

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року №384

Форма № Н-9.02

**Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького**

Факультет харчових технологій та біотехнологій

(повна назва факультету)

Кафедра біотехнологій та радіології

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за ОС «Магістр»

на тему: “Біобезпека використання генетично змінених рослин,
організмів, речовин та похідних продуктів на прикладі лабораторних
тварин”

Виконав: студент 2__ курсу, групи __1__
спеціальності

162 «Біотехнологія та біоінженерія»

Ромасенко Костянтин Анатолійович

(прізвище та ініціали)

Керівник **професор Віктор МУЗИКА**

(прізвище та ініціали)

Рецензент **доц. Дмитро ПЕРІГ**

(прізвище та ініціали)

Робота заслухана на засіданні кафедри біотехнології та радіології і
рекомендована до захисту в ДПК, протокол № __від__ грудня 2023 р.

Завідувач кафедри біотехнології та радіології,
професор, доктор с.-г. наук

Василь БУЦЯК

Львів – 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	3
АНОТАЦІЯ	4
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Біобезпека використання генетично модифікованих організмів	9
1.2. Правовий аспект біобезпеки використання ГМО	10
1.3. Об'єкти для визначення ризиків використання ГМО	13
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	23
2.1. Сучасні методи визначення трансгенних компонентів у рослинницькій продукції та кормах	23
2.2. Матеріал і методи дослідження	27
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	30
3.1. Сучасні тенденції щодо одержання та використання генетично змінених організмів	30
3.2. Динаміка вмісту генетично змінених компонентів у фуражних культурах для живлення тварин	48
3.3. Вплив довготривалого згодовування ГМО сої на лабораторних тварин і їх життєздатність	54
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	61
ДОДАТКИ	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВООЗ – Всесвітня організація здоров'я;

ВХР – велика рогата худоба;

ГМО – генетично модифіковані організми;

ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота;

ДНК-полімераза – фермент;

ПЛР – полімеразна ланцюгова реакція;

ПЛР-РЧ – полімеразна ланцюгова реакція в реальному часі;

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота написана на 72 сторінках комп'ютерного тексту. Складається із 3 розділів (огляд літератури, матеріал і методів та результатів власних досліджень), вступу, висновків і пропозиції, списку використаної літератури та 5 додатків. Містить 23 рисунки, 12 таблиць, 52 джерела використаної літератури.

Ключові слова: генетично модифіковані організми, ГМ рослини, переваги та потенційні ризики ГМО, світовий ринок та перспективи використання ГМО, лабораторні тварини, генетично змінені сорти кукурудзи та сої.

Кваліфікаційна робота на тему: “Біобезпека використання генетично змінених рослин, організмів, речовин та похідних продуктів на прикладі лабораторних тварин” присвячена дослідженню виробництва та використання генетично змінених організмів у сільському господарстві. З одного боку, вчені покладають великі надії на використанні ГМ рослин для забезпечення потреб тваринницької галузі в кормах, переробної промисловості – в якісних продуктах для переробки, а також для вирощування енергетичних культур, а з іншого боку є значні загрози в горизонтальному розповсюдженні рекомбінованих фрагментів ДНК.

Тому, важливо проводити моніторинг щодо наявності в продукції рослинництва генетично змінених культурних рослин, використання яких можуть з причинити певні розлади та захворювання у тварин та людей. Саме, такі дослідження проведені нами на лабораторних тваринах, з метою вивчення впливу генетично змінених сортів кукурудзи та сої організм піддослідних тварин.

Вплив генетично змінених рослин та одержана від них продукція на організм тварин та людей, на даний час, мало вивчена, не виключається

здатність вмонтованого гену чи генів до міграції як трофічним ланцюгом, так й до міграції безпосередньо в природному середовищі, що й додає вагому актуальність даній проблемі.

Об'єкт дослідження: лабораторні тварини (щурі лінії Wistar), генетично модифікована соя, ізолят білка ГМ сої, фрагменти рекомбінованої ДНК сої та кукурудзи.

Предмет дослідження: потенційна небезпека використання генетично змінених рослин, кормових добавок.

Мета роботи: Вплив використання генетично змінених рослин, та кормів приготовлених на їх основі на життєдіяльність лабораторних тваринах.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- проаналізувати доступну літературу та інтернет ресурси щодо сучасного стану створення та використання ГМО;
- ознайомитися з технологією та умовами ідентифікації генетично змінених організмів з використанням полімеразної ланцюгової реакції в реальному часі;
- дослідити переваги (позитивні сторони) та ризики, які виникають у зв'язку з вирощуванням ГМ-рослин та використання продуктів їх переробки;
- визначити не великі фрагменти рекомбінованої молекули ДНК у ГМО-домішок для виробництва комбикормів за допомогою ПЛР-РЧ;
- дослідити наявності рекомбінованих фрагментів ДНК ГМО кукурудзи та сої у молоці, в раціон живлення яких вводили ГМО-домішки;
- вивчити вплив генетично модифікованої кормової добавки на ріст та розвиток та біохімічні показники плазми крові лабораторних тварин.

Практична цінність роботи полягає в тому, що наявність окремих відносно не великих фрагментів генетично зміненої ДНК (110–437 б.п.) кукурудзи та сої в молоці може бути маркером щодо його використання, а також маркером якості кормових трансгенних добавок, які використовуються для годівлі тварин

Науковий внесок роботи полягає в тому, що за даними статистичного аналізу було встановлено, що за 10 років починаючи з 2010 року по 2020 рік, кількість ГМО в рослинній сировині (зерні) зросла на 11%, а в комбікормі – на 10,7%.

ВСТУП

В сучасному світі, прогрес генетичної інженерії відкриває нові перспективи та виклики у використанні генетично модифікованих організмів (ГМО). Наша наукова робота спрямована на ретельне вивчення біобезпеки використання ГМО, зокрема на прикладі лабораторних тварин. Ця тема стає все більш актуальною в контексті зростаючого зацікавлення у використанні генетично модифікованих рослин, організмів та їхніх похідних продуктів у різних сферах, включаючи науку, сільське господарство та медицину.

У цьому контексті, наша робота покликана розглянути ключові аспекти біобезпеки, взявши за основу лабораторних тварин як модель для вивчення впливу генетично модифікованих організмів на живі системи. Основні аспекти включають оцінку ризиків, вивчення законодавчого та правового фреймворку в галузі біобезпеки, аналіз фізіологічних та імунологічних аспектів, а також розгляд можливих варіантів контролю та моніторингу [1].

Наше дослідження націлене на збагачення наукового розуміння впливу ГМО на живі організми та природне середовище, а також на формування основ для розробки ефективних стратегій біобезпеки. У нашій роботі ми враховуємо не лише технологічні аспекти генетичної модифікації, але й соціально-етичні виміри цього явища, враховуючи всі важливі фактори для створення збалансованого підходу до використання ГМО у нашому світі.

ГМО відіграють ключову роль у сучасних наукових та технологічних дослідженнях, розвиваючи нові можливості для поліпшення продуктивності, стійкості та функціональності організмів. Однак разом з перевагами приходять питання та сумніви, пов'язані з можливими наслідками для здоров'я, навколишнього середовища та біорізноманіття.

У нашій роботі ми систематично розглядаємо та аналізуємо відомості з багатьох аспектів використання ГМО на прикладі лабораторних тварин. Важливо визначити можливі ризики та вигоди цієї технології, а також

розглянути питання біоетики та правового регулювання. Наша робота ставить перед собою завдання висвітлити загальний контекст використання ГМО, особливості їхнього впливу на лабораторних тварин та визначити можливі шляхи покращення стандартів біобезпеки [2, 3].

Покликана служити джерелом важливої інформації для наукової спільноти, приймальників рішень, та громадськості, наша робота націлена на сприяння об'єктивному та науково обґрунтованому розумінню викликів та перспектив ГМО в сучасному світі.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Біобезпека використання генетично модифікованих організмів

В сучасному науковому дискурсі, питання біобезпеки використання генетично модифікованих організмів (ГМО) стає ключовим фокусом досліджень та обговорень. Огляд літератури у цьому контексті необхідний для глибшого розуміння ризиків, прогресу та потенційних вигод, які виникають у зв'язку з впровадженням ГМО в різні сфери.

Останні наукові відкриття у генетичному інженерингу, такі як ефективні методи редагування геному, прискорюють розвиток ГМО та підсилюють необхідність ретельного вивчення їхнього впливу на навколишнє середовище та біологічні системи. Особливу увагу приділяємо біобезпеці в контексті використання ГМО на прикладі лабораторних тварин.

Цей огляд літератури спрямований на систематичне дослідження результатів останніх наукових досліджень, які стосуються біобезпеки при використанні ГМО. Аналізуються відомості щодо можливих впливів на здоров'я та екосистеми, а також ефективність заходів контролю та моніторингу [14].

Окрім того, наш огляд розглядає законодавчі та правові аспекти біобезпеки використання ГМО, зокрема в українському контексті. Аналіз наявного регулювання є важливим етапом для визначення прогалин у законодавстві та необхідності його удосконалення для максимального захисту біорізноманіття та забезпечення безпеки використання ГМО.

Отже, цей огляд літератури має на меті обґрунтувати важливість та актуальність питань біобезпеки в контексті ГМО, надаючи засоби для об'єктивного розуміння та подальших наукових досліджень в цій сфері.

1.2. Правовий аспект біобезпеки використання ГМО

Законодавство у сфері біобезпеки використання генетично модифікованих організмів (ГМО) є критично важливим елементом для забезпечення ефективного контролю, безпеки та відповідального впровадження цієї технології. Дослідження в цьому напрямку орієнтоване на вивчення правового регулювання в українському та світовому контексті, спрямованого на забезпечення біобезпеки у використанні ГМО [11-13].

1. Українське Законодавство:

Україна має власні нормативно-правові акти, які регулюють використання ГМО. Закон "Про захист прав на інтелектуальну власність" визначає порядок охорони патентів на генетично модифіковані рослини та організми. Крім того, законодавство передбачає процедури державного реєстру та обліку ГМО, а також визначає відповідальність за невиконання вимог щодо біобезпеки.

Україна має комплексне законодавство, що регулює використання генетично модифікованих організмів (ГМО) та забезпечує біобезпеку в цій сфері.

1.1 Захист прав на інтелектуальну власність: Один з ключових актів, що стосується ГМО, - це Закон України "Про захист прав на інтелектуальну власність". Він визначає порядок отримання та охорони патентів на генетично модифіковані рослини та організми. Цей закон встановлює правила надання патентів на інноваційні технології, зокрема ГМО, та регламентує їхнє правове використання.

1.2 Державний реєстр та облік ГМО: Законодавство України передбачає створення державного реєстру та системи обліку ГМО. Це дозволяє відстежувати введення та використання ГМО в країні. Державний реєстр також є механізмом для забезпечення прозорості та контролю над використанням ГМО в різних галузях.

1.3 Відповідальність за біобезпеку: Українське законодавство передбачає визначення відповідальності за невиконання вимог щодо біобезпеки використання ГМО. Це включає в себе штрафи та інші санкції для тих, хто порушує встановлені норми та стандарти в цій області.

Узагальнюючи, українське законодавство створює правовий фреймворк для безпечного та відповідального використання ГМО, зокрема шляхом визначення прав та обов'язків учасників цього процесу, встановлення механізмів контролю та санкцій за порушення.

2. Міжнародні Конвенції та Угоди [7-9-13]:

У світовому масштабі, існує кілька міжнародних конвенцій та угод, спрямованих на регулювання біобезпеки використання ГМО. Наприклад, Картагенський протокол про біобезпеку до Конвенції про біологічне різноманіття визначає правила трансграничного пересування, обліку та інформування про ГМО.

3. Європейське Законодавство:

Європейський Союз має високорозвинену систему законодавства, яка регулює використання генетично модифікованих організмів (ГМО) та забезпечує біобезпеку в контексті європейського ринку та екосистем.

3.1 Процедури Оцінки Ризиків:

Європейська комісія визначає процедури оцінки ризиків для нових ГМО перед їхнім введенням на європейський ринок. Це включає науковий огляд та екологічну оцінку впливу ГМО на навколишнє середовище та здоров'я людей.

3.2 Маркування та Ідентифікація:

Європейське законодавство вимагає чіткого маркування та ідентифікації продуктів, які містять ГМО. Це дозволяє споживачам зрозуміти, чи включає продукт ГМО, та обирається на основі інформованого рішення.

3.3 Регулювання Вирощування ГМ Рослин [15]:

Законодавство встановлює обов'язкові умови для вирощування ГМ рослин, включаючи стандарти щодо ізоляції полів та заходи для запобігання неконтрольованому розповсюдженню ГМО у довкіллі.

3.4 Забезпечення Прозорості та Учасі Громадськості:

Європейське законодавство акцентує на забезпеченні прозорості та участі громадськості у прийнятті рішень щодо використання ГМО. Це включає відкритий доступ до інформації та можливість громадських консультацій.

1.3. Об'єкти для визначення ризиків використання ГМО

Біобезпека використання генетично модифікованих рослин, організмів та речовин вимагає комплексного підходу для забезпечення безпеки в екологічних, здоров'я та соціокультурних аспектах. Оцінка впливу на навколишнє середовище, визначення можливих ризиків для здоров'я, вивчення ефектів на біорізноманіття та взаємодія з іншими організмами є ключовими етапами. Легіслативна база, етичні розгляди та постмаркетинговий моніторинг грають важливу роль у забезпеченні інформаційної прозорості та довгострокової безпеки використання ГМ технологій, співпрацюючи із громадськістю та споживачами [6].

Біобезпека в контексті лабораторних тварин та генетично модифікованих (ГМ) організмів визначається комплексом заходів для забезпечення їхньої безпеки, добробуту та етичного використання у дослідженнях. Етичні стандарти у використанні ГМ технологій у суспільстві вимагають врахування впливу на здоров'я та стан тварин, ефективні умови утримання та вивчення можливих довгострокових наслідків. Дослідження взаємодії ГМ рослин та організмів із лабораторними тваринами спрямовані на забезпечення безпеки та екологічної стійкості у використанні цих технологій.

1. Лабораторні Тварини як Об'єкт Дослідження:

1.1. Етичні аспекти:

- Розгляд впливу ГМ технологій на добробут та стан здоров'я лабораторних тварин.
- Забезпечення високих етичних стандартів у використанні ГМ організмів для експериментів.

1.2. Фізіологічні Зміни та Здоров'я Тварин: Вивчення взаємодії із системами організму під впливом ГМ рослин чи речовин. Розвиток систем моніторингу для довгострокового визначення впливу ГМ організмів на стан здоров'я та добробут тварин.

1.3. Імунна Система та Алергенність:

2, Фізіологічні Зміни та Здоров'я Тварин:

Взаємодія із Системами Організму: Вивчення фізіологічних змін, що можуть виникнути внаслідок введення ГМ рослин чи речовин у раціон лабораторних тварин. Фізіологічні Зміни та Здоров'я Тварин:

2.1. Взаємодія із Системами Організму:

Вивчення фізіологічних змін, що можуть виникнути внаслідок введення ГМ рослин чи речовин у раціон лабораторних тварин. Аналіз впливу ГМ технологій на роботу конкретних систем організму (наприклад, нервової, кровоносної, травної).

