури. Дещо нижчі, але близькі показники отримано за глибокого рихлення (9,6 т/га) та *strip-till*-технології (9,1 т/га), що свідчить про високий адаптивний потенціал цих систем і можливість їх ефективного застосування за достатнього забезпечення рослин елементами живлення та оптимізації ґрунтових умов.

Таблиця 3.12. **Урожайність кукурудзи за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення, 2025 р.**

Система обробітку ґрунту	Система удобрення*	Урожайність, т/га		
		т/га	± до контролю	
			т/га	%
Оранка	а	5,5	–	–
	в	9,2	–	–
	с	9,8	–	–
Глибоке рихлення	а	7,1	+1,6	+29
	в	8,9	-0,3	-4
	с	9,6	-0,2	-2
No-till	а	5,9	+0,4	+7
	в	7,4	-1,8	-20
	с	7,6	-2,2	-22
Mini-till	а	5,9	+0,4	+7
	в	7,2	-2,0	-22
	с	8,1	-1,7	-17
Verty-till	а	6,1	+0,6	+11
	в	7,9	-1,3	-14
	с	8,8	-1,0	-10
Strip-till	а	6,9	+1,4	+25
	в	8,8	-0,4	-4
	с	9,1	-0,7	-7

Примітка. Удобрення: а – без добрив; б – 100 карбамід+40 РКД; с – 200 карбамід+ 60РКД.

За всіх досліджуваних систем основного обробітку ґрунту простежувалася чітка тенденція зростання врожайності кукурудзи зі збільшенням рівня удобрення. Максимальні показники отримано за внесення 200 кг карбаміду + 60 кг РКД, де врожайність становила 7,6–9,8 т/га. Порівняно з фоном без добрив приріст урожайності за інтенсивного удобрення був найбільш вираженим за традиційної оранки та глибокого розпушування, що свідчить про кращу реалізацію потенціалу мінерального живлення за інтенсивнішого впливу на ґрунтовий профіль.

Водночас технології *no-till, mini-till і verty-till* забезпечували формування нижчого рівня врожайності порівняно з оранкою, особливо за підвищених доз добрив, різниця між оранкою становила 10–22 %. Імовірною причиною є

обмеження агрофізичних параметрів ґрунту (ущільнення, гірший водно-повітряний режим, неоднорідність розміщення поживних речовин у кореневмісному шарі), що могло знижувати ефективність використання добрив і, відповідно, рівень реалізації врожайного потенціалу культури в рік досліджень.

У результаті наукових досліджень встановлено показники економічної та енергетичної ефективності застосування різних систем обробітку ґрунту та удобрення за вирощування кукурудзи на зерно у беззмінних посівах умовах Лівобережного Лісостепу з метою підвищення врожайності культури, продуктивності праці, забезпечення повноцінного відтворення елементів родючості едатопів за зменшення ресурсних, енергетичних витрат та оздоровлення екології агроландшафтів.

Економічна й енергетична ефективність вирощування кукурудзи визначалась поєднанням системи обробітку ґрунту та рівня удобрення. Загалом підвищення доз добрив збільшувало виробничі витрати й енерговитрати, тоді як рентабельність і коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее) мали тенденцію до зниження.

У табл. 3.13 наведено показники економічної та енергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно за шести систем основного обробітку ґрунту. Вони дають змогу оцінити не лише абсолютний господарський результат, а й ресурсну віддачу кожної технології залежно від рівня удобрення.

Встановлено, що інтенсифікація мінерального живлення рослин кукурудзи закономірно підвищувала загальні витрати і загальні енерговитрати, одночасно збільшуючи енергію врожаю та, у більшості випадків, отриманий умовно чистий прибуток, однак реакція різних систем обробітку була неоднаковою і чітко проявлялася через зміни собівартості, рентабельності та коефіцієнта енергетичної ефективності (Кее).

На фоні без добрив найсприятливіший баланс витрат і результату забезпечило глибоке рихлення: за загальних витрат на вирощування 21285 грн/га сформовано найнижчу собівартість 2998 грн/т, високий умовно чистий прибуток 39066 грн/га і максимальну рентабельність 184 Енергетично цей варіант також був найефективнішим: за енерговитрат 14323 МДж/га енергія врожаю становила 107466 МДж/га, а Кее відповідно 7,5. Для порівняння, оранка на фоні без добрив характеризувалася вищою собівартістю (3941 грн/т), нижчим умовно чистим прибутком (25074 грн/га) і мінімальним рівнем рентабельністю (116 %) за найнижчого серед інших систем обробітку грунту значенні Кее 4,7), що вказує на гіршу ресурсну віддачу. Консерваційні системи на фоні без добрив вирізняються більшою енергоефективність

(наприклад, *mini-till, verty-till* і *strip-till* – Кее = 7,1), однак за рівнем умовно чистого прибутку та рентабельності вони поступалися глибокому рихленню (наприклад, *strip-till*: 36829 грн/га, 169 %; *mini-till*: 30552 грн/га, 156 %). *No-till*-технологія демонструє найнижчі загальні витрати (18631 грн/га) і відносно високу рентабельність (169 %), проте енергетична віддача була нижчою, ніж у глибокого рихлення (Кее = 6,3), що відображає меншу енергоокупність за даної системи обробітку грунту.

Таблиця 3.13. **Показники економічної та енергетичної ефективності застосування інноваційних систем обробітку ґрунту за вирощування кукурудзи на зерно, 2025 р.**

Система обробітку грунту	Удобрення*	Загальні витрати, грн/га	Собівартість, грн/т	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %	Загальні енергозатрати, МДж/га	Енергія врожаю, МДж/га	Кее
Оранка	а	21677	3941	25074	116	17684	83248	4,7
	в	29458	3202	48742	165	27417	139251	5,1
	с	32655	3332	50645	155	33849	148333	4,4
Глибоке рихлення	а	21285	2998	39066	184	14323	107466	7,5
	в	27936	3139	47715	171	22985	134710	5,9
	с	31192	3249	50408	162	29449	145306	4,9
No-till	а	18631	3158	31520	169	14127	89302	6,3
	в	25103	3392	37797	151	21921	112006	5,1
	с	28062	3692	36538	130	28225	115034	4,1
Mini-till	а	19599	3322	30552	156	12627	89302	7,1
	в	25952	3604	35248	136	20897	108979	5,2
	с	29328	3621	39523	135	27425	122602	4,5
Verty-till	а	20370	3339	31481	155	13057	92330	7,1
	в	27021	3420	40130	149	21333	119574	5,6
	с	30396	3454	44404	146	27861	133197	4,8
Strip-till	а	21822	3163	36829	169	14736	104438	7,1
	в	28532	3242	46268	162	22967	133197	5,8
	с	31551	3467	45800	145	29303	137738	4,7

Примітка. Удобрення: а – без добрив; б – 100 карбамід+40 РКД; с – 200 карбамід+ 60РКД.

За внесення 100 карбаміду + 40 РКД витрати зростають у всіх системах, але економічний ефект проявився по-різному. Найвищий умовно чистий прибуток забезпечила оранка – 48742 грн/га за витрат 29458 грн/га, при цьому собівартість зменшилася до 3202 грн/т, а рентабельність зросла до 165 %. Водночас більш «ресурсно-ефективним» за сукупністю показників був варіант глибокого рихлення: за нижчих витрат (27936 грн/га) отримано майже такий

самий умовно чистий прибуток (47715 грн/га), найвищу рентабельність за даного рівня удобрення (171 %) і мінімальну собівартість (3139 грн/т). Енергетичні показники підтверджують цю перевагу: при енерговитратах 22985 МДж/га енергія врожаю становила 134710 МДж/га, а Кее = 5,9, що суттєво перевищує значення отримані за оранки (5,1). Схожу тенденцію відмічено за використання *strip-till*-технології (умовно чистий прибуток 46268 грн/га, рентабельність 162 %, Кее = 5,8), тоді як *mini-till* технологія виявилася найменш вигідним на внесення 100 карбаміду + 40 РКД у підживлення через підвищену собівартість (3604 грн/т) і нижчу рентабельність (136 %).

На фоні інтенсивного удобрення (200 карбаміду + 60 РКД у підживлення) максимального умовно чистого прибутку досягнуто за оранки – 50645 грн/га, однак подальше нарощування витрат до 32655 грн/га супроводжувалося погіршенням «енергоефективності» порівняно з внесенням 100 карбаміду + 40 РКД: рентабельність знизилась до 155 %, а Кее – до 4,4. Показово, що глибоке рихлення за цього рівня живлення забезпечило практично рівний прибуток (50408 грн/га) при нижчих витратах (31192 грн/га) і найвищій рентабельності серед досліджуваних технологій (162 %), з кращою енергоефективністю (Кее = 4,9) за дуже високої енергії врожаю (145306 МДж/га). За інших систем інтенсифікація агрофону часто призводила до зростання рівня собівартості та зниження рентабельності. Зокрема, за технології *no-till* на фоні внесення 200 карбаміду + 60 РКД у підживлення, попри відносно невеликі витрати (28062 грн/га), сформовано найвищу собівартість (3692 грн/т), отримано найнижчий умовно чистий прибуток (36538 грн/га) за мінімального рівня рентабельності (130 %) та найменшим коефіцієнтом енергетичної ефективності – 4,1, що свідчить про слабку реалізацію ефекту високих доз застосування добрив за даної системи в умовах звітного року.

Тому, встановлено, що оранка забезпечує найвищий умовно чистий прибуток за умови внесення мінеральних добрив, однак з позицій ресурсної та енергетичної ефективності найстабільнішим і найрезультативнішим серед досліджуваних систем обробітку виступає глибоке рихлення, яке поєднує нижчу собівартість, високий прибуток і максимальні значення рентабельності та Кее на всіх фонах удобрення. Зростання дози внесення мінеральних добрив здебільшого підвищує валовий енергетичний вихід, але через різке збільшення загальних енерговитрат спричиняє зниження Кее і часто – призводить до зменшення рівня рентабельності виробництва, що вказує на наявність економічно й енергетично оптимального рівня інтенсифікації, який суттєво залежить від обраної системи обробітку ґрунту.

Однією з ключових практичних засад інтеграції сучасних технологій

обробітку ґрунту є відмова від прямого перенесення результатів, отриманих на одному типі ґрунту чи в одній агрокліматичній зоні, на інші умови без відповідної адаптації. Системи адаптивного землеробства вимагають оцінювати технологію не абстрактно, а в конкретному поєднанні ґрунтових властивостей, кліматичних чинників, біологічних особливостей культури, фону удобрення та рівня технічного забезпечення господарства [2, 13, 15].

Результати виробничого досліду засвідчили, що різні технології істотно відрізнялися не лише за рівнем урожайності, а й за характером відповіді на підвищення доз добрив. Полицева оранка забезпечувала найбільший абсолютний приріст урожаю зерна кукурудзи, глибоке рихлення та Strip-till технологія поєднували високу продуктивність з вищою ефективністю використання ресурсів, тоді як *no-till, mini-till* і *verti-till* значно більшою мірою залежали від стану ґрунтового профілю та рівня вологозабезпечення. Це підтверджує, що ефективність технології визначається не її формальною інтенсивністю чи мінімалізацією, а відповідністю конкретним умовам функціонування агроценозу [13, 15, 21].

Глибоке рихлення у виробничому досліді проявило себе як один із найбільш універсальних інструментів адаптивної системи. Воно забезпечувало високі запаси продуктивної вологи, сприятливий агрофізичний стан ґрунту, стабільну врожайність і найвищі показники економічної та енергетичної ефективності. Саме тому цю технологію доцільно розглядати як базову модель для полів з ознаками ущільнення або зниження інфільтраційної здатності ґрунту.

Strip-till-технологія виступає як компромісна високотехнологічна модель, що поєднує локальне розпушування з частковим збереженням мульчуючого рослинного покриву. За врожайністю вона несуттєво поступається оранці та глибокому рихленню, але забезпечує більш збалансоване поєднання розущільнення, локального внесення добрив і збереження вологи. Найбільший потенціал цієї технології реалізується за вирощування широкорядних культур і за наявності достатнього рівня технічного та навігаційного забезпечення.

No-till, mini-till і *verti-till* доцільно розглядати не як універсальні альтернативи, а як функціонально спеціалізовані технології. *No-till* виявився ефективним насамперед у збереженні вологи та ґрунтозахисній дії; *mini-till* – як перехідна система, прийнятна лише за умови періодичного глибокого розущільнення; *verti-till* – як допоміжний інструмент управління рослинними рештками на поверхні ґрунту та коригування агрофізичного стану ґрунту.

Традиційна оранка у виробничому досліді зберігала значення важливої базової технології для порівняння. Вона забезпечила найвищу врожайність

зерна кукурудзи на середньому й високому фонах удобрення та найбільший умовно чистий прибуток, однак за показниками енерго- та ресурсоощадності не в усіх випадках була безумовним лідером. Це ще раз підтверджує, що в адаптивному землеробстві питання вибору технології має вирішуватися не за принципом «краща взагалі», а за принципом функціональної доцільності в конкретних ґрунтово-кліматичних і виробничих умовах [2, 13, 15].

Узагальнення результатів стаціонарного і виробничого дослідів дає змогу виокремити три функціональні групи систем обробітку ґрунту. До першої належать технології стратегічного призначення – комбіновані моделі, різноглибинна полицева система, глибоке рихлення та *strip-till*-технологія. Саме вони найчастіше забезпечують поєднання вологоощадності, оптимального агрофізичного стану ґрунту, високої продуктивності та прийнятної економічної та енергетичної ефективності. До другої групи слід віднести перехідні або допоміжні технології, зокрема *mini-till* і *verti-till*, ефективність яких значною мірою залежить від місця в технологічній схемі та умов застосування. До третьої групи належать системи з обмеженою придатністю для тривалого використання без коригування, насамперед поверхневе дискування, яке виявилося найменш стійким за сукупністю агрофізичних, продуктивних і економічних показників.

Таке групування має безпосереднє практичне значення для проєктування системи землеробства на рівні господарства. Воно дає змогу формувати не жорстко фіксовану схему, а гнучку технологічну архітектуру, у межах якої окремі прийоми поєднуються відповідно до домінантних обмежень конкретного поля – ущільнення, дефіциту вологи, особливостей сівозміни, рівня удобрення та технічного забезпечення господарства. Саме такий підхід відповідає практичним засадам адаптивного землеробства, у якому вибір технології визначається не її формальною «сучасністю», а функціональною доцільністю в конкретних ґрунтово-кліматичних і виробничих умовах [2, 13, 15].

У стратегічному вимірі інтеграція технологій обробітку ґрунту має спиратися на принцип моніторингового управління. Це означає, що система не задається раз і назавжди, а потребує періодичного коригування за результатами оцінювання щільності складення, запасів продуктивної вологи, стану рослинних решток, реакції культур на добрива та економічної віддачі технологічних рішень. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти ознаки функціонального виснаження окремих прийомів і переводити систему з режиму інерційного застосування в режим керованої адаптації [15, 21].

В умовах післявоєнного відновлення аграрного сектору України така постановка питання набуває особливої актуальності. Відновлення

продуктивності земель вимагатиме не лише ресурсозбереження, а й чіткого функціонального вибору технологій, здатних поєднувати вологоощадність, контроль ущільнення, господарську доцільність і технологічну здійсненність. У цьому контексті адаптивні системи обробітку ґрунту слід розглядати як один із базових інструментів формування стійких агроландшафтів і підвищення конкурентоспроможності рослинництва в нових соціально-економічних умовах.

Знаковим є те, що вибір системи обробітку ґрунту навіть у межах однієї природної зони визначається домінантним ризиком конкретного поля або виробничого року (табл. 3.14). За дефіциту опадів і перегріву поверхні грунту пріоритет мають ті технології, які одночасно обмежують непродуктивне випаровування та поліпшують інфільтрацію вологи в ґрунтовий профіль, насамперед комбіновані системи, глибоке рихлення та *strip-till*-технологія.

Таблиця 3.14. **Пріоритетність технологій обробітку ґрунту за різних кліматично-технологічних ситуацій**

Кліматично-технологічна ситуація	**Пріоритетна технологія**	**Обґрунтування**
Дефіцит опадів, тривалі посухи, перегрів поверхні грунту	Комбінована; глибоке рихлення; *strip-till*	накопичення вологи, зменшення випаровування, розущільнення грунту
Нестійке зволоження, чергування сухих і вологих періодів	Адаптивна диференційована; комбінована	можливість варіювати спосіб і глибину обробітку за культурою та станом поля
Надлишок рослинних решток і потреба у збереженні мульчі	*No-till; strip-till; verti-till*	збереження мульчі, протиерозійна дія, мінімізація руйнування поверхні грунту
Переущільнення, слабка інфільтрація, погіршення аерації грунту	Глибоке рихлення; комбінована	відновлення пористості без обов'язкового обертання пласта грунту
Потреба в радикальному коригуванні посівного ложа	Полицева оранка як цільовий прийом	разове вирівнювання й загортання рослинних решток за подальшого переходу до адаптивної системи обробітку

За нестійкого зволоження вирішальним стає не застосування однієї «найкращої» технології, а здатність господарства варіювати схему обробітку в межах сівозміни залежно від реакції культур і агрофізичного стану грунту. За значного накопичення рослинних решток і потреби в збереженні поверхневого рослинного покриву доцільними можуть бути *no-till, strip-till або verti-till*-технології, але лише за належного технічного, організаційного та

фітосанітарного супроводу.

Особливого значення набуває система моніторингу, без якої адаптивне управління обробітком ґрунту перетворюється на набір інтуїтивних рішень. Практика показує, що мінімальний обов'язковий набір показників має включати щільність складення, запаси продуктивної вологи щонайменше у шарах 0–30, 0–60 і 0–100 см, оцінку кількості рослинних решток на поверхні, реакцію ґрунтового розчину, а також результати аналізу показників економічної та енергетичної ефективності. Лише за наявності таких даних система обробітку може коригуватися не епізодично, а на основі об'єктивного зворотного зв'язку. Саме цим адаптивна модель відрізняється від спрощених схем, у яких одного разу обрана технологія зберігається без перевірки її придатності в нових кліматичних і виробничих умовах.

Тому, теоретико-методологічні засади інтеграції сучасних технологій обробітку ґрунту в системи адаптивного землеробства ґрунтуються на принципах функціональної доцільності, багатокритеріального оцінювання, сценарного управління та безперервного моніторингу. Практичний зміст цих засад полягає у переході від універсальних схем до керованого конструювання системи відповідно до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, структури сівозміни та ресурсних можливостей господарства. У перспективі саме такий підхід створює передумови для поєднання продуктивності, оздоровлені ґрунтів, енергоощадності та довготривалої екологічної стійкості агроландшафтів Лісостепу України.

Список використаних джерел

1. Kaminskiy, V., Bulgakov, V., Tkachenko, M., Kolomiiets, M., Kaminska, V., Ptashnik, M., Ivanovs, S., & Kiernicki, Z. (2022). Research into comparative performance of different tillage and fertilization systems applied to grey forest soil of Forest Steppe in grain crop rotation. *Journal of Ecological Engineering, 23*(12), 163–178. https://doi.org/10.12911/22998993/155057.

2. Rucins, A., Bulgakov, V., Viesturs, D., Demydenko, O., Tkachenko, M., Ptashnik, M., & Chernysh, O. (2025). Adaptive cultivation system as a factor that increases the fertility and productivity of marginal soils. *Sustainability, 17*(22), 10038. https://doi.org/10.3390/su172210038.

3. Bulgakov, V., Gadzalo, Ia., Demydenko, O., Zadubinnaya, E., Velichko, V., Beloev, H., Ivanovs, S., & Kiernicki, Z. (2023). Research on the agrophysical state of podzolized black soil under different transitions to no-till treatment in agrocenosis. *Journal of Ecological Engineering, 24*(10), 290–304. https://doi.org/10.12911/22998993/170731.

4. Пташнік, М. М., Заяць, П. С., Ременюк, Ю. О., Цимбал, Я. С., & Уста, В. В. (2025). Особливості формування врожайності та продуктивності культур короткоротаційної зернової сівозміни за відновлюваного землеробства. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика, 1*(15), 15–23. https://doi.org/10.54651/agri.2025.01.02.

5. Cramon-Taubadel, S. (2025). *Analytical report on the agricultural sector of Ukraine, the EU, and a post-enlargement EU: A SWOT-based assessment*. Kyiv. https://www.apd-ukraine.de/fileadmin/user_upload/APD_Bericht_ENG.pdf.

6. Пташнік, М. М., Заяць, П. С., Ременюк, Ю. О., Дикун, О. В., & Уста, В. В. (2025). Динаміка запасів продуктивної вологи в зерновій сівозміні за різних систем обробітку ґрунту в умовах Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика, 4*(18), 5–16. https://doi.org/10.54651/agri.2025.04.01.

7. Борис, Н. Є., Пташнік, М. М., Заяць, П. С., & Красюк, Л. М. (2024). Формування поживного режиму сірого лісового ґрунту за різного антропогенного навантаження в агросистемах Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика, 1*(11), 13–23. https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.02.

8. Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., & Bowyer, J. (2023). Regenerative agriculture: A literature review on the practices and mechanisms used to improve soil health. *Sustainability, 15*(3), 2338. https://doi.org/10.3390/su15032338.

9. Sadiq, F. K., Anyebe, O., Tanko, F., Abdulkadir, A., Manono, B. O., Matsika, T. A., Abubakar, F., & Bello, S. K. (2025). Conservation agriculture for sustainable soil health management: A review of impacts, benefits and future directions. *Soil Systems, 9*(3), 103. https://doi.org/10.3390/soilsystems9030103.

10. Пташнік, М. М., Заяць, П. С., Ременюк, Ю. О., & Уста, В. В. (2025). Ефективність адаптивних технологій обробітку ґрунту в сучасних системах відновлюваного землеробства. У *Матеріали Міжнародної наукової конференції «Сучасне і майбутнє систем землеробства: парадигма розвитку в контексті глобальних викликів та інноваційних рішень»* (5 листопада 2025 року, Чабани) (с. 62–65). ТОВ «ТВОРИ». https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2026/01/konferencia_2025-3.pdf.

11. Priori, S., Zanini, M., Falcioni, V., & Casa, R. (2024). Topsoil vertical gradient in different tillage systems: An analytical review. *Soil and Tillage Research, 236*, 105947. https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105947.

12. Cakpo, S. S., Aostăcioaei, T. G., Mihu, G.-D., Molocea, C.-C., Ghelbere, C., Ursu, A., & Ţopa, D. C. (2025). Long-term effect of tillage practices on soil physical properties and winter wheat yield in North-East Romania. *Agriculture, 15*(9), 989. https://doi.org/10.3390/agriculture15090989.

13. Sun, J., Niu, W., Du, Y., Ma, L., Huang, S., Mu, F., Zhang, Q., Li, G., Zhu, J., & Siddique, K. H. M. (2024). Regionally adapted conservation tillage reduces the risk of crop yield losses: A global meta-analysis. *Soil and Tillage Research, 244*, 106265. https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106265.

14. Kabato, W., Hailegnaw, N., Mutum, L., & Molnar, Z. (2025). Managing soil health for climate resilience and crop productivity in a changing environment. *Science of The Total Environment, 1000*, 180460. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180460.

15. Liang, X., Yu, S., Ju, Y., Wang, Y., & Yin, D. (2025). Integrated management practices foster soil health, productivity, and agroecosystem resilience. *Agronomy, 15*(8), 1816. https://doi.org/10.3390/agronomy15081816.

16. Матвійчук, Б. В., Матвійчук, Н. Г., & Корево, Н. І. (2023). Щільність будови і твердість ґрунту за вирощування пшениці озимої. *Український журнал природничих наук, 3*, 167–175. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.3.2023.167-175.

17. Гаврик, С. В., & Цюк, О. А. (2024). Щільність складення та структурно-агрегатний склад ґрунту залежно від його обробітку. *Аграрні інновації, 28*, 27–36. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.4.

18. Польовий, В. М., Фурманець, М. Г., & Сніжок, О. В. (2023). Вплив обробітку ґрунту та побічної продукції на врожайність пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу. *Вісник аграрної науки, 101*(3), 28–34. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-04.

19. Крилач, С. (2022). Модель оптимального за агрофізичними параметрами посівного шару ґрунту. *Вісник аграрної науки, 100*(3), 13–19. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-02.

20. Gajewski, P., Majchrzak, L., Bocianowski, J., & Kaczmarek, Z. (2025). Effects of cover crops and tillage methods on selected physical and water retention properties of Luvisol. *International Agrophysics, 39*(1), 73–86. https://doi.org/10.31545/intagr/195906.

21. Li, J., Niu, Z., Guo, Z., Li, J., Ye, S., & Hua, D. (2025). Improving soil water dynamics and crop productivity through conservation tillage in arid regions. *Scientific Reports, 15*, 25242. https://doi.org/10.1038/s41598-025-10956-5.

22. Xing, Y., Wang, X., & Mustafa, A. (2025). Exploring the link between soil health and crop productivity. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 289*, 117703. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.117703.

23. Peters, O. M., & Haruna, S. I. (2024). Does no-till cover crop influence in situ measured soil water potential and saturated hydraulic conductivity? *Soil & Water Research, 19*(3), 154–167. https://doi.org/10.17221/27/2024-SWR.

Розділ 4. ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ У КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ: НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗЕМЛЕРОБСТВА

В умовах сучасних кліматичних змін, що проявляються у підвищенні середньорічних температур, зміні режиму зволоження, зростанні частоти посух, зливових опадів та інших екстремальних явищ, проблема відтворення родючості ґрунтів набуває стратегічного значення для забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку аграрного сектору [1, 5]. Ґрунт як базовий компонент агроекосистем виконує багатофункціональну роль: забезпечує рослини елементами живлення, регулює водний і повітряний режими, виступає важливим резервуаром органічного вуглецю та осередком біологічної активності [1, 2].

Водночас, тривале інтенсивне використання земельних ресурсів, недотримання науково обґрунтованих сівозмін, недостатнє внесення органічних добрив і меліорантів призводять до розвитку деградаційних процесів. Серед них особливо поширеними є дегуміфікація, підкислення або вторинне засолення ґрунтів, ущільнення, ерозія та зниження біологічної активності [5, 7]. Ці процеси значно посилюються під впливом кліматичних чинників, що вимагає перегляду традиційних підходів до ведення землеробства [1, 5]. У таких умовах відтворення родючості ґрунтів повинно базуватися на комплексному та адаптивному підході, який поєднує оптимізацію систем удобрення, застосування меліоративних заходів, впровадження науково обґрунтованих сівозмін, використання покривних культур та органічних залишків, а також елементів точного землеробства [2, 3]. Важливе значення має також активізація ґрунтової біоти та підвищення вмісту органічної речовини як ключового чинника стійкості ґрунтів до кліматичних стресів [1, 2].

Реалізація науково-практичних рішень у цьому напрямі дозволяє не лише уповільнити деградаційні процеси, але й створити передумови для відновлення продуктивності ґрунтів, підвищення ефективності використання ресурсів та адаптації агросистем до змін клімату [1, 3, 6].

4.1. Аспекти впливу меліорантів, систем удобрення на кислотно-лужний і поживний режими ґрунту за елементів інтенсивного та біологічного землеробства

Кислотно-лужний та поживний режими ґрунту є визначальними факторами формування його родючості та продуктивності агроценозів і

значною мірою залежать від застосування хімічних меліорантів і систем удобрення, ефективність яких визначається типом агротехнологій — інтенсивними або біологічними [3, 4].

За інтенсивного землеробства, що передбачає активне використання мінеральних добрив, особливо азотних, відбувається суттєве підкислення ґрунтового розчину, що особливо проявляється на легких ґрунтах із низькою буферною здатністю [7]. Це призводить до підвищення гідролітичної кислотності, зменшення вмісту обмінних основ (Ca^{2+}, Mg^{2+}) та активізації процесів вилуговування, що спричиняє деградацію ґрунтового комплексу [3]. Систематичне внесення мінеральних добрив без меліорантів зумовлює втрати кальцію і магнію та повторне підкислення ґрунтів [4].

У таких умовах особливе значення має застосування хімічних меліорантів – вапняку, доломіту, дефекату, які нейтралізують надлишкову кислотність, підвищують насичення ґрунту основами, оптимізують $pH_{сол}$ розчину, покращують структуру ґрунту, стимулюють мікробіологічну активність, підвищують доступність фосфору і знижують токсичність алюмінію та марганцю [3, 6]. Ефективність мінеральних добрив значно зростає лише за оптимального $pH_{сол}$, що обумовлює необхідність їх поєднаного застосування з меліорантами [7].

Поживний режим в інтенсивних системах характеризується високою мобілізацією елементів живлення, проте часто має дисбаланс: надлишок азоту при дефіциті фосфору, калію та мікроелементів знижує ефективність добрив, а кисла реакція ґрунту додатково зменшує доступність фосфору через його фіксацію у важкодоступні сполуки [2].

На відміну від інтенсивного, біологічне (органічне) землеробство базується на мінімізації застосування мінеральних добрив та широкому використанні органічних ресурсів — гною, компостів, сидератів, пожнивних решток [1]. У таких системах регулювання кислотно-лужного стану ґрунту відбувається поступово і природно: органічні добрива підвищують буферність ґрунту, поліпшують його структуру та збільшують вміст гумусу, а активізація біологічних процесів забезпечує поступове вивільнення поживних речовин та формування стабільного поживного режиму [3, 7]. Мікробіота ґрунту підвищує доступність азоту, фосфору та інших елементів, покращує їх кругообіг, проте без періодичного внесення меліорантів навіть у біологічних системах можливе поступове підкислення, особливо на ґрунтах із промивним водним режимом [6].

Таким чином, ефективне регулювання кислотно-лужного та поживного режимів потребує диференційованого підходу: для інтенсивних технологій ключовим є поєднання мінерального удобрення з хімічною меліорацією, тоді

як у біологічному землеробстві – використання органічних добрив із періодичним вапнуванням [3, 6, 7]. Оптимізація цих заходів стабілізує ґрунтові процеси, підвищує ефективність використання поживних речовин і забезпечує відтворення родючості ґрунтів в умовах змін клімату [1, 5].

Сірі лісові ґрунти характеризуються кислою реакцією ґрунтового розчину, низьким вмістом кальцію та магнію в обмінній формі, нестабільним гумусовим станом і підвищеною схильністю до структурної деградації під впливом інтенсивного землеробства. За таких умов застосування лише мінеральних добрив без урахування кислотності ґрунту та його фізико-хімічних властивостей може призвести до зниження родючості, втрати гумусу та погіршення структурно-агрегатної будови.

Хімічна меліорація, зокрема вапнування, дозволяє нормалізувати кислотно-лужний режим ґрунту, відновити співвідношення обмінних катіонів (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}), підвищити ємність поглинання, покращити агрономічні властивості ґрунту та стабілізувати гумусовий стан. Оптимальні дози вапна залежать від ступеня кислотності та механічного складу ґрунту, проте зазвичай застосовують 1–3 т/га кальцієвмісних матеріалів для забезпечення нейтрального $pH_{сол}$ і покращення структури.

Органо-мінеральне удобрення, що поєднує внесення органічних матеріалів (гній, компост, сидерати) з мінеральними добривами, створює сприятливі умови для накопичення органічної речовини, підвищення мікробіологічної активності та поліпшення водно-фізичних властивостей ґрунту. Органічні компоненти стимулюють утворення агрегатів, підвищують водоутримуючу здатність та ефективність мінерального живлення.

Системне застосування меліорантів і органо-мінерального удобрення сприяє формуванню оптимальної структурно-агрегатної будови, зменшенню кислотності, підвищенню вмісту гумусу, стабілізації обмінних катіонів та покращенню фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунту. Це забезпечує підвищення продуктивності сільськогосподарських культур навіть за мінімальної мінеральної підтримки, особливо у системах інтенсивного землеробства.

Крім хімічних і органічних заходів, важливе значення мають агротехнічні прийоми, такі як основний обробіток ґрунту, використання сидератів та правильна сівозміна. Комплексне поєднання меліорації, органо-мінерального удобрення та оптимальної агротехніки є ефективним інструментом підвищення родючості сірих лісових ґрунтів Лісостепу і забезпечення їхньої стійкості до деградаційних процесів.

Вплив зазначених заходів проявляється у покращенні кислотно-лужного режиму, відновленні родючості, зростанні вмісту гумусу, стабілізації

агрономічно цінної структури ґрунту та підвищенні врожайності сільськогосподарських культур. Такий підхід є комплексним і дає змогу врахувати фізико-хімічні, біологічні та агротехнічні чинники, що визначають стан ґрунтів у лісостеповій зоні.

Інтенсифікація землеробства в умовах Лісостепу без систематичного застосування вапнякових матеріалів призводить до прискореного руйнування сірого лісового ґрунту. Особливо це стосується регіонів із періодично промивним водним режимом, де спостерігається зменшення вмісту обмінних форм кальцію та магнію, підвищення кислотності орного шару та погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Тривалі наукові дослідження показали, що для сірого лісового ґрунту оптимальні показники кислотності мають становити $pH_{сол}$ 6,5–7,0, гідролітична кислотність – 1,8–1,9 мг-екв/100 г ґрунту, а ступінь насиченості основами – не нижче 92 %. Однією з важливих проблем є токсична дія іонів Al^{3+}, які стають нерозчинними при оптимальній нейтралізації кислотності.

У зв’язку з цим для підвищення родючості та збереження фізико-хімічних властивостей ґрунту широко застосовуються різні вапнякові матеріали – карбонатні ($CaCO_3$, доломітове борошно), силікатні та магнієвмісні ($CaMg(CO_3)_2$, гранульовані меліоранти), а також побічна продукція промисловості. Ефективність їх дії залежить від хімічного складу, розчинності, дозування та системи удобрення. У 2019 році проведено повторне внесення меліорантів у рамках IV та V ротацій сівозмін для оцінки довготривалої ефективності хімічної меліорації у поєднанні з органічними та мінеральними добривами.

Дослідження структури обмінних катіонів сірого лісового ґрунту показали, що ефективне ведення землеробства потребує систематичного застосування вапнякових та магнієвмісних меліорантів для стабілізації кислотно-лужного режиму та підтримки родючості ґрунту. Аналіз даних за 14-й рік (кінець IV ротації) свідчить про тривалу дію меліорантів, а також про значний вплив органічного та мінерального удобрення на структуру обмінних катіонів (табл. 4.1).

У системах інтенсивного землеробства без внесення добрив контрольний варіант на кінець IV ротації характеризувався Ca^{2+} 48 %, Mg^{2+} 7 %, H^+ 45 %, співвідношення Ca^{2+}/Mg^{2+} – 5,0. Внесення 1,0 NPK підвищувало Ca^{2+} до 66 %, знижувало H^+ до 24 %, а співвідношення Ca^{2+}/Mg^{2+} становило 6,6. Комбінації сидерату з 1,0 NPK та побічною продукцією демонстрували подібні показники: Ca^{2+} 67 %, Mg^{2+} 10 %, H^+ 23 %, співвідношення 6,7.

Повторне внесення вапнякових меліорантів у поєднанні з сидератами та NPK значно підвищувало вміст обмінного кальцію і магнію та знижувало

кислотність ґрунту. Використання $CaCO_3$ (1,0 Hr) забезпечувало Ca^{2+} 80 %, Mg^{2+} 12 %, H^+ 8 %, а застосування магнієвмісного меліоранта $CaMg(CO_3)_2$ – максимальні показники: Ca^{2+} 86 %, Mg^{2+} 12 %, H^+ 2 %, співвідношення Ca^{2+}/Mg^{2+} – 7,2.

Таблиця 4.1. **Вміст обмінних катіонів у ҐВК сірих лісових ґрунтів за інтенсивного та біологічного землеробства, % від ємності поглинання**

Удобрення	(кінець IV ротації, 14-й рік післядії вапнування)				(V ротація, 6-й рік післядії повторне вапнування)			
	Ca^{2+}, %	Mg^{2+}, %	H^+, %	Ca^{2+} / Mg^{2+}	Ca^{2+}, %	Mg^{2+}, %	H^+, %	Ca^{2+} / Mg^{2+}
за елементів технологій інтенсивного землеробства								
Без добрив (контроль)	48	7	45	6,9	55	11	34	5
1,0 NPK*	51	9	40	5,7	66	10	24	6,6
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція	62	10	28	6,2	67	10	23	6,7
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га $CaCO_3$	68	11	21	6,2	80	12	8	6,7
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaMg(CO3)2	71	12	17	5,9	86	12	2	7,2
Сидерат + 1,5 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaCO3	70	10	17	6,3	77	11	12	7
Сидерат + 1,5 NPK +побічна продукція + 7,5 т/га CaCO3	72	10	18	7,1	84	12	4	7
за елементів технологій біологічного землеробства								
Сидерат + побічна продукція	70	10	20	7	58	11	31	5,3
5,0 т/га $CaCO_3$	71	12	17	5,9	76	11	13	6,9
Сидерат + 5,0 т/га $CaCO_3$	56	8	36	7	78	11	11	7,1

Примітка. 1,0 NPK* – 160 кг/га, 1,5 NPK* – 240 кг/га, 2,0 NPK* – 320 кг/га.

Підвищення дози NPK до 1,5 у комбінації із $CaCO_3$ та побічною продукцією давало стабільні результати: Ca^{2+} 77–84 %, Mg^{2+} 11–12 %, H^+ 4–12%, співвідношення 7,0. Ці дані підтверджують, що повторне внесення

меліорантів у поєднанні з органічними та мінеральними добривами є найефективнішим заходом для підтримки родючості сірого лісового ґрунту в умовах інтенсивного землеробства.

Порівняння динаміки змін у біологічних системах показує, що без додаткового вапнування кислотність ґрунту зростає, а рівень Ca^{2+} дещо знижується, що обмежує довготривалу родючість. Навпаки, повторне вапнування та поєднання із сидератами забезпечує стабільність катіонного складу та контроль кислотності протягом 14 років. В інтенсивних системах тривала дія вапнякових та магнієвмісних меліорантів дає змогу підтримувати оптимальні показники обмінних катіонів навіть при високому навантаженні мінеральними добривами.

Таким чином, аналіз результатів підтверджує, що повторне внесення вапнякових та магнієвмісних меліорантів є критично важливим елементом системи землеробства для стабілізації кислотно-лужного режиму, підвищення сумарного вмісту Ca^{2+} і Mg^{2+} у ҐВК та зниження токсичності ґрунту. У біологічних системах ефект менш виражений, але поєднання вапнування із сидератами допомагає підтримувати оптимальні умови для росту культур протягом десятиліття. В інтенсивних системах комбінація меліорантів з NPK та органічними сидератами забезпечує максимальну стабілізацію родючості ґрунту та підтримку оптимального співвідношення обмінних катіонів протягом 14 років.

За результатами досліджень сірого лісового ґрунту у верхньому шарі 0–20 см встановлено, що системи удобрення значною мірою визначають динаміку гумусного стану та запаси органічної речовини. За органічного землеробства основними джерелами гумусу були сидерати та побічна продукція рослинництва, а також одноразове внесення $CaCO_3$ (табл. 4.2).

До кінця IV ротації вміст гумусу коливався від 1,38 до 1,65 %, а запаси органічної речовини – від 49 до 78 т/га залежно від конкретного варіанта удобрення. Найвищі показники досягалися при поєднанні сидерату з $CaCO_3$ та заорюванням побічної продукції, що свідчило про синергетичний ефект органічної маси та меліоранта.

У V ротації органічні системи удобрення демонстрували подальшу стабілізацію гумусного стану. Аналіз динаміки показав, що ключовим фактором накопичення органічної речовини є обсяг післяжнивних залишків, а внесення вапна підвищує стабільність гумусу, гальмуючи його перехід у легкорухомі форми та збільшуючи вміст важкогідролізованих органічних сполук. Показники залишалися значно вищими порівняно з контролем без удобрення, що підтверджує ефективність органічного та органо-мінерального удобрення у підтриманні родючості верхнього шару ґрунту.

Таблиця 4.2. **Вміст та запаси гумусу в сірих лісових ґрунтах за інтенсивного та біологічного землеробства на фоні меліоративних заходів** (0–20 см шар)

Удобрення	(кінець IV ротації, 14-й рік післядії вапнування)		(V ротація, 6-й рік післядії вапнування)	
	вміст, %	запаси, т/га	вміст, %	запаси, т/га
за елементів технологій інтенсивного землеробства				
Без добрив (контроль)	1,24	37,2	1,25	37,5
1,0 NPK*	1,55	46,5	1,38	41,4
1,5 NPK	1,51	45,3	1,33	39,9
2,0 NPK	1,52	45,6	1,42	42,6
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція	1,64	49,2	1,55	46,5
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га $CaCO_3$	1,64	49,2	1,67	50,1
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га $CaMg(CO_3)_2$	1,66	49,8	1,77	53,1
Сидерат + 1,5 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га $CaCO_3$	1,65	49,5	1,7	51
Сидерат + 1,5 NPK + побічна продукція + 7,5 т/га $CaCO_3$	1,71	51,3	1,88	56,4
за елементів технологій біологічного землеробства				
Сидерат + побічна продукція	1,45	43,5	1,38	41,4
5,0 т/га $CaCO_3$	1,65	49,5	1,56	46,8
Сидерат + 5,0 т/га $CaCO_3$	1,54	46,2	1,65	49,5

Примітка. 1,0 NPK* – 160 кг/га, 1,5 NPK* – 240 кг/га, 2,0 NPK* – 320 кг/га, ** повторне внесення.

За інтенсивного землеробства, де поряд із органічними компонентами застосовувалися мінеральні добрива різної норми та вапнування, спостерігалося значно більше накопичення гумусу у верхньому шарі ґрунту. До кінця IV ротації вміст гумусу коливався від 1,64 % у варіантах з 160 кг/га NPK до 1,86 % у комбінаціях із сидератом, побічною продукцією та полуторною дозою вапна (7,5 т/га $CaCO_3$), запаси органічної речовини відповідно змінювалися від 49,2 до 55,8 т/га. До 14-го року післядії спостерігалося незначне зниження вмісту гумусу та запасів органічної речовини, що свідчить про стабілізацію гумусного стану та встановлення рівноваги між надходженням органічної маси і її мінералізацією. Найвищі показники збереглися у варіантах із комплексним застосуванням сидерату, побічної продукції, мінеральних

добрив та повторного вапнування.

У V ротації ці системи зберегли лідируючі позиції щодо вмісту гумусу та його запасів: вміст гумусу у верхньому шарі коливався від 1,3–1,4 % у контрольних варіантах без добрив до 1,9 % у варіантах з максимальним поєднанням сидерату, побічної продукції, 240 кг/га NPK та полуторної дози вапна, запаси органічної речовини відповідно становили 37,2–85,0 т/га. Це підтверджує, що висока продуктивність культур, велика маса коренево-післяжнивних решток та поєднання органіки з мінеральними добривами і вапнуванням забезпечують найбільший ефект для накопичення гумусу в ґрунті.

Порівняльний аналіз показує, що за органічного землеробства накопичення гумусу відбувається більш поступово, а максимальні запаси обмежені через нерегулярність внесення побічної продукції та обмежену кількість доступної органічної маси. Внесення вапна підвищує стабільність гумусу і сприяє його тривалому збереженню. За інтенсивного землеробства застосування мінеральних добрив у поєднанні з органікою та вапнуванням значно підвищує вміст гумусу та його запаси у верхньому шарі ґрунту і дозволяє досягти стабільного гумусного стану протягом тривалого періоду. У V ротації обидві системи демонструють стабілізацію показників, проте інтенсивні варіанти з органо-мінеральним удобренням та вапнуванням залишаються найбільш ефективними щодо накопичення та підтримки гумусного стану ґрунту.

Загальна тенденція свідчить про те, що комбіноване внесення органічних і мінеральних добрив на фоні вапнування забезпечує максимальні запаси гумусу, тоді як органічні системи при одноразовому вапнуванні та заорюванні побічної продукції досягають значно менших, але стабільних значень. Висновки цих досліджень підтверджують, що системне використання органо-мінерального удобрення у поєднанні з повторним вапнуванням є основним чинником підтримки родючості сірого лісового ґрунту та стабільного накопичення гумусу у верхньому шарі ґрунту протягом ротацій сівозміни.

Аналіз даних за V ротацію сівозміни дозволяє порівняти вплив біологічного та інтенсивного землеробства на поживний режим сірих лісових ґрунтів у верхньому шарі 0–20 см і простежити динаміку змін порівняно з попередніми ротаціями. За органічного землеробства, де основними джерелами поживних речовин були сидерат і побічна продукція рослинництва, спостерігалося помірне зростання вмісту азоту гідролізованих сполук та його стабілізація до 14-го року післядії. Вміст азоту коливався в межах 60,2–70,0 мг/кг ґрунту, що свідчить про обмежене, але достатнє забезпечення культур сівозміни. Найнижчі показники відзначалися у варіантах з внесенням лише побічної продукції, що відображає обмежену кількість органічної маси для

формування повноцінного азотного режиму. Повторне вапнування на фоні органічного удобрення сприяло стабільності азотного забезпечення, зменшенню втрат продуктів розкладу органіки та покращенню використання азоту рослинами (табл. 4.3).

Таблиця 4.3. **Формування поживного режиму сірих лісових ґрунтів за інтенсивного та біологічного землеробства на фоні меліоративних заходів, мг/кг ґрунту** (0–20 см шар)

Удобрення	N, гідролізованих сполук		Рухомі сполуки			
			P_2O_5		K_2O	
	IV рот. 14-й рік	V рот. 6-й рік	IV рот. 14-й рік	V рот. 6-й рік	IV рот. 14-й рік	V рот. 6-й рік
за елементів технологій інтенсивного землеробства						
Без добрив (контроль)	67,2	62,0	148,5	165	58,5	84,0
1,0 NPK*	71,6	69,0	182,5	260	74,2	98,0
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція	71,4	72,0	208,5	250	78,5	66,0
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaCO3	72,8	76,0	192,5	260	78,5	80,0
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaMg(CO3)2	73,5	80,0	222,0	250	80,0	86,0
Сидерат + 1,5 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaCO3	71,6	82,0	212,5	300	86,5	77,0
Сидерат + 1,5 NPK +побічна продукція + 7,5 т/га CaCO3	70,2	86,0	223,5	280	90,7	85,0
за елементів технологій біологічного землеробства						
Сидерат + побічна продукція	68,6	66,0	181,2	150	91,5	92,0
5,0 т/га $CaCO_3$	70.0	71,0	185,1	165	90,0	95,0
Сидерат + 5,0 т/га $CaCO_3$	60,2	77,0	172,5	165	82,5	100,0

Примітка. 1,0 NPK* – 160 кг/га, 1,5 NPK* – 240 кг/га, 2,0 NPK* – 320 кг/га, ** – повторне вапнування.

Вміст рухомого фосфору за органічного землеробства був істотно вищим у провапнованих ділянках і досягав 172–191 мг/кг, тоді як у контрольних ділянках без добрив або з внесенням лише побічної продукції він залишався на рівні 145–146 мг/кг. Це пояснюється тим, що повторне вапнування трансформує малорухомі форми фосфатів кальцію, алюмінію та заліза в більш доступні для рослин сполуки, що особливо важливо на кислих ґрунтах. Уміст рухомого калію в біологічних системах, де застосовували сидерат та $CaCO_3$,

підвищувався на 20–24 % відносно контролю, а додаткове внесення сапоніту ще більше стабілізувало калійний режим у верхньому шарі ґрунту.

За інтенсивного землеробства динаміка поживного режиму ґрунту бу ла більш виразною та стійкою. До 14-го року післядії вміст гідролізованого азоту стабілізувався на рівні 68,8–72,8 мг/кг, що свідчить про ефективне накопичення і збереження азотного ресурсу завдяки комплексному органо-мінеральному удобренню та повторному вапнуванню. Рівень рухомого фосфору досягав 182,5–231,0 мг/кг, що суттєво перевищувало показники органічних систем, а вміст рухомого калію підтримувався на рівні 80–94,5 мг/кг ґрунту, забезпечуючи оптимальні умови живлення для культур. Найбільший ефект спостерігався у варіантах, де поєднували сидерат, побічну продукцію, підвищені дози NPK та повторне вапнування, що забезпечувало максимальні запаси поживних елементів у верхньому шарі ґрунту та підвищувало їх доступність протягом всієї ротації.

Порівняльний аналіз із біологічними системами показує, що там накопичення поживних речовин відбувається поступово і помірно: внесення сидерату та побічної продукції забезпечує часткове поповнення азоту, фосфору і калію, а повторне вапнування сприяє стабілізації їх концентрацій і покращує доступність для рослин. В інтенсивних системах застосування органо-мінеральних добрив у поєднанні з хімічною меліорацією призводить до більш інтенсивного накопичення поживних елементів, особливо за умови регулярного повторного вапнування, яке підтримує оптимальний pH ґрунту, трансформує малорухомі форми фосфатів у доступні сполуки та частково стабілізує калійний режим.

Таким чином, у п’ятій ротації чітко простежується перевага комплексного підходу: поєднання біологічного і мінерального удобрення з повторним вапнуванням забезпечує стабільний і високий рівень поживного режиму ґрунту, що сприяє підвищенню продуктивності культур сівозміни та збереженню родючості на довготривалий період. Органічне землеробство стабілізує поживний режим, однак його ефективність обмежена обсягом доступних органічних ресурсів і частково компенсується вапнуванням. У той же час інтенсивні системи забезпечують більш високий і стійкий рівень доступності азоту, фосфору та калію, що підвищує родючість ґрунту та забезпечує стабільність агрофітоценозу навіть за тривалих періодів без надходження додаткових органічних матеріалів.

Додатково варто зазначити, що тривала стабілізація поживного режиму за інтенсивного землеробства сприяє формуванню більш збалансованого співвідношення макро- та мікроелементів у ґрунті, що позитивно впливає на якість продукції та стійкість культур до стресових факторів, зокрема посухи та

кислотного впливу. Це підтверджує, що системне поєднання органіки, мінеральних добрив і повторного вапнування є ключовим фактором для підтримки високого агрономічного потенціалу сірих лісових ґрунтів.

4.2. Закономірності формування потенційної родючості ґрунту в агроценозі за елементів інтенсивного та біологічного землеробства

Відомо, що ґрунт – це біологічна і біохімічна система, одним із головних компонентів якої є ґрунтова мікрофлора. Мікроорганізмам належить головна роль у розкладанні рослинних залишків, синтезі і деструкції гумусу, формуванні фітосанітарного стану ґрунту, накопиченні в ньому біологічно активних речовин, фіксації атмосферного азоту. Ґрунтові мікроорганізми є невід'ємною частиною біогеоценозів, вони приймають участь у глобальному колообігу речовин і енергії в біосфері, від їхнього розвитку залежить родючість ґрунту і якість рослинної продукції.

У ґрунті безперервно проходять біологічні процеси, змінюється кількісний і якісний склад елементів живлення рослин у зв'язку із розкладанням рослинного опаду і відмерлих кореневих систем. Для дослідження швидкості біологічного колообігу у таких системах необхідні не тільки результати хімічних аналізів ґрунту, а й вивчення активності мікробіологічних процесів, які визначають динаміку перетворення органічних і мінеральних речовин.

Ґрунтові мікроорганізми (рис.) є ідеальними біоіндікаторами змін ґрунтових умов, що обумовлено їх великою кількістю, складною структурою їхніх угруповань, роллю і значенням у ґрунтоутворювальних процесах і високою чутливістю до біотичних і абіотичних стресорів. Ґрунт, як компонент біосфери, має найбільше антропогенне навантаження. Мінеральні добрива і пестициди, які потрапляють у ґрунт, викликають значні (часто негативні) зміни у комплексах ґрунтових мікроорганізмів. У цьому плані важлива розробка критеріїв і пошук тест–об'єктів, за якими можливо було б оцінити ступінь впливу антропогенних чинників.

Серед досліджених агротехнічних заходів внесення екзогенної органічної речовини (сидерат+побічна продукція) найвагоміше впливає на чисельність мікроорганізмів агрономічно-цінних груп. Так, кількість амоніфікаторів збільшується за внесення $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + екзогенна органічна речовина (ЕОР) порівняно із $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) без екзогенної органічної речовини (ЕОР) у 2,23 раза, кількість іммобілізаторів мінерального азоту – 1,44, олігонітрофілів – 1,55, денітрифікаторів – 3,48, полісахаридсинтезувальних бактерій – 2,30, стрептоміцетів – 1,92, мобілізаторів мінеральних фосфатів – 1,85, загальна чисельність мікроорганізмів – у 1,97 раза (табл. 4.4).

Родина *Enterobacteriaceae*



E. coli



Salmonella

Родина *Vibrionaceae*

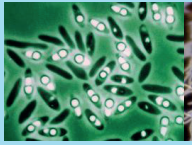


Vibrio cholerae

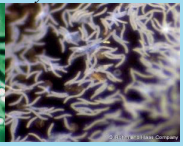


Zymomonas mobilis

Бактерії, які здійснюють дисиміляційне відновлення сульфатів або сірки

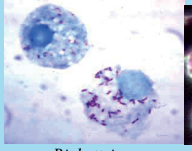


Desulfotomaculum

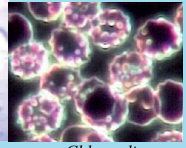


Desulfovibrio

Рикетсії і хламідії

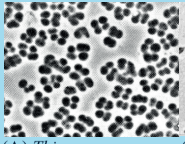


Rickettsia

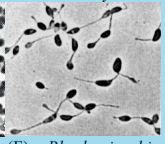


Chlamydia

Пурпурні сірчані бактерії (А) та пурпурні несірчані бактерії (Б)

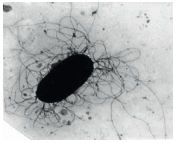


(А) *Thiocapsa*



(Б) *Rhodomicrobium*

Аеробні вигнуті грамнегативні бактерії

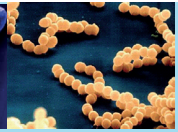


Azospirillum

Грамнегативні аеробні, мікроаерофільні палички та коки: Родина *Acetobacteriaceae*



Azotobacter



Neisseria

Родина *Pseudomonadaceae*

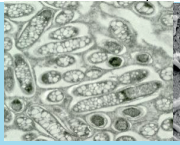


Pseudomonas putida



Zoogloea

Родина *Rhizobiaceae*



Rhizobium



Agrobacterium

Представники грунтової мікрофлори

Таблиця 4.4. **Вплив агротехнічних заходів на чисельність мікроорганізмів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за вирощування сої, млн КУО*/ г абсолютно сухого ґрунту**

Удобрення		Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок ґрунту	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Стрептоміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кислотоутворювальні	Загальна чисельність
Без добрив (контроль)		485,7	181,4	59,0	12,0	22,7	0,072	60,1	38,6	6,01	10,1	17,4	0,170	0,151	5,35	22,1	920,9
$CaCO_3$ (1,0 Нг)		576,0	141,0	46,0	16,0	50,5	0,026	85,3	36,3	10,8	13,6	13,1	0,221	0,127	4,92	6,36	1000,3
$N_{30}P_{30}K_{65}$		767,3	201,0	58,7	5,31	10,9	0,054	120,9	64,8	6,92	16,0	21,5	0,223	0,211	2,31	7,29	1283,4
Сидерат+ $CaCO_3$ (1,0 Нг)		818,4	180,5	77,9	13,3	58,8	0,057	93,7	87,3	11,0	16,7	18,5	0,174	0,132	3,85	12,9	1393,2
$N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)		344,0	113,5	34,7	18,7	46,4	0,193	103,9	57,1	9,16	11,5	14,4	0,203	0,114	2,06	17,2	773,1
$N_{30}P_{30}K_{45}$	Сидерат + побічна продукція	768,2	130,1	60,3	9,32	17,1	0,038	89,1	70,6	9,14	13,8	12,9	0,277	0,216	1,13	31,5	1213,7
$N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0Нг)		992,3	164,4	53,8	22,3	31,3	0,012	121,0	71,0	11,9	15,9	27,6	0,257	0,169	3,82	6,91	1522,7
Без добрив (контроль)		525,0	103,1	35,0	18,7	28,2	0,087	72,3	51,2	5,62	8,46	13,9	0,162	0,105	3,40	7,90	873,1
HIP_{05}		12,0	8,25	3,41	2,84	2,15	0,001	6,85	8,00	1,82	0,85	1,05	0,01	0,006	0,05	0,01	

Примітка. КУО*– колонієутворювальна одиниця.

Внесення ЕОР приводить до збільшення чисельності мікроорганізмів всіх груп, за виключенням меланінсинтезувальних мікроміцетів і кислотоутворювальних мікроорганізмів, їхня кількість зменшується у 6,74 і 2,49 раза відповідно. Ефект зменшення чисельності меланінсинтезувальних мікроміцетів у результаті внесення ЕОР спостерігається за всіх агротехнічних заходів: без добрив – на 43,8 %, за вапнування – 3,94 (застосовувалось тільки внесення біомаси сидеральної культури), за внесення $N_{30}P_{30}K_{45}$ – на 12,8 %. Дослідження закономірностей розповсюдження меланінсинтезувальних мікроміцетів можна розглядати не тільки їх чисельність, а й частку в загальній кількості мікроміцетів у цьому варіанті досліду, оскільки на чисельність грибів впливають й інші чинники: наявність субстратів, вологість і $pH_{сол}$ ґрунту, вирощувана культура та ін. Проведений аналіз показав, що частка і меланінсинтезувальних у загальній кількості мікроміцетів також зменшується за внесення ЕОР: без добрив з 88,8 до 64,8 %, за внесення $N_{30}P_{30}K_{45}$ з 94,6 до 67,5 %.

Ці результати підтверджують закономірності, як отримані раніше за вирощування пшениці озимої доля меланінсинтезувальних мікроміцетів зменшується у варіантах із внесенням ЕОР на 12,7 % (у середньому), що свідчить про високу здатність органічної речовини сорбувати різноманітні полютанти і захищати біоту ґрунту і рослини від негативної дії забруднювачів [8, 9]. Підтвердженням цієї тези є менша фітотоксичність ґрунту в цих варіантах досліду, вона на 7,64 % нижча за середню фітотоксичність ґрунту варіантів, куди органічну речовину не вносили. Максимальне збільшення фітотоксичності спостерігали у варіанті без добрив (контроль) – 12,0 %, мінімальне – за внесення $N_{30}P_{30}K_{45}$ – 4,45 %.

Полісахаридсинтезувальні мікроорганізми відносяться до індикаційних груп на нестачу мінеральних елементів у ґрунті [10]. Однак, прояв індикаційних властивостей має багато обмежень, оскільки на кількість мікроорганізмів, які синтезують позаклітинні полісахариди впливає величина співвідношення C/N у ґрунті, наявність, концентрація і властивості субстратів, сумарний рівень забруднення екотопу полютантами. Всі ці чинники складаються у відкритих біокосних системах, якими є агроценози, і впливають на кількість і фізіологічну активність полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів у різному ступені. Представленими дослідженнями підтверджується теза про індикаційність мікроорганізмів цієї групи: у контролях, де добрива не вносяться багато років, чисельність полісахсахаридсинтезувальних мікроорганізмів невелика, але вони мають максимальну серед досліджених варіантів фізіолого-біохімічну активність: вона в рази перевищує ФБА (фізіолого-біохімічну активність) мікроорганізмів за внесення мінеральних добрив (табл. 4.5).

Вапнування позитивно впливає на чисельність в

полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів, вона збільшується на 80,0 % без внесення мінеральних добрив і на 52,7 % за одночасного їх внесення у дозі $N_{30}P_{30}K_{45}$. Вапнування на фоні заорювання побічної продукції попередника і біомаси сидеральної культури також дозволяє збільшити чисельність полісахаридсинтезувальних бактерій на 30,0 %. Заорювання екзогенної органічної речовини дозволяє також збільшити фізіолого-біохімічну активність полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів. Ефективно діє заорювання екзогенної органічної речовини на чисельність полісахаридсинтезувальних бактерій за внесення мінеральних добрив, зростання чисельності якому досягає 72,0 %, однак, ФБА цих мікроорганізмів збільшується при цьому на меншу величину – 18,4 % (табл. 4.5). Високий вміст кислотоутворювальних мікроорганізмів у ґрунті без добрив (контроль) свідчить, на наш погляд, про недостатню забезпеченість цього ґрунту основними макроелементами. Органічні і мінеральні кислоти, як відомо, приймають активну участь у переведенні мінеральних елементів із важкодоступних форм у доступні (розчинні) форми [11, 12], тому збільшення чисельності кислотоутворювальних мікроорганізмів в ґрунтах збіднених на вміст макро- і мікроелементів є закономірним. Оптимізація $pH_{сол}$ ґрунтового розчину приводить до зменшення кількості цих мікроорганізмів (у 3,47 раза), можливо, через збільшення рухомості сполук багатьох елементів за $pH_{сол}$ близького до нейтрального. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{45}$ також зменшує чисельність кислотоутворювальних мікроорганізмів у 3,03 раза, що свідчить про правильність наших припущень щодо наявності зв'язку між чисельністю цих мікроорганізмів і забезпеченістю ґрунту макро– і мікроелементами. Сумісне застосування вапнування і мінеральних добрив дозволяє знизити кількість кислотоутворювальних мікроорганізмів.

Розгляд контролю і варіанту із вапнуванням, як моделей органічного землеробства показує, що в ґрунті без добрив істотно підвищується дефіцит основних макроелементів, про що свідчить підвищення коефіцієнту оліготрофності, зростання чисельності фосфатмобілізувальних, полісахаридсинтезувальних і кислотоутворювальних мікроорганізмів. Мікроорганізми цих груп приймають активну участь у розчиненні важкодоступних сполук біогенних елементів у ґрунті. Рухомість мінеральних елементів підвищується за рахунок синтезу екзополісахаридів полісахаридсинтезувальними мікроорганізмами, органічних кислот – кислотоутворювальними мікроорганізмами, і комплексу цих речовин – фосфатмобілізувальними мікроорганізмами на більшу величину, ніж за кожного із цих агрозаходів окремо, що може свідчити про синергічність їх дії.

Заорювання біомаси сидеральної культури на фоні вапнування

супроводжується, однак, зростанням чисельності кислотоутворювальних мікроорганізмів, можливою причиною якого є змінення співвідношення вуглецю до азоту у ґрунті і зростання в зв'язку з цим потреб у більшій кількості мінеральних елементів. Підтвердженням цьому є зниження чисельності мікроорганізмів вказаної групи на фоні вапнування і внесення ЕОР.

Внесення ЕОР впливає не тільки на чисельність мікроорганізмів, а й на їхню фізіолого-біохімічну активність у ґрунті (табл. 4.4). У варіантах із внесенням ЕОР підвищена ФБА мікроорганізмів майже всіх груп, особливо – циклу вуглецю. Так, ФБА целюлозоруйнівних мікроорганізмів підвищена за $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)+ ЕОР у 2,61 раза, амоніфікаторів – 1,73, педотрофів – 28,7, мікроміцетів – у 1,20 раза. За внесенням мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{45}$) і ЕОР відповідне підвищення ФБА сягає для целюлозоруйнівних мікроорганізмів 2,34 раза, олігонітрофілів – 1,40, педотрофів – 1,28, мікроміцетів – у 1,58 раза. І, навпаки, ФБА полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів помітно знижена саме за внесення ЕОР, можливо через те, що полісахаридсинтезувальні бактерії розташовані у ланцюзі живлення набагато пізніше гідролітиків.

Відомо, що однією з важливих характеристик мікробного ценозу є питомий вміст автохтонних мікроорганізмів. Згідно з отриманими даними, найвищий рівень мінералізації гумусу спостерігається на контролі. Внесення мінеральних добрив призводить до зниження активності мінералізації гумусу на 27,3 % (табл. 4.5), що пов'язано із кращим вегетативним ростом рослин, більшим виділенням кореневих ексудатів, що спричиняє до уповільнення деструкції гумусу як менш доступного субстрату. Внесення мінеральних добрив на фоні вапнування знижує активність розкладання гумусу ще на 18,9 %, що підтверджується попередніми дослідженнями [10]. При цьому зменшується як чисельність автохтонних мікроорганізмів, так і їхня фізіолого-біохімічна активність (табл. 4.5). Заорювання біомаси сидеральної культури майже не вплинуло на активність мінералізації гумусу (за виключенням контролю), можливо, через тривалість післядії цього агрозаходу, що становить 3 роки.

Внесення ЕОР уповільнює освоєння органічної речовини ґрунту. Так, за внесення мінеральних добрив на фоні вапнування і внесення ЕОР зменшує індекс педотрофності на 91,1 %, а за внесення лише мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{45}$) – на 36,2 %. Аналогічним чином заорювання ЕОР впливає на інтенсивність інших мінералізаційних процесів. Наприклад, коефіцієнт мінералізації–іммобілізації сполук азоту зменшується за заорювання ЕОР: на фоні мінеральних добрив – на 55,0 %, за сумісного застосування вапнування і мінеральних добрив – на 54,2 %, на контролі (без добрив) – на 90,8 %.

Багаторічні дослідження показали, що кількість азотобактера в ризосфері сої протягом вегетаційного періоду зменшується: різко після фази сходів до фази цвітіння, залишається невисокою (10–16 %) у фазі формування бобів і наливу насіння, і знов зменшується у фазі повного достигання до 2,7–3,3 % оброслих грудочок. Тому більшу частину вегетаційного періоду кількість азотобактера в ризосфері сої визначається як невисока. Зокрема, за вирощування пшениці озимої на контролі кількість азотобактера становила 88,0 % обростання грудочок ґрунту, а за вирощування сої відповідний показник сягав 12,0 % (табл. 4.6).

Можна розглядати цей факт як прояв конкуренції із боку симбіотичних і асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів, які тісно взаємодіють із рослинами сої протягом вегетації і витісняють азотобактер із ризосфери як мікроорганізм, що не має тісних взаємовідносин із рослиною (вільноіснуючий). Маючи на увазі симбіотичні мікроорганізми, ми маємо на увазі ту частину їх популяції, яка не проникла всередину рослини і залишилася у ризосфері, у цьому стані вони теж використовують субстрати, які надає рослина, і також фіксують азот (із меншою ефективністю та інтенсивністю), який споживається рослиною. Можна розглядати цей стан їхнього існування як асоціативний. Ці результати підтверджують висновок про те, що вирощування бобових у монокультурі, а також у складі бобово-злакових травосумішок супроводжується зниженням чисельності азотобактеру порівняно із вирощуванням зернових [13].

На ґрунтах, що використовуються в органічному виробництві необхідно проводити нейтралізацію надлишкової кислотності ґрунтового розчину, оскільки вапнування уповільнює мікробіологічну мінералізацію органічних і органо-мінеральних комплексів, які є основою потенційної родючості ґрунтів. Вапнування позитивно впливає на кількість азотобактера, вона зростає за відсутності мінерального удобрення на 33,3 %, за внесення мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{45}$) у 3,53 раза, за внесення побічної продукції рослинництва і сидерату – на 19,3 % (табл. 4.7). У результаті регуляції кислотно-лужної рівноваги ґрунтового середовища зростає не тільки кількість клітин азотобактера, а й їхня фізіолого-біохімічна активність: за відсутності мінерального удобрення на 74,2 %, за внесення мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{45}$) у 6,94 раза, за внесення побічної продукції рослинництва і сидерату – у 4,42 раза (табл. 4.6). Ці дані ще раз підтверджують те, що одним з основних чинників, які впливають на розвиток азотобактера є кислотно-лужна рівновага ґрунтового середовища.

Внесення мінеральних добрив інгібує розвиток азотобактера, його кількість знижується порівняно з контролем у 2,26 раза, однак внесення мінеральних добрив на фоні вапнування не приводить до зниження чисельності цього мікроорганізму. Приведені дані стосуються варіантів

досліду без внесення екзогенної органічної речовини, внесення мінеральних добрив сумісно з вапнуванням на фоні внесення ЕОР сприяє збільшенню чисельності азотобактера порівняно із внесенням тільки мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{45}$) у 2,36 раза. Отже, негативний вплив мінеральних добрив на розвиток азотобактеру пов'язаний з одного боку зі зниженням конкурентоздатності цього мікроорганізму за достатньої забезпеченості ґрунту джерелами екзогенного мінерального азоту, а з іншого – із зниженням кислотності ґрунту внаслідок внесення фізіологічно кислих мінеральних добрив, якому запобігає вапнування.

Наведені експериментальні дані підтверджують висновки щодо підвищення чисельності азотобактера у варіантах технологій із внесенням ЕОР завдяки високій адсорбційній здатності органічних полімерів, що дає змогу знизити рівень забрудненості ґрунту полютантами. Оскільки, азотобактер дуже чутливий до різноманітних забруднювачів як мінеральних (важкі метали), так і органічних (нафтопродукти, пестициди) [14, 15], то його чисельність підвищується при застосувані побічної продукції рослинництва та біомаси сидеральної культури (табл. 4.5). Зокрема, чисельність азотобактера на контролі (без добрив) підвищується на 55,8 %, при внесенні $N_{30}P_{30}K_{45}$ – 75,5, а за застосування $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0Нг) – на 19,3 %.

Вапнування створює умови для ефективнішого використання мінеральних добрив рослинами і – опосередковано, і безпосередньо – мікроорганізмами. Так, внесення мінеральних добрив на фоні вапнування і ЕОР сприяє зростанню чисельності амоніфікаторів на 29,2 %, іммобілізаторів мінерального азоту – 26,5, денітрифікаторів – 83,0, педотрофів – 35,8, полісахаридсинтезувальних – 30,2, стрептоміцетів – 114,0, загальної чисельності мікроорганізмів – на 36,6 %, мобілізаторів мінеральних фосфатів – у 3,38 раза (табл. 4.8).

Збільшення дози мінеральних добрив до $N_{45}P_{45}K_{67,5}$ (у 1,5 раза) на фоні вапнування істотно збільшує чисельність мікроорганізмів у ризосфері сої, зокрема, кількість амоніфікаторів зростає на 54,3 %, іммобілізаторів мінерального азоту – 111,4, денітрифікаторів – 27,6, автохтонних – 49,6, стрептоміцетів – 113,2, мобілізаторів мінеральних фосфатів – 167,4, загальна чисельність мікроорганізмів – на 50,5 %, (табл. 4.7). Слід зазначити нераціональне збільшення чисельності денітрифікаторів, яке свідчить про непродуктивні втрати мінерального азоту і про необхідність зменшення дози саме азотних добрив за вирощування сої. Збільшення дози добрив у 1,5 раза сприяє збільшенню не тільки чисельності денітрифікаторів, а й їхньої фізіолого-біохімічної активності удвічі (табл. 4.8). Подальше подвійне підвищення дози мінеральних добрив не супроводжується збільшенням чисельності мікроорганізмів жодної дослідженої групи мікроорганізмів (за винятком нітрифікаторів і кислотоутворювальних) порівняно із 1,5 дозою добрив. Загальна чисельність мікроорганізмів зменшується в цьому варіанті

досліду на 58,1 %. Це свідчить про неоптимальність такої дози добрив за вирощування сої як культури, яка формує симбіотичний апарат.

Збільшення дози від 1,5 до 2,0 мінеральних добрив на фоні екзогенної органічної речовини та на фоні заорювання побічної продукції попередника і біомаси сидеральної культури, зумовлює до зменшення або стагнації чисельності мікроорганізмів всіх досліджених екологотрофічних груп, що свідчить про неефективне застосування підвищених доз мінеральних добрив за вирощування сої. Збільшення чисельності гідролітиків, тісно пов'язаних у своєму метаболізмі із органічною речовиною, свідчить про активний перебіг мінералізаційних процесів із використанням макроелементів зі складу добрив, на що вказують також коефіцієнти та індеки, приведені у табл. 4.9. Збільшення дози азотних добрив у 1,5 і 2,0 рази призводить до істотного пригнічення існування клітин азотобактера, що проявляється у зменшенні його чисельності на фоні заорювання побічної продукції і сидерату на 39,4 % і у 2,57 раза відповідно; без заорювання побічної продукції і сидерату – на 22,2 % і у 4,68 раза відповідно.

Заорювання побічної продукції на фоні 1,5 дози добрив, вапнування і заорювання біомаси сидеральної культури помітно не змінює чисельності мікроорганізмів більшості агрономічно цінних груп, однак зростає кількість мікроорганізмів циклу вуглецю: целюлозоруйнівних мікроорганізмів на 76,0%, полісахаридсинтезувальних – 26,7, а також мікроорганізмів, які посилюють мобілізацію мінеральних елементів: мобілізаторів мінеральних фосфатів – на 58,3 %, актиноміцетів – в 2,83 раза, кислотоутворювальних мікроорганізмів – в 3,12 раза (табл. 4.7). Майже не змінюються також показники та індекси, які описують спрямованість та напруженість мінералізаційних процесів за умов заорювання побічної продукції, за винятком коефіцієнтів оліготрофності і мінералізації-іммобілізації азоту, які зменшуються в 5,6 і 1,82 раза відповідно (табл. 4.9). Чисельність і частка меланінсинтезувальних мікроміцетів у загальній кількості мікроміцетів під впливом побічної продукції зменшуються: кількість – на 75,0 %, частка – 17,4 до 11,6 %, що підтверджує позитивну функцію екзогенної органічної речовини у сорбуванні полютантів.

Заорювання біомаси сидеральної культури на фоні 1,5 дози мінеральних добрив, побічної продукції і вапнування не позначається: на чисельності мікроорганізмів досліджених екологотрофічних груп; на їхній фізіолого-біохімічній активності; на коефіцієнтах та індексах, які описують спрямованість та напруженість мінералізаційних процесів (табл. 4.7, 4.9).

Тому, для збереження потенційної родючості ґрунтів небезпечним є як надмірна інтенсифікація виробництва с.–г. продукції, так і надмірна деінтенсифікація, яка полягає у відсутності внесення мінеральних і органічних добрив, заорювання побічної продукції і застосування меліорантів.

Таблиця 4.5. **Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості темно-сірого опідзоленого грунту за використання різних агротехнічних заходів**

Удобрення			Індекс педотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Маса 100 рослин тест-культури – озимої пшениці, г		
							стебло	коріння	загальна маса
Органічне виробництво	Без добрив (контроль)		0,124	0,121	0,374	16,8	7,47	7,53	15,0
	$CaCO_3$ (1,0 Нг)		0,148	0,080	0,245	15,9	7,75	7,69	15,4
Інтенсивне виробництво	$N_{30}P_{30}K_{65}$		0,158	0,077	0,262	13,2	7,96	7,74	15,7
	Сидерат+ $CaCO_3$ (1,0 Нг)		0,115	0,010	0,221	17,8	8,01	8,09	16,1
	$N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)		0,302	0,101	0,330	11,1	8,77	7,63	16,4
	$N_{30}P_{30}K_{45}$	Сидерат + побічна продукція	0,116	0,078	0,169	8,99	8,59	7,81	16,4
	$N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)		0,122	0,054	0,166	9,65	8,66	8,84	17,5
	Без добрив (контроль)		0,138	0,067	0,196	8,82	7,98	8,82	16,8
	HIP_{05}						0,08	0,05	

Таблиця 4.6. **Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ, год $^{-1} \cdot 10^{-2}$) у темно-сірому опідзоленому ґрунті за використання різних агротехнічних заходів**

Удобрення			Амоніфікатори	Іммобілізатори мінерального азота	Олігонітрофіли	Нітрифікатори	Денітрифікатори	Педотрофи	Автохтонні	Целюлозоруйнівні	Мікроміцети	Стрептомицети	Полісахаридсин-тезувальні	Азотобактер	Мобілізатори мінеральних фосфатів
Органічне виробництво	Без добрив (контроль)		1,39	0,95	5,08	0,654	3,57	2,36	0,48	2,80	1,05	5,93	5,79	0,97	4,29
	$CaCO_3$ (1,0 Нг)		2,76	1,01	4,11	3,94	0,15	2,20	0,27	3,29	1,72	8,06	2,23	1,69	2,02
Інтенсивне виробництво	$N_{30}P_{30}K_{65}$		2,10	1,16	2,25	1,07	0,98	2,13	0,45	2,00	1,65	4,99	2,06	1,20	7,47
	Сидерат + $CaCO_3$ (1,0 Нг)		1,20	1,11	2,53	4,36	0,06	1,77	0,32	2,93	4,96	6,58	3,34	6,73	2,89
	$N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)		1,79	0,97	2,89	0,117	0,82	0,14	0,57	1,99	2,06	5,01	2,12	1,99	2,89
	$N_{30}P_{30}K_{45}$	Сидерат + побічна продукція	2,17	1,00	3,15	0,654	0,20	2,72	0,37	4,68	2,61	4,68	2,44	1,68	4,58
	$N_{30}P_{30}K_{45}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)		3,09	1,08	3,71	0,504	0,09	4,02	0,43	5,19	2,47	5,75	2,24	4,29	2,89
	Без добрив (контроль)		4,34	1,33	3,75	0,333	0,26	3,78	0,34	3,13	1,64	5,49	3,30	0,24	2,45

Таблиця 4.7. **Вплив агротехнічних заходів на чисельність мікроорганізмів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за вирощування сої, млн КУО*/ г абсолютно сухого ґрунту**

Удобрення	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок ґрунту	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Пелотрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахаридо–синтезувальні	Автохтонні	Стрептоміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кислотоутворювальні	Загальна чисельність
Без добрив (контроль)	232,9	81,3	16,5	13,3	48,4	0,276	68,8	41,9	3,58	11,4	12,2	0,262	0,129	1,43	15,1	547,5
$N_{45}P_{45}K_{67,5}$+ $CaCO_3$ (1,0 Нг) + сидерат + Пп	445,9	236,8	37,7	24,0	114,1	0,266	82,6	79,2	3,46	10,4	35,6	0,207	0,024	3,80	23,9	1098,0
$N_{60}P_{60}K_{90}$+ $CaCO_3$ (1,0 Нг) + сидерат + Пп	359,8	148,4	23,3	8,66	143,9	0,209	138,1	92,2	3,43	11,7	18,5	0,329	0,110	3,43	12,0	964,1
$N_{45}P_{45}K_{67,5}$+ $CaCO_3$ (1,5 Нг) + сидерат + Пп	282,4	104,8	21,2	28,0	116,1	0,106	82,6	51,5	4,94	37,1	13,4	0,229	0,064	1,41	12,7	756,5
$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + сидерат	490,6	143,4	7,50	42,0	112,4	0,279	92,7	45,0	2,73	10,1	12,6	0,242	0,042	2,04	7,67	969,3
$N_{45}P_{45}K_{67,5}$+ $CaCO_3$ (1,0 Нг)	530,8	239,9	12,8	15,3	113,7	0,190	112,7	73,4	4,48	17,2	30,7	0,210	0,062	5,51	10,9	1167,9
$N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)	371,6	138,9	4,20	4,00	145,9	0,309	91,7	57,3	3,13	8,09	15,6	0,143	0,056	3,47	17,7	862,1
$N_{45}P_{45}K_{67,5}$+ $CaCO_3$ (1,0 Нг) + Пп	392,2	199,3	33,7	18,5	140,0	0,049	59,4	76,8	7,53	9,39	21,4	0,311	0,114	2,21	31,5	992,4
$НІР_{05}$	11,3	4,85	3,26	2,85	1,75	0,008	6,22	8,14	2,01	1,95	0,95	0,01	0,005	2,87	0,001	

Примітка. КУО* колонієутворювальна одиниця.

Таблиця 4.8. **Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ, год $^{-1} \cdot 10^{-2}$) у темно-сірому опідзоленому ґрунті за використання різних агротехнічних заходів**

Удобрення		Амоніфікатори	Іммобілізатори мінерального азота	Олігонітрофіли	Нітрифікатори	Денітрифікатори	Педотрофи	Автохтонні	Целюлозоруйнівні	Мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів
Органічне виробництво	Без добрив (контроль)	0,90	0,74	2,48	0,109	0,29	1,57	0,55	4,63	3,31	0,30
	$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + сидерат + Пп	1,21	0,42	2,99	0,637	0,06	1,42	0,21	2,37	3,65	3,29
Інтенсивне виробництво	$N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + сидерат + Пп	1,31	0,83	1,79	0,319	0,03	1,15	0,53	2,35	3,65	0,44
	$N_{90}P_{45}K_{90}$ + $CaCO_3$ (1,5 Нг) + сидерат + Пп	3,34	1,07	3,20	0,071	0,06	2,82	0,66	1,93	3,36	0,31
	$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + сидерат	2,59	1,50	0,56	0,070	0,32	2,02	0,49	0,78	3,07	1,69
	$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)	5,45	0,98	0,25	0,256	0,29	1,70	0,43	2,34	3,89	1,96
	$N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)	1,53	0,83	0,10	0,002	0,08	1,70	0,26	3,23	2,80	1,49
	$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + Пп	3,02	0,98	1,50	0,545	0,14	2,56	0,298	1,99	2,28	1,69

Таблиця 4.9. **Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту за використання різних агротехнічних заходів**

Удобрення		Індекс педотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Маса 100 рослин тест-культури пшениці озимої, г		
						стебло	коріння	загальна маса
Органічне виробництво	Без добрив (контроль)	0,295	0,071	0,349	16,6	7,10	5,08	12,2
	$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + сидерат + Пп	0,185	0,084	0,531	12,6	9,89	6,84	16,7
Інтенсивне виробництво	$N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + сидерат + Пп	0,384	0,005	0,412	8,47	9,59	5,14	14,7
	$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,5 Нг) + сидерат + Пп	0,293	0,075	0,371	44,9	8,68	5,61	14,3
	$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + сидерат	0,189	0,015	0,292	10,9	10,1	6,65	16,8
	$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)	0,212	0,024	0,452	15,3	8,74	5,08	13,8
	$N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг)	0,247	0,011	0,374	8,83	6,25	3,47	9,72
	$N_{45}P_{45}K_{67,5}$ + $CaCO_3$ (1,0 Нг) + Пп	0,151	0,086	0,508	15,8	9,11	7,69	16,8
	$НІР_{05}$					0,20	0,34	

Так, у ґрунтах багаторічних контролів (без добрив), які можна розглядати як модель органічного (біологічного) виробництва, інтенсифікується розкладання органічної речовини ґрунту, зокрема гумусу, уповільнюється мінералізація сполук азоту і істотно підвищується дефіцит основних макроелементів, про що свідчить підвищення коефіцієнту оліготрофності, зростання чисельності фосфатмобілізувальних, полісахаридсинтезувальних і кислотоутворювальних мікроорганізмів. Багаторічне ведення органічного виробництва супроводжується зменшенням чисельності меланінсинтезувальних мікроорганізмів, які синтезують попередники гумусових молекул – меланіни – через нестачу в ґрунті основних макроелементів, особливо азоту, що призводить до зниження вмісту гумусу і зниженню рівня потенційної родючості сірого лісового ґрунту.

