

ДО ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

В. Таргоня, *д-р с.-г. наук,*

В. Гусар, *канд. техн. наук;*

М. Новохацький, *канд. с.-г. наук*

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Наведено вибір та обґрунтування мінімально достатніх та широко доступних показників екологічного оцінювання біологічного виробництва сільськогосподарської продукції. Надано короткий опис методик визначення обраних показників. Наведено результати апробації методики оцінювання екологічного стану сільськогосподарських угідь з використанням високочутливих екзогенних і ендогенних біоіндикаторів та цитогенетичних методів досліджень.

Ключові слова: *екологічне оцінювання агробіоценозів, біологічне виробництво, мезофауна ґрунтів агробіоценозів, екзогенні та ендогенні біоіндикатори, цитогенетичні методи досліджень, прогноз перехідного періоду.*

Вступ. Державна політика у сфері виробництва та обігу органічної продукції (сировини) спрямована на створення сприятливих умов для:

– розвитку конкурентоспроможного, високоефективного ведення сільського господарства за допомогою виробництва органічної продукції (сировини);

– збільшення експорту органічної продукції;

– розвитку внутрішнього ринку органічної продукції та задоволення потреб споживачів в асортименті органічної продукції [1]

Контроль якості кінцевого органічного продукту — досить вартісна процедура, яка передбачає використання новітнього вимірювального обладнання, реактивів тощо. В Європейському Союзі для контролю за дотриманням вимог біологічного виробництва використовують контроль банківських рахунків власників біовиробництв на предмет придбання засобів хімізації сільськогосподарського виробництва. Вважається, що якщо агрохімікати не покупають, то й не використовують. Проте реалії нашого вітчизняного сільськогосподарського виробництва поки що не дозволяють з достатньою достовірністю використовувати таку процедуру. Таким чином, наразі виникла потреба у забезпеченні контролю за дотриманням вимог біологічного виробництва досить простими, дешевими, а головне — достовірними, методами потокового контролю за дотриманням досить жорстких вимог біологічного виробництва продуктів харчування.

Крім того, проведений американськими фахівцями вибірковий контроль біологічної продукції, задекларованої як біологічна, засвідчив, що майже 40% такою не є. Мова йде швидше про торгівельний тренд, ніж про дійсно якісну та безпечну продукцію. В таких умовах жорсткої конкуренції наш національний виробник потребує відповідного ефективного методичного забезпечення – як для підсилення експортного потенціалу і зменшення залежності від зовнішньої вартісної експертизи, так і для забезпечення ефективного виробництва біологічної продукції для власного споживання.

Крім того, встановлена вимога національного законодавства стосовно перехідного періоду до біологічного виробництва (п'ять років) проти трьох років у країнах ЄС знову ж таки ставить вітчизняного виробника в несприятливі умови. Тому є потреба у виборі або розробленні простих, доступних та достовірних методів екологічної експертизи, а також в оцінюванні реальної придатності угідь до біологічного виробництва. Бажано, щоб такі методи були доступні широкій громадськості.

У багатьох країнах досить широко та успішно використовують показники біорізноманіття диких тварин – як для оцінювання стану довкілля, так і для опосередкованого контролю за дотриманням вимог біологічного виробництва сільськогосподарської продукції. Проте, для України поки що ці показники не можуть забезпечити відповідну достовірність вимогам біологічного виробництва. Недопустимо високий рівень розораності земель сільськогосподарського призначення та неконтрольоване мисливство практично повністю нівелюють кореляцію між показниками забруднення та біорізноманіття [2-4].

Мета досліджень – вибір відповідних показників екологічної експертизи, які відповідають таким вимогам:

- відносна простота та доступність у відборі проб;
- відсутність потреби у дорогому лабораторному обладнанні, витратних матеріалах та реактивах;
- високий рівень достовірності прогнозування щодо забезпечення ефективного біологічного виробництва.

Результати досліджень. На основі проведеного аналізу усієї гами екологічних показників нами було обрано та апробовано достатньо, як на наш погляд, достовірні та прості у розумінні та визначенні показники.

Описані нижче методичні підходи не претендують на виключність для експертизи та акредитації біологічного виробництва, проте їх визначення та оцінювання дозволяє досить достовірно встановити відповідність вимогам біологічного виробництва та встановити реальний екологічний стан агробіоценозу.