2.2. Моніторинг Здоров'я: Розробка та впровадження систем моніторингу для довгострокового визначення впливу ГМ організмів на стан здоров'я та добробут лабораторних тварин. Визначення біомаркерів, що можуть свідчити про стан здоров'я тварин під впливом ГМ технологій. Моніторинг Здоров'я: Розвиток систем моніторингу для довгострокового визначення впливу ГМ організмів на стан здоров'я та добробут тварин [10].

3. Імунна Система та Алергенність:

3.1. Алергічні Реакції:

Детальний аналіз компонентів генетично модифікованих (ГМ) рослин та їхніх впливів на виникнення алергічних реакцій у лабораторних тварин є важливою частиною досліджень з біобезпеки. Цей аналіз охоплює:

Ідентифікація Алергенних Білків:

- Визначення конкретних білків, які можуть викликати алергічні реакції в організмах тварин.
- Проведення порівняльного аналізу алергенних компонентів у ГМ рослинах та їхніх негенетично модифікованих аналогах.

Оцінка Алергенності Нових Сполук:

- Вивчення нових сполук, які можуть виникнути внаслідок генетичної модифікації та їхнього потенційного впливу на алергенність.

- Аналіз можливих взаємодій між новими компонентами та імунною системою тварин.

Механізми Алергенного Впливу:

- Вивчення механізмів, за допомогою яких алергенні компоненти ГМ рослин можуть викликати імунну відповідь у лабораторних тварин.

- Аналіз можливих шляхів проникнення алергенів у організм та їхнього взаємодії з клітинами імунної системи.

Детальний розгляд цих аспектів дозволяє з'ясувати потенційні ризики та розробляти стратегії для забезпечення безпеки використання ГМ рослин у відношенні до алергічних реакцій у лабораторних тварин.

3.2. Аналіз змін у імунній відповіді лабораторних тварин під впливом генетично модифікованих (ГМ) організмів включає:

Вивчення Можливих Зсувів у Балансі Імунної Відповіді:

- Аналіз можливих змін у різних аспектах імунної відповіді, таких як вироблення антитіл, активація клітин імунної системи та імуномодуляція.

- Визначення, чи спричиняє введення ГМ організмів збалансованому функціонуванню імунної системи тварин чи призводить до її порушень.

Оцінка Взаємодії з Компонентами Імунної Відповіді:

- Вивчення взаємодії ГМ організмів з конкретними компонентами імунної системи, такими як Т-клітини, В-клітини та цитокіни.

- Аналіз можливого впливу ГМ технологій на регуляцію імунного відгуку у контексті запалення та імунної відповіді.

Оцінка Модуляції Імунної Активності:

- Визначення, чи спричиняє введення ГМ організмів модуляцію імунної активності та як це може впливати на стійкість до інфекцій чи аутоімунні стани.

- Аналіз можливих змін у регуляції запальних процесів та реакції на імунні подразники.

Детальний аналіз цих аспектів дозволяє зрозуміти вплив ГМ організмів на імунну систему лабораторних тварин та визначити можливі ризики для їхнього здоров'я та функціонування імунної системи.

4. Ефекти на Розвиток та Розмноження:

4.1. Вплив на Репродукцію:

Дослідження можливих змін у структурі репродуктивних органів та аналіз їхнього функціонального стану під впливом введення ГМ рослин або речовин у раціон лабораторних тварин. Це включає вивчення можливих відхилень у будові та роботі органів, що відповідають за репродукцію. Додатково досліджується вплив цих змін на процеси розмноження та загальний репродуктивний здоров'я тварин.

Морфологічні Зміни:

- Аналіз мікроскопічних та макроскопічних змін у структурі репродуктивних органів під впливом генетично модифікованих (ГМ) організмів.

Для розуміння можливих змін, які можуть виникнути внаслідок впливу генетично модифікованих (ГМ) організмів на репродуктивні органи лабораторних тварин, проводиться детальне визначення евентуальних аномалій, включаючи:

Зміни у Розмірі:

- Аналіз змін у розмірі репродуктивних органів, таких як яєчники чи яєчки, матка, яєчники чоловічої статі та інші.
- Визначення, чи відбуваються непропорційні збільшення чи зменшення в розмірах порівняно із звичайними тваринами.

Зміни у Формі:

- Оцінка евентуальних змін у формі репродуктивних органів, включаючи їхню структуру та конфігурацію.
- Визначення будь-яких асиметрій чи деформацій, що можуть вказувати на нормальний чи аномальний розвиток.

Тканинна Організація:

- Мікроскопічний аналіз тканинних зразків репродуктивних органів для виявлення евентуальних змін у структурі та організації клітин.
- Вивчення здатності клітин до нормального функціонування та репродукції.

Оцінка Фізіологічних Параметрів:

- Визначення евентуальних змін у фізіологічних параметрах репродуктивних органів, таких як кровопостачання, виділення та інші.
- Вивчення можливих відхилень від нормальної фізіології, що можуть вказувати на аномалії.

Лонгітюдна Оцінка Змін:

- Лонгітюдна Оцінка Змін в Розвитку:

Лонгітюдна оцінка змін в розвитку є важливим етапом у вивченні впливу генетично модифікованих (ГМ) технологій на тварин. Вона включає:

Моніторинг Динаміки Розвитку:

- Систематичний моніторинг фізіологічного та морфологічного розвитку тварин протягом тривалого періоду часу.

Аналіз Фізіологічних Параметрів:

- Вимірювання та аналіз фізіологічних параметрів, таких як температура тіла, серцевий ритм, дихання та інші, для виявлення змін.

Мікроскопічний Огляд Тканин:

- Регулярний мікроскопічний аналіз тканин органів та систем тварин для визначення евентуальних змін у структурі та організації клітин.

Моніторинг Змін у Поведінці:

- Спостереження та запис поведінкових змін, включаючи активність, соціальні взаємодії та інші аспекти поведінки тварин.

Оцінка Здоров'я та Добробуту:

- Визначення рівня здоров'я та добробуту тварин на основі параметрів, таких як вага, стан шерсті, апетит, рівень стресу тощо.

Дослідження Реакції на Стрес:

- Вивчення реакції тварин на стресові ситуації для виявлення можливих змін у стресовій відповіді та адаптації.

Спостереження за Розвитком Репродуктивних Органів:

- Систематичне спостереження за розвитком та функціональністю репродуктивних органів протягом періоду статевої зрілості.

Лонгітюдна оцінка змін дозволяє виявити кумулятивні ефекти, які можуть виникати внаслідок тривалої експозиції ГМ технологій та допомагає зрозуміти довгострокові наслідки цих технологій на життя тварин [4-6].

Визначення евентуальних аномалій є ключовим етапом у вивченні впливу ГМ технологій на репродуктивні органи лабораторних тварин та дозволяє розробити повноцінний образ можливих впливів на репродуктивне здоров'я.

Функціональні Зміни:

- Оцінка можливих зсувів у функціональності репродуктивних органів під впливом ГМ технологій.

- Вивчення вироблення гормонів та інших біологічно активних речовин, які можуть впливати на регуляцію репродукційних процесів.

Ефекти на Розмноження:

- Аналіз можливих впливів ГМ організмів на процеси розмноження, включаючи сперматогенез та ооцитогенез.

- Визначення можливих затримок або прискорень у розвитку та зрілості репродуктивних клітин.

Баланс Гормональної Регуляції:

- Вивчення ефектів ГМ технологій на гормональний баланс, який може впливати на репродуктивні процеси.

- Визначення можливих змін у виробленні та регуляції гормонів, що відповідають за функціонування репродуктивних систем.

Детальне визначення цих аспектів дозволяє зрозуміти, як ГМ організми можуть впливати на розмноження та репродуктивне здоров'я лабораторних тварин.

4.2. Ризики для Новонароджених:

Оцінка впливу ГМ організмів на здоров'я та розвиток новонароджених лабораторних тварин.

Вивчення можливих дефектів або затримок у розвитку молодняку, які можуть виникнути внаслідок експозиції ГМ технологій під час періоду народження та раннього віку.

Аналіз можливого впливу ГМ організмів на здоров'я та фізіологічний розвиток молодняку лабораторних тварин.

Для аналізу можливих впливів генетично модифікованих (ГМ) технологій на розвиток молодняку проводиться детальне вивчення дефектів та затримок, які можуть виникнути під час періоду народження та раннього віку:

Моніторинг Розвитку:

- Систематичний моніторинг фізіологічного розвитку молодняку, включаючи зростання, розвиток органів та функцій, такі як рухливість та координація.

Вивчення Здоров'я народжених Молодняка:

- Аналіз здоров'я та фізіологічного стану новонароджених тварин, зокрема виявлення можливих аномалій чи відхилень від норми.

Оцінка Розвитку Органів та Систем:

- Мікроскопічний аналіз органів та систем молодняку для визначення еventуальних дефектів чи аномалій в їхньому розвитку.

Динаміка Росту та Маси:

- Вивчення динаміки росту та маси тіла молодняку під впливом ГМ технологій у порівнянні з контрольною групою.

Аналіз Рухливості та Поведінки:

- Спостереження за рухливістю та поведінкою молодняку для виявлення можливих порушень в їхній активності та координації.

Стресові Відповіді:

- Вивчення відповіді молодняку на стресові ситуації для визначення можливих аномальних реакцій, які можуть бути пов'язані із змінами у геномі ГМ тварин.

Лонгітюдна Оцінка:

- Проведення довгострокового моніторингу для виявлення евентуальних дефектів чи затримок у розвитку молодняку, які можуть виявитися внаслідок дії ГМ технологій.

Цей підхід дозволяє глибоко проаналізувати можливі відхилення у розвитку молодняку, які можуть бути пов'язані із використанням ГМ технологій та визначити їхні наслідки на здоров'я та добробут тварин.

5. Безпека Умов Утримання:

Оптимальні Умови Утримання:

- Розробка та визначення оптимальних умов утримання для лабораторних тварин, які використовуються у дослідженнях з генетично модифікованими (ГМ) технологіями.

- Врахування факторів, таких як температура, вологість, освітлення та інші, які можуть впливати на здоров'я та поведінку тварин.

Екологічні Стандарти:

- Забезпечення дотримання екологічних норм та стандартів утримання тварин, особливо в контексті використання ГМ організмів.

- Розробка та впровадження ефективних систем обробки відходів та збереження середовища для запобігання негативному впливу на природу.

Безпека Заходів Запобігання Втечі ГМ Організмів:

- Розроблення та впровадження заходів безпеки для запобігання можливій втечі ГМ тварин у природне середовище.

- Визначення ефективних методів контролю та обмеження можливих ризиків взаємодії ГМ організмів з дикими популяціями.

Методи Маркування та Відслідковування:

- Розробка систем маркування та ідентифікації ГМ тварин для ефективного відслідковування їхнього руху та утримання.

- Забезпечення можливості швидкого реагування та ізоляції випадків втечі чи непередбачених ситуацій.

Контроль Здоров'я та Безпеки:

- Розроблення систем регулярного медичного спостереження та оцінки стану здоров'я ГМ тварин.

- Встановлення протоколів безпеки для взаємодії з ГМ організмами та медичної підтримки у випадках надзвичайних ситуацій.

Ефективна система утримання та безпеки забезпечує надійні умови для проведення досліджень з використанням ГМ технологій та запобігає можливим ризикам для тварин та навколишнього середовища.

Екологічні Стандарти: Дотримання екологічних норм та стандартів для утримання та експериментів з ГМ організмами.

6. Моніторинг та Постмаркетингова Безпека:

Спостереження за Довгостроковими Ефектами: Забезпечення постмаркетингового моніторингу для виявлення можливих довгострокових наслідків впливу ГМ рослин та організмів на лабораторних тварин.

Взаємодія із Споживачами: Спілкування та обмін інформацією із споживачами та громадськістю щодо безпеки використання ГМ технологій в дослідженнях.

Цей підхід дозволяє глибоко проаналізувати вплив ГМ рослин, організмів та речовин на лабораторних тваринах, забезпечуючи високий ступінь безпеки та етичності у проведенні досліджень.

У розгляді літератури щодо біобезпеки використання генетично модифікованих (ГМ) рослин, організмів та речовин на прикладі лабораторних тварин виявлено важливі аспекти, які варто врахувати у наукових дослідженнях.

По-перше, законодавчі рамки в сфері біобезпеки мають вирішальне значення для контролю та регулювання використання ГМ технологій. Українське законодавство, як і європейське, визначає принципи та вимоги до впровадження та моніторингу ГМ організмів.

Дослідження впливу ГМ технологій на лабораторних тварин вказують на можливі фізіологічні та репродуктивні зміни. Лонгітюдні оцінки показують, що важливо вивчати ефекти не лише протягом короткострокового експерименту, але й протягом усього життєвого циклу тварин.

З аспекту охорони здоров'я та добробуту тварин важливо враховувати етичні аспекти та розробляти оптимальні умови утримання. Взаємодія із споживачами та відкритий обмін інформацією визначають успішність впровадження ГМ технологій у сучасному суспільстві [5-6].

Загальний висновок полягає в тому, що біобезпека ГМ рослин, організмів та речовин вимагає інтегрованого підходу, який враховує наукові, етичні, технічні та законодавчі аспекти для забезпечення безпечного та ефективного використання цих технологій у дослідженнях та промисловості.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Сучасні методи визначення транс генних компонентів у рослинницькій продукції та кормах

Для того, щоб оцінити потенційну небезпеку щодо використання генетично модифікованих організмів, спочатку їх необхідно ідентифікувати, використовуючи належну апаратуру. Суть ідентифікації ГМО зводиться до того, щоб оцінити відповідні ризики та попередити їх. Наданий час, у світовому масштабі регламентовані норми щодо можливого використання ГМО продукції для живлення тварин та харчування людей (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Міжнародні правила маркування харчових продуктів з ГМО

Країна	Маркування	Рік введення	Пороговий вміст
США	добровільна	2001	5%
Канада	добровільна	2001	5%
Японія	обов'язкова	2001	5%
ЕС	обов'язкова	2000	0.9%
Україна	обов'язкова	2009	0.9 %

Згідно з постановою Кабміну №468 від 13 травня 2009 р., з 1 липня 2009 року на Україні всі харчові продукти, які містять генно-модифіковані організми (ГМО), повинні мати обов'язкове маркування [29]. В Україні, так як і в Євросоюзі, вміст генетично змінених організмів не повинен переважати 0,9% у продуктах харчування.

У США, Канаді та Японії, а також країнах Латинської Америки, де технології генетичної модифікації широко розвинуті порогів вміст ГМО в продуктах харчування знаходиться в межах 5%.