Список використаних джерел

1. Fiorentino, N., Mori, M., Cenvinzo, V., Duri, L. G., Gioia, L., Visconti, D., & Fagnano, M. (2018). Assisted phytoremediation for restoring soil fertility in contaminated and degraded land. *Italian Journal of Agronomy, 13*, 34–44. https://doi.org/10.1016/S1125-4718(24)00265-2.
2. Потапенко, Л. В., & Горбаченко, Н. І. (2021). Вплив систем удобрення та мікробних препаратів на формування поживного режиму дерново-підзолистого ґрунту. *Сільськогосподарська мікробіологія, 34*, 53–60. https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.53-60.
3. Paradelo, R., Virto, I., & Chenu, C. (2015). Net effect of liming on soil organic carbon stocks: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 202*, 98–107. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.005.
4. Razanov, S., Melnyk, V., Symochko, L., Dydiv, A., Vradii, O., Balkovskyi, V., Khirivskyi, P., Panas, N., Lysak, H., & Koruniak, O. (2022). Agroecological assessment of gray forest soils under intensive horticulture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science, 12*(4), 459–464. https://doi.org/10.31407/ijees12.4.
5. Aye, N. S., Sale, P. W. G., & Tang, C. (2016). The impact of long-term liming on soil organic carbon and aggregate stability in low-input acid soils. *Biology and Fertility of Soils, 52*(5), 697–709. https://doi.org/10.1007/s00374-016-1111-y.
6. Лісова, Т. В. (2022). Меліорація земель як захід їх відновлення: сучасні проблеми правового забезпечення. *Право і суспільство, 1*, 104–111. https://doi.org/10.32842/2078-3736/2022.1.15.

7. Li, Y., Cui, S., Chang, S. X., & Zhang, Q. (2019). Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: A global meta-analysis. *Journal of Soils and Sediments, 19*, 1393–1406. https://doi.org/10.1007/s11368-018-2120-2.

8. Бойко, Я. І. (2025). Особливості реакції сірих опідзолених ґрунтів на диференційоване вапнування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків, 33*, 120–136. https://doi.org/10.47414/np.33.2025.349297 .

9. Coleman, D. C., & Crossley, D. A., Jr. (2004). *Fundamentals of soil ecology* (2nd ed.). Academic Press.

10. Duarte, A., Cachada, A., & Rocha-Santos, T. (Eds.). (2017). *Soil pollution: From monitoring to remediation*. Academic Press.

11. Малиновська, І. М. (2003). *Агроекологічні основи мікробіологічної трансформації біогенних елементів ґрунту* (Автореферат докторської дисертації). Київ.

12. Alori, E. T., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology, 8*, 971. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971.

13. Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., & Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus, 2*, 587. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587.

14. Малиновська, І. М., Черниш, О. О., & Романчук, О. П. (2007). Особливості мікробних комплексів сірого лісового ґрунту перелогів та агроценозів. *Збірник наукових праць Інституту землеробства, 2*, 29–34.

15. Gulyas, F. (1988). Analysis of soil toxicity using Azotobacter by soil disk method. In *Proceedings of the World Conference* (pp. 753–755). Amsterdam.

16. Малиновська, І. М., & Зинов'єва, Н. А. (2011). Мікробіологічні процеси в ризосфері рослин у забрудненому нафтопродуктами ґрунті. *Мікробіологія і біотехнологія, 2*, 83–91.

Розділ 5. ПАРАМЕТРИ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ, АДАПТОВАНИХ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ

На сучасному етапі розвитку аграрного сектору України, вагомого значення набуває низьковуглецеве, або карбонове землеробство, що відіграє ключову роль у структурі зміни клімату, а саме зменшує концентрацію парникових газів та підвищує енергоефективність для забезпечення екологічної рівноваги в агроекосистемах.

Низьковуглецеві системи удобрення – це в першу чергу комплекс технологічних рішень, спрямованих на мінімізацію вуглецевого сліду (викидів CO_2, NH_4, NO_2) та відтворення родючості ґрунтів і підвищення ефективності відновлюваних ресурсів.

У результаті узагальнення наукових досліджень нами визначено основні параметри низьковуглецевих систем удобрення в карбоновому землеробстві: оптимізація мінерального живлення рослин [1–4]; застосування органічних добрив та біоконверсія органічних відходів [5–8]; впровадження культури сидерації [9–10]; збереження рослинних решток [11, 12]; диференційоване внесення добрив залежно від рельєфу та просторової неоднорідності поля [13].

Зміни в концентрації парникових газів в атмосфері через посилення антропогенного впливу на природні екосистеми становлять глобальну екологічну проблему. Різні види антропогенної діяльності, такі як спалювання викопного палива та промислові процеси, а також агрономічні практики (осушення водно-болотних угідь, оранка, перепрофілювання землекористування, використання добрив, тваринництво) є суттєвими джерелами парникових газів.

Вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) та закис азоту (N_2O) є основними джерелами парникових газів в атмосфері. Діоксид карбону атмосфери приблизно на 80–90 % має ґрунтове походження , а серед потоків CO_2, що надходять до атмосфери, емісія з поверхні ґрунту є однією з найпотужніших [14]. Метан і закис азоту в свою чергу продукуються консорціумами ґрунтової мікробіоти: CH_4 утворюється в анаеробних умовах в процесі метаногенезу, а N_2O є одним з проміжних продуктів циклу азоту (процеси нітрифікації та денітрифікації) ґрунту [15, 16].

Так, процес дисбалансу колообігу вуглецю та емісії діоксиду карбону з ґрунту відбувається за рахунок поглинання CO_2 рослиною, вміст якого не компенсується надходженням CO_2 від мінералізації гумусу, гною та побічної продукції за внесення мінеральних добрив в агроценозах сівозмін, а питання

доцільності процесу гуміфікації органічного вуглецю та перетворення його на стабільні сполуки, динаміки його мінералізації для оптимізації вуглецевого балансу в агроценозах є недостатньо вивченим . При цьому вміст органічного вуглецю в біочарі може сягати 95%, тому біовугілля може стати важливою складовою для збагачення вуглецем ґрунту та балансування процесів колообігу вуглецю в екосистемах [17].

За даними як польових, так і лабораторних досліджень, додавання біочару у ґрунт супроводжується збільшенням потоків викидів парникових газів [18, 19]. При додаванні біовугілля до ґрунту разом із зневодненим гноєм свиней до 23% вмісту вуглецю швидко мінералізується, що призводить до збільшення викидів CO_2 з ґрунту. Але такий ефект є короткостроковим і триває не більше кількох місяців. Після цього ґрунти, за внесення біовугілля, стабілізують свій потік CO_2 до рівня, аналогічного показникам ґрунтів, без застосування біочару [20].

Таке початкове підвищення емісії CO_2 з ґрунту, збагаченого біочаром, може бути стимульоване за рахунок мікробіологічного розкладання лабільних розчинних вуглецьумісних сполук, присутніх у біологічному вугіллі, вивільнення неорганічного вуглецю за рахунок мікробного дихання та пришвидченому розкладання наявних в ґрунті органічних речовин мікроорганізмами, що абсорбуються в порах біочару . Зокрема, такий ефект тимчасового підвищення рівнів виділення вуглекислого газу може бути важливим джерелом доступного для рослин карбону на ранніх стадіях накопичення рослиною біомаси [21].

За даними Jones et al. [22], початкове короткострокове збільшення викидів CO_2 з ґрунту з подальшою швидкою втратою вуглецю є незначним порівняно з кількістю вуглецю, що вноситься в ґрунт з біочаром і зберігається в ньому, і тому не повинно впливати на потенціал секвестрування вуглецю.

Важливим для врахування у довгостроковій перспективі є те, що отримання біовугілля шляхом піролізу біомаси тісно пов’язане з біоенергетичними процесами отримання теплової енергії. У процесі «традиційного» вуглецевого циклу рослини шляхом фотосинтезу переробляють вуглець із вуглекислого газу з атмосфери у біомасу. Практично весь вуглець (до 99%) поступово повертається в атмосферу після розкладання рослин або в процесі повного спалювання біомаси у якості альтернативного джерела енергії.

У циклі карбону із використанням біочару рослини також абсорбують CO_2 з атмосфери у процесі фотосинтезу та трансформують діоксид карбону в органічну речовину біомаси, але при неповному спалюванні її, шляхом проходження піролізу більш ніж половина вуглецю переходить в біочар, а інша частина елімінується в

атмосферу. Тому майже 50 % карбону, абсорбованого рослиною із атмосфери, повертається в ґрунт і зберігається протягом багатьох років [23].

У результаті застосування біовугілля також спостерігаються зміни у викидах метану з ґрунту. Китайські дослідники встановили, що при додаванні біочару з пшеничної соломи у кількості 10 та 40 т/га, викиди CH_4 збільшилися на 31 та 49% відповідно, тоді як викиди N_2O зменшилися на 50 та 70 %. З іншого боку, емісія метану та вуглекислого газу була зменшена на 51 та 91 % відповідно у ґрунті рисових полів з додаванням біочару, отриманого з бамбукової та рисової соломи. Таким чином, при регулюванні впливу біовугілля на зміну потоків парникових газів слід враховувати характер біологічної сировини, з якої було виготовлено біовугілля [24-25].

Крім того, ступінь впливу біочару на викиди вуглекислого газу з ґрунту, очевидно, залежить від типу біомаси, умов піролізу, характеристик ґрунту, кліматичних умов і мікробного ценозу. Це важливо враховувати при розробці екологічно безпечних низьковуглецевих систем удобрення.

5.1. Параметри змін агрохімічних та біологічних властивостей сірого лісового ґрунту за низьковуглецевих систем удобрення

Дослідження проводили в 2025 р. у тривалому досліді «Вивчення впливу хімічних і біологічних засобів інтенсифікації у п'ятипільній польовій короткоротаційній сівозміні» закладеному в 2011 р. відділом агрохімії ННЦ «ІЗ НААН», культури: овес, ячмінь ярий, гречка, соя, пшениця озима. Спосіб розміщення варіантів систематичний. Повторення досліду 4-разове, площа посівної ділянки – 52 м^2, облікової – 22 м^2. Орний (0–20 см) шар сірого лісового ґрунту характеризувався такими агрохімічними показниками: pH_{KCl} – 4,6 потенціометрично (ДСТУ ISO10390:2001); гідролітична кислотність – 1,61 мг-екв,/100 г за Каппеном (ДСТУ 7537:2014), вміст легкогідролізного азоту – 50,8 мг/кг грунту, (за Корнфілдом ДСТУ 7863:2015); рухомого фосфору – 168 мг/кг грунту, рухомого калію – 160 мг/кг грунту за Чириковим (ДСТУ 4115:2002), вміст загального гумусу – 1,30 % (ДСТУ 4289:2004), вміст кальцію – 7,7 мг-екв./100 г, магнію – 0,5 мг-екв./100 (ДСТУ 7861:2015). У досліді висівали сорт ячменю ярого Обрій Поліський, гречку Українка та сою сорту Муза. Марки нітроамофосок застосовували під оранку, різні композиції біовугілля під передпосівну культивацію.

Гній ВРХ вносили один раз на 5 років ведення польової сівозміни під овес у

дозах 30 і 60 т/га, що складає у середньому 6 і 12 т на 1 га сівозмінної площі.

Схема досліду включає 11 варіантів: 1 – Контроль без добрив; 2 – Гній ВРХ – 6 т/га сівозмінної площі; 3 – Гній ВРХ – 12 т/га сівозмінної площі; 4 – Біочар – 400 кг/га насичений біотою (комплексом агрономічно цінних мікроорганізмів: азотфіксувальних, фосфор і каліймобілізивних); 5 – Біочар змішаний із перлітом 1:1 по об'єму – 200 кг/га, насичений гуматом калію; 6 – Біочар +перліт – 200 кг/га насичений гуматом калію і біотою; 7 – Нітроамофоска марки $N_5P_{15}K_{15}$, насичена біочаром із додаванням аміачної селітри N_{10}, розрахункова доза внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$; 8 – Чиста нітроамофоска $N_5P_{15}K_{15}$ із додаванням аміачної селітри N_{10}, розрахункова доза внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$; 9 – Чиста нітроамофоска марки $N_5P_{15}K_{15}$ із додаванням аміачної селітри N_{10}, розрахункова доза внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ + біочар, 200 кг/га; 10 –ОМБД – органік – 1 т/га із співвідношенням елементів $N_2P_2K_2$; 11 – ОМБД – органік – 2 т/га із співвідношенням елементів $N_2P_2K_2$;

У досліді застосовували органо-мінеральні біоактивні добрива (ОМБД), виготовлені на основі зневодненого дигестату біогазових установок із додаванням дозволених компонентів для органічного землеробства (сорбентів, йонообмінників і меліорантів) та агрономічно цінного комплексу мікроорганізмів – біоти.

Облік урожаю та показники його структури проводили згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур». Показники емісії CO_2 визначали приладом АПСЕ -14 – аналізатором повітряного середовища електронним моноблоковим [26]. Аналіз емісії CO_2 проводили у фази: ячмінь ярий – колосіння і наливу зерна; гречки – цвітіння та початку дозрівання; сої – бутонізації і цвітіння. Повторність чотириразова Дисперсійний аналіз експериментальних даних проводили з використанням програми EXSEL 2010

Зміна агрохімічних показників сірого лісового ґрунту за застосування традиційних і новітніх видів добрив. За результатами досліджень у 2025 р., на сірому лісовому ґрунті встановлено, що застосування препаратів за різних систем удобрення (органічної, органо-мінеральної і низьковуглецевої (композицій біовугілля) спричинило диференціацію агрохімічних показників ґрунту.

За вирощування ячменю ярого визначено, що на варіантах із внесенням біочару, як в чистому вигляді, так із різними композиціями нітроамофоски, реакція ґрунтового розчину $pH_{сол}$ коливалась від 4,7 до 4,9 од. і відповідала рівню середньокислого середовища із відповідними показниками гідролітичної кислотності 0,97–1,18 і суми вбирних основ 5,2–6,0 мг-екв/100 г ґрунту.

За результатами досліджень встановлено, що оптимізація фізико-хімічних

показників сірого лісового ґрунту відбувається за органічних систем удобрення: за застосування 6 і 12 т/га гною ВРХ сівозмінної площі $pH_{сол}$ сягав 5,1–5,4 од. із перевищенням контролю на 0,3 і 0,6 од. Водночас, за внесення органо-мінеральних біоактивних добрив у дозах 1 і 2 т/га, цей показник був однаковий 5,2 од., що відповідало слабкокислим значенням реакції ґрунтового розчину. Також відмічено і підвищення суми вбирних основ за органічних систем удобрення порівняно із композиціями біочару на 19–24 %, і контролю без добрив на 31–40 % (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. **Агрохімічні показники сірого лісового ґрунту за органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив та біочару за вирощування ячменю ярого, 2025 р.**

Удобрення	pH сол.	Гідролітична кисклотність	Сума вбирних основ	Гумус %	сполуки N	Рухомі форми	
						P_2O_5	K_2O
		м-екв/100 г ґрунту			мг/кг		
Без добрив (контроль)	4,8	0,99	4,4	0,94	46,2	162	168
Гній ВРХ– 6 т/га	5,1	0,83	5,6	1,22	52,6	203	202
Гній ВРХ – 12 т/га	5,4	0,99	6,2	1,25	57,4	234	230
Біочар – 400 кг/га + Біота	4,8	0,97	5,2	1,13	47,6	177	173
Біочар – 200 кг/га + Перліт + Гумат	4,9	1,13	5,0	1,12	50,4	181	182
Біочар – 200 кг/га + Перліт +Гумат + Біота	4,8	1,15	5,4	1,07	49,9	185	188
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	4,7	1,18	6,0	1,11	54,6	225	230
$N_{30}P_{30}K_{30}$	4,8	1,13	5,2	1,07	50,4	220	222
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + Біочар – 200 кг/га	4,9	0,93	5,6	1,08	56,8	230	228
ОМБД – органік –1 т/га	5,2	0,81	5,8	1,18	50,4	222	224
ОМБД – органік – 2 т/га	5,2	0,75	6,2	1,26	52,6	236	232

Показники родючості сірого лісового ґрунту за застосування біочару, як у чистому вигляді, так і за насичення його з гуматними добривами і біотою (комплексом агрономічно цінних мікроорганізмів) коливались в межах: по загальному гумусу 1,07–1,12 %, азоту гідролізованому 47,6–54,0 мг/кг, рухомим формам фосфору – 178–182 і калію – 173–185 мг/кг, що на 5–15 % перевищували

значення контролю без добрив. Найвищі показники вмісту макроелементів (N, P_2O_5, і K_2O) визначено за сумісного внесення біовугілля (200 кг/га) і нітроамофоски у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ із збільшенням їх значень на 25–30 % порівняно із чистим біочаром і композиціями, насиченими гуматами і біотою.

Перспективним за органічних систем удобрення визначено застосування ОМБД у дозах 1 і 2 т/га, де вміст загального гумусу становив 1,18 і 1,26 % із приростом до контролю відповідно 24 і 34 %, а показники родючості ґрунту відповідали рівню внесення 12 т/га гною ВРХ сівозмінної площі.

За вирощування гречки встановлена тенденція, щодо прояву підкислюючої дії мінеральних добрив, як у чистому вигляді $N_{30}P_{30}K_{30}$, так і насичених біочаром, де показники потенційної кислотності сірого лісового ґрунту були найнижчими і становили 4,2-4,3 од., за значення на контролі – 4,8 од. (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. **Агрохімічні показники сірого лісового ґрунту за органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив та різних композицій біочару за вирощування гречки, 2025 р.**

Удобрення	pH сол.	Гідролітична кислотність	Сума вбирних основ	Гумус %	сполуки N	Рухомі форми	
						P_2O_5	K_2O
		м-екв/100 г ґрунту			мг/кг		
Без добрив (контроль)	4,8	1,03	4,6	0,98	46,2	172	175
Гній ВРХ– 6 т/га	4,7	1,18	5,8	1,29	59,8	220	222
Гній ВРХ – 12 т/га	4,7	1,13	6,0	1,32	62,3	236	225
Біочар – 400 кг/га + Біота	4,7	1,34	4,7	1,16	47,6	178	182
Біочар – 200 кг/га + Перліт + Гумат	4,5	1,23	5,5	1,15	49,0	180	185
Біочар – 200 кг/га + Перліт +Гумат + Біота	4,6	1,23	5,4	1,17	50,4	182	183
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	4,3	1,46	5,8	1,18	52,6	214	220
$N_{30}P_{30}K_{30}$	4,2	1,63	5,6	1,17	50,8	224	226
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + Біочар – 200 кг/га	4,2	1,34	6,0	1,20	52,2	223	230
ОМБД – органік –1 т/га	5,0	1,10	5,6	1,22	58,6	220	214
ОМБД – органік – 2 т/га	5,2	0,95	6,2	1,30	65,2	242	229

За внесення біовугілля у різних композиціях визначено зростання показників $pH_{сол}$ від 4,5 од. на варіанті Біочар – 200 кг/га+ Перліт+ Гумат до 4,7 од. за застосування Біочар – 400 кг/га + Біота. Прояв меліоруючого ефекту встановлено за внесення органо-мінеральних біоактивних добрив у дозах 1 і 2 т/га із підвищенням значень $pH_{сол}$ до 5,0-5,2 од, що можливо обґрунтувати включенням до композиції ОМБД – органік високоефективного меліоранту доломіт.

За результатами дослідження встановлено, що сума вбирних основ, як інтегральний показник насичення ґрунтового вбирного комплексу йонами кальцію і магнію, визначається такими закономірностями: найнижчі значення на контролі (без добрив) − 4,6 м-екв/100г ґрунту із відповідним підвищенням показників S – на 20% на варіанті Біочар – 200 кг/га +Перліт +Гумат; на 26 % − Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$; на 30 % - $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Біочар – 200 кг/га, та на 35 % за внесення ОМБД – органік, 2 т/га.

Найвищий вміст загального гумусу визначено за внесення 2 т/га ОМБД – органік – 1,30 % і органічної системи удобрення – 12 т гною ВРХ на 1га ріллі – 1,32 %, де прирости становили відповідно 33 і 35 % порівняно з контролем, без добрив – 0,98 %.

За низьковуглецевих систем удобрення із застосуванням біочару, як окремо, так із насиченням його біотою і гуматами та внесенням нітроамофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$ різних композицій вміст загального гумусу в сірому лісовому ґрунті за вирощування гречки знаходився в межах 1,15–1,18 % із приростом до контролю 17–20 % абсолютних відсотка.

Показники родючості ґрунту (азот легкогідролізний, рухомі форми фосфору і калію) за застосування насиченого біочару і сумісного його внесення нормою 200 кг/га із нітроамофоскою у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ на 24–30 % перевищували їх значення порівняно із внесенням чистого біочару і композиціями насиченими гуматними добривами і біотою.

За вирощування сої визначено, що зміни фізико-хімічних і агрохімічних показників в сірому лісовому ґрунті відповідають закономірностям , як і за вирощування ячменю ярого та гречки. Так, меліоруючий ефект визначено за органічних систем удобрення: 12 т гною ВРХ на 1 га сівозмінної площі і застосуванням ОМБД – органік – 2 т/га, де реакція ґрунтового розчину відповідала слабкокислому рівню із показниками $pH_{сол}$ 5,0 та 5,5 од., за значень на контролі – 4,8 од. За низьковуглецевих систем удобрення, із застосуванням нітроамофоски, насиченої біочаром і у чистому вигляді, відбувається зниження потенційної кислотності сірого лісового ґрунту на 0,3−0,5 од., за рахунок фізіологічно кислій

дії мінеральних добрив.

Найвищі показники суми вбирних основ визначено за внесення: $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Біочар – 200 кг/га – 5,3 м-екв/100 г ґрунту, 2 т/га ОМБД – органік – 5,9 і 12 т гною ВРХ на 1 га сівозмінної площі – 6,7 м-екв/100 г ґрунту із приростом до контролю відповідно 20, 22 і 39 % (табл 5.3).

Таблиця 5.3. **Агрохімічні показники сірого лісового ґрунту за органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив та різних композицій біочару за вирощування сої, 2025 р.**

Удобрення	pHсол.	Гідролітична кисклотність	Сума вбирних основ	Гумус %	сполуки N	Рухомі форми	
						P_2O_5	K_2O
		м-екв/100 г ґрунту			мг/кг		
Без добрив (контроль)	4,8	1,06	4,8	0,96	50,2	165	170
Гній ВРХ– 6 т/га	5,4	0,81	6,5	1,26	64,4	220	224
Гній ВРХ – 12 т/га	5,5	0,80	6,7	1,32	67,2	262	260
Біочар – 400 кг/га + Біота	4,8	0,99	5,4	1,14	49,0	205	212
Біочар – 200 кг/га + Перліт + Гумат	5,8	0,56	5,5	1,16	50,4	218	220
Біочар – 200 кг/га + Перліт +Гумат + Біота	4,8	0,85	5,4	1,26	52,2	227	232
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	4,4	1,08	5,5	1,24	56,0	232	236
$N_{30}P_{30}K_{30}$	4,3	1,18	5,6	1,22	55,0	234	230
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + Біочар – 200 кг/га	4,4	1,18	5,8	1,23	64,6	236	240
ОМБД – органік –1 т/га	4,8	1,08	5,6	1,26	56,0	228	232
ОМБД – органік – 2 т/га	5,0	0,89	5,9	1,33	61,2	230	244

Встановлено, що відтворення родючості сірого лісового ґрунту, можливо отримати за систематичного застосування органічних добрив протягом трьох ротацій польової сівозміни у дозах 6 і 12 т/га гною ВРХ і внесенням 2 т/га ОМБД – органік. За цих систем удобрення на агроценозі сої отримано найвищі показники загального гумусу в ґрунті відповідно 1,26%, 1,32 і 1,33% за значень на контролі – 0,96%.

Низьковуглецеві системи удобрення забезпечили високий рівень родючості сірого лісового ґрунту за внесення нітроамофоски як насиченої NPK, так і у чистому вигляді, на цих варіантах вміст азоту легкогідролізного знаходиться в межах 52–56 мг/кг, рухомих форм P_2O_5 – 227–236 і K_2O – 220–234 мг/кг.

Тому, встановлено, що відтворення родючості сірого лісового ґрунту можливо досягти за органічних і органо-мінеральних систем удобрення із внесенням 6 і 12 т гною ВРХ на 1 га сівозмінної площі і застосуванням органо-мінеральних біоактивних добрив – органік у дозах 1 і 2 т/га. За низьковуглецевих систем удобрення найвищі показники макроелементів (N, P_2O_5, K_2O) визначено за сумісного застосування біовугілля – 200 кг/га, і нітроамаофоски у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ із збільшенням їх значень на 25–30 % порівняно із чистим біочаром і композиціями насиченими гуматами і біотою.

Показники чисельності мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп у ґрунті за низьковуглецевих систем удобрення

У дослідженнях визначали чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних та таксономічних груп, які дозволяють охарактеризувати стан мікробіоценозу агроекосистем. Для оцінки стану ґрунтової мікробіоти та спрямування основних біохімічних процесів використовували загальноприйняті у ґрунтовій мікробіології методи [27, 28].

Ефективність мікробіоти ґрунту та її значення у системі «ґрунт-мікроорганізми-рослина». Ґрунт є природним, неконсолідованим матеріалом із мінералів та органічної речовини, який забезпечує живі організми ресурсами для виживання. Його можна вважати одним із найскладніших середовищ існування, що підтримує біорізноманіття. Ґрунт можна визначити як сукупність живих організмів, що співіснують у ньому, включаючи рослини, тварин і мікроорганізми та абіотичне середовище навколо них. В 1 г ґрунту може міститись кілометр гіф грибів і близько 10^9 клітин еубактерій та археїв, що належать до десятків тисяч видів, більшість з яких не можуть бути культивованими в лабораторних умовах.

Мікроорганізми ґрунту класифікують на фізіологічні групи, які беруть участь у різних біологічних процесах: амоніфікатори, азотзв'язуючі, нітратредуктори, бактерії та гриби, що руйнують целюлозу та інші важливі компоненти рослин. Мікробіота відповідає за ряд біологічних процесів, що відбуваються в ґрунті, від мобілізації хімічних елементів до їх накопичення. Встановлення інтенсивності ґрунтово-біологічних процесів при вивченні динаміки ґрунту за різних систем удобрення, в якій відображається стан системи

«ґрунт – мікроорганізми – рослини» є важливим при проведенні даних досліджень. Також, необхідно зазначити, що мікробіоценоз (показники чисельності та таксономічної структури) – дуже мінливий показник та змінюється як у просторі так і у часі, залежить від рослини, погодних умов, типу ґрунту та застосованої агротехніки.

Як відомо, на мікробну активність ґрунту впливають різні екологічні чинники як антропогенного, так і природного походження. Особливо важливим для розвитку мікроорганізмів є застосування обробітку ґрунту й агрохімічне навантаження на агроекосистему.

Зазвичай, найвищою чисельністю мікроорганізмів характеризується верхній пухкий родючий шар (0–20 см), незалежно від типу ґрунту, вирощуваних рослин та агротехніки. Ґрунт ближче до поверхні землі, містить більше органічних та інших доступних поживних речовин, що приводить до більшого біорізноманіття, тоді як дефіцит поживних речовин та мікробіологічну бідність можна спостерігати в більш глибоких шарах ґрунту.

Вплив різних композицій біочару та новітніх добрив на зміну показників чисельності мікроорганізмів у сірому лісовому ґрунті. Функціонування ґрунтової біоти є одним із найважливіших факторів, що сприяють структуруванню ґрунту. Для проведення мікробіологічного аналізу сірого лісового ґрунту зразки відбирали на глибину орного шару (0–20 см) під посівами сої у період кінець бутонізації - початок цвітіння (23.07.2025 р).

За результатами досліджень встановлено, що чисельність бактерій, що використовують органічний азот була найвищою за внесення ОМБД – органік в дозі 1 т/га – 22,87 ± 2,71 млн КУО/г ґрунту, а за внесення чистої нітроамофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$ відбувалося зниження до 13,22 ± 0,32 млн КУО/г ґрунту, за насичення її біочаром показники знижувалися на 33 %, а за сумісного застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Біочар – 200 кг/га - на 83 %. За внесення Біочар – 200, кг/га + Гумат + Перліт чисельність цієї групи мікроорганізмів знаходилася на рівні контролю – 11,10 ± 0,27 млн КУО г/ґрунту, за застосування чистого біочару у дозі 400 кг/га, насиченого біотою, ці показники були нижчими на 50 %. Значення бактерій, що використовують органічний азот у процесі мінерального живлення рослин неоднозначне, з одного боку, вони відіграють важливу роль у мінералізації органічної речовини ґрунту, використовуючи білки, аміно- і нуклеїнові кислоти, як джерело живлення, з іншого - вони беруть участь у регулюванні балансу азоту в агроекосистемах і впливають на родючість ґрунту за рахунок проходження процесів гумусоутворення (табл 5.4).

Таблиця 5.4. **Структура мікроорганізмів основних еколого-трофічних і таксономічних груп сірого лісового ґрунту за різних систем удобрення в агроценозі сої, 2025 р.**

Удобрення	Бактерії, що використо-вують органічний азот, млн КУО г/ґрунту	Мікроміцети, тис. КУО г/ґрунту	КАА		Оліготрофи, млн КУО г/ґрунту	Педотрофи, млн КУО г/ґрунту
			мікро-організми, що використо-вують мінеральний азот, млн КУО г/ґрунту	стрептоміцети, млн КУО г/ґрунту		
Без добрив (контроль)	11,10±0,27	2,15±0,24	3,97±0,11	1,86±0,22	2,40±0,72	1,07±0,07
6 т/га гною ВРХ	11,63±1,12	3,63±0,65	2,73±0,11	1,13±0,22	3,96±0,76	2,83±0,34
12 т/га гною ВРХ	2,49±0,06	4,99±0,55	1,57±0,08	1,18±0,13	1,00±0,07	4,03±0,13
Біочар – 400 кг/га + Біота	5,45±0,55	2,54±0,21	4,03±0,61	2,83±0,23	6,69±0,26	1,91±0,25
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт	11,29±0,23	4,74±0,18	5,83±0,23	3,17±0,29	3,83±0,37	1,42±0,08
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт + Біота	2,50±0,21	17,15±1,13	1,54±0,06	1,75±0,05	1,04±0,12	5,86±0,76
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	8,93±0,46	24,66±4,35	3,14±0,09	1,82±0,16	4,61±0,44	1,14±0,17
$N_{30}P_{30}K_{30}$	13,22±0,32	32,16±5,21	9,93±0,93	7,36±0,94	5,61±0,44	4,32±0,11
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + біочар – 200 кг/га	2,14±0,19	12,14±0,31	1,43±0,16	1,68±0,07	4,25±0,14	1,86±0,12
ОМБД - органік 1 т/га	22,87±2,71	27,87±2,78	6,43±0,62	4,65±0,56	6,68±1,14	3,61±0,12
ОМБД - органік 2 т/га	3,97±0,17	2,17±0,32	1,48±0,13	0,90±0,08	1,01±0,05	3,14±0,22

Якщо розглядати окремі досліджені групи мікроорганізмів, то треба звернути увагу на одну із найважливіших груп бактерій – оліготрофи (азотфіксувальні або діазотрофи). Вони відіграють важливу роль у формуванні азотного балансу ґрунту та здатні до асиміляції молекулярного азоту атмосфери і трансформації його в доступну рослинам аміачну форму. Всі представники цієї еколого-трофічної групи здатні фіксувати атмосферний азот, збагачуючи при цьому ґрунт біологічним азотом.

Встановлено, що всі досліджувані варіанти характеризувались 100

відсотковим (%) обростанням ґрунтових грудочок бактеріями роду Azotobacter, що свідчить про високий рівень окультуреності ґрунту та прояву симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій на посіві сої.

Кількісний склад і співвідношення окремих представників у мікробному ценозі ґрунту значною мірою залежить від способу обробітку ґрунту, надходження в ґрунт рослинних решток, які насамперед трансформуються під впливом неспорових бактерій та мікроскопічних грибів, а на пізніших стадіях цього процесу – бацил та актиноміцетів.

Встановлено, що домінуючими представниками досліджуваних зразків ґрунту були бактерії, що використовують органічний азот, мікроорганізми, що використовують мінеральний азот, та мікроміцети.

Найнижчий рівень мікроміцетів визначено на контролі (без добрив) – 2,15 ± 0,24 тис. КУО г/ґрунту, а також за застосування Біочар, 400 кг/га + Біота – 2,54 ± 0,21 і Біочар – 200 кг/га + Гумат+Перліт – 4,74 ± 0,18 тис. КУО г/ґрунту. Найвища чисельність мікроскопічних грибів встановлена за застосування нітроамофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$, насиченої біочаром – 24,66 ± 4,35, ОМБД–органік, 1 т/га – 27,87 ± 2,78 тис. КУО і чистої нітроамофоски – 32,16 ± 5,21 тис. КУО г/ґрунту. Основною функцією мікроміцетів є деструкція полімерних рослинних решток, вони здатні використовувати широкий спектр органічних речовин, як джерело енергії та вуглецю, що може призвести до посилення процесів дегуміфікації у ґрунті.

Характеризуючи кількість мікроорганізмів, які здатні засвоювати неорганічні (мінеральні) форми азоту (NH_4^+, NO_2^- і NO_3^-) та включати їх до складу клітинних сполук, що в подальшому призводить до іммобілізації N у ґрунті, нами визначено такі тенденції.

Найвища чисельність мікроорганізмів цієї групи – 9,93 ± 0,93 млн КУО г/ґрунту визначено за внесення чистої нітроамофоски у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$. Доповнення до неї 200 кг/га Біочару знижує кількість мікроорганізмів в 6,8 разів до 1,43 ± 0,16, за показника на контролі – 3,97 ± 0,11 млн КУО на 1 г ґрунту. Виявлено, що при застосуванні ОМБД–органік у дозі 1 т/га у відновлюваній системі удобрення чисельність мікроорганізмів, що використовують мінеральний азот, зростала до 6,43±0,62 млн КУО на 1 г/ґрунту, натомість за подвоєння дози до 2 т/га відбулося зниження у 4 рази до 1,48 ± 0,13 млн КУО на 1 г/ґрунту (рис. 5.1).

Найнижчі показники чисельності мікроорганізмів, що використовують мінеральний азот, визначено за застосування Біочар + Біота – 400 кг/га – 4,03 ± 0,09; $N_{30}P_{30}K_{30,}$ насичений біочаром – 3,14 ± 0,09 і Біочар + Гумат + Перліт + Біота, 200 кг/га – 1,54 ± 0,06 млн КУО г/ґрунту.

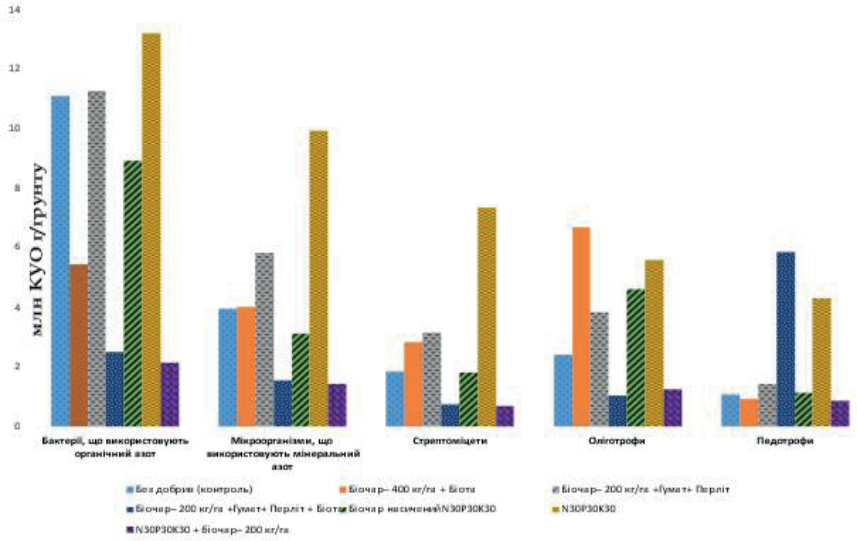


Рис. 5.1. Структура мікроорганізмів основних еколого-таксономічних груп за різних композицій біочару і новітніх добрив в агроценозі сої, 2025 р.

Отже, за результатами досліджень можливо зробити висновок, що застосування різних композицій біочару приводить до зменшення процесів іммобілізації мінерального азоту в ґрунті в 3,2−6,3 раза порівняно із суто мінеральною системою удобрення.

Найвищу кількість стрептоміцетів, що беруть участь у мінералізації рослинних решток та розкладанні гумусу, визначено за застосування Біочар + Гумат + Перліт – 200 кг/га, та чистої нітроамофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$, де вони становлять відповідно 3,17 ± 0,29 і 7,36 ± 0,94 за показника на контролі 1,86 ± 0,22 млн КУО г/ґрунту. За доповнення до нітроамофоски 200 кг/га біочару, а також насичення ним комплексних добрив, кількість стрептоміцетів у ґрунті зменшується відповідно в 4,5 і 4,0 рази.

Мікроорганізми, що використовують органічні речовини, а також активність яких пов’язана з надходженням цих речовин у ґрунт, С.М. Виноградський назвав зимогенною мікрофлорою, тоді як мікроорганізми, що розкладають гумусові сполуки, він відніс до автохтонної мікрофлори. Значний вплив на поширення в ґрунті тих чи інших груп мікроорганізмів спричиняють кореневі виділення рослин.

Збільшення чисельності оліготрофної мікрофлори вказує на зменшення поживних речовин, які необхідні для життєдіяльності ґрунтового мікробіоценозу, оскільки оліготрофна мікрофлора інтенсивно розвивається на збіднених ґрунтах, що обумовлено їх трофічною специфічністю та відсутністю конкуренції. У ґрунтах, де процеси мінералізації органічних сполук протікають повільно, превалюють спороутворюючі бактерії, що споживають органічні форми азоту.

Найбільший рівень оліготрофів – 6,69 ± 0,26 млн КУО г/ґрунту визначено за застосування Біочар + Біота – 400 кг/га, за показника на контролі – 2,40 млн КУО г /ґрунту. За мінеральної системи удобрення – внесення нітроамофоски у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ - кількість оліготрофних мікроорганізмів становила 5,61 ± 0,44 млн КУО г /ґрунту, зменшення цих показників на 21 і 32% визначено на варіантах із застосуванням $N_{30}P_{30}K_{30}$ насиченою біочаром і $N_{30}P_{30}K_{30}$ + 200 кг/га біочар.

Отже, встановлено, що застосування різних композицій біочару із насиченням його біотою, гуматами і додаванням перліту, а також сумісного внесення із $N_{30}P_{30}K_{30}$ позитивно вплинуло на проходження мікробіологічних процесів у сірому лісовому ґрунті. Визначено, що внесення різних композицій біочару порівняно із мінеральною системою удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ зменшувало чисельність мікроорганізмів, що використовують органічний азот на 33–83%, а також пониження процесів іммобілізації мінерального азоту у ґрунті в 3,2 і 6,3 раза та зменшення кількості стрептоміцетів, що беруть участь у мінералізації органічних решток і розкладанні гумусу, в 4,0–4,5 раза.

Зміна показників емісії CO_2 у сірому лісовому грунті за застосування традиційних і новітніх видів добрив. Головна мета низьковуглецевого землеробства полягає у максимальній реалізації здатності ґрунту виступати природним депозитарієм вуглецю, який може довгостроково утримувати його у стабільних формах.

Дихання ґрунту (емісія CO_2) − це сумарний показник біологічної активності, що відображає інтенсивність мінералізації органічної речовини мікроорганізмами та дихання кореневої системи рослин. А система удобрення є одним із головних факторів, що регулюють процеси емісії CO_2 у ґрунті.

У агроценозі ячменю ярого визначено, що на контролі без добрив концентрація CO_2 у приземному шарі повітря становила 673 ppm. За органічної системи удобрення за внесення 6 і 12 т/га гною ВРХ емісія CO_2 знаходилась на рівні контролю і становила 633–670 ppm (табл. 5.5). Найвищий приріст концентрації CO_2 – 301 ppm або 45 % до контролю визначено за внесення органо-мінерального біоактивного добрива – 1 т/га, а за подвоєння дози ОМБД – органік до 2 т/га

відбулось зниження показника до 784 ppm на 16 % до контролю, що свідчить про стабілізацію процесів синтезу над мінералізацією органічної речовини сірого лісового ґрунту.

Таблиця 5.5. **Емісія CO_2 сірого лісового ґрунту під посівами за органічних, мінеральних і органо-мінеральних біоактивних добрив та різних композицій біочару, середнє за 2025 р.**

Удобрення	Показник емісії CO_2		
	ppm	До контролю	
		ppm	%
Ячмінь ярий			
Без добрив (контроль)	673		100
Гній ВРХ– 6 т/га	633	-40	94
Гній ВРХ – 12 т/га	670	-3	100
Біочар – 400 кг/га + Біота	833	160	124
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт	798	125	119
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт + Біота	801	128	119
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	740	67	110
$N_{30}P_{30}K_{30}$	764	91	114
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + біочар – 200 кг/га	736	64	109
ОМБД – органік1 т/га	973	301	145
ОМБД – органік 2 т/га	784	112	116
Гречка			
Без добрив (контроль)	1258		100
Гній ВРХ– 6 т/га	945	-313	75
Гній ВРХ – 12 т/га	912	-346	72
Біочар – 400 кг/га + Біота	806	-452	64
Біочар – 200 кг/га + Перліт + Гумат	767	-491	61
Біочар – 200 кг/га + Перліт +Гумат+ Біота	663	-595	53
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	780	-478	62
$N_{30}P_{30}K_{30}$	745	-513	59
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + біочар – 200 кг/га	739	-519	59
ОМБД – органік1 т/га	923	-335	73
ОМБД – органік 2 т/га	749	-509	60
Соя			
Без добрив (контроль)	928		100
Гній ВРХ– 6 т/га	646	-282	70
Гній ВРХ – 12 т/га	895	-33	96
Біочар – 400 кг/га + Біота	720	-208	78
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт	802	-126	86
Біочар – 200 кг/га + Перліт + Гумат+ Біота	733	-195	79
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	815	-113	88
$N_{30}P_{30}K_{30}$	715	-213	77
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + біочар – 200 кг/га	740	-188	80
ОМБД – органік1 т/га	821	-107	88
ОМБД – органік 2 т/га	835	-93	90
$НІР_{05}$ для ячменю ярого – 63 ppm; для гречки – 106 ppm; для сої – 56 ppm			

За низьковуглецевих систем удобрення встановлено, що показники емісії CO_2 за внесення Біочару – 400 кг/га + біота досягали 833 ppm із перевищенням на 24 % до контролю. За застосування Біочару разом з перлітом насиченим гуматом і біотою відбулось зниження концентрації CO_2 до 19 %. За внесення нітроамофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$ у чистому вигляді концентрація CO_2 у приземному шарі ґрунту становила 764 ppm, або 14 % до контролю. Найбільші показники емісії CO_2 – 736 ppm із 9 % приростом до контролю визначено на варіанті із сумісним застосуванням 200 кг Біочару + $N_{30}P_{30}K_{30}$.

В агроценозі гречки встановлена чітка тенденція до зниження емісії вуглекислого газу за різних систем удобрення: органічної, мінеральної, органо-мінеральної і низьковуглецевої порівняно з контролем без добрив, де концентрація CO_2 була найвищою і становила 1258 ppm, що пояснюється проходженням активної фази цвітіння культури, а також значними запасами вологи в період визначення показників емісії CO_2.

За внесення гною ВРХ в дозах 6 і 12 т/га сівозмінної площі встановлено зниження концентрації CO_2 у приземному шарі повітря на 313 і 346 ppm, що становило 75 і 72% до контролю. Показники емісії CO_2 за застосування 1 т/га ОМБД-органік знаходились на рівні органічної системи удобрення – 923 ppm, а подвоєння дози ОМБД-органік до 2 т/га позитивно впливає, як на мінеральне живлення рослин гречки, так і дозволяє отримати найнижчу концентрацію CO_2 – 749 ppm із зниженням показника емісії на 509 ppm, або 60% порівняно до контролю (без добрив).

За низьковуглецевих систем удобрення внесення нітроамофоски у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ у чистому вигляді, а також сумісно із 200 кг/га Біочару концентрація діоксиду карбону була майже на одному рівні і становила відповідно 745 і 739 ppm та мала від'ємне значення (-513) і (-519) ppm порівняно з контролем.

За застосування різних композицій біочару встановлена чітка закономірність зниження емісії CO_2 порівняно з контролем у такій послідовності: на 36% – Біочар – 400 кг/га + біота; на 38% – Біочар, насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$; на 39% – Біочар + Перліт + Гумат + Біота. Найнижчий рівень виділення діоксиду карбону на всіх удобрених варіантах 663 ppm із зниженням на 47% порівняно з контролем встановлено за внесення 200 кг/га Біочар + Перліт + Гумат + Біота.

В агроценозі сої зміни концентрації CO_2 у приземному шарі повітря мали такі тенденції, як і за вирощування гречки. Так, максимальні значення емісії CO_2 визначено на контролі, без добрив – 928 ppm.

За органічних систем удобрення, за внесення гною ВРХ у дозі 6 т/га сівозмінної площі встановлено найнижчі значення діоксиду карбону – 646 ppm, з від'ємним приростом (-282) ppm і 70 % до контролю. Натомість, за збільшення дози гною ВРХ до 12 т на 1 га ріллі емісія CO_2 з ґрунту значно підвищилась до 895 ppm, або 96% до неудобреного варіанта. На відміну від агроценозів ячменю ярого і гречки на посівах сої не відмічено значної диференціації концентрації CO_2 у приземному шарі повітря за внесення 1 і 2 т/га органо-мінеральних біоактивних добрив – органік, де показники емісії діоксиду карбону становили відповідно 821 і 835 ppm і були нижчими на 107 і 93 ppm порівняно з контролем.

За низьковуглецевих систем удобрення визначено найнижчі показники емісії CO_2 – 715 ppm за внесення нітроамофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$, насиченої біочаром, що на 9 % нижче, ніж за застосування чистої нітроамофоски у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 815 ppm.

Також, перспективними композиціями біочару встановлені такі варіанти із відповідним зниженням емісії CO_2 порівняно з контролем: на 14 % – Біочар + Перліт + Гумат, на 21 % –Біочар + Перліт + Гумат + Бота і на 22 % – Біочар – 400 т/га +Біота із відповідними показниками емісії CO_2 – 802, 733 і 720 ppm.

Отже, в агроценозах гречки і сої визначена тенденція до зниження концентрації CO_2 у приземному шарі повітря за органічної системи удобрення на 4–20 %, за органо-мінеральної (застосування ОМБД – органік) на 12–40 %, за низьковуглецевої із внесенням різних композицій біовугілля, насичених біотою і гуматним добривом із додаванням перліту, як окремо, так із мінеральними добривами на 21–41 % порівняно з контролем. Найнижчий рівень емісії діоксиду карбону із зниженням на 47 % визначено за внесення 200 кг/га Біочар+Перліт+Гумат+Біота порівняно із неудобреним варіантом. Встановлено, що в агроценозі ячменю ярого показники емісії CO_2, за низьковуглецевої системи удобрення знаходилися на рівні контролю із незначним перевищенням – 9–24%, тоді як за органічної і органо-мінеральної приріст значень діоксиду карбону досягав 24–45 %.

5.2. Ефективність низьковуглецевих систем удобрення адаптованих до змін клімату

Урожайність сільськогосподарських культур за органічних, органо-мінеральних і низьковуглецевих систем удобрення

Дослідженнями визначено, що найвищий рівень урожайності зерна

ячменю ярого отримано за органо-мінеральної і органічної систем удобрення: за внесення 2 т/га ОМБД – органік – 4,18 т/га і 12 т/га гною ВРХ сівозмінної площі – 4,38 т/га із приростом відповідно 1,26 і 1,46 т/га, або 43 і 48% порівняно з контролем. Зниження дози добрив удвічі привело до одержання продуктивності зерна ячменю ярого майже на однаковому рівні 3,82 і 3,94 т/га із приростом 33 і 34 % до неудобреного варіанта.

За низьковуглецевих систем удобрення найефективнішими визначено варіанти із сумісним застосуванням Біочар – 200 кг/га+ $N_{30}P_{30}K_{30}$, а також Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$ із рівнем врожайності зерна ячменю ярого 3,82 і 4,0 т/га із значенням приросту до контролю, відповідно, 36 і 37 %. За внесення чистої нітроамофоски у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ відбулося зниження урожайності зерна на 6–7 % порівняно із біочарними варіантами, але із значним приростом до контролю – 0,86 т/га, або 30 % (рис. 5.2).

Застосування різних композицій біочару мало нижчу ефективність порівняно із удобреними варіантами. Так за внесення його у дозі 400 кг/га + Біота дозволило отримати приріст 7 %, або 0,21 т/га, за введення в композицію гумату і перліту та зниження дози внесення до 200 кг/га відмічали приріст до 0,37 т/га (13 %), а за комплексного поєднання Біочар – 200 кг/га +Гумат + Перліт + Біота – до 0,44 т/га (15 %) порівняно до контролю без добрив.

Гречка – культура, яка специфічно реагує на високий рівень мінерального живлення рослин. За результатами досліджень встановлено, що найнижчий рівень урожайності зерна одержано на контролі без добрив − 1,94 т/га.

Найбільш ефективною системою удобрення за вирощування гречки визначено органо-мінеральну із застосуванням ОМБД–органік у дозах 1 і 2 т/га, де показники урожайності досягали значень 2,77 і 2,95 т/га із приростом до контролю, відповідно, 0,83 (41 %) і 1,01 т/га (49 %) (рис. 5.3).

У зв'язку з тим, що культура використовує 2–й рік післядії внесення органічних добрив, прирости від внесення 6 і 12 т/га гною ВРХ були на нижчому рівні, ніж за вирощування ячменю ярого, та становили 26 і 38% порівняно із неудобреним варіантом із рівнем урожайності відповідно 2,44 і 2,68 т/га.

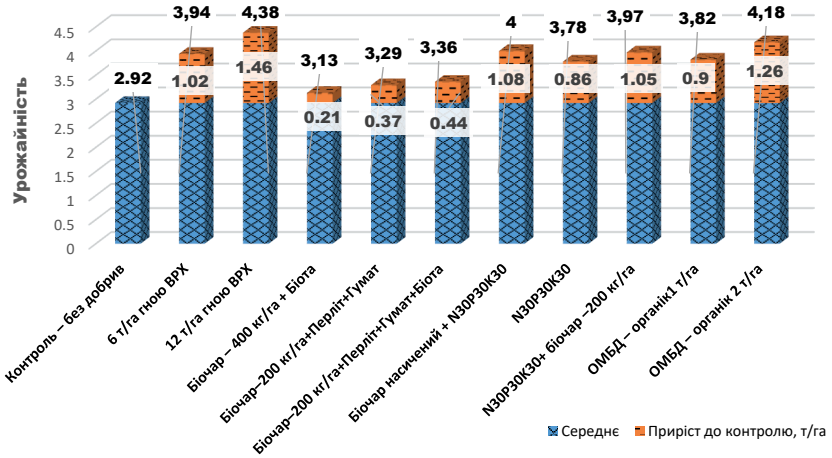


Рис. 5.2. Урожайність зерна ячменю ярого за органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив та різних композицій біочару, 2025 р., т/га

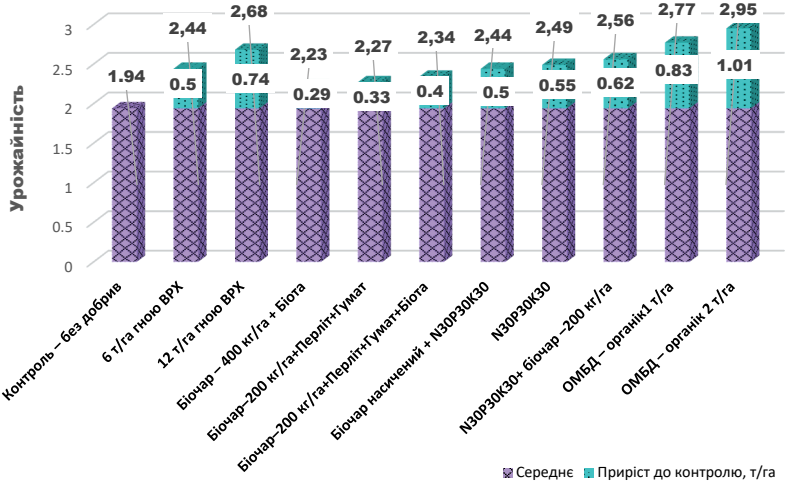


Рис. 5.3. Урожайність зерна гречки за органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив та різних композицій біочару, 2025 р., т/га

За низьковуглецевих систем удобрення найефективнішою композицією визначено поєднання Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт + Біота із приростом урожаю зерна гречки до 20 %, із наступним зменшення до 17 % за внесення Біочар, 200 кг/га + Перліт + Біота і до 15 % за подвоєння дози Біочару до 400 кг/га із насиченням біотою порівняно з контролем і рівнем урожайності відповідно 2,34, 2,27 і 2,23 т/га.

Порівнюючи ефективність застосування нітроамофоски у дозі $N_{30}P_{30}K_{30,}$, необхідно відмітити, що у чистому вигляді відносно контролю отримано приріст урожайності гречки в межах 0,55 т/га (28 %), за насичення NPK біочаром – 0,5 т/га (26 %) і 0,62 т/га (32 %) за сумісного внесення 200 кг/га Біочару + $N_{30}P_{30}K_{30}$.

За вирощування сої визначено, що найнижчу урожайність зерна отримано на контролі без добрив – 2,37 т/га. За низьковуглецевих систем удобрення рівень врожайності сої зростав у такій послідовності: за внесення Біочар – 400 кг/га + Біота – 2,49 т/га; Біочар, 200 кг/га + Гумат + Перліт – 2,60 т/га, а доповнення до цієї композиції біоти – 2,68 т/га із відповідним приростом до контролю 5%, 10 і 13 %.

Встановлено позитивний ефект від внесення нітроамофоски у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$, як у чистому вигляді, так і сумісного застосування її з біочаром, де прирости врожаю сої до контролю становили 0,48 т/га, 055 і 0,64 т/га за рівня урожайності зерна відповідно – 2,85 т/га, 2,92, і 3,01 т/га із перевищенням показників на 15–21% порівняно із чистим застосуванням біочару.

Встановлено, що за органічної системи удобрення, за внесення 6 і 12 т/га гною ВРХ рівень урожайності сої займав проміжне положення між внесенням нітроамофоски - як насиченої біочаром, так і у чистому вигляді у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ і становив 2,80 і 2,93 т/га із приростом до контролю 0,43 і 0,56 т/га, або 18 і 24 % відповідно.

Найвищу урожайність зерна сої 2,94 і 3,20 т/га забезпечила органо-мінеральна система удобрення із внесенням ОМБД – органік у дозах 1 і 2 т/га із приростом до контролю без добрив на 24 – 35 % відповідно (рис. 5.4).

Підсумовуючи зазначене вище, можна зробити висновок про перспективність застосування низьковуглецевої системи удобрення із внесенням різних композицій біовугілля та насичення його біотою із додаванням перліту, де прирости урожайності культур ланки сівозміни становили 5–15%, а за сумісного застосування біовугілля із нітроамофоскою як окремо, так і її насиченням у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ досягали 26–32 % порівняно з контролем. Найперспективнішою системою удобрення визначено органо-мінеральну із застосуванням органо-мінеральних біоактивних добрив – органік у дозах 1 і 2 т/га із приростом 34–49 %

порівняно із показником урожайності на контролі без добрив: для ячменю ярого – 2,92 т/га, гречки – 1,94 т/га і сої – 2,37 т/га.

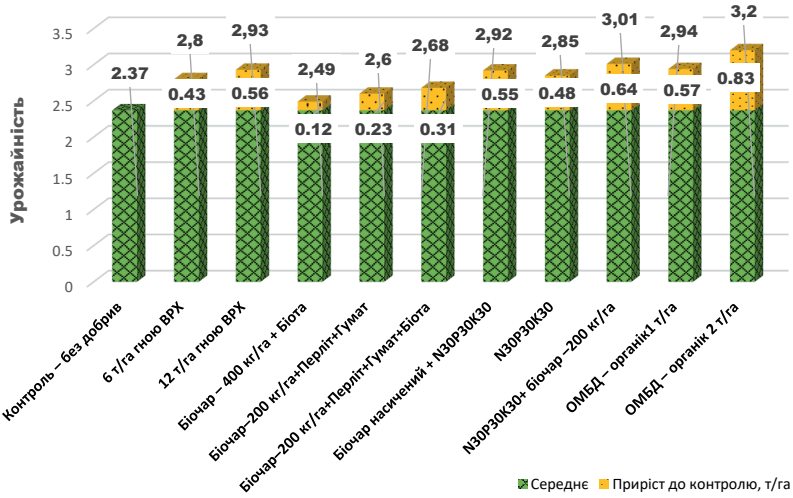


Рис. 5.4. Урожайність зерна сої за органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив та різних композицій біочару, 2025 р., т/га

Якість основної продукції за різних систем удобрення. Основними показниками якості зернових і зернобобових культур вважаються значення вмісту в зерні протеїну, білка, клітковини – змінних величин, що підлягають впливу добрив, а також жиру, золи і зольних елементи фосфору і калію – генетично залежні показники, що слабко реагують на зовнішні впливи.

Якісні показники в основній продукції рослинництва тісно залежать від рівня азотного живлення рослин, адже протеїн і білок є похідними від органічних сполук.

Ячмінь ярий – цінна кормова і пивоварна культура, яка позитивно реагує на збалансоване мінеральне живлення. За рік досліджень відмічали такі тенденції зміни якості зерна, як зростання вмісту протеїну від 11,93 % за органо-мінеральної системи удобрення із внесенням 1 т/га ОМБД – органік до 12,45 % за внесення Біочара, насиченого $N_{30}P_{30}K_{30}$. Близькі значення мало застосування Біочар – 400 кг/га + Біота – 12,43 %. Натомість, застосування чистої

нітроамофоски призвело до зниження вмісту протеїну на 0,11 % до 12,34 %, що свідчить про позитивний ефект від синергічної дії біочару в складі гранули мінерального добрива. Вміст жиру і крохмалю мав тенденцію до зростання залежно від оптимізації мінерального живлення. Так, найнижчі значення встановлено на контролі – 3,11 і 55,54 % відповідно, натомість за внесення Біочар – 200 кг/га + Гумат + Перліт та Біочар, 200 кг/га + Гумат + Перліт + Біота відбувалося зростання показників вмісту жиру до 3,20 і 3,28 %, крохмалю – до 55,73 та 55,20 %. Застосування Біочар – 400 кг/га + Біота на відміну від інших варіантів призвело до зниження вмісту крохмалю до 54,38 % (табл. 5.6).

Таблиця 5.6. **Якісні показники зерна ячменю ярого за органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив та різних композицій біочару, 2025 р.**

Удобрення	Вміст, %								
	протеїну	білка	клітковини	золи	жиру	крохмалю	P_2O_5	K_2O	гігроскопічної
Без добрив (контроль)	12,03	11,08	5,24	2,60	3,11	55,04	0,75	0,48	10,23
Гній ВРХ– 6 т/га	12,06	11,00	5,23	2,60	3,12	55,28	0,74	0,49	10,25
Гній ВРХ – 12 т/га	12,18	11,12	5,36	2,64	3,25	55,10	0,75	0,49	10,28
Біочар – 400 кг/га + Біота	12,43	11,36	5,38	2,65	3,27	54,38	0,78	0,49	9,96
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт	12,15	11,13	5,28	2,63	3,20	55,73	0,74	0,50	9,94
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт + Біота	12,18	11,15	5,23	2,65	3,28	55,20	0,75	0,48	9,77
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	12,45	11,40	5,32	2,67	3,35	55,90	0,80	0,49	9,69
$N_{30}P_{30}K_{30}$	12,34	11,22	5,28	2,65	3,30	55,12	0,71	0,49	9,80
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + біочар – 200 кг/га	12,35	11,24	5,30	2,68	3,25	56,69	0,74	0,48	9,89
ОМБД-органік - 1 т/га	11,93	10,83	4,60	2,43	2,88	54,93	2,88	0,73	10,03
ОМБД-органік - 2 т/га	12,10	10,96	4,62	2,46	2,92	54,70	2,90	0,74	9,57

Внесення різних композицій нітроамофоски: $N_{30}P_{30}K_{30,}$ Біочара, насиченого $N_{30}P_{30}K_{30}$, та $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Біочар – 200 кг/га - засвідчили значну ефективність їх

застосування на формування високих якісних показників зерна ячменю ярого. Так, вміст протеїну досягав значень 12,45, 12,34, 12,35 %, жиру – 3,35, 3,30, 3,25 %, крохмалю – 55,90 %, 55,12, 56,69 %, що свідчить про перспективність застосування таких композицій за вирощування ячменю ярого.

За органічної (6 і 12 т/га гною ВРХ) і органо-мінеральної (1 і 2 т/га ОМБД – органік) систем удобрення встановлено наближені до контролю показники вмісту білка і протеїну, що пояснюється ростовим розбавленням через значне зростання продуктивності культури. Внесення ОМБД – органік у дозах 1 і 2 т/га призвело до зниження вмісту клітковини до 4,60–4,62 %, що поступалося на 10–12 абсолютних відсотків порівняно з контролем і низьковуглецевою системою удобрення.

Гречка займає провідну роль у продовольчих потребах людини, а отже вагоме значення має отримання високоякісної продукції.

За вмістом зольних елементів простежувалися такі тенденції: найнижчий вміст в зерні гречки P_2O_5 і K_2O встановлено на контролі без добрив 0,67 і 0,39 % відповідно. (табл. 5.7).

Таблиця 5.7. **Якісні показники зерна гречки за органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив та різних композицій біочару, 2025 р.**

Удобрення	Протеїн	Білок	Жир	P_2O_5	K_2O	Гігроскопічна вологa
Без добрив (контроль)	13,14	12,07	3,17	0,67	0,39	12,84
Гній ВРХ– 6 т/га	13,28	12,20	3,29	0,69	0,40	12,14
Гній ВРХ – 12 т/га	13,21	12,14	3,20	0,68	0,39	12,37
Біочар – 400 кг/га + Біота	13,35	12,28	3,34	0,69	0,40	11,51
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт	13,33	12,24	3,37	0,69	0,41	11,59
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт + Біота	13,44	12,37	3,35	0,69	0,41	11,63
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	13,51	12,46	3,39	0,70	0,42	11,89
$N_{30}P_{30}K_{30}$	13,57	12,50	3,44	0,71	0,42	11,34
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + біочар – 200 кг/га	13,48	12,41	3,38	0,70	0,40	11,32
ОМБД-органік - 1 т/га	13,40	12,38	3,30	0,69	0,39	11,28
ОМБД-органік - 2 т/га	13,51	12,47	3,49	0,69	0,39	11,04

Залежно від зростання агрохімічного навантаження відбувалося і зростання вмісту фосфору і калію в зерні до 0,69 і 0,41 %. Найнижчі показники вмісту протеїну і білку в зерні гречки визначено на контролі – 13,14 і 12,07 % із

зростанням до 13,33 та 12,24 % за внесення Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт. За подвоєння дози Біочару до 400 кг/га значення протеїну і білка знаходилися у межах контролю, що може свідчити про те, що високі дози біочару в чистому вигляді відчутно не впливають на якісні показники зерна гречки.

За органічної і відновлюваної систем удобрення визначено комплексне зростання якісних показників зерна гречки. Найвищий уміст протеїну – 13,51 і білка – 12,47 % встановлено за внесення ОМБД–органік у дозі 2 т/га, ці значення відповідали рівню варіанту Біочар, насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$. Найвищі показники жиру – 3,49 % із приростом 0,32%, або 10 абсолютних відсотків порівняно з контролем – 3,17 % визначено за органо-мінеральної системи удобрення. Застосування гною ВРХ у дозах 6 і 12 т/га дало змогу отримати показники якості зерна гречки, що перевищували контроль без добрив, але поступалися як низьковуглецевій, так і органо-мінеральній системам удобрення.

За низьковуглецевих систем удобрення визначена чітка тенденція до покращення якісних показників зерна сої (табл. 5.8).

Таблиця 5.8. **Якісні показники зерна сої за органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив та різних композицій біочару, 2025 р.**

Удобрення	**Протеїн**	**Клітковина**	**Зола**	**Жир**	**P_2O_5**	**K_2O**	**Гігроскопічна волога**
Без добрив (контроль)	30,03	7,45	4,28	21,88	1,28	1,58	10,00
Гній ВРХ– 6 т/га	33,65	7,28	4,38	22,06	1,34	1,63	9,15
Гній ВРХ – 12 т/га	33,27	7,63	4,32	22,42	1,33	1,60	9,64
Біочар – 400 кг/га + Біота	30,00	7,24	4,30	22,35	1,29	1,60	9,24
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт	33,03	7,28	4,31	22,07	1,29	1,60	9,38
Біочар – 200 кг/га +Гумат+ Перліт + Біота	35,43	7,81	4,33	22,43	1,30	1,60	9,61
Біочар насичений $N_{30}P_{30}K_{30}$	32,40	7,64	4,30	22,00	1,29	1,60	9,84
$N_{30}P_{30}K_{30}$	34,39	7,40	4,35	22,35	1,30	1,61	9,23
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + біочар – 200 кг/га	35,02	7,30	4,39	22,44	1,30	1,61	9,46
ОМБД-органік - 1 т/га	30,62	7,84	4,30	22,24	1,28	1,59	9,88
ОМБД-органік - 2 т/га	29,95	7,31	4,28	22,01	1,28	1,58	9,50

Найвищий вміст протеїну – 35,02 і 35,43 % – забезпечує внесення Біочар – 200 кг/га + $N_{30}P_{30}K_{30}$ та Біочар, 200 кг/га + Гумат + Перліт + Біота. Подвоєння дози біочару до 400 кг/га призвело до зниження показника протеїну до рівня контролю – 30,03 %. За органічних систем удобрення (6 і 12 т/га гною ВРХ сівозмінної площі) значення протеїну на 2–36 % перевищували, як органо-мінеральну так і контроль без добрив.

Визначено високі показники жиру в зерні сої за всіх систем удобрення, а найвищий його вміст 22,42 і 22,44 % отримано на варіантах Біочар – 400 кг/га + Біота та Біочар – 200 кг/га + $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Органічна система удобрення за впливом на якісні показники зерна сої займала проміжні значення між низьковуглецевою системою та за застосування органо-мінеральних біоактивних добрив.

Таким чином, у досліді проаналізовано вплив різних композицій біовугілля і нітроамофоски, як окремо так і насиченою біотою на якісні показники зерна ячменю ярого, гречки та сої. Визначено тенденції до зростання умісту протеїну та білку за всіх систем удобрення: низьковуглецевих, органічних і органо-мінеральних.

Список використаних джерел

1. Мельник, В. О., Миронова Г. В. (2020). Вплив на екологічний стан ґрунтів інтенсивного землеробства та садівництва. *The scientific heritage , 48* (3) 8–13.
2. Балюк С.А. (2017). Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки, (8*), 5-11.
3. Мірошниченко М.М., Гладкіх Є.Ю., Ревтьє-Уварова А.В., Панасенко Є.В., Звонар А.М., Сорокотяга Г.В., Коваленко С.С., Смиченко В.М. (2018). Оптимізація живлення сільськогосподарських культур. *Агрохімія і грунтознавство, (87),* 82–91.
4. Маренич Т.Г. (2016). Інтенсифікація сільського господарства як основа сталого розвитку аграрної галузі. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, (172*), 17–33.
5. Дегодюк Е.Г. Раціональне застосування органо-мінеральних біоактивних добрив у землеробстві (Рекомендації).(2013). Київ. Аграрна наука.

6. Скрильник, Є., Артем'єва, К. (2022). Перспективи використання місцевих сировинних ресурсів у виробництві поліпшувачів ґрунту. *Вісник аграрної науки, 100*(4), 72–78.

7. Сакун А. О., Самойленко Н. М., Кутковий Д. О. (2025). Компостування як екологічно безпечний метод утилізації органічних відходів *Аграрні інновації, (33*), 241-245. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.40.

8. Vivek Ghimirey, Jay Chaurasia and Nobel Acharya Understanding soil carbon sequestration: mechanistic insights, management approaches, and future challenges Ghimirey et al. Discover Soil (2025) 2:101 https://doi.org/10.1007/s44378-025-00133-5.

9. Ліщук А.М., Городиська І. М., Терновий Ю. В., Кравчук Ю. А. (2025). Вплив сидерації на агрофізичні властивості ґрунту. *Збалансоване природокористування, (4),* 135-143. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2025.346184.

10. Заришняк А. С., Іваніна В. В., Колібабчук Т. В. (2012). Стабілізація біогенного балансу та продуктивність зерно-бурякової сівозміни. *Вісник аграрної науки, (4*), 26-30.

11. Chan K.Y., Xu Z. (2009). Biochar: nutrient properties and their enhancement. In: Lehmann J., Joseph S. (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London, 67-84.

12. Tanveer SK, Wen X, Lu XL, Zhang J, Liao Y. Tillage, mulch and N fertilizer affect emissions of CO2 under the rain fed condition. PLoS One. (2013). Sep 25;8(9):e72140. doi: 10.1371/journal.pone.0072140. PMID: 24086256; PMCID: PMC3783474.

13. Application of GIS technologies and remote sensing in precision farming I.O. Makedonska1, V.I. Zatserkovnyi1 and L.V. Tustan. (2018) 17th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects. 1 – 5 DOI: https://doi.org/10.3997/2214-4609.201801835.

14. Польовий В.М., Ященко Л.А., Ровна Г.Ф., Гук Б.В. (2024). Моніторинг емісійних потоків CO2 та балансу С органічного у провапнованому дерново-підзолистому ґрунті у полі ріпаку озимого. *Агробіологія, (1*), 131–139.

15. Rondon, M., J. A. Ramirez, and J. Lehmann. (2005) "Greenhouse gas emissions decrease with charcoal additions to tropical soils." Proceedings of the 3rd USDA symposium on greenhouse gases and carbon sequestration, baltimore, USA. (208).

16. Liu, Yuxue, et al. "Reducing CH4 and CO2 emissions from waterlogged

paddy soil with biochar. (2011). *Journal of Soils and Sediments, (11*), 930-939.

17. Демиденко, О. В., Величко В. А. (2014). Управління обігом вуглецю в агроценозах під впливом низьковуглецевих агротехнологій. *Вісник аграрної науки, (11)*, 46-52.

18. Chan K.Y., Van Zwieten L., Meszaros I., Downie A., Joseph S. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Soil Research, 45*(8), 629-634.

19. Lal R. (2008). Carbon sequestration. Philosophical Transactions of the Royal Society B: *Biological Sciences, 363*(1492), 815-830.

20. Rogovska, Natalia, et al. (2011). "Impact of biochar on manure carbon stabilization and greenhouse gas emissions. *Soil Science Society of America Journal, 75(*3), 871-879.

21. Xie, Z., Yu, Z., Li, Y. et al. (2022). Soil microbial metabolism on carbon and nitrogen transformation links the crop-residue contribution to soil organic carbon. npj Biofilms Microbiomes 8, 14. https://doi.org/10.1038/s41522-022-00277-0.

22. Jones, D. L., et al. (2011). Short-term biochar-induced increase in soil CO2 release is both biotically and abiotically mediated. *Soil Biology and Biochemistry, 43*, 8, 1723-1731.

23. Бунецький, В. А., Ганженко, О. М. Роїк М. В. (2018). Біочар– висококалорійне паливо та запорука великої врожайності. *Біоенергетика, (2*), 8-12.

24. Zhang, Afeng, et al. (2012). Effects of biochar amendment on soil quality, crop yield and greenhouse gas emission in a Chinese rice paddy: a field study of 2 consecutive rice growing cycles. *Field Crops Research, (127*), 153-160.

25. Liu, Yuxue, et al. (2011). Reducing CH_4 and CO_2 emissions from waterlogged paddy soil with biochar. *Journal of Soils and Sediments (11*), 930-939.

26. Методика визначення показників емісії парникових газів та деяких забруднюючих речовин від сільськогосподарських об'єктів і агроландшафтів методом безперервної автоматичної реєстрації. Методичні рекомендації. О. Бойко, М. Небилиця, О. Демиденко, О. Гавриш, О. Гончар, Т. Осокіна. Черкаси: Черкаська ДСБ НААН. (2024). 35.

27. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : моногр.; (Ed.) В. В. Волкогон (2010). К.: Аграна наука, 464.

28. Антипчук А.Ф. Піляшенко-Новохатний А.І., Євдокименко Т.М. (2011). Практикум з мікробіології К. : Університет "Україна". 156.

Розділ 6. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

У сучасних умовах зміни клімату, наслідки якого спостерігаються у вигляді глобального потепління, зростання середньорічних значень температури повітря та збільшення кількості екстремальних погодних умов, ведення сільськогосподарського виробництва на ґрунтах, забруднених важкими металами, є важливою екологічною проблемою. За рахунок антропогенних чинників, таких як викиди підприємств, військові дії та нераціональне використання хімікатів у сільському господарстві, площі забруднених ґрунтів збільшуються. Зміна клімату також може впливати на забруднення ґрунту важкими металами за рахунок зниження pH ґрунту, спричиненого посиленням кислотних дощів внаслідок промислових викидів парникових газів та мілітарних дій, посилюючи їх мобільність. Повені та зливові дощі можуть переносити забруднені частинки ґрунту на нові території, розширюючи зону забруднення, а тривалі посухи впливати на концентрування важких металів у верхніх шарах ґрунту. Вони здатні накопичуватись у ґрунтах, впливаючи на їх якість і родючість. M. Esmaeilzadeh et al. [1] відмічають, що забруднення сільськогосподарських ґрунтів важкими металами може спричинити деградацію ґрунтів, перешкоджати росту рослин, створюючи проблеми для всіх живих організмів. За даними A. Paya Perez, N. Rodriguez Eugenio [2] деградація сільськогосподарських ґрунтів впливає на врожайність сільськогосподарських культур і наражає найбільш вразливі верстви населення на ризик економічних втрат і недоїдання.

До найбільш екологічно небезпечних належать метали, які мають високу стійкість у навколишньому середовищі, здатність до біоакумуляції та характеризуються токсичним впливом на живі організми. До них належать і свинець (Pb), кадмій (Cd), цинк (Zn) та мідь (Cu).

Свинець відноситься до найбільш поширених полютантів техногенного походження. Цей елемент відзначається високою стабільністю та кумулятивними властивостями. У ґрунтах свинець переважно фіксується у верхніх горизонтах завдяки утворенню малорозчинних сполук, що зумовлює його відносно низьку міграційну здатність, але водночас сприяє тривалому накопиченню [3].

Токсична дія свинцю проявляється у пригніченні ферментативної активності, порушенні обміну речовин та інгібуванні синтезу хлорофілу. Цей

метал блокує активність ферментів, пов'язаних із метаболізмом заліза, що призводить до розвитку хлорозу. Також у рослинах він викликає пригнічення росту кореневої системи, зниження інтенсивності фотосинтезу та водного обміну. Для тварин і людини свинець є дуже токсичним, уражає центральну нервову систему, особливо на ранніх стадіях розвитку, має здатність накопичуватися у кістковій тканині, що зумовлює тривалий хронічний вплив [4].

Кадмій належить до найбільш токсичних важких металів, що характеризуються високою біодоступністю та мобільністю у ґрунтах, особливо кислих. На відміну від свинцю, він легко переходить у ґрунтовий розчин і активно засвоюється рослинами [4]. Для людини кадмій є канцерогеном, порушує обмін кальцію та фосфору. У рослин кадмій інгібує фотосинтетичні процеси, знижує активність ферментів та спричиняє оксидативний стрес через утворення активних форм кисню. Він також порушує проникність клітинних мембран і транспорт поживних речовин.

Цинк є життєво важливим мікроелементом, необхідним для функціонування ферментативних систем і синтезу білків у рослинах, але при підвищених концентраціях має токсичні властивості. Надлишок цинку в ґрунті призводить до пригнічення росту рослин, появи хлорозу та некрозу листя, а також порушення функціонування кореневої системи. Важливою особливістю є антагоністична взаємодія цинку з іншими елементами живлення, зокрема залізом, марганцем і міддю, що викликає вторинні дефіцити [3]. Високі концентрації цинку негативно впливають на ґрунтову мікрофлору, знижуючи інтенсивність біохімічних процесів, зокрема мінералізації органічної речовини.

Мідь відноситься до життєво необхідних мікроелементів, однак її надлишок є небезпечним для ґрунтово-рослинної системи. Основними джерелами накопичення міді є мінеральні добрива та фунгіциди, що широко застосовуються у сільському господарстві. У підвищених концентраціях мідь проявляє виражену фітотоксичність, пригнічуючи поділ клітин у кореневих меристемах, знижує інтенсивність фотосинтезу та викликає утворення активних форм кисню, що ушкоджують клітинні структури [5]. Особливо чутливою до надлишку міді є ґрунтова мікробіота. Мідь пригнічує процеси нітрифікації, знижує активність ферментів та загальну біологічну активність ґрунту. Це призводить до порушення колообігу азоту та інших елементів живлення.

Відновлення родючості техногенно забруднених ґрунтів – одна з найбільш складних проблем не лише в Україні, а й у світі [6–9]. У цьому контексті особливої уваги заслуговують методи детоксикації, що одночасно впливають на

рухомість і транслокацію важких металів у ґрунті [10, 11]. Серед них найбільш прийнятними є біологічні методи (фіторемедіація), що передбачають вирощування рослин, зокрема енергетичних, толерантних до важких металів, які можуть зменшити вміст елементів забруднювачів за рахунок відчуження їх із ґрунту, і хімічні – інактивація або зниження токсичної дії полютантів за допомогою вапнування, внесення органічних і мінеральних добрив тощо. Фізико-хімічні властивості ґрунту теж мають істотний вплив на накопичення та рухомість важких металів [8, 12]. Як свідчать дослідження, забруднення ґрунтів важкими металами перешкоджає таким біохімічним і фізіологічним процесам у рослинах як проростання насіння, водний баланс, фотосинтез, засвоєння CO_2, мінеральне живлення, накопичення розчинних речовин, затримка росту [13, 14].

Фіторемедіація як спосіб рекультивації сільськогосподарських ґрунтів, забруднених важкими металами, розглядається у працях багатьох учених [8, 15–17]. Вона полягає у використанні рослин для екстракції, іммобілізації або детоксикації важких металів та інших забруднювачів у ґрунті. Цей процес включає фітоекстрацію – поглинання забруднюючих речовин кореневою системою рослин та їх перенесення у рослинну біомасу; різофільтрацію – руйнування забруднювальних речовин ґрунтовими мікроорганізмами у прикореневій зоні та інші процеси. Однак, з огляду на тривалість процесу фіторемедіації важливого значення має отримання економічної вигоди від вирощування таких культур.

6.1. Закономірності зміни показників родючості забрудненого важкими металами ґрунту за вирощування кукурудзи на зерно в умовах зміни клімату

Однією з важливих сільськогосподарських культур, яку можна використовувати для фіторемедіації ґрунтів, забруднених важкими металами, є кукурудза. Ця культура одна з основних зернових культур у світі і займає провідне місце у світовому агровиробництві. Універсальність і високий генетичний потенціал урожайності сприяють розширенню її посівних площ у різних агрокліматичних зонах. Кукурудза є важливою сировиною для виробництва продуктів харчування людини та кормів у тваринництві, фармацевтичних препаратів, косметики та біоенергетичних цілей. Вона здатна забезпечити урожай зерна понад 10 т/га і з 1 т зерна можна отримати до 470 л етилового спирту [18]. При цьому, за даними Департаменту сільського господарства США, такий етанол повертає 134 % енергії, витраченої на

вирощування, збір і переробку кукурудзи, тоді як бензин повертає лише 80 % енергії, використаної на його виробництво [19]. Крім того, для виробництва біоетанолу можна використовувати залишки стебел та кукурудзяних качанів. Зокрема, вихід біоетанолу при зброджуванні гідролізату целюлози кукурудзяних качанів становить 130–160 л на 1 т абсолютно сухої сировини [20].

Кукурудзу можна вирощувати за різних кліматичних умов завдяки глибокій кореневій системі, осмотичній адаптації та ферментативній активності [21]. Ця культура швидко росте, утворює розгалужену мичкувату кореневу систему з великою кількістю біомаси на гектар, витримує несприятливі умови та повторні посіви. Також дослідженнями встановлено високу ефективність використання кукурудзи для фіторемедіації ґрунтів, забруднених кадмієм [22, 23]. Виявлено, що вона є високотолерантною до вмісту свинцю у ґрунті [24].

Так як кукурудза належить до групи рослин із великою біомасою, вона використовується переважно для фітоекстракції та фітостабілізації важких металів. Ця культура, на відміну від гіперакумуляторів, накопичує метали у відносно нижчих концентраціях, проте компенсує це значною надземною та кореневою біомасою. Кукурудза здатна поглинати широкий спектр металів (кадмій, свинець, цинк, мідь, хром) і акумулювати їх переважно у кореневій системі. Також вона може обмежувати транслокацію токсикантів до зерна, що важливо з точки зору продовольчої безпеки.

Фіторемедіаційна здатність кукурудзи реалізується через комплекс фізіолого-біохімічних механізмів, що підтверджено сучасними дослідженнями. До них відносять: ризосферну регуляцію, коли коренева система кукурудзи змінює біодоступність важких металів шляхом виділення органічних кислот та взаємодії з ризосферною мікробіотою, що сприяє їх іммобілізації або трансформації. Кореневі ексудати та мікроорганізми знижують рухомість металів і регулюють їх доступність для рослин [25]; сорбцію та акумуляцію, коли рослини здійснюють поглинання та накопичення металів у тканинах, зокрема зв’язування іонів металів клітинними стінками, білками та їх депонування у вакуолях; антиоксидантний захист, коли за дії важких металів у рослинах активуються антиоксидантні системи, які знижують рівень активних форм кисню та запобігають ушкодженню клітин. У кукурудзи встановлено підвищення активності пероксидаз і каталази як адаптивну відповідь на стрес [26]; фітостабілізація, коли кукурудза здатна іммобілізувати важкі метали у кореневій зоні, зменшуючи їх міграцію у ґрунтовому профілі та у надземні органи. Це досягається завдяки зв’язуванню металів у ризосфері, осадженню та взаємодії з

мікробіотою [25].

Вирощування кукурудзи на зерно, яка є помірно стійкою до посух культурою та відносно ефективним біоакумулятором важких металів, може сприяти зменшенню кількості рухомих сполук полютантів у ґрунті при застосуванні комплексу певних агротехнічних заходів. Використання кукурудзи, як важливої злакової культури, у технології фітоекстракції важких металів особливо актуальне при обмежених ресурсах для відновлення забруднених ґрунтів. Також через низку економічних проблем значна кількість господарств надають перевагу у вирощуванні цій культурі.

Вивести із сільськогосподарського використання і законсервувати усі забруднені важкими металами ґрунти не має можливості, тому для вирішення цього питання важливо розробляти технології, які поряд з очищенням таких територій, дозволять покращити родючість ґрунтів та отримувати сільськогосподарську продукцію, придатну для використання.