В якості показників біорізноманіття пропонується оцінювання мезофауни ґрунтів агробіоценозів.

Відбір проб мезофауни ґрунтів. Класичними методами збору ґрунтових безхребетних є стандартні ґрунтові проби на мезофауну і пастки

Барбера [5, 6]. Перший метод призначений для виявлення чисельності ґрунтових безхребетних на 1 м^2 , для цього на майданчиках розміром $50 \text{ см} \times 50 \text{ см}$ в польових умовах проводиться пошаровий розбір ґрунту на спеціальній цераті (рис. 1).

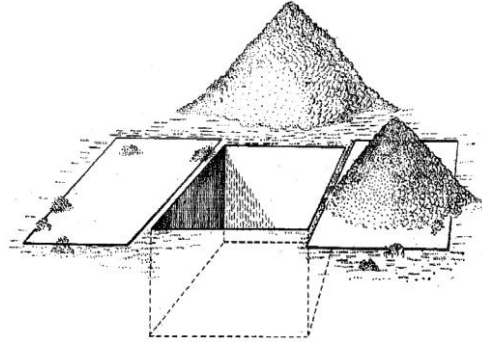


Рисунок 1 - Загальний вигляд стандартної ґрунтової проби, отриманої методом розкопування

Як правило, тварини виявляються в першому шарі ґрунту глибиною від 0 см до 10 см і другому – від 10 см до 20 см . Виявлені об'єкти поміщаються в мішечки зі щільної тканини (дошові черв'яки) і пляшечки (інші безхребетні). Якщо в наявності є підстилка (мульча), то вона збирається в мішки середніх розмірів зі щільної тканини. У кожному агробіотопі береться по 4 або 8 проб. Проби забезпечуються етикетками. Відібрані проби проглядається в лабораторних умовах із застосуванням набору ґрунтово-зоологічних сит (рис. 2).

Другий метод – пастки Барбера, в якості яких можна використовувати скляні півлітрові банки або пластикові скляночки діаметром 8 см , які виготовляються з пляшок місткістю $1,5 \text{ л}$. Пастки вкопують в рівень з поверхню ґрунту через кожні десять метрів. (рис. 3).

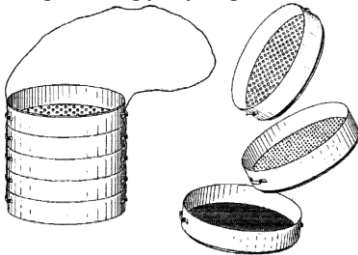


Рисунок 2 - Набір ґрунтово-зоологічних сит

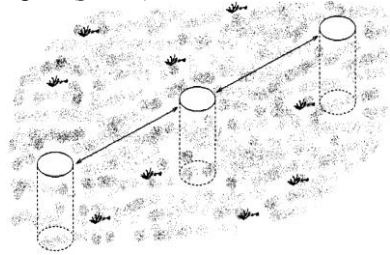


Рисунок 3 - Схема розташування пасток Барбера

На дно пастки наливається фіксуєча рідина, якою служить 20-ий розчин кухарської солі або формалін. Якщо з тих або інших причин фіксатор

відсутній, то на дно пастки потрібно насипати трохи ґрунту, для того, щоб об'єкти, що потрапили туди, могли ховатися один від одного, і тим самим зменшувалася можливість поїдання дрібних комах великими хижаками. Пастки встановлюються на 3-5 діб, тобто за один облік відпрацьовується 30-50 пастко-діб. Вміст банок акуратно переливається в мішечки з щільної тканини і в них доставляється в лабораторію, де потім ретельно розбирається. Кожна проба забезпечується етикеткою. Надалі пастки Барбера дозволяють вчислити уловистість (динамічну щільність) ґрунтових безхребетних. Уловистість обчислюють за формулою 1:

$$U = \frac{k}{(n-h) \times t} \quad (1)$$

де U – уловистість;
 k – загальна кількість усіх особин виду в усіх пробах;
 n – кількість пасток;
 h – кількість пасток, що вийшли з ладу;
 t – час, протягом якого велося спостереження.

Після розрахунку отримані показники уловистості в різних біотопах стандартизуються з розрахунку на 100 пастко-діб для порівняння.

