

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра землеробства, геодезії та землеустрою

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АГРОЕКОЛОГІЇ

Методичні рекомендації
для виконання практичних робіт
здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПП «Агрономія»
спеціальності 201 «Агрономія» денної форми здобуття вищої освіти



МИКОЛАЇВ

2023

УДК 631.95:504
С89

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 22.06.2023 р., протокол № 10

Укладач:

В. В. Гамаюнова – д. с.-г. н., професор, завідувач кафедри землеробства, геодезії та землеустрою, Миколаївський національний аграрний університет

Рецензенти:

О.А. Коваленко – д. с.-г. н., доцент кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет;

О. М. Дробітько – к. с.-г. н., голова фермерського господарства «Олена» Братського району Миколаївської області

© Миколаївський національний аграрний університет, 2023

ЗМІСТ

Вступ	4
Практична робота № 1..... Агроекосистеми: оцінка просторової структури, щільності рослин та запасів біомаси.....	6
Практична робота № 2..... Агрометеорологічне прогнозування врожайності.....	13
Практична робота № 3..... Вплив мінеральних добрив на компоненти агроекосистеми	24
Практична робота № 4. Вплив органічних добрив на баланс гумусу в агроекосистемах.....	35
Практична робота № 5..... Оцінка інтенсивності ерозійних процесів на с-г землях.....	49
Практична робота № 6..... Розробка комплексу заходів для системи екологічного землеробства	58
Практична робота № 7..... Оцінка антропогенного перетворення агроландшафтів.....	69
Список використаної літератури.....	78

ВСТУП

Метою курсу дисципліни «Сучасні проблеми агроєкології» є формування у студентів цілісного уявлення про явища і процеси в агросфері, принципів ведення екологічно збалансованого землеробства, необхідності комплексного проведення заходів, спрямованих на покращення екологічної ситуації у сільськогосподарському виробництві, навчити їх новим підходам і методам екологізації АПК, щоб забезпечити виробництво достатньої для суспільства кількості високоякісної продукції; формування екологічної свідомості.

Завдання дисципліни «Сучасні проблеми агроєкології»:

– вивчення основних властивостей, структури та функціонування агробіогеоценозів як штучних екосистем;

– ознайомитись з сучасними екологічно-безпечними технологіями вирощування сільськогосподарських рослин, і тварин, особливостями функціонування агроєкосистем та методами керування ними для забезпечення високої продуктивності, економічної ефективності та екологічної збалансованості аграрного виробництва.

– виявлення адаптацій живих організмів агробіогеоценозів до факторів навколишнього середовища, в тому числі антропогенних;

– знайомство з основами раціонального використання, оптимізації та охорони агроландшафтів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- об'єкти вивчення і наукову проблематику сільськогосподарської екології;
- закони і закономірності, що діють в агро- та екосистемах в цілому;
- склад і структуру основних типів агроєкосистем;
- особливості енергообміну в агроєкосистемах;
- способи регулювання процесів, що в них проходять;
- екологічний стан агроландшафтів;
- джерела екологічної кризи в АПК та критерії їх оцінки, стратегію розвитку аграрного виробництва;

- шляхи мінімізації негативних наслідків для навколишнього середовища під час ведення аграрного виробництва;

- шляхи збереження та відновлення родючості ґрунтів і сільськогосподарського біорізноманіття;

- перспективи застосування методів біотехнології у сільськогосподарському виробництві;

- методи і заходи створення високопродуктивних і стійких агроєкосистем;

- інноваційні технології для підвищення екологічного рівня агросфери;

- принципи та методи проведення агроєкологічного моніторингу, аудиту і контролю

вміти: – дати екологічну оцінку стану агроєкосистеми;

- орієнтуватися у правових аспектах агроєкології;

- розробити заходи з оптимізації функціонування агро екосистем в екстремальних умовах;

- застосовувати теоретичні знання при розв'язанні практичних завдань;
- проводити екологічне обґрунтування розвитку аграрного виробництва на досліджуваній території;
- розробляти заходи оптимізації структури агроecosистем, підвищення їх продуктивності та стійкості, мінімізації негативного впливу аграрного виробництва на навколишнє середовище;
- користуватися спеціальною термінологією, нормативними документами, навчальною, методичною та науковою літературою щодо застосування оцінки та захисту агроecosистем;
- максимально використовувати природні регулюючі фактори;
- проводити ефективне управління взаємовідносинами в агроценозах;
- розпізнавати польові культури за морфологічними ознаками;
- проводити моніторинг в агроecosистемах, аналізувати вплив господарської діяльності людини на природне середовище та планувати раціональне використання природних ресурсів.

Методичні рекомендації розроблено з метою закріплення теоретичних знань із дисципліни; навчити здобувачів вищої освіти працювати з підручниками, додатковою літературою. В завданнях передбачено вивчення екологічних проблем аграрного сектору економіки, їх наслідків для природи і людини, розкриття основних способів їх вирішення.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

АГРОЕКОСИСТЕМИ: ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ, ЩІЛЬНОСТІ РОСЛИН ТА ЗАПАСІВ БІОМАСИ

Основні теоретичні положення

Усі компоненти літосфери, атмосфери та гідросфери нашої планети нерозривно пов'язані з усіма організмами біосферного комплексу на певній території. Таке стійке сполучення живих істот та неорганічних компонентів утворює цілісну систему, в якій відбувається обмін енергії та кругообіг речовин.

Така система називається **екологічною системою (екосистемою)**.

Екосистема - це основна й найважливіша функціональна одиниця екології та структурна одиниця біосферного комплексу, до якої входять компоненти живої та неживої природи, які, безумовно, взаємно впливають один на одного і таким способом підтримують сталість процесів життя у тій формі, в якій воно існує на Землі.

Термін "екосистема" вперше вжив англійський еколог А. Тенслі (1935), проте його тлумачення, наукове обґрунтування і створення наукової системи поглядів на структуру екосистем та процеси, що в ній відбуваються, належить академіку В. Н. Сукачову.

Залежно від комплексу компонентів, які розглядає екологія або біологія в межах екологічної системи як інтегральної природної системи, сукупності складових екосистеми, можна згрупувати в декілька категорій.

Первинною категорією будь-якої екосистеми є рослинне угруповання, тобто сукупність рослин, які виростають на певній території. Видовий склад та біомаса відносно стабільного рослинного угруповання переважно визначається кліматичними умовами певної місцевості.

Наступною складовою є логічне поєднання рослин і тварин певної території в загальну категорію, що має назву біоценоз - сукупність усіх живих організмів, які населяють певну територію (рослинні угруповання та популяції тварин).

Нарешті, екологічна система поєднує живі організми, які населяють певну територію, разом із факторами неживої природи цієї території. У такому тлумаченні екосистема зближується з визначенням біогеоценозу. Загалом ці терміни є ідентичними, проте, зазвичай, під біогеоценозом розуміють описану сукупність компонентів на невеликій території, тим часом як екосистема є більш широким і глобальним поняттям.

Структура біогеоценозу, або екологічної системи, передусім передбачає чимало кількісних характеристик, які є загальноживаними в сучасній екології.

Головні показники біогеоценозу:

- **Видова різноманітність** - кількість видів тварин і рослин, що утворюють біогеоценоз.

- **Щільність популяції** - кількість особин заданого виду на одиниці площі

або в одиниці об'єму (наприклад, для планктону).

- **Біомаса** - загальна кількість органічної речовини всієї сукупності особин із наявною в них енергією (одиниці маси в перерахунку на суху речовину на одиниці площі або в одиниці об'єму).

Важливо, що усі названі показники біоценозу перебувають у динамічній рівновазі, якщо угруповання є відносно стабільним, а не піддається певному етапу сукцесії, або так само динамічно змінюється внаслідок змін умов існування. Отже, стабільним біогеоценозам властиві певні характеристики.

Головні характеристики біогеоценозу:

- **Стійка система кругообігу речовин** між компонентами живої і неживої, природи.

- **Саморегуляція** - підтримка чисельності особин кожного виду на певному, відносно постійному рівні.

- **Ланцюги живлення** - сукупність взаємозв'язаних видів, які послідовно дістають матеріали й енергію з вихідної поживної речовини (травоїдні поїдають рослини, їх поїдають хижі, трупи хижих поїдають гнойові та трупоїдні комахи, їхніми трупами живляться гнильні бактерії).

Саме наявність ланцюгів живлення найбільшою мірою забезпечує реалізацію такого найважливішого явища у біогеоценозі, як саморегуляція. У цьому зв'язку дуже важливим є визначення компонентів ланцюгів живлення.

Компоненти ланцюгів живлення та їх екологічні функції:

- **Продуценти** (англ. *produce* - виробляти) - автотрофні організми, що виробляють органічні речовини з неорганічних. Ця категорія поєднує усе різноманіття зелених рослин, які внаслідок фотосинтетичної активності є природними акумуляторами сонячної енергії.

- **Консументи** (англ. *Consume* - споживати) - гетеротрофні організми, що живляться готовою органічною речовиною. Консументи бувають 1, 2, 3 і т.д. порядків, залежно від своєї екологічної функції: риби, що живляться планктоном є консументами першого порядку, а водні хижі ссавці, що живляться рибою, - другого і т. д.). Крім того, консументи бувають: а) тваринної їжі;

б) рослинної;

в) мішаної;

г) паразитичного живлення.

- **Редуценти** (англ. *reduce* - зменшувати) - сапротрофні організми, що використовують органічні речовини мертвих рослин і тварин, розкладаючи їх до простих неорганічних сполук (гриби, бактерії, трупоїдні комахи, черв'яки), - надзвичайно важлива ланка, оскільки саме завдяки їм забезпечується повернення елементів у кругообіг речовин у природі.

Зв'язки живлення організмів в екологічній системі досить наочно можуть бути продемонстровані за допомогою **екологічних пірамід**. Екологічна піраміда - це графічне зображення співвідношень між продуцентами, консументами й редуцентами у вигляді прямокутників, розмір яких поступово зменшується від нижнього до верхнього. Залежно від показника екосистеми або біогеоценозу розрізняють піраміди чисел, енергії та маси (біомаси).

Перетворення енергії в усіх ланках ланцюгів живлення, а також в

екосистемі загалом, підпорядковане фізичним законам, що відомі під назвою законів термодинаміки. Перший закон термодинаміки полягає в тому, що енергія не виникає та не зникає, а тільки перетворюється з одного виду на інший. Другий закон термодинаміки говорить, що за кожного перетворення певна частка корисної енергії перетворюється на некорисну теплову і переважно втрачається. Таким способом за кожного переходу залишається лише невелика частка корисної енергії, що була наявна на попередній стадії. Отже, після декількох переходів кількість корисної енергії скорочується. Закони термодинаміки актуальні як для живих, так і для неживих систем і на побутовому рівні можуть бути сформульовані так: *неможливо отримати більше енергії, ніж було вкладено* (перший закон); *неможливо навіть “залишитися зі своїм”, тобто некорисні теплові витрати неминучі* (другий закон).

Це дало можливість визначити певну закономірність, яка отримала назву правило екологічної піраміди - біомаса та енергія в кожній з наступних ланок ланцюга живлення зменшується. Існує також важливий наслідок з правила екологічної піраміди - унаслідок втрат енергії екологічні піраміди не можуть бути довгими, зазвичай, вони становлять 3-5 рівнів живлення.

Певною мірою все сказане про екологічні системи стосується і штучно створених біогеоценозів - **агроценозів**, під якими розуміють поля сільськогосподарських посівів, пасовища, сіножаті тощо. Проте більшість функціональних процесів, властивих стабільним екосистемам, в агроценозах порушені.

Головними причинами цього стали деякі особливості, серед яких найважливіші:

- **Одноманітність** - висока концентрація одного виду. Величезні за екологічними мірками площі природних ландшафтів (100-200 га і більше) можуть бути засіяні не просто однією культурою, а рослинами одного сорту або гібриду. Це спричиняє невластиві природним територіям процеси, серед яких майже втрачається здатність агроценозу до саморегуляції.

- **Висока продуктивність** - виснаження ґрунту високопродуктивними сортами і гібридами сільськогосподарських культур, відсутність кругообігу через винесення значної частини біомаси з урожаєм.

- **Агротехнічні і меліоративні роботи** - зрошення, внесення добрив, обробіток ґрунту тощо - це процеси, які не трапляються у природі в таких масштабах, спричиняють інтенсивну ерозію ґрунту, сприяють розвитку культурної рослини і пригнічують розвиток інших рослин (в агроценозі це бур'яни або культури, що засмічують основний посів).

- **Скорочений термін існування** - агроекосистема існує в практиці сільськогосподарського виробництва для більшості культур від одного до 30 (50) років.

Отже, основні відмінності агроценозів від природних екосистем зумовлені головним призначенням перших, яке полягає в отриманні максимальної кількості сільськогосподарської продукції. Саме тому необхідно спрямовувати характер цього виробництва на збереження природи, і тут надзвичайно важливо розуміти внутрішні процеси агроценозу як тимчасової штучно створеної

виробничої екологічної системи.

ТЕРМІНОЛОГІЯ

Агроекологія - галузь екології, яка вивчає закономірності екологічних процесів у сільськогосподарському виробництві.

Біомаса планети - сукупність усіх живих організмів, жива речовина планети.

Біосфера - земна оболонка, що охоплює область життя, тобто населена живими організмами.

Рослинні угруповання - сукупність рослин, що виростають на певній території.

Популяція - сукупність особин одного виду, що вільно схрещуються між собою, тривалий час існують на певній частині ареалу відносно відособлено від інших сукупностей того самого виду.

Біоценоз - сукупність живих організмів, що населяють певну територію (рослинні угруповання + популяції тварин на певній території).

Екологічна система (екосистема) - сукупність живих організмів, що населяють певну територію, разом із факторами неживої природи цієї території.

Агроценоз - тип біогеоценозу, штучно створений людиною внаслідок сільськогосподарської діяльності, яка передбачає агротехнічні, меліоративні, господарські та інші види робіт.

Ланцюг живлення - сукупність взаємозв'язаних видів, які послідовно дістають матеріали й енергію з вихідної поживної речовини.

Продуценти - автотрофні організми, що виробляють органічні речовини з неорганічних.

Консументи - гетеротрофні організми, що живляться готовою органічною речовиною.

Редуценти - сапротрофні організми, що використовують органічні речовини мертвих рослин і тварин, розкладаючи їх до простих неорганічних сполук (гриби, бактерії, труп'яки, черв'яки).

Екологічна піраміда - графічне зображення співвідношення між продуцентами, консументами й редуцентами в біогеоценозі за кількістю, енергією або масою.

Правило екологічної піраміди - біомаса та енергія в кожній з наступних ланок ланцюга живлення екологічної піраміди зменшується (піраміда графічно сходиться).

Завдання 1.1. Розрахувати головні показники агроценозів, що утворилися на полях з посівами різних сільськогосподарських культур (табл. 1.1).

Методика виконання завдання

1. Розрахувати абсолютну щільність рослин основної культури (через площу живлення) та бур'янів на 1 га. Для цього помножити міжряддя (м) на погонний метр рядка посіву та співвіднести до розрахованої площі відповідну щільність посіву. Щільність рослин основної культури на 1 га знайти з пропорції: розрахована площа (м²) - відповідна кількість рослин, шт.; 104 м² - X рослин, шт.

Щільність бур'янів для переведення на 1 га помножити на 10^4 .

Дані записати у табл. 1.2 в тис. шт./га.

2. Розрахувати загальну кількість усіх рослин (основна культура + бур'яни) на 1 га додаванням щільності окремих видів.

3. Розрахувати відносні показники питомої ваги різних видів у посівах (%).

Для цього використати пропорцію: загальна кількість усіх рослин, шт./га - 100 %, щільність певного виду, шт./га - X %.

Таблиця 1.1

Вихідні дані для розрахунків

№	Культура	Міжряддя, см	Кількість рослин, шт./м ²	Кількість бур'янів, шт./м ²					
				берізка польова	лобода біла	щирія загнута	мишій сизий	осот рожевий	інші види
1	Пшениця	15	7,2	3,2	1,2	0,2	9,8	3,0	6,7
2	Соя	30	18,8	4,0	0,5	1,6	10,2	4,1	6,9
3	Картопля	50	2,6	3,4	0,9	3,4	12,6	2,1	7,8
4	Кукурудза	70	4,2	3,8	1,6	2,9	15,6	3,1	9,5
5	Соняшник	70	4,7	2,5	2,0	2,5	16,2	4,2	9,4

4. Отримані дані оформити у вигляді таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Видова різноманітність та щільність агроценозу

№	Культура	Щільність рослин								Разом
		основна культура	берізка польова	лобода біла	щирія загнута	мишій сизий	осот рожевий	інші види		
Абсолютна щільність, тис. шт./га										
1	Пшениця									
2	Соя									
3	Картопля									
4	Кукурудза									
5	Соняшник									
Відносна щільність, %										
1	Пшениця									
2	Соя									
3	Картопля									
4	Кукурудза									
5	Соняшник									

5. Розрахувати біомасу рослин основної культури та бур'янів на 1 га кожного агроценозу. Для цього щільність відповідних культур та видів (табл.

1.2) помножити на середню суху масу однієї рослини, наведеної з урахуванням листостеблової, генеративної та кореневої маси (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Вихідні дані для розрахунків

№	Культура	Середня суха маса рослини, г
1	Пшениця	20
2	Соя	18
3	Картопля	630
4	Кукурудза	850
5	Соняшник	760
6	Вид бур'яну	
7	Берізка польова	13
8	Лобода біла	15
9	Щириця загнута	21
10	Мишій сизий	8
11	Осот рожевий	14
12	Інші види	15

6. Отримані дані оформити у вигляді таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Структура біомаси агроценозу

№	Культура	Біомаса, кг сухої речовини								
		основна культура	разом бур'янів	в тому числі						Разом
				берізка польова	лобода біла	щириця загнута	мишій сизий	осот рожевий	інші види	
1	Пшениця									
2	Соя									
3	Картопля									
4	Кукурудза									
5	Соняшник									

7. Зробити висновки за такими пунктами:

1. У яких агроценозах максимальна (мінімальна) загальна абсолютна щільність рослин?
2. У яких агроценозах максимальна (мінімальна) відносна щільність бур'янів?
3. Який бур'ян за відносною щільністю максимально (мінімально) поширений в усіх агроценозах?
4. Який агроценоз накопичує максимальну (мінімальну) абсолютну суху біомасу?

Завдання 1.2. Дайте відповідь на тестове завдання:

1. За біомасою у біосфері Землі переважають:

- а) Рослини.
- б) Тварини.
- в) Гриби.
- г) Бактерії.
- д) Люди.

2. Середовищем мешкання птахів є:

- а) Атмосфера і літосфера.
- б) Гідросфера і тропосфера.
- в) Стратосфера і гідросфера.
- г) Літосфера і гідросфера.

3. Які геосфери входять до біосфери тільки частково?

- а) Атмосфера.
- б) Гідросфера.
- в) Літосфера.

4. Яка категорія поєднує компоненти живої та неживої природи?

- а) Біоценоз.
- б) Рослинне угруповання.
- в) Екосистема.
- г) Популяція.
- д) Біогеоценоз.

5. Що таке щільність популяції?

- а) Кількість видів тварин і рослин даного біогеоценозу.
- б) Кількість особин даного виду на одиниці площі або в одиниці об'єму.
- в) Загальна кількість органічної речовини всієї сукупності особин.

6. До редуцентів належать:

- а) Плацентарні ссавці.
- б) Дерев'янисті рослини.
- в) Трупоїдні комахи.
- г) Азотфіксуючі бактерії.
- д) Гриби.

7. Людина може бути консументом:

- а) Першого порядку.
- б) Другого порядку.
- в) Третього порядку.
- г) Будь-якого порядку.

8. Чи властива певному агроценозу саморегуляція, якщо щільність посіву є постійною, а бур'яни знищені внаслідок дії гербіциду?

- а) Так, оскільки чисельність видів є постійною.
- б) Ні, оскільки чисельність видів регулюється штучно.

9. Що властиво екологічній піраміді?

- а) Кількість біомаси з кожною ланкою зменшується.
- б) Кількість енергії з кожною ланкою зменшується.
- в) Кількість особин з кожною ланкою зменшується.
- г) Усе назване.

10. Що визначає трофічний рівень виду?

- 1) Характер їжі, яку він споживає (рослини, тварини, їхні трупи тощо).
- 2) Кількість ланок ланцюга живлення від первинного джерела енергії.
- 3) Кількість ланок ланцюга живлення від верхівки екологічної піраміди.
- 4) Енергетичний потенціал перетравлення їжі (для тварин) або інтенсивність фотосинтезу (для рослин).