З метою дослідження впливу агротехнічних заходів на процеси відновлення стану ґрунту, забрудненого важкими металами, польові експерименти проведено у полігонному моніторингу в 2025 р. в умовах Правобережного Лісостепу України (дослідне поле ННЦ «ІЗ НААН», Фастівський р-н, Київська обл.) у стаціонарному дрібноділянковому досліді на сірому лісовому грубопилуватому легкосуглинковому на лесовидному суглинку ґрунті (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Місце розташування і фото досліду; супутникове зображення досліджуваного агроландшафту в Google Maps (карта України, с. Гатне, Фастівський р-н, Київська обл. (50.340565ºN, 30.407150ºE))

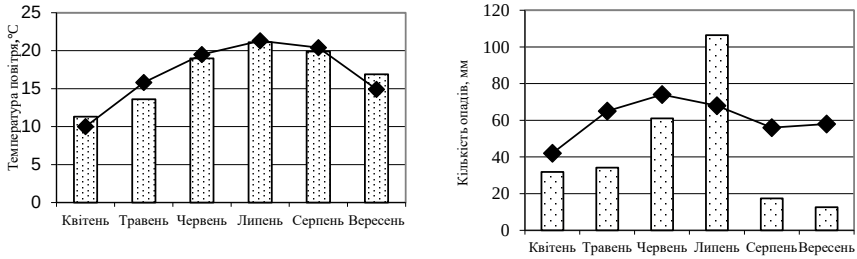
Під час закладання досліду ґрунт характеризувався близькою до

нейтральної реакцією ґрунтового розчину ($pH_{сол.}$ – 5,6), низьким умістом гумусу (1,65 %), дуже низьким – легкогідролізного азоту (85,1 мг/кг), високим – рухомих сполук фосфору (162,0 мг/кг) та підвищеним – калію (120,0 мг/кг). Облікова площа ділянки 4 м^2, повторність – чотириразова. Досліджували варіанти з природним фоном кислоторозчинної фракції свинцю – 10 мг/кг, цинку – 5, кадмію – 0,2 мг/кг ґрунту (фон – контроль) та варіанти зі штучно створеними фонами, що перевищували природний – у 5, 10 та 100 разів відповідно. У 2014 р. було створено екотоп з перевищенням природного фону кислоторозчинних сполук міді (3,0 мг/кг) у 100 разів.

Вирощували кукурудзу на зерно (гібрид Остреч СВ). На всіх ділянках досліду з 2021 р. щороку вносили: мінеральні добрива в дозі $N_{120}P_{90}K_{120}$; побічну продукцію кукурудзи з розрахунку 5 т/га, оброблену біодеструктором; гумат у дозі 10 л/га, а також у 2020 р. було внесено меліорант у вигляді дефекату – 3 т/га. Проводили передпосівну обробку насіння мікоризоутворювальним біопрепаратом – 2 л/т.

Ґрунтові проби відбирали на глибину 0–20 см навесні – до висівання культури. У досліді застосовували різні агротехнічні заходи відповідно до вимог технологічних карт вирощуваних культур. Для досліджень використовували методи фізико-хімічного і хімічного аналізів за методиками, що відповідають нормативній базі України.

Аналіз погодних умов вегетаційного періоду 2025 р. свідчить про відхилення температурного режиму і кількості опадів від середньобагаторічних норм, що могло впливати на ріст і розвиток рослин кукурудзи (рис. 6.2).



а)температурні умови *б*) кількість опадів

Рис. 6.2. Погодні умови вирощування кукурудзи на зерно, 2025 р.

Загалом вегетаційний період вирощування кукурудзи характеризувався вищими за норму температурами повітря на 1,3 С у квітні і на 2,0 С у вересні, що свідчить за кліматичні зміни (рис. 6.2, *а*). Кількість опадів за вегетаційний період на початку вегетації у квітні-червні була на 10,2–30,8 мм, меншою від багаторічної норми (рис. 6.2, *б*). У липні кількість опадів перевищувала норму на 38,4 мм і вони мали зливовий характер. Подальше зростання середньорічних значень температури повітря та екстремальних погодних умов свідчить про небезпеку зміни клімату для України і потребує розробки заходів для протидії цим змінам.

Надлишковий уміст важких металів може негативно впливати на фізико-хімічні та агрохімічні властивості ґрунту. Аналіз відібраних проб ґрунту в 2025 р. показав, що застосування агрозаходів сприяло підвищенню вмісту гумусу від 0,01 до 0,02 % порівняно з попередніми дослідженнями (1,47–1,64 % у 2021 р.). За середнього показника $pH_{сол}$ 4,7±0,1 та низького рівня варіювання (*V=2,8 %)* реакція ґрунтового розчину на всіх ділянках досліду була середньокислою і коливалася в межах 4,6–4,8 (табл. 6.1).

Таблиця 6.1. **Фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту в умовах тривалого забруднення важкими металами, 2025 р.**

Варіант	Гумус, %	$pH_{сол.}$	Гідролітична кислотність	Обмінний		Сума ввібраних основ
				кальцій	магній	
			м-екв/100 г ґрунту			
Природний фон ВМ (контроль)	1,49	4,8	1,1	9,4	1,3	10,4
Перевищення фону ВМ у 5 разів	1,65	4,6	1,1	9,1	1,0	9,3
Перевищення фону ВМ у 10 разів	1,57	4,6	1,1	8,6	0,8	8,9
Перевищення фону ВМ у 100 разів	1,58	4,7	1,2	8,7	0,8	9,6
$\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$	*1,57±0,04*	*4,7±0,1*	*1,1±0,1*	*8,95±0,18*	*0,98±0,12*	*9,6±0,3*
V, %	*4,73*	*2,8*	*11,7*	*4,13*	*24,23*	*6,6*
$НІР_{05}$	*0,17*	*0,3*	*0,3*	*0,83*	*0,53*	*1,4*

Рівень гідролітичної кислотності за цих умов дещо знизився (за середнього рівня варіювання – *V=11,7* %) і був нейтральним у межах 1,1–1,2 м-екв/100 г ґрунту. Забезпеченість обмінним кальцієм залишилася середньою (8,6–9,4 м-екв/100 г ґрунту), а магнієм – низькою та середньою (0,8–1,3 м-екв/100 г ґрунту).

Сума ввібраних основ була в межах від низького – 8,9 м-екв/100 г до середнього – 10,4 м-екв/100 г рівнів у 2025 р. [27]. Аналіз забезпеченості ґрунту нутрієнтами підтвердив вплив агротехнічних заходів на агрохімічні властивості ґрунту (табл. 6.2).

Таблиця 6.2. **Показники родючості в умовах тривалого забруднення сірого лісового ґрунту важкими металами, шар 0–20 см, 2025 р.**

Варіант	Сполуки легкогідролізного *N*	Рухомі сполуки фосфору (P_2O_5)	Рухомі сполуки калію (K_2O)
	мг/кг ґрунту		
Природний фон ВМ (контроль)	83,4	320,8	291,2
Перевищення фону ВМ у 5 разів	100,4	323,3	228,7
Перевищення фону ВМ у 10 разів	85,4	269,3	249,0
Перевищення фону ВМ у 100 разів	88,9	256,1	248,0
$\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$	*89,5±3,8*	*292,4±17,3*	*254,3±13,2*
V, %	*8,5*	*11,9*	*10,4*
$НІР_{05}$	*17,1*	*78,0*	*59,2*

Досягнуто вмісту легкогідролізного азоту – 83,4–100,4 мг/кг ґрунту, сполук рухомого фосфору – 256,1–323,3, рухомого калію – 228,7–291,2 мг/кг ґрунту, що відповідно на 22–37 %, 13–45, 27–66 % вище порівняно з вихідними даними 2021 р.

Вирощування кукурудзи на забруднених важкими металами ґрунтах та кліматичні зміни створюють складні умови, де фізико-хімічні і агрохімічні властивості ґрунту змінюються під впливом як токсикантів, так і несприятливих погодних умов. Основними закономірностями зміни показників родючості ґрунту в таких умовах є зміна кислотності, трансформація органічної речовини (гумусу) та динаміка вмісту поживних елементів.

Зміна кислотності є одним із ключових чинників, що впливає на закономірності зміни показників родючості оскільки у посушливих умовах може спостерігатися підкислення ґрунту через мінералізацію органіки. При зниженні pH важкі метали переходять у рухливі форми, що стають токсичними для кореневої системи кукурудзи, пригнічують її здатність засвоювати поживні

речовини.

Гумус зв'язує важкі метали в малорухливі комплекси (хелати). Високі температури прискорюють мікробіологічний розклад гумусу, а забруднення важкими металами пригнічує життєдіяльність гумусоутворюючої мікрофлори. У результаті вміст лабільного (рухливого) гумусу знижується, що погіршує структуру ґрунту та його здатність утримувати вологу, яка є критичною для кукурудзи.

Важкі метали інгібують процеси нітрифікації. У результаті зміни посух та злив можуть відбуватися значні втрати азоту через вимивання або денітрифікацію. У забрудненому важкими металами ґрунті можливе зниження доступного рослинам фосфору, оскільки він утворює важкорозчинні сполуки з металами. Кукурудза потребує багато калію для підтримки водного балансу, проте іони металів можуть конкурувати з цим елементом за місця поглинання на кореневій мембрані.

Отже, за вирощування кукурудзи на зерно впродовж 2025 р. за тривалого забруднення сірого лісового ґрунту важкими металами в умовах зміни клімату за застосування агрозаходів (періодичне вапнування та щорічне внесення побічної продукції з біодеструктором, гумату та обробка насіння комплексним мікоризоутворюючим препаратом з властивостями детоксиканта) відмічено позитивні зміни показників родючості забрудненого важкими металами ґрунту: підвищення вмісту гумусу в ґрунті від 0,01 до 0,02 % порівняно з попередніми дослідженнями у 2021 р. (1,47–1,64 %), незначне зниження гідролітичної кислотності до 1,1–1,2 м-екв/100 г ґрунту, зростання вмісту легкогідролізного азоту на 22–37 %, кількості сполук рухомого фосфору на 13–45 % та сполук рухомого калію – 27–66 %.

6.2. Особливості зменшення кількості рухомих сполук важких металів у ґрунті за вирощування кукурудзи на зерно

Важкі метали викликають значну екологічну проблему через свою токсичність, численні джерела надходження, накопичувальні та небіорозкладні властивості [28]. Наявність важких металів у харчових продуктах становить серйозну небезпеку для довкілля залежно від їх відносного рівня. Здатність рослин накопичувати метали та, можливо, інші забруднювачі залежить як від природи виду рослини, так і від природи забруднювача металу [29]. Злакові культури такі як кукурудза (*Zea mays* L.), відомі як хороші акумулятори забруднювачів [30, 31]. Кукурудза є рослиною з C_4-фотосинтезом і дуже

швидким темпом росту, має потужну кореневу систему та велику біомасу, що робить її ефективним фіторемедіантом.

Особливістю кукурудзи є те, що основна частина важких металів акумулюється в коренях та стеблах (вегетативній масі), тоді як у зерно потрапляє мінімальна кількість токсикантів завдяки створенню рослинами бар'єрів щодо їх надходження.

Корені кукурудзи активно виділяють в ґрунт органічні сполуки (цукри, амінокислоти, органічні кислоти). Ці речовини можуть тимчасово підвищувати рухливість металів для поглинання їх рослиною, але з часом вони сприяють осадженню металів у прикореневій зоні (ризосфері), перетворюючи їх на нерозчинні комплекси.

Важливим для зменшення рухливості важких металів у посівах кукурудзи є використання агрозаходів. Після проведення вапнування і підвищення pH ґрунту до 6,5–7,0 різко знижується рухливість кадмію, цинку, міді, свинцю. У лужному середовищі відбувається перехід металів у нерозчинні гідроксиди та карбонати. Внесення підвищених доз фосфорних добрив сприяє утворенню важкорозчинних фосфатів важких металів.

Застосування органічних добрив є дуже ефективним для зв’язування металів у ґрунті. Гумінові кислоти створюють міцні органо-мінеральні комплекси. Також використання сорбентів у посівах кукурудзи дозволяє зафіксувати метали в ґрунті, роблячи їх недоступними для міграції в підґрунтові води та тканини рослин.

У науковій літературі приділяється значна увага питанням фіторемедіації із внесенням мікробіологічних препаратів [32, 33]. Застосування біопрепаратів завдяки мікробній іммобілізації сприяє переведенню металів у біологічно інертні форми.

Оскільки кукурудза є вологолюбною культурою, важливим є плив водного режиму. Особливістю є те, що при надмірному зволоженні рухливість деяких металів (заліза, марганцю) зростає, які можуть витісняти більш токсичні метали (кадмій) у ґрунтовий розчин. Оптимальний водний режим зменшує цей ризик. Необхідним є використання сортів кукурудзи з високою стійкістю до водного стресу.

Загалом найкращий результат забезпечує комплексний підхід, який поєднує іммобілізацію (переведення металів у недоступні для рослин форми) та фітоекстракцію (винесення металів культурою).

Водночас проведені дослідження показали, що запровадження

запропонованих агротехнічних заходів у 2025 р. (щорічне внесення побічної продукції рослинництва, мінеральних добрив, біологічних препаратів і післядія вапнування проведеного у 2020 р.) сприяли зниженню кількості рухомих форм важких металів у ґрунті. Зокрема, порівняно з 2021 р., кількість рухомого свинцю зменшилася на 12–31 %, кадмію – на 18–31 %, а цинку – на 7–33 % залежно від рівня техногенного навантаження (табл. 6.3).

Таблиця 6.3. **Динаміка вмісту рухомих форм важких металів у сірому лісовому ґрунті залежно від фону забрудненості полютантами за застосування агротехнічних заходів, шар 0–20 см, мг/кг**

Варіант	Свинець			Кадмій			Цинк			Мідь		
	I	II	Δ, %	I	II	Δ, %	I	II	Δ, %	I	II	Δ, %
1	1,3	0,9	31	0,18	0,13	28	0,9	0,6	33	0,42	0,29	31
2	10,7	9,1	15	0,62	0,43	31	3,0	2,8	7	–	–	–
3	17,5	15,4	12	0,68	0,56	18	6,3	4,4	30	–	–	–
4	298,4	215,1	28	5,80	4,52	22	101,6	93,5	8	15,8	11,5	27
ГДК	6,0			0,7			23,0			3,0		
Фон	0,5			0,1			5,0			0,5		

Примітка. I – 2021 р.; II – 2025 р.; 1– природний фон ВМ (контроль); 2 – перевищення фону ВМ у 5 разів; 3 – перевищення фону ВМ у 10 разів; 4 – перевищення фону ВМ у 100 разів; Δ, % – зміна показника у %.

Також за цих умов, у екотопі, забрудненому рухомими сполуками міді відмічено зменшення кількості її рухомих форм на 27 %. Відмічено, що на природному фоні найбільш інтенсивно зменшувалася кількість рухомих форм цинку та міді, відповідно на 33,0 і 31 %, а також свинцю і кадмію, відповідно на 31 і 28% порівняно з 2021 р. На природному фоні коренева система рослин активно розвивається, метаболізм працює на повну потужність, що дозволяє їм ефективно поглинати мікроелементи (цинк і мідь найактивніше) для свого росту, а також такі важкі метали як свинець і кадмій. Однак, кількість рухомих форм свинцю та міді на досліджуваних ділянках із забрудненням важкими металами сірого лісового ґрунту перевищувала гранично допустиму концентрацію (ГДК) [34].

В умовах стабільного техногенного забруднення ґрунту свинцем, кадмієм та цинком застосування біологічних препаратів (гумату і комплексного мікоризоутворюючого препарату-детоксиканта) як окремо, так і за сумісного поєднання на фоні післядії вапнування, а також внесення побічної продукції

рослинництва з біодеструктором та мінеральних добрив, забезпечило середню врожайність зерна кукурудзи за 2025 р. на рівні 6,9–9,1 т/га. Водночас простежувалася тенденція до підвищення вмісту протеїну в зерні. Слід зазначити, що підвищені температури та дефіцит вологи на початку вегетації кукурудзи призводили до стресу, затримуючи сходи, послаблюючи кореневу систему та знижуючи засвоєння поживних речовин. Проте, подальші сприятливі умови нівелювали ці негативні чинники, які були у початковий період розвитку рослин і дозволили отримати стабільний врожай зерна кукурудзи та не призвели до суттєвого зниження ефективності біопрепаратів.

Статистичний аналіз засвідчив, що урожайність кукурудзи характеризувалася незначною мінливістю (*V*=9,0 %), амплітуда коливань становила 2,2 т/га (від 6,9 до 9,1 т/га), середньоквадратичне відхилення – 0,2, похибка середнього значення – 0,7 т/га (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Урожайність кукурудзи на зерно залежно від фону забрудненості полютантами, 2025 р.

Варіювання показників умісту протеїну, крохмалю і жиру в зерні кукурудзи було незначним. Уміст протеїну в усіх варіантах досліду становив від 8,5 до 12,6 %, крохмалю – 70,8–74,4 %, рослинної олії – 4,3–4,9 %.

Уміст міді, цинку, свинцю і кадмію у зерні кукурудзи не перевищував нормативів ГДК для кормових цілей (ДСТУ 4525:2006). Уміст сполук кадмію та свинцю у зерні як на контролі (природний фон металу), так і у варіантах із 5-, 10- та 100-разовим перевищенням природного фону металів у ґрунті становили 0,11–0,13 мг/кг та 0,6–0,8 мг/кг відповідно. Ці значення перевищують ГДК для продовольчого зерна (0,10 мг/кг для Cd та 0,5 мг/кг для Pb), проте згідно з

нормативами для кормової сировини (ГДК – 0,30 мг/кг та 5,0 мг/кг) таку продукцію можна використовувати для кормових і технічних цілей.

Отже, в умовах техногенного забруднення сірих лісових ґрунтів важкими металами у кислоторозчинній формі (Pb – 50–1000 мг/кг, Cd – 1,0–20 мг/кг, Zn – 25–500 мг/кг, Cu – 300 мг/кг) за беззмінного вирощування кукурудзи впродовж 2025 р., застосування комплексу регенеративних заходів забезпечує отримання стабільної врожайності зерна на рівні 6,9–9,1 т/га. Отримане зерно за вмістом токсикантів відповідає нормативам ДСТУ 4525:2006, що дозволяє використовувати його як товарну сировину для кормових і технічних цілей. За цих умов можна досягнути зниження кількості рухомих форм свинцю на 12–28 %, кадмію – на 18–31 %, цинку – на 7–30 % та міді – на 27 % залежно від вихідного рівня забруднення екотопів важкими металами.

На основі проведених досліджень запропоновано «Спосіб вирощування кукурудзи на зерно на ґрунтах, забруднених важкими металами» для зменшення їх забруднення, в умовах зміни клімату, який поєднує екологічну безпеку з економічною доцільністю. Такий спосіб може забезпечувати можливість отримання прибутку за рахунок використання ґрунтів забруднених важкими металами для вирощування кукурудзи на кормові та технічні цілі. Це буде сприяти забезпеченню продовольчої і екологічної безпеки України, збереженню родючості ґрунту, запобіганню поширенню ареалу забруднення важких металів та з часом зменшенню їх кількості та рухомості.

Спосіб полягає у зменшенні кількості рухомих сполук міді, свинцю, кадмію і цинку в забрудненому важкими металами ґрунті за допомогою агротехнічних заходів (періодичне вапнування та щорічне внесення побічної продукції з біодеструктором, гумату та обробка насіння комплексним мікоризоутворюючим препаратом з властивостями детоксиканта) за беззмінного вирощування рослин кукурудзи на зерно. В основу способу поставлено завдання ефективного використання ґрунтів, забруднених міддю до 300 мг/кг, свинцем до 1000, кадмієм до 20, цинком до 500 ґрунту за рахунок беззмінного вирощування кукурудзи на зерно, як фіторемедіанта що має буферний бар’єр по відношенню до важких металів, частково акумулює їх кореневою системою, виносячи до товарної частини врожаю лише незначну їх частку.

У ґрунт з вмістом міді до 300 мг/кг, свинцю до 1000, кадмію до 20 і цинку до 500 мг/кг навесні вносять мінеральні добрива залежно від фактичного вмісту поживних елементів у ґрунті і проводять його основний обробіток. Перед посівом обробляють насіння кукурудзи мікробіологічним препаратом з детоксикуючими

властивостями в дозі 2 л/т. Гумат калію в дозі 10 л/га вносять у ґрунт при посіві. Сівбу кукурудзи і догляд за посівами здійснюють за технологією її вирощування відповідно до ґрунтово-кліматичної зони. За вегетаційний період рослини кукурудзи виносять із ґрунту важкі метали, акумулюючи їх у корінні, вегетативній масі та зерні. Під час збирання врожаю комбайном проводять подрібнення вегетативної маси кукурудзи і для прискорення її розкладу вносять біодеструктор у дозі 1,0 л/га та приорюють, що сприяє поліпшенню фізико-хімічних властивостей ґрунту. За необхідності періодично проводять вапнування з урахуванням фізико-хімічних властивостей ґрунту. Отримане зерно кукурудзи після визначення в ньому важких металів можна використовувати у кормовиробництві, а також для одержання біопалива (етанолу). Кукурудзу на забруднених сільськогосподарських ґрунтах вирощують беззмінно.

Список використаних джерел

1. Esmaeilzadeh, M., Jaafari, J., Mohammadi, A. A., Panahandeh, M., Javid, A., & Javan, S. (2019). Investigation of the extent of contamination of heavy metals in agricultural soil using statistical analyses and contamination indices. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, *25*(5), 1125–1136. URL:https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1460798.

2. European Commission: Paya Perez, A., Rodriguez Eugenio, N. Status of local soil contamination in Europe: Revision of the indicator “Progress in the management contaminated site in Europe”. Luxembourg: Joint Research Centre (EUR), European Commission; 2018. Report No.: JRC 107508. Contract No.: EUR 29124 EN. URL: https://doi.org/10.2760/093804.

3. Alloway, B. J. (2013). *Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils* / In B. J. Alloway (Ed.). *Heavy Metals in Soils*. (pp. 11-50). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7.

4. Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants* (4th ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/b10158.

5. Adriano, D. C. (2001). Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2nd Edition, Springer, New York, 867. http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-21510-5.

6. Фатєєв, А. І., & Самохвалова, В. Л. (2012). *Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі: методичні рекомендації* (А. І. Фатєєв, В. Л. Самохвалова, Укл.). КП «Міськдрук».

7. Самохвалова, В. Л. (2014). Біологічні методи ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. *Біологічні студії*, *8*(1), 217–236. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bist_2014_8_1_21.

8. Chiţimuş, A. D., Nedeff, V., Moşneguţu, E., & Panainte, M. (2012). In situ soil flushing – studies on remediation efficiency of polluted sandy soils with organic acids. *Environmental Engineering and Management Journal*, *11*, 2161–2166. http://dx.doi.org/10.30638/eemj.2012.269.

9. Балюк, С. А., Воротинцева, Л. І., & Ладних, В. Я. (2014). *Заходи з детоксикації забруднених ґрунтів та зменшення транслокації важких металів в сільськогосподарські культури*. ТОВ «Смугаста типографія».

10. Цицюра, Я. Г., Шкатула, Ю. М., Забарна, Т. А., & Пелех, Л. В. (2022). *Інноваційні підходи до фіторемедіації та фіторекультивації у сучасних системах землеробства : монографія*. ТОВ «Друк». URL:https://repository.vsau.org/getfile.php/31038.pdf.

11. Raklami, A., Meddich, A., Oufdou, K., & Baslam, M. (2022). Plants-Microorganisms-Based Bioremediation for Heavy Metal Cleanup: Recent Developments, Phytoremediation Techniques, Regulation Mechanisms, and Molecular Responses. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(9), 5031. https://doi.org/10.3390/ijms23095031.

12. Vareda, J. P., Valente, A. J. M., & Duraes, L. (2019). Assessment of heavy metal pollution from anthropogenic activities and remediation strategies: A review. *Journal of Environmental Management*, *246*, 101–118. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.126.

13. Wang, X., Fang, L., Beiyuan, J., Cui, Y., Peng, Q., Zhu, S., Wang, M., & Zhang, X. (2021). Improvement of alfalfa resistance against Cd stress through rhizobia and arbuscular mycorrhiza fungi co-inoculation in Cd-contaminated soil. *Environ Pollut*, *277*, 116758. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116758.

14. Raklami, A., Oufdou, K., Tahiri, A.-I., Mateos-Naranjo, E., Navarro-Torre, S., Rodríguez-Llorente, I. D., … Pajuelo, E. (2019). Safe Cultivation of *Medicago sativa* in Metal-Polluted Soils from Semi-Arid Regions Assisted by Heat- and Metallo-Resistant PGPR. *Microorganisms*, *7*(7), 212. https://doi.org/10.3390/microorganisms7070212.

15. Jarin, A. S., Khan, M. A. R., Apon, T. A., Islam, M. A., Rahat, A., Akter, M., … Tran, L.-S. P. (2025). Plant Responses to Heavy Metal Stresses: Mechanisms, Defense Strategies, and Nanoparticle-Assisted Remediation. *Plants*, *14*(24), 3834. https://doi.org/10.3390/plants14243834.

16. Muthusaravanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J. S., Paramasivan, T., Naushad, M., Prakashmaran, J., … Al-Duaij, O. K. (2018). Phytoremediation of Heavy Metals: Mechanisms, Methods and Enhancements. *Environmental Chemistry Letters*, *16*, 1339–1359. https://doi.org/10.1007/s10311-018-0762-3.

17. Sytar, O, & Taran, N. (2022). Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine – a review. *Journal of Central European Agriculture*, *23*(4), 881–887. https://doi.org/10.5513/jcea01/23.4.3603.

18. Соколік, С. П. (2016). Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біотоплива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, 173*, 168–176. URL:https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/cafd3362-757f-434d-a392-1e3131becfd2/content.

19. Климчук, О. В. (2013). Ефективність комплексного використання кукурудзи в біоенергетиці. *Збірник наукових праць «Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків»*, *19*, 150–154.

20. Балацький, А. Є. (2018). Технологія отримання біетанолу із целюлозовмісної сировини. Київ.

21. El-Sappah, A. H., Rather, S. A., Wani, S. H., Elrys, A. S., Bilal, M., Huang, Q., … Abbas, M. (2022). Heat Stress-Mediated Constraints in Maize (*Zea mays*) Production: Challenges and Solutions. *Front. Plant Sci.*, *13*, 23. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.879366.

22. Xu, W., Lu, G., Dang, Z., Liao, C., Chen, Q., & Yi, X. (2013). Uptake and Distribution of Cd in Sweet Maize Grown on Contaminated Soils: A Field-Scale Study. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, *2013*(1), 8. https://doi.org/10.1155/2013/959764.

23. Rizwan, M., Ali, S., Qayyum, M. F., Ok, Y. S., Zia-Ur-Rehman, M., Abbas, Z., & Hannan, F. (2017). Use of Maize (*Zea mays* L.) for phytomanagement of Cd-contaminated soils: a critical review. *Environmental Geochemistry and Health*, *39*(2), 259–277. https://doi.org/10.1007/s10653-016-9826-0.

24. Cheng, S.-F., Huang, C.-Y., Lin, Y.-C., Lin, S.-C., & Chen, K.-L. (2015). Phytoremediation of lead using corn in contaminated agricultural land–An in situ study and benefit assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *111*, 72–77. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.09.024.

25. Feng, J., Ma, W., Xia, Y., Zhao, P., Zhu, M., Zhang, H., Wan, X., Tang, X., & Wu, H. (2025). Rhizosphere microbiota and heavy metal bioavailability in maize: Implications for phytoremediation. *Industrial Crops and Products*, *233*, 121470.

https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.121470.

26. Zhang, F., Niu, L., Li, Y., Zhou, X., Zhang, H., Wu, X., Liu, H., & Wang, W. (2025). Maize Peroxidase ZmPrx25 Modulates Apoplastic ROS Homeostasis and Promotes Seed Germination and Growth Under Osmotic and Drought Stresses. *Antioxidants*, *14*(9), 1067. https://doi.org/10.3390/antiox14091067.

27. Господаренко, Г. М. (2020). *Практикум з агрохімії*. Сік Груп Україна.

28. Nedelkoska, T. V., & Doran, P. M. (2000). Characteristics of heavy metal uptake by plant species with potential for phytoremediation and phytomining. *Miner Eng.*, *13*(5), 549–561. https://doi.org/10.1016/S0892-6875(00)00035-2.

29. Wang, J., & Chen, C. (2009). Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnol Adv.*, *27*(2), 195–226. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.11.002.

30. Hawrot, M, & Nowak, A. (2005). Monitoring of bioremediation of soil polluted with diesel fuel applying bioassays. *Electron J. Pol. Agric. Univ.*, *8*(2), 2. URL:http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue2/art-17.html.

31. Aladesanmi, O. T., Oroboade, J. G., Osisiogu, C. P., & Osewole, A. O. (2019). Bioaccumulation Factor of Selected Heavy Metals in *Zea mays*. *Health Pollut.*, *9*(24), 191207. https://doi.org/10.5696/2156-9614-9.24.191207.

32. Teng, Z. D., Shao, W., Zhang, K. Y., Huo, Y. Q., & Li, M. (2019). Characterization of phosphate solubilizing bacteria isolated from heavy metal contaminated soils and their potential for lead immobilization. *J. Environ. Manag.*, *231*, 189–197. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.012.

33. Han, H., Sheng, X. F., Hu, J. W., He, L. Y., & Wang, Q. (2018). Metal-Immobilizing Serratia liquefaciens CL-1 and Bacillus thuringiensis X30 increase biomass and reduce heavy metal accumulation of radish under field conditions. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, *161*, 526–533. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.033.

34. Постанова КМУ «Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах» № 1325 (2021). URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text.

Розділ 7. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР, АДАПТОВАНІ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Розвиток інноваційних технологій вирощування зернових культур передбачає створення моделей формування високопродуктивних агрофітоценозів із врахуванням біогенетичних характеристик сортів та ґрунтово-кліматичного потенціалу. Це дозволить своєчасно визначити чинники, що обмежують реалізацію продуктивності, та забезпечить можливість цілеспрямованого управління продуційними процесами шляхом застосування агротехнічних прийомів.

Формування високопродуктивних посівів можливе лише за оптимального співвідношення між складовими продуктивності, що закладаються на ранніх етапах онтогенезу та розвиваються протягом вегетації. Тому визначення закономірностей їх закладання, подальшого росту й розвитку, а також числової редукції залежно від ґрунтово-кліматичних умов і біогенетичних особливостей сортів та гібридів є ключовим. Ефективне управління цими процесами за допомогою технологічних факторів забезпечує максимальну реалізацію потенційних можливостей у кінцевому врожаї, що становить основу сучасних інноваційних технологій вирощування. Їх елементи диференціюються відповідно до конкретних ґрунтово-кліматичних, господарських та економічних умов, а також до стану агрофітоценозу. Це забезпечить стабільну врожайність і високу якість зерна навіть за умов кліматичних змін.

7.1. Закономірності формування продуктивності зернових колосових культур за кліматичних змін у Лісостепу

Кліматичні умови України формуються під впливом глобальних змін клімату, що нині проявляються у поступовому підвищенні температури повітря, зміні режимів зволоження та зростанні частоти екстремальних погодних явищ. Одним із ключових індикаторів глобального потепління є підвищення середньорічної температури повітря та зменшення кількості опадів.

Кліматичні зміни мають як позитивні, так і негативні наслідки для сільськогосподарського виробництва. З одного боку, потепління клімату може сприяти підвищенню врожайності озимих культур, завдяки м’якшим зимам, скороченню тривалості холодного періоду та ранішньому відновленню вегетації. Також, позитивним є подовження вегетаційного періоду для теплолюбних

культур, поліпшення їх теплозабезпечення, розширення ареалу вирощування, пришвидшення дозрівання та збирання врожаю. Однак негативні наслідки змін клімату переважають. Серед них – зменшення загального обсягу виробництва через дефіцит вологи, посилення водної та вітрової ерозії ґрунтів, зростання ризику пошкодження посівів внаслідок екстремальних погодних умов (посух, суховіїв, тощо), а також поширення шкідників і хвороб у північніші регіони.

Беручи до уваги, що значна частина території України розташована в зоні помірного клімату, який загалом є сприятливим для вирощування більшості сільськогосподарських культур, нинішні кліматичні зміни все-таки доцільно розглядати передусім як потенційні можливості для подальшого розвитку аграрного сектору країни, насамперед – вирощування сільськогосподарських культур, зокрема зернових.

За результатами багаторічних спостережень, проведених у ННЦ «ІЗ НААН», встановлено стійку тенденцію до підвищення середньорічної температури повітря впродовж 2011–2025 рр. (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Динаміка середньорічної температури повітря та тенденція її зміни у Правобережному Лісостепу, середнє за 2011–2025 рр.

Визначено, що за період 2011–2020 рр. у північній частині Правобережного Лісостепу середня річна температура повітря варіювала від 8,9 до 10,8 °С, що на

1,2–3,1 °С вище від кліматичної норми за 1961–1990 рр. – 7,7 °С. З 2021 року середні річні температури повітря прирівнюються до нової кліматичної норми (9,0 °С), сформованої за 1991–2020 рр. і перевищували її на 0,1–2,3 °С. Така динаміка свідчить про поступове, але стабільне потепління, що відповідає загальним глобальним кліматичним трендам.Аналіз статистичних показників середньорічної температури повітря за 2011–2025 рр. засвідчив, що найнижчі мінімальні його значення варіювали від мінус 9,2 °С (2012 р.) до мінус 0,3 °С (2020 р.), тобто найхолодніші роки припадають на початок періоду спостережень (табл. 7.1).

Таблиця 7.1. **Статистичні характеристики середньорічної температури повітря, середнє за 2011–2025 рр.**

Рік	Статистичні показники				
	$\overline{X} \pm S_{\bar{x}}$	***Min*, ^{0}С**	***Max*, ^{0}С**	**Коефіцієнт варіації (*CV*), %**	**Стандартне відхилення (*S*)**
2011	8,9±2,7	-6,2	21,9	106,7	9,5
2012	9,1±3,0	-9,2	23,5	114,3	10,4
2013	9,4±2,7	-4,0	21,6	99,5	9,4
2014	9,4±2,7	-4,1	21,4	98,3	9,2
2015	9,8±2,6	-2,3	22,6	90,7	8,9
2016	9,0±2,7	-5,5	22,3	104,0	9,4
2017	10,1±2,8	-4,8	24,0	97,5	9,8
2018	9,6±3,1	-4,3	22,8	111,9	10,8
2019	10,7±2,6	-4,3	23,9	85,6	9,2
2020	10,8±2,4	-0,3	23,5	78,4	8,4
2021	9,1±2,8	-3,8	24,4	107,6	9,8
2022	9,0±2,5	-1,0	21,9	95,1	8,8
2023	10,1±2,6	-0,8	21,8	88,3	8,9
2024	11,3±3,0	-4,0	25,4	91,3	10,3
2025	10,4±2,3	-3,2	21,1	75,4	7,9

Натомість у три останні роки (2023–2025 рр.) відмічено подальше стійке підвищення середньорічної температури, з максимумом (11,3 °С) у 2024 р. Стандартне відхилення (*S*) коливається від 7,9 °С (2025 р.) до 10,8 °С (2018 р.), що вказує на різний рівень стабільності температурних умов. Найнижчі коефіцієнти варіації 75,4 і 78,4 % відмічено у найурожайніші роки – 2025 і 2020, що свідчить про більш стабільні умови. Відносно сезонної динаміки середньомісячних температур, за роки спостережень виявлено значну варіабельність у зимовий період (рис. 7.2, табл. 7.2).

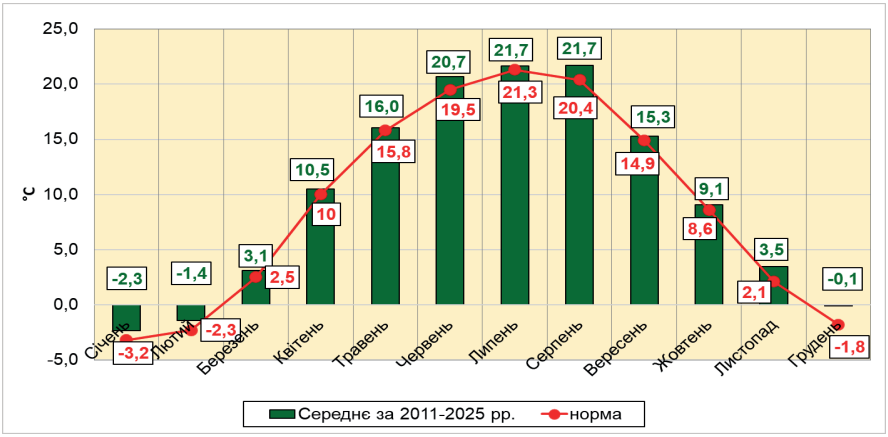


Рис. 7.2. Динаміка місячної температури повітря у північній частині Правобережного Лісостепу, середнє за 2011–2025 рр.

Таблиця 7.2. **Статистичні характеристики середньомісячної температури повітря, середнє за 2011–2025 рр.**

Місяць	Статистичні показники				
	$\overline{X} \pm S_{\bar{x}}$	*Min*, ^{0}C	*Max*, ^{0}C	Коефіцієнт варіації (*CV*), %	Стандартне відхилення (S)
Січень	-2,3±0,6	-5,5	3,5	104,7	2,4
Лютий	-1,4±0,9	-9,2	2,6	236,1	3,4
Березень	3,1±0,8	-1,9	7,5	94,6	2,9
Квітень	10,5±0,4	8,1	13,3	15,0	1,6
Травень	16,0±0,5	12,5	19,5	12,0	1,9
Червень	20,7±0,4	18,2	23,9	7,6	1,6
Липень	21,7±0,5	19,0	25,4	9,1	2,0
Серпень	21,6±0,4	19,6	24,5	6,3	1,4
Вересень	15,3±0,6	11,5	19,3	16,3	2,5
Жовтень	9,1±0,4	6,5	12,6	17,6	1,6
Листопад	3,5±0,5	0,5	6,4	50,9	1,8
Грудень	-0,1±0,5	-2,7	2,7	1484,0	1,8

Середня температура зимових місяців за 2011–2025 рр. зросла на 1,8–2,2 °C порівняно з нормою 1961–1990 рр. і на 1,0–1,3 °C – з нормою 1991–2020 рр. Однією з найтепліших зим за період спостережень була зима 2019/2020 рр., коли середньомісячна температура грудня, січня та лютого перевищувала 0 °C.

Найтепліший же січень, із аномальною середньомісячною температурою 3,5 °С зафіксовано у 2025 р. Отже, як показав аналіз статистичних показників середньомісячної температури, грудень відзначився найвищим рівнем варіації (1484 %), що пояснюється різкими коливаннями між роками – від глибоких відлиг до морозів. Коефіцієнти суттєвості відхилень середньомісячної температури повітря засвідчили, що у 46,7 % істотних відхилень за роки спостережень найчастіше фіксувалися аномальні температури у грудні (табл. 7.3).

Температурний режим січня виявився найбільш стабільним серед зимових місяців (коефіцієнт варіації зафіксовано на рівні 104,7 %).

У лютому варіабельність середньомісячної температури порівняно з січнем підвищувалась більше, ніж у 2 рази (коефіцієнт варіації зростав до 236,1 %), а різниця між крайніми показниками мінімуму та максимуму за цей місяць була найвищою і становила майже 12 °С.

Відносно висока нестабільність температурного режиму, з $CV > 50$ %, але менше 100 % спостерігалась у листопаді та березні, що є надзвичайно важливим для озимих культур, адже в цей період припиняється осіння та відновлюється весняна вегетація. Загалом же весняні місяці характеризуються раннім переходом температури через 0 °С (на 4–7 днів раніше, від середніх багаторічних значень), а осінь стала теплішою, з пізнішими заморозками (на 5–10 днів). Коефіцієнти суттєвості відхилень у 33–40 % випадків мали істотні аномалії від багаторічної температурної норми, що свідчить про нестабільність перехідних сезонів.

У літній період (червень–серпень) середньомісячна температура зросла на 1,0–1,5 °С порівняно з нормою 1961–1990 рр. і дедалі частіше спостерігається збільшення літніх максимумів, а у деякі роки – червень 2019 р., серпень 2024 р.) відхилення середніх місячних температур у бік зростання набувало екстремальних значень.

Тому, проведений аналіз помісячного температурного режиму показав, що частота екстремальних температурних аномалій зросла, особливо у літній період (хвилі спеки, які викликають посухи) та взимку (аномально теплі зими, без стабільного снігового покриву і, як наслідок, недостатній рівень весняного вологозабезпечення). Середньомісячні температури також мають різну дисперсію. Найменші стандартні відхилення спостерігаються у червні (1,6 °С) та серпні (1,4 °С), найбільші – у лютому (3,4 °С) та березні (2,9 °С). Це підтверджує, що літо та зима є найбільш нестабільними періодами з точки зору температурного режиму.

Таблиця 7.3. **Коефіцієнти суттєвості відхилень (Кс) середньомісячної температури повітря, 2011–2025 рр.**

Рік	Середньомісячна температура повітря											
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
2011	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2012	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2013	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
2014	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2015	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
2016	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
2017	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
2018	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
2019	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1
2020	1	1	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0
2021	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
2022	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2024	0	0	0	1	0	1	1	2	1	0	0	0
2025	2	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Суттєво відрізняються	*3*	*4*	*6*	*5*	*4*	*6*	*5*	*4*	*6*	*4*	*5*	*7*
%	*20,0*	*26,7*	*40,0*	*33,3*	*26,7*	*40,0*	*33,3*	*26,7*	*40,0*	*26,7*	*33,3*	*46,7*
Наближені до екстремальних.	*1*	*1*	-	-	-	*1*	-	*1*	-	*1*	-	-
%	*6,7*	*6,7*	-	-	-	*6,7*	-	*6,7*	-	*6,7*	-	-
Разом	*4*	*5*	*6*	*5*	*4*	*7*	*5*	*5*	*6*	*5*	*5*	*7*
%	*26,7*	*33,3*	*40,0*	*33,3*	*26,7*	*46,7*	*33,3*	*33,3*	*40,0*	*33,3*	*33,3*	*46,7*

Примітка. 0 – погодні умови близькі до середніх багаторічних;

1 – істотно відрізняються від середньої багаторічної величини;

2 – наближені до екстремальних.

Річна кількість опадів у північній частині Правобережного Лісостепу за 2011–2025 рр. варіювала у межах 317–710 мм, із середнім значенням 467 мм, за кліматичної норми 1961–1990 рр. (650 мм) і за 1991–2020 рр. (618 мм). Причому лише в один із досліджуваних років (2013 р.) річна кількість опадів (710 мм) перевищила кліматичну норму за цей період, тоді як у окремі роки (2019 р.) вона заповнювалась на 49 % і спостерігалась стійка тенденція до їх зниження (рис.

7.3).

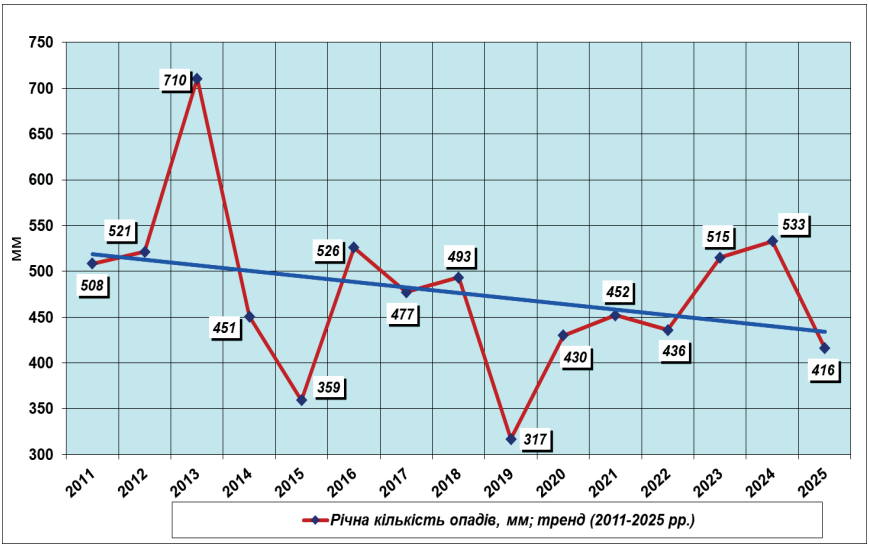


Рис. 7.3. Динаміка річної кількості опадів та тенденція її зміни у північній частині Правобережного Лісостепу за період 2011–2025 рр.

Аналіз статистичних показників середньорічної кількості опадів вказує на значну річну їх мінливість, *CV* = 53,2–113,8 % за стандартного відхилення від 14,1 до 58,4 мм (табл. 7.4).

Стосовно сезонного розподілу кількості опадів, лише січень залишався найстабільнішим місяцем за який сумарне значення цього показника (37 мм) відповідало кліматичній місячній нормі, тоді як в усі інші місяці спостерігався їх дефіцит (рис. 7.4).

Попри це відмічається зростання частоти екстремальних явищ, як то повна відсутність опадів впродовж тривалого часу (2–3 декади поспіль, а то і більше), або ж їх зливовий характер (2–3 місячні норми за короткий проміжок часу). Найсуттєвіша варіабельність місячної кількості опадів (*CV* = 139,4 %) зафіксована у вересні, за найвищого стандартного відхилення від середніх багаторічних значень – *S* = 51,1 мм (табл. 7.5).

Таблиця 7.4. **Статистичні характеристики середньорічної кількість опадів, середнє за 2011–2025 рр.**

Рік	Статистичні показники				
	$\overline{X} \pm S_{\bar{x}}$	***Min*, мм**	***Max*, мм**	**Коефіцієнт варіації (CV), %**	**Стандартне відхилення (S)**
2011	42,4±11,9	1,9	124,2	97,5	41,3
2012	43,4±8,9	1,9	116,4	71,1	30,9
2013	59,2±16,9	10,0	213,1	98,7	58,4
2014	37,6±12,3	12,1	167,0	113,8	42,7
2015	29,9±5,5	5,6	70,6	63,2	18,9
2016	43,8±7,8	3,8	94,5	62,0	27,2
2017	39,8±8,7	9,8	119,2	76,0	30,2
2018	41,1±9,2	5,6	108,7	77,6	31,9
2019	26,4±4,1	1,6	50,2	53,2	14,1
2020	35,9±9,0	0,0	104,8	87,1	31,3
2021	37,7±7,2	0,0	84,8	66,1	24,9
2022	36,3±5,1	8,0	64,7	48,5	17,6
2023	42,9±10,4	0,4	117,8	84,2	36,1
2024	44,4±8,7	14,2	126,0	68,2	30,3
2025	34,6±8,1	3,8	106,4	81,2	28,1

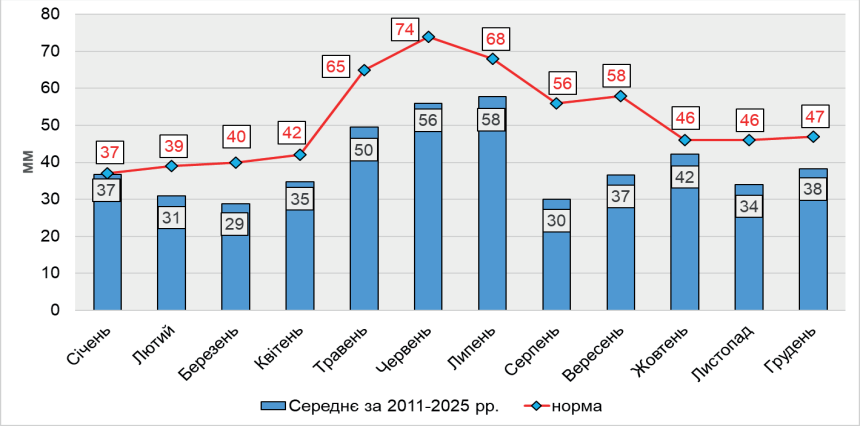


Рис. 7.4. Динаміка місячної кількості опадів у північній частині Правобережного Лісостепу, середнє за 2011–2025 рр.

Таблиця 7.5. **Статистичні характеристики місячної кількості опадів, середнє за 2011–2025 рр.**

Місяць	Статистичні показники				
	$\overline{X} \pm S_{\bar{x}}$	Min, мм	Max, мм	Коефіцієнт варіації (CV), %	Стандартне відхилення (S)
Січень	36,7±4,6	0,0	56,0	48,6	17,8
Лютий	30,9±5,0	3,8	79,0	63,2	19,5
Березень	28,9±7,2	4,1	113,0	95,9	27,7
Квітень	34,7±5,4	5,6	75,2	60,8	21,1
Травень	49,6±11,1	0,4	167,0	86,5	42,9
Червень	55,9±10,7	9,8	126,0	73,9	41,3
Липень	57,7±9,2	10,0	124,2	61,6	35,6
Серпень	31,0±5,5	8,0	84,8	68,5	21,2
Вересень	36,6±13,2	3,8	213,1	139,4	51,1
Жовтень	42,2±8,2	0,0	94,5	74,9	31,6
Листопад	34,0±6,5	1,9	84,6	74,2	25,2
Грудень	38,3±7,1	1,6	119,2	71,9	27,5

Дефіцит опадів за цей місяць складає, в середньому, 36 %. Найвищий же дефіцит місячної кількості опадів у останні роки – 46 % фіксується у серпні. Достатня кількість опадів у період серпня – початку вересня відіграє найважливішу роль у накопиченні продуктивної вологи у ґрунті для сівби озимих зернових культур. Однак найчастіше у цей період через повну відсутність опадів, або ж їх незначну кількість, відмічається наростання посушливих явищ, яке може тривати кілька місяців поспіль.

Наступними, нестабільними за кількістю опадів місяцями, є весняні – березень (CV = 95,9 %) та травень (CV = 86,5 %).

За роки досліджень найвища частота відхилень місячної кількості опадів, які носили екстремальний характер зафіксована у найвологішому 2013 р. у лютому, березні, вересні та листопаді (табл. 7.6).

Таким чином, аналіз динаміки температури повітря та кількості опадів у північній частині Правобережного Лісостепу за 2011–2025 рр. свідчить про стійку тенденцію до підвищення середньорічної та середньомісячної температури (на 0,8–1,7 °С відносно норми), зростання частоти теплих зим, подовження вегетаційного періоду та збільшення кількості екстремальних температурних явищ. Для кількості опадів характерна висока річна та сезонна мінливість, з тенденцією до її зменшення, особливо у літній період, що призводить до дефіциту вологи у ґрунті, необхідної для росту і розвитку зернових культур.

Таблиця 7.6. **Коефіцієнти суттєвості відхилень суми опадів, 2011–2025 рр.**

Рік	Сума опадів											
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
2011	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
2012	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
2013	1	2	2	0	0	0	1	0	2	0	2	0
2014	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2017	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
2018	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
2020	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
2021	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0
2022	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
2024	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
2025	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
суттєво відрізняються	*3*	*3*	*1*	*5*	*2*	*6*	*5*	*2*	*-*	*6*	*4*	*1*
%	*15,8*	*15,8*	*5,3*	*26,3*	*10,5*	*31,6*	*26,3*	*10,5*	*-*	*31,6*	*21,1*	*5,3*
наближені до екстремальних	*1*	*1*	*1*	*-*	*1*	*-*	*-*	*1*	*1*	*-*	*1*	*1*
%	*5,3*	*5,3*	*5,3*	*-*	*5,3*	*-*	*-*	*5,3*	*5,3*	*-*	*5,3*	*5,3*
Разом	*4*	*4*	*2*	*5*	*3*	*6*	*5*	*3*	*1*	*6*	*5*	*2*
%	*21,1*	*21,1*	*10,5*	*26,3*	*15,8*	*31,6*	*26,3*	*15,8*	*5,3*	*31,6*	*26,3*	*10,5*

Адаптація до нових кліматичних умов вимагає розроблення та впровадження сучасних технологій вирощування зернових культур, моніторингу, прогнозування та оцінки ризиків для сільського господарства.

7.2. Ефективність та інноваційна спрямованість технологій вирощування зернових колосових культур, адаптованих до кліматичних змін у Лісостепу

Забезпечення стабільно високої продуктивності зернових колосових культур становить основу продовольчої безпеки України. Як уже відмічалось у попередньому підрозділі, на формування, ріст і розвиток зернових колосових культур істотно впливають зміни клімату. Зона Лісостепу характеризується зростанням температурного режиму, зменшенням кількості опадів у критичні періоди вегетації та нестабільністю зимових умов, що ускладнює перезимівлю озимих культур. Для погодних умов весняно-літнього періоду вегетації досить

часто характерні як дефіцит опадів, так і екстремальний їх характер та нерівномірний розподіл упродовж вегетації. За таких умов особливого значення набуває удосконалення технології вирощування озимих культур. Вивчення теоретичних і практичних аспектів вирощування озимих зернових культур дозволяє визначити найбільш ефективні агротехнічні заходи, спрямовані на підвищення продуктивності та стійкості посівів. Зокрема, варіюючи строками і дозами внесення азотних добрив у підживлення, можна регулювати процеси кущіння і втрати стебел в процесі саморегуляції щільності агрофітоценозу, скоротити природну редукцію кількості закладених квіток і колосків у колосі, управляти накопиченням білка в зерні. Засобами захисту рослин можна регулювати площу зеленої листкової поверхні та строк її активної діяльності, забезпечуючи таким чином оптимальні умови для наливу зерна та інше [1].

Пшениця озима. Аналіз урожайності пшениці озимої за різних технологій вирощування в залежності від погодних умов упродовж 15 років засвідчив значний їх вплив на величину врожаю.

Погодні умови вегетаційного періоду пшениці озимої визначали тривалість та умови проходження стадій розвитку, на яких утворювались ті чи інші елементи продуктивності і в кінцевому результаті впливали на формування врожаю цієї культури, вирощеної за технологій різної інтенсивності [2].

Розрахунок індексу умов середовища (ІУС) показав, що найбільш сприятливі метеорологічні умови для вирощування пшениці озимої складалися в 2025 та 2023 рр., коли середня врожайність за технологій різної інтенсивності становила 7,87–10,25 т/га та 6,45–10,20 т/га, а індекс середовища досягав 2,70 та 2,65 (рис. 7.5).

Найнесприятливіші умови для вирощування пшениці озимої відмічалися в 2013 та 2014 р., коли індекс умов середовища був негативним (відповідно –3,66 та –2,95), а врожай за різних технологій – найменшим, відповідно варіював від 3,33 до 4,23 т/га та в межах 3,90–4,82 т/га (табл. 7.7).

У 2016–2020 рр. складались відносно сприятливі погодні умови для вирощування цієї культури, за яких індекс середовища змінювався від 1,00 до 0,40. В ці роки найбільший вплив на формування врожайності пшениці озимої мав чинник «система удобрення». Частка участі цього чинника у формуванні врожайності пшениці озимої становила 77,9 %, сорту 5,1 %, системи захисту – 7,2 %, рік – 9,3, інші – 0,5 %.

Найвищу врожайність пшениці озимої забезпечила інноваційна технологія вирощування (рис. 7.6). Величина врожаю за цієї технології, яка передбачала

внесення мінеральних добрив у дозі $P_{80}K_{100}+N_{80}II+N_{100}IV+N_{60}VII$ на фоні заробляння побічної продукції попередника та інтегрований захист рослин, сягала 8,93 т/га, що перевищувало контроль на 4,71 т/га [3].

Аналіз врожайності, отриманої за технологій вирощування різної інтенсивності впродовж 2011–2025 рр. засвідчив, що за біологізованої технології, в середньому за роки досліджень, отримано 4,80 т/га зерна, максимальний врожай становив 7,87 т/га, мінімальний – 3,33 т/га. Відхилення від середнього значення коливалось від 3,07 т/га до -1,47 т/га. Коефіцієнт варіації урожайності по роках становив 28,4 %.

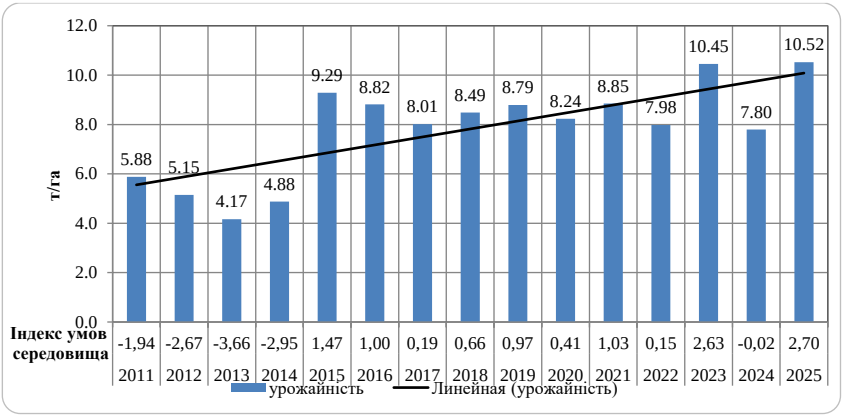


Рис. 7.5. Динаміка середньої урожайності пшениці озимої та індексу умов середовища, 2011–2025 рр.

За інтенсивної технології вирощування пшениці озимої величина середньої врожайності за 15 років перевищувала її, ніж за біологізованої на 2,71 т/га і становила 7,51 т/га. Максимальну врожайність було отримано в 2025 році – 10,21 т/га, мінімальну – 4,23 т/га в 2013 році. Відхилення від середньої змінювались від -3,28 т/га до 2,70 т/га. Коефіцієнт варіації знизився до 24,4 %.

Інноваційна технологія вирощування дала можливість отримати найвищий урожай зерна в середньому за 2011–2025 рр., який на 0,62 т/га перевищував інтенсивну і на 3,33 т/га біологізовану технологію і сягав 8,13 т/га. Найбільша урожайність на рівні 10,84 т/га спостерігалась у 2025 р., найменша – на рівні 4,10 т/га, за несприятливих умов вирощування – у 2013 р. Відхилення від середньої

коливались від -4,02 т/га до 2,71 т/га. Коефіцієнт варіації становив 25,7%.

Таблиця 7.7. **Урожайність пшениці озимої залежно від технологій вирощування, 2011–2025 рр.**

Рік	Урожайність за технології різної інтенсивності, т/га			Відхилення від середньої урожайності за технології, ± т/га		
	інтенсивної	інноваційної	біологізованої	інтенсивної	інноваційної	біологізованої
2011	5,74	6,02	4,34	-1,77	-2,11	-0,46
2012	5,26	5,04	3,87	-2,25	-3,09	-0,93
2013	4,23	4,1	3,33	-3,28	-4,03	-1,47
2014	4,82	4,93	3,9	-2,69	-3,2	-0,90
2015	9,27	9,31	7,15	1,76	1,18	2,35
2016	8,42	9,21	5,22	0,91	1,08	0,42
2017	7,52	8,5	4,84	0,01	0,37	0,04
2018	7,84	9,13	4,2	0,33	1	-0,60
2019	8,33	9,24	4,91	0,82	1,11	0,11
2020	8,00	8,47	3,66	0,49	0,34	-1,14
2021	8,48	9,22	3,85	0,97	1,09	-0,95
2022	7,08	8,87	4,94	-0,43	0,74	0,14
2023	10,20	10,70	6,45	2,69	2,57	1,65
2024	7,18	8,42	3,52	-0,33	0,29	-1,28
2025	10,21	10,84	7,87	2,70	2,71	3,07
	7,51	8,13	4,80	-	-	-
$\overline{X}$	0,47	0,54	0,35	-	-	-
V%	24,4	25,7	28,4	-	-	-
S	1,83	2,09	1,37	-	-	-
max	10,21	10,84	7,87	2,70	2,71	3,07
min	4,23	4,10	3,33	-3,28	-4,03	-1,47

Аналіз урожайності в комплексі з окремими показниками погоди продемонстрував, що величина урожайності пшениці озимої була оберненопропорційна кількості опадів, які випадали за рік. Для біологізованої технології коефіцієнт кореляції ч= - 0,458, для інтенсивної ч = - 0,542, для інноваційної – ч = - 0,544. Тіснота зв'язку урожайності з іншим показником, середньодобовою річною температурою повітря була меншою, мала прямопропорційний характер і знижувалась від ч = 0,421 за інноваційної технології до ч = 0,401 за інтенсивної та до ч = 0,132 за біологізованої технології.



Рис. 7.6. Агрофітоценоз пшениці озимої за високоінтенсивної технології вирощування, с-ще Чабани, ННЦ «ІЗ НААН», 2025 р.

На основі отриманих даних розраховані рівняння регресії, які описують залежність урожайності, отриманої за різних технологій від вищеназваних показників: річної суми опадів та середньодобової річної температури повітря.

Для прикладу, за інтенсивної технології вирощування ця залежність описується наступним рівнянням:

$y = 5{,}529\text{-}0{,}009\, x^1 + 0{,}663\, x^2$,

де y – урожайність, т/га,

x^1 – сума опадів за рік, мм,

x^2 – середньодобова річна температура повітря.

Коефіцієнт множинної кореляції дорівнює ч = 0,60 ,

коефіцієнт детермінації – 36 %.

Тому, урожайність пшениці озимої в Лісостепу значною мірою визначається індексом умов середовища, а найефективнішою технологією

вирощування є інноваційна, яка забезпечує найвищий рівень продуктивності навіть за кліматичних трансформацій. Інтенсивна технологія є стабільнішою за урожайністю, а біологізована – найбільш залежна від погодних умов.

Жито озиме. Ця культура більш толерантна до умов вирощування, відносно інших озимих зернових. Глибоко проникаюча в ґрунт коренева система і здатність до засвоєння поживних речовини, навіть у важкодоступній формі, дозволяє вирощувати жито на ґрунтах із невисокою природною родючістю. Висока зимостійкість сприяє перезимівлі за найнесприятливіших умов. Навіть за пізніх строків сівби жито озиме здатне кущитися рано навесні, добре використовувати весняні запаси вологи та формувати необхідний продуктивний стеблостій. Високий коефіцієнт кущіння та інтенсивне наростання біомаси сприяє пригніченню бур'янів, тому ця культура може вирощуватися навіть без застосування гербіцидів. Загалом можна констатувати, що серед озимих зернових жито найбільш пристосоване до несприятливих погодних умов під час вегетації, а отже, і загалом, до кліматичних змін, які відбуваються в останні десятиріччя [4].

Проте, з урахуванням вищенаведеного твердження, вплив змінних погодних умов за 2011–2025 рр. на формування продуктивності жита озимого, все ж таки, був значним і, більшою мірою, залежав від інтенсивності технологій вирощування.

Розрахунок індексу умов середовища показав, що найбільш сприятливі метеорологічні умови для вирощування жита озимого складалися у 2013, 2020 та у 2025 р., коли середня урожайність становила 6,29, 5,61 та 5,60 т/га, а індекс середовища у 1,27, 0,59 та 0,58, відповідно (рис. 7.7).

Найнесприятливіші умови для вирощування жита озимого відмічалися у 2014 та 2022 рр., коли індекс умов середовища був негативним і відповідно становив -1,08 та -1,68. У ці роки відмічалася і найменша урожайність культури, яка відповідно становила 3,95 та 3,35 т/га. Характерною особливістю впливу змін клімату на жито озиме є тенденція до зниження його продуктивності. Про це свідчить зниження лінійної урожайності культури, яка у 2011 р. становила 5,3 т/га, а у 2025 р. 4,9 т/га. Тому можна констатувати, що потепління негативно вплинуло на продуктивність жита озимого за період 2011–2015 рр.

Порівняння різних технологій вирощування жита озимого показало, що рівень їх інтенсифікації мав домінуючий вплив на продуктивність культури. Зокрема біологізована технологія (заробляння побічної продукції попередника, протруєння зерна та внесення гербіцидів) за роки досліджень забезпечила отримання, в середньому, 3,30 т/га зерна зі значним коливанням від -1,88 до 1,58

т/га. Через це коефіцієнт варіації урожайності для цієї технології був максимальним і становив 29,1 % (табл. 7.8).

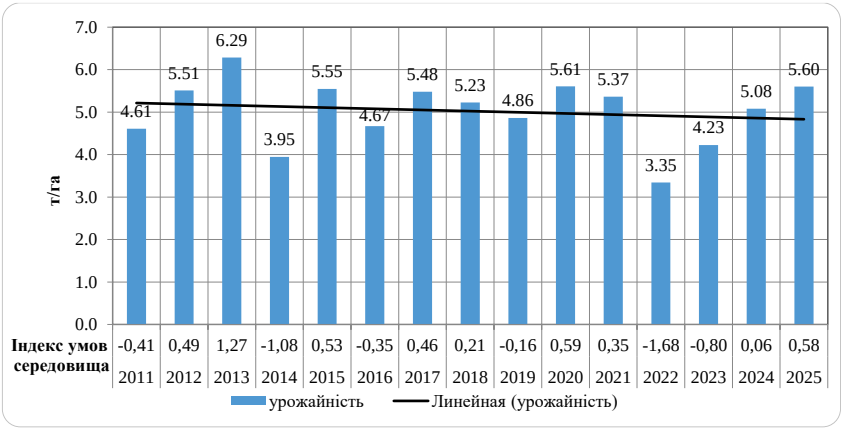


Рис. 7.7. Динаміка середньої урожайності жита озимого та індексу умов середовища, 2011–2025 рр.

За інтенсивної моделі технології, яка передбачала внесення оптимальної, за результатами багаторічних досліджень, дози повного мінерального добрива та комплексну систему захисту посівів, середня урожайність за 2011–2025 рр. становила 4,98 т/га, з відхиленням по роках (від -2,14 до 0,97 т/га), і відповідно, з найменшим коефіцієнтом варіації 16,4 %.

Високоінтенсивна, або ж інноваційна технологія вирощування (рис. 7.8), яка передбачала найвищий рівень забезпеченості культури мінеральним живленням та комплексний захист посівів від бур'янів, хвороб, шкідників та вилягання на основі встановлення економічних порогів шкідливості хоч і дозволила отримати найвищий урожай зерна, в середньому за роки досліджень – 5,06 т/га, проте показала найбільшу варіативність за роками (від -1,21 до 1,91 т/га), тобто вона була менш стабільною по продуктивності, ніж інтенсивна. Коефіцієнт варіації становив 17,7 %.

Отже, інтенсивна модель технології вирощування жита озимого виявилась найоптимальнішою по співвідношенню виробничих витрат та урожайності.

Результати проведених досліджень за 2011–2025 рр. показали, що частка

впливу погодних умов на формування продуктивності навіть такої пластичної культури, як жито, є значною. У спрощених технологіях (біологізована) вона збільшується, а у роки з екстремальними погодними умовами може повністю вирішувати величину і якість майбутнього врожаю.

Таблиця 7.8. **Урожайність жита озимого залежно від технологій вирощування, 2011–2025 рр.**

Рік	Урожайність за технології різної інтенсивності, т/га			Відхилення від середньої урожайності за технології, ± т/га		
	інтенсивної	інноваційної	біологізованої	інтенсивної	інноваційної	біологізованої
2011	5,0	4,3	3,8	0,02	-0,76	0,5
2012	5,95	5,07	3,62	0,97	0,01	0,32
2013	5,6	6,97	3,55	0,62	1,91	0,25
2014	3,74	4,15	4,35	-1,24	-0,91	1,05
2015	5,73	5,36	4,88	0,75	0,3	1,58
2016	5,02	4,32	2,98	0,04	-0,74	-0,32
2017	5,72	5,24	4,71	0,74	0,18	1,41
2018	5,15	5,3	2,95	0,17	0,24	-0,35
2019	5,11	4,61	2,52	0,13	-0,45	-0,78
2020	4,89	6,32	2,78	-0,09	1,26	-0,52
2021	5,19	5,54	2,89	0,21	0,48	-0,41
2022	2,84	3,85	1,42	-2,14	-1,21	-1,88
2023	4,27	4,18	4,05	-0,71	-0,88	0,75
2024	5,45	4,71	2,87	0,47	-0,35	-0,43
2025	5,15	6,05	2,12	0,17	0,99	-1,18
$\overline{X}$	4,98	5,06	3,30	-	-	-
	0,21	0,23	0,25	-	-	-
V%	16,4	17,7	29,1	-	-	-
S	0,82	0,89	0,96	-	-	-
max	5,95	6,97	4,88	0,97	1,91	1,58
min	2,84	3,85	1,42	-2,14	-1,21	-1,88

Ячмінь озимий. Серед озимих зернових культур ячмінь озимий вирізняється найнижчою морозостійкістю. При зниженні температури у зоні вузла кущення до –12…–14 °С рослини можуть загинути. Особливо чутливою ця культура стає за ранніх строків сівби, адже має коротший період яровизації (близько 35–45 днів), ніж озима пшениця чи жито озиме (40–65 днів). Значної шкоди культурі завдають різкі коливання температури взимку та на початку

весни. Водночас ячмінь добре переносить спеку, витримуючи понад 35 °С, хоча в південних регіонах тривалі періоди високих температур можуть негативно позначатися на його стані (рис. 7.9). Протягом усього вегетаційного періоду він характеризується високою посухостійкістю. Саме ці біологічні особливості зумовили його поширення переважно в південних областях України. Проте завдяки створенню нових сортів із підвищеною зимостійкістю ареал вирощування озимого ячменю розширився і на північні регіони країни.



Рис. 7.8. Агрофітоценоз жита озимого за високоінтенсивної технології вирощування, с-ще Чабани, ННЦ «ІЗ НААН», 2025 р.

Це надало можливість провести дослідження з вивчення різних технологій його вирощування в умовах північної частини Правобережного Лісостепу. Хоча дослідження 2021–2025 рр. не дозволяють повною мірою оцінити вплив кліматичних змін на продуктивність ячменю озимого, вони виявили тенденцію та можливості щодо розширення ареалу його вирощування у північніші регіони, що підтверджується аналізом урожайності за різних технологій у взаємозв’язку з

погодними умовами, який показав значний вплив кліматичних чинників [5].



Рис. 7.9. Ячмінь озимий, с-ще Чабани, ННЦ «ІЗ НААН», 2025 р.

Розрахунок індексу умов середовища показав, що найсприятливіші метеорологічні умови для вирощування ячменю озимого складалися в 2021 р. коли середня врожайність технологій становила 7,37 т/га, а індекс умов середовища досяг 1,8 (рис. 7.10). Натомість, у 2022 р. вегетація ячменю озимого проходила за екстремальних умов, внаслідок чого отримано найнижчу середню врожайність – 3,32 т/га, а індекс умов середовища набував від'ємних значень (–2,26).

Аналіз врожайності ячменю озимого, отриманої за технологій різної інтенсивності, засвідчив, що за біологізованої технології, в середньому за роки досліджень, отримано 2,80 т/га зерна, з коефіцієнтом варіації по роках 25,2 % (табл. 7.9).

За інтенсивної технології вирощування ячменю озимого величина середньої врожайності становила 5,41 т/га. Коефіцієнт варіації був майже на рівні біологізованої – 26,9 %.

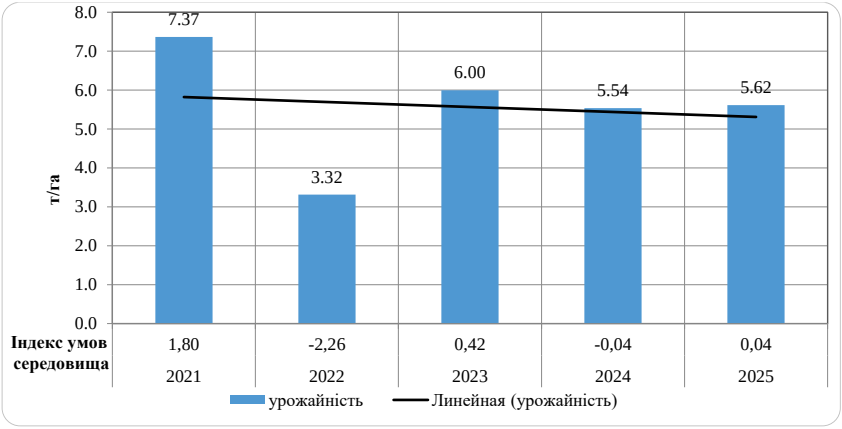


Рис. 7.10. Динаміка середньої урожайності ячменю озимого та індексу умов середовища, 2021–2025 рр.

Таблиця 7.9. **Урожайність ячменю озимого залежно від технологій вирощування, 2021–2025 рр.**

Рік	Урожайність за технології різної інтенсивності, т/га			Відхилення від середньої урожайності за технології, ± т/га		
	інтенсивної	інноваційної	біологізованої	інтенсивної	інноваційної	біологізованої
2021	7,05	7,68	3,59	1,64	1,96	0,79
2022	3,07	3,56	1,79	-2,34	-2,16	-1,01
2023	5,72	6,27	3,03	0,31	0,55	0,23
2024	5,85	5,22	3,18	0,44	-0,5	0,38
2025	5,36	5,87	2,41	-0,05	0,15	-0,39
	5,41	5,72	2,8	-	-	-
$\overline{X}$	0,65	0,67	0,32	-	-	-
V%	26,9	26,3	25,2	-	-	-
S	1,45	1,51	0,71	-	-	-
max	7,05	7,68	3,59	1,64	1,96	0,79
min	3,07	3,56	1,79	-2,34	-2,16	-1,01

Високоінтенсивна, або ж інноваційна технологія вирощування, яка передбачала найвищий рівень забезпеченості культури мінеральним живленням та комплексний захист посівів від бур'янів, хвороб, шкідників та вилягання на

основі встановлення економічних порогів шкідливості, забезпечила отримання найвищого врожаю, в середньому 5,72 т/га, з коефіцієнтом варіації 26,3%.

Ячмінь ярий. Впродовж 15-річного періоду досліджень (2011–2025 рр.) урожайність ячменю ярого характеризувалася істотною варіабельністю. Середній рівень урожайності сягав 5,17 т/га (рис. 7.11). Лінія тренду вказує на відносну стабільність вирощування без чітко виражених векторів спаду або інтенсивного росту. При цьому максимальний показник урожайності культури – 6,95 т/га отримано у 2015 р. за величини індексу умов середовища +1,78, а мінімальний – 3,75 т/га у 2018 році (ІУС = -1,42). Загальна амплітуда коливань величини урожайності ячменю ярого за період досліджень становила 3,2 т/га.

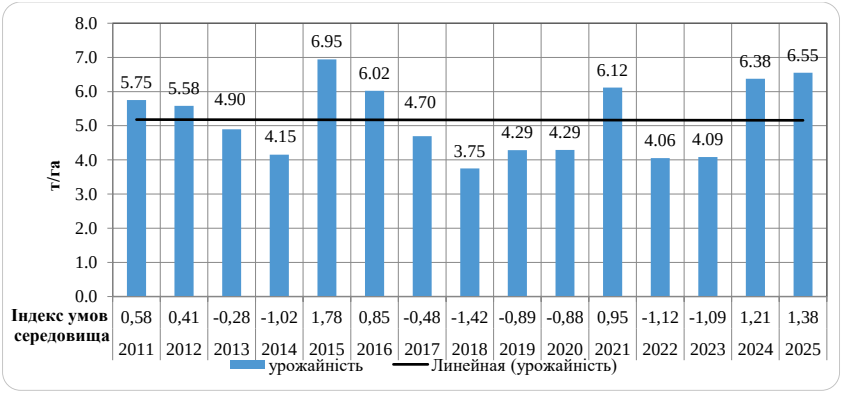


Рис. 7.11. Динаміка середньої урожайності ячменю ярого та індексу умов середовища, 2021–2025 рр.

За величиною індексу умов середовища (ІУС) було виділено три типи вегетаційних періодів за ступенем сприятливості.

До сприятливих, з величиною індексу умов середовища понад +1,0 відносяться 2015, 2024 і 2025 рр. (рис. 7.12), у які була відмічена максимальна реалізація генетичного потенціалу сортів і урожайність культури знаходилася на рівні 6,38–6,95 т/га.

До відносно сприятливих з діапазоном ІУС від 0 до +1,0 слід віднести 2011, 2012, 2016 і 2021 рр., для яких характерною була стабільно висока урожайність ячменю ярого в межах від 5,58 до 6,12 т/га.



Рис. 7.12. Ячмінь ярий, с-ще Чабани, ННЦ «ІЗ НААН», 2025 р.

До несприятливих за погодними умовами відносилися 2014, 2018, 2022 і 2023 рр., коли за величини індексу умов середовища менше 1,0 сформована урожайність знаходилася в межах 3,75–4,15 т/га. За результатами попередніх досліджень, несприятливі умови вегетації відзначалися високими показниками температурного режиму, які істотно відрізнялися від багаторічних (2011, 2012, 2013, 2018) та нестачею опадів (2013,2015, 2017), що обумовлювало негативний вплив на ріст і розвиток рослин ячменю ярого [6].

За результатами досліджень встановлено пряму кореляційну залежність між величиною ІУС та рівнем урожайності. При цьому виявлено, що ключовими чинниками впливу є: екологічна пластичність – ячмінь ярий показує високу здатність ефективно використовувати покращені умови середовища, що підтверджується різким зростанням врожаю у роки з ІУС > 1,0; стійкість до стресів – чутливість культури до негативних значень ІУС є високою. Зниження індексу нижче –1,0 призводить до втрати понад 40 % потенційного врожаю

відносно максимально зафіксованого. Висока амплітуда коливань умов середовища: від –1,42 до +1,78 – свідчить про нестабільність агрокліматичних умов у регіоні досліджень.

За результатами проведених досліджень встановлено, що ячмінь ярий характеризується високою пластичністю, але помірною стабільністю. Його продуктивність істотно залежить від дії зовнішніх чинників, що вимагає впровадження адаптивних технологій вирощування.

З метою зменшення впливу від'ємного ІУС необхідно зміщувати акцент на вологозберігаючі технології та підбір сортів з підвищеною посухостійкістю, оскільки саме несприятливі роки спричиняють найбільші економічні ризики при вирощуванні культури.

Проведені дослідження щодо встановлення закономірностей формування врожайності ячменю ярого залежно від ступеня інтенсифікації технології вирощування впродовж 2011–2025 рр. показали, що фактор інтенсивності мав домінуючий вплив на рівень продуктивності культури.

Найвищий рівень врожайності – 5,35 т/га забезпечила інноваційна технологія (табл. 7.10). Перехід від інтенсивної до інноваційної моделі забезпечив додатковий приріст у 0,36 т/га (+7,2 %). Водночас біологізована модель показала значне зниження продуктивності – на 63,1 %, відносно інтенсивної.

Математичний аналіз одержаних результатів дав змогу визначити типи реакції кожної технології на зміну гідротермічних умов.

Встановлено, що інноваційна технологія з коефіцієнтом регресії менше 1 (bi=0,89) є найменш чутливою до дії стресових факторів. Це модель компенсаторного типу, що утримує врожайність на рівні не нижче 4,5 т/га навіть у критично посушливі роки (2018, 2023). Завдяки збалансованому мінеральному живленню та системі захисту вона нівелює негативний вплив посух, що є характерним для зони Лісостепу в останні десятиліття.

Інтенсивна технологія (bi=1,02): коефіцієнт регресії близький до одиниці свідчить про високу пластичність технології і її здатність забезпечувати зростання врожайності ячменю пропорційно покращенню умов середовища.

Біологізована (bi=1,09): показник коефіцієнта регресії більше 1 у поєднанні з високим середньоквадратичним відхиленням від лінії регресії вказує на низьку стабільність технології. Вона є високоризикованою через значну мінливість (V=29,4%). Відсутність засобів інтенсифікації позбавляє агроценоз можливості протидіяти абіотичним стресам у критичні фази онтогенезу.

Таблиця 7.10. **Урожайність ячменю ярого залежно від технологій вирощування, 2011–2025 рр.**

Рік	Урожайність за технології різної інтенсивності, т/га			Відхилення від середньої урожайності за технології, ± т/га		
	інтенсивної	інноваційної	біологізованої	інтенсивної	інноваційної	біологізованої
2011	5,73	5,77	3,49	0,74	0,42	0,43
2012	5,25	5,91	3,38	0,26	0,56	0,32
2013	4,25	5,54	2,4	-0,74	0,19	-0,66
2014	4,03	4,27	2,21	-0,96	-1,08	-0,85
2015	6,93	6,96	4,81	1,94	1,61	1,75
2016	5,83	6,21	3,45	0,84	0,86	0,39
2017	4,45	4,94	2,07	-0,54	-0,41	-0,99
2018	2,96	4,54	1,78	-2,03	-0,81	-1,28
2019	4,28	4,29	3,72	-0,71	-1,06	0,66
2020	4,25	4,33	2,53	-0,74	-1,02	-0,53
2021	6,19	6,04	3,79	1,2	0,69	0,73
2022	4,03	4,08	2,89	-0,96	-1,27	-0,17
2023	3,86	4,31	1,8	-1,13	-1,04	-1,26
2024	6,19	6,56	3,45	1,2	1,21	0,39
2025	6,58	6,52	4,07	1,59	1,17	1,01
$\overline{X}$	4,99	5,35	3,06	-	-	-
$S_{\overline{x}}$	0,31	0,26	0,23	-	-	-
V%	23,7	18,7	29,4	-	-	-
S	1,18	1	0,9	-	-	-
max	6,93	6,96	4,81	1,59	1,61	1,75
min	2,96	4,27	1,78	-2,03	-1,27	-1,28

Статистична обробка одержаних результатів підтвердила переваги інноваційної технології над іншими моделями. Вона характеризується найвищою середньою урожайністю (X=5,35 т/га), помірним абсолютним розсіюванням (S =1,00), високою точністю середнього значення (Sx=0,26) і найменшим коефіцієнтом варіації (V=8,7%). Це свідчить про те, що саме ця технологія є не лише найбільш продуктивною, а й найбільш стабільною в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Пшениця яра. В умовах кліматичних змін у зоні Лісостепу, які безпосередньо впливають на процеси росту і розвитку рослин, що визначає рівень реалізації продуктивного потенціалу сільськогосподарських культур,

зокрема і пшениці ярої (рис. 7.13), особливої актуальності набуває впровадження адаптивних технологій вирощування, які забезпечують формування оптимальних умов росту і розвитку рослин та більш повну реалізацію їх продуктивного потенціалу за рахунок комплексного використання елементів інтенсифікації [7].



Рис.7.13. Пшениця яра, с-ще Чабани, ННЦ «ІЗ НААН», 2025 р.

Аналіз індексу умов середовища засвідчує, що урожайність пшениці ярої залежить прямопропорційно від погодних умов року. Чим вищий індекс, тим вищий рівень урожайності. У роки з від'ємними значеннями індексу (2011, 2013, 2017, 2018, 2022, 2023) урожайність була найнижчою і варіювала в межах 3,06–3,75 т/га (рис. 7.14). Найнижчий показник урожайності відмічено у 2018 р. (3,06 т/га), за ІУС=-1,19, що свідчить про екстремальність погодних умов.

У роки з позитивними значеннями індексу умов середовища (2015, 2016, 2021, 2024, 2025) урожайність значно зростала і досягала 5,04–5,80 т/га. Максимальний рівень урожайності сформовано у 2015 р. (5,80 т/га), за ІУС=1,56,

що вказує на найсприятливіші умови.

Тому, пшениця яра демонструє високу здатність реалізації потенціалу продуктивності за сприятливих погодних умов.

