



Проблеми інноваційно-
інвестиційного розвитку
Міжнародний електронний журнал

Серія: Імплементція європейських норм і практик.
Регулювання ринків та дослідництво в умовах СОТ

Спецвипуск від 03-04-2013

**Генетично модифіковані
сільськогосподарські культури: прогрес,
проблеми, перспективи**

**Т.М. Димань, М.В. Козловська, Р.В. Облап,
О.В. Дубін, О.І. Кравченко**

Передмова Т.М. Димань, Л.Г.Шморгун

Київ

Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку

2013

УДК 631.527:573.6:631.523

ББК

Рецензенти

М.В. Роїк, д-р с.-г. наук, академік НААНУ,
І.А. Рудик, д-р с.-г. наук, член-кор. НААНУ,
А.А.Поліщук, д-р с.-г. наук, професор

Рекомендовано до друку Вченою радою
Білоцерківського національного аграрного університету
Протокол №2 від 22 березня 2013 р.

Генетично модифіковані сільськогосподарські культури: прогрес, проблеми, перспективи : монографія / Т.М. Димань, М.В. Козловська, Р.В. Облап, О.В. Дубін, О.І. Кравченко; Передмова та ред. Т.М. Димань, Л.Г.Шморгун // Серія: Імплементация європейських норм і практик. Регулювання ринків та дослідництво в умовах СОТ. Спецвипуск від 03-04-2013. – К.: Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку, 2013. – 158 с., ілл., англ. мовна анотація.

У монографії розглянуто основні напрями наукового, урядового і громадського відстеження використання генетично модифікованих рослин при виробництві аграрно-харчової продукції, представлено дані про їх світові ресурси та комерційну цінність, місце в глобальних програмах подолання голоду на планеті. Обговорюються реальні і потенційні ризики використання трансгенних культур для навколишнього природного середовища та здоров'я людини. Наведено характеристику світової мережі зон, вільних від ГМО, та опис європейських ініціатив, доступних для фермерів, торгових мереж та громадян кожної країни. Особливу увагу приділено питанням нормативно-законодавчої бази використання ГМ культур в Україні, за комплексними напрямами біологічної безпеки в умовах адаптації до вимог СОТ та євроінтеграції, правової освіти і розвитку інноваційного супроводу процесів ринкового урядування в аграрному і харчовому секторі, СФЗ, екологічної безпеки та сталого розвитку.

Для управлінських кадрів, споживачів та фермерів, підприємців харчового сектору, громадських діячів та експертів, викладачів і студентів вищих навчальних закладів, науковців і дослідників.

УДК 631.527:573.6:631.523

ББК

ISBN

ЗМІСТ

	Стор.
Annotation (Аннотація, engl.)	5
Передмова	6
1. НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ РОСЛИН У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	11
Контроль над бур'янами: гербіцидостійкі сорти сільськогосподарських культур	11
Контроль чисельності комах-шкідників сільськогосподарських культур	14
Боротьба з вірусними хворобами сільськогосподарських рослин	17
Поліпшення якісних характеристик сільськогосподарських культур	19
Отримання гетерозисних гібридів сільськогосподарських рослин. Контроль запилення	21
2. СВІТОВІ РЕСУРСИ ГМ КУЛЬТУР ТА КОМЕРЦІЙНИЙ ЕФЕКТ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ	23
Динаміка світових ресурсів ГМ культур	23
Вплив виробництва ГМ культур на ціноутворення внутрішніх і світового ринків	28
3. ПОТЕНЦІЙНІ РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ГМО ДЛЯ ЛЮДИНИ	30
Потенційна токсична та алергенна дія ГМО	30
Формування антибіотикорезистентності	37
Потенційна патогенність «Фармагедон»	41
4. МОЖЛИВІ ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВИКОРИСТАННЯ ГМ КУЛЬТУР	44
Вплив ГМО на екосистеми	45
Поява нових бур'янів	46
Інтрогресія трансгена в дикі популяції	49
Міграція і подальша інтрогресія трансгена в дикі популяції	51
Вплив продуктів трансгенів на нецільові організми	56

Поява організмів, резистентних чи толерантних до продуктів трансгенів	61
Підвищення активності вірусів	68
Вплив ГМО на біотичну різноманітність	71
5. НОРМАТИВНО-ЗАКОНОДАВЧА БАЗА	
ВИКОРИСТАННЯ ГМ КУЛЬТУР	77
Державне регулювання використання ГМО в Україні	79
Удосконалення системи нормативного регулювання генно-інженерної діяльності	92
6. ЗОНИ, ВІЛЬНІ ВІД ГМО- європейський рух та світове поширення	96
Поняття про зони, вільні від ГМО	96
Світова мережа ЗВГМО	99
ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОСИЛАНЬ	123
Додаток 1. Каталог продукції без ГМО з відповідним маркуванням	133
Додаток 2. Європейська харчова декларація 2010 року (англ. мовою) EUROPEAN FOOD DECLARATION - Towards a healthy, sustainable, fair and mutually supportive Common Agriculture and Food policy	151
Додаток 3. Європейська харчова декларація 2009 року (англ. мовою) THE EUROPEAN DECLARATION ON FOOD, TECHNOLOGY AND NUTRITION	153

Annotation

With the rapid population growth and the depletion of bioresources, idea of GMOs today "works" in favor of a strategy of mankind survival. However, like any creation of the human mind, GMOs cause a number of risks.

Resistance to the introduction of genetically modified crops and foods worldwide has reached unprecedented proportions. The main reasons for this attitude – genetic contamination of traditional, organic crops and wild plants, dangers of GM foods on human health, economic losses for individual farmers and whole countries. Local authorities, manufacturers, retailers increasingly choosing rejection of GM crops and products and make their land free from GMOs.

According to the basic principles of the State Environmental Policy of Ukraine for 2020 (Law of Ukraine N 2818-VI, 21.12.2010), a system of biosafety, which aims to provide a secure proceedings genetic engineering and genetically modified organisms and prevent unauthorized and uncontrolled spread them are creating in the state.

Ukraine has a number of laws and regulations of the Cabinet of Ministers regulating the use of GMOs. However, in a situation of uncontrolled spread of GMOs in the world it is not enough. Weak regulation of biosafety can put Ukraine on the brink of ecological disaster, and also make farmers dependent on transnational corporations producing GMOs.

The situation is further complicated by the absence in Ukraine of a single state body that worked on GMOs. According to the Law of Ukraine "About State Biosafety System for creating, testing, transportation and use of genetically modified organisms" (30.05.2007), the power to control and regulate divided between five executive agencies. The Cabinet of Ministers is responsible for developing regulations to implement the Law on Biosafety. Ministry of Education regulates activities in the field of genetic engineering in closed systems, the Ministry of

Ecology and Nature Resources regulates the testing of GMOs in open systems. Conduct of environmental assessments of GMOs fall under the authority of the Ministry of Ecology and Nature resources, while the Ministry of Health conducts sanitary and epidemiological expertise GMOs before making a decision on the state registration.

The need for strict regulation and control of genetic engineering arises. The delay in this matter will cause to situation when the price of consequences of uncontrolled GMOs spread will be unaffordable for the state.

Передмова

Кількість народонаселення земної кулі невпинно збільшується, і хоча обсяги виробництва аграрних та харчових продуктів також нарощуються, потреба в харчових продуктах задовольняється для значної частини жителів планети лише частково. За оцінками ООН, загибель від голоду загрожує 10 % населення світу, періодично чи постійно голодує близько 25 % людей планети. Вважають, що для досягнення ефективних результатів в боротьбі з голодом до 2025 року, кількість доступних харчових продуктів має зрости вдвічі. За цей період людство має підвисити дієвість застосування різних форм та інструментів, для принципового подолання проблеми голоду на планеті. Парарельно нарощується увага до харчової та екологічної безпечності, біологічної повноцінності виробленої продукції, що супроводжується посиленням уваги урядів та компаній до фінансування відповідних досліджень. За постійного зменшення площ орних земель на особу, та повторюваних економічних криз у різних країнах, виконати поставлені завдання певною мірою дозволяє застосування засобів генетичної інженерії.

В умовах стрімкого росту населення і виснаження біоресурсів ідея ГМО сьогодні «працює» на користь стратегії виживання людства. Однак, як і будь-який витвір людського розуму, ГМО створюють низку ризиків.

Питання посилення стійкості сільськогосподарських культур до нестабільних умов навколишнього середовища, значного зменшення витрат на хімічні засоби захисту рослин, охорони та відновлення довкілля від надмірного техногенного впливу останніх десятиліть та невідкладного переходу до ведення економічної діяльності на засадах сталого розвитку, висувають потреби значного поширення біологічно безпечних та сприятливих методів розвитку аграрного і харчового виробництва.

Опір впровадженню генетично модифікованих культур і харчових продуктів у всьому світі досяг небувалих масштабів. Основні причини

такого ставлення – ризику поширення трансгенних матеріалів та вплив на біологічне середовище традиційних, органічних сільгоспкультур, диких рослин; можлива небезпечність ГМ продуктів для здоров'я людини; економічні збитки як для окремих фермерів, так і цілих країн, за умов масштабного використання нових видів продукції великими транснаціональними компаніями. Місцева влада, виробники, торгові мережі дедалі частіше обирають відмову від ГМ культур і продуктів, та оголошують свої землі вільними від ГМО.

Розумне запровадження досягнень генетичної інженерії та створення за її допомогою генетично модифікованих (ГМ) сільськогосподарських культур відкриває нові можливості для виживання та повноцінного харчування людини у змінюваних середовищних умовах, і навіть відновлення біоресурсів від техногенних забруднень. Потенціал сучасної біотехнології в умовах світової економічної кризи є надзвичайно великим, і супроводжується зростаючими вимогами споживачів стосовно доказової бази та систем маркування представлених на ринку продуктів. Поєднання науки та нових форм підприємництва розкриває масштабні можливості приєднання українських спільнот до світових ринків праці, інвестиційного капіталу, донорського фінансування програм інноваційного розвитку, транскордонної діяльності на ринках послуг з сертифікації та екологічного моніторингу.

Водночас, стрімкий розвиток технологій і швидке впровадження в практику наукових досліджень в українських реаліях нерідко не підкріплюється достатньо обґрунтованими оцінками біологічних (медичних, екологічних) і соціальних наслідків їх застосування, а економічні інтереси міжнародних компаній, корпоративних груп і окремих фізичних осіб переважно домінують над принципами безпеки. Вступаючи з початком нового тисячоліття до епохи сталого розвитку та «економіки знань», враховуючи високі темпи росту досліджень у виробництві одночасно з розвитком технологій, глобальний вплив

технологій на природу і суспільство, людство змушено у своїх рішеннях враховувати інтереси майбутніх поколінь, а не лише фінансових інтересів тих чи інших груп. Сучасна правова свідомість та здатність до застосування на практиці правових норм стають провідною ознакою громадянського, демократичного суспільства, на локальних і глобальних рівнях.

Згідно Закону України N 2818-VI від 21 грудня 2010 року, в державі створюється система біобезпеки, основною метою якої є гарантування безпечного провадження генетично-інженерної діяльності та використання генетично модифікованих організмів, і запобігання несанкціонованому та неконтрольованому їх поширенню. Досягнення цієї мети передбачається шляхом запобігання екологічним, економічним, соціальним та іншим ризикам, що становлять загрозу національним інтересам.

Оцінювання ризиків має здійснюватись на всіх рівнях маніпуляції з ГМО: від лабораторних досліджень до широкого впровадження ГМО і продуктів, що їх містять, на товарний ринок. Передусім має визначатись ймовірність несприятливого впливу на здоров'я людини та навколишнє природне середовище, масштаби цього впливу і потреби суспільного реагування.

В Україні існує низка законів і Постанов Кабінету Міністрів, які регулюють використання ГМО. Однак у ситуації стрімкого розповсюдження ГМО у світі, цього недостатньо. Слабке регулювання у сфері біобезпеки може не тільки поставити Україну на межу екологічної катастрофи, а й зробити сільгоспвиробників залежними від транснаціональних корпорацій-виробників ГМО.

Ситуація ускладнюється через відсутність в Україні єдиного державного органу, який би займався питаннями ГМО. Відповідно до Закону України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично

модифікованих організмів» від 30 травня 2007 року, повноваження щодо контролю та регулювання розділені між п'ятьма органами виконавчої влади. Кабінет Міністрів відповідає за розроблення нормативно-правових актів на виконання Закону про біобезпеку. Міністерство освіти та науки регулює діяльність у сфері генетичної інженерії в закритих системах, Міністерство екології та природних ресурсів регулює випробування ГМО у відкритих системах. Проведення екологічних експертиз ГМО належить до повноважень Міністерства екології та природних ресурсів, тимчасом Міністерство охорони здоров'я проводить санітарно-епідеміологічну експертизу ГМО перед прийняттям рішення про їх державну реєстрацію.

Постає необхідність у жорсткому регулюванні і контролі генно-інженерної діяльності. Зволікання у цьому питанні призведе до того, що ціна ліквідації наслідків безконтрольного розповсюдження ГМО виявиться не підйомною для держави.

Перехід до створення безпечніших ГМ рослин нового покоління, відповідно до вимог Агентства ООН з харчових продуктів, вимагає проведення широкомасштабних досліджень біології трансгенних рослин, удосконалення застарілих генно-інженерних технологій, своєчасного вироблення міжнародних норм та стандартів до національних та глобальних ринків, а також свідомого застосування норм міжнародно-правового та національних законодавств щодо регулювання обігу ГМО.

Публічне право в його спеціальній частині забезпечення біологічної безпеки – має стати одним із наріжних каменів інноваційного розвитку України, а технології виробництва та відстеження харчової безпеки є одним із компонентів успіху для досягнення високої конкурентоспроможності української продукції.

Димань Т.М., професор Білоцерківського НАУ

Шморгун Л.Г., професор НАКККіМ, головний редактор журналу

Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку

1. НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ РОСЛИН У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Найширшого застосування генна інженерія сьогодні набула у сфері виробництва нових сортів сільськогосподарських рослин, яким притаманні ознаки, відсутні у батьківських форм. Швидке і масове виробництво таких сортів, легкість і удавана наукова передбачуваність набуття ними заданих властивостей, а також бажання транснаціональних біотехнологічних компаній отримати негайні прибутки відтіснили на другий план проблему безпеки ГМО і отриманих із них продуктів.

Найбільші площі зайнято під трансгенними рослинами сої (61 %), кукурудзи (23 %), бавовни (11 %) та ріпаку (5 %). Із них рослини з генами стійкості до гербіцидів вирощують на 73 % площ, рослини, які продукують білки, стійкі до інсектицидів, передусім *Bt*-токсини, – на 18%.

Контроль над бур'янами: гербіцидостійкі сорти сільськогосподарських культур

Стійкість до гербіцидів – важлива для сільськогосподарських культур ознака, яка дає змогу суттєво знизити видатки виробництва та підвищити врожайність за рахунок ефективнішого контролю над бур'янами.

За допомогою традиційної селекції вивести гербіцидостійкі сорти надзвичайно складно. Сортів сільськогосподарських рослин, стійких до найбільш використовуваних гербіцидів тотальної дії гліфосату та глюфозинату, не існує. Генна інженерія цю проблему вирішує досить просто – перенесенням у генетичний матеріал рослини генів від стійких до гербіцидів мікроорганізмів. З огляду на це перші генно-інженерні дослідження фінансувались в основному найкрупнішими

транснаціональними компаніями, які спеціалізувались на виробництві зазначених вище пестицидів, оскільки вони були зацікавлені передусім у створенні сортів рослин, стійких до їх продукції. Завдяки відносно простому характеру генетичного контролю цієї ознаки, доброму вивченню відповідних генів отримувати гербіцидостійкі ГМ рослини набагато простіше, ніж, наприклад, стійкі до засухи чи засолення.

У результаті вивчення механізму дії гербіцидів виявили, що найчастіше вони впливають на один важливий для метаболізму рослин фермент, зв'язуючись з ним і у такий спосіб ослаблюючи його активність. Це призводить до порушень росту і розвитку оброблених гербіцидом рослин, і вони гинуть.

Толерантність до гербіцидів зумовлена зазвичай мутацією одного гена. Відомі два основних механізми стійкості. Перший з них – «мутація мішені» – пов'язаний зі зміною послідовності амінокислот у тій ділянці молекули фермента, в якій відбувається його зв'язування з гербіцидом. Внаслідок цього гербіцид «не реагує» на свою мішень, фермент зберігає активність, а організм стає толерантним до дії гербіциду. Такий механізм характерний для стійкості до таких гербіцидів, як гліфосат (раундап), сульфонілсечовина, імідозолінон та ін. Другий механізм пов'язаний з виробленням у стійких організмів ферментів, спроможних дезактивувати гербіцид, наприклад шляхом приєднання до нього будь-якого хімічного радикала (ацетильної групи, нітрат-йона та ін.). Цей механізм діє в організмів, толерантних до гербіциду глюфозинату амонію.

Соя, стійка до гербіциду гліфосату, – безумовний лідер серед усіх трансгенних культур. Поява ГМ сортів зумовила справжню революцію в технології вирощування сої. Справа в тому, що культурна соя на ранніх етапах розвивається досить повільно. Конкурентоздатність дорослих рослин також невисока. Це означає, що без застосування гербіцидів практично неможливо виростити прийнятний урожай цієї культури.

«Мішенню» в рослині є фермент 5-енолпірувілшикимат-3-фосфатсинтетаза (*EPSPS*), який відіграє важливу роль у синтезі ароматичних амінокислот (тирозину, фенілаланіну і триптофану). Під дією гербіциду у нестійких до нього рослин спостерігають симптоми азотного голодування (через нестачу зазначених амінокислот – «будівельного матеріалу» для синтезу білків), і вони гинуть упродовж двох тижнів. Варто зазначити, що гліфосат належить до гербіцидів нового покоління, відносно безпечних для здоров'я людини і навколишнього середовища, адже його «мішень» є лише у рослин, грибів та бактерій і відсутня у тварин. Гліфосат відносно швидко (приблизно упродовж тижня) руйнується після потрапляння на рослини або ґрунт.

У деяких бактерій виявлено кодуючі *EPSPS* гени, які несуть точкові мутації. Результатом мутації є заміна однієї амінокислоти в ділянці ферменту, в якій відбувається його зв'язування з гербіцидом гліфосатом. У зв'язку з цим гербіцид втрачає здатність дезактивувати такий мутантний фермент, і бактерія набуває стійкості до його дії.

Виділено та клоновано кілька генів *EPSPS* з «мутацією мішені»: *aro A* від бактерій роду *Aerobacter*; *sml* від *Salmonella*; *cp4* від *Agrobacterium*. У вирощуваних у всьому світі трансгенних комерційних сортах сої вбудовано останній із зазначених мутантних генів, тобто ген *cp4* від ґрунтової бактерії *Agrobacterium tumefaciens CP4*. Генетична конструкція, створена за допомогою технології рекомбінантних ДНК для перенесення цього гена в рослини, містить також промотор *CaMV35S* від вірусу мозаїки цвітної капусти, термінальну послідовність від гена *nos* нопалінсинтетази *A. tumefaciens* і невелику послідовність від петунії, яка кодує хлоропластний транзитний пептид, необхідний для доставки мутантного *EPSPS* до хлоропластів – місця синтезу ароматичних амінокислот у клітині. Для перенесення цієї конструкції в генетичний матеріал сої використано метод балістичної трансфекції – «бомбардування» клітин за допомогою «генної гармати».

У трансгенній сої відсутні селективні гени стійкості до антибіотиків, оскільки сам ген стійкості до гліфосату можна використовувати як селективний. Близько тисячі різних сортів стійкої до гліфосату сої, які вирощують на різних континентах, отримано за допомогою традиційної селекції, в якій як джерело мутантного *EPSPS*-гена використано одну-єдину рослину з описаною вище генно-інженерної модифікацією. Таким чином, ГМ сорти сої відрізняються від звичайних лише тим, що у них утворюється два типи одного і того самого ферменту *EPSPS*. Перший – свій власний, який може зв'язуватись з гербіцидом, і другий – привнесений від бактерії, який не зв'язується з гербіцидом. Саме наявність останнього робить ці сорти стійкими до дії гліфосату, оскільки зберігає їм життя після оброблення посівів гербіцидом. Вже той факт, що бактеріальний *EPSPS* здатний виконувати функції рослинного аналога, свідчить про їх значну схожість, в тому числі і в сенсі безпеки для здоров'я людини.

Другий новий елемент – хлоропластний транзитний пептид, який доставляє трансгенний *EPSPS* до хлоропластів, що являє собою короткий ланцюг амінокислот, який швидко руйнується в процесі перетравлення їжі.