Питання для самоконтролю

- 1. Що таке біосфера?
- 2. Назвіть геосфери Землі.
- 3. Що таке екосистема та біогеоценоз?
- 4. Що таке біоценоз та популяція?
- 5. Назвіть головні показники біогеоценозу.
- 6. Назвіть головні характеристики біогеоценозу.
- 7. Що таке ланцюги живлення?
- 8. Назвіть компоненти ланцюгів живлення.
- 9. Скільки ланцюгів живлення існує в екосистемі: один чи багато?
- 10. У чому полягає правило екологічної піраміди?
- 11. Поясніть наслідок з правила екологічної піраміди.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ

Основні теоретичні положення

Планування заходів із забезпечення максимальної реалізації продуктивного потенціалу сільськогосподарських рослин потребує певного передбачення показників їх росту й розвитку. Найважливішими методами такого передбачення є агрометеорологічні прогнози, які складають з достатньою завчасністю, вони забезпечують важливу та об'єктивну інформацію. Агрометеорологічне прогнозування є важливою складовою практичного застосування агроекологічних знань для розв'язання багатьох практичних завдань сучасного аграрного виробництва. Нині довготривалі агрометеорологічні прогнози є важливим видом агрометеорологічного обслуговування сільського господарства, який дає значний економічний ефект.

Наукові основи агрометеорологічного прогнозування. Методи агрометеорологічних прогнозів засновані на виявленні складних зв'язків між вихідним та кінцевим станом явища або процесу в системі ґрунт→рослина→атмосфера. Ці зв'язки завжди зумовлені впливом величезної кількості факторів: метеорологічних, біологічних, ґрунтових, культури землеробства та ін. Для оцінки вихідного стану системи добирають найбільш вагомі фактори, які використовують як головні предиктори, тобто головні параметри прогнозування, що якісно впливають на прогнозну величину.

Отже, агрометеорологічні прогнози засновані на кількісних залежностях прогнозної величини від стану предикторів на момент прогнозу. Ці залежності виявляють шляхом статистичної обробки, зокрема методом регресійного й кореляційного аналізів. Переважно результати таких досліджень зводять до складання графіків прогнозної залежності та до складання регресійних прогностичних рівнянь.

Останнім часом отримали широке розповсюдження методи прогнозів, засновані на динамічному моделюванні. Вони допомагають поєднати разом знання з біології, агрометеорології, агротехніки та беруть до уваги динаміку розвитку рослин.

Важливою інформацією для складання агрометеорологічних прогнозів є дані про стан предикторів, які включено до прогностичного рівняння. Джерелом таких даних є матеріали спостережень агрометеорологічних станцій, агрономічних обстежень, прогнозів погоди тощо. Від точності вихідної інформації закономірно залежить якість прогнозу, тобто його виправдування.

Види агрометеорологічних прогнозів. Усе різноманіття існуючих агрометеорологічних прогнозів можна поділити на кілька головних груп залежно від мети та методів прогнозування.

- **Прогноз агрометеорологічних умов:**

- а) теплозабезпеченості вегетаційного періоду;
- б) термінів танення та промерзання ґрунту;

- в) запасів продуктивної вологи у ґрунті;
- г) агрометеорологічних умов вирощування рослин;
- д) агрометеорологічних умов збирання тощо.

- **Фенологічний прогноз:**

- а) оптимальних термінів початку весняно-польових робіт;
- б) термінів настання фенологічних фаз рослин та ін.

- **Прогноз урожайності сільськогосподарських культур та якості врожаю.**

- **Прогноз стану озимих культур у зимовий період.**

- **Ентомологічний прогноз** - прогноз термінів появи та інтенсивності шкідників.

- **Фітопатологічний прогноз** - прогноз термінів появи та інтенсивності хвороб.

- **Спеціальні прогнози**, зумовлені специфікою технологій вирощування або біологічними особливостями певних культур:

- а) оптимальних режимів зрошення;
- б) отавності рослинності пасовиська;
- в) вилягання зернових тощо.

Нижче розглянуто методологічні основи прогнозів, що мають особливо важливе значення для практичного сільського господарства.

Фенологічний прогноз. Одним із головних факторів, що визначає темпи розвитку рослин, є температура. З підвищенням температури до певної межі тривалість міжфазних періодів скорочується, і, навпаки, з пониженням температури вона подовжується. Відповідно, у теплі роки фази розвитку настають раніше, аніж у холодні. Багатьма дослідженнями визначено певну залежність тривалості міжфазних періодів від ефективної температури повітря, яка є середньою добовою температурою, зменшеною на значення біологічного мінімуму або біологічного нуля, що для більшості рослин помірного клімату починається розвиток за умов настання температури 5°C, більш теплолюбні культури потребують не менше 10°C, а деякі - 15°C.

Для кожного міжфазного періоду потрібна певна сума ефективних температур, за умов накопичення якої настає нова фенологічна фаза. Суми ефективних температур, необхідних для повного циклу розвитку рослин і проходження певних фенологічних фаз, опубліковано у спеціальній літературі, зокрема в агрокліматичних довідниках.

Найбільш відомий метод прогнозування Дайте настання тієї чи іншої фази передбачає використання формули Щиголева:

$$D = D_1 + \frac{A}{t-B}, \quad (2,1)$$

де D - прогнозна дата настання фази;

D₁, - дата настання попередньої фази;

A - необхідна сума ефективних температур за міжфазний період;

t - очікувана середня температура повітря на прогнозний період або середня багаторічна температура за міжфазний період за агрокліматичним довідником;

B - біологічний мінімум.

Для складання прогнозів за формулою Щиголева потрібно знати середньорічну дату настання прогнозової фази, для визначення середньодобової температури за прогнозний період. Якщо ця дата невідома, можливо просумувати ефективні температури з підсумком, що збільшується, і визначити тривалість прогнозного періоду, який варто додати до Дайте попередньої фенологічної фази (D_1).

У цьому випадку формула Щиголева має вигляд:

$$D=D_1+P, \quad (2,2)$$

де P - період, упродовж якого досягають суму температур, яка необхідна для настання наступної фази.

Серед фенологічних прогнозів найбільше поширення мають прогнози термінів досягання сільськогосподарських культур та термінів цвітіння, особливо у плодових культур. Наприклад, прогноз воскової стиглості зернових є дуже важливим, оскільки він допомагає визначити початок збиральної компанії. Отже, до прогнозової Дайте мають бути проведені усі необхідні підготовчі роботи (підготовка техніки, складів, транспортних засобів тощо).

Формула Щиголева забезпечує об'єктивну прогнозну інформацію за умов точності прогнозу середньої температури, а також за умов оптимального зволоження. Проте на темпи розвитку більшості рослин негативно впливає нестача вологи у ґрунті. Крім того, за умов дуже високих (баластних) температур прогнозна дата може бути спотворена. У таких випадках прогноз потребує коригування. Урахувати вплив запасів вологи на швидкість розвитку рослин допомагають деякі методи, запропоновані О. С. Улановою для озимої пшениці та Ю. І. Чирковим - для кукурудзи.

Прогноз урожайності сільськогосподарських культур. На формування врожаю сільськогосподарських культур впливає величезне різноманіття чинників, які мають різне значення та мінливість за часом. За мінливістю ці чинники можуть бути розділені на три групи:

- *Стійкі чинники* - локалізація місця вирощування, механічний склад ґрунту, біологічні особливості рослин тощо.
- *Чинники, що визначаються рівнем культури землеробства* - внесення добрив, меліорація, механізація тощо.
- *Мінливі чинники* - метеорологічні умови, а також стан посівів.

Для прогнозу врожайності варто брати до уваги чинники третьої групи, оскільки вони забезпечують найбільшу варіацію врожайності за роками. Дослідження в цьому напрямі показали, що найбільш важливими предикторами під час прогнозу врожайності є основні чинники й такі, що лімітують. Фактори другої групи беруть до уваги для корекції отриманих прогнозних даних. Методами біологічного контролю визначено, що на формування врожаю зернових культур передусім впливають такі фактори, як запаси продуктивної вологи у ґрунті та температура повітря на певних етапах онтогенезу.

Отже, науковою основою методів агрометеорологічних прогнозів урожайності є біологічно обґрунтовані залежності росту і розвитку рослин від метеорологічних умов, динаміки запасів вологи у ґрунті, а також від рівня агротехніки.

Переважає більшість багатofакторних рівнянь для прогнозу створена для комп'ютерного аналізу і є досить складною для ручних розрахунків, тому нижче розглянуто лише декілька відносно простих прикладів прогнозування врожайності деяких культур.

Для чорноземної зони О. С. Уланова розробила статистичний метод прогнозування врожайності озимої пшениці. Для конкретного поля навесні, знаючи запаси продуктивної вологи у ґрунті та кількість стебел на 1 м², можна розрахувати очікуваний урожай за рівнянням:

$$y=0,059W_{np}+0,024n-2,97, \quad (2,3)$$

де Y - очікуваний урожай, ц/га;

W_{np} - продуктивна волога у шарі ґрунту 0-100 см, мм;

n - кількість стебел на 1 м², шт.

У фазі виходу в трубку очікувану врожайність можна точніше розрахувати за рівнянням:

$$Y = 12,8+0,29 W_{np} - 10 - 3 W_{np}^2+0,04n - 10^{-5}n^2-0,72t+0,03t^2, \quad (2,4)$$

де Y - очікуваний урожай, ц/га;

W_{np} - середній запас продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-100 см за період «початок весняної вегетації - вихід в трубку», мм;

n - кількість стебел на 1 м², шт.;

t - середньодобова температура повітря за період «початок весняної вегетації - вихід в трубку», мм.

Відносно складнішим є метод прогнозу врожайності кукурудзи, запропонований Ю. І. Чирковим. Прогноз засновано на зв'язку врожайності кукурудзи із запасами продуктивної вологи в ґрунті та площею листової поверхні, яка віддзеркалює фотосинтетичний потенціал посіву, тобто на можливості використовувати для формування врожаю сонячну радіацію.

У практичному прогнозуванні використовують систему рівнянь, отриманих для різних площ листової поверхні у фазі появи волоті. У загальному вигляді це рівняння має вигляд

$$Y_s = [K_t(aW^2+bW+c)] K_{tw}, \quad (2,5)$$

де Y_s - прогнозний урожай зерна (т/га);

W - запас продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-50 см у фазі появи волоті, мм;

a, b, c - коефіцієнти, значення яких залежать від листової поверхні, наведені у табл. 2.1;

K_t - коефіцієнт, значення якого наведено у табл. 2.2;

K_{tw} - коефіцієнт, значення якого розраховується за несприятливих умов (температура повітря вище 20°C і вологість півметрового шару ґрунту менше 50 мм) за таким рівнянням:

$$K_{tw}=0,065t_1-0,016W_1+0,46, \quad (2,6)$$

де t_1 - середня температура повітря у період появи волоті, °C;

W_1 - середні запаси вологи у шарі ґрунту 0-50 см у період появи волоті, мм.

За сприятливих умов ($t < 20^\circ\text{C}$, $W > 50$ мм) значення коефіцієнта K приймають за одиницю.

Таблиця 2.1

Значення коефіцієнтів а, b, с залежно від площі листової поверхні

Площа листової поверхні, тис. м ² /га	а	b	с
30	- 0,0071	1,41	- 3,2
20	- 0,006	1,10	- 4,2
10	- 0,0029	0,53	- 1,5

Таблиця 2.2

Значення коефіцієнта К залежно від вологості ґрунту та температури повітря

Запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-50 см, мм	Середня температура повітря за місяць після появи волоті, °С				
	16	18	20	22	24
100	0,68	0,86	0,97	1,00	0,96
80	0,72	0,88	0,99	0,98	0,90
60	0,78	0,90	1,00	0,93	0,80
40	0,84	0,93	0,97	0,86	0,65
20	0,90	0,92	0,90	0,80	0,50

Площу листків однієї рослини визначають за формулою, яка також запропонована Ю. І. Чирковим:

$$S=0,37h - 16,3, \quad (2,7)$$

де S - площа листків, дм²;

h - висота рослини з волоттю, см.

Для розрахунків обчислюють середню висоту 20 рослин.

Метод прогнозу врожаю соняшника розробив Ю. С. Мельник. Він заснований на зв'язку врожайності з показником зволоження К, який є співвідношенням суми осінньо-зимових опадів та суми опадів за вегетаційний період до суми температур за вегетаційний період, яку зменшено у 10 разів. Це відношення виражається формулою:

$$K=(0,6\sum X_1 + \sum X_2)/0,1\sum t, \quad (2,8)$$

де $\sum X_1$ — сума осінньо-зимових опадів, мм;

$\sum X_2$ - сума опадів за вегетаційний період, мм;

$\sum t$ - сума температур за вегетаційний період.

Сума опадів x_1 розраховується за період від Дайте переходу середньої добової температури повітря через 5°С восени минулого року до Дайте переходу через 10°С навесні поточного року. Коефіцієнт 0,6 характеризує ступінь засвоєння опадів ґрунтом у цей період. Суму опадів x_2 розраховують за період від Дайте переходу середньодобової температури повітря навесні через 10°С до Дайте досягання соняшника.

Прогнозний урожай пов'язаний з показником зволоження К за таким рівнянням:

$$Y=23,44(K-0,46)^{0,8}, \quad (2,9)$$

де Y - прогнозований урожай, ц/га;

K - показник зволоження.

Сьогодні розроблено статистичні методи прогнозування врожайності багатьох інших культур, зокрема, картоплі (А. І. Худякова, Р. В. Шелудякова та ін.), бавовника (Ф. А. Мумінов, А. К. Абдулаєв та ін.), чаю та тютюну (Г. Г. Меладзе), винограду (К. К. Хмелевський) та ін.

ТЕРМІНОЛОГІЯ

Агрометеорологічний прогноз - наукове передбачення значень агрометеорологічних характеристик, що впливають на ріст та розвиток рослин та зумовлюють певний ступінь реалізації їхнього продуктивного потенціалу.

Агрометеорологічний предиктор - чинник, що певною мірою впливає на ріст, розвиток, урожай сільськогосподарських культур та може бути використаний для агрометеорологічного прогнозування.

Прогностичне рівняння - результат регресійного аналізу у вигляді математичного виразу, що демонструє математичну залежність параметрів росту, розвитку та врожаю сільськогосподарських культур від певних агроекологічних предикторів.

Біологічний мінімум - мінімальна температура, необхідна для росту й розвитку рослин (5°C - для більшості культур; 10°C - для теплолюбних культур).

Завдання 2.1. Скласти прогноз Дайте настання воскової стиглості шести сортів пшениці озимої, що вирощують у різних господарствах зони Степу та Лісостепу за методом А. А. Щиголева. Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 2.3 і таблиці 2.4.

Таблиця 2.3

Вихідні дані для розрахунків

Агрокліматична зона	Сорт озимої пшениці	Дата колосіння у поточному році	Сума ефективних температур для періоду “колосіння-воскова стиглість”
Степ	Одеська 117	7. VI	495
	Одеська 133	9. VI	490
	Одеська 132	10. VI	485
Лісостеп	Українка Од.	10. VI	495
	Альбатрос Од.	12. VI	490
	Федорівка	14. VI	485

Таблиця 2.4

**Середньодобова температура повітря за прогнозом на поточний рік
(для зон певних господарств, що вирощують названі сорти)**

Агрокліматична зона	Сорт пшениці озимої	Середньодобова температура повітря за прогнозом у декадах, °С			
		червень		липень	
		II	III	I	II
1	2	3	4	5	6
Степ	Одеська 117	19,3	20,4	22,4	23,4
	Одеська 133	20,0	21,2	23,4	24,5
	Одеська 132	21,4	22,0	24,5	24,4
Лісостеп	Українка Од.	17,6	18,7	18,6	19,1
	Альбатрос Од.	18,0	19,3	19,1	18,3
	Федорівка	18,2	19,6	19,5	19,4

Методика виконання завдання

1. Розрахувати суму ефективних температур для названих декад червня і липня. Для цього від середньодобової температури (табл. 2.4) відняти значення біологічного мінімуму (5 °С для пшениці) та помножити результат на 10 днів у декаді.

2. Додаванням суми ефективних температур шляхом сумачії з підсумком, що збільшується, визначити кількість повних декад та днів, необхідних для досягання потрібної суми ефективних температур (табл. 2.3).

3. Додайте розрахований період у днях до Дайте колосіння у поточному році й визначити прогнозу дату воскової стиглості.

4. Оформити отримані результати у вигляді таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Прогнозні Дайте настання воскової стиглості сортів пшениці у різних господарствах різних кліматичних зон

№	Назва сорту	Прогнозна дата воскової стиглості	№	Назва сорту	Прогнозна дата воскової стиглості
1	Одеська 117		4	Українка Од.	
2	Одеська 133		5	Альбатрос Од.	
3	Одеська 132		6	Федорівка	

5. Проаналізувати отримані дані й зробити висновки щодо термінів настання воскової стиглості різних сортів пшениці озимої, вирощуваних в різних господарствах різних агрокліматичних зон.

6. Зробити висновки щодо факторів, які зумовлюють різні терміни настання воскової стиглості різних сортів озимої пшениці в різних господарствах.

Завдання 2.2. Скласти весняний прогноз урожайності пшениці озимої на різних полях господарства за формулою О. С. Уланової.

Методика виконання завдання

1. Розрахувати прогнозну врожайність озимої пшениці за формулою О. С.Уланової:

$$Y = 0,059W_{np} + 0,024n - 2,97, \quad (2,10)$$

де Y - очікуваний урожай, ц/га;

W_{np} - запас продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-100 см, мм;

n - кількість стебел на 1 м^2 , шт.

2. Отримані результати оформити у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Вихідні дані та розрахунок прогнозної врожайності озимої пшениці

№ поля	Запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-100 см W_{np} , мм)	Кількість стебел на 1 м^2 (n), шт.	Прогнозна врожайність (Y), ц/га
1	80	1450	
2	95	1550	
3	100	1600	
4	110	1550	
5	125	1450	
6	130	1350	

3. Проаналізувати отримані дані та зробити висновок щодо впливу запасів продуктивної вологи й густоти стебел навесні на врожай пшениці озимої.

Завдання 2.3. Скласти прогноз урожайності шести гібридів кукурудзи за методом Ю. І. Чиркова. Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Вихідні дані для розрахунків

№ поля	Гібрид кукурудзи	Середня висота 20 рослин, см	Густота рослин, тис./га	Запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-50 см, мм	Середня температура повітря після появи волоті, °C
1	Кулон МВ	220	50	60	16
2	Корсар МВ	200	35	80	18
3	Карат СВ	180	45	100	20
4	Платан МВ	170	45	80	24
5	Од 298 МВ	190	55	40	22
6	Од 346 МВ	220	45	20	24

Методика виконання завдання

1. Розрахувати площу листової поверхні однієї рослини за формулою Ю. І. Чиркова:

$$S = 0,37h - 16,3, \quad (2,11)$$

де S - площа листків, дм^2 ; h - висота рослини з волоттю, см. Отриману площу перевести у м^2 діленням на 100.

2. Обчислити загальну листову площу на 1 га множенням розрахованої листової площі на густоту рослин. Результат навести у тис. $\text{м}^2/\text{га}$.

3. Визначити за табл. 2.1 значення коефіцієнтів a , b , c для кожного поля залежно від розрахованої листової площі.

4. Визначити за табл. 2.2 значення коефіцієнту K_t для кожного поля залежно від запасів продуктивної вологи у 0-50 шарі ґрунту та середньої температури за місяць після появи волоті.

5. Визначити поля, де кукурудзу вирощують у несприятливих умовах (температура повітря понад 20°C , вологість шару ґрунту 0-50 см до 50 мм). Для таких полів розрахувати значення коефіцієнта K за рівнянням: $K = 0,065t_1 - 0,016W_1 + 0,46$, де t_1 - середня температура повітря в період появи волоті, $^\circ\text{C}$; W_1 - середні запаси вологи у шарі ґрунту 0-50 см у період появи волоті, мм. За сприятливих умов ($t < 20^\circ\text{C}$, $W > 50$ мм) значення коефіцієнта K прийняти за одиницю.

6. Розрахувати прогнозний урожай гібридів кукурудзи за рівнянням Ю. І. Чиркова:

$$y_s = [K_t(aW_2 + bW + c)] / K_{tw}, \quad (2,12)$$

де y_s - прогнозний урожай зерна (т/га); W - запас продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-50 см у фазі появи волоті, мм; a , b , c - коефіцієнти, значення яких наведено в табл. 2.1; K_t - коефіцієнт, значення якого наведено з табл. 2.2; K - коефіцієнт, значення якого розраховується для несприятливих умов.

7. Отримані результати оформити у вигляді таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Розрахунок прогнозної врожайності гібридів кукурудзи

№ поля	Площа листової поверхні		Коефіцієнти					Прогнозний урожай, т/га
	м^2	тис. $\text{м}^2/\text{га}$	a	b	c	K	K_t	
1								
2								
3								
4								
5								
6								

8. Проаналізувати отримані дані і зробити висновки щодо впливу різних чинників на врожай зерна кукурудзи.

9. Проаналізувати розраховану прогнозу врожайність і зробити висновки щодо врожайності різних гібридів.

Завдання 2.4. Дайте відповідь на тестове завдання:

- 1. Що є джерелом даних для агрометеорологічних прогнозів**
 - а) Матеріали спостережень агрометеорологічних станцій.
 - б) Агрономічні обстеження.
 - в) Прогнози погоди.
 - г) Усі названі параметри.