Перелік харчових продуктів та їх ГМ аналогів, які підлягають дослідженню на вміст ГМО

Виписка із переліку харчових продуктів, що мають генно-інженерно-модифіковані аналоги і підлягають експертизі на наявність та вміст ГМО	Соя, кукурудза, картопля, томати, ріпак, пшениця, рис, кава, кабачки, диня, цукрові буряки, льон, хлопок, соняшник, перець тощо
Харчові продукти, що мають генно-інженерно-модифіковані аналоги, які знаходяться на стадії розробки або впровадження	Чай, кві, ананас, вишня, абрикос, черешня, нектарини, слива, яблука, маслини, оливки, огірки, капуста, арахіс, ячмінь, лимон, апельсин, мандарин, грейпфрут, цибуля, часник, морква тощо
Основні продукти харчування, які досліджують на ГМО	
Продукти харчування, де можливо міститься ГМ-соє	
Хліб	Ковбасні вироби
Дитяче харчування	Харчові добавки
Кондитерські вироби	Шоколад
Продукти харчування та напої, де можливо міститься ГМ-кукурудза	
Пиво	Маргарин
Хлібопекарські вироби	Чіпси
Приправи до салатів	

Методика щодо визначення ГМО включає такі етапи [25]:

- виявлення будь-яких нових генотипових і фенотипових характеристик, пов'язаних з присутністю трансгенів, які можуть викликати несприятливу дію ГМО на здоров'я людини і навколишнє середовище;
- оцінка ймовірності виникнення несприятливих наслідків виходячи з інтенсивності, тривалості і характеру впливу генетично модифікованого організму на людину або на потенційно приймаюче середовище;
- оцінка наслідків у тому випадку, якщо такий несприятливий вплив дійсно матиме місце;
- оцінка сукупного ризику, що викликається ГМО, на основі оцінки ймовірності виникнення та наслідків виявлених негативних ефектів;

- винесення рекомендації щодо того, чи є ризики прийнятними або регульованими, включаючи, якщо це необхідно, визначення стратегій для управління такими ризиками.

Метод визначення генетично змінених організмів ґрунтується на основі використання ПЛР в режимі реального часу (ПЛР-РЧ) [33]. Сам процес відбувається за схемою (рис. 2.1):



Рис. 2.1. ПЛР в реальному часі

У процесі визначення наявності генетично змінених організмів використовували тест-систему "Рослина 35S / NOS скринінг"[29].

В основі методу ПЛР-РЧ лежать зміни сигналу флуоресценції в ході реакції. Ці зміни відбуваються завдяки використанню специфічного для дослідної ДНК зонду, який подібно праймеру, в ході реакції зв'язується з одним із ланцюгів амплікону. Зміни сигналу флуоресценції дає можливість прослідкувати кінетику полімеразно ланцюгової реакції і використати дані для розрахунку порогових циклів – величин, які дають можливість говорити про вихідну кількість копій ДНК і порівняти зразки між собою.

Ідентифікація ГМО в продуктах харчування проводиться за наступною схемою:



Рис. 2.2. Принципова схема ідентифікації ГМО в продуктах харчування

Сам процес визначення ГМО проходить згідно трьох основних стадій (рис.2.3).

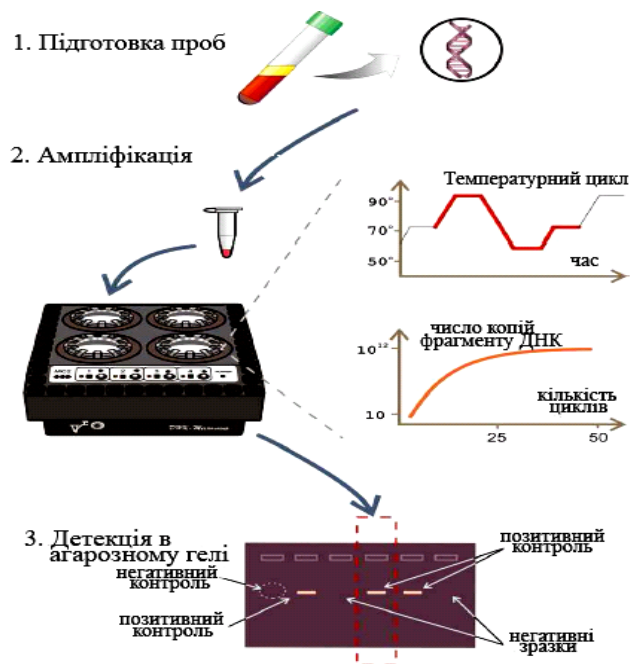


Рис. 2.3. Стадії ПЛР аналізу

- Денатурація (94°C) – забезпечує розділення ниток ДНК
- Гібридизація праймерів на матриці (45-65°C) – забезпечує формування структури за допомогою ДНК-полімерази
- Синтез (видовжування) ланцюга (72°C) – проходить синтез комплементарних ланцюгів та подвоєння числа молекули ДНК мішень [28].

Основні принципи ПЛР [29]:

- Ампліфікація фрагменту проходить між двома праймерами
- Ампліфікацію проводять упродовж 30-40 циклів
- Кожний цикл відбувається за зміни температурних режимів
- У реакції використовують термостабільну ДНК-полімеразу
- За 30 циклів проходить збільшення ампліфікованого фрагменту ДНК в 1 000 000 000 раз
- Кінетика ПЛР характеризується виходом на «плато»

2.2. Матеріали та методи досліджень

Відбір проб для аналізу проводили згідно регламентованих норм [27, 29, 33, 34]:

- ДСТУ ISO 21569:2008 Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів та їх похідних. Якісний метод на основі аналізу нуклеїнової кислоти;

- ДСТУ ISO 21570:2008 Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів та їх похідних. Кількісний метод на основі аналізу нуклеїнової кислоти;

- ДСТУ ISO 21571:2008 Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів та їх похідних. Екстракція нуклеїнової кислоти;

- ДСТУ ISO 21572:2006 Продукти харчові. Методи аналізу для визначення генетично модифікованих організмів і похідних продуктів.

- ДСТУ ISO 24276:2008 Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів та їх похідних. Основні вимоги і визначення;

- ДСТУ П CEN/TSO 155688:2008 Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів і їх похідних. Відбирання проб;

- ДСТУ ISO/TS 21098:2008 Харчові продукти. Методи аналізу по визначенню генетично модифікованих організмів та похідних продуктів, створені на основі аналізу нуклеїнових. Доповнення до стандартів ISO 21569, ISO 21570, ISO 21571, ISO/TS 21098:2005, IDT;

- ДСТУ 6056:2008 Буряки. Метод визначення живих змінених організмів у насіннєвому та рослинному матеріалі з використанням полімеразної ланцюгової реакції;

- ДСТУ 5021:2008 Соя. Ідентифікація генетично модифікованих організмів. Ч.1.

- ДСТУ 5021:2008 Соя. Ідентифікація генетично модифікованих організмів. Ч.2

Для проведення ПЛР аналізу в реальному часі використовували наступні реактиви [23]:

- Буфер (Tris-HCl, pH = 8,0-8,8; KCl)
- MgCl₂ (1-3 mM)
- Праймери (0.4 мкМ кожного)
- dNTP (40-200 мкМ кожного)
- ДНК-полімераза (1 Од)
- Матриця (1 до 1000 нг)

Експериментальні дослідження щодо токсичного впливу генетично модифікованої сої та ізоляту білка ГМ сої на живий організм проводили у віварію Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок упродовж 2014 року на білих щурах лінії Wistar, які знаходились на повноцінному раціоні віварію (табл.2.3) з вільним доступом до води.

На додаток до лабораторного корму, одну групу самок щурів годували соєвої борошном або бобами сої впродовж 2 тижнів до спарювання, а також протягом періоду спарювання і вагітності. Щодня збільшували кількість соєвих продуктів у розрахунку на кожного новонародженого протягом періоду лактації. При однакових умовах другої групи самок щурів давали, крім корму, також звичайну соєву муку або боби сої, а третій групі давали білки, виділені з ГМ (RR) сої. Четверта група щурів отримувала тільки лабораторний корм і була позитивним контролем.

Таблиця 2.3

Раціон годівлі білих щурів, в г

Фураж (70% вівса, 30% висівок)	15
Хліб пшеничний чорний	15
Крупа (50% гречана, 50% кукурудзяна)	5
М'ясо волове	5
Сіно лугове	4
Трава	10
Коренебульбоплоди (50% буряк, 50% картопля)	4,5
Насіння соняшнику	1
Кісткове борошно	0,6
Риб'ячий жир	0,2
Кормові дріжджі	0,3
Кухонна сіль	0,2

РОЗДІЛ 3. ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Сучасні тенденції щодо одержання та використання генетично змінених організмів

Використання сучасних біотехнологій в народному господарстві має, на даний час, значні успіхи, зокрема, це стосується досліджень щодо цільової зміни генному організмів. Дані технології найбільш поширені на генетичній модифікації декоративних та культурних сортів рослин. Отримані таким чином сорти набувають, необхідних для людей властивості. Сам технологічний процес генетичної модифікації схематично наведено на рис. 3.1.

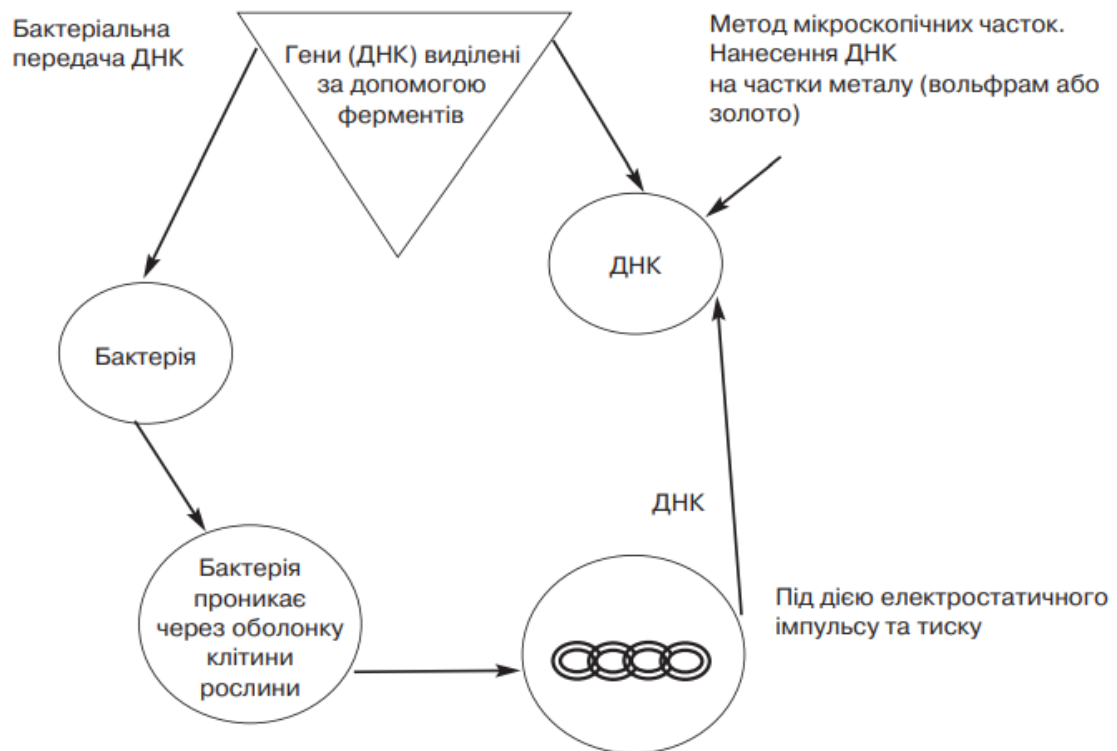
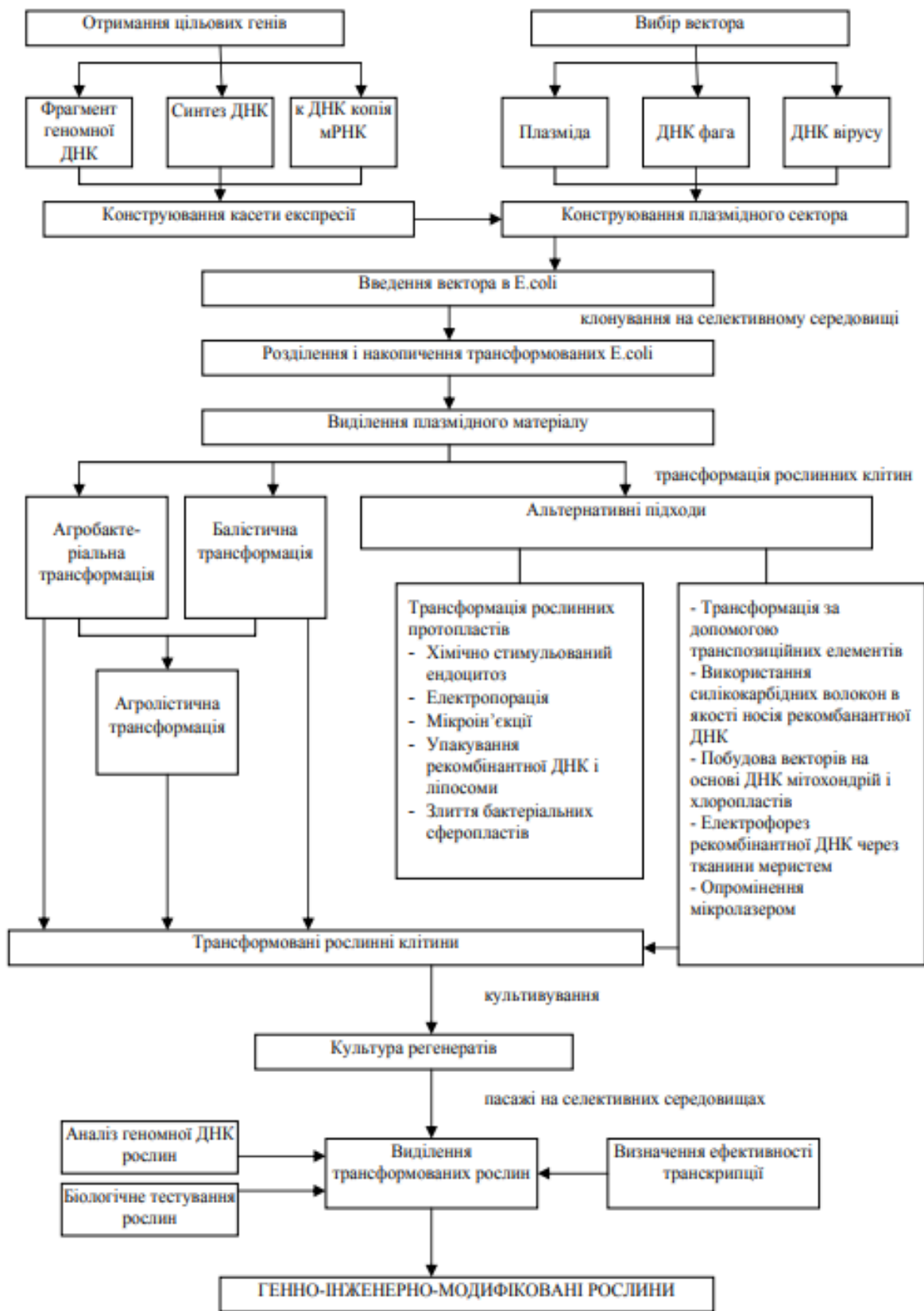


Рис. 3.1. Схематичний процес одержання генетично змінених рослин [16]

Щодо самої технології одержання генетично модифікованих рослин, це процес доволі складний, вимагає достатньо значних зусиль, в першу чергу, значних фінансувань, лабораторного забезпечення та кваліфікованих спеціалістів. Принципова технологічна схема одержання ГМ рослин наведена на рис.3.2.