Контроль чисельності комах-шкідників сільськогосподарських культур

Ще одна важлива проблема рослинництва – підвищення ефективності контролю чисельності комах-шкідників сільськогосподарських культур. З цією метою найчастіше використовують пестициди – хімічні або біологічні (отримані на основі мікроорганізмів, що виробляють токсичні для комах речовини). Використання останніх краще з погляду безпеки для здоров'я людини і довкілля. Водночас ефективність хімічних засобів захисту рослин

залишається набагато вищою, ніж біологічних. Розвиваються також напрями комбінованого застосування, за напрямками технологій екологічного і органічного виробництва продукції.

Як біопестицид широко використовують так званий *Bt*-токсин, який отримують культивуванням ґрунтових бактерій *Bacillus thuringiensis*. Ці бацили було описано на початку минулого століття, а в 30-ті роки встановлено, що вони здатні виробляти токсичні для комах продукти, які мають високу вибірковість дії. Це означає, що *Bt*-протеїн, виділений від певного штаму бацили, здатний знищувати конкретний вид комах (напр., жуків) і не діє на інших (напр., метеликів, бджіл). Вибірковість обумовлена специфічним механізмом токсичності *Bt*-протеїну. У разі потрапляння препарату в травний тракт чутливої до нього комахи, він зазнає трансформаційних змін: під дією певного протеолітичного ферменту в лужному середовищі (рН 7,5–8,0) від вихідної молекули протеїну відділяється невелика частина (приблизно третина), що являє собою активну форму цього білка. Лише вона здатна прикріпитися до специфічних рецепторів у середній частині травного тракту комахи і спричинити лізис клітин. Комаха перестає харчуватися, відбувається зневоднення організму і, врешті-решт, припиняється її життєдіяльність [36].

У нечутливих до певних препаратів *Bt*-протеїну комах описані процеси не відбуваються, і *Bt*-протеїн у них просто перетравлюється. З огляду на те, що у теплокровних тварин і людини травний тракт влаштований інакше, ніж у комах, у них інші протеолітичні ферменти, *Bt*-протеїн зазвичай не становить загрози для цих організмів. Крім того, *Bt*-протеїн – дуже нестійкий білок, який легко денатурує під час нагрівання, швидко перетравлюється шлунковим соком. За майже п'ятидесятирічну історію використання препаратів на основі *Bt*-протеїну, не відмічено жодного випадку алергій або його токсичності для людини, у тому числі співробітників підприємств, на яких його виробляють.

Починаючи з 1960-х років біопрепарати на основі *Vt*-протеїну (бітоксубацилін, лепідоцид, колептерін, дендролін, бацитурін та ін.) досить широко використовують у сільському і лісовому господарстві для боротьби з комахами-шкідниками. Поряд із низкою переваг (нетоксичність, неалергенність, висока вибірковість дії, швидке руйнування у кислому середовищі та під дією ультрафіолетових променів, нездатність накопичуватись у рослині і ґрунті) біопрепарати водночас мають істотний недолік, що знижує їх ефективність: вони спроможні захистити рослину лише на дуже короткий час. Генна інженерія уможливила вирішення цієї проблеми. Бактеріальний ген, відповідальний за вироблення *Vt*-протеїну, було виділено із ДНК бактерій, клоновано, в деяких випадках істотно модифіковано суціль до штучного синтезу окремих його активних фрагментів, з'єднано з необхідними регуляторними елементами і вбудовано в різні види сільськогосподарських рослин. Найчастіше використовують такі варіанти *Vt*-генів, як *cryIA (b)* від *B.thuringiensis v.kurstaki* (для кукурудзи), *cryIA (c)* від *B.thuringiensis v.kurstaki* (для бавовни), *cryIIIА* від *B.thuringiensis v.tenebrionis* (для картоплі) [18].

Особливо високу ефективність трансгенного *Vt*-протеїну відзначають для кукурудзи та бавовни. Шкідники цих культур – личинки метеликів європейського точильника кукурудзи, бавовняного коробкового і рожевого коробкового черв'яків – мешкають на поверхні рослини дуже короткий час. Потім вони проникають у тканини рослини і прогризають там ходи, завдаючи у такий спосіб великої шкоди здоров'ю рослин і врожаю. З огляду на те, що у трансгенних сортів *Vt*-протеїн утворюється в усіх зелених тканинах рослини і присутній там постійно, це дає змогу рослині захищати себе від шкідників упродовж усього періоду вегетації. Водночас трансгенний *Vt*-протеїн високоефективний у винятково низьких концентраціях. У зрілому зерні і силосній масі *Vt*-

протеїн взагалі відсутній: його неможливо виявити навіть з допомогою найчутливіших аналітичних методів.

ГМ сорти, стійкі до комах-шкідників, є більш досконалішими продуктами генетичної інженерії порівняно з першими гербіцидостійкими формами. Під час їх створення використано точніші механізми регулювання активності трансгенів за рахунок застосування невірусних промоторів, а рослинних. Так, в *Bt*-кукурудзі використано промотор гена фосфоенолпіруваткарбоксілази самої ж кукурудзи, який забезпечує експресію *Bt*-генів винятково в зелених тканинах рослини (листя, стебла). Саме завдяки цьому в зрілому зерні і силосі *Bt*-протеїн відсутній. Для створення *Bt*-картоплі використано інший промотор – *ats 1A* малої субодиниці рибулозо-1,5-біфосфаткарбоксілази арабідопсису *Arabidopsis thaliana* (дрібний бур'ян родини хрестоцвітих). *Bt*-ген, регульований фоточутливим промотором, експресується на світлі в 100 разів сильніше, ніж у темряві. Відтак, у бульбах *Bt*-протеїну утворюється в 100 разів менше, ніж у листі (0,09–0,053 мкг *Bt*-протеїну на 1 г сирової ваги бульб). Отже, ні трансгенна картопля, ні трансгенна кукурудза не містять у своєму врожаї продуктів інтегрованого в них бактеріального гена. За своїми споживчими властивостями вони цілком ідентичні сортам, отриманим методами традиційної селекції.

Боротьба з вірусними хворобами сільськогосподарських рослин

Вірусні хвороби є причиною досить значних утрат врожаю для низки культур, передусім тих, які розмножуються вегетативно, а також гарбузових, томатів та деяких інших. Розроблення принципово нових підходів у боротьбі з вірусними хворобами має велике практичне значення в локальному і в глобальному масштабі для збереження біорізноманітності сортів сільськогосподарських культур, які

характеризуються унікальними властивостями, однак зникли з виробництва у зв'язку з поширенням небезпечних фітопатогенів.

Сучасні генно-інженерні технології створення стійких до вірусів сортів рослин базуються на використанні так званого методу перехресного захисту (*cross protection*). Він оснований на явищі підвищеної стійкості рослин до агресивних форм певного вірусу за умови, що вони раніше були заражені менш шкідливою формою того самого виду вірусів. Механізму цього явища остаточно не з'ясовано, однак його досить широко використовують в Японії для захисту томатів від ураження вірусами томатної та огіркової мозаїки, в Бразилії для захисту цитрусових, папайї, кабачків цукіні та ін.

У 1986 р. Р. Powell-Abel зі співавт. [79] вперше отримали стійкі до мозаїчного тобамовірусу рослини тютюну в результаті перенесення в їх генетичний матеріал гена цього вірусу, що кодує утворення білка оболонки (*coat protein – CP*). З того часу цей підхід було успішно апробовано на більш ніж 30 видах рослин з понад 50 вірусними *CP*. Пізніше з'ясували, що аналогічного і навіть іноді кращого результату можна досягти за використання не *CP*-трансгенів, а генів, які кодують інші протеїни вірусів (гени ферментів реплікази, РНКазы та ін.).

Для генетичної інженерії вірусостійких форм з метою безпеки застосовують такі підходи: використовують *CP*-гени, які попередньо модифікують таким чином, щоб вони не могли переноситися від рослини до рослини; виділяють *CP*-гени з природних «нетрансмісібельних» штамів; оперують генами від штамів, нездатних інфікувати рослини в природних умовах; маніпулюють вкороченими *CP*-генами, які кодують утворення дефектних, нефункціонуючих *CP*-протеїнів. Забезпечити захист від вірусів стало можливим навіть у разі вбудовування дефектного *CP*-гена, коли утворена за його зчитування інформаційна РНК не здатна до трансляції.

З усього розмаїття отриманих вірусостійких форм для комерційного використання допущено небагато: папайя, стійка до вірусу плямистості, дві форми цукіні, стійкі до декількох вірусів, і сорти картоплі з комплексною стійкістю до колорадського жука (*Bt*-ген) й до одного з вірусів картоплі: ігрек-вірусу (*PVY*) чи вірусу скручування листя (*PLRV*).

Описана генно-інженерна технологія захисту рослин від вірусів уможлиблює отримання сортів, ідентичних за своїми споживчими властивостями сортам традиційної селекції. Люди вже тривалий час безпечно споживають продукти трансгенів *CP*-протеїнів, адже зазначені вірусні протеїни постійно присутні в їжі з картоплі, кабачків та ін. Більш того, в звичайних сортах концентрація цих білків може бути в десятки, а то й сотні разів вища, ніж у трансгенних форм, адже вони не стійкі до вірусів і тому накопичують їх у своїх тканинах.

Поліпшення якісних характеристик сільськогосподарських культур

Це група винятково цінних для споживача форм, під час конструювання яких не використовують чужорідних генів. Доповнюючи генетичний матеріал рослини додатковими копіями певних генів, виділених із власної ДНК рослини, можна домогтися істотного ослаблення активності цих генів. У свою чергу, це може зумовити зміни якісних характеристик того продукту, у генетичному контролі біосинтезу якого задіяні ці гени.

Так, для якості рослинної олії важливе значення має співвідношення в ній різних жирних кислот. В асортименті допущених до використання трансгенних сортів є низка форм олійних культур з поліпшеним складом олії. До них належить, наприклад, соя, в геном якої інтродукували додаткову копію гена ферменту десатурази, в результаті чого її власний ген десатурази «замовчав». Це призвело до зниження в

соєвій олії рівня поліненасичених жирних кислот (лінолевої та ліноленової) та компенсаційного збільшення рівня мононенасичених жирних кислот (олеїнової) до 80 %. Це більше, ніж у оливковій олії. У немодифікованої сої її рівень був всього 23 %. За споживчими властивостями отримана олія значно перевершує олію сої традиційних сортів, зокрема, вона стабільніша під час нагрівання, зберігає привабливий для споживача рідкий вигляд.

Ще один цікавий приклад використання явища «замовкання генів» – створення сортів трансгенної картоплі з поліпшеною якістю крохмалю. Крохмаль, виділений зі звичайних сортів картоплі, містить дві основні форми цього полісахариду: амілопектин і амілозу. Що більше амілопектину і менше амілози, то вища якість крохмалю. Генно-інженерний сорт картоплі з поліпшеною якістю крохмалю було створено шляхом внесення додаткової копії гена амілози у формі так званої антисмислової конструкції. У результаті рівень менш цінної амілози в крохмалі трансгенного сорту знизився практично до нуля.

Аналогічну «антисмислову» генетичну конструкцію використали і під час створення трансгенного сорту томатів *flavrsavr* з подовженим періодом зберігання плодів. Зазвичай у процесі дозрівання плоди томатів незабаром після почервоніння поступово втрачають пружність, стають м'якими і загнивають. Причиною цього є утворення ферменту полігалактуранази, який деградує пектин, що міститься в міжклітинному просторі плоду. Під час створення трансгенного сорту використали антисмислову конструкцію цього гена. У результаті в отриманого сорту утворюється менше полігалактуранази, завдяки чому стиглі помідори упродовж тривалого часу зберігають товарний вигляд і харчові якості.

Під час створення трансгенного ріпаку з поліпшеним складом олії, було використано більш традиційний для генетичної інженерії підхід горизонтального перенесення генів від неспоріднених видів. У генетичний матеріал ріпаку було інтродуковано ген тіоестерази від

каліфорнійського лаврового дерева. У результаті трансгенний сорт набув здатності утворювати олію, в якій з'явилися непритаманні для ріпаку лаврова і мірїстинова жирні кислоти. Така олія за якістю наблизилась до пальмової та кокосової.

Отримання гетерозисних гібридів сільськогосподарських рослин. Контроль запилення

Гетерозисні гібриди, отримані в результаті схрещування спеціально підібраних батьківських форм, сьогодні стали широко використовуваними. Такі гібриди перевершують батьківські форми за врожайністю, стійкістю до хвороб і несприятливих чинників середовища. Однак одержувати таке гібридне насіння надзвичайно складно, адже для цього необхідно повністю уникнути потрапляння пилку материнських форм на маточку власної квітки. Інакше утвориться не гібридне, а самозапилене насіння, яке може зменшити продуктивність потомства вдвічі і більше разів. Щоб спростити процедуру отримання гібридного насіння, застосовують спеціальні генетичні підходи для селекції чоловічо-стерильних ліній, які можна впевнено використовувати в схрещуваннях як материнські форми, не турбуючись, що відбудеться само-запилення.

З середини 30-х років минулого століття для цих цілей стали використовувати цитоплазматичну чоловічу стерильність (ЦЧС), виникнення якої обумовлено специфічною взаємодією генів ядра і чужорідної цитоплазми клітини. Однак не для всіх культур вдалося створити адекватні системи ЦЧС, та й сама система розмноження таких ліній залишалась досить складною і не завжди ефективною. Генетична інженерія зробила вагомий внесок у вирішення цієї проблеми. Для створення чоловічо-стерильних трансгенних ліній рослин було запропоновано використовувати ген *barnase* від бактерії *Bacillus*

amyloliquefaciens, який кодує утворення ферменту РНКазу, бере участь у розщепленні молекул РНК. Завдяки тканеспецифічному промотору *PTA29* від тютюну, цей фермент утворюється у трансгенної рослини лише в одному місці (в пильнику) і тільки в один час (під час цвітіння). У результаті деградації РНК у тканинах пильників не відбувається синтезу білка, а відтак, утворюється нежиттєздатний пилок. Для спрощення процедури розмноження таких ліній ген *barnase* було поєднано в одній генетичній конструкції з геном стійкості до гербіциду глюфозинату, який, крім того, виступав як селективний ген під час здійснення генетичної трансформації.

Якщо запилювати рослини такої чоловічо-стерильної лінії пилом спеціально підібраної лінії традиційної селекції, яка під час схрещування дає гетерозисне потомство, можна без проблем отримати гібридне насіння, оскільки самозапилення материнських форм не відбувається. Однак саме гетерозисне потомство буде чоловічо-стерильним, що небажано. Тому як запилювач використовують таку саму лінію, але яка несе трансген *barstar* від тієї самої бактерії *Bacillus amyloliquefaciens*. Цей ген кодує утворення ферменту-інгібітора РНКазу, завдяки чому у гібридів відновлюється фертильність пилку. Використовуючи систему трансгенних ліній з цими двома бактеріальними генами, вдалося створити низку комерційних сортів ріпаку, які являють собою гетерозисні гібриди F1. У результаті в рослині після цвітіння зовсім не залишається продуктів трансгенів (квіти зі своїми пильниками відцвіли і обсіпалися), а отримана продукція (рапсове насіння, олія, зелена маса) за споживчими властивостями повністю ідентична продукції, отриманій від аналогічних сортів традиційної селекції.

2. СВІТОВІ РЕСУРСИ ГМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ТА КОМЕРЦІЙНИЙ ЕФЕКТ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Динаміка світових ресурсів ГМ культур

Вирощування ГМ рослин набуває планетарного розмаху. У 2012 р. понад 17,3 млн фермерів у 28 країнах світу (п'ять з яких європейські) вирощували генно-модифіковані культури на площі 170,3 млн га. Це еквівалентно 11 % загальної світової площі під сільськогосподарськими культурами, яка становить 1,5 млрд га, і у 100 разів більша порівняно з 1996 р. (1,7 млн га). Такі дані наводить галузева неурядова Міжнародна служба з моніторингу за застосуванням агробіотехнологій (*International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications – ISAAA*). Ще 29 країн дозволили імпорт біотехнологічних продовольчих і кормових культур [58].

Близько 95 % територій, зайнятих генетично модифікованими сортами сільськогосподарських культур, припадає на 5 країн: США, Канаду, Бразилію, Аргентину і Китай (рис. 1). Під тиском суспільної думки, від використання ГМО з 2008 р. відмовились три країни: Німеччина, Швеція, Польща. Водночас до списку держав, які використовують ГМ культури, приєднались Судан, який став вирощувати біотехнологічну бавовну, а також Куба, де освоїли вирощування ГМ кукурудзи. В рамках ініціативи із забезпечення раціонального природокористування і зменшення використання пестицидів, трансгенною кукурудзою на Кубі було засіяно 3 тис. га.

Варто відмітити збільшення використання ГМО в галузі сільського господарства країн, що розвиваються, які в 2012 р. вперше випередили у цьому сенсі промислово розвинуті держави. Сьогодні більше половини (52

%) світової площі під біотехнологічними культурами засіяно країнами, що розвиваються.

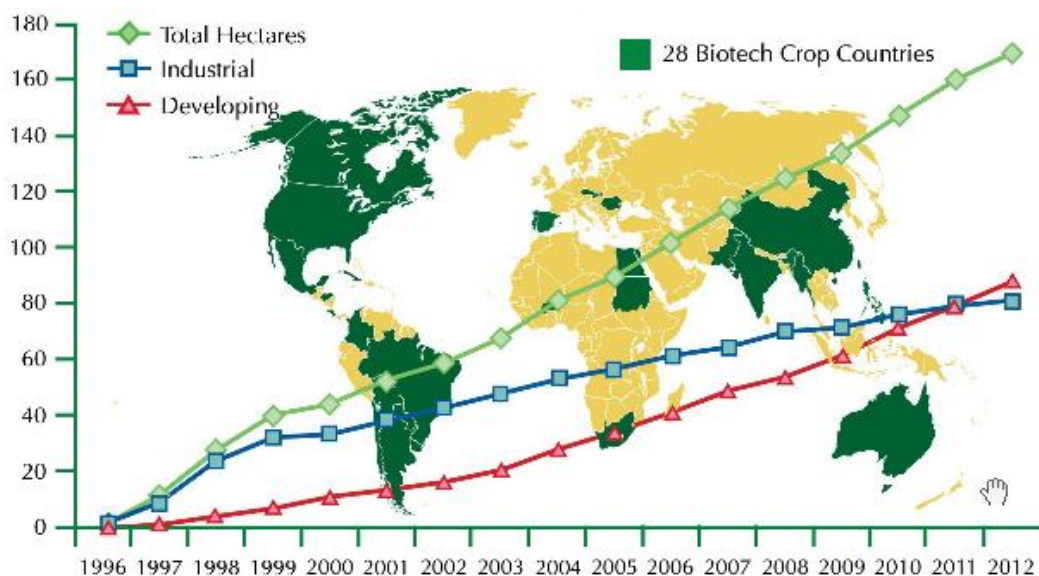


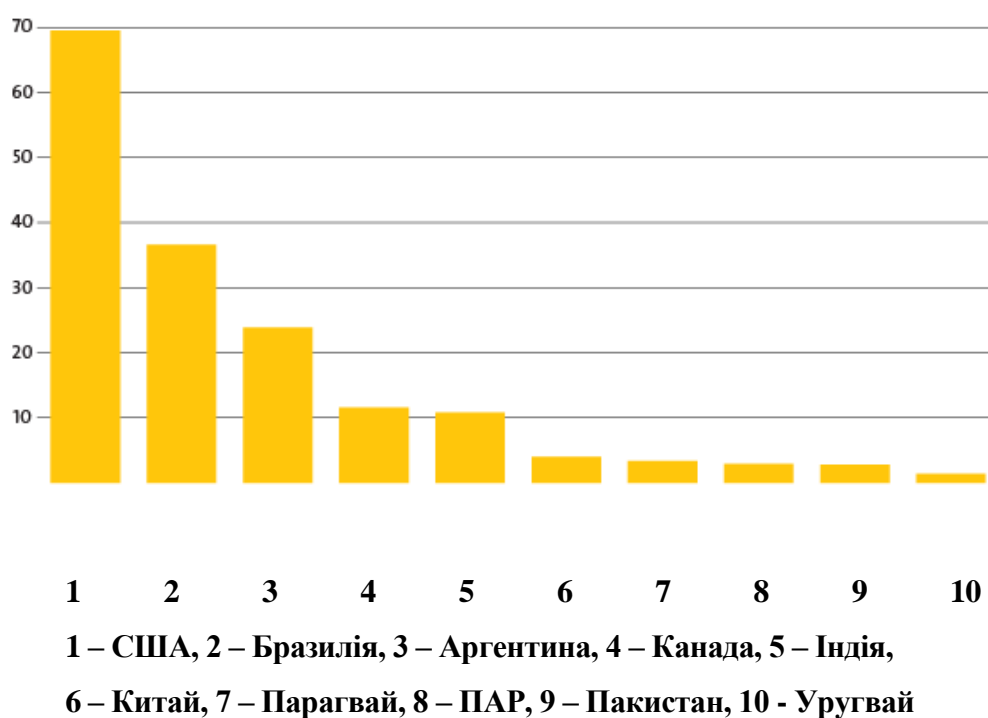
Рис. 1. Динаміка світових площ під ГМ культурами (1996-2012), млн га [58]

Значні посівні площі під ГМ культурами у світі слугують переконливим доказом ефективності, економічної і екологічної переваги та доцільності вирощування біотехнологічних культур, за розумного поєднання з системами відстеження харчової та екологічної безпеки.