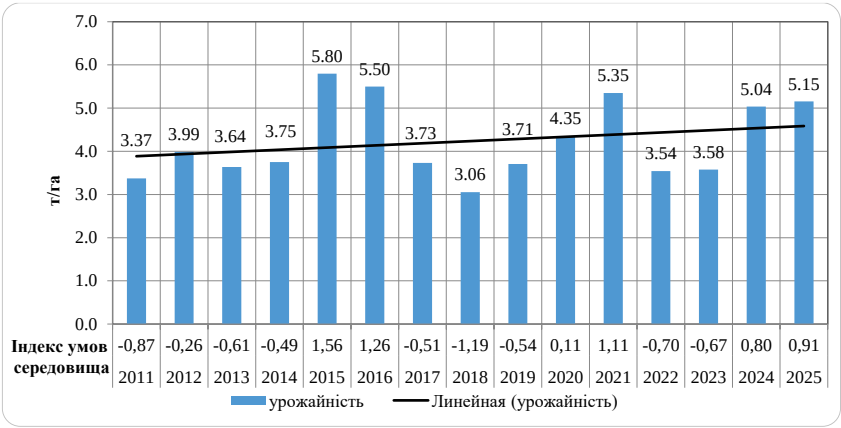


Рис. 7.14. Динаміка середньої урожайності пшениці ярої та індексу умов середовища, 2021–2025 рр.

Аналіз результатів досліджень за 2011–2025 рр. засвідчив, що урожайність пшениці ярої суттєво залежить від рівня інтенсифікації технології вирощування. Середній рівень урожайності становив 4,03 т/га за інтенсивної технології, 4,44 т/га – за інноваційної та 2,83 т/га – за біологізованої (табл. 7.11).

Отримані результати свідчать про те, що пшениця яра добре реагує на підвищення рівня мінерального живлення та захисту рослин. Перехід від інтенсивної до інноваційної технології забезпечив приріст урожайності на 0,41 т/га (близько 10%), що є суттєвим для виробничих умов. Встановлено, що рівень урожайності пшениці ярої формується під впливом погодних умов та системи удобрення, яка є важливим чинником регулювання продукційного процесу. Водночас, за забезпечення мінерального живлення рослин лише за рахунок заробляння побічної продукції попередника (біологізована модель технології) урожайність варіює в межах 2,71–3,59 т/га, тоді як застосування мінеральних добрив у інтенсивних моделях підвищує її на 0,81–1,64 т/га, що свідчить про здатність технологічних заходів компенсувати вплив несприятливих чинників

середовища [8]. Водночас зниження рівня інтенсифікації (біологізована технологія) призводило до втрати понад 1,2 т/га врожаю зерна, що підтверджує високу потребу культури у забезпеченні елементами живлення.

Таблиця 7.11. **Урожайність пшениці ярої залежно від технологій вирощування, 2011–2025 рр.**

Рік	Урожайність за технології різної інтенсивності, т/га			Відхилення від середньої урожайності за технології, ± т/га		
	інтенсивної	інноваційної	біологізованої	інтенсивної	інноваційної	біологізованої
2011	3,24	3,5	2,64	-0,79	-0,94	-0,19
2012	3,91	4,06	3,18	-0,12	-0,38	0,35
2013	3,6	3,67	2,46	-0,43	-0,77	-0,37
2014	3,66	3,84	3,04	-0,37	-0,6	0,21
2015	5,97	5,63	5,13	1,94	1,19	2,3
2016	5,09	5,91	3,77	1,06	1,47	0,94
2017	3,44	4,02	1,66	-0,59	-0,42	-1,17
2018	2,58	3,53	1,8	-1,45	-0,91	-1,03
2019	3,31	4,1	2,5	-0,72	-0,34	-0,33
2020	4,09	4,61	2,46	0,06	0,17	-0,37
2021	5,19	5,51	3,64	1,16	1,07	0,81
2022	3,28	3,8	2,33	-0,75	-0,64	-0,5
2023	3,4	3,75	2,22	-0,63	-0,69	-0,61
2024	4,84	5,23	2,84	0,81	0,79	0,01
2025	4,85	5,46	2,76	0,82	1,02	-0,07
$\overline{X}$	4,03	4,44	2,83	-	-	-
$S_{\bar{x}}$	0,24	0,22	0,22	-	-	-
V%	23,4	19,4	30,6	-	-	-
S	0,94	0,86	0,86	-	-	-
max	5,97	5,91	5,13	1,94	1,47	2,3
min	2,58	3,5	1,66	-1,45	-0,94	-0,61

Аналіз динаміки урожайності за роками показав значну її мінливість – від 2,58 до 5,97 т/га, що свідчить про високу чутливість культури до умов вологозабезпечення. Найнесприятливіші умови для формування врожаю спостерігалися у 2018 та 2022 роках. У цей період урожайність знижувалася до мінімальних значень – 2,58–3,53 т/га за інтенсивних технологій і до 1,80–2,33 т/га – за біологізованої.

Основною причиною було поєднання високих температур та дефіциту

вологи у період колосіння–наливу зерна. Саме в цей період формується маса зерна, тому стресові умови призводять до його невиповненості та зниження врожайності. Крім того, недостатнє зволоження на ранніх етапах розвитку (фаза кущення) обмежує формування продуктивних стебел, що також негативно впливає на продуктивність культури.

У сприятливі роки (2015, 2016, 2021, 2024, 2025) відмічено найвищі показники урожайності пшениці ярої, які досягали 5,46–5,97 т/га. Це пов'язано з достатнім забезпеченням вологою у критичні періоди розвитку рослин. Зокрема, оптимальні умови у фазі кущення сприяли формуванню достатньої щільності стеблостою, а за належного вологозабезпечення у період наливу зерна отримували високу масу 1000 зерен. Застосування елементів інтенсифікації технології, зокрема раціональної системи удобрення (внесення мінеральних добрив, у тому числі підживлення у критичні періоди росту і розвитку культури), сприяє підвищенню урожайності пшениці ярої та забезпечує стабільніше формування врожаю за різних погодних умов. За результатами досліджень приріст урожайності сягає 0,20–0,35 т/га залежно від умов вирощування [9].

Математичний аналіз засвідчив різний характер реакції технологій вирощування на зміну умов середовища. Встановлено, що інноваційна технологія характеризується коефіцієнтом регресії менше одиниці (*bi* = 0,87), що свідчить про її здатність зменшувати негативний вплив несприятливих умов і забезпечувати більш стабільний рівень урожайності.

Інтенсивна технологія (*bi* = 0,98) має значення, близьке до одиниці, що вказує на її пластичність та пропорційну реакцію на зміну умов середовища.

Біологізована технологія (*bi* = 1,15) характеризується підвищеною чутливістю до погодних умов. За сприятливих років вона частково реалізує потенціал культури, однак у несприятливі – відбувається різке зниження урожайності, що свідчить про її низьку стабільність.

Показники варіабельності підтверджують отримані результати: коефіцієнт варіації становив *V*=19,4 % за інноваційної технології, *V*=23,4 % – за інтенсивної та *V*=30,6 % – за біологізованої. Це свідчить про вищу стабільність інтенсивних технологій у мінливих погодних умовах. Показники стандартного відхилення (*S* = 0,94–0,86) відображають варіювання урожайності за роками та підтверджують більш вирівняний її рівень за інтенсивних технологій. Це вказує на те, що за сучасних кліматичних змін отримання стабільного врожаю пшениці ярої можливе лише за достатнього рівня інтенсифікації технології вирощування. Недостатнє забезпечення рослин елементами живлення та засобами захисту

значно підвищує ризик недобору врожаю, особливо за екстремальних погодних умов.

Овес. Встановлено, що рівень продуктивності культури залежить як від грунтово-кліматичних умов, так і інтенсивності технології вирощування (рис. 7.15). У результаті попередніх досліджень встановлено, що погодні умови характеризуються значною варіабельністю та по-різному впливають на формування елементів структури врожаю вівса і, відповідно, на рівень урожайності зерна. Так, вегетаційні періоди 2012 і 2013 рр. за основними агрометеорологічними показниками (температурний режим та вологозабезпеченість) були сприятливими для росту і розвитку культури.

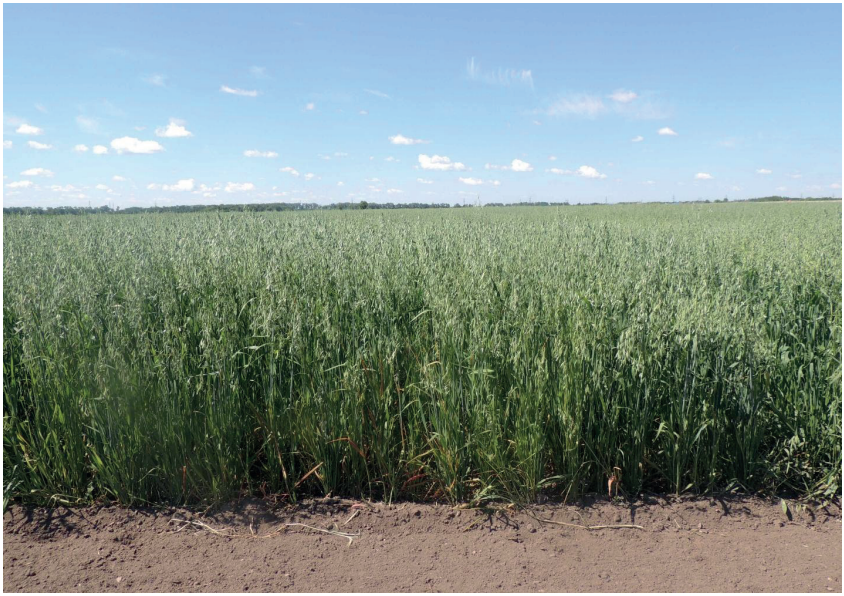


Рис. 7.15. Посіви вівса за інноваційної технології вирощування, с-ще Чабани, ННЦ «ІЗ НААН», 2025 р.

Натомість умови 2011 р., що характеризувалися підвищеними денними температурами повітря та дефіцитом ґрунтової вологи у початкові фази активної вегетації, негативно позначилися на перебігу фізіолого-біохімічних процесів у рослинах. Це, своєю чергою, обмежувало інтенсивність кущення та ріст рослин

і зумовлювало зниження показників структури врожаю, зокрема маси та озерненості волоті, маси 1000 зерен і натури зерна. Крім того, несприятливі погодні умови зазначеного року негативно вплинули на формування стеблостою, у тому числі продуктивного (1,1–1,5 шт. на рослину), а також на процес закладання колоскових бугорків та інших елементів продуктивності. У сукупності це призводило до істотного зниження рівня врожайності культури, яка варіювала в межах 2,18–4,34 т/га залежно від елементів технології вирощування [10, 11].

За період 2011–2025 рр. врожайність вівса характеризувалася значною мінливістю, змінюючись у межах від 4,02 до 7,10 т/га (рис. 7.16). Мінімальні значення зафіксовано у 2011 та 2018 рр. (4,09 і 4,02 т/га відповідно), що збігається з від'ємними значеннями індексу умов середовища (–1,59 та –1,66), тобто несприятливими для формування продуктивності роками.

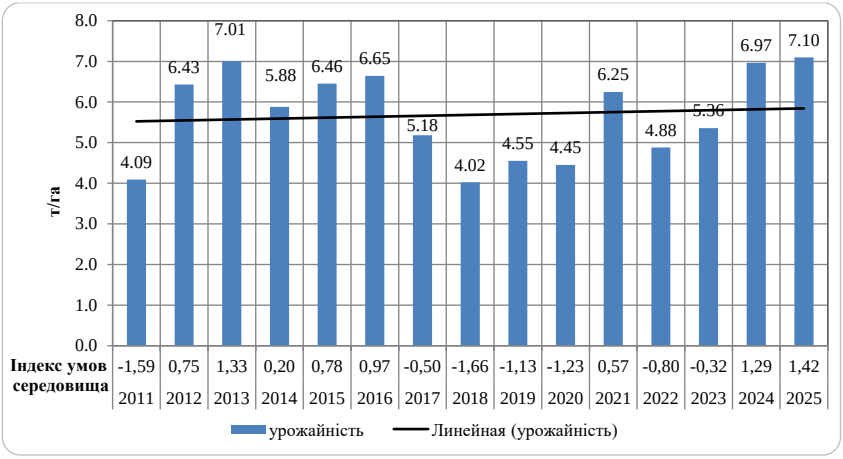


Рис. 7.16. Динаміка середньої урожайності вівса та індексу умов середовища, 2021–2025 рр.

Аналогічна тенденція простежувалася і в 2019–2020 рр., де за від'ємного індексу (–1,13…–1,23) врожайність залишалась відносно низькою (4,45–4,55 т/га). Натомість у роки з позитивними значеннями індексу умов середовища (2012–2016, 2021, 2024–2025 рр.) спостерігалося істотне зростання врожайності. Зокрема, у 2013, 2024 та 2025 рр. вона досягала максимальних значень – 7,01; 6,97

і 7,10 т/га відповідно, що свідчить про реалізацію високого продукційного потенціалу культури за сприятливих умов вирощування. Водночас варто відзначити, що навіть за несприятливих умов (наприклад, 2017 р., індекс –0,50) врожайність залишалась на відносно прийнятному рівні (5,18 т/га), що свідчить про високу адаптивність культури. Однак у роки з найнижчим індексом середовища (2018 р., –1,66) відбувалося істотне зниження продуктивності, що засвідчує, також високу чутливість вівса до екстремальних умов.

Тому, результати дослідження засвідчують, що врожайність вівса характеризується помірною стабільністю з вираженою залежністю від умов середовища, при цьому загальна тенденція до зростання свідчить про потенціал підвищення ефективності його вирощування за умови оптимізації технологій.

Загалом спостерігається тенденція до посилення впливу кліматичних факторів на формування врожайності, що узгоджується із сучасними уявленнями про зміни клімату в Україні, зокрема підвищення температурного режиму та зростання частоти посушливих періодів. За таких умов ефективність технологій вирощування визначається їх здатністю адаптуватися до різних видів стресів.

Аналіз урожайності вівса за 2011–2025 рр. демонструє наявність тісного зв'язку між продуктивністю культури, рівнем інтенсивності застосованих технологій вирощування та варіабельністю погодних умов, яка в сучасний період відображає прояви кліматичних змін (табл. 7.12).

Досліджуваний період характеризувався наростаючою кліматичною мінливістю, що проявлялася у нерівномірному розподілі опадів, підвищенні середньодобових температур та зростанні частоти екстремальних явищ (посухи, температурні стреси). Це безпосередньо відображалося на рівні врожайності вівса, яка змінювалася в широких межах залежно від року та технології. Найнесприятливіші умови спостерігалися у 2018 та 2020 рр., коли врожайність знижувалася до мінімальних значень (3,82–4,22 т/га за інтенсивних технологій і до 1,04–1,25 т/га за біологізованої). Це пов'язано з дефіцитом вологи та високими температурами у критичні фази розвитку рослин (кущення–налив зерна), що обмежувало формування продуктивних стебел і зернівок. Натомість у роки з більш сприятливими гідротермічними умовами (2013, 2015, 2024, 2025) відзначено максимальну реалізацію продуктивного потенціалу культури. Зокрема, врожайність за інноваційної технології досягала 7,47–7,52 т/га, що свідчить про ефективне використання агрокліматичних ресурсів.

Таблиця 7.12. **Урожайність вівса залежно від технологій вирощування, 2011–2025 рр.**

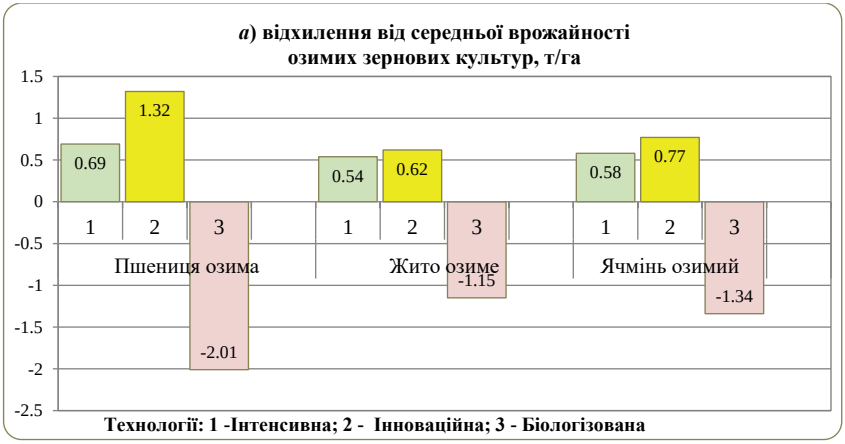
Рік	Урожайність за технології різної інтенсивності, т/га			Відхилення від середньої урожайності за технології, ± т/га		
	інтенсивної	інноваційної	біологізованої	інтенсивної	інноваційної	біологізованої
2011	4,2	4	2,2	-1,3	-1,8	-0,8
2012	6,43	6,43	2,93	0,93	0,63	-0,07
2013	6,54	7,47	3,99	1,04	1,67	0,99
2014	5,42	6,34	2,86	-0,08	0,54	-0,14
2015	6,25	6,66	3,05	0,75	0,86	0,05
2016	5,82	7,47	2,27	0,32	1,67	-0,73
2017	5,26	5,1	2,56	-0,24	-0,7	-0,44
2018	3,82	4,22	1,04	-1,68	-1,58	-1,96
2019	5,06	4,04	3,44	-0,44	-1,76	0,44
2020	3,93	4,97	1,25	-1,57	-0,83	-1,75
2021	6,68	5,81	4,71	1,18	0,01	1,71
2022	4,64	5,12	2,99	-0,86	-0,68	-0,01
2023	5,42	5,29	3,66	-0,08	-0,51	0,66
2024	6,92	7,01	3,8	1,42	1,21	0,8
2025	6,68	7,52	3,81	1,18	1,72	0,81
	5,5	5,8	3	-	-	-
$\overline{X}$	0,26	0,32	0,25	-	-	-
V%	18,23	20,94	32,68	-	-	-
S	1,01	1,22	0,97	-	-	-
max	6,92	7,52	4,71	1,42	1,72	0,99
min	3,82	4	1,04	-1,68	-1,76	-1,96

Важливою особливістю є різна реакція технологій вирощування на зміну кліматичних умов. Інтенсивна та інноваційна технології демонструють вищу екологічну пластичність, що проявляється у здатності підтримувати відносно стабільний рівень урожайності навіть за стресових умов. Це пояснюється кращим забезпеченням рослин елементами живлення, застосуванням засобів захисту та регуляцією ростових процесів. Натомість біологізована технологія характеризується значно більшою чутливістю до погодних коливань. У роки з дефіцитом вологи продуктивність за цієї технології різко знижується, що підтверджується найвищим коефіцієнтом варіації (33,4 %). Це свідчить про обмежену здатність технологічної системи компенсувати негативний вплив кліматичних стресів без додаткових агротехнічних заходів.

Показники середнього квадратичного відхилення (S = 0,97–1,22) підтверджують встановлені закономірності. Найбільше варіювання абсолютних значень урожайності спостерігається за інноваційної технології (S = 1,22), що пов'язано з її високою реакцією на зміну умов середовища. Водночас біологізована технологія, попри нижчий рівень продуктивності, демонструє дещо менше абсолютне відхилення (S = 0,97), що пояснюється обмеженим рівнем урожайності.

У результаті проведених досліджень встановлено, що урожайність вівса формується під комплексним впливом технології вирощування та погодних умов, причому в умовах кліматичних змін вирішальне значення має здатність технології забезпечувати адаптацію рослин до дефіциту вологи та температурних коливань. Найбільш ефективними у цьому контексті є інтенсивні технології, які дозволяють мінімізувати негативний вплив кліматичних ризиків і забезпечити більш стабільне виробництво зерна. Біологізована технологія, хоча і має потенційні екологічні переваги, проте поступається за ефективністю та потребує подальшого вдосконалення для підвищення стійкості до кліматичних трансформацій.

Тому, аналіз результатів досліджень з вивчення адаптивності та стабільності озимих зернових культур засвідчив істотну варіабельність їх продуктивності залежно від рівня інтенсифікації технологій вирощування у взаємозв'язку з погодними умовами (рис. 7.17, *а, б*).



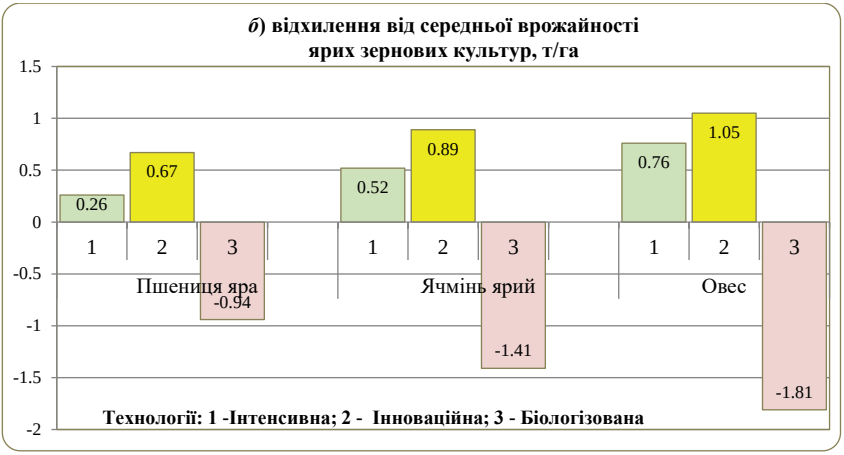


Рис. 7.17 (*а, б*). Стабільність технологій вирощування озимих і ярих зернових культур

У результаті аналізу результатів проведених досліджень встановлено, що технології вирощування озимих і ярих зернових культур характеризуються різним рівнем стабільності, який визначається здатністю компенсувати вплив змінних погодних умов. Зокрема, інтенсивні технології забезпечують вищу адаптивність та відносно стабільну продуктивність навіть за коливань кліматичних факторів, тоді як спрощені технології вирощування (біологізовані, з мінімальним застосуванням засобів інтенсифікації) проявляють більшу залежність від року та умов середовища. Це підтверджує необхідність адаптації елементів технологічного процесу вирощування до кліматичних ризиків з метою забезпечення стабільності виробництва продукції зернових культур.

Список використаних джерел

1. Юла, В. М., & Олійник, К. М. (2013). Управління продукційними процесами пшениці за агробіологічним контролем розвитку елементів продуктивності. *Збірник наукових праць ННЦ «ІЗ НААН», 3–4*, 36–45.

2. Demyanyuk, O. S., Oliinyk, K. M., Davydiuk, H. V., Yula, V. M. et al. (2025). Peculiarities of the biological potential of winter wheat (*Triticum aestivum*) under cultivation technologies of different intensity in the conditions of climate change.

Regulatory Mechanisms in Biosystems, 16 (1). https://doi.org/10.15421/0225009.

3. Demyanyuk, O., Oliinyk, K., Davydiuk, H., Yula, V., Shatkovska, K., & Mostoviak, I. (2023). Productivity of winter wheat under cultivation technologies of different intensity. *Zemdirbyste-Agriculture, 110* (2), 99–110. https://doi.org/10.13080/z-a.2023.110.013.

4. Юла, В. М., Романюк, П. В., Камінська, В. В., Олійник, К. М., Асанішвілі, Н. М., Мушик, Б. В., & Дрозд, М. О. (2020). *Адаптивні технології вирощування зернових колосових культур і кукурудзи: Рекомендації*. Вінниця: ТОВ «Твори». https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/04/01-adaptive-technologies.pdf.

5. Юла, В. М., & Романюк, П. В. (2025). Вирощування ячменю озимого в сучасних кліматичних умовах у Північному Лісостепу України. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика, 3* (17), 38–48. https://doi.org/10.54651/agri.2025.03.04.

6. Камінська, В. В., & Буслаєва, Н. Г. (2021). Продуктивність ячменю ярого залежно від погодних умов і рівня інтенсифікації технології вирощування. *Вісник аграрної науки, 5*, 30–37. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-04

7. Юла, В. М., & Дрозд, М. О. (2021). Ефективність застосування біостимуляторів росту в технології вирощування пшениці ярої в північному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика, 2*, 47–54. https://doi.org/10.54651/agri.2021.02.06.

8. Дрозд, М. О. (2019). Урожайність та якість зерна пшениці м'якої ярої залежно від системи удобрення в північній частині Лісостепу. *Землеробство, 2*, 73–82. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2019_2_9.

9. Юла, В. М., & Дрозд, М. О. (2020). Продуктивність пшениці м'якої ярої за адаптивних технологій вирощування в північному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «ІЗ НААН», 1–2*, 98–109. Вінниця: ТОВ «Твори». https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/04/zbirnyk_1-2-2020.pdf.

10. Камінська, В. В., Дудка, О. Ф., & Мушик, Б. В. (2014). Порівняльна продуктивність сортів вівса плівчастого та голозерного за різних технологій вирощування. *Корми і кормовиробництво, 78*, 32–37. http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2014_78_8.

11. Юла, В. М., Камінська, В. В., & Мушик, Б. В. (2014). Ефективність технології вирощування вівса у північній частині Лісостепу. *Землеробство, 1–2*, 67–69.

Розділ 8. ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СУЧАСНИХ СОРТІВ ЗЕРНОБОБОВИХ, КРУП'ЯНИХ І ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР В ПІВНІЧНІЙ ЧАСТИНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

8.1. Наукові засади формування адаптивних технологій вирощування зернобобових, круп'яних і олійних культур у Правобережному Лісостепу

Сучасна парадигма глобальних кліматичних змін нівелює тривалість сприятливого весняного для проведення ранньовесняної та передпосівної підготовки ґрунту, а також сівби ярих культур. Поступове збільшення середньодобових температур нині заміщується різкими термічними аномаліями, коли амплітуда коливань стовпчика термометра сягає 10–15 ^{0}C впродовж доби із подальшим тривалим утриманням підвищеного температурного фону на аномально високих рівнях. Такі агрокліматичні виклики стають детермінованою нормою як у зоні діяльності ННЦ «ІЗ НААН», так і загалом на території України, що зумовлює необхідність впровадження комплексу адаптивних технологічних рішень (рис.8.1).

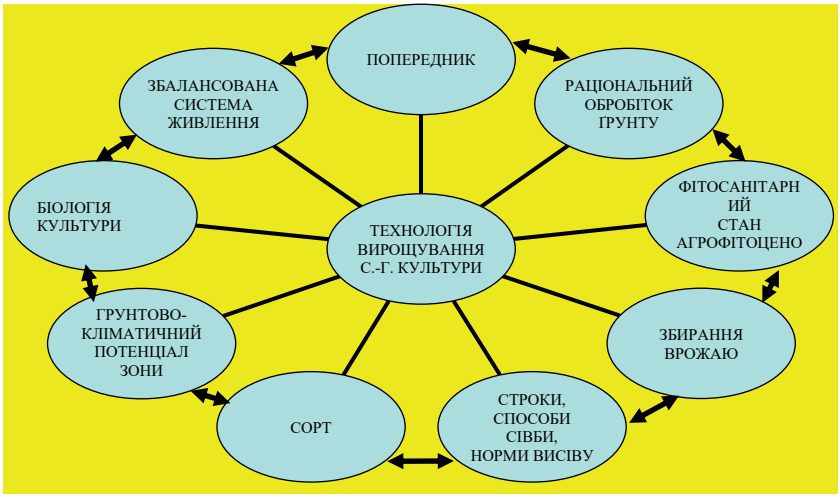


Рис. 8.1. Технологічний цикл вирощування культур

Це стосується не лише трансформації підходів до ранньовесняного та

передпосівного обробітків ґрунту, а й оптимізації системи удобрення, уточнення термінів сівби, а також коригування системи догляду за посівами досліджуваних культур в умовах скорочення термінів весняної вегетації.

Узагальнення багаторічних досліджень свідчить, що в умовах північної частини Правобережного Лісостепу України зернобобові культури – горох (*Pisum sativum* L.) і соя (*Glycine max (*L.*)* Merr.) – формують стабільно вищу продуктивність за умови оптимізації строків сівби, інокуляції насіння та збалансованого мінерального живлення (рис. 8.2). Зернобобові культури мають перевагу над зерновими аналогами за здатністю фіксувати атмосферний азот, що знижує потребу в азотних добривах і покращує родючість ґрунту.



Рис. 8.2. Ефективність адаптивних технологій вирощування зернобобових, круп'яних і олійних культур за вирощування в північній частині Правобережного Лісостепу

Круп'яні культури – гречка (*Fagopyrum esculentum Moench*) і просо (*Panicum miliaceum L.*) – характеризуються високою адаптивністю до абіотичних

стресів, зокрема нестачі вологи та підвищених температур у літній період. У порівнянні з іншими ярими культурами, вони менш вибагливі до попередників і родючості ґрунтів, проте значно реагують на оптимізацію густоти стояння рослин та мікродобрива. Встановлено, що впровадження ресурсозберігаючих технологій, зокрема мінімального обробітку ґрунту та локального внесення добрив, забезпечує підвищення врожайності на 10–18 % і покращення якості круп'яної продукції.

Олійні культури, зокрема гірчиця біла (*Sinapis alba* L.), демонструють високий потенціал продуктивності за ранніх строків сівби та помірного мінерального живлення. Порівняно з іншими олійними культурами (ріпак, соняшник), гірчиця біла має коротший вегетаційний період, нижчі вимоги до вологи та здатність ефективно використовувати післядію добрив. Дослідження підтверджують, що оптимізація норм висіву та інтегрований захист рослин дозволяють підвищити врожайність насіння на 12–20 % і покращити вміст олії.

Загалом, у порівнянні із загальноприйнятими технологіями та окремими аналогами (зернові та технічні культури), розроблені системи вирощування зернобобових, круп'яних і олійних культур базуються на поєднанні адаптивних сортів, ресурсозберігаючого обробітку ґрунту, оптимізованого живлення та біологізації виробництва. Це забезпечує підвищення врожайності на 10–25 %, покращення якості продукції та екологічної стійкості агроекосистем, що є особливо важливим в умовах кліматичних змін і зростання вартості ресурсів. Встановлено параметри високопродуктивних адаптивних технологій вирощування зернобобових, круп'яних і олійних культур в умовах кліматичних змін Правобережного Лісостепу, підвищують енергетичну ефективність – 12–15%, а рентабельність на 18–22 % порівняно з існуючими технологіями.

8.2. Параметри агрозаходів технологій вирощування зернобобових, круп'яних і олійних культур (горох, соя, гречка, просо і гірчиця біла) з метою максимальної реалізації потенціалу продуктивності сучасних сортів в умовах кліматичних змін північної частини Правобережного Лісостепу

Зернобобові культури. До зернобобових культур, що вирощуються в умовах лісостепової зони, належать горох, соя, боби, сочевиця, чина та квасоля. Ці рослини характеризуються специфічними біологічними особливостями і високим умістом білка як у зерні, так і в зеленій масі та соломі. Завдяки цьому вони мають важливе значення, як цінні харчові продукти для людини та як

джерело високоякісного білка для збагачення раціонів годівлі тварин і птиці. Тому, зернобобові культури відіграють істотну роль у подоланні проблеми білкової недостатності в умовах інтенсивного тваринництва.

Зміни клімату в Україні та їх вплив на вирощування зернобобових культур. Україна є важливим експортером сільськогосподарської продукції як в Європу, так і в інші країни світу. За прогнозами вітчизняних та зарубіжних вчених у найближчій перспективі прогнозоване підвищення температури може збільшити врожайність завдяки продовженню періоду вегетації деяких зернових культур і збільшити врожайність. Однак ці переваги можуть бути знівельовані в разі перевищення важливих порогових значень потепління для окремих культур. В умовах теплішого клімату зростатиме частота випадків екстремальної спеки, а це в поєднанні зі збільшенням частоти й інтенсивності посух на півдні країни може мати загальний негативний вплив [1, 2]. Подібні тенденції, починаючи орієнтовно з 2010 р., дедалі інтенсивніше поширюються із південних регіонів на північ, що проявляється у сезонній мінливості опадів в сторону збільшення загальної їхньої кількості узимку та зменшення – влітку. Такі зміни у поєднанні з підвищенням температури повітря спричиняють зростання випаровування та створюють дефіцит води, що ускладнює ведення землеробства уже, практично, в усіх регіонах України, де спостерігається мала кількість опадів і часті екстремальні високі температури влітку, що призводить до виникнення у рослин водного і теплового стресу [3]. Спостереженнями виявлено, що за останнє двадцятип'ятиріччя кожен рік в Україні був теплішим від середніх значень, а 2024 р. став найспекотнішим роком майже на всій території України, перевищивши в зоні діяльності ННЦ «ІЗ НААН» на 2,4 ^{0}С середній показник температури за 1991–2020 рр. Перехід температурних показників вище середньо-багаторічних значень відбулося у 2007 р. З того часу жодного року температура навколишнього середовища не опускалася нижче усередненого показника. А починаючи із 2009 р. практично кожен рік спостерігається дефіцит опадів, коли показники знаходилися в межах від 365 до 542 мм (за виключенням лише 2013 р. коли випало 710 мм. Такі кліматичні зміни, які відображаються у не типовості погодних умов для зони Лісостепу (підвищенні середньодобові температури повітря, збільшення амплітуди її добових коливань, нерівномірність випадання та дефіцит опадів у критичні періоди росту рослин тощо) призводить до зменшення рівня реалізації продуктивності усіх без виключення сільськогосподарських культур.

Для зернобобових ця проблема є особливо актуальною завдяки їх

біологічним особливостям, що пов'язані із накопиченням великої кількості білка у зерні. Часті ґрунтові і повітряні посухи, які супроводжуються підвищеною температурою повітря, викликають у культур глибокий стресовий стан, який негативно впливає на проходження біохімічних процесів у рослинах і, як наслідок, на їх ріст, розвиток. Для гороху виділяють певні фази, під час яких нестача вологи є найбільш критичною і призводить до максимального зниження врожаю: – проростання насіння та початкові стадії розвитку. У цей період насіння гороху для набухання та успішного проростання потребує значної кількості води (приблизно 100–120 % від власної маси). Нестача вологи на цьому етапі затримує або унеможливлює появу сходів; – період формування генеративних органів (бутонізація – цвітіння – утворення бобів). Це найкритичніший період для вологозабезпечення гороху, який розпочинається приблизно за 10 днів до початку фази бутонізації і триває до повного цвітіння. Недостатня кількість вологи в цей час призводить до зниження темпів росту, обпадання (абортивності) квіток та молодих бобів, а також до формування дрібного насіння. Посуха може скорочувати тривалість цвітіння (до 7–10 днів), що зменшує період для формування урожаю [4]. Тому, пріоритетним завданням в сучасних умовах є встановлення особливостей росту й розвитку зернобобових культур, вивчення їх реакції на несприятливі чинники в умовах змін клімату та пошук шляхів мінімізації негативного впливу останніх на урожай зерна та якість продукції.

Одним із таких напрямів є забезпечення оптимального балансу основних елементів живлення у рослинному організмі за результатами функціональної діагностики стану рослин. Застосування цього методу дає змогу в процесі виконання технологічних операцій забезпечувати рослини лише тим комплексом макро- і мікроелементів, які знаходяться в дефіциті на конкретному етапі розвитку, що особливо важливо за несприятливих погодних умов. Також необхідним є перегляд структури посівних площ культур, оскільки кліматичні умови зони вирощування мають відповідати їх біологічним особливостям. Попередники, спосіб обробітку ґрунту, строк, спосіб сівби та норми висіву насіння мають бути такими, щоб забезпечувати накопичення, збереження та оптимальне використання запасів ґрунтової вологи (застосування *no-till*, або мінімального обробітку). Саме *рання сівба* дозволяє уникнути пікових температур у період наливу зерна. Для сівби необхідно використовувати насіння сортів гороху стійких до посухи, а також як до понижених так і високих температур. [1, 2, 4]. Для збереження і стимулювання появи сходів у несприятливих погодних умовах, перед сівбою насіння необхідно обробляти

фунгіцидами й інсектицидами з додаванням регуляторів росту рослин і необхідних мікродобрив. У критичні фази росту та розвитку рослин доцільно застосовувати мікродобрива у легкозасвоюваній формі, що сприятиме підвищенню стійкості рослин до хвороб, екстремальних температур, інтенсифікації процесу синтезу хлорофілу, азотфіксації, процесу фотосинтезу та генеративного розвитку. Впродовж періоду вегетації культур варто вести фітосанітарний моніторинг посівів, враховуючи можливість появи невластивих для зони шкідників і хвороб, а в разі необхідності проводити профілактичні обробки.

Кліматичні зміни безсумнівно впливають і на збирання врожаю. При цьому, враховуючи біологічну особливість зокрема, зернобобових культур щодо розтріскування бобів і осипання насіння, варто бути готовим до необхідності застосування десикантів і препаратів на клеєвій основі, що дасть змогу зберегти врожай за вологої погоди, особливо у пізньостиглих сортів. Адаптація технологій вирощування гороху дозволить не лише якнайповніше задовольнити потребу рослин у факторах життя, але й раціональніше використовувати ресурси, одержуючи при цьому стабільні врожаї рослинницької продукції і найвищий економічний ефект.



ГОРОХ ПОСІВНИЙ (Pisum sativum L.)

Вимоги до температурних умов. Насіння гороху, як рослини помірного

клімату, мало потребує тепла, і починає проростати за температури 1–2ºС, хоча біологічний мінімум для оптимального проходження першого етапу органогенезу та формування вегетативних органів повинен становити 4–5 ^{0}С. За пониженої температури тривалість цього етапу зростає до 15–25, за 10 ^{0}С, навпаки, зменшується до 5–7 днів, а за 20 ^{0}С – до 3 днів. Сходи гороху добре витримують короткочасні заморозки до мінус 3–5 ^{0}С. Оптимальною в період сходів і утворення вегетативних органів є температура 12–16 ^{0}С, а для проходження наступних фаз розвитку – 16–20 ^{0}С. Одна фаза розвитку в гороху, як і в кожної іншої культури, змінюється на іншу тільки після досягнення певної суми температур. Нижньою температурною межею розвитку гороху у період вегетації сівба – сходи є 4 ^{0}С, а сума ефективних температур, починаючи з цієї межі становить 140 ^{0}С. До другого періоду вегетації – сходи – цвітіння – сума позитивних температур сягає близько 580 ^{0}С, ефективних – 400 ^{0}С, а нижня температурна межа для цього періоду дорівнює 6 ^{0}С. За підвищення температури повітря до 26 ^{0}С і вище тривалість цього періоду може скорочуватися на 14–16 днів. Таке підвищення може призвести до пригнічення цвітіння, опадання квітів або не запліднення насіння. Третій період вегетації в гороху – цвітіння – достигання, як і попередні також значною мірою визначається температурним режимом. Чим вища температура повітря в період цвітіння – достигання, тим коротша його тривалість. Нижньою температурною межею розвитку гороху для цього періоду є температура повітря 5 ^{0}С, а сума ефективних температур вище цієї межі становить 400 ^{0}С. Сума активних температур, необхідних для достигання врожаю гороху визначається погодними і ґрунтово – кліматичними умовами і залежно від зони вирощування може змінюватися в межах від 1350 до 2000 ^{0}С.

Вимоги до вологи. Наявність у ґрунті необхідної кількості вологи у відповідні періоди вегетації є одним з головних факторів росту й розвитку рослин гороху. Горох дуже вимогливий до умов зволоження, особливо під час проростання. Для того, щоб насіння гороху набубнявіло й проросло, потрібно води 110–150 % від його маси, що вдвічі більше, ніж для гречки, ярої та озимої пшениці. Транспіраційний коефіцієнт його становить 400–600 з коливаннями від 235 до 1658 одиниць і залежить від особливостей сорту й умов вирощування. Надлишок вологи культура переносить задовільно, хоча в перезволожені роки в неї подовжується період вегетації. Горох, як вологолюбива культура максимальні врожаї зерна і зеленої маси формує в районах з вологим і помірно вологим кліматом, де за травень – червень випадає 160–190 мм опадів. Для нормального

росту й розвитку рослин гороху від сходів до кінця цвітіння оптимальні запаси продуктивної вологи у 0–20 см шарі ґрунту повинні знаходитися в межах 20–25мм, а в шарі ґрунту 0–50 см –50–60мм за оптимальної вологості ґрунту 70–80% польової вологоємкості, оскільки в цей період відбувається інтенсивний ріст рослин і накопичення вегетативної маси, яка до часу цвітіння є визначальним показником ступеню сприятливості метеорологічних умов формування врожаю. В умовах посухи врожайність гороху різко знижується, хоча за посухостійкістю він значно перевищує не тільки сочевицю, квасолю, боби, вику, люпин і сою, а й тверду пшеницю, ярий ячмінь та інші культури. Критичний період, коли рослини гороху особливо чутливі до нестачі вологи, досить тривалий – від початку утворення генеративних органів, цвітіння і до формування бобів.

Вимоги до ґрунтів. Горох відзначається досить високими вимогами до ґрунтових умов, формуючи стабільні врожаї на багатих гумусом середніх за гранулометричним складом ґрунтах із глибоким орним горизонтом. Це, насамперед, чорноземи, добре окультурені темно-сірі опідзолені і сірі лісові ґрунти з *нейтральною реакцією ґрунтового середовища*. Менш придатні для гороху важкі, сильно ущільнені, а також перезволожені ґрунти з неглибоким (0,6–1,0 м) заляганням ґрунтових вод.

Технологія вирощування гороху. Зі змінами клімату для сільськогосподарського виробництва виникло дві проблеми, головна з яких це дефіцит вологи. Друга проблема – температурні стреси. До цього часу загальноприйняті технології вирощування зернобобових культур повною мірою не враховували природне пристосування агрофітоценозів до мінливості погодних умов. Тому, для зменшення впливу цих чинників на культури, виникає потреба в адаптації існуючих технологій вирощування до чинників зовнішнього середовища, які постійно змінюються.

Попередники. Розміщувати горох у сівозміні слід після добре удобрених попередників. Кращими серед них в зоні Лісостепу є озимі та ярі зернові, кукурудза, удобрені просапні культури; на Поліссі – кукурудза, озима пшениця, просапні культури. Оптимальна насиченість сівозмін горохом не повинна перевищувати 15%, а період повернення на попереднє місце не раніше як через 3–4 роки.

Обробіток ґрунту після стерньових попередників розпочинається з лущення стерні та осінньої зяблевої оранки. Кількість та глибину лущень встановлюють залежно від забур'яненості поля, вологості ґрунту та якості збирання попередника. Зяблеву оранку проводять на глибину 23–25см, після

кукурудзи на зерно – 25–27см. Доброякісна зяблева оранка забезпечує ефективну боротьбу з бур'янами і рівномірне загортання насіння на потрібну глибину, добре вирівнює поверхню ґрунту, що сприяє отриманню рівномірних сходів, кращому укоріненню рослин та позитивно впливає на роботу збиральної техніки. Для збереження ґрунту від пересихання та зниження вологи ефективним є застосування *no-till*, або мінімального обробітку.

Ранньовесняний обробіток. Даний агрозахід слід починати в *ранні строки,* відразу після настання фізичної стиглості ґрунту з розпушування важкими або середніми боронами, яке проводять під кутом до оранки. Крім раннього боронування, через день-два слід провести передпосівний обробіток на глибину 6–8 см комбінованими агрегатами (АКГ-6, АПБ-6, Компактор, Європак, ЛК-4 та ін.) для поєднання ґрунтообробних операцій. Як наслідок, зменшується кількість обробітків і скорочуються строки виконання робіт, що не допускає пересихання верхнього шару ґрунту, і насіння лягає у вологий ґрунт. Застосування комбінованих агрегатів дасть можливість зменшити трудові й енергетичні затрати на 20–25 % і своєчасно провести сівбу. За сонячної вітряної погоди необхідно зменшувати надмірну шпаруватість ґрунту і поверхню випаровування шляхом вирівнювання поля і закриття пор боронуванням та прикочуванням. Із запізненням проведення ранньовесняного обробітку, особливо на легких ґрунтах при настанні посушливої і теплої погоди, за один день втрачається близько 60–80 і більше тон води з одного гектара.

Удобрення. Для формування 1 т зерна та соломи горох використовує 45–60 кг азоту, 17–20 фосфору, 35–40 калію, 25–30 кг кальцію. У системі живлення культури основну роль відіграють фосфор і калій. Ці добрива доцільно вносити восени під основний обробіток. Дози добрив установлюють залежно від попередника, враховуючи запаси поживних речовин у ґрунті та здатність до біологічної фіксації азоту рослинами гороху (50% загального виносу азоту з урожаєм). Азотфіксація у гороху за сприятливих умов розпочинається у фазі 2–3 листків (ВВСН 12–13), сягаючи максимуму в фазі бутонізації – початку цвітіння (ВВСН 51–59). Тому до початку активної азотфіксації рослини позитивно реагують на внесення мінерального азоту. Якщо на період сівби запаси нітратного азоту в шарі ґрунту 0–30 см менші 30 мг/кг ґрунту, то доцільно внести 20–30 кг азоту на 1 га. Потреба у вищих (40–60 кг/га д. р.) дозах азотних добрив виникає за вирощуванні гороху на ґрунтах із вмістом гумусу менше 2%. На сірому лісовому ґрунті Лісостепу дози добрив, за інтенсивної технології вирощування гороху становлять $N_{45-60}P_{45-60}K_{60-90}$. Азотні добрива найкраще

вносити навесні перед сівбою, обов'язково беручи до уваги рівень біологічної фіксації, а також доцільно перенести частину азоту N_{10-15} в підживлення (стадії ВВСН 51–59).

На кислих ґрунтах для підвищення врожаю гороху важливе значення має вапнування. Цей захід активізує діяльність бульбочкових бактерій, збагачує ґрунт сполуками кальцію. Під горох можна вносити вапно (в дозі 0,5 гідролітичної кислотності) і мікродобрива – молібденові, марганцеві й борні.

За результатами досліджень відділу технологій зернобобових круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН» на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті у шестипільній сівозміні, де горох розміщували після гречки, ефективним є припосівне внесення комплексних добрив, які містять невелику (10–15 кг/га д.р.) кількість азотних, або ж перенесення частини азотних у підживлення. Їх дія обумовлює покращення умов росту і розвитку рослин не лише на початкових етапах органогенезу, коли інтенсивність азотфіксації ще недостатня, а й протягом більшої частини вегетаційного періоду, не створюючи при цьому негативного впливу на інтенсивність діяльності симбіотичних систем. Крім того, у системі удобрення гороху доцільним є використання побічної продукції попередника – подрібненої соломи гречки, яка слугує додатковим джерелом органічної речовини, покращує агрофізичні властивості ґрунту, активізує мікробіологічні процеси та сприяє мобілізації поживних елементів. Такий підхід у поєднанні з оптимізованим мінеральним живленням забезпечує більш стабільне формування врожаю в умовах північної частини Правобережного Лісостепу України.

Кліматичні зміни, наслідки які все частіше проявляються останніми роками, мають специфічний вплив на проходження біохімічних процесів, як у ґрунті так і в рослинах, порушення перебігу яких викликає стрес в рослинному організмі та невід'ємно впливає на рівень урожайності культури. Тому, у системі догляду за посівами все більшої уваги надається заходам запобігання негативного впливу стресових чинників на формування продуктивності агрофітоценозу. *Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є оброблення насіння препаратами на основі комплексу макро- і мікроелементів, стимуляторів росту рослин, вітамінів тощо, як окремо, так і в комплексному їхньому поєднанні.* Доцільність проведення таких агроприйомів, зазвичай, визначається на основі візуального спостереження, за результатами хімічного аналізу рослин та за допомогою методу функціональної діагностики. За результатами досліджень ННЦ «ІЗ НААН» внесення мікродобрива «Оракул мульті комплекс» -1,5л/га, (за

результатами рослинної діагностики) який містить комплекс макро- і мікроелементів, а саме: зот в різних формах, фосфор (P2O5), калій (K_2O), сірка (SO3), залізо (Fe), мідь (Cu), цинк (Zn), бор (B), марганець (Mn), кобальт (Co), молібден (Mo) у фазі «бутонізація − цвітіння») в технології вирощування гороху забезпечило приріст урожайності гороху – 0,30 – 0,48 т/га, порівняно до варіантів без внесення.

Сорти. Важливе значення для отримання високих врожаїв має правильний вибір сорту. Сучасні інтенсивні технології вирощування гороху передбачають використання нових сортів, які вирізняються удосконаленою архітектонікою рослин, (вегетативна частина стебла істотно зменшена, а репродуктивна – збільшена), що позитивно впливає на підвищення адаптивної спроможності в умовах стресових ситуацій (низьких температур, повітряних посух під час цвітіння, спалахів різноманітних захворювань). *Найбільшу стійкість до посухи, а також до низької родючості ґрунту і монокультури, мають середньорослі сорти зі звичайним типом листків, потім середньорослі безлисточкові (вусаті) і середньорослі з детермінантним типом стебла. Серед напівкарликів найменшу посухостійкість мають детермінантні сорти, потім – безлисточкові (вусаті), та сорти зі звичайним типом листя (високорослі)*. Найдоцільніше вирощувати тільки ті сорти, які за результатами перевірки визнані кращими за показниками врожайності, якості зерна, стійкості до посухи, вилягання, шкідників та хвороб, а також озимих сортів, що дають більшу стабільність для відповідної зони. Для отримання стабільного урожаю в господарствах необхідно вирощувати 2–3 сорти з різною агроекологічною пластичністю, скоростиглістю та продуктивністю.

Підготовка насіння і сівба. Для сівби використовують насіння, яке відповідає вимогам встановлених чинним стандартом ДСТУ2240-93 «Насіння сільськогосподарських культур. Сортові і посівні якості. Технічні умови». Підготовка насіння гороху до сівби включає протруювання, оброблення його мікроелементами та інокулювання штамами бульбочкових бактерій, а за умови підвищеної вологості необхідно провести ще й попереднє повітряно-теплове оброблення. *Інокулювання насіння* проводять у день сівби, використовуючи при цьому високоактивні азотфіксувальні та фосформобілізивні штами бульбочкових бактерій.

Сівба. Дослідження з зернобобовими культурами дають можливість зробити висновки, що кліматичні зміни мають значний вплив на ріст і розвиток рослин. Існуючі зміни вносять, зокрема, корективи у строки сівби. *У весняний період останніх років для культур раннього строку сівби (горох) сприятливі*

умови складаються на 10–15 діб раніше, ніж у попередні роки, тобто у першій декаді квітня або в останню декаду березня. Висівають горох в оптимально ранні строки за настання фізичної стиглості посівного шару ґрунту, коли забезпечується якісне і рівномірне загортання насіння на задану глибину що дозволяє гороху ефективно використовувати весняну вологу та уникнути стресу влітку. Спосіб сівби – звичайний рядковий із міжряддям 15 см. Глибина загортання насіння – 4–5 см на середніх і важких ґрунтах, 6–8 см на легких.

Норму висіву встановлюють залежно від біологічних особливостей сорту, якості й класності насіння з таким розрахунком, щоб на час збирання врожаю на 1 м^2 мати не менше 110–120 рослин. Рекомендуються такі норми висіву: Лісостеп–1,3–1,5, Полісся –1,1–1,4 млн/га. Посіви з оптимальною густотою стеблестою стійкіші до несприятливих умов середовища, ураження хворобами та забур'яненості. За вирощування на важких ґрунтах, а також за застосування боронування сходів норму висіву підвищують на 10–15 %.

Догляд за посівами. Услід за сівбою поле коткують кільчасто-шпоровими котками. Мета цієї операції – зменшення інтенсивності фізичних втрат вологи з поверхні ґрунту та створення кращих умов для якісного скошування гороху у валки. Ефективним заходом догляду агроценозів гороху є боронування посівів середніми боронами. Боронування посівів гороху забезпечує розпушування поверхні поля з усуненням ґрунтової кірки, сприяє знищенню паростків бур'янів у фазі «білої ниточки» та створює оптимальні умови аерації для поліпшення симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій. Досходове боронування найкраще проводити на 4–5 добу після висіву насіння гороху, післясходове – коли рослини перебувають у фазі 3–4 листків. Іноді проведення двох боронувань недостатньо для повного знищення бур'янів, особливо, коли впродовж вегетаційного періоду гороху часті дощі провокують їх появу. В цьому випадку необхідно провести обприскування посівів гороху у фазі 3–5 листків ефективними страховими гербіцидами. Норма використання гербіциду, строки та способи його застосування залежать від ґрунтово-кліматичних особливостей зони вирощування, мікростадії розвитку рослин культури, забур'яненості поля і регламентуються «Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Збирання врожаю. Своєчасне і в стислі строки збирання урожаю (скошують у валки, коли достигне 60–75% плодів). При обмолоті для запобігання травмування насіння частоту барабана комбайна встановлюють на 500–600 обертів за хвилину. На чистих від бур'янів посівах, за вирощування стійких до

осипання сортів застосовують однофазне збирання при повній стиглості бобів і вологості зерна 14–15 %. Одразу ж після збирання і очистки, насіння гороху перевіряють на ураженість брухусом. Якщо його чисельність перевищує 10 шт./кг зерна – воно підлягає газації. Зерно зберігають за вологості не більше 14%.



СОЯ (Glycine max (L.) Merr.)

Вимоги сої до умов вирощування. Адаптація рослин різних сортів сої за вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах полягає у задоволенні біологічних потреб рослин у волозі, температурі, тривалості дня та живленні.

Вимоги до температурних умов. Соя – теплолюбна культура. Для проростання сої мінімальна температура ґрунту на глибині загортання насіння 6–7 ^{0}С, проте за таких умов сходи з'являються через 25–30 діб, за температури 14–16 ^{0}С – через 7–8 діб, за 20–22 ^{0}С – через 4–5 діб, що свідчить про пряму залежність появи сходів від температури ґрунту. Сходи витримують заморозки до мінус 2–3^{0}С.

До тепла соя вимоглива впродовж вегетації, особливо під час цвітіння і достигання. Для формування репродуктивних органів сої оптимальною є температура повітря 21–23 ^{0}С; для цвітіння – мінімальна 16–18^{0}С, оптимальна – 22–25 ^{0}С, максимальна – близько 28 ^{0}С; для формування бобів і насіння відповідно 13–14, 17–18 і 20–23 ^{0}С, а для достигання – 7–8, 13–16, 18–20 ^{0}С

відповідно. За температури 15–19 ^{0}С насіння достигає за 10–15, а за більш високої – за 6–8 діб. Під час зниження температури до 10–13^{0}С листки поступово жовтіють і достигання затримується до 18–20 діб, за 8–9 ^{0}С – на більш тривалий період.

Вимоги до вологи. Соя – вимоглива до умов вологозабезпеченості. Відносно забезпечення вологою впродовж вегетації рослин сої відмічають два критичних періоди: проростання насіння-поява сходів та цвітіння−налив насіння.

Для набубнявіння і нормального проростання насіння потребує 130–160 % води від своєї маси.

Для сої характерне нерівномірне використання води за фазами росту і розвитку рослин. У період вегетації від сходів до початку цвітіння спостерігається менша потреба рослин сої у волозі – вона споживає 15–30 м^3/га води на добу і відзначається достатньо високою посухостійкістю. Водоспоживання за період сходи–гілкування становить 7–8 %, гілкування–цвітіння – 20–22, цвітіння−формування бобів – 29–31, наливання бобів-достигання – 35–40 % від загальної потреби. Слід зазначити, що найінтенсивніше водоспоживання культури відбувається у фази цвітіння і формування бобів. Упродовж цього періоду соя може використати до 70 % від усього споживання вологи за період вегетації. Нестача вологи у цей період може призвести до опадання бутонів, квіток, плодів, зменшення маси 1000 насінин і, як наслідок, втрат врожаю. Сумарне водоспоживання води рослинами сої становить 3000–5500 м^3/га, а коефіцієнт водоспоживання – 1500–3000 м^3 на 1 т зерна. Транспіраційний коефіцієнт у сої становить 500–650.

Щоб одержати високий урожай, необхідна вологість ґрунту у період сходи−початок цвітіння на рівні 70 % НВ, у період формування і наливу насіння – 80 % і достигання – 60–70 % НВ.

Для створення оптимальних умов для проходження вегетативного та генеративного розвитку сої кількість вологи залежно від кліматичних умов, технології вирощування та тривалості періоду вегетації становить від 450 до 800 мм за вегетацію.

Вимоги до тривалості дня. Соя – культура короткого дня, її рослини досить чутливі до світла, сильно реагують на тривалість дня. Зменшення тривалості світлового дня прискорює цвітіння, скорочує вегетаційний період, продуктивність рослин і врожайність посіву. Збільшення світлового дня уповільнює розвиток рослин сої, затримує початок та розтягує період цвітіння, призводить до поганого запліднення квіток, їх абортивності, подовжує період

вегетації. Тому добором сортів і строків сівби регулюють формування посіву так, щоб період утворення перших трійчастих листків припадав на короткий день. Не можна запізнюватися з сівбою оскільке тоді у сої початковий період росту і розвитку відбувається у найбільш тривалого дня, який настає 22 червня, що розділяє період вегетації.

Слід враховувати, що зміна широти на 10 вже впливає на сорти, які сильно реагують на тривалість дня. Для більшості сортів оптимальна тривалість дня 13–16 год, причому сорти з сильно вираженою фотоперіодичною реакцією утворюють більше квіток і плодів за тривалості дня 10–12 год, слабо реагуючі – при 14–16 год. Із просуванням на північ їх вегетаційний період збільшується. Скоростиглі сорти менше чутливі до тривалості дня, ніж середньостиглі й особливо пізньостиглі [1].

Вимоги до ґрунтів. Сою можна вирощувати практично на всіх типах ґрунтів за умови, щоб вони не були кислими. Рослини сої не виносять тривалого підтоплення (понад 3-х доби), засолення і кислотності pH<5,5. Такий показник кислотності призводить до зниження доступності елементів живлення, зокрема P, Ca, Mg, Mo, і також негативно впливає на інтенсивність розвитку кореневої системи сої. Втрачається ефективність інокуляції та використання мінеральних добрив. Ідеальним для вирощування є оптимально аеровані ґрунти з показником pH 6,0–7,0.

За результатами досліджень відділу технологій зернобобових круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН» на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті у шестипільній сівозміні, де сою розміщували після проса. узагальнено науково обґрунтовані положення щодо технологій вирощування. Встановлено, що рівень продуктивності сої визначається комплексною взаємодією агротехнічних заходів, серед яких провідну роль відіграють система удобрення, передпосівна підготовка насіння та погодні умови вегетаційного періоду. Найбільш ефективним є поєднання помірних доз мінеральних добрив із біологізацією живлення, зокрема застосування інокуляції насіння активними штамами бульбочкових бактерій. Це забезпечує оптимізацію азотного живлення за рахунок біологічної фіксації та підвищує коефіцієнт використання поживних речовин.

Технологія вирощування сої. Місце в сівозміні – кращими попередниками для сої є озимі та ярі зернові культури, кукурудза на зерно, силос і зелений корм, під яку не вносили гербіциди триазинової групи. Не рекомендовано сою висівати після бобових культур, соняшника, буряків цукрових та ближче ніж за 500 м від

насаджень білої і жовтої акації, у зв'язку з наявністю спільних шкідників і хвороб. На попереднє місце в сівозміні сою повертають через 3–4 роки.

Соя завдяки добре розвиненій кореневій системі поліпшує структуру ґрунту, посилює активність в ньому мікроорганізмів, залишає після себе в ґрунті у середньому на 1 га 60–80 кг азоту, 20–25 фосфору і 30–40 кг калію, тому сама є добрим попередником для багатьох культур [6].

Обробіток ґрунту. Обробіток ґрунту під сою має бути диференційований залежно від забур'яненості поля та попередника. Після стерньових попередників основний обробіток ґрунту передбачає одно- або дворазове лущення стерні дисковими лущильниками на глибину 6–8 см з подальшою оранкою.

Навесні при настанні фізичної стиглості ґрунту проводять закриття вологи шляхом боронування важкими боронами. Після проростання бур'янів (фаза білої ниточки) проводять культивацію. За необхідності її проводять повторно з метою знищення нової хвилі бур'янів. Передпосівний обробіток ґрунту проводять на глибину заробляння насіння. За дефіциті вологи в посівному шарі доцільно прикочувати ґрунт до сівби, що сприяє підвищенню польової схожості насіння, отриманню оптимальної густоти рослин.

Удобрення. Соя досить вимоглива до родючості, вмісту в ґрунті поживних речовин і особливо азоту, хоча ефективність внесених добрив передусім залежить від агрохімічних показників ґрунту, вологозабезпеченості, сорту тощо.

На формування 1 т зерна та відповідної кількості побічної продукції соя потребує 75–100 кг азоту, 17–25 кг фосфору та 30–45 кг калію 23–28 кг кальцію. Незважаючи на її здатність задовольняти 60–70 % потреби в азоті за рахунок біологічної фіксації його з атмосфери, соя також позитивно реагує на внесення азотних мінеральних добрив. Упродовж вегетації надходження елементів живлення до рослини відбувається нерівномірно. Від сходів до початку цвітіння (ВВСН 10–61) рослини засвоюють лише 18 % азоту, 15 фосфору і 25 % калію. Основна частина елементів живлення – 80 % азоту, 80 фосфору і 50 % калію, рослинами споживається в період від бутонізації до формування бобів і наливання зерна (ВВСН 51–79). На сірих лісових ґрунтах, враховуючи потребу сої у елементах живлення, під зяблеву оранку необхідно вносити по 60–90 кг/га д. р. фосфорних і калійних добрив, під передпосівну культивацію – 45 кг/га азотних добрив; на чорноземах опідзолених – 60 кг/га фосфорних, 40–60 кг/га калійних та 30–45 кг/га азотних.

Крім макроелементів, у формуванні врожаю сої особливу роль відіграють мікроелементи. У сої критичними періодами щодо елементів живлення є фаза 3–

5 трійчастих листків (ВВСН 14–16), коли відбувається закладка зачатків бічних гілок та суцвіть на рослині; період бутонізації та цвітіння (ВВСН 51–69), та період формування бобів та наливу насіння (ВВСН 71–79) – починається відтік поживних речовин з листя в насіння, різко знижує активність кореневої системи. Позакореневе підживлення в третій критичний період сприяє подовженню періоду функціонування фотосинтетичного апарату, накопиченню біомаси та формуванню більшої маси 1000 зерен, а як результат – підвищенню врожайності.

Проведення позакореневих підживлень посівів сої у найкритичніші для рослин періоди мікродобривами, що містять бор, молібден і кобальт, сприяє також зменшенню стресів від гербіцидів та несприятливих чинників навколишнього середовища [6, 7].

Застосування біологічних препаратів. Обов'язковим елементом у технології вирощування сої має бути застосування біологічних препаратів. Інокулювання насіння комплексом мікробіологічних біопрепаратів з різноманітною дією (азотфіксації, фосфатмобілізації, рістстимуляції та біозахисту від хвороб) позитивно впливає на такі показники якості насіння як лабораторна і польова схожість, енергія проростання та підвищує насіннєву продуктивність культури.

Водночас передпосівна обробка насіння сої біопрепаратами може нівелювати негативний вплив пестицидів на рослини та активізувати модуляційну здатність.

Підбір сортів. Для отримання стабільного врожаю в господарствах необхідно вирощувати нові високопродуктивні сорти сої різної скоростиглості, адаптовані до умов зони вирощування.

До «Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні» на 2025 р., внесено понад 200 сортів сої, з них 12 сортів різних груп стиглості (ультраскоростиглі, скоростиглі, середньо скоростиглі та середньостиглі),створених безпосередньо в ННЦ «ІЗ НААН», у тому числі Арніка, Вишиванка, Жаклін, Муза та Перепілочка.

Підготовка насіння до сівби. Для сівби використовують високоякісне насіння сої, вирівняне за крупністю, з високою схожістю і енергією проростання. З метою кращого і дружного проростання та появи рівномірних й неуражених хворобами сходів насіння обробляють інсектофунгіцидами, дозволеними для використання на культурі. У день сівби проводять інокулювання насіння одним із препаратів на основі активного штаму бульбочкових бактерій. За необхідності одночасно обробляють мікроелементами, використовуючи замість води для

розведення препарату їхній 0,1 % розчин.

Сівба. Сіяти сою розпочинають, коли ґрунт на глибині 10 см прогрівається до 10–14 ^{0}С. Календарні строки сівби сої в Північному Лісостепу – кінець квітня–перша декада травня. Допустимою є сівба сої до 20 травня, проте посіви пізніших строків сівби можуть не дозріти. Пізньостиглі, середньопізні та середньостиглі сорти висівають спочатку, а середньоранні і ранньостиглі – в кінці оптимальних строків.

У зв'язку з тим, що під час проростання соя виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту, вона досить чутлива до глибини загортання насіння. Оптимальна глибина загортання насіння 4–5 см. На важких запливаючих ґрунтах, в умовах достатнього зволоження сіють на глибину 3–4 см. За умов недостатнього зволоження – глибше (5–6 см).

Оптимальна густота стояння рослин перед збиранням становить 500–650 тис. шт./га. Для одержання такої густоти ценозу за ширини міжрядь 45 см необхідно висівати 600–750 тис. шт./га схожих насінин ранньостиглих сортів, 550–650 тис./га – середньоранніх та середньостиглих. За звичайного рядкового способу сівби з шириною міжрядь до 15 см норму висівання збільшують на 10–20 %. Ультраранні сорти сої висівають звичайним рядковим способом з міжряддям 15 см і нормою висівання 0,9–1,0 млн шт./га схожих насінин.

Ранній строк сівби, а також значна площа живлення при зрідженні посівів спричиняють низьке прикріплення нижніх бобів на рослинах, що призводить до втрат насіння і бобів при збиранні.

Догляд за посівами. Основне завдання догляду за посівами сої зводиться до зменшення шкодочинності бур’янів і підвищення здатності культурних рослин конкурувати за сонячну енергію, елементи живлення та воду, а також захист від шкідників і хвороб.

Захист від бур'янів. Соя належить до культур, які на забур'янення посівів реагують значним зниженням рівня врожаю, практично не витримуючи конкурентної боротьби з бур'янами. Зниження врожаю від бур'янів може становити 30–50 % і більше. Критичними періодами для сої щодо забур’янення є період від сівби культури до появи сходів (ВВСН 01–10) та період від появи першого трійчастого листка до закладання генеративних органів (ВВСН 11–40). Економічний поріг шкідливості (ЕПШ) бур'янів відмічають за наявності на 1 м^2 5 злакових однорічних, або 3 широколистих (дводольних) бур’янів.

Вирощування сої за інтенсивною технологією передбачає застосування ефективних ґрунтових гербіцидів, які вносять за 3–4 доби до сівби з одночасним

їх загортанням.) Оптимальний період для внесення гербіцидів проти дводольних на сої – фаза 1–3 трійчастих листків (ВВСН 11–13). Крайній термін внесення страхових гербіцидів проти дводольних бур'янів – початок бутонізації рослин сої (ВВСН 49).

Норма використання гербіциду, строки та способи його застосування залежать від ґрунтово-кліматичних особливостей зони вирощування, мікростадії розвитку рослин культури, забур'яненості поля і регламентуються «Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Захист сої від шкідників і хвороб. Найбільш поширеними шкідниками сої є: павутинний кліщ, бульбочкові довгоносики, листогризучі совки, бобові попелиці, люцерновий клоп та інші. Найпоширенішими хворобами є фузаріоз, аскохітоз, пероноспороз (несправжня борошниста роса), септоріоз, іржа, церкоспороз і інші, бактеріальні хвороби такі як сім'ядольний бактеріоз, кутаста плямистість листя та пустульний бактеріоз та вірусні хвороби. За виявлення уражених рослин та поширення шкідників і хвороб застосовують препарати, у дозах, регламентовані «Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Збирання врожаю. Збирають сою за повної стиглості (мікростадії ВВСН 97–99) прямим комбайнуванням. Ознаками настання вказаної мікростадії є опадання листків, побуріння і підсихання стебел й бобів, зниження вологості насіння до 14–16 %.

Висота зрізу рослин визначається висотою прикріплення нижніх бобів і за низького їх розташування не має перевищувати 4–6 см. Оптимальна швидкість при збиранні сої 3–4 км/год. У процесі роботи на збиранні врожаю необхідно ретельно регулювати молотильний апарат і систему очищення комбайна. Зазори підбарабання при обмолоті сухої сої на вході становлять 30–38 мм, на виході – 18–28 мм. Якщо маса волога, то їх зменшують відповідно до 26–34 мм і 12–20 мм.

У холодні роки для прискорення достигання сортів сої проводять десикацію або сеникацію посівів, використовуючи для цього, дозволені до використання препарати.

Круп'яні культури. Гречка – найбільш поширена круп'яна культура. Її вирощують переважно для одержання зерна, з якого виробляють дуже цінний продукт харчування – крупу. За смаковими, харчовими і дієтичними властивостями вона займає одне з перших місць серед круп'яних культур, тому що багата на легкозасвоювані білки і вуглеводи та містить велику кількість

органічних кислот. Білок гречки складається переважно з глобуліну і глютеліну і завдяки цьому крупа за харчовими властивостями вища за якістю білка круп із злакових культур.

Гречана крупа може довго зберігатися, не змінюючи якість, через високу стійкість жирів до окислення, відзначається високою засвоюваністю, поживністю і добрими смаковими якостями. Її широко використовують як дієтичний і лікувальний продукт, для виготовлення продуктів дитячого та дієтичного харчування.



ГРЕЧКА (Fagopyrum esculentum Moench)

Гречка також цінний медонос, медпродуктивність її в сприятливих умовах вирощування досягає до 80 кг/га. Гречка є добрим попередником ярих і озимих культур. Оскільки вона має короткий період вегетації, вирощувати її можна як післяукісну культуру і як післяжнивну.

Завдяки короткому вегетаційному періоду гречка є однією з кращих страхових культур. У випадку випадання озимих культур гречку можна використовувати для пересіву, особливо в посушливу весну і першу половину літа.

Агротехнічне значення гречки полягає в тому, що вона зменшує забур'яненість полів. Вона є добрим попередником, оскільки засвоює важкодоступні сполуки фосфору і калію для власного живлення і залишає їх в ґрунті з рослинними рештками. Вона сприяє поліпшенню агрофізичних

властивостей ґрунту, значно знижує його щільність.

Основні посіви гречки розміщені в лісостеповій зоні. Найбільші площі були в Чернігівській, Сумській, Полтавській, Вінницькій, Київській, Хмельницькій, Кіровоградській та Харківській обл. Зі зміною кліматичних умов в останні роки лідирують за урожайністю гречки Чернігівська, Житомирська обл.

В умовах високої агротехніки й правильного підбору сортів вона може дати врожай до 3,5 т/га.

Вимоги до умов вирощування. Для повного дозрівання гречка потребує суми активних температур (вище 10^0 С) –1300–1600^{0}С. Незважаючи на те, що загальна потреба в теплі невисока, гречка вважається теплолюбною культурою. На час появи сходів оптимальні умови – це температура 15–18^{0}С; у період інтенсивного росту і розвитку – 16–20^{0}С, а в період плодоношення і дозрівання – 17–21^0 С.

Зниження температури на рівні висоти рослини до -1^{0}С протягом 4–6 год. викликає істотні пошкодження, за температури -2–2,5^{0}С відмирають листки. Негативно впливають на гречку і температури понад +30°С під час цвітіння. За такої температури кристалізується нектар і різко погіршується запилення квіток, спостерігається запал зав'язі, що призводить до зниження врожаю.

Гречка дуже вибаглива до вологозабезпеченості. Вона за вегетацію споживає води вдвічі більше, ніж пшениця і втричі − ніж просо. Транспіраційний коефіцієнт гречки близько 530. Витрата води залежить від тривалості вегетаційного періоду. Пізньостиглі сорти, які добре облистяні з великими листками, товстими стеблами, витрачають води більше ніж скоростиглі сорти. Добрий урожай гречки одержують за достатньої кількість опадів (60–90 мм) у першій половині цвітіння.

Гречка добре росте на різних типах чорноземів. Непридатні для неї дуже кислі підзолисті та важкі солонцюваті ґрунти.

На фізіологічні процеси в рослинах гречки дуже впливає інтенсивність освітлення. Вважають, що гречка є рослиною короткого світлового дня, але це трактування вірне лише для пізньостиглих сортів. За недостатньої активності світла сповільнюється ріст, зменшується кількість листків, квіток, через що знижується продуктивність рослин.

Вимоги до забезпечення елементами живлення, зумовлені біологічними особливостями засвоєння поживних речовин в різні періоди вегетації, нерівномірне. Рослини гречки протягом 45 днів після сівби засвоюють з ґрунту до 61 % загальної кількості азоту, 62 % калію і близько 40% фосфору. Фосфор

вони засвоюють переважно в період цвітіння – плодоутворення. Отже щоб забезпечити високий урожай гречки, потрібно забезпечувати її посіви достатнім мінеральним живленням протягом всього вегетаційного періоду.

За результатами багаторічних досліджень відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН», проведених на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті у шестипільній сівозміні, де гречку розміщували після ячменю ярого, узагальнено такі науково обґрунтовані положення щодо технологій вирощування:

Узагальнено, що адаптивна технологія вирощування гречки в умовах північної частини Правобережного Лісостепу передбачає: поєднання мінерального та біологічного живлення; використання післяжнивних решток попередника; оптимізацію строків і способів сівби; диференційоване застосування підживлень відповідно до фаз розвитку; урахування погодних чинників як визначального елемента варіабельності врожаю.

Технологія вирощування. Попередники. Основним фактором, який зумовлює рівень продуктивності гречки після різних попередників, є відповідна система удобрення. Тому найбільший її урожай забезпечують попередники, під які вносять органічні і мінеральні добрива у високих дозах. Післядію цих добрив ефективно використовує гречка. Вимоги гречки до попередників визначаються її біологічними особливостями і, зокрема, вимогами до чистоти ґрунту від бур'янів та до його родючості. В сівозміні відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН» гречку висівали після ярого ячменю в шестипільній сівозміні: соя –ячмінь ярий – гречка – горох –пшениця озима – просо. Така структура сівозміни не виснажує ґрунт, в ній проводиться захист від багаторічних бур'янів.

Обробіток ґрунту. Це найважливіший елемент в підвищенні родючості ґрунту, збільшенні урожайності та продуктивності гречки. Правильний обробіток ґрунту повинен максимально обґрунтовано враховувати біологічні особливості і потреби культури до конкретних місцевих умов, що вирішує низку завдань: створення найбільш сприятливих умов водного, повітряного, теплового і поживного режимів, які підсилюють розвиток кореневої системи; знищення бур'янів, шкідників і хвороб; боротьба з ерозією, створення оптимальних умов для життєздатності корисних мікроорганізмів; підготовка верхнього шару ґрунту для кращого загортання підчас сівби. Крім того, обробіток ґрунту покращує ефективність внесених добрив.

Після стерньового попередника обробіток ґрунту розпочинається з

лущення стерні дисковими лущильниками або дисковими боронами. Велике значення для накопичення вологи в ґрунті має своєчасно проведена зяблева оранка, яка є важливим заходом у боротьбі з багаторічними бур'янами, такими як осот, молочай, берізка польова, а також для знищення зимуючих шкідників і хвороб. Проводять її після масової появи сходів бур'янів на глибину 20–22 см.

Після збирання просапних культур, особливо кукурудзи, проводять дискування у двох напрямках, а неглибоку оранку (20–22 см або на глибину орного шару у разі якщо він менший вказаного інтервалу). Ефективним також є плоскорізний обробіток на глибину 15–18 см.

Ранньовесняний обробіток. Весняний обробіток під цю культуру починають після настання фізичної стиглості ґрунту з неглибокого розпушування з метою закриття вологи і провокування насіння бур'янів до проростання. Для прискорення проростання насіння бур'янів після рихлення проводити коткування. За перезволоженого ґрунту, після появи сходів бур'янів його культивують на глибину не більше 6–8 см.

Передпосівний обробіток ґрунту проводять на глибину заробляння насіння і для цього доцільно застосовувати комбіновані широкозахватні агрегати. Глибина передпосівного обробітку не має перевищувати глибину заробляння насіння (за оптимальних умов зволоження 4–5 см в умовах її дефіциту – 6–7 см).

Ретельне виконання всіх рекомендованих агротехнічних заходів обробітку ґрунту з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов сприяє збереженню і нагромадженню вологи, в кількості, що забезпечує одержання дружніх сходів при сівбі в оптимальні строки та зменшує забур`янення посівів гречки, а це в свою чергу, дає змогу виростити високий урожай її без застосування гербіцидів.

Удобрення. На утворення 1 т зерна рослинам гречки необхідно 40–50 кг азоту, 20–30 кг фосфору та 70–80 кг калію.

Гречка добре реагує і на післядію добрив. Після попередника, під який вносили мінеральні добрива, під гречку доцільно вносити мінеральні добрива з розрахунку $N_{25}P_{25}K_{30}$ та провести підживлення рослин азотними добривами (фаза інтенсивного росту – початок бутонізації) у дозі 15 кг/га д.р.

Внесення під гречку повного мінерального добрива в дозі $N_{25}P_{25}K_{30}$, забезпечило приріст урожаю зерна 0,65 т/га. Отже, за розміщення гречки після удобрених попередників та внесення добрив під цю культуру врожайність її, порівняно з неудобреним фоном, підвищується на 30−40% і досягає від 2,29−3,14 ц/га, залежно від агрометереологічних умов вегетаційного періоду. Тому основною умовою отримання високого врожаю гречки є створення відповідного

фону живлення шляхом внесення добрив, звичайно також, за дотримання інших елементів технології вирощування. За даними наших досліджень найбільший врожай на посівах гречки (2,95–3,30 т/га) отримано за внесення мінеральних добрив нормою $N_{25}P_{25}K_{30}$ з підживленням рослин препаратами удобрювальної дії.

Важливим елементом розробленої системи удобрення є проведення позакореневих підживлень за результатами рослинної діагностики. Для вирішення цього завдання використовуються добрива, що містять макро- і мікроелементи, стимулятори росту рослин, вітаміни тощо. Застосування таких препаратів дає змогу забезпечити рослину всіма необхідними елементами живлення для покращання росту й розвитку культури та досягти високого коефіцієнта їх засвоєння та підвищити продуктивність культури від 5 до 27%, залежно від метеорологічних умов періоду.

За планування системи удобрення необхідно звернути увагу, що в умовах дефіциту опадів весняне внесення гранульованих добрив в підживлення малоефективне і здебільшого недоцільне. За таких погодних умов потрібно орієнтуватись на добрива в рідкій формі.

Підбір сортів. Для сівби використовують насіння районованих сортів гречки, які мають високий потенціал урожайності, стійкі до осипання та вилягання, забезпечують високий вихід крупи і внесені в Державний реєстр сортів рослин України для відповідної зони. Це такі як Оранта, Син-3/02, Антарія, Українка, Слобожанка, Єлєна, Рубра, Ярославна, Ювілейна 100.

Готування насіння до сівби. Насіння для сівби за посівними кондиціями має відповідати І–ІІ класу. Для кращого розвитку рослин перед сівбою проводять оброблення насіння асоціативними азотфіксувальними і фосформобілізивними бактеріями підвищує врожайність культури на 5–11% у контрольних варіантах, а при взаємодії бактеризації із внесенням мінеральних добрив позитивно вплинуло на ріст, розвиток рослин і на продуктивність, збільшивши її на 17,1–30,0% [6].

Строки сівби. Певну пластичність гречки щодо строків сівби не можна вважати підставою для затягування сівби. За сівби в достатньо прогрітий ґрунт значно підвищується польова схожість насіння і густота сходів. Тому сіяти гречку слід після стійкого прогрівання ґрунту на глибині 10 см до 14 ^{0}С. У цей час минає загроза весняних заморозків, на полях проростає основна маса бур'янів, які знищуються механічними обробітками в допосівний період. У Лісостепу такі температурні параметри створюються у першій декаді травня.

Способи сівби та норми висіву насіння. Під час вибору способу сівби треба пам'ятати, що у гречки підвищені вимоги до освітлення, особливо за ВВСН 30-

39 (початок стеблування / галуження); ВВСН 41–51 (передбутонізація / початок бутонізації); ВВСН 51–59 (бутонізація) коли закладається кількість суцвіть і квіток та фертильність пилку.

Гречку можна сіяти двома способами: широкорядним із шириною міжрядь 45 см та звичайним рядковим із міжряддям 15 см. Вибір способу сівби залежить від ґрунтово–кліматичних умов, ступеня окультурення ґрунту та забезпеченості технікою. Широкорядний спосіб сівби найбільше відповідає біології культури. Крім того, в таких посівах є можливість боротьби з бур'янами агротехнічним методом, не застосовуючи гербіцидів, одночасно поліпшуються агрофізичні умови в ґрунті та більш ефективним стає прикореневе підживлення.

Перевага звичайного рядкового способу сівби проявляється на малородючих ґрунтах, чистих від бур'янів, за сівби скоростиглих сортів із меншим габітусом рослин.

Норма висіву насіння залежить від способу сівби. Оптимальним за широкорядного способу сівби є висівання 2,0–2,5, а за звичайного рядкового – 3,0–3,5 млн схожих насінин на 1 га.

Глибина загортання насіння визначається гранулометричним складом ґрунту, його вологістю, температурним режимом. На сірих лісових ґрунтах оптимальною є глибина 3–4 см, на структурних чорноземних – 4–5 см. За недостатнього зволоження посівного шару її збільшують до 6–7 см.

Догляд за посівами. Догляд за посівами слід здійснювати своєчасно з урахуванням ґрунтових і погодних особливостей, щоб створити необхідні умови для оптимального розвитку рослини.

Дослідами доведено, що догляд за посівами гречки складається з коткування після сівби, руйнування ґрунтової кірки при її появі, розпушування міжрядь на широкорядних посівах, підживлення гречки під час її росту та забезпечення кращих умов запилення.

За недостатньої кількості вологи у посівному шарі ґрунту необхідно провести післяпосівне прикочування, що поліпшує контакт насіння з ґрунтом і сприяє надходженню вологи з його нижніх шарів до поверхні.

На посівах гречки з міжряддями 15 см для знищення бур'янів проводять післясходове боронування у фазі першого справжнього листочка. Зазначений захід проводять упоперек рядків або по діагоналі.

Гречка належить до рослин, насіння яких проростаючи, виносить на поверхню ґрунту сім'ядолі. Ця особливість робить її дуже чутливою до ґрунтової кірки, якщо вона утворюється після сівби. Щоб запобігти цьому, рекомендується

після утворення кірки до появи сходів руйнувати її боронами.

У широкорядних посівах перше розпушування міжрядь проводять, коли чітко з'являться рядки, культиватором або фрезою на глибину 4–5 см. Друге – через 7–10 діб після першого на глибину 8–10 см з одночасним підгортанням рослин у рядках. Третє – з підживленням рослин аміачною селітрою (15 кг/га) і повторним підгортанням – перед змиканням рядків.

Оскільки гречана крупа придатна для дієтичного і дитячого харчування, хімічні засоби захисту рослин не застосовують, і лише у насінницьких посівах для боротьби з бур'янами застосовують граміниціди на основі флуазифоп–П–бутилу або схожих діючих речовин.

