

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка

ПРАКТИКУМ З АГРОЕКОЛОГІЇ

Навчально-методичний посібник

Львів
ЛНУ імені Івана Франка
2017

УДК 631.95 (05.8)

А 26

Рецензенти:

д-р біол. наук, проф. *М. П. Козловський*
(Інститут екології Карпат НАН України, м. Львів);
д-р геогр. наук, проф. *В. О. Фесюк*
(Східноєвропейський національний університет
ім. Лесі Українки, м. Луцьк);
канд. с.-г. наук, доц. *Б. І. Гулько*
(Львівський національний аграрний університет)

Автори:

Телегуз О. Г., Шпаківська І. М., Єфімчук Н. М.

*Рекомендовано до друку Вченою Радою
Львівського національного університету імені Івана Франка.
Протокол № 33/3 від 29 березня 2017 року*

Телегуз О. Г.

А 26 Практикум з агроєкології : навчально-методичний посібник /
О. Г. Телегуз, І. М. Шпаківська, Н. М. Єфімчук. – Львів : ЛНУ імені
Івана Франка, 2017. – 176 с.

ISBN 978-617-10-0377-4.

У навчально-методичному посібнику містяться детальні теоретичні відомості із агроєкології поряд із розробленими практичними роботами. Практичні роботи цього посібника рекомендовано при вивченні курсу “Агроєкологія” студентам біологічного і географічного факультетів за спеціальністю “Екологія” та спеціалізаціями “Екологія землекористування і агробізнес”, “Біоекологія”, “Прикордонний екологічний контроль”. Посібник також рекомендований для студентів сільськогосподарських вузів та природничих і екологічних коледжів. Видання буде корисним практикуючим екологам і фермерам.

УДК 631.95 (05.8)

ISBN 978-617-10-0377-4 © Телегуз О. Г., Шпаківська І. М., Єфімчук Н. М., 2017
© Львівський національний університет
імені Івана Франка, 2017

Передмова

Від спеціалістів з екології землекористування залежить захист довкілля від забруднення чи руйнування, зменшення ресурсно-, матеріально- й енергоємності сільськогосподарського виробництва, впровадження маловідходних технологічних систем і процесів з мінімізацією обробітку ґрунтів, впровадження природоохоронних систем ведення землеробства і тваринництва, оптимізація ландшафтів в аграрних регіонах, виробництво екологічно чистої продукції, підвищення екологічної грамотності населення тощо. Концепція природоохоронності повинна бути закладена в усі сільськогосподарські виробничі системи, а за оцінювання їх продуктивності варто брати до уваги співвідношення отриманої продукції з обсягами використання природних ресурсів та видалених відходів виробництва.

На вимоги раціонального природокористування потрібно зважати у всіх складових сучасного агропромислового комплексу: сфери виробництва засобів виробництва для сільського господарства; сфери матеріально-технічного обслуговування сільського господарства; власне сільськогосподарське виробництво; заготівля, зберігання, переробка та реалізація сільськогосподарської продукції.

Сільське господарство тісно пов'язане з постійним відтворенням живих організмів – рослин і тварин, і тому воно зберігає специфіку природних процесів, зумовлених природними чинниками. Виведення нових сортів і порід, створення прогресивних технологій, впровадження механізації, хімізації і меліорації – усе це спрямовано на підвищення рівня раціонального природокористування.

Сучасні процеси інтенсифікації сільськогосподарського виробництва характеризуються досить високою енерго- і ресурсоємністю. Унаслідок цього постійно збільшується енергетична “ціна” кожної харчової продукції. Для прикладу, на виробництво продуктів харчування, які мають енергетичну цінність 1 Дж, витрачають близько 10 Дж енергії, а на збереження і переробку потрібно ще 5–7 Дж. Підвищення урожайності з 2 до 4т/га зумовлює десятикратне збільшення затрат енергії й викопного пального. Існує природно обумовлена межа допустимого залучення в агроєкосистеми штучної енергії та її можливості її виробництва не безмежні. Адаптовані, тобто ті, що максимально беруть до уваги природні можливості, системи сільськогосподарського виробництва переважно менш енергомісткі. Варто відмітити, що фермери США і Західної Європи приділяють значну вагу

доцільності і можливостям всебічного урахування екологічних вимог за створення ферм і ведення на них сільськогосподарського виробництва.

“Екологізація” сільського господарства – об’єктивно обумовлена необхідність цілеспрямованого переходу від суцього технократичної політики до грамотного поєднання досягнень науково-технічного прогресу з принципами природодоцільності за організації і ведення різноманітних видів виробничої діяльності у сфері агропромислового комплексу. Тобто, в поняття інтенсифікації сільськогосподарського виробництва потрібно включати і природну складову.

Усі ці проблеми повинна вивчати і реалізувати агроекологія (сільськогосподарська екологія). Вперше термін “сільськогосподарська екологія” увів італійський вчений Ацці (1959), за яким вона повинна вивчати фізичні умови природного середовища у зв’язку з розвитком сільськогосподарських рослин та їх урожаєм з кількісної, якісної та генеративної точок зору. Німецький еколог Тішлер (1971) вважає, що предметом вивчення сільськогосподарської екології є культурні ландшафти, зокрема площі сільськогосподарських угідь.

Найбільш вичерпним і точним, що відповідає суті наявних проблем, може бути визначення: агроекологія – це комплексна наукова дисципліна, яка вивчає взаємодію людини з довкіллям у процесі сільськогосподарського виробництва, його вплив на природу і її компоненти, взаємодію між складовими агроекосистем і специфіку колообігу в них речовини та енергії, характер функціонування агроекосистем в умовах агротехногенних навантажень. Мета агроекології – забезпечити стійке виробництво якісної біологічної продукції, масштабне використання природного біоенергетичного потенціалу агроекосистем, зберегти і відтворити природно-ресурсну базу аграрного сектору, виключити або мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Агроекологія – це ідеологічна основа екологічно збалансованого функціонування агросфери у XXI ст.

Розроблені практичні роботи у цьому методичному посібнику рекомендовано під час вивчення курсу “Агроекологія” студентам біологічного і географічного факультетів за спеціальністю “Екологія” та спеціалізаціями “Екологія землекористування і агробізнес”, “Біоекологія”, “Гідроєкологія”. Посібник також рекомендований для студентів сільськогосподарських вузів та природничих і екологічних коледжів.

Вступ до агроєкології

“Екологізація” сільського господарства – це об’єктивно обумовлена необхідність спрямованого переходу від технократичної політики до грамотного поєднання досягнень технічного прогресу і ємності “природного середовища” та нормування навантаження на біосферу в конкретних регіонах планети.

Роль сільського господарства у формуванні первинної біотичної продукції

У процесі взаємодії людини з природою постійно вирішувалася проблема життєзабезпечення – виробництво продуктів харчування (єдиного джерела енергії для людини). Не випадково одним з найдавніших занять людства стало землеробство. А в Давній Греції термін “культура” стосувався правильного обробітку землі, культивування рослин.

Процес переходу від **збиральництва** до **землеробства** сприяв зростанню ролі агросфери у формування первинної біотичної продукції. А це сприяло зростанню чисельності людства на планеті.

На теперішньому етапі людство використовує 25 % **всієї первинної** продукції рослин на планеті, створеної за допомогою фотосинтезу. “Антропогенна енергія”, тобто додаткова енергія, привнесена людиною в АЕ, становить лише незначну частку, будучи каталізатором її активного споживання (засвоєння).

Зараз культивується близько 80 видів основних с/г культур, на зернові припадає 60% світового виробництва продуктів харчування (з них 40 % – на рис та пшеницю).

Сільське господарство у ХХІ ст.

Проблеми охорони довкілля та стійкого розвитку

Головною метою землеробів на початку ХХІ ст. усе ще залишається виробництво достатньої кількості зерна та інших продуктів рослинництва для задоволення потреб населення планети. Ситуація із забезпеченням населення ще в середині ХХ ст. могла би стати катастрофічною, якби не інтенсифікація землеробства. На другу по-

ловину ХХ ст. припадає ера “**зеленої революції**” – виведення високоврожайних сортів, застосування високих доз добрив та засобів захисту рослин, основоположником якої був Норман Борлауг. Він 1960 р. за допомогою селекції вивів сорт карликової пшениці, врожайність якої була вищою на 70 %. 1970 р. за цей внесок у науку він отримав Нобелівську премію.

Вирішальну роль у підвищенні продуктивності відіграли два основні чинники:

- нові сорти інтенсивного типу;
- удосконалення агротехнологій вирощування с/г культур (добрива, засоби захисту рослин).

За 40 років збір зерна зріс у три рази (з 1950 по 1970 рр.), а використання мінеральних добрив – у десять разів.

Скільки ж потрібно зерна для задоволення потреб людства?

У 1990 р. за даними ФАО було зібрано 1 970 млн т зерна, що за чисельності населення становило 370 кг на кожного мешканця планети в рік. Але при цьому 1,5 млрд осіб недоїдали, тобто цієї кількості було недостатньо. Тому за прогнозами до 2025 р. потрібно забезпечити 400–500 кг зерна на одного мешканця, що за прогнозованого населення у 8,5 млрд осіб становитиме 3 070 млн т зерна.

Динаміка зростання продуктивності культур наочно ілюструє прогресивну роль інтенсифікації с/г. В середньому по Європі урожайність пшениці у XVIII ст. становила 7–8 ц/га, в ХІХ – 16–17 ц/га, у першій половині ХХ ст. – 23–30 ц/га, а в другій – 60–80 ц/га. Тобто за 200–250 років урожайність зросла в 9–10 разів.

Учені підраховували, що сьогодні світове с/г досягло рівня у 15% максимально можливого виробництва продукції, тобто наявні значні резерви. Однак у цьому випадку необхідним є привнесення додаткової енергії так званих антропогенних субвенцій (засоби хімізації, механізації, меліорації тощо). На такому етапі виникають протиріччя між агро- і біосферою, тобто зростання втручання у природний процес створення біотичної продукції спричиняє **негативний вплив** на біосферу загалом, що проявляється у знищенні природних ресурсів,

порушенні механізмів саморегуляції і стабільності екосистем, забрудненні довкілля.

Головні наслідки незбалансованого землеробства:

- ерозія ґрунтів і втрата родючості;
- засолення і заболочування зрошуваних масивів;
- зміна структури ґрунтів (так звана агрофізична деградація) внаслідок переущільнення поверхневого горизонту;
- зниження біотичного різноманіття внаслідок культивування одного чи декількох видів;
- зменшення запасів прісних вод у регіонах зрошуваного землеробства;
- забруднення підземних і поверхневих вод нітратами та пестицидами;
- евтрофікація водойм;
- генетичне забруднення;
- зменшення чисельності диких рослин і тварин внаслідок руйнування і фрагментації їх ареалів.

Баланс між інтенсифікацією аграрного виробництва і негативними наслідками для довкілля визначається **балансом між економічними та екологічними аргументами**. Існує межа, так званий “природний поріг”, після досягнення якого усі високоефективні технології стають малоефективними і економічно недоцільними, а негативні наслідки на довкілля посилюються. Наприклад, тривале застосування мінеральних добрив сприяє отриманню високих урожаїв, проте супроводжується інтенсифікацією процесів мінералізації, що призводить до зниження вмісту гумусу, тобто зниження природної родючості. Це ж стосується довготривалого вапнування кислих АЕ ґрунтів.

Інтенсифікація аграрного виробництва триває до того часу, коли не буде ліквідовано дефіцит продуктів харчування, після цього на перший план виходить якість с/г продукції.

Агроєкологія як наука

Синоніми “агроєкології” – с/г екологія, агроценологія, агроєкологія, агрофітоценологія тощо.

Становлення поняття. Існують різні підходи та визначення в різних словниках. Агроекологія – це наука про агроєкосистеми, що вивчає зв'язки між організмами в агроєкосистемі (далі АЕ), вплив на них середовища, структуру, продуктивність, типи агроєкосистем та їх районування. Тобто – це розділ прикладної екології, що вивчає вплив факторів середовища на продуктивність культурних організмів, структуру та динаміку агроєкосистем.

Агроекологія – це комплексна наукова дисципліна, яка вивчає взаємодію людини і середовища в процесі с/г виробництва, вплив с/г на природні комплекси та їх компоненти, взаємодія між компонентами агроєкосистеми та специфіка кругообігу речовин та енергії в агроєкосистемі, характер функціонування агроєкосистем.

Головна мета агроекології – забезпечити стійке виробництво сільськогосподарської продукції високої якості, максимально використати природний потенціал агроєкосистем, зберегти та відновити природно-ресурсну базу аграрного сектору, мінімізувати негативний вплив на довкілля.

АГРОЕКОСИСТЕМИ

Продукти харчування виробляють галузі сільського господарства (рослинництво і тваринництво) у створюваних задля цього агроєкосистемах. *Агроєкосистемами у світі* займають великі площі. Рілля, плантації, сади і засіяні луки займають 19 млн км², пасовища та природні луки – 26,6 млн км². Загалом сучасна агросфера охоплює більше **10%** поверхні суходолу, зайнятої **ріллею**, та ще **20%**, зайнятих **сіножатями та пасовищами**. Для отримання їжі та кормів також частково використовують лісові угруповання. Усе це разом становить 32% площі суходолу.

Агроекосистема – це сукупність біогенних та абіогенних компонентів на ділянці суходолу або акваторії, яка є в сільськогосподарському використанні. Агроекосистеми є антропогенними автотрофними екосистемами, ланцюги живлення яких створюються і керуються людиною з метою отримання максимальної кількості первинної і вторинної біологічної продукції потрібної якості.

Поняття про агроекосистему є результатом застосування концепції екосистем до сільськогосподарських земель. Головною ланкою агроекосистем є зелені рослини, які забезпечують первинне отримання органічних речовин та надають агроекосистемам властивостей автотрофності. Роль гетеротрофної ланки виконують сільськогосподарські тварини.

Продуцентами є вищі рослини і мікроорганізми (хемотрофи нітрифікуючи, азот фіксатори, сіркоутворюючі), які з неорганічних сполук синтезують органічну речовину.

Консументи – це тварини і людина, яка споживає значну частину органічної речовини, вилучає її з агроекосистеми та переміщує на значні відстані.

Редуценти – детритофаги, залежать від складу фітоценозу і можуть бути на полях кількісно більшими, ніж під природними екосистемами.

Основними **компонентами** агроекосистеми є:

- а) **культурні рослини**, які висівають чи висаджують для отримання врожаю або підвищення якості ґрунту;
- б) **свійські тварини**;
- в) **бур'яни**, які є поки що неминучим супутником культурних рослин;
- г) **мікроорганізми** ґрунту і гною;
- д) різноманітні тварини (головно, **безхребетні**, проте також багато гризунів і птахів), які пов'язані ланцюгами живлення з посівами і фермами;

- є) **паразитичні** бактерії, гриби і віруси, що викликають захворювання культурних рослин і свійських тварин.

Структура агроєкосистем – формується людиною, визначається вищими рослинами.

Переважно це **агрофітоценози**, рільні рослинні угруповання, створені людиною шляхом посіву або посадки культурних рослин на спеціально відведених і підготовлених ділянці.

Агрофітоценоз (далі АФ) є переважно **домінантними** або **едифікаторними**. Розміщення рослин не хаотичне, а залежить від агротехніки. У біологічному відношенні – це угруповання, яким властива наявність переважно одного виду культурної рослини і декількох десятків бур'янів.

Наприклад, пшеничне поле має 16–49 видів бур'янів, а загальна кількість рослин пшениці досягає 4,5 млн особин на 1 га.

АФ бувають **прості або складні** (дві та більше культур) – вико-вівсяна суміш, конюшиново-тимофіївкова суміш. Складним угрупованням з АЕ є наявність великої кількості бур'янів.

Щільність популяції АФ визначається нормами висіву, біологічними особливостями виду, агротехнікою, забудованістю полів.

Фауна АФ формується за допомогою місцевих видів комах і як моно-, так і поліфагів.

Культури, що мають своїх предків у певній місцевості, населяються тими ж видами, як і їх дикі родичі.

Наприклад: у степових районах України шкідником пшениці є жук-кузька, в лісостепових – цукровий буряк – буряковий довгоносик, багаторічні трави – личинки коваликів та хрущів.

Кількість видів може збільшуватися за допомогою інтродуцентів: горохова зернівка з Середземномор'я, квасолева зернівка – з Пд. Америки, колорадський жук – з Пн. Америки.

Просторова структура агроєкосистем – за Мальцевим – виділяє такі яруси:

- *культурний*, створений висівами культурних рослин;

- *верхній*, що піднімається над К і зображений невеликою кількістю високорослих рослин (бур'яни або схожі культурні рослини, жито в посівах пшениці);
- *середній*, розміщується нижче К (переважно бур'яни);
- *нижній*, рослини, розташовані на невеликій висоті над ґрунтом (переважно однорічні післяжнивні бур'яни).

Продуктивність АЕ регулюється і підтримується людиною з метою отримання продукції. Це досягається шляхом використання природної і допоміжної енергії (добрива, пестициди, обробіток ґрунту).

Територіально агроєкосистеми тією чи іншою мірою звичайно бувають зближені, формуючи **агроландшафт**. Загальну сукупність агроєкосистем планети називають агросферою, її складовими є ділянки території або акваторії, пристосовані для отримання рослинницької продукції (поля, сади, городи, пасовища, сіножаті), утримання й розведення худоби (ферми, тваринницькі комплекси).

Тривалість існування агроєкосистем обмежена. АЕ з домінування зернових існують 3–4 роки, плодових – 20–30 років, потім вони розпадаються і відмирають. Наприклад, землі, виведені з с/г обороту, заростають чагарниками, згодом лісами, меліоровані АЕ перетворюються в болота.

Порівняльна характеристика природних еко- та агроєкосистем

Властивості	Природні екосистеми	Агроєкосистеми
Біологічне різноманіття	Високе	Низьке
Біогеохімічні цикли	Замкнуті	Розімкнуті
Відбір видів	Природний	Селекція
Вилучення органічної речовини з екосистеми	Майже відсутнє	Відбувається постійно
Необхідність надходження речовин в екосистему ззовні	Відсутня	Висока
Трофічні ланцюги	Довгі	Короткі
Ерозія	Слабка	Сильна
Вимивання речовини з екосистеми	Слабке	Слабке
Потреба в антропогенній енергії	Відсутня	Висока
Стійкість	Висока	Низька

Визначають *статус агроєкосистем* не лише їхні внутрішні особливості, а й сільськогосподарські ресурси (кількість укладеної праці, матеріалів, енергії), тип використання продуктів агроєкосистем (відбір тільки зерна або вивезення з поля соломи) і характер зв'язку з суміжними агроєкосистемами (транспортування гною з однієї агроєкосистеми в іншу).

Агроєкосистеми порівняно з природними екосистемами відрізняються значним спрощенням будови та функціонування. Автотрофним блоком у них слугує практично один вид (**монокультура**), трофічні ланцюги **вкорочені**, трофічна мережа рудиментарна. Тварини в агроєкосистемах є перетворювачами первинної продукції. Посідаючи разом з людиною одне й те саме місце в трофічному ланцюгу, вони тим самим немовби конкурують із нею за рослинну їжу.

Відповідно до законів загальної екології **прості** екосистеми **нестабільні**. Умовою стабільності є біологічне різноманіття, якого немає в агроєкосистемах. Тому стабільність, що так необхідна для господарської стійкості агроєкосистем, досягається іншим шляхом – вкладенням додаткової антропогенної енергії. І **чим простіша агроєкосистема**, тим більше вона потребує такої **енергії** у вигляді ручної або механізованої праці, внесення добрив, пестицидів тощо.