3.2. Принципова технологічна схема одержання ГМ рослин [46].

Генетичну модифікацію в рослинах проводять з метою покращити певні, корисні для людини, властивості та певних характеристик, а саме [17-20]:

- стійких до гербіцидів – ГМ рослини, у геном яких вмонтований ген, що гальмує активність діючої речовини гербіциду. Така властивість характерна більшості генетично зміненим культурним рослинам, що забезпечує зниження затрат, особливо ручної праці, в агротехнологія їх вирощування. На даний час, толерантними до дії гербіцидів вирощують картоплю, сою, кукурудзу, ріпак, бавовну, люцерну тощо. Під їх площі задіяно понад 60% земельних ресурсів, на яких вирощують генетично змінених рослин.

- стійких до гербіцидів та комах – проявляють комплексну дію щодо одночасного набуття толерантності до гербіцидів, які використовуються в процесі технологічної обробки рослин та діють негативно на комахи-шкідники;

- стійких до комах – це рослини із рекомбінованим геномом, де як вектор передачі генетично зміненої інформації використовували бактерії *Bacillus thuringiensis* (Bt). Такі рослини синтезують токсини, зокрема, токсин Bt, який проявляє летальну дію на комах-шкідників, незалежно на якому етапі розвитку вони перебувають. Рослини із такими властивостями займають біля 20% всіх площ, де висівають ГМ рослини;

- стійких до вірусів – це рослини, в геном яких вмонтований ген, який руйнує вірусну оболонку та попереджує вірусну інфекцію рослини.

Окрім, стійкості до хімічних препаратів, в основному гербіцидів, та біологічних агентів, що описано вище, на сьогодні, розроблені та впроваджені у виробництво генетично змінені культурні рослини стійкі до абіотичних стресових факторів навколишнього природного середовища, до них відносяться [50]:

- генетично змінені рослини, які володіють стійкістю до солей, в тому числі до кухонної солі, що дає можливість збільшити ареал посівних площ на частково засолених територіях;
- генетично змінені рослини, які володіють стійкістю до засухи тощо (рис. 3.3).

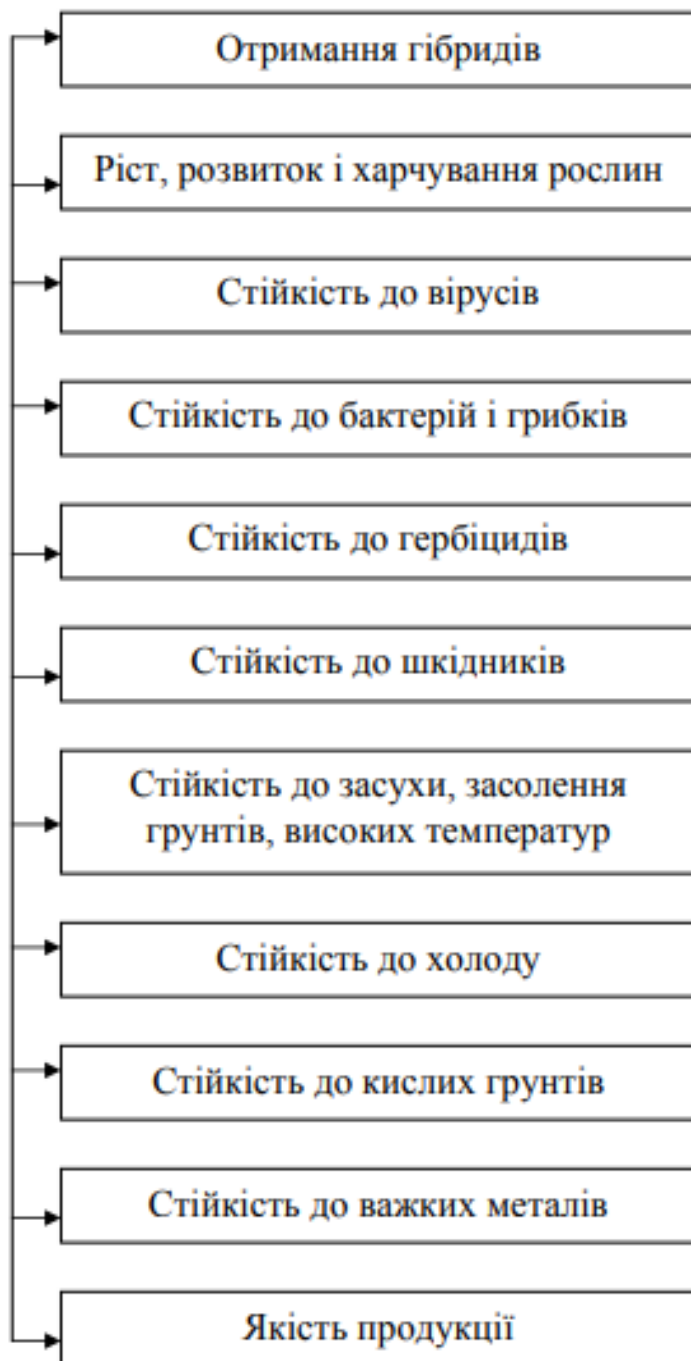


Рис. 3.3. Напрями генетичної модифікації рослин з метою одержання цільових властивостей

Перераховані вище генетично змінені рослини, яких умовно відносять до ГМ рослин першого покоління. До ГМ рослин другого покоління, відносяться генетично модифіковані рослини, які можуть використовувати із їжею людиною.

До них, в першу чергу, відносяться рослини, у складі яких містяться гени, що стимулюють утворення клітинами рослин біологічно активні речовини, таких як, вакцин, вітамінів тощо, що нормалізують та покращують самопочуття та здоров'я людини. В основному до таких ГМ рослин відносяться зернові, овочеві та фруктові культури, наділені наступними властивостями [48-49]:

- антиалергійні властивості – пшениця для людей з алергією на клейковину;
- збагачені провітамінами рослини – «золотий рис», збагачений провітаміном А уже тестується багато років, але досі не вирощується через скептичне ставлення до можливих ризиків для здоров'я;
- фрукти та овочі із затримкою дозрівання та збільшеним терміном зберігання;
- фрукти та овочі, що виробляють більшу кількість певних речовин, наприклад, амілопектинова картопля Amalora, розроблена з метою отримання більшої кількості крохмалю.

Третє покоління генетично змінених рослин, на даний час, перебуває в активному науковому пошуку. Вони призначені, насамперед, для фармацевтичної промисловості – створити генетично модифіковані рослини, які могли б забезпечити синтез необхідних людині біологічно активних речовин (біофармінг), які на даний час виробляються синтетично фармацевтичною промисловістю.

Серед науковців постійно точаться дискусії щодо переваг та недоліків у використанні та споживанні продуктів харчування, вироблених за використанням генетично зміненої рослинної продукції. Саме тому, ми

проведемо аналіз наукових розробок використання ГМО технологій й рослинництві (рис. 3.4).

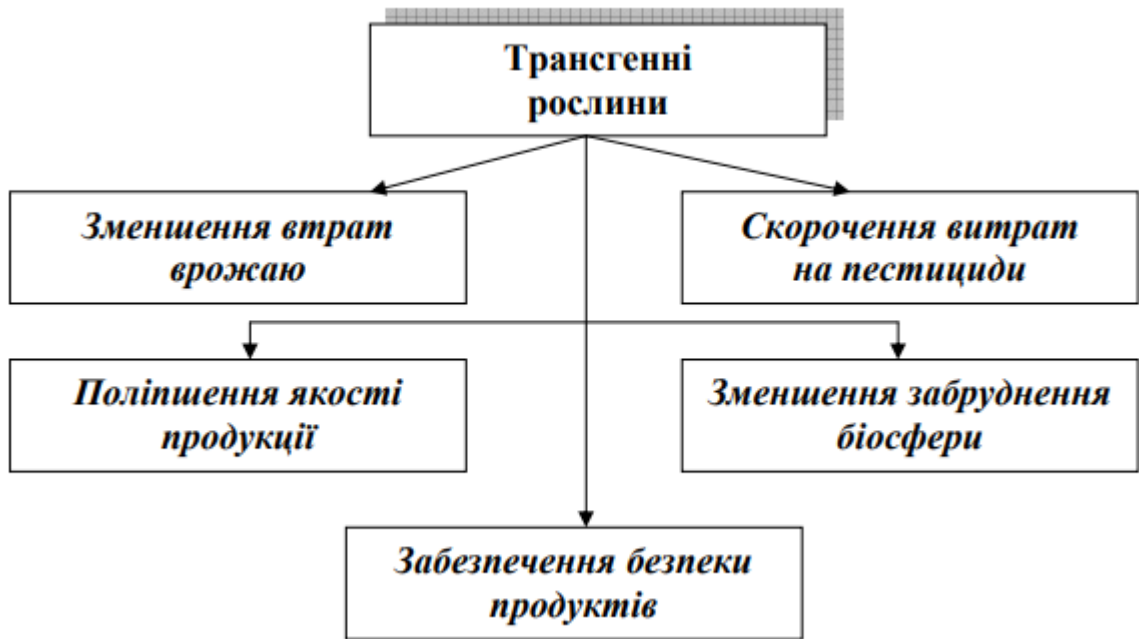


Рис. 3.4. Основні переваги щодо використання генетично змінених рослин

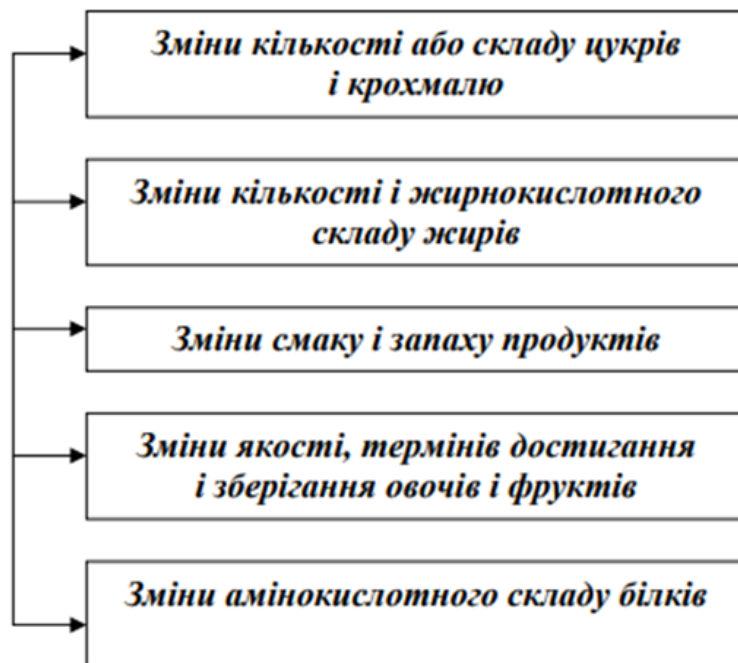


Рис. 3.5. Поліпшення якості харчової і біологічної цінності харчування і продовольчої сировини

Щодо переваг використання трансгенних або генетично змінених рослин, то можна зосередитися на наступних перевагах, таких як:

- зменшення втрат врожаю;
- скорочення витрат на пестициди;
- підвищення якості отриманої продукції (підвищення кількості цукрів та крохмалю, зміна кількості та жирнокислотного складу жирів, зміна запаху і смаку одержаних продуктів, зміна якості, термінів досягання і зберігання овочів і фруктів, зміна амінокислотного складу білків) [47];
- зменшення забруднення біосфери;
- забезпечення безпеки отриманої продукції.

Саме наведені вище переваги, забезпечують активне впровадження ГМО технологій у світовому вирощуванні сільськогосподарських культурних рослин (рис. 3.6).

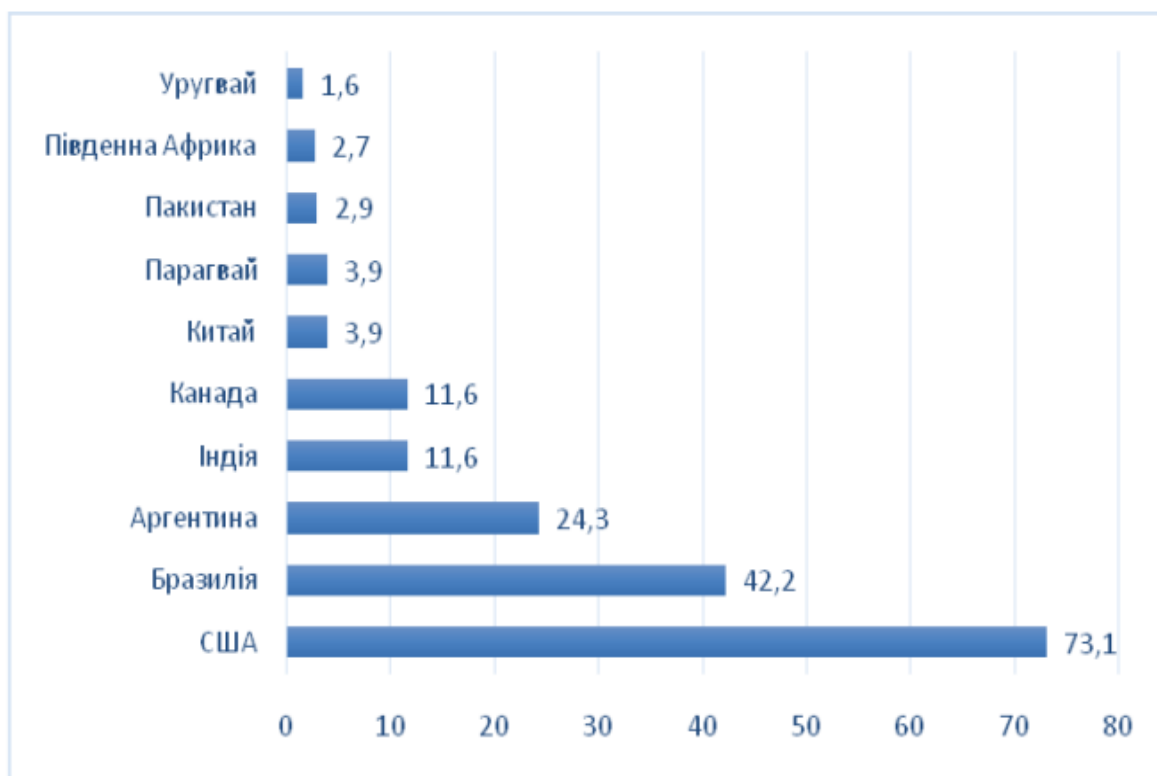


Рис.3.6. Динаміка (по країнах) використання генетично змінених рослин [45].