Формування повноцінного врожаю гречки відбувається за достатньої кількості бджіл, тому для поліпшення перехресного запилення на посіви вивозять пасіку з розрахунку три-чотири бджолосім'ї на 1 га.

Кліматичні зміни, наслідки яких дедалі частіше проявляються останніми роками, мають специфічний вплив на проходження біохімічних процесів як у ґрунті, так і в рослинах, порушення перебігу яких викликає стрес у рослинному організмі та негативно впливає на рівень урожайності культури. Тому у системі догляду за посівами дедалі більшої уваги надається заходам запобігання негативного впливу стресових чинників на формування продуктивності агрофітоценозу.

Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є оброблення рослин в критичні фази росту й розвитку препаратами на основі комплексу макро- і мікроелементів, стимуляторів росту рослин, вітамінів тощо як окремо, так і в комплексному їхньому поєднанні. Доцільність проведення таких агрозаходів, зазвичай, визначається на основі візуального спостереження, за результатами хімічного аналізу рослин та за допомогою методу функціональної діагностики.

Збирання врожаю. Період цвітіння і плодоношення культури залежить не тільки від сорту а й від кліматичних та погодних умов року та агротехніки вирощування. У вологі роки період достигання і вегетації значно затягується і, навпаки, в посушливі роки він значно скорочується, а достигання прискорюється. Збирання гречки є важливим агротехнічним заходом для одержання високого врожаю. Гречка достигає дуже розтягнуто. На рослині бувають зерна в різній фазі стиглості і вибір способу збирання значною мірою зумовлює рівень урожаю. В зв'язку з великою розтягнутістю достигання одні зерна вже зовсім стиглі для збирання, інші знаходяться в фазі молочно-воскової стиглості. Щоб не втратити зерна першої зав`язі, що є найбільш якісним і цінним, не можна допускати

перестоювання гречки. Якщо ж поспішити з збиранням врожаю гречки, можна втратити його значну частину за рахунок недостиглого, зеленого зерна і зерна, яке ще не зовсім сформувалося.

Отже, до збирання гречки слід приступати в найбільш сприятливий період її достигання. Необхідно зазначити, що те зерно, яке при скошуванні знаходиться у фазі молочно – воскової стиглості, під час лежання її в валках за рахунок підтягування пластичних речовин з стебла і листків в більшості виповнюється і набуває вигляду нормального спілого зерна.

Збирання розпочинають, коли на рослинах побуріє 75–80 % плодів. Основний спосіб збирання гречки – роздільний. Скошують гречку в ранні або вечірні години, встановлюючи висоту зрізу 15–20 см, за якої валок надійно утримується, рослини не торкаються землі, швидко підсихають.

Валки на звичайних рядкових посівах укладають упоперек або під кутом до напряму сівби, а на широкорядних – тільки впоперек. Залежно від вологості скошеної маси і погодних умов гречка у валках перебуває упродовж п'яти–семи діб. Обмолочування проводять за вологості зерна 15–16 %, стебел – 30 %. Для запобігання втрат зерна зменшують частоту обертів барабана до 500 об./хв.

Народно-господарське значення. Просо – найдавніша круп'яна культура. Крупа з проса-пшоно-високопоживний, смачний харчовий продукт. Пшоно містить: крохмалю 81%, білка 12,0 %, жиру 3,5 %, цукру 0,15 %, клітковини 1,04 %. За вмістом білка пшоно перевершує рисову, ячну, перлову крупи і не поступається за вмістом крохмалю.

Стигле зерно проса містить багато різних мінеральних речовин. З усіх зольних речовин в його зерні найбільше міститься кремнезему, який надає зерну блиску і захищає від загнивання.

Просо дає не тільки якісну крупу, а й використовується як сировина в пивоварній і спиртовій промисловості, оскільки містить велику кількість крохмалю.

Просо – поживний і дешевий корм для сільськогосподарських тварин, особливо для птиці. У просяний соломі міститься велика кількість перетравних поживних речовин (протеїну) і жиру.

Цінність проса полягає ще в тому, що воно дає врожаї і за пізніх строків сівби, завдяки чому його часто використовують для пересіву загиблих озимих і ярих культур. Завдяки високій посухостійкості і жаростійкості просо займає одне з перших місць серед зернових культур, і в посушливі роки, коли інші зернові хліба різко знижують урожай, воно дає стабільні врожаї.



ПРОСО (Panicum miliaceum L.)

Біологічні особливості. Коренева система проса використовує з ґрунту воду майже з метрової глибини і здатна виносити тимчасове глибоке зневоднення тканин без значного зниження врожаю, але при цьому має слабку засвоювальну здатність. Однак, незважаючи на те, що просо посухостійка культура і вимоглива до вологи, воно виявляє підвищену чутливість до посухи в певні фази розвитку. Критичний період для споживання вологи припадає на стадію викидання волоті і утворення зерна. Коефіцієнт транспірації проса – 251–270. Завдяки малому розміру продихів проса забезпечується економне випаровування вологи і обумовлюється висока посухостійкість цієї рослини. При тривалому впливі високої температури (40 ^{0}C) просо не втрачає здатність регулювати рухом продихів протягом 48 годин, тоді як інші рослини (пшениця, ячмінь, жито) під впливом аналогічних температур втрачають цю здатність значно швидше.

Просо є теплолюбною і стійкою до високих температур культурою. Для повноцінного росту і розвитку йому потрібно значно більше тепла, ніж пшениці. Зерно проса швидше проростає за температури 16–19 ^{0}C. За фазами росту просу оптимальною є наступна середньодобова температура повітря: у фази сходи−кущення – 18 ^{0}C, кущення−викидання волоті – 20 ^{0}C, викидання волоті−цвітіння – 23 ^{0}C, цвітіння−дозрівання – 23 ^{0}C. Водночас просо негативно реагує на заморозки. Необхідно враховувати можливість повернення весняних заморозків за вибору термінів посіву, тому що сходи проса дуже чутливі до дії

знижених температур. Несприятливим також для проростків проса є тривалий вплив значної хмарності.

Просо – світлолюбна культура і більш вимоглива до даного чинника, ніж інші зернові культури. Відноситься до рослин короткого дня. Недостатньо інтенсивне світло під час цвітіння затримує розвиток, викликає стерильність колосків, що призводить до зниження врожаю. Просо – культура спекотного і посушливого клімату, переносить ґрунтову і повітряну засуху краще, ніж інші зернові культури.

Вегетаційний період скоростиглих сортів проса 60–80 днів, пізньостиглих – 100–120.

За результатами багаторічних досліджень відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН», проведених на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті у шестипільній сівозміні, де просо розміщували після пшениці озимої, узагальнено такі науково обґрунтовані положення щодо технологій вирощування: рівень продуктивності проса визначається оптимізацією системи удобрення, ефективним використанням вологи та адаптацією технологічних елементів до погодних умов вегетаційного періоду. Культура характеризується високою посухостійкістю, однак є чутливою до дефіциту вологи у критичні фази розвитку, зокрема в період формування та розвитку волоті (IV–VII етапи органогенезу).

Технологія вирощування проса в умовах північної частини Правобережного Лісостепу передбачає: оптимізацію системи удобрення з диференційованим внесенням азоту; використання побічної продукції попередника; дотримання оптимальних строків сівби та забезпечення якісного насіннєвого ложа; ефективний контроль бур'янів на ранніх етапах розвитку; урахування погодних умов як ключового чинника формування врожаю.

Просо найкраще росте на легких ґрунтах із достатньою забезпеченістю вологою і поживними речовинами. Основна вимога до попередника – чисте від бур'янів поле. Найкраще просо розміщувати після озимих зернових культур, особливо висіяних після чистих або зайнятих парів, цукрових буряків, під які внесена достатня кількість органічних і мінеральних добрив. Цінними попередниками для нього є зернобобові культури і багаторічні трави. Після трав поле менш засмічене бур'янами, а ґрунт очищається від збудників хвороб. Небажано просо розміщувати після ранніх зернових, суданської трави, соняшнику, сорго і кукурудзи.

Обробіток ґрунту. Обробіток ґрунту повинен бути спрямований на

очищення поля від бур’янів. Після збирання зернових культур відразу проводять лущення стерні на глибину 6–8 см дисковими лущильниками, після проростання бур'янів проводять оранку на глибину 20–22 см. І вирівнювання поля.

Враховуючи біологічні особливості культури, зокрема її низьку конкурентоспроможність, передпосівний обробіток ґрунту спрямовують на провокацію насіння бур’янів до проростання. Для цього ефективними заходами є розпушування ґрунту зубовими, а краще пружинними, боронами або культиваторами по діагоналі або упоперек поля. Для активної провокації проростання насіння бур’янів і збереження вологи в посівному шарі услід за першим і наступним весняним розпушуванням слід проводити прикочування ґрунту кільчасто–шпоровими котками.

Удобрення. Просо добре використовує післядію добрив, які вносяться під попередник. На 1 т урожаю зерна просо виносить із ґрунту 33 кг азоту, 15 – фосфору, 34 – калію та 12 кг кальцію. Фосфорні й калійні добрива в дозі по 60 кг/га д.р. кожного краще вносити під зяблеву оранку, азотні N_{60}– навесні під першу культуру або перед сівбою. Ефективність азотних добрив підвищується за перенесення частини їх із основного внесення у підживлення ($N_{20–30}$) на етапах органогенезу: за шкалою BBCH scale – BBCH 30–32 (закладання суцвіття – волоті, початок стеблування) та BBCH 43–49 (ріст волоті, її розвиток у піхві листка і вихід).

За даними відділу технологій зернобобових, круп’яних і олійних культур підживлення проса азотом підвищило продуктивність на 27 %. Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ за даними наших досліджень дає можливість одержати 3,48–4,0т/га зерна проса. Обробка насіння асоціативними штамами мікроорганізмів, вплинула на підвищення врожайності проса від 0,30 т/га до 0,41 т/га [10].

За результатами рослинної діагностики слід провести позакореневе підживлення рослин мікроелементами, залежно від умов вегетаційного періоду продуктивність рослин збільшується, згідно з нашими дослідженнями, від 0,05 т/га до 0,22 т/га [11, 12].

Сівба – найвідповідальніший етап у технологічному процесі вирощування проса. За планування сівби необхідно враховувати біологічні особливості не лише культури, але, зокрема, й сорту.

Підбір сортів. За підбору сортів для висівання у господарстві насамперед необхідно звертати увагу на пристосованість сорту до ґрунтово-кліматичних умов господарства. Необхідно пам’ятати, що найкращим буде сорт, селекцію і насінництво якого проводили в подібних умовах. Наприклад, сорти селекції ННЦ

«ІЗ НААН» виведені на ґрунтах з низьким бонітетом і підвищеною кислотністю ґрунтового розчину, тому, слід очікувати, що за таких умов вони забезпечать кращий результат порівняно з конкурентами. Кращі ґрунтові умови тільки сприятимуть максимальній реалізації потенціалу їхньої продуктивності.

Другим важливим чинником при виборі сорту проса є його стійкість до обсипання. Сорти проса Омріяне, Чабанівське, Живинка завдяки високій стійкості до обсипання (8,5–9,0 балів) можна збирати прямим комбайнуванням за вологості зерна 15,5–16,0% без істотних втрат урожайності.

Необхідно зазначити також, що рослини проса сортів Київське 87, Омріяне, Веселка, Київське 96, Заповітне, Чабанівське, Новокиївське 01 практично не уражуються сажковими хворобами (стійкі до 9–11 рас сажки із 12 відомих на сьогодні) та мають високу стійкість до пошкодження просяним комариком.

Готування насіння до сівби. Враховуючи вище викладене, за сівби сортів селекції ННЦ «ІЗ НААН» насіння необхідно обробляти проти сажки, з іншими поширеними на просі хворобами борються симптоматично в період вегетації культури. Інші сорти перед сівбою необхідно протруїти. Дієвим заходом покращення ефективності вирощування проса є обробка насіння асоціативними штамами мікроорганізмів, що забезпечує підвищення продуктивності на 10–20 % залежно від погодних умов (це додатково в межах 1 т зерна з га). На сьогодні виявлено ефективні препарати для покращання розвитку кореневої системи рослин проса на початкових етапах органогенезу, що забезпечує збільшення енергії проростання дружність сходів та поліпшення подальшого росту й розвитку рослин навіть у надзвичайно посушливих умовах. Підсилюється дія цих препаратів за застосування їх для позакореневого внесення під час вегетації.

Строки сівби та глибина загортання насіння. Просо потрібно сіяти тоді, коли ґрунт на глибині загортання насіння становить 16–18 ^{0}С. Рання сівба проса затримує появу сходів, що може призвести до пошкодження їх заморозками і надмірного забур'янення площ.

За наявності вологи у верхньому шарі на важких ґрунтах насіння проса загортають на глибину 2–3 см, коли верхній шар ґрунту пересушений, глибину загортання насіння збільшують до 5–6 см.

Способи сівби та норми висіву насіння. Польова схожість насіння у проса нижча, ніж у інших культур, і часто не перевищує 70–75 %. Тому застосовують порівняно високі норми висіву насіння. Оптимальною нормою висіву проса за рядкового способу сівби є 4,0–4,5 млн шт./га схожих насінин. За широкорядного способу сівби посівну норму зменшують на 25 %, а за стрічкового – на 10–15 %.

За дефіциту вологи у ґрунті, норму висіву рекомендується збільшити на 7–10 %. Після сівби посіви проса обов'язково прикочують. Це забезпечить тісний контакт насінини з ґрунтовими часточками, а також підтягування вологи із глибших шарів ґрунту.

Догляд за посівами проса включає поєднання агротехнічних та хімічних заходів боротьби з бур'янами. Важливе значення мають післясходові боронування проса зубовими або ротаційними боронами, внаслідок чого руйнується ґрунтова кірка, полегшується з'явлення сходів, знищуються бур'яни. На широкорядних посівах перше розпушування міжрядь слід проводити у фазі повних сходів на глибину 4–5 см, коли добре позначаться рядки. Другий міжрядний обробіток проводять залежно від появи бур'янів і ущільнення ґрунту на глибину 8–10 см. У разі високої засміченості поля проводять інтегрований захист.

У період вегетації гербіциди на посівах проса застосовують при забур'яненості однорічними широколистими бур'янами (гірчиця, редька дика, свиріпа, щириця, осоти та ін.). Для цього застосовують як ґрунтові, так і страхові гербіциди. Інтегрований захист посівів забезпечує найбільш позитивний ефект у боротьбі з бур'янами.

Стебловий або кукурудзяний метелик – найпоширеніший шкідник проса. Метелики розпочинають літ на початку червня і відкладають яйця на листках біля головної жилки. Гусінь ховається у піхви листків, вгризаються в середину рослини, живляться нею і перегризають ніжку волоті, як наслідок остання всихає раніше, ніж встигне вийти на зовні. Основними заходами боротьби є агротехнічні.

У фазі викидання волоті посіви проса обстежують щодо виявлення льоту просяного комарика (*Stenodiplosis panici*) – найбезпечнішого шкідника проса, який від яйця до дорослої стадії розвивається у квітках проса. У разі загрози крайові смуги (50–100 м) обприскують відповідними інсектицидами або біологічним препаратом Актофіт.

У цій фазі проявляється і поширена хвороба проса – звичайна (летюча) (*Sphacelotheca panici-miliacei*) сажка. На ураженій рослині замість волоті, формується здуття, вкрите сірувато-брудною тонкою плівкою, що легко розтріскується. Проти сажкових хвороб ефективними заходами є вирощування стійких сортів, дотримання сівозміни, збалансоване живлення рослин, оптимальні строки висівання високоякісним протруєним насінням, а також вирощування стійких до хвороби сортів.

Ефективним агрозаходом у системі догляду за посівами є підживлення рослин азотними добривами. Перше підживлення азотом (15–20 кг/га) проводять у фазі ВВСН 25–29/30 (кінець кущення – початок стеблування), друге – у фазі ВВСН 43–49 (розвиток волоті всередині піхви листка та її повне формування з підготовкою до виходу).

Крім підживлення азотом ефективним заходом є позакоренева обробка рослин мікродобривами або стимуляторами росту рослин. Необхідно враховувати, що в умовах дефіциту опадів внесення гранульованих добрив недоцільне. Потрібно орієнтуватись на добрива в рідкій формі.

Збирання врожаю. Збирання врожаю є важливим процесом у технології вирощування. Просо має тривалий період дозрівання зерна, який у межах однієї волоті може сягати 25–30 діб. Стебло та листя рослин на час настання господарської стиглості ще містить значну кількість вологи. Тому доцільно збирати культуру роздільним способом, коли у більшості волотей достигне 80–85 % зерен. Скошують просо жатками різних модифікацій на висоті 15–20 см упоперек або по діагоналі до напряму рядків. Підбирають і обмолочують валки через три-п'ять діб за вологості зерна не більше 17 %. Триваліший період знаходження проса у валках допускати не слід, оскільки існує загроза ушкодження зерна меланозом.

На чистих від бур'янів полях можливе пряме комбайнування проса тоді, коли у волотях дозріє не менше 90 % зерна, а його вологість у середній частині волоті не перевищує 18 %. Після обмолочування зерно необхідно своєчасно і ретельно очистити від домішок на очисних машинах зі спеціально підібраними решетами і довести його до вологості 14–15 %.

Олійні культури. *Гірчиця біла* – скоростигла, холодостійка рослина. Її насіння починає проростати за температури +1 – +3 ^{0}С на 4–5 добу після сівби. Сходи з'являються при 8–10 ^{0}С і здатні витримувати заморозки до мінус 4–5 ^{0}С (за іншою інформацією – до мінус 7 ^{0}С). Вона витримує такі заморозки, за яких гине картопля, гречка, просо та ушкоджуються овес і ячмінь. Фаза цвітіння настає через 38–53 дні після сівби. Насіння достигає через 80–90 днів від сходів. Цінний медонос. Як і інші хрестоцвіті, відноситься до рослин довгого дня.

Вимоги до ґрунтів. Гірчиця біла вважається не вимогливою до ґрунтів. Вона добре росте на середніх і важких за механічним складом ґрунтах. Непридатними для її вирощування вважаються заболочені, оглеєні та ґрунти з високим рівнем залягання ґрунтових вод. На піщаних і супіщаних ґрунтах, а також із кислою реакцією ґрунтового розчину формуються низькорослі рослини,

достигання затягується, врожай знижується. Низькі врожаї як зеленої маси, так і насіння, отримують на кислих ґрунтах. У таких випадках підвищити рівень урожаю можна за рахунок оптимізації системи удобрення та нейтралізації реакції ґрунтового розчину, адже для оптимального росту і розвитку гірчиці білої найкращі ґрунти з pH 6,5–7.



ГІРЧИЦЯ БІЛА (Sinapis alba L.)

Вимоги до вологи і температури. Гірчиця біла досить холодо- та посухостійка рослина. Транспіраційний коефіцієнт гірчиці становить від 500 до 700, що означає, що для утворення 1 г сухої речовини рослині потрібно приблизно 500–700 г води. Цей показник свідчить про помірну потребу культури у волозі.

Вимоги до освітлення. Будучи рослиною довгого світлового дня, гірчиця біла гостро реагує на фотоперіодичну експозицію. У північних регіонах перехід до генеративної фази відбувається швидше, ніж у південних. Культура є світлолюбною, проте витримує помірне затінення. Здатність до швидкої пролонгації вегетативних фаз за умов ранньої сівби дає змогу культурі ефективніше використовувати сонячну інсоляцію до настання літньої спеки. За типом репродукції вона відноситься до факультативних самозапильників із

високою часткою перехресного запилення.

Розміщення у сівозміні. Правильне включення гірчиці білої у сівозміну має вагоме значення для отримання високих і сталих врожаїв та економічно вигідного виробництва. В зв'язку з цим, необхідно враховувати як гранично допустиму частку гірчиці білої в сівозміні, термін повернення на попереднє місце, так і вибір попередника. Недоцільним є вирощування гірчиці після с.-г. культур, які мають спільних з нею шкідників, зокрема буряків цукрових або інших культур з родини капустяних. У сівозміні з буряками цукровими або хрестоцвітими культурами гірчиця має займати не більше 25 % площ, адже від цього залежить ураження її грибковими хворобами [15].

За розміщення гірчиці білої в сівозміні слід враховувати те, що на ювенільних етапах розвитку вона росте надто повільно, внаслідок чого сильно пригнічується бур'янами. Тому площі, які відводяться під цю культуру, мають бути чистими від бур'янів, особливо з родини капустяних, на які практично не поширюється дія специфічних ґрунтових гербіцидів. Вагомий вплив на врожайність гірчиці мають безпосередньо попередники, кращими із яких вважаються чистий і зайнятий пар, зернобобові, зернові, картопля, кукурудза, однорічні та багаторічні трави.

За рахунок короткого вегетаційного періоду та раннього звільнення поля гірчиця є відмінним попередником для озимих зернових культур. Окрім того, стрижнева коренева система гірчиці добре дренує ґрунт, кореневі виділення переводять слаборозчинні сполуки елементів живлення в легкодоступні форми, а пожнивні залишки сприяють придушенню активності низки ґрунтових фітопатогенів.

Удобрення. Гірчиця вибаглива до наявності в ґрунті поживних речовин. На формування 1 тонни насіння вона споживає 55–60 кг азоту, 20–30 кг фосфору та 35–60 кг калію.

За узагальнення результатів досліджень, проведеного в рамках науково-дослідної роботи за договором з Міністерством освіти і науки № БФ/ А02–2025 про виконання наукового дослідження «Комплексне наукове дослідження розвитку інноваційних кліматостійких агротехнологій та добір джерел цінних ознак сільськогосподарських культур для формування адаптивних систем землеробства», нами розроблено Регламент застосування добрив за інтенсивної технології вирощування гірчиці (табл. 8.1).

Оптимальні дози мінеральних добрив під гірчицю становлять $N_{45–60}P_{60}K_{90}$. Фосфорні та калійні добрива необхідно вносити під основний обробіток ґрунту з

осені, а в разі якщо вони не були тоді внесені – навесні необхідно застосовувати їх рідкі форми. Азотні добрива у будь-якій формі доцільно вносити навесні під ранньовесняний обробіток. Залежно відстану посівів у період вегетації рослини доцільно обробити рослини по листку мікродобривами або препаратами з антистресовою дією залежно від фізіологічного стану рослин в агроценозі (докладніше див. у п. «Догляд за посівами»).

Таблиця 8.1. **Регламент застосування добрив за інтенсивної технології**

Період внесення	**Метод внесення**	**Рекомендована доза, кг/га**	**Цільове призначення**
Осінь (під основний обробіток)	розкидний	$P_{60}K_{60\text{-}90}$	формування бази живлення та розвиток коренів
Рання весна	під ранньовесняну культивацію	$N_{45\text{-}60}$	стимуляція вегетативного росту за відсутності основного удобрення
Весна (корекція)*	рідкі форми (під ранньовесняну культивацію)	$P_{60}K_{60\text{-}90}$	компенсація дефіциту елементів за відсутності основного удобрення
Період вегетації	позакоренево (по листку)	мікродобрива, антистресанти	підтримка фізіологічного стану агроценозу

Примітка. *Рідкі форми добрив навесні використовуються для підвищення коефіцієнта засвоєння фосфору та калію в умовах дефіциту вологи, якщо такі елементи не вносили восени під основний обробіток ґрунту.*

Сівба. Готування насіння до сівби. Для запобігання пошкодженню посівів гірчиці шкідниками (зокрема хрестоцвітими блішками) та ураженню хворобами, необхідно обов’язково обробити насіння комплексом препаратів: інсектицидними протруювачами на основі імідаклоприду, клотіанідину або тіаметоксаму, а також фунгіцидними препаратами на основі триазолів (тебуконазол, флутріафол) у поєднанні з металаксилом-М для розширення спектру захисту. Також допускається використання комбінованих протруювачів, зареєстрованих для ріпаку.

На сьогодні в ННЦ «ІЗ НААН» встановлено ефективні препарати для покращання проростання гірчичного насіння та інтенсивності появи сходів, навіть, в умовах жорсткої весняної посухи. Ці препарати сприяють покращанню

росту й розвитку культури, істотно підвищуючи її стійкість проти посухи в подальшому. Комплексна оцінка продуктивності гірчиці білої сорту Біла принцеса за результатами досліджень 2019–2020 рр. підтверджує високу кореляцію врожайності з бактеризацією насіння перед сівбою та дозами мінеральних добрив.

Результати комплексних досліджень відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН», проведених на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті у шестипільній сівозміні, де гірчицю розміщували після гречки, пшениці озимої, узагальнено такі науково обґрунтовані положення щодо технологій вирощування: встановлено вплив бактеризації насіння на різних фонах удобрення на продуктивність гірчиці білої, що вказує на високу залежність врожайності культури від елементів технології вирощування. Виявлено, що внесення в основне удобрення $N_{45}P_{60}K_{90}$ в умовах кліматичних аномалій, забезпечує максимальні показники врожайності (1,65 т/га) та валового збору олії (0,66 т/га). А активація у ризосфері процесів фіксації атмосферного азоту та мобілізації важкодоступних фосфатів ґрунту завдяки передпосівній бактеризації насіння асоціативними штамами азотфіксувальних та фосформобілізивних бактерій забезпечила прибавку врожаю в межах 12,1–13,8 %.

Вибір сорту. Для сівби використовують районовані сорти гірчиці білої, наприклад, селекції ННЦ «ІЗ НААН» Еталон та Біла Принцеса, які здатні забезпечувати урожайність на рівні до 2,5–2,7 т/га з вмістом олії в насінні до 40 % та білка до 27%. Вказані сорти вирізняються високою стійкістю до осипання (9 балів) та до шкідників (8 балів) та рекомендовані до вирощування в Степу, Лісостепу та в зоні Полісся. Тривалість вегетації цих сортів залежно від погодних умов варіює в межах від 75 до 90 діб.

Строки сівби. Гірчиця біла – холодостійка та вологолюбна культура, здатна витримувати тривалі морози до мінус 6 ^{0}С. Тому сіють її у ранні строки, відразу після ярих зернових культур, за прогрівання ґрунту до + 8 ... +10 ^{0}С. Переваги ранніх строків сівби полягають в тому, що невисокі плюсові температури і вологий верхній шар ґрунту сприяють формуванню потужної кореневої системи і листкової розетки, що підвищує конкурентоспроможність культури щодо бур'янів. Окрім того, гірчиця – це рослина довгого дня, тому в разі раннього строку сівби вона стабільніше проходить усі періоди онтогенезу, що позитивно впливає на врожайність. Рання сівба сприяє також зменшенню ризику пошкодження хрестоцвітими блішками.

Способи сівби та норми висіву. Гірчиця біла є холодостійкою та вологолюбною культурою довгого світлового дня, що визначає стратегію її вирощування. Здатність витримувати заморозки (до мінус 6 ^{0}C) дає змогу проводити сівбу в ранні стислі строки (одночасно з ярими зерновими) за прогрівання ґрунту до +8...+10 ^{0}C. Біологічна перевага раннього старту полягає у швидкому формуванні потужної стрижневої кореневої системи та прикореневої розетки за умов помірних температур і високої вологості. Це забезпечує культурі високу конкурентоспроможність, дозволяючи пригнічувати бур'яни на ранніх етапах. Окрім того, ранній посів узгоджує критичні фази онтогенезу з оптимальним світловим режимом, що є фундаментом високої врожайності та дає можливість рослинам зміцніти до початку масового виходу хрестоцвітих блішок.

Технологія сівби базується на морфологічних особливостях насіння та вимогах до площі живлення. Найкращим є звичайний рядковий спосіб (міжряддя 15 см) з нормою висіву 1,5–2,0 млн шт./га схожих насінин, що забезпечує рівномірне покриття ґрунту; для насінницьких посівів застосовують широкорядний спосіб (45 см) з нормою 1,0–1,5 млн шт./га схожих насінин.

Оскільки насіння гірчиці дрібне, оптимальна *глибина загортання* становить 1,5–2,0 см, що гарантує дружні сходи. У разі дефіциту вологи глибину збільшують до 3–4 см із обов'язковим збільшенням норми висіву на 10–15 % для компенсації зниженої польової схожості. Завершальним етапом є прикочування кільчасто-шпоровими котками, що відновлює капілярний зв'язок ґрунту та забезпечує насіння необхідною вологою для швидкого набухання й проростання.

Догляд за посівами. Догляд за посівами гірчиці включає комплекс заходів, спрямованих на збереження сходів, знищення бур'янів, захист рослин від шкідників та хвороб, створення сприятливих умов для їх росту та розвитку.

Догляд за посівами гірчиці білої передбачає комплексний захист, що починається з механічного руйнування ґрунтової кірки, яка виникає після весняних опадів і перешкоджає появі сходів. Для цього застосовують до- або післясходове боронування легкими зубовими боронами, рухаючись під кутом до напрямку посіву.

Оскільки культура має низьку конкурентоспроможність до бур'янів на старті росту, критично важливим є контроль бур'янів за допомогою діючих речовин S-метолахлору, пропізохлору або кломазону, які вносяться у вологий ґрунт до появи сходів. За умов дефіциту вологи ефективнішим є післясходове застосування гербіцидів на основі етаметсульфурон-метилу (проти дводольних) та граміцидів з вмістом хізалофоп-П-етилу або клетодиму (проти злакових

бур’янів).

Важливо: Вибір пестицидів для гірчиці обмежений, оскільки вона біологічно близька до багатьох видів бур’янів. Тому перед застосуванням обов’язково слід перевіряти реєстрацію препарату саме для гірчиці, щоб уникнути фітотоксичності.

Ефективний захист гірчиці базується на врахуванні її біологічної вразливості шкідниками на ранніх етапах органогенезу, коли швидкий ріст сім’ядоль та першої пари справжніх листків збігається з масовим виходом із місць зимівлі хрестоцвітих блішок (*Phyllotreta* spp.), здатних за сухих та жарких умов знищити сходи за 2–3 доби. Для нейтралізації цього ризику критично важливим є протруювання насіння системними препаратами на основі тіаметоксаму або імідаклоприду, які створюють захисну концентрацію препаратів у рослині на термін до 30 діб. У разі відсутності протруювання та перевищення ЕПШ (понад 3 жуки на 1 м^2) застосовують обприскування альфа-циперметрином або тіаклопридом, що є особливо актуальним у фазі розетки, коли культура стає привабливою для прихованохоботників (*Ceutorhynchus*) (личинки яких пошкоджують стебло зсередини) та ріпакового трача (*Athalia rosae*) (несправжня гусінь якого інтенсивно скелетує листки). На етапі бутонізації та цвітіння біологічний цикл гірчиці вступає у фазу найвищої атрактивності для ріпакового квіткоїда (*Meligethes aeneus*) та капустяної попелиці (*Brevicoryne brassicae*), які спричиняють пошкодження суцвіть. Тому для збереження врожайності обов’язковим в цей період є застосування інсектицидів із широким спектром дії та тривалою персистентністю, зокрема, комбінацій хлорпірифосу з циперметрином або препаратів на основі ацетаміприду, які забезпечують контроль шкідників навіть у важкодоступних частинах рослини.

Оптимізація системи захисту гірчиці білої в умовах північної частини Правобережного Лісостепу вимагає інтегрованого підходу, що базується на врахуванні кореляції між фазами онтогенезу культури та динамікою поширення патогенів у контексті кліматичної аридності. Сучасні зміни клімату в регіоні зумовлюють зміщення термінів відновлення весняної вегетації та скорочення міжфазних періодів, що призводить до раннього прояву альтернаріозу (*Alternaria brassicae*), пероноспорозу (*Peronospora brassicae*) та фомозу (*Leptosphaeria maculans*, анаморфа *Phoma lingam*). Біологічною особливістю гірчиці є її висока чутливість до патогенів саме в період від бутонізації до формування стручків, коли гідротермічний коефіцієнт часто сприяє епіфітотійному розвитку плямистостей.

Фундаментальним етапом захисту є передпосівна фунгіцидна обробка насіння препаратами системної дії на основі металаксилу-М, флудіоксонілу або карбоксину. Це забезпечує знешкодження насіннєвої інфекції та превентивний захист сходів від кореневих гнилей (*Fusarium* spp., *Pythium* spp.) і несправжньої борошнистої роси (*Peronospora* spp.*)* на ранніх етапах органогенезу. В умовах нестабільних температур такий захід покращує збереження густоти стояння рослин, що є критичним для конкурентоспроможності культури щодо бур'янів.

У фазі розетки – початку стеблування доцільним є застосування фунгіцидів-ретардантів триазольної групи (зокрема тебуконазолу). Це дозволить не лише купірувати ранні прояви фомозу та циліндроспоріозу (*Cylindrosporium concentricum*), а й оптимізувати архітектоніку рослин, стимулюючи розвиток кореневої системи. Такий морфорегуляторний ефект підвищує стійкість агрофітоценозу до вилягання та стресових чинників середовища, що особливо актуально за умов різких перепадів добових температур, які стимулюють розвиток борошнистої роси (*Erysiphe cruciferarum*).

Максимальна біологічна та економічна ефективність захисту досягається шляхом проведення фунгіцидної обробки у фазі цвітіння з використанням бакових сумішей стробілуринів та триазолів. Використання препаратів на основі азоксистробіну або піраклостробіну забезпечує пролонгований «*Greening-ефект*» (подовження вегетаційного періоду) та захищає стручки від альтернаріозу та сірої гнилі (*Botrytis cinerea*). Це дає змогу подовжити період наливу насіння в умовах літньої повітряної посухи, запобігає передчасному розтріскуванню силіків та забезпечує отримання якісного насіння з високим вмістом ефірних олій.

Кліматичні зміни, наслідки яких дедалі частіше проявляються останніми роками, мають специфічний вплив на проходження біохімічних процесів, як у ґрунті, так і в рослинах, порушення перебігу яких викликає стрес у рослинному організмі, що невід'ємно впливає на рівень урожайності культури. У сучасних системах догляду за посівами ключова роль відводиться заходам, спрямованим на запобігання впливу негативних чинників на продуктивність агрофітоценозу. Одним із найефективніших рішень є застосування препаратів на основі макро- і мікроелементів, стимуляторів росту та мікродобрив, проте ефективність такої обробки залежить від точності визначення потреби рослин у конкретних елементах.

Експериментально доведено, що реалізація такого підходу в умовах зони діяльності ННЦ «ІЗ НААН» дає можливість істотно підвищити адаптивний

потенціал гірчиці, що підтверджується результатами обліку її урожайності за різних рівнів інтенсифікації технології.

Аналіз результатів досліджень продуктивності гірчиці білої сорту Біла принцеса підтверджує високу детермінацію врожайності синергічною взаємодією базового мінерального живлення та адресної позакореневої корекції метаболізму.

Встановлено, що внесення в основне удобрення $N_{45}P_{60}K_{90}$ забезпечує інкрементацію базової врожайності на 0,31 т/га (17,1 %), тоді як додаткове застосування стимуляторів росту та мікродобрив постає дієвим інструментом подальшої інтенсифікації продуційних процесів. Найвищий рівень врожайності (2,45 т/га) досягається за поєднання макродобрив із позакореневим внесенням мікроелементів, що забезпечує сумарний приріст у 0,64 т/га порівняно з контрольним варіантом.

Фізіологічне обґрунтування такого механізму впливу на врожайність полягає в активізації мікродобривами ферментативних систем, що відповідають за стабільність фотосинтезу та азотного обміну в умовах стресу, мінімізуючи його негативний вплив на формування врожаю. Втім практичне впровадження такої прецизійної корекції метаболізму часто обмежується недосконалістю методів моніторингу стану посівів. Адже традиційні підходи до оцінки стану посівів мають істотні недоліки: візуальне спостереження вимагає надвисокої кваліфікації агронома, а лабораторний хімічний аналіз займає занадто багато часу. Це ускладнює оперативне реагування на дефіцит живлення.

Для подолання цих бар'єрів фахівці ННЦ «ІЗ НААН» розробили інноваційні рекомендації щодо вибору препаратів та термінів їх застосування на основі експрес-діагностики функціонального стану рослин. Методика ґрунтується на фотометричному визначенні реакції хлоропластів на 14 елементів живлення за допомогою приладу «Агровектор ПФ 014–02». Такий підхід дозволяє виявити надлишок або дефіцит речовин на ранніх етапах. Своєчасне коригування живлення за результатами діагностики дає можливість нівелювати негативні чинники ще за 3–4 доби до появи видимих симптомів, запобігаючи незворотним фізіологічним змінам та втратам урожаю гірчиці.

Узагальнена система адаптивної системи догляду за посівами гірчиці білої (табл. 8.2) демонструє комплексний характер технологічних рішень ННЦ «ІЗ НААН», спрямованих на підтримання фізіологічного гомеостазу гірчиці білої в умовах нестабільного гідротермічного режиму.

Таблиця 8.2. **Система адаптивного догляду за посівами гірчиці білої в умовах термічних аномалій (**рекомендації ННЦ «ІЗ НААН»)

Технологічний етап / Захід	**Об’єкт впливу та препаративні рішення**	**Фізіологічне обґрунтування та механізм адаптації**
Механічна аерація та вологозбереження	Руйнування ґрунтової кірки (боронування під кутом до сівби)	Переривання капілярного току води для мінімізації дефіциту вологи; забезпечення безперешкодної гермінації насіння
Гербіцидна протекція	Комбінація ґрунтових (S-метолахлор, пропізохлор) та страхових схем (етаметсульфурон-метил)	Нівелювання конкуренції з боку сегетальної рослинності на ювенільних етапах органогенезу в умовах різної вологозабезпеченості
Інсектицидний екран	Тіаметоксам, імідаклоприд (обробка насіння); альфа-циперметрин, ацетаміприд (вегетація)	Контроль ентомокомплексу (*Phyllotreta* spp., *Ceutorhynchus*) за умов швидкої маніфестації фітофагів під впливом термічних стрибків.
Фунгіцидна пролонгація та ретардація	Тебуконазол (розетка); стробілурини + триазоли (цвітіння)	Оптимізація архітектоніку рослин; забезпечення «Greening-ефекту» та захист репродуктивних органів (силіків) від деструкції патогенами
Корекція метаболізму та нутрієнтізація	Суміші макро- і мікроелементів, стимулятори росту, вітамінні комплекси	Екзогенна підтримка фізіологічного гомеостазу рослин; запобігання біохімічному стресу внаслідок кліматичних флуктуацій
Інструментальна діагностика	Фотометричний аналізатор «Агровектор ПФ 014-02»	Ідентифікація латентного дефіциту нутрієнтів; прецизійна корекція живлення за 3–4 доби до появи морфологічних симптомів голодування

Представлений алгоритм, розроблений на виконання договору з Міністерством освіти і науки № БФ/ А02–2025 про виконання наукового дослідження «Комплексне наукове дослідження розвитку інноваційних кліматостійких агротехнологій та добір джерел цінних ознак сільськогосподарських культур для формування адаптивних систем

землеробства», поєднує превентивні механічні заходи збереження вологи з високоефективним хімічним та біологічним захистом, що забезпечує мінімізацію абіотичного стресу на всіх етапах органогенезу.

Особливе значення в інтенсифікованій технології відводиться інструментальному контролю нутрієнтного статусу за допомогою аналізатора «Агровектор ПФ 014–02», що дає можливість перейти від шаблонних схем до прецизійної корекції метаболізму. Такий підхід забезпечує не лише надійний фітосанітарний екран, а й морфорегуляторну оптимізацію архітектоніки рослин, що є детермінуючим фактором реалізації генетичного потенціалу врожайності сорту Біла принцеса за умов термічних аномалій.

Збирання. Найпоширенішим способом збирання гірчиці білої, завдяки її стійкості до розтріскування стручків, є пряме комбайнування, що дає можливість провести збиральну кампанію у стислі строки та зменшити ризики втрати врожаю від несприятливих погодних явищ. Його застосовують на чистих від сегетальної рослинності посівах, які мають нормальну густоту і рівномірне дозрівання, при настанні повної стиглості насіння, за вологості насіння не вище 8–12 %. Щоб звести втрати до мінімуму, рекомендується проводити збирання на високому зрізі – на 5–10 см нижче рівня нижнього ярусу стручків. Під час збирання гірчиці робочі органи комбайнів регулюються так: частота обертання молотильного барабана – 500–600 об./хв.; частота обертів вентилятора – 450–600 об./хв.; зазори між бичами молотильного барабана і декою на вході – 16–20 мм, на виході – 2–4 мм.

Післязбиральна доробка та зберігання насіння. У разі у разі закладання насіння на зберігання проводять його первинну очистку. За такої очистки з партії насіння виділяється до 40–60 % домішок.

Після очистки насіння просушують, використовуючи установки активного вентилювання, бункери активного вентилювання, екранні або шахтні сушарки, подові сушарки за нагрівання його не вище за +30…+35ºС, а за їх відсутності сушать у сонячну погоду на відкритих майданчиках, насипавши його шаром завтовшки 5–10 см, постійно перемішуючи. Товарне насіння гірчиці після первинної очистки доводять до вологості 8 % і реалізують або залишають на зберігання у складських приміщеннях насипом чи у мішках.

Список використаних джерел

1. Камінський, В. Ф. (2006). Значення сорту в сучасних технологіях вирощування зернобобових культур. С.84–94.
2. Камінський, В. Ф., & Дворецька, С. П. (2000). Вплив метеорологічних умов на продуктивність гороху та ефективність факторів інтенсифікації. *Вісник державної агроекологічної академії наук*. С. 75–79.
3. Vdovenko, S. A., & Palamarchuk, I. I. (2020). Climate change and its effect on the formation of vegetable plant yield in the conditions of Ukraine. *Scientific Heritage*, (*56*), 12–16. URL: https://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2020/12/VOL-3-No-56-56-2020.pdf.
4. Камінський, В. Ф., Голодна, А. В., Дворецька, С. П., Любчич, О. Г., Корнійчук, М. С., & Поліщук, С. В. (2020). *Особливості вирощування зернобобових культур у Лісостепу* (наук.-метод. рек.). Вінниця: ТОВ «Твори».
5. Дворецька, С. П. (2002). Продуктивність гороху залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування в північному Лісостепу України (Автореф. дис. канд. с.-г. наук). Київ.
6. Голодна, А. В., & Грицюк, Я. В. (2024). Фотосинтетична діяльність посіву сої за різних моделей технології вирощування. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*, *1*(11), 57–65. https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.06.
7. Голодна, А. В., Грицюк, Я. В., Буслаєва, Н. Г., & Столяр, О. О. (2024). Вплив удобрення, оброблення насіння та метеорологічних умов на урожайність сої. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*, *2*(12), 58–66. https://doi.org/10.54651/agri.2024.02.07.
8. Голодна, А. В., Любчич, О. Г., Сербенюк, В. О., Поліщук, С. В., Грицюк, Я. В., Ремез, Г. Г., Столяр, О. О., & Гордієнко, І. В. (2025). *Вирощування сої та люпину кормового в сучасних кліматичних умовах у Правобережному Лісостепу* (наук.-метод. рек.). Вінниця: ТВОРИ.
9. Гриник, І. В., Камінський, В. Ф., Любчич, О. Г., Сербенюк, В. О., et al. (2025). *Агротехнологічна стратегія ефективної організації весняно-польових робіт…* Київ. URL: https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2025/03/05.03.2025-r.nnts-iz-naan-rek.-vesna-2025-lisosteppolissya.pdf .
10. Грищенко, Р. Є., & Гордієнко, М. В. (2025). Ефективність підживлень у формуванні врожаю проса. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*,

2(16), 82–90. https://doi.org/10.54651/agri.2025.02.09.

11. Грищенко, Р. Є., Любчич, О. Г., & Глієва, О. В. (2021). Просо – ефективна технологія вирощування. *Пропозиція*, (2), 28–33.

12. Грищенко, Р. Є., Любчич, О. Г., & Глієва, О. В. (2024). Вплив передпосівного обробляння насіння та системи удобрення на ріст і розвиток гречки. In *Матеріали міжнародної наукової конференції* (м. Дніпро).

13. Камінський, В. Ф., Грищенко, Р. Є., Любчич, О. Г., & Глієва, О. В. (2020). *Особливості вирощування круп'яних культур і сорго в Лісостепу*. Вінниця: ТОВ «Твори».

14. Любчич, О. Г., & Любчич, О. Я. (2024). Особливості удобрення гірчиці білої. In *Олійні культури: сьогодення та перспективи* (pp. 98–99). Запоріжжя: ІОК НААН. URL: http://imk.zp.ua/index.php/konferentsii-seminary-dni-polia/447-27-2024

15. Любчич, О. Г., Сербенюк, В. О., & Любчич, О. Я. (2025). Формування листкової поверхні гірчиці білої (*Sinapis alba L.*) під впливом удобрення. In *Current trends in scientific research development* (pp. 18–24). BoScience Publisher. URL: https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2025/07/CURRENT-TRENDS-IN-SCIENTIFIC-RESEARCH-DEVELOPMENT-4-6.07.25.pdf.

16. Коваленко, О. А. (2021). Застосування мікродобрив та біопрепаратів в зоні південного степу України за вирощування гороху. *Сільське господарство та лісництво*, (*22*), 22–23. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-3-2.

Розділ 9. ДЖЕРЕЛА СТІЙКИХ ФОРМ ЗА ОЗНАКАМИ ЛАБОРАТОРНОЇ СТІЙКОСТІ. ПРОГНОЗ ФІТОСАНІТАРНОГО СТАНУ АГРОЦЕНОЗІВ УКРАЇНИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАХИСТУ РОСЛИН У 2026 Р. ШКІДНИКИ І ХВОРОБИ СОЇ, ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І ЯРОЇ. СИСТЕМА ЗАХИСТУ СОЇ ВІД ШКІДНИКІВ І ХВОРОБ

9.1. Сортозразки (джерела стійкості): зернових та зернобобових культур, видовий склад збудників насіннєвого матеріалу зернових та зернобобових культур

Фітосанітарний стан агроценозів сільськогосподарських культур значною мірою визначається не лише погодними умовами та агротехнікою, а й наявністю інфекції на насінні, яке постає первинним джерелом (інокулюмом) збудників хвороб. Насіннєва інфекція забезпечує збереження патогенів у міжвегетаційний період і їх передачу на ранні етапи органогенезу рослин.

У пшениці насіння може бути носієм збудників септоріозу, фузаріозу та сажкових хвороб, що призводить до первинного ураження сходів і подальшого розвитку епіфітотій. У сої через насіння передаються збудники фузаріозу, пероноспорозу та бактеріозів, що спричиняє зниження схожості, енергії проростання та формування ослаблених рослин.

Тому, насіннєва інфекція є ключовим чинником формування фітосанітарного стану агроценозів, оскільки визначає стартовий рівень патогенного навантаження. У зв'язку з цим першочергового значення набувають науково обґрунтовані заходи: використання кондиційного та сертифікованого насіння, його фітопатологічна експертиза, а також обов'язкове протруювання ефективними препаратами системної та контактної дії. Це дає можливість істотно зменшити інфекційний фон і підвищити ефективність подальших елементів інтегрованого захисту рослин.

Насіннєва інфекція є важливим чинником формування фітосанітарного стану агроценозів зернових і зернобобових культур. Насіння постає джерелом первинної інфекції, що сприяє поширенню багатьох збудників хвороб у посівах. Через насіння можуть передаватися гриби, бактерії та віруси, які уражують рослини на ранніх етапах органогенезу, знижують польову схожість, життєздатність проростків і продуктивність агроценозу.

Значна частина патогенів зберігається на поверхні насіння або всередині тканин зародка і ендосперму, що забезпечує їх ефективне перенесення між

регіонами разом із посівним матеріалом. Наявність насіннєвої інфекції може зумовлювати розвиток кореневих гнилей, плямистостей листків, сажкових хвороб та інших патологій рослин сільськогосподарських культур.

У природних і штучних агроценозах зернових культур насіннєва інфекція відіграє ключову роль у формуванні первинного інфекційного фону. Інфіковане насіння стає джерелом зараження сходів, що сприяє швидкому поширенню патогенів у посівах.

Ураження рослин патогенами призводить до порушення фізіологічних процесів, зменшення фотосинтетичної активності, пригнічення росту і зниження врожайності культур. У зернових агроценозах поширені такі хвороби, як кореневі гнилі, септоріоз, борошниста роса та інші інфекції, які можуть розвиватися вже на ранніх етапах росту рослин.

У сучасній літературі зазначається, що найбільш поширеними патогенами насіння є гриби родів *Fusarium, Alternaria, Aspergillus, Penicillium, Bipolaris,* а також інші представники мікроміцетів. Вони можуть викликати кореневі гнилі, фузаріози, альтернаріози, пліснявіння насіння та інші захворювання.
Мікологічний аналіз насіння різних культур (пшениці, ячменю, вівса, сочевиці, нуту та бобів) показав наявність понад десяти родів грибів, серед яких домінували *Fusarium, Alternaria, Penicillium, Aspergillus* і *Bipolaris,* причому рівень зараження насіння в окремих випадках досягав 100 %.

Пшениця яра – важлива зернова культура, яка має високу харчову та технологічну цінність. Її зерно характеризується підвищеним вмістом білка та клейковини, що забезпечує високі хлібопекарські властивості та робить його придатним для виробництва борошна вищих ґатунків. Завдяки цьому пшениця яра широко використовується у харчовій промисловості, зокрема для виготовлення хліба з високим об’ємом і пружною структурою м’якушки [1].

З агрономічної точки зору культура має короткий вегетаційний період (90–110 днів), що дозволяє отримати врожай у літній період. Вона виконує роль страхової культури, яку висівають у випадках загибелі озимих посівів після несприятливих зимових умов. Окрім того, пшениця яра краще адаптована до високих температур і може забезпечувати стабільний урожай у південних регіонах України.

Попри те, що врожайність ярої пшениці зазвичай нижча порівняно з озимою (2,5–3,5 т/га проти 4–6 т/га), її зерно має вищі якісні показники, що компенсує цей недолік. Цінність ярої пшениці полягає у поєднанні високих харчових і технологічних властивостей зерна з її стратегічним значенням як

страхової культури, що забезпечує стабільність виробництва зерна в умовах кліматичних ризиків та сприяє підвищенню рівня продовольчої безпеки.

У сучасних умовах одним із ключових завдань аграрного виробництва є забезпечення стабільного зростання врожайності та підвищення якісних показників продукції сільськогосподарських культур. Ефективним та екологічно доцільним чинником сталого нарощування продуктивності й покращення якості зерна постає створення нових сортів, які характеризуються груповою стійкістю проти основних хвороб та високим рівнем адаптивності [2].

Насіння, контаміноване патогенною мікрофлорою, є одним із основних джерел інфекції, зумовлює зниження схожості, впливає на енергію проростання, супроводжується порушенням нормального перебігу біохімічних процесів, сприяє ранньому ураженню культур фітопатогенами, і нерідко призводить до загибелі рослин, особливо на ранніх етапах онтогенезу. Деякі сапротрофні мікроорганізми (*Mucor, Penicillium, Rhizopus, Cladosporium, Aspergillus* тощо) за певних умов здатні переходити до паразитичного способу існування, частково або повністю руйнуючи зерно, змінюючи його фізичні властивості та хімічний склад. Плісняві гриби відомі своєю канцерогенною дією на організм людини та тварин, що значно підвищує небезпеку їхнього поширення у насіннєвому матеріалі. У період зберігання насіннєвого матеріалу вони завдають найбільшої шкоди, спричиняючи зниження його якості, іноді, навіть повну втрату життєздатності.

Біологічний метод пророщування насіння застосовується для діагностики зовнішньої та внутрішньої інфекції. Метод пророщування є універсальним інструментом для комплексної оцінки фітосанітарного стану насіння та визначення спектра потенційно небезпечних мікроорганізмів. Визначення рівня зараженості здійснюють шляхом пророщування насіння у вологій камері (чашки Петрі зі зволоженим фільтрувальним папером) (рис. 9.1), на живильних середовищах, прожареному піску або у рулонах фільтрувального паперу [4]. Такий підхід дає можливість ідентифікувати наявність та кількісні показники патогенних і сапрофітних мікроорганізмів.

Застосування біологічного методу пророщування насіння є ефективним для виявлення низки патогенів, проте він має певні обмеження. Зокрема, цей підхід не дозволяє діагностувати зараженість насіння такими збудниками, як тверда та летюча сажка, ризоктоніоз, церкоспорельоз, офіобольоз, гібеллініоз і пітіоз. Це зумовлено специфікою розвитку зазначених патогенів, які не проявляють характерних ознак у процесі пророщування насіння у лабораторних умовах.

Відтак для їх ідентифікації необхідне застосування інших методів діагностики, зокрема молекулярних та серологічних, що забезпечують більш точне визначення інфекційної контамінації.



Рис. 9.1. Пророщування насіння у вологій камері

Видовий склад патогенних мікроорганізмів, що контамінують насіннєвий матеріал пшениці та ячменю ярого в умовах зони Північного лісостепу України характеризується неоднорідністю та варіює залежно від сортових особливостей культури. Оцінювання рівня інфекційної ураженості насіння проводилося у лабораторії захисту від шкідників та хвороб ННЦ «ІЗ НААН». Визначення зараженості насіння патогенною мікобіотою здійснювали відповідно до вимог ДСТУ [4]. У ході фітоекспертизи 8 сортів пшениці ярої було встановлено, що гельмінтоспоріоз практично відсутній на насінні, тоді як збудника альтернаріозу виділено з кожної зернівки (табл. 9.1).

Лабораторна схожість у більшості сортів пшениці ярої становила 98–100 %, що свідчить про життєздатність насіння, проте у сорту Ярина цей показник знизився до 90 %, а у сорту Рання 93 – до 97 %. Видовий склад патогенів виявився неоднорідним, із домінуванням *Alternaria* sp. і становив основну частку інфекційного навантаження. Ураженість зернівок *Fusarium* sp. (рис. 9.2)

фіксувалася лише у декількох сортів (Танок, Рання 93, Колос Поліський, Нескорена), що свідчить про відносно низьку поширеність цього патогена в умовах дослідження.

Таблиця 9.1. **Ураженість насіння ярої пшениці фітопатогенами, %**

Сорт	Лабораторна схожість	Патогени							Всього
		Alternaria sp.	*Fusarium sp.*	*Penicillium sp.*	*Cladosporium sp.*	*Rhizopus sp.*	*Mucor sp.*	бактерії	
Вільна	99,0	26,0	0	4,0	0	0	0	1,0	31,0
Ярина	90,0	10,0	0	1,0	0	0	1,0	2,0	12,0
Кайдашиха	98,0	19,0	0	3,0	1,0	0	0	0	23,0
Переможна	100,0	16,0	0	0	3,0	0	0	0	19,0
Танок	98,0	48,0	2,0	0	2,0	0	0	1,0	51,0
Рання 93	97,0	35,0	1,0	0	0	1,0	0	0	37,0
Колос поліський	99,0	33,0	3,0	2,0	2,0	0	0	0	40,0
Нескорена	98,0	45,0	2,0	0	0	0	0	5,0	52,0

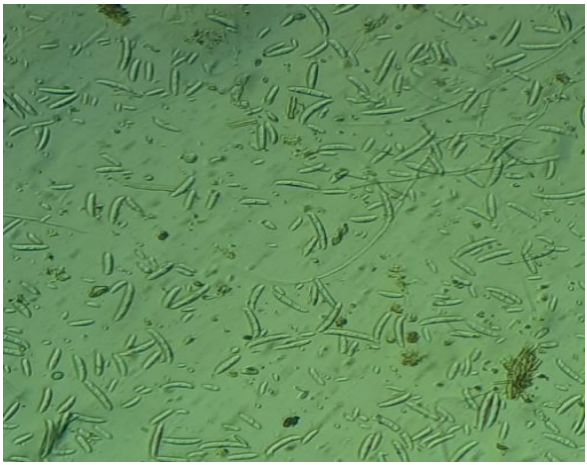


Рис. 9.2. Гриби роду *Fusarium sp.* збудники фузаріозу

Основними діагностичними ознаками ураження пшениці ярої фузаріозом є потемніння проростків, колеоптиля, вузла кущення, а також первинних і вторинних коренів. Що призводить до загнивання кореневої системи, білостеблості та формування порожніх колосів. За умов підвищеної вологості на інфікованих тканинах може утворюватися рожевий або жовтуватий наліт, що містить конідії патогенних грибів. Гриби роду *Fusarium* здатні колонізувати рослинні рештки, мешкати у ризосфері та на поверхні коренів, активно розмножуючись у відмерлих тканинах. Вони можуть існувати у ґрунті в сапротрофній формі, накопичуються на рослинних рештках, а за сприятливих умов переходять до паразитичної стадії розвитку, що значно ускладнює заходи контролю та боротьби із захворюванням.

Інші мікроорганізми (*Penicillium, Cladosporium, Rhizopus, Mucor*) зустрічалися спорадично та у невеликих кількостях, не формуючи значного інфекційного навантаження. Ураженими бактеріями були кілька сортів, зокрема сорт Нескорена (5 %), Вільна – 1 %, що може негативно впливати на подальший розвиток рослин.

Загальний рівень зараженості був найвищим у сортів Нескорена (52 %), Танок (51 %) та Колос Поліський (40 %), тоді як найменше ураження спостерігалося у сортів Ярина (12 %) та Переможна (19 %).

Тому, результати дослідження підтверджують, що хоча насіння ярої пшениці характеризується високою схожістю, значна частина сортів має високий рівень зараженості грибами роду *Alternaria sp.*, які є домінувальними. Це створює ризики розвитку хвороб у польових умовах і потребує застосування заходів передпосівної обробки насіння. Сорти Ярина та Переможна можна розглядати як більш стійкі до інфекційної контамінації, тоді як Нескорена та Танок потребують додаткових заходів захисту. Отримані дані підкреслюють необхідність систематичної фітоекспертизи насіннєвого матеріалу та впровадження інтегрованих методів захисту для забезпечення стабільної врожайності та зниження ризиків поширення патогенів.

Навіть за відсутності видимих ознак зараження насіння його схожість може бути низькою. Інфіковане насіння пшениці та ячменю, яке проростає, не формує життєздатних сходів, оскільки уражається фітопатогенами вже на ранніх етапах онтогенезу. Листковий апарат, що зазнає інфекційного навантаження під час вегетації, характеризується низькою продуктивністю. Порушення метаболічних процесів, спричинені хворобами, призводять до ослаблення рослин і можуть

зумовлювати їх загибель. Ураження хворобами призводить до значних економічних втрат. Фітоекспертиза насіннєвого матеріалу та діагностика хвороб є ключовими заходами для мінімізації фінансових ризиків і забезпечення запланованого рівня врожайності.

Пшениця озима. У сучасних умовах зерновиробництва особливу загрозу для насіннєвого фонду пшениці озимої становить змішана інфекція грибів родів *Fusarium* spp. та *Alternaria* Nees. Ці патогени характеризуються здатністю до системного ураження всіх вегетативних та репродуктивних органів рослини, проте найбільш критичним є їхній вплив на насіння та листковий апарат. Згідно з останніми фітопатологічними моніторингами, частка ураження насіння цими патогенами в Україні становить від 40 % до 85 % залежно від регіону та погодних умов року [5, 8].

Фузаріозна насіннєва інфекція **(***Fusarium* spp.*)* залишається найбільш деструктивним чинником. Домінувальними видами в лісостеповій зоні та на Поліссі є *F. graminearum*, *F. culmorum* та *F. sporotrichioides*. Дослідження підтверджують, що фузаріози спричиняють глибоку патологічну трансформацію зернівки: патоген руйнує алейроновий шар та зародок, що призводить до втрати польової схожості на 15–25 % [6]. Окрім зниження посівних якостей, фузаріуми продукують небезпечні мікотоксини (дезоксиніваленол, зеараленон), які акумулюються в зерні та обмежують його використання в харчових цілях [9].

Альтернаріоз або «чорний зародок» (Alternaria spp.*)* тривалий час вважався сапротрофною або слабкопатогенною інфекцією. Проте сучасні літературні дані свідчать про зміну біологічних властивостей популяцій *Alternaria alternata* та *A. tenuissima*. Встановлено, що за високого рівня інфікування (понад 30%) спостерігається зниження енергії проростання насіння та маси 1000 зерен, що негативно корелює з урожайністю [7]. Характерною особливістю сучасного періоду є синергізм між *Fusarium* та *Alternaria*: при спільній інфекції токсичний вплив на проросток посилюється, що призводить до нерівномірності сходів та ослаблення імунітету рослин на початкових етапах органогенезу [10].

Нами було проаналізовано 81 зразок пшениці озимої, 31зареєстрований сорт та 33 лінії Еритроспермум і 17 ліній Лютесценс. Лабораторна енергія проростання та схожість насіння на всіх сортах та лініях була у межах 96,0–100%. Встановлено, що загальне інфікування їх грибами варіювало в межах від 5 до 46% і в середньому становило 19,6 %. Виявлено, що найбільша кількість виділених ізолятів належить до роду *Alternaria* Nees. (14,1 %). Рідше зустрічались гриби роду *Fusarium Sp*. (5,9 %). Частота ізоляцій інших грибів була незначною і

коливалась у межах 0,1–0,3 % такі як *P. Viridicatum, Trichoderma spp* та *mucor*.

Серед сортів найменш сприятливими до ураження грибами роду *Alternaria* Nees. були сорти пшениці озимої Фортеця Поліська (5 %); Лісова Пісня, Намисто (6 %); Пирятинка, Скаген, Красуня Поліська (7 %); Заотар, Мокоша, Землероб (8%); Кесарія Поліська (9 %) інші сорти мали заселеність фітопатогенами вищу за 10 %.

Насіння пшениці озимої було заселено грибами роду *Fusarium* spp. в межах 0–35 % (рис. 9.3). На насінні сортів пшениці озимої Кесарія Поліська та Намисто фітопатогени були відсутні. На сортах Мокоша, Водограй та Аналог заселеність становила 35 %, 32 % та 25 % відповідно.



Рис. 9.3. Ураженість насіння пшениці озимої грибами роду *Fusarium* sp.

Також було відмічено незначне ураження насіння грибами роду *Trichoderma* spp., *P. Viridicatum* та *mucor*. *P. Viridicatum,* яке спостерігалося на сортах Лісова пісня, Намисто, Фортеця Поліська та Катруся Поліська у межах 1–3 %. Гриби роду *Trichoderma spp*. були відмічені на сортах Столична, Пам'яті Гірка та Престижна – 1 %. Збдники *Mucor* – на сортах Полісянка, Престижна та Ефектна (1 %). Найменш уражене насіння сортів пшениці озимої змішаною інфекцією було відмічено на сортах Скаген, Красуня Поліська – 8 %, Намисто,

Кесарія Поліська – 9%, Лісова Пісня, Фортеця Поліська та Заотар (10%) відповідно.

Серед ліній Еритроспермум ураженість грибами роду *Alternaria* Nees була у межах 6–39 %. Найменш сприятливими до ураження були лінії 82–25 (6 %), 78–25 (7 %), 79–25 (8 %), 398–15, 399–15 та 75–25 (10 %) інші лінії мали ураженість вищу за 10 %.

Заселеність насіння пшениці озимої грибами роду *Fusarium spp.* було в межах 0–20 %. На насінні лінії 114-24 ознаки заселення фітопатогенами були відсутні. Лінії 399-15 та 398-15 мали високий відсоток 15 % та 20 % відповідно.

Також було відмічено незначне заселення насіння грибами роду *Trichoderma* spp., *P. Viridicatum* та *mucor*. *P. Viridicatum* спостерігався на лініях 75-25,78-25,80-25,94-25 та 95-25 у межах 1–2 %. Гриби роду *Trichoderma* spp. було відмічено на лініях 239-13 та 321-17 (1–2 %). *Mucor* –239-1374-25, 78-25, 81-2, 87-25 та 79-24 (1 %). Найменше ураження насіння ліній Еритроспермум пшениці озимої змішаною інфекцією було відмічено на лініях 82-25 (7%) та 78-25 (10 %).

Лінії Лютесценс мали ураженість грибами роду *Alternaria* Nees у межах 4-31 %. Найменш сприятливими до ураження були лінії 190-18 (4 %), 189-13 (7 %), 90-25 та 339-17 (8 %), 86-25 (9 %) та 72-25 (10 %) інші лінії мали ураженість вищу за 10 % (рис. 9.4).

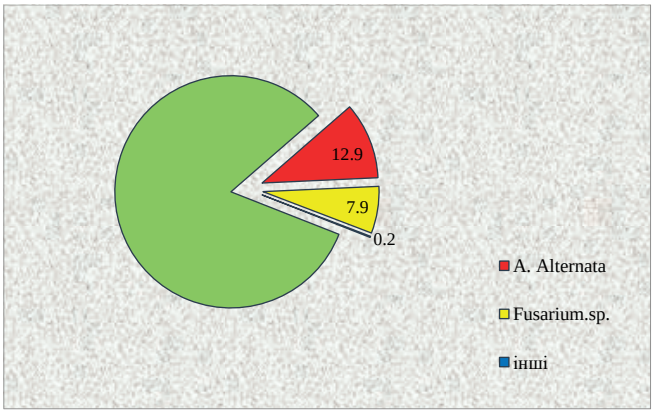


Рис. 9.4. Ураження сортів та ліній Еритроспермум пшениці озимої фітопатогенами, %

Ураження насіння пшениці озимої грибами роду *Fusarium* spp. було в межах 0–20 %. На насінні лінії 339-17 пшениці озимої ознаки ураження було відсутнє. Лінія 104-24 мал високий відсоток ураження – 20 % (рис. 9.5.). Також було відмічено незначне ураження насіння грибами роду *Trichoderma* spp., *P. Viridicatum* та *mucor*. *P. Viridicatum* було відмічено на лінії 297-18 (1 %). Гриби роду *Trichoderma spp*. на лінії-102-24 (1 %). Найменше ураження насіння ліній Лютесценс пшениці озимої змішаною інфекцією було відмічено на лініях 190-18 (5 %), 339-17(8 %) та 90-25 (9 %).

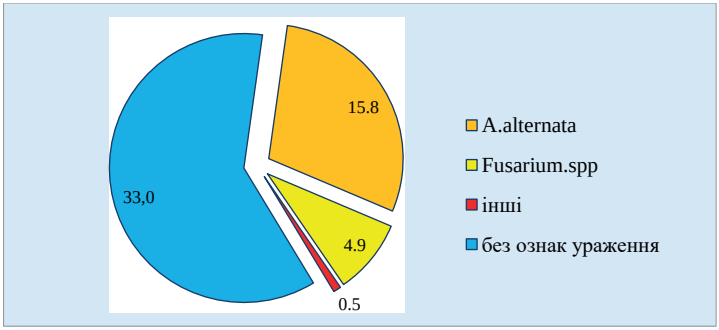


Рис. 9.5. Ураженість насіння пшениці озимої збудниками ліній Еритроспермум

Соя посідає важливе місце серед зернобобових культур світового землеробства і є одним із основних джерел рослинного білка та олії. У сучасному землеробстві велике значення має фітосанітарний стан насіння, оскільки воно може бути носієм значної кількості фітопатогенних мікроорганізмів, які спричиняють захворювання рослин у період проростання та вегетації.

Передача інфекції через насіння сприяє поширенню збудників хвороб і може негативно впливати на проростання, формування сходів та подальший розвиток рослин упродовж вегетаційного періоду.

Дослідження показують, що заражене насіння є одним із головних джерел первинної інфекції багатьох хвороб сої [11, 12].

За даними сучасних досліджень, мікрофлора насіння сої представлена складним комплексом грибів, бактерій та інших мікроорганізмів. Найбільш поширеною групою є мікроскопічні гриби, які можуть заселяти насіння як у польових умовах під час формування та дозрівання бобів, так і в період

зберігання [13]. Значна частина цих грибів є фітопатогенами, здатними викликати різні хвороби рослин.

Найчастіше на насінні сої виявляють представників родів *Fusarium, Alternaria, Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Rhizopus* та *Mucor* [14]. Особливе значення мають гриби роду *Fusarium*, які є збудниками фузаріозних кореневих гнилей та ураження сходів. Вони можуть призводити до зниження енергії проростання та схожості насіння, а також спричиняти загибель молодих рослин [15]. Деякі види цього роду здатні продукувати мікотоксини, що негативно впливають на якість продукції. Поширеними патогенами насіння сої є також гриби роду *Alternaria*, які викликають альтернаріоз. Ураження проявляється у вигляді темних плям на насінні та інших органах рослин. За сприятливих умов підвищеної вологості ці гриби активно розвиваються та можуть значно знижувати посівні якості насіння [16].

Важливе місце у структурі фітопатогенної мікрофлори займають гриби роду *Diaporthe* (раніше *Phomopsis*), які спричиняють фомопсис сої. Це захворювання широко поширене в різних регіонах світу і може призводити до значних втрат урожаю. Інфікування насіння відбувається переважно під час дозрівання бобів за умов підвищеної вологості. Уражене насіння характеризується зморшкуватістю, потемнінням оболонки та зниженою схожістю [17].

Одним із важливих насіннєвих патогенів є гриб *Cercospora kikuchii*, який викликає пурпурову плямистість насіння сої. За результатами літературних джерел, цей патоген може зберігатися на насінні протягом тривалого часу та слугувати джерелом інфекції для наступних поколінь рослин [18].

Крім грибної інфекції, на насінні сої можуть бути присутні бактерії, що викликають бактеріальні хвороби культури. Найбільш поширеними є збудники бактеріальної плямистості (*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*) та бактеріального опіку (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) [19].

Видовий склад мікрофлори насіння значною мірою залежить від умов вирощування культури, кліматичних чинників, агротехніки, сортових особливостей, а також умов збирання та зберігання врожаю. Підвищена вологість повітря під час дозрівання бобів сприяє інтенсивному розвитку грибної інфекції та збільшенню ступеня зараження насіння [20].

Насіння сої є носієм складного комплексу мікроорганізмів, серед яких домінують мікроскопічні гриби. Найбільш поширеними і небезпечними патогенами вважаються представники родів *Fusarium, Alternaria, Diaporthe*

(*Phomopsis*) та *Cercospora*. Їх наявність негативно впливає на посівні якості насіння та може бути джерелом поширення хвороб у посівах сої, що зумовлює необхідність проведення фітопатологічного контролю посівного матеріалу.

Визначення видового складу фітопатогенів є необхідним для: оцінки фітосанітарного стану насіння, вибору ефективних протруйників, прогнозування хвороб рослин у посівах, забезпечення високої схожості та врожайності.

Насіннєва інфекція сої є одним із ключових чинників зниження якості посівного матеріалу та врожайності культури. Встановлено, що значна частина патогенів передається саме через насіння і може зберігатися протягом тривалого часу.

Проаналізовано в лабораторних умовах 18 сортозразків насіння сої. За результатами досліджень заражене насіння фітопатогенами мало нижчу енергію проростання та може бути джерелом інфекції у польових умовах. Лабораторна схожість досліджуваних зразків сої становила 84,0–98,0 %. Видовий склад патогенів виявився неоднорідним, із домінуванням грибів до 18,0 % (рис. 9.6). Серед основних збудників насіннєвої інфекції сої виділялися гриби з родів *Fusarium, Alternaria* які спричиняють гнилі та знижують схожість насіння.

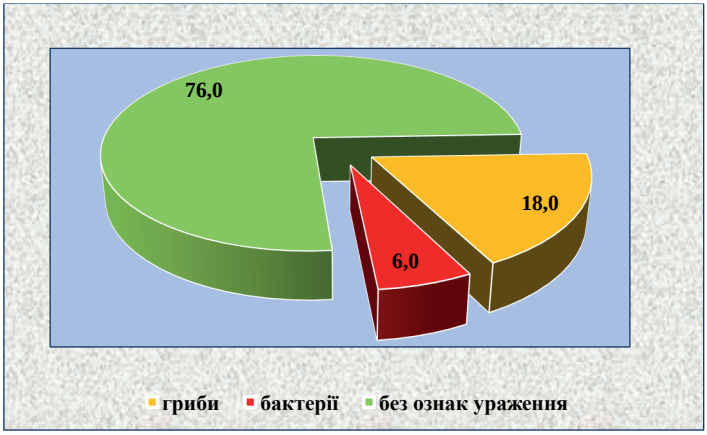


Рис. 9.6. Заселеність насіння сої фітопатогенами, %

Основними діагностичними ознаками ураження сої фузаріозом (*Fusarium*) є: побуріння та загнивання кореневої системи – корені темніють, стають

ламкими, можуть відмирати. Ураження прикореневої частини стебла – з'являються бурі або темно-коричневі плями, тканини загнивають. В'янення рослин – навіть за достатньої вологості ґрунту рослини втрачають тургор.

Пожовтіння (хлороз) листків – спочатку нижніх, з подальшим поширенням вгору. Затримка росту і розвитку – рослини відстають у рості, формують меншу кількість бобів. Передчасне всихання рослин – особливо у фазі цвітіння або наливу бобів. Наявність рожевого або білого нальоту на уражених тканинах (характерна грибниця збудника). Погіршення якості насіння – щуплість, зморшкуватість, можливе загнивання. Основними діагностичними ознаками ураження сої альтернаріозом (збудники – гриби роду *Alternaria*) є:

Плями на листках – спочатку дрібні, темно-бурі або чорнуваті, з часом збільшуються. Концентрична зональність плям – характерні кільця всередині плями (дуже типова ознака). Жовта облямівка навколо плям – тканина навколо ураження може жовтіти. Передчасне відмирання листків – уражені листки засихають і опадають. Ураження стебел і бобів – темні, видовжені або округлі плями. Почорніння і ураження насіння – насіння може мати темний наліт, знижується його якість і схожість. Темний оливково-чорний наліт на поверхні уражених тканин (спороношення гриба). Посилення хвороби у вологу теплу погоду – особливо при загущених посівах.

Поодиноко на насінні сої виявлені гриби роду *Aspergillus,* які часто розвиваються за зберігання і можуть утворювати мікотоксини та гриби роду *Penicillium,* які викликають пліснявіння насіння.

За результатами фітоекспертизи насіння пшениці ярої, пшениці озимої та сої виявлено кращі зразки щодо заселеності фітопатогенами:

Стійкі сортозразки (джерела стійкості). Сорти *пшениці ярої* – Ярина, Переможна, Кайдашиха, *пшениці озимої* лінії Лютесценс: 190-18, 189-13, 90-25, 339-17, 86-25 та 72-25. Лінії Еритроспермум 82-25, 78-25, 79-25, 398-15, 399-15 та 75-25, сорти Кесарія Поліська, Скаген, Лісова Пісня, Намисто, сорти *сої* – Муза, Вишиванка, Переяславка.

9.2. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2026 р.

Хвороби зернових колосових культур, прогноз їх прояву та рекомендації щодо захисту. Кореневі гнилі є одними з найбільш шкодочинних грибних захворювань зернових колосових культур, зокрема пшениці озимої та ярої. Етіологічна структура патогенів у агроценозах представлена комплексом

фітопатогенних мікроорганізмів, серед яких домінують представники родів *Fusarium* spp., *Bipolaris* s. (Sacc.) Shoemaker, *Gaeumannomyces* g. (Sacc.) Arx & D.L. Olivier та Pseudocercosporella h. (Fron.) Deighton, що зумовлюють розвиток фузаріозних, гельмінтоспоріозних і змішаних форм кореневих гнилей.

У поточному році фітосанітарний стан посівів характеризується як задовільний, що було обумовлено застосуванням ефективних заходів передпосівної обробки насіння протруйниками та проведенням фунгіцидних обробок у період вегетації. Внаслідок цього інтенсивність розвитку кореневих гнилей та їх шкідливість залишалися на низькому рівні.

На етапі весняного відновлення вегетації озимих культур і у фазі кущення ураження кореневими гнилями відмічалося на рівні близько 1 % рослин озимої пшениці. У фазу колосіння озимих та ярих зернових культур показники ураженості знижувалися до 0,2 % за поширеності 1 %. У подальшому, в період молочно-воскової стиглості зерна, ураження кореневими гнилями спричиняло формування осередкової або дифузної білоколосості, яка відмічалася у 0,7 % рослин пшениці озимої.

У посівах ярої пшениці розвиток патологічного процесу мав обмежений характер: у фазі молочної стиглості ураження не перевищувало 1 % рослин. В осінній період у посівах озимої пшениці під урожай 2025 р. ознак розвитку кореневих гнилей не виявлено.

З огляду на наявність первинного інокулюму в насіннєвому матеріалі, ґрунті, рослинних рештках та посівах озимих зернових культур, у 2025 р. прогнозується розвиток кореневих гнилей упродовж періоду від весняного кущення до молочно-воскової стиглості зерна, переважно зі слабким ступенем інтенсивності. У посівах ярих культур очікується ще більш обмежений розвиток захворювання. Разом з тим, локальні спалахи хвороби можливі, що зумовлює її значення як одного з чинників зниження врожайності та формування білоколосості.

Ефективне обмеження розвитку кореневих гнилей упродовж вегетації досягається шляхом впровадження інтегрованої системи захисту, яка передбачає оптимізацію сівозміни (зокрема добір кращих попередників), використання якісно протруєного насіння та своєчасне застосування фунгіцидів.

Септоріоз пшениці (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) упродовж вегетаційного періоду проявлявся на посівах озимої пшениці з різною інтенсивністю (рис. 9.7.). Рівень ураження рослин коливався в межах 6–16 %, при цьому розвиток хвороби становив 0,3–0,7 %. У фазі весняного кущення септоріозна плямистість була зафіксована на 6% рослин. Надалі відмічалося прогресування захворювання: у фазі

колосіння поширеність хвороби досягала 90 % обстежених площ, що істотно перевищує показники попереднього року (58 %).



Рис. 9.7. Септоріоз (*Septoria tritici* Rob. Et Desm.)

Після збирання врожаю озимих культур розвиток септоріозу спостерігався на падалиці, де ураження рослин становило 1–10 %. В осінній період у посівах пшениці озимої під урожай наступного року септоріозна плямистість була виявлена на 18 % обстежених площ, при ураженні 1–2 % рослин і розвитку хвороби на рівні 0,1–0,2 %.

У 2026 р., за умов теплої дощової погоди, в фазі виходу в трубку−формування зерна пшениці озимої, ймовірний розвиток септоріозу листя від слабкого до помірного ступеня, а в окремих вогнищах − сильного.

Протруєння насіннєвого матеріалу та оздоровлення посівів фунгіцидними препаратами стримуватимуть інтенсивність захворювання.

Перші ознаки *бурої листкової іржі* (*Puccinia triticina* Erikss. (PUCCTR) = P.recondita Roberge:Desm.f.sp.tritici (PUCCRE) (рис. 9.8.), яка була домінувальною в посівах *пшениці озимої*, а саме: на листках і піхвах з'явилися дрібні численні помаранчеві та червонуваті пустули (урединії) з уредоспорамі кулястої або еліптичної форми, та були виявлені ще у фазі колосіння, коли хворобою було охоплено 1,8 % рослин, з розвитком хвороби 0,1 %. Хвороба була відмічена у Київській обл.



Рис. 9.8. Бура листкова іржа (*Puccinia t.* Erikss. (PUCCTR) = P.recondita Roberge:Desm.f.sp.tritici (PUCCRE)

За подальшої вегетації, погодні умови із помірною температурою повітря та опадами, були сприятливими для розвитку уредоспор і інтенсивність прояву хвороби зростала. Оздоровлення посівів фунгіцидами стримувало інтенсивність розвитку інфекції фітопатогена.

Враховуючи, що джерело збудника залишається на сходах падалиці, злакових бур'янах та ранніх посівах озимини посіяної після стерньових попередників, у 2026 р. слід очікувати прояву хвороби на зернових культурах. Інтенсивність розвитку та розповсюдження бурої листкової іржі залежатиме від погодних умов протягом вегетаційного періоду.

Борошниста роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer. (BLUMGR) (рис. 9.9), почала проявлятися на посівах *озимих зернових* ранніх строків сівби. Навесні, за відновлення вегетації пшениці озимої, розпочався розвиток перезимувалого міцелію борошнистої роси. В період весняного кущення хвороба охопила близько 18 % рослин, з розвитком хвороби – 0,7 %.

Під час виходу в трубку, прояв хвороби відмічався на 14 % рослин, за інтенсивності розвитку 0,5 %. Оздоровленню рослин, сприяло застосування рекомендованих фунгіцидів. Після збирання врожаю, розвиток борошнистої роси спостерігався на падалиці колосових культур, з ураженням 6−8%, максимально –

20 % решток. Дані рештки є резерватором патогена, де гриб може зимувати.

Фітосанітарним моніторингом озимої пшениці, під врожай 2026 р., перший прояв симптомів борошнистої роси було виявлено в ІІІ декаді жовтня, що на декаду раніше, ніж у попередньому році.



Рис. 9.9. Борошниста роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer. (BLUMGR)

У 2026 р., розвиток борошнистої роси, слід очікувати в усіх посівах зернових колосових, від помірного до сильного. Передусім, цьому сприятимуть погодні умови. Ураження рослин, може проходити при загущенні посівів та надлишку мінерального живлення. Щоб зменшити ризик недобору урожаю, та погіршення його якості, господарствам слід дотримуватись оптимальних строків сівби зернових культур, норми висіву, ретельно розраховувати кількість внесення добрив, а також вчасно проводити захисні обробітки системними фунгіцидами проти хвороби.

Хвороби колоса (септоріоз, фузаріоз) в посівах зернових колосових культур проявилися у другій половині вегетації. При захворюванні колосся, на колоскових лусочках виявлялися плями, що надавало йому вигляд строкатості, а іноді буруватості. Септоріоз часто є причиною щуплості зерна, що призводить до зниження врожаю зерна і погіршення його посівних і технологічних якостей, інколи — неплідності колосу.

Септоріоз колоса (*Septoria tritici* Rob. Et Desm.) був найбільш поширеною

хворобою колосу. У другій декаді червня, в фазу молочної стиглості зерна, на колоскових лусочках (1–2 % рослин) *пшениці озимої* було виявлено перші ознаки у вигляді розпливчастих темно-бурих та темнофіолетових плям. Максимального розвитку хвороба набула у період повної стиглості зерна та збирання врожаю культури, коли на 82% обстежених площ, септоріозом, в середньому по господарствах, було уражено 5% рослин, з розвитком хвороби – 0,35 %.

У 2026 р., за умов теплої вологої погоди, з частим випаданням дощів та маючи значний запас інфекції в ґрунті у фази формування і дозрівання зерна, можливе ураження колосся пшениці озимої та ярої.

Фузаріоз колоса (*Fusarium* (FUSASP) проявився, у посівах *пшениці озимої*, на поодиноких рослинах в ІІІ декаді червня, у фазі молочно-воскової стиглості зерна (рис. 9.10). Захворювання було поширеним на 29 % обстежених площ озимої пшениці, з ураженням 1,5 % колосків, проти 2,4 % колосків у минулому році і виявилося в межах показника попереднього року.



Рис. 9.10. Фузаріоз колоса (*Fusarium* (FUSASP)

У поточному році слід очікувати прояву фузаріозу колоса повсюдно. Розвиток грибниці та утворення спороношення на колосі, активно проходитиме у період цвітіння – молочної стиглості зерна, за сприятливих погодних умов (температури +22–+25 °С, вологої погоди з частими дощами та тривалими росами). У період цвітіння – молочної стиглості зерна, можливе середнє та сильне

ураження колосків. При сильному розвитку хвороби, недобір урожаю, може бути значним, тому доцільно завчасно проводити захист посівів.