Для стійкого існування агроєкосистемам необхідне постійне поповнення такими видами матеріальних ресурсів, що споживаються рослинами й тваринами в процесі функціонування. Цей процес спричинює докорінні зміни потоку енергії та кругообігів речовин в агроєкосистемах.

Агроєкосистеми створюються людиною, до самостійного виникнення та існування вони не здатні. Тому **агроєкосистеми поєднують у собі екологічні та соціальні компоненти**. Переплетення екологічних та соціальних феноменів в агроєкосистемах помічене ще в *XIX* ст. й описане в класичному **дарвінівському** прикладі, який указував на зв'язок **воєн з урожайністю конюшини**. Війни приводять до появи **удовиць, удовиці розводять котів, коти виловлюють мишей, які розорюють гнізда джмелів, збільшується кількість джмелів, що запилюють конюшину, її врожай стають вищими**.

Загалом **агроекосистемам** характерні такі **особливості**:

- 1) постійне та значне вилучення з агроекосистем органічної речовини; велика залежність існування агроекосистем від діяльності людини, що їх підтримує;
- 2) переважання в агроекосистемах рослин і тварин, які є продуктом селекційної діяльності, а не природного добору;
- 3) низьке видове різноманіття автотрофного і гетеротрофного блоків;
- 4) розімкненість біогеохімічних циклів.

У сфері с/г виробництва, де відбувається взаємодія людини і природи, виникають нові функціональні одиниці АЕ (агробіогеоценози).

Різновидності агроекосистем:

- окультурені (планомірно використовувані луки та пасовища);
- напівкультурні (нерегулярно, наприклад, багаторічні трави);
- культурні (постійно регульовані багаторічні насадження, поля, городи);
- інтенсивно культурні (парники та оранжереї гідропоніка).

Схема функціонування АЕ відрізняється від функціонування природних Е, одну з них запропонував Б. Міркін:



Тобто АЕ – це, з одного боку, природно-матеріальне виробництво, а з другого, – результат цілеспрямованої діяльності людини.

АГРОЛАНДШАФТИ

Усі зміни в структурі природних ландшафтів, спричинені різними формами господарської діяльності людини, призводять до формування певних категорій антропогенних ландшафтів – природно-антропогенних комплексів. Антропогенні ландшафти – це різноплановий комплекс, що розвивається відповідно до природних закономірностей. *Залишені людиною антропогенні ландшафти прагнуть повернутися до свого періопочаткового стану.* Так, залишена рілля в степу з роками переходить у **переліг** і на ній формується **вторинний степ**, що мало чим відрізняється від степової цілини; полезахисні і лісові смуги у степовій зоні з часом набувають риси типових лісових ландшафтів і т. п.

Сільськогосподарські ландшафти – найбільш поширені серед антропогенних комплексів. Розрізняють такі підкласи сільськогосподарських ландшафтів: польові, садові, лучно-пасовищні. Створення сільськогосподарських ландшафтів.

Польовий підклас ландшафтів формується під дією **переорювання** ґрунтового шару, внесенням добрив і вирощуванням біомаси. Звичайний багаторічний агротехнічний режим призводить до пристосування в заданому загально-поясному типі польового ландшафту бур'янів і шкідливих для посівів тварин (наприклад, гризунів, жуків тощо).

Під впливом різних польових культур з різною інтенсивністю в ґрунтах проходить мінералізація органічної речовини і гумусу. Температура і вологість повітря, швидкість вітру різні над пшеничним полем, плантаціями цукрового буряка і посівами кукурудзи. Іншими словами, великий вплив на фізико-хімічні, гідрологічні і кліматичні властивості польових ландшафтів має система ведення сільського господарства.

Садові підкласи ландшафтів мають певну схожість з лісокультурними комплексами, відрізняючись від них слабовираженою саморегуляцією і великою потребою у високій агротехніці. Насадження багаторічних плодкових дерев і кущів у різних ландшафтних зонах призводить до глибокої антропогенної перебудови ґрунту завдяки

постійному його обробітку, внесенню добрив, поливів. Отже, ґрунт цих комплексів характеризується великою родючістю на загальному зональному фоні природних ґрунтів.

За рельєфом садові підклади ландшафтів відрізняються більшою різноманітністю, ніж польові. Сади розміщують не лише на рівних терасах, вододілах, а й на крутосхилах, де розвиток польових ландшафтів неможливий. Садовий ландшафт вужчий порівняно з польовим і лучно-пасовищним. Він менш витягнутий на північ.

Лучно-пасовищний підклас ландшафтів поширений в усіх природних зонах – від тундри до субтропіків. Сучасний стан лучно-пасовищних комплексів цілком залежить від характеру та інтенсивності господарського використання. Ступінь саморегуляції лучно-пасовищних ландшафтів значно вищий, ніж у польових і садових, та більш близький до саморегуляції природних ландшафтів. Задовольняючи матеріальні і духовні потреби, людина впливає на природу загалом і на окремі її ландшафти зокрема. Значний вплив людини на природу проявляється в механічному переміщенні твердих мас (обробіток ґрунту, планування поверхні ґрунту, прокладання меліоративних каналів та ін.), у порушенні кругообігу води (посилюючи поверхневий стік), у зміні теплового, повітряного режимів ґрунту, біологічної рівноваги та потоків міграції хімічних елементів.

Стосовно природних ресурсів виділяють три типи агроландшафтів:

1. **Природомісткі** (неповне відновлення природної родючості, що призводить до її падіння).
2. **Природоохоронні** (повне відновлення природної родючості, тобто тривалого збереження його рівня).
3. **Природозберігаючі** (покращення природної родючості від його початкового рівня).

Формування АЕ, особливо їх реконструкція (оскільки частка створених наново АЕ порівняно з уже існуючими надзвичайно низька), повинне ґрунтуватися на принципах створення природоохоронних АЕ. Організація АЕ має бути максимально наближена до контурів природних, що досягається оптимізацією агроландшафту.

КРУГООБІГ РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ

Найвища продуктивність агроєкосистем, як і природних екосистем, тобто накопичення максимальної кількості біомаси у вигляді різноманітних репродуктивних органів культурних видів рослин визначається адаптованістю фотосинтетичного апарату до використання сонячної енергії (накопичення біомаси за одиницю часу, або на одиницю площі).

Для максимального використання енергії у природних екосистемах сформувалася низка адаптивних ознак, зокрема різноманіття видового складу). В агроєкосистемах помірного поясу такого ефекту можна домогтися, використовуючи різні комбінації культур (наприклад, кукурудза і соя, соя з пшеницею тощо).

Енергетичні особливості природних зон зумовлюють наявність трьох **основних (глобальних)** типів агроєкосистем:

1. **Тропічний тип** – висока забезпеченість теплом, безперервна вегетація, землеробство ґрунтується на вирощуванні багаторічних культур (ананаси, банани, какао, кава тощо), однорічні культури дають декілька урожаїв за рік. Енергія потрібна для проведення польових робіт. АЕ притаманна рівнозначності природного й антропогенного процесів енергообміну.

2. **Субтропічний тип** – інтенсивність антропогенних потоків нижча, характерна наявність двох періодів – зимового і літнього. Вирощують багаторічні культури, що мають виражений період зимового спокою (виноград, грецький горіх, чай тощо). Однорічні культури – кукурудза, рис, соя.

3. **Помірний тип** – один (літній) вегетаційний період, високі потреби у привнесенні антропогенної енергії припадає на весну, літо і першу половину осені. Основні способи більш повного використання сонячної енергії – створити багоярусні АЕ (за типом природних). Тобто, перехід від монокультур до полікультури – одне з перспективних завдань у помірній зоні.

Особливості кругообігу АЕ порівняно з природними Е:

1. Розімкнутість кругообігу.
2. Зміна інтенсивності і траєкторії.

3. Залучення до кругообігу штучно синтезованих речовин – КСЕНОБІОТИКІВ.

Усі Е функціонують на основі бгх–циклів – універсальних природних процесів перетворення речовин та енергії, що виникли еволюційно. В АЕ ці цикли суттєво змінюються. В природних екосистемах внутрішній кругообіг значно перевищує надходження речовин з атмосфери і вимивання їх із ґрунту. В керованих АЕ розподіл речовин змінюється, зокрема знижується їх потік від первинних продуцентів до редуцентів і збільшується до консументів.

Отже, продукційний процес в АЕ залежить не від абіотичних (розташування, сонячна радіація, тепловий і водний режим, мінеральні сполуки), біотичних й абіотичних чинників, а від їх комплексу (вектора складних комбінацій міжфакторних взаємодій). А оскільки АЕ керується людиною, то від якості та ефективності керування залежить її продуктивність.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АГРОЕКОЛОГІЇ

1. Історія агроєкології. Предмет і завдання агроєкології

Перший етап накопичення знань екологічного характеру пов'язаний ще стародавніми працями Геракліта (530–470 рр. до н.е.), Гіппократа (460–356 рр. до н.е.), Аристотеля (384–322 рр. до н.е.), Теофраста Ерезійського (372–287 рр. до н.е.) та інших, які описували різні види біологічних організмів, способи їх існування та вплив на природу загалом. У добу Відродження питаннями екологічного характеру займалися перші систематики Цезалпін (1519–1603), Рей (1627–1705), Турнефор (1656–1708), що описували залежності поширення організмів від умов їх існування.

Другий етап розвитку екологічної науки пов'язаний з великими ботаніко-географічними дослідженнями Ліннея (1707–1778), Лепюхіна (1740–1802), Рулье (1814–1858), Сєверцова (1827–1885) і, звичайно ж, Дарвіна (1809–1882).

Третій етап системних екологічних досліджень охоплює кінець ХІХ–першу половину ХХ ст. і пов'язаний з іменами Докучаєва (1846–1903), Морозова (1867–1920), Висоцького (1865–1940), Вернадського (1863–1945), Мітчерліха (1874–1956), Сукачова (1880–1967).

Що стосується **практичної сторони** предмета, то перші спроби природоохорони на Україні відомі ще з часів Ярослава Мудрого, в “Руській правді” якого існувала чітка система правової оцінки використання ресурсів і передбачалася кара за шкоду довкіллю. Ці природоохоронні традиції стали фундаментом для подальшого регулювання природовикористання ресурсів.

Сучасна екологія – одна з найголовніших фундаментальних наук, суспільно-біологічна система знань про взаємовідно-

шення живих організмів між собою та середовищем їх існування. **Агроєкологія** – є її галуззю і вивчає закономірності екологічних процесів і технологічних рішень у сфері сільськогосподарського виробництва.

Як окрема наука, **агроєкологія** виникла внаслідок різкого загострення екологічних проблем в аграрному виробництві, **завданнями** якої є: розроблення на екологічній основі прогнозів розвитку сільського господарства, альтернативних моделей землеробства, рослинництва та тваринництва, знаходження шляхів оптимального синтезу господарювання та охорони природи.

Предметом агроєкології є елементи аграрного виробництва (посіви, насадження, тваринницькі господарства), а також аграрний ландшафт у взаємозв'язку з навколишнім середовищем. Вона розглядає системи землеробства та технології вирощування сільськогосподарських культур і тварин у світлі витрачання і відтворення природних ресурсів, оцінює екологічну обґрунтованість екологічних рішень, розробляє теоретичні основи для екологічно безвідходного і нешкідливого виробництва продуктів рослинництва та тваринництва, а також для збереження рівноваги агроландшафтів з біосферою.

2. Основні екологічні терміни, поняття та закони

Екологія – це насамперед наука про навколишнє середовище. Під **навколишнім середовищем** розуміють цілісну систему взаємопов'язаних природних та антропогенних об'єктів і явищ, яка включає соціальні, природні та штучно створені фізичні, хімічні та біологічні чинники.

Основою розкриття цих понять слугує **вчення про біосферу**. Поняття “біосфера” з'явилося у другій половині XIX ст. завдяки В. І. Вернадському (1863–1945), який розглядав її як єдину термодинамічну оболонку Землі, у якій зосереджене життя і проходить постійна взаємодія усього живого з неорганічними умовами серед-

овища. Основою біологічної рівноваги і стійкості біосфери є кругообіг речовини та перетворення енергії. Елементарною первісною структурою біосфери є **біогеоценоз**, під поняттям якого розуміють ділянку біосфери, через яку неможливо провести жодної істотної ґрунтово-геохімічної межі, тобто це однорідні за топографічними, мікрокліматичними та біотичними умовами ділянки біосфери. До складу біогеоценозу входять: фітоценоз, зооценоз, мікробіоценоз, ґрунти та ґрунтові води, а також едафотоп (ґрунтовий покрив разом із живими організмами).

Сучасну екологію розділяють на факторіальну, популяційну та біогеоценологію.

Факторіальна екологія досліджує сукупність екологічних чинників – елементів середовища, які суттєво впливають на живий організм, та реакцію – його відповідь на їх дію.

Популяційна екологія вивчає формування структури і динаміки природних угруповань осіб одного виду – популяцій. Вона досліджує коливання чисельності різних видів і встановлює причини цих коливань.

Біогеоценологія – це наука про взаємовідносини між живими істотами, представниками різних популяцій одного угруповання, а також між ними та навколишнім середовищем.

Крім того, виділяють три основні підрозділи екології: **аутекологія** (вивчає індивідуальні організми), **демекологія** (вивчає групи організмів одного виду) та **синекологія** (вивчає взаємозв'язок між організмами в екосистемі).

Екологічні чинники поділяються на 3 групи:

1. Абіотичні (фізико-хімічні) – визначають можливість існування всіх груп організмів у тому чи іншому середовищі. В екосистемах вони є як ланкою різних організмів і забезпечують цілісність екосистеми. За значенням вони бувають: **ресурсами** (вода, поживні речовини тощо) та **умовами існування** (неподільні абіотичні чинники, які не витрачаються в процесі життєдіяльності та однаково впливають на всі живі організми у цій екосистемі). Також до абіотичних факторів відносяться: **кліматичні**, **едафічні** (ґрунтові), **геоморфологічні** (рельєф) та **гідрологічні**.

2. **Біотичні:** рослини, тварини та мікроорганізми.

3. **Антропічні:** прямі (вирубка лісів, полювання, рибальство) та опосередковані (зміна середовища існування господарською діяльністю).

Дія будь-якого екологічного чинника залежить від його інтенсивності. Дія може бути позитивною та негативною. **Зона екологічного оптимуму** – діапазон найбільш сприятливого впливу чинника на організм. **Критичні точки** – мінімум та максимум значення чинника, які витримає організм. Відносно стійкості до екологічних факторів живі організми поділяють на **еврібіотні** (екологічно пластичні) та **стенобіотні** (екологічно не пластичні). **Лімітуючий фактор** – відсутній, або максимально відхилений від оптимуму сприятливий фактор, або інтенсивний несприятливий фактор, який діє у певній місцевості і не дає змоги існувати конкретному організму.

Усі організми перебувають у постійній взаємодії з навколишнім середовищем завдяки кругообігу речовин і повинні підтримувати певну динамічну рівновагу, або **гомеостаз**. Сукупність цих взаємодій називають **екосистемою**, яка є основною функціональною одиницею екології (термін був запропонований екологом Тенслі), а також біосфери Землі. Вона не має певного розміру та об'єму. **Біосфера** – навколишня оболонка земної кулі, яка заселена живими істотами, що діють як геологічна сила і формують зовнішній вигляд Землі. **Ноосфера** – новий стан біосфери, за якого розумна діяльність людини стає визначним чинником розвитку біосфери.

Частини біосфери, відокремлені одна від одної кліматичними, ґрунтовими та іншими кордонами, називають **біогеоценозами**. Розрізняють біогеоценози суші та водоймища. Складовими частинами біогеоценозу є **біоценоз** (сукупність живих організмів, що населяють ділянку суші чи водоймища) та **біотоп** (ділянка суші чи водоймища з однотипними умовами, яку займає певний біоценоз). Окремим невід'ємним елементом біогеоценозу є **ґрунт**, як природно-історичне тіло, що утворюється під впливом клімату та живих організмів із геологічних порід. Засновником вчення про ґрунт як біокосне тіло є В. В. Докучаєв. Для утворення ґрунту необхідно п'ять головних фак-

торів: материнська гірська порода, живі організми, рельєф місцевості, клімат та час. Основним із цих чинників є живі організми.

Усі живі організми екосистеми за характером напрямку кругообігу речовин поділяють на: **продуценти** (організми, які здатні будувати свої тіла за рахунок неорганічних компонентів та енергії сонця), **консументи** (організми, що споживають готові органічні речовини продуцентів або інших консументів і трансформують їх в інші органічні речовини) та **редуценти** (організми, що споживають мертві органічні речовини продуцентів та консументів, і переводять їх у неорганічні сполуки). Усі ці три групи організмів в екосистемі утворюють **трофічний ланцюг**.

Агроекологія - це комплексна наукова дисципліна, яка вивчає взаємодію людини з навколишнім середовищем у процесі сільськогосподарського виробництва, вплив сільського господарства на природні комплекси та їх компоненти, взаємодію між компонентами агроєкосистем і специфіку колообігу в них речовин, перенесення енергії, характер функціонування агроєкосистем в умовах техногенних навантажень.

Основні екологічні закони

Закони екології умовно поділяють на такі групи: структурні, міжсистемні, функціональні, енергетичні, еволюційні.

1. Структурні закони.

1.1. Закон фізико-хімічної єдності живої речовини. Уся жива речовина Землі фізико-хімічно єдина. Шкідливе для однієї частини або виду шкідливе і для іншої.

2. Міжсистемні закони.

2.1. Закон зниження енергетичної ефективності природокористування. З плином історичного часу при отриманні з природних систем корисної продукції на її одиницю в середньому витрачається дедалі більше енергії

2.2. Закон зростаючої родючості урожайності. Агротехнічні та інші прогресивні прийоми ведення сільського господарства, що впроваджуються в практику землеробства, ведуть до збільшення урожайності полів.

2.3. Правило міри перетворення природних систем. Під час експлуатації природних систем не можна переходити меж, що дають цим системам змогу зберігати властивість самопідтримання і зазвичай пов'язані з помітною зміною систем трьох рівнів ієрархії (нижчого, такого самого і вищого).

2.4. Правило інтегрального ресурсу. Галузі господарства, що конкурують у сфері використання конкретних природних систем, завдають тим більшої шкоди одна одній, чим значніше вони змінюють екологічний компонент, який спільно експлуатується, або всю екосистему загалом.

2.5. Принцип ієрархічної організації. Будь-яка біологічна система складається з ієрархічно розміщених підсистем. З ускладненням структури (переходом від нижчого ієрархічного рівня до вищого) формуються додаткові (унікальні) властивості.

2.6. Принцип природності. Технічні системи керування природою з часом потребують дедалі більшого вкладання засобів аж до нераціональності їх підтримання, і тому природні (“м’які”) форми керування в кінцевому підсумку завжди ефективніші за технічні (“жорсткі”).

2.7. Принцип обманливого добробуту. Перші успіхи або невдачі в природокористуванні можуть бути обманливими: успіх заходу щодо перетворення або керування природою об’єктивно оцінюється лише після з’ясування ходу і результатів природних ланцюгових реакцій у межах природного циклу (декілька років).

2.8. Принцип віддаленості події. Явище, віддалене в часі і просторі, здається менш істотним.