Індекс видового різноманіття

Видова (таксономічна) різноманітність тієї або іншої спільноти є показником її екологічного стану. Відомо, що в сприятливих умовах формуються багаті по числу видів (таксонів) біоценози, які відрізняються полідомінантністю, тобто високими показниками чисельності організмів, що мешкають в екстремальних умовах, як правило, знижується видова (таксономічна) різноманітність, і вони стають монодомінантними, тобто високу чисельність і біомасу має 1, в крайньому випадку, 2 види.

Зміна структури спільнот біотопів може бути виражене індексами видового різноманіття. Наведемо приклади розрахунку двох з них.

Індекс Шенона (H) спільнот:

$$H_N = -\sum \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad (2)$$

$$\text{і} \quad N_B = -\sum \frac{b_i}{B} \log_2 B \quad (3)$$

де n_i і b_i – загальна чисельність і біомаса виду;
 N і B – загальна чисельність і біомаса спільноти.

Таким чином, $\frac{n_i}{N}$ і $\frac{b_i}{B}$ – доля особин i -го виду в чисельності і біомасі спільноти.

Для простоти розрахунку індексу Шенона використовують допоміжні таблиці, які можна знайти в літературі [7-9]. Перевагою індексу H

є його комплексність, він враховує кількість видів (видову щільність) і їх вирівняність. Ми маємо можливість дати оцінку видової різноманітності кожного агроценозу окремо.

Індекс вирівнюваності Бергера-Паркера (d) простіший для розрахунку:

$$d = \frac{N}{n_{i \max}} \quad (4)$$

де N – загальна чисельність спільноти;

$n_{i \max}$ – чисельність найчисельнішого виду.

Збільшення індексу показує збільшення різноманітності і зниження міри домінування одного виду, тобто стан спільноти покращується.

Оцінка екологічного стану сільськогосподарських угідь з використанням високочутливих екзогенних і ендогенних біоіндикаторів та цитогенетичних методів досліджень

Ця оригінальна методика розроблена у відділі цитоекології Інституту проблем природокористування та екології НАМ України (А.І. Горова, 1997)[2].

Ендогенну біоіндикацію якості навколишнього середовища на території, яка тестується, проводять на основі визначення стерильності пилку різних видів рослин-представників місцевої флори (мак дикий, сокирки польові, осот рожевий, ромашка польова, кульбаба лікарська, берізка польова, гречка звичайна, еспарцет віколистий).

Пилкові клітини зафарбовують люголем і досліджують під мікроскопом при збільшенні 15Ч40 або 15Ч60 залежно від розмірів пилку. В полі зору підраховують всі пилкові клітини, в тому числі стерильні – не здатні здійснити запліднення. Вираховують частоту стерильних клітин і їх варіації за формулою 5:

$$m = \pm \sqrt{\frac{g \times (100 - g)}{n}} \quad (5)$$

де n – загальна кількість клітин;

g – частка стерильних клітин, виражена в %;

$100-g$ – частка фертильних клітин.

Якість пилкових клітин рослин є екологозалежною ознакою і зростання стерильності пилку свідчать про збільшення загальної токсичності і потенціальної мутагенності навколишнього середовища, яка обумовлена комплексом забруднювачів біосфери.

Для оцінювання мутагенності ґрунтів використовують екзогенний біоіндикатор – цибулю-батун, насіння якого пророщують на зразках ґрунтів в чашках Петрі в термостаті при $t^\circ = 24^\circ\text{C}$. За контроль беруть дистильовану воду. При досягненні довжини коріння 1,0-1,5 см проводять фіксацію проростків за Карнуа і фарбують їх за Фельгеним з попереднім гідролізом в

1N HCl при 60°C. Потім виготовляють давлені препарати, на яких під мікроскопом при збільшенні 15460 або 15490, вираховують меристематичні клітини, в тому числі клітини, які знаходились в різних фазах мітозу (профаза, метафаза, анафаза і телофаза) і абераційні хромосоми. На базі отриманих даних вираховують мітотичний індекс (MI) і частоту хромосомних аберацій. Мітотичний індекс виражають в промілі (кількість клітин, що діляться на 1000 меристематичних). Абсолютний розкид значення мітотичного індексу (a) вираховують за відносною похибкою (A), яка в свою чергу визначається за формулою 6:

$$A = 1,385 \sqrt{\frac{2(n-m)}{n \times m}} \quad (6)$$

де 1,385 – коефіцієнт при замірах більше 100;

n – число дослідних клітин;

m – число клітин, що діляться ';

$$a = \pm (A \times MI)$$

Хромосомні аберації в мета-, ана- і телофазах мітозу вираховують в процентах на одну клітину, що ділиться. Варіації патологій мітозу вираховують за наведеною раніше формулою, яка використовується за умови, що значення ознаки виражені у відсотках.