Тверда сажка (*Tilletia caries* (DC.) Tul. (TILLCA) на *зернових колосових,* в поточному році при обстеженнях у базових господарствах, не проявлялася, чому сприяло якісне протруювання посівного матеріалу (рис. 9.11). За даними райдержінспекцій та при літніх обстеженнях спеціалістами, ураження твердою сажкою *пшениці озимої* − не виявлено.



Рис. 9.11. Тверда сажка (*Tilletia caries* (DC.) Tul. (TILLCA)

Летюча сажка (*Ustilago tritici* (Pers.) Rostr.(USTITR), проявилася на одній з площ за результатами фітосанітарної експертизи за незначного враження колосків.

Систему заходів захисту зернових колосових культур проти шкідливих організмів подано в табл. 9.2.

Шкідники та хвороби сої, прогноз прояву та рекомендації щодо їх захисту. Соя залишається однією з провідних високорентабельних сільськогосподарських культур, урожайність якої значною мірою залежить від фітосанітарного стану агроценозів. Щорічні втрати врожаю від комплексу шкідливих організмів становлять 12–30 %, а за відсутності належних заходів захисту можуть досягати 50 %.

У ранньовесняний період 2025 р. *бульбочкові довгоносики* заселяли близько 90 % обстежених площ посівів сої за щільності 1–2 екз./м². Рівень пошкодження

рослин був слабким і становив у середньому 2 %, із максимумом до 4 %.

Таблиця 9.2. **Система заходів захисту зернових колосових культур проти шкідливих організмів**

Календарні та фенологічні строки проведення заходу (фаза розвитку, етап органогенезу)	**Мета і умови проведення заходу, шкідливі організми**	**Зміст заходу, назви і норми витрат препаратів кг, л/га; кг, л/т**
Після збирання попередника	Формування сприятливих умов для одержання добрих своєчасних сходів, а також росту й розвитку рослин, що зумовлює підвищення їх стійкості проти шкідливих організмів	Впровадження вологозберігаючої системи обробітку ґрунту та оптимальної системи удобрення з урахуванням зональних умов, попередників, фітосанітарної та погодної ситуації
Липень-серпень Допосівний період	Обмеження чисельності та шкідливості хлібного туруна, злакових мух, злакових попелиць, трипсів, хлібних пильщиків, хлібних жуків, кліщів, кореневих гнилей, септоріозу, борошнистої роси, фітонематод та інших шкідливих організмів	Освоєння сівозмін з насиченням колосовими культурами не більше 40–50 % і часткою колосових у структурі попередників озимих не більше 10–15%. Добір попередників, які забезпечують задовільний фітосанітарний стан: зайняті і сидеральні пари, зернобобові, кукурудза на силос та зелений корм, багаторічні бобові трави, льон, картопля ранніх сортів. Вирощування з числа районованих сортів відносно стійких або витривалих щодо комплексу шкідливих організмів та погодних умов

	Зниження виживання гусениць підгризаючих совок, яєць та личинок хлібних жуків і коваликів, погіршення умов для розвитку хлібного туруна, мишоподібних гризунів, шведської і гессенської мух, знищення резервацій борошнистої роси, іржастих хвороб, септоріозу та обмеження їх поширення на сходи пшениці. Заготівля насіннєвого матеріалу з високими посівними якостями і запобігання або максимально можливе обмеження його зараженості збудниками хвороб (сажкові, кореневі гнилі, септоріоз, фузаріоз, бактеріози), заселеності шкідниками і засміченості насінням небезпечних бур'янів	Культивація та боронування полів для знищення сходів падалиці й бур'янів із урахуванням вологості верхнього шару ґрунту і погодних умов у до посівний період, особливо після колосових попередників. Випуск трихограми на забур'янених полях після парів і гороху в роки зростання кількості яєць совок та проти другого покоління шкідника за наявності до 30 яєць шкідника на 1 $м^2$. Норма випуску трихограми становить 30 тис. самиць на 1 га, а за кількості 30 і більше яєць на 1 $м^2$ норму визначають з розрахунку 1 самиця на 10 яєць шкідника Післязбиральна очистка, сушіння і сортування насіння і доведення до кондицій у відповідності з Державним стандартом України ДСТУ 2240-93, ДСТУ 3768:2019 ДСТУ 4138:2002
Вересень За 1—15 днів до сівби	Захист посівів від усіх видів сажок, гельмінтоспоріозних і фузаріозних кореневих гнилей, пліснявіння насіння, снігової плісняви, плямистостей листя, бактеріозів. З біопрепаратів проти кореневих гнилей, сажкових хвороб, снігової плісняви , пригнічення розвитку листкових хвороб на ранніх етапах розвитку, а також для підвищення урожайності	Протруювання насіння із зволоженням або водними суспензіями (10 л/ т) препаратів: Рекомендованих згідно «Переліку пестицидів….» Препарати з діючою речовиною: *Pseudomonas aureofaciens*; Лужний екстркт афілофорального гриба *Fomes fomentarius*; *Pseudomonas fluorescens,*; фітобактеріоміцин; *Pseudomonas aureofaciens* BS 13931 та ін.
За 1-5 днів до сівби	Захист посівів від личинок хлібного туруна, підгризаючих совок та інших ґрунтових шкідників, особливо за сівби після колосових попередників. Біопрепарати інсектицидної дії проти ґрунтових шкідників	Передпосівне оброблення проводити препаратами до складу яких входять діючі речовини :клотіанідин, імідаклоприд та їх поєднання *Metarhizium anisopliae IMB, Beauveria bassiana IMB, bacillus pumilus IMB, bacillus thuringiensis IMB, Streptomyces sp. IMB, Pseudomonas fluorescens IMB*, р.

За 1-5 днів до сівби	Комплексний захист від шкідників (хлібна жужелиця, злакові мухи, хлібні блішки, хлібний турун, дротяники, совка озима, цикадки та попелиці) та хвороб (фузаріозно-гельмінтоспоріозна кореневі гнилі, сажкові хвороби, септоріоз листя, борошниста роса, пліснявіння насіння, листкова іржа)	Передпосівне оброблення насіння хімічними препаратами інсектофунгіцидної дії до складу яких входять поєднання таких діючих речовин: дифеноконазол, 50 г/л + імазаліл, 50 г/л + азоксистробін, 20 г/л + тіаметоксам, 250 г/л, 1,0-2,0 л/т; тіаметоксам, 150 г/л + тебуконазол, 50 г/л + азоксистробін,50 г/л 2,5 л/т; седаксан, 25г/л+ флудіоксоніл 25г/л + тебуконазол,10 г/л+ тіаметоксам, 175 г/л, 1,5-2,0 л/т і ін.
	Підвищення стійкості рослин проти вірусних хвороб та інших шкідливих факторів	Одночасно з протруюванням насіння обробляють мікроелементами і біостимуляторами росту рослин рекомендованими відповідно до «Переліку пестицидів …»
Вересень Період сівби	Формування посіву з підвищеною стійкістю або витривалістю проти комплексу шкідливих організмів , особливо небезпечних для насіння, проростків та сходів (хлібний турун, злакові мухи, попелиці, кореневі гнилі, борошниста роса, бура листкова іржа, плямистості листя та ін.)	Маневрування строками сівби залежно від сортів, попередників, систем удобрення, вологості ґрунту. Після кращих попередників за умов достатньої кількості продуктивної вологи у ґрунті сіяти доцільно у другій половині оптимального строку. Після інших попередників або за нестачі вологи у ґрунті сівбу проводять за достатнього зволоження посівного горизонту ґрунту
Вересень-жовтень Сходи — третій листок (I-II етап)	Захист посівів від комплексу шкідливих організмів за умов ранньої сівби та тривалої теплої погоди, особливо після колосових попередників: цикадок (50–150 особин на 1 м^2), злакових попелиць (2–5 особини на рослину), пшеничної та шведської мух (30–50 на 100 помахів сачком), підгризаючих совок (понад 2–3 гусениці на м^2), хлібного туруна (1–3 личинки на м^2); Проти борошнистої роси, іржі, септоріозу, кореневих гнилей	Обприскування посівів (крайове, вибіркове в осередках розмноження шкідників або суцільне) одним із рекомендованих хімічних інсектицидів (див. табл. № 4) або біологічними препаратами з діючою речовиною *Beauveria bassiana eko, metarhizium anisopliae eko, bacillus thuringiensis eko, Streptomyces avermitilis eko p.*; *Pseudomonas aureofaciens*. Проти борошнистої роси хімічними фунгіцидами до складу яких входять діючи речовини – азоксистробін, біксафен, епоксиконазол, піраклостробін, протіоконазол, пропіконазол, ципроконазол; проти інших листкових хвороб – відповідно до «Переліку пестицидів …» (див табл. № 2), або біологічними – *Bacillus subtilis*,

		Pseudomonas fluorescens та ін.
Жовтень Фаза осіннього кущення (III етап)	Захист посівів від хлібного туруна (3-6 личинок 2-3-го віку/м^2)	Обприскування посівів одним із препаратів до складу яких входять такі діючи речовини – альфа-циперметрин, біфентрин, імідаклоприд, лямбда-цигалотрин, тіаметоксам, хлорпірифос, циперметрин та ін.
Фаза осіннього кущення (III етап) та протягом зими	Захист посівів від полівок та інших мишовидних гризунів (3-5 колоній на 1 га і більше)	Розкладання отруєних зернових принад: на основі діючих речовин бродіфакум або флокумафен відповідно до рекомендацій «Переліку пестицидів …»
Березень-квітень Відновлення весняної вегетації	Підвищення компенсаторних реакцій рослин у першу чергу на ослаблених, зріджених посівах пошкоджених хлібним туруном, пшеничною мухою, опомізою, озимою мухою, дротяниками; сніговою пліснявою, кореневими гнилями, борошнистою росою, іржею та іншими хворобами.	Прикореневе підживлення азотними добривами (40—60 кг/ га азоту), раннє весняне боронування посівів поперек рядків; за наявності снігової плісняви обприскування препаратами з діючою речовиною - беноміл, тіофанат-метил, карбендазим і ін.
Березень-квітень Фаза весняного кущення (III етап)	Захист посівів від бур'янів	Обприскування посівів рекомендованими гербіцидами відповідно до видового складу бур'янів в посівах
Квітень-травень Фаза виходу в трубку (IV—VII етапи)	Захист посівів від борошнистої роси, іржі, септоріозу листя та інших плямистостей за перших ознак хвороб і погодних умов сприятливих для їх розвитку (висока вологість повітря, тривалі і часті роси, дощова тепла погода, часті дощі з вітрами, тощо) та церкоспорельозної кореневої гнилі (прохолодній (5-7 ^{0}C) та вологій погоді з частими дощами). Захист проти різних видів хлібних клопів (імаго-понад 2-3 екз. на 1 м^2 та гусениць злакової листовійки (50 гусениць/м^2 – за теплої сухої	Обприскування посівів одним із фунгіцидів за спектром їх фунгіцидної дії відповідно до хвороб, що переважають на посівах до складу яких входять діючи речовини: пропіконазол, флуксапіроксад, піраклостробін, тебуконазол, прохлораз, протіоконазол, трифлоксістробін, тіофанат-метил. Біологічними фунгіцидами д.в. *Bacillus subtilis* ИПМ-215; *Pseudomonas aureofaciens; Bacillus amyloliquefaciens* D203 Хімічними препаратами інсектицидної дії з д.в. тіаметоксам; диметоат; дельтаметрин; лямбда-цигалотрин; хлорпірифос, циперметрин; або біологічним препаратом з *Pseudomonas aureofaciens*

	весни і 100-150 екз. – за помірно теплої і вологої погоди).	
Травень-червень Фаза колосіння − цвітіння (VIII—IX етапи)	Захист посівів від борошнистої роси, іржастих хвороб, септоріозу, гельмінтоспоріозної плямистості за сприятливих для їх розвитку погодних умов; Проти фузаріозу та септоріозу колоса за умов теплої вологої погоди у фази колосіння - цвітіння та очікування ймовірного їх розвитку Проти хлібного жука-красуна (2 екз/м^2), злакових попелиць (20 особин на стебло), личинок хлібних клопів (8-10 екз./м^2), п'явиць за чисельності (1-2 личинок на стебло, або 1 5% пошкодженої листкової поверхні)	Обприскування посівів фунгіцидами, рекомендованими для IV—VII етапів. Обприскування посівів фунгіцидами з діючою речовиною азоксистробін, епоксиконазол, піраклостробін, тебуконазол, прохлораз, пропіконазол, ципроконазол і ін. Або біологічними препаратами фунгіцидної дії Обприскування препаратами з д.в. альфа-циперметрин, імідаклоприд, лямбда-цигалотрин, тіаметоксам, хлорпірифос, циперметрин
Червень Кінець цвітіння − молочна стиглість зерна (IX—XI етапи)	Запобігання втратам врожаю від трипсів 30-50 і злакових попелиць 20-30 екз. на колос, шкідливих клопів більше 2-6 личинок на кв.м. Проти хлібних жуків (4-8 екз. на кв.м.) та інших шкідників	Обприскування вогнищ масового розмноження шкідників пшениці одним з препаратів, рекомендованих для I-II етапів) ацетаміприд, біфентрин, дельтаметрин, імідаклоприд, лямбда-цигалотрин
Липень Воскова та повна стиглість зерна (XII етап)	Збереження якості зерна, обмеження кількості клопа шкідливої черепашки, хлібного туруна, хвороб колоса	Першочергове і в стислі строки збирання прямим комбайнуванням урожаю сильних та цінних сортів пшениці, насіннєвих посівів, а також посівів, найбільш заселених шкідливою черепашкою і уражених фузаріозом та іншими хворобами колоса
Липень-серпень Післязбиральний період	Запобігання перезараженню зерна в буртах, на токах і в зерносховищах фузаріозом, пліснявими грибами і бактеріями.	Очищення та просушування зерна в господарствах і на хлібозаготівельних пунктах до 13-14 % вологості, розміщення його окремими партіями з однаковим ступенем ураження фузаріозом

Підготовка зерносховищ до прийому зерна нового урожаю	Дезінсекція зерносховищ вологим способом або фумігація.	Див. “комірні шкідники та заходи боротьби з ними” . Оброблення поверхні вологим способом проводять препаратами з діючою речовиною бродіфакум. Для фумігації використовують препарати з діючою речовиною фосфід алюмінію 56 %; фосфід магнію 56 %. Аерозольне оброблення проводять препаратами з діючою речовиною піриміфос-метил; біфентрин+малатіон або альфа-циперметрин
Ярі зернові колосові культури		
Лютий-квітень Допосівний період	Захист посівів від сажкових хвороб, кореневих гнилей, плямистостей листя, пліснявіння насіння	Протруєння насіння тим способом, що і озимих культур одним з рекомендованих препаратів
Березень-квітень Період сівби	Формування посіву з підвищеною стійкістю чи витривалістю насіння, проростків та сходів до комплексу шкідливих організмів	Сівба в ранні строки за настання польової стиглості ґрунту
Квітень-травень Сходи-3-й листок (I-II етапи)	Захист посівів від п’явиць (10-15 жуків на кв.м.), смугастих хлібних блішок (6-12 жуків/м^2), шведських мух (30-50 екз на 100 помахів сачком)	Обприскування крайових смуг або всуціль одним з рекомендованих інсектицидів
Травень-червень Кущення − вихід у трубку(III –VII етапи)	Захист посівів ячменю та вівса від п’явиць (120-150 і більше личинок на кв.м.)	Вибіркове обприскування посівів в осередках шкідника одним з препаратів зі складом діючих речовин: альфа-циперметрин, диметоат, лямбда-цигалотрин, тіаметоксам, хлорпірифос, циперметрин
Травень-червень Вихід у трубку − цвітіння (IV- IX етапи)	Захист посівів від плямистостей листя , борошнистої роси, іржі, септоріозу листя та колоса, фузаріозу колоса за таких умов, як і озимих зернових культур	Обприскування посівів одним з рекомендованих препаратівз діючою речовиною: біксафен, епоксиконазол, протіоконазол, пропіконазол, карбендазим, тебуконазол, трифлоксістробін, ципроконазол флутріафол, фенпропіморф
Червень-липень Формування зерна (IX-XI етапи)	Запобігання втратам від злакових попелиць (20-30 екз./колос), хлібних жуків (5-8 екз./кв.м.), злакових трипсів (30-50 екз./колос), хлібних клопів (8-10 екз./кв.м)	Обприскування крайових смуг або всуціль одним із рекомендованих інсектицидів до складу яких входять такі діючи речовини: диметоат, імідаклоприд, тіаметоксам, лямбда-цигалотрин, хлорпірифос,

		циперметрин
Липень Воскова та повна стиглість (XII етап)	Запобігання погіршенню якості зерна через пошкодження хлібними клопами, хлібними жуками, ураження фузаріозом та іншими хворобами колоса	Першочергове, в стислі строки збирання врожаю прямим комбайнуванням насіннєвих посівів та тих, що найбільше заселені шкідниками і уражені хворобами
Липень-серпень Післязбиральний період	Запобігання перезараженню зерна в буртах, на токах і в зерносховищах фузаріозом, пліснявими грибами і бактеріями.	Очищення та просушування зерна в господарствах і на хлібозаготівельних пунктах до 13-14% вологості, розміщення його окремими партіями з однаковим ступенем ураження фузаріозом
За 2-3 тижні до засипки зерна	Підготовка зерносховищ до нового врожаю	Дезінсекція зерносховищ вологим способом, фумігація чи аерозольний обробіток. Оброблення поверхні вологим способом проводять препаратами Для фумігації використовують препарати з дючою речовиною фосфід алюмінію 56%; фосфід магнію 56%. Аерозольне оброблення проводять препаратами з діючою речовиною піриміфос-метил; біфентрин+малатіон або альфа-циперметрин

У 2026 р. рівень шкодочинності бульбочкових довгоносиків визначатиметься гідротермічними умовами періоду їх виходу із зимівлі. За умов підвищених температур і дефіциту вологи в період від сходів до формування 2–3 пар трійчастих листків очікується переважно слабкий рівень шкодочинності. Вихід імаго на поверхню відбуватиметься за температури ґрунту 10–12 °С, а початок льоту — за температури повітря близько 20 °С. У разі тривалої посухи можливе локальне зростання чисельності шкідника, особливо у крайових смугах полів, на межах із забур’яненими ділянками та лісосмугами. У другій половині травня очікується поява личинок. Загалом шкідник не матиме істотного господарського значення, однак не виключається зрідження сходів.

У період від бутонізації до формування бобів відмічено незначну шкодочинність *листогризучих совок* (переважно совки-гамми). Заселеність досягала 80 % площ за щільності 0,2–0,5 екз. на рослину, при цьому пошкодження становило 1–3 %. У 2026 р. динаміка чисельності совок визначатиметься умовами перезимівлі, температурним режимом літнього періоду та наявністю нектароносної рослинності, причому вирішальним фактором буде рівень відносної вологості повітря.

Попелиця у попередньому сезоні не досягала економічного порогу шкодочинності. У 2026 році її розвиток залежатиме від температурно-вологісного режиму вегетаційного періоду.

Павутинний кліщ у фазі формування та дозрівання бобів заселяв до 65% площ із чисельністю 5–10 екз./лист, спричиняючи слабке пошкодження 4–10% рослин (локально). У 2026 р. очікується його стабільна присутність, особливо у другій половині вегетації, з більш інтенсивним розвитком за умов високих температур і низької вологості.

Павутинний трипс з'являвся у фазі цвітіння, однак істотного поширення не набув. Інші шкідники реєструвалися поодиноко і не мали господарського значення.

Фітопатогенний комплекс сої представлений збудниками бактеріальних та грибних хвороб, зокрема: сім'ядольного бактеріозу (роди *Pseudomonas, Xanthomonas, Erwinia*), кутастої плямистості листя (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*), септоріозу (*Septoria glycines*), аскохітозу (*Ascochyta sojicola*), пероноспорозу (*Peronospora manshurica*) [21,22].

Погодні умови є визначальним фактором розвитку хвороб. У 2025 р. поєднання помірної зволоженості та підвищених температур сприяло розвитку як грибних, так і бактеріальних інфекцій на сої.

У фазі сходів відмічено розвиток *сім'ядольного бактеріозу* з поширеністю 1,1–12,0 %.

Аскохітоз проявлявся з фази бутонізації: ураження становило 1–3 % рослин на 17 % площ, а у фазі дозрівання бобів — до 2–8 % рослин за поширеності 80–100 % площ.

Септоріоз (Septoria glycines T. Hemmi) спостерігали в посівах сої з фази сходів і до фази дозрівання у всіх зонах вирощування. На початковому етапі ураження хвороба охопила 1,6−10,0% площ за ураженості 0,1–1,5 % рослин. Більш інтенсивніше хвороба проявилась у фазі цвітіння − формування бобів нею було охоплено 11,0–34,0 % площ ураженість рослин становила 1,0–2,0 % розвиток хвороби 0,7–1,5 %. У фазі дозрівання сої хвороба охопила 10,0–60 % площ ураженість рослин становила 2,0–4,0 % за розвитку хвороби 0,5–3,0 %. Зважаючи на наявність джерела інфекції (заспорене зерно та рослинні рештки), можна з впевненістю спрогнозувати прояв та поширення септоріозу у 2026 р. Також сприятимуть прояву хвороби температура повітря 26–28 °С і відносна вологість з частими опадами.

Пероноспороз (Peronospora manshurica Sydow.) відмічали з фази

бутонізації до фази дозрівання (рис. 9.12) У фазі бутанізації хворобу було виявлено на 6–50% площ, уражених рослин було 0,5–7 %, розвиток хвороби становив 0,5–4,0 %. У фазі цвітіння− формування бобів сої хворобою було охоплено 8–57 % обстежених площ, за поширеності 1–5 % за розвитку хвороби 1–3 %. У фазі дозрівання сої хвороба проявилась на 10–43,0 % площ уражених рослин було виявлено 1–3 % за розвитку хвороби 1,0–4,5 %.



Рис. 9.12. Пероноспороз сої (зб. *Peronospora manshurica* Sydow.)

Наявного інфекційного запасу пероноспорозу достатньо для прояву хвороби у 2026 р., а рівень поширення та розвитку її залежатиме від погодних умов під час вегетації. Сприятливою є тепла погода 18…26 ºС, підвищена вологість повітря, пізні посіви та відсутність захисних заходів. Дотримуватись використання здорового посівного матеріалу, протруювання насіння, вирощування культури за високої агротехніки та оптимальної густоти стояння рослин, знищення післяжнивних решток.

Кутаста плямистість листя (Pseudomonas savastanoi pv. glycinea) реєструвалася від фази бутонізації до наливу зерна з поширеністю 5–8 % площ та ураженням 3–7 % рослин, за розвитку хвороби 0,5–4,5 % (рис. 9.13).

У 2026 р. розвиток хвороб прогнозується переважно на слабкому рівні. Водночас за умов прохолодної та вологої весни можливе посилення розвитку сім'ядольного бактеріозу. За температури 18–26 °С і високої вологості повітря

зростає ймовірність інтенсивного розвитку пероноспорозу, септоріозу та аскохітозу. Бактеріальні хвороби активізуватимуться за підвищених температур і вологості, тоді як поширення вірусних інфекцій залежатиме від чисельності сисних комах-переносників та рівня забур'яненості посівів.



Рис. 9.13. Кутаста плямистість листків сої
(зб. Pseudomonas savastanoi pv. glycinea)

Тому, використання кондиційного насіння стійких сортів, дотримання оптимальних строків сівби та впровадження сучасних технологій вирощування є ключовими чинниками стабілізації фітосанітарного стану посівів сої та забезпечення високої врожайності й якості продукції.

Система заходів захисту сої проти шкідників та хвороб включає такі організаційно-господарські та агротехнічні заходи:

- ✓ дотримання сівозміни: кращими попередниками сої є зернові колосові (озима пшениця і ярі), кукурудза, картопля і буряки цукрові. Для попередження розвитку інфекції не допускається монокультура, рекомендовано повертати сою на попереднє місце не раніше, як через 3-4 роки;
- ✓ для обмеження чисельності шкідників і збудників хвороб доцільно після стерньових попередників проводити 2-3 рази дискування з подальшою оранкою плугом з передплужником на глибину 22–25 см, а після кукурудзи та буряків цукрових – на глибину 27–30 см;

- ✓ розміщення посівів на відстані > 1 км від однорічних бобових (люпин, горох, квасоля) та багаторічних бобових трав, лісосмуг, акацієвих та декоративних насаджень, городів, які є резерваціями шкідників і збудників хвороб;
- ✓ проти збудників грибних і бактеріальних хвороб слід проводити передпосівне (за 3–6 тижнів) протруювання насіння одним із препаратів на основі д.р.: протіоконазол+металаксил 0,8–1,0 л/т; іпоконазол; тіофанат метил;крезоксим-метил);
- ✓ проти комплексу наземних і ґрунтових шкідників сходів (дротяників, личинок пластинчастовусих жуків, бульбочкових довгоносиків, озимої совки, паросткової мухи та ін.) застосовують інсектицидні протруювачі на основі д.р. Клотіанідин+імідаклоприд;
- ✓ у день сівби посівний матеріал сої обробляють штамами азотфіксувальних бактерій – (0,3–3,0 л/га), а також для підвищення врожайності та імунітету рослин до хвороб проводять оброблення насіння Біоінокулянтами на основі клітин бактерій *Bacillus subtilis, Azotobacter* і ін..;
- ✓ у період вегетації культури, при появі на листках перших ознак аскохітозу, пероноспорозу, борошнистої роси, іржі, фузаріозу, септоріозу, антракнозу та інших хвороб посіви сої обробляють препаратами на основі діючих речовин: тебуконазол, пропіконазол, пікоксістробін+ципроконазол, тебуконазол+трифлоксистробін, азоксистробін+ципроконазол;
- ✓ сівба в оптимальні строки за прогрівання ґрунту до 10° С високо-кондиційним насінням високоврожайних сортів (Вишиванка, Муза, Сузір'я та ін.) на глибину 3-4 см залежно від типу ґрунту, насінники – широкорядно (45 см), післясходове боронування, міжрядні обробки, що дозволяє отримати дружні сходи, інтенсивний ріст рослин та підвищити стійкість до хвороб;
- ✓ боротьба з бур'янами – потенційними резерваторами вірусної бактеріальної і грибної інфекції;
- ✓ у роки з підвищеною кількістю опадів, перед збиранням врожаю за вологості насіння не більше 35–40% проводять десикацію посівів за 14 днів до збирання врожаю препаратами на основі д.р. ізопропіламінна сіль гліфосату, глюфосинат амонію, дикват і ін. у фазі початку побуріння бобів нижнього і середнього ярусів;
- ✓ для отримання висококондиційного насіння та для попередження

пліснявіння зерна проводять калібрування зібраного врожаю, видалення хворого і недозрілого зерна, при необхідності просушування зерна до 14 % вологості.

Список використаних джерел

1. Моргун, В. В., Топчій, Т. В. (2022). Значення ярої пшениці у формуванні продовольчої безпеки України. *Наукові праці Інституту фізіології рослин і генетики НАН України*, *34*, 15–22.

2. Murashko, L., Mukha, T., Humenyuk, O., Kirilenko, V., & Novytska, N. (2022). The level of intensity of soft winter wheat varieties infection by *Fusarium* link pathogens and their identification on grain. *Plant and Soil Science*, 13(4), 35–45.

3. Горщар, О., & Педаш, Т. (2015). Мікофлора насіння пшениці озимої як джерело інфекції кореневих гнилей в умовах північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*, (*8*), 105–108.

4. ДСТУ 4138-2002. (2002). *Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Частина ІІ. Методи визначення ураження хворобами* (с. 112–143). Київ: Держспоживстандарт України.

5. Марков, І. Л. (2021). Фітосанітарний стан посівів зернових культур в Україні: виклики та рішення. *Карантин і захист рослин*, (*3*), 5–12.

6. Кирик, М. М., & Піковський, М. Й. (2022). Хвороби насіння зернових культур та методи їх контролю. *Вісник аграрної науки*, 100(5), 24–31.

7. Retman, S., et al. (2023). Pathogenic complex of winter wheat seeds: *Fusarium vs Alternaria dominance. Journal of Agricultural Science and Practice*, *8*(2), 45–58.

8. Бабаянц, О. В. (2020). Інфекційний фон насіння пшениці озимої в умовах змін клімату. *Зрошуване землеробство*, (*73)*, 112–117.

9. Smith, M., & Jones, L. (2024). Mycotoxin contamination in wheat caused by *Fusarium* species: A global review (2020–2024). *Plant Pathology Journal*, (*12*), 102–115.

10. Дем’янюк, О. С. (2023). Мікробіоценоз ґрунту та насіння як фактор формування продуктивності озимих зернових. *Агроекологічний журнал*, (*4*), 88–96.

11. Hartman, G. L., Rupe, J. C., & Sikora, E. J. (2015). *Compendium of soybean diseases and pests*. APS Press.

12. Sinclair, J. B., & Backman, P. A. (2005). *Compendium of soybean diseases*. APS Press.

13. Schumann, G. L., & D'Arcy, C. J. (2017). *Essential plant pathology*. APS Press.

14. Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press.

15. Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium laboratory manual*. Blackwell Publishing.

16. Thomma, B. P. H. J. (2003). Alternaria spp.: From general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathology*, *4*(4), 225–236. https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x

17. Santos, J. M., & Phillips, A. J. L. (2009). Diaporthe species on soybean. *Mycologia*.

18. Koenning, S. R., & Wrather, J. A. (2010). Diseases of soybean. *Plant Health Progress*.

19. Патика, В. П. (2020). Фітопатогенні бактерії та бактеріози сільськогосподарських культур. *Мікробіологічний журнал*, *82*(3), 95–110.

20. Поліщук, С. В. (2022). Контроль шкідливих організмів у агрофітоценозах пшениці озимої, сої та люпинів кормових за органічного виробництва сільськогосподарської продукції. *Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: Матеріали XIII міжнародної науково-практичної конференції (23 червня 2022 р.)* (р. 228). Вінниця: ТОВ «Твори».URL: https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2022/09/konferencia-combination-of-science_2022.pdf#page=62.

21. Поліщук, С. В., Кузьменко, Л. А., & Левченко, А. С. (2025). *Науково-методичні рекомендації «Наукові основи формування структури фітопатогенного комплексу на сортозразках пшениці озимої, сої і люпинів кормових та виявлення стійких форм»*. Київ.

22. Поліщук, С. В. (2020). Фітопатогенні бактерії та бактеріози сільськогосподарських культур. *Мікробіологічний журнал*, *82*(3), 95–110.

Розділ 10. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НАСІННЯ ЖИТА ОЗИМОГО В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Провідна роль серед зернових культур в Україні належить житу озимому. До повномасштабного вторгнення РФ на територію України наша держава із часткою у 5,2 % посідала 4 місце у рейтингу експортерів жита. У передвоєнний 2021 р. поставки вітчизняного жита на світовий ринок становили майже 137 тис. т. Нині Україна посідає 18-ту позицію серед постачальників жита і її частка у світовому експорті становить лише 0,3 %. Основними та найбільшими імпортерами українського жита є Іспанія, Польща, Туреччина, Румунія, Словаччина, Німеччина та низка інших країн, що забезпечують стабільний збут продукції.

Жито озиме має унікальні характеристики й переваги перед іншими злаковими культурами. Зерно жита переважно використовують для виробництва хліба, який відомий своїми високими поживними якостями. Жито озиме вирощують навіть на бідних, піщаних або кислих ґрунтах, де інші зернові, такі як пшениця, можуть мати низьку врожайність, або й не вижити. Жито в порівнянні з іншими злаковими, є більш стійкими до посух – має розгалужену кореневу систему. Це дає змогу поглинати вологу з глибших шарів ґрунту, що важливо в умовах її дефіциту. Жито озиме є привабливою для аграріїв культурою, особливо в регіонах із несприятливими умовами вегетації, де вони можуть забезпечити стабільний урожай та прибутковість за менших витрат.

10.1. Вплив мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту на фракційний склад насіння жита озимого

Актуальною проблемою сучасного виробництва є розробка технологій, що враховували б зміни природно-кліматичних умов та сприяли б підвищенню врожайності озимих зернових культур і в той самий час були екологічно безпечними для навколишнього середовища та здоров’я людини [1].

Зміна кліматичних умов на території України негативно впливає на кількість та якість урожаю жита озимого. Одним із головних завдань виробників насіння є одержаного високоякісного насіннєвого матеріалу адаптованого під зміни клімату. Оптимальним вирішенням проблеми може стати поліпшення якості насіння за рахунок внесення мікродобрив, стимуляторів та регуляторів

росту, а також використання найціннішого за біологічними ознаками насіння, що дасть змогу запобігти масовим втратам навіть під впливом несприятливих кліматичних умов. Сучасна технологія насінництва має забезпечувати вирощування насіння з високими показниками врожайних властивостей і посівних кондицій.

Польові дослідження проводились в умовах тимчасового досліду польової сівозміни у 2025 р. Ґрунт – темно-сірий опідзолений легкосуглинкового гранулометричного складу. Орний шар (0–30 см) характеризується низьким умістом сполук легкогідролізованого азоту – 69 мг/кг, середнім рівнем рухомого калію – 102 мг/кг, підвищеним вмістом сполук рухомого фосфору – 121 мг/кг, низьким умісом загального гумусу – 2,0 %, $pH_{сол}$ близький до нейтрального – 5,6.

Об'єктом дослідження було жито озиме сортів Левітан і Сіверське. Основні елементи технології вирощування загальноприйняті для зони Лісостепу, крім досліджуваних чинників. Позакореневе підживлення (обприскування рослин) було проведено препаратами: Браман мультикомплекс (мікродобриво – обприскування по вегетації у фазі виходу в трубку); Енергія Фреш (регулятор росту – обприскування по вегетації у фазі весняного кущення); Мувер (стимулятор росту – обприскування по вегетації у фазі весняного кущення).

Характеристика препаратів:

Назва препарату: Браман мультикомплекс. Органо-мінеральне добриво. Виробники, заявники препарату: група компаній «Долина». Основні діючі речовини та їх концентрація: азот в різних формах – 190 г/л, фосфор – 68 г/л, калій – 42 г/л, сірка – 30 г/л, залізо – 6 г/л, мідь – 7,5 г/л, цинк – 8,5 г/л, бор – 6 г/л, марганець – 6 г/л, кобальт – 0,04 г/л, молібден – 8,5 г/л. Комплексне універсальне рідке мікродобриво для позакореневого підживлення. Препарат може використовуватися спільно з протруйниками, пестицидами, регуляторами росту і мікродобривами.

Браман мультикомплекс забезпечує рослини основними поживними речовинами, необхідними для оптимального росту і розвитку. До складу мікродобрива входять макро- і мікроелементи в хелатних та інших легкодоступних формах, які сприймаються рослинами як частина власної структури. Хелатуючим агентом виступає етідронова кислота, яка регулює рух води в клітинах і зменшує утворення нерозчинних сполук в клітинах рослин. Вона створює високостійкі хелати з металами, а за їх розкладання утворюються легкозасвоювані рослинами з'єднання. Етідронова кислота-органічна сполука, в складі якого входить легкодоступний розчинний фосфор.

Переваги препарату:

- ✓ компенсує нестачу поживних речовин у період несприятливих умов росту, коли потреби рослин перевищують поглинаючу здатність кореневої системи;
- ✓ підсилює засвоєння рослинами поживних речовин з ґрунту;
- ✓ підвищує стійкість рослин до хвороб і стресових ситуацій на 30 %;
- ✓ сприяє підвищенню врожайності культур на 15–27 % і покращує якість продукції.

Назва препарату: Енергія Фреш. Регулятор росту. Виробник: Агросфера. Регулятор росту для рослин на основі гумінової і фульвової кислот для підвищення мембранної і метаболічної активності в клітинах і оптимізації трофічної і електрофізіологічних систем регуляції органів рослин. Основні діючі речовини та їх концентрація: сіль гумінових кислот – 120 г/л, солі фульвокислот – 60 г/л, амінокислоти – 0,5 г/л, бурштинова кислота – 0,5 г/л, екстракт морських водоростей – 0,5 г/л, гібберелін – 0,05 г/л, індоліл масляна кислота – 0,05 г/л, азот – 2,5%, фосфор – 2 %.

Переваги препарату:

Високий вміст фізіологічно активних речовин – фульвокислот, які відновлюють функції мембран і стінок клітин і є будівельним матеріалом для синтезу продуктів вторинного обміну з антистресовими властивостями. Фульвокислоти відносяться до комплексонатутворюючих речовин із неорганічними і органічними сполуками. Тому, підвищують ефективність застосування мікродобрив, інсектицидів і фунгіцидів при листкової обробці.

До складу зростання регулятора входить калій – важливий елемент для коригування і регулювання процесів харчування, функціонування мембран у клітин і отримання якісної продукції рослинництва. Препарат відрізняється особливою ефективністю для оптимізації поживного режиму в рослинах за холодної і вологої погоди, перезволоження і недостатньої аерації ґрунту.

Застосуванням препарату прискорюються ростові процеси, активізується розвиток рослин. Відсутні прояви токсичної дії на рослини навіть за використання великої кількості регулятора.

Назва препарату: Мувер. Стимулятор росту рослин. Виробники, заявники препарату: група компаній «Долина». Основні діючі речовини та їх концентрація: Поліетиленгліколь (ПЕГ-400 та ПЕГ-1500) – 770 г/л, Сіль гумінових кислот – до 30 г/л. Препарат може використовуватися спільно з біопрепаратами, протруйниками, пестицидами, регуляторами росту та мікродобривами. Діючі речовини, які входять до складу стимулятора росту рослин мувер, підсилюють

дію один одного і забезпечують препарату багатофункціональність. Тому він має властивості стимулятора росту, адаптогену, кріопротектора, термопротектора, антистресанта, прилипача, інгібітора хвороб і активатора ґрунту.

Переваги препарату:

- ✓ збільшує ефективність використання пестицидів і добрив на 20−30%;
- ✓ підвищує посухостійкість, морозостійкість і імунітет рослин;
- ✓ підсилює розвиток і активність грунтових мікроорганізмів;
- ✓ не вимагає додаткових витрат на обробку завдяки використанню в бакових сумішах;
- ✓ підвищує якість продукції;
- ✓ підвищує врожайність на 10–30%.

У результаті проведених польових досліджень отримано 16 партії насіння для проведення подальших лабораторних випробувань (рис. 10.1).

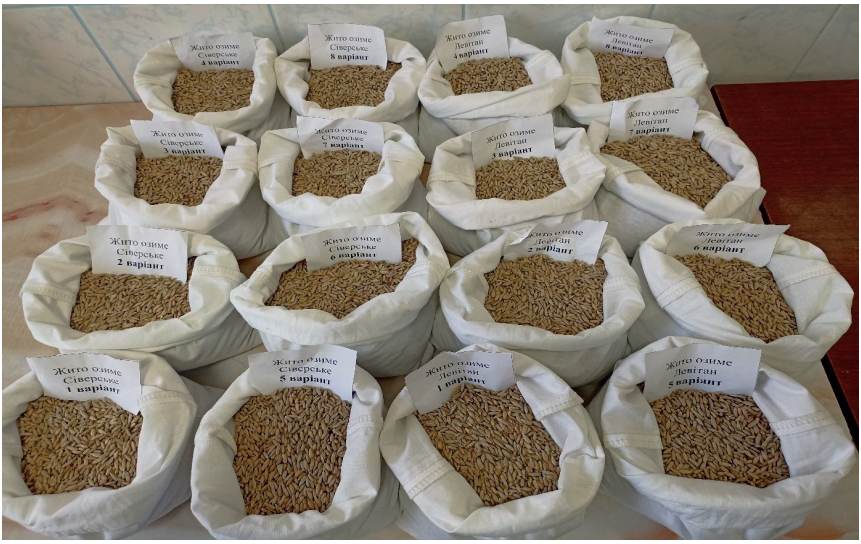


Рис. 10.1. Партії насіння сортів жита озимого для проведення лабораторних випробувань

Основною операцією підготовки партій насіння є очищення й калібрування. Під час підготовки партій насіння необхідно виділити з нього найбільш якісні

фракції. Вимогами ДСТУ 4138:2002 [2] до кондиційного насіння жита озимого передбачено використання нижнього решета розміром не менше 1,5 х 20,0 мм.

Фракційний склад насіння (крупна, середня, дрібна фракції) визначали за допомогою просіювання насіння через сита з відповідними діаметрами отворів: 1,6–1,8 мм, 1,8–2,2 мм, 2,2–2,6 мм, 2,6–3,0 мм (рис. 10.2).

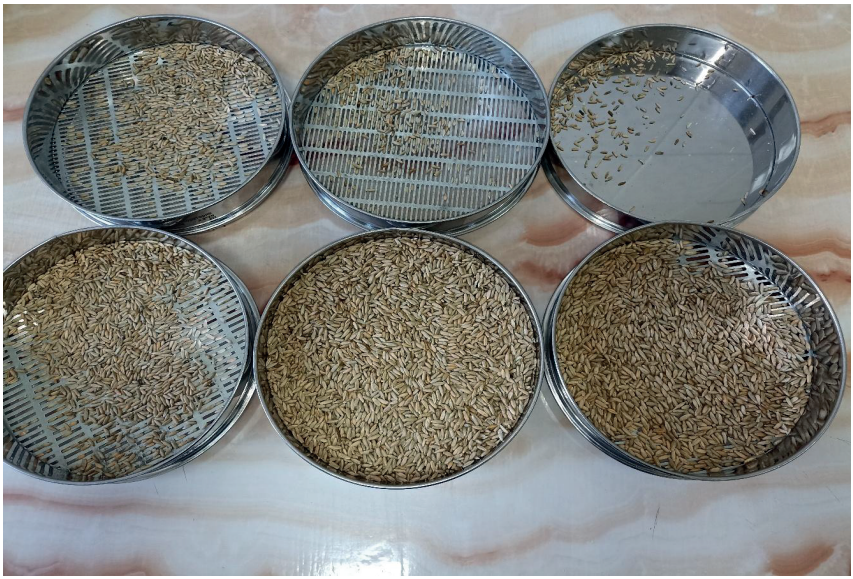


Рис. 10.2. Розподіл на фракції насіння сортів жита озимого за допомогою лабораторних сит

Вміст фракцій виражали у відсотках до загальної маси насіння. Визначення маси тисячі насінин проводили згідно з ДСТУ 4138:2002 [2] шляхом трикратного зважування 1000 зерен кожної фракції з наступним розрахунком середнього значення. Під час очищення та розподілу на фракції насіннєвого матеріалу було визначено відсотковий вміст досліджуваних фракцій у партіях насіння (табл. 10.1).

Загальний вихід кондиційного насіння залежав як від сорту, так і внесення препаратів. У сортах жита озимого цей показник становив 89,5–90,5 % у сорту Сіверське та 90,3–91,3 % – у сорту Левітан.

Таблиця 10.1. **Вихід насіння жита озимого по фракціях, урожаю 2025 р.**

Варіанти обробки	Вихід насіння по фракціях з га, %				Вихід насіння, всього, %
	1,6-1,8 мм	1,8-2,2 мм	2,2-2,6 мм	2,6-3,0 мм	
Жито озиме сорт Левітан					
Контроль – без обробки	10,2	26,7	47,2	6,3	90,4
Мікродобриво	8,4	20,4	52,6	8,9	90,3
Регулятор росту	9,8	21,5	49,1	10,4	90,8
Мікродобриво + регулятор росту	6,4	18,2	56,7	9,6	90,9
Стимулятор росту	6,9	14,3	58,3	11,7	91,2
Мікродобриво + стимулятор росту	4,8	12,8	59,8	13,8	91,2
Стимулятор росту + регулятор росту	6,1	10,5	61,3	13,2	91,1
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	3,7	8,4	62,3	16,9	91,3
Жито озиме сорт Сіверське					
Контроль – без обробки	11,3	27,9	44,6	5,9	89,7
Мікродобриво	9,6	21,7	50,4	7,8	89,5
Регулятор росту	10,8	22,4	47,4	9,5	90,1
Мікродобриво + регулятор росту	7,2	19,6	54,9	8,6	90,3
Стимулятор росту	7,6	16,5	55,3	10,8	90,2
Мікродобриво + стимулятор росту	5,9	15,8	55,9	12,8	90,4
Стимулятор росту + регулятор росту	6,7	12,3	58,7	12,6	90,3
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	4,3	10,5	59,8	15,9	90,5

Встановлено, що у посівному матеріалі на контролі переважає насіння фракцій типорозміром 1,8–2,2 мм, що становить 26,7 % та у фракції 2,2–2,6 мм становило 47,2 % у сорту Левітан. У сорту Сіверське показник по цих фракціях становить 27,9 % і 44,6 %. Внесення мікродобрива, регулятора росту, стимулятора росту збільшувало відсоток фракції 2,2–2,6 мм від 47,2 % до 62,3 % та 2,6–3,0 мм від 6,3 % до 16,9% у сорту Левітан. У сорту Сіверське цей показник відповідно становив 44,6–59,8% і 5,9–15,9 %. За внесення мікродобрива, регулятора росту, стимулятора росту зменшувався відсоток фракції 1,6-1,8 мм від

10,2 % до 3,7 % у сорту Левітан та у сорту Сіверське цей показник становив 11,3–4,3 %. За комплексного застосування препаратів отримано найбільший вихід насіння 62,3 % у сорту Левітан і 59,8 % – у сорту Сіверське.

Одним із важливих показників, що обумовлюють кінцеву продуктивність, є маса 1000 зерен. Варіювання цього показника відбувається під впливом елементів технології вирощування та погодних умов, які складаються впродовж періоду вегетації (табл. 10.2).

Таблиця 10.2. **Маса 1000 зерен по фракціях**

Варіанти обробки	**Маса1000 зерен по фракціях, г**			
	1,6-1,8 мм	**1,8-2,2 мм**	**2,2-2,6 мм**	**2,6-3,0 мм**
Жито озиме сорт Левітан				
Контроль – без обробки	17,3	24,6	36,4	47,2
Мікродобриво	15,2	28,1	43,4	53,8
Регулятор росту	16,7	27,4	39,4	51,2
Мікродобриво + регулятор росту	16,2	29,4	42,1	53,5
Стимулятор росту	15,4	28,9	41,3	52,7
Мікродобриво + стимулятор росту	13,9	29,7	43,9	55,2
Стимулятор росту + регулятор росту	13,4	28,4	42,7	54,3
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	12,1	30,5	44,3	56,7
Жито озиме сорт Сіверське				
Контроль – без обробки	17,8	25,7	35,2	46,4
Мікродобриво	14,7	27,9	42,5	52,7
Регулятор росту	15,4	26,5	38,6	50,8
Мікродобриво + регулятор росту	15,1	28,1	41,7	52,6
Стимулятор росту	14,2	28,4	40,6	52,3
Мікродобриво + стимулятор росту	13,7	29,2	43,5	53,7
Стимулятор росту + регулятор росту	13,1	27,6	41,2	52,6
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	12,5	29,6	43,8	56,1

У результаті проведених досліджень визначено, що в обох сортів озимого жита збільшується маса 1000 зерен за збільшення фракції. Встановлено збільшення показника маси 1000 зерен за застосування мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту у сортів жита озимого. У фракції 1,8–2,2 мм

від 24,6 г до 30,5 г, фракція 2,2–2,6 мм від 36,4 г до 44,3г та 2,6–3,0 мм від 47,2 г до 56,7 г у сорту Левітан. У сорту Сіверське цей показник відповідно становив 25,7–29,6 г, 35,2–43,8 г і 46,4–56,1 г. За внесення мікродобрива, регулятора росту, стимулятора росту зменшувався відсоток фракції 1,6–1,8 мм від 17,3 г до 12,1 г у сорту Левітан та у сорту Сіверське цей показник становив 17,8–12,5 г. За комплексного застосування препаратів отримано найбільшу масу 1000 зерен у фракції 2,6–3,0 мм 56,7 г у сорту Левітан і 56,1 г – у сорту Сіверське.

До найголовніших показників посівних якостей насіння можна віднести енергію проростання, лабораторну схожість й крупність. Важливим показником якості посівного матеріалу є енергія проростання (рис. 10.3).

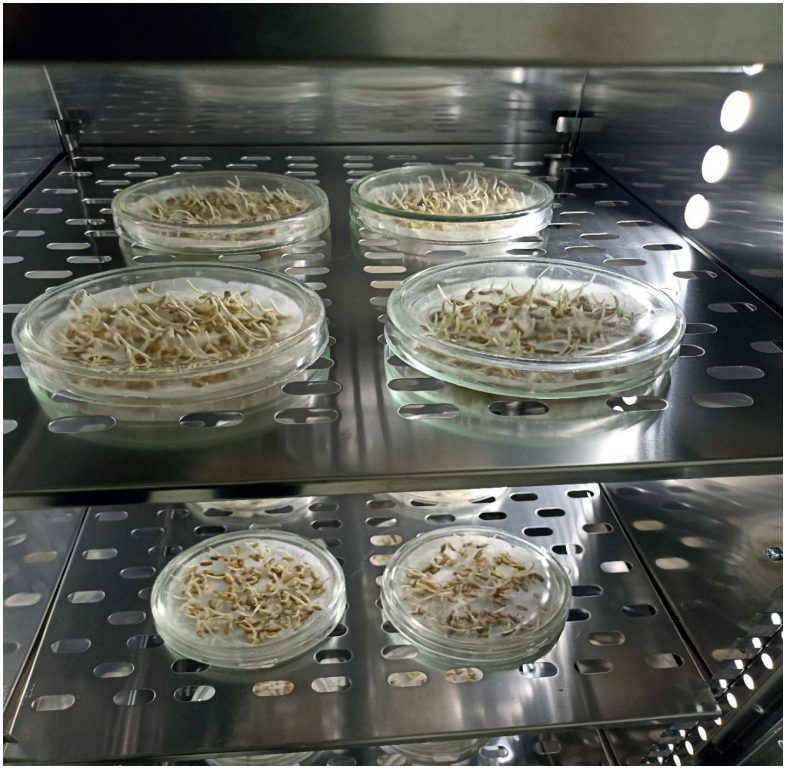


Рис. 10.3. Визначення енергії проростання фракції насіння сортів жита озимого

Вона характеризує ступінь життєздатності насіння, тобто спроможність давати швидкі і дружні сходи, що має визначальне значення для одержання високого врожаю. Чим вища енергія проростання, тим швидше проростає насіння й дружніші сходи за оптимальних умов. Дослідами багатьох вчених доведено, що енергія проростання дає більше уявлення про можливу польову схожість і урожайність.

За результатами досліджень енергія проростання вирощеного насіння жита озимого при застосуванні мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту варіювала залежно від фракцій (табл. 10.3).

Таблиця 10.3. **Показники енергії проростання насіння жита озимого по фракціях**

Варіант обробки	**Енергія проростання по фракціях, %**			
	1,6-1,8 мм	**1,8-2,2 мм**	**2,2-2,6 мм**	**2,6-3,0 мм**
Жито озиме сорт Левітан				
Контроль – без обробки	72	84	92	93
Мікродобриво	74	88	94	95
Регулятор росту	73	86	93	93
Мікродобриво + регулятор росту	74	89	94	95
Стимулятор росту	73	87	93	94
Мікродобриво + стимулятор росту	75	88	94	94
Стимулятор росту + регулятор росту	74	86	93	94
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	75	89	94	95
Жито озиме сорт Сіверське				
Контроль – без обробки	71	82	91	92
Мікродобриво	73	85	93	94
Регулятор росту	72	83	92	93
Мікродобриво + регулятор росту	73	85	93	93
Стимулятор росту	72	84	93	93
Мікродобриво + стимулятор росту	74	85	93	94
Стимулятор росту + регулятор росту	73	86	92	93
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	74	87	94	94

У сорту жита озимого Левітан на контролі енергія проростання по фракціях становила 1,6–1,8 мм – 72 %, 1,8–2,2 мм – 84 %, 2,2–2,6 мм – 92 %, 2,6–3,0 мм – 93 %. У сорту жита озимого Сіверське на контролі енергія проростання по фракціях становила 1,6–1,8 мм – 71 %, 1,8–2,2 мм – 82 %, 2,2–2,6 мм – 91 %, 2,6–3,0 мм – 92 %.

Визначено, що вищу енергія проростання в обох сортів жита озимого отримано у фракціях 2,2–2,6 мм і 2,6–3,0 мм. За комплексного застосування препаратів отримано найбільшу енергію проростання 95 % у фракції 2,6–3,0 мм у сорту Левітан і 94 % – у сорту Сіверське.

Різні варіанти обробки мікродобривами, регуляторами і стимуляторами росту збільшували енергію проростання крупніших фракцій на 2–3 % в обох сортів жита озимого. Енергія проростання фракції 1,6–1,8 мм як на контролі, так і за внесення препаратів була на 10–21 % меншою, ніж у середній та крупних фракціях (рис. 10.4).



Рис. 10.4. Визначення енергії проростання крупної фракції насіння жита озимого сорту Сіверське

Дрібне, погано сформоване насіння не в змозі дати рослині високу життєздатність і продуктивність. Сила початкового росту залежить від крупності насіння і ці показники знаходяться в прямій залежності. Чим крупніше насіння, тим вища сила росту, оскільки живлення молодої рослини в початковий період росту відбувається за рахунок поживних речовин насінин [3].

Основним показником якості насіння, який є мірилом життєздатності й визначається відсотком нормально пророслих насінин за певний час в оптимальних умовах є лабораторна схожість насіння. У насіння з пониженою схожістю погіршуються врожайні властивості та досить часто, навіть збільшенням норми висіву, неможливо досягти високого врожаю.

Згідно з ДСТУ 2240–93 [4] необхідний мінімум за показниками схожості насіння жита озимого становить 90 % (рис. 10.5).

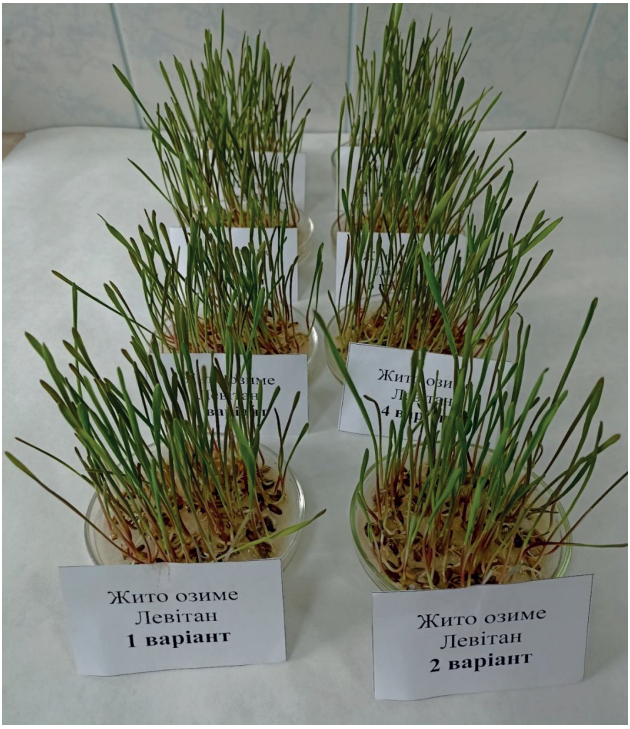


Рис. 10.5. Визначення лабораторної схожості крупної фракції насіння жита озимого сорту Левітан

Показники лабораторної схожості насіння жита озимого по фракціях наведено в табл. 10.4.

У сорту жита озимого Левітан на контролі лабораторна схожість по фракціях становила 1,6–1,8 мм – 73 %, 1,8-2,2 мм – 86 %, 2,2–2,6 мм – 93 %, 2,6–3,0 мм – 94 %. У сорту жита озимого Сіверське на контролі лабораторна схожість по фракціях становила 1,6–1,8 мм – 72 %, 1,8–2,2 мм – 83 %, 2,2–2,6 мм – 91 %, 2,6–3,0 мм – 93 %.

Таблиця 10.4. **Показники лабораторної схожості насіння жита озимого по фракціях**

Варіант обробки	Лабораторна схожість по фракціях, %			
	1,6-1,8 мм	1,8-2,2 мм	2,2-2,6 мм	2,6-3,0 мм
Жито озиме сорт Левітан				
Контроль – без обробки	73	86	93	94
Мікродобриво	76	90	95	96
Регулятор росту	76	87	95	95
Мікродобриво + регулятор росту	75	89	94	96
Стимулятор росту	74	89	94	95
Мікродобриво + стимулятор росту	76	90	95	96
Стимулятор росту + регулятор росту	75	88	95	95
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	78	91	96	96
Жито озиме сорт Сіверське				
Контроль – без обробки	72	83	91	93
Мікродобриво	74	86	94	95
Регулятор росту	73	84	93	94
Мікродобриво + регулятор росту	75	85	95	95
Стимулятор росту	73	85	94	93
Мікродобриво + стимулятор росту	75	86	94	94
Стимулятор росту + регулятор росту	74	88	93	95
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	76	89	94	95

Визначено, що вищу лабораторну схожість в обох сортів жита озимого отримано у фракціях 2,2–2,6 мм і 2,6–3,0 мм. За комплексного застосування

препаратів отримано найбільшу лабораторна схожість 96 % у фракції 2,6–3,0 мм у сорту Левітан і 95 % – у сорту Сіверське.

Різні варіанти обробки мікродобривами, регуляторами і стимуляторами росту збільшували лабораторну схожість крупніших фракцій на 2–3 % в обох сортів жита озимого. Лабораторна схожість фракції 1,6–1,8 мм як на контролі, так і за внесення препаратів була на 11–23 % меншою, ніж у середній та крупних фракціях.

Дослідженнями встановлено чітку тенденцію зниження енергії проростання та лабораторної схожості в обох сортів насіння жита озимого залежно від зменшення фракції насіння.

10.2. Економічна ефективність вирощування високоякісного насіння жита озимого в умовах змін клімату

Продуктивність культури є одним із показників, які визначають ефективність того чи іншого запровадженого заходу. За результатами вивчення показників урожайності жита озимого чітко простежується ефективність застосування мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту шляхом дворазового обприскування посівів у фазах весняного кущення та виходу рослин у трубку (табл. 10.5).

Так, за варіанта з комплексним застосуванням препаратів в сортів жита озимого Левітан та Сіверське зафіксовано зростання врожайності насіння до 4,01 і 3,83 т/га. Приріс врожайності порівняно з контролем насіння в сортів жита озимого Левітан та Сіверське сягав відповідно 0,23 і 0,19 т/га.

У сорту жита озимого Левітан на контролі насіннєва продуктивність по фракціях становила 1,6–1,8 мм – 0,43 т/га, 1,8–2,2 мм – 1,12 т/га, 2,2–2,6 мм – 1,97 т/га, 2,6–3,0 мм – 0,26 т/га. У сорту жита озимого Сіверське на контролі насіннєва продуктивність по фракціях становила 1,6–1,8 мм – 0,46 т/га, 1,8–2,2 мм – 1,13 т/га, 2,2–2,6 мм – 1,81 т/га, 2,6–3,0 мм – 0,24 т/га.

Визначено, що найвищу насіннєву продуктивність в обох сортів жита озимого отримано у фракції типорозміром 2,2–2,6 мм (рис. 10.6).

Різні варіанти обробки мікродобривами, регуляторами росту, стимуляторами росту збільшували урожайність крупніших фракцій. У фракції 2,2–2,6 мм від 1,97 т/га до 2,71 т/га та 2,6–3,0 мм від 0,26 т/га до 0,74 у сорту Левітан. У сорту Сіверське цей показник відповідно становив 1,81–2,53 т/га і 0,24–0,67 т/га. За внесення мікродобрива, регулятора росту, стимулятора росту

зменшувався відсоток фракції 1,6–1,8 мм від 0,43 т/га до 0,19 т/га у сорту Левітан та у сорту Сіверське цей показник становив 0,46–0,18 т/га.

Таблиця 10.5. **Урожайність насіння жита озимого по фракціях**

Варіант обробки	Насіннєва продуктивність по фракціях, т/га				Урожайність насіння, т/га
	1,6-1,8 мм	1,8-2,2 мм	2,2-2,6 мм	2,6-3,0 мм	
Жито озиме сорт Левітан					
Контроль – без обробки	0,43	1,12	1,97	0,26	3,78
Мікродобриво	0,35	0,86	2,23	0,38	3,82
Регулятор росту	0,42	0,92	2,09	0,44	3,87
Мікродобриво + регулятор росту	0,27	0,78	2,43	0,41	3,89
Стимулятор росту	0,30	0,61	2,51	0,50	3,92
Мікродобриво + стимулятор росту	0,21	0,55	2,59	0,60	3,95
Стимулятор росту + регулятор росту	0,27	0,46	2,68	0,58	3,98
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	0,19	0,37	2,71	0,74	4,01
Жито озиме сорт Сіверське					
Контроль – без обробки	0,46	1,13	1,81	0,24	3,64
Мікродобриво	0,39	0,89	2,07	0,32	3,67
Регулятор росту	0,45	0,92	1,96	0,39	3,72
Мікродобриво + регулятор росту	0,30	0,81	2,27	0,36	3,73
Стимулятор росту	0,32	0,69	2,31	0,45	3,77
Мікродобриво + стимулятор росту	0,25	0,66	2,34	0,54	3,78
Стимулятор росту + регулятор росту	0,28	0,52	2,46	0,53	3,81
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	0,18	0,44	2,53	0,67	3,83

За комплексного застосування препаратів отримано найбільшу насіннєву продуктивність 2,71 т/га у сорту Левітан і 2,53 т/га – у сорту Сіверське.

Насіння жита озимого має бути конкурентоспроможним як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках та має відповідати купівельній спроможності споживачів та забезпечувати прибутковість виробництва. Зниження собівартості насіння має важливе народногосподарське значення, вирішення якого залежить від правильного використання технології.



Рис. 10.6. Середня та крупна фракції насіння жита озимого сорту Левітан

У насінництві невід'ємним елементом подальшого розвитку виробництва є підвищення врожайності насіння з метою отримання прибутку, при цьому важлива роль відводиться посівним якостям насіння [5]. Економічну ефективність характеризує система показників, які дають можливість оцінити ефективність технологій вирощування зернових культур. Вони визначаються розрахунковим методом за технологічними картами, які відображають перелік робіт і витрат на вирощування культур. Економічна оцінка дає можливість визначити найбільш раціональні прийоми вирощування польових культур. Економічна ефективність – це прибутковість виробництва. Вона виявляється через співвідношення результатів і витрат.

Результати досліджень свідчать, що зміна прибутку від реалізації насіння жита озимого змінюється за такими ж закономірностями, як і врожайність культури (табл. 10.6).

Розрахунки економічної ефективності вирощування насіння жита озимого

здійснювали за цінами, які сформувались на початку 2026 р. За визначення показників економічної ефективності розрахунки здійснювалися за показниками виходу насіння фракції 2,2–2,6 мм, оскільки саме цей типорозмір переважає в усіх партіях насіння жита озимого.

Таблиця 10.6. **Економічна ефективність вирощування насіння жита озимого**

Варіант обробки	**Урожайність насіння, т/га**	**Всього витрат, грн/га**	**Умовно чистий прибуток, грн/га**	**Рентабельність, %**
сорт Левітан				
Контроль – без обробки	1,97	12515	7185	57
Мікродобриво	2,23	13853	8447	61
Регулятор росту	2,09	12998	7902	61
Мікродобриво + регулятор росту	2,43	14616	9684	66
Стимулятор росту	2,51	14972	10128	68
Мікродобриво + стимулятор росту	2,59	15281	10619	69
Стимулятор росту + регулятор росту	2,68	15477	11323	73
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	2,71	15485	11615	75
сорт Сіверське				
Контроль – без обробки	1,81	11577	6523	56
Мікродобриво	2,07	12942	7758	60
Регулятор росту	1,96	12272	7328	60
Мікродобриво + регулятор росту	2,27	13584	9116	67
Стимулятор росту	2,31	13897	9203	66
Мікродобриво + стимулятор росту	2,34	13860	9540	69
Стимулятор росту + регулятор росту	2,46	14238	10362	73
Мікродобриво + регулятор росту + стимулятор росту	2,47	14232	10468	74

Витрати на 1 га в сортів жита озимого варіювали в межах 11577–15485 грн/га. Слід відмітити, що різниця між витратами у варіантах досліджень, по обох сортах за однакової технології вирощування залежала насамперед від посівних якостей вирощеного насіння (вихідний матеріал). Тобто, вагова норма висіву насіння жита озимого була різною, що обумовило в кінцевому рахунку

різницю у витратах. Витрати на формування врожайних властивостей насіння досліджуваних сортів жита озимого, переважно, залежали від цін на мікродобрива, стимулятори та регулятори росту, паливно-мастильні матеріали, насіння та оплату праці.

У результаті досліджень встановлено, що застосування мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту покращує економічні показники за вирощування насіння жита озимого.

У жита озимого обох сортів найбільш істотне зниження собівартості однієї тони насіння забезпечили варіанти за комплексного застосування мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту. Зазначені варіанти сорту жита озимого Левітан становили собівартість однієї тонни насіння 5714–6353 грн, а сорту жита озимого Сіверське – 5762–6396 грн.Економічна ефективність вирощування насіння жита озимого залежно від застосування мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту була зумовлена рівнем їх продуктивності та витратами на вирощування. Найвищі показники умовно чистого прибутку за вирощування насіння жита озимого сортів Сіверське та Левітан забезпечив варіант з комплексним застосуванням препаратів. Вони становили відповідно 10468 грн/га і 11615 грн/га.

Найвищі показники рівня рентабельності за вирощування насіння жита озимого сортів Левітан та Сіверське забезпечив варіант із комплексним застосуванням препаратів, що відповідно становили 75 % і 74 %.

У процесі дослідження відмічено, що у 2025–2026 рр. показники економічної ефективності залежали від чинників «сорт» та «препарат». Вони були найвищими у жита озимого сорту Левітан фракції насіння 2,2–2,6 мм.

Дослідження ефективності елементів технології вирощування насіння озимого жита в умовах змін клімату встановило залежність фракційного складу насіння жита озимого від застосування мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту та забезпечило отримання насіння із високими показниками врожайних властивостей і посівних кондицій. При цьому найкращі результати досліджуваних показників забезпечила фракція насіння з розмірами 2,2–2,6 мм за комплексного застосування препаратів.

Список використаних джерел

1. Волошин В.М., Копитець Н.Г., Бондарчук А.А., Мазур В. О. (2022). Вплив мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту на насіннєву продуктивність озимих жита і тритикале. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів НААН.* МІП ім. В. М. Ремесла. С. 25.URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/6278b5c24d708.pdf.
2. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України. 173 с.
3. Волошин В.М., Копитець Н.Г. (2024). Вплив мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту на польову схожість насіння озимих жита та тритикале. *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників.* Умань: ВПЦ «Візаві». С. 10–12. URL: https://lib.udau.edu.ua/items/c5df7330-cdef-4e41-bac0-a05578880999.
4. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України. 74 с.
5. Волошин В.М., Копитець Н.Г., Бондарчук А.А. (2022). Економічна ефективність вирощування озимих жита і тритикале залежно від застосування мікродобрив, стимуляторів та регуляторів росту. *Сучасні аспекти підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур у контексті європейського зеленого курсу. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції.* Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла. С. 18–19. URL: http://mip.com.ua/images/2024/Zbirnuk_MIP_110.pdf.

Розділ 11. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ТРАВ'ЯНИСТИХ КОРМОВИХ ФІТОЦЕНОЗІВ, АДАПТОВАНИХ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ В ЛІСОСТЕПУ

11.1. Вирощування однорічних кормових культур

У виробництві тваринницької продукції велику частка затрат займають корми. Зокрема у молочному і м'ясному скотарстві частка затрат на корми від загальних затрат становить від 50 до 75 % [7, 9]. Тому завданням кормовиробництва є забезпечення тварин дешевою кормовою сировиною з такими параметрами якості та собівартості, які б давали змогу отримувати конкурентоспроможну продукцію тваринництва. Це можливо лише за впровадження ефективних, економічно доцільних технологій вирощування кормових польових культур, які є сировиною для виробництва різних видів кормів.

Однорічні злакові культури. Важливим чинником, який визначає співвідношення багаторічних та однорічних культур у зеленому конвеєрі є спосіб утримання тварин: стійловий чи пасовищний. Однак навіть за випасання тварин потреба в кормі з багаторічних трав забезпечується, переважно, на 40–50 % [7, 9]. Адже між укосами трав, особливо у другій половині літа та восени, коли продуктивність укісно-пасовищних багаторічних травостоїв різко зменшується, джерелом надходження зелених кормів є посіви однорічних культур.

Кукурудза на силос. Технологія вирощування кукурудзи на силос мало відрізняється від технології вирощування на зерно. Найбільш сприятливі умови для росту і розвитку кукурудзи створюються на достатньо окультурених зв'язних ґрунтах з підвищеним вмістом гумусу і близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину з pH у межах 6–7, а також на ґрунтах, багатих сполуками кальцію.

Малопридатними для вирощування кукурудзи є дуже кислі, засолені та бідні на поживні речовини і гумус піщані, а також важкі перезволожені ґрунти з близьким заляганням підґрунтових вод.

Основними і найкращими попередниками для вирощування кукурудзи на силос є озимі пшениця та жито, ячмінь, ріпак, зернобобові. Особливості обробітку ґрунту під кукурудзу значною мірою залежать від попередників та засміченості поля бур'янами. Строки проведення лущінь, їх кількість і глибина

одробітку залежать від стану ґрунту і видів бур'янів, якими засмічене поле. Після масового з'явлення сходів бур'янів злущене поле орють на зяб плугом з передплужниками на глибину 27−30 см, а в районах із малим гумусовим шаром – на його повну глибину. Якщо кукурудзу розміщують після кукурудзи, плуги обладнують спеціальними пристроями для кращого подрібнення і загортання кореневих решток.

Весняний обробіток складається з ранньовесняного боронування зябу важкими боронами в один-два сліди, першої ранньої культивації від 10 до 14 см і другої передпосівної культивації на глибину загортання насіння.

Кукурудза добре реагує на добрива. Дози мінеральних добрив визначають залежно від забезпеченості ґрунту основними поживними елементами та запланованого рівня продуктивності. За середньої забезпеченості ґрунту добрива вносять у таких орієнтовних дозах: $N_{60}P_{30}K_{60}$. За низького вмісту того чи іншого елемента живлення в ґрунті дози відповідного виду мінерального добрива збільшують на 20–30 %, за високого – відповідно зменшують. За можливості під кукурудзу або її попередники вносять гній 10–20 т/га. Високоефективним заходом підвищення врожайності кукурудзи є рядкове удобрення під час сівби.

Сівбу кукурудзи починають, коли в ґрунті встановиться стійка середньодобова температура 9–12 °С на глибині 10 см. Холодостійкіші гібриди сіють трохи раніше, теплолюбні – пізніше. Оптимальна глибина загортання насіння становить 6−8 см. Кукурудзу сіють широкорядним способом з міжряддями 70 см. Оптимальна густота рослин становить 50−60 тис. шт./га.

Догляд за посівами полягає в боротьбі з бур’янами механічним і хімічним способами та рихленні міжрядь. Рихлення міжрядь кукурудзи починають з глибокого обробітку з використанням доліт та стрілчастих лап на глибину 10−12 см і закінчують мілким лапами-бритвами на глибину 5-6 см. Кількість міжрядних розпушень з кожним наступним зменшенням глибини обробітку залежить від забур’яненості поля, кількості опадів і ущільненості ґрунту. Перший міжрядний обробіток здебільшого поєднують з підживленням посівів у фазі трьох-чотирьох листків. За засмічення посівів бур'янами посіви кукурудзи обприскують гербіцидами. Вносять їх як у досходовий, так і післясходовий період. Дози гербіцидів установлюють залежно від строків внесення, виду препарату, гранулометричного складу ґрунту, погодних умов та забур'яненості посіву. Для внесення робочих розчинів використовують обприскувачі, обладнані горизонтальними штангами.

Збирання кукурудзи на силос необхідно починати у фазі молочно-воскової стиглості, коли забезпечується найвищий вихід зеленої маси і кормових одиниць, і закінчувати на початку воскової. У цей період кукурудза добре силосується та поїдається худобою. Пізніше зелена маса значно грубіє, гірше силосується і поїдається сільськогосподарськими тваринами.

Кукурудзу на силос збирають силосо- або кормозбиральними комбайнами із подрібненням стебел на частки довжиною до 5 см. Залежно від сорту скошують на зелену масу через 60−75 днів після сівби.

З метою одержання високої продуктивності та поліпшення якості силосу запроваджують сумісні посіви кукурудзи з бобовими (соя, люпин, боби кормові), соняшником та іншими культурами.

Кукурудза на зелений корм. Вирощують в основних, післяукісних і післяжнивних посівах у чистому вигляді, а також у сумішах з бобовими, суданською травою, соняшником, у кормовій сівозміні – після ярих зернових, однорічних і багаторічних трав та силосних культур, у польових сівозмінах – у післяукісних посівах після озимих на зелений корм та випас, після бобово-злакових сумішей і ранніх посівів кукурудзи на зелений корм, у післяжнивних посівах – після гороху, ячменю, пшениці озимої на зерно.

На зелений корм можна висівати залежно від призначення районовані ранньо-, середньо- або пізньостиглі гібриди та сорти.

Для одержання високих урожаїв зеленої маси чистих і сумісних посівів кукурудзи можна вносити мінеральні добрива під оранку, культивацію і під час сівби в рядки, із загального розрахунку $N_{60\text{-}90}P_{60}K_{60\text{-}90}$ на гектар, у тому числі в рядки під час сівби по 10–15 кг/га NPK.

У післяукісних і особливо післяжнивних посівах доцільніше вносити добрива під попередню культуру і в рядки під час сівби. Азотні добрива, які особливо потрібні для прискорення росту в пізніші строки, вносять під культивацію перед сівбою або в рядки.

У кормовій сівозміні в системі зелених конвеєрів кукурудзу висівають у кілька строків з інтервалом 15–20 днів звичайним рядковим та широкорядними способами з міжряддями 45 і 60 см. У сумісних посівах з бобовими культурами, суданською травою чи соняшником норму висіву основної культури кукурудзи знижують до 75 % порівняно з її одновидовим посівом. У сумісних посівах її сіють у таких співвідношеннях з компонентами: на одну частину насіння кукурудзи півтори частини насіння бобових, дві – суданської трави. Співвідношення кукурудзи з соняшником 1:1 або 2:1.

Зелену масу кукурудзи і її сумішей з іншими культурами в основних, післяукісних та післяжнивних посівах на зелений корм використовують протягом 15–20 днів.

Скошування кукурудзи на зелений корм починають за 10−15 днів до початку викидання волоті і закінчують наприкінці цвітіння.

Сорго. На сьогоднішній день у кормовиробництві виникло ряд проблем, пов'язаних з специфічними економічними, господарськими та кліматичними умовами. Особливу стурбованість викликає зміна клімату в напрямі аридизації, збільшення вірогідності посушливих років, тому найбільш доцільним заходом із метою надійного забезпечення кормами в цих екстремальних погодних умовах є вирощування сорго [7, 9]. Сприяє вирішенню проблеми ширше запровадження в кормовиробництво культур роду сорго: сорго звичайного, сорго цукрового, сорго віничного, сорго силосного, сорго суданського, сорго багаторічного, що забезпечують високу продуктивність, яка в сумі за два укоси становить 20−25 т/га сухої маси. Найпоширеніші в Україні – сорго суданське і сорго цукрове. Сівба у кілька строків, або у післяукісних чи післяжнивних посівах забезпечує конвеєрне надходження зеленої маси протягом другої половини літа та восени, коли особливо відчутний дефіцит зелених кормів. Ці культури невибагливі до ґрунту. Із польових культур сорго вважається найстійкішою до посухи, добре росте на слабокислих та засолених ґрунтах. Могутня коренева система, яка дозволяє використовувати воду та мінеральні речовини з глибини до 2,5 м та невисокий коефіцієнт водоспоживання (547) дає можливість рослинам добре переносити посуху та забезпечувати досить високу продуктивність навіть у посушливі роки.

Соргові культури вважаються рослинами короткого дня. Тому їх вивченням займаються в основному наукові установи південних регіонів України. Завдяки своїм біологічним особливостям великого поширення вони набули на півдні країни, де особливо відчувається вплив посушливих погодних умов. Останнім часом з'явилося більше сортів і гібридів, придатних для вирощування в північніших районах країни. У лісостеповій зоні соргові культури нині вирощуються на невеликих площах.

Для теплолюбних культур роду сорго дефіцит вологи у ґрунті менш істотний чинник, ніж низькі середньодобові температури. Навіть за частих посушливих періодів, але наявності вологи в ґрунті, відбувається формування високих врожаїв біомаси, несприятливий же температурний режим (похолодання) зумовлює зрідження травостоїв, загальне пригнічення рослин, поширення бур'янів та пошкодження рослин сорго бурою іржею.

Особливістю теплолюбних культур роду сорго є повільний ріст рослин у початкові періоди вегетації, що обумовлює пригнічення їх бур'янами.

Суданська трава або сорго суданське – універсальна кормова та енергетична культура. У системі зеленого та сировинного конвеєрів її вирощують на сіно, зелений корм, силос, сінаж, зерно і широко використовують як пасовищну траву, оскільки вона дає отаву і добре витримує випасання та витоптування. Кормова маса характеризується найкращою поживністю серед однорічних культур за винятком бобових та високою перетравністю.

Суданська трава в одновидових посівах забезпечує досить високу урожайність зеленої маси. Проте, для збільшення урожайності чи поліпшення кормової цінності, завдяки таким біологічним властивостям, як тіньовитривалість, посухостійкість та інтенсивне післяукісне відростання, суданську траву висівають у сумішах з іншими культурами – кукурудзою, викою ярою, ріпаком озимим тощо.

Обробіток ґрунту починають у попередній рік, зразу після збирання зернових колосових попередників проводять дворазове лущення стерні на глибину 6−8 см: перший раз – відразу ж після збирання попередника, другий – за відростання бур'янів. Через тиждень після лущення проводять оранку на глибину 22-25 см.

Весняний обробіток ґрунту включає культивацію на глибину 5-6 см, починаючи з ранньої весни за достигання ґрунту, і наступних - за потреби після проростання бур'янів. Усього може бути 2–4 культивацій. Мета цього агротехнічного заходу – знищити якомога більше бур'янів, адже на ранніх фазах вегетації сорго росте дуже повільно і слабо конкурує з бур'янами.

У перелік передпосівних польових робіт входить внесення мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{90}$); передпосівна культивація на глибину 5–6 см та передпосівне коткування.

Сівбу сорго слід проводити на глибину 5-6 см за температури в цьому шарі ґрунту 10–12 °С. Такий температурний режим припадає на 1-2 декаду травня. Норма висіву насіння сорго в одновидових посівах – 2,5 млн шт./га, або 25 кг/га. Для збалансування зеленої маси за цукро-протеїновим відношенням слід застосовувати сумісні посіви сорго з бобовими та хрестоцвітими культурами (вика яра, пелюшка, гірчиця, редька олійна). Норму висіву сорго зменшують при цьому до 2 млн шт./га, або 20 кг/га.

Догляд за посівами починають із досходового боронування. Боронування посівів доцільно проводити і після появи сходів, коли рослини сорго мають 4-5

листків. Боронування проводять в другій половині дня за невисокої швидкості агрегату. Міжрядний обробіток слід проводити з метою знищення бур'янів і розпушування ґрунту.

Збирання біомаси на кормові цілі у першому укосі проводять на початку викидання волоті, у другому – в міру відростання отави. З метою отримання зерна збирання врожаю проводять у фазі його повної стиглості.

Однорічні бобові кормові культури. Однорічні бобові кормові культури мають добрі кормові якості, високий вміст протеїну, кальцію, вітамінів. Їх можна всебічно і повно використовувати в кормовиробництві: зерно, зелену масу, сіно, сінаж, силос, солому. Причому в різні строки − в основних, а також післяукісних, післяжнивних посівах, у чистому вигляді і в сумішах із злаковими. Вони здатні засвоювати важкорозчинні, особливо фосфорні ґрунтові сполуки, мають властивість зв'язувати за допомогою бульбочкових бактерій велику кількість атмосферного азоту і нагромаджувати в ґрунті від 50–80 до 200 кг/га симбіотичного азоту [7, 12]. Всі однорічні бобові культури є добрими попередниками.

Крім теплолюбної сої, боби кормові, горох, чина, вика, люпин холодостійкі рослини. Вони починають проростати за температури 1–2 °С і за ранньовесняної сівби витримують короткочасне зниження температури до – 6 °С. Соя проростає за температури 10–12 °С.

Вологолюбивими є вика, боби кормові, люпин, горох. Менше вологи потребує соя [7–12]. Найбільш посухостійка чина. Всі зазначені кормові бобові культури досить вимогливі до родючості ґрунту. Високу врожайність зеленої маси і насіння можна одержати на легких, багатих на поживні речовини ґрунтах. Культурами підзолистих низькородючих ґрунтів є люпини жовтий та синій.

Вика яра високу й стабільну продуктивність зеленої маси і зерна дає на Поліссі і в Лісостепу. Вона добре забезпечена протеїном і її добре поїдає худоба. Вегетаційний період становить 80–105 днів. Вирощують переважно на зелений корм і сіно в сумішах з вівсом, ячменем, суданською травою, кукурудзою, сорго чи соняшником. Вона є добрим попередником під озимі. Сходи з'являються на шостий-восьмий день після сівби. Через п'ять-шість днів після появи сходів починається розгалужування з утворенням бічних стебел. Цвітіння розтягнуте майже до місяця, починається через 35–50 днів після появи сходів. Добре відростає в отаві, якщо скошувати до цвітіння на висоті понад 6 см.

Найбільш поширеною у виробництві є вико-вівсяна суміш на зелений корм, яка забезпечує врожайність зеленої маси до 25–30 т/га, сіна – 5–6 т/га.

Попередники – озимі і ярі зернові та просапні (картопля, буряки цукрові, кукурудза). Норма висіву: вики – 110–140, вівса – 50−60 кг/га. Спосіб сівби – звичайний рядковий. Рядкове удобрення $P_{20}K_{20}$ підвищує врожайність насіння на 25-30 %.

Скошування суміші на зелений корм і сіно проводять під час цвітіння вики.

Вика озима. Поширено два види вики озимої: вика волохата і вика паннонська, яка за поживністю не поступається виці ярій. Висівають у сумішах з пшеницею озимою та житом озимим. Врожайність зеленої маси у сумішах з житом та пшеницею – 15–20 т/га, сіна – 4–6 т/га.

Вика волохата світлолюбна, досить стійка проти понижених температур культура. До ґрунту невибаглива, витримує морози до -18 °С. Вика паннонська менш зимостійка, але посухостійкіша. Весняне підживлення $N_{20}P_{45}K_{45}$ значно підвищує врожайність зеленої маси.