Бурхливий розвиток генно-інженерних технологій щодо одержання нових сортів генетично модифікованих культурних рослин сприяє одержанню все нових та нових сортів, так, на даний час зареєстровано значна кількість ліній сільськогосподарських рослин [44, 51]:

- 11 ліній сої;
- 24 лінії картоплі;
- 32 лінії кукурудзи;
- 3 лінії цукрового буряка;
- 5 ліній рису;
- 8 ліній томатів;
- 32 лінії ріпаку;
- 3 лінії пшениці;
- 2 лінії дині;
- 1 лінія цикорію;
- 2 лінії папайї;
- 2 лінії кабачків;
- 1 лінія льону;
- 9 ліній бавовни.

Окрім, перерахованих вище культурних сільськогосподарських рослин, генетично зміненими можуть бути значна кількість овочів та фруктів. Часто ГМО зустрічаються у харчових добавках під маркуванням «Е». Нижче наводимо перелік харчових добавок та біологічно активних речовин до складу яких найчастіше можуть входити генетично змінені організми [37, 43]:

- E101 і E101 (B₂, рибофлавін) - додається в каші, безалкогольні напої, дитяче харчування, продукти для схуднення;
- E150 (карамель);
- E153 (карбонат);
- E160a (бета-каротин, провітамін А, ретинол);
- E160b (аннатто);

- E160d (лікопін);
- E234 (низин);
- E235 (натаміцин);
- E270 (молочна кислота);
- E300 (вітамін С – аскорбінова кислота);
- з E301 по E304 (аскорбати);
- з E306 по E309 (токоферол/вітамін Е);
- E322 (лецитин);
- з E325 по E327 (лактати);
- E330 (лимонна кислота);
- E415 (ксантин);
- E459 (бета-циклодекстрин);
- з E460 по E469 (целюлоза);
- E470 и E570 (солі та жирні кислоти);
- ефіри жирних кислот (E471, E473, E475, E476, E479b);
- з E620 по E633 (глутамінова кислота і глютомати);
- з E626 по E629 (гуанілова кислота і гуанілат);
- з E630 по E633 (інозинова кислота та інозінат);
- E951 (аспартам);
- E953 (ізомальт);
- E957 (тауматин);
- E965 (мальтинол)

Серед переваг щодо використання генетично змінених рослин, в літературних джерелах [38-42] є достатня кількість критики з цього приводу, автори вважають, що використання ГМ рослин проявляють негативний вплив на навколишнє природне середовище та харчові продукти (табл. 3.1).

Ризики оцінюються як безпосередньо в процесі використання, так й на далеку перспективу можливого впливу на природні біологічні об'єкти.

Особлива увага приділяється виробленим із ГМ рослин кормів для живлення тварин продуктів харчування для людей.

Таблиця 3.1

Можливі ризики для навколишнього природного середовища за використанням генетично змінених рослин [52]

№ п/п	Різновиди можливої негативної дії ГМО на навколишнє середовище та харчові продукти
1	Використання ГМО, стійких до гербіцидів, в сільському господарстві може призвести до збільшення використання гербіцидів на полях. Як наслідок, збільшиться їхня кількість у навколишньому середовищі та в харчових раціонах населення
2	Генетично модифіковані рослини, стійкі до колорадського жука, виробляють речовини, токсичні для комах, які їх споживають
3	Вбудовані гени мають здатність комбінуватися з генами інших вірусів, внаслідок чого можуть з'являтися ще небезпечніші віруси
4	Пилок генетично модифікованих рослин може запилювати диких предків цих рослин і передавати їм нові гени. Ці рослини можуть швидко поширитися і повністю витіснити дикі форми. Крім того, генетично модифіковані рослини можуть передавати свої властивості близьким видам, внаслідок чого можуть з'являтися стійкі до гербіцидів бур'яни
5	Генетично модифіковані культури містять у 1020 разів (за даними О. Ситника) більше токсинів, ніж звичайні організми і тому можуть бути отруйними не лише для своїх шкідників, а й для інших нешкідливих комах. Потрапляючи у ґрунт, токсини можуть попадати в інші рослини, а через них — в організм тварин і людини
6	Небезпека генетично модифікованих організмів може бути зумовлена мутацією чужорідних генетичних вставок, токсичністю новоутворених білків, акумуляцією хімічних речовин, до яких ГМО стійкі
7	Після споживання генетично модифікованих томатів у піддослідних тварин виявлені порушення тканин шлунка, патологія печінки, селезінки та кишок, зменшення об'єму головного мозку

Потенційну небезпеку при використанні генетично змінених рослин можна розглядати в таких напрямках [51]:

- стійкість до вірусів:
 - збільшення симптомів захворювання;
 - утворення нових видів вірусів;
 - зміна структури оболонки вірусу.
- загрози для природного зовнішнього середовища:
 - толерантність до гербіцидів;
 - толерантність до комах.

- перенесення генів:
 - стійкість до антибіотиків;
 - міграція трофічним ланцюгом;
 - включення в геном не ГМ рослин;
 - включення в геном дикорослих видів рослин (рис. 3.7).

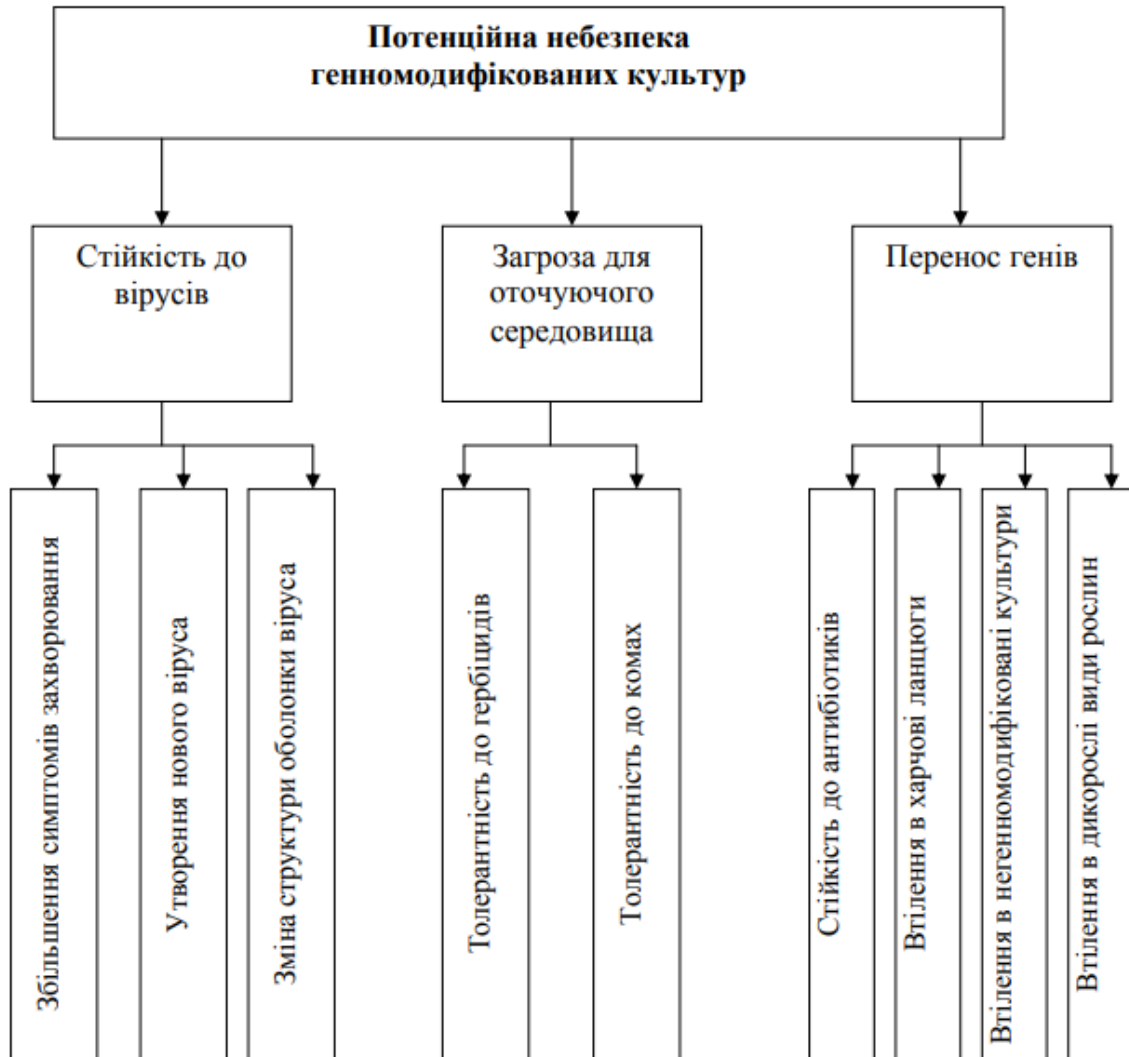


Рис. 3.7. Потенційна небезпека використання генетично модифікованих культурних рослин

Зважаючи на переваги та ризики використання генетично модифікованих культурних рослин як компонентів для виробництва кормів та харчових продуктів, авторитетними світовими організаціями (ФАО/ВООЗ) [36] проводяться моніторингові дослідження з цього приводу (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Моніторингові дослідження на предмет безпеки та ризиків використання генетично модифікованих організмів та продуктів харчування із вмістом ГМО (ФАО/ВООЗ) [36]

У табл. 3.2, наведено дані щодо виробництва та використання генетично модифікованих сільськогосподарських рослин в Україні, де наведено переваги (сильні сторони) та (слабкі сторони), можливості та загрози [35]. Як видно, є достатня кількість переваг, а також є значна кількість загроз, а тому не припиняються дискусії щодо доцільності вирощувати та використовувати генетично змінених рослин для виробництва енергії, кормів та як компонент харчових добавок.

Таблиця 3.2

Результати SWOT-аналізу виробництва генетично модифікованої продукції в Україні

<p>Переваги (сильні сторони):</p> <ul style="list-style-type: none"> - стійкість до шкідників, захворювань і вірусів; - змінені поживні властивості та склад генетично модифікованих продуктів (збагачення поживними властивостями, вітамінами тощо); - збільшення обсягів вирощування завдяки прискоренню термінів дозрівання генетично модифікованих рослин; - скорочення витрат на оплату праці великої кількості працівників, зайнятих ручними та механізованими роботами; - цілковита автоматизація обслуговування систем; - уникнення сезонності виробництва; - збільшення асортименту продукції. 	<p>Недоліки (слабкі сторони):</p> <ul style="list-style-type: none"> - ризики для здоров'я людини (токсичність, алергенність, канцерогенний вплив); - руйнівний вплив трансгенних білків генетично модифікованих організмів; - накопичення гербіцидів у генетично модифікованих рослинах; - негативний вплив на біорозмаїття; - можливість використання виробниками термінаторних технологій; - генетичне забруднення навколишнього середовища; - недостатність досліджень, що стосуються біобезпеки; - залежність від розробників генетично модифікованого насіння; - монополізація світового продовольчого ринку ТНК.
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - збільшення сільськогосподарської продуктивності; - забезпечення глобальної продовольчої безпеки; - збереження біологічного розмаїття видів, що зникають; - ефективніше використання компонентів для більш економного господарювання на землі; - примноження економічних і соціальних вигод; - скорочення крайньої бідності у країнах, що розвиваються; - активний розвиток лісових біотехнологій. 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - руйнівний вплив на традиційні біологічні види; - «засмічення» новими генами цінних біологічних ресурсів; - поява нових паразитів і шкідників; - виснаження та порушення природної родючості ґрунтів; - виникнення генетичних відхилень; - ймовірне збільшення масштабу застосування гербіцидів; - відтермінована негативна зміна властивостей рослин.

На даний час, щоб унеможливити неконтрольовану міграцію гені, в процесі вирощування та використання ГМ рослин, розроблені технології утилізації та виведення їх із трофічних ланцюгів (рис.3.9).

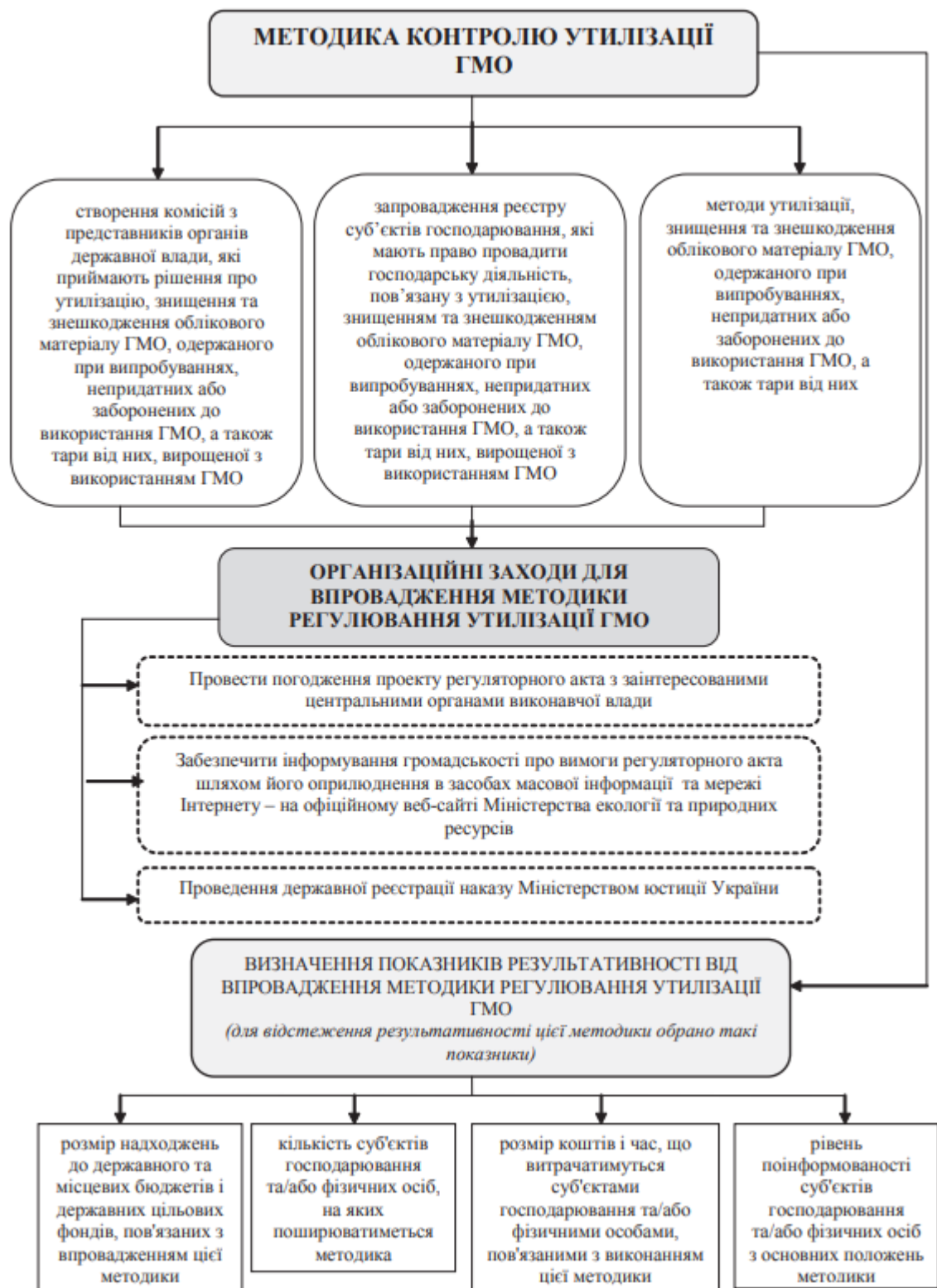


Рис. 3.9. Структурний контроль щодо утилізації ГМ рослин

Визначення очікуваних результатів прийняття запропонованої методики контролю утилізації ГМО¶

Сфери впливу	Вигоди	Витрати
Інтереси держави	Забезпечення державної політики у сфері біологічної та генетичної безпеки	Не передбачено
Інтереси суб'єктів господарювання	Встановлення уніфікованої процедури утилізації, знищення та знешкодження облікового матеріалу ГМО, одержаного при випробуваннях, непридатних або заборонених до використання ГМО, а також тари від них	Не передбачено
Інтереси громадян	Забезпечення державної політики у сфері біологічної та генетичної безпеки	Не передбачено

Для надання дозволів щодо використання генетично змінених організмів, кожна країна надає дозволи, керуючись Директивою 2001/18/ЄС (рис. 3.10).