2.9. Принцип неповноти інформації (невизначеності). Інформація при проведенні акцій щодо перетворення природи завжди недостатня для апріорного судження про всі можливі результати заходів, що вживаються.

3. Функціональні закони.

3.1. Закон розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища. Будь-яка природна система може розвиватися тільки за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища.

3.2. Закони Дансеро :

а) Оборотності біосфери. Біосфера після припинення впливу на її компоненти антропогенних чинників обов'язково намагається завоювати “втрачені позиції”, тобто зберегти і відновити свою екологічну рівновагу та стійкість.

б) Зворотного зв'язку взаємодії людина - біосфера. Будь-яка зміна в природному середовищі, спричинена господарською діяльністю людини, має небажані наслідки для людини.

в) Незворотності взаємодії людина - біосфера. Частина відновлюваних природних ресурсів може стати невідновлюваною, якщо людина своїми нераціональними заходами унеможливить їх відновлення.

3.3. Закони Бауера:

а) Розвиток біологічних систем - результат збільшення ефекту зовнішньої роботи біосистеми у відповідь на отриману із зовнішнього середовища одиницю енергії.

б) Біосистеми мають самовідновлюватись, оскільки вони постійно виконують роботу і руйнуються. Внаслідок самовідновлення біосистеми зберігають відносно середовища мешкання антиентропійний стан.

3.4. Закон максимізації енергії. У суперництві з іншими системами виживає (зберігається) та з них, яка найкраще сприяє надходженню енергії і використовує максимальну її кількість найефективнішим способом.

3.5. Закон рівноцінності всіх умов життя. Усі природні умови середовища, необхідні для життя, відіграють рівноцінну роль.

3.6. Закон сукупної дії природних чинників. Величина врожаю залежить не від окремих, навіть лімітуючих чинників, а від усієї системної сукупності екологічних чинників одночасно. Коефіцієнт дії кожного чинника різний і може бути обчислений.

3.7. Закон мінімуму. Витривалість організму визначається найслабкішою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб. Організм певною мірою здатний замінити дефіцитний чинник на інший функціонально близький.

3.8. Закон неоднозначної дії чинників. Кожен екологічний чинник неоднаково впливає на різні функції організму; оптимум для одних

процесів може бути песимумом для інших.

3.9. Закон толерантності Шелфорда. Лімітувальним чинником організму (популяції, виду) може бути як мінімум, так і максимум екологічного виливу, діапазон між якими визначає величину витривалості {толерантності) організму даного виду. Він визначає і положення, за яким будь-який надлишок речовини чи енергії стає забруднювачем середовища.

3.10. Закон фазових реакцій (екологічної токсикології). Малі концентрації токсиканта діють на організм у напрямі підсилення його функцій (стимуляція), високі - у напрямі пригнічення (інгібування), ще вищі - призводять до смерті організму.

3.11. Закон оптимальності. Із найбільшою ефективністю будь-яка система функціонує в деяких просторово-часових межах. Необхідний пошук найкращих з погляду продуктивності розмірів сільськогосподарських полів, рослин, тварин.

3.12. Закон послідовності проходження фаз розвитку. Фази розвитку природної системи можуть іти лише в еволюційно установленому порядку - від простого до складного.

3.13. Правило оптимальної компонентної додатковості Жодна екосистема не може самостійно існувати за штучно створеного значного надлишку або нестачі одного з екологічних компонентів.

3.14. Закон збіднення різномірної живої речовини в острівних згущеннях. Індивідуальна система, що працює в середовищі з рівнем організації нижчим, ніж рівень самої системи, приречена і, поступово втрачаючи свою структуру, через деякий час розчиняється в навколишньому середовищі.

3.15. Правило обов'язковості заповнення екологічної ніші. Ніша, яка пустує, завжди природно заповнюється.

3.16. Правило географічного оптимуму. У центрі видового ареалу зазвичай складаються оптимальні для виду умови існування, які погіршуються до периферії зони мешкання виду.

3.17. Правило максимального "тиску життя". Організми розмножуються з інтенсивністю, що забезпечує максимально можливе їх число, яке обмежене місткістю середовища та іншими чинниками.

3.18. Правило біологічного підсилення. Накопичення живими організмами хімічно стійких речовин (пестицидів, радіонуклідів тощо) призводить до біологічного підсилення їх дії в міру проходження біологічних циклів і трофічних ланцюгів.

3.19. Принцип раптового підсилення патогенності. Епідемії та епіфітотії спричиняються:

- раповим або швидким вселенням патогенного агента з потенційно високою швидкістю росту в екосистему, в якій механізм регуляції його чисельності відсутній або малоефективний;

- різкими або дуже сильними змінами середовища, внаслідок чого зменшується енергія, потрібна для регуляції за принципом зворотного зв'язку або яким-небудь іншим способом, що порушує здатність системи до саморегуляції.

3.20. Закон екологічної кореляції. В екосистемі всі види живого та абіотичні екологічні компоненти функціонально відповідають один одному. Випадіння однієї частини системи призводить до виключення всіх тісно пов'язаних з нею інших частин системи і функціональної зміни цілого.

3.21. Біоценотичні принципи Тінемана:

- а) Чим різноманітніші умови існування, тим більше число видів у даному біоценозі;

- б) Чим більше відхиляються від норми (оптимуму) умови існування, тим бідніший на види біоценоз і тим більше особин матиме кожен вид.

3.22. Принцип конкурентного виключення Гаузе. Два види не можуть існувати в одній місцевості, якщо їх екологічні потреби ідентичні, тобто якщо вони займають одну й ту саму екологічну нішу. За обмежених можливостей просторово-часового розподілу один із видів виробляє нову екологічну нішу або зникає.

3.23. Принцип сукцесійного заміщення. Біотичні угруповання формують закономірну низку екосистем, що веде до найстійкішої в даних умовах природної системи - клімаксової в суто природних умовах або вузлової за природно-антропогенного режиму.

3.24. Закон сукцесійного уповільнення. Процеси, що відбуваються у зрілих рівноважних системах, які перебувають у стані рівноваги, як правило виявляють тенденцію до уповільнення. Заходи, що вживаються, викликають ефект лише в початковій фазі.

4. Енергетичні закони.

4.1. Перший закон термодинаміки (закон збереження енергії). При всіх змінах, що відбуваються в ізольованій системі, загальна енергія системи залишається сталою.

Загальна кількість енергії, що її отримує рослина, тварина або людина за певний період часу, виявляється: по-перше, у виділеній теплоті, по-друге - у зовнішній роботі або речовинах, які виділяються, по-третє - у збільшенні теплоти тіла в результаті росту або накопичення речовини.

4.2. Другий закон термодинаміки. Процеси, пов'язані з перетвореннями енергії, можуть відбуватися самочинно лише за умови, що енергія переходить із концентрованої форми в розсіяну.

Інше формулювання: оскільки частина енергії завжди розсіюється у вигляді недоступної для використання теплоти, ефективність самочинного перетворення кінетичної енергії на потенціальну завжди менша за 100 %.

4.3. Закон внутрішньої динамічної рівноваги. Речовина, енергія, інформація і динамічні якості окремих природних систем та їх ієрархії взаємопов'язані настільки, що будь-яка зміна одного з цих показників зумовлює супутні функціонально-структурні кількісні та якісні зміни, які зберігають загальну суму речовино-енергетичних, інформаційних, динамічних якостей систем.

Емпіричні наслідки:

1) Правило ланцюгових реакцій. Будь-яка зміна середовища (речовини, енергії, динамічних якостей системи) супроводжується розвитком природних ланцюгових реакцій, спрямованих у бік нейтралізації цієї зміни.

2) Правило нелінійності внутрішніх взаємодій. Взаємодія речовино-енергетичних екологічних компонентів кількісно нелінійна, тобто слабкий вплив або зміна одного з показників може спричинити значні відхилення інших і всієї системи загалом.

3) Правило незворотності порушень. Зміни, що відбулися у великих екосистемах, відносно незворотні.

4) Правило сталості еколого-економічного потенціалу Будь-яке місцеве перетворення природи зумовлює в глобальній сукупності біосфери і в її великих підрозділах відповідні реакції, які призводять до відносної незмінності еколого-економічного потенціалу.

4.4. Закон одностороннього потоку енергії в біоценозах. Енергія, що її отримує біоценоз шляхом ендотермічного фотосинтезу автотрофними організмами-продуцентами, разом з їх біомасою передається гетеротрофним організмам-консументам і мікроорганізмам-редуцентам. Напрямок цього енергетичного потоку незворотний і виражається у формі екологічної піраміди.

4.5. Правило Шредінгера. Для підтримання внутрішньої упорядкованості в системі необхідна постійна робота з вилучення неупорядкованості та підтримання процесів, спрямованих проти температурного градієнта.

4.6. Правило 1 %. Зміна енергетики природної системи в межах 1 % виводить природну систему з рівноважного стану (гомеостазу).

4.7. Правило 10 %. Середньомаксимальний перехід 10 % енергії (або речовини в енергетичному еквіваленті) з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший не призводить до несприятливих для екосистеми наслідків.

5. Еволюційні закони:

5.1. Закон спрямованості еволюції. Загальний хід еволюції завжди націлений на пристосовуваність до геохронологічно змінюваних умов існування й обмежений ними.

5.2. Закон (правило) незворотності еволюції (Л. Долло). Організми (популяції, види) не можуть повернутися до попереднього стану, якщо кілька поколінь їхніх предків пройшли певний шлях розвитку.

5.3. Закон прискорення еволюції. Швидкості формоутворення з плином геологічного часу зростають, а середня тривалість існування видів всередині більшої систематичної категорії зменшується; більш високоорганізовані форми існують менший період часу, ніж низькоорганізовані.

5.4. Закон еволюційно-екологічної незворотності. Екосистема, яка втратила частину своїх елементів або замінилася на іншу внаслідок дисбалансу компонентів, не може повернутися до свого початкового стану, якщо відбулися еволюційні (мікроеволюційні) зміни в екологічних елементах (збережених або тимчасово втрачених).

5.5. Закон біоенергетичний (Е. Геккеля і Ф. Мюллера) Організм (особина) в індивідуальному розвитку (онтогенез) повторює в скороченому і закономірно зміненому вигляді історичний (еволюційний) розвиток свого виду (філогенез).

Американський еколог Баррі Коммонер у 1974 р. звів екологічні закони до чотирьох:

- 1) все пов'язане з усім;
- 2) все повинне кудись дітися (закон збереження енергії);
- 3) природа знає краще;
- 4) ніщо не дається задарма.

Інший американський еколог Д.Чірас у 1991-1993 рр. підкреслив, що природа існує вічно, відносно людини завдяки чотирьом законам:

- 1) рециклічності або повторного багаторазового використання найважливіших речовин;
- 2) постійного відновлення ресурсів;
- 3) консервативного споживання;
- 4) популяційного контролю.

3.Методи досліджень

Методи екології умовно поділяють на три основні групи: спостереження в природі, експеримент і моделювання. Агроекологічні дослідження зазвичай є польовими (стаціонарними або маршрутними) і лабораторними.

У більшості екологічних досліджень найважливішу роль відіграє системний підхід. Екологія – наука що з'явилася на стику багатьох природних та точних наук, тому методи цих наук широко використовуються і в агроекології. При проведенні досліджень доводиться поєднувати різні типи і методики, які можна об'єднати у такі групи:

1. Методи реєстрації та оцінки якості довкілля, насамперед різні типи екологічного моніторингу.

2. Методи кількісного обліку організмів і методи оцінки біомаси та продуктивності рослин і тварин.

3. Вивчення особливостей впливу різних екологічних чинників на життєдіяльність організмів (як складні й тривалі спостереження в природі, так і, частіше, експерименти в лабораторних умовах – токсикологічні, біохімічні, біофізичні тощо).

4. Методи вивчення взаємозв'язків між організмами в багатовидових угрупованнях.

5. Методи математичного моделювання екологічних явищ і процесів, а також екосистем, імітаційне моделювання, моделювання від локальних до регіональних і глобальних екологічних процесів і ситуацій.

6. Створення геоінформаційних систем і технологій для розв'язання екологічних питань різних масштабів і в різних сферах діяльності.

7. Комплексний еколого-економічний аналіз стану різних об'єктів, територій, галузей виробництва.

8. Геоекологічні методи дослідження, геоекологічний моніторинг з метою зменшення негативного впливу забруднювачів на довкілля.

9. Технологічні методи екологізації різних виробництв з метою зменшення їх негативного впливу на довкілля.

10. Медико-екологічні методи вивчення впливу різних чинників на здоров'я людей.

11. Методи екологічного контролю стану довкілля: екологічна експертиза, екологічний аудит, екологічна паспортизація.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

АГРОЕКОСИСТЕМИ: ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ, ЩІЛЬНОСТІ РОСЛИН ТА ЗАПАСІВ БІОМАСИ

Основні теоретичні положення Екологічні системи

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 загальноновживаними 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 акумуляторам 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** – агроєкосистема 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

Агроєкологія – 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 схрешуються 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, труподні комахи, 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 (м^2) – відповідна кількість рослин, шт.; 10^4 м^2 – 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	Щириця 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 табл. 1.2.

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 1.2

Видова різноманітність та щільність агроценозу

№	Культура	Щільність рослин							
		Основна культура	Берізка польова	Лобода біла	Щириця загнута	Мишій сизий	Осот рожевий	Інші види	Разом
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								

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

Таблиця 1.4

Структура біомаси агроценозу

№	Культура	Біомаса, кг сухої речовини								
		Основна культура	Берізка польова	Лобода біла	Щириця загнута	Мишій сизий	Осот рожевий	Інші види	Разом бур'янів	Разом
1	Пшениця									
2	Соя									
3	Картопля									
4	Кукурудза									
5	Соняшник									

6. Отримані дані оформити у вигляді табл. 1.4.

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?

Тести

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) Труподні 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).

.....Контрольні запитання

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

ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ АГРОФІТОЦЕНОЗУ ПАСОВИЩА

Основні теоретичні положення Прояви мінливості біогеоценозів

Мінливість біогеоценозів передусім визначається коливанням чисельності видів. Забруднення середовища специфічними речовинами, різні форми отруєння (інтоксикації), фізичні зміни у просторі існування видів певною мірою сприяють скороченню чисельності видів. Аналогічно, внаслідок прямого або опосередкованого впливу умов середовища, скорочення кількості одних видів простежуються спалахами розмноження інших. Останнє особливо притаманне агроценозам і частіше стосується динаміки розмноження шкідників.

Проте навіть за відсутності більш або менш відчутного антропогенного впливу на біогеоценоз чисельність як рослинних, так і тваринних видів значно варіює в різні роки. Загалом після того, як певна популяція оселилася на певній території, її чисельність коливається за роками залежно від змін середовища та під впливом факторів, властивих самій популяції. Спроби пояснити відносно сильні і досить регулярні коливання чисельності видів у біогеоценозі кліматичними змінами не мали успіху. Певний час коливання навіть пов'язували з циклами сонячної активності, поки не було визначено, що ці цикли мали різну періодичність та суттєво розбігалися в окремі роки, тобто на період максимальної сонячної активності припадала мінімальна чисельність певного виду і навпаки. Це дає змогу вважати коливання чисельності видів більш складними механізмами, природу яких сьогодні вивчено ще недостатньо.

Незважаючи на те, що кожний біогеоценоз, зазвичай, складається з сотень або тисяч різних видів рослинних і тваринних організмів, більшість з них відіграє в масштабах біотичного середовища відносно невелику роль. Лише декілька видів (до 10–15 % усього видового різноманіття), завдяки розмірам їх представників, чисельності або способу життя, є основними регулювальними факторами. У наземних біоценозах такими домінуючими видами є рослини, оскільки вони забезпечують їжу та сховище багатьом іншим видам.

Особливість агроценозів тут полягає в тому, що переважний за розповсюдженням, абсолютною та відносною чисельністю домінуючий вид (сільськогосподарська культура, вирощувана в певний час на певному полі в певній ланці сівозміни) існує в ценозі звичайно лише один сезон вегетації. Винятком є сади, виноградники, ягідники, посіви багаторічних трав тощо. Регуляторна функція цього виду за такий короткий проміжок часу не може бути реалізована тією мірою, якою вона могла б вплинути на біотичне середовище за природних умов. Отже, регуляція чисельності видів в агроценозі безумовно є переважно штучною й антропогенною. Причому домінування одного виду (сільськогосподарської культури або їх сумішей) постійно загострюється в силу виробничої необхідності, наприклад, внаслідок багатьох агротехнічних заходів боротьби з бур'янами, шкідниками і т.п. Це ще більше зменшує мінливість агроценозу за видовою різноманітністю та чисельністю видів протягом року.

Екологічна сукцесія

Один з фундаментальних принципів екології полягає в концепції про те, що рослини і тварини не просто хаотично розкидані по території суші земної кулі, а населяють її відповідно до певних закономірностей. Важливо, що структура і функції біогеоценозів підтримуються взаємодією різних організмів, які створюють також основу для екологічної регуляції послідовної зміни біоценозів.

Закономірна послідовна зміна біоценозів відбувається в кожній місцевості протягом певного часу початкового формування біотично-

го середовища. Причиною таких змін можуть бути найрізноманітніші фактори, внаслідок яких ценози змінюють один одного, що зрештою призводить до формування останнього в цьому циклі стабільного ценозу – клімаксового угруповання. Усю цю послідовність етапів разом з клімаксовим угрупованням, характерним для певної місцевості, називають **сукцесією**.

Екологічна сукцесія передбачає, що в біоценозі відбувається не тільки зміна видового складу, а й послідовне збільшення кількості видів та загальної біомаси.

Зміни біогеоценозів можуть бути викликані факторами, які можна розглядати як похідні від інших первинних факторів. Наприклад, заростання водойми або заболочування ґрунту призводить до принципової зміни видового та кількісного складу рослинних і тваринних організмів, які населяють цю територію. В той же час ці фактори є похідними від інших, що спричиняють зміни водного балансу тощо. Часто природні лиха або антропогенні впливи є причиною руйнування існуючої екосистеми й початку екологічної сукцесії. Прикладами таких факторів можуть бути пожежі, вирубування, інші різкі зміни умов.

Отже, екологічну сукцесію варто розглядати як закономірне явище, що характеризує ентропію екосистеми, тобто ступінь наближеності її до відносно стабільного стану екологічної рівноваги.

Послідовність ценозів у разі екологічної сукцесії витримується у природі настільки суворо, що еколог, визначивши склад біотичного угруповання певної місцевості сьогодні, може з високою часткою вірогідності передбачити, в якій послідовності відбуватимуться подальші зміни. Наприклад, відновлення ялинника після суцільного вирубування завжди відбувається в певному порядку чергування рослинних угруповань. Спочатку територію заселяють однорічні трави, серед яких переважають високі й широколистяні. Територія набуває вигляду “забур’яненої” з неоднорідним рослинним покривом. З часом починають переважати багаторічні трави, які забезпечують значне накопичення гумусу у ґрунті. З’являються окремі листяні дерева й на зміну травам поступово приходить листяний ліс, який

зрештою витісняє новий ялинник через конкуренцію за освітлення в різних ярусах лісу. Усі проміжні ланки протягом сукцесії називають тимчасовими біогеоценозами.