Показники частоти хромосомних порушень в соматичних клітинах індикаторних структур свідчать про рівень мутагенності ґрунтів, який обумовлений всією сукупністю всіх наявних в них мутагенів.

Зменшення значень мітотичного індексу вказує на зменшення темпів клітинного ділення, пов'язаного із збільшенням загальної токсичності зразків ґрунту. Коли ж проходить патологічне збільшення мітотичного індексу в результаті метафазних блоків, що також вказує на пригнічення процесів кліткового тиску, то оцінювання якості тест-об'єкта роблять лише за частотою хромосомних аберацій.

Отримані цитогенетичні параметри використовують для оцінювання якості ґрунтів та екологічної ситуації в цілому. Згідно з методикою всі біоіндикаційні оціночні параметри показників пошкодженості (УПП), розраховують за формулою 7:

$$УПП = \frac{|\Pi_{\text{комф.}} - \Pi_{\text{і.}}|}{|\Pi_{\text{комф.}} - \Pi_{\text{крит.}}|} \quad (7)$$

де $\Pi_{\text{і.}}$ – значення параметра на території, що тестується;

$\Pi_{\text{комфорт.}}$ – спонтанні значення параметрів на мінімально забрудненій території;

$\Pi_{\text{крит.}}$ – значення параметрів на максимально забрудненій території.

Інтегральні показники вираховували як середнє арифметичне зі всіх отриманих значень:

$$\text{ІУПШ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{УПШ} \quad (8)$$

Числові значення всіх параметрів, що вираховуються, змінюються від 0 до 1 і використовуються для оцінювання якості ґрунтів і екологічної ситуації на загальному токсичному і мутагенному фоні, згідно із шкалою, наведеною в табл. 1.

Таблиця 1 – Шкала оцінювання екологічного стану об'єктів довкілля за токсико-мутагенною ситуацією

| Діапазон числових значень показників пошкодженості біотестів | Рівень пошкодженості біотестів | Оцінювання стану біотестів | Оцінювання екологічної ситуації |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 0-0,15 | Низький | Благополучний | Задовільна |
| 0,16-0,30 | Нижче середнього | Насторожуючий | Задовільна |
| 0,31-0,45 | Середній | Конфліктний | Незадовільна |
| 0,46-0,60 | Вище середнього | Загрозливий | Незадовільна |
| 0,61-0,75 | Високий | Критичний | Недопустима |
| 0,76 і вище | Максимальний | Небезпечний | Недопустима |

Результати цитологічних досліджень з визначення екологічного стану довкілля та мутагенності зразків ґрунту наведено в таблицях 2 і 3.

Наведені дані свідчать про те, що значення стерильності пилку рослин, які проростають на території, що тестується, змінюються від 1.0 до 21,2%, а враховані за ними умовні показники пошкодженості біооб'єктів з обліком їх чутливості до дії шкідливих екологічних факторів – від 0,03 до 0,40. Середнє значення інтегрального показника пошкодженості біосистеми склало 0,26. Це свідчить про те, що в регіоні досліджень рівень пошкодженості біосистем – «нижче-середнього», їх стан і стан середовища за токсичним фоном – «насторожуючий», а екологічна ситуація оцінюється як «задовільна».

Дані про зміни значень частоти хромосомних аберацій в клітинах індикаторної культури (цибуля-батун), вирощеної на зразках ґрунтів, відібраних на варіантах досліду, свідчать про те, що їх мутагенна активність змінюється від 1,83 до 5,47%, а значення частоти хромосомних аберацій – 0,01-0,21.