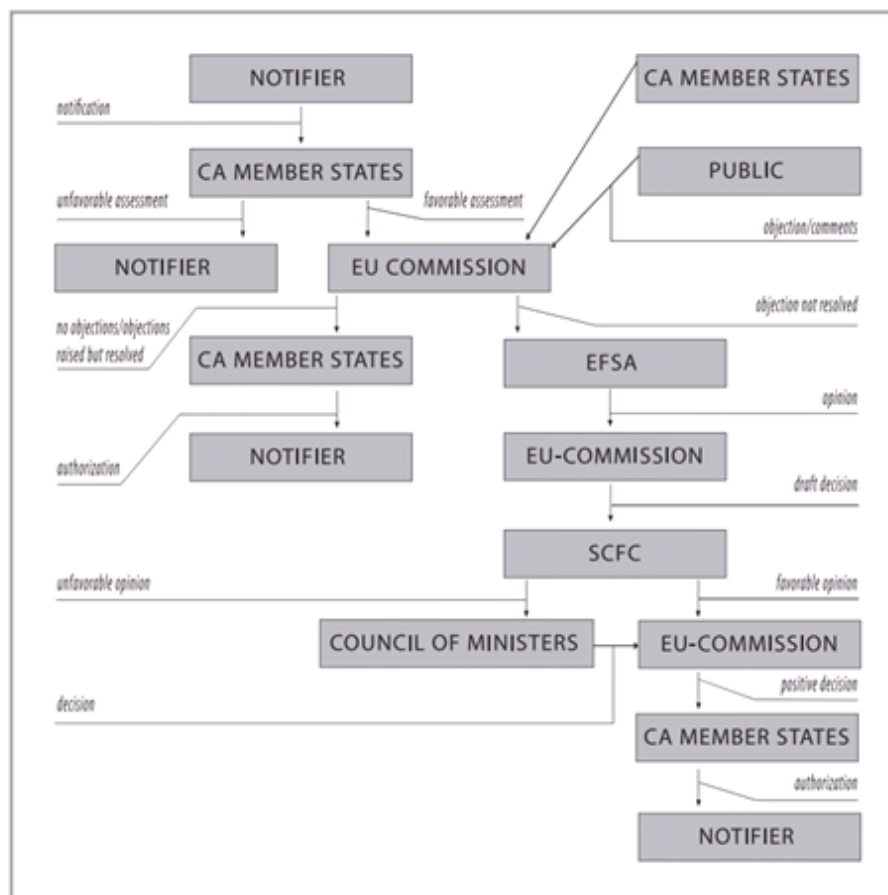


Рис. 3.10. Процедура надання дозволу для ГМО відповідно до Директиви 2001/18/ЄС

Держава на себе бере основні зобов'язання щодо контролю використання, попередження загроз та утилізації ГМО [22, 34]:

- – пріоритетність збереження здоров'я людини і охорони навколишнього природного середовища у порівнянні з отриманням економічних переваг від застосування ГМО;
- – забезпечення заходів щодо дотримання біологічної і генетичної безпеки при створенні, дослідженні та практичному використанні ГМО в господарських цілях; – контроль за ввезенням на митну територію України ГМО та продукції, отриманої з їх використанням, їх реєстрацією та обігом;
- – загальнодоступність інформації про потенційні ризики від застосування ГМО, які передбачається використовувати у відкритій системі, та заходи щодо дотримання біологічної і генетичної безпеки;
- – державна підтримка генетично-інженерних досліджень та наукових і практичних розробок у галузі біологічної і генетичної безпеки при створенні, дослідженні та практичному використанні ГМО в господарських цілях.

Передбачені основні завдання [25-26]:

- – охорона здоров'я людини і навколишнього природного середовища при здійсненні генетично-інженерної діяльності та поводженні з ГМО;
- – забезпечення права громадян на безпечне використання ГМО;
- – створення умов для безпечного практичного використання ГМО в господарських цілях;
- – визначення прав і обов'язків суб'єктів регулювання при поводженні з ГМО та встановлення їх відповідальності за порушення законодавства;
- – захист громадян у разі заподіяння шкоди їх здоров'ю внаслідок споживання ГМО

Регулювання поводження з ГМО регламентовано у статті 5 Закону [34]:

- генетично-інженерна діяльність, що здійснюється у замкненій системі;
- генетично-інженерна діяльність, що здійснюється у відкритій системі;
- державна реєстрація ГМО та продукції, виробленої з їх використанням;
- введення в обіг ГМО та продукції, виробленої з їх використанням;
- експорт, імпорт та транзит ГМО.

На Кабмін України покладені наступні повноваження (стаття 7 Закону) [30-32]:

- – забезпечує державне регулювання і контроль у сфері поводження з ГМО та генетично-інженерної діяльності;
- – забезпечує здійснення заходів щодо державної підтримки генетично-інженерної діяльності;
- – спрямовує і координує роботу центральних органів виконавчої влади та інших органів виконавчої влади в галузі поводження з ГМО та генетично-інженерної діяльності;
- – організовує міжнародне співробітництво з метою забезпечення безпечного поводження з ГМО та розвитку наукових знань у цій галузі;
- – затверджує порядок державної реєстрації ГМО та продукції, отриманої з їх використанням;
- – затверджує порядок ввезення ГМО джерел харчових продуктів, кормів і харчових продуктів та кормів, вироблених із ГМО;
- – затверджує порядок надання дозволу на транзитне переміщення ГМО через територію України;
- – затверджує порядок ліцензування генетично-інженерної діяльності у замкненій та відкритій системах;

- – затверджує порядок проведення державної апробації (випробовувань) ГМО у відкритій системі та отримання дозволу на їх проведення;

- – затверджує критерії безпеки поводження з ГМО у замкненій системі.

У статті 8 визначені повноваження центральною органу виконавчої влади з питань освіти і науки.

Центральний орган виконавчої влади з питань освіти і науки має наступні повноваження [27]:

- – забезпечує розвиток наукового і науково-технічного потенціалу в галузі генетично-інженерної діяльності;

- – забезпечує захист міжнародних і національних патентів та інших видів інтелектуальної власності в галузі поводження з ГМО, генетичної інженерії та генетично-інженерної діяльності;

- – розробляє критерії безпеки поводження з ГМО та генетично-інженерної діяльності у замкнених системах;

- – розробляє та вдосконалює систему контролю за дотриманням правил безпеки генетично-інженерної діяльності;

- – здійснює ліцензування генетично-інженерної діяльності у замкнених системах.

3.2. Динаміка вмісту генетично змінених компонентів у фуражних культурах для живлення тварин

Враховуючи вище наведену інформацію щодо ризиків використання генетично змінених рослин та вироблених на їх основі кормів для живлення тварин, нами, за допомогою статистичних даних, проаналізовано вміст ГМО впродовж 10-ти років, починаючи з 2010 по 2020 (рис.3.11.-3.13).

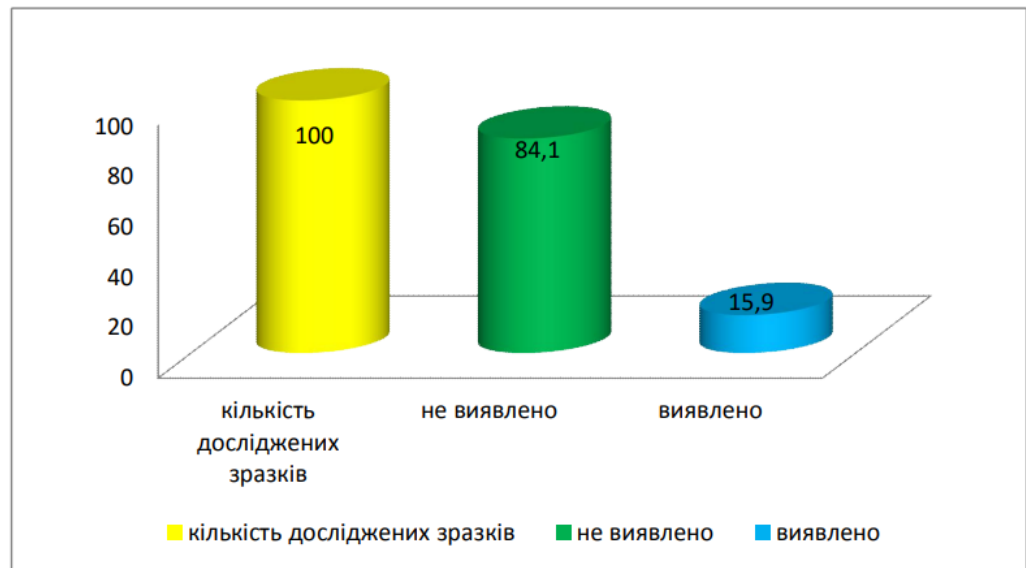


Рис. 3.11. Кількість ГМО-зразків виявлено у комбікормі для ВРХ у 2010 році

Як видно із рисунку 3.11, кількість генетично змінених компонентів комбікорму було виявлено на рівні 15,9%. Серед дослідженої сировини рослинного походження (зернові культурні рослини), із 1000 зразків виявлено 160 позитивних проб, що складало 16% від усіх зразків (табл. 3.4).

Якщо врахувати, що концентровані корми, зокрема комбікорм готують із зерна сільськогосподарських культур із додаванням певних преміксів та кормових добавок, в тому числі тваринного походження, то кількість виявлених зразків генетично змінених структур була на одному рівні, що у досліджених зразках комбікорму, так й зерні сільськогосподарських культурних рослин.

Виявлення генетично змінених структур у зерні сільськогосподарських культурних рослин

Сировина рослинного походження	Кількість зразків	Виявлено ГМО	Не виявлено ГМО
Кукурудза	477	58	419
Соняшник	355	50	305
Пшениця	105	6	99
Соя	82	49*	33
Ріпак	10	1	9
Льон	2	-	2
Горох	2	-	2

*- виявлено лінію сої GTS 40-3-2

Як видно із таблиці, найбільшу кількість генетично змінених структур виявлено в зразках кукурудзи, соняшнику, сої та пшениці у відсотковому виразі це відповідно буде складати 36, 30, 30 та 3%. Саме ці зенові кальтури складають основу складу комбікорму (макуху після переробки зерна соняшника також вносять до складу комбікорму).

Аналогічні, статистичні дослідження було проведено через 5-ть років у 2015 році (рис. 3.12).

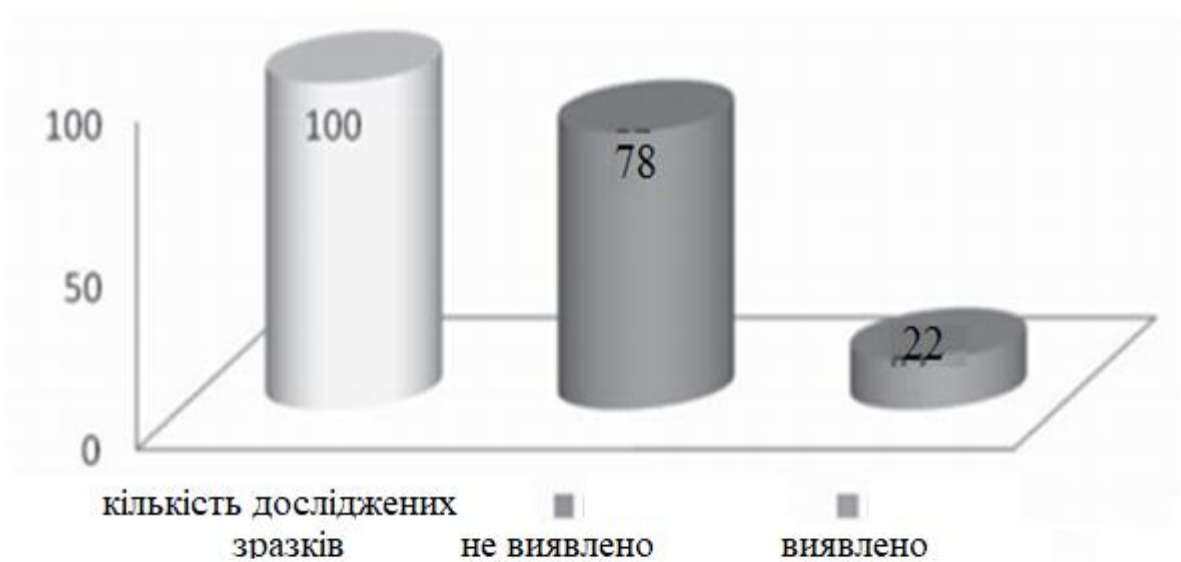


Рис. 3.12. Кількість ГМО-зразків виявлено у комбікормі для ВРХ у 2015 році

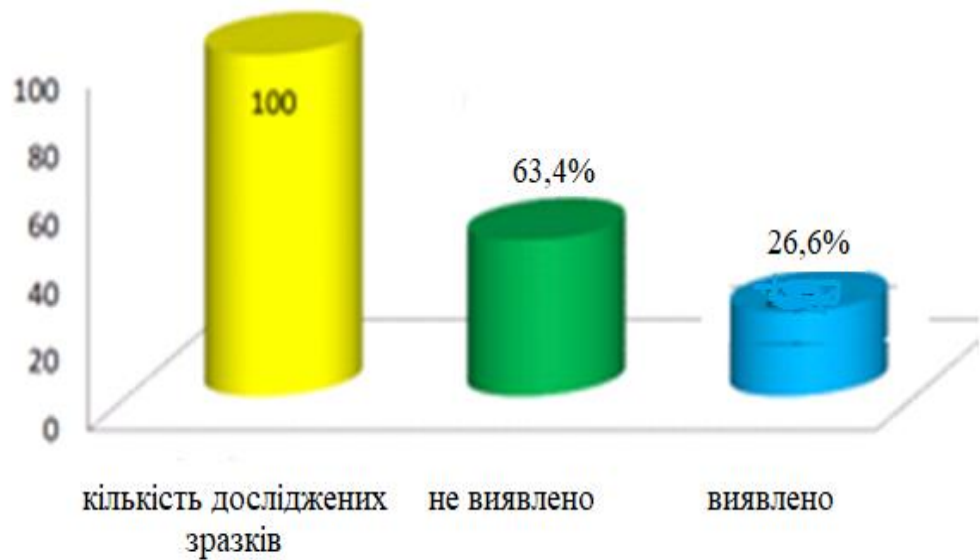


Рис. 3.13. Кількість ГМО-зразків виявлено у комбікормі для ВРХ у 2020 році

Таблиця 3.5

Динаміка виявлення генетично змінених структур у зерні сільськогосподарських культурних рослин упродовж 5-ти років

Види рослин	Кількість зразків	Виявлено ГМО	Не виявлено ГМО
2015 рік			
Кукурудза	100	39	61
Соняшник	100	32	68
Пшениця	100	12	88
Соя	100	41	59
Ріпак	100	8	92
Льон	100	0	100
Горох	100	0	100
2020 рік			
Кукурудза	100	46	54
Соняшник	100	41	59
Пшениця	100	19	81
Соя	100	52	48
Ріпак	100	22	78
Льон	100	1	99
Горох	100	0	100

Із даних табл. 3.5, можна спостерігати, що у досліджуваних зразках кількість генетично змінених організмів щорічно зростає, особливо це

стосується сої та ріпаку – технічної культури, яка використовується з метою одержання енергоносіїв, зокрема, біодизелю.