Докорінні причини природної сукцесії не з'ясовані. Клімат та інші фізичні фактори, безумовно, відіграють певну роль, проте, очевидно, напрям сукцесії визначається характером самого ценозу. Внаслідок діяльності кожного угруповання певна місцевість стає менш придатною для існування видів, що входять до складу цього біоценозу, й більш придатною для інших видів. Така концепція цілком відповідає закону В. І. Вернадського про те, що жоден вид не спроможний існувати в продуктах своєї життєдіяльності. Цей закон є наслідком законів термодинаміки.

Часто організми, в існуванні яких зацікавлена людина (певні види дерев, прісноводна риба, лучні трави тощо), є членами одного з головних угруповань сукцесії, а не клімаксового угруповання. В цьому разі перед екологією стоїть важливе завдання – розробити систему впливу на сукцесію так, щоб вона зупинилася на бажаній стадії.

Сукцесія в агроценозах – сільськогосподарських угіддях, полях – зазвичай спрямована у протилежний бік від напряму господарської діяльності людини. Практично це проявляється у збільшенні видового різноманіття ценозу за допомогою бур'янів, шкідників тощо. Отже, досконалість агрономії полягає у конструктивному й науково обґрунтованому протистоянні, протилежно спрямованому вектору сукцесії.

Гомеостатичність

Закономірне досягнення біогеоценозом стабільного стану клімаксового угруповання передбачає тривалу підтримку цього стану відповідно до існуючих умов. Здатність усіх екологічних систем підтримувати такий стан внутрішньої динамічної рівноваги завдяки регуляторному відновленню основних структур, енергії та речовинного складу, а також за допомогою постійної саморегуляції усіх структурних компонентів, називається гомеостатичністю системи.

Гомеостатичність усіх біологічних систем варто розглядати як функцію їхньої саморегуляції та основу стабільності. Гомеостатичність властива усім природним системам – від атома до Галактики, включаючи організми, угруповання, популяції, екосистеми тощо.

Термінологія

Екологічний чинник – суттєва обставина навколишнього середовища, що має визначальне значення для росту та розвитку усіх живих організмів. Розрізняють біотичні, абіотичні та антропогенні чинники.

Абіотичні чинники – сукупність компонентів неживої природи (світло, температура, вологість, ґрунтові умови, рельєф тощо).

Біотичні чинники – сукупність компонентів живої природи у формі різноманітних форм взаємовідносин видів між собою (конкуренція, форми симбіозів тощо).

Антропогенні чинники – сукупність різноманітних впливів на живі істоти та середовища їхнього існування, пов'язана з господарською діяльністю людини.

Оптимальне значення чинника – значення чинника, що найбільшою мірою сприяє процесам життєдіяльності організму.

Обмежувальне значення чинника – значення чинника, що відхиляється від оптимуму або виходить за межі витривалості організмів.

Екологічна сукцесія – послідовна зміна біогеоценозів, яка відбувається на одній території під впливом різноманітних екологічних чинників.

Клімакс – завершальна фаза екологічної сукцесії, коли біогеоценоз досягає відносно стійкого стану, що максимально відповідає екологічним умовам певної місцевості.

Гомеостатичність – стан внутрішньої динамічної рівноваги природної системи, підтримуваний шляхом регуляторного відновлення основних її структур, енергії, речовинного складу та постійної функціональної саморегуляції усіх структурних компонентів.

Катаценоз – завершальна фаза вимирання біоценозу, деградація біотичного середовища.

Завдання 2.1

Зробіть прогноз чисельності трьох рослинних видів, що становлять основу продуктивного потенціалу природного пасовиська на 2000 рік, визначивши закономірності багаторічної динаміки коливання їхньої чисельності за наявними даними (табл. 2).

Таблиця 2.1

Вихідні дані для розрахунків

Рік	Чисельність видів, млн рослин/га			Сумарна чисельність, рослин/га
	Конюшина	Вівсяниця лугова	Кострець безостий	
1981	2,50	1,52	1,48	5,50
1982	2,65	1,26	1,54	5,45
1983	3,02	1,00	1,35	5,37
1984	3,27	1,23	0,72	5,22
1985	3,39	1,45	0,26	5,10
1986	3,26	1,22	0,52	5,00
1987	2,81	0,99	1,32	5,12
1988	2,45	1,30	1,49	5,24
1989	2,00	1,55	1,77	5,32
1990	2,25	1,30	1,90	5,45
1991	2,51	1,05	1,94	5,50
1992	2,76	1,28	1,35	5,39
1993	2,99	1,44	0,89	5,32
1994	2,60	1,30	1,31	5,21
1995	2,41	0,98	1,72	5,11
1996	1,90	1,19	1,92	5,01
1997	1,53	1,53	2,06	5,12
1998	1,75	1,25	2,24	5,24
1999	2,00	1,00	2,36	5,36
2000				

Методика виконання завдання:

1. Накреслити координатну систему для побудови графіків, відклавши по горизонтальній осі роки (1981–2000), а по вертикальній – чисельність видів (0–6 млн).

2. Накреслити в одній координатній системі чотири графіки: три для чисельності кожного виду та графік динаміки сумарної чисельності цих видів, обравши умовні позначення ліній графіків.

3. Обчислити середню багаторічну чисельність кожного виду та сумарної чисельності, склавши щорічні чисельності і поділивши результати на кількість років дослідження (19).

4. Позначити середні чисельності на графіку горизонтальними лініями, використавши відповідні до кожного графіка умовні позначення ліній.

5. Проаналізувати динаміку сумарної чисельності видів та чисельності кожного окремого виду за збудованими графіками.

6. У формі короткого звіту описати закономірності коливання:

- а) сумарної чисельності видів;
- б) конюшини білої;
- в) вівсяниці лугової;
- г) костреця безостого.

Описи побудувати за такою схемою:

- 1. Чи виражена циклічність?
- 2. Яка тривалість циклу?
- 3. Як змінюється амплітуда коливань?
- 4. Як змінюється чисельність загалом за 19 років?

7. Зробити прогноз чисельності кожного виду та сумарної чисельності видів на 2000 рік. Основа складання прогнозу – збереження закономірностей динаміки багаторічного коливання чисельностей, з'ясованих під час аналізу збудованих графіків.

8. Нанести на графіки прогнозів чисельності кожного виду та сумарної чисельності.

9. Зробити оцінку вірності прогнозу: сума прогнозних чисельностей кожного виду має дорівнювати прогнозів сумарній чисельності видів або несуттєво відхилятися від неї.

1. Які з названих чинників є біотичними?
 - а) Радіоактивність.
 - б) Посуха.
 - в) Забур'яненість.
 - г) Хвороби.
 - д) Вітер.
2. Щорічні пересіви суміші насіння твердої та м'якої пшениць призводять до поступового, неухильного збільшення питомої ваги м'якої пшениці в посіві. Який тип взаємовідносин видів полягає в основі цього явища?
 - а) Конкуренція.
 - б) Мутуалізм.
 - в) Хижацтво.
 - г) Аменсалізм.
 - д) Паразитизм.
3. Цвілеві гриби виробляють токсини, що пригнічують розвиток бактерій, причому це дуже сприятливо для грибів, оскільки вони отримують їжу, усуваючи конкурентів – бактерій. Як називається такий тип взаємовідносин?
 - а) Конкуренція.
 - б) Мутуалізм.
 - в) Коменсалізм.
 - г) Аменсалізм.
 - д) Протокооперація.
 - ж) Паразитизм.
4. Птахи поїдають багато видів комах-шкідників сільськогосподарських культур. Як називається такий тип взаємовідносин?
 - а) Конкуренція.
 - б) Мутуалізм.
 - в) Хижацтво.
 - г) Коменсалізм.
 - д) Аменсалізм.

-
- 5. Чи існує конкуренція серед рослин одного сорту, висіяного в оптимальні строки на однакову глибину з оптимальною густотою на ділянці, яка не має строкатості ґрунтової родючості?**
- а) Так.
 - б) Ні.
 - в) Так, однак лише на початкових етапах розвитку рослин.
- 6. Які чинники серед названих можуть бути обмежувальними для сільськогосподарських культур?**
- а) Надлишок мінерального живлення.
 - б) Нестача мінерального живлення.
 - в) Надлишок вологи.
 - г) Нестача вологи.
 - д) Усі названі чинники.
 - ж) Жоден з названих чинників.
- 7. Які біогеоценози мають максимальну гомеостатичність?**
- а) Агроценоз.
 - б) Проміжний біогеоценоз під час сукцесії.
 - в) Клімаксове угруповання.
- 8. Біомаса угруповання під час екологічної сукцесії ...**
- а) Збільшується.
 - в) Зменшується.
 - в) Не змінюється.
- 9. Видова різноманітність угруповання під час екологічної сукцесії...**
- а) Збільшується.
 - б) Зменшується.
 - в) Не змінюється.
- 10. Які чинники мають найбільший потенціал для досягнення катаценозу?**
- а) Біотичні.
 - б) Абіотичні.
 - в) Антропогенні.

.....Контрольні запитання

1. Класифікація екологічних чинників.
2. Прояви мінливості біогеоценозів.
3. Що таке екологічна сукцесія?
4. Що таке гомеостатичність?
5. Що таке катаценоз?
6. Екологічні основи прогнозування результатів екологічної сукцесії.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

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 дати настання тієї чи іншої фази передбачає використання формули Щиголева:

$$D=D_1+A/(t-B),$$

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 прогностний 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 прогностної фази, для визначення середньодобової температури за прогностний період. Якщо ця дата невідома, можливо просумувати ефективні температури з підсумком, що збільшується, і визначити тривалість прогностного періоду, який варто додати до дати попередньої фенологічної фази (D_1).

У цьому випадку формула Щиголева має вигляд:

$$D=D_1+P,$$

де P – період, протягом 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 прогностної дати мають бути проведені усі необхідні підготовчі роботи (підготовка техніки, складів, транспортних засобів тощо).

Формула Щиголева забезпечує об'єктивну прогностну 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 прогностна 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 багатофакторних 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:

$$Y=0,059W_{\text{пр}}+0,024n-2,97,$$

де Y – очікуваний урожай, ц/га;

$W_{\text{пр}}$ – 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:

$$Y = 12,8+0,29 W_{\text{пр}} - 10^{-3} W_{\text{пр}}^2+0,04n - 10^{-5}n^2-0,72t+0,03t^2,$$

де Y – очікуваний урожай, ц/га;

$W_{\text{пр}}$ – 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

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

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. 3.1;

K_t – коефіцієнт, значення якого наведено у табл. 3.2;

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:

$$K_{tw} = 0,065t_1 - 0,016W_1 + 0,46,$$

де t_1 – середня температура повітря у період появи волоті, °С;

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_{tw} приймають за одиницю.

Таблиця 3.1

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

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

Таблиця 3.2

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:

$$S = 0,37h - 16,3,$$

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 K , 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:

$$K = (0,6 \sum x_1 + \sum x_2) / 0,1 \sum t,$$

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

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

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

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 3.1

Скласти прогноз дати настання воскової стиглості шести сортів озимої пшениці, що вирощують у різних господарствах зони степу та лісостепу за методом А. А. Щиголева.

Таблиця 3.3

Вихідні дані для розрахунків

Агрокліматична зона	Сорт озимої пшениці	Дата колосіння у поточному році	Сума ефективних температур для періоду “колосіння–воскова стиглість”, °C
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 3.4

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

Агрокліматична зона	Сорт озимої пшениці	Середньодобова температура повітря за прогнозом у декадах, °C			
		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

Закінчення табл. 3.4

1	2	3	4	5	6
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. 3.4) відняти значення біологічного мінімуму (5 °С для пшениці) та помножити результат на 10 днів у декаді.

2. Додаванням суми ефективних температур шляхом сумації з підсумком, що збільшується, визначити кількість повних декад та днів, необхідних для досягання потрібної суми ефективних температур (табл. 3.3).

3. Додати розрахований період у днях до дати колосіння у поточному році й визначити прогнозну дату воскової стиглості.

4. Оформити отримані результати у вигляді табл. 3.5.

Таблиця 3.5

**Прогнозні дати 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.	
7	Одеська 133		5	Альбатрос Од.	
3	Одеська 132		6	Федорівка	

5. Проаналізувати отримані дані й зробити висновки щодо термінів настання воскової стиглості різних сортів озимої пшениці, 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 3.2

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

Таблиця 3.6

Вихідні дані та розрахунок прогнозованої врожайності озимої пшениці

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

Методика виконання завдання:

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

$$У = 0,059W_{пр} + 0,024n - 2,97,$$

де У – очікуваний урожай, ц/га; W_{пр} – запас продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см, мм; n – кількість стебел на 1 м², шт.

2. Отримані результати оформити у вигляді табл. 3.6.

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

Завдання 3.3

Скласти прогноз урожайності шести гібридів кукурудзи за методом Ю. І. Чиркова.

Таблиця 3.7

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:

$$S = 0,37h - 16,3,$$

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. 3.1 значення коефіцієнтів a , b , c для кожного поля залежно від розрахованої листової площі.

4. Визначити за табл. 3.2 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_{tw} за рівнянням: $K_{tw} = 0,065t_1 - 0,016W_1 + 0,46$, 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_{tw} прийняти за одиницю.

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

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

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. 3.1; K_t – коефіцієнт, значення якого наведено з табл. 3.2; K_{tw} – коефіцієнт, значення якого розраховується для несприятливих умов.

7. Отримані результати оформити у вигляді табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Розрахунок прогнозної врожайності гібридів кукурудзи

№ поля	Площа листової поверхні		Коефіцієнти						Прогнозний урожай, т/га
	м²	тис. м²/га	a	b	c	K_{tw}	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 прогнозну врожайність і зробити висновки щодо врожайності різних гібридів.

Тести

1. Що є джерелом даних для агрометеорологічних прогнозів?

- 1) Матеріали спостережень агрометеорологічних станцій.
- 2) Агрономічні обстеження.

- 3) Прогнози погоди.
- 4) Усі названі параметри.
- 2. До якого типу прогнозів належить прогноз запасів продуктивної вологи у ґрунті?**
 - 1) Фенологічний прогноз.
 - 2) Прогноз агрометеорологічних умов.
 - 3) Прогноз стану озимих культур у зимовий період.
 - 4) Спеціальний прогноз.
- 3. Який фактор, головню, визначає темпи розвитку рослин?**
 - 1) Температура.
 - 2) Вологість.
 - 3) Освітлення.
 - 4) Ґрунтові умови.
- 4. Яке значення біологічного мінімуму для соняшника?**
 - 1) 0°C.
 - 2) 5°C.
 - 3) 10°C.
 - 4) 15°C.
- 5. Яке значення біологічного мінімуму для ячменю?**
 - 1) 0°C.
 - 2) 5°C.
 - 3) 10°C.
 - 4) 15°C.
- 6. Що таке сума ефективних температур?**
 - 1) Сума максимальних добових температур вище біологічного нуля.
 - 2) Сума середніх добових температур.
 - 3) Сума середніх добових температур вище нуля.
 - 4) Сума середніх добових температур вище біологічного нуля, відрахованих від його значення.
- 7. Які фактори є найбільш ефективними предикторами для прогнозу врожайності сільськогосподарських культур?**
 - 1) Абіотичні фактори, що найбільш широко варіюють протягом вегетаційного періоду.

- 2) Абіотичні фактори, що лімітують ріст і розвиток рослин у певній зоні.
- 3) Абіотичні фактори, що є відносно константними для певної зони.
- 4) Біотичні фактори.

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

- 1) Дисперсійний аналіз.
- 2) Регресивний аналіз.
- 3) Кореляційний аналіз.

9. Які параметри становлять основу прогнозування врожайності соняшника?

- 1) Сума опадів за вегетаційний період.
- 2) Сума температур за вегетаційний період.
- 3) Рівень родючості ґрунту.
- 4) Усі названі.

10. Що таке "баластна температура"?

- 1) Температура вище біологічного нуля.
- 2) Температура нижче біологічного нуля.
- 3) Температура вище верхньої межі оптимального інтервалу.
- 4) Температура вище середньої багаторічної норми.

.....Контрольні запитання

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 № 4

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА КОМПОНЕНТИ АГРОЕКОСИСТЕМ

Основні теоретичні положення Значення мінеральних добрив

Інтенсивне виробництво сільськогосподарської продукції тягне 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 загальновизнано, 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, напевно, 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 заборук 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 складатиметься 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

Переважаючий 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:

- 1) відхилення від оптимальних доз добрив під кожен тип культури;
- 2) відхилення від оптимальних термінів та глибин внесення;
- 3) 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:

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

1. 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

грунтові 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 біогеоценотичне 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 NO, 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.

2. 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 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.

3. 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 флуором, 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 флуору може міститися в аморфосі (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.

4. 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.

5. 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 повільної 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.

Діюча речовина 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 підلужує 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 4.1

Розрахувати мінімальну дозу азотних добрив, що викличе початок евтрофікації водойми (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

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 додати до його наявного вмісту у воді, щоб почалася евтрофікація водойми. Для цього від граничного вмісту, що викликає евтрофікацію, відняти наявний вміст. Результат надати 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 ді-

ленням 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 (кг/га) – 18,5; X – 100%.

5. Результати розрахунків оформити у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

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	кг/м ³			
		кг			
3	Кількість нітрогену, що має бути вимита для початку евтрофікації	кг/га			
4	Максимально допустима доза азотних добрив (діюча речовина)	кг/га			

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

Завдання 4.2

Розрахувати дози мінеральних добрив балансовим методом для отримання запрограмованої прибавки врожаю озимої пшениці, кукурудзи та картоплі (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Вихідні дані для розрахунків

Показник		Культура		
		Озима пшениця	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

Закінчення 4.3

1	2	3	4	5
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 заплановану прибавку врожаю (ц/га) відніманням від планового середнього врожаю у господарстві.

2. Розрахувати винесення поживних речовин (кг) на розраховану надбавку з відповідною кількістю побічної продукції шляхом множення виносу речовин (кг/т) продукції на розмір прибавки (т/га).

3. Розрахувати кількість поживних речовин, що має бути засвоєна рослинами з мінеральних добрив із пропорції: винесення поживних речовин на розраховану прибавку – 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 табл. 4.4 для кожної культури.

Таблиця 4.4.

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.

.....Тести

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

- 1) Мінеральні добрива.
- 2) Агротехнічні заходи.
- 3) Ґрунтово-кліматичні умови.
- 4) Органічні добрива.
- 5) Усі названі фактори.

2. Які добрива можуть спричинити евтрофікацію водойм?

- 1) Азотні.
- 2) Фосфорні.
- 3) Калійні.

3. Як проявляється евтрофікація водойм?

- 1) Пригнічується розвиток синьо-зелених водоростей.

- 2) Стимулюється розвиток синьо-зелених водоростей.
 - 3) Біологічна продуктивність водойми зменшується.
 - 4) Біологічна продуктивність водойми збільшується.
- 4. Яка МДК нітратів у питній воді визначена для помірних широт?**
- 1) 22г/л.
 - 2) 10г/м³.
 - 3) 22 мг/л.
 - 4) 22г/м³.
 - 5) 0,01г/л.
- 5. Які газоподібні сполуки азоту викликають забруднення атмосфери?**
- 1) N₂.
 - 2) NH₃.
 - 3) N₂O.
 - 4) NO_x.
 - 5) Усі названі сполуки.
- 6. Які добрива містять флуор як баластну речовину?**
- 1) Азотні.
 - 2) Фосфорні.
 - 3) Калійні.
- 7. У чому полягає небезпека нітратів для здоров'я людини?**
- 1) Нітрати перетворюються на токсичні нітрити.
 - 2) Нітрати є попередниками токсичних нітрозамінів.
 - 3) Нітрати є канцерогенними речовинами.
 - 4) Нітрати перетворюються на азотну та азотисту кислоти.
- 8. Яка продукція за однакових умов вирощування містить найбільшу кількість нітратів?**
- 1) Огірки.
 - 2) Зерно пшениці.
 - 3) Білокачанна капуста.
 - 4) Томати.
 - 5) Сім'янки соняшника.