Таблиця 2 – Біоіндикація загальної токсичності території за стерильністю пилку рослин-біоіндикаторів

| Біоіндикатор | Стерильність пилку, % | УПП |
|---------------------|-----------------------|-----------|
| Мак дикий | 16,5 ± 1,7 | 0,39 |
| Сокирки польові | 10,6 ± 0,97 | 0,33 |
| Осот рожевий | 6,3 ± 0,76 | 0,19 |
| Ромашка польова | 3,3 ± 0,56 | 0,33 |
| Кульбаба лікарська | 3,5 ± 0,58 | 0,32 |
| Берізка польова | 5,2 ± 0,40 | 0,24 |
| Фіалка триколірна | 8,6 ± 0,89 | 0,26 |
| Еспарцет віколистий | 8,8 ± 0,89 | 0,27 |
| Гречка звичайна | 10,4 ± 0,96 | 0,18 |
| Мильнянка лікарська | 21,2 ± 1,29 | 0,40 |
| Гіпсофіла пучкова | 8,3 ± 0,87 | 0,25 |
| Суріпиця звичайна | 1,0 ± 0,30 | 0,03 |
| <i>n</i> =12 | | сер. 0,26 |

Таблиця 3 – Біоіндикація загальної токсичності та мутагенності ґрунтів за варіантами дослідів

| Найменування показника | Значення показника | | | | |
|---|--------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Час після припинення використання агрохімікатів, роки | | | | | |
| Мітотичний індекс, ‰ | 152,0 ± 15,0 | 129,0 ± 13,0 | 128,0 ± 13,0 | 109,0 ± 11,0 | 98,0 ± 9,0 |
| Частота хромосомних аберацій, % | 5,47 ± 0,72 | 3,40 ± 0,57 | 3,67 ± 0,51 | 2,33 ± 0,31 | 1,83 ± 0,42 |
| Мітотичний індекс, УПП | 0,42 | 0,31 | 0,12 | 0,11 | 0,00 |
| Частота хромосомних аберацій, УПП | 0,21 | 0,1 | 0,06 | 0,04 | 0,01 |

Таким чином, досліджувані зразки ґрунту мають задовільний екологічний стан, про що свідчать про низькі рівні токсичності та мутагенності, які були установлені методами біоіндикації за цитогенетичними показниками.

Шляхом кібернетичного симулювання, використовуючи результати досліджень біотестів різних за часом обмеження використання агрохімікатів (їх повна відсутність або заміна на біотехнологічні альтернативи) нами розроблено наближений прогноз періоду переходу до можливого біологічного виробництва на дослідних полях. За еталонні взято землі урочища Гопаца, які останні 30 років було вилучено з інтенсивного обробітку. За допустиму межу було взято значення шкали оцінки екологічного стану об'єктів навколишнього середовища за токсикомутагенною ситуацією (Горова А.І., 1997).

Побудовані прогностичні математичні моделі наведено на рис. 4 і 5.

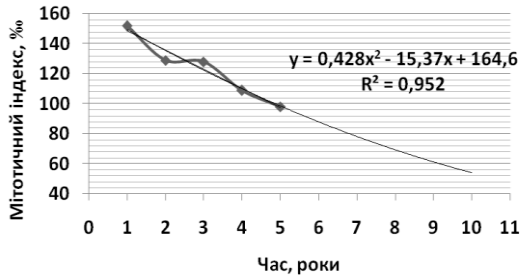
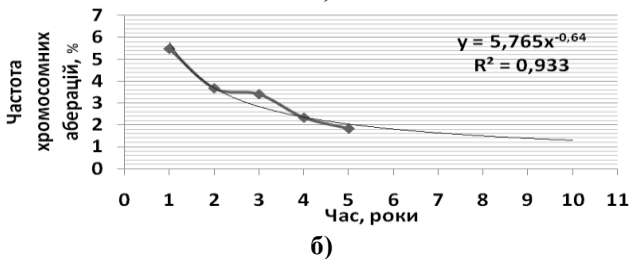
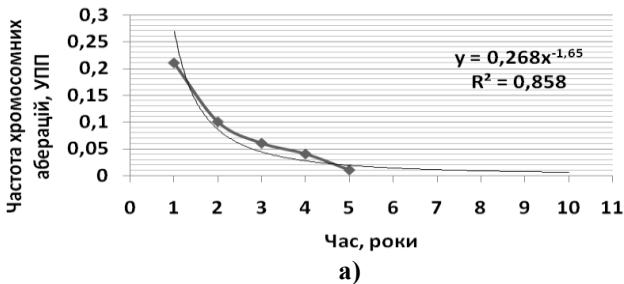


Рисунок 4 – Залежність мітотичного індексу від часу припинення використання агрохімікатів



а) – УПП; б) – в %

Рисунок 5 – Залежність частоти хромосомних аберацій від часу припинення використання агрохімікатів:

Як свідчать результати досліджень (рис. 4 і 5), вже через 2-3 роки припинення використання агрохімікатів або перехід на використання їх біотехнологічних альтернатив дозволяє досягти найбільш жорстких вимог щодо екологічного благополуччя. Це можна пояснити не тільки і стільки високою агрокультурою дослідних полів, а й дефіцитом в останні роки мінеральних добрив та пестицидів, що вимагає пошуку альтернатив.