Загальна ринкова вартість ГМ продукції з 1996 по 2011 р. становила майже 1000 млрд дол. США. Було заощаджено 473 тыс.т пестицидов (356 млн кг активного інгредієнту), що суттєво позначилось на поліпшенні навколишнього середовища. Крім того, з площ посівів біотехнологічних культур зменшилась кількість викидів вуглекислого газу, еквівалентна видаленню з доріг 10 млн автомобілів. Також за рахунок підвищення урожайності було збережено від розорювання 108,7 млн.га землі, що сприяло збереженню біотичної різноманітності флори і фауни цих земель [90, 91].

Оцінювання всесвітнього впливу біотехнологічних культур вказують

на те, що на період 1996–2011 рр. показник економічного приросту 51,9 млрд дол. США було досягнуто завдяки двом джерелам: зменшеній собівартості виробництва (50 %) та значному приросту врожайності (50 %, 167 млн т). Для отримання цього показника без застосування ГМ культур, знадобилося б увести в обіг додаткову площу в 62,6 млн га. Таким чином, ГМ рослини є важливим чинником економії земельних ресурсів [56, 57].



**Рис. 2. Країни-лідери з вирощування ГМ культур у 2012 р.,
млн га [58]**

Загальносвітову вартість ринку лише насіння біотехнологічних культур у 2009 р. оцінювали в 10,5 млрд дол. США.

Рекорд за посівними площами належить чотирьом основним біотехнологічним культурам: посіви біотехнологічної сої зайняли більш як 3/4 з 90 млн га під соєю в усьому світі, біотехнологічної бавовни – майже половину з 33 млн га під бавовною в усьому світі, біотехнологічної кукурудзи – 1/4 зі 158 млн га під кукурудзою в усьому світі та

біотехнологічного ріпаку – більш як 1/5 з 31 млн га під цією культурою в усьому світі.

Посівні площі під біотехнологічними культурами з року в рік зростають. Наприклад, впровадження Bt-бавовни в Індії збільшилося з 80 % в 2008 р. до 87 % в 2009 р., біотехнологічного ріпаку в Канаді – з 87 % в 2008 р. до 93 % в 2009 р. Біотехнологічна соя зберегла за собою місце найбільш поширеної біотехнологічної культури, займаючи під посівами 52 % із 134 млн га біотехнологічних культур, та маючи стійкість до гербіцидів як найпоширенішу ознаку (62 %). Культури з декількома новими генами стають більш значущими, займаючи 21 % від посівної площі під біотехнологічними культурами в усьому світі. Вони впроваджуються 11 країнами, 8 з яких є країнами, що розвиваються.

У 2009 р. відбулась заміна ГМ рослин першого покоління ГМ рослинами другого покоління. Соя, стійка до раундапу, з підвищеною врожайністю (Rready2Yield™), є першим прикладом ГМ культур нового покоління. Нею в 2009 р. було засіяно площу понад 0,5 млн га в США та Канаді [92].

Найпереконливішим свідченням на користь трансгенних культур є те, що за період з 1996 по 2011 рр. 16,7 млн фермерів у 29 країнах світу вперше або повторно висіли трансгенні рослини на загальній площі 1,25 млрд га. Варто відзначити, що понад 90 %, або 15 млн з них були власниками невеликих господарств з обмеженими ресурсами, у країнах, що розвиваються. В 2011 р. 7 млн дрібних фермерських господарств у Китаї і ще 7 млн в Індії засіли Bt-бавовною 14,5 млн га землі. Відтак, можна припустити, що трансгенні культури забезпечують стабільні та суттєві соціально-економічні й екологічні переваги [42].

У 2011 р. у 12 країнах (9 з них – країни, що розвиваються) вирощували трансгенні культури з двома або більшою кількістю нових ознак. Площа посівів становила 42,2 млн га, тобто більш ніж чверть

загальної площі в 160 млн га, тимчасом у 2010 р. відповідний показник становив 32,3 млн га, або 22 % від загальної площі в 148 млн га [57].

Провідною п'ятіркою у вирощуванні трансгенних культур серед країн, що розвиваються, є Індія та Китай в Азії, Бразилія й Аргентина в Південній Америці та Південно-Африканська Республіка на африканському континенті. Разом ці країни представляють 40 % населення світу, яке до 2100 р. може досягти 10,1 млрд осіб.

У Бразилії зростання площ під трансгенними культурами було більшим, ніж у будь-якій іншій країні, і становило рекордні 4,9 млн га, що на 20 % перевищує показник 2010 р. У 2011 р. за прискореною схемою було схвалено 6 нових продуктів, у тому числі власний вірусостійкий трансгенний сорт бобів, розроблений у державному секторі організацією EMBRAPA (Бразильський центр сільськогосподарських досліджень).

США продовжують займати провідну позицію у вирощуванні трансгенних культур з показником площі 69,0 млн га і середнім темпом впровадження майже 90 % для всіх трансгенних культур. Було відновлено вирощування RR[®]-люцерни на майже 200 тис. га, а також RR[®]-цукрових буряків на 475 тис. га. Наприкінці 2011 р. вірусостійка папайя з США була схвалена для споживання як свіжого фрукта/харчового продукту в Японії.

Індія відзначила 10-у річницю вирощування *Bt*-бавовни, площа посівів якої вперше перевищила 10 млн га і досягла 10,6 млн га, що становить 88 % від загальної площі під посівами бавовни в цій країні (12,1 млн га). Основний прибуток отримали 7 млн дрібних фермерських господарств, кожне з яких вирощує бавовну в середньому на 1,5 га. За період 2000–2010 рр. фермерський прибуток від вирощування *Bt*-бавовни в Індії збільшився на 9,4 млрд дол. США і лише за 2010 р. – на 2,5 млрд [56].

У Китаї в 7 млн дрібних фермерських господарствах (у середньому по 0,5 га) *Bt*-бавовну вирощували на площі 3,9 млн га з темпом

впровадження 71,5 %. Велике значення для Китаю матиме очікуване схвалення «золотого рису» для реалізації на ринку Філіппін у 2013–2014 рр.

В Африці спостерігають стійкий прогрес щодо законодавчого регулювання. ПАР, Буркіна-Фасо та Єгипет разом висівали трансгенні культури на площі 2,5 млн га; ще в трьох країнах (Кенії, Нігерії й Уганді) було проведено польові випробування.

У шести країнах Європейського Союзу трансгенну кукурудзу висіли на рекордній площі 114 490 га, що на 26 % перевищує показник 2010 р., а ще в двох країнах почали вирощувати трансгенну картоплю сорту «Амфлора».

За період 1996–2010 рр. трансгенні культури зробили внесок у продовольчу безпеку людства, сталий розвиток і боротьбу зі змінами клімату завдяки таким процесам:

- підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, оцінене в 78,4 млрд дол. США;
- поліпшення стану навколишнього середовища завдяки скороченню обсягів застосування пестицидів на 443 млн кг діючої речовини;
- зменшення викидів CO₂ лише в 2010 р. на 19 млрд кг, що еквівалентно скороченню кількості автомобілів на дорогах близько 10 млн.;
- збереження біорізноманітності завдяки виведенню з сівозміни 91 млн га землі, та захисту від додаткового розорювання більше 100 млн. га ґрунту;
- сприяння боротьбі з бідністю завдяки допомозі майже 15 млн. дрібних фермерів, які є одними з найбільш бідних людей [32].

ГМ культури мають важливе значення, але їх не слід вважати панацеєю. Обов'язковою умовою під час вирощування як традиційних, так і трансгенних культур є дотримання належної практики ведення

фермерського господарства, зокрема сівозмін, і управління резистентністю культур.

Для невеликих і бідних країн, що розвиваються, та для країн Європейського Союзу існує нагальна потреба в адекватних, науково обґрунтованих і ефективних щодо затрат коштів та часу системах правового регулювання використання генетично модифікованих сільськогосподарських культур, які б були надійними, жорсткими, але не обтяжливими.

Вплив виробництва ГМ культур на ціноутворення внутрішніх і світового ринків

Організація економічного співробітництва і розвитку OECD та продовольча сільськогосподарська організація ООН ФАО прогнозують на період 2010–2019 рр. зростання цін на світовому ринку на грубі зернові культури та рослинні олії в середньому на 40 %.

Одним із чинників впливу на ціни буде економічне зростання ринків країн, що розвиваються. Додатковий попит на фуражне зерно та олії зростатиме внаслідок виробництва біопалива, яке стимулюється у ряді країн. Водночас ринки біопалива залишаються непрогнозованими внаслідок непередбачуваних цін на нафту [46].

Генетично модифіковані сільськогосподарські культури вирощують у глобальному масштабі з 1996 р. Світові ціни на кукурудзу, сою та ріпак були б відповідно на 5,8, 9,6 та 3,8 % вищими за середні ціни в 2007 р., якби генетично модифіковані сільськогосподарські культури не були доступними для фермерів. Ціни основних продуктів переробки сої (борошно та олія) були б також вищими на 5–9 %, а борошна та олії ріпаку – на 4 %. Світові ціни на зернові та олійні культури і продукти їх переробки також були б вищими на 3–4 % [41, 47, 80].

Вплив подальшого невикористання поточних широкоживаних біотехнологічних ознак кукурудзи, сої та ріпаку, можливо, позначився б негативно на глобальному споживанні, переробці цих культур, їх похідних та на ринку зернових і олійних культур. Згідно моделювання, середні глобальні врожаї знизились би для кукурудзи, сої та ріпаку і, незважаючи на деякі схожі «компенсаторні» насадження цих трьох культур, спостерігалось б падіння їх світового виробництва у межах 14 млн т. Глобальна торгівля та споживання цих культур і продуктів їх переробки також би знизились. Виробництво та споживання інших зернових, таких як пшениця, ячмінь, сорго та олійні культури (особливо соняшник), також зазнало б впливу. Виробництво зернових та олійних культур і продуктів їх переробки зменшилось би на 17,7 млн т, а глобальне споживання – на 15,4 млн т. Вартість споживання також зросла б на 3,6 % по відношенню до загальної вартості споживання вищого біотехнологічного рівня світового споживання [41, 49].

3. ПОТЕНЦІЙНІ РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ГМО ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Основними чинниками ризику, які можуть спричиняти негативні наслідки для здоров'я людини, є: 1) потенційна токсичність ГМ і нових харчових продуктів; 2) потенційна алергенність; 3) потенційна патогенність ГМО; 4) можливість горизонтального перенесення генів стійкості до антибіотиків від ГМО патогенній мікрофлорі шлунково-кишкового тракту людини.

Потенційна токсична та алергенна дія ГМО

Таку дію зазвичай здійснюють трангенні білки, які забезпечують стійкість рослин-реципієнтів до ураження комахами-шкідниками, бактеріальними і грибовими захворюваннями. До цієї групи належать білки, діючими факторами яких є:

- ферментативна активність, що діє на клітинні стінки певних організмів (напр., хітинази для комах та грибів), зумовлюючи їх загибель шляхом руйнування клітин;

- лектинова активність (лектини та арселіни), яка призводить до зв'язування білка з певними рецепторами та глікопротеїнами мембран, а також до злипання клітин шлунково-кишкового тракту та порушення роботи травних ферментів комах-шкідників;

- пригнічення функціонування рибосомальних білків (RIPs-білки), що призводить до порушення синтезу нових клітинних поліпептидів;

- інгібування функцій травних ферментів протеаз та амілаз цільових організмів;

– формування наскрізних каналів у клітинній мембрані (*Cry*-протоксини *Bacillus thuringiensis*) і лізис атакованих цими поліпептидами клітин;

– проникнення фрагментів вихідного білка крізь стінки кишечника та зв'язування з гангліозидами клітинних мембран (уреази та канатоксини), результатом чого є екзоцитоз різних типів клітин, руйнування кров'яних пластинок і, як наслідок, загибель цільового організму.

Нині накопичено достатньо даних щодо значної токсичності та алергенності представників більшості описаних класів білків за їх перорального введення. Травні ферменти, мембранні білки та білки, що визначають міжклітинні взаємодії в еукаріот, мають багато подібних доменів і можуть мати спільні властивості, серед яких здатність зв'язуватись зазначеними вище білками. Наприклад, за підвищення активності соєвих уреаз спостерігали зниження індексу неперетравленого корму бройлерними курчатами, навіть незважаючи на зниження активності трипсинового інгібітора [69]. Подібний вплив на травні ферменти комах, тварин та людини мають рослинні інгібітори протеаз. Деякі інгібітори альфа-амілази добре відомі як сильні алергени, наприклад, тетрамерний інгібітор амілази пшениці.

Інгібітори рибосомальних білків (МРв) мають вузьку видову специфічність до різних рибосомальних генів. Вони видаляють консервативний аденін з 28S-рРНК, що перешкоджає збиранню рибосом та призводить до загибелі клітин. До цієї групи білків належить одна із найсильніших отрут рицин та цинамомін, який формує стійкість трансгенних рослин до комах [54]. З огляду на те, що інактивація рибосом у цьому випадку відбувається незворотно, навіть слабка афінність МРв до рибосомальних білків ссавців буде викликати кумулятивний ефект.

Численні дослідження доводять формування у людини імунної відповіді на деякі трансгенні лектини і суттєві харчові ризики, пов'язані з

їх використанням. Так, лектин нарциса, який має сильно виражені інсектицидні властивості, є мутагеном, і найбільшу мутагенну дію виявлено на культурах лімфоцитів ембріонів людини [85]. Саме через високу алергенність було припинено роботи з трансгенними інсектицидними лектинами бразильського горіха *Bertholletia excelsa* [63].

Крім того, було доведено, що трансгенна соя, стійка до раундапу (гліфосат), може спричиняти алергію у людей. Сильними алергенами виявились плоди трансгенної папайї, стійкої до одного з вірусних захворювань. Зважаючи на високу алергенність, трансгенна кукурудза сорту *StarLink*, що синтезує *Bt*-токсин (*Cry9C*), дозволена до використання лише як кормова культура.

За чисельними даними *Cry*-білки, гени яких переносять у рослини для захисту від листогризухих комах (напр., від колорадського жука), є алергенними [38].

Досить популярні трансгенні конструкції на основі ферментів групи хітиназ, якими трансформовані різноманітні сорти рису [59], картоплі [48] пшениці [35] та інших культур. Водночас добре відомі так звані латексні або бананові алергії, основним алергенним чинником яких є хітинази авокадо, бананів та каштана [86]. Також виявлено високу алергенність хітиназ інших класів.

Таким чином, характеристикам трансгенних білків, що мають інсектицидну активність, необхідно приділяти особливу увагу, оскільки близько половини патогенез-залежних білків рослин є алергенами. Збільшення їх вмісту в стійких до захворювань трансгенних сортах рослин пов'язано з прямим ризиком підвищення алергенності харчових продуктів, виготовлених на базі цих сортів.

У результаті порівняльного аналізу захворюваності населення, пов'язаної з якістю харчових продуктів, у США та Скандинавських країнах, як країнах, що мають високий рівень життя, якісно близький продуктовий кошик, подібне медичне обслуговування, було зроблено

цікаві висновки. Виявилось, що за декілька останніх років у США частота захворювань була в 3–5 разів вищою, ніж у Скандинавії. Єдина суттєва відмінність в якості харчування – активне вживання в їжу населенням США генетично модифікованих продуктів та їх відсутність у раціоні у скандинавських народів. У Російській Федерації до появи імпортованих генетично модифікованих продуктів рівень алергічних захворювань, за даними медиків, був у 5–7 разів нижчий, ніж у США. Представлені непрямі дані дають змогу зробити висновок, що підвищення рівня алергічних захворювань, пов'язаних з їжею, обумовлено підвищенням у раціоні частки генетично модифікованих продуктів.

Серйозне занепокоєння викликають дитячі алергічні захворювання: ексудативний діатез та нейродерміт, які мають особливий статус в алергології. Імунна система людини остаточно формується до 12–14 року, а кишечна флора, адаптована до «дорослої» їжі – до 3 років. Слизова оболонка травного тракту дитини має підвищену проникність як для харчових речовин, так і для патогенів. Дитячий організм гостро реагує на чужорідні білки, до яких він не адаптований, саме тому має надзвичайно високу чутливість до алергенів. Керуючись численними спостереженнями, рекомендовано повністю вилучити ГМО зі складу дитячого харчування [43]. З 2004 р. майже у всіх країнах Євросоюзу використання ГМО в продуктах дитячого харчування для дітей до 4-х років заборонено.

Особливу загрозу для здоров'я людини створюють потенційні негативні ефекти генетично модифікованих продуктів за їх тривалого та неконтрольованого вживання. Доведено, що після тривалого згодовування тваринам трансгенної картоплі, у них виявлено серйозні зміни внутрішніх органів: ураження слизової кишечника, часткову атрофію печінки та зміни тимусу. Результати досліджень було підтверджено патологоанатомами, а пізніше доведено на культурах клітин людини [50].

Негативний вплив трангенної картоплі на організм ссавців було експериментально підтверджено російськими вченими після шестимісячного згодовування щурам генетично модифікованої картоплі сорту Рассет Бербанк Нью-ліф компанії «Монсанто», стійкої до колорадського жука. У тварин спостерігали статистично достовірне зниження концентрації гемоглобіну, збільшення абсолютної маси нирок, зміни в печінці, ознаки жирової дистрофії, макроскопічні зміни органів.

Харчові ризики можуть бути пов'язані з наслідками плейотропних ефектів, які спричиняються як власне трансгенними білками, так і вбудованими конструкціями. Саме плейотропним ефектом можна пояснити підсилення активності уреаз у трансгенному сорті сої, стійкому до раундапу.

Створюючи стійкі до стресу трансгенні рослини, найчастіше використовують ген ключового ферменту синтезу поліамінів – аргініндекарбоксилази. Результатом суперекспресії цього ферменту у трансгенних рослин тютюну та рису є підвищений уміст токсичного аміна агматину, а також поліамінів путресцину, спермідину і сперміну. Агматин та його похідні є біологічно активними речовинами, здатними взаємодіяти з адренергічними, імідазоліновими та глутаматними рецепторами, виступаючи для організму людини як нейромедіатори, так і активатори мітозів (розмноження клітин) і стимулятори пухлиноутворення [70].

Модифіковані генами ізопентенилтрансферази сорти томатів мають підвищений уміст рослинних гормонів цитокінінів (регулюють поділ і диференціювання клітин та інші фізіологічні процеси) та більшу продуктивність. Складну сигнальну сітку, яка регулюється цитокінінами в організмі рослини та впливає як на метаболізм, так і на різноманітні тканинні та ростові процеси, вивчено недостатньо, тому передбачити ефекти від таких змін гормонального статусу наразі не можливо. Водночас відомо про сильний вплив цих гормонів на клітини людини та

інших ссавців. І доки допустимі, безпечні концентрації фітогормонів у рослинних продуктах не буде встановлено, ймовірність існування харчових ризиків від вживання трансгенних продуктів залишається досить високою.

Близькими до наведених вище негативних харчових ефектів є ризики, обумовлені якостями, набутими ГМО внаслідок процесу трансформації, здатності синтезувати токсичні для людини метаболіти або ж втратою здатності генетично модифікованого організму синтезувати важливі для людини біологічно активні сполуки. Класичний приклад такого типу негативних ефектів – набуття генетично модифікованою бактерією – суперпродуцентом триптофану, який використовують як харчову добавку, здатності синтезувати в незначних кількостях близьку за структурою до триптофану (але токсичну!) сполуку 1,1'-етилен-біс(триптофан). Першими жертвами цього генетично модифікованого організму та заручниками американської системи оцінювання біобезпеки стали громадяни США. Регулярне вживання ними харчової добавки, яка містить цю токсичну сполуку, спричиняло синдром еозинфілії-міалгії – тяжке захворювання, яке характеризується виснажливими м'язовими болями, спазмами дихальних шляхів з можливим летальним кінцем [52].