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

- 1) Агротехнічні заходи.
- 2) Добрива.
- 3) Пестициди.
- 4) Сівозміна.

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

- 1) До прибутку.
- 2) До витрат.

.....Контрольні запитання

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?

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ НА БАЛАНС ГУМУСУ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ

Теоретичні положення Роль органічної речовини ґрунту

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 сульфору, близько 50 % фосфору в органічній формі. Він є важливим джерелом CO_2 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 пожнивні 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 CO_2 . 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 граулометричного 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 вад 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, ніж 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 гази, 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 солому 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, соломою 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 тва-

ринницьких 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 гноєм 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 усієї 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 заоплюваних 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 укладати 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 солому подрібненою безпосередньо на полі після збирання врожаю колосових, розкидати по ній гній та азотні мінеральні добрива (40–80 кг/га) й обробити ґрунт дисковим лушпильником. 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 зниження 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 прісно-водних 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 5.1

Розрахувати дози гною для створення бездефіцитного балансу гумусу в польовій сівоzmіні з метою запобігання зменшенню родючості ґрунтів.

Методика виконання завдання:

1. Розрахувати накопичення поживних і коренових залишків (т/га) кожної з культур сівоzmіни множенням планового врожаю (табл. 5.1) на коефіцієнт перерахунку (табл. 5.2).

2. Розрахувати накопичення гумусу з поживних та коренових залишків (т/га) множенням розрахованої кількості залишків на коефіцієнт гуміфікації кожної з культур сівоzmіни.

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 поживних та кореневих залишків сумарних втрат гумусу від мінералізації та ерозії.

Таблиця 5.1

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	Озима пшениця	4,4	Люцерна II року	30
3	Цукровий буряк	3,5	Люцерна III року	25
4	Соя	2,3	Озима пшениця	4,8
5	Озимий ячмінь	3,7	Кукурудза на зерно	4,6
6	Кукурудза на зерно	4,5	Ярий ячмінь	3,3
7	Кукурудза на силос	40	Горох	2,1
8	Озима пшениця	3,0	Озима пшениця	3,8
9	Соняшник	2,3	Кукурудза на силос	42

Таблиця 5.2

Вихідні дані для розрахунків

Культура		Показник			
		Коефіцієнт перерахунку врожаю на масу кореневих та поживних залишків	Коефіцієнт гуміфікації кореневих та поживних 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

5. Визначити компенсаційні дози гною під кожну 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. 5.3.

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

Таблиця 5.3

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

Показник		Культура сівозміни							
		Люцерна 1 року	Люцерна 2 року	Люцерна 3 року	Озима пшениця	Кукурудза на зерно	Ярий ячмінь	Горох	Озима пшениця Кукурудза на силос
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								
1	Компенсаційна доза гумусу, т/га								
1	Доза внесення гумусу, т/га								

Тести

- 1. Які компоненти входять до складу органічної речовини ґрунту?**
 - 1) Корені живих рослин.
 - 2) Корені рослин після скошування травостою.
 - 3) Гуміфіковані корені рослин.
- 2. Який компонент гумусу, головню, зумовлює родючість ґрунту?**
 - 1) Гумінові кислоти.
 - 2) Фульвокислоти.
 - 3) Гумінові залишки.
- 3. Який показник є інтегральним для визначення ґрунтової родючості?**
 - 1) Вміст N, P, K.
 - 2) Вміст гумусу.
 - 3) Гранулометричний склад.
 - 4) Кількість органічної речовини.
- 4. На яких ґрунтах швидше відбувається мінералізація гумусу?**
 - 1) Супіщаний без зрошення.
 - 2) Суглинистий без зрошення.
 - 3) Супіщаний при зрошенні.
 - 4) Суглинистий при зрошенні.
- 5. У якому полі зерново-перелогово-просапної сівозміни відбувається найбільш інтенсивна мінералізація гумусу?**
 - 1) Чорний пар.
 - 2) Озима пшениця.
 - 3) Кукурудза на зерно.
 - 4) Горох.
 - 5) Соняшник.
- 6. Який тип підстилкового гною доцільно використовувати в умовах півдня степу України?**
 - 1) Свіжий.
 - 2) Напівперепрілий.
 - 3) Перепрілий.
 - 4) Сирець.

7. Під які культури не можна вносити безпідстилковий гній за санітарно-гігієнічними вимогами?

- 1) Озима пшениця.
- 2) Томати.
- 3) Кукурудза на зерно.
- 4) Капуста.

8. Що входить до складу торфу?

- 1) Негуміфіковані рослинні рештки.
- 2) Перегній.
- 3) Мінеральні включення.
- 4) Усе назване.

9. Як може бути використана гноївка?

- 1) Безпосередньо як добриво.
- 2) Як компонент компостів.
- 3) Для змочування штабелів гною, що розігріваються.
- 4) Усіма названими способами.

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

- 1) Розведення.
- 2) Висушування.
- 3) Компостування.

.....Контрольні запитання

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 № 6

ОЦІНКА ТОКСИЧНОСТІ ПЕСТИЦИДІВ ТА ЇХ КУМУЛЯТИВНОЇ ДІЇ

Основні теоретичні положення Роль пестицидів у сучасному сільському господарстві

У сучасному сільському господарстві для отримання високих і стійких урожаїв використовують різні продукти хімічної промисловості. Серед них важливе місце посідають пестициди – засоби захисту сільськогосподарських рослин від шкідників, хвороб та бур'янів.

Сьогодні інтенсифікація сільського господарства без застосування засобів хімізації стає нереальною. Потенційні щорічні збитки, яких могли б завдавати шкідники сільськогосподарських культур, становили б мільярди доларів. За даними ФАО понад 30 % потенційно можливого врожаю сільськогосподарських культур втрачаються через недосконалий захист рослин. Ці втрати оцінюють сумою, близькою до 75 млрд дол., серед них втрати від шкідників становлять 30 млрд, від хвороб – 25 млрд та від бур'янів – 20 млрд.

За розрахунками фахівців застосування пестицидів у США могло підвищити врожай сільськогосподарських культур на 20–30 % та знизити ціни на продукти харчування на 1/3. Відмова від використання пестицидів призвела б до подорожчання продуктів харчування не менше, ніж на 150–200 %. Без пестицидів індустриальне вирощування рису стало б практично неможливим, а виробництво бавовнику та арахісу скоротилося б більше, ніж у 3–5 разів. У США на проведення заходів із захисту рослин щорічно витрачають близько 4 млрд доларів, а зберігається сільськогосподарської продукції приблизно на 15–18 млрд дол. Прибутки від витрат на пестициди є дуже високими

і поступаються лише прибуткам від використання добрив. Сумарні витрати на хімічні засоби окупуваються в середньому у 3,7–4,5 разів, причому максимальний ефект досягають за використання пестицидів на плодowych, овочевих культурах та виноградниках.

Досить наочно продемонстровано ефективність пестицидів у Японії, де до Другої світової війни врожай рису становив 25 ц/га. До 1953 р., унаслідок інтенсифікації господарства, урожай зріс до 31 ц/га, був нестійким за роками, що значною мірою пояснювалося розповсюдженням хвороб та шкідників. З часом, після початку широкого використання добрив, фосфорорганічних пестицидів та фунгіцидів, урожаї досягли 52 ц/га і стали стійкими. У Канаді кожний долар, витрачений на пестициди у сільському господарстві, дає близько 2,5 дол. прибутку. В Індії та Пакистані, де пестициди практично не застосовували, врожай зернових з 1945 р. підвищився лише на 3 ц/га і зараз становить в Індії 16,2 ц/га. За приблизними підрахунками 36 % урожаю втрачається від шкідників, 10 % – від хвороб та 11 % – від бур'янів.

В Україні для боротьби з бур'янами все більш широко застосовують гербіциди, які допомагають у сполученні з агротехнічними заходами значно скоротити обсяги ручної праці у сільському господарстві. У 80-х роках ХХ ст. гербіциди використовували більше, ніж у 60 % господарств.

Екологічна небезпека пестицидів

З екологічного погляду такі засоби хімізації сільськогосподарського виробництва як пестициди належать до групи дуже небезпечних речовин антропогенного походження, що надходять до біосфери. За деякими даними пестициди вважають одними з найнебезпечніших чинників забруднення навколишнього середовища, які є шкідливими практично для всіх живих організмів, охоплюючи корисних комах, тварин і людей. Незважаючи на те, що пестициди становлять дуже незначну частину загальної маси забруднювачів, їх екологічна небезпечність зумовлена високою біологічною активністю. Потенційну загрозу використання пестицидів для людей і тварин визначають

гострою токсичністю, що виявляють пестициди під час потрапляння в організм. Пестицидам властива хронічна токсична дія, а також кумулятивний ефект (накопичення). Серед найбільш небезпечних хвороб, що виникають унаслідок токсикації організму, виділяють злоякісні пухлини (переважно печінки), порушення роботи шлунково-кишкового тракту, хромосомні порушення, підвищення інтенсивності мутаційних процесів, аномалії розвитку тощо.

Більше половини пестицидів належать до мутагенів, що змінюють спадкову природу організму. В останні десятиліття різко зросла кількість алергічних захворювань, що розцінюють як один із наслідків негативного впливу пестицидів. За останні 20 років у світі було зареєстровано декілька масових отруєнь, які були викликані забрудненням пестицидами харчових продуктів, а також унаслідок вживання в їжу протруєного насіння.

Поки що в Україні не простежується загрозливого зростання захворювання населення внаслідок прямої чи опосередкованої дії пестицидів. Проте, зважаючи на тривалий період появи небезпечних захворювань, їх кумулятивну дію, а також порівняно недавній помітний початок масового використання пестицидів, доводиться констатувати, що забруднення навколишнього середовища пестицидами є досить небезпечним для майбутнього. Одним із яскравих доказів шкідливого впливу пестицидів на фауну є різке зменшення кількості хижих птахів. Орли та соколи є однією з кінцевих ланок у ланцюгах живлення і споживають з тілами своїх жертв максимальну кількість штучних хімікатів.

З часів початку широкого використання пестицидів в аграрному виробництві вони почали активно надходити до відкритих водойм. Здебільшого така міграція відбувається під впливом дощових і талих вод, що змивають препарати з рослин і ґрунту, а також внаслідок авіаційної обробки полів. Певну стурбованість викликає той факт, що, починаючи з 1994 р., до України у великих кількостях почали надходити імпорتنі пестициди, багато з яких заборонені на Заході й використовуються в нас через відсутність належної законодавчої бази, низькі вимоги до якості пестицидів та екологічну неосвіченість аграрних комерсантів.

Отже, пестициди – це досить вагомий чинник забруднення біосфери, однак їх застосування у сучасному сільському господарстві поки що є вимушеним заходом. Тенденція останніх років полягає у певному скороченні масштабів застосування пестицидів через економічні проблеми більшості господарств та відносно високі ціни на препарати, що позитивно позначається на стані навколишнього середовища України.

Класифікації пестицидів

Аналізуючи проблему впливу хімічних засобів захисту рослин на навколишнє середовище, неможливо обмежитися загальним терміном “пестициди”, не беручи до уваги суттєвих відмінностей у поведінці окремих препаратів та їх груп у біосфері. За наявності великого асортименту пестицидів важливого значення набуває їх класифікація залежно від призначення, хімічної природи, патогенних властивостей для людей та теплокровних тварин, а також різноманітних екологічних особливостей.

Існує декілька поширених класифікацій пестицидів:

Виробнича класифікація – класифікація, заснована на розподілі речовин за їх виробничим призначенням (гербіциди – для боротьби з бур’янами, акарициди – для знищення кліщів, арборициди – для знищення небажаної дерев’янистої та чагарникової рослинності, інсектициди – для боротьби з комахами тощо).

Хімічна класифікація – класифікація, в основу якої покладено принцип групування речовин за класами хімічних сполук з подібними властивостями й складом (хлорорганічні, фосфорорганічні та інші групи).

Токсиколого-гігієнічна класифікація – класифікація, заснована на показниках токсичності препаратів для біологічних об’єктів з урахуванням їх здатності циркулювати у біосфері.

Остання класифікація є дуже важливою для агроекології, оскільки вона бере до уваги екологічні наслідки застосування пестицидів у навколишньому середовищі стосовно об’єктів флори та фауни.

Показники токсиколого-гігієнічної оцінки пестицидів

На основі всебічної оцінки кожного пестициду дослідні установи проводять ретельний добір препаратів для використання в народному господарстві за показниками, покладеними в основу гігієнічної класифікації пестицидів. Для оцінки екологічної небезпеки пестицидів ураховують такі показники токсичності:

Порогова концентрація — найменша кількість речовини, здатна викликати зміни в організмі, які визначаються чутливими біохімічними та фізіологічними тестами за відсутності зовнішніх ознак отруєння тварини.

Токсична не смертельна концентрація — найменша кількість речовини, що викликає помітні прояви отруєння без смертельного кінця.

Токсична смертельна концентрація — найменша кількість речовини, що викликає отруєння зі смертельним кінцем.

Для прогнозування небезпеки гострого отруєння визначають **середні смертельні (летальні) дози** — LD_{50} , тобто дози, що викликають загибель 50 % тварин, а також **зону токсичної дії** — тобто відношення LD_{50} до порогової концентрації. Чим це відношення менше, тим вузьча зона токсичної дії і, відповідно, більша небезпека гострого отруєння. Наприклад, використання тіофосу заборонено через вузьку зону токсичної дії: його порогова концентрація 3 мг/кг маси тварини, а LD_{50} — 10 мг/кг.

Для токсиколого-гігієнічної оцінки пестицидів використовують шкалу.

Таблиця 6.1

Шкала токсиколого-гігієнічної класифікації пестицидів

Клас	Категорія пестициду	LD_{50} мг/кг живої ваги тварини	
		При потраплянні через травний канал	При потраплянні через шкіру тварин
I	Сильнодіючий	до 50	до 10
II	Високотоксичний	50–200	10–100
III	Середньотоксичний	200–1000	100–1000
IV	Малотоксичний	понад 1000	понад 1000

Екологічна небезпека препаратів для теплокровних значною мірою зумовлена так званою шкірно-резорбтивною токсичністю, яку визначають шкірно-оральним коефіцієнтом.

Шкірно-оральний коефіцієнт – це відношення величини середньої смертельної дози (LD_{50}), встановленої при введенні речовини на шкіру, до середньої смертельної дози при введенні до шлунку (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

**Шкірно-резорбтивна токсичність препаратів
залежно від шкірно-орального коефіцієнта**

Клас	Шкірно-оральний коефіцієнт	Шкірно-резорбтивна токсичність
I	1	Різко виражена
II	1–3	Виражена
III	понад 3	Слабовиражена

З погляду охорони повітряного середовища та його небезпечності для здоров'я людей і тварин пестициди розподіляють за ступенем летючості (табл. 6.3) на основі насичувальної концентрації, тобто максимальної кількості речовини, що може перебувати у паровій фазі в одиниці об'єму повітря за умов нормального атмосферного тиску та певної температури.

Таблиця 6.3

Класифікація пестицидів за летючістю

Клас	Категорія пестициду	Ступінь летючості
I	Дуже небезпечний	Насичувальна концентрація однакова або більше токсичної
II	Небезпечний	Насичувальна концентрація більше порогової
III	Малонебезпечний	Насичувальна концентрація менше порогової

Кумулятивну здатність пестицидів оцінюють за коефіцієнтом кумуляції – відношенням сумарної LD_{50} за багаторазового введення до LD_{50} за однократного введення (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

Класифікація пестицидів за кумулятивною здатністю

Клас	Коефіцієнт кумуляції	Категорія пестициду
I	менше 1	Дуже кумулятивний
II	1–3	Кумулятивний
III	3–5	Помірно кумулятивний
IV	понад 5	Слабокумулятивний

Стійкість пестицидів оцінюється за тривалістю їх розкладу до нетоксичних компонентів у різних біологічних об'єктах, ґрунті тощо (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

Класифікація пестицидів за стійкістю у навколишньому середовищі

Клас	Тривалість розпаду, місяців	Категорія пестициду
I	6–24	Стійкий
II	1–6	Помірно стійкий
III	до 1	Малостійкий

Ці гігієнічні критерії оцінки й класифікація пестицидів за ступенем їхньої шкідливості ухвалені Всесвітньою організацією охорони здоров'я. Ними користується абсолютна більшість держав, зокрема Україна, за гігієнічної оцінки нових пестицидів, складання висновків про можливість використання нових препаратів у сільському господарстві, регламентації гігієнічних нормативів їх застосування тощо. Цю класифікацію беруть до уваги під час оцінювання результатів експертизи харчових продуктів, отриманих від тварин та рослин. Якщо препарат хоча б за одним із показників належить до I групи гігієнічної класифікації, його визнають дуже небезпечним для людей та теплокровних тварин і не допускають до впровадження у виробництво.

Екологічні вимоги до пестицидних препаратів

Завдяки дослідженням фізико-хімічних, токсикологічних та гігієнічних властивостей пестицидних препаратів, залежності ступеня їхньої токсичності від хімічної будови, а також на основі аналізу ви-

падків отруєння людей, тварин та забруднення навколишнього середовища й харчових продуктів сформульовано такі головні екологічні вимоги до пестицидів:

У сільському господарстві потрібно застосовувати, зазвичай, малотоксичні для людини та теплокровних тварин препарати.

Не можна застосовувати стійкі речовини, що не розкладаються в природних умовах на нетоксичні компоненти протягом двох і більше років.

Не можна застосовувати препарати з різко вираженою кумуляцією.

Заборонено застосовувати речовини, якщо встановлено їх реальну небезпеку внаслідок канцерогенності, мутагенності, ембріотоксичності та алергенності.

Екологізація захисту рослин

Екологічна небезпека пестицидів, їх нагромадження в навколишньому середовищі змусили шукати нові підходи до організації захисних технологій. Унаслідок цього запропоновано інтегровані системи захисту рослин, що мають природоохоронний напрям.

Інтегровані системи захисту рослин передбачають загальне підвищення культури сільськогосподарського виробництва, дотримання сівозмін, переважне вирощування стійких сортів та гібридів, створення умов, що пригнічують розмноження популяцій шкідників та збудників хвороб і позбавляють їх можливості зберігатися в резерваціях у несприятливі сезони року, а також раціональне застосування пестицидів, мікробіологічних препаратів та ентомофагів.

Інтегровані системи повинні охоплювати методи боротьби у такій збалансованій послідовності, щоб вплив корисних факторів зовнішнього середовища максимально зберігався і виключалася можливість забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами. Тому розроблення таких систем має дуже важливе значення для практичного сільського господарства. Інтегровані системи ґрунтуються на різних методах боротьби зі шкідниками і хворобами:

Агротехнічний метод є одним із основних в інтегрованих системах. Більшість агротехнічних заходів мають профілактичний характер, запобігають розмноженню шкідливих комах і допомагають безпосередньо знищити бур'яни. Найголовнішими агротехнічними заходами в інтегрованих системах є: сівозмінна, система обробітку ґрунту, система добрив, очищення й сортування насіння, строки та способи сівби, боротьба з бур'янами, а також терміни й способи збирання врожаю.