Висновки.

Використання індексів видового різноманіття, отриманих виключно для мезофауни ґрунтів, дозволяє провести оцінювання екологічного стану конкретного агробіоценозу як за абсолютними показниками біорізноманіття, так і шляхом порівняння з еталонними ділянками. Слід відзначити, що такий підхід має найбільший рівень достовірності опосередкованого оцінювання екологічного стану агробіоценозів через особливості національного сільськогосподарського виробництва (зокрема, високий рівень розораності).

Оцінювання екологічного стану сільськогосподарських угідь з використанням високочутливих екзогенних і ендогенних біоіндикаторів і цитогенетичних методів досліджень на практиці дозволяє однозначно визначити придатність конкретних земель для вирощування біологічної продукції, а також виявити порушення технологій та скласти прогноз можливості подальшого використання.

Обрані та систематизовані методики не потребують складного обладнання та реактивів, доступні до використання широкого загалу наукових працівників, а також фахівців сільськогосподарських підприємств.

Матеріали досліджень можуть бути використані для подальшого розроблення методики екологічної експертизи агротехнологій, акредитування конкретних агропідприємств на право біологічного виробництва.

Література.

1. Закон України про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 20-21, ст.721) {Із змінами, внесеними згідно із Законом [№ 191-VIII від 12.02.2015](#), ВВР, 2015, № 21, ст.133}
2. Моніторинг довкілля: підручник / [В.М. Боголюбов, М.О. Клименко, В.Б. Мокін, Т.А. Сафранов, А.І. Горова, В.А. Прилипко, О.М. Адаменко, Л.М. Полетаєва, О.М. Картавцев]; під ред. В. М. Боголюбова. [2-е вид., перероб. і доп.]. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 232с.
3. Екологічна біотехнологія: підручник / [В.В. Жиров, Д.А. Савченко, В.С. Таргоня, Ю.В. Коломієць], – К.: НУБіП України, 2014. – 235 с.
4. Біосфера та агротехнології: інженерні рішення: навчальний посібник / [В. Кравчук, А. Кушнар'єв, В. Таргоня, М. Павлишин, В. Гусар]; за редакцією В. Кравчука. – Міністерство аграрної політики та продовольства України; УкрНДІПВТ ім.. Л. Погорілого. – 2015. – 239 с.
5. Кочанов М.А., Шулаєв Н.В. Учебно-методическое пособие по

проведению летней полевой практики по зоологии беспозвоночных на территории ВКГПБЗ со списками часто встречающихся и редких видов. – Казань: Изд-во КГУ, 2009. — 49 с.

6. Тихомирова А.Л. Учет напочвенных беспозвоночных//Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – С. 73– 85.

7. Бродский А.К., Кипятков В.Е., Кузнецова И.А., Мартынова Е.Ф., Саулич А.Х., Стекольников А.А., Тыщенко В.П. Руководство по энтомологической практике: Учеб. пособие / Под ред. В.П. Тыщенко. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1983. – 230 с.

8. Каминский Л.С. Статистическая обработка лабораторных и клинических данных. Л.: Медицина, 1964. С. 248

9. Познанскене Д.А., Жилюкас В.Ю. Таблица для подсчёта индекса видового разнообразия Шеннона–Уивера. Депонировано в ЛитНИИНТИ. – Вильнюс. – 1983. – 10 с.

Аннотация

Приведены выбор и обоснование минимально достаточных и широко доступных показателей экологического оценивания биологического производства сельскохозяйственной продукции. Приведено краткое описание методик определения избранных показателей, а также результаты апробации методики оценки экологического состояния сельскохозяйственных угодий с использованием высокочувствительных экзогенных и эндогенных биоиндикаторов и цитогенетических методов исследований.

Summary

Selection and justification of minimal and widely available ecological assessment indicators of agricultural products biological production is presented. A brief description of methods of determination of selected indicators is provided. The results of testing techniques of the agricultural land ecological state evaluating using highly endogenous and exogenous bio-indicators and cytogenetic research methods are given.