Інший приклад стосується загибелі в листопаді 2003 р. в Ізраїлі трьох немовлят, яких штучно вигодовували препаратами дитячого харчування *Humana Milchunion Remedia*, та серйозного ураження головного мозку ще 17 дітей. Проведені тести показали, що вироблений німецькою компанією на основі генетично модифікованої сої замінник молока містить майже в 10 разів менше від заявленої кількості вітаміну В1, необхідного для нормального розвитку центральної нервової системи в ранньому дитячому віці. Припускають, що трансгенна соя *Remedia Super Soya 1*, яку використовували для отримання соєвого молока, втратила здатність синтезувати вітамін В1 вже в процесі трансформації

внаслідок порушення експресії контролюючих синтез цього вітаміну генів внаслідок мутації або їх сайленсингу. Контролювати появу таких збоїв метаболізму практично неможливо через недосконалість генно-інженерних технологій і наразі недостатнє розуміння механізмів функціонування геному.

Численні ризики для здоров'я людини виникають у разі накопичення гербіцидів та їх метаболітів у стійких сортах і видах сільськогосподарських рослин. Вирощування стійких до дії пестицидів сортів дає відчутний економічний ефект – ручне або машинне прополювання замінюється швидким обробітком полів пестицидами, які знищують бур'яни, але не вирощувані трансгенні сорти. Для надання рослині підвищеної стійкості до такого поширеного гербіциду, як гліфосат, використовують конструкції на основі одного з двох генів: EPSPS (5-енолпірувілшикімат-3-фосфат-синтаза) та GOX (гліфосат-оксиредуктаза). Самі по собі ці білки не є ні алергенами, ні токсинами.

Для оцінювання безпеки харчового використання таких сортів необхідно знати здатність цих рослин до накопичення отруйних для людини та тварин хімікатів, а також попередньо з'ясувати, чи не відбувається акумуляція інших отруйних метаболітів або алергенів внаслідок плейотропних ефектів трансгенних конструкцій.

Варто також мати на увазі, що практично всі пестициди токсичні для людини. Гліфосат, наприклад, є канцерогеном, спричиняючи лімфому. Існують дані, що за обробки гліфосатом стійких до нього сортів цукрового буряку рослини накопичують токсичні метаболіти цього пестициду. Відомо також, що репродуктивні тканини бавовни, стійкої до гліфосату, здатні акумулювати цей гербіцид до дуже високих (смертельних) концентрацій – від 0,14 до 0,48 мг/кг сухої речовини [77]. Тимчасом допустимі дози залишкового гліфосату та його токсичних метаболітів у харчових продуктах в США становлять 0,02 мг/кг сухої речовини.

Інший широко розповсюдженим гербіцидом – атразин. Стійкість культурних рослин до його дії забезпечується вбудовуванням у геном гена цитохрому CYP1A1, представника класу цитохромів P-450. Тимчасом відомі численні роботи, присвячені канцерогенним, імунотоксичним та ембріотоксичним властивостям цитохрому P-450 [40].

Стосовно потенційної небезпеки трансгенних сортів культур, стійких до гербіцидів, слід додати, що виробники зазвичай не дають інформації про наявність залишкових кількостей гербіцидів у цих рослинах. Водночас харчовий ризик від акумуляції токсичних хімікатів у такій сировині величезний.

Формування антибіотикорезистентності

Ймовірність вбудовування трансгенної конструкції з рослини в геном ссавців та людини незначна. Клітини вищих еукаріот мають декілька ізолюючих бар'єрів, що ефективно запобігають горизонтальному перенесенню генів. Навіть у випадку такого перенесення клітина зазвичай не розмножується, перебуваючи на термінальній стадії диференціювання. Перенесення конструкцій у статеві клітини взагалі неймовірно, враховуючи непроникність гемато-тестикулярного бар'єру для макромолекул.

Водночас варто пам'ятати про ендосимбіонтів людини, зокрема бактеріальну флору кишечника (*Escherichia coli*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. bifidus*, *L. Bulgaricus* і *L. caucasicus*, *Streptococcus thermophilus*, *bifidobacterium* та ін.). Відомо, що бактерії здатні до трансформації, причому трансформації піддаються як кільцеві так і лінійні форми ДНК з інвертованими повторами. Фрагменти трансгенної ДНК ідентифіковано у вмісті кишечника, крові та молоці корів і свиней, що харчуються ГМО.

Нині в трансгенних конструкціях як маркерні послідовності найчастіше використовують гени стійкості до антибіотиків, які

уможливлюють відбір генетично модифікованих клітин і рослин. Під час трансформації ними симбіонтних або патогенних для людини та тварин бактерій трансгенні конструкції можуть «включитися» до складу бактеріального геному, що призведе до формування стійкості мікрофлори до антибіотиків самих симбіонтних бактерій, або патогенної мікрофлори. Результатом використання такого антибіотика під час захворювання буде швидкий відбір стійких до нього бактерій, внаслідок чого антибіотик почне перетравлюватись безпосередньо в кишечнику, не досягаючи цільових патогенних бактерій, або не буде впливати на резистентні до нього патогени.

Основні бактерії-симбіонти мешкають у товстому кишечнику, і ризик метаболізму антибіотиків бактеріями кишкової флори стосується передусім антибіотиків, які погано всмоктуються, наприклад, неоміцину та канаміцину.

Трансгенні конструкції, що несуть як маркерну ознаку стійкість до таких препаратів, раніше широко використовувалися біотехнологічними компаніями. Водночас було встановлено, що перенесення стійкості до антибіотиків здійснюється і від патогенних бактерій *Acinetobacter baumannii* до *E. coli* та *Proteus mirabilis*. Дійсно, ефективна бактеріальна система перенесення генів стійкості до антибіотиків представлена IncQ-подібними плазмідами, що передаються між *E.coli*, *Acinetobacter sp.* та іншими штамми бактерій. Ймовірність формування рекомбінантних плазмід, які несуть гени стійкості до антибіотиків з конструкцій, практично не вивчено.

Існує також можливість рекомбінації між послідовністю 35S-промотора та близькими послідовностями геномів деяких вірусів, у тому числі вірусів людини. Донині не проведено детальних експериментальних досліджень з даного питання [61].

Критика методу відбору трансформованих культур за стійкістю до антибіотиків призвела до того, що Агенство ООН зі стандартизації

генетично модифікованих сортів рослин не рекомендувало використання репортерних генів стійкості до антибіотиків для отримання нових сортів харчових культур. Однак у більшості випадків ця вимога біотехнологічними корпораціями ігнорується.

Потенційна патогенність

Крім рослинних і тваринних організмів, у рамках генно-інженерної діяльності передбачається також робота з мікроорганізмами, зокрема патогенними. Це можуть бути організми-реципієнти, донори чи кінцеві ГМ, а також недостатньо досліджені організми, які виявляють патогенність згодом. Наприклад, як організм-господар для створення генетично модифікованих мікроорганізмів (ГММ) часто використовують штам К-12 кишкової палички *E. coli*. Його було отримано спеціально на основі кишкової палички дикого типу. Після модифікації штам К-12 став авірулентним людини. І хоча в ньому не проявляються деякі характерні для *E. coli* ознаки, які обумовлюють її патогенність, певна вірогідність потенціальної патогенності штаму все ж існує [18].

Потенціал патогенності ГММ може реалізуватись у вигляді того чи іншого несприятливого впливу на здоров'я людини.

Патогенність ГММ як така визначається комплексом ознак. Так само вірогідність несприятливого впливу чинника патогенності для людини залежить від прояву низки біологічних особливостей ГММ у їх взаємодії. Передусім вона визначається можливістю здійснення рідкісних подій (таких як горизонтальне перенесення генів) і ознаками пристосування ГММ до умов зовнішнього середовища, тобто їх потенціалом до виживання і розповсюдження.

Патогенність кінцевого ГММ визначається такими об'єктивними параметрами:

- біологічними особливостями організму-господаря (реципієнта) і донора;
- природою використововуваного вектора;
- природою трансгенів і генетичної модифікації загалом.

Водночас суттєво, що в результаті генетичної модифікації в організм-господар привноситься лише невелика (порівняно з наявною) частина нової генетичної інформації. Причому привнесений ген чи гени добре відомі стосовно їх структури і ознак, які вони кодують. Таким чином, патогенність кінцевого ГММ найчастіше визначається рівнем патогенності організму-господаря, хоча внаслідок генетичної модифікації цей рівень може бути так чи інакше змінений.

Щоб запобігти зазначеним ризикам, всі виконувані у процесі генно-інженерної діяльності операції (модифікація, зберігання, культивування, транспортування чи знищення патогенних організмів), має здійснюватися за умови обов'язкового дотримання спеціальних заходів (фізичних, хімічних, біологічних), які ефективно захищають персонал і навколишнє середовище від контакту з патогенними організмами і від несприятливого їхнього впливу [30].

Проведення генно-інженерної діяльності в замкнутих системах має забезпечити охорону здоров'я і безпеку таких категорій людей: передбачуваних користувачів продуктів генно-інженерної діяльності; персоналу лабораторій та підприємств, які займаються такою діяльністю; інших людей, які так чи інакше можуть контактувати з ГМО; населення регіону здійснення генно-інженерної діяльності у разі випадкового вивільнення ГМО.

«Фармагедон»

Нині здійснюються активні спроби створення трансгенних сортів рослин, здатних до інтенсивного синтезу біологічно активних речовин,

зокрема вакцин, гормонів, факторів згортання крові, індустриальних ензимів, антитіл людини, контрацептивних білків та імуносупресорних цитокінів (група розчинних білків, які синтезуються кровотворними клітинами кісткового мозку). У зв'язку з цими експериментами широкого розповсюдження набув термін «фармагедон».

Нині проводять відкриті польові випробування зі створення трансгенного рису, що продукує білки людини лактоферин і лізоцим, які використовуються у фармакології при ензимотерапії. Американська компанія «Епіцит» повідомляла про створення та випробування сорту кукурудзи, що виробляє людські антитіла на поверхневі білки сперми з метою отримання протизаплідних препаратів. Перезапилення такого сорту з харчовими сортами може призвести до серйозних регіональних демографічних наслідків.

Безконтрольне введення вакцин до складу харчових продуктів також несе в собі колосальні ризики. Під час ембріогенезу імунна система, що формується, «навчається» розпізнавати «свої» білки, відрізняючи їх у подальшому від «чужих». Білки, які експонуються клітинами імунної системи за ембріогенезу, запам'ятовуються як «свої». Якщо білок вакцини в цей час потрапляє в кровотік ембріона, народжена дитина не зможе виробляти імунітет до цього захворювання, завжди розпізнаючи дану бактерію чи вірус як «свій».

У процесі збирання врожаю будь-якої харчової культури величезна маса рослинних залишків – листя, стебел та коренів залишається на полях. Ймовірність прямого розповсюдження в ґрунтових водах білків, що входять до складу рослин, низька. Тимчасом імовірність горизонтального перенесення трансгенних конструкцій до ґрунтових та інших бактерій значно вища. Крім того, існує ще один аспект ризиків – це безконтрольна вакцинація птахів та ссавців, які мешкають у даній місцевості. Якщо трансгенні вакцини направлені проти бактерій та вірусів, які використовують місцевих тварин як переносників (або

бактерій, спорідненим хвороботворним бактеріям людини), така вакцинація спровокує сильний відбір серед патогенів і формування суперінфекцій.

Компанія «Вентро Біосайнс» (США) почала вирощувати такі культури в штаті Канзас на території майже 1,5 тис. га. Компанія виробляє три лінії рису для отримання лактоферину, лізоциму і альбуміну. Рис містить гени людини, відповідальні за виробництво цих білків і ферментів. Повідомляється, що їх екстракт буде додаватися, в тому числі, в молочні суміші для немовлят з метою боротьби зі смертністю від діареї в країнах третього світу. Численні експертні організації виступають проти вирощування рису з генами людини у відкритому ґрунті. Центр продовольчої безпеки США також не схвалює планів компанії.

У 2005 р. звістка про те, що трансгенний фармарис будуть вирощувати в Міссурі, схвилювала фермерів штату, особливо південно-західних провінцій, що традиційно спеціалізуються на виробництві рису. Вони заявили, що ГМ культури компанії «Вентро» можуть призвести до генетичного забруднення традиційних культур, а відтак, люди будуть вживати в їжу рис із геном людини, навіть не підозрюючи про це. Компанія відмовилася від своїх планів у цьому штаті. Подібні аргументи висувалися і в Каліфорнії, де компанія «Вентро» збиралася в 2004 р. вирощувати свій рис у відкритому ґрунті і до цього проводила випробування. Фермери та влада штату заявили про свою категоричну незгоду.

Незважаючи на супротив громадськості, обсяг ринку лікарських препаратів, вироблених трансгенними «рослинами-фармаfabриками», за прогнозами біотехнологів, до 2012 р. мав досягти 12 млрд дол.

4. МОЖЛИВІ ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВИКОРИСТАННЯ ГМО

Використання біотехнологій теоретично може стати як джерелом нової небезпеки для навколишнього природного середовища, так і методом збереження природних ресурсів, поліпшення і навіть відновлення природних і напівприродних екосистем. Чітка уява про небезпеки для навколишнього природного середовища, які виникають у кожному конкретному випадку використання ГМО, необхідна задля того, щоб максимально використовувати всі переваги їх використання і водночас запобігати виникненню негативних ефектів. До уваги варто брати як очевидні чинники впливу, так і можливі віддалені чи опосередковані наслідки.

Зазвичай виділяють такі екологічні ризики, спричинені використанням ГМО: вплив на екосистему; поява нових, агресивніших бур'янів у результаті генетичної модифікації чи перенесення трансгенів, які сприяють підвищенню агресивності виду, диким спорідненим видам; міграція і подальша інтрогресія трансгена в дикі популяції у результаті вертикального чи горизонтального перенесення генів; вплив продукту трансгенів на нецільові організми; поява живих організмів, резистентних або толерантних до продуктів трансгенів; скорочення біотичної різноманітності внаслідок зміни природних біоценозів [2, 18, 28, 29, 31, 89].

Зазначені екологічні ризики взаємопов'язані і є ланками одного ланцюга: один із них здатний стати джерелом виникнення іншого. Зазвичай несприятливі зміни в навколишньому середовищі є наслідком дії саме такого ланцюга екологічних ризиків або комплексу декількох із них.

Вплив ГМО на екосистеми

Рослини відіграють провідну роль у виробництві сільськогосподарської продукції, а, відтак, суттєво впливають на формування сучасних ландшафтів. У розвинутих країнах аграрні ландшафти становлять більшу частину територій і є найбільш типовими біоценозами. Рослинам належить базова роль у формуванні угруповань живих організмів та екологічних систем загалом, оскільки саме вони синтезують життєво необхідний кисень, а також перетворюють неорганічні речовини в органічні. Вони становлять основу харчової піраміди для всіх живих організмів, є місцем існування більшості з них, відіграють важливу роль у ґрунтоутворення, формуванні гідробіологічного режиму і місцевого мікроклімату. З огляду на це, серед чинників ризику для навколишнього природного середовища, пов'язаних з використанням ГМО, зазначають передусім вивільнення трансгенних рослин.

Біоінженерні технології в рослинництві на сучасному етапі обіймають передусім сільськогосподарські культури – зернові, плодовоовочеві, кормові, а також декоративні. В останнє десятиліття суттєво підвищився інтерес біотехнологів до деревних рослин [67, 76]. Відтак, зростає вірогідність розповсюдження ГМ рослин не лише в агроекосистемах, але й у місцях, які меншою мірою охоплені діяльністю людини, у тому числі на охоронюваних територіях.

Генно-інженерні модифікації уможливають не лише підвищення урожайності чи стійкості рослин до несприятливих чинників середовища та шкідників, а й надання традиційним культурам нових, незвичних властивостей і функцій. Зокрема, рослини використовують як біореактори з виробництва різноманітних біохімічних речовин – вакцин, фізіологічно активних та інших фармакологічних препаратів, нетрадиційної сировини

для хімічної промисловості («червоні біотехнології»). ГМ рослини дедалі частіше використовують для відновлення чи перетворення природних ландшафтів. До сфери нетрадиційної селекції біотехнологи залучають дедалі нові види рослин, чим збільшують вірогідність впливу ГМ рослин на екосистеми і розширюють спектр таких впливів. Вже сьогодні посіви ГМ культур у деяких країнах займають або основні, або ж значні площі.

Вірогідність впливу ГМ рослин на природні ландшафти зростає у зв'язку з особливостями біології цих організмів, зокрема, біології розмноження, яка дає змогу рослинам швидко розповсюджуватись на великі території і досить тривалий час зберігатись на них. Це передусім сформована у процесі еволюції здатність до обміну генетичним матеріалом завдяки пилку, який за допомогою вітру, комах та інших тварин спроможний переноситись на значні відстані. Це також утворення спеціальних вегетативних органів, які забезпечують запас поживних речовин і виживання в несприятливих умовах, швидке розмноження і заселення нових територій, формування плодів і насіння. Останні можуть бути перенесені на великі відстані від материнської рослини, тривалий час зберігатись, перецікуючи несприятливі умови, і потім активно розвиватись у нову рослину за рахунок запасних поживних речовин. І, врешті-решт, кількість утворюваного пилку і насіння зазвичай дуже велика і, навіть, надлишкова, що уможлиблює існування популяції рослин і виду загалом на зайнятій території впродовж тривалого часу навіть за вкрай несприятливих умов і істотного еволюційного пресингу.

Поява супербур'янів

З погляду екології бур'янами можна вважати будь-які рослини, які не властиві даному біоценозу, конкурують з ендемічними видами, зумовлюють скорочення їх чисельності і зникнення з даної території.

Характерні ознаки бур'янистих рослин перераховані в так званому «Аркуші Бейкера» [37]: насіння проростає в різних умовах середовища, тривалий час зберігає життєздатність; рослини швидко проходять фази вегетації до цвітіння, утворюють насіння упродовж тривалого часу в ході вегетації, самосумісні, однак не є суворими самоопилювачами; пилок за перехресного запилення переноситься неспеціалізованими комахами або вітром; рослини утворюють насіння в широкому діапазоні умов середовища, особливо багато в сприятливих умовах середовища; рослини адаптовані до розсіювання насіння і пилку як на великі, так і на короткі відстані; багаторічні рослини добре розмножуються вегетативно, здатні до регенерації з фрагментів рослини, дуже слабкі в ділянці стебла, розташованої на рівні ґрунту, що перешкоджає їх легкому вилученню з нього; рослини пристосовані до конкуренції з іншими видами за допомогою спеціальних засобів – формування розеток, росту, який пригнічує сусідні рослини, утворення токсичних речовин.

Навіть однієї з наведених у цьому списку ознак достатньо, щоб надати рослині додаткові екологічні переваги і дати їй змогу успішно конкурувати з основними видами рослин. Бур'янисті рослини зазвичай мають одночасно кілька ознак з цього переліку. Ці ознаки сприяють реалізації двох основних стратегій збереження і поширення потенційних бур'янистих рослин у навколишньому середовищі – виживання та інвазивність, або, принаймні, однієї з них.

Стратегія виживання проявляється у здатності рослин зберігатись у природному середовищі навіть у випадку спрямованої боротьби з ними і перешкоджати росту основної культури або наступних культур (у випадку збереження рослин попередньої культури). Один із проявів виживання – здатність рослин формувати так званий банк насіння. Це набрякле насіння, яке, не втрачаючи життєздатності, може зберігатись у ґрунті упродовж декількох сезонів вегетації, іноді – багатьох років. На невеликій ділянці, що прилягає до оброблюваного поля, в ґрунті у вигляді

«банку насіння» може одночасно перебувати до 30 бур'янистих видів рослин, здатних стати джерелами засмічення полів за сприятливих умов і відсутності конкуренції з боку вже зростаючих бур'янів [83].

Інвазивність – здатність бур'янистих рослин швидко поширюватись у навколишньому середовищі, освоювати нові місця існування, включаючи не тільки окультурені ділянки, але й природні екосистеми. Ця стратегія небезпечніша як для сільськогосподарського виробництва, так і для збереження первинних природних ландшафтів.

Селекція, спрямована на збільшення насінневої продуктивності, теоретично може підвищити агресивність рослин як бур'янів. Однак ознаки, які визначають потенційну врожайність (збільшення кількості насіння або їх маси), зазвичай мають полігенну природу і не є об'єктом генної інженерії, оскільки генно-інженерній модифікації піддаються в основному ознаки, які контролюються одним або кількома.