Таблиця 3.6

Динаміка кількості ГМО-зразків виявлено у комбікормі для ВРХ та зерні рослинної сировини впродовж 10-ти років

Показники	Досліджувані зразки, %		
	Позитивні	Негативні	Всього
2010 рік			
Рослинна сировина, 100 зразків	84,0	16,0	100
Комбікорм, 100 зразків	84,1	15,9	100
2015 рік			
Рослинна сировина, 100 зразків	75,6	24,4	100
Комбікорм, 100 зразків	78,0	22,0	100
2020 рік			
Рослинна сировина, 100 зразків	73,0	27,0	100
Комбікорм, 100 зразків	73,4	26,6	100

Якщо прослідкувати за динамікою зростання кількості генетично змінених організмів, то можна стверджувати, що за 10 років починаючи з 2010 року по 2020 рік, кількість ГМО в рослинній сировині (зерні) зросла на 11%, а в комбікормі – на 10,7%.

В останні роки на ринках і торгових підприємствах нашої країни помітно збільшився збут продовольчих та кормових продуктів із ГМО-домішками як вітчизняного, так й імпортного виробництва. При чому суворе дотримання певних вимог до сировини і продукції, ще не забезпечують повного виключення ГМО-домішки в концентрації більше як 0,9% різноманітних продуктів [24].

Сьогодні особливо гостро стоїть питання про необхідність більш достовірного виявлення, як видової приналежності сировини, так і складу білково-вітамінних концентратів. Це зумовлено тим, що через фальсифікацію комбікормової сировини не лише змінюються споживчі властивості готових виробів, але й виникає небезпека для здоров'я тварин та людини. Найбільше занепокоєння у фахівців ветеринарної медицини викликають можливі підміни у продуктах м'ясної сировини м'ясом тварин, уражених пріонами чи вірусами, які створюють великий ризик в епізоотичному та епідемічному відношеннях (губчата енцефалопатія, африканська чума свиней, ящур та ін.). З метою відмежування розповсюдження «пріонної інфекції» серед тварин з кормами, Європейська співдружність заборонила використання м'ясо-кісткового борошна від ВРХ у кормовиробництві [20, 21].

На даний час, точиться дискусія, у наукових колах, про здатність мігрувати рекомбінованої ДНК та супутніх білки із трансгенних компонентів кормів для живлення тварин і птиці у вироблену ними продукцію, зокрема, молоко, м'ясо і яйця, які використовуються для харчування людей. Така стурбованість, в першу чергу, обумовлена тим, що щорічний приріст вирощування ГМ рослин зростає. Вирощені ГМ рослини в основному використовуються як корм для худоби та птиці.

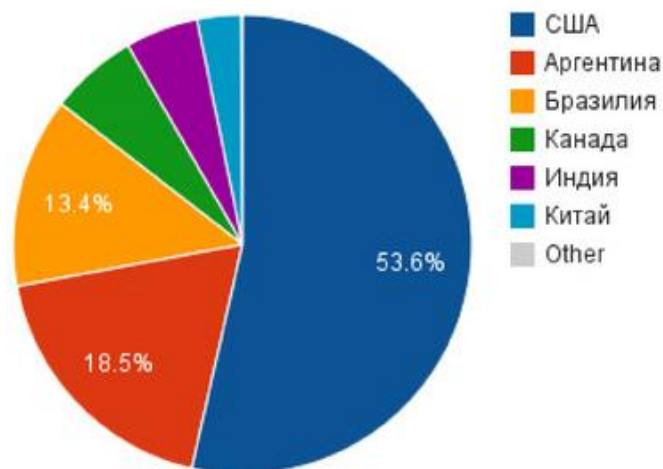


Рис. 3.14. Земельні площі заняті під ГМ культурами, млн. га [15].

Тому, нами, було проведено дослідження із використанням технології ПЛР щодо виявлення фрагментів реконструйованої молекули ДНК кукурудзи та сої у молоці корів приватного сектору. Піддослідним тваринам додатково до основного раціону згодовували комбікорм, до складу якого входили трансгенні сорти сої та кукурудзи. Для ідентифікації зазначених вище трансгенних сортів, із використанням технології полімеразної ланцюгової реакції в реальному часі, було відібрано 100 зразків молока (рис. 3.15).

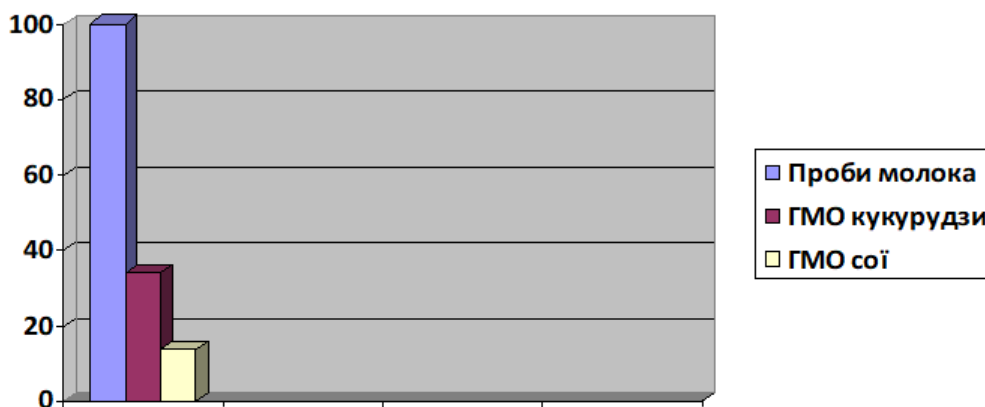


Рис. 3.15. Аналіз результатів визначення наявності фрагментів рекомбінованої ДНК сої та кукурудзи у досліджуваному молоці.

Із результатів експериментальних даних наведених на рис.3.15 видно, що в 32 зразках відібраного молока було виявлено фрагменти реконструйованої (генетично зміненої) молекули ДНК кукурудзи та у 12-ти зразках молока було виявлено фрагменти генетично зміненої молекули ДНК сої.

Отже, наявність окремих відносно не великих фрагментів генетично зміненої ДНК кукурудзи та сої в молоці може бути маркером щодо його використання, а також маркером якості кормових трансгенних добавок, які використовуються для годівлі тварин.

3.3. Вплив довготривалого згодовування ГМО сої на лабораторних тварин і їх життєздатність

Дослідження щодо впливу довготривалого згодовування генетично зміненої сої були проведені на лабораторних тварин (щурях лінії Wistar), де вивчали зоотехнічні, фізіологічні та біохімічні показники. На першому етапі експерименту, досліджували вплив генетично зміненої сої та її білкового ізоляту на виживання приплоду лабораторних щурів (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Смертність щурят в кінці 3-ох тижневого періоду лактації

Групи	К-сть новона- роджених щурят	К-сть мертвих щурят	Відношення мертвих до народжених, %
Контроль	74	3	4,1
ГМ соя	64	33	51,6
Ізолят білка ГМ сої	33	9	27,7
Звичайна соя	50	2	4,0

Як видно із даних таблиці, найвищою смертністю характеризувалася група щурят, яких вигодовували молоком ті самки, раціон яких був виключно складався із генетично модифікованої сої. Смертність щурят даної дослідної групи була вищою за 50%. Смертність щурят другої дослідної групи, де самки споживали виключно білковий ізолят ГМ сої, була нижчою і складала біля 28%

У двотижневому віці найвищою живою масою характеризувалися щурята отримані від самок контрольної групи, яким упродовж вагітності та підсисного періоду згодовували корми стандартного раціону, а найнижчою масою характеризувалися щурята отримані від самок дослідних груп, яким упродовж вагітності та підсисного періоду згодовували генетично модифіковану сою, а також ізолят білка ГМ сої (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Маса щурят через 2 тижні після народження

Групи	40-50 г	30-40 г	20-30 г	10-20 г
Контроль	18,2%	48,8%	28,2%	4,2%
Традиційна соя	16,8%	39,7%	36,6%	6,9%
Ізолят білка ГМ сої	0%	41,6%	41,4%	17,0%
ГМ соя	0%	22%	44,7%	33,3%

Важливим показником, який вказує на токсичний вплив деяких компонентів природного середовища, в тому числі вплив згодованої генетично зміненої сої, є маса внутрішніх органів та їх співвідношення. Дані маси внутрішніх органів наведено в табл. 3.9.

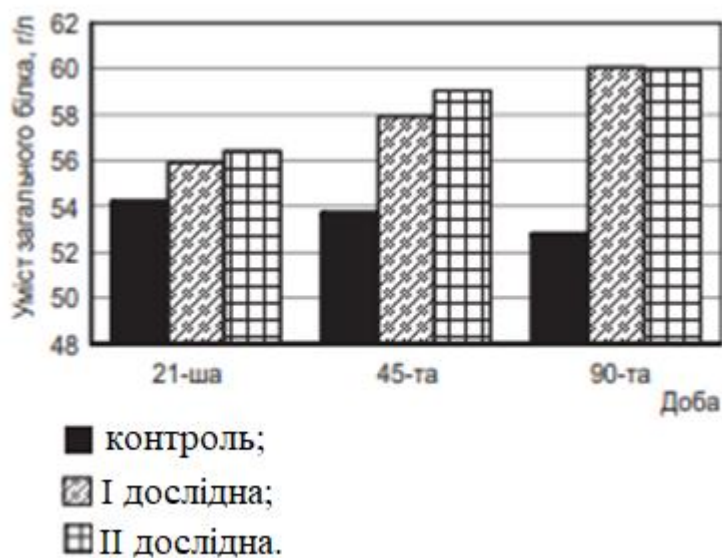
Таблиця 3.9

Коефіцієнти мас внутрішніх органів щурів після тримісячного згодовування ГМ сої та ізоляту білка ГМ сої, %, $M \pm m$, $n = 10$

Групи	Легені	Нирки	Печінка	Селезінка	Серце
Контроль	5,5±0,62	6,0±0,51	28,4±0,92	2,1±0,22	2,9±0,26
Традиційна соя	5,4±0,52	5,8±0,36	32,2±1,12	2,0±0,18	3,0±0,30
ГМ соя	4,2±0,36	4,9±0,32	38,2±0,91	2,8±0,19	3,6±0,31
Ізолят білка ГМ сої	4,6±0,42	5,1±0,26	36,4±1,04	2,9±0,21	3,3±0,22

Аналіз коефіцієнтів мас (відношення маси органу до всіх внутрішніх органів, виражене у %) внутрішніх органів щурів після тримісячного згодовування генетично модифікованої сої та ізолятів білка генетично модифікованої сої (табл. 3.9) показують достовірне збільшення коефіцієнту маси печінки, селезінки та серця у дослідних групах (відповідно на 34,5, 33,3 та 24,1% при згодовуванні ГМ сої та на 28,2, 38,0 та 13,7% при згодовуванні ізоляту білка ГМ сої).

На рис. 3.16-3.19, наведені дані щодо впливу згодованої генетично модифікованої сої, як основного корму для щурів на динаміку біохімічних показників крові, а саме загального білка, альбумінів та глобулінів.



3.16. Динаміка концентрації загального білка впродовж 90 днів у плазмі крові щурів

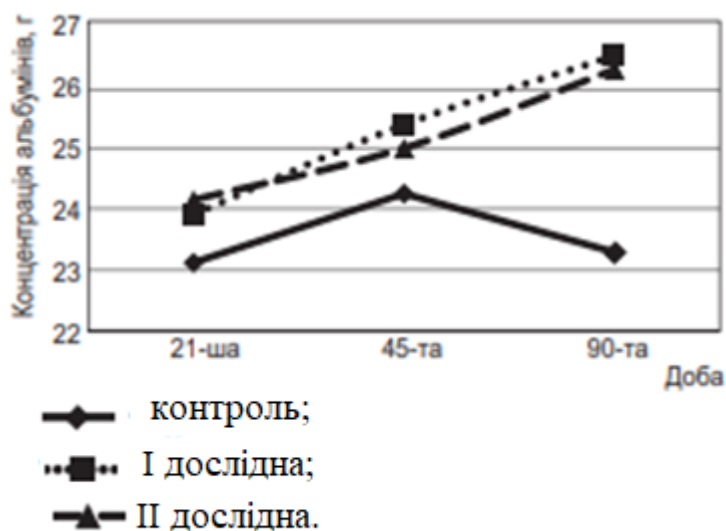
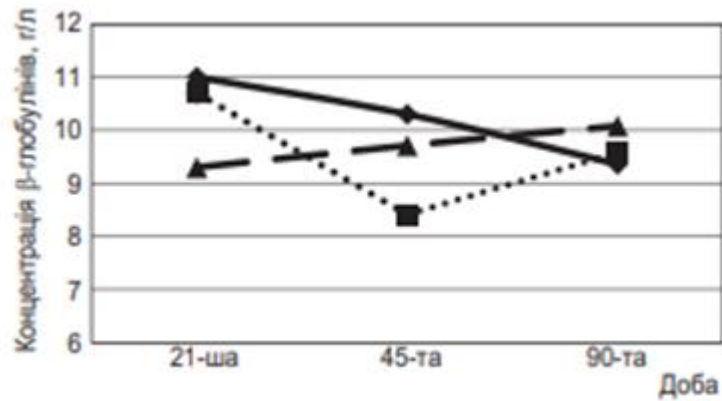
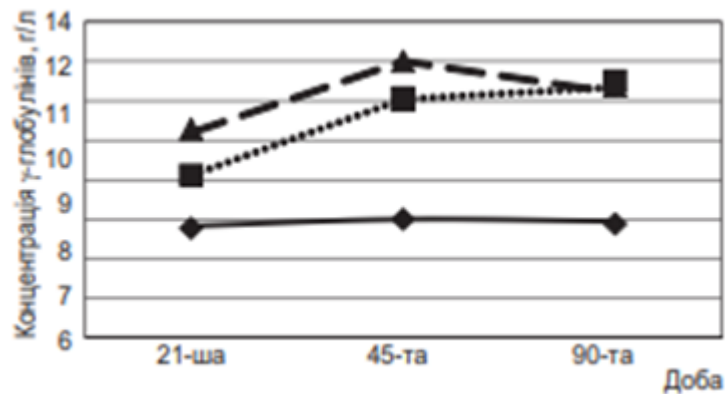


Рис. 3.17. Зміна концентрації альбумінів у плазмі крові лабораторних тварин



3.18. Динаміка зміни концентрації β -глобулінів у плазмі крові лабораторних тварин



3.19. Динаміка зміни концентрації γ -глобулінів у плазмі крові лабораторних тварин

Досліджені вище наведені біохімічні показники, підтверджують наше припущення щодо негативного впливу зведеної генетично зміненої сої на порушення функціонального стану печінки. За наших умов експерименту, на прикладі генетично модифікованої сої, встановлено негативно вплив ГМО корму на ріст, розвиток та життєздатність піддослідних щурів.