Біологічний метод є найбільш перспективним та ефективним методом скорочення кількості застосування пестицидів. Біологічний метод регулювання чисельності шкідників розвивається у двох напрямках. Перший пов'язаний з розробленням заходів, що активізують природні ресурси корисних організмів-ентомофагів, а також застосуванням токсичних речовин із мінімальним негативним впливом. Другий напрям полягає у застосуванні засобів біологічної боротьби зі шкідниками й хворобами (статеві феромони, гормони, атрактанти та антифіданти тощо). Значні потенційні можливості має мікробіологічний метод, який передбачає використання різних груп мікроорганізмів і продуктів їх життєдіяльності для стримування масової появи хвороб і шкідників. Біометод у боротьбі з бур'янами розвивається в напрямі інтродукції спеціалізованих фітофагів, а також створення епіфітотій у популяції бур'янів.

Хімічний метод передбачає саме використання пестицидів. Перевага цього методу безумовно полягає в можливості швидкого й ефективного застосування, однак метод має суттєві недоліки через пряму та побічну дію цих хімікатів.

Механічний метод є дуже трудомістким, тому його застосовують переважно в найбільш інтенсивних галузях рослинництва, зокрема у плідництві. Застосовують такі заходи, як улаштування перешкод для шкідників, збирання і знищення шкідників, використання прилад, ловильних споруд тощо.

Фізичний метод зводиться до регуляції температурного режиму під час зберігання та переробки сільськогосподарської продукції, влаштування клейових та інших пасток тощо. Іноді застосовують

дезинсекцію складів та насіння за допомогою токів високої частоти іонізуючого випромінювання. До цих методів варто віднести також сушіння насіння й зернових продуктів.

Карантинні заходи спрямовані на запобігання ввезенню в країну нових видів шкідників і хвороб, а також на виявлення, обмеження та ліквідацію спалахів розмноження хвороб і шкідників у системі установ Державної карантинної інспекції.

Термінологія

Пестицид – хімічна речовина, що є засобом захисту сільсько-господарських рослин від шкідників, хвороб та бур'янів.

Порогова концентрація – найменша кількість речовини, що викликає зміни в організмі за відсутності зовнішніх ознак отруєння.

Токсична не смертельна концентрація – найменша кількість речовини, що викликає помітні прояви отруєння без смертельного кінця.

Токсична смертельна концентрація – найменша кількість речовини, що викликає отруєння зі смертельним кінцем.

Середня смертельна (летальна) доза – LD_{50} – доза пестициду, що викликає загибель 50 % тварин.

Зона токсичної дії – відношення LD_{50} до порогової концентрації.

Шкірно-оральний коефіцієнт – відношення дози (LD_{50}) при введенні речовини на шкіру до дози (LD_{50}) при введенні речовини у шлунок.

Насичувальна концентрація – максимальна кількість речовини, що може перебувати у паровій фазі в одиниці об'єму повітря за умов нормального атмосферного тиску та певної температури.

Коефіцієнт кумуляції – відношення сумарної дози (LD_{50}) за багаторазового введення до дози (LD_{50}) за одноразового введення.

Інтегрована система захисту рослин – система агротехнічних, біологічних, хімічних, фізичних, механічних та карантинних заходів для забезпечення економічно доцільного та екологічно безпечно-го захисту сільськогосподарських рослин від хвороб, шкідників та бур'янів.

Завдання 6.1

Оцінити й порівняти екологічну небезпеку нових експериментальних інсектицидних препаратів за групою токсичності, зоною токсичної дії та шкірно-резорбтивною токсичністю для теплокровних і людини.

Методика виконання завдання:

1. Визначити групу загальної токсичності препарату за LD_{50} (мг/кг) при потраплянні препарату в організм тварини через травний канал та через шкіру за класифікаційною шкалою (табл. 6.1).

2. Розрахувати зону токсичної дії препаратів, поділивши LD_{50} за орального потрапляння на порогову концентрацію.

3. Розрахувати шкірно-оральний коефіцієнт діленням LD_{50} при введенні речовини на шкіру на LD_{50} при введенні в шлунок. Визначити клас шкірно-резорбтивної токсичності за класифікаційною шкалою (табл. 6.2).

4. Отримані результати оформити у вигляді табл. 6.7.

Таблиця 6.6

Вихідні дані для розрахунків

Номер препарату	LD_{50} , мг/кг		Порогова концентрація, мг/кг
	При потраплянні у шлунок	При потраплянні через шкіру тварин	
1	28,1	145,8	4,5
2	159,9	650,1	35,2
3	388,6	1300,2	40,4
4	568,0	1175,0	103,6
5	894,3	4235,6	218,0
6	1195,8	1368,0	194,8

Таблиця 6.7

Розрахунок показників токсичності нових препаратів

Препарат	Група загальної токсичності		Зона токсичної дії	Шкірно-оральний коефіцієнт	Клас шкірно-резорбтивної токсичності
	При потраплянні у шлунок	При потраплянні через шкіру тварин			
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Завдання 6.2

Оцінити й порівняти екологічну небезпеку нових гербіцидів за летючістю, кумулятивною здатністю та стійкістю в навколишньому середовищі.

Методика виконання завдання:

1. Визначити категорію й відповідний клас летючості гербіцидів (табл. 6.8) за класифікаційною шкалою (табл. 6.3).

2. Розрахувати коефіцієнт кумуляції гербіцидів діленням сумарної LD_{50} за багаторазового введення на LD_{50} за однократного введення. Визначити клас кумулятивної здатності гербіцидів за класифікаційною шкалою (табл. 6.4).

3. Визначити клас стійкості гербіцидів за тривалістю їх розкладання в навколишньому середовищі за класифікаційною шкалою (табл. 6.5).

Таблиця 6.8

Вихідні дані для розрахунків

Гербіцид	Концентрація, мг/м ³			Сумарна ЛД ₅₀ , мг/кг		Тривалість розпаду, місяців
	Порогова	Токсична	Насичувальна	При багаторазовому введенні	При однократному введенні	
1	2,3	8,4	1,7	681,1	128,5	1
2	1,8	3,8	2,3	1035,9	225,2	7
3	0,9	3,6	0,3	676,3	198,9	3
4	0,7	9,8	0,5	2379,6	290,2	2
5	0,5	5,5	5,5	106,4	88,7	1
6	0,5	7,8	0,6	3822,0	390,0	18

4. Визначити інтегральний ступінь токсичності препаратів за сукупною оцінкою загальної токсичності, величини зони токсичної дії та шкірно-резорбтивної токсичності для теплокровних і людини.

5. Проаналізувати отримані дані. Зробити й записати відповідні висновки щодо порівняльної оцінки екологічної безпечності препаратів.

Завдання 6.3**Оцінка інтенсивності детоксикації стійких органічних забруднювачів**

Період напіврозкладу стійкого хлорорганічного інсектициду ДДТ становить 12 років. Розрахуйте, за який час у ґрунті лишиться 12,5 % його початкової кількості, яка становить 0,53 мкг/кг ґрунту?

Завдання 6.4**Оцінка концентрування стійких органічних забруднювачів у трофічних ланцюгах.**

Користуючись схемою міграції інсектициду діелдрину, розрахуйте коефіцієнт його нагромадження у трофічному ланцюгу фітопланктон→зоопланктон→ракоподібні, хижі риби→чайки. Зро-

біть висновок про коефіцієнт нагромадження діелдрину у біомасі (г/кг ваги) консументів четвертого рівня.

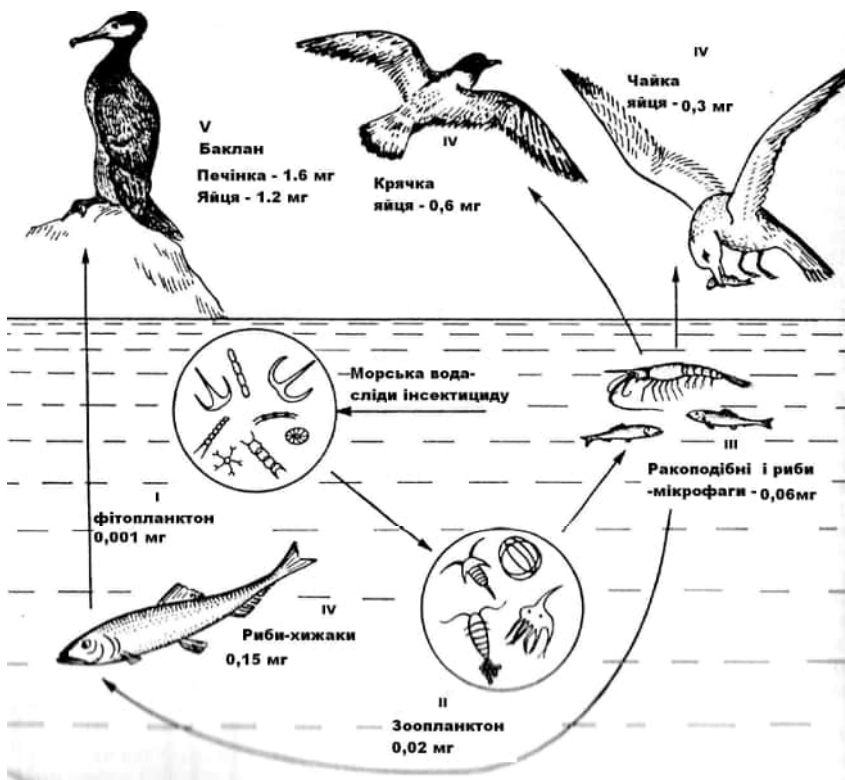


Схема міграції та накопичення пестицидів у трофічних ланцюгах

Схема відображає прогресуюче накопичення діелдрину (інсектициду, що використовують у сільському господарстві, та вражає центральну нервову систему комах, застосовують для знищення жуків, мух та їх личинок, стійкий до біодеградації, входить до "брудної дюжини" стійких органічних полутантів) у трофічних ланцюгах морських організмів.

1. Що лежить в основі токсиколого-гігієнічної класифікації пестицидів?

- 1) Принцип групування речовин за класами хімічних сполук.
- 2) Розподіл речовин за виробничим призначенням.
- 3) Показники токсичності для організмів.
- 4) Можливість міграції та нагромадження у біосфері.

2. Що таке зона токсичної дії пестициду?

- 1) Діапазон між LD_{50} та пороговою концентрацією.
- 2) Відношення LD_{50} до порогової концентрації.
- 3) Діапазон між токсичною смертельною та токсичною не смертельною концентраціями.
- 4) Відношення токсичної смеральної до порогової концентрації.

3. Яка концентрація препарату є найбільшою?

- 1) LD_{50} .
- 2) Токсична не смертельна.
- 3) Токсична смертельна.
- 4) Порогова.

4. Яка концентрація препарату є найменшою?

- 1) LD_{50} .
- 2) Токсична не смертельна.
- 3) Токсична смертельна.
- 4) Порогова.

5. Що таке шкірно-оральний коефіцієнт?

- 1) Відношення LD_{50} при введенні речовини на шкіру до LD_{50} при введенні в шлунок.
- 2) Відношення порогової концентрації при введенні речовини на шкіру до LD_{50} при введенні в шлунок.
- 3) Відношення LD_{50} при введенні речовини на шкіру до порогової концентрації при введенні в шлунок.
- 4) Відношення сумарної LD_{50} за багаторазового введення до LD_{50} за однократного введення.

- 6. При збільшенні LD_{50} від уведення препарату через шлунок шкірно-резорбтивна токсичність за інших однакових умов**
- 1) Збільшується.
 - 2) Зменшується.
 - 3) Не змінюється.
- 7. Які фактори впливають на летючість пестициду?**
- 1) Хімічна природа сполуки.
 - 2) Атмосферний тиск.
 - 3) Температура.
 - 4) Усі названі.
- 8. Які пестициди не нагромаджуються в органах і тканинах людини та теплокровних?**
- 1) Фосфорорганічні.
 - 2) Хлорорганічні.
 - 3) Ртутьорганічні.
 - 4) Препарати міді.
 - 5) Гетероциклічні сполуки.
- 9. Який максимальний термін стійкості препаратів у навколишньому середовищі передбачають екологічні вимоги до пестицидів?**
- 1) 1 місяць.
 - 2) 6 місяців.
 - 3) 12 місяців.
 - 4) 24 місяці.
- 10. До якого методу інтегрованої системи захисту рослин варто віднести застосування клейких ловильних споруд на основі статевих гормонів комах?**
- 1) Хімічний.
 - 2) Біологічний.
 - 3) Механічний.
 - 4) Фізичний.

.....Контрольні запитання

1. За якими ознаками класифікують пестициди?
2. Що таке порогова концентрація? Як її визначають?
3. Що таке токсична не смертельна концентрація? Як її визначають?
4. Що таке токсична смертельна концентрація? Як її визначають?
5. Що таке LD_{50} ? Як її визначають?
6. Що таке кумулятивна здатність пестицидів?
10. У чому полягають екологічні вимоги до пестицидних препаратів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

ОЦІНКИ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЛЯХ

Теоретичні положення Значення ґрунту в агроекосистемах

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 зазна-

чають прогресування продовольчої кризи, яка вже наявна в країнах Африки та Латинської Америки.

Оскільки землеробство є первинною ланкою в отриманні людинством 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 ґрунту.

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, канав і ярів, що призводить до найбільш інтенсивної ерозії – до 50 т/га і більше. Фільтраційне вимивання небезпечне 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, поживними 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 сівба впоперек схилу, а також різноманітні способи прийому обробітку (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 зачислювати до ґрунтозахисного методу обробки. **Протирозійним 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 $0-3^\circ$ зосереджуються усі просапні культури за високої агротехніки;
- на схилах $3-7^\circ$ – 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. Шичула 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

Ґрунт – 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 КПП–2,2 (на глибину 8–15 см) та плоскорізами-глибокорозрихлювачами КПП 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 ефективне 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 7.1

Визначити інтенсивність поверхневого стоку (у тонах води з 1 га), якщо фільтруюча здатність ґрунту дорівнює X т/га за 1 хв, а дощ потужністю Y мм випав протягом N хв.

Таблиця 7.1

Вихідні дані для розрахунків

Варіант завдання	Фільтрувальна здатність ґрунту (X), т/га за 1 хв	Кількість опадів (Y), 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 табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Розрахунок інтенсивності поверхневого стоку

Варіант 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 7.2

Зробити класифікацію ґрунтів господарства за інтенсивністю водної ерозії за 10 років.

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. 7.4).

Таблиця 7.3

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		

Таблиця 7.4

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.

.....Тести

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

1) Вміст гумусу.

- 2) Фільтраційна здатність.
- 3) Щільність.
- 4) Вміст мінеральних елементів живлення.
- 5) Аерація родючого шару.

2. Які чинники впливають на інтенсивність водної ерозії?

- 1) Інтенсивні дощі.
- 2) Структура ґрунту.
- 3) Технологія зрошення.
- 4) Усі названі чинники.
- 5) Жоден із названих чинників.

3. Які фактори впливають на інтенсивність вітрової ерозії?

- 1) Швидкість вітру.
- 2) Структура ґрунту.
- 3) Тип рослинного покриву.
- 4) Усі названі фактори.
- 5) Жоден із названих.

4. Що таке дефляція?

- 1) Водна ерозія.
- 2) Вітрова ерозія.
- 3) Сукупна (водна й вітрова) ерозія.

5. Які процеси є складовими ґрунтоутворювального процесу?

- 1) Утворення органічної речовини.
- 2) Руйнування органічної речовини.
- 3) Розкладання мінеральних сполук.
- 4) Синтез мінеральних сполук.
- 5) Усе назване.

6. Що таке критична швидкість вітру?

- 1) Максимальна для певної зони.
- 2) Мінімальна для певної зони.
- 3) Така, що зумовлює початок ерозії.
- 4) Така, що не викликає ерозії.

7. Що зумовлює агротехнічну цінність синтетичних полімерних структуроутворювачів ґрунту?

- 1) Вони укріплюють структуру ґрунту.
- 2) Вони містять біологічно активні речовини.
- 3) Вони містять елементи мінерального живлення для рослин.
- 4) Вони поліпшують водно-фізичні властивості ґрунту.
- 5) Усе назване.

8. Що таке гребенево-кулісний обробіток ґрунту?

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

9. Які культури забезпечують максимальний коефіцієнт проти-ерозійної ефективності?

- 1) Цукрові буряки.
- 2) Багаторічні трави.
- 3) Соняшник.
- 4) Ярі зернові.
- 5) Озимі зернові.

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

- 1) Полицевий плуг.
- 2) Дисковий лушпильник.
- 3) Чизельний культиватор.
- 4) Зубова борона.
- 5) Усі названі машини.

.....Контрольні запитання

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 № 8

ОЦІНКА ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА КОМПОНЕНТИ АГРОЕКОСИСТЕМ

Основні теоретичні положення Природа іонізуючого випромінювання

Іонізуюче випромінювання – це високоенергетичне випромінювання, зумовлене розпадом радіоактивних речовин. Взаємодія цих променів із речовинами викликає розпад молекул і атомів на іони, тобто частки, які в електростатичному розумінні несуть позитивний або негативний заряд.

Іонізуюче випромінювання (або іонізуюча радіація) є досить потужним екологічним фактором, особливо внаслідок використання людиною атомної енергії. У той же час варто розглядати радіацію як принципово новий фактор антропогенного походження, оскільки протягом еволюції органічного світу усі організми зазнавали й зазнають цього впливу від природних джерел. Більше того, вважають, що за часів зародження життя на Землі дози іонізуючої радіації були значно вищими, ніж зараз.

Іонізуюча дія радіації переважно є шкідливою для організмів, оскільки вона призводить до руйнування хімічних зв'язків, що тягне за собою фрагментацію полімерів, розпад простих молекул, порушення процесів метаболізму тощо. Отже, накопичення радіонуклідів у біосфері, в тім числі у сфері аграрного виробництва, згубно впливає на біологічні системи. Важливою властивістю радіонуклідів потрібно вважати їх здатність до біогенної міграції, тобто включення в ланцюг: радіоактивні викиди–грунт (повітря, вода)–сільськогосподарські рослини–сільськогосподарські тварини–людина.

Кількісна оцінка іонізуючого випромінювання

Кількісною оцінкою іонізації організму є поглинута доза опромінення. Вона виражається кількістю енергії радіації, яка поглинута одиницею маси організму (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Фізичні одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання

Фізична величина, символ	Одиниця у системі СІ	Несистемна одиниця	Співвідношення одиниць
Радіоактивність, С	Бк (бекерель)	Ки (кюри)	1 Бк=1 розпад за 1 с =2,7x10 ⁻¹¹ Ки 1 Ки=3,7x10 ¹⁰ Бк
Поглинута доза, Д	Гр (грей)	Рад (рад)	1Гр=100 Рад 1 Рад=1 Дж/кг
Еквівалентна доза, Н	Зв (зіверт)	Бер (бер)	1 Зв=100 Бер 1 Бер=1Гр
Експозиційна доза, Х	Кл/кг (кулон на кілограм)	Р (рентген)	1 Р=2,58 x 10 ⁻⁴ Кл/кг 1 Кл/кг=3,77x10 ³ Р

Уважають, що біологічна ефективність альфа-частинок та важких ядер у двадцять разів, а нейтронів і протонів – у десять разів вища, ніж гамма-частинок і рентгенівського випромінювання. Крім того, різні тканини рослинних і тваринних організмів мають неоднакову радіочутливість, тобто вразливість. Тому в практичній радіобіології послуговуються також поняттям ефективна еквівалентна доза (ЕЕД), яка визначається для кожної конкретної тканини або органу і вимірюється у біологічних еквівалентах рентгена (Бер). Наприклад, доза опромінення щитовидної залози у 100 Бер відповідає ЕЕД= 3 Бер, тобто в разі рівномірного опромінення усього тіла дозою 3 Бер вірогідність шкоди організму така ж, як і дози 100 Бер лише для щитовидної залози.