Практично будь-яка генетична модифікація, спрямована на підвищення адаптивних властивостей рослин – стійкості до абіотичних стресів (засухи, холоду, засолення ґрунтів) або біологічних стресогенних чинників (шкідників, хвороб), здатна надати ГМО нових екологічних переваг порівняно з вихідними видами або природними популяціями. Трансгенні рослини здатні значно перевищити природні ліміти популяційного росту. Адаптивні переваги можуть бути пов'язані зі зміною деяких агрономічних показників – прискореним розвитком рослини, швидшим дозріванням насіння і плодів тощо.

Генно-інженерна модифікація може сприяти появі властивостей бур'янів у рослин, які раніше не мали таких властивостей. Найімовірніше, це пов'язано з підвищенням адаптивних характеристик насіння цих рослин (розширення умов середовища, в яких можливе проростання, зміна періоду спокою і більш тривале збереження життєздатності насіння). Генно-інженерна модифікація може також позначитися на підвищенні агресивності рослин виду, який вже є потенційним бур'яном,

або ж посилити агресивність аборигенного виду. На території України до таких видів належать, наприклад, вика, конюшина біла і лучна, люцерна та ін. Бур'яном може стати інтродукований вид, який не був таким у країні інтродукування (напр., картопля або соняшник), але який належить до бур'янів у країні походження. З огляду на це, варто бути максимально обережними під час планування генно-інженерної модифікації видів, які вже є потенційними бур'янами або мають споріднені види-бур'яни в природі.

Яскравим прикладом потенційно бур'янистої рослини є ріпак олійний. Він має принаймні п'ять із наведених вище дванадцяти ознак рослин-бур'янів. Це типовий представник господарсько важливих рослин, здатних зменшувати урожай і якість врожаю наступних за ним сільськогосподарських культур (напр., зернових). Водночас ріпак є цінною олійною культурою і добрим сидератом, включеним у сівозміну із зерновими та зернобобовими культурами і спроможний за рахунок швидкого зростання очищати поля від бур'янів. Посиленню цієї властивості допомагає генно-інженерна модифікація, яка робить рослини ріпаку толерантними до гербіцидів. Нині стійкість до гербіцидів і поліпшення біохімічних властивостей олії – основні напрями генно-інженерних модифікацій цієї сільськогосподарської культури. Як показав досвід вирощування гербіцидостійкого ріпаку в Канаді та США, трансгенна стійкість до гербіцидів може нести потенційну загрозу підвищення агресивності ріпаку. До недавнього часу здавалося нескладним контролювати агресивність ріпаку як на полях, так і ділянках тимчасового використання або захисних смугах шляхом застосування гербіциду, по відношенню до якого у рослин стійкість відсутня. Однак вже доведено явище обміну трансгенами стійкості до гербіцидів між різними лініями ГМ ріпаку. Виявлено форми, які мають всі використовувані трансгени стійкості. У зв'язку з цим вирощування гербіцидостійкого ріпаку як сидерата стає економічно недоцільним –

замість культури, яка допомагає боротись з бур'янами, в результаті міжсортової гібридизації отримали супербур'ян [72].

Інтрогресія трансгена в дикі популяції

Крім перенесення трансгенів між сортами в межах одного виду, в деяких випадках можливе перенесення трансгенів до диких представників того самого виду, що й трансгенний сорт, а також диким або культурним представникам спорідненого виду рослин. У зв'язку з агресивністю рослин-бур'янів, слід відзначити підвищену небезпеку перенесення адаптивних генів, в тому числі генів гербіцидостійкості, диким спорідненим видам.

Культурні рослини пройшли тривалий шлях селекції в умовах агрокультури і постійної турботи людини. Вони стали більш врожайними і набули масу інших цінних для людини якостей. Водночас, внаслідок так званого пресингу доместикації, вони стали менш життєстійкими порівняно зі своїми дикими предками і родичами. Дикі родичі культурних рослин зазвичай мають вищу екологічну стабільність, підвищений імунітет до різних захворювань. Поява у них додаткових адаптивних генів (трансгенів), які уможливають зміну конкурентних взаємовідносин з іншими видами екосистеми, здатна значно підвищити їх інвазивність і / або виживання і сприяти інтенсивному популяційному зростанню [28, 29].

Якщо такі рослини є бур'янами агрокультури, поява у них нового адаптивного гена (стійкість до гербіциду, шкідників) може звести нанівець хімічні або біологічні методи боротьби з ними і перетворити такі рослини у важко кероване джерело забруднення агросередовища – супербур'яни. З огляду на це, процеси виявлення, облік і вивчення характеристик бур'янів – можливих кандидатів на спонтанну гібридизацію з трансгенними рослинами, є одними з основних питань

аналізу екологічних ризиків, пов'язаних із вивільненням трансгенних рослин. Нині, наприклад, припинені генно-інженерні роботи з культурним сорго (*Sorghum bicolor* L. Moench), який за спонтанної гібридизації здатний утворювати життєздатні гібриди з сорго алепським (*S. halepense*) – одним із найбільш небезпечних і поширених у світі, а також низкою інших бур'янистих видів сорго [84].

Міграція і подальша інтрогресія трансгена в дикі популяції

Сам по собі процес міграції гена не має будь-яких негативних наслідків для навколишнього природного середовища. Такі наслідки можуть бути пов'язані з реалізацією функції трансгена в популяції реципієнтних організмів і набуттям цими організмами нових адаптивних властивостей. Як і у випадку появи будь-якого іншого ризику, наслідки міграції генів будуть визначатися особливостями організму, який модифікується, і характером модифікації. Крім того, важливо враховувати особливості організмів, яким імовірна передача цієї модифікації. По-перше, слід розглядати можливість передачі генетичної інформації від трансгенної культури цьому організму. По-друге, враховувати особливості екологічної поведінки гібридів і наступних гібридних поколінь від схрещування трансгенних і нетрансгенних організмів. Під час вивчення екологічної поведінки потомства від гібридизації ГМО з дикими спорідненими видами, суттєво допомогти можуть вже наявні відомості про природну інтрогресію за участю досліджуваних видів або інтрогресію, отриману в результаті традиційної селекції рослин.

Коли йдеться про екологічні ризики, пов'язані з вивільненням ГМО, під міграцією гена зазвичай розуміють розсіювання генетичного матеріалу якогось організму, зокрема ГМО, у вигляді пилку і насіння, що є проявом інвазивності. Перенесення пилку або розсіювання насіння – це

необхідна, але недостатня умова для стійкого проникнення трансгена в природні популяції і його закріплення там. Безумовно, особливості поширення пилку (переважне самозапилення чи необхідність перехресного запилення для зав'язування насіння, спосіб перенесення пилку – вітром чи тваринами, відстань, на яку може поширюватися пилок) і насіння (як далеко і якими способами) визначають інвазивні можливості ГМО. Вони можуть впливати на ймовірність проникнення трансгена в дикі популяції, розширюючи територію потрапляння чужорідного генетичного матеріалу. Однак навіть поширення великої кількості пилку і насіння ще не означає стабільної передачі трансгена спорідненим видам.

Для деяких видів рослин під час проникнення на нові території велику роль відіграє насіння. Зазвичай це багаторічні рослини, здатні розмножуватися вегетативно, наприклад садова суниця. Вони здатні формувати на природних територіях самостійні популяції. Глибоко проникаючи в природні екосистеми, такі популяції мають більше можливостей для зустрічі з дикими спорідненими видами і обміну з ними генетичним матеріалом. Поширенню і стабільному існуванню нових популяцій сприяють відносно низький рівень доместикації таких рослин, а також наявність у них спеціальних пристосувань для поширення насіння (у суниці це смачні ягоди, що приваблюють тварин, які є переносниками насіння на великі відстані). Щоб запобігти поширенню трансгенів через насіння, пропонують різні системи контролю над життєздатністю гібридних ембріодів і насіння. Розроблено методи хімічної репресії генів, що відповідають за дозрівання насіння, і кілька так званих GURT (Gene Use-Restriction Technology) систем, які включають комбінування трансгена з генами, що контролюють дозрівання насіння. GURT-системи забезпечують блокування генів, важливих для розвитку гібридних зародків [84].

Більшість існуючих нині трансгенних рослин є однорічними сільськогосподарськими культурами, тому основну роль у поширенні трансгена від сільськогосподарських рослин відіграє не насіння, заради якого ці культури зазвичай і вирощуються, а пилок. Навіть за деякої втрати насіння або його проникнення за межі аграрної зони, ймовірність потрапляння трансгенів у природні екосистеми таким шляхом мало ймовірна через високий ступінь доместикації сільськогосподарських рослин. Винятком можуть бути лише культури з характеристиками бур'янів. Але і їх адаптивні можливості в природному середовищі досить обмежені.

Поширення трансгенів з пилом буде залежати від низки чинників. Передусім має значення спосіб запилення рослин, дальність і способи перенесення пилку. Очевидно, що за переважного самозапилення вірогідність потрапляння пилку за межі вирощування рослин дуже низька. І навіть за наявності часткового перехресного запилення, характерного для великої кількості самозапилювачів (ріпак, сорго, ячмінь, пшениця, овес, соняшник, бавовна та ін), така ймовірність буде набагато нижчою, ніж у перехресників. Пилок сільськогосподарських культур зазвичай поширюється в межах поля, на якому вони вирощуються, хоча частина пилку може вийти за ці межі. Щоб запобігти перезапилуванню нетрансгенних сортів трансгенними, що особливо небажано за органічного землеробства, пропонують застосування ізоляційних смуг з нетрансгенних рослин тієї самої культури навколо полів з трансгенними рослинами.

Ефективним методом запобігання перенесенню трансгенів з пилом може бути надання трансгенним рослинам, призначеним для комерційного використання, ознаки чоловічої стерильності.

Перенесення трансгенів з пилом може бути причиною серйозних проблем внаслідок гібридизації сортів всередині виду в межах агрофони, або в разі запилення представників культури, які ростуть поза агрозоною.

Однак існує ймовірність перенесення трансгенної ознаки з пилком до представників інших споріднених видів. У природі існує безліч бар'єрів (географічних, поведінкових, фізіологічних, генетичних), що перешкоджають вільній гібридизації між видами, і дають їм змогу зберігати свою індивідуальність. Однак у деяких випадках ці бар'єри долаються, в результаті чого можуть з'явитися нові види. Молекулярно-генетичні методи, застосовувані під час вивчення походження видів, показали, що випадки подолання міжвидових бар'єрів відбуваються частіше, ніж це уявлялося раніше, і вони більшою мірою пов'язані з ефективною гібридизацією між підвидами, ніж з гібридизацією між видами [18, 84].

За ступенем ймовірності інтрогресії генів до диких споріднених видів сільськогосподарські культури розділяють на три категорії – культури високого, середнього та низького ризику інтрогресії. Іноді одна й та сама культурна рослина може потрапити в різні категорії. Це пояснюється як різними підходами до оцінювання ризику несприятливих наслідків інтрогресії, так і географічним поширенням культурної рослини і її диких родичів. Належність до тієї чи іншої групи ризику може бути змінена у зв'язку з набутим досвідом і накопиченням фактичних наукових відомостей про сільськогосподарські культури, споріднені їм види та їх екологічну поведінку. Розвиток методів молекулярно-генетичного аналізу розширив можливості фахівців у виявленні інтрогресії, дав змогу підтвердити чи спростувати початкові припущення про міграцію генів від одних видів іншими.

До групи високого ризику належать види, які можуть вирощуватись не лише як сільськогосподарські культури, але й одночасно зустрічатись як вільноживучі популяції. Вони становлять серйозну небезпеку як бур'янисті рослини і легко схрещуються з дикими спорідненими видами.

За оцінками науковців, 11 з 18 найбільш поширених у світі бур'янистих рослин одночасно вирощують як сільськогосподарські культури.

Однією з культур високого ступеня ризику в Європі визнають ріпак олійний (*Brassica napus* L.). З одного боку, він досить часто покидає межі поля і може виживати в природному довкіллі. Крім того, має властивості бур'яну. З іншого боку, будучи алополіплоїдним видом, він здатний ефективно схрещуватися з шістьма видами з роду *Brassica*, одним видом роду *Raphanus* і одним видом роду *Erucastrum*. Деякі з них відомі як досить небезпечні бур'яни. Доведено інтрогресію генів (у тому числі трансгенів стійкості до гербіциду і синтезу Vt-протеїну) за допомогою пилку від *Brassica napus* до виду *B. rapa* L. [87].

Найбільш небезпечною культурою щодо ймовірності інтрогресії генів до диких бур'янистих видів і серйозності наслідків такої інтрогресії прийнято вважати сорго (*Sorghum bicolor*). Сорго легко схрещується з дикими і здичавілими представниками свого виду і трьома видами, поширеними як в Новому, так і в Старому світі (*S. halepense*, *S. propinquum*, *S. alatum*). Гібриди, як і всі зазначені види сорго, мають високий інвазивний потенціал і високий ступінь виживання. Їх визнають одними з найбільш небезпечних бур'янів.

До категорії середнього ступеня ризику відносять види, які мають вільноживучих представників свого ж виду і не становлять великої небезпеки як бур'яни. До них належать також представники споріднених видів, які не становлять великої небезпеки як бур'яни, але належать до того самого роду, що й культурна форма. Такі рослини зазвичай помірно ризиковані як бур'янисті рослини в агроценозі, але можуть спричинити певні екологічні проблеми як в агроecosystemі, так і за її межами. Можливі екологічні ефекти міграції генів для цієї групи визначають у кожній конкретній ситуації. Передусім враховують наявність споріднених видів на території вивільнення і характер модифікації (рекомендують

виявляти особливу обережність у разі вивільнення форм із стійкістю до шкідників і стресових чинників). До культур середнього ступеня ризику відносять люцерну (*Medicago sativa ssp. Sativa*) і соняшник (*Helianthus annuus*), які мають вільноживучих представників цих видів, а також буряк цукровий та столовий (*Beta vulgaris ssp. Vulgaris*), які схрещуються не тільки з вільноживучими представниками свого виду, але й з представниками підвиду *Beta vulgaris ssp. maritima* (в деяких регіонах Західної Європи).

До категорії низького рівня ризику відносять культури, у яких імовірність інтрогресії генів до диких видів дуже мала, однак існує. Незважаючи на це, принцип перестороги передбачає можливість еволюційної важливості рідкісних випадків інтрогресії та їх екологічних наслідків.

Низьким рівнем ризику характеризуються кукурудза (*Zea mays ssp. Mays*), бавовна (*Gossypium hirsutum*) і рис (*Oryza sativa*). Для умов Центральної та Східної Європи господарське значення має лише кукурудза, у якої тут відсутні споріднені види і яка не становить будь-якої інвазивної небезпеки. Тому кукурудзу в наших умовах можна віднести до культур вкрай низького ризику разом із соєю, ячменем, квасолею, картоплею і низкою інших культур.

У тому випадку, коли інтрогресія генів (трансгенів) реально існує, необхідно приділити особливу увагу вивченню можливих змін адаптивних характеристик популяції організмів-реципієнтів, передусім тих, які можуть вплинути на її неконтрольоване зростання і пов'язані з ним екологічні наслідки. Під час розгляду екологічних наслідків інтрогресії, враховуючи вимоги біобезпеки, основну увагу приділяють негативним змінам в агроєкосистемі і природних екосистемах.

Вплив продуктів трансгенів на нецільові організми

Одним із найбільш значущих несприятливих ефектів ГМО вважають негативний вплив продуктів трансгена на організми, що не є мішенню трансгенної ознаки. Нецільовими організмами називають всі організми, на які безпосередньо не націлений вплив трансгенного організму, пов'язаний з генно-інженерною модифікацією. Виникнення ефекту може бути викликано передусім використанням рослин, які мають пестицидні властивості в результаті генно-інженерних модифікацій, що зумовлюють у них синтез, наприклад, Bt-протеїнів. Нині ведуться роботи з розширення спектра ендотоксинів, які можна інтегрувати в сільськогосподарські рослини за допомогою генно-інженерних модифікацій, однак Bt-протеїни з низки причин наразі залишаються поза конкуренцією [45].

З погляду біобезпеки, найважливішою з цих причин є висока токсичність Bt-протеїнів і специфічність їх дії відносно певних груп комах-шкідників. Ендотоксин, що кодується конкретним геном *cry*, має уражаючу дію на конкретну систематичну групу комах, наприклад на представників лише лускокрилих (*Lepidoptera*) або лише жорсткокрилих (*Coleoptera*). Водночас Bt-протеїни абсолютно нешкідливі для людини і теплокровних тварин.

Незважаючи на високу специфічність дії Bt-протеїнів, неможливо повністю виключити ймовірність їх несприятливої дії на непаразитарних представників з тих самих родин, що і комахи-мішені. Наприклад, до родини *Lepidoptera* поряд з такими шкідниками сільськогосподарських культур, як капустяна міль (*Plutella xylostella*), кукурудзяний метелик (*Ostrinia nubilalis*), яблунева плодожерка (*Cydia pomonella*), коробковий хробак бавовни (*Helicoverpa armigera*) та інші, належать комахи, які не становляють загрози сільськогосподарським культурам (більшість метеликів), а також комахи, корисні як запилювачі або безпосередньо

використовуються людиною (шовковичні черв'яки). Такі нейтральні або корисні комахи не завжди споживають *Bt*-протеїн з кормом, однак можуть піддатися його дії у разі потрапляння ендотоксину на їх кормову базу.

Відома небажана побічна дія *Bt*-токсинів на нецільові організми у зв'язку з використанням розпилюваних бактеріальних препаратів на основі *Bacillus thuringiensis*. Можливо також «розпорошення» *Bt* та інших токсинів трансгенного походження на кормову базу нейтральних і корисних комах та інших безхребетних тварин. У разі, якщо ген токсичності експресується в пилку, токсин може поширюватись з пилком сільськогосподарських генно-інженерних рослин. Можливе також потрапляння *Bt*-протеїнів у ґрунт із залишками трансгенних рослин або виділеннями їх коренів. У цьому випадку можуть постраждати безхребетні тварини ґрунту та ризосфери рослин, що забезпечують мінералізацію ґрунту та його родючість. Наприклад, можлива негативна дія *Bt*-токсинів на земляних черв'яків і ногохвосток.

Незважаючи на досить швидке розкладання *Bt*-протеїнів у ґрунті (період напіврозпаду від 2 до 10 днів залежно від ґрунтових умов [73]), вони можуть досить довго зберігати активність у зв'язаному стані, утворюючи конгломерат з глиною або гуміновими кислотами. Так, у ґрунтах, що містять каолін, *Bt*-протеїни зберігають рівень токсичності, достатній для знищення рогатої гусениці тютюну (*Manduca sexta*), упродовж шести місяців. Цей період збільшується у разі підвищення кислотності ґрунтів. Крім прямої ненаправленої дії токсину, пов'язаної з його безпосереднім споживанням корисними і нейтральними тваринами, можлива опосередкована небажана дія токсину через відносини хижацтва або паразитарності. Науковою громадськістю неодноразово висловлювались побоювання стосовно можливості такого негативного впливу токсинів трансгенних рослин на популяції корисних комах, які живляться комахами-мішенями трансгенної ознаки і уможливають

контроль чисельності шкідників біологічними методами, наприклад, популяції сонечка (*Hippodamia convergent*) і златоглазки (*Chrysoperla carnea*) [64].

Занепокоєння з приводу нецільового збитку, що наноситься Вt-токсинами, оснований зазвичай на даних лабораторних тестів, далеких від реальних умов існування і поведінки комах. Наприклад, хижим кохам (*Chrysoperla carnea*) не надають можливості вибору жертви і тим самим штучно змушують їх харчуватися шкідниками, якими в природі вони не лише не харчуються, але і рідко стикаються з ними.

Зменшенню нецільової пестицидної дії трансгенних рослин може сприяти використання спеціальних промоторів, які дають змогу генам токсичності експресуватися лише в частинах рослин, які пошкоджує шкідник, і не експресуватися в пилку, а також вбудовування генів токсинів, які швидко руйнуються в ґрунті.

Останнім часом, у зв'язку з розвитком напряму генної інженерії, пов'язаного з наданням рослинам функцій біореакторів (синтез рослинами вакцин, алкалоїдів, вітамінів, гормонів та інших фізіологічно активних і фармацевтичних речовин), спектр нецільових організмів може розширитися за рахунок теплокровних тварин, які випадково спожили такі рослини. небезпека нецільової дії трансгена зростає, якщо в результаті міграції він потрапляє в популяції вільноживучих рослин, за межі охоронюваних від небажаного відвідування тваринами територій, або під час переzapилення інших сортів небіофармацевтичного призначення цієї самої сільськогосподарської культури. Нецільовими організмами у такому випадку стають людина та сільськогосподарські тварини. Невипадково до посівів таких рослин висувають особливі вимоги щодо ізоляції та запобігання можливості переzapилення з посівами рослин харчового або кормового призначення. Наприклад, така перехресноzapильна культура, як кукурудза, частіше інших використовується для виробництва біофармацевтичних засобів в США,

згідно з вимогами департаменту США з питань сільського господарства, повинна бути ізольована від посівів харчової кукурудзи відстанню не менш як 400 м.