- 2. До якого типу прогнозів належить прогноз запасів продуктивної вологи у ґрунті?**
 - а) Фенологічний прогноз.
 - б) Прогноз агрометеорологічних умов.
 - в) Прогноз стану озимих культур у зимовий період.
 - г) Спеціальний прогноз.

- 3. Який фактор, головню, визначає темпи розвитку рослин?**
 - а) Температура.
 - б) Вологість.
 - в) Освітлення.
 - г) Ґрунтові умови.

- 4. Яке значення біологічного мінімуму для соняшника?**
 - а) 0°C.
 - б) 5°C.
 - в) 10°C.
 - г) 15°C.

- 5. Яке значення біологічного мінімуму для ячменю?**
 - а) 0°C.
 - б) 5°C.
 - в) 10°C.
 - г) 15°C.

- 6. Що таке сума ефективних температур?**
 - а) Сума максимальних добових температур вище біологічного нуля.
 - б) Сума середніх добових температур.
 - в) Сума середніх добових температур вище нуля.
 - г) Сума середніх добових температур вище біологічного нуля, відрахованих від його значення.

- 7. Які фактори є найбільш ефективними предикторами для прогнозу врожайності сільськогосподарських культур?**
 - а) Абіотичні фактори, що найбільш широко варіюють протягом вегетаційного періоду.
 - б) Абіотичні фактори, що лімітують ріст і розвиток рослин у певній зоні.

- в) Абіотичні фактори, що є відносно константними для певної зони.
- г) Біотичні фактори.

8. Який метод статистичного аналізу даних дає можливість скласти прогностичне рівняння врожайності?

- а) Дисперсійний аналіз.
- б) Регресивний аналіз.
- в) Кореляційний аналіз.

9. Які параметри становлять основу прогнозування врожайності соняшника?

- а) Сума опадів за вегетаційний період.
- б) Сума температур за вегетаційний період.
- в) Рівень родючості ґрунту.
- г) Усі названі.

10. Що таке "баластна температура"?

- а) Температура вище біологічного нуля.
- б) Температура нижче біологічного нуля.
- в) Температура вище верхньої межі оптимального інтервалу.
- г) Температура вище середньої багаторічної норми.

Питання для самоконтролю

1. Що таке агрометеорологічне прогнозування?
2. Види агрометеорологічних прогнозів.
3. Методи фенологічних прогнозів.
4. Методи прогнозів урожайності сільськогосподарських культур.
5. Що таке екологічний предиктор?
6. Що таке прогностичне рівняння?
7. Що таке біологічний мінімум (нуль)?
8. Критерії об'єктивності прогнозів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА КОМПОНЕНТИ АГРОЕКОСИСТЕМ

Основні теоретичні положення

Значення мінеральних добрив. Інтенсивне виробництво сільськогосподарської продукції за собою систематичне відчуження з ґрунту поживних речовин унаслідок їх виносу з урожаєм. Певна частина цих речовин повертається до ґрунту з рослинними рештками та органічними добривами, проте абсолютно очевидно, що без повного відновлення ґрунтом поживних речовин, насамперед нітрогену, фосфору та калію, не може йтися про отримання протягом тривалого періоду не лише зростаючих, а й стабільних урожаїв.

Необхідність застосування добрив легко пояснюють під час зіставлення досягнутої врожайності та кількості добрив, що застосовують у різних країнах. Безумовно, високу врожайність сільськогосподарських культур, досягнуту у багатьох країнах, не можна пов'язувати виключно й безпосередньо із застосуванням високих доз добрив. Урожай визначають усіма агротехнічними заходами за умов застосування високопродуктивних сортів, а також кліматичними та ґрунтовими умовами. Чітка залежність: країни, що застосовують більше добрив, зазвичай досягають більш високої продуктивності сільськогосподарських культур.

Нині загально визнано, що завдяки використанню добрив створюється близько половини приросту врожаю. Добрива забезпечують активний баланс поживних речовин у землеробстві, внаслідок чого поліпшується природний кругообіг біогенних елементів.

Проте цілком очевидно й те, що значні обсяги застосування мінеральних добрив можуть порушувати природні цикли кругообігу речовин, що призводить до небажаних в екологічному розумінні наслідків. Саме тому екологічні проблеми агрохімії передусім пов'язані з використанням мінеральних добрив. Альтернатива в такому разі часто полягає у використанні виключно органічних добрив, які, начебто, абсолютно екологічно безпечні.

Протиставлення мінеральних добрив органічним - "хімічних" добрив "природним" - досить поширена омана. Насправді органічні добрива, як й мінеральні, безпечні для навколишнього середовища лише за умов застосування в суворо обмежених дозах та зберігання в належних умовах. Унесення високих доз гною або птишиного посліду, що пов'язано з необхідністю утилізації відходів великих тваринницьких комплексів, не менш небезпечно, аніж застосування мінеральних добрив.

Сьогодні мета агрономічної хімії полягає у створенні найкращих умов живлення рослин з урахуванням знання властивостей різних форм та видів добрив, особливостей їх взаємодії з ґрунтом, визначення найбільш ефективних

форм, способів та термінів використання добрив. Постановка такого завдання, безумовно, передбачає екологічну безпеку у застосуванні добрив і цілком виключає хибну відмову від використання мінеральних добрив узагалі, оскільки будь-які добрива є джерелом живлення, альтернативи якому не існує.

Баланс біогенних елементів у ґрунті. Добрива - найбільш сильний засіб впливу на кругообіг речовин у землеробстві. Добрива є найважливішим джерелом біогенних елементів, тобто елементів живлення для рослин. Наявність у ґрунті доступних для рослин форм поживних елементів є однією з найголовніших запорок формування високого врожаю.

Створення позитивного балансу поживних речовин у землеробстві є найважливішим завданням агрохімії, оскільки це створює передумови для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та поліпшення якості врожаю.

До прибуткової частини балансу поживних речовин включають такі джерела надходження поживних речовин:

- мінеральні добрива;
- органічні добрива;
- рослинні рештки;
- насінний матеріал;
- біологічна фіксація азоту бульбочковими бактеріями та вільноживучими мікроорганізмами.

Витратна частина балансу складається з таких компонентів:

- винесення з урожаєм основної та побічної продукції;
- винесення з рослинними рештками;
- вимивання у ґрунтові води;
- витрати унаслідок ерозійних процесів;
- газоподібні витрати тощо.

Взаємодія добрив з ґрунтом. Ґрунт є дуже важливою ланкою біосфери, і він передусім піддається складному комплексу дій унесених добрив. Добрива можуть впливати на ґрунт так:

- підкислення або підлужнення середовища ґрунтового розчину;
- погіршення або поліпшення агрохімічних та агрофізичних властивостей ґрунту;
- сприяння обмінному вбиранню іонів або витіснення їх до ґрунтового розчину;
- сприяння мінералізації або синтезу гумусу ґрунту;
- посилення або послаблення дії інших елементів живлення ґрунту або добрив;
- спричинення синергізму або антагонізму поживних елементів, тобто регуляція їх поглинання рослинами та участі в метаболізмі рослин.

Залежно від спрямованості цих процесів добрива можуть бути безпечним і дуже важливим чинником інтенсифікації землеробства або джерелом певної екологічної небезпеки.

Можливі наслідки неправильного використання мінеральних добрив. Переважно негативний вплив мінеральних добрив на навколишнє середовище зумовлений їх неправильним використанням. Небезпеку забруднення навколишнього середовища за використання мінеральних добрив визначають передусім розміром втрат діючих речовин або супутніх з ними речовин. У зв'язку з цим максимальне забруднення закономірно простежується в районах інтенсивної хімізації за умов зрошення або значної кількості опадів, а також за умов грубого порушення правил зберігання, транспортування та застосування добрив. Головно застосування добрив призводить до погіршення балансу та кругообігу поживних речовин, агрохімічних властивостей та родючості ґрунту.

До порушень технології застосування добрив, які можуть мати небажані екологічні наслідки, варто віднести такі:

- відхилення від оптимальних доз добрив під кожен культуру сівозміни;
- відхилення від оптимальних термінів та глибин внесення;
- добір форм добрив без урахування їхніх форм та властивостей, а також ґрунтово-кліматичних умов.

Деякими основними екологічно небезпечними наслідками неправильного застосування добрив можуть бути такі:

- вимивання добрив, яке спричиняє отруєння водойм і ґрунтових вод;
- газоподібні втрати, які забруднюють атмосферу токсичними для людей і тварин газами;
- погіршення родючості ґрунту внаслідок накопичення баластних речовин;
- погіршення якості продукції рослинництва під впливом біогенних та токсичних елементів.

Вимивання добрив з ґрунту у ґрунтові води та водойми. Вимивання поживних елементів з ґрунту відбувається переважно унаслідок поверхневого змиву, а також фільтрації у більш глибокі ґрунтові горизонти. За допомогою вимивання сполук нітрогену й фосфору з полів у водойми надходять стоки, що викликають їхню евтрофікацію, тобто надмірне перевищення концентрації поживних речовин. Це призводить до посиленого розвитку фітопланктону та водоростей. Починається “цвітіння” води, і поступово підвищується некорисна продуктивність водного біогеоценозу. У глибинній зоні посилюється анаеробний обмін, нагромаджується аміак, сірководень тощо. Порушуються окислювально-відновні процеси й виникає дефіцит кисню. Зрештою це призводить до загибелі риби та переважної більшості видів водної рослинності. Така евтрофікована вода стає непридатною не тільки для пиття, а й для купання, тобто втрачає своє господарське й біогеоценологічне значення.

Уважаємо, що порушення стану водойм унаслідок антропогенної евтрофікації є зворотними, тобто на певних стадіях порушення водойми можуть повернутися до початкового стану, якщо подальше забруднення сторонніми речовинами припинилося. Проте відомо, що відновлення підземної води в товщі

активного водоймища потребує близько 300 років. Вода у проточних водоймах поновлюється швидше - за 3,5 роки, в підґрунтових водах - за 9 місяців, у річкових - за 15-20 днів.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначила межу допустимої концентрації (МДК) нітратів у питній воді на рівні 22 мг/л для помірних широт та 10 мг/л для тропічних зон. Проте у районах інтенсивного застосування азотних добрив досить часто вміст нітрогену в питній воді значно перевищує МДК. Аналогічне становище простежується і з вмістом фосфорних сполук. На кілограм фосфору, що потрапив у водойми, утворюється близько 100 кг фітопланктону. Результати досліджень евтрофікації показують, що цвітіння води за допомогою водоростей починається вже тоді, коли вміст фосфору перевищує концентрацію 0,01 мг/л. Оптимальні умови для евтрофікації простежуються за умов концентрації фосфору 0,09-1,8 мг/л і нітратів - 0,9-3,5 мг/л. В Україні у річкових водах лісових областей вміст нітратів сягає 0,3-0,5, а в дренажних водах зрошуваних систем - 5-6 мг/л. Втім, у ґрунтових розчинах засолених зрошуваних ґрунтів концентрація NO₃⁻ може сягати 100- 300 мг/л, а в річкових водах густозаселених районів - до 20-30 мг/л. Отже, проблеми евтрофікації досить складні й потребують наукового аналізу та негайних заходів щодо їх розв'язання.

Газоподібні втрати азоту в атмосферу. Забруднення атмосфери газоподібними сполуками нітрогену виникає внаслідок процесів амоніфікації, нітрифікації та денітрифікації, що відбуваються у ґрунті.

Відомо, що ці процеси призводять до утворення і втрат із ґрунту в атмосферу молекулярного азоту, аміаку, пероксиду та двоокису нітрогену. Виділення молекулярного азоту не можна розглядати як фактор забруднення атмосфери, однак це знижує ефективність внесених добрив. Деякі науковці висловлюють певну стурбованість щодо можливості руйнування озонового екрану стратосфери Землі внаслідок проникнення в них окислів нітрогену. Проте досить авторитетні міжнародні організації дійшли висновку, що ці остереження певною мірою перебільшені. За даними Всесвітньої метеорологічної організації потрапляння NO_x в атмосферу, яке пов'язано також і з використанням добрив, не спричиняє негативної дії.

Певною мірою процеси амоніфікації, нітрифікації та денітрифікації можуть бути відрегульовані агрохімічними та агротехнічними заходами, внаслідок чого значної частини газоподібних втрат азоту в атмосферу можна уникнути. Зокрема, рослинний покрив значно зменшує газоподібні втрати азоту з ґрунту.

Погіршення родючості ґрунту внаслідок накопичення баластних речовин. Отруєння ґрунтів баластними речовинами добрив значною мірою залежить від сировини та прийнятої технології виготовлення туків. Застосування надмірно високих доз, наприклад, фосфорних добрив, призводить до перенасичення ґрунту фтором, який визначається високою хімічною активністю. За умов його нестачі у людини розвивається карієс зубів, проте його надлишок

шкідливий для здоров'я людей і тварин. Найбільша кількість фтору може міститися в амофосі (до 3,5-4,0 %).

Важливою є також проблема накопичення в ґрунті кадмію, що вносять з добривами. Цей процес іде повільно, у зв'язку з високою канцерогенністю кадмію його вміст потрібно контролювати. Систематичне застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив на кислих дерново-підзолистих ґрунтах підвищує їхню кислотність та сприяє вимиванню з орного горизонту кальцію та магнію. Унаслідок зменшення насиченості ґрунту цими катіонами різко знижується родючість. Застосування добрив може не тільки мобілізувати окремі елементи живлення, а й зв'язати їх, перетворивши на недоступну для рослин форму. Наприклад, однобічне використання високих доз фосфорних добрив часто суттєво знижує вміст рухомого цинку, внаслідок чого простежується цинковий голод рослин, що відображається на врожаї.

Погіршення якості продукції рослинництва під впливом біогенних та токсичних елементів. Погіршення якості сільськогосподарської продукції внаслідок нераціонального застосування добрив - серйозна проблема сьогодення. Найбільшу небезпеку викликає майже повсюдне зростання кількості нітратів в продукції рослинництва, що передусім зумовлено кількістю застосовуваних азотних добрив, а також способами їх використання. Особливо часто підвищений вміст нітратів трапляється в овочах та баштанних культурах, хоча нітрати містяться також у зерні та зеленій масі. Найбільша кількість нітратів звичайно накопичується в листках та живцях порівняно з плодами, тому з вегетативною масою деяких овочевих культур (салати) до організму людини може потрапити більше нітратів, аніж, наприклад, з томатів або огірків.

Безпосередньо нітрати малотоксичні, але після потрапляння в шлунок людини або тварини вони відновлюються до високотоксичних нітритів. Крім того, нітрати є попередниками нітрозамінів, які мають сильні канцерогенні властивості. З огляду на це більшість країн запровадила обмеження - межу допустимої концентрації (МДК) нітратів у питній воді та продуктах рослинництва. На здоров'я тварин негативно впливає також підвищений вміст калію у фуражній продукції. Надлишок калію перешкоджає засвоєнню рослинами магнію, що призводить до захворювання худоби. Певну небезпеку становить і нагромадження в рослинницькій продукції флуору та важких металів.

Порушення технологій зберігання й транспортування добрив як фактор забруднення навколишнього середовища. Втрати елементів живлення в процесі транспортування та зберігання, тобто на етапі завод-поле, є досить суттєвими. За деякими даними вони сягають 10-15 % і більше. Це пояснюють не лише невисокою якістю деяких добрив, а й поганою організацією транспортування, нестачею машин, складів тощо. Один з головних недоліків транспортування полягає в перевалювальній системі від заводу до поля. Машин спеціального призначення поки що випускають недостатньо, а автомобільний та залізничний транспорт загального призначення збільшують втрати, які

становлять принаймні 3-4 % на автомобільному транспорті, 4-5 % на залізничному, а також 4-5 % під час розвантажувальних робіт. У натуральному обчисленні за даними випробування різних типів залізничних вагонів для перевезення мінеральних добрив втрати в середньому становлять від 100 до 600 кг/вагон.

Вагомі недоліки простежуються також під час зберігання мінеральних добрив. Складські приміщення часто не відповідають обсягам зберігання. Середня місткість складів є невеликою і не дає змоги застосувати комплексну механізацію за підготовки туків до змішування та внесення. Це призводить до непродуктивних витрат мінеральних добрив, їх втрат під час численних ручних перевантажень і, як наслідок, - до масштабного забруднення навколишнього середовища, яке набуває тих самих форм, що й за нераціонального використання добрив, як це описано вище.

Заходи з охорони навколишнього середовища за використання мінеральних добрив можуть бути розділені на організаційні, агротехнічні та хімічні.

1. Організаційні заходи зводять до раціонального розташування складів мінеральних добрив, яке виключає їх змив зливовими та талими водами. До того ж склади мають бути розташовані не ближче 500 м від водойм. Зберігання мінеральних добрив просто неба, в лісосмугах тощо має бути цілком виключено. Після внесення добрив не можна мити машини, агрегати і тари у водоймах. Добрива, не використані протягом дня під час внесення, повинні бути повернені до складу.

2. Агротехнічні заходи:

Застосування диференційованих норм добрив. Норми добрив мають бути розраховані з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті. Існує багато методів розрахунку доз добрив під сільськогосподарські культури: за результатами польових дослідів, за середніми рекомендованими нормами з урахуванням родючості ґрунту, балансові методи розрахунку на запланований урожай та заплановану прибавку врожаю з урахуванням бонітету ґрунту тощо. Цілком прийнятні результати забезпечують балансові методи розрахунку доз добрив з урахуванням оптимального для певної культури співвідношення поживних елементів. Непогані результати можуть бути отримані методом урахування показників бонітету ґрунту. Методи розрахунку доз добрив для отримання запланованих урожаїв сільськогосподарських культур є найважливішою складовою агроекологічної системи програмування врожаїв у сільському господарстві.

Добір раціональних способів унесення добрив. Поверхнєве внесення добрив без загортання їх у ґрунт різко підвищує небезпеку їх змиву, особливо на схилах. Добрива повинні бути загорнуті в шар ґрунту з максимальним розвитком кореневих систем та відносно стабільним зволоженням.

Рівномірне внесення добрив. За умов нерівномірного внесення на переудобрених ділянках значно підвищується ризик вимивання елементів

живлення, крім того, це негативно позначиться на якості продукції.

Використання локальних методів внесення добрив. За умов смугового та осередкового розміщення азотних амонійних добрив створюється підвищена концентрація іонів амонію, що затримує нітрифікацію та зменшує небезпеку вимивання рухомих нітратів.

Дробове внесення азотних добрив допомагає рослинам найбільш повно використовувати нітроген, причому його втрати значно знижуються.

Застосування мікроелементів під час використання високих доз мінеральних добрив сприяють повнішому засвоєнню рослинами азоту, фосфору, калію та прискорюють процеси синтезу в рослинах.

3. Хімічні заходи: використання інгібіторів нітрифікації під час внесення добрив, що містять нітроген в амонійній та нітратній формах. Сьогодні часом у світі виготовляють вісім марок промислових інгібіторів нітрифікації, серед яких найбільш поширеними є нітрапірін, діціанамід, АМ, ТХМП та АТГ.

Застосування форм добрив прологованої дії, зокрема азотних (карбамідформ, оксамід, урамід тощо), які, повільно розчиняючись у ґрунті, забезпечують рослини діючою речовиною. Такий ефект може бути порівняним із багаторазовим дробовим унесенням. Як наслідок, зменшується небезпека вимивання та залишкового накопичення нітратів у продукції.

ТЕРМІНОЛОГІЯ

Добриво - речовина, призначена для поліпшення живлення рослин і підвищення родючості ґрунту.

Діючаречовина добрива - головний елемент живлення, що міститься в добриві.

Баластна речовина добрива - складова речовина добрива, що не призначена для поліпшення живлення рослин і підвищення родючості ґрунтів, проте міститься в добриві як невіддільна домішка сировини, з якої вироблено добриво.

Фізіологічне лужне добриво - добриво, що підлужує ґрунтовий розчин унаслідок переважного засвоєння рослинами аніонів.

Фізіологічне кисле добриво - добриво, що підкислює ґрунтовий розчин унаслідок переважного засвоєння рослинами катіонів.

Баланс біогенних елементів у ґрунті - сукупність статей надходження та виносу поживних елементів з ґрунту.

Програмування врожайів - створення системи регулювання факторів росту й розвитку рослин з метою отримання запланованого врожаю.

Евтрофікація - підвищення біологічної продуктивності водойми внаслідок її забруднення сполуками нітрогену та фосфору, спричинене промисловими стоками.

Завдання 3.1. Розрахувати мінімальну дозу азотних добрив, що викличе початок евтрофікації водойми. Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунків

№	Показник	Одиниця виміру	Варіант завдання		
			А	В	С
1	Водозбірна площа ставка за фізичною картою	га	214	180	262
2	Площа водного дзеркала ставка	га	0,72	0,48	0,54
3	Середня глибина ставка	м	2,2	1,9	2,0
4	Наявний вміст нітратів у воді ставка	мг/л	0,80	0,75	0,70
5	Вимивання нітратів добрив із земель водозбірної площі	%	18,5	18,3	20,2
6	Вміст нітратів, що викликає початок евтрофікації	мг/л	0,95	0,95	0,95

Методика виконання завдання

1. Розрахувати ємність ставка (м^3) множенням середньої глибини (м) на загальну площу водного дзеркала (м^2).