Для вимірювання ступеня іонізації повітря традиційно застосовують одиницю експозиційної дози – рентген (Р). Потужність дози рентгенівського або гамма-випромінювання, відповідно, визначається рівнем радіації (Р/год).

Важливо, що радіоактивний розпад не залежить від зовнішніх причин, таких як температура, тиск, хімічні умови тощо. Отже, одним

із головних показників радіоактивного елемента є період напіврозпаду, тобто час, протягом якого радіоактивність елемента зменшується вдвічі.

Шляхи міграції радіонуклідів у біосфері

У загальній системі досліджень міграції радіонуклідів у біосфері найважливіше місце належить дослідженням їхньої поведінки в біологічних та харчових ланцюгах за участю сільськогосподарських рослин та тварин. Безумовно, передусім цей ланцюг розглядають з погляду включення до нього організму людини, оскільки споживання продуктів рослинного або тваринного походження, забруднених радіоактивними речовинами, є одним із головних шляхів внутрішнього опромінення організму.

Для рослин одним із головних джерел радіоактивності слугує ґрунт. Отже, головню, ланцюг міграції радіонуклідів складається з таких компонентів: ґрунт–рослини–тварини–людина. Фактичні зв'язки між цими компонентами існують на всіх рівнях у будь-яких попарних взаємодіях, оскільки радіоактивність ґрунту, наприклад, відображається і на людині, і на тваринах, а останні однаково вірогідно споживають забруднену радіонуклідами рослинну їжу тощо.

Радіоактивність ґрунту впливає і певною мірою залежить від радіоактивності навколишніх водоймищ. Отже, ці компоненти також тісно пов'язані між собою через проникність ґрунтових вод та інших взаємодій. У разі забруднення водоймищ радіоактивні речовини надходять ланцюгом вода–планктон–бентос–невеликі риби–промислові риби–тварина чи людина або вода–водні рослини–риби–тварина.

Для всіх згаданих компонентів різних ланцюгів міграції існує загальне джерело радіоактивності – радіоактивні опади. Проте внесок цього так званого "ареального" шляху надходження радіоактивних речовин до організму є суттєвим лише в період випадання їх з атмосфери, а також періодично в процесі перенесення радіоактивного пилу. Для біосфери атмосферним опадам належить важлива роль у поширенні радіоактивних речовин. З огляду на це вирізняють "вологе" й "сухе" випадання радіоактивних речовин. У першому значенні

речовини випадають зі снігом або дощем, у другому ж – під дією сили тяжіння. Величезне значення в останньому разі має вітер, оскільки він розносить речовини надзвичайно широко, й вони випадають у досить віддалених від викиду місцях.

Шляхи та закономірності надходження радіонуклідів у рослин

Концентрація радіоактивних речовин під час міграції, зазвичай, зменшується. Наприклад, вміст радіоактивних речовин у рослинах звичайно нижчий, ніж у ґрунті, на якому вони ростуть, а вміст цих речовин у м'ясі та молоці нижчий, ніж у рослинах, якими живиться відповідна тварина. Проте багато й протилежних випадків. Іноді простежується нагромадження (акумуляція) організмами радіоактивних речовин.

Для кількісної оцінки ступеня акумуляції радіоактивних речовин застосовують коефіцієнт нагромадження (КН) – показник співвідношення вмісту радіоактивних речовин в організмі до їх концентрації у навколишньому середовищі. Якщо коефіцієнт нагромадження дорівнює одиниці, це означає, що радіоактивні речовини потрапляють в організм прямо пропорційно їх вмісту у навколишньому середовищі під впливом градієнта концентрації (дифузне проникнення). Коефіцієнт нагромадження більший одиниці свідчить про спрямоване накопичення організмами радіоактивних речовин проти градієнта їхньої концентрації. Нарешті, якщо коефіцієнт нагромадження менший одиниці, організм активно протистоїть проникненню до нього радіоактивних речовин.

Рослини за повної відсутності явних ознак променевого ураження можуть накопичувати значну кількість радіоактивних речовин, зокрема ^{90}Sr та ^{137}Cs . Концентрація цих елементів у деяких рослинах може у десятки разів перевищувати їх вміст у фунті. Внаслідок цього урожай може стати непридатним для харчування людини або годівлі тварин.

Під час дослідження цього явища визначено, що стронцій поводить себе за міграцій до рослинного організму подібно до кальцію, а цезій – подібно до калію. Подібність хімічних властивостей цих

елементів зумовлена їх розміщенням в однакових підгрупах елементів таблиці Д. І. Менделєєва. Отже, багато стронцію накопичують рослини, що традиційно містять багато кальцію: бобові, розоцвітні, жовтецеві, а цезій накопичують калієфіли: овочевий перець, картопля, буряк, капуста, кукурудза, виноград тощо.

Для характеристики кількісних співвідношень пар елементів $^{90}\text{Sr}-\text{Ca}$ та $^{137}\text{Cs}-\text{K}$, один з яких є радіоактивним, використовують термінологічні позначення ”стронцієва одиниця“ та ”цезієва одиниця“. Стронцієва одиниця – це 10^{-12} Кі на 1 г кальцію, а цезієва – 10^{-12} Кі на 1 г кальцію.

Зазвичай, під час переходу радіоактивної речовини від однієї частини міграційного ланцюга до іншого співвідношення між кількостями цієї речовини змінюється. Простежується так звана дискримінація – вибіркове, переважне відношення об’єкта до того чи іншого хімічного елемента. Для кількісної характеристики цього явища використовують **коефіцієнт дискримінації (КД)**, який є часткою від ділення кількості стронцієвих або цезієвих одиниць в об’єкті на відповідну їх кількість у попередній ланці.

Радіоактивні речовини можуть потрапляти в рослину двома головними шляхами:

1. Позакореневе надходження (або ареальне) – відбувається внаслідок прямого забруднення надземних органів рослин радіоактивними часточками, що випадають з атмосфери, з наступним поглинанням їх тканинами вегетативних та репродуктивних органів.

Позакореневе надходження радіоактивних речовин у рослину може відбуватися протягом усього періоду вегетації, тому його інтенсивність значною мірою залежить від наявної кількості та ступеня розвитку листків у рослини. На позакореневе надходження радіоактивних часточок, що осіли на поверхні рослин, значно впливають погодні умови. Часточки можуть здуватися вітром, змиватися дощем. Тому радіоактивні опади у великих кількостях нагромаджуються у відносно “прихованих” місцях: пазухи листків, квітів і навпаки, легко

здуваються чи змиваються з поверхні листків або стебел, особливо неопушених.

2. Кореневе надходження – відбувається через кореневу систему з ґрунту. Ґрунт є сильним сорбентом різноманітних, зокрема й радіоактивних, елементів. Найбільшу адсорбційну здатність має верхній родючий шар, оскільки він є багатим на перегній, де міститься основна частина ґрунтового вбирного комплексу. Отже, висока міцність зв'язування радіоактивних речовин є характерною передусім для важких ґрунтів, багатих на органічні та мінеральні колоїди, а легкі піщані ґрунти, навпаки, слабо затримують радіоактивні частки. Поглинання радіоактивних речовин корінням значною мірою зумовлено їхніми хімічними властивостями. Так, ізотопи цезію та стронцію, що подібні за хімічною характеристикою до калію й кальцію, які мають дуже важливе значення в процесі мінерального живлення рослин, надходять у рослини з ґрунту в найбільших кількостях. А такі радіонукліди, як ^{144}Ce , ^{60}Co , ^{91}Y , ^{95}Nb , ^{95}Zr , ^{106}Ru та інші нагромаджуються в менших кількостях, звичайно на два–три порядки нижчих, ніж їх вміст у ґрунті.

Міграція й нагромадження радіонуклідів у рослинах

Залежно від фізіологічних особливостей кожного рослинного виду міграція й нагромадження радіонуклідів у рослині відбувається по-різному. Однак існують деякі загальні закономірності цих процесів.

У разі позакореневого надходження певна частина поглинутих радіоактивних речовин може залишатися в рослині безпосередньо в області їх проникнення, тим часом як решта – включається через ксилему та флоему в транспортні системи рослини й може внаслідок цього накопичуватися в різних органах і тканинах. Такий перерозподіл закономірно зумовлений хімічними особливостями елементів, фізіологічним значенням подібних до них елементів. Досить інтенсивно переміщуються по рослині радіонукліди цезію, рубідію, йоду, повільніше – стронцію, церію, рутенію, цирконію, ніобію, барію

тощо. Найбільш рухомим елементом є ^{137}Sr , причому до 20–30 % його нагромаджується в насінні.

Якщо відбулося кореневе поглинання, то більша частина радіонуклідів нагромаджується безпосередньо в коренях, близько половини – у стеблі. Значно менше радіоактивних речовин потрапляє в листя, ще менше – у суцвіття і лише кілька відсотків – у зерно. Отже, закономірність такої міграції полягає в тому, що чим далі в транспортному ланцюгу від коріння міститься орган, тим менше радіоактивних речовин він накопичує.

У зернових та зернобобових культур ця залежність позитивна, але якщо продуктивними органами рослини є листя, цибулини, коренеплоди, продукція є значно забрудненою. Проте бульби, що морфологічно є підземними модифікаціями стебла, зазвичай менш забруднені, аніж коріння або бадилля цих же рослин.

Надходження радіонуклідів до організму тварин

Надходження радіонуклідів до організму тварин переважно відбувається через травний канал, меншою мірою – крізь органи дихання, пошкоджені і непошкоджені шкірні покриви. Надходячи до травного каналу, кормові продукти піддаються механічним, хімічним і біологічним змінам, перетворюючись на сполуки, що можуть бути засвоєні організмом. На першому етапі метаболізму радіоактивних речовин вони перетворюються на зручну для засвоювання форму, на другому – відбувається їх безпосереднє засвоєння. Визначено, що радіонукліди вбирає практично уся площа травного каналу. Радіоактивні речовини, які потрапили в кров, розносяться по всіх тканинах та органах, де частково затримуються, вибірково концентруючись в окремих органах. Важливо, що більша їх частина одразу виводиться з організму. Частині радіонуклідів властивий дуже високий ступінь нагромадження в окремих тканинах і органах. Наприклад, щитовидна залоза накопичує величезні кількості радіонуклідів унаслідок специфічного обміну речовин у цьому органі.

Для характеристики терміну перебування в організмі радіоактивних речовин уведено поняття періоду напіввиведення елемента. Це

час, протягом якого активність нагромадженої в організмі радіоактивної речовини знижується вдвічі унаслідок процесів біологічного виділення під час природних процесів обміну. Період напіввиведення залежить передусім від характеру метаболізму. Такі елементи, як ^3H , ^{14}C , ^{24}Na , ^{35}S виводяться з організму ссавців відносно швидко – в середньому від 10 до 90 днів, тим часом як вміст ^{90}Sr , ^{236}Ra навіть протягом 10–20-річного життя знижується дуже несуттєво. На відміну від періоду напіввиведення, період напіврозпаду елемента є константною величиною, що не залежить від жодних факторів.

Запобігання нагромадженню радіонуклідів у продукції сільського господарства

Зменшення вмісту радіоактивних речовин у продукції сільського господарства можливо з використанням системи заходів, спрямованих, врешті-решт, на протипроменевий захист людини як споживача цієї продукції. Комплекс заходів щодо зниження надходження радіоактивних речовин у продукцію, передусім у рослин, – це початковий і головний етап цієї роботи.

Нижче коротко охарактеризовані деякі головні методи запобігання потраплянню радіонуклідів у сільськогосподарські культури.

1. Обробіток ґрунту.

Оскільки нагромадження радіонуклідів відбувається у верхньому орному шарі ґрунту, цілком можливим є загортання забрудненого шару на глибину до 60–70 см плантажним плугом. Це забезпечує зниження накопичення рослинами радіонуклідів у 5–10 разів.

Нетрадиційним для сільського господарства є метод знімання верхнього шару ґрунту шляхоприбиральною, шляхобудівельною технікою, робочими органами яких є металеві щітки, або з використанням грейдерів, бульдозерів, скреперів тощо. Метод заснований на тому, що в перші тижні за умов сухої погоди радіоактивні опади розподіляються лише на поверхні ґрунту в шарі завтовшки не більше кількох сантиметрів. Цим методом можна забезпечити десятикратне зниження забрудненості ґрунту. Однак тоді постає проблема поховання знятого ґрунту в обсязі, що перевищує 600–700 т/га.

За умов незначного забруднення задовільні результати дає застосування звичайної глибокої оранки, оскільки забруднений шар переміщується з більш глибокими шарами, що знижує надходження радіонуклідів у рослини в 2–4 рази.

2. Застосування меліорантів та добрив.

Калійні добрива забезпечують зниження надходження ^{137}Cs у злакові та зернобобові культури в середньому в 3–7 разів, оскільки калій є хімічним аналогом цезію. Отже, використовуючи антагонізм цих елементів, можна значно зменшити вміст ^{137}Cs у продукції рослинництва.

Фосфорні добрива здатні утворювати зі стронцієм та іншими важкими металами II групи періодичної системи Менделєєва нерозчинні сполуки. Однак існують дані про те, що суперфосфати сприяли збільшенню вмісту цезію в товарній частині продукції.

Азотні добрива переважно стимулюють надходження радіоактивних елементів, зокрема цезію та стронцію, у рослини. Отже, на забруднених територіях варто обережно підходити до використання азотних добрив.

Органічні добрива збільшують ємність ґрунтового вбирного комплексу й суттєво зменшують надходження в рослини радіоактивних речовин.

Вапнування призводить до збільшення вмісту у ґрунті кальцію у вигляді оксиду, гідроксиду та карбонату. Внаслідок цього збільшується співвідношення між вмістом стронцію та кальцію, тому останній надходить у рослини обмежено. Крім того, зниження кислотності ґрунту сприяє переходу радіоактивних часток у нерозчинні або важкорозчинні форми. Аналогічна дія властива деяким шлакам металургійної промисловості.

3. Зміна структури сівозміни

Переважне вирощування культур, що мають низькі коефіцієнти накопичення радіоактивних речовин, має важливе значення в плані отримання відносно чистої продукції. До таких культур передусім належать злакові колосові.

Вирощування культур, що максимально накопичують радіоактивні речовини, часто є доцільним з погляду фітодезактивації ґрунту. Тоді виникає проблема поховання або спеціальної переробки отриманої продукції. Найвищі коефіцієнти накопичення радіоактивних речовин мають бобові культури, зокрема люпин.

4. Регулювання режиму зрошення.

Переважно внаслідок зрошення зростає рухливість радіоактивних речовин у ґрунті та їх доступність для кореневих систем рослин. Отже, виникають сприятливі умови для надходження радіоактивних речовин до рослин. Однак є можливість регулювати це надходження.

Якщо джерелом радіоактивності є зрошувальна вода, то потрібно обирати зрошення борознами для зменшення позакореневого надходження радіонуклідів у рослини.

Якщо джерелом радіоактивності є ґрунт, то варто обирати дощування, щоб змити радіоактивний пил з листків рослин і також зменшити позакореневе надходження.

Зменшення кількості поливів за однакової поливної норми сприяє зменшенню надходження радіонуклідів, оскільки рідше створюються умови стимуляції їх поглинання рослинами.

Поливи по можливості бажано проводити у першій половині вегетації. У доросліших рослин розвивається міцніша коренева система, що забезпечує інтенсивне поглинання речовин. Крім того, відбувається формування генеративної частини, яку небажано радіоактивно засмічувати, особливо, коли вона є головною продукцією (зерно, плоди тощо).

5. Внесення спеціальних речовин і сполук.

Для зменшення надходження радіоактивних сполук з ґрунту рекомендується вносити мінерали-сорбенти (іліти, монтморилоніти, вермикуліти, цеоліти, бентоніти тощо).

Крім методів обмеження надходження радіоактивних речовин з ґрунту, розроблено технологічні заходи дезактивації сільськогосподарської продукції, особливо ефективні за промислового перероблення сировини. Зменшення надходження радіонуклідів в організм сільськогосподарських тварин також є цілком можливим.

Насамперед комплекс таких заходів ґрунтується на оптимальному складанні раціонів та додаванні до кормів препаратів, що запобігають переходу радіонуклідів до організму.

Термінологія

Радіоекологія – розділ екології, що вивчає вміст, концентрацію та міграцію радіоактивних речовин у біосфері, а також вплив їх іонізуючих випромінювань на живі організми та екологічні системи.

Сільськогосподарська радіоекологія – розділ радіоекології, що вивчає вміст, концентрацію та міграцію радіоактивних речовин в об'єктах сільськогосподарського виробництва, а також вплив іонізуючого випромінювання на сільськогосподарські рослини, організми тварин та агроценози.

Іонізуюче випромінювання – високоенергетичне випромінювання, взаємодія якого з речовиною зумовлює іонізацію її атомів та молекул, тобто перетворення останніх з електрично нейтральних часток на позитивно і негативно заряджені іони.

Природний радіаційний фон – інтенсивність природного випромінювання, яке є звичайним для кожної конкретної екологічної зони.

Галактичне випромінювання – потік часток надвисокої енергії (переважно протонів) ззовні Сонячної системи.

Сонячне випромінювання – потік часток високої енергії, зумовлене випромінюванням Сонця.

Випромінювання зовнішніх земних джерел – випромінювання земної кори, води та атмосфери, зумовлене наявністю в них радіоактивних ізотопів хімічних елементів.

Випромінювання штучних радіонуклідів – випромінювання радіонуклідів, які штучно видобувають унаслідок ядерних реакцій (переважно у сфері ядерної енергетики та військово-промислового комплексу).

Професійне випромінювання – штучне випромінювання спеціальними приладами, які забезпечують регулювання дози та експозиції випромінювання в науково-дослідницькій та іншій роботі.

Поглинута доза – кількість енергії радіації, яка поглинута одиницею маси тіла.

Ефективна еквівалентна доза (ЕЕД) – поглинута доза, що вимірюється у біологічних еквівалентах рентгену для урахування дії випромінювання на різні тканини й органи живих істот.

Період напіврозпаду елемента – час, протягом якого радіоактивність елемента зменшується вдвічі.

Коефіцієнт нагромадження (КН) – співвідношення вмісту радіоактивних речовин в організмі до їх концентрації в навколишньому середовищі.

Коефіцієнт дискримінації (КД) – частка від ділення кількості стронцієвих або цезієвих одиниць в об'єкті на відповідну їх кількість у попередній ланці ланцюга міграції радіоактивних речовин.

Період напіввиведення елемента – час, протягом якого активність нагромадженої в організмі радіоактивної речовини знижується вдвічі унаслідок процесів біологічного виділення під час природних процесів обміну.

Завдання 8.1

Розрахувати коефіцієнти накопичення радіоактивних речовин з ґрунту різними частинами рослин сільськогосподарських культур, якщо вміст радіонуклідів у 100 г сухого ґрунту становить ^{137}Cs – 1,60; ^{90}Sr – 26,0; ^{236}Ra – 1,40 мкКі.