Ще один нецільовий вплив на організми може бути пов'язаний з використанням генно-інженерних бактерій ризосфери рослин (бактерії групи *Rhizobia*), а також трансгенних мікориз. Несприятливий вплив на навколишнє середовище може бути наслідком заміни азотфіксуючими бактеріями або корисними мікоризами первинного господаря-носія на нового симбіонта. Така зміна господаря може призвести до посилення конкурентних можливостей нового носія-симбіонта, яке може негативно позначитися на сформованих взаємовідносинах всередині біоценозу. Втрата симбіонтної бактерії або мікоризи, свою чергою, може стати причиною пригнічення організму-мішені дії трансгенних мікроорганізмів.

На жаль, дослідження впливів, які здійснюють природні мікоризи і природні чи генно-інженерні *Rhizobia*, в більшості своїй стосуються лише конкретної рослини-господаря і не передбачають вивчення змін у рослинних угрупованнях і угрупованнях ризосфери рослин за зміни господаря. Можна припустити неістотність дії цього чинника в природних, особливо лісових, спільнотах, де такий нецільовий ефект може проявити себе найшвидше. Природні співтовариства первинно різноманітні за своїм видовим складом і досить стабільні, що може послужити захисним чинником від несподіваних і швидких змін у ґрунтових і рослинних співтовариствах. Однак інтерес, який біотехнологи проявляють нині до трансгенозу мікориз, вимагає ретельнішого вивчення проблем екологічних взаємовідносин з участю ендо-і ектомікориз і бактерій ризосфери.

Поява живих організмів, резистентних або толерантних до продуктів трансгенів

Комахи-шкідники, бур'яни і хвороби є основними причинами втрат у аграрному виробництві у всьому світі. З огляду на це, селекція на резистентність або толерантність до хвороб і шкідників у всі часи була одним із основних напрямів селекції сільськогосподарських культур. Одночасно розроблялись і продовжують розроблятися різні штучні засоби захисту рослин, передусім хімічні (інсектициди, гербіциди, фунгіциди), використання яких обумовлює появу численних нових проблем. Крім негативного впливу на здоров'я людей і проникнення в харчові продукти, відбувається накопичення залишків пестицидів у ґрунті, забруднення ґрунтових і поверхневих вод, зниження біотичної різноманітності внаслідок нецільового токсичного впливу на корисних і нейтральних комах і тварин різних таксономічних груп. З використанням хімікатів пов'язують і появу стійкості до них шкідників. Створення трансгенних сільськогосподарських рослин з пестицидними властивостями і стійкістю до гербіцидів, дає змогу одночасно підвищити врожай і його схоронність, та вирішити, хоча б частково, проблеми, пов'язані з хімізацією сільського та лісового господарства.

Поява стійких до шкідників і патогенів нових сортів, і використання нових хімічних препаратів захисту рослин, супроводжується зворотним процесом адаптації до них патогенів. Адаптація базується на генетичних змінах у популяції під дією чинників навколишнього середовища, головним з яких є вплив пестициду або рослини з пестицидними властивостями. У результаті такої адаптації, популяція патогена може виживати, незважаючи на селекційний пресинг, який здійснюється пестицидом або стійкістю рослини до патогена. Контроль чисельності популяцій патогенів, які набули резистентності, зазвичай здійснювати

набагато складніше і дорожче, ніж контроль вихідних популяцій. У критичних випадках шкідники можуть абсолютно вийти з-під контролю.

Існування великої кількості шкідників, резистентних до пестицидів, пов'язано з активним використанням хімікатів, які створили надзвичайний селекційний пресинг. Це прискорило еволюційний процес розвитку стійкості, який нині має глобальний характер. Так, перший випадок стійкості до гербіциду було зафіксовано в 60-х роках минулого століття. А в 90-х було вже відомо 84 випадки стійкості бур'янів принаймні до одного з гербіцидів, та описано випадки комплексної стійкості до широкого спектру гербіцидів серед бур'янів пшеничних полів в Австралії.

У 60-х роках минулого століття було відзначено появу стійкості до фунгіцидів серед патогенних грибів, а у 80-х роках було відомо вже про більш ніж сотню видів цих організмів, які набули стійкості до одного і більше фунгіцидів.

Процес набуття і розвитку ознак стійкості до пестицидів добре простежується на прикладі комах-шкідників. Пояснюється це тим, що комахи використовують різноманітні адаптаційні стратегії розвитку стійкості. Вони можуть пристосовувати своє травлення до безпечного перетравлювання вторинних токсичних метаболітів рослин-господарів, або розвивати механізм детоксикації чи нейтралізації токсину. У них може з'явитись нова харчова поведінка, вони можуть змінити свої харчові уподобання або повністю перейти на живлення новим видом рослини.

Порівняно з хімізацією сільського господарства, використання трансгенних рослин має коротшу історію. Масове комерційне використання трансгенних рослин, стійких до гербіцидів або носіїв Bt-стійкості до комах-шкідників, припадає на початок 90-х років минулого століття. Однак сьогодні ми вже маємо приклад набуття комплексної стійкості до гербіцидів у трансгенного ріпака і передавання такої стійкості нетрансгенним сортам [53, 72]. Як рослина-попередник, ріпак з

комплексною стійкістю до гербіцидів може представляти чималу проблему для контролю над бур'янами, під час вирощування наступної за ним культури. Однак ймовірність інтрогресії генів гербіцидостійкості до його диких бур'янистих родичів посилює проблему розвитку стійкості до гербіцидів за участю цієї трансгенної культури.

Наведений приклад вказує на один із шляхів появи у диких бур'янистих або культурних рослин стійкості до гербіцидів – міграцію генів. Другий шлях – еволюційна адаптація популяцій бур'янів на тлі забруднення гербіцидами їх місць існування. Припускають, що вирощування трансгенних рослин, стійких до гербіцидів, може призвести до так званого ефекту неповної витрати реагенту. Присутній у ґрунті в малих концентраціях гербіцид, загалом пригнічуючи популяцію бур'янистих рослин, може не перешкоджати виживанню генотипів, які мають часткову толерантність до гербіциду, і тим самим послужити чинником відбору на стійкість до цього препарату.

Випадків набуття комахами стійкості до комерційних сортів *Bt*-рослин наразі не зафіксовано. Водночас відомий випадок набуття стійкості до препарату на основі *Bacillus thuringiensis* капустяною міллю (*Plutella xylostella* L.) – одним із основних шкідників хрестоцвітих культур. Лабораторні дослідження довели, що стійкі до *Bt*-токсину популяції *P. xylostella* можуть нормально розвиватися і на *Bt*-трансгенних рослинах ріпаку [81].

На відміну від бактеріальних препаратів *Bt*-протеїну, які швидко руйнуються на світлі, постійно діючі упродовж сезону летальні чи напівлетальні дози *Bt*-токсинів трансгенних рослин забезпечують триваліший і сильніший селекційний пресинг на популяцію шкідника, що може прискорювати процес набуття або закріплення у нього стійкості.

Розвиток резистентності у шкідників (комах, бур'янів, хвороботворних грибів і мікроорганізмів) до нових токсинів має генетичну основу і відбувається під впливом селективного чинника дії

пестициду та інших умов навколишнього середовища, які зазвичай відомі з даних про організм-реципієнт трансгенної ознаки, характер модифікації, особливості ГМО тощо. Все це дає підставу розглядати управління цим чинником ризику як цілком реальний і здійснений процес. «Менеджмент резистентності» дає змогу коригувати розвиток резистентності в популяціях шкідника в допустимих межах.

Історія використання пестицидів і численні наукові дослідження у галузі менеджменту резистентності доводять, що повністю виключити поступову адаптацію до пестицидів практично неможливо. З огляду на це, постає проблема не про абсолютне запобігання процесу адаптації, а про його максимальне уповільнення і зменшення шкідливого ефекту. Основні зусилля спрямовують на регулювання чинників, які можуть впливати на розвиток резистентності.

Нині у світі використовують п'ять основних стратегій менеджменту резистентності. Перша стратегія отримала назву стратегії гена. Вона націлена на знищення гетерозиготних особин, які з'явилися у результаті схрещування чутливих і резистентних особин з популяції шкідника. Згідно теорії напіврецесивного характеру резистентності комах, стійкість особин варіює залежно від кількості алелів резистентності у кожного з індивідуумів. Відповідно до цієї моделі, гетерозиготні резистентні особини, отримані від схрещування чутливих і резистентних, мають проміжний характер стійкості і можуть вижити лише за мінімальної експозиції токсину [64]. Збільшення токсичного ефекту до критичного значення, що знищує всіх гетерозиготних особин, здатне радикальним чином знижувати ймовірність виникнення резистентної популяції. Найбільш надійний засіб реалізації цієї стратегії – отримання трансгенних рослин, в яких експресія *Vt*-генів була б достатньою для знищення гетерозиготних особин упродовж усього періоду вегетації рослини. Інші стратегії гена включають спільну або каскадну дію різних генів *Vt*-токсичності або використання різних механізмів досягнення летальності

шкідника в одній рослині. Більшість комерційних сортів *Bt*-трансгенних рослин наразі експресують лише один ген токсичності.

Друга стратегія полягає в періодичній або повній заміні джерела токсичності чи комбінуванні джерел токсичності (зміна чинника еволюційного пресингу). Очевидно, що смертність у популяції, викликана різними причинами, буде перешкоджати адаптації. Комбінація таких причин може бути досягнута різними способами, які використовують як за традиційних способів обробки пестицидами, так і під час вирощування трансгенних рослин.

Перший спосіб – використання комбінації двох або більше токсинів по черзі або одночасно. Ефект може досягатись: 1) змішуванням під час посадки насіння, яке належить до різних генетичних ліній, що експресують різні токсини; 2) зміною ліній у сівозміні; 3) генно-інженерним створенням ліній з одночасною дією декількох різних генів токсичності (стратегія гена). Нині під час розроблення мультилокусних модифікацій стійкості віддають перевагу комбінуванню *Bt*-генів як найбільш цілеспрямованих за дією на мішень, а відтак, найбільш безпечних з погляду впливу на нецільові організми.

Третя стратегія – підтримання чутливості популяції до певного типу токсину (зменшення дії селективного пресингу). Ідея цієї стратегії полягає не в повному знищенні особин у популяції шкідника, а в збереженні і підтриманні в популяції певної кількості чутливих до токсину особин (тобто гомозиготних за геном чутливості до токсину). Ці особини можуть передати потомству гени чутливості і таким чином перешкоджати відбору на резистентність. Збереження чутливих особин відбувається шляхом створення так званих острівців безпеки – рослин, які не несуть генів токсичності. «Острівці безпеки» можуть створюватись за рахунок мозаїчних посадок трансгенних і нетрансгенних форм у комерційних посівах у пропорції, яка дає змогу не знижувати урожайність культури за рахунок ураження шкідником і водночас зберігати популяцію

чутливих особин шкідника. Наприклад, щоб контролювати чутливість до Bt-токсину більшості шкідників ріпаку, досить додати до посадок трансгенних рослин 10 % нетрансгенних. Для більшості культур рекомендують пропорцію 80 % трансгенних і 20 % нетрансгенних рослин [88]. Тканеспецифічна експресія гена і експресія гена на певних етапах розвитку рослин (тимчасове лімітування дії гена токсичності) також можуть нести функції острівців безпеки.

Мозаїчності досягають різними способами: сумішшю насіння, що висівають на одному полі; посадкою блоками в межах одного поля або чергуванням трансгенних і нетрансгенних полів; чергуванням посадки трансгенних і нетрансгенних рослин по рокам. Вибір типу мозаїчності може залежати від типу трансгенної культури, умов навколишнього середовища, застосовуваної сільськогосподарської технології та інших чинників. Однак вирішальне значення відіграє облік поведінкових характеристик шкідника, передусім рухливість дорослих особин і личинок. Найчастіше як найефективніший спосіб пропонують посадку блоку або декількох блоків нетрансгенних рослин всередині поля трансгенної культури [82].

Четверта стратегія – прогнозування появи та моніторинг за розвитком резистентності. Попереднє оцінювання популяцій шкідника на ймовірність розвитку ними резистентності та вивчення процесу адаптації до токсину мають допомогти виявити появу резистентності популяцій на ранніх етапах і таким чином спростити подальший контроль над цим небажаним явищем. Основні положення і підходи, пропоновані цією стратегією, найповніше викладено в «Меморандумі EPA і USDA з менеджменту резистентності Bt-трансгенних культур». Згідно Меморандуму, розроблення плану моніторингу та менеджменту резистентності є обов'язковою умовою під час реєстрації Bt-трансгенних культур. Моніторинг передбачає періодичне відбирання проб особин з популяцій шкідника та їх вивчення за допомогою недорогих

діагностичних засобів або в спеціальних лабораторіях зі складнішим обладнанням. Для взяття проб пропонують широке залучення сільськогосподарських виробників, які вирощують *Bt*-культури.

На жаль, цей підхід, що добре зарекомендував себе в розвинутих країнах з досить великим досвідом вирощування трансгенних рослин, наразі мало доступний країнам, що розвиваються, через свою високу вартість і необхідність створення спеціальних структур для здійснення моніторингу. Втім саме країни, що розвиваються, розглядають як основне поле діяльності майбутній маркетинг *Bt*-токсичних культур.

П'ята стратегія – неухильне виконання відповідних умов експлуатації в кожному конкретному випадку використання трансгенних рослин. Основна ідея цієї стратегії – використання трансгенних рослин зі стійкістю до шкідників має здійснюватись на підставі попереднього оцінювання ризику виникнення резистентності і з урахуванням всіх вимог із запобігання цьому ризику. Оцінювання здійснюється за принципом індивідуального підходу у відповідності з умовами конкретного регіону використання ГМО і з урахуванням досвіду більш ранніх випадків появи резистентності патогенів до подібних пестицидів. Порівняльний підхід вимагає глибокого і повного вивчення як умов навколишнього середовища, так і умов сільськогосподарського виробництва, притаманних даному регіону, а також біології та екології рослини-господаря і організму-мішені та їх взаємодії. Ця стратегія має найширше застосування і діє одночасно з усіма іншими.

Основні елементи, які потрібно враховувати під час оцінювання ймовірності розвитку резистентності до токсину: 1) особливості культури, які можуть вплинути на розвиток адаптації до токсину в організму-мішені; 2) особливості біології шкідника-мішені: кількість видів рослин-господарів шкідника, здатність виду-шкідника до розвитку резистентності до токсину; 3) можливість і вигідність використання відповідних генно-інженерних технологій у світлі отриманих даних про

характер культури та її шкідника. За результатами оцінювання визначають, чи може бути використана та чи інша генно-інженерна модифікація для вирішення проблеми стійкості даної культури в даному регіоні, вибирається стратегія підтримання чутливості популяцій патогенів до токсину.

Підвищення активності вірусів

Історія трансгенних рослин, стійких до вірусів, бере початок з 1986 року, коли Р. Powell-Abel зі співавторами створили рослину тютюну, стійку до вірусу тютюнової мозаїки (*TMV*) [79]. Відтоді було створено безліч трансгенних культур, стійких до широкого спектру вірусів. Ці рослини є прикладом використання патоген-залежної резистентності – обумовленої дією патогена (вірусними генами). До агентів резистентності вірусного походження, інкорпорованих у рослинний геном, належать гени, що кодують капсидний білок (*CP*-білки – від англійського словосполучення *coat proteins*); дефектні гени білків, які забезпечують пересування вірусів і їх проникнення в клітину; гени репліказ, протеїназ та їх допоміжних компонентів [65]. Однак найчастіше для розвитку резистентності рослин до вірусів використовують трансгеноз *CP*-генів.

Стійкість до вірусних захворювань – одне з найцінніших досягнень сучасної генно-інженерної біотехнології. Однак, незважаючи на безперечні переваги під час використання, трансгенні вірусостійкі рослини можуть являти собою і певний чинник екологічного ризику. Ризик пов'язаний з передбачуваною ймовірністю взаємодії продуктів вірусного трансгена (РНК або вірусного протеїну) з природними вірусами за типом синергізму, транскапсидації або рекомбінації. Ці взаємодії теоретично можуть призвести до підвищення активності вірусів, що виражається як посиленням їхньої уражаючої дії, так і розширенням

початкового видового складу їх потенційних носіїв. Як чинник ризику стосовно деяких груп рослин, розглядають також вірогідність міграції гена вірусостійкості до представників диких споріднених видів (поява резистентності або толерантності до вірусів може стати чинником неконтрольованого збільшення їх чисельності).

Підвищення активності вірусів може спричинитись фенотипічними змінами у взаємодії вірусів між собою та їх кумулятивною дією на рослину-носій (за синергізму вірусів і транскапсидації) або мати в своїй основі генетичні зміни вірусної РНК за її рекомбінації з РНК трансгенної стійкої до вірусів рослини.

За синергізму два чи більше різних вірусів можуть одночасно заражати рослину. Водночас комбінована дія цих вірусів має більший уражувальний ефект, ніж той, який був би у разі ураження кожним із вірусів окремо. У разі взаємодії вірусів з трансгенною рослиною існує ймовірність ефекту синергізму за взаємодії РНК або протеїнів, які є продуктами трансгена, з вірусом іншого типу (не спорідненого трансгену), який заражає трансгенні рослини. Донині не було зафіксовано жодного випадку синергізму у трансгенних рослин, однак такі взаємодії між вірусами, які одночасно заражують одну рослину, неодноразово спостерігали у нетрансгенних рослин.

У науковій літературі, присвяченій екологічним проблемам біобезпеки, неодноразово піднімали питання про потенційну небезпеку іншого типу взаємодії вірусів – транскапсидації. За транскапсидації відбувається заміна капсидної білкової оболонки одного типу вірусу на капсидну оболонку іншого. Якщо перший вірус міг поширюватись від рослини до рослини за допомогою рослиноїдних комах (напр., попелиць, колорадського жука та ін.), то передавання його капсидної оболонки іншому вірусу, який не мав такої здатності, призводить до її появи у цього вірусу. Таким чином, транскапсидацію розглядають як спосіб розширення числа потенційних носіїв вірусів, які раніше були обмежені у

виборі господаря через неможливість перенесення рослиноїдними комахами. У випадку з трансгенними вірусостійкими рослинами РНК вірусу, що заражує трансгенну рослину, може придбати нову білкову оболонку (енкапсидуватись), яка кодується CP-трансгеном цієї рослини.

Наприклад, Н. Лесоq з співавторами (1993) спостерігали зараження трансгенних рослин кабачка з вбудованим CP-геном від вірусу жовтої мозаїки кабачка (*potyvirus*), який переносять попелиці, вірусними штамми, які попелицями переноситись не можуть (мають дефектний трансмісійний фактор в CP-гені). У природних умовах явище транскапсидації спостерігають вкрай рідко, хоча відомі численні випадки спільного співіснування декількох вірусів у різних сільськогосподарських і деревних рослин [цит. за 18].

Таким чином, незважаючи на теоретичну можливість транскапсидації і синергізму за участю вірусних генів трансгенних рослин, перебіг цих подій у природних умовах малоімовірний. Крім того, синергізм і транскапсидація у сільськогосподарських культур можуть мати лише короткочасний фенотипічний ефект, який припиняється разом із завершенням вегетації трансгенної рослини. Загалом вірогідність несприятливих наслідків для сільськогосподарських культур і навколишнього середовища транскапсидації і синергізму за участю стійких до вірусів трансгенних рослин оцінюють як дуже низьку. А ефекти, які можуть виникнути для трансгенних рослин від реалізації синергізму або транскапсидації, не можуть перевищувати тих, що мають місце у разі зараження вірусами нетрансгенних вірусочутливих рослин.

Порівняно з явищами синергізму і транскапсидації, рекомбінацію вірусної РНК з вбудованими ділянками геному рослин вірусного походження, набагато частіше розглядають як реальне джерело несприятливих наслідків для навколишнього природного середовища. Ці наслідки будуть визначатись імовірністю події (чинника ризику) і його можливим уражаючим ефектом.