2. Розрахувати кількість нітратів, яку потрібно доДайте до його наявного вмісту у воді, щоб почалася евтрофікація водойми. Для цього від граничного вмісту, що викликає евтрофікацію, відняти наявний вміст. Результат наДайте у $\text{кг}/\text{м}^3$ та помножити на загальну ємність ставка (м^3).

3. Розрахувати кількість нітратів ($\text{кг}/\text{га}$), що має бути вимита з кожного гектара водозбірної площі для початку евтрофікації діленням розрахованої загальної кількості нітратів на водозбірну площу.

4. Розрахувати максимально допустиму дозу азотних добрив, керуючись часткою нітрогену, що вимивається, за пропорцією: величина, з п. 3 ($\text{кг}/\text{га}$) - 18,5; X - 100%.

5. Результати розрахунків оформити у вигляді таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахунок дози азотних добрив, що викликає евтрофікацію водойми

№	Показник	Одиниця виміру	Варіант завдання		
			А	В	С
1	Ємність ставка	м^3			
2	Кількість нітрогену, необхідна для початку евтрофікації	$\text{кг}/\text{м}^3$			
		кг			
3	Кількість нітрогену, що має бути вимита для початку евтрофікації	$\text{кг}/\text{га}$			
4	Максимально допустима доза азотних добрив (діюча речовина)	$\text{кг}/\text{га}$			

6. Зробити й записати висновки щодо факторів, які визначають різні гранично допустимі дози азотних добрив у різних варіантах.

Завдання 3.2. Розрахувати дози мінеральних добрив балансовим методом для отримання запрограмованого приросту врожаю пшениці озимої, кукурудзи та картоплі (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Вихідні дані для розрахунків

Показник	Культура			
	пшениця озима	кукурудза	картопля	
1	2	3	4	
Плановий урожай, т/га	4,0	4,5	18,0	
Середній урожай, т/га	3,0	4,0	14,9	
Виніс поживних речовин на 1 т основної продукції з відповідною кількістю побічної продукції, кг	N	35	34	5
	P	11	12	2
	K	26	35	8
Середній коефіцієнт використання поживних речовин із мінеральних добрив, %	N	55	55	50
	P	15	15	13
	K	50	50	50
Поправний коефіцієнт забезпеченості ґрунту поживними речовинами	N	1,0	1,1	1,2
	P	0,7	1,0	1,1
	K	0,8	0,7	0,6

Методика виконання завдання

1. Розрахувати запланований приріст урожаю (ц/га) відніманням від планового середнього врожаю у господарстві.

2. Розрахувати винесення поживних речовин (кг) на розрахований приріст з відповідною кількістю побічної продукції шляхом множення виносу речовин (кг/т) продукції на розмір приросту (т/га).

3. Розрахувати кількість поживних речовин, що має бути засвоєна рослинами з мінеральних добрив із пропорції: винесення поживних речовин на розрахований приріст - коефіцієнт використання поживних речовин з мінеральних добрив; X - 100 %.

4. Відкоригувати розраховані дози діючих речовин добрив множенням їх на поправний коефіцієнт, який залежить від забезпеченості ґрунту поживними речовинами.

5. Розрахувати масу фізичних туків з пропорції: відкоректована доза діючої речовини, що має бути внесена - вміст діючої речовини в добриві; X -100 %. (Передбачено використовувати аміачну селітру, простий суперфосфат та хлористий калій із вмістом діючих речовин 34, 6; 20 та 60 %, відповідно).

6. Округлити отримані результати до 10 кг/га.

7. Оформити результати розрахунків у вигляді таблиці 3.4 для кожної культури.

Таблиця 3.4.

Розрахунок доз мінеральних добрив балансовим методом для отримання запрограмованої надбавки врожаю (назва культури)

№	Показник	N	P	K
1	Запланована прибавка врожаю, т/га			
2	Винесення поживних елементів з 1 т прибавки врожаю з відповідною кількістю побічної продукції, кг/га			
3	Винесення поживних речовин на розраховану прибавку з відповідною кількістю побічної продукції, кг/га			
4	Кількість поживних речовин, що має бути засвоєна рослинами з мінеральних добрив, кг/га			
5	Поправний коефіцієнт забезпеченості ґрунту поживними речовинами			
6	Відкоректована на забезпеченість ґрунту кількість поживних речовин добрив, кг/га			
9	Доза фізичних туків, кг/га			

8. Оцінити розраховані дози добрив, отримані для різних культур.

Завдання 3.3. Дайте відповідь на тестове завдання:

1. Які фактори можуть позитивно впливати на врожай сільсько-господарських культур?

- а) Мінеральні добрива.
- б) Агротехнічні заходи.
- в) Ґрунтово-кліматичні умови.
- г) Органічні добрива.
- д) Усі названі фактори.

2. Які добрива можуть спричинити евтрофікацію водойм?

- а) Азотні.
- б) Фосфорні.
- в) Калійні.

3. Як проявляється евтрофікація водойм?

- а) Пригнічується розвиток синьо-зелених водоростей.
- б) Стимулюється розвиток синьо-зелених водоростей.
- в) Біологічна продуктивність водойми зменшується.
- г) Біологічна продуктивність водойми збільшується.

4. Яка МДК нітратів у питній воді визначена для помірних широт?

- а) 22г/л.
- б) 10г/м³.
- в) 22 мг/л.
- г) 22г/м³.
- д) 0,01г/л.

5. Які газоподібні сполуки азоту викликають забруднення атмосфери?

- а) N₂.
- б) NH₃.
- в) N₂O.
- г) NO_x.
- д) Усі названі сполуки.

6. Які добрива містять флор як баластну речовину?

- а) Азотні.
- б) Фосфорні.
- в) Калійні.

7. У чому полягає небезпека нітратів для здоров'я людини?

- а) Нітрати перетворюються на токсичні нітрити.
- б) Нітрати є попередниками токсичних нітрозамінів.
- в) Нітрати є канцерогенними речовинами.
- г) Нітрати перетворюються на азотну та азотисту кислоти.

8. Яка продукція за однакових умов вирощування містить найбільшу кількість нітратів?

- а) Огірки.
- б) Зерно пшениці.
- в) Білокачанна капуста.
- г) Томати.
- д) Сім'янки соняшника.

9. Який компонент є основою програмування врожаїв сільсько-господарських культур?

- а) Агротехнічні заходи.
- б) Добрива.
- в) Пестициди.
- г) Сівозміна.

10. До якої статті балансу біогенних елементів ґрунту потрібно віднести перехід поживних речовин ґрунту у кореневі рештки сільськогосподарських культур?

- а) До прибутку.
- б) До витрат.

Питання для самоконтролю

1. Які заходи потрібно вживати для запобігання вимивання добрив з ґрунту?
2. Що таке евтрофікація водойм і чому вона відбувається?
3. Що таке баластні речовини добрив та як вони впливають на ґрунт та рослини?
4. Які добрива є фізіологічно кислими та фізіологічно лужними?
5. Якими методами можливо регулювати реакцію середовища ґрунтового розчину?
6. Що таке баланс біогенних елементів у ґрунті? Як його можна регулювати?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ НА БАЛАНС ГУМУСУ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ

Основні теоретичні положення

Інтенсивне сільськогосподарське виробництво, традиційно засноване на широкій хімізації, не втратило інтересу до органічних добрив. Навпаки, їх роль постійно зростає, оскільки органічна речовина є найважливішою складовою ґрунту, вміст і форми якої найбільшою мірою визначають головну властивість ґрунту - його родючість.

Під час мінералізації органічної речовини ґрунту вивільнюються усі необхідні рослинам поживні речовини доступній формі. Органічна речовина зумовлює структуру, вбирну ємність, кислотність, буферність, температурний режим ґрунтів, а також є джерелом живлення та субстратом для існування ґрунтових мікроорганізмів, які сприяють переведенню важкодоступних сполук у легкодоступні.

Під органічною речовиною ґрунту розуміють усі органічні речовини, які є в ґрунтовому профілі, за винятком тих, що входять до складу живих організмів. Органічні речовини ґрунту розділяють на дві великі групи. Першу становлять відмерлі рештки живих істот, які ще не втратили своєї анатомічної будови, - корені та стебла рослин, наземний опад, рештки мікроорганізмів та тварин. Компоненти цієї групи піддаються гуміфікації, унаслідок якої утворюються ґрунтові органічні сполуки другої групи, сукупність яких називається гумусом. Основна й найважливіша частина гумусу - специфічні гумусові речовини, що становлять 85-90 % його загальної маси. Вони є системою високомолекулярних сполук, які зокрема містять й азотні сполуки.

Гумус складається з таких основних компонентів:

Гумінові кислоти - гетерогенна група нерозчинних у воді високомолекулярних сполук із вмістом нітрогену, що надає ґрунту специфічного забарвлення (від червоно-бурого до чорного, залежно від концентрації). Гумінові кислоти, головню, зумовлюють агрономічну цінність гумусу й родючість ґрунту. На гумінові кислоти особливо багаті чорноземи.

Фульвокислоти - гетерогенна група розчинних у воді високомолекулярних відносно реакційних сполук із вмістом нітрогену, що є руйнівною дією на органічних речовин, первинних та вторинних мінералів та надають ґрунту специфічного забарвлення (від жовтого до червоного, залежно від концентрації). Фульвокислоти переважно утворюються в дерново-підзолистих ґрунтах.

Гумін (нерозчинний залишок) - нерозчинна частина специфічних гумусових речовин, що міцно пов'язана з мінеральною частиною ґрунту і не відділяється навіть під дією кислот та лугів.

Ґрунти містять органічні речовини, які перебувають на різних стадіях гуміфікації та у різних кількостях, що зумовлює їхні специфічні властивості. У цьому зв'язку інтегральним показником ґрунтової родючості прийнято вважати вміст гумусу.

Органічні добрива й баланс гумусу у ґрунті. Залежно від ступеня інтенсифікації землеробства (питома вага просапних, зернових культур, бобових трав у сівозміні, наявність чистого пару, застосування добрив, зрошення тощо) і типу ґрунту, вміст гумусу може щорічно зменшуватися на 0,5-1,5 т/га. Так, за останні 20 років втрати гумусу в ґрунтах України сягнули понад 10 % загального його вмісту. Для позитивного балансу гумусу у ґрунті необхідно забезпечити новоутворення гумусових речовин у більшій кількості, ніж його щорічна мінералізація.

Якщо мінеральні добрива поліпшують кругообіг та баланс біогенних елементів, то органічні є не лише важливим джерелом поживних елементів для рослин, а й поповнюють запас гумусу у ґрунті - цього важливого показника потенційної родючості. Гумус як джерело поживних елементів містить майже весь зв'язаний карбон ґрунту, 80-90 % нітрогену й сульфур, близько 50 % фосфору в органічній формі. Він є важливим джерелом CO₂ для фотосинтезу, а також головним фактором біогенності ґрунту.

Використання органічних відходів тваринництва як добрив допомагає виправити порушення в біохімічному кругообігу карбону, нітрогену, фосфору та послабити ефект евтрофікації гідросфери через створення органічної речовини ґрунту й утворення агрономічно цінної ґрунтової структури. Сприяють накопиченню гумусу також кореневі та поживні залишки. Останнє значною мірою визначається культурою, методом збирання тощо. Наприклад, сівозміни з багаторічними травами сприяють більшому накопиченню гумусу у ґрунті, а просапні культури, навпаки, викликають інтенсивну мінералізацію гумусу та залишають незначну кількість кореневого опаду для поповнення запасу гумусу.

Баланс гумусу у ґрунті може бути поповнений не лише завдяки рослинним решткам та гною, а й за допомогою застосування торфу, зеленого добрива, різних видів органічних компостів, соломи як у чистому вигляді, так і в сполученні з гноєм.

Питання про кількість органічних речовин, яку потрібно внести в ґрунт, щоб відновити втрати гумусу, становить значний науковий та практичний інтерес. Ця кількість залежить від спеціалізації сівозміни, ґрунтово-кліматичних умов та виду органічного добрива.

Звичайно, витрати гумусу на вирощування певної кількості врожаю визначаються за споживанням культурою нітрогену та CO₂. Оскільки в гумусі міститься в середньому 5 % нітрогену, то використання на створення, наприклад, 100 кг нітрогену призводить до мінералізації двадцятикратної кількості гумусу, тобто 2 т/га. З'ясовано, що ґрунти під зерновими культурами щорічно втрачають 0,4-1,0 т/га, під просапними - в 1,5-3,0 рази більше. Максимальна мінералізація гумусу закономірно простежується у чистих парах. За інших однакових умов

мінералізація зростає на ґрунтах легкого гранулометричного складу та під час зрошення.

Розрахунки необхідної кількості органічного добрива для підтримки балансу гумусу, зазвичай, ґрунтуються на визначенні потреб різних ґрунтів в органічній речовині залежно від урожайності та структури посівних площ. Оскільки цінність різних видів органічних добрив є неоднаковою з погляду поповнення запасів гумусу у ґрунті, використовують наперед визначені коефіцієнти гуміфікації різних добрив, тобто кількість гумусу, що утворюється з однієї частини внесеного добрива.

Під час інтенсифікованого землеробства створення умов для запобігання втрат та збільшення вмісту гумусу у ґрунті набуває виняткового значення в комплексі заходів окультурювання ґрунтів. На основі багаторічних даних та передового досвіду рекомендовані такі щорічні норми гною на кожний гектар сівозмінної площі для підтримки бездефіцитного балансу гумусу в ґрунтах України - в Степу - 7-8 т/га, Лісостепу - 10-12, Поліссі - 12-14, Передкарпатті та Закарпатті - 15-18 т/га.

Види органічних добрив та їх екологічна оцінка

До органічних добрив належать гній, торф, сеча, гноївка, фекалії, компост, пташиний послід, зелене добриво, мул, сажа, органічні відходи сільськогосподарського виробництва та промисловості тощо. Нижче розглянуто основні властивості деяких головних видів органічних добрив з погляду їхнього екологічного впливу на агроценози та навколишнє середовище.

1. Підстилковий гній. До складу гною входять тверді та рідкі екскременти тварин. Гній містить усі головні елементи живлення для рослин, тому він називається повним добривом. Тверді виділення коней, овець та свиней містять більше поживних речовин, сухої речовини і швидше розкладаються, аніж виділення великої рогатої худоби.

Нітроген і фосфор твердих виділень тварин стає доступним для рослин лише після мінералізації відповідних органічних сполук, тим часом як нітроген і калій сечі або гноївки перебувають у розчиненій формі й швидко засвоюються рослинами. Відповідно, речовини, названі останніми, цілком можуть бути швидко втрачені під час зберігання й транспортування гною, що, крім небажаних втрат, становить екологічну небезпеку забруднення атмосфери та водойм.

Важливим компонентом підстильного гною є підстилка, яка створює м'яке, сухе й тепле стійло для тварин, збільшує вихід гною та поліпшує його якість, зокрема зменшує втрати нітрогену. Переважно для підстилки використовують солому різних культур, торф, рідше тирсу, хвою, листя та ін. Солома озимих культур містить 0,5; 0,2; 0,9 % нітрогену, фосфору та калію, відповідно, проте цінність підстилки визначають не тільки її хімічним складом, а й здатністю вбирати сечу, гноївку і газу, утворювані під час зберігання гною, що надзвичайно важливо в агрономічному та екологічному розуміннях.

Солома вбирає до 200-300 % води та 0,01 % аміаку. Ще більшу вбирну ємність має торф (1 000 % води та 0,04 % аміаку), але він дуже забруднює тварин,

тому до нього додають соломку або листя дерев.

Отже, підстилка поліпшує фізичні, фізико-хімічні та біологічні властивості гною. Він стає менш вологим, пухкішим, легше розкладається під час зберігання. За наявності підстилки гній зручніше перевозити та вносити у ґрунт.

Під час зберігання гною в ньому відбуваються мікробіологічні процеси, пов'язані з виділенням аміаку, вуглекислого газу та води. Крім того, водорозчинні речовини можуть бути втрачені з гноївкою. Тому зберігати гній із дотриманням правил екологічної безпеки потрібно у спеціальних гноєсховищах.

Принципово екологічно важливі вимоги до гноєсховищ такі:

- Для запобігання втрат гноївки дно гноєсховища повинна бути бетонним, а також витримувати вагу відповідної техніки.
- Гноєсховище має бути розміщене на незатоплюваній ділянці на відстані близько 200 м від житлових будинків.
- Неприпустимо розміщувати гноєсховище поблизу рік, озер, ставків, колодязів тощо.
- Уздовж довгих боків гноєсховища повинні бути збірні канали дощових та талих вод.
- З боків гноєсховища повинні бути гноївкосховища.
- Ухил дна гноєсховища повинен бути в боки гноївкосховищ.
- Необхідно передбачити в'їзд та виїзд на всю ширину вузьких боків гноєсховища.

Для збору сечі та гноївки у гноєсховищі варто передбачити, що рідина утворюється 1,0-1,3 м³ на кожні 100 т гною, причому місткість кожного гноївкозбірника має бути близько 3-4 м³. Для зменшення газоподібних витрат нітрогену з гноївки гноївкозбірник заповнюють відпрацьованим тракторним мастилом з розрахунку 3 л на 1 м² поверхні. Зібрану гноївку використовують безпосередньо як добриво або для приготування компостів. Додатково у технологічному циклі приготування гною гноївка може бути використана для змочування штабелів гною, якщо вони надмірно розігріваються.

Максимальну екологічну безпеку під час зберігання гною досягають із застосуванням методів зменшення втрат речовин із гною. До загальнодоступних прийомів належить використання підвищених норм підстилки, що зводить до мінімуму втрати гноївки та газів. Доцільним є компостування гною з різними субстратами, а також додавання до гною фосфоритного борошна (20-30 кг/т), що створює умови для поглинання аміачного нітрогену мікроорганізмами під час зберігання та стимулює мікробіологічну активність. Важливою вимогою є покриття штабелів гною землею, соломкою або торфом для забезпечення певної фіксації вивільнених речовин.

У спеціальній літературі широко рекомендують ущільнювати штабелі гною для зменшення втрат речовин та регуляції інтенсивності мікробіологічних процесів, проте часто не зазначено, як зробити це на практиці. Рекомендації ущільнювати штабелі гусенями тракторів у деяких методичних вказівках є

нереальними, оскільки консистенція гнойової маси не витримує вагу трактора. Практично достатнім є ущільнення штабелю з боків скребком бульдозера.

Вимоги до застосування гною, зазвичай, зводять до рівномірного його розкидання та заорювання у вологий шар ґрунту. Вимоги до ступеня розкладення гною залежать від багатьох умов. У посушливих умовах перевагу надають напіврозкладеному гною, у вологих районах під зяблеву оранку з осені можна вносити свіжий гній.

2. Безпідстилковий гній. Безпідстилковий гній - це суміш калу, сечі тварин та технічної води, який передбачає дещо інші технології приготування, зберігання та внесення. Якщо видалення гною на тваринницьких фермах виконують транспортерами різних систем, сплавними каналами (гідросплавом) або гідрозмивом, то з використанням перших двох методів отримують безпідстилковий гній з вологістю до 92 %, а за гідрозмиву - понад 92 %. Порівняно з підстилковим гноем безпідстилковий становить більшу екологічну небезпеку, адже в ньому немає гігроскопічного компонента для вбирання гноївки, сечі та газів.

Безпідстилковий гній, залежно від кліматичних умов, повинен зберігатися протягом двох-шести місяців. Для цього будують прифермські або польові гноєсховища ємністю 500-5000 м³. Головна вимога до гноєсховища такого типу - надійна гідроізоляція, інакше вони будуть постійним джерелом забруднення ґрунту, фунтових вод та водойм. За наявності трубопроводів можливе зберігання усєї маси у прифермських сховищах. У такому разі сховища поєднуються трубопроводами з польовими заправними колонками для завантаження польових цистерн-розкидувачів. Надійна гідроізоляція трубопроводів також є найважливішою екологічною вимогою.

Безпідстилковий гній під час зберігання розшаровується на три шари - щільний, що плаває, рідкий та осадок. Для забезпечення однорідності маси гноєсховище повинне бути обладнане приладом для перемішування (гомогенізації) гною. Система трубопроводів надійно працює, коли безпідстилковий гній гомогенізовано. Осадок можна внести звичайним методом.

Серйозну екологічну проблему становить висока концентрація патогенної мікрофлори у безпідстилковому гної. Тому, за необхідністю, варто проводити знезаражування гною. Однак нині ще не знайдено екологічно ефективного та дешевого способу знезаражування безпідстилкового гною. Запропоновано декілька методів: розділення гною на тверду й рідку фракцію та знезараження за допомогою спеціального пальника або електричного розряду; біологічне очищення за допомогою сильного розведення водою та підсиленої аерації; хлорування; застосування випарного обладнання. Переважно ці методи трудомісткі та дорогі. Найбільш дешевий метод - хлорування - виявився малоефективним. Тому доцільно використовувати безпідстилковий гній у складі компостів.