Аналогічні дослідження щодо безпечності виробництва та використання генетично змінених інгредієнтів кормових добавок постійно вивчаються в багатьох країнах світу. Так, група провідних вчених опублікували на сайті журналу „Food and Chemical Toxicology” статтю "Довгострокове токсикологічне дослідження використання генетично

модифікованої кукурудзи, стійкої до застосування Roundup" [24]. За результатами довготривалих, дворічних досліджень було зроблено висновок, що генетично модифіковані кормові добавки, в даному випадку кукурудза NK603 проявляє канцерогенний ефект [24].



Рис. 3.20. Вплив ГМ-кукурудзи NK603 як основного компонента раціону на здоров'я щурів

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Проведений аналіз літературних джерел щодо сучасних технологій одержання та використання генетично модифікованих організмів, в основному рослин, у світовому масштабі. У світовому масштабі під ГМО сільськогосподарських культурних рослин використовується понад 200 млн га, що перевищує на 11,5% усіх земельних угідь.

За прогнозами аналітиків, щорічно обсяг ГМО продукції зростає в середньому на 5-6% і до 2030 року він буде перевищувати 20% від загального балансу товарообігу.

2. Подана принципова технологічна схема одержання генетично змінених рослин, апаратурне забезпечення та умови для ідентифікації ГМО за допомогою полімеразної ланцюгової реакції в реальному часі.

3. Досліджено напрями генетичної модифікації рослин з метою одержання цільових властивостей, переваги та ризику щодо використання генетично змінених рослин.

Враховуючи потенційна небезпека використання генетично модифікованих культурних рослин, як кормових добавок, для одержання продукції тваринництва і птахівництва необхідно дотримуватися її маркування для запобігання негативного впливу на довкілля та здоров'я тварин і людини.

4. Описані основні зобов'язання Держави, на законодавчому рівні, щодо контролю використання, попередження потенційних загроз та утилізації ГМО.

5. Проведені дослідження щодо міграції частинок реконструйованої молекули ДНК, так званого горизонтального перенесення. Встановлена наявність не великих фрагментів генетично зміненої ДНК (110–437 б.п.) кукурудзи та сої в молоці корів, яким згодовували корма із ГМО домішками.

6. Прослідкувавши за динамікою зростання кількості генетично змінених організмів, то можна стверджувати, що за 10 років починаючи з

2010 року по 2020 рік, кількість ГМО в рослинній сировині (зерні) зросла на 11%, а в комбікормі – на 10,7%.

7. У процесі наших експериментальних дослідженнях та літературних даних доведено, що ГМО негативно впливає на здоров'я лабораторних тварин (на ріст та розвиток), а це є важливим аргументом щодо розумного використання ГМ-рослини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баласинович Б. ГМО: виклики сьогодення та досвід правового регулювання / Б. Баласинович, Ю. Ярошевська // Інститут економічних досліджень та політичних консультацій. К.: Видавничий дім “АДЕФ-Україна”, 2010. 256 с.
2. Малиш Н. А. Ефективні механізми формування державної екологічної політики: монографія / Малиш Н. А. К.: “К.І.С.”, 2011. 348 с.
3. Грохольська О. Майже 90 % українців проти продуктів, що містять ГМО. Режим доступу: [//www.news.tochka.net/ua/29299-pochti-90-ukraintsev-protiv-produktovsoderzhashchikh-gmo](http://www.news.tochka.net/ua/29299-pochti-90-ukraintsev-protiv-produktovsoderzhashchikh-gmo).
4. Food Safety: Risks and Uncertainties – creating integrated food systems and ensuring their meeting citizens' expectations : materials from First FAO / WHO / AU International Conference on food safety Addis Ababa, 12–13 February 2019. 3 p
5. Менів О.І. Правове забезпечення використання ГМО при вирощуванні сільськогосподарської продукції рослинного походження в Україні і ЄС: автореф. дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.06. Харків, 2016. С. 20.
6. Салига Ю. Т., Лучка І. В., Росаловський В. П. Основи біобезпеки для науково-дослідних установ біологічного профілю. Львів: Растр-7, 2017. 218 с.
7. Козловська Т. Ф., Новохатько О. В., Никифорова О. О. Нормативне забезпечення біотехнологічних виробництв: Управління якістю та безпека біотехнологічної продукції: навчальний посібник. Кременчук: Видавництво КрНУ, 2017. 146 с.
8. Ковальова О. М. Генетичномодифіковані організми: ризики, міфи та реальність. Біоетика та біобезпека: мультидисциплінарні аспекти : матеріали конференції, Харків, 2017. С. 70-72.

9. Білоконь С. В. Основи біоетики та біобезпеки: навчальний посібник. Одеса: Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, 2017. 155 с.
10. Біотехнологія рослин. Практикум / М. Д. Мельничук та ін. Київ: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. 215 с.
11. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects [Електронний ресурс]. – Washington, DC: The National Academies Press, 2016. – doi: 10.17226/23395. Режим доступу: <https://www.nap.edu/read/23395/chapter/1#xxi>
12. Кордзая Н.Р., Єгоров Б.В. Основні поняття продовольчої безпеки країни: монографія. Херсон: Олдіплюс, 2018. 148с.
13. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г. Генно-модифіковані організми: за і проти: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 128с
14. Московська Н. Мічурінська селекція – невинне заняття порівняно з трансгенними організмами // Урядовий кур'єр. 2007. №46. С. 5.
15. Ярошенко П. Біотехнології для аграріїв [Електронний ресурс] / Павло Ярошенко // Агробізнес сьогодні. – 2014. – №8(279) квітень. – Режим доступу до журн.: www.agro-business.com.ua
16. Салига Н. О. Генетично модифіковані рослини та їх вплив на організм тварин / Н. О. Салига, В. В. Снітинський // Біологія тварин. 2010. Т.12, №2. С.67-74.
17. Долайчук О. П. Вплив компонентів натуральної та генетично модифікованої сої на показники імунної і репродуктивної систем у самиць щурів / О. П. Долайчук, Р. С. Федорук, І. І. Ковальчук // Фізіологічний журнал. 2013. Т.59, №2. С. 65-70.
18. Постанова Кабінету Міністрів України “Тимчасові критерії безпеки поводження з генетично модифікованими організмами та провадження генетично-інженерної діяльності у замкненій системі” від 16.10.2008 року, № 922.

19. Картахенський протокол про біобезпеку до Конвенції про біологічне різноманіття. <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg>
20. Рудишин С. Генетично модифіковані рослини: ризик чи небезпека // Біологія і хімія в школі. 2009. № 4. С. 40-43.
21. Шевченко, А.Д. Поширення на території України продукції із вмістом ГМО / А.Д. Шевченко // Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 2010. N5. С.48-52.
22. Породіна Л. В. Сучасний стан регулювання ринку безпечного продовольства: світовий досвід / Л. В. Породіна // Товарознавство та інновації. 2013. Вип. 5. С.188–197.
23. Зоря П. С. Виробництво екологічно чистої продукції: проблеми та виклики сьогодення / П. С. Зоря // Економіка і управління. 2014. №3. С. 45–50.
24. Закон України “Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів”. Відомості Верховної Ради України, 2007, № 35, ст. 484.
25. Sakamoto Y. A 104-week feeding study of genetically modified soybeans in F344 rats / Y. Sakamoto, Y. Tada, N. Fukumori // Shokuhin Eiseigaku Zasshi. 2008. V.49, №4. P. 272-282.
26. Salyha N. O., Snitynskyi V. V. Genetically modified plants and their influence on the organism of animals. Віол. Tvarin, 2010, vol. 12, no. 2, pp. 61–74. (in Ukrainian).
27. Носальська І. Поінформованість громадян про ГМО зростає. – Режим доступу: [//www.golosua.com/suspilstvo/2010/07/20/poinformovanist-gromadyan-pro-gmo-zrosla-ekspert](http://www.golosua.com/suspilstvo/2010/07/20/poinformovanist-gromadyan-pro-gmo-zrosla-ekspert).
28. Рудишин С.Д. Проблеми біобезпеки при використанні ГМ-рослин // Актуальні проблеми прикладної генетики, селекції та біотехнології рослин: Зб-к наук. пр. Т. 131. Ялта: Никитський ботаничний сад, 2009. С. 187-192.
29. Поліщук І. Етикетка повинна бути зрозумілою всім покупцям // Урядовий кур’єр. 2010. № 173. С. 19

30. Польща проти ГМО. – Режим доступу: [//www.kolomyya.org/se/sites/ko/25304](http://www.kolomyya.org/se/sites/ko/25304) 8. Гарбуз Н. ГМО: спасіння чи загибель? // Деснянська правда вільна. 2009. № 26. С. 1-7.
31. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2007, № 35, ст. 484. 24 new_final: Layout 1 30.06.2010 17:30 P. 24.
32. Список продуктів, які обов'язково перевіряють на ГМО. – Режим доступу: [//www.health.unian.net/ukr/detail/205445](http://www.health.unian.net/ukr/detail/205445)
33. Блюм Я., Новожилов О. Трансгенні рослинні організми: економічний ефект і ризики для біоти. Міжнародний симпозіум «Проблеми біологічної безпеки при впровадженні генетично змінених організмів: нові наукові підходи, регуляція та суспільне сприйняття» (10-14 травня 2006 р., м. Ялта) // Вісник НАН України. 2006. № 9. С. 56-59.
34. Градоблянська Т. Шукай ГМО у складі продукту / Т. Градоблянська // Голос України. № 131. 2009. С. 4.
35. Гарбуз Н. ГМО: спасіння чи загибель? // Деснянська правда вільна. 2009. № 26. С. 1-7.
36. Kulik Y. M., Rauzkiene V. T., ObertyukYu. V., Khimich O. V. Presence in the offspring of rats of the unidentified factor of transgenic soybeans during its feeding for several generations. Bulletin of biological and medical problems, 2015, Vip 4, vol. 1, no. 124, pp. 105–109. (in Ukrainian)
37. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г. Генно-модифіковані організми: за і проти: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 128с.
38. Кордзая Н.Р., Єгоров Б.В. Основні поняття продовольчої безпеки країни: монографія. Херсон: Олдіплюс, 2018. 148с.
39. Курило В. І., Гиренко І.В. Актуальні питання державного контролю у сфері забезпечення біобезпеки при поводженні з ГМО у світлі глобалізації проблеми збереження фіторізноманіття // Наук. вісн. нац. унту біоресурсів і природокористування України. Серія «Право»: зб. наук. пр. Київ, 2012. Вип. 173. Ч. 3. С. 208- 223.

40. Гетьман А. П., Лозо В.І. Правове регулювання розвитку біотехнології та використання генетично модифікованих організмів (ГМО) в Європейському Союзі // Пробл. законності: акад. зб. наук. пр. / Нац. ун-т «Юрид. акад. України ім. Ярослава Мудрого». Харків. 2011. Вип. 117. С. 182.

41. Метлицька О. Трансгенні рослини – загроза бджільництву?// О.Метлицька, М. Палькіна, С. Корінний // Пасічник. 2017. № 6. С. 6–9

42. Ткачук Г. Ю. Органічне виробництво – запорука забезпечення добробуту нації / Г. Ю. Ткачук // Органічне виробництво і продовольча безпека: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., 12-13 трав. 2016 р. Житомир: О. О. Євенок, 2016. С. 485–488.

43. Руденко Є. Генномодифіковані рослини і сучасне бджільництво / Є. Руденко // Український пасічник. 2014. № 4. С. 33–35.

44. Чорна І. В., Дроник Г. В. Метаболізм азотистих сполук у сироватці крові щурів трьох поколінь при вживанні гліфосат-резистентної генетично модифікованої сої та гербіциду «Roundup». Біологія тварин. 2018. 20, № 4. С. 69–73.

45. Дроник Г. В., Чорна І. В. Вплив традиційної та генетично модифікованої сої на рівень деяких метаболітів азотистого обміну в сироватці крові щурів. Науково-технічний бюлетень Державного науководослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. 2017. 18, № 2. С. 134–139.

46. Зинов'єв, С. Г., Семенов С. О., Біндюг О. А., Біндюг Д. О. (2016). Білковий профіль крові свиней за згодовування їм ГМ-сої. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України, 4, 1–11. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2016.04.027>

47. Кулик, Я. М., Хімич, О. В., Дідоренко, Т. О. (2018). Негативний вплив довготривалого згодовування курчатам і куркам-несучкам генетично модифікованої раундапостійкої сої на виводимість курчат і їх життєздатність. Вісник проблем біології і медицини, 2 (147), 110–112. doi 10.29254/2077-4214-2018-4-2-147-110-112.

48. Долайчук О. П. Фізіологічний вплив бобів сої нативного та трансгенного сортів на організм самок щурів третього покоління / О. П. Долайчук, Р. С. Федорук, І. І. Ковальчук, М. І. Храбко // Біологія тварин. 2013. т. 15, № 3. С. 22–30.

49. Сердюк А.М. До питання ризиків генетично модифікованих організмів / А.М.Сердюк, В.Н.Корзун // Довкілля та здоров'я. № 2. 2010. С.3-6.

50. Притульська Н.В. Стан і перспективи виробництва генетично модифікованих сільськогосподарських культур / Н.В. Притульська, П.Х. Пономарьов, І.В. Донцова // Вісник Львівської комерційної академії. Серія товарознавча. 2013. Вип. 13. С. 28-31. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlca_2013_13_10

51. Башук В. В. Моделювання впливу виробництва генетично модифікованих продуктів на ключові макроекономічні показники на прикладі провідних країн-виробників [Електронний ресурс] / В. В Башук // Міжнародні відносини. Серія "Економічні науки". 2016. № 9. Режим доступу: http://journals.iir.kiev.ua/index.php/ec_n/article/view/3108

52. Григорова М. Державний контроль за обігом генетично модифікованих організмів при виробництві сільськогосподарської продукції в Україні / М. Григорова // Ефективність державного управління: збірник наук. праць. 2015. Вип. 43. С. 176 – 183.