На насіння вику озиму, як і на зелений корм, вирощують у сумішах з озимими житом і пшеницею. Остання менш пригнічує вику, ніж жито. Залежно від погодних умов та рівня забезпечення вологою оптимальні строки сівби у Лісостепу – кінець серпня−початок вересня. Норми висівання вики близько 50 кг/га (1,1 млн шт./га) й озимих злакових – 90−100 кг/га (0,6 млн шт./га) насінин. Внесення під оранку $P_{45}K_{45}$ підвищує продуктивність сумішей на 10–15 %. Обробка насіння вики перед сівбою молібденовокислим амонієм також значно впливає на підвищення врожайності зеленої маси та насіння.

Збирають насіння роздільним способом, під час побуріння нижніх і половини середніх бобів. Запізнення із збиранням викликає значні втрати, плоди розтріскуються і насіння осипається.

Горох посівний, горох польовий (пелюшку), чину посівну в кормовиробництві використовують на зерно, зелену масу, сіно, солому.

Кращими попередниками для цих культур є пшениця озима, буряки цукрові, картопля, кукурудза. Сприяє підвищенню продуктивності кормової маси внесення добрив у дозах $N_{15\text{-}20}P_{45\text{-}60}$ або $K_{45\text{-}60}$, а також передпосівна обробка насіння нітрагіном і молібденовокислим амонієм (15–20 г на 0,1 т насіння).

Норма висіву становить 1–1,2 млн насінин на гектар. Висівають на глибину 5-6 на легких і 3–4 см на важких ґрунтах. Збирання врожаю на зерно проводять за пожовтіння 60–70 % бобів гороху і достигання більшості плодів чини роздільним способом.

На зелений корм і сіно горох посівний, горох польовий і чину вирощують переважно в сумішах з вівсом, ячменем, суданською травою, соняшником,

кукурудзою, гірчицею. За строками використання на зелений корм найбільш ранніми є суміші з горохом посівним і чиною, більш пізніми – з горохом польовим. Суміші зазначених культур із злаками висівають у таких співвідношеннях: бобової культури – 65–75 % і злакового компонента – 60–50 % від повної норми висіву в одновидових посівах. Орієнтовні травосуміші можуть бути у такому складі: горох – 180–200 кг/га + овес або ячмінь – 60–70 кг/га; чина – 140–160 кг/га + овес – 30 кг, або ячмінь – 40-50 кг.

Суміші гороху, пелюшки або чини з хрестоцвітими можуть бути такими: бобовий компонент – 1,2–1,3 млн шт./га + гірчиця або ріпак ярий 0,5 млн шт./га.

Кормовий люпин. Кормовим вважається люпин з вмістом алкалоїдів до 0,1 %. Тваринам згодовують зелену масу, силос, зерно, трав'яне борошно. Використовують у кормовиробництві люпин жовтий, вузьколистий і білий. Вирощують в основних (весняних), післяукісних і післяжнивних проміжних чистих і сумісних посівах.

Врожайність зеленої маси дуже нестала, залежить від багатьох чинників і коливається від 20 до 60 т/га. У 100 кг зеленої маси міститься 10,7–11,5 кормових одиниць, 2,8–3 кг сирого протеїну.

Кормовий люпин на зелену масу вирощують у кормових і польових сівозмінах, у чистих і сумісних основних весняних, а також післяукісних і ранніх післяжнивних посівах. Можна підсівати під озимі і ярі культури. Кращі попередники – просапні, озимі і ярі зернові.

Люпин підсівають навесні під озимі дисковою сівалкою на глибину 2–3 см. Норма висіву насіння – 80–120 кг/га. Після використання зеленої маси жита люпин продовжує рости і його скошують залежно від призначення: на зелений корм – у фазі цвітіння, на силос – під час масового утворення плодиків. У міжряддя кукурудзи люпин всівають після другого міжрядного обробітку. Збирають на силос одночасно з кукурудзою. Врожайність зеленої маси становить 10–15 т/га, збір сирого протеїну – 0,25–0,37 т/га. Обробіток ґрунту такий самий, як і під інші ранні ярі. За повторних посівів проводять оранку, боронування і прикочування. Під зяблеву оранку вносять $P_{30-45}K_{45-60}$.

Перед сівбою насіння обов'язково обробляють нітрагіном. На зелений корм у системі зеленого конвеєра його доцільно висівати у 3-4 строки з інтервалом через 15−20 днів. Перший строк сівби – через 6−8 днів від початку сівби ранніх ярих. Норма висіву люпину жовтого в чистих посівах за способу сівби з міжряддями 7,5–15 см – 1,2–1,5 млн. насінин, синього – 1–1,2, білого – 0,9–1,1

млн насінин на гектар. На силос сіють широкорядним способом з міжряддями 45 см. Норми висіву в травосумішах (кг/га): люпин – 120−125 + овес – 40–50; люпин – 120 + кукурудза – 30–40; люпин – 120–160 + овес – 40. Співвідношення при збиранні на зелений корм за кількістю насінин кукурудзи і люпину як 2:3. Глибина загортання насіння: на піщаних ґрунтах 3–4 см, на суглинистих 2–3 см. Догляд за посівами складається з післяпосівного коткування та боронування до появи сходів.

Збирання врожаю на зелений корм проводять у період від фази бутонізації до повного цвітіння, на силос – від повного цвітіння до утворення в нижньому ярусі плодиків. Другий укіс частіше приорюють на сидерацію.

Соя. На корм використовують зелену масу, трав'яне борошно, шрот (макуху). Врожайність зеленої маси становить 15–30 т/га. В 100 кг зеленої маси міститься 17,5–21,7 кормових одиниць та 4,6–5,3 кг сирого протеїну [7–12].

Попередники – озимі зернові, просапні (буряки цукрові, картопля). На зелений корм і силос розміщують у полі однорічних трав. Навесні до сівби проводять 2–3 культивації з боронуванням. Осіння підготовка ґрунту подібна підготовці для сівби ярих кормових культур.

Під сою доцільно вносити такі середні дози добрив на 1 га: під зяблеву оранку – гною 10–15 т і P_{25-40}; під час сівби – в рядки $N_{10-15}P_{15}K_{10-15}$. Перед сівбою насіння сої обробляють нітрагіном. Сіють, коли ґрунт на глибині 10 см прогріється на 10–12 °С. Ширина міжрядь може бути різною – від 15 до 60 см. Глибина загортання насіння сої – 3–5 см, на сухих і легких ґрунтах – до 8 см.

На кормові цілі сою сіють переважно у сумісних посівах з кукурудзою у співвідношеннях насіння відповідно як 1:1,5 або 1:2.

Догляд за посівами полягає у прикочуванні після сівби, боронуванні до сходів і після їх появи впоперек рядків у денні години.

Боби кормові. Для кормових потреб використовують дрібно- і середньонасінні сорти. Врожайність зеленої маси – 20–35 т/га. В 100 кг зеленої маси міститься в середньому 16 кормових одиниць, 3,7 кг сирого протеїну, силосу кукурудзи з бобами – відповідно 12,2 і 2,4 кг.

Насіння проростає за 3–4 °С. Рослини витримують приморозки до мінус 4–6° С. Вегетаційний період у середньостиглих сортів – 105–120 днів.

Кращі попередники – озимі та просапні. Обробіток ґрунту, як і під інші ярі зернові й бобові культури.

Під зяблеву оранку чи навесні під культивацію вносять N_{15-20} P_{45-60} K_{45-60}. Насіння завчасно перед сівбою обробляють молібденовокислим амонієм та в

день сівби нітрагіном. Сіють рано навесні на глибину 5–8 см з шириною міжрядь – 45–60 см та нормою висіву – 0,4−0,6 млн насінин на гектар.

У сумісних посівах з кукурудзою на силос висівають з розрахунку дві насінини бобів кормових на одну насінину кукурудзи, або черезрядно – два рядки кукурудзи – один рядок бобів, або черезсмужно – дві смуги кукурудзи, одна – бобів. Важливим елементом догляду за посівами є боронування до появи сходів і по сходах.

Кормові культури родини капустяних. Культури родини капустяних є цінними кормовими культурами, а також добрими фітосанітарами ґрунту. При використанні на кормові цілі характеризуються переважно високою продуктивністю та поживністю зеленої маси [7, 9, 12].

Ріпак озимий може давати високу врожайність зеленої маси залежно від строків сівби з ранньої весни до пізньої осені. Від ранніх фаз до кінця бутонізації, цвітіння і навіть до початку плодоношення добре поїдається великою рогатою худобою, свинями, вівцями, птицею. Значно підвищує молочну та м'ясну продуктивність тварин і несучість птиці. Врожайність зеленої маси, яку використовують на зелений корм, у тому числі для випасання худоби, трав'яне борошно, силос, залежно від екологічних умов та доз добрив коливається в межах від 15 до 60 т/га з вмістом сирого протеїну від 2,6 до 4,0%. Відростає отава після скошування або спасування. Ранньовесняні посіви, зібрані у липні, можуть дати високу врожайність отави в серпні-вересні. Забезпечується другий укіс навесні на посівах, що були використані восени. Кормова стиглість першого року настає через 65–90 днів після сівби, навесні – через 30−45 днів після відновлення вегетації.

Посіяний навесні, влітку або восени ріпак, до проходження яровизації лише вкорінюється і на вкороченому стеблі утворює розетку листків. Квітконосні пагони виростають навесні наступного року. Вологолюбний, вимогливий до забезпечення ґрунту поживними речовинами. Холодостійкий – насіння проростає за 3–4 °С. Взимку під снігом витримує до мінус 25−30 °С. Посіви можуть загинути взимку від низьких температур за відсутності снігу, різких змін погоди навесні та внаслідок випрівання під снігом.

На зелений корм вирощують у післяукісних, післяжнивних і озимих проміжних посівах. Кращі попередники: озимі і ярі злаково-бобові на зелений корм, горох на зерно, пшениця озима, просапні.

Основна підготовка ґрунту перед сівбою не відрізняється від інших озимих, але потрібен дбайливий передпосівний обробіток. Добре використовує

високі дози органічних і мінеральних добрив. Під оранку вносять $N_{60}P_{60}K_{90}$. На площах, призначених до використання восени, збільшують кількість азоту. На посівах, що залишають на зелену масу навесні і на насіння, перевагу надають фосфору і калію. Вони підвищують зимостійкість рослин. Інтенсивне наростання зеленої маси навесні стимулюють підживленням азотними добривами.



Рис. 11.1. Суміш жита озимого з горошком паннонським у проміжних посівах

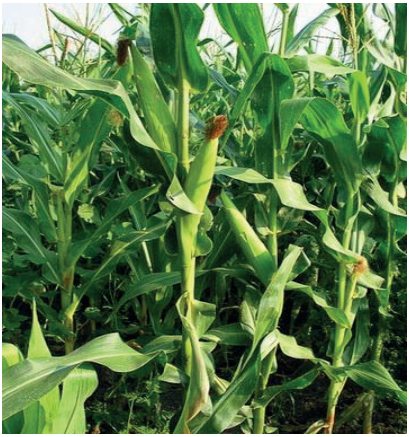


Рис. 11.2. Кукурудза на силос



Рис. 11.3. Редька олійна на зелений корм



Рис. 11.4. Гірчиця біла на зелений корм

Для використання восени потрібно сіяти в кінці липня – на початку

серпня; для скошування і випасання навесні – за два тижні до оптимальних строків сівби пшениці озимої.

Найбільш поширені способи сівби на зелений корм – звичайний рядковий на 15 см і широкорядний на 45 см. Насіння сіють на глибину 2-4 см. Норма висіву за широкорядної сівби 1,2-1,5 млн шт./га (7-8 кг), за звичайної рядкової – близько 2 млн шт./га, що становить 10−12 кг/га. У сумішах (кг/га): ріпаку 8−10 + вики озимої – 30-40 або жита – 70-90. Під час сівби зерновими сівалками в чистому вигляді насіння ріпаку змішують з баластом у співвідношенні 1:2 або 1:3.

Залежно від щільності ріллі і наявності вологи застосовують перед- і післяпосівне, або лише одне прикочування площі після сівби. Найпоширеніші на посівах ріпаку озимого шкідники – блішки, ріпаковий трач, квіткогриз ріпаковий і інші – знищують загальноприйнятими отрутохімікатами з дотриманням заходів безпеки для людей, тварин і бджіл.

Ріпак ярий (кольза). На зелений корм вирощують переважно в післяукісних і післяжнивних сумісних посівах з горохом, пелюшкою, чиною, викою. До повної норми висіву бобових додають 2–3 кг/га ріпаку. У чистих посівах висівають 10−12 кг/га. Підготовка ґрунту така сама як і для ярих зернових культур.

Гірчиця біла. Ця кормова культура, як найпоширеніша поміж гірчиць, є ефективним фітосанітаром, адже запобігає розповсюдженню в ґрунті інфекції кореневих гнилей (тому вважається добрим попередником для зернових культур), не допускає розмноження попелиці, пригнічує розвиток нематоди. За рахунок кореневих виділень зменшує забур'яненість не тільки однорічними бур'янами, але і багаторічними, особливо пирієм. Це рослина довгого дня з вегетаційним періодом 70−90 днів. Характеризується високою посухостійкістю. Найкраще росте на ґрунтах середнього гранулометричного складу з нейтральною реакцією. Гірчиця засвоює фосфор та калій із важкорозчинних сполук, тому за вирощування на корм чи сидерат можна обмежитися внесенням 30−40 кг/га азоту.

Згодовувати зелену масу можна у період від початку бутонізації до повного цвітіння – на 35−40-й день від з'явлення сходів; після утворення стручків поїдання різко погіршується через нагромадження глікозидів. У 100 кг зеленої маси гірчиці білої міститься 12–14 кормових одиниць із забезпеченістю 170−180 г перетравного протеїну.

Суріпиця озима – пластична рослина. Холодо- і зимостійкіша порівняно з ріпаком. Технологія вирощування на кормові цілі подібна до технології

вирощування ріпаку озимого.

Суріпиця яра за зовнішніми ознаками не відрізняється від озимої. Втім для ярих форм умови вегетації завжди гірші, тому в ідентичних умовах вони поступаються перед озимими за врожайністю вегетативної маси і насіння. Технологія вирощування на кормові цілі подібна до технології вирощування ріпаку ярого.

Редька посівна як цінна кормова культура для вирощування в сумішах із однорічними злаками поширення набула з 70 років XX ст. Районовані вітчизняні сорти Райдуга та Либідь.

Це однорічна високопродуктивна (у сумішах 25–30 т/га і більше зеленої маси) з високим вмістом сирого протеїну (20–23 % в розрахунку на суху речовину) з дуже коротким вегетаційним періодом (збиральна стиглість на зелений корм настає через 40–45 днів після сівби), холодостійка (витримує температуру мінус 6–8 ºС, пластична, вологолюбна, вибаглива до ґрунту та вмісту поживних речовин культура. Смакові якості зеленої маси в одновидових посівах задовільні, у сумісних посівах добрі. На зелений корм успішно можна використовувати від ранньої весни до пізньої осені в сумісних, післяукісних і післяжнивних посівах з вівсом, кукурудзою, сорго. Зелену масу одновидових посівів краще використовувати для виготовлення силосу.

Технологія вирощування подібна до гірчиці білої. Норма висіву за суцільного рядкового способу сівби в монокультурі – 20–25 кг/га насіння, в сумішах – як високонкурентної редьки олійної 50 % від повної норми в одновидових посівах (10 кг/га) і повної норми злакового компонента (вівса 120–140, кукурудзи – 60–80 і сорго – 20–25 кг/га). Потребує внесення мінеральних добрив з розрахунку на заплановану продуктивність відповідно до виносу поживних речовин. Глибина загортання насіння – близько 2 см. Зелену масу доцільно використати до утворення бобів. У пізніші терміни і смакові якості і поживність зеленого корму різко погіршуються.

11.2. Поліпшення й використання природних кормових угідь

Природні кормові угіддя на сьогодні є важливим джерелом надходження кормів, яким за дешевизною немає альтернативи. Собівартість кормів, вироблених на природних сіножатях і пасовищах, у декілька разів нижча, ніж на сіяних кормових культурах [1, 3, 4].

За сучасних умов господарювання значну увагу слід приділити поліпшенню

природних кормових угідь, які нині в Лісостепу займають площу понад 1,6 млн га. Через низьку їх продуктивність та незначну частку у структурі раціонів молочної і м'ясної худоби на них припадає лише 5–8 %, тим часом як у країнах з розвинутим сектором аграрного виробництва – 40−45 %. Незадовільний сучасний стан природних кормових угідь, який обумовлений надмірним їх розорюванням та виродженням травостоїв через нерегульоване безсистемне пасовищне використання, недостатнє внесення добрив і проведення заходів із збагачення угідь цінними видами, не дозволяє забезпечити худобу зеленими кормами в літньо-осінній період. В цей період зелена маса надходить з післяукісних і післяжнивних посівів однорічних кормових культур і їх сумішок, останніх укосів багаторічних трав. Все це не дає в повній мірі виконувати ними належну кормовиробничу й природоохоронну функції. В основі заходів докорінного і поверхневого поліпшення й використання природних кормових угідь повинні бути енергозберігаючі природоохоронні технології за такими напрямами [4]:

– збільшення їх площі за рахунок вилучення з інтенсивного обробітку земель, розмішених переважно в ерозійно небезпечній зоні агроландшафтів;

– поліпшення їх видового й сортового складу шляхом збагачення травостоїв цінними лучними травами, які адаптовані до певних екологічних умов;

– раціональне удобрення з урахуванням забезпеченості грунту азотом, фосфором і калієм та ширшим застосуванням симбіотичного азоту бобових трав;

– системне використання травостоїв з урахуванням цільового їх призначення, екологічних умов та видового складу.

Поверхневе поліпшення. Цей захід проводять на чистих площах або вкритих чагарниками та купинами не більше 15–20 %, де в травостої міститься не менше 30-40% цінних злакових і бобових трав, а кількість бур'янів і малоцінного різнотрав'я не перевищує 25–30 %. Після знищення чагарників, купин та бур'янів підсівають трави та вносять мінеральні добрива. Трави, переважно бобові, підсівають дисковими сівалками рано навесні в нормі 6-–12 кг/га, а влітку – в період інтенсивного випадання атмосферних опадів або при зрошенні. Підсівання насіння бобових трав проводять сівалками з дисковими сошниками у непорушену дернину або комбінованими агрегатами з одночасним частковим (смуговим) порушенням дернини та внесенням добрив. Кращі наслідки забезпечує підсівання дисковою сівалкою у попередньо порушену дернину шляхом дискування чи фрезування. З метою послаблення конкурентної здатності старого травостою в рік сівби його скошують у фазі трубкування-початок

колосіння або ж випасають худобою.

Більшість ґрунтів під природними кормовими угіддями хоч і характеризуються високою потенційною родючістю, проте відрізняються низьким вмістом рухомих форм основних поживних речовин і тому потребують щорічного удобрення. Ефективність їх застосування на лучних угіддях є досить високою (табл.).

На злакових травостоях у найбільшому дефіциті є азот, який вносять у складі повного мінерального добрива. Тут, залежно від запланованої продуктивності та екологічних умов, сумарні за рік дози азоту можуть бути в межах від 30 до 180 кг/га з роздрібним внесенням високої дози його за циклами використання. Разова доза азоту під один цикл використання не повинна перевищувати 60 кг/га. На вологозабезпечених луках найбільш економічно та екологічно виправданою дозою азоту є $N_{120-140}$ за співвідношенням N : P : K у Центральному Лісостепу та на луках за тривалого затоплення як 1 : 0,3-0,7 : 1, Південно-Східному Лісостепу – 1 : 0,3–0,75 : 0,3–0,6, на засолених луках – 1 : 0,5 : 0–0,5.

Ефективність мінеральних добрив (NPK) на лучних угіддях Лісостепу
(узагальнені дані)

Добрива	Урожай сухої маси, т/га	Приріст урожаю, т/га	Оплата 1 кг урожаєм сухої маси, кг	Витрати NPK добрив на 1 т валового урожаю, кг	Витрати NPK добрив на 1 т приросту врожаю, кг
Без добрив	3,83	-	-	-	-
$N_{55}P_{50}K_{50}$	5,86	2,03	13,9	25	72
$N_{110}P_{50}K_{70}$	6,93	3,10	13,0	34	77
$N_{205}P_{80}K_{90}$	7,66	3,83	9,7	51	103

На добре розкладених низинних торфовищах застосовують переважно калійні добрива з розрахунку 90–120 кг/га поживних речовин, а при потребі і фосфорні – по 20–40 кг/га. На слабомінералізованих торфовищах, особливо тих, що використовуються під випас злакові травостої підживлюють також азотними добривами з розрахунку по 45–60 кг/га поживних речовин.

Для уточнення доз азоту, фосфору або калію добрив для умов різного забезпечення ґрунту основними поживними речовинами на заплановану середнього рівня продуктивність лучного угіддя застосовують балансово-

розрахунковий метод.

На бобово-злакових травостоях із вмістом бобових понад 20–25% азотні добрива не вносять. Це обумвлено тим, що багаторічні бобові трави, залежно від їх кількості у складі бобово-злакових травостоїв, здатні нагромаджувати від 50 до 200 кг/га симбіотичного азоту, тобто замінювати внесення на злаковий травостій таку ж кількість азоту добрив. Фосфор і калій не вносять на ґрунтах, які характеризуються високим забезпеченням рухомими формами цих елементів. Обов'язковим заходом поліпшення сіножатей і пасовищ на кислих ґрунтах є вапнування, а на засолених – гіпсування.

Докорінне поліпшення. Його проводять насамперед на сіножатях і пасовищах із виродженим травостоєм, які не можна поліпшити поверхнево. При цьому залуження проводять безпосередньо по пласту лучної дернини (на недостатньо осушених та з розвинутими процесами ерозії луках і пасовищах) або після вирощування попередніх однорічних культур протягом 2–4 років у системі лучних сівозмін чи поза ними. Воно передбачає знищення старого і створення нового високоврожайного травостою шляхом проведення комплексу робіт, куди входять перед проведенням агротехнічних заходів (вапнування кислих чи гіпсування солонцюватих або засолених ґрунтів, удобрення, добір і сівба трав та травосумішок або попередніх культур, догляд за створеним травостоєм) за необхідності й культуртехнічні (розчищення від деревини та іншої рослинності, знищення купин, первинний обробіток ґрунту) і гідротехнічні (осушення, зрошення, ремонт меліоративної системи) заходи.

Система обробітку ґрунту за докорінного поліпшення залежить від типів лук. На сіножатях і пасовищах із міцною дерниною основний обробіток проводять шляхом її дискування з наступною оранкою на 20−22 см і дискуванням ріллі. На незаболочених луках і на добре розкладених торфовищах обробіток ґрунту можна проводити важкими дисковими боронами в 2–3 сліди. Дискування до «чорного стану» або фрезування проводять також на угіддях із неглибоким гумусовим горизонтом. На вибитих лучних угіддях, що мають неміцну дернину, застосовують звичайну оранку з розробкою ріллі дисковими боронами. Передпосівний обробіток ґрунту за прискореного залуження проводять дисковою бороною в агрегаті з зубовими важкими боронами або фрезами з наступним прикочуванням кільчасто-шпоровими котками. Після вирощування попередніх культур та при залуженні виведених із ріллі земель передпосівний обробіток ґрунту можна проводити з використанням культиваторів суцільної дії в агрегаті з боронами і котками або комбінованих агрегатів типу «Європак».

Перед основним обробітком ґрунту за залуження доцільно внести фосфорні і калійні добрива у дозі $P_{30}K_{60}$, а на бідних на поживні речовини ґрунтах ще й азотні у дозі N_{30} або органічні добрива (гній чи торфогноєвий компост у дозах 10-20 т/га або рідкий гній в дозі, еквівалентній азоту N_{30-50}).

Якщо трави висівають після однорічних культур, органічні добрива вносять під попередник. Органічні добрива можна частково замінити заорюванням сидеральних, краще капустяних культур. Сидеральні добрива за ефективністю прирівнюються до гною в дозі 30 т/га.

Під час добору компонентів до травосумішок враховують екологічні умови місцезростання, біологічні особливості і ценотичну активність лучних трав та агротехнічні умови догляду, удобрення та використання травостоїв. Із метою максимального використання позитивної ролі бобових трав як дешевого джерела накопичення симбіотичного азоту для живлення рослин на всіх типах природних кормових угідь, за винятком перезволожених та з дуже кислими ґрунтами, передбачають створення сіяних бобово-злакових травостоїв із включенням до травосумішок 3–5 компонентів, у тому числі 1-2 види бобових трав із загальною нормою висіву насіння 26–30 кг/га. Залежно від екологічних умов та режиму удобрення і використання лукопасовищних угідь для включення до сумішок можна використовувати тимофіївку лучну, кострицю лучну, червону чи тростинну, грястицю збірну, стоколос безостий, лисохвіст лучний, очеретянку звичайну, пажитницю багаторічну, тонконіг лучний і болотний, мітлицю велетенську, конюшину лучну, гібридну чи повзучу, люцерну посівну чи жовту, лядвенець рогатий, еспарцет піщаний.

На вологих луках і осушених торфовищах висівають тимофіївку лучну, на перезволожених – очеретянку звичайну, а на сухих луках, зокрема на схилах, – люцерну посівну чи еспарцет піщаний, а на засолених – як фітомеліорант – буркун білий в чистому виді. На засолених заплавних і низинних луках лівобережжя як бобовий компонент використовують люцерну жовту чи лядвенець рогатий, на кислих – конюшину гібридну або конюшину повзучу, краще високорослих сортів типу Ювілейна чи Гігант білий.

Підвищення у травостоях стійкості бобових у бобово-злакових травостоях передбачає застосування роздільнорядкового чи роздільно-смугового способу розміщення у ньому злакових і бобових компонентів (із шириною міжрядь чи смуг 10–30 см). Щоб не перезалужувати вихідні бобово-злакові травостої при випаданні чи зменшенні в них кількості бобових до 20–25 % і зберегти на високому рівні його продуктивність, вносять азотні добрива або рано навесні у

вологий ґрунт підсівають бобові трави, замінюючи бобовий компонент на інший вид.

Для сінокісного використання на луках із незасоленими та некислими ґрунтами висівають такі орієнтовні травосуміші з нормою висіву насіння першого класу, кг/га: конюшина лучна або люцерна посівна (8–10) + тимофіївка лучна (8) + костриця лучна (10) + стоколос безостий (14); на перезволожених луках з рівнем ґрунтових вод близько 50 см: конюшина гібридна (5) + тимофіївка лучна (8) + очеретянка звичайна (7); на сухих і вологих заплавних і низинних солончакуватих і солонцюватих ґрунтах південного і східного Лісостепу – лядвенець рогатий (4) чи люцерна жовта (6) або люцерна посівна (8) + стоколос безостий (12) + костриця лучна або східна (10), на сирих засолених луках – костриця східна (10) + лисохвіст (китник) тростиновий (10).

Конвеєрне надходження зеленої маси без зниження її якості забезпечують шляхом створення різночасних за скоростиглістю травостої. Ранні травостої створюють з домінуванням грястиці збірної, а на низинних луках – і лисохвосту лучного, ранньостиглих сортів конюшини повзучої чи лядвенцю рогатого, середні – із стоколосу безостого, костриці лучної або східної, конюшини лучної або гібридної чи ранньостиглих сортів люцерни посівної; пізні – із тимофіївки лучної і мітлиці велетенської, люцерни посівної чи пізньостиглих сортів конюшини лучної. Домінування у різностиглих травостоях ранньо-, середньо- чи пізньостиглих компонентів досягають шляхом збільшення їх норми висіву у травосумішках та обов'язковим виключенням із складу пізньо- і середньостиглих сумішей видів з більш раннім настанням у них стиглості. Скошування таких травосумішок забезпечує безперервне надходження зеленого корму до 120–140 днів (з 15 травня по 15 жовтня). Ранні та пізні травосумішки повинні займати по 25–30 % кожна, середні – 40–50.

Інокуляція насіння бобових трав перед сівбою є необхідним агрозаходом. На бобово-злакових травосумішках доцільне сумісне застосування двох препаратів – ризоторфіну для бобових і діазобактерину для злакових трав. Ефективність бактеріальної інокуляції насіння трав підвищується за додаткового застосування біостимуляторів росту рослин типу емістим С, триман. Рано навесні трави висівають під покрив однорічних культур, які вирощують на зелений корм, сіно, сінаж, а влітку – безпокривно. Бобово-злакові травосумішки висівають не пізніше 10 серпня, а злакові – 20 серпня.

Кращими покривними культурами для весняної сівби є овес, ячмінь, вико- і горохо-вівсяні суміші на зелену масу та сіно, а в районах достатнього зволоження

і пажитниця однорічна з невеликою нормою висіву (7-8 кг/га). Норму висіву покривних культур зменшують на третину.

Лучні трави краще висівати сівалками точного висіву або зерно-трав'яними сівалками СЗТ-3,6 та ін. За сівби під покрив крупне насіння (стоколос безостий, костриця лучна чи східна) змішують із насінням покривних культур, а дрібне висівають із трав'яного ящика в міжряддя покривної культури та крупнонасінних трав.

Дрібне насіння злаків і бобових трав на важких ґрунтах висівають на глибину 0,5 см, на супіщаних і середньосуглинистих ґрунтах – до 1,5–2 см, а крупнонасінних злаків – на глибину 1,5–3 см.

Слідом за сівбою трав ґрунт прикочують на торфовищах – важкими водоналивними, а на мінеральних ґрунтах – зубчатими чи кільчасто-шпоровими котками.

На безпокривних посівах у рік сівби бур'яни підкошують на висоті 6−8 см, а на підпокривних – своєчасно збирають покривну культуру.

У роки користування докорінно поліпшених чи відтворених на орних землях шляхом залуження лук обов'язковою умовою підтримання їх продуктивності та якості корму на достатньому рівні є їх удобрення, як невід'ємний захід, що щороку застосовується за поверхневого поліпшення.

Створення і використання культурних пасовищ. У літній період найефективнішим способом годівлі молочної і м'ясної худоби є утримання її на культурних пасовищах. Пасовищний корм є найбільш збалансованим, повноцінним і дешевим. Собівартість 1 корм. од. його в 1,2–2 рази нижча, ніж скошеної зеленої маси багаторічних трав і в 10 – ніж кормових коренеплодів. Порівняно зі стійловим утриманням великої рогатої худоби при використанні пасовищ зменшуються в 2,5 раза затрати праці, а також витрати зерна на одержання тваринницької продукції. За дотримання науково обґрунтованих технологій створення і раціонального використання культурні пасовища забезпечують вихід з 1 га 50–60 ц кормових одиниць в умовах природного зволоження і 80–100 ц – за зрошення. За достатньої кількості трави на пасовищі худоба не потребує додаткової підгодівлі іншими кормами (крім балансування мінерального складу та цукро-протеїнового співвідношення корму додаванням до раціону, відповідно, кухонної солі та меляси). Підгодовують концентратами лише корів з надоями понад 20 кг молока на добу.

Пасовищними кормами має бути забезпечено, насамперед, поголів'я м'ясного напряму. Для цього успішно можуть бути використані малопродуктивні

лукопасовищні вгіддя з продуктивністю 5,0–7,0 т/га зеленої маси, зокрема ті, які відтворені на колишніх орних землях шляхом самозаростання або застосування вороху насіннєвих сумішок, зібраних на природних травостоях, в яких переважають цінні адаптовані до певних екологічних умов види лучних трав.

Для дійних корів, які порівняно з м'ясними породами вибагливіші до кількості й якості кормів, необхідно створювати культурні пасовища переважно інтенсивного типу із сіяних трав продуктивністю 20,0–22,0 т/га зеленої маси, із застосуванням оптимальних доз мінеральних добрив та дрібнозагінної чи порційної системи випасання, а в місцях з наявними водними джерелами (річки, ставки, озера) та рівним рельєфом для одержання з 1 га 30,0–35,0 т і більше зеленої маси – й зрошення.

Культурні пасовища доцільно створювати на достатньо родючих і забезпечених вологою суходільних, заплавних і низинних луках та на добре осушених торфовищах із рівнем ґрунтових вод не вище 70–80 см від поверхні ґрунту. Можна їх створювати й на угіддях, виведених із ріллі під луки й пасовища, насамперед на добре зволожених або й на еродованих пологосхилових землях.

Для створення культурних пасовищ застосовують такі самі заходи докорінного і поверхневого поліпшення природних чи старосіяних лук, як указано вище. Одним із основних заходів підтримання високої продуктивності і довголіття пасовищ є їх удобрення. На пасовищах порівняно з сінокосами дози добрив дещо вищі. В умовах доброго зволоження у поєднанні з внесенням фосфорних і калійних добрив на злакові травостої вносять N_{180} (по 45 кг/га під кожний цикл випасання), а за зрошення – N_{240} (по N_{60} під кожний цикл випасання).

За залуження висівають такі самі травосуміші, що й на сіножатях (крім костриці східної), але до складу їх на вологозабезпечених угіддях чи за зрошення додатково включають конюшину повзучу чи лядвенець рогатий (3-4 кг/га). Для підвищення щільності й отавності травостоїв та стійкості до інтенсивного використання і витоптування худобою доцільно травосумішки доповнювати низовими злаками – кострицею червоною (скрізь), або тонконогом лучним (на вологих луках), або житняком гребінчатим (на схилах) із нормою висіву насіння 3–5 кг/га.

У східній частині Лісостепу на заливних луках і осушених торфовищах, період затоплення яких у весняний період сягає до 10 днів, орієнтовний склад травосумішки та норма висіву насіння компонентів такі (в кг/га): конюшина

повзуча (4) + конюшина лучна (5) + костриця лучна (8) + стоколос безостий (10) + тимофіївка лучна (6); у західній – на луках різних типів і польових землях: конюшина повзуча (4) + лядвенець рогатий (4) + пажитниця багаторічна (12) + костриця лучна (8).

Рівномірне безперервне надходження зеленого корму протягом пасовищного періоду досягається шляхом створення, за участю низових трав різностиглих травостоїв, скошування в різні фази вегетації невикористаного травостою, диференційоване внесення азотних добрив, використання отав сіножатей.

Застосування трьох різностиглих травосумішок на одному й тому самому пасовищі без зниження врожаю та погіршення якості корму продовжує оптимальний період випасання в кожному циклі 2–2,5 раза, а тривалість пасовищного періоду – до 150–170 днів.

Для продовження пасовищного конвеєра до 200−220 днів, зокрема у ранньовесняний період на 14–16 днів, використовують проміжні сумісні посіви озимого жита і пшениці з озимим ріпаком чи суріпицею, а в пізньоосінній на 45–55 днів – і сумішки вівса з капустяними або лучні травостої з резервних загонів пасовища.

Доведена можливість продовження пасовищного періоду в осінній час аж до випадання снігу лише на основі багаторічних трав. Для останнього пасовищного використання в пізньоосінній період аж до випадання снігу траві в резервних загонах дають відпочинок на 40−50 і більше днів для відростання отави з 15 липня, 1 серпня, а подекуди й 15 серпня. Використання для пізньоосіннього стравлювання багаторічних травостоїв порівняно з однорічними та озимими культурами істотно знижує собівартість корму та за рахунок збільшення вмісту сухої речовини поліпшує його якість.

Для підвищення стійкості трав у резервних загонах використання лучного травостою проводять із зміною за роками пізнього останнього стравлювання з раннім. У пізній осінній період, коли вже значно похолодає у резервних загонах, особливо для худоби м’ясного напрямку та овець, для стравлювання можна використовувати й кострицю східну, яка в цей період успішно поїдається.

Високу продуктивність і довголіття травостою забезпечує раціональне системне використання культурних пасовищ у пасовищезміні, яке включає загінну систему випасання, чергування пасовищного й укісного використання, оптимальне навантаження і щільність поголів'я на одиницю площі пасовищ, строки початку та закінчення випасання навесні та восени, а також

систематичний догляд.

Випасання худоби починають як тільки підсохне ґрунт, а травостій досягне висоти 12–15 см. Худобу на пасовищне утримання переводять поступово з урахуванням стану тварин, складу травостою, погодних умов тощо. Закінчувати 1-й цикл стравлювання та скошування надлишку трави на початку колосіння злаків чи бутонізації бобових. Наступні стравлювання проводять при висоті травостою 20–25 см. Усього на пасовищі без зрошення проводять 3–5, а при зрошенні – 4–6 циклів використання за сезон. Закінчують випасання худоби на пасовищі з багаторічних трав (за винятком резервних загонів) у першій половині жовтня, тобто за три тижні до закінчення вегетаційного періоду.

Громадські пасовища. Створюють їх шляхом докорінного та поверхневого поліпшення кормових угідь на територіях поблизу села й використовують як для випасання, так і для заготівлі кормів підсобними селянськими господарствами. Нормативно-правова база, їх організація та матеріальні ресурси, у тому числі насіння, мінеральні добрива та технічні засоби, забезпечуються переважно на основі кооперації власників підсобних господарств під керівництвом територіальних ґромад.

Насамперед поліпшуються суходільні луки на пологих схилах, такі що затоплюються на короткий час, та низинні луки, які незаболочені та не вкриті чагарником і можуть бути освоєні на основі науково обґрунтованих маловитратних технологій та правильно підібраних травосумішок з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та сумісності компонентів. Для залуження висівають такі ж травосумішки, які наведені вище.

Залуження схилових земель. Комплекс заходів із докорінного та поверхневого поліпшення природних кормових угідь на схилових землях, залуження малопродуктивних земель, що виводяться з обробітку, залежать від ґрунтово-кліматичних умов, господарського призначення ділянки, її розташування та екологічної ролі в агроландшафті. Землі на схилах $3–5^0$ використовують здебільшого під інтенсивні пасовища і сіножаті, $5–7^0$ – під сіножаті і під постійні пасовища з поліпшеним травостоєм, понад $7–12^0$ – під постійні природні пасовища та заліснення.

На схилових землях крутизною $3–9^0$ застосовують інтенсивне ведення лукопасовищного господарства, яке базується на докорінному поліпшенні лук, своєчасному перезалуженні з використанням кращих районованих видів і сортів багаторічних трав, систематичному удобренні, запровадженні раціональної системи використання сіножатей і пасовищ із застосуванням загінної чи

порційної системи випасання, а також резервних загонів.

Екстенсивний напрям використання природних кормових угідь та відтворених на орних землях лучних травостоїв застосовують в водоохоронних зонах ландшафтів, переважно на схилах крутизною 9–12^0 і більше.



Рис. 11.5. Сіяний люцерно-злаковий травостій сінокісного використання



Рис. 11.6. Сіяний лядвенце-злаковий травостій сінокісного використання



Рис. 11.7. Повзучоконюшино-злаковий травостій пасовища



Рис. 11.8. Різнотрав'я на перелозі з підсіванням насіння дикорослих видів

За докорінного поліпшення на схилових землях використовують переважно прискорене залуження із застосуванням ґрунтозахисного обробітку знаряддями чизельного типу з установленням плоскоріжучих та ґрунтопоглиблювальних робочих органів із попереднім обробітком дернини важкими дисковими боронами у два сліди. На слабкозадернованих пологих схилових землях, що виводяться із ріллі під сіяні лукопасовищні вгіддя, застосують звичайну оранку. Дискування, фрезування дернини, як основний обробіток ґрунту за докорінного поліпшення, застосовують на схилах із складним рельєфом на дуже змитих

ґрунтах та з близьким заляганням щільних порід.

На пологих схилах обробіток ґрунту можна проводити за типом поліпшеного зябу. Передпосівна підготовка ґрунту за цих умов передбачає тільки ранньовесняне боронування, що дає можливість максимально використати весняні запаси вологи для одержання дружних сходів багаторічних трав.

Кращий спосіб сівби трав – ранньовесняний під покрив однорічних культур на зелений корм, зокрема капустяних, люпину білого, гороху кормового, а також пажитниці однорічної, проса, кукурудзи та інших біологічно сумісних культур. Літнє залуження проводять безпокривно за умов доброго природного зволоження в оптимальні строки.

На змитих ґрунтах під основний обробіток вносять повне мінеральне добриво з розрахунку $(NPK)_{45\text{-}60}$ або гній по 20–35 т/га чи висівають сидеральні культури.

Для залуження використовують такі травосуміші: на північних схилах – люцерна посівна або конюшина лучна (8−10) + стоколос безостий (12) + костриця лучна або очеретяна (8); лядвенець рогатий (4) + конюшина повзуча (4) + костриця очеретяна (8); на більш пологих схилах включають тимофіївку лучну (6); на південних схилах – люцерна посівна або жовта (5 кг/га) + еспарцет піщаний (35) + стоколос безостий (12) + грястиця збірна (6), або райграс високий (8); лядвенець рогатий (8) + грястиця збірна (12); лядвенець рогатий (8) + костриця лучна (14); люцерна мінлива (8) + стоколос безостий (15 кг/га).

За пасовищного використання в травосумішки включають кострицю червону, на пологих схилах – пажитницю багаторічну (переважно в західних районах Лісостепу), а на сухих яружно-балкових схилах, переважно південної та південно-східної частини, для тривалого використання – й житняк гребінчастий або пирій середній чи регнерію шорсткостеблову.

Пасовищне використання травостою розпочинають на другий рік життя трав, краще після проведення укосу на сіно. Застосовують загінно-порційне випасання за допомогою електропастухів та постійно відгороджених прогонів із навантаженням поголів'я великої рогатої худоби не більше одної умовної голи на 1 га пасовища.

Догляд за сіножатями і пасовищами на залужених схилах полягає в щорічному внесенні добрив, підкошуванні нестравленого травостою, боронуванні, щілюванні, всіванні рано навесні багаторічних трав тощо. На сухих схилах через нестачу вологи у ґрунті азот у дозі понад N_{90} вносити економічно невигідно.

Трансформацію пологосхилових орних земель у природні кормові угіддя проводять, переважно, щляхом залуження з використанням у травосумішках районованих видів і сортів лучних трав. Переведення орних схилових земель крутизною $9–12^0$ і більше у природні кормові угіддя проводять також шляхом самозалуження, краще поєднано з підсіванням суміші насіння, зібраного в природних умовах лучних рослин, які є цінними у кормовому відношенні та пристосовані до цих умов. Для підвищення темпів поновлення господарсько цінних компонентів при відтворенні лучних травостоїв знищують злісні бур'яни шляхом 1-2 підкошувань за вегетаційний період або з допомогою гербіцидів.

11.3. Особливості вирощування люцерни

Люцерна на кормові цілі. Люцерна найбільш поширена багаторічна бобова культура світового кормовиробництва. Висока кормова продуктивність 50–70 т/га листостеблової маси з виходом 2,2–3,0 т/га кормового білка, забезпечується тільки за сприятливих агроекологічних умов. Встановлена пряма залежність урожайності та нагромадження біологічного азоту від реакції ґрунтового розчину, де при кислотності pH 5,5 нагромадження біологічного азоту становить 100 кг/га, за pH 6,0 –200 кг/га, а за pH 6,5–7,0 відповідно 300 і 350 кг/га. Урожайність листкостеблової маси зростає від 20 до 75 т/га [2, 13].

Для вирощування люцерни найбільш придатними є типові ґрунти Лісостепу – чорноземи та сірі лісові. На бідних піщаних ґрунтах люцерна забезпечує високі врожаї листостеблової маси тільки за внесення органічних добрив (40–60 т/га гною). На еродованих схилових землях вирощувати люцерну недоцільно.

Люцерну посівну вирощують в кормових, ґрунтозахисних, овочевих сівозмінах, а також у вивідних полях польових сівозмін. Кращими попередниками при весняній сівбі є чисті від бур'янів площі озимих і ранніх ярих зернових колосових, кормові коренеплоди, овочеві культури. За літньої сівбі в кормових сівозмінах – озимі проміжні на зелений корм (ріпак, жито, тритікале).

Основний обробіток після озимих і ярих зернових починається з лущення стерні дисковими знаряддями на глибину 8–10 см. При забур'яненості поля коренепаростковими бур'янами застосовують лущення на глибину 10–12 см. Зяблеву оранку під люцерну слід проводити на глибину 27–32 см, особливо при внесенні гною і високих доз фосфорних і калійних добрив, завдяки чому урожайність листостеблової маси зростає на 8,7 т/га. Кращу якість оранки та

зменшення забур'яненості поля забезпечують двохярусні плуги. Передпосівний обробіток ґрунту залежить від способу вирощування (підпокривне, безпокривне), а також від покривної культури. Особливу увагу слід придавати вирівнюванню поверхні поля та створенню однорідного (гомогенного) за щільністю будови посівного шару ґрунту на глибину 2–3 см. Для цього краще застосовувати комбіновані ґрунтообробні машини, які заміняють 5–6 одноопераційних агрегатів одним; скорочення на 30 % пального, праці, строків виконання робіт, збереження вологи в ґрунті.

На чорноземах вилугуваних і сірих лісових ґрунтах внесення під літній безпокривний посів 40 т/га гною забезпечує в перший рік використання травостою приріст урожаю на 30 %, виходу протеїну на 30,8 %, а на другий і третій рік використання травостою приріст врожаю становить відповідно 21,5 і 17,6 %, а протеїну відповідно на 23 і 19 %. Тому, за три роки використання травостою вихід кормових одиниць з урожаю збільшився на 3,86 т/га, а перетравного протеїну на 0,83 т/га.

На темно-сірих опідзолених ґрунтах внесення 30 т/га гною забезпечило підвищення урожайності листостеблової маси на 16,0 т/га та покращання якості корму за рахунок збільшення вмісту протеїну на 0,9 %, кальцію на 0,18%, каротину на 28 мг/кг.

Сірі та темно-сірі лісові суглинкові ґрунти потребують обов'язкового вапнування. Внесення вапна під зяблеву оранку з розрахунку однієї норми (3−5 т/га) за показником гідролітичної кислотності сприяє підвищенню урожайності листостеблової маси з 32,0 до 43,6 т/га.

Внесення $P_{180}K_{180}$ під зяблеву оранку на три роки використання травостою сприяє підвищенню урожайності на 26,4 %. Із мікродобрив найбільшою мірою люцерна реагує на застосування молібдену у вигляді технічного молібдат амонію (36 % Mo), молібденового суперфосфату. Молібдат амонію застосовують за обробки насіння (400 г/т), а також позакореневим підживленням 0,02–0,03 % розчином.

Молібденові добрива сприяють симбіотичному процесу азотфіксації бульбочковими бактеріями та підвищенню урожайності і якості корму. На ґрунтах, де раніш не вирощувалася люцерна або буркун необхідно проводити нітрагінізацію насіння високопродуктивними штамами азотфіксуючих бактерій, що забезпечує підвищення урожаю в перший рік на 30–40 %, а в наступні роки на 10–20 %.

Люцерна посівна – культура дворучка і залежно від екологічних умов

розвивається як за ярим, так і озимим типами. В практиці застосовують в рік сівби підпокривне і безпокривне вирощування. Рівень урожайності, його якість, вихід поживних речовин знаходяться в прямій залежності від агроекологічних умов для росту і розвитку люцерни в рік сівби.

Встановлено, що при весняній безпокривній сівби і застосуванні селективних гербіцидів (Півот 0,8 л/га, Базагран, Фюзелат, Набу та ін.) люцерна розвивається за ярим типом і формує два укоси вегетативної маси у фазі початку цвітіння з середньою урожайністю 23,5 т/га, виходом 4,8 т/га кормових одиниць і 0,85 т/га перетравного протеїну, або забезпечує урожай насіння 2–3 ц/га.

При вирощуванні люцерни в рік сівби під покривом ранніх ярих зернових ріст і розвиток її проходить за озимим типом, тому в перший рік життя до періоду припинення осінньої вегетації люцерна знаходиться у фазі формування 4–5 трійчатих листків за висоти рослин 12–15 см.

Літні безпокривні посіви проводять після озимих проміжних на зелений корм, проводячи паровий обробіток ґрунту та сівбу до 1 серпня.

Ярий тип розвитку люцерни в рік сівби забезпечує в наступні два роки використання травостою збільшення виходу кормових одиниць на 53,4 %, протеїну на 59,8 % в порівнянні із сівбою під покрив ячменю на зерно.

За сумісної сівби з кукурудзою на зелений корм, сорго цукровим ріст і розвиток люцерни проходить за ярим типом, де фаза цвітіння настає через 60–64 днів після сходів. За сумісного вирощування з ранніми зерновими з нормою висіву 2,0 млн шт./га насінин, та з ярими капустяними з нормою висіву 1,0 млн шт./га насінин люцерна теж розвивається за ярим типом і досягає фази цвітіння через 68−72 днів. Сумісні посіви люцерни з ярими зерновими і капустяними, які забезпечують ярий тип розвитку, сприяють підвищенню кормової продуктивності в наступні роки використання травостою на 33,7 і 40,4 %, порівняно із сівбою під покрив ячменю на зерно з нормою висіву 4 млн/шт./га.

Насіння перед посівом проти грибкових збудників хвороб обробляють Вітаваксом або Фундазолом, мікродобривами – молібденово кислим амонієм (500 г/т), борною кислотою (500 г/т), які розчиняють в трьох літрах підігрітої води, а перед посівом нітрагіном. Багаторічна практика застосування ризоторфіну та нітрагіну свідчить, що вони підвищують врожай сіна на 0,5−0,8 т/га, вміст протеїну на 2–3 %. Оптимальна норма висіву кондиційного насіння при весняній безпокривній сівбі 6–8 млн шт./га (12–14 кг/га), сумісній сівбі з кукурудзою на зелений корм та ранніми ярими зерновими і капустяними культурами 8–10 млн шт./га насінин (14–16 кг/га).

Доведено, що загортання насіння люцерни на глибину 3-4 см знижує польову схожість на 41–63 %, тому сівбу потрібно проводити на глибину 2–3 см пневматичними сівалками з анкерними сошниками. Доцільно застосовувати багатофункціональні комплексні агрегати, які в одному технологічному процесі забезпечують передпосівний обробіток ґрунту та сівбу, зберігаючи до 20 % вологи в посівному шарі ґрунту. Після сівби обов'язкове коткування кільчасто-шпоровими котками.

У роки використання травостою основним заходом щодо догляду за посівами є ранньовесняне боронування. На посівах другого, третього і більше років використання добрі результати дає обробка впоперек рядків, дискуванням під кутом атаки 10–15º та долотуванням на глибину 10–12 см з віддалю між долотами 20–30 см рано навесні як тільки підсохне ґрунт, що сприяє зменшенню забур'яненості, поліпшенню аерації кореневої системи, активізації росту «сплячих» бруньок та поновленню вегетації. Ефективно проводити осіннє щілювання на глибину 40−50 см.

В рік сівби при підпокривному вирощуванні потрібно дотримуватися своєчасного збирання покривних культур на висоті 12–15 см, не залишати післяукісних решток. На безпокривних посівах проводити боронування за утворення кірки після дощів.

На зелений корм люцерну використовують від початку бутонізації до цвітіння. Повторно скошують не раніше як через 30 днів, щоб не допустити виснаження рослин та їх випадання. Для багатолітнього збереження високої продуктивності травостою потрібно чергувати за роками ранні укоси (у фазі бутонізації) з більш пізніми (у період цвітіння).

Проведені дослідження свідчать, що найефективнішим є триукісне використання травостою. У перший рік використання травостою 1-й укіс проводять на початку фази цвітіння, 2-й і 3-й при масовій бутонізації, що забезпечує збільшення збору кормових одиниць на 16 %, а протеїну на 25 % в порівнянні з дворазовим скошуванням у фазі цвітіння [13]. На другий і третій роки використання перший укіс проводять в фазі цвітіння, а другий і третій – на початку цвітіння. Третій укіс проводять не пізніше як за 30−40 днів до припинення вегетації, що дає змогу нагромадити поживні речовини в кореневій системі та сприяє кращій перезимівлі рослин.

Люцерна на насіння. Найвищі врожаї люцерни на насіння отримують на чорноземах, сірих лісових і окультурених дерново-підзолистих добре аерованих ґрунтах на суглинкових або легкосуглинкових за механічним складом, з

кислотністю $pH_{сол}$ 6,8–7,5. На важких, дуже щільних і кислих ґрунтах коренева система розміщується не глибоко та пригнічується життєдіяльність бульбочкових бактерій [2]. Також слід керуватись рекомендаціями оригінаторів, щодо зони та умов вирощування конкретного обраного сорту люцерни.

Кращими для люцерни попередниками є культури, які залишають поле чистим від важковідокремлюваних, багаторічних та карантинних бур'янів. У районах з посушливим кліматом не слід висівати її після буряків цукрових, соняшника, суданської трави, сорго. Не варто вирощувати люцерну на насіння і після бобових, особливо після багаторічних бобових трав, оскільки це обумовлює розвиток хвороб, шкідників, особливо бульбочкових довгоносика і зернівки. Не рекомендується також висівати люцерну ближче ніж за 500 м від насаджень білої і жовтої акації враховуючи поразки спільними шкідниками і хворобами. У польову сівозміні люцерну повертають на колишнє місце через п'ять або більше років.

Найкращий основний обробіток ґрунту – зяблева оранка звичайними плугами на глибину 25–27 см. Агроприйоми весняної підготовки ґрунту полягають у збереженні ґрунтової вологи (ранньовесняне боронування за допомогою зчіпки важких і середніх борін, додаткове вирівнювання і ущільнення поля шлейфборонами, культивації). Якісний передпосівний обробіток ґрунту передбачає вирівнюванню площ, створення твердого ложе для насіння, що впливає на вирівняність стеблостою. Ґрунт до і після сівби за потреби прикочують кільчасто-шпоровими або кільчасто-зубчастими катками.

Люцерна сильна азотфіксувальна культура, але дослідження показують, що внесення азотних добрив в початковий період вегетації є бажаним заходом. На початку вегетації під насінники вносять азотні добрива в нормі N_{15-30}.

Найбільше люцерна потребує фосфорних добрив. Забезпеченість фосфором сприяє доброму розвитку кореневої та надземної маси і підвищує врожайність насіння. Залежно від його вмісту в ґрунті вносять $P_{45-60.}$

Забезпечення люцерни калієм під час вирощування культури на насіння сприяє формуванню великої кількості квіток, збільшення маси насіння, стійкості рослин до морозів і захворювань. Залежно від його вмісту в ґрунті вносять $K_{45-60.}$

Для отримання високого врожаю насіння, слід вносити мікроелементи – зокрема, молібден. Разом із протруюванням на гектарну норму насіння люцерни витрачають 25–50 г діючої речовини молібдену, розчиненого в 0,5 л води. Також використовують позакореневі підживлення мікродобривами з вмістом молібдену під час вегетації.

Перед розрахунком потреб у добривах бажано провести агрохімічний аналіз ґрунту.

Найефективніший спосіб сівби люцерни на насіння – безпокривний, широкорядний спосіб на 45 см. Норма висіву: за ідеальних умов залежно від зони вирощування і способу підготовки ґрунту – 2–3 млн схожих насінин (4-5 кг/га), (за посушливих умов та пізніх термінів посіву – 7–8 млн насінин або 15–17 кг/га) на глибину 2–3 см. Також за посушливих умов збільшують ширину міжрядь до 60 см. Сівбу проводять за настання прогрівання ґрунту до +10–15 градусів Цельсія. За відповідних умов норма висіву та строки сівби корегуються.

Насіння перед сівбою протруюють препаратами, які містять діючі речовини тирам, беноміл, тебуконазол. У день сівби в затіненому приміщенні насіння обробляють інокулянтами. Внаслідок інокуляції урожайність насіння підвищується на 20–30 %.

Оптимальна густота травостою при широкорядному безпокривному висіві повинна становити: у Південному Степу – 15–18 рослин/м^2 (130−160 стебел), Центральної та Північному Степу – 20−25 (150−200), у Лісостепу і на Поліссі – 30–35 рослин/м^2 (200–250 стебел) відповідно. Найпридатніші травостої на насіння ті, в яких щільність рослин становить 25–35 рослин/м^2 у Степу та 55–60 рослин/м^2 (380–360 стебел) у Лісостепу і на зрошуваних землях.

Можливі також безпокривна весняна та літня сівба люцерни. Кращі строки літньої сівби припадають у зоні Полісся і Лісостепу на період з 20 червня до 15–20 липня, у Степу можна сіяти до 10−15 серпня. Основною вимогою при цьому є достатня вологість ґрунту. Зразу ж за сівбою поле коткують.

На широкорядних безпокривних посівах у рік сівби проводять два міжрядних рихлення для боротьби з бур’янами та збагачення ґрунту повітрям. Перше рихлення на глибину 3–5 см проводять після чітко видимих сформованих рядків; друге – у фазі кущення на глибину 5–7 см. Однак треба мати на увазі, що рихлення дуже сильно пошкоджує коріння люцерни та сприяє поширенню кореневих гнилей та інших хвороб.

При сильному забур’яненні, на безпокривних посівах люцерни у перший рік життя бур'яни знищують 1-2 разовим підкошуванням коли вони досягли висоти 20−25 см та не встигли сформувати повноцінного насіння (до початку їх цвітіння) з наступним збиранням рослин із поля. Найпоширенішими дводольними бур’янами в посівах люцерни є лобода біла, полин гіркий, молочай лозовий, гірчак звичайний, осот рожевий, осот жовтий, щавель кінський, ромашка непахуча, подорожник ланцетовидний, грицики звичайні, талабан

польовий та ін. З однодольних переважають мишій зелений, мишій сизий, пирій повзучий, куряче просо.

Люцерна чутлива до дії гербіцидів, тому доречно, по можливості, максимально скорочувати їх застосування. За даними наукових установ найефективнішим методом знищення бур'янів є застосування ґрунтових гербіцидів Зенкор (д.р. *метрибузин*, 70 % з.п. 0,75–1,0 кг/га), його вносять на весні до початку відновлення вегетації рослин люцерни у другий та наступний роки використання насінника люцерни. У перший рік вегетації його не слід застосовувати, оскільки він сильно пригнічує молоді рослини люцерни з недостатньо розвинутою кореневою системою, або використовувати, значно зменшивши норму витрати.

По вегетуючих посівах, за засмічення однорічними дводольними бур'янами, застосовують у більшості *бентазон, імазетапір* (Базагран 2-4 л/га, Півот, 10 % в.р.к 0,8–1,0 л/га) у фазі 1–3 трійчастих листків та 10–15 см люцерни. При появі однорічних та багаторічних злакових ефективним є обприскування граміницидами *флуазифоп-п-бутил* (Фюзілад Супер, 12,5 % к.е. – 2,0–3,0 л/га або іншими, однорічні −1,0−1,75 л/га; багаторічні – 2,0–2,5 л/га).

У посівах люцерни небезпечними шкідниками є жовтий насіннєїд, листовий та степовий люцерновий довгоносик, люцерновий клоп, тонконіжка люцернова, люцерновий комарик, люцерновий п'ядун, лучний метелик, люцернова попелиця, люцерновий клоп. Посіви обприскують перший раз на початку бутонізації при появі 10–15 люцернових клопів або їх личинок, 15–20 жуків жовтого насіннєїда, 20–25 люцернових товстоніжок, близько 500 особин люцернової тлі на 100 помахів сачком; другий раз в фазі масової бутонізації, через 10–12 днів після першого; третій в фазі зелених бобів. Для обприскування посівів люцерни допустимі такі інсектициди: Актеллік 500 ЕС (піримифосметил, 50 %), Діазинон (Диазинон, 60 % к.е.), Дурсбан 480 (Хлорпірифос, 48 % к.е.), Золон (Фозалон, 35% к.е.), Карате 050 ЕС (Лямбда-цигалотрин, 5 % к.е.), Фастак (Альфа-циперметрин, 10 % к.е.), Штефесін (Дельтаметрин, 25 г/л). На посівах квітучої люцерни інсектициди застосовувати категорично заборонено, так як це призводить до знищення бджіл.

Серед хвороб найбільшу шкоду люцерні завдають мікоплазмоз люцерни, іржа, бура і жовта плямистість, аскохітоз, бактеріальне та фузаріозне в'янення, борошниста роса, мозаїка, пероноспороз. При появі перших ознак борошнистої роси та іржі травостій обробляють колоїдною сіркою (5–6 кг/га) повторна обробка через 10–12 днів. Обприскування люцерни у фазі бутонізації системним

фунгіцидом Фалькон 0,5 л/га. Допускається обробка посівів люцерни баковою сумішшю.

З метою недопущення засмічення іншими видами трав, які важко відокремлюються від основної культури, у фазі та цвітіння бобових трав проводять видову прополку. Економічні розрахунки показують, що утримувати посіви в чистому стані навіть при ручній прополці значно дешевше, ніж проводити сортування на складних насіннєочисних машинах.



Рис. 11.9. Люцерна мінлива с. Анатоліївна у фазі гілкування



Рис. 11.10. Люцерна мінлива с. Анатоліївна у фазі цвітіння



Рис. 11.11. Люцерна мінлива с. Янтарна у фазі цвітіння



Рис. 11.12. Боби і насіння люцерни

Високий урожай насіння одержують з першого укосу, особливо за

посушливих умов. Коли посіви переростають, виникає загроза їх вилягання, тому краще на насіння залишити другий укіс, зібравши перший на корм на початку бутонізації, але не пізніше 20–25 травня.

Якщо погодні умови склались так, що дозрівання відбулось рано і дружно, на чистих від бур'янів посівах насіння люцерни збирають прямим комбайнуванням. Насіння збирають з першого укосу за побуріння 85−90% бобів. Допустимо, при побурінні 80–85 % бобів, проводити десикацію посіву. За 7 днів до збирання обприскують десикантами з д.р. *глюфосинат амонію*, 150 г/л (Баста 1,0−1,5 л/га) або *дикват*, 150 г/л (Реглон Супер 3,0 л/га).

При прямому комбайнуванні бобових трав скошування проводять на високому зрізі з тим, щоб зелена маса менше потрапляла в бункер. Для кращого витирання і очистки насіння комбайни обладнуються додатковими пристроями.

Застосовують також двофазний спосіб збирання, коли насінний травостій обмолочують двічі. Перше збирання проводиться за 2−6 днів до повної стиглості комбайном з повністю відпущеними деками і зменшеними обертами барабана (450–700 об./хв). Солома з недозрілим насінням кладеться слідом за комбайном у валки і обмолочується повторно після підсихання при звичайних обертах та підтягнутих деках. Двофазний спосіб збирання дає можливість спочатку зібрати стигле насіння, яке може осипатись, а за другим разом обмолотити те, що до початку збирання не досягло повної стиглості. Застосування двофазного збирання дає можливість знизити втрати насіння в 2,5 раза порівняно з роздільним способом.

Насіння доводять до його посівних кондицій на спеціалізованих лініях очистки.

Сушка. Ворох, що надходить від комбайна, потрібно негайно підсушити, щоб не допустити його зігрівання та перегрівання. Його сушать на спеціальних сушильних агрегатах або пристроях, обладнаних активним вентилюванням. При цьому важливо утримувати температуру вороху насіння в межах не більше 40–45 °С.

Проводять ретельну первинну обробку насіння. Сухий ворох спочатку очищають на вітрорешітних машинах. Виділені після цього боби та неочищені головки пропускають через тертки і знову очищають.

Остаточну очистку насіння проводять на насіннєочисних машинах, обладнаних відповідним набором решіт і трієрних циліндрів. Дуже засмічені партії насіння не завжди вдається очистити на вітрорешітних машинах так, щоб вони відповідали посівним стандартам. Для доочистки такого насіння

застосовують додатково спеціальні трієри, пневматичні і сортувальні столи, електромагнітні очисні машини та фотосепаратори. На електромагнітних машинах виділяють різні види карантинних бур'янів, зокрема, таких як повитиця, гірчак рожевий та ін. На пневматичних сортувальних столах можна виділити насіння важковідокремлюваних бур'янів (щавель, ромашку непахучу та ін.), а також розсортувати насіння на фракції.

Кожну партію насіння укладають окремими штабелями на дерев'яний настил заввишки 10–12 см від підлоги. Висота штабелю не повинна перевищувати 4-5 мішків, відстань між штабелями і стінами повинна бути не меншою 0,75 м, а між окремими штабелями – 1 м.

Сорти люцерни внесені до Реєстру сортів рослин дозволених до вирощування поділяються на три види, а саме на люцерну посівну (*Medicago sativa* L.), мінливу (*Medicago x varia* Martyn) та серповидну (*Medicago falcata* L.). Приведена технологія підходить для усіх трьох видів.

11.4. Особливості вирощування буряків кормових

Коренеплоди буряків кормових не є новинкою в раціонах молочного тваринництва і є цінним дієтичним і молокогінним кормом для ВРХ та інших сільськогосподарських тварин. Маючи високий коефіцієнт перетравності поживних речовин, вживання коренеплодів сприяє кращому засвоєнню грубих кормів, в результаті чого значно скорочуються витрати концентрованих кормів і знижується собівартість тваринницької продукції. Крім того, вони нейтралізують надлишкову кислотність шлункового соку та покращують вуглеводно-протеїнове співвідношення корму [5, 6, 10, 11]. Тому в приватних і фермерських господарствах, з розробленими в них технологіями вирощування і зберігання, залишають досить важливе місце в раціонах бурякам кормовим. Кожна сільська родина, яка має в своєму господарстві не тільки корів, але й інші сільськогосподарські тварини і дбає про їх повноцінне і збалансоване харчування намагається заготовити на зиму в достатній кількості коренеплоди кормових буряків. Спеціалістами різних країн проведена оцінка кормових буряків в якості зимового корму для молочних корів за різних способів його заготівлі, підібрані оптимальні їх співвідношення з іншими компонентами раціонів.

Кормовий буряк є вимогливою до вологи культурою, він потребує достатнього зволоження для забезпечення нормального росту та розвитку. Рослина відрізняється високою морозостійкістю та може зберігатися на полі до

початку зими [10, 11].

Буряки кормові на коренеплоди. Буряк кормовий є добре адаптованою культурою до різних ґрунтових умов. Він може рости на різних типах ґрунтів, включаючи піщані, глинясті, легкі та важкі ґрунти. Оптимальний рівень кислотності для кормового буряка становить від 6,0 до 7,5. Перед посівом буряка кормового радимо провести оцінювання ґрунту щодо кислотності [5, 6, 10, 11].

Сівба буряка кормового. Зазвичай, кормовий буряк сіють весною, коли ґрунт вже розморожений, а температура ґрунту становить не менше 6−8 градусів за Цельсієм. Кормовий буряк сіють в рядки, зберігаючи відстань між рядками 45−50 см, а між рослинами в одному рядку — 10−15 см. Глибина загортання насіння повинна становити 3-4 см – чим легший ґрунт, тим глибше можна сіяти. Норма висіву кормового буряка становить 130–150 тис. насінин/га.

Сівозміни. Для буряка кормового необхідно дотримуватись сівозміни. Не сіяти буряк на тому ж полі частіше, ніж один раз на два-три роки. Краще сіяти буряк на полях, де раніше вирощували озимі зернові, кукурудзу або однорічні трави, а також овочеві культури, зокрема помідори, капуста, баклажани, цибуля, перець та огірки. Непоганим посередником також вважаються бобові. Кормовий буряк є поганим попередником для соняшника, вівса, картоплі, гречки та сої.

Удобрення. Буряк кормовий вимагає достатньої кількості макро- та мікроелементів для свого нормального розвитку та урожайності. Основними елементами, необхідними для ефективного підживлення буряків кормових, є азот (N), фосфор (P), калій (K) та бор (B).

Азот спочатку вносять у кількості 80% під час передпосівного обробітку грунту та 20% під час підживлення. Загальна доза азоту становить 120–150 кілограмів на гектар. Фосфор і калій носять восени під час обробітку ґрунту та навесні під час оранки. Загальна кількість фосфору, необхідного для кормового буряка – 90–120 кг/га**,** калію – 150-170 кг/га. Найбільше азоту буряки кормові потребують у червні-липні; фосфору – в липні, а калію – у липні-вересні**.** Підживлення кормових буряків має містити і мікроелементи*:* зокрема залізо (Fe), марганець (Mn), мідь (Cu), молібден (Mo), цинк (Zn), Нікель (Ni). Для підживлення кормового буряка найбільш доцільно використовувати комплексні добрива, які містять декілька елементів одночасно.

Багаторосткові сорти менш придатні до механізованого збирання, поміж цих форм виділяються коренеплоди, що мають значне заглиблення, зокрема Центаур Полі, Бригадир, Сонет, Полтавський напівцукровий, Болеро, Ольжич.

Збирання врожаю. Коренеплоди багаторосткових кормових буряків

збирають, переважно вручну. При збиранні сучасними механізованими комплексами для буряків цукрових, коренеплоди дуже травмуються. Тому для тривалого зберігання не придатні. Їх потрібно швидко згодовувати тваринам. Майже всі сорти однорості кового буряку кормового придатні до механізованого збирання, поміж них кращі: Рубікон, Аспор, Бурштин, Ризон, Маріша, Кракус, Нептун, Соледар [6].

Буряки кормові на насіння. Селекція однонасінних кормових буряків в нашій країні була розпочата на початку 70-х років. ННЦ «ІЗ НААН» є однією із перших наукових установ України, де створення сортових популяцій однонасінних буряків кормових стало пріоритетним напрямком селекції. Тут вперше шляхом багаторазового індивідуально-родинного добору із колекційних зразків однонасінних форм і наступним перезапиленням кращих за продуктивністю створений однонасінний сорт Донор, районований із 1988 р. в зоні Полісся України. Другий сорт напівцукрового типу Панфильський однонасінний виведений з використанням багаторазового родинного добору із гібридної комбінації Ялтушківський однонасінний із Переможець на Панфильській дослідній станції по освоєнню боліт, районований в лісостеповій зоні України з 1990 р. В останні роки тут створено нове покоління сортів та гібридів: Селена, Дарина, Рубікон, Аспор (останній з яких занесений до Реєстру сортів рослин,придатних для поширення в Україні на 2024 р.), які найбільшою мірою відповідають вимогам нових енерго- та ресурсоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Згадані сорти дають можливість отримувати до 10–12 т. сухої речовини з гектара, однорості ковість яких знаходиться на рівні 96 %.

Незважаючи на широкий набір однонасінних сортів і гібридів буряків кормових, у нашій країні, як і раніше висіваються переважно лише декілька багатонасінних сортів польської (Урсус, Центаур) і німецької (Еккендорфський жовтий) селекції, насіння яких лише частково вирощують по своїй ініціативі окремі господарства, а решта завозиться із закордону.

Насіння однорості кових гібридів зарубіжної селекції завдяки спеціальній обробці (шліфування, дражування) характеризується високою схожістю, але й має високу вартість посівної одиниці і тому не користується попитом. Вітчизняні однонасінні сорти і гібриди за продуктивністю практично не поступаються зарубіжним, але вони не отримали поширення у виробництві. Це зумовлено відсутністю спеціалізованих насінницьких господарств, забезпечених технікою для посадки очистки і післязбиральної доробки насіння. В таких господарствах

створюються найбільш сприятливі умови для комплексної механізації всіх процесів, що дозволяє значно підвищити урожайність і скоротити затрати праці [8, 10].

У ННЦ «ІЗ НААН» була розроблена промислова технологія виробництва насіння багато- і однонасінних сортів буряків кормових, яка гарантує отримання урожаю на рівні 1,5–2,0 т/га. Затрати праці за вирощування маточних буряків становлять не більше 200–300, а насінників 100–120 годин на гектар. Важливими елементами розробленої технології за вирощування маточних буряків є своєчасна та високоякісна підготовка грунту; сівба буряків у різні строки (ранні, літні, пізні), залежно від зони зволоження, з механізованим формуванням густоти насадження рослин; механізоване збирання маточних коренеплодів; траншейний спосіб зберігання коренеплодів насипом. Результати досліджень показують, що кращими строками сівби маточних буряків кормових в зоні достатнього зволоження є пізні (травневі, червневі); в зоні нестійкого зволоження – ранньовесняні (квітневі) і пізньовесняні (травневі) посіви. Маточні кормові буряки висіяні в кінці травня, а також в першій половині червня із загущенням до 150 тис. шт./га дають можливість отримати рівномірні сходи, при цьому в 2−4 рази зменшується ураженість рослин хворобами та пошкодженість шкідниками, забезпечується краща збереженість коренеплодів в осінньо-зимовий період. Досить перспективним є формування густоти насаджень рослин однонасінних сортів методом штеклінгів з густотою насаджень до 180 тис./га, що допомагає збільшити вихід посадкового матеріалу та провести садіння висадків за схемою 70 х 35 см. Збирання маточних буряків кормових – найбільш трудомісткий процес, на який припадає до 40−60 % загальних витрат. Механізоване збирання коренеплодів дає змогу знизити затрати праці від 323 до 36 год/га. Однонасінні сорти та гібриди буряків кормових характеризуються добрими біологічними і агрофізичними властивостями (висота надземної частини коренеплоду, відхилення коренеплоду від осьової лінії рядка, довжина підземної і надземної частини) і тому є придатні практично для повністю механізованого вирощування [10, 11].

За вирощування насінників буряків кормових до найбільш важливих елементів технології відносять дотримання системи удобрення; посадку коренеплодів висадкопосадковими машинами в ранні і стислі строки; спеціальні прийоми, що покращують якість насіння (позакореневе підживлення, пінцировка, десикація); механізоване збирання насінників і високу якість очистки насіння.



Рис. 11.13. Маточники буряків кормових сорту Аспор



Рис. 11.14. Коренеплоди буряків кормових сорту Аспор



Рис. 11.15. Насінники буряків кормових сорту Аспор



Рис. 11.16. Насінники буряків кормових сорту Аспор у фазі цвітіння

Високий урожай насіння багатонасінних і однонасінних кормових буряків

отримують при умові внесення в процесі основного обробітку як гною, так і мінеральних добрив $N_{60}P_{80}K_{60}$. Якщо в процесі основного обробітку NPK не вносили, то під передпосівну культивацію необхідно внести $N_{90}P_{120}K_{90}$, що забезпечує 1,8 т/га насіння. Мінеральне удобрення сприяє прискоренню розвитку висадкових рослин, підвищує інтенсивність стеблеутворення і цвітіння, а позакореневе підживлення розчином молібдену, цинку та кобальту в період масового цвітіння насінників підвищує їх врожайність, схожість насіння, масу 1000 насінин. Застосування десикації насінників реглоном (4–6 л/га) з наступнимпрямим комбайнуванням дозволяють отримати чистий ворох насіння (82–85 %) з вологістю 14–18%, що не потребує додаткового сушіння і зменшуються затрати праці. Ялтушківська ДСС, проводячи дослідження на насінниках цукрових буряків, рекомендує застосовувати Реглон у поєднанні з Кампосаном: за побуріння 40–50 % плодів [8, 11]. Вищеописані елементи технології виробництва насіння буряка кормового широко використовуться в насінницьких господарствах, з якими ННЦ «ІЗ НААН» співпрацює в рамках ліцензійних договорів.

Впровадження у виробництво генетично однонасінних сортів кормових буряків з високими посівними якостями допомагає рівномірно розподілити насіння при сівбі та висівати насіння на кінцеву густоту. Одним із таких сортів є згаданий вище сорт Аспор.

Сорт Аспор належить до нового покоління сортів та гібридів буряків кормових, які найбільшою мірою відповідають вимогам нових енерго- та ресурсоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Сорт відноситься до кормового типу, одноростковий, диплоїд. Створений на основі трьох ліній доборів із гібридних матеріалів від схрещування сорту Еккендорфський жовтий з номером 1806.

Коренеплід сорту циліндрично-конічної форми; червоного кольору; гладенький; заглиблення коренеплодів у ґрунті сягає 40 %, що дає можливість проводити збирання коренеплодів, як ручним, так і механізованим способом; м'якуш рожево-білий; головка коренеплоду середніх розмірів.

Середня урожайність коренеплодів сягає 100 т/га, а середня маса коренеплоду 1200 гр.. За вмістом сухих речовин в коренеплоді − (12 %) сорт не поступається кращим іноземним гібридам на стерильній основі. Високий вміст сухої речовини даного сорту дозволяє, при його вирощуванні, отримувати до 12-13 т сухої речовини з гектара, в результаті чого значно скорочуються витрати концентрованих кормів і знижується собівартість тваринницької продукції. За

рахунок високої однонасінності, що становить 96%, сорт можна висівати на кінцеву густоту стояння рослин, що у поєднанні із удосконаленням технологій їх вирощування зробить кормовий буряк привабливою культурою в сівозмінах, як нових агроформувань на селі, так і в приватних господарствах.

Сорт добре зберігається в зимовий період. Рекомендований для вирощування в зоні Полісся та Лісостепу.

11.5. Виробництво кормів в умовах зміни клімату

Враховуючи факт глобальної зміни клімату на планеті загалом, і загострення посушливих явищ в Україні (клімат стає дедалі континентальнішим) важливим є раціональне використання вологи опадів, запасів вологи в ґрунті, а також зменшення її втрат [7]. Для цього необхідно:

✓ Сформувати структуру кормової групи для Лісостепу на основі обмеженого асортименту посухостійких сортів та гібридів кормових культур з урахуванням рівня їх водоспоживання;

✓ Освоїти прифермські кормові сівозміни залежно від спеціалізації господарств;

✓ В умовах наростання посушливості клімату пріоритетним напрямом функціонування кормовиробництва має бути розширення посівів багаторічних трав (люцерни та її сумішок із грястицею збірною чи стоколосом безостим, а також еспарцету та буркуну) які, маючи потужну кореневу систему, не так різко реагують продуктивністю на повітряну засуху і нестачу вологи у верхньому шарі ґрунту; бажано, щоб багаторічні трави у структурі кормової групи займали 50−60%. Необхідно поліпшувати природні кормові угіддя, створювати культурні пасовища та сіножаті;

✓ Кормові культури вирощувати не тільки в основних посівах, але й у післяукісних, післяжнивних та озимих проміжних (для весняного використання), які за відносно короткі періоди вегетації формують високий урожай кормової маси, використовуючи невеликі літні опади та вегетуючи в умовах низьких середньодобових температур восени. Це насамперед капустяні, які, завдяки своїй пластичності за літніх посівів, інтенсивно формують розетку листків заввишки 60–70 см, забезпечуючи залежно від тривалості вегетації 15,0–35,0 т/га зеленої маси. Післяжнивні посіви цих культур витримують осінні приморозки 8–10° С, що робить їх виключно цінними в умовах короткочасних понижень температури. Отже, за сухого літа, коли основні кормові культури з тривалим

вегетаційним періодом можуть значно знизити продуктивність, проміжні посіви ріпаку, суріпиці, редьки олійної виконують роль страхових і дають змогу заощадити консервовані корми. Навесні ж зелений конвеєр почнеться з використання озимих капустяних культур проміжних посівів з обов'язковим унесенням азотних добрив. Без внесення азотних добрив їх вирощування є неефективним. Добрива істотно впливають і на якість кормової маси, особливо на вміст протеїну. Так, у фазі цвітіння редьки олійної у варіанті без добрив його вміст становить 11,3 %, на фоні N_{90} –17,4 % на суху речовину;

✓ Розширювати посіви соргових культур − суданської трави, сорго силосного, сорго-суданкових гібридів. Все більшу увагу виробництва привертає суданська трава, яка характеризується високою посухостійкістю, невибагливістю до родючості ґрунту й отавністю. Затрати сукупної енергії на її вирощування, порівняно з кукурудзою, менші в 1,2–1,3 раза. Біологічною особливістю суданської трави є інтенсивне пагоноутворення, якому значно сприяють азотні добрива. Продуктивність суданської трави зумовлюється строками сівби та скошування. Найвищий збір зеленої маси (понад 90,0 т/га) та перетравного протеїну (1,90 т/га) забезпечується за сівби у третій декаді травня та скошуванні у кінці трубкування. Втім найвищі збори сухої речовини (більше 20,0 т/га), кормових одиниць (15,0 т/га) та вихід обмінної енергії (202 ГДж/га) гарантується за сівби у першій декаді травня та скошуванні на початку з'явлення волоті. Суміші із суданською травою продуктивніші, ніж її одновидовий травостій. Найвищий збір сухої речовини забезпечує агроценоз за участю редьки олійної та поєднання азотних добрив (N_{60}) і бактеріального препарату. Найвищий збір сухої речовини забезпечується за всіх строків сівби і скошування не раніше з'явлення волоті;

✓ Висівати кормові культури, переважно, в сумішах, що дасть змогу найефективніше використовувати біокліматичні фактори зони;

✓ Практикувати для отримання зеленої маси силосної кукурудзи з оптимальною вологістю та цукристістю, достатніми для процесу молочно-кислого бродіння, сумісні посіви кукурудзи із сорго, сорго-суданковими гібридами, а в північних районах Лісостепу – із суданською травою. У цьому разі розширюються строки збирання маси й поліпшуються показники якості силосу. Висока вологість та цукристість маси соргового компонента дає змогу збирати суміші навіть у фазі повної стиглості зерна кукурудзи – кількості води та цукрів, суданської трави достатньо для забезпечення нормального проходження процесу силосування. Сумісне вирощування кукурудзи із суданською травою у дослідах

відділу кормовиробництва та в умовах виробничої перевірки забезпечило більший урожай кормової маси порівняно з одновидовими посівами кукурудзи;

✓ Застосувати мінеральні й органо-мінеральні добрива, бактеріальні препарати і сидеральні посіви з метою зменшення витрат вологи на одиницю кормової сировини. Ефективність мінеральних добрив також залежить від погодних умов. За нестачі вологи в ґрунті та дефіциті її в повітрі вони пригнічують розвиток генеративних органів, особливо за внесення під культивацію;

✓ Використовувати ґрунтообробні знаряддя нового покоління з робочими органами, які не перевертають верхній шар, запобігають висушуванню ґрунту і гарантують одержання повноцінних сходів багаторічних трав за літніх строків сівби та однорічних культур у повторних посівах;

✓ Висівати малопоширені багаторічні та однорічні кормові культури, які характеризуються високою продуктивністю, за високої посухостійкості. Найтехнологічнішими, які можна й треба впроваджувати, є свербига східна (горлюна), топінамбур та сильфій пронизанолистий. Сильфій пронизанолистий за рахунок потужної кореневої системи забезпечує за два укоси від 40,0 до 60,0 т/га зеленої маси. Заслуговує на увагу і впровадження свербиги східної (горлюни), яка є першою багаторічною хрестоцвітою рослиною в культурі. За використання на зелений корм перший укіс у травні-червні забезпечує 50,0–70,0 т/га зленої кормової маси, другий (у вересні) – 15,0–20,0 т/га. Серед однорічних малопоширених культур на увагу заслуговують пайза й амарант;

✓ Удосконалювати технології вирощування основних кормових культур з урахуванням наростання посушливих явищ і зміни клімату: строки сівби, норми висіву, глибина заробки насіння тощо. У зв'язку з тим, що клімат стає все континентальнішим, у лісостеповій зоні овес за літніх строків сівби (у післяукісних та післяжнивних посівах) часто істотно пошкоджується бурою іржею, тому краще вирощувати пайзу. Унікальною за біологічними характеристиками культурою є амарант. За стійкістю до посухи він неперевершений, адже на створення одиниці сухої речовини він витрачає вдвічі менше води, ніж злаки, і втричі менше, ніж бобові. Інтенсивна асиміляція відзначається навіть за 40 ºС, тоді як у більшості сільськогосподарських культур вона повністю пригнічується вже за 30 ºС. Отже, навіть за умов жорсткої атмосферної посухи амарант зберігає життєздатність. Життєздатний він і за нестачі вологи в ґрунті. Така стійкість визначається особливостями анатомічної будови амаранта, які забезпечують оптимальний вдний режим в органах

асиміляції – паренхімні клітини стебла цієї рослини є своєрідним накопичувачем вологи. Це не лише зумовлює посухостійкість, але й дає змогу вирощувати його на засолених ґрунтах;

✓ Для кормових культур важливим є внесення азотних добрив, оскільки з усіх макроелементів азот використовується у найбільшій кількості, він знаходиться у першому мінімумі і покриття його дефіциту сприяє підвищенню продуктивності кормових культур. Проблему азоту можна вирішувати шляхом раціонального поєднання азоту технічного і біологічного. У дослідженнях виявлено, що люцерною за три роки використання засвоюється 550 кг/га біологічного азоту, в орному шарі нагромаджується кореневою системою 168 кг. Одним із джерел біологічного азоту є також фіксація атмосферного азоту небобовими рослинами за рахунок несимбіотичних зв'язків із ризосферними бактеріями – асоціативна азотофіксація. Так, за інокуляції насіння пажитниці багатоукісної сорту Володар та пажитнице-кострицевого гібрида Ярослав штамами артробактера та флавобактера додатковий збір сухої речовини у 1-й рік використання у цих сортів був еквівалентним відповідно 19 і 40 та 22 і 30 кг/га технічного азоту. Застосування бактеріального препарату комплексної дії забезпечує 13,0–14,0 т/га сухої речовини і 2,0–2,2 т/га кормового білка. За рахунок його вживання збір сухої речовини багаторічних і однорічних трав підвищується на 20–27 %, а пажитниці багаторічної на 55–61 %, що еквівалентно дії 30–45 кг/га технічного азоту. Зниження затрат сукупної енергії становить 17–26 %;

✓ За вирощування багаторічних травостоїв та при поліпшенні сіножатей і пасовищ для підвищення ефективності використання вологи та отримання гарантовано високої продуктивності кормового угіддя в умовах дефіциту вологи необхідно при формуванні багаторічних одновидових і сумісних кормових агрофітоценозів застосовувати посухостійкі види і сорти багаторічних трав [3, 4]. Поміж багаторічних бобових трав характеризуються високою посухостійкістю і придатні для вирощування за нестійкого зволоження в одновидових і сумісних посівах є люцерна посівна або мінлива, еспарцет посівний, буркун білий чи лікарський, а поміж багаторічних злакових трав – пирій середній, або керниа, райграс високий, стоколос безостий, костриця червона та ін.;

✓ При вирощуванні в польовому і лучному кормовиробництві багаторічних районованих видів і сортів багаторічних трав, де переважають мезофіти, для отримання гарантованої кормової продуктивності доцільно

застосовувати зрошення з застосуванням способів і режимів поливу, які забезпечують економію поливної води [3, 4].