Варто зазначити, що використання безпідстилкового гною на затоплюваних ділянках є неприпустимим. Крім того, його застосування має бути

поєднано з протиерозійним обробітком ґрунту залежно від умов рельєфу. За санітарно-гігієнічними нормами не допускається внесення безпідстилкового гною під овочеві культури.

3. Пташиний послід. Пташиний послід - це цінне, порівняно концентроване та швидкодіюче органічне добриво. Як і гній, він містить усі необхідні рослинам поживні речовини, проте в значно більшій кількості. Так, наприклад, у середньому курячий послід містить нітрогену, фосфору і калію 2,2; 1,8 та 1,1 %, відповідно, хоча вміст поживних речовин сильно варіює залежно від складу згодовуваних кормів. Усі поживні речовини у посліді перебувають у легкозасвоюваній для рослин формі.

Екологічна небезпека зберігання, транспортування та застосування пташиного посліду полягає в тому, що нітрогену у цьому добриві перебуває у формі сечової кислоти, яка швидко розкладається до аміаку та оцтової кислоти. За два місяці зберігання з пташиного посліду втрачається близько 50 % нітрогену. Під час зберігання у великих купах послід швидко розігрівается й починається інтенсивне виділення аміаку.

Для запобігання або зменшення таких втрат рекомендовано додавати до маси посліду 7-10 % суперфосфату, або 20-40 % сухого торф'яного порошку, 25-50 % сухого перегною, або 25-30 % землі.

Існує екологічно чистий метод збереження пташиного посліду, однак він потребує значних енергетичних витрат. Метод полягає у висушуванні свіжого безпідстилкового пташиного посліду, який ще не містить амонійних сполук, за температури 600-800 °С. Отриманий сухий послід містить 4-6 % нітрогену, 2-3 % фосфору і 2-2,5 % калію та при зберіганні в сухому місці практично не втрачає поживні речовини й не забруднює атмосферу.

4. Зелене добриво. Зелене добриво - це свіжа рослинна маса, що заорюється у ґрунт з метою збагачення його органічною речовиною та нітрогеном. Такий прийом називають сидерацією, а рослини, вирощувані на зелене добриво - сидератами. Переважно використовують бобові рослини: люпин, чину, віку, еспарцет та ін.

Зелене добриво, як і будь-яке інше органічне, позитивно впливає на агрономічні властивості ґрунту й урожай сільськогосподарських рослин. Залежно від умов застосування сидератів на 1 га заорюється в середньому 35-45 т зеленої маси з вмістом нітрогену, як у гної. Фосфору й калію в зеленій масі менше, ніж у гної, що може бути скомпенсовано внесенням мінеральних фосфорно-калійних добрив.

Агроекологічне значення сидератів є цілком позитивним, оскільки, крім збільшення вмісту органічної речовини у ґрунті, сидерати захищають землі від ерозії, що дуже актуально за умов зрошення. Сидерати є важливим джерелом збільшення родючості фунтів, особливо піщаних та супіщаних, в умовах, де транспортування інших органічних добрив ускладнено або економічно недоцільно.

5. Торф і торфокомпост. Торф - це цінне добриво, що містить усі необхідні

рослинам елементи живлення. Він утворюється внаслідок відмирання та неповного розкладення болотних рослин за умов надлишкового зволоження й нестачі повітря. Торф складається з негуміфікованих рослинних решток, перегною та мінеральних включень. Види торфу різноманітні за складом та нерівноцінні за якістю.

Добре мінералізований торф може бути використаний як добриво, проте його ефективність невисока. В торфі багато нітрогену, однак він перебуває у важкодоступній для рослин органічній формі. Тому для переведення поживних елементів у легкодоступні форми торф доцільно застосовувати на добрива не в чистому вигляді, а в складі різноманітних компостів.

З екологічного погляду торф як добриво не має протипоказань, проте свіжий торф має бути провітрений протягом двох-трьох місяців для знешкодження різних оксидних сполук, які можуть негативно вплинути на рослини та фунгову мікрофлору. Компостування торфу бажано з усіх боків, оскільки допомагає поліпшити поживний склад торфу та значно зменшити втрати поживних речовин із гною, сечі, гноївки тощо, які можуть забруднити навколишнє середовище й знизити агрономічну цінність добрива.

Для приготування торфогнойових компостів торф, підсушений до 40 % вологості, укладають із гноєм шарами 30-35 см у штабель заввишки 1,5-2,0 м. Гній також можна укласти осередками по 200-300 кг у купу торфу. Для приготування торфосечових компостів шар торфу завтовшки 30-40 см заливають сечею з розрахунку 0,5-1 т на 1 т торфу й одразу укладають наступний шар. Так повторюють, досягаючи висоти штабеля 1,0-1,5 м. Зверху усі торфокомпостні штабелі мають бути покриті шаром торфу 30-40 см. Іноді застосовують також торфофекальні й торфомінеральні компости. Компостування звичайно триває три-шість місяців.

6. Солома. Солома містить в середньому 0,5; 0,2; 0,9 % нітрогену, фосфору та калію, відповідно. Часто у господарствах після задоволення потреб тваринництва у кормах та підстилці частина соломи залишається невикористаною. Вона може бути ефективно використана як органічне добриво, що практично не має екологічних протипоказань. Найдоцільніше залишати солону подрібненою безпосередньо на полі після збирання врожаю колосових, розкидати по ній гній та азотні мінеральні добрива (40-80 кг/га) й обробити ґрунт дисковим луцильником. Через два-три тижні доцільне заорювання напіврозкладеної соломи плугом.

Заорювання соломи без азотних добрив може призвести до різкого зменшення нітрогену у ґрунті внаслідок її іммобілізації та зниженню врожаю. Заорювання соломи рекомендоване з осені, оскільки за осінньо-весняний період досягається вимивання з ґрунту шкідливих для рослин фенольних сполук, що утворюються під час розкладання соломи.

7. Сапропель. Сапропель - це органічні і мінеральні донні відкладення прісноводних водойм. Верхні шари таких відкладень сильно зволожені, і саме в них відбувається процес утворення сапропелю з відмерлого планктону внаслідок

хіміко-біологічних процесів. З потовщенням шару сапропелю біологічні процеси в ньому затухають і відбувається його сильніше ущільнення. Влітку відкладаються переважно органічні сполуки, взимку - мінеральні.

Великі нагромадження сапропелевих відкладень призводять до передчасного старіння водойм, тобто до їх евтрофікації. Тому видобування сапропелю дає змогу отримати цінне органічне добриво для окультурювання полів, а також поліпшити екологічний стан прісноводних водойм.

Сапропель має колоїдну структуру та є желеподібною масою, яка буває різноманітного кольору: від блакитного до чорного. В сухій масі сапропелю міститься 0,2-0,3; 0,1-0,4 та 0,04-0,15 кг/т нітрогену, фосфору та калію, відповідно.

8. Органічні відходи. До органічних відходів, що можуть бути використані як органічні добрива, зазвичай належать такі: м'ясні та м'ясо-кісткові відходи боєнь, вовняні та шкіряні, відходи пера й пуху, тютюнових фабрик, сажу, каналізаційний осад, сміття вулиць та базарів, мул ставків та озер тощо.

Застосування цих добрив може мати багато небажаних екологічних наслідків, оскільки ці суміші досить гетерогенні й можуть містити шкідливі та токсичні речовини або речовини, що забруднюють ґрунт, не розкладаючись у ньому. Отже, склад таких добрив має перевірятися досить ретельно й, до того ж, для переведення поживних речовин у легкодоступні для рослин форми та з метою знезараження вони мають проходити тривалий період компостування.

ТЕРМІНОЛОГІЯ

Органічна речовина ґрунту - сукупність усіх органічних речовин, що містяться у ґрунтовому профілі за винятком тих, що входять до складу живих організмів.

Гумус - система високомолекулярних органічних сполук ґрунту, утворювана внаслідок розкладання органічних тіл у ґрунті під дією мікроорганізмів. Гумус є головним чинником ґрунтової родючості.

Гумінові кислоти - гетерогенна група нерозчинних у воді високомолекулярних сполук із вмістом нітрогену, що надає ґрунту специфічного забарвлення (від червоно-бурого до чорного, залежно від концентрації).

Фульвокислоти - гетерогенна група розчинних у воді високомолекулярних відносно реакційних сполук із вмістом нітрогену, що є руйнівною дією органічних речовин, первинних та вторинних мінералів та надають ґрунту специфічного забарвлення (від жовтого до червоного, залежно від концентрації).

Гумінові залишки - нерозчинна частина специфічних гумусових речовин, що міцно пов'язана з мінеральною частиною ґрунту і не відділяється навіть під дією кислот та лугів.

Баланс гумусу у ґрунті - еквівалентність щорічних витрат гумусу внаслідок мінералізації тієї кількості гумусу, яка щорічно утворюється в ґрунті з органічних решток та внесених органічних добрив.

Компостування - приготування сумішей органічних добрив з метою переведення поживних речовин у легкодоступні для рослин форми, знезараження маси під час мікробіологічних процесів та зменшення втрат поживних речовин.

Гній - органічне добриво з екскрементів тварин.

Торф - органічне добриво, утворюване внаслідок відмирання та неповного розкладення болотних рослин за умов надлишкового зволоження й нестачі повітря.

Сапропель - сукупність органічних і мінеральних донних відкладень прісноводних водойм, що утворюються з відмерлого планктону внаслідок мікробіологічних процесів.

Завдання 4.1. Розрахувати дози гною для створення бездефіцитного балансу гумусу в польовій сівозміні з метою запобігання зменшенню родючості ґрунтів. Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 4.1 і таблиці 4.2.

Таблиця 4.1

Склад сівозмін та плановий урожай культур

№ поля	Сівозміна А		Сівозміна Б	
	культура	урожай, т/га	культура	урожай, т/га
1	Переліг	-	люцерна I року	25
2	Пшениця озима	4,4	люцерна II року	30
3	буряк цукровий	3,5	люцерна III року	25
4	соя	2,3	пшениця озима	4,8
5	Озимий ячмінь	3,7	кукурудза ПС	4,6
6	Кукурудза на зерно	4,5	ячмінь ряий	3,3
7	Кукурудза МВС	40	горох	2,1
8	Пшениця озима	3,0	пшениця озима	3,8
9	Соняшник	2,3	кукурудза МВС	42

Вихідні дані для розрахунків

№ п/п	Культура	Показник			
		Коефіцієнт перерахунку врожаю на масу кореневих та пожнивних залишків	Коефіцієнт гуміфікації кореневих та пожнивних залишків	Мінералізація гумусу ґрунту, т/га	Втрати гумусу від ерозії ґрунту, т/га
1	Зернові колосові	1,30	0,20	0,70	0,30
2	Цукровий буряк	0,65	0,20	1,20	0,50
3	Зернобобові	1,20	0,22	0,68	0,30
4	Кукурудза на зерно	1,30	0,16	1,25	0,45
5	Кукурудза на силос	0,16	0,18	1,20	0,30
6	Соняшник	1,32	0,16	1,25	0,50
7	Люцерна	0,23	0,22	0,70	0,20
8	Переліг	—	—	2,00	0,65

Методика виконання завдання:

1. Розрахувати накопичення пожнивних і кореневих залишків (т/га) кожної з культур сівозміни множенням планового врожаю (табл. 4.1) на коефіцієнт перерахунку (табл. 4.2).

2. Розрахувати накопичення гумусу з пожнивних та кореневих залишків (т/га) множенням розрахованої кількості залишків на коефіцієнт гуміфікації кожної з культур сівозміни.

3. Визначити сумарні втрати гумусу (т/га), додавши до величини його мінералізації втрати гумусу від ґрунтової ерозії.

4. Розрахувати баланс (“+/-“ т/га) гумусу відніманням від сумарного накопичення гумусу з пожнивних та кореневих залишків сумарних втрат гумусу від мінералізації та ерозії.

5. Визначити компенсаційні дози гною під кожен культуру сівозміни з пропорції: 1 т гною - 50 кг гумусу; X - дефіцит гумусу.

6. Розрахувати сумарну кількість гною на усі поля кожної сівозміни підсумовуванням усіх компенсаційних доз.

7. Визначити загальну кількість гною, що має бути внесена за ротацію сівозміни.

8. Результати розрахунків оформити у вигляді табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Розрахунок доз гною для створення бездефіцитного балансу гумусу в польовій сівозміні (на прикладі сівозміни А)

№ п/п	Показник	Культура сівозміни								
		люцерна 1 року	люцерна 2 року	люцерна 3 року	пшениця озима	кукурудза ПС	ячмінь ярий	горох	пшениця озима	кукурудза МВС
1	Плановий урожай, т/га									
2	Коефіцієнт перерахунку для визначення маси кореневих та пожнивних залишків									
3	Накопичення кореневих та пожнивних залишків, т/га									
4	Коефіцієнт гуміфікації кореневих та пожнивних залишків									
5	Накопичення гумусу з кореневих та пожнивних залишків, т/га									
6	Мінералізація гумусу ґрунту, т/га									
7	Втрати гумусу від ерозії ґрунту, т/га									
8	Сумарні втрати гумусу, т/га									
9	Баланс гумусу, т/га									
10	Компенсаційна доза гумусу, т/га									
11	Доза внесення гумусу, т/га									

Зробити висновок про необхідність використання органічних добрив у двох прикладах сівозмін.

Таблиця 4.4

**Розрахунок доз гною для створення бездефіцитного балансу
гумусу в польовій сівозміні (на прикладі сівозміни Б)**

Показник	Культура сівозміни								
	переліг	пшениця озима	бурак цукровий	соя	ячмінь озимий	кукурудза ПС	Кукурудза МВС	пшениця озима	соняшник
1	Плановий урожай, т/га								
2	Коефіцієнт перерахунку для визначення маси корневих та пожнивних залишків								
3	Накопичення корневих та пожнивних залишків, т/га								
4	Коефіцієнт гуміфікації корневих та пожнивних залишків								
5	Накопичення гумусу з корневих та пожнивних залишків, т/га								
6	Мінералізація гумусу ґрунту, т/га								
7	Втрати гумусу від ерозії ґрунту, т/га								
8	Сумарні втрати гумусу, т/га								
9	Баланс гумусу, т/га								
10	Компенсаційна доза гумусу, т/га								
11	Доза внесення гумусу, т/га								

Завдання 4.2. Дайте відповідь на тестове завдання:

- 1. Які компоненти входять до складу органічної речовини ґрунту?**
 - а) Корені живих рослин.
 - б) Корені рослин після скошування травостою.
 - в) Гуміфіковані корені рослин.

- 2. Який компонент гумусу, головню, зумовлює родючість ґрунту?**
 - а) Гумінові кислоти.
 - б) Фульвокислоти.
 - в) Гумінові залишки.

- 3. Який показник є інтегральним для визначення ґрунтової родючості?**
 - а) Вміст N, P, K.
 - б) Вміст гумусу.
 - в) Гранулометричний склад.
 - г) Кількість органічної речовини.

- 4. На яких ґрунтах швидше відбувається мінералізація гумусу?**
 - а) Супіщаний без зрошення.
 - б) Суглинистий без зрошення.
 - в) Супіщаний при зрошенні.
 - г) Суглинистий при зрошенні.

- 5. У якому полі зерново-перелогово-просапної сівозміни відбувається найбільш інтенсивна мінералізація гумусу?**
 - а) Чорний пар.
 - б) Озима пшениця.
 - в) Кукурудза на зерно.
 - г) Горох.
 - д) Соняшник.

- 6. Який тип підстилкового гною доцільно використовувати в умовах Південного Степу України?**
 - а) Свіжий.
 - б) Напівперепрілий.
 - в) Перепрілий.
 - г) Сирець.

- 7. Під які культури не можна вносити безпідстилковий гній за санітарно-гігієнічними вимогами?**
 - а) Пшениця озима.
 - б) Томати.

- в) Кукурудза на зерно.
- г) Капуста.

8. Що входить до складу торфу?

- а) Негуміфіковані рослинні рештки.
- б) Перегній.
- в) Мінеральні включення.
- г) Усе назване.

9. Як може бути використана гноївка?

- а) Безпосередньо як добриво.
- б) Як компонент компостів.
- в) Для змочування штабелів гною, що розігріваються.
- г) Усіма названими способами.

10. Який метод допомагає максимально уникнути небажаних втрат поживних елементів з пташиного посліду?

- а) Розведення.
- б) Висушування.
- в) Компостування.

Питання для самоконтролю

1. Що таке баланс гумусу у ґрунті?
2. Які вимоги висувають до гноєсховищ з погляду екологічної безпеки?
3. Що таке компостування органічних добрив і навіщо його застосовують?
4. Види органічних добрив.
5. Як готуються торфокомпости?
6. Що таке сапропель? Яке екологічне значення має використання сапропелю?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЛЯХ

Основні теоретичні положення

Значення ґрунту в агроєкосистемах. Шар ґрунту є основою життя на нашій планеті. Це найцінніший і незамінний природний ресурс. За даними ФАО (*Food and Agricultural Organization of the United Nations*) у сучасному сільському господарстві використовують близько 30 % площі усієї земної поверхні. Решта 70 % ґрунтів не використовують. Вони представлені малопродуктивними угіддями, продуктивність яких обмежена ґрунтово-кліматичними або рельєфними умовами або зайняті лісовою рослинністю. За останні 30-35 років середньостатистична площа ріллі, що припадає на одну людину у світі, зменшилася більше ніж удвічі та в середньому становить тепер близько 0,3 га. Це, зокрема, зумовлено зростанням чисельності населення на Землі. За даними ООН темпи зростання населення набагато перевищують темпи зростання сільськогосподарського виробництва. Так, наприклад, за останні 1 000 років населення планети збільшилося у 18 разів, причому перше подвоєння кількості людей відбулося за 600, друге - за 230, а останнє - за 38 років.

Крім того, частка земель сільськогосподарського використання постійно зменшується також і внаслідок процесів деградації ґрунтів: ерозії й дефляції, заболочування й аридизації, засолення й осолонцювання, забруднення промисловими відходами, заростання бур'янами та чагарниками. Отже, зважаючи на те, що в більшості країн майже всі придатні для сільськогосподарського виробництва землі вже зайняті, а чисельність населення постійно зростає, більшість екологів зазначають прогресування продовольчої кризи, яка вже наявна в країнах Африки та Латинської Америки.

Оскільки землеробство є первинною ланкою в отриманні людством матеріальних благ, потенційне багатство ґрунтів передусім визначає можливість інтенсифікації землеробства та підвищення рівня життя людей.

Ґрунт утворюється внаслідок комплексу складних процесів, сукупність яких називають ґрунтоутворювальним процесом. Головними складовими частинами ґрунтоутворювального процесу вважають такі:

- утворення органічної речовини та її мінералізація;
- акумуляція органічних та неорганічних речовин та їх винесення за межі ґрунтового профілю;
- розкладання первинних і вторинних мінералів та синтез нових;
- надходження вологи до ґрунту й повернення її до атмосфери внаслідок випаровування та транспірації;
- поглинання ґрунтом променевої енергії Сонця, що супроводжується нагріванням ґрунту;
- випромінювання енергії ґрунтом, що супроводжується охолодженням

грунту.

Види ерозії ґрунтів. Поряд з усвідомленням все більшою кількістю людей екологічного значення ґрунту та його родючості в багатьох регіонах планети руйнування ґрунтового покриву досягло катастрофічних розмірів. Останнім часом у світі вже втрачено понад 2 млрд га сільськогосподарських угідь і близько половини з них унаслідок вітрової та водної ерозії. Останні вважають головними типами ерозії ґрунтів.

Водна ерозія виникає унаслідок стікання зливових, талих або іригаційних вод та охоплює три найважливіші процеси: поверхневий, струминний і фільтраційний змив, або вимивання ґрунту. Поверхневий змив залежно від типу ґрунту та нахилу ґрунтової поверхні сягає інтенсивності до 10-15 т/га. Струминний змив викликає утворення водоріїв, вимоїн, каналів і ярів, що призводить до найбільш інтенсивної ерозії - до 50 т/га і більше. Фільтраційне вимивання небезпечно передусім для ґрунтів із низькою вбирною ємністю через низький вміст гумусу. Такий тип ерозії передбачає вимивання важливих для рослин елементів живлення, передусім азоту й калію, в більш глибокі горизонти материнської гірської породи.

Ерозію ґрунтів під дією іригаційних вод прийнято називати “антропогенною”, оскільки вона виникає внаслідок діяльності людини. Такий тип ерозії пов’язаний з порушенням технології та норм поливу. При зрошенні методом дощування змивання ґрунту починається вже за інтенсивності дощу понад 0,25-0,50 мм/хв і розміру крапель близько 1-2 мм. Цей процес підсилюється на схилах крутизною 3-5 ° і більше. Зрошення по борознах і напусканням води викликає переважно площинну ерозію, однак постійно існує небезпека перетворення поливних борозен на яри.