Вплив ГМО на біотичну різноманітність

Потенціал біорізноманітності, який людство без шкоди для навколишнього природного середовища може використовувати для свого стабільного існування і розвитку, остаточно не вивчений і використовується лише частково, а інколи вельми нераціонально. Досягнення біотехнології, і зокрема генетичної інженерії, багато в чому сприяють більш повному, різноманітному і дбайливому використанню біоресурсів за рахунок збагачення вже застосовуваних людиною форм додатковими адаптаційними властивостями, новими корисними якостями, підвищенням їх продуктивності. Водночас вони відкривають можливості для використання нових видів, які через певні біологічні особливості чи удавану некорисність раніше не застосовувались. Біотехнологічні методи уможливають якісні зміни агровиробництва, зменшуючи його екстенсивність, залежність від екологічно небезпечної хімізації і енергонасиченості, водночас не знижуючи загальної кількості врожаю.

У країнах, що розвиваються, застосування сучасних технологій має сприяти зниженню екстенсивності сільського господарства, і тим самим збереженню природних екосистем. У розвинутих країнах відхід від екстенсивних технологій сприяє перетворенню частини територій, раніше зайнятих під сільськогосподарські посіви, в рекреаційні зони, лісові насадження та інші, більш природні і багаті в біологічному сенсі ландшафти. За розрахунками фахівців, у разі використання нових технологій для забезпечення обсягу сільгосппродукції, який нині виробляють у Європі, знадобиться лише третина території країн Європейського Союзу [78]. Сьогодні під сільськогосподарські угіддя у більшості країн Західної та Центральної Європи відведено від 50 до 70 % території. Таким чином, використання досягнень генетичної інженерії сприяє збереженню і відновленню біотичної різноманітності в природі.

Разом з тим, часто висловлюють побоювання з приводу того, що досягнення генетичної інженерії можуть негативно впливати на розвиток природних та агробіологічних екосистем і біотичну, передусім генетичну, різноманітність.

Зазвичай виділяють п'ять джерел небезпеки ГМО для генетичної (біотичної) різноманітності. Про три з них вже йшлося вище. Це основні чинники ризику вивільнення ГМО в навколишнє середовище:

1) *можлива підвищена інвазивність і агресивність бур'янів*, що може призвести до пригнічення і витіснення інших видів екосистеми;

2) *нецільова дія ГМО з токсичними властивостями*, яка може призвести до зменшення чисельності не лише шкідників, але й нейтральних і корисних видів комах, а також порушень екологічних зв'язків за участю цих комах;

3) *наслідки міграції трансгенів* від ГМО до їх диких споріднених видів.

Якщо перші два джерела теоретично можуть призвести до зменшення чисельності і втрати певних видів, то міграція трансгенів не призводить до зниження видової різноманітності екосистеми і не обов'язково позначається на чисельності виду-реципієнта трансгенної ознаки. Однак вона призводить до зміни існуючої генетичної різноманітності в популяції-реципієнті спорідненого виду і може позначитись на його адаптивних властивостях.

У зв'язку з міграцією трансгенів висловлюють побоювання, що присутність трансгенів у дикого виду може призвести до зниження алельної різноманітності в локусі, до якого належить трансген, або в локусах, які взаємодіють з трансгеном [84]. Передусім може відбутись втрата рідкісних алелів, які не мають великого адаптивного значення для популяції за стабільних умов навколишнього середовища. Однак у разі різких змін в умовах існування (поява нового неендемичного патогена або хижака, посилення впливу антропогенних чинників тощо) саме ці рідкісні

алелі можуть виявитись чинником виживання популяції. Таким чином, втрата алельної різноманітності за зміни умов навколишнього середовища в майбутньому може негативно позначитись на адаптивній здатності популяції і виду загалом.

Наступні джерела небезпеки зниження видової і генетичної різноманітності виникають через прагнення людини одержувати максимальні прибутки під час виробництва сільськогосподарської продукції:

4) *використання в агровиробництві монокультури* призводить, з одного боку, до зменшення різноманітності біоценозів в агроєкосистемі, а відтак, зменшення видової різноманітності організмів, які зазвичай мешкають у біотопах агроєкосистеми. З іншого боку, монокультура стає джерелом збільшення генетичної різноманітності, яке може стати причиною зниження адаптивних можливостей культури і джерелом селективного пресингу в популяціях її шкідника;

5) *застосування обмеженої кількості найбільш економічно ефективних сортів і витіснення місцевих сортів і рас*, які є джерелами багатьох селекційно цінних ознак, призводить до зниження генетичної різноманітності і втрати численних цінних алелів і генів, які згодом могли б бути затребувані для поліпшення існуючих сортів сільськогосподарських культур.

Прагнення виробників сільськогосподарської продукції вирощувати найбільш прибуткові культури і найбільш продуктивні сорти рослин цілком природні. Однак таке прагнення призводить до серйозних, а часом катастрофічних наслідків: монокультура зумовлює зростання небезпеки розвитку хвороб та збільшення чисельності шкідників. Зниження генетичної різноманітності за рахунок переваги небагатьох сортів дедалі збільшує цю небезпеку і в результаті призводить до зниження адаптивних можливостей популяції сільськогосподарської монокультури.

У Європі досі згадують наслідки епіфітотії фітофторозу картоплі (*Phytophthora infestans* Mont. (De Bary)) 1845 року, який уразив практично всю Європу і США. Особливо постраждала Ірландія – країна, де картопля була основною культурою і найважливішим харчовим продуктом. Картопля, вирощувана в Ірландії, являла собою потомство першої інтродукції в Європу картоплі чилійського походження, яка мала небагату генетичну базу. Вона виявилась цілком беззахисною перед новим патогеном, який проник у Європу з іншої частини Американського континенту. Внаслідок голоду, спричиненого знищенням посадок картоплі, чисельність населення Ірландії в ті роки скоротилася майже на 2,5 млн осіб, через високу смертність населення та вимушену еміграцію [33].

В Індонезії в кінці 70-х років минулого століття через нашествя дельфацид (*Delphacidae*) повністю загинули плантації рису (основної культури цієї країни), які були представлені практично одним-єдиним сортом. Це стало однією з основних причин голоду в індонезійській провінції Ломбук [<http://www.oxfam.org.uk/>]. Таких прикладів багато.

Нині з трьох тисяч видів рослин, які будь-коли вирощувала людина, культивують лише 150, і менш як 20 з них є джерелом харчування для більшої частини світу. 60 % калорій і 56 % протеїнів людству постачають всього три культури – пшениця, кукурудза і рис. Тому дуже важливо зберегти генетичну різноманітність, що забезпечує екологічну пластичність і селекційний потенціал хоча б тих культур, які нині активно експлуатуються людиною [44].

Небезпека, пов'язана з генно-інженерними сортами, полягає в тому, що вони становлять безсумнівний інтерес для збільшення обсягу сільськогосподарської продукції країн, що розвиваються. Слабка законодавча база та відсутність інфраструктури в галузі біобезпеки в переважній більшості цих країн не можуть належним чином захистити від витіснення місцевих сортів і рас. У результаті вони дуже швидко можуть

бути втрачені через свою економічну неконкурентоспроможність. Свій внесок у зниження генетичної різноманітності можуть зробити також наслідки міграції трансгена і потенційне підвищення інвазивності деяких трансгенних культур.

Одним із рішень проблеми захисту генетичних ресурсів планети від експансії генно-інженерних сортів може бути повна заборона їх ввезення та використання в центрах генетичної різноманітності. Однак цей шлях видається малореальним і нераціональним, адже ГМО завдяки своїм унікальним властивостям сьогодні розглядають як одне з основних джерел вирішення проблеми голоду в країнах, що розвиваються. Крім того, за рахунок своєї високої ефективності ГМО дають шанс зберегти від руйнування природні ландшафти країн, що розвиваються, значна частина яких представлена найбагатшими за видовим складом, але дуже чутливими до дії антропогенного чинника тропічними лісами .

Наявний досвід використання ГМО в сільському господарстві та інших галузях людської діяльності, накопичений упродовж 30–40 років, які сплинули з початку застосування ГМО, свідчить не стільки про небезпеку використання трансгенних організмів для навколишнього природного середовища, скільки про їх природоохоронний ефект. Вирощування трансгенних рослин уможливорює значне скорочення витрат трудових, енергетичних і водних ресурсів, використання щадних технологій обробітку ґрунту [42].

Сприятливий вплив на стан навколишнього середовища і видову різноманітність у межах агроєкосистеми чинить зменшення кількості обробок полів пестицидами. Підраховано, що збільшення площ посівів Bt-культур на 10 % автоматично зменшує витрати інсектицидів на 8 %. Це дає змогу зменшити щорічне використання інсектицидів у світі на 49,4 млн кг у перерахунку на активну речовину [88]. Крім того, трансгенні рослини з інсектицидними властивостями дають змогу обмежити дію інсектициду рамками поля і зберегти від забруднення прилеглі до полів

природні екосистеми. Створюються генно-інженерні рослини і мікроорганізми, які уможливають ефективне очищення ґрунту і водойми від забруднення різними хімічними речовинами. Таким чином, генно-інженерну діяльність слід розглядати не як загрозу навколишньому середовищу, а скоріше як засіб її захисту і раціонального використання. Водночас не слід повністю виключати ймовірність виникнення несприятливих впливів на навколишнє середовище і життєдіяльність людини окремих випадків використання ГМО. Своєчасне оцінювання ризику і прийняття необхідних заходів безпеки, починаючи з застосування спеціальних методик створення і використання ГМО і завершуючи державним регулюванням у галузі генно-інженерної діяльності, покликані звести до мінімуму або повністю усунути несприятливі наслідки використання ГМО для людини і навколишнього середовища.

5. НОРМАТИВНО-ЗАКОНОДАВЧА БАЗА СУСПІЛЬНОГО ВІДСТЕЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГМ- КУЛЬТУР

Бурхливий розвиток генетичної інженерії в останній чверті ХХ ст., як одного з найбільш перспективних наукових напрямів, спонукало до розроблення питань біобезпеки в системі міжнародних відносин. Практичне використання сучасної біотехнології потребує правового врегулювання цієї сфери міждержавних відносин, зважаючи на потенційний можливий ризик для навколишнього природного середовища і здоров'я людини.

Вперше питання безпеки генно-інженерної діяльності опинилися в центрі уваги міжнародних організацій у 80-х роках минулого століття. На Віденській зустрічі держави-учасники Наради з безпеки і співробітництва у Європі (нині ОБСЄ) 1986 р. започаткували діяльність Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН), пов'язаної з розробленням керівних принципів безпеки в галузі біотехнології. На ХХІ сесії ЄЕК ООН (вересень 1994 р.) були узагальнені напрацювання з біобезпеки (закони, постанови, інструкції), представлені урядами 30 держав і міжнародними організаціями.

Було розроблено основні засади співробітництва і розвитку держав-членів цієї міжнародної міжурядової організації в галузі біобезпеки, а також правила роботи з рекомбінантними ДНК і проведення експериментів за контрольованого вивільнення генетично змінених рослин і мікроорганізмів у навколишнє природне середовище.

Важливою віхою у розробленні міжнародних принципів безпеки в біотехнології було опублікування документів, підготовлених експертами ООН з промислового розвитку (ЮНІДО), Всесвітньою організацією

охорони здоров'я (ВООЗ), Продовольчою і сільськогосподарською організацією ООН (ФАО). Проблеми безпечного використання і сталого розвитку біотехнології перебували в центрі уваги на Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку (КОСР), яка проходила в Ріо-де-Жанейро у 1992 р.

2000 р. у Монреалі було прийнято Картахенський протокол з біобезпеки до Конвенції про біологічну різноманітність (Cartagena Protocol on Biosafety). Згідно даних ФАО, в 2001 р. представники 161 країни підписали Картахенський протокол. Він являє собою міжнародну угоду, метою якої є гарантування безпечної передачі і використання таких ГМ сільськогосподарських культур, які можуть здійснювати несприятливий вплив на збереження і стабільне використання біотичної різноманітності і які можуть бути пов'язані з ризиками для здоров'я людини, особливо у випадку транскордонного переміщення. 2002 р. було ухвалено Закон України про приєднання до Картахенського протоколу з біобезпеки до Конвенції про біологічну різноманітність [1, 19].

Суспільство отримує максимальну вигоду від використання досягнень біотехнології, лише за умови – коли кожен його член буде упевнений, що держава в змозі забезпечити безпеку продуктів генно-інженерної діяльності. У зв'язку з цим, необхідно розширювати обізнаність населення про порівняльні переваги біотехнології, пов'язані з ними ризики, і необхідні заходи щодо запобігання цим ризикам (на рівнях правового регулювання, просвітництва, наукового моделювання, технологічного розвитку, дослідництва при впровадженні і веденні маркетингової діяльності).

Громадськість повинна мати доступ до повної і достовірної інформації про генно-інженерні організми, які передбачається використовувати, результати державної експертизи їх безпеки для здоров'я людини і довкілля, про функціонування державної системи біобезпеки. Важливо передбачити можливість консультацій з

громадськістю під час ухвалення рішень щодо генно-інженерної діяльності, для чого мають бути відпрацьовані конкретні механізми і процедури.

Запровадження системи управління біобезпекою становитиме поштовх для переходу від техногенних підходів та світосприйняття – до сучасного біотехнологічного, усвідомлення нових, невидимих – але нерідко більш загрозливих для світу факторів ризику від економічної діяльності, і одночасно потреб інноваційному розвитку («економіки знань») та виробленні різноманітних форм суспільної підтримки лише таких форм підприємництва, що гарантують прозоре використання природних ресурсів, контрольоване зменшення техногенних навантажень та збільшення обсягів сприятливих для людини і довкілля умов життєдіяльності.

Державне регулювання використання ГМО в Україні

Регулювання використання ГМО в Україні забезпечують законодавчі акти. Основними серед них є закони:

- ✓ «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» [16];
- ✓ «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» [13];
- ✓ «Про охорону навколишнього природного середовища» [15];
- ✓ «Про екологічну експертизу» [8];
- ✓ «Про рослинний світ» [9];
- ✓ «Про тваринний світ» [11];
- ✓ «Про ліцензування певних видів господарської діяльності» [5];
- ✓ «Про основи національної безпеки України» [14];

- ✓ «Про захист населення від інфекційних хвороб» [6];
- ✓ «Про захист прав споживачів» [10];
- ✓ «Про дитяче харчування» [12];
- ✓ «Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини» [7];
- ✓ «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року».

Закон України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» визначає основні принципи державної політики в галузі поводження з ГМО:

- пріоритетність збереження здоров'я людини і охорони навколишнього природного середовища порівняно з отриманням економічних переваг від застосування ГМО;
- забезпечення заходів щодо гарантування генетичної та біобезпеки під час створення, дослідження та практичного використання 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 генетичної та біобезпеки.

Закон регулює відносини між органами виконавчої влади, виробниками, продавцями, розробниками, дослідниками, науковцями та споживачами генетично модифікованих організмів та продукції, виробленої за технологіями, що передбачають їх розроблення, створення, випробування, дослідження, транспортування, імпорт, експорт, розміщення на ринку, вивільнення у навколишнє середовище та використання в Україні із забезпеченням біологічної і генетичної безпеки.

На різні державні інституції покладаються такі обов'язки:

виконавча влада (Кабінет Міністрів України):

- 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 видачі дозволів, державної реєстрації, ввезення, випробувань тощо.

Міністерство освіти і науки України:

- 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 генетично-інженерної діяльності;
- здійснює ліцензування генетично-інженерної діяльності у замкнутих системах;
- надає дозволи на ввезення незареєстрованих ГМО, якщо вони використовуються винятково для науково-дослідних цілей та державних випробувань у замкнутих та відкритих системах.

Міністерство охорони навколишнього природного середовища:

- здійснює державну екологічну експертизу ГМО, призначених для використання у відкритій системі;
- розробляє критерії оцінювання ризику потенційного впливу ГМО на навколишнє природне середовище;

- здійснює нагляд і контроль за дотриманням заходів біобезпеки щодо біологічних об'єктів природного середовища під час створення, дослідження та практичного використання ГМО у відкритій системі;

- надає дозволи на вивільнення ГМО у відкриту систему.

Міністерство охорони здоров'я:

- здійснює державну санітарно-епідеміологічну експертизу ГМО для обґрунтування висновку щодо їх безпеки стосовно людини з метою їх державної реєстрації;

- розробляє критерії оцінювання ризику потенційного впливу ГМО на здоров'я людини та продукції, отриманої з використанням ГМО;

- здійснює нагляд і контроль за дотриманням заходів біобезпеки стосовно людини під час створення, дослідження та практичного використання ГМО;

- здійснює державну санітарно-епідеміологічну експертизу продукції, отриманої з використанням ГМО;

- здійснює реєстрацію ГМ джерел харчових продуктів та державну реєстрацію харчових продуктів, косметичних засобів, лікарських засобів, які містять ГМО, або отриманих з їх використанням;

- затверджує перелік харчових продуктів щодо яких здійснюється контроль вмісту ГМО.

Міністерство аграрної політики України:

- здійснює державні випробовування та державну реєстрацію створених на основі ГМО сортів сільськогосподарських рослин, порід тварин, мікробіологічних сільськогосподарських і ветеринарних препаратів;

- здійснює нагляд і контроль за дотриманням заходів біобезпеки щодо сільськогосподарських рослин і тварин у відкритих

системах на підприємствах, в установах і організаціях агропромислового комплексу незалежно від їх підпорядкування і форми власності;

- здійснює державну реєстрацію ГМ джерел кормів, а також реєстрацію ГМО-вмісних кормових добавок та ветеринарних препаратів;
- затверджує перелік кормів, у яких здійснюється контроль вмісту ГМО.

Позитивні аспекти Закону України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» полягають у тому, що в ньому розподілено повноваження та відповідальність між центральними органами виконавчої влади в галузі біобезпеки; окреслено відповідальність за порушення закону, основні вимоги до дозвільної системи у сфері генетично-інженерної діяльності та доступ до інформації щодо ГМО; створено передумови для цивілізованого обігу ГМО в країні.

Однак Закон не позбавлений недоліків:

- не чітко визначено механізми взаємодії центральних органів виконавчої влади, йдеться лише про загальну координацію їх діяльності;
- деякі норми Закону не узгоджені між собою та суперечать вимогам інших законів України, зокрема Закону України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності», а також окремим вимогам Картахенського протоколу;
- реєстрація ГМО доволі обтяжена бюрократичними процедурами.

Конвенція про біологічну різноманітність, Картахенський протокол до Конвенції про біологічну різноманітність, Конвенція про доступ до інформації, участі громадськості в ухваленні рішень і доступі до правосуддя в питаннях, що стосуються навколишнього середовища, і Міжнародна конвенція з охорони нових сортів рослин є частиною національного законодавства України, про що свідчать основні положення, зміни і доповнення до Закону України «Про державну

систему біобезпеки при створенні, випробуванні та практичному використанні генетично модифікованих організмів». Цей Закон нині доопрацьовують фахівці для того, щоб відкоригувати його і узгодити з міжнародними документами та з огляду на потенційну співпрацю у цій галузі з країнами ЄС.

Практичне використання нових способів трансформації геному рослин спонукало до розроблення додаткових регламентів у вигляді законів з різних сфер діяльності людини.

Нижче наведено їх основні положення.

Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні». Метою закону є створення правової бази для концентрації ресурсів держави на провідних напрямках науково-технологічного оновлення виробництва та сфери послуг. Серед середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності передбачено «...розвиток генно-інженерних технологій, генетично модифікованих культур та організмів» (стаття 8).

Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про рослинний світ», «Про тваринний світ», «Про ліцензування певних видів господарської діяльності». Зміни у ці закони внесено з метою приведення у відповідність до Закону України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів».

Закон України «Про основи національної безпеки України». У цьому законі серед основних реальних та потенційних загроз національній безпеці України в екологічній сфері визначено «неконтрольоване ввезення в Україну екологічно небезпечних технологій, речовин, матеріалів і трансгенних рослин, збудників хвороб, небезпечних для людей, тварин, рослин і організмів, екологічно необґрунтоване використання генетично змінених рослин, організмів, речовин та похідних продуктів; посилення впливу шкідливих генетичних ефектів у

популяціях живих організмів, зокрема генетично змінених організмів, та біотехнологій» (стаття 7). У цьому законі простежується дещо тенденційне ставлення до ГМО та біотехнологій, адже від їх застосування досі не помічено жодних науково підтверджених шкідливих генетичних (і не лише генетичних) впливів у природних популяціях.

Закон України «Про захист населення від інфекційних хвороб». Законом передбачено обов'язкову реєстрацію в МОЗ України підприємств, установ, організацій та їх структурних підрозділів (лабораторій), в яких проводяться дослідження, пов'язані зі створенням нових та генетично змінених мікроорганізмів (стаття 14).