Рис. 11.17. Сорго суданське (суданська трава) на зелений корм



Рис. 11.18. Амарант на зелений корм



Рис. 11.19. Еспарцет піщаний на зелений корм



Рис. 11.20. Пирій середній (Кернза) на зелений корм

Усі ці заходи, підвищуючи продуктивність кормових культур, зумовлюють зниження витрат води на формування одиниці врожаю сухої речовини, що дуже важливо в умовах загострення посушливих явищ.

Список використаних джерел

1. Боговін, А. В., Сайко, В. Ф., & Пташнік, М. М. (2012). Підвищення продуктивності лукопасовищних угідь на осушених низинних торфовищах Полісся. *Землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*, (*84*), 11–17.

2. Вожегова, Р. А., Сахно, Г. В. (2012). *Ресурсоощадні технології вирощування люцерни на насіння в Південному Степу України*. Айлант.

3. Кургак, В. Г. (2010). *Лучні агрофітоценози*. ДІА.

4. Кургак, В. Г. (2023). Лукопасовищні угіддя – основа стабільності агроландшафту. У *Кормові ресурси природних екосистем* (с. 123–193). Аграрна наука. https://doi.org/10.31073/978-966-540-584-9

5. Мартинюк, І. В. (2006). *Кормові буряки: наукові та прикладні аспекти технології вирощування*. Урожай.

6. Панасюк, С. С., Кургак, В. Г., Костенко, О. І., & Слюсар, С. М. (2025). Сортові і технологічні аспекти вирощування буряків кормових в зоні Лісостепу. *Вісник аграрної науки*, (*10*), 21–28. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk2025.10-03.

7. Петриченко, В. Ф., Квітко, Г. П., & Гетман, Н. Я. (2008). Агробіологічні підходи до інтенсифікації польового кормовиробництва в Україні. *Корми і кормовиробництво*, (*61*), 56–61.

8. Присяжнюк, О. І., Присяжнюк, Л. М., Мельник, С. І., & Гринів, С. М. (2022). *Буряки кормові – селекція, насінництво та технологія вирощування*. ТОВ «ТВОРИ».

9. Сеник, І. І. (2021). *Агробіологічні особливості та технологічні заходи формування урожайності кормових культур в умовах Лісостепу західного* (Автореферат докторської дисертації). Житомир.

10. Фомічов, А. М., Рибак, Д. А., & Крамар, О. С. (2000). Біологічна і технологічна характеристика однонасінних сортів кормових буряків. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*, (*1*), 130–134.

11. Фомічов, А. М. (1975). *Кормові кореноплоди*. Урожай.

12. Шевніков, М. Я. (2010). Вплив мінеральних добрив на урожайність і поживну цінність змішаних посівів сої та злакових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, (*1*), 40–46.

13. Hetman, N., Karbivska, U., Hryhoriv, Y., et al. (2025). The influence of fertilisation systems on the productivity and quality of different varieties of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Ecological Engineering*, *26*(4), 220–227. https://doi.org/10.12911/22998993/200031.

Розділ 12. НАУКОВО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ РИНКОВО-ОРІЄНТОВАНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ВПРОВАДЖЕННЯ

Конкурентоспроможність економіки країни та темпи її розвитку безпосередньо залежать від здатності підприємств ефективно інтегрувати результати науково-технічного прогресу у виробничу діяльність. В агропромисловому комплексі України ця залежність проявляється особливо гостро, однак фактичний рівень інноваційної активності галузі не відповідає ні наявному науковому потенціалу, ні сучасним викликам господарювання.

Попри значну кількість наукових розробок у сфері землеробства, рослинництва та селекції, їх впровадження у виробництво носить фрагментарний і несистемний характер. Значна частина інновацій або залишається на стадії експериментальних досліджень, або впроваджується вибірково без належного системного обґрунтування. Така ситуація зумовлена не лише фінансовими обмеженнями, але й глибокими проблемами інформаційного забезпечення товаровиробників різних форм власності.

Існуюча система інформаційного забезпечення характеризується розрізненістю джерел, відсутністю єдиних стандартів подання даних, обмеженим доступом до результатів наукових досліджень і низьким рівнем їх практичної адаптації [1].

У більшості випадків виробники сільськогосподарської продукції не мають можливості отримати комплексну, достовірну та своєчасну інформацію про інноваційні розробки, їх ефективність, ризики впровадження та умови застосування. Це призводить до домінування інтуїтивних або консервативних управлінських рішень, що стримує інноваційний розвиток галузі.

Додатково ускладнюють ситуацію системні проблеми впровадження інновацій, серед яких слід виділити високий рівень невизначеності результатів, відсутність прозорих механізмів оцінювання ефективності інновацій, слабкий розвиток інфраструктури трансферу технологій, недостатню взаємодію між наукою та виробництвом, а також обмеженість консультаційної підтримки. У результаті навіть перспективні розробки не знаходять свого практичного застосування, а інноваційні рішення впроваджуються із значними затримками або з підвищеними ризиками.

Відсутність інтегрованого інформаційного середовища, що забезпечує системне відображення науково-технічних, економічних, ринкових і правових

параметрів інновацій, формує інформаційний вакуум, у якому агровиробники змушені приймати рішення в умовах неповноти та суперечливості даних. Це не лише знижує ефективність інноваційної діяльності, але й підвищує ймовірність неефективного використання ресурсів.

У цих умовах створення інтегрованої інформаційної бази даних інноваційних агротехнологій набуває принципово важливого значення як інструменту подолання існуючих дисбалансів. Така база повинна забезпечувати не лише накопичення інформації, але й її структуризацію, аналітичну обробку та орієнтацію на практичні потреби, з урахуванням специфіки їх господарської діяльності.

Формування інформаційної бази даних має ґрунтуватися на системному підході до визначення параметрів і показників, що охоплюють агробіологічні, економічні, екологічні, соціально-організаційні, ринкові та управлінські аспекти впровадження інновацій.

При цьому особливу увагу слід приділяти забезпеченню достовірності, актуальності, адаптивності та інтегрованості інформації.

Запровадження такої бази даних створює передумови для зниження інформаційної асиметрії, підвищення обґрунтованості управлінських рішень, мінімізації ризиків впровадження інновацій та активізації процесів їх комерціалізації. Відтак її розроблення є не лише актуальним, але й критично необхідним кроком для подолання існуючої інерційності розвитку аграрного сектору та забезпечення його переходу на інноваційну модель функціонування.

12.1. Ключові параметри відбору агротехнологій в адаптивних системах землеробства за кліматичних трансформацій

Сучасний етап розвитку сільського господарства характеризується посиленням впливу кліматичних трансформацій, які визначають не лише структурні та функціональні зміни агроекосистем, але й зумовлюють перегляд традиційних виробничих стратегій [2, 5]. Підвищення середньорічних температур, зростання частоти гідротермічних аномалій, посилення аридизаційних процесів та підвищена варіабельність сезонних циклів створюють умови, за яких класичні моделі землеробства стають недостатньо ефективними для забезпечення стабільності агропромислового виробництва [3, 5]. У цьому контексті набувають стратегічного значення адаптивні системи землеробства, які передбачають інтеграцію інноваційних агротехнологій, цифрових рішень та науково обґрунтованих управлінських підходів для забезпечення стабільності

виробництва, продовольчої безпеки та конкурентоспроможності аграрного сектору України [3, 6].

Адаптивні системи землеробства у таких умовах забезпечують інтеграцію природних, технологічних та економічних компонентів агровиробництва [5], що дозволяють реалізувати концепції сталого розвитку, підвищити продуктивність культур і мінімізувати екологічні ризики, що виникають унаслідок кліматичних стресів [2, 3].

Аналіз сучасної наукової літератури свідчить, що конкурентоспроможність аграрних систем визначається комплексом агробіологічних, економічних, екологічних, соціально-організаційних та ринкових параметрів [4−6].

Здатність аграрної системи адаптуватися до зміни кліматичних і ринкових умов, впроваджувати інноваційні технології, ефективно управляти соціально-організаційними процесами та забезпечувати екологічну та економічну стабільність є ключовими показниками її конкурентоспроможності [2, 4].

Водночас зростаюча складність взаємозв'язків між зазначеними параметрами, необхідність їх одночасного врахування та оперативного аналізу значних масивів даних обумовлюють потребу у створенні відповідного інформаційного інструментарію. У цьому контексті параметри відбору агротехнологій виступають не лише критеріями оцінювання, але й структуроутворюючою основою формування інформаційної бази даних.

Система параметрів відбору агротехнологій виступає методичною основою формування інформаційної бази даних, яка забезпечує інтеграцію різнорідної інформації та підтримку прийняття ефективних управлінських рішень.

Саме на цій основі формується нова парадигма розвитку аграрного виробництва, що передбачає перехід до цифрово-орієнтованих моделей адаптивного землеробства.

Формування ефективної інформаційної бази даних інноваційних агротехнологій передбачає використання комплексної системи параметрів їх відбору, що забезпечує багатовимірну оцінку технологічних рішень у контексті кліматичних трансформацій. Такий підхід допомагає врахувати не лише виробничі характеристики агротехнологій, а й їх економічну доцільність, екологічну безпечність, соціальну прийнятність та відповідність ринковим вимогам. Узгоджене поєднання цих параметрів формує основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у системі адаптивного землеробства.

Інформаційна база даних інноваційних агротехнологій формується як систематизований масив інформації, в якому кожен із зазначених параметрів

представлений у вигляді взаємопов'язаних блоків даних. Це забезпечує можливість комплексного аналізу, порівняння та вибору технологічних рішень з урахуванням конкретних природно-виробничих і ринкових умов.

З методологічної точки зору, аналіз конкурентоспроможності адаптивних агросистем передбачає комплексну оцінку зазначених параметрів із використанням кількісних та якісних підходів, що відповідає сучасним вимогам концепції сталого розвитку та смарт-спеціалізації аграрного виробництва (рис. 12.1.).

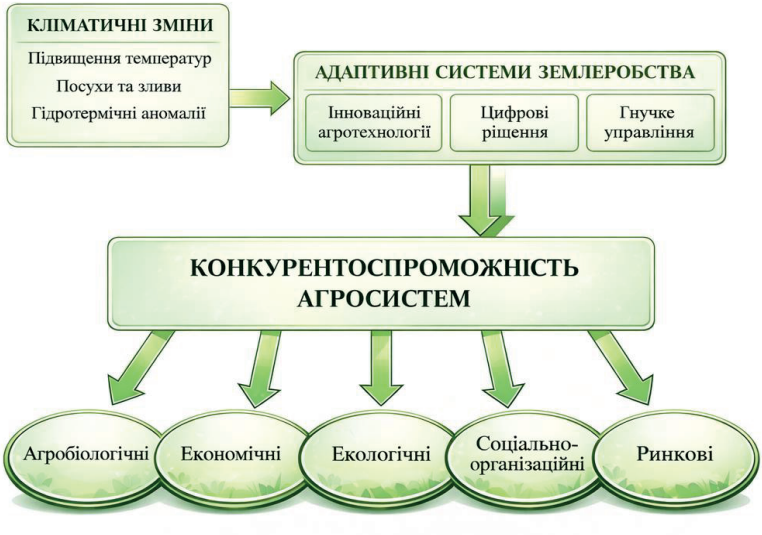


Рис. 12.1. Схема впливу кліматичних трансформацій на адаптивні агросистеми та їхню конкурентоспроможність

Агробіологічні параметри відбору агротехнологій є базовим критерієм їх оцінювання в умовах кліматичних трансформацій, оскільки саме вони визначають здатність екосистеми забезпечувати стабільне функціонування за змінних природних умов. Вони охоплюють комплекс характеристик, пов'язаних із біологічними особливостями сільськогосподарських культур, їх взаємодією з ґрунтовим середовищем та реакцією на абіотичні й біотичні чинники. У сучасних умовах агробіологічна складова набуває стратегічного значення, адже забезпечує

основу для формування адаптивного потенціалу аграрного виробництва [2, 6].

Важливим елементом агробіологічної оцінки є визначення стійкості сортів і гібридів до основних кліматичних стресових чинників, зокрема посухи, високих температур, нерівномірного зволоження, а також до ураження хворобами та шкідниками. Підвищення частоти екстремальних погодних явищ зумовлює необхідність добору генотипів з високою екологічною пластичністю. У цьому контексті агротехнології мають забезпечувати не лише реалізацію потенційної продуктивності культур, а й їх здатність до адаптації в умовах стресових чинників.

Істотним компонентом агробіологічних параметрів є ефективність використання природних ресурсів, передусім вологи та поживних речовин. Оптимізація водоспоживання культур, підвищення коефіцієнта використання елементів живлення та зменшення втрат поживних речовин є ключовими передумовами забезпечення ресурсозбереження. У цьому аспекті важливого значення набувають технології, що сприяють покращенню водоутримувальної здатності ґрунту, розвитку кореневої системи та підвищенню коефіцієнта використання добрив.

Не менш важливим є вплив агротехнологій на біологічну активність ґрунту, яка виступає інтегральним показником його родючості та екологічної стійкості. Застосування технологій, що сприяють збереженню органічної речовини, активізації мікробіологічних процесів і відновленню ґрунтової структури, забезпечує довгострокову продуктивність агроекосистем. Водночас деградаційні процеси, пов’язані з інтенсивним обробітком ґрунту та надмірною хімізацією, знижують його біологічний потенціал і обмежують ефективність агротехнологій у перспективі.

Агробіологічні параметри виступають одним із визначальних критеріїв відбору агротехнологій, оскільки саме вони формують основу стабільності врожайності та адаптивності агросистем до кліматичних змін.

Їх комплексне врахування дозволяє забезпечити не лише короткострокове підвищення продуктивності, а й довгострокову стійкість аграрного виробництва, що є ключовою передумовою його ефективного функціонування в умовах зростаючих кліматичних ризиків.

Економічні параметри відбору агротехнологій є ключовим елементом оцінювання їх доцільності та ефективності в системі сучасного аграрного виробництва. Вони охоплюють комплекс показників, що відображають співвідношення витрат і результатів впровадження технологічних рішень, а

також їх вплив на фінансову стійкість господарств. У сучасних умовах саме економічні критерії забезпечують трансформацію агротехнологій із суто виробничих інструментів у засіб досягнення стратегічних цілей розвитку аграрного підприємства [6].

До основних економічних показників належать рівень виробничих витрат, рентабельність виробництва, термін окупності інвестицій, а також ефективність використання матеріальних, трудових і енергетичних ресурсів. Важливого значення набуває оцінка структури витрат, яка допомагає визначити найбільш ресурсомісткі елементи технологій та обґрунтувати напрями їх оптимізації. У цьому контексті інноваційні агротехнології розглядаються як інструмент зниження питомих витрат на одиницю продукції при збереженні або підвищенні рівня врожайності.

Особливу роль у системі економічних параметрів відіграє ресурсозбереження, що передбачає раціональне використання виробничого потенціалу та мінімізацію втрат. Застосування адаптивних агротехнологій дає змогу оптимізувати витрати на паливо, добрива, засоби захисту рослин і оплату праці, що безпосередньо сприяє зниженню собівартості продукції. Водночас підвищення ефективності використання наявних можливостей господарства забезпечує формування економічно стійких моделей аграрного виробництва.

У контексті кліматичних трансформацій особливого значення набуває здатність агротехнологій забезпечувати економічну стійкість підприємств за умов підвищеної невизначеності. Коливання погодних умов, нестабільність врожайності та зміни ринкових цін підвищують рівень виробничих ризиків. У цих умовах важливим критерієм є чутливість технологій до зовнішніх факторів, зокрема змін цін на ресурси та продукцію, що визначає їх адаптивність і надійність з економічної точки зору.

Економічна оцінка агротехнологій також передбачає аналіз їх інвестиційної привабливості, зокрема визначення терміну окупності вкладених коштів і рівня прибутковості. Інноваційні технології, як правило, потребують початкових інвестицій, проте за умови ефективного впровадження вони забезпечують довгострокові економічні вигоди за рахунок зниження витрат і підвищення продуктивності. Це створює передумови для підвищення фінансової стійкості та конкурентоспроможності аграрних підприємств.

Результати наукових досліджень і практичного впровадження свідчать, що застосування інноваційних адаптивних агротехнологій здатне забезпечити зростання продуктивності сільськогосподарських культур до 15 % при

одночасному зниженні виробничих витрат на 25–30 %. Такий ефект досягається завдяки оптимізації технологічних процесів, зменшенню ресурсомісткості виробництва та підвищенню ефективності управління виробничими ресурсами.

Тому, економічні параметри забезпечують можливість оцінювання практичної доцільності впровадження агротехнологій та визначення рівня їх ефективності в умовах ринкової економіки. Їх комплексне врахування дає змогу обґрунтувати оптимальне співвідношення витрат і результатів, оцінити рентабельність та фінансові ризики, а також сформувати економічно доцільну систему управління аграрним виробництвом, здатну забезпечити стабільний розвиток і адаптацію до сучасних викликів.

Екологічні параметри відбору агротехнологій відіграють ключову роль у забезпеченні збалансованого розвитку аграрного виробництва, оскільки відображають ступінь впливу технологічних рішень на стан довкілля та функціонування агроекосистем. У сучасних умовах вони набувають особливого значення у зв'язку з посиленням кліматичних трансформацій і необхідністю збереження природно-ресурсного потенціалу. Екологічна складова агротехнологій виступає не лише обмежувальним чинником, а й стратегічною передумовою довгострокової ефективності аграрного виробництва [3].

Одним із базових екологічних критеріїв є збереження та відтворення родючості ґрунтів, що визначає продуктивність агроекосистем у довгостроковій перспективі. Інтенсивне землеробство, яке супроводжується надмірним механічним обробітком і хімізацією, призводить до деградації ґрунтової структури, зниження вмісту органічної речовини та погіршення водно-фізичних властивостей. У цьому контексті агротехнології повинні бути орієнтовані на підтримання гумусного балансу, відновлення структури ґрунту та активізацію біологічних процесів.

Важливим компонентом екологічних параметрів є обмеження ерозійних процесів, які посилюються під впливом кліматичних змін, зокрема збільшення інтенсивності опадів і тривалості посушливих періодів. Використання ґрунтозахисних технологій, оптимізація систем обробітку, впровадження сівозмін та покривних культур сприяють зменшенню водної та вітрової ерозії, що є необхідною умовою збереження продуктивності земельних ресурсів.

Суттєве значення має також оптимізація водного режиму агроекосистем. Раціональне використання вологи, підвищення гідрорегулюючої здатності ґрунту та скорочення непродуктивних втрат води забезпечують стабільність урожайності в умовах кліматичної мінливості.»

У цьому контексті екологічно орієнтовані агротехнології сприяють формуванню ефективних моделей водокористування, які поєднують економічну доцільність із дотриманням екологічної безпеки.

Окрему увагу слід приділити зменшенню викидів парникових газів та мінімізації хімічного навантаження на довкілля. Надмірне використання мінеральних добрив і засобів захисту рослин призводить до забруднення ґрунтів і водних ресурсів, а також до зростання викидів CO_2 та інших парникових газів. Упровадження інноваційних агротехнологій, зокрема точного землеробства, біологізації виробництва та інтегрованого захисту рослин, дозволяє суттєво знизити екологічні ризики та забезпечити екологічну безпечність виробництва.

Отже, інтеграція екологічних параметрів у процес відбору агротехнологій є необхідною умовою формування сталих аграрних систем, здатних функціонувати в умовах кліматичних трансформацій. Комплексне врахування екологічних чинників дозволяє не лише мінімізувати негативний вплив на довкілля, а й забезпечити відтворення природних ресурсів, що є основою довгострокової продуктивності та екологічної рівноваги агроландшафтів.

Соціально-організаційні параметри відбору агротехнологій відображають рівень готовності аграрних підприємств і сільських територій до впровадження інноваційних рішень та їх ефективного використання. Вони характеризують не лише ресурсний потенціал господарств, а й інституційні, кадрові та управлінські передумови трансформації аграрного виробництва. У сучасних умовах ці параметри набувають особливого значення, оскільки впровадження адаптивних сільськогосподарських технологій потребує високого рівня організаційної узгодженості та професійної підготовки [7].

Ключовим елементом соціально-організаційних параметрів є забезпеченість аграрного сектору кваліфікованими кадрами, здатними працювати з новими технологіями та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Зростання технологічної складності виробництва обумовлює необхідність постійного підвищення рівня професійної компетентності працівників, розвитку системи аграрної освіти та підготовки фахівців нового покоління.

Важливу роль відіграє доступність знань, інформаційно-консультаційних послуг і наукового супроводу. Ефективність впровадження агротехнологій значною мірою залежить від рівня інформаційного забезпечення товаровиробників, а також налагодженості взаємодії між науковими установами, бізнесом і органами управління. У цьому контексті інформаційні бази даних

виступають інструментом поширення знань та підвищення обґрунтованості управлінських рішень.

Суттєвим чинником є рівень технологічної культури та організаційної спроможності підприємств, що визначає здатність ефективно інтегрувати інновації у виробничі процеси. Впровадження інноваційних технологій часто супроводжується зміною організаційних структур, управлінських підходів і виробничих практик, що потребує адаптації внутрішніх процесів господарств.

Соціально-організаційні параметри також включають оцінку впливу інновацій на зайнятість сільського населення та соціальний розвиток територій. З одного боку, технологічні інновації можуть зменшувати потребу в ручній праці, з іншого – створювати попит на висококваліфіковані кадри, сприяючи модернізації ринку праці та підвищенню рівня доходів у сільській місцевості.

Таким чином, урахування соціально-організаційних параметрів дозволяє забезпечити ефективний трансфер інновацій, зменшити бар'єри їх впровадження та підвищити результативність адаптивних агротехнологій у практиці аграрного виробництва [7].

Ринкові параметри відбору агротехнологій визначають їх відповідність вимогам сучасного ринкового середовища та здатність забезпечувати економічну реалізацію виробленої продукції. Вони відображають взаємозв'язок між виробничими процесами та ринковими умовами, формуючи основу для оцінки конкурентоспроможності аграрного виробництва [4].

Одним із ключових аспектів є якість і стандартизація сільськогосподарської продукції. Сучасні ринки, особливо міжнародні, висувають високі вимоги до безпечності, якості та моніторингу продукції. У цьому контексті сільськогосподарські технології повинні забезпечувати відповідність стандартам сертифікації, зокрема екологічної та органічної, що підвищує додану вартість продукції та розширює можливості її реалізації. Важливим чинником є інтеграція аграрного виробництва у ланцюги доданої вартості, які охоплюють виробництво, переробку, логістику та збут продукції. Технологічні рішення у сільському господарстві повинні враховувати вимоги цих ланцюгів, забезпечуючи стабільність якості продукції, її конкурентоспроможність і відповідність потребам споживачів.

Істотне значення має здатність технологій реагувати на зміни ринкової кон'юнктури, зокрема коливання цін, попиту та пропозиції. Гнучкість технологічних рішень дозволяє аграрним підприємствам адаптувати виробництво до змін зовнішнього середовища, мінімізуючи економічні ризики та

підвищуючи ефективність господарювання.

Особливу роль у забезпеченні ринкової орієнтації агротехнологій відіграє інформаційна база даних, яка забезпечує доступ до актуальної інформації про ринкові тенденції, вимоги до продукції, ціни та канали збуту. Вона виступає інтегруючим елементом між виробничими рішеннями та ринковими можливостями, сприяючи підвищенню обґрунтованості управлінських рішень.

Тому, комплексне врахування агробіологічних, економічних, екологічних, соціально-організаційних і ринкових параметрів формує цілісну систему відбору технологій, що відповідає вимогам адаптивного землеробства, що створює передумови для підвищення ефективності аграрного виробництва, зміцнення продовольчої безпеки держави та забезпечення сталого розвитку сільських територій в умовах зростаючих кліматичних викликів [2, 3].

12.2. Інформаційна база даних інноваційних агротехнологій в адаптивних системах землеробства за кліматичних трансформацій

Сучасне аграрне виробництво функціонує в умовах посилення глобальних викликів, серед яких визначальними є кліматичні трансформації, деградація ґрунтів, виснаження водних і енергетичних ресурсів, зростання антропогенного навантаження на довкілля, а також підвищення попиту на продовольство у зв’язку зі збільшенням чисельності населення. За таких умов традиційні моделі інтенсивного землеробства, що характеризуються високим рівнем хімізації та енергомісткості, поступово втрачають ефективність і водночас загострюють екологічні та економічні ризики.

Це зумовлює необхідність переходу до адаптивних систем землеробства, які базуються на впровадженні інноваційних агротехнологій. Їх застосування спрямоване на підвищення стійкості агросистем до кліматичних коливань, оптимізацію використання природних ресурсів і забезпечення стабільності виробничих результатів. У результаті підвищується врожайність сільськогосподарських культур, поліпшується якість продукції, знижуються виробничі витрати та зростає конкурентоспроможність аграрного сектору.

Ефективність впровадження інноваційних агротехнологій значною мірою залежить від рівня інформаційного забезпечення виробників сільськогосподарської продукції. За відсутності системного інформаційного супроводу навіть науково обґрунтовані розробки часто залишаються на стадії експериментального застосування. Недостатній рівень взаємодії між науковою

сферою, виробництвом і ринком обмежує практичне використання інновацій та знижує їх економічну доцільність. У цьому контексті інформаційне забезпечення доцільно розглядати не як допоміжний компонент, а як фундаментальну складову системи управління аграрним виробництвом, що безпосередньо впливає на обґрунтованість, своєчасність та адаптивність управлінських рішень.

Особливого значення набувають інформаційні бази даних як інструмент трансферу інновацій. Вони забезпечують систематизацію знань, підвищують доступність інформації для агровиробників, сприяють прийняттю обґрунтованих управлінських рішень та адаптації агротехнологій до конкретних виробничих умов [8]. Крім того, такі ресурси дозволяють враховувати ринкові потреби, що підвищує економічну ефективність впровадження інновацій. Водночас інформаційна база даних повинна розглядатися не лише як сховище інформації, а як функціонально активний аналітичний інструмент підтримки прийняття рішень, що забезпечує можливість формалізованого оцінювання альтернатив за сукупністю критеріїв – економічної ефективності, ризикованості, ресурсної забезпеченості та технологічної функціональності.

Практичне застосування інновацій в адаптивних системах землеробства має значний потенціал підвищення ефективності аграрного виробництва. Використання ресурсозберігаючих технологій, удосконалення систем сівозмін, обробітку ґрунту та захисту рослин сприяє оптимізації використання матеріальних і енергетичних ресурсів, підвищенню врожайності та рентабельності виробництва.

Поряд з економічними ефектами, впровадження інновацій забезпечує вагомі екологічні та соціальні результати. Раціональне використання природних ресурсів і зменшення техногенного навантаження сприяють поліпшенню стану агроландшафтів і реалізації принципів сталого розвитку. Водночас розвиток інноваційного аграрного виробництва стимулює створення нових робочих місць, підвищення рівня зайнятості та професійної підготовки кадрів.

Водночас сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується високим рівнем невизначеності, зумовленим кліматичними ризиками, динамікою ринкової кон’юнктури та посиленням екологічних обмежень. Часті екстремальні погодні явища ускладнюють планування та управління технологічними процесами, що знижує ефективність традиційних підходів.

У цих умовах особливої актуальності набуває формування систематизованої, науково обґрунтованої та інтегрованої інформаційної бази даних інноваційних агротехнологій в адаптивних системах землеробства за

кліматичних трансформацій. Така база має забезпечувати комплексне поєднання агробіологічних, технологічних, економічних, соціальних та еколого-економічних характеристик із урахуванням природно-кліматичних і виробничих умов регіонів. Вона повинна функціонувати як ринково-орієнтований інструмент підтримки управлінських рішень, сприяючи адаптації агроекосистем до кліматичних трансформацій, зниженню ризиків і підвищенню сталості виробництва.

Дані, отримані в ході наукових досліджень і виробничих випробувань, доцільно розглядати не лише як результат інноваційної діяльності, а як базовий ресурс формування інформаційної бази даних. Саме вони забезпечують її наповнення емпірично верифікованими, динамічними та прикладно-орієнтованими показниками, що відображають реальні умови функціонування аграрних екосистем. Важливо, що такі дані мають просторово-часову прив'язку, фіксують фактичні витрати і виробничі результати, а також дозволяють виявляти технологічні обмеження й «вузькі місця» реалізації агротехнологій.

У наукових дослідженнях доведено, що ефективність впровадження інноваційних агротехнологій залежить від доступності якісної, структурованої та релевантної інформації, інтегрованої з урахуванням виробничого, економічного та природно-кліматичного контексту. Водночас фрагментарність наявних інформаційних ресурсів і відсутність узгоджених підходів до структурування даних обмежують можливості практичного використання результатів наукових розробок [9−11].

У дослідженнях присвячених створенню аграрних інформаційних систем і баз даних для підтримки управлінських рішень, підтверджується, що ефективність таких ресурсів визначається якістю даних, їх стандартизованістю, просторово-часовою прив'язкою, можливістю економічної інтерпретації та орієнтацією на потреби користувачів різних рівнів управління [12].

Водночас більшість існуючих підходів зосереджені переважно на технологічних або агробіологічних аспектах, недостатньо враховуючи економічні, соціальні та еколого-економічні характеристики інноваційних агротехнологій. Це ускладнює комплексну оцінку альтернатив і знижує ефективність прийняття управлінських рішень в умовах кліматичних трансформацій [13−16]. Однією з причин обмеженої результативності таких інформаційно-аналітичних систем є невідповідність використовуваних даних реальним управлінським потребам товаровиробників, що зумовлює необхідність удосконалення підходів до формування інформаційної бази.

Попри значний науковий доробок, питання методичного узгодження різнотипних даних та їх інтеграції в межах єдиної, ринково-орієнтованої інформаційної бази залишаються недостатньо розробленими, що зумовлює актуальність подальших досліджень у цьому напрямі.

У процесі формування інформаційної бази даних інноваційних агротехнологій слід спиратися на наукові праці вітчизняних і зарубіжних авторів, у яких висвітлено проблеми інноваційного розвитку аграрного сектору, становлення адаптивних систем землеробства в умовах кліматичних трансформацій, інформаційного забезпечення впровадження технологій землеробства і рослинництва, а також створення інформаційних систем і баз даних. Важливе значення мають узагальнення практичного досвіду щодо формування, систематизації та використання інформації в управлінні сільськогосподарським виробництвом.

Інформаційну базу даних інноваційних технологій в адаптивних системах землеробства за кліматичних трансформацій варто розглядати з позицій системного підходу як інтегрований науково-інформаційний ресурс, що поєднує агробіологічні, технологічні, економічні, соціальні та еколого-економічні характеристики з урахуванням природно-кліматичних і виробничих умов. Такий підхід дає змогу виявити взаємозв'язки між кліматичними чинниками, параметрами агротехнологій і управлінськими рішеннями в аграрному виробництві.

Для забезпечення практичної керованості, узгодженості та прозорості інформаційних потоків інформаційну базу даних доцільно формувати як систему логічно структурованих і взаємопов'язаних блоків, що охоплюють повний цикл роботи з даними: збір, первинну верифікацію, стандартизацію, інтеграцію, зберігання, обробку, аналітичну інтерпретацію та подальше використання у процесі формування управлінських рішень. Така структуризація дозволяє забезпечити простежуваність походження даних, відтворюваність результатів аналізу та прозорість логіки формування рекомендацій, а також створює передумови для інтеграції різнорідних джерел інформації у єдине аналітичне середовище.

Для осмислення теоретичних положень і формування загальних підходів до побудови інформаційної бази даних використовується абстрактно-логічний метод, який забезпечує узагальнення наукових ідей і формування концептуальних положень. Структурно-функціональний аналіз дозволяє визначити місце та роль інформаційної бази даних у системі підтримки

адаптивного землеробства та впровадження інноваційних агротехнологій.

Методи порівняння та узагальнення застосовуються для аналізу підходів до класифікації агротехнологій і структуризації інформації, а також для оцінювання можливостей їх економічної інтерпретації. Це дає змогу обґрунтувати напрями інтеграції агробіологічних, економічних, екологічних і соціальних параметрів у межах єдиного інформаційного ресурсу, орієнтованого на потреби аграрного виробництва.

У практиці аналізу та формування інформаційних ресурсів використовуються також інші методи:

– діалектичний – для виявлення закономірностей розвитку технологічних розробок;

– економіко-статистичний – для оцінювання їх ефективності;

– системно-теоретичний – для поєднання різнорідних даних у єдину інформаційну модель;

– аналітичний – для узагальнення результатів і формування практичних рекомендацій.

Застосування комплексу цих підходів і методів забезпечує цілісне розуміння принципів побудови та функціонування інформаційної бази даних інновацій як інструменту підтримки управлінських рішень в умовах кліматичних трансформацій.

В даних умовах інформаційне та науково-консультаційне забезпечення набуває значення однієї з ключових функцій управління аграрним виробництвом. Якщо раніше управлінські рішення значною мірою ґрунтувалися на усталених технологічних регламентах і накопиченому виробничому досвіді, то сучасне сільське господарство функціонує в середовищі підвищеної невизначеності. Вона зумовлена нестабільністю кліматичних параметрів, динамікою ринкової кон'юнктури та посиленням екологічних обмежень [17].

Територіальна розосередженість аграрного виробництва, сезонність виконання технологічних операцій і значна залежність результатів від погодних умов істотно ускладнюють оперативне управління виробничими процесами. За таких умов зростає роль інформаційних ресурсів, які забезпечують не лише доступ до даних, а й їх аналітичну інтерпретацію з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних, виробничих і економічних умов діяльності господарств.

Якість управлінських рішень дедалі більше визначається не обсягом доступної інформації, а ступенем її структурованості, узгодженості та адаптованості до конкретних умов. Фрагментарні інформаційні ресурси,

орієнтовані на окремі аспекти аграрного виробництва, не забезпечують можливості комплексної оцінки агротехнологічних альтернатив і, відповідно, обмежують ефективність адаптації до кліматичних змін.

Аналіз сучасних підходів до інформаційного забезпечення аграрного сектору свідчить, що більшість наявних інформаційних систем і баз даних зосереджені переважно на технологічних або агробіологічних параметрах агротехнологій. Такий підхід дозволяє оцінювати потенційну продуктивність культур, проте є недостатнім для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у ринкових умовах, оскільки не враховує економічні ризики, ресурсні обмеження, екологічні наслідки та можливості реалізації продукції.

У цьому зв'язку формування інформаційної бази даних інноваційних агротехнологій слід розглядати як важливий елемент інформаційної інфраструктури аграрного виробництва. На відміну від традиційних довідкових ресурсів, така база даних виконує функцію інструменту підтримки управлінських рішень, поєднуючи результати наукових досліджень, узагальнені дані виробничої практики та інформацію про природно-кліматичні й ринкові умови.

Важливою характеристикою сучасних інформаційних ресурсів є просторово-часова прив'язка даних. Зміни температурного режиму, режиму атмосферних опадів і зростання частоти екстремальних погодних явищ зумовлюють необхідність урахування регіональної мінливості кліматичних чинників під час оцінювання ефективності інноваційних розробок. Універсальні технологічні рекомендації в таких умовах втрачають практичну цінність без адаптації до конкретних агроекологічних і виробничо-економічних умов.

Формування інформаційної бази даних на засадах регіональної диференціації дає змогу перейти від стандартизованих рішень до варіативних сценаріїв управління, що відповідає принципам адаптивного землеробства. Інноваційні технології в межах такої системи розглядаються як інструменти управління, ефективність яких визначається поєднанням кліматичних, економічних і організаційних чинників.

Ключовою умовою практичної цінності інформаційної бази даних є інтеграція агробіологічних, економічних, екологічних, соціально-організаційних і ринкових параметрів (рис. 12.2).

Агробіологічні показники є основою оцінки ефективності агротехнологій у змінних кліматичних умовах, оскільки визначають здатність культур до адаптації та підтримання стабільної продуктивності. До них відносять стійкість сортів до посухи, температурних коливань, шкідників і хвороб, а також здатність до

повного використання водних і поживних ресурсів. Важливим є вплив технологій на біологічні властивості ґрунту, включно з родючістю, структурою і мікробіологічною активністю. Комплексний аналіз агробіологічних параметрів дозволяє прогнозувати довгострокову ефективність агроекосистем. Їх врахування сприяє формуванню стійкого та ресурсозберігаючого виробництва.

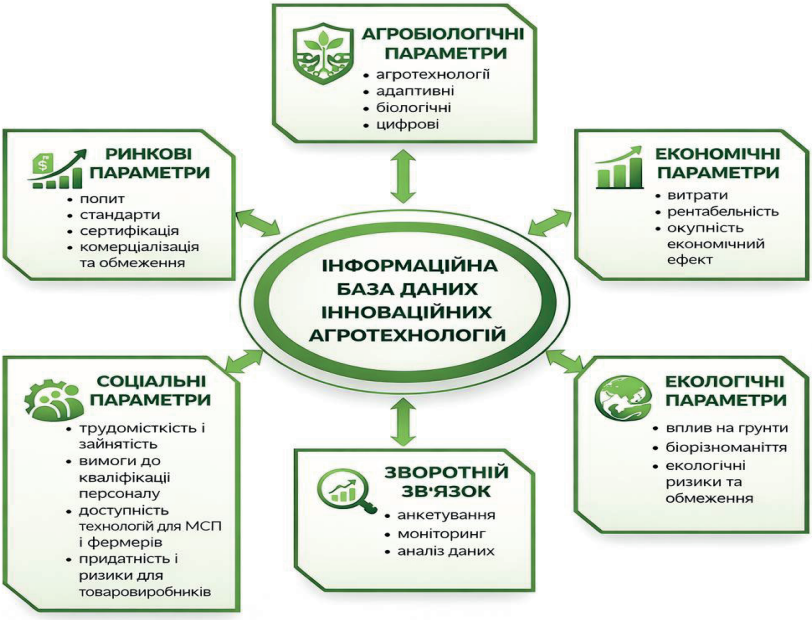


Рис. 12.2. Інформаційна база даних інноваційних агротехнологій

Економічні показники, зокрема структура витрат, рівень інтенсивності технологій, очікувана рентабельність і чутливість результатів до змін кліматичних та ринкових умов, забезпечують трансформацію біофізичного опису агротехнологій у систему економічно зіставних альтернатив. У межах інформаційної бази даних економічні параметри виконують функцію відбору та порівняння агротехнологічних рішень з урахуванням обмежень обігового капіталу та рівня ризиків.

Екологічні параметри відбору агротехнологій визначають їхній вплив на

стан ґрунтів, водних ресурсів та біологічну активність агроекосистем. Вони включають підтримання родючості, запобігання ерозії та оптимізацію водокористування для стабільної продуктивності. Значну увагу приділяють зменшенню хімічного навантаження та скороченню викидів парникових газів. Урахування цих показників забезпечує формування стійких і екологічно безпечних моделей агровиробництва.

Соціально-організаційні параметри відображають рівень управлінської культури, кадрового та технічного забезпечення, а також готовність господарств до впровадження інновацій. Вони визначають, наскільки ефективно одна й та сама агротехнологія може реалізовуватися в різних умовах, формуючи відмінні економічні результати, що зумовлює необхідність урахування цих чинників у процесі прийняття управлінських рішень.

Ринкові дані забезпечують зв'язок між виробничими рішеннями та можливістю їх економічної реалізації. Врахування попиту, вимог стандартів якості та сертифікації, стабільності каналів збуту дозволяє оцінювати агротехнологічні альтернативи з позицій ланцюга створення вартості та зменшувати ризики комерційної нереалізації навіть технологічно ефективних рішень.

Ефективність функціонування інформаційної бази даних істотно залежить від наявності механізмів зворотного зв'язку між науковими установами, товаровиробниками та органами управління аграрним сектором. В умовах кліматичних трансформацій статистичні інформаційні ресурси швидко втрачають актуальність, тоді як інтеграція результатів практичного впровадження агротехнологій забезпечує динамічне оновлення показників ефективності та підвищує достовірність рекомендацій [8].

Зворотний зв'язок виконує функцію верифікації наукових рекомендацій на основі результатів їх практичного застосування. Дані щодо фактичної врожайності, ресурсозбереження, економічних результатів і екологічних ефектів дозволяють коригувати оцінки ефективності агротехнологій, уточнювати параметри їх застосування та адаптувати управлінські рішення до реальних умов господарювання.

Інтеграція механізмів зворотного зв'язку сприяє реалізації принципу динамічності інформаційної бази даних і формуванню адаптивних знань, орієнтованих на регіональні особливості аграрного виробництва. Акумуляція результатів виробничої апробації створює передумови для формування типових сценаріїв управління та підвищує здатність аграрних систем реагувати на зміну

кліматичних і ринкових умов.

Інформаційна база даних інноваційних агротехнологій в адаптивних системах землеробства за кліматичних трансформацій розглядається як динамічний, ринково-орієнтований науково-інформаційний механізм підтримки прийняття управлінських рішень, а не як пасивне сховище інформації. Її використання забезпечує зниження кліматичних і економічних ризиків, підвищення адаптивності аграрного виробництва та формування передумов сталого розвитку регіональних аграрних систем в умовах кліматичних трансформацій.

Подальший розвиток інформаційної бази даних інноваційних агротехнологій передбачає формування чітких методичних підходів до її структурування, наповнення та використання в системі управління аграрним виробництвом. Важливою передумовою ефективного функціонування такої бази є стандартизація показників, що забезпечує можливість порівняння різнорідних агротехнологічних рішень за єдиною системою критеріїв.

Такий підхід допомагає здійснювати комплексну оцінку технологій і враховувати багатофакторний характер їх ефективності в умовах кліматичних трансформацій. Водночас методично важливим є узгодження інформаційної бази з реальною ієрархією управління господарством, що забезпечує підтримку як оперативно-тактичних рішень (планування технологічних операцій, контроль ресурсів), так і стратегічних рішень (інвестиційних, організаційно-технологічних і трансформаційних).

Особливого значення набуває розроблення алгоритмів відбору інновацій, які враховують як цільові орієнтири господарства, так і обмеження ресурсного, фінансового та організаційного характеру. Застосування багатокритеріальних методів оцінювання забезпечує можливість ранжування альтернатив за рівнем їх відповідності визначеним умовам господарювання та стратегічним пріоритетам розвитку.

У контексті практичного використання інформаційної бази важливою є її інтеграція з цифровими системами підтримки прийняття рішень. Це дає можливість автоматизувати процес аналізу даних, моделювання сценаріїв та вибору оптимальних агротехнологічних рішень з урахуванням прогнозних змін кліматичних і ринкових параметрів.

Значну роль відіграє також адаптація інформаційної бази до регіональних умов, що передбачає врахування ґрунтово-кліматичних особливостей, структури виробництва, рівня технологічного розвитку та доступності ресурсів.

Регіоналізація даних підвищує точність рекомендацій і забезпечує їх практичну релевантність для конкретних товаровиробників [18].

Узагальнюючи, слід зазначити, що методичне забезпечення формування та використання інформаційної бази даних інноваційних агротехнологій є ключовим чинником підвищення її ефективності як інструменту управління. Реалізація зазначених підходів сприяє переходу від фрагментарного використання інформації до системного, науково обґрунтованого прийняття рішень в аграрному секторі.

Формування інформаційної бази даних доцільно здійснювати з урахуванням таких принципів: системності (узгоджене поєднання різних груп показників), контекстної адаптації (врахування ґрунтово-кліматичних і виробничих умов), наукової верифікованості (ґрунтується на перевірених даних та результатах апробації), ринкової орієнтації (узгодження з попитом і вимогами ринку), динамічності (можливість постійного оновлення інформації).

Дотримання зазначених принципів забезпечує використання інформаційної бази як інструменту підтримки прийняття управлінських рішень, а не лише як засобу накопичення даних.

Слід враховувати, що ефективність інформаційної бази визначається рівнем інтеграції різнорідної інформації. Найбільшої результативності досягають системи, у яких поєднуються агробіологічні параметри (врожайність, реакція культур на технології), економічні показники (витрати, рентабельність, ризики), екологічні характеристики (вплив на ґрунт, ресурсоощадність), соціально-організаційні умови (кадрове забезпечення, рівень управління), ринкові чинники (попит, канали збуту, вимоги до якості).

Особливу увагу рекомендується приділяти впровадженню механізмів зворотного зв'язку, які забезпечують накопичення даних про фактичні результати застосування агротехнологій, уточнення параметрів їх ефективності, адаптацію рекомендацій до реальних умов господарювання.

Використання результатів виробничої апробації дозволяє підвищити достовірність управлінських рішень, знизити рівень кліматичних і економічних ризиків та сформувати альтернативні сценарії ведення виробництва.

Застосування зазначених підходів при розробленні інформаційно-аналітичних і консультаційних систем, орієнтованих на потреби агровиробників та органів управління, сприяє підвищенню адаптивності аграрного виробництва, прискоренню впровадження інновацій та забезпеченню сталого розвитку регіональних аграрних екосистем.

Список використаних джерел

1. Уніят, Л. М. (2019). Інформаційно-комунікаційні технології як фактор інноваційного розвитку агропромислових підприємств. *Інноваційна економіка (7–8)*, 152–159. https://doi.org/10.37332/2309-1533.2019.7-8.22.

2. Grigorieva, E., Livenets, A., & Stelmakh, E. (2023). Adaptation of agriculture to climate change: A scoping review. *Climate, 11*(10), Article 202. https://doi.org/10.3390/cli11100202.

3. Byfuglien, A., Kvakkestad, V., & Innocenti, S. (2025). Mitigation and adaptation in agriculture: Effects of framing on farmers' policy support and sustainable practices. *Climatic Change, 178*, Article 64. https://doi.org/10.1007/s10584-025-03902-x.

4. Climate change risk, resilience, and adaptation among rural farmers in East Africa: A literature review. (2023). *Regional Studies in Sustainability*. https://doi.org/10.1016/j.regsus.2023.05.004.

5. Галабурда, С. О. (2021). Адаптація сільського господарства до глобальних кліматичних змін. У *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Матеріали Міжнародної наукової конференції.* НУБіП України. https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/8758.

6. Kucher, A. (2017). Адаптація аграрного землекористування до змін клімату. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal, 3*(1), 119–138. https://doi.org/10.51599/are.2017.03.01.10.

7. Ignaciuk, A. (2015). *Adapting agriculture to climate change: A role for public policies* (OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers No. 85). OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/adapting-agriculture-to-climate-change_5js08hwvfnr4-en.html.

8. Чуєнко, В. (2023). Ефективність цифровізації в агропромисловому комплексі. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, *329*(6), 354–357. https://heraldts.khmnu.edu.ua/index.php/heraldts/article/view/42981.

9. Саблук, П. Т. (2021). Наукове обґрунтування інноваційного розвитку в аграрній сфері. *Економіка АПК, 28*(6), 16–25. https://doi.org/10.32317/2221-1055.202106016.

10. Пискливець, В. (2025). Інституційні засади інноваційного розвитку сільського підприємництва України в контексті євроінтеграції. *Економіка та суспільство, (78)*. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-102.

11. Брич, В., Борисяк, О., & Брич, В. (2024). Оцінка ризиків кліматичних

змін в аграрному природокористуванні. *Економічний аналіз, 34*(2), 338–345. https://doi.org/10.35774/econa2024.02.338.

12. Дідковська, Л. (2023). Сталий розвиток аграрного сектора: виклики війни та клімату. *International Science Journal of Management, Economics & Finance, 2*(6), 1–11. https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20230206.01.

13. Кропивко, М. Ф. (2016). *Інформаційно-консультаційне забезпечення аграрного виробництва*. ННЦ «ІАЕ».

14. Шевчук, І., Федоришина, Л., & Шевчук, Л. (2025). Інформаційні технології в управлінні знаннями: тенденції, виклики та перспективи. *Сталий розвиток економіки, (2)(53),* 341–349. https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-53-47.

15. Шпикуляк, О. Г., & Грицаєнко, М. І. (2016). *Розвиток інноваційної діяльності в аграрній сфері: менеджмент та ефективність* (Монографія). ОЛДІ-ПЛЮС. https://repository.vsau.org/getfile.php/25575.pdf.

16. Бричко, А. (2022). Управління інноваційним розвитком аграрних підприємств. *Економіка та суспільство, (45).* https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-2.

17. Гринчук, Ю. (2025). Вплив системи інформаційного забезпечення на ефективність виробничої діяльності сільськогосподарських підприємств. *Економіка та суспільство, (79).* https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-79-182.

18. Tkachenko, A. M., Derhach, V. V., Buslaieva, N. H., Kaminska, A. I., Shcherbatiuk, V. V., & Vetrova, N. O. (2025). The role of living labs in forming relevant databases for modern decision support systems in agrotechnological decision-making. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика, (4)(18),* 120–127. https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2026/02/zemlerobstvo-%E2%84%964-2025.pdf.

Розділ 13. LIVING LABS ЯК ІНСТРУМЕНТ КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

Сучасний етап розвитку аграрного сектору України характеризується безпрецедентним зростанням рівня невизначеності, що зумовлена поєднанням погодних ризиків, ринкової волатильності та жорстких екологічних вимог. У таких умовах традиційні підходи до впровадження інновацій часто виявляються недостатньо ефективними через значний розрив між теоретичним потенціалом цифрових систем підтримки прийняття рішень та їхньою практичною реалізацією у реальних господарствах [6, 9]. Європейська концепція Living Labs (Живих Лабораторій) пропонує якісно новий формат подолання цієї проблеми, виступаючи як відкрита багатостороння платформа для співтворення знань безпосередньо у виробничому середовищі. Такий підхід дозволяє перетворити процес розробки та комерціалізації агротехнологій на інтерактивний цикл, де результати кожного сезону стають основою для формування контекстно-релевантних баз даних [9].

Комерціалізація інноваційних агротехнологій через Living Labs передбачає не лише продаж ліцензій чи обладнання, але й формування нових бізнес-моделей, заснованих на наданні верифікованих даних та консультаційних послуг. Це відкриває шлях для впровадження принципів циркулярної економіки в агросекторі, де відходи одного процесу стають ресурсом для іншого, а управлінські рішення мінімізують антропогенне навантаження на довкілля. Інтеграція України в Європейський інноваційний простір вимагає створення мережі таких лабораторій, які б координували свої зусилля на міжрегіональному рівні, забезпечуючи обмін досвідом та трансфер успішних практик адаптивного землеробства. Особливої ваги це набуває при впровадженні складних цифрових рішень, які потребують значних початкових інвестицій та високої кваліфікації персоналу. Живі Лабораторії стають тими інкубаторами, де такі технології проходять шлях від прототипу до життєздатного комерційного продукту, адаптованого до специфіки українського агробізнесу.

Для України впровадження моделі Living Labs має стратегічне значення, оскільки вона виступає потужним інструментом прискорення трансферу інновацій через поєднання експериментальної діяльності та спільного навчання учасників інноваційного процесу. Важливим аспектом є орієнтація на принципи Європейського Зеленого Курсу, де Живі Лабораторії забезпечують перехід до сталого землеробства шляхом моніторингу екологічних параметрів, контролю за

балансом поживних речовин та мінімізації деградаційних процесів у ґрунтах. Особливої актуальності цей інструментарій набуває у контексті післявоєнного відновлення агросектору, зокрема для розробки та апробації технологій ліквідації наслідків забруднення земель і рекультивації територій, що потребує високоточної інформаційної підтримки та гнучкого адаптивного управління.

Інтеграція України в Європейський інноваційний простір вимагає гармонізації вітчизняної аграрної політики з міжнародними стандартами управління даними та знаннями. Застосування концепції Living Labs дозволяє зблизити позиції наукових установ, агровиробників, бізнесу та органів влади, створюючи умови для ефективної комерціалізації інноваційних агротехнологій. У результаті формується гнучка організаційно-економічна модель, яка здатна трансформувати складні біофізичні дані у прикладні управлінські рішення, забезпечуючи сталий розвиток і конкурентоспроможність українського агросектору у довгостроковій перспективі.

13.1. Функціонування Живих Лабораторій (Living Labs) та обґрунтування організаційно-економічних засад адаптації до умов українського сільського господарства

У сучасній науковій парадигмі концепція Living Labs (Живих лабораторій) розглядається як формат відкритих багатосторонніх платформ, що забезпечують умови для спільного проектування, тестування та вдосконалення інновацій безпосередньо у реальному виробничому середовищі за активної участі кінцевих користувачів [5, 9]. На відміну від традиційних лінійних моделей трансферу знань, Живі Лабораторії функціонують як динамічні екосистеми співтворення, де наукові дослідження інтегруються у повсякденну практику агровиробництва, що допомагає значно скоротити шлях від розробки технології до її комерціалізації [4, 8, 9]. Такий підхід базується на принципах відкритих інноваційних систем, де знання циркулюють між науковими установами, бізнесом та фермерами, створюючи синергетичний ефект для розвитку аграрних систем знань та інновацій [1, 9].

Відмова від лінійних моделей трансферу знань на користь Living Labs означає, що фермер перестає бути пасивним реципієнтом готового рішення. Натомість він стає партнером у розробці, надаючи зворотний зв'язок на ранніх етапах, що дозволяє коригувати параметри технології ще до моменту її масового виходу на ринок. Це допомагає уникнути значних витрат на впровадження

технологій, які виявляються неадаптованими до реальних виробничих умов конкретного господарства. Економічна модель, що лежить в основі таких лабораторій, базується на розподілі ризиків та вигод між усіма учасниками співтворення. Науковці отримують доступ до реальних даних та виробничої бази для проведення експериментів, бізнес – верифіковану інформацію про ефективність своїх продуктів, а фермери – інноваційні рішення, що підвищують рентабельність виробництва без загрози екологічній стабільності. Такий підхід трансформує саму суть аграрних систем знань та інновацій, роблячи їх більш гнучкими та орієнтованими на кінцевого користувача.

Перехід від ізольованих досліджень на контрольованих ділянках до експериментування у «реальних умовах» господарювання зумовлений необхідністю подолання критичного розриву між потенційними можливостями цифрових інструментів підтримки прийняття рішень (СППР) та реальним рівнем їхньої адаптації до потреб конкретних господарств [6, 9]. Living Labs стають системним механізмом подолання цього бар'єру, забезпечуючи формування контекстно-релевантних баз даних, які враховують не лише теоретичні закономірності розвитку агроекосистем, а й специфічні обмеження, притаманні локальним умовам. Це дозволяє трансформувати абстрактні біофізичні моделі у прикладні управлінські сценарії, що мають високу практичну цінність для агровиробника.

Специфіка адаптивного землеробства як об'єкта дослідження у межах Живих лабораторій полягає у високому рівні невизначеності природно-кліматичних та економічних факторів, що потребує гнучкості та безперервного оновлення параметрів прийняття рішень. У процесі функціонування Living Labs реалізується багатокритеріальний підхід до оцінки агротехнологій, де результати аналізуються не лише за показниками продуктивності, а й через призму економічної ефективності, ризиків, ресурсної здійсненності та екологічної допустимості. Використання механізмів зворотного зв'язку дозволяє перетворити кожну технологічну операцію на джерело нових даних, що сприяє постійній оптимізації моделей управління в умовах змінних екологічних вимог та викликів.

Тому, інтеграція концепції Living Labs у практику адаптивного землеробства забезпечує перехід до інтерактивного формату взаємодії, де фермери стають є активними учасниками дослідницького процесу [1, 5, 9]. Це створює умови для формування надійних баз даних, які є фундаментом для сучасних інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, гарантуючи

відповідність інновацій реальним потребам агросектору та сприяючи його сталій трансформації у післявоєнний період.

Адаптація концепції Живі Лабораторії до вітчизняної аграрної практики вимагає глибокого аналізу причин існуючого «розриву» між високим технологічним потенціалом сучасних цифрових систем та їх реальним рівнем інтеграції у виробничі процеси українських господарств [6]. Основна проблема полягає у тому, що більшість існуючих інструментів базується на узагальнених алгоритмах, які не завжди враховують специфічні організаційно-економічні та природні умови України, що призводить до низької довіри виробників до автоматизованих рекомендацій [9]. Живі Лабораторії пропонують механізм подолання цієї перешкоди шляхом безпосереднього залучення фермерів до процесу валідації даних, що допомагає формувати бази знань, які максимально точно відображають локальні обмеження, структуру витрат та ризики [3].



Важливим елементом адаптації є впровадження моделі багатосторонньої взаємодії за принципом Quadruple Helix (Чотиривимірної спіралі), де наукові установи, агровиробники, бізнес-структури та органи влади об'єднують зусилля у межах єдиного інноваційного простору [5, 9]. У такій системі Живі Лабораторії виконують роль координаційного центру, де економічні інтереси бізнесу щодо комерціалізації нових продуктів узгоджуються з науковими вимогами до точності експериментів та соціальними запитами громад на екологічну сталість

[1, 9]. Організаційна структура таких лабораторій в українських умовах має бути максимально гнучкою, забезпечуючи перехід від формального консультування до активного співробітництва, де кожен учасник отримує доступ до верифікованої інформації для підвищення власної ефективності [4, 9].

Механізми формування контекстно-релевантних баз даних у межах Живі Лабораторії базуються на циклічному зборі та інтерпретації параметрів, що охоплюють агробіологічні, технічні та фінансові аспекти господарювання (рис. 13.1.). Це дає можливість створювати цифрові двійники реальних виробничих ситуацій, де результати кожного агротехнологічного рішення фіксуються та аналізуються для подальшої оптимізації управлінських впливів [9]. Такий підхід забезпечує гармонізацію аграрної політики України з міжнародними стандартами, зокрема у контексті моніторингу екологічних індикаторів та ресурсозбереження, що є критично важливим для інтеграції вітчизняного агросектору у Європейський дослідницький простір [2, 9].



Рис. 13.1. Послідовність прийняття рішень СППР [9]

Економічна доцільність функціонування Живі Лабораторії в умовах України також підкріплюється можливістю зниження витрат на виправлення помилкових управлінських рішень за рахунок попередньої апробації інновацій у масштабі реального часу [9]. Створення таких платформ у дослідницькому просторі України дозволить сформувати нову культуру управління даними, де цифровізація виступає не як самоціль, а як надійний фундамент для сталого розвитку та відновлення аграрного потенціалу держави у післявоєнний період [7].

Реалізація цієї концепції в Україні стикається з низкою специфічних організаційних та економічних бар'єрів. По-перше, це низький рівень довіри між учасниками тріади «наука–бізнес–влада», що перешкоджає відкритому обміну даними. По-друге, бюрократичні складнощі при створенні міжгалузевих

консорціумів, необхідних для функціонування Quadruple Helix. Економічно Живі Лабораторії потребують значних початкових інвестицій у цифрову інфраструктуру, систему моніторингу та навчання персоналу, які часто є завеликими для окремих господарств. Однак довгостроковий ефект від зниження витрат на помилкові управлінські рішення значно перевищує ці витрати, роблячи Живі Лабораторії економічно доцільними у довгостроковій перспективі. Модель Quadruple Helix в Україні може бути реалізована через створення регіональних інноваційних агрокластерів, де Живі Лабораторії виступатимуть як технологічне ядро, що акумулює знання, ресурси та компетенції всіх учасників інноваційного процесу, забезпечуючи їх ефективну взаємодію на основі прозорих протоколів обміну даними та розподілу інтелектуальної власності.

У контексті сучасного адаптивного землеробства функціонування Живих Лабораторій розглядається як безперервний контур зворотного зв'язку, що забезпечує динамічне оновлення знань відповідно до змін зовнішнього середовища. Традиційні системи підтримки прийняття рішень часто страждають від статичності вхідних даних, тоді як інтерактивний характер Живих Лабораторій дозволяє враховувати результати кожного завершеного виробничого сезону для уточнення параметрів біофізичних та економічних блоків СППР. Це перетворює реальне господарство на активну дослідницьку платформу, де кожна технологічна операція — від сівби до збирання врожаю — генерує масив даних, необхідний для верифікації наукових гіпотез та коригування управлінських сценаріїв [5].

Використання Живих Лабораторій допомагає розв'язати фундаментальну дилему впровадження агроінновацій: необхідність дотримання балансу між типізацією рішень (для їхнього масштабування) та їхньою глибокою індивідуалізацією під умови конкретного поля чи господарства. Завдяки залученню кінцевих користувачів на ранніх етапах розробки, технології проходять «фільтр» практичної доцільності, що дає змогу відсіяти нежиттєздатні варіанти ще до етапу масової комерціалізації [1, 9]. Такий підхід гарантує, що інноваційні агротехнології будуть не лише теоретично ефективними, а й організаційно та ресурсно здійсненними у специфічних умовах українського агросектору.

Зворотний зв'язок у межах Живих Лабораторій також відіграє ключову роль у підвищенні екологічної обґрунтованості землеробства (рис. 13.2). Моніторинг фактичного впливу технологій на стан ґрунту, водні ресурси та біорізноманіття у реальному часі допомагає оперативно вносити зміни у

технологічні карти, мінімізуючи негативні наслідки та забезпечуючи сталість виробництва [3]. Таким чином, адаптивність, що досягається завдяки Живим Лабораторіям, стає основою для формування стійких агроекосистем, здатних ефективно функціонувати в умовах кліматичних змін та економічної нестабільності [7, 9].

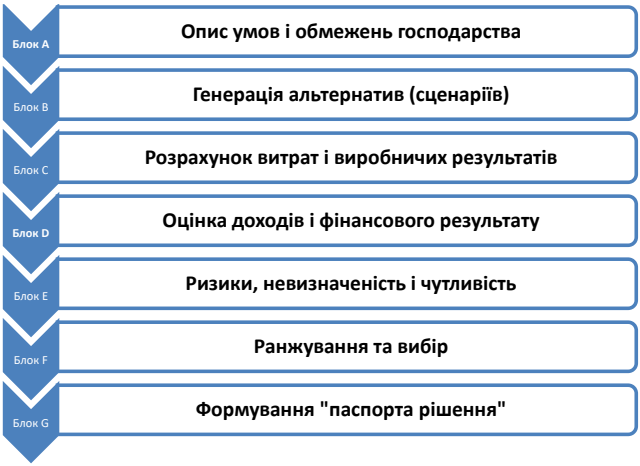


Рис. 13.2. Логіка блоків економічної моделі [9]

Живі Лабораторії дають можливість агротехнологічним компаніям швидше виводити на ринок нові продукти, адаптовані до реальних потреб виробників. Вони отримують доступ до верифікованих даних про ефективність технологій у різних ґрунтово-кліматичних зонах України, що значно підвищує цінність їхньої інтелектуальної власності та спрощує процес сертифікації. Державна підтримка таких ініціатив може здійснюватися через цільові гранти або податкові пільги для учасників Quadruple Helix консорціумів, які впроваджують інновації, спрямовані на сталий розвиток. Це дозволить створити сприятливе екосередовище для розвитку агростартапів, які часто мають проривні ідеї, але не мають доступу до реальної виробничої бази для їх тестування. Отже, Живі Лабораторії виступають як ефективний механізм подолання бар'єрів у комерціалізації агротехнологій, забезпечуючи синергію науки, бізнесу, влади та фермерів для сталого розвитку агросектору та підвищення його конкурентоспроможності на міжнародному рівні.

13.2. Організаційно-економічні основи створення Живих Лабораторій у дослідницькому просторі України та критерії їхньої економічної ефективності

Побудова інтерактивної системи підтримки прийняття рішень (СППР) на основі даних Живих Лабораторій забезпечує якісно новий рівень обґрунтування агротехнологічних виборів порівняно з традиційними підходами, що базуються на усереднених нормативних показниках. Основна перевага такої моделі полягає у її здатності працювати з релевантними, просторово-часово прив'язаними даними, які відображають реальні технологічні «вузькі місця» та фактичні ресурсні обмеження конкретних господарств. Це допомагає здійснити перехід від простого опису виробничої ситуації до формалізованого порівняння альтернатив за чіткими критеріями ефективності, ризику та здійсненності. Для забезпечення прозорості та практичної керованості рекомендацій, економічну модель СППР доцільно представляти як систему послідовно з'єднаних блоків. Така логіка дозволяє користувачеві чітко розуміти шлях трансформації первинних даних у конкретну управлінську рекомендацію — від опису початкових умов і генерації можливих альтернатив до формування підсумкового «паспорта рішення».

Економічна модель інтерактивної СППР має реалізовуватися на двох взаємопов'язаних рівнях управління:

- *Тактичний рівень (рівень господарства):* фокусується на узгодженні рішень для окремих полів із загальними ресурсними обмеженнями сезону (фінанси, техніка, персонал) для формування оптимального «портфеля рішень».
- *Стратегічний рівень:* охоплює довгострокові інвестиційні рішення, такі як оновлення технічного парку або перехід на нові системи землеробства, з урахуванням їх окупності та вимог сталого розвитку.

Така ієрархічна структура відповідає підходам, де управлінські рішення мають одночасно відповідати економічним, екологічним та соціальним цілям. Практичне переведення даних Живих Лабораторій у конкретне рішення забезпечується через відтворюваний алгоритм, формалізований як послідовність кроків «вхід → розрахунок → вихід». Це мінімізує ризик суб'єктивного вибору та забезпечує чіткий розподіл відповідальності між керівником, агрономом і економістом у процесі управління.

Для забезпечення коректної роботи економічної моделі системи підтримки прийняття рішень (СППР) дані, що генеруються у Живих Лабораторіях, мають

бути чітко структуровані за декількома взаємопов'язаними вимірами. Науково обґрунтованим є виокремлення чотирьох базових груп даних: агробіологічних, економічних, екологічних та соціально-організаційних (табл. 13.1). Такий підхід допомагає уникнути надмірного спрощення складних аграрних рішень до одного показника і забезпечує багатокритеріальний характер оцінки, що відповідає сучасним вимогам до управління аграрними системами в умовах високої невизначеності.

Таблиця 13.1. **Економічна модель прийняття агротехнологічного рішення**

Крок	**Вхідні дані**	**Дії (економічна логіка)**	**Вихідні дані**	**Відповідальний**
1	поле, культура, цілі, обмеження	формулювання задачі, критерії ефективність–ризик–сталість	рамка рішення	керівник + агроном + економіст
2	доступні технології	формування реальних альтернатив	перелік альтернатив	агроном
3	ціни, норми, ресурси	узгодження форматів і припущень	узгоджений набір параметрів	економіст
4	операції	розрахунок витрат і грошових піків	витрати/га, бюджетні піки	економіст
5	урожайність, втрати, збут	оцінка результату за сценаріями	виручка/га, діапазон результатів	агроном + економіст
6	витрати, доходи	розрахунок рентабельності, доходу та прибутку	показники ефективності	економіст
7	сценарії, ризики	аналіз чутливості та стабільності	профіль ризику, критичні фактори	економіст + агроном
8	ліміти ресурсів, строки	перевірка здійсненності та порогів сталості	список допустимих альтернатив	керівник + агроном
9	допустимі альтернативи	ранжування та вибір (оптимальне портфоліо)	рішення	керівник
10	рішення	формування паспорта рішення і точок контролю	паспорт рішення	агроном + економіст

Сучасні СППР, що функціонують у середовищі Living Labs, використовують алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту для

аналізу великих масивів даних (Big Data), що генеруються автоматичними датчиками. Користувацький інтерфейс таких систем має бути інтуїтивно зрозумілим для агронома, дозволяючи йому швидко оцінювати результати моделювання різних сценаріїв без необхідності глибокого знання математичних алгоритмів. На тактичному рівні СППР надає оперативні рекомендації, наприклад, щодо оптимального строку сівби на конкретному полі з урахуванням прогнозу погоди, фактичної вологості ґрунту та доступності техніки. На стратегічному рівні система прогнозує окупність інвестицій на 5–10 років, оцінюючи ризики, пов'язані з кліматичними змінами та ринковою волатильністю, що допомагає керівнику господарства приймати обґрунтовані довгострокові інвестиційні рішення.

Агробіологічні дані відіграють ключову роль у формуванні очікуваних результатів різних технологічних альтернатив, оскільки вони дозволяють пов’язати параметри технологій із фактичною реакцією агроекосистеми. Проте їхня справжня економічна цінність проявляється лише за умови інтеграції з даними про фактичну структуру витрат, строки виконання операцій та доступність ресурсів. Саме така інтеграція забезпечує перехід від простого біофізичного опису процесів до економічно значущих показників, що є основою для підтримки сталого землеробства на основі фактичних даних. Агробіологічні дані у Living Labs збираються не лише за допомогою супутникового моніторингу, а й через мережу наземних датчиків вологості ґрунту, метеостанцій та БПЛА (дронів), що забезпечують високу просторову та часову точність. Це дає змогу створити надточну цифрову карту поля, яка відображає варіабельність ґрунтових властивостей та фітосанітарного стану посівів. Інтеграція цих даних з екологічними показниками, такими як баланс вуглецю та рівень нітратів у ґрунтових водах, дозволяє агровиробникам не лише оптимізувати внесення добрив та засобів захисту рослин, а й отримувати додатковий дохід через участь у ринках вуглецевих квот, підтверджуючи екологічну сталість своєї продукції.

Економічні дані, сформовані у межах Живих Лабораторій, мають особливе значення, оскільки вони відображають реальне споживання ресурсів і фактичні витрати, а не планові чи нормативні значення (табл. 13.2). Це дає можливість адекватно оцінювати грошові потоки впродовж сезону та враховувати обмеження обігового капіталу. Екологічні параметри розглядаються не просто як індикатори впливу, а як стратегічні обмеження та довгострокові критерії вибору, що допомагає уникати рішень, які є прибутковими лише у короткостроковій перспективі. Такий підхід повністю відповідає концепції трансформації аграрних

систем у бік сталості, де економічні рішення узгоджуються з екологічними цілями. Важливим доповненням є соціально-організаційні дані, які дають змогу оцінити здійсненність рекомендацій з урахуванням рівня управлінської дисципліни, кадрового забезпечення та готовності господарства до інновацій.

Таблиця 13.2. **Типи даних та їх економічна інтерпретація для СППР**

Категорія даних	**Типові показники**	**Джерело формування**	**Економічне використання в моделі**	**Рекомендована частота оновлення**
Агробіологічні	урожайність, фази розвитку, густота, вологість ґрунту, результати аналізів ґрунту, фітосанітарний стан	польові спостереження, лабораторні аналізи, агрономічні журнали	прогноз результативності альтернатив, оцінка технологічних втрат, уточнення виробничих параметрів	у сезоні – оперативно; після сезону – підсумково
Економічні	ціни, фактичні норми витрат, собівартість	управлінський/бухгалтерський облік, закупівлі, контракти	розрахунок витрат, доходу, прибутку; бюджетування; контроль обігових коштів	ціни – щотижня/щомісяця; витрати – після операцій/щомісяця
Екологічні	ризик ерозії, ущільнення, баланс поживних речовин, індикатори сталості	моніторинг поля, карти ґрунтів, агроекологічні оцінки	обмеження допустимості технологій; довгострокова еколого-економічна оцінка	сезонно + після сезону
Соціально-організаційні	виконання строків, технологічна дисципліна, кадрові/технічні обмеження, готовність до інновацій	внутрішні регламенти, опитування/інтерв’ю, протоколи виконання робіт	оцінка здійсненності; коригування ризиків; налаштування “правил вибору” під реальні можливості	щосезону + при організаційних змінах

Багатовимірна оцінка ефективності функціонування Живих Лабораторій базується на інтеграції цих різнорідних показників у єдину інформаційну основу. Це допомагає забезпечити багатокритеріальний аналіз рішень, поєднуючи пряму прибутковість із оцінкою ризиків, ресурсної здійсненності та екологічної допустимості впроваджуваних технологій. Тому, структуризація даних дозволяє формувати управлінські рекомендації, які є економічно обґрунтованими, технологічно можливими та орієнтованими на довгострокову стійкість агровиробництва. Соціально-організаційні дані дають можливість врахувати людський фактор у прийнятті рішень, оцінюючи готовність господарства до впровадження інновацій. Наприклад, система може коригувати рекомендовані технологічні карти залежно від кваліфікації механізаторів господарства, наявності необхідної техніки та рівня управлінської дисципліни. Критично важливим аспектом є питання власності на дані, що генеруються у Living Labs. Для забезпечення довіри учасників необхідно розробляти прозорі протоколи обміну даними, що захищають комерційну таємницю господарств, водночас дозволяючи науковцям використовувати узагальнену інформацію для проведення наукових досліджень та вдосконалення СППР. Це дасть можливість сформувати нову культуру управління даними в агросекторі, де цифровізація виступає не як самоціль, а як надійний фундамент для сталого розвитку та підвищення конкурентоспроможності українського агробізнесу.

У контексті післявоєнного відновлення аграрного сектору України застосування концепції Живі Лабораторії набуває статусу стратегічного інструменту для системної рекультивації територій та ліквідації наслідків техногенного забруднення ґрунтів. Оскільки відновлення пошкоджених земель вимагає не лише значних інвестицій, а й високоточних наукових даних про динаміку екосистем, Живі Лабораторії виступають як відкриті інноваційні платформи для тестування та валідації технологій рекультивації безпосередньо у «реальних» умовах. Це допомагає формувати релевантні бази даних щодо ефективності різних методів очищення ґрунтів, що є критично важливим для розробки стратегій сталого розвитку та забезпечення довгострокової стабільності агросистем у кризовий період.

Застосування багатокритеріального підходу у межах Живі Лабораторії дозволяє інтегрувати екологічні параметри — такі як ризик ерозії, баланс поживних речовин та індикатори здоров'я ґрунту — безпосередньо в економічну модель систем підтримки прийняття рішень (СППР). У післявоєнний період це створює умови для переходу до «data-driven» (керованого даними) землеробства,

де управлінський вибір базується на об'єктивній оцінці екологічної допустимості та ресурсної здійсненності технологій. Такий підхід допомагає уникнути короткостроково прибуткових, але стратегічно невиправданих рішень, що сприяють подальшій деградації земель.

Живі Лабораторії функціонують як організований контур зворотного зв'язку, що дає змогу системно фіксувати відхилення від планових показників відновлення та ідентифікувати причини їх виникнення. Механізм зворотного зв'язку забезпечує адаптивність управлінського циклу: результати кожного етапу рекультивації стають основою для уточнення параметрів економічної моделі СППР, що підвищує точність розрахунків і відтворюваність успішних практик у подібних умовах. Це особливо важливо для масштабування інновацій, спрямованих на ліквідацію специфічних видів забруднень, притаманних зонам бойових дій. У післявоєнний період Живі Лабораторії стають системним механізмом ліквідації наслідків забруднення ґрунтів та рекультивації деградованих територій, що потребує високоточної інформаційної підтримки та гнучкого адаптивного управління. У таких лабораторіях можуть тестуватися новітні методи фіторемедіації (використання рослин для очищення ґрунтів) та хімічної стабілізації забруднювачів, а також Живі Лабораторії стають майданчиками для випробування технологій точного землеробства, що дозволяють безпечно обробляти поля, де залишається ризик виявлення вибухонебезпечних предметів. Економічна модель СППР у таких умовах включає додаткові блоки оцінки ризиків та витрат на розмінування, що допомагає фермерам приймати обґрунтовані рішення про доцільність відновлення виробництва на конкретних ділянках. Це допомагає не лише відновити аграрний потенціал держави, а й модернізувати його, гарантуючи екологічну безпеку вітчизняного агровиробництва.

Гармонізація вітчизняної аграрної політики із принципами Європейського Зеленого Курсу через впровадження таких платформ дає можливість не лише відновити аграрний потенціал держави, а й модернізувати його відповідно до місійно-орієнтованих підходів до трансформації харчових систем. Узагальнення результатів проведених досліджень дозволяють констатувати, що впровадження концепції Живі Лабораторії в систему адаптивного землеробства України є необхідною умовою для прискорення трансферу агроінновацій та подолання розриву між науковими розробками та їх практичною реалізацією. Живі Лабораторії виступають не лише як майданчики для випробувань, а як повноцінна інформаційна інфраструктура, що забезпечує формування

контекстно-релевантних баз даних, необхідних для коректної роботи сучасних систем підтримки прийняття рішень (СППР) [6, 9]. Такий підхід допомагає трансформувати складні біофізичні моделі агроекосистем у прикладні управлінські сценарії, що базуються на об'єктивних даних реального виробничого середовища.

Особлива роль Живі Лабораторії полягає у забезпеченні сталого розвитку агросектору в післявоєнний період, зокрема через розробку та апробацію технологій рекультивації деградованих і забруднених земель. Використання Живі Лабораторії як контуру зворотного зв'язку дає можливість накопичувати унікальний досвід відновлення ґрунтів, що є критично важливим для ліквідації наслідків воєнних дій. Це створює підґрунтя для гармонізації аграрної політики України із принципами Європейського Зеленого Курсу та сприяє повноцінній інтеграції вітчизняних наукових установ і агропідприємств у Європейський інноваційний простір.

Отже, інституціоналізація Живі Лабораторії у дослідницькому просторі України дозволить сформувати нову парадигму управління агротехнологіями, яка базується на принципах відкритості, співтворення та високої адаптивності до змінних умов довкілля, гарантуючи конкурентоспроможність та екологічну безпеку вітчизняного агровиробництва.

Список використаних джерел

1. Potters, J., Collins, K., Schoorlemmer, H., Stræte, E.P., Kilis, E., Lane, A. and Leloup, H. (2022), Living Labs as an Approach to Strengthen Agricultural Knowledge and Innovation Systems. *EuroChoices, 21,* 23-29. https://doi.org/10.1111/1746-692X.12342.

2. Cascone, Giulio & Scuderi, Alessandro & Guarnaccia, Paolo & Timpanaro, Giuseppe. (2024). Promoting innovations in agriculture: Living labs in the development of rural areas. *Journal of Cleaner Production, 443* (18). https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141247.

3. Warren Raffa, D., Räsänen, T.A., Trinchera, A., Jouini, M., Delin, S., Kasparinskis, R., Dirnēna, B., Demir, Z., Erdal, Ü. and Hanegraaf, M. (2025), Agricultural Decision Support Tools in Europe: What Kind of Tools Are Needed to Foster Soil Health?. *Eur J Soil Sci, 76,* e70097. https://doi.org/10.1111/ejss.70097.

4. Schuurman, D., De Marez, L., & Ballon, P. 2016. The Impact of Living Lab Methodology on Open Innovation Contributions and Outcomes. *Technology*

Innovation Management Review, *6*(1), 7-16. http://doi.org/10.22215/timreview/956.

5. Klerkx, L., & Begemann, S. (2020). Supporting food systems transformation: The what, why, who, where and how of mission-oriented agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, *184*, Article 102901. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102901.

6. Rose, D.C., et al. (2016) Decision Support Tools for Agriculture: Towards Effective Design and Delivery. *Agricultural Systems*, *149*, 165-174. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.009.

7. Jones, J.W., J.M. Antle, B.O. Basso, K.J. Boote, R.T. Conant, I. Foster, H.C.J. Godfray, M. Herrero, R.E. Howitt, S. Janssen, B.A. Keating, R. Munoz-Carpena, C.H. Porter, C. Rosenzweig, and T.R. Wheeler, 2017: Brief history of agricultural systems modeling. *Agric. Syst.*, *155*, 240-254, https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.014.

8. Shilomboleni, H., & De Plaen, R. (2019). Scaling up research-for-development innovations in food and agricultural systems. *Development in Practice*, *29*(6), 723–734. https://doi.org/10.1080/09614524.2019.1590531.

9. Tkachenko, A. M., Derhach, V., Buslaeva , N. G., Kaminska, A., Shcherbatiuk, V., & Vetrova, N. O. (2025). The role of living labs in forming relevant databases for modern decision support systems in agrotechnological decision-making. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, (*4*), 120-127. https://doi.org/10.54651/agri.2025.04.14.

Для нотаток

Навчальне видання

ТКАЧЕНКО Микола Адамович
КОЛОМІЄЦЬ Лариса Петрівна
КОНДРАТЮК Ірина Михайлівна
та інші

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ В АДАПТИВНИХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА ЗА КЛІМАТИЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

ПОСІБНИК

Підписано до друку 16.03.2026
Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Друк цифровий.
Друк. арк. 24,9. Умов. друк. арк. 23,1. Обл.-вид. арк. 20,25.
Наклад 50 прим. Зам. № 3106/1.

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.
Тел.: 0 (800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852, (098) 46-98-043.
e-mail: info@tvoru.com.ua
http://www.tvoru.com.ua