Вітрова ерозія (дефляція) виникає унаслідок взаємодії повітряного потоку з поверхнею ґрунту. Інтенсивність такої ерозії залежить від швидкості вітру та стану поверхні ґрунту. За вітрової ерозії відбуваються три найважливіші процеси: винесення, перенесення й відкладання ерозійно небезпечних часток ґрунту.

За видів ерозії одночасно з винесенням дрібних структурних часток і гумусу ґрунти збіднюються усіма елементами живлення. Зрозуміло, що за однакової інтенсивності ерозії різних ґрунтів абсолютні втрати гумусу й елементів живлення прямо пропорційно залежать від родючості цих ґрунтів.

В Україні водній ерозії піддається до 30 % ріллі. Усі типи ерозії мають різну інтенсивність, передусім залежно від вирощуваних культур та особливостей агротехніки.

Причини ерозійних процесів і заходи щодо їх усунення. Головною причиною ерозійних процесів є руйнування, розпилення структури ґрунтів через втрати значної кількості органічної речовини, яка у великій кількості виноситься з урожаєм. У цьому зв’язку одним із фундаментальних принципів науково обґрунтованого землеробства стає принцип повернення до ґрунту вилучених з урожаєм поживних елементів та органічної речовини. Органічну речовину

цілком можливо повернути до ґрунту із гноєм, соломною, пожнивними рештками грубостеблових культур, а вміст мінеральних елементів живлення відновити шляхом унесення оптимальних доз мінеральних добрив. Такий підхід разом із відповідними агротехнічними заходами допомагає забезпечити бездефіцитний баланс гумусу у ґрунті, а з часом - збільшення вмісту гумусу.

Зазвичай вплив на ерозійні процеси має характер рослинного покриву. Це зумовлено різною здатністю рослин та їхніх відмерлих решток протистояти руйнівній дії води на ґрунт. Переважно ґрунтозахисний ефект посіву підвищується зі збільшенням густоти стояння рослин та біомаси врожаю. Отже, просапні культури (кукурудза, соняшник, овочеві) поступаються культурам суцільного посіву (зернові колосові) за ступенем захисту ґрунту від ерозії. Важливу протиерозійну функцію виконують також кореневі системи рослин, які скріплюють ґрунт і підвищують його опір розмиванню. Останнє особливо характерне для мичкуватих кореневих систем.

З практичного погляду забезпечити максимальний захист ґрунту від ерозії за допомогою використання рослинного покриву можливо, суворо дотримуючись науково обґрунтованих сівозмін. Залежно від ступеня ерозійної небезпечності кожної конкретної території сівозміни можуть містити різну питому вагу просапних культур і культур суцільного посіву, серед яких визначне місце посідають багаторічні трави.

Важливою часткою системи заходів проти ерозії ґрунтів є дотримання ґрунтозахисних технологій обробки ґрунту. Такий обробіток зводить до мінімуму змив ґрунту та руйнування його вітром. Деякими головними заходами такої системи є оранка й сімба впоперек схилу, а також різноманітні способи прийому обробки (плоскорізний, гребенево-кулісний, чизельний, мінімальний, нульовий та ін.).

Варто зазначити, що за сучасними уявленнями ерозійну безпеку обробки ґрунту більшою мірою визначає не спосіб обробки, а її глибина. Вважають досить ефективною глибину розпушення ґрунту до 30 см. На думку екологів США, оранку взагалі не можна зараховувати до ґрунтозахисного методу обробки. Протиерозійним методом обробки ґрунту вважають метод, коли близько 30 % обробленої поверхні вкрито пожнивними рештками попередньої культури. Така класифікація методів обробки ґрунтів передбачає їх розподіл на декілька категорій: нульовий, гребеневий, смуговий, мульчувальний.

Сучасні принципи ґрунтозахисної системи землеробства передбачають розподіл усіх угідь на три еколого-технологічні групи:

- на ділянках ґрунтів з крутизною схилів 0-3 ° зосереджуються усі просапні культури за високої агротехніки;
- на схилах 3-7° - організовуються сівозміни культур суцільного посіву з високим насиченням багаторічними травами;
- ґрунти на схилах понад 7 ° залужуються багаторічними травами й виводяться з використання як рілля. Отже, суть системи полягає в диференційованому використанні земельних ресурсів і більш повному

урахуванні біологічних особливостей вирощуваних культур.

Проте найбільш радикальним методом потрібно вважати контурно-меліоративні технології. Вони передбачають відхилення від принципів прямолінійного проектування елементів організації території, що зумовлено складними умовами рельєфу. Суть системи полягає у смуговому розташуванні посівів по лініях однакової абсолютної висоти на схилах, а також у створенні на орних схилах валів-терас, валів-шляхів, валів-мілководних лиманів тощо. Класифікацію форм схилів для контурного проектування лінійних елементів організації території розробили академіки УААН М. К. Шикуча та М. І. Лопирьов (1976).

Проте доводиться констатувати, що сьогодні практичну методику контурно-меліоративної організації території розроблена ще недостатньо й обмежено висвітлено у практичних посібниках та іншій спеціальній літературі, яка стримує впровадження цієї системи в практичне землеробство.

ТЕРМІНОЛОГІЯ

Грунт - це складна поліфункціональна відкрита чотирифазна структурна система у поверхневій частині кори вивітрювання гірських порід, яка є комплексною функцією гірських порід, організмів, клімату, рельєфу та часу і має здатність родючості.

Родючість ґрунту - здатність ґрунту забезпечувати рослину необхідними елементами живлення, водою, киснем, слугувати надійним субстратом для укріплення рослин і сприяти їх високій продуктивності.

Чинники родючості ґрунту - найважливіші для росту й розвитку рослин показники ґрунту, що мають оптимальне значення (вологість, щільність, мінеральний склад, вміст гумусу й органічних речовин, вбирна ємність тощо).

Ґрунтоутворювальний процес - сукупність явищ перетворення та руху речовин і енергії, які відбуваються у ґрунтовій товщі.

Меліорація ґрунтів - комплекс організаційних, агротехнічних і агрохімічних заходів для усунення несприятливих властивостей ґрунту і надання йому необхідних чинників родючості (зрошення, осушення, вапнування, гіпсування, внесення добрив, дотримання сівозмін, використання ґрунтозахисних систем землеробства тощо).

Ерозія ґрунту - сукупність процесів руйнування ґрунту під впливом потоків води і вітру.

Критична інтенсивність (вітру, дощу або іригації) - інтенсивність, за якої починається переміщення ерозійно небезпечних фракцій ґрунту.

Рельєф - сукупність горизонтальних і вертикальних форм земної поверхні, різних за розмірами, походженням, віком та розвитком. Складається з позитивних (височини) і негативних (западини) форм.

Плоскорізний обробіток ґрунту - рихлення ґрунту без обертання зі збереженням стерні на поверхні. Застосовується в регіонах вітрової ерозії в засушливі роки в чистих і кулісних перелогах, в системі зяблевої і передпосівної оранки під озими та ярі культури. Проводиться культиваторами-плоскорізами

КПГ-2,2 (на глибину 8-15 см) та плоскорізами-глибокорозрихлювачами КПГ 250 (на 20-30 см). Збереження стерні оберігає ґрунт від видування, влітку забезпечує зменшення випаровування, взимку - снігозатримання.

Гребневий посів - рядковий посів (посадка) на вершині гребеня, краще забезпечення теплом, повітрям і поживними речовинами, надлишкова волога відводиться по борознах. Поширений у районах надлишкового зволоження, на важких безструктурних ґрунтах з малопотужним перегнійним горизонтом, де озимі страждають від вимокання і вимерзання.

Кулісний переліг - переліг, на якому смугами (кулісами) висівають високорослі трави - кукурудзу, соняшник, сорго. Поширений у посушливих районах. Куліси пом'якшують негативну дію суховіїв, затримують сніг на полях, захищають ґрунт від ерозії.

Чизелювання ґрунту - безвідвальне рихлення ґрунту чизельними знаряддями, застосовують для суцільного глибокого рихлення ґрунту без його обертання під культури суцільного посіву і просапні на глибину 16 - 60 см. Рихлення плужної підшви полегшує проникнення коріння, повітря і води в глибші шари. Чизелювання особливо ефективно для передпосівного глибокого рихлення ґрунту перед посадкою картоплі та коренеплодів. Бувають чизелі-культиватори (16-25 см), чизелі-плуги (40-45 см) і чизелі-глибокорозрихлювачі (60-65 см).

Завдання 5.1. Визначити інтенсивність поверхневого стоку (у тоннах води з 1 га), якщо фільтруюча здатність ґрунту дорівнює X т/га за 1 хв, а дощ потужністю $У$ мм випав протягом N хв. Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Вихідні дані для розрахунків

Варіант завдання	Фільтрувальна здатність ґрунту (X), т/га за 1 хв	Кількість опадів ($У$), мм	Тривалість дощу (N), хв
1	22,6	34,6	12
2	22,9	36,7	13
3	24,4	48,5	15
4	25,7	52,0	16
5	27,9	59,4	18
6	29,0	62,1	19

Методика виконання завдання

1. Розрахувати інтенсивність дощу (т/га). Для цього помножити кількість опадів (мм) на 10.

2. Визначити питому інтенсивність дощу (т/га за 1 хв), поділивши інтенсивність дощу (т/га) на його тривалість (хв).

3. Визначити інтенсивність стоку (т/га). Для цього відняти від питомої інтенсивності дощу фільтрувальну здатність ґрунту (т/га за 1 хв).

4. Розмістити варіанти за рангом інтенсивності поверхневого стоку: 1-максимальний стік; 6 - мінімальний.

5. Результати оформити у вигляді таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Розрахунок інтенсивності поверхневого стоку

Варіанти завдання	Інтенсивність дощу, т/га	Питома інтенсивність дощу, т/га/хв	Інтенсивність стоку, т/га	Ранг інтенсивності стоку
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Завдання 5.2. Зробити класифікацію ґрунтів господарства за інтенсивністю водної ерозії за 10 років. Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Вихідні дані для розрахунків

Тип ґрунту	Номер поля	Вміст гумусу у шарі 0-50 см, %		Відносний вміст гумусу 1998 р., %	Втрати гумусу за 10 років, %
		1988 р.	1998 р.		
Чорнозем суглинковий	1	5,25	2,96		
	2	4,68	4,65		
	3	5,45	1,49		
	4	4,02	3,15		
	5	4,26	2,01		
	6	4,28	2,26		
Чорнозем глинистий	7	5,95	4,90		
	8	6,35	4,82		
	9	6,15	4,29		

Методика виконання завдання

1. Уважати, що зменшення вмісту гумусу у ґрунті за 10 років викликано водною ерозією.

2. Обчислити відносний вміст гумусу 1998 р. на кожному полі (ділянці) за пропорцією: вміст гумусу 1988 р. - 100 %; вміст гумусу 1998 р. - X%:

3. Обчислити відносні втрати гумусу (%) у шарі ґрунту 0-50 см: 100 - X %.

4. Оцінити інтенсивність водної ерозії кожного поля з використанням класифікації категорій змитості ґрунтів, прийнятої в Україні (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Класифікація категорій змитості ґрунту

Номер категорії	Назва категорії	Втрати гумусу від ерозії в шарі 0-50 см, %
1	незмитий	< 9
2	слабозмитий	10-20
3	середньозмитий	21-50
4	сильнозмитий	> 51

5. Зробити висновки щодо водної ерозії чорноземів.

Завдання 5.3. Дайте відповідь на тестове завдання:

1. Які фактори родючості ґрунту найбільшою мірою погіршуються від вітрової ерозії?

- а) Вміст гумусу.
- б) Фільтраційна здатність.
- в) Щільність.
- г) Вміст мінеральних елементів живлення.
- д) Аерація родючого шару.

2. Які чинники впливають на інтенсивність водної ерозії?

- а) Інтенсивні дощі.
- б) Структура ґрунту.
- в) Технологія зрошення.
- г) Усі названі чинники.
- д) Жоден із названих чинників.

3. Які фактори впливають на інтенсивність вітрової ерозії?

- а) Швидкість вітру.
- б) Структура ґрунту.
- в) Тип рослинного покриву.
- г) Усі названі фактори.
- д) Жоден із названих.

4. Що таке дефляція?

- а) Водна ерозія.
- б) Вітрова ерозія.
- в) Сукупна (водна й вітрова) ерозія.

5. Які процеси є складовими ґрунтоутворювального процесу

- а) Утворення органічної речовини.
- б) Руїнування органічної речовини.

- в) Розкладання мінеральних сполук.
- г) Синтез мінеральних сполук.
- д) Усе назване.

6. Що таке критична швидкість вітру?

- а) Максимальна для певної зони.
- б) Мінімальна для певної зони.
- в) Така, що зумовлює початок ерозії.
- г) Така, що не викликає ерозії.

7. Що зумовлює агротехнічну цінність синтетичних полімерних структуроутворювачів ґрунту?

- а) Вони укріплюють структуру ґрунту.
- б) Вони містять біологічно активні речовини.
- в) Вони містять елементи мінерального живлення для рослин.
- г) Вони поліпшують водно-фізичні властивості ґрунту.
- д) Усе назване.

8. Що таке гребенево-кулісний обробіток ґрунту?

- а) Обробіток культиватором у проміжках між спеціально насадженими кулісами.
- б) Стерня й рослинні рештки формуються плугом без передплужників у щільні стерньові куліси.
- в) Між спеціально насадженими кулісами культиватором формують гребені та канавки.

9. Які культури забезпечують максимальний коефіцієнт протиерозійної ефективності?

- а) Цукрові буряки.
- б) Багаторічні трави.
- в) Соняшник.
- г) Ярі зернові.
- д) Озимі зернові.

10. Які сільськогосподарські машини є придатними для ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту?

- а) Полицевий плуг.
- б) Дисковий луцильник.
- в) Чизельний культиватор.
- г) Зубова борона.
- д) Усі названі машини.

Питання для самоконтролю

1. Назвати й охарактеризувати головні процеси деградації ґрунтів.
2. Що таке меліорація ґрунтів?
3. Назвати головні фактори родючості ґрунту.
4. Які заходи потрібно вжити для запобігання вітровій ерозії?
5. Як уникнути водної ерозії на схилах?
6. У чому полягає суть контурно-меліоративної системи землеробства?
7. Що стримує широке впровадження контурно-меліоративних систем землеробства?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Основні теоретичні положення

Концепція біологічного (альтернативного) землеробства. Розвиток прикладних екологічних досліджень у світі на початку 60-х років ХХ ст. привів світову екологічну думку у сфері сільського господарства до концепції альтернативного, або біологічного, землеробства. Під альтернативним або біологічним землеробством розуміють систему заходів аграрного виробництва, у якій максимум уваги приділяють екологічній безпеці аграрної діяльності в навколишньому середовищі та екологічній чистоті вироблюваної продукції.

Цілком закономірним було зародження альтернативного землеробства саме в промислово розвинених капіталістичних країнах, де особливо гостро постали екологічні проблеми, спричинені надмірною інтенсифікацією аграрного виробництва. Дедалі зростає його популярність у населення цих країн. Збільшується кількість ферм, у практику господарювання яких увійшли альтернативні методи. Створено чітку правову основу для такої діяльності, адже справно діє система екологічної атестації продукції, що збувається.

Принципи альтернативного землеробства. Основу біологічного землеробства становлять такі головні принципи:

- відмова від застосування легкорозчинних мінеральних добрив, зокрема, азотних;
- відмова від використання синтетичних засобів захисту рослин;
- стимулювання біологічної активності ґрунту;
- широке застосування відходів рослинництва й тваринництва (компостів, зелених добрив тощо);
- стимуляція фіксації атмосферного азоту бульбочковими бактеріями;
- захист ґрунту від ерозії;
- захист навколишніх водойм від забруднення тощо.

Кінцева мета альтернативного землеробства полягає в одержанні екологічно чистої продукції рослинництва й тваринництва, причому навколишнє середовище при цьому не зазнає шкоди від господарської діяльності людини.

Відмова від мінеральних добрив та пестицидів дає можливість отримувати продукцію, що не містить їх залишків, і тому має вищу біологічну цінність. Часто така продукція користується підвищеним попитом і реалізується за підвищеними цінами. Заміна синтетичних добрив гноєм і компостами забезпечує ґрунт органікою, що сприяє ґрунтоутворенню та збільшенню щільності організмів, які населяють родючий ґрунт. Відмова від використання синтетичних сполук, таких як мінеральні добрива і пестициди, забезпечує значну економію коштів та енергії, традиційно витрачуваних на застосування цих пре-

паратів. Ґрунтозахисний обробіток і дотримання сівозмін запобігає ерозії та сприяє зменшенню втрат поживних речовин з ґрунту.

Системи альтернативного землеробства. Сьогодні розроблено декілька систем альтернативного землеробства. Однією з найстаріших вважають біодинамічну, оскільки її застосовували окремі фермери ще на початку 30-х років ХХ ст. в Австрії та в деяких інших країнах Західної Європи. Ця система отримала подальший розвиток на початку 60-х років. Тоді були розроблені й запропоновані для широкого впровадження інші системи. Варто зазначити, що чіткої межі між запропонованими системами загалом немає. Відмінність часто термінологічна, зазвичай є однакові принципи.

Органічну систему широко застосовують у США. Основу системи становить комплекс важливих обмежень на використання синтетичних речовин: добрив, пестицидів, регуляторів росту тощо на всіх етапах вирощування, зберігання й переробки будь-якої продукції. Система дає змогу використовувати мікроорганізми, мікробіологічні продукти й матеріали, які складаються з речовин рослинного, тваринного або мінерального походження. Для боротьби з хворобами та шкідниками рекомендовано використовувати до збирання врожаю бордоську рідину, попіл, вапняк, гіпс, рибну емульсію, мило, піре-трум, часник, тютюновий пил тощо. Як добриво, використовують передусім гній і різноманітні компости, мікроелементи, а також кісткове борошно, “сирі” породи: доломіт, глауконітовий пісок, польовий шпат, вапно, крейда, базальтовий пил.

Біологічну систему застосовують переважно у Франції. Основою системи є використання сівозміни з ощадливим режимом насичення одними культурами. Головними добривами є сидерати та гній як специфічне джерело живлення рослин. Органічні добрива компостують з метою забезпечення аеробної ферментації. Проти бур'янів рекомендовані механічні, а також вогневі методи боротьби, для боротьби з хворобами й шкідниками - запобіжні засоби, а також використання ефірних рослин, порошоків з водоростей і скельних порід, біодинамічних препаратів - відвари й настої таких трав, як полин, кропива та інші.

У садівництві та виноградарстві дозволяють використовувати сірчані та мідні препарати через їх слабку токсичність. Рекомендовані рослинні інсектициди: піретрум, нікотин тощо.

Органо-біологічна система ґрунтується на концепції створення “живого й здорового ґрунту” завдяки підтримці та активізації його мікрофлори. Система запропонована й переважно поширена у Швеції та Швейцарії. Передбачає розгляд господарства як єдиного організму, в якому чітко відрегульовано кругообіг речовин. Отже, господарство засновано на принципах балансу поживних речовин, наслідуючи природну екосистему. Поля максимально довго зайняті рослинним покривом, післязливні рештки загортаються в поверхневий шар ґрунту. У сівозміні вирощують багато травосумішей.

Дозволено використовувати тільки органічні добрива, такі як гній, сидерати та деякі мінеральні повільнодіючі добрива: томасшлак, калімагнезію, базальтовий пил. На думку прихильників цієї системи, названі методи

забезпечують створення сприятливих умов для розвитку мікроорганізмів, які беруть участь у процесах ґрунтоутворення. Отже, система спрямована переважно на створення здорового ґрунту, який “родить здорові рослини”. Система включає навіть спеціальний тест на свіжість ґрунту на основі складу мікрофлори. Заходи боротьби з хворобами, шкідниками та бур’янами аналогічні тим, що застосовують у біологічній системі.

Біодинамічна система широко розвинута в країнах Західної Європи. Головною ідеєю цієї системи є урахування не тільки природних (тобто земних) факторів, а й космічних. А все живе - є добре збалансованим цілим, яке зазнає комплексного впливу земних і космічних факторів. Суто агротехнічні основи цієї системи такі ж, як і в інших систем, а теоретичні основи урахування космічних факторів зводять до таких принципів.

Землеробство має бути узгоджено з цілісним ритмом Землі. Усі агротехнічні заходи варто проводити у сприятливі періоди, настання яких зумовлене розміщенням Місяця та інших небесних тіл у тому чи іншому зодіакальному сузір’ї. Розташування планет рекомендовано також урахувати за організації боротьби з бур’янами, приготування компостів тощо.

Особливі можливості приписують спеціальним “біодинамічним” препаратам. Наприклад, “гумусні” препарати готують із гною та рогів тварин, а “кремнієві” - з рогів та розмеленого кварцу. Широко використовують витяжки, відвари, настої різноманітних трав, кору дерев, продукти бродіння, попіл тощо.

Екологічна система має відносно нечисельну групу прихильників. Система вирізняється суворим обмеженням застосування пестицидів і досить гнучким ставленням до використання добрив. Дозволено використовувати навіть водорозчинні форми, однак обов’язково з урахуванням механічного складу ґрунту.