Таблиця 8.2

Вихідні дані для розрахунків

Культура	Орган рослини	Маса сухого зразка, г	Вміст у сухому зразку, мкКі		
			^{137}Cs	^{90}Sr	^{236}Ra
Горох	зерно	150	3,8	28,9	0,6
	солома	700	24,5	315,0	1,4
Кукурудза	зерно	400	4,1	88,2	0,8
	зелена маса	500	9,3	164,2	1,0
Картопля	бульби	600	8,2	94,2	0,6

Методика виконання завдання:

1. Розрахувати вміст радіонуклідів у 100 г сухого зразка. Для цього помножити вміст кожного радіонукліда у сухому зразку (табл. 8.2) на 100 г та поділити на масу сухого зразка (г).

2. Визначити сумарний вміст радіонуклідів у 100 г сухого зразка, додавши розраховані вмісти кожного з радіонуклідів у 100 г сухого зразка.

3. Розрахувати коефіцієнти накопичення радіоактивних речовин з ґрунту, поділивши вміст кожного радіонукліда у 100 г сухої маси певної частини рослини на його вміст у 100 г сухого ґрунту.

4. Знайти сумарний вміст усіх радіонуклідів у 100 г ґрунту.

5. Розрахувати сумарні коефіцієнти нагромадження, поділивши сумарний вміст радіонуклідів у 100 г сухого зразка на сумарний вміст усіх радіонуклідів у 100 г ґрунту.

6. Результати оформити у вигляді табл. 8.3, 8.4.

Таблиця 8.3

Розрахунок вмісту радіонуклідів у 100 г сухого зразка

Культура	Орган рослини	Вмісту у 100 г сухого зразка, мкКі			
		^{137}Cs	^{90}Sr	^{236}Ra	Разом
Горох	зерно				
	солома				
Кукурудза	зерно				
	зелена маса				
Картопля	бульби				

Таблиця 8.4

Розрахунок коефіцієнтів нагромадження радіонуклідів

Культура	Орган рослини	Коефіцієнт нагромадження			
		^{137}Cs	^{90}Sr	^{236}Ra	Сумарний
Горох	зерно				
	солома				
Кукурудза	зерно				
	зелена маса				
Картопля	бульби				

7. Проаналізувати отримані дані і відповісти письмово на такі запитання:

- Яка продукція накопичує максимальну та мінімальну кількість радіонуклідів?
- Для яких культур і органів коефіцієнт нагромадження перевищує одиницю за кожним радіонуклідом та сумарно?
- Що означає коефіцієнт нагромадження, який перевищує одиницю?
- Який радіонуклід є найвагомішим складовим сумарного коефіцієнта нагромадження?
- Які фактори зумовлюють варіацію коефіцієнтів нагромадження для різних культур та їхніх органів?
- Який радіонуклід накопичується в рослинах найбільшою та найменшою мірою? Чому?

Завдання 8.2

Розрахувати прогнозне нагромадження цезію у сільськогосподарській продукції.

Таблиця 8.5

Вихідні дані для розрахунків

Культура	Орган рослини	Вміст ^{137}Cs у ґрунті, мкКі/кг	Вміст калію у ґрунті, г/кг	КД ^{137}Cs
Пшениця	зерно	4,32	6,25	0,4
Ячмінь	солома	5,36	7,04	0,7
Буряк	коренеплід	6,27	8,72	0,8
Капуста	качан	7,21	5,60	0,9
Люцерна	сіно	8,02	8,10	0,6

Методика виконання завдання:

1. Розрахувати кількість цезієвих одиниць у ґрунті, для чого поділити вміст ^{137}Cs у ґрунті (мкКі/кг) на вміст калію (г/кг) та помножити результат на 10^6 для переведення мкКі/г у пКі/г.

2. Обчислити прогнозне нагромадження цезію в продукції множенням розрахованої кількості цезієвих одиниць на коефіцієнт дискримінації (КД) ^{137}Cs за кожним видом продукції.

3. Результати оформити у вигляді табл. 8.6.

Таблиця 8.6

Розрахунок нагромадження цезію в продукції

Культура	Орган рослини	Кількість цезієвих одиниць у ґрунті	Кількість цезієвих одиниць у продукції
Пшениця	зерно		
Ячмінь	солома		
Бурак	коренеплід		
Капуста	качан		
Люцерна	сіно		

4. Проаналізувати отримані дані та відповісти письмово на такі запитання:

- Яка продукція накопичує максимальну та мінімальну кількість цезієвих одиниць?
- Які фактори зумовлюють варіацію коефіцієнтів дискримінації для різних культур?
- Чому існує позитивна кореляція між поглинанням калію та цезію?

.....Тести

1. Який з названих радіоактивних потопів має найбільший коефіцієнт нагромадження в рослині при міграції з ґрунту?

- 1) ^{144}Ce .
- 2) ^{106}Ru .
- 3) ^{91}Y .
- 4) ^{137}Cs .
- 5) ^{95}Nb .

2. Який орган рослини картоплі найменшою мірою накопичує радіонукліди при поглинанні їх з ґрунту?

- 1) Листя.
- 2) Стебла.
- 3) Бульби.
- 4) Коріння.

- 3. Який орган рослини пшениці найменшою мірою накопичує радіонукліди при поглинанні їх з ґрунту?**
 - 1) Листя.
 - 2) Стебла.
 - 3) Коріння.
 - 4) Зерно.
- 4. Який орган рослини кукурудзи найбільшою мірою накопичує радіонукліди при поглинанні їх з ґрунту?**
 - 1) Коріння.
 - 2) Стебло.
 - 3) Листя.
 - 4) Волоть.
 - 5) Качан.
- 5. У яких одиницях вимірюється поглинута доза?**
 - 1) Кюрі (Ки).
 - 2) Бекерель (Бк).
 - 3) Грей (Гр).
 - 4) Рентген (Р).
- 6. Яка культура накопичує максимальну кількість стронцію з ґрунту?**
 - 1) Люцерна.
 - 2) Виноград.
 - 3) Кукурудза.
 - 4) Пшениця.
- 7. Який радіонуклід характеризується найбільшою рухливістю в організмі?**
 - 1) Стронцій.
 - 2) Цезій.
 - 3) Рутеній.
 - 4) Барій.
- 8. Яким шляхом радіонукліди переважно потрапляють в організм тварин?**
 - 1) Через травний канал.
 - 2) Через органи дихання.

- 3) Через непошкоджені шкірні покриви.
 - 4) Через пошкоджені шкірні покриви.
- 9. Який вид обробки ґрунту є максимально ефективним для запобігання потраплянню радіонуклідів у сільськогосподарські рослини?**
- 1) Звичайна оранка.
 - 2) Глибока оранка плантажним плугом.
 - 3) Видалення верхнього забрудненого шару спеціальною технікою.
 - 4) Поверхнєве боронування.
- 10. Які добрива найбільшою мірою сприяють надходженню радіонуклідів до рослин?**
- 1) Азотні.
 - 2) Калійні.
 - 3) Фосфорні.
 - 4) Органічні.

.....Контрольні запитання

- 1. Яку шкоду спричиняє іонізуюче випромінювання?
- 2. Що таке природний радіаційний фон?
- 3. Що таке випромінювання штучних радіонуклідів?
- 4. Що таке ефективна еквівалентна доза (ЕЕД)?
- 5. Що таке період напіврозпаду елемента?
- 6. Що таке період напіввиведення елемента?
- 7. Що таке коефіцієнт нагромадження (КН)?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

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 XX 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 легкокорозійних 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 препаратів. 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 XX 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, піретрум, 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 сівозмін 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, післяжнивні 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. Дозво-

лено 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 ґрунту 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.

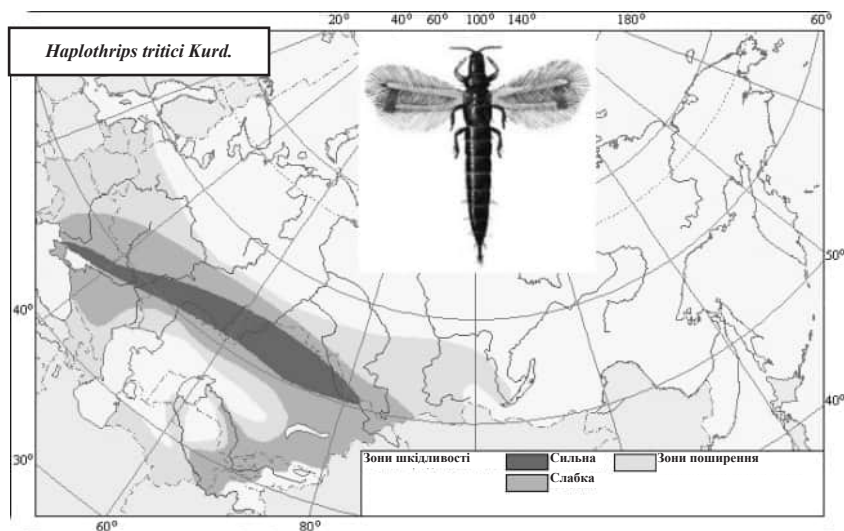
Інтегровані способи захисту сільськогосподарських культур

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 колових культур мають спеціалізовані види. Про ступінь їх спеціалізації свідчить наявність личинок того чи іншого виду на даній культурі.



Пшеничний трипс



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

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.

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 злущити 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 жувелиці.

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 розмішувати 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 8–12°C 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 1 га, 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 одного 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 залісні 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. Настояють 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 9.1 (моделювання екологічно безпечних агротехнологій)

Скласти технологічну схему вирощування культур на основі інтегральної системи землеробства, яка передбачає поєднання традиційних методів агротехніки з альтернативними методами землеробства.

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.

Таблиця 9.1

Вихідні дані для виконання 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 глибокопідзолі 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

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 запроектованих технологій є елементами інтенсивної агротехніки, а які можуть бути запозиченими з альтернативних систем землеробства. Потрібно намагатися по можливості повніше використати елементи альтернативного землеробства (ґрунтозахисний 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.

.....Тести

1. Які принципи властиві системам альтернативного землеробства?

- 1) Відмова від застосування легкорозчинних мінеральних добрив.
- 2) Відмова від використання синтетичних засобів захисту рослин.
- 3) Широке використання відходів рослинництва й тваринництва.
- 4) Захист ґрунту від ерозії.
- 5) Усі названі.

2. Що є кінцевою метою альтернативного землеробства?

- 1) Економія витрат на аграрне виробництво.
- 2) Виробництво екологічно чистої продукції.
- 3) Збільшення врожайності сільськогосподарських культур.
- 4) Підвищення технологічності аграрного виробництва.
- 5) Охорона навколишнього середовища.
- 6) Усе назване.

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

- 1) Мінеральні добрива дорожчі органічних.
- 2) Мінеральні добрива становлять небезпеку для навколишнього середовища.
- 3) Залишки мінеральних добрив погіршують якість сільськогосподарської продукції.
- 4) Органічні добрива більш технологічні у використанні.

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

- 1) Органо-біологічна.

- 2) Біодинамічна.
 - 3) 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?**
- 1) Органічна.
 - 2) Біологічна.
 - 3) Органо-біологічна.
 - 4) Екологічна.
- 7. Чому впровадження альтернативних систем землеробства у чистому вигляді в сучасних умовах ведення сільського господарства в Україні нереальне?**
- 1) Це призведе до значного зниження врожайності культур.
 - 2) Екологічні системи землеробства передбачають більші витрати на виробництво.
 - 3) Використання лише органічних добрив не забезпечує повного повернення до ґрунту відчужуваних з урожаєм речовин.
 - 4) Усе назване.
 - 5) Нічого з названого.
- 8. Що допомагає досягти оптимізації азотного живлення рослин у рамках більшості альтернативних систем землеробства?**
- 1) Стимуляція нагромадження атмосферного азоту в ґрунті унаслідок азотфіксації.
 - 2) Унесення мінеральних азотних добрив.
 - 3) Скорочення втрат азоту за вимивання внаслідок ерозії.
 - 4) Усе назване.
- 9. Який захід є найбільш екологічно придатним для боротьби з бур’янами?**
- 1) Дотримання сівозмін і вирощування проміжних культур.

- 2) Парове та напівпарове оброблення ґрунту.
- 3) Використання гербіцидів.
- 4) Використання мульчі з рослинних залишків.
- 5) Усе назване.

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

- 1) Заощадження витрат на добрива та пестициди.
- 2) Державні дотації.
- 3) Підвищені ціни на продукцію.

.....Контрольні запитання

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 № 10

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 ландшафтною 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 агроєкосистем 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 вміщати 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 біо-генетичного 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 прогнози 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 агроекологічний моніторинг, 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.

Методологічні основи екологічної оцінки агроландшафтів

Розглядаючи питання стійкості оптимізації агроландшафтів, потрібна певна система кількісних оцінок і характеристик стану агро-

ландшафтів, 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:

$$K_{cm_1} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{cm}}{\sum_{i=1}^n F_{нcm}},$$

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

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

Оцінку агроландшафту проводять за такою шкалою:

- ≤ 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;
- > 4,51 – стан стабільний.

Проте, ураховуючи, 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:

$$Kcm_2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_1 \times K_{ez} \times Kr}{F},$$

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);

Kr – коефіцієнт геоморфологічної стійкості рельєфу (1,0 – стабільний; 0,7 – нестабільний);

F – загальна площа території агроландшафту.

Оцінку стабільності агроландшафту проводять за такою шкалою:

$\leq 0,33$ – 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 табл. 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 деоекологічних 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 1

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 2

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

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

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 елементу агроландшафту.

Методика виконання завдань

1. Величини рангів антропогенного впливу кожного елементу 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;
 - схилові (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. 10.1) і складається карта агрогенного перетворення (додатки 11–20).

Таблиця 10.1

Оцінка стану агрогенного перетворення території агроландшафту сільської ради

Назва території за K_a	Величина K_a	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 10.2

Результати розрахунку коефіцієнта агрогенного перетворення оформляють у вигляді такої таблиці

№ п/п	Назва елементу агрогенно перетворених агроландшафтів	Площа елементу в га (P)	Ранг елементу (R)	Сума добутків граф 3x4
		$\sum_1^n P$		$\sum_1^n P \cdot R$

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:

$$Kar = \frac{P_{1p} \cdot R_1 + P_{2p} \cdot R_2 + \dots + P_{n-1p} \cdot R_{n-1} + P_{np} \cdot R_n}{P_{1p} + P_{2p} + \dots + P_{n-1p} + P_{np}}, \quad (2)$$

де Kar – 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 елементу, який береться із п. 3.

Таблиця 10.3

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 добутоків граф 3x4
		$\sum_1^n P$ по району		$\sum_1^n P.R$

Середньозважений коефіцієнт агрогенного навантаження розраховують за формулою 2.

Оцінку ступеня агрогенного перетворення агроландшафтів адміністративного району проводять згідно з табл. 10.1.

.....Тести

1. Які елементи агроландшафту належать до нестабільних?

- 1) рілля;
- 2) природоохоронні об'єкти;
- 3) селітебні території;
- 4) луки.

2. Яка величина коефіцієнта агрогенного перетворення для маргінальних агроландшафтів?

- 1) 3,1–4,0;
- 2) 6,5–8,0;
- 3) 1,0–3,0;
- 4) 9,1–10,0.

3. За допомогою чого можливо досягнути рівноважного стану агроландшафту?

- 1) збільшення площ селітебних територій;
- 2) оптимізація колообігу речовини та енергії;
- 3) збільшення площ сільськогосподарських угідь;
- 4) збереження і підтримання екологовідтворних функцій і само-регулюючих властивостей ґрунтів.

.....Контрольні запитання

1. Що розуміють під поняттям оптимальний ландшафт?
2. Дати визначення поняття “оптимізація ландшафту”.
3. Для чого застосовують системний підхід стосовно вивчення агроландшафту?
4. З чим пов’язана екологічна стійкість і продуктивність агро-екосистеми?
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. Агроєкологія : навч. посібник / О. Ф. Смаглій, А. Т. Кардашов, П. В. Литвин та ін. – К. : Вища освіта., 2006. – 671 с.
2. Агроєкологія : навч. посібник / М. М. Городній, М. К. Шикуча, І. М. Гудков та ін. ; за ред. М. М. Городнього. – К. : Вища шк., 1993. – 416 с.
3. Агроєкологія: теорія та практикум : навч. посібник / В. М. Писаренко, П. В. Писаренко, В. І. Перебийнік та ін. ; за ред. М. М. Чекаліна та О. М. Байрак. – Вид-во “Інтер Графіка”, 2003. – 320 с.
4. Гончар М. Т. Екологические проблемы сельскохозяйственного производства / М. Т. Гончар. – Львов : Вища шк., 1986. – 144 с.
5. Жарінов В. І. Словник-довідник по агроєкології / В. І. Жарінов, С. В. Довгань. – К., 2001. – 376 с.
6. Куценко О. М. Агроєкологія / О. М. Куценко, В. М. Писаренко. – К. : Урожай, 1995. – 256 с.
7. Лимарь А. О. Экологические основы систем орошаемого земледелия / А. О. Лимарь. – К. : Аграрная наука, 1997. – 400 с.
8. Мануш С. Г. Сельское хозяйство и охрана фауны / С. Г. Мануш. – М. : Агропромиздат, 1990. – 112 с.
9. Сільськогосподарська екологія / за ред. М. М’якушка – К. : Урожай, 1992. – 261 с.
10. Агроєкологія / под ред. В. Черникова, А. Чекереса – М. : Интерпресс, 2000. – 405 с.
11. Сельскохозяйственная экология / В. Тишлер – М. : Колос, 1971. – 434 с.

ЗМІСТ

Передмова	3
Вступ до агроєкології	5
Теоретичні основи агроєкології.....	18
Практична робота № 1	
Агроєкосистеми: оцінка просторової структури, щільності рослин та запасів біомаси	31
Практична робота № 2	
Оцінка мінливості агрофітоценозу пасовища.....	43
Практична робота № 3	
Агрометеорологічне прогнозування врожайності.....	52
Практична робота № 4	
Вплив мінеральних добрив на компоненти агроєкосистеми	67
Практична робота № 5	
Вплив органічних добрив на баланс гумусу в агроєкосистемах	83
Практична робота № 6	
Оцінка токсичності пестицидів та їх кумулятивної дії.....	100
Практична робота № 7	
Оцінка інтенсивності ерозійних процесів на с-г землях	117
Практична робота № 8	
Оцінка впливу іонізуючого випромінювання на компоненти агроєкосистеми.....	129
Практична робота № 9	
Розробка комплексу агротехнічних заходів для системи екологічного землеробства	146
Практична робота № 10	
Оцінка антропогенного перетворення агроландшафтів	162
Література	174

Навчальне видання

ТЕЛЕГУЗ Олексій Гнатович
ШПАКІВСЬКА Ірина Миронівна
ЄФІМЧУК Наталія Миколаївна

ПРАКТИКУМ З АГРОЕКОЛОГІЇ

Навчально-методичний посібник

Редактор *Руслана Спринь*
Комп'ютерне верстання *Наталія Лобач, Наталія Якимів*
Обкладинка *Василь Роган*

Формат 60×84/16. Умовн. друк. арк. 10,1.
Тираж 100 прим. Зам.

ВИДАВЕЦЬ ТА ВИГОТІВНИК:

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Університетська, 1, м. Львів, 79000
Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції.
Серія ДК № 3059 від 13.12.2007 р.