Інтегрована система землеробства

Підрахунки спеціалістів свідчать, що у разі переходу сільського господарства до альтернативних методів землеробства врожайність більшості культур значно знизиться. Втрати доходів від зниження врожаю вже зараз намагаються компенсувати підвищенням цін на продукцію альтернативного землеробства. Проте вважають, що завдяки підвищенню родючості ґрунтів у майбутньому вдасться підвищити врожайність культур до її рівня в сучасному сільському господарстві.

На думку українських вчених, широке впровадження альтернативного землеробства в Україні у чистому вигляді з метою розв’язання екологічних проблем навряд чи можливе. Певні складові альтернативних систем землеробства, з погляду вітчизняної науки, не досить повно обґрунтовані. Однією з основних позицій сучасної агрохімії залишається той факт, що використання мінеральних добрив забезпечує найбільш повне повернення до ґрунту відчужуваних з урожаєм поживних речовин. Уважають, що альтернативи добривам не існує, оскільки це - живлення. Використання органічних добрив не варто протиставляти використанню мінеральних, оскільки за умов правильного використання хімікатів дія біологічних факторів підвищується, а родючість

грунту збільшується. Отже, повна відмова від мінеральних добрив, так само як і від пестицидів, сьогодні не є реальним для сільського господарства.

Варто зазначити, що високу оцінку вчених-аграрників отримали такі положення біологічного землеробства, як суворе дотримання сівозмін, включення до них бобових культур, широке застосування органічних добрив і, зокрема, сидератів, використання біологічних методів боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками. Найважливішою перевагою альтернативного землеробства є його ґрунтозахисний напрям, принципи якого, безумовно, заслуговують на широке впровадження.

Інтегровані способи захисту сільськогосподарських культур

Захист посівів зернових культур. На посівах злакових культур зареєстровано 56 видів рослиноїдних та 11 видів хижих трипсів. Особливо велике значення як шкідники і переносники вірусних хвороб колосових культур мають спеціалізовані види. Про ступінь їх спеціалізації свідчить наявність личинок того чи іншого виду на даній культурі.

Економічним порогом шкідливості пшеничного, вівсяного, житнього, пустоцвітого, тонковусого трипсів є наявність на колосі двох імаго або восьми личинок. При цьому втрата зерна не перевищує 3 % урожаю за умови 30 %-ної заселеності рослин. Якщо на одного хижого трипса припадає понад шість особин рослиноїдних видів, краї полів обробляють інсектицидами. Обсів ріпаком країв поля сприяє створенню оптимального співвідношення між хижими і рослиноїдними видами трипсів.

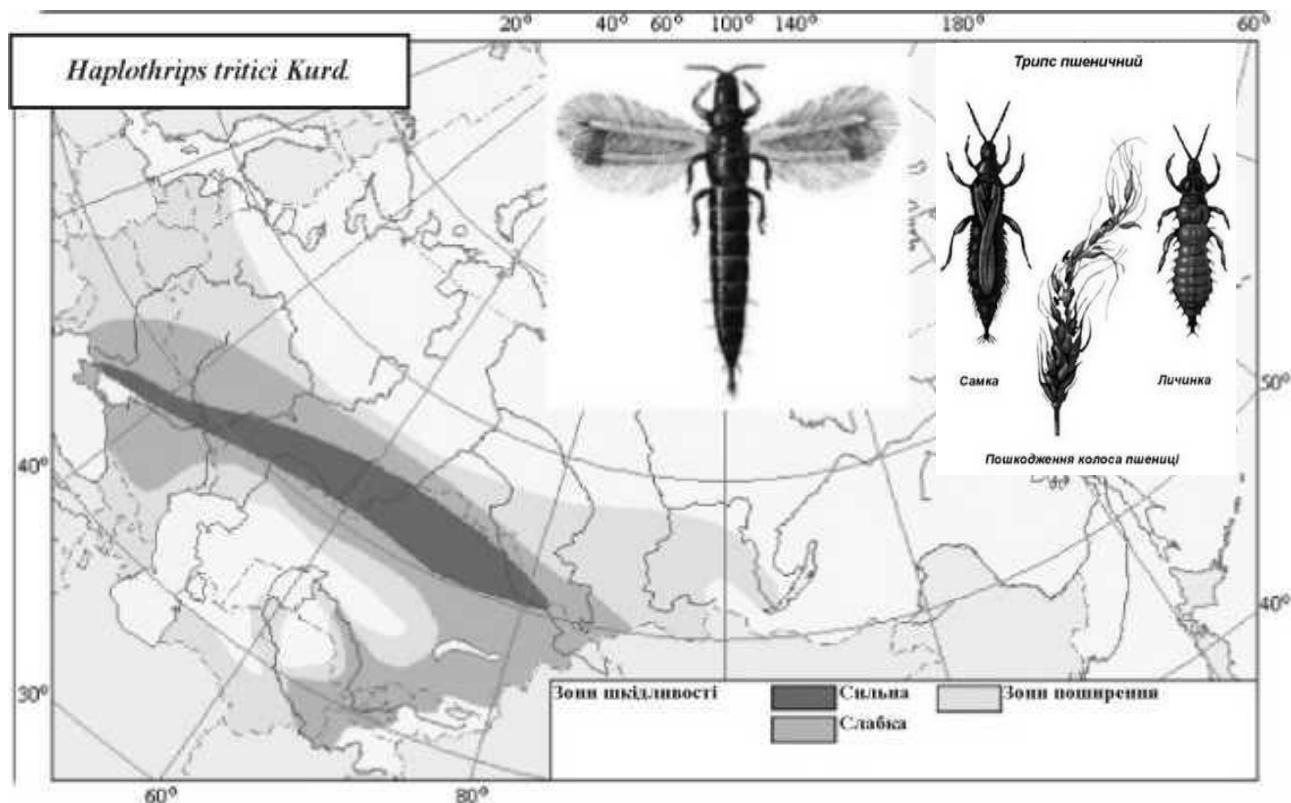


Рис. 6.1. Зона шкідливості трипса пшеничного (*Haplothrips tritici* Kurd.) в межах Євразії

Основними регуляторами чисельності рослиноїдних трипсів після збирання пшениці та вівса є хижі жужелиці, стафілініди, павуки. За такого агротехнічного заходу як раннє лущення стерні цих культур значно збільшуються пошукові можливості хижаків, а їхня кількість у 7 - 8 разів більша, ніж при лущенні, проведеному через 10 -12 днів після збирання врожаю. При лущенні стерні в день збирання чисельність личинок пшеничного трипса зменшується майже в 200, вівсяного - в 35-30 разів. Особливо велике значення має своєчасне лущення стерні в обмеженні чисельності личинок пшеничного трипса, кількість яких звичайно становить 3,5-4 тис. особин на 1 м².

Якщо злуцтити стерню в день збирання пшениці, личинки потрапляють у дуже несприятливі умови - їх знищують хижаки, а також уражують хвороби, внаслідок чого вони є не підготовленими до зимівлі. При запізненні з цим агрозаходом на один-два тижні личинки шкідника увійдуть у зиму в доброму стані і можуть становити загрозу наступному врожаю.

Захист посівів кукурудзи від стеблового метелика досягають поєднанням агротехнічних заходів з випуском трихограми. Зокрема, для обмеження чисельності цього шкідника велике значення має дворазове (по діагоналях) дискування поля з-під кукурудзи на глибину 10-12 см з наступною зяблевою оранкою. Це забезпечує знищення гусениць метелика на 99 % та активізує пошукову здатність хижих жужелиць.

Своєчасне збирання рослин на силос і зерно за низького скошування сприяє зменшенню чисельності гусениць, оскільки 68,7-75,8 % їх у цей період перебувають на висоті 12 см від поверхні ґрунту. Агротехнічні заходи доповнюються випуском трихограми.

Захист посівів кукурудзи від дротяників. Посіви кукурудзи найбільше пошкоджуються личинками жуків-коваликів (дротяниками), якщо попередником її були багаторічні трави або озима пшениця. Втім, щільність дротяників сягає 25 екз./см². Важливу роль у зменшенні чисельності яєць і личинок ковалика відіграють жужелиці. Розпушення ґрунту посилює активність хижаків й значно зменшує чисельність дротяників. Однак за великої заселеності ними ґрунту одних лише агротехнічних заходів буває недостатньо. В цьому разі рекомендують обробляти насіння рогором чи іншими препаратами.

Вирощування соняшника. Для отримання високих та екологічно чистих врожаїв соняшника необхідно розміщувати його після озимої пшениці, ярих зернових, кукурудзи. Повертати на попереднє місце через сім - дев'ять років. Після просапних культур для зменшення забур'яненості поля основний обробіток ґрунту проводять на глибину 8-10 см, а навесні після боронування проводять вирівнювання зябу і передпосівну культивуацію. Посів проводять за температури ґрунту 8-12⁰С на глибину 10 см, практикують відтермінований посів, за якого вдається знищити 75% проростків бур'янів передпосівною культивуацією. Густота посівів перед збиранням - 40-45 тис. рослин на 1га, тому норма висіву - 65 тис/га (на 20-25 % більша). Післяпосівний обробіток передбачає боронування до появи проростків через п'ять-шість днів після посіву та друге після утворення у рослин 1-2 пар листків, а також 1-2 рази розпушують

міжряддя. При забезпеченні навантаження бджолами (1 бджолосім'я на 1 га) надбавка врожаю становить 4-6 ц/га.

Способи вирощування та захисту картоплі. Значно знижують врожай картоплі та погіршують його якість шкідники та хвороби, що розвиваються як в період вегетації, так і за зберігання бульб. Серед них: колорадський жук, дротяник, вовчок (ведмедка), фітофтора, парша, гниль. Часто продірявлює бульби картоплі пирій. Інтенсивність пошкодження шкідниками та хворобами можна значно зменшити, або навіть повністю виключити, якщо дотримуватися екологічно безпечних способів захисту цієї культури.

Сівозміна. Варто дотримуватися відповідного чергування культур. Картоплю повертати на попереднє місце через три-чотири роки. Поблизу картоплі небажано висівати помідори, гарбузи, огірки, соняшник. Ці культури збільшують небезпеку зараження картоплі фітофторою. Сприятливими сусідами є цибуля, морква, салат, кріп, капуста, бобові.

Органічні добрива. При внесенні органічних добрив необхідно використовувати тільки напівперепрілий гній (4-5 кг на 1 м²), бо свіжий гній різко збільшує ураження бульб паршею.

Унесення восени в ґрунт 4% розчину курячого посліду сприяє зменшенню заселення цієї ділянки колорадським жуком у наступному році.

Підготовка посадкового матеріалу. Вибирають бульби однакового розміру, діаметром 5-6 см, проводять прогрівання та пророщування в світлому, сухому, з доброю вентиляцією приміщення до появи паростків. Посадка проводиться коли ґрунт на глибині 10-12 см прогріється до +6-8°C. Цей період збігається з розпусканням листків на березі (фенологічна фаза "зеленіння берези"). Перед висаджуванням картоплі доцільно ґрунт навколо ростків опудрювати золою.

Висаджування. Найкращим розташуванням рядків є напрям з півдня на північ. Сходи переважно появляються через 18 - 20 днів. Дуже сприятливим є висаджування картоплі разом з квасолею (краще низькорослих штамбових сортів). Вона сприяє накопиченню азоту в ґрунті та відлякує колорадського жука. Також репелентними (відлякувальними) властивостями володіють календула (нагідки), біб, ярий часник, тютюн, цибуля, які можна висаджувати окремими групами в міжряддях картоплі.

Попереднє знищення колорадських жуків, що перезимували

Відповідні заходи можна проводити декількома способами:

1 спосіб. Добре вимиті консервні залізні або скляні банки натирають зсередини та кромки картопляним соком, кладуть всередину шматочки картоплі. Банки виставляють на ділянки (1 банка на 5 м²). Періодично, раз на один-два дні, банки оглядають і жуків знищують.

2 спосіб. На поліетиленову плівку розкладають дрібні, загнивші бульби картоплі (можна картопляні очистки), розчавлюють їх та розмазують по поверхні. Раз на добу збирають комах на поверхні плівки.

3 спосіб. Використання протруєних приманок. Нарізану скибками картоплю на добу вміщують в 5% розчин сечовини (мінерального добрива).

Потім їх розкидають по ділянці, краще в похмуру погоду, щоб вони не висихали. Жуки поїдають картоплю і гинуть.

Захист вегетуючих рослин від колорадського жука. Сходи, не чекаючи появи шкідників, обприскують розчином, що складається з однієї літри золи та 50 г господарського мила на 20 л води.

До масової появи жуків та на початкових етапах заселення ними рослин ефективним є суміш з полину гіркого та курячого посліду. 1 кг маси полину кип'ятять 10-15 хв у невеликій кількості води. Охолоджують, додають настій курячого посліду (7 кг курячого посліду настоюють один-два дні у невеликій кількості води), проціджують, доливають водою до 10 л та обприскують рослини. Обробку проводять два рази з інтервалом у сім днів.

У період появи личинок ефективним є розчини:

- настоянка гірчиці (склад 1:10, до розчину також додають 40 г господарського мила на 10 л води);

- розчин оцту (на 10 л води 0,5 л оцту) розводять і відразу обприскують рослини;

- настоянка перцю (на 10 л води беруть 100 г меленого гіркого перцю і 40 г господарського мила);

- відвар махорки, лушпиння цибулі і часнику: 200 г махорки, 200 г лушпиння цибулі заливають 10 л води, 2 год кип'ятять на малому вогні, додають та 200 г свіжоподрібненого часнику, охолоджують, проціджують, доливають до 10 л, додають 40 г господарського мила;

- ефективним у період інтенсивного живлення личинок є обпудрювання рослин будівельним гіпсом або цементом;

Усі обприскування треба проводити щотижня, або після інтенсивних опадів, до зникнення личинок.

Захист рослин від фітофтори. Боротьбу з фітофторозом картоплі можна проводити без використання фунгіцидів за допомогою настоянок:

- настоянка часнику - 50 г подрібненого часнику на 10 л води. Настоюють 24 год, додають 40 г господарського мила, обприскування проводять увечері. Можна брати 200 г часнику на 10 л води, тоді розчин не потрібно настоювати. Обробіток повторюють через п'ять-шість днів.

- видалення бадилля. Зелені частини рослин видаляють за два тижні перед збиранням урожаю. Цей захід використовують з метою отримання зрілої, здорової картоплі з міцною шкіркою, що зменшує пошкодження бульб, збільшує придатність до тривалого зберігання, менше вражається гнилями в цей період.

ТЕРМІНОЛОГІЯ

Альтернативне (біологічне) землеробство - система виробничих заходів, яка передбачає приділення більшої уваги екологічним закономірностям за організації виробництва, на відміну від традиційних форм аграрного господарювання.

Інтегрована система землеробства - система виробничих заходів, яка конструктивно поєднує традиційні методи агротехніки сучасного сільського господарства та альтернативних методів землеробства.

Завдання 6.1 (моделювання екологічно безпечних агротехнологій).

Скласти технологічну схему вирощування культур на основі інтегральної системи землеробства, яка передбачає поєднання традиційних методів агротехніки з альтернативними методами землеробства. Вихідні виконання дані для завдання наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Вихідні виконання дані для завдання зі складання технологічної схеми вирощування кукурудзи, озимої пшениці, картоплі, соняшника

№	Параметр	Культура			
		соняшник	кукурудза	Озима пшениця	Картопля
1	Назва сорту	Одеський 128	Кулон 407 СВ	Паладіум 77	Бородянська
2	Стиглість	Середньо-ранній	Середньо-пізній	Середній	Ранній
3	Тип ґрунту	Чорнозем суглинковий	Чорнозем глинистий	Дернові глибокоопідзолені легкосуглинкові	Дерново-карбонатні середньосуглинкові
4	Зона вирощування	Південний степ	Південний степ	Передкарпаття	Мале Полісся
5	Попередник у сівозміні	Кукурудза	Пшениця	Картопля	Багаторічні трави
6	Забур'яненість поля	Дуже висока	Висока	Висока	Низька
7	Родючість ґрунту	Висока	Середня	Низька	Висока
8	Планова врожайність, ц/га	30	70	41	220
9	Стійкість гібриду до хвороб та шкідників	Висока	Висока	Середня	Низька
10	Оптимальна густина рослин, тис./га	45	35	85	26

Методика виконання завдання

1. Розробити послідовність технологічних операцій при вирощуванні культур, звертаючи увагу на специфіку ґрунтово-кліматичних умов, а також на показники названих гібридів. Під час планування технології потрібно спиратися на знання матеріалу попередніх тем.

2. Описати технологічні операції при вирощуванні названих культур у кожному з варіантів за такою схемою:

Передпосівний обробіток ґрунту: технологічні операції, машини, глибина.

Добрива: вид внесення, терміни, норми (кг діючих речовин/га; фізичних туків, ц/га).

Догляд за посівами: (а) технологічні операції, терміни.

Захист рослин: пестициди - препарати, дози (кг/га), інші способи захисту рослин (агротехнічні, біологічні).

Збирання врожаю: терміни, сільськогосподарські машини.

3. Визначити, які елементи запроєктованих технологій є елементами інтенсивної агротехніки, а які можуть бути запозиченими з альтернативних систем землеробства. Потрібно намагатися по можливості повніше використати елементи альтернативного землеробства (грунтозахисний обробіток ґрунту, уникнення використання пестицидів, використання біологічних методів боротьби зі шкідниками та хворобами тощо).

Технологічні операції	Агротехнічні заходи
Передпосівний обробіток ґрунту	
Добрива	
Догляд за посівами	
Захист рослин	
Збирання врожаю	

Визначити, які саме технологічні заходи та методи забезпечують максимальний ефект щодо охорони навколишнього середовища, захисту ґрунту від ерозії, вирощування екологічно чистої продукції тощо. Зробити висновок.

Завдання 3.3. Дайте відповідь на тестове завдання:

1. Які принципи властиві системам альтернативного землеробства?

- Відмова від застосування легкокорозчинних мінеральних добрив.
- Відмова від використання синтетичних засобів захисту рослин.
- Широке використання відходів рослинництва й тваринництва.
- Захист ґрунту від ерозії.
- Усі названі.

2. Що є кінцевою метою альтернативного землеробства?

- Економія витрат на аграрне виробництво.
- Виробництво екологічно чистої продукції.

- в) Збільшення врожайності сільськогосподарських культур.
- г) Підвищення технологічності аграрного виробництва.
- д) Охорона навколишнього середовища.
- е) Усе назване.

3. Чому системи альтернативного землеробства передбачають відмову від використання мінеральних добрив?

- а) . Мінеральні добрива дорожчі органічних.
- б) Мінеральні добрива становлять небезпеку для навколишнього середовища.
- в) Залишки мінеральних добрив погіршують якість сільськогосподарської продукції.
- г) Органічні добрива більш технологічні у використанні.

4. Яка система альтернативного землеробства передбачає врахування розташування Місяця в тому чи іншому зодіакальному сузір'ї?

- а) Органо-біологічна.
- б) Біодинамічна.
- в) Екологічна.

5. Яка система альтернативного землеробства дозволяє використовувати легкорозчинні мінеральні добрива?

- 1) Органічна.
- 2) Біологічна.
- 3) Екологічна.
- 4) Жодна з названих.

6. Яка система альтернативного землеробства передбачає тест ґрунту на “свіжість” за складом мікрофлори?

- а) Органічна.
- б) Біологічна.
- в) Органо-біологічна.
- г) Екологічна.

7. Чому впровадження альтернативних систем землеробства у чистому вигляді в сучасних умовах ведення сільського господарства в Україні нереальне?

- а) Це призведе до значного зниження врожайності культур.
- б) Екологічні системи землеробства передбачають більші витрати на виробництво.
- в) Використання лише органічних добрив не забезпечує повного повернення до ґрунту відчужуваних з урожаєм речовин.
- г) Усе назване.
- д) Нічого з названого.

8. Що допомагає досягти оптимізації азотного живлення рослин у рамках більшості альтернативних систем землеробства?

- а) Стимуляція нагромадження атмосферного азоту в ґрунті унаслідок азотфіксації.
- б) Унесення мінеральних азотних добрив.
- в) Скорочення втрат азоту за вимивання внаслідок ерозії.
- г) Усе назване.

9. Який захід є найбільш екологічно придатним для боротьби з бур'янами?

- а) Дотримання сівозмін і вирощування проміжних культур.
- б) Парове та напівпарове оброблення ґрунту.
- в) Використання гербіцидів.
- г) Використання мульчі з рослинних залишків.
- д) Усе назване.

10. Що компенсує недобори врожаю від впровадження альтернативних систем землеробства?

- а) Заощадження витрат на добрива та пестициди.
- б) Державні дотації.
- в) Підвищені ціни на продукцію.

Питання для самоконтролю

1. Чому системи альтернативного землеробства виникли в економічно розвинутих країнах?
2. Які методи боротьби з бур'янами пропонують системи альтернативного землеробства?
3. Які методи боротьби зі шкідниками та хворобами пропонують системи альтернативного землеробства?
4. За допомогою чого врожай сільськогосподарських культур зменшується за впровадження альтернативних систем землеробства?
5. Чому впровадження інтегральних систем землеробства в Україні є доцільнішим порівняно з будь-якою системою альтернативного землеробства?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ

Основні теоретичні положення

Сільськогосподарську організацію території потрібно проводити з урахуванням її ландшафтно-типологічних і регіональних відмін. За раціональної організації території формується такий морфологічний вигляд агроландшафту, який би характеризувався не лише високою продуктивністю, а й екологічною різноманітністю, естетичною привабливістю та відповідав би санітарно-гігієнічним нормам. Таку організацію території можливо досягнути лише шляхом глибокого вивчення, аналізу і врахуванням ландшафтно-неоднорідності земельного фонду, розробки конкретних земле- і лісовпорядних, меліоративних та інших проектів, які повинні передбачувати оптимальне поєднання параметрів господарського навантаження. Важливим нормативним критерієм повинен бути рівень допустимої однорідності агроландшафтів з оптимальним поєднанням технологічних умов території (розмір поля, його конфігурація та ін.) з біотичними складовими (ділянки лісу, рілля, луки, чагарники, болота тощо).

З екологічного погляду сучасний ландшафт - це цілісна система взаємопов'язаних і взаємодіючих компонентів. Необхідною передумовою для розумного управління процесами використання ландшафту є розробка теоретико-методологічних основ з вирішення конкретних прикладних завдань. Дуже важливим є система оцінки стійкості агроландшафту і його оптимізації шляхом застосування основних принципів побудови сучасних агроландшафтів. Такі принципи розроблені багатьма українськими і зарубіжними вченими і ґрунтуються на "самовідновленні" та "самоочищенні" агроєкосистем та їх компонентів.

Під оптимальним розуміють агроландшафт, структури і функція якого відповідають можливостям і вимогам нормального і збалансованого розвитку його компонентів чи певним цілям його використання.

За оцінки екологічної стійкості та оптимізації ландшафтів варто керуватись таким:

- оцінку стану і прогноз змін потрібно проводити на основі системного вивчення ландшафтів, тому що науково доведено наявність біотичного саморегулювання і самоорганізації ландшафту як системи, що характеризується територіальною стійкістю і чіткими межами у просторі;

- системний підхід до ландшафту допомагає виявити його структури, а також суттєві зв'язки у просторі і часі, що дає змогу проводити пошук варіантів, принципів і методів погодження взаємовідносин між різними типами ландшафтів;

- екологічна стабільність і продуктивність агроєкосистем у ландшафтах

тісно пов'язана з різноманіттям біотичних та абіотичних елементів, у зв'язку з чим дуже важливо грамотно оцінити структури ландшафту і їх модифікації на основі урахування екологічного різноманіття;

- екологічна стійкість ландшафту охоплює як стійкість до антропогенних навантажень, так і гнучкість системи, її реакції на певні порушення, що дає змогу за оцінювання речовинно-енергетичних та інших зв'язків визначати потенціальне навантаження на ландшафт;

- визначення оптимальної структури і функціональних зв'язків окремих агроecosystem відповідно до еколого-економічного потенціалу агроландшафту доцільно брати до уваги первинно- біотичну продукцію, просторовий розподіл популяції по трофічних ланцюгах, біорізноманітність.

Агроландшафти - це цілісні, генетично однорідні територіальні одиниці, незважаючи на те, що певна частина їх природних біоценозів заміщена агроценозами. Характеристика агроландшафту повинна вмщати об'єктивні дані про геологічну будову і сучасні геоморфологічні процеси (карст, ерозія тощо), рельєф, ґрунтовий покрив, агрокліматичні умови, стан рослинного і тваринного світу. Крім того, потрібно визначати причину негативних процесів і тенденцій їх розвитку, розробити систему заходів боротьби з ними.

Рівноважний стан агроландшафтів можна досягти шляхом оптимізації речовини і потоків енергії. Особливу роль у стабілізації біогенетичного процесу відіграють ґрунти як геомембрана ландшафту і, поряд з тим, зв'язуюча ланка, що слугує регулятором і перетворювачем речовинно-енергетичних потоків. Тому особливо важливе збереження і підтримка еколого-відтворних функцій ґрунтів. Без сумніву, стійкість агроландшафтів до антропогенних навантажень значною мірою залежить від ступеня стійкості до різноманітних навантажень агротехногенного походження.

Не варто нехтувати й іншими компонентами агроландшафту, які зумовлюють його стійкість: це кліматичні умови, рельєф, літологія порід тощо. Тому лише комплексний підхід, який інтегрує багаточисленність факторів, взаємозв'язків та взаємозалежностей, допомагає грамотно і конструктивно вирішувати завдання формування стійких та оптимальних агроландшафтів.

Для характеристики стану, стійкості, стабільності та інших аспектів агроландшафтів рекомендується застосовувати такі комплексні оцінки.

1. Технологічні оцінки, за допомогою яких визначають ступінь придатності агроландшафту для конкретного виду за господарювання. Доцільно брати до уваги природно-ресурсний потенціал та еколого-господарський стан території, кадастрові дані про агроландшафт, експертні прогностичні оцінки, вартісні показники.

2. Оцінки, які свідчать про ступінь зниження стійкості агроландшафтів залежно від різних впливів: біоекологічних (ступінь несприятливих змін біоти і генофонду); демоекологічні (ступінь змін, несприятливих для здоров'я людини і соціального статусу).

3. Оцінки, які характеризують ступінь змін агроландшафту шляхом

порівняння показників фактичного і прогнозного стану з нормативними показниками як для біоти, так і для абіоти (держстандарти, гранично допустимі екологічні нормативи тощо).

З погляду системного підходу, шляхом урахування особливостей формування і функціонування агроландшафтів можливо пропонувати такі передумови їх оптимізації:

- Формування і підтримка на оптимальному рівні структури і функціонування земельних угідь, які б забезпечували необхідну різноманітність і стійкість агроландшафтів. Варто ґрунтуватися на агроекологічному моніторингу, що дає змогу об'єднати агроєкосистеми в гомогенні за утилітарно-екологічними функціями у різні класи.

- Екологічна оптимізація агроландшафтів повинна забезпечувати відновлення і збереження місцевого генетичного фонду живої природи.

- Відновлення і збереження природної водності території (дрібних потічків, джерел тощо) та охорона їх від забруднення. Тут важлива стабілізація і підтримка природно-сформованого рівня поверхневих і ґрунтових вод. Необхідна екологічна експертиза нових водогосподарських заходів і тих гідротехнічних споруд, які існують, та встановлення екологічних критеріїв регулювання і використання місцевого транзитного стоку поверхневих вод.

- Екологічна оптимізація агроландшафтів забезпечується цілеспрямованим розвитком сітки природно-охоронних територій різних рангів і статусу (від мікрозаказників до заповідників). Варто брати до уваги як ландшафтно-географічні (рівні організації та ієрархії ландшафтів), так і біоекологічні (наявність природно-міграційних та транзитних коридорів, осередків виживання тощо) передумови. Обліку і збереженню підлягають як естетичні й етичні цінності, так і рекреаційно-культурні ресурси агроландшафтів.

Методичні основи екологічної оцінки агроландшафтів

Розглядаючи питання стійкості оптимізації агроландшафтів, потрібна певна система кількісних оцінок і характеристик стану агроландшафтів, які дають можливість встановити ступінь екологічної стійкості агроландшафтів за допомогою спеціальних коефіцієнтів, що інтегрують кількісні та якісні характеристики їх біотичних та абіотичних елементів.

Оцінку екологічної стійкості агроландшафтів проводять з використанням коефіцієнтів екологічної стабільності. Цей метод ґрунтується на основі визначення і зіставлення площ, зайнятих угіддям з урахуванням їх негативного чи позитивного впливу на довкілля.

До стабільних елементів агроландшафту належать:

- ліси і чагарники;
- природні кормові угіддя;
- заповідники та заказники;
- болотні угіддя.

До нестабільних елементів агроландшафту належать:

- рілля;
- пасовища на крутих схилах;
- території інтенсивного розвитку лінійної ерозії;
- території під забудову, дороги, кар'єри тощо.

Визначення коефіцієнта стабільності агроландшафту проводять за формулою:

$$Kcm_1 = \frac{\sum_{i=1}^n F_{cm}}{\sum_{i=1}^n F_{нcm}}, \quad (7,1)$$

де F_{cm} - площі, зайняті стабільними елементами агроландшафту;

$F_{нcm}$ - площі, зайняті нестабільними елементами агроландшафту.

Оцінку агроландшафту проводять за такою шкалою:

$\leq 0,50$ - стабільність виражена сильно;

0,51-1,00 - стан нестабільний;

0,10-3,00 - стан умовно стабільний;

3,01-4,50 - стабільність добре виражена;

$\geq 4,51$ - стан стабільний.

Проте, враховуючи, що елементи агроландшафту по-різному впливають на його стабільність, варто брати до уваги не лише їх площу, а й внутрішні властивості і якісний стан (структура агроландшафту та біомаси, геологічна будова морфологія поверхні тощо). Тому запропоновано визначати коефіцієнт екологічної стабільності із застосуванням поправок за такою формулою:

$$Kcm_2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_1 \times K_{ez} \times K_r}{F}, \quad (7,2)$$

де, f_1 - площа елемента ландшафту;

K_{ez} - коефіцієнт екологічного значення окремих елементів агроландшафту (забудова, дороги, кар'єри - 0,01; рілля - 0,14; виноградники - 0,29; хвойні ліси - 0,39; сади - 0,43; городи - 0,50; пасовища - 0,62; змішані ліси 0,63; сіножаті - 0,68; водойми - 0,79; листяні ліси - 1,0);

K_r - коефіцієнт геоморфологічної стійкості рельєфу (1,0 - стабільний; 0,7 - нестабільний);

F - загальна площа території агроландшафту.

Оцінку стабільності агроландшафту проводять за такою шкалою:

$< 0,33$ - нестабільний;

0,4 - 0,50 - недостатньо стабільний;

0,51 - 0,66 - стабільний;

$> 0,66$ - постійно стабільний.

Розрахунки Kcm_1 і Kcm_2 дають інформацію про ступінь екологічної стійкості ландшафту. Однак, зважаючи на те, що ці розрахунки не завжди включені в основний еколого-стабілізуючий елемент - природно-заповідні території, нерозділена забудова на сільську, селищну та міську, відсутні величини рангу (вагомого коефіцієнта або коефіцієнта детермінації), - розраховані таким способом коефіцієнти екологічної стабільності не завжди є достовірними. Ураховуючи це та зважаючи на наявність практично усіх

елементів агроландшафту, рекомендують проведення оцінки антропогенного перетворення агроландшафтів у межах територій сільських рад адміністративних районів з використанням таблиці 6 зем.

ТЕРМІНОЛОГІЯ

Оптимальний агроландшафт - це ландшафт, функції і структури якого максимально відповідають можливостям і потребам нормального і збалансованого розвитку і визначеним цілям його використання.

Оптимізація агроландшафту - це комплекс заходів збереження наявних і формування нових зв'язків між різними складовими ландшафту з метою його раціонального використання, збереження корисних властивостей і попередження можливої їх втрати, становлення максимально повної відповідності природного потенціалу ландшафту соціально-економічним функціям, які покладає на нього людина.

Стійкість агроландшафту - здатність зберігати свою структуру та функції за зовнішніх впливів.

Технологічна оцінка агроландшафту - це визначення ступеня придатності агроландшафту до конкретного виду господарювання.

Оцінка, яка свідчить про ступінь зниження стійкості агроландшафтів, - проводиться залежно від біоекологічних та де-моекоекологічних впливів, несприятливих для здоров'я людини та її соціального статусу.

Коефіцієнт екологічної стабілізації агроландшафту - це інтегруюча кількісна та якісна характеристика абіотичних і біотичних елементів агроландшафту, яка є відношенням площ, зайнятих стабільними елементами, до площ, зайнятих нестабільними елементами ландшафту.

Стабільні елементи ландшафту - це угіддя, які позитивно впливають на екологічну стабільність ландшафту (ліси, чагарники, природні кормові угіддя, заповідники, заказники тощо).

Нестабільні елементи ландшафту - це території, які сприяють дестабілізації екологічної ситуації в ландшафтах (рілля, пасовища на схилах, забудова, кар'єри тощо).

Коефіцієнт антропогенного перетворення ландшафту - це кількісна величина ступеня погіршення стану певної території в долях одиниці, зумовлена господарською діяльністю людини.

Ранг (вагомий коефіцієнт) - це величина впливу кожного елементу агроландшафту на його сучасний екологічний стан. Його ще часто називають коефіцієнтом детермінації, який свідчить про вклад (внесок) кожного елементу ландшафту у формування його функцій і структури та сучасного екологічного стану.

Завдання 7.1. Визначити площі основних елементів антропогенно-перетворених ландшафтів, для території окремих сільських рад (за графами табл. 6зем.):

- природно-заповідних територій (графа 78, 79, 80);
- лісів і чагарників (графа 22);

- боліт і заболочених земель (графа 63);
- сіножатей (графа 11);
- пасовищ: а) рівнинні (графа 12); б) схилів і гірські (графа 13);
- багаторічних насаджень (графа 7);
- ріллі (графи 5, 6);
- сільської забудови і доріг (графи 15, 35, 42, 43, 44, 45, 55, 81);
- селищ і міської забудови (графи 15 і 35, 42, 45, 55, 81);
- водойм, каналів (графа 72);
- доріг, кар'єрів, забруднених земель, каміння (графи 19, 38, 51, 53, 54, 52, 67)

Завдання 7.2. Розрахувати за такою формулою коефіцієнт антропогенного перетворення агроландшафту території сільської ради.

$$K_a = \frac{P_1 R_1 + P_2 R_2 + \dots + P_{n-1} R_{n-1} + P_n R_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_{n-1} + P_n}, \quad (7,3)$$

де K_a - коефіцієнт антропогенного перетворення агроландшафту території сільської ради;

P_1, P_2, P_n - площі перелічених в п. 1 елементів агроландшафту;

R_1, R_2, R_n - ранг (коефіцієнт детермінації) кожного елемента агроландшафту.

Методика виконання завдань

1. Величини рангів антропогенного впливу кожного елемента визначені експертним шляхом і становлять:

- природо-заповідні території - 0,05;
- болота (торфовища) - 1,0;
- ліси і чагарники - 1,2;
- водойми - 2,2;
- заболочені мінеральні землі (болотні і лучно-болотні ґрунти) - 2,8;
- сіножаті - 3,3;
- пасовища:
 - рівнинні - 3,6;
 - схилів (гірські) - 3,9;
- багаторічні насадження - 4,6;
- рілля - 5,7;
- сільська забудова, дороги, трубопроводи, лінії електропередач - 6,5;
- селищна забудова, дороги, трубопроводи, лінії електропередач - 7,0;
- міська забудова, дороги, трубопроводи, лінії електропередач - 7,6;
- дороги, трубопроводи, лінії електропередач - 9,5;
- кар'єри - 10,0.

2. Після розрахунку K_a проводиться групування сільських рад за ступенем агрогенного перетворення за такими шкалами (табл. 7.1) і складається карта агрогенного перетворення (додатки 11-20) .

Таблиця 7.1

Оцінка стану агрогенного перетворення території агроландшафту сільської ради

Назва території за Ка	Величина Ка	Колір на карті
маргінальні	9.1-10.0	Червоний
дуже нестійкі	8.1-9.0	Рожевий
нестійкі	6.5-8.0	Помаранчевий
слабостійкі	5.1-6.4	Коричневий
відносно стійкі	4.1-5.0	Голубий
практично стійкі	3.1-4.0	Синій
стійкі	2.1-3.0	Салатовий
дуже стійкі	0.1-2.0	Зелений

Таблиця 7.2

Результати розрахунку коефіцієнта агрогенного перетворення оформляють у вигляді такої таблиці

№ п/п	Назва елемента агрогенно перетворених агроландшафтів	Площа елемента в га (P)	Ранг елемента (R)	Сума добутків граф 3×4
		$\sum_1^n P$		$\sum_1^n PR$

За результатами таблиці, яка складається для кожної сільської ради, розраховують за формулою коефіцієнт агрогенного навантаження на територію сільської ради (Ка).

Завдання 3. Розрахувати середньозважений коефіцієнт агрогенного перетворення агроландшафту адміністративного району, який розраховують за формулою:

$$K_{ap} = \frac{P_{1p}R_1 + P_{2p}R_2 + \dots + P_{n-1p}R_{n-1} + P_{np}R_n}{P_{1p} + P_{2p} + \dots + P_{n-1p} + P_{1p}}, \quad (7,4)$$

де K_{ap} - середньозважений коефіцієнт агрогенного перетворення району;

P_{1p}, P_{2p}, P_{np} - загальна площа кожного з елементів агрогенного перетворення елементів адміністративного району, яка визначається як сума площ окремих агрогенно перетворених елементів кожної сільської ради;

R_1, R_2, R_n - ранг (коефіцієнт детермінації, ваговий коефіцієнт) кожного елемента, який береться із п. 3.

Таблиця 7.3

Розрахунок середньозваженого коефіцієнта агрогенного перетворення агроландшафту адміністративного району проводиться за формулою

№ п/п	Назва елемента	Сумарна площа кожного елемента по сільській раді в га (P)	Ранг елемента (R)	Сума добутків граф 3×4
		$\sum_p^1 P$ по району		$\sum_1^n PR$

Середньозважений коефіцієнт агрогенного навантаження розраховують за формулою 7,4.

Оцінку ступеня агрогенного перетворення агроландшафтів адміністративного району проводять згідно з таблицею 7.1.

Завдання 3.3. Дайте відповідь на тестове завдання:

1. Які елементи агроландшафту належать до нестабільних?

- а) рілля;
- б) природоохоронні об'єкти;
- в) селітебні території;
- г) луки.

2. Яка величина коефіцієнта агрогенного перетворення для маргінальних агроландшафтів?

- а) 3,1-4,0;
- б) 6,5-8,0;
- в) 1,0-3,0;
- г) 9,1-10,0.

3. За допомогою чого можливо досягнути рівноважного стану агроландшафту?

- а) збільшення площ селітебних територій;
- б) оптимізація колообігу речовини та енергії;
- в) збільшення площ сільськогосподарських угідь;
- г) збереження і підтримання екологічних функцій і саморегулюючих властивостей ґрунтів.

Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під поняттям оптимальний ландшафт?
2. Дайте визначення поняття “оптимізація ландшафту”.
3. Для чого застосовують системний підхід стосовно вивчення агроландшафту?
4. З чим пов’язана екологічна стійкість і продуктивність агроекосистеми?
5. Які компоненти природи необхідні для об’єктивної характеристики агроландшафту?
6. Які комплексні оцінки потрібні для характеристики стану та стійкості агроландшафтів?
7. У чому полягає відмінність між коефіцієнтами екологічної стабільності агроландшафтів $K_{ст1}$ і $K_{ст2}$?
8. Чим забезпечують екологічну оптимізацію агроландшафтів?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроекологічний супутниковий моніторинг : монографія / Тараріко О.Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. ; за ред.: Т. В. Пономарьова, І. М. Баланчук. Київ : Аграрна наука, 2019. 201 с.
2. Афанасьєв О. В. Рациональне використання та охорона земель : конспект лекцій для студентів денної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 193 – Геодезія та землеустрій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 77 с.
3. Екологічна та біологічна безпека України: колективна монографія ; за ред. О.І. Дребот, А.І. Парфенюк. Київ : Видавництво НУБІП України, 2022. 322 с.
4. Екологія агросфери: підручник / О. І. Фурдичко, О. І. Дребот, О. С. Дем'янюк, Є. Д. Ткач, А. А. Бунас. Київ : ДІА, 2022. 336 с.
5. Еколого-економічні засади збалансованого аграрного виробництва та використання природних ресурсів агросфери: монографія / за ред. О. І. Фурдичка. Київ : ДІА, 2022. 408 с.
6. Збалансоване природокористування: традиції, перспективи та інновації. Частина 1. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 18-19 травня, 2023 р.) Київ : ДІА, 2023. 175 с.
7. Збалансоване природокористування: традиції, перспективи та інновації. Частина 2. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 18-19 травня 2023 року). Київ : ДІА, 2023. 148 с.
8. Панас Р. М. Рациональне використання та охорона земель : навч. посібн. Львів : Новий Світ-2000, 2018. 352 с.
9. Продовольча та екологічна безпека України в умовах воєнного стану : колективна монографія / за ред. О. І. Дребот. Київ: Видавництво НУБІП України, 2022. 266 с.
10. Управління земельними ресурсами : навч. посібн. / Г. І. Шарий, В. В. Тимошевський, Р. А. Міщенко, І. А. Юрко. Полтава : ПолтНТУ, 2019. 172 с.

Навчальне видання

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АГРОЕКОЛОГІЇ

методичні рекомендації

Укладач: Гамаюнова Валентина Василівна

Формат 60x84/16 Ум. друк. арк. 5,0

Тираж 50. Зам. №__

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.