Закон України «Про захист прав споживачів». У цьому законі передбачено маркування харчових продуктів. У статті 18 викладено: «Інформація про товари (роботи, послуги) повинна містити: ... позначку про застосування генної інженерії під час виготовлення товарів». Однак, незважаючи на існування цього закону де-юре, він не діє де-факто, оскільки в ньому немає жодних рекомендацій щодо того, як це зробити.

Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини». Дія цього закону не поширюється «на спеціальні вимоги до харчових продуктів, пов'язані з наявністю у них генетично модифікованих організмів чи їх компонентів», а у статті 38 «Вимоги до етикетування харчових продуктів» зазначено, що: «Написи на етикетці харчового продукту, що представляють інтерес для споживачів та призначені запобігати шахрайству або відрізнити один харчовий продукт від іншого, такі як «повністю натуральний», «органічний», «оригінальний», «без ГМО» тощо, та інша інформація, на додаток до тієї, що зазначена у цій статті, підлягає перевірці у порядку, встановленому відповідними нормативно-правовими актами, виданими на виконання цього Закону».

Закон України «Про дитяче харчування». Цим законом заборонено використання ГМО у продуктах дитячого харчування та сировині, з якої вона виробляється (статті 8, 9, 10).

Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». У законі серед стратегічних цілей і завдань національної екологічної політики у галузі біобезпеки зазначається про здійснення контролю за ввезенням на територію України генетично модифікованих організмів, запобігання їх неконтрольованому поширенню та удосконалення до 2015 року дозвільної системи у сфері поводження з генетично модифікованими організмами, у тому числі щодо їх транскордонних переміщень, забезпечення координації генетично-інженерної діяльності.

Закон України «Про екологічну експертизу». У ньому серед об'єктів державної екологічної експертизи зазначається документація щодо генетично модифікованих організмів, які призначаються для використання у відкритій системі. До документації на об'єкти державної екологічної експертизи висувається низка спеціальних вимог. В ній мають передбачатись комплексна еколого-економічна оцінка впливу запланованої чи здійснюваної діяльності на стан навколишнього природного середовища, використання і відтворення природних ресурсів; забезпечення збереження, охорони і відтворення об'єктів рослинного і тваринного світу та природно-заповідного фонду; забезпечення захисту населення і навколишнього природного середовища від шкідливого впливу антропогенних фізичних, хімічних та біологічних факторів.

Крім того, існує низка Постанов Кабінету Міністрів щодо генно-інженерної діяльності:

✓ «Про затвердження тимчасових критеріїв безпеки поводження з генетично модифікованими організмами та провадження генетично-інженерної діяльності у замкненій системі» [25].

Основний зміст постанови полягає у визначенні за вказаними критеріями рівня ризику генетично-інженерних робіт у замкнутій системі. За величиною потенційного негативного впливу ГМО встановлено чотири рівні ризику від найпершого (не справляють шкідливого впливу на здоров'я людей та навколишнє природне середовище) до четвертого (справляють незворотній негативний вплив на здоров'я людей та навколишнє природне середовище, а також роботи з ГМО, вплив яких на здоров'я людей та навколишнє природне середовище не вивчений). Оцінювання рівня ризику залежить від біологічних особливостей як самого ГМО, так і похідних форм, включаючи вектори. Рівень ризику генетично-інженерної діяльності визначається комісією з біологічної та генетичної безпеки проведення генетично-інженерних робіт, створеної при установі, яка здійснює таку діяльність, та затверджується Міносвіти. Упродовж 2009-2011 рр. розроблялись постійні критерії безпеки.

✓ «Про затвердження Порядку видачі дозволу на ввезення на митну територію України незареєстрованих генетично модифікованих організмів для науково-дослідних цілей або державних апробацій (випробувань)» [27].

У постанові йдеться про те, що дозвіл видається юридичним та фізичним особам на безоплатній основі на підставі висновку державної науково-технічної експертизи та з урахуванням рекомендацій Міжвідомчої комісії з питань біобезпеки, створеної Міносвіти. Дозвіл діє протягом строку проведення науково-дослідних робіт або випробувань, але не більш як упродовж 5 років.

✓ «Про затвердження Порядку видачі дозволу на транзитне переміщення незареєстрованих в Україні генетично модифікованих організмів» [28].

Постанова стосується видачі дозволу юридичним та фізичним особам на безоплатній основі, якщо їх діяльність пов'язана з транзитним

переміщенням генетично модифікованих організмів через територію України.

Строк дії дозволу не повинен перевищувати строку дії дозволу на ввезення не зареєстрованих в Україні ГМО, виданого в державі імпорту, або дозволу на транзитне переміщення таких організмів, виданого в іншій державі (у разі транзитного переміщення не лише територією України).

Мінприроди може скасувати дозвіл у разі надходження науково обґрунтованої інформації, яка може призвести до переоцінки ризику щодо впливу генетично модифікованих організмів на здоров'я людини або навколишнє природне середовище у бік його підвищення, порушення умов, зазначених у дозволі.

✓ «Про затвердження Порядку видачі дозволу на проведення державної апробації (випробування) генетично модифікованих організмів у відкритій системі» [21].

За цією постановою дозвіл видається лише після проведення розробником дослідження безпечності генетично модифікованого організму для здоров'я людини та навколишнього природного середовища та за умови наявності позитивних висновків державної екологічної та державної санітарно-епідеміологічної експертизи, а також протоколів громадських слухань щодо проведення державної апробації. Дозвіл діє протягом 5 років.

✓ «Деякі питання проведення апробації (випробування) та реєстрації генетично модифікованих організмів сортів сільськогосподарських рослин» [29].

Постанова визначає порядок випробувань ГМ сортів рослин та їх реєстрації в системі Мінагрополітики. Методики проведення випробувань для кожного виду ГМО мають бути окремі і погоджені з Мінприроди та МОЗ. Дозвіл видають за умови наявності таких документів:

- дозволу на ввезення на митну територію України незареєстрованого ГМО, виданого МОН;
- дозволу на проведення державної апробації ГМО у відкритій системі, виданого Мінприроди;
- висновків державної екологічної і державної санітарно-епідеміологічної експертиз щодо відповідності ГМО вимогам біологічної та генетичної безпеки;
- висновок розробника ГМО про його безпеку для здоров'я людини або навколишнього природного середовища з посиланням на результати його дослідження. Державна реєстрація дійсна упродовж 5 років.

✓ «Про затвердження Порядку державної реєстрації генетично модифікованих організмів джерел харчових продуктів, а також харчових продуктів, косметичних та лікарських засобів, які містять такі організми або отримані з їх використанням» [26].

Постанова засвідчує, що реєстрація здійснюється МОЗ на основі позитивних висновків державної екологічної та державної санітарно-епідеміологічної експертиз та результатів експертизи реєстраційних матеріалів (реєстраційного досьє). Державна реєстрація проводиться безоплатно на п'ятирічний строк.

✓ «Про затвердження Порядку етикетування харчових продуктів, які містять генетично модифіковані організми або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг» [24].

Відповідно до цієї постанови, етикетування харчових продуктів, які містять генетично модифіковані організми обсягом понад 0,9 відсотка або вироблені із сільськогосподарської продукції, вміст генетично модифікованих організмів у якій становить понад 0,9 відсотка, має проводитись їх виробником (постачальником) із зазначенням відповідної інформації.

Етикетування харчових продуктів, які не містять генетично модифіковані організми або вміст яких становить менш як 0,1 відсотка, може бути здійснено добровільно з виконанням напису «Без ГМО». Зазначена інформація підлягає перевірці в установленому Держспоживстандартом порядку.

✓ «Про затвердження Порядку надання статусу спеціальної зони з виробництва сировини, що використовується для виготовлення продуктів дитячого та дієтичного харчування» [22].

Згідно постанови, у спеціальних зонах з виробництва сировини, що використовується для виготовлення продуктів дитячого та дієтичного харчування, забороняється вирощувати і використовувати генетично модифіковані організми рослинного та тваринного походження.

✓ «Про внесення змін у додаток 5 до Порядку здійснення державного контролю за міжнародними передачами товарів подвійного використання» [23].

За постановою до списку товарів подвійного використання, що можуть бути використані у створенні бактеріологічної (біологічної) та токсичної зброї, включені генетично змінені організми та генетичні елементи (фрагменти, хромосоми, геноми, плазміди, транспозони та вектори), які містять послідовності нуклеїнової кислоти, пов'язані з патогенністю мікроорганізмів, кодують будь-який з токсинів або його складники [41–49].

2011 р. Мінприроди видало Наказ «Про затвердження Критеріїв оцінки ризику потенційного впливу генетично модифікованих організмів на навколишнє природне середовище» (№247/18985 від 01.03.2011 р.). Ним охоплено такі важливі аспекти:

- безпека і стабільність (фенотипова та генотипова) ГМО та його нащадків;

- безпека ГМО для навколишнього природного середовища, включаючи вплив на біохімічні та біогеохімічні цикли у процесах розкладання органічного матеріалу у ґрунті;
- безпека ГМО для тварин з урахуванням можливого негайного та/або віддаленого впливу на здоров'я тварин та наслідків для трофічного ланцюга, який походить від вживання ГМО;
- вплив ГМО на динаміку популяцій видів та генетичну різноманітність у кожній з них, включаючи вплив на нецільові організми, упродовж не менш як трьох поколінь;
- вивченість взаємодії між ГМО і навколишнім природним середовищем та впливу ГМО на екосистему;
- наявність методів і методик ідентифікації ГМО, розроблених за міжнародними стандартами та затверджених в установленому порядку в Україні, а також методів виявлення та визначення ГМО у навколишньому природному середовищі;
- наявність інструкцій з використання ГМО та методів, що гарантують генетичну та біобезпеку в процесі виробничого циклу;
- наявність планів запобіжних і ліквідаційних заходів у разі незапланованого вивільнення ГМО у навколишнє середовище або виявлення його небажаного впливу.

Верховна Рада України у травні 2007 р. прийняла закон щодо регулювання біотехнологічної діяльності. Це визнання того, що в Україні є біотехнологія і її продукти. Але поряд з цим територію України (за нещодавно поданими законопроектами) пропонується законодавчо зробити вільною від генетично модифікованих організмів за одночасного дозволу на вирощування ГМ рослин для експорту. Політика створення території, вільної від ГМО, виглядає незрозумілою і суперечливою, адже водночас зникає необхідність маркування, а, відтак, стаття доходу у бюджет.

Подібну ситуацію спостерігали свого часу в європейських країнах, однак Єврокомісія послідовно відстоює базову науково обґрунтовану концепцію «співіснування»: якщо відомо, що продукт нешкідливий для людей і навколишнього природного середовища, він може бути допущеним на ринок. За наявності потенційного ризику організовують моніторинг «від поля до виделки», який у разі виявлення негативних ефектів уможливує відкликання товару з ринку.

Така позиція гарантує свободу вибору не лише споживачеві, але й виробникові, який може вибирати будь-яку технологію виробництва продукції: традиційну, біотехнологічну, органічну чи комплексну. Головним за обраної схеми господарювання є дотримання інструкцій і рекомендацій, спрямованих на збереження «чистої» продукції. Стосовно ГМ рослин це передбачає використання рекомендованої просторової ізоляції посівів для запобігання перезапиленню культур. Урожай ГМ, традиційних і отриманих за органічного землеробства рослин повинен збиратись і зберігатись окремо на різних елеваторах і зерносховищах.

Такі принципи співіснування різних технологій під час отримання сільськогосподарської продукції є свідченням демократичності держави, у якій і виробники, і споживачі самі обирають, що і як їм робити.

Удосконалення системи нормативного регулювання генно-інженерної діяльності

Науково обґрунтовані поєднання економічних і соціальних інтересів суспільства і держави лежать в основі законів щодо ГМО в розвинутих країнах, та деяких країнах СНД. Існує чітка відповідальність органів державного управління за дотримання безпеки за обов'язкової їх участі в діяльності з її забезпечення.

Досліджено, що законодавчі акти України не передбачають конкретних фінансових механізмів підтримки для виробників і

споживачів ГМ культур. Незважаючи на прийняті прогресивні закони і програми, державна нормативна база у галузі генно-інженерної діяльності потребує істотного доопрацювання.

Як зазначалось вище, сьогодні в Україні не існує єдиного державного органу, який би займався питаннями ГМО. Відповідно до Закону про біобезпеку, повноваження щодо контролю та регулювання розділені між п'ятьма органами виконавчої влади: Кабінетом Міністрів, Міністерством освіти та науки, Міністерством охорони навколишнього природного середовища, Міністерством охорони здоров'я та Міністерством аграрної політики.

Кабінет Міністрів відповідає передусім за розроблення нормативно-правових актів на виконання Закону про біобезпеку. Міністерство освіти та науки регулює діяльність у сфері генетичної інженерії в закритих системах, тимчасом Міністерство охорони навколишнього природного середовища регулює випробування ГМО у відкритих системах. Проведення екологічних експертиз ГМО належить до повноважень Міністерства охорони навколишнього природного середовища, тимчасом Міністерство охорони здоров'я проводить санітарно-епідеміологічну експертизу ГМО перед прийняттям рішення про їх державну реєстрацію.

Відтак, може виникати колізія у випадку, коли один і той самий ГМО має пройти процедуру реєстрації різними міністерствами, наприклад, ГМ джерело харчових продуктів – Міністерством охорони здоров'я, і той самий ГМО, але як джерело кормів – Міністерством аграрної політики. Для спрощення процедур і зменшення витрат реєстрацію доцільно було б зосередити в одному органі влади, який би отримував консультації та рекомендації від інших органів влади щодо окремих питань, наприклад, від Міністерства аграрної політики щодо насіння генетично модифікованих рослин, від Міністерства охорони навколишнього природного середовища з приводу екологічної експертизи ГМО та від Міністерства охорони здоров'я щодо впливу ГМО на здоров'я

людей. Крім цього, доцільно було б прийняти норму, відповідно до якої ГМО, що застосовується як джерело харчових продуктів і як джерело кормів, може бути дозволеним тільки для обох сфер використання. Це дасть змогу уникнути ситуації, коли ГМО, дозволений лише для кормів, потрапляє у харчові продукти.

Нами було проведено аналіз рівня гармонізації в Україні стандартів ISO по підкомітеті TC 34/SC 16 (Горизонтальні методи аналізу за допомогою біомолекулярного маркера), що відносять до сфери контролю над ГМО. Перелік міжнародних стандартів налічує 6, з них в Україні:

– 2 стандарти – ДСТУ ISO/TS 21098:2009 «Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів і продуктів з їхнім вмістом. Додаткові процедури та інформація щодо методів аналізування на основі нуклеїнової кислоти, описаних в ISO 21569, ISO 21570, ISO 21571 (ISO/TS 21098:2005, IDT)» та ДСТУ ISO 24276:2008 «Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів і продуктів з їхнім вмістом. Основні вимоги, терміни та визначення понять (ISO 24276:2006, IDT)» – гармонізовані у повному обсязі і нині можуть використовуватись;

– 3 стандарти – ДСТУ ISO 21569:2008 «Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів і продуктів з їхнім вмістом. Якісні методи на основі аналізування нуклеїнової кислоти (ISO 21569:2005, IDT)», ДСТУ ISO 21570:2008 «Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів і продуктів з їхнім вмістом. Кількісні методи на основі аналізування нуклеїнової кислоти (ISO 21570:2005, IDT)», ДСТУ ISO 21571:2008 «Продукти харчові. Методи виявлення генетично модифікованих організмів і продуктів з їхнім вмістом. Екстракція нуклеїнової кислоти (ISO 21571:2005, IDT)» – гармонізовані в Україні методом підтвердження, тобто перекладом лише першої сторінки нормативного документу, а тому потребують гармонізації методом тотожного перекладу;

– 1 стандарт – ДСТУ ISO 21572:2006 «Продукти харчові. Методи аналізу для визначення генетично модифікованих організмів і похідних продуктів. Методи, які ґрунтуються на аналізі білків (ISO 21572:2004, IDT)» – згідно рішення ISO, потребує перегляду.

6. ЗОНИ, ВІЛЬНІ ВІД ГМО - ЄВРОПЕЙСЬКИЙ РУХ ТА СВІТОВЕ ПОШИРЕННЯ

Опір впровадженню генетично модифікованих культур і харчових продуктів у всьому світі досяг небувалих масштабів. Основні причини такого ставлення розглянуті в попередніх главах, серед них – ризики генетичного забруднення традиційних, органічних сільгоспкультур і диких рослин; можлива небезпечність ГМ продуктів для здоров'я людини; економічні збитки як для окремих фермерів, так і цілих країн, за втрати контролю та управління системами трансгенезу. Місцева влада, виробники, торгові мережі дедалі частіше обирають відмову від ГМ культур і продуктів, та оголошують свої землі вільними від ГМО.

Поняття про зони, вільні від ГМО

Офіційно поняття «зона, вільна від ГМО» (ЗВГМО) вперше прозвучало в 1998 р. в заяві Британського відділення Партії природного закону. Партія закликала владу графств Великобританії до створення ЗВГМО. Це поняття включало в себе заборону на вирощування ГМ культур на всіх землях, якими володіє Рада графства, а також заборону на використання ГМ-інгредієнтів у харчових продуктах у всіх державних установах, включаючи школи, медичні заклади, будинки для людей похилого віку. На розгляд влади кожного з графств було представлено план, який складався з 7 послідовних дій.

Донині чітке визначення терміна ЗВГМО відсутнє. Зазвичай під «зоною, вільною від ГМО» розуміють будь-яку територіальну одиницю, організацію або спільноту, керівники яких за згоди з їх жителями або членами приймають рішення про відмову від вирощування, та / або

розповсюдження, або споживання ГМ насіння, культур, продуктів, і створюють систему контролю за виконанням цього рішення.

Термін «вільний від ГМО» може здатися не зовсім коректним, оскільки створення ЗВГМО не гарантує повної відсутності трансгенів на даній території. Наприклад, якщо орган місцевої влади видає постанову про оголошення регіону ЗВГМО, вона буде поширена лише на державні землі. Водночас фермери, за наявності бажання, можуть вирощувати ГМ культури на приватних володіннях. Сьогодні практика створення ЗВГМО довела свою життєздатність і ефективність.

Основні європейські аргументи на користь створення ЗВГМО представлено в доповіді «Зараз або ніколи» міжнародної організації «Друзі Землі». У ній зазначається, що ухваливши рішення про відмову від ГМО:

- місцеві влади отримують можливість уникнути практичних труднощів, пов'язаних зі спільним вирощуванням ГМО та традиційних культур, а також уникнути можливих витрат;

- учасники продовольчого ринку – від фермерів до виробників харчових продуктів і дистриб'юторів – зможуть зберегти свою репутацію і підвищити якість продукції;

- суспільство отримує впевненість, що влада піклується про навколишнє середовище і його благополуччя, і реальну можливість купувати продукти, що не містять ГМО.

«Друзі Землі» в якості аргументів використовують економічні та соціальні переваги створення ЗВГМО. Зокрема, зазначається про здешевлення процесу моніторингу та контролю, підвищення якості продукції та ін. З погляду протистояння споживачів індустріальному сільському господарству, ЗВГМО можуть розглядатись як місцева відповідь глобальній ринковій експансії. На зміну загальної системи регулювання ГМО в ЄС приходить місцева ініціатива, здійснюються *de*

facto децентралізація влади і горизонтальне співробітництво на межрегіональному рівні.

Створення ЗСВМО дає можливість фермерам, які не бажають вирощувати ГМ культури, гарантувати, що їх продукція не містить випадкових трансгенів з сусідніх полів. Такі фермери можуть розраховувати на довгострокову підтримку місцевих влад, які дедалі більше прагнуть бути незалежними від транснаціональної економіки.

Юридичною основою для створення ЗВГМО в Європі є декларація фермерів, місцевої влади або іншого власника земельних ділянок, а також організацій чи спільнот. Місцева влада під час прийняття рішення може використати статтю 19 Директиви ЄС (2001/18) «Про навмисний випуск ГМО в навколишнє середовище» (далі Директива ЄС (2001/18)). Ця стаття регламентує процедуру дозволу на комерційне використання ГМ культур і харчових продуктів, що містять продукти трансгенних технологій. У пункті 3 статті 19 сказано, що у письмовому дозволі, що видається на рівні ЄС на використання ГМ культур та продуктів з них, мають бути зазначені особливі умови використання ГМО, та заходи щодо захисту екосистем і географічних територій.

Цю вимогу регіони трактують як можливість уведення заборони на використання ГМО на конкретній території. Зокрема, Рада Західного Лотіану (Шотландія, Великобританія) у 2003 р., оголосивши свій регіон ЗВГМО, направила петицію в Європейську Комісію та Секретаріат Державного департаменту з охорони навколишнього середовища, з проханням розглянути можливість виключення регіону зі сфери дії видання дозволів на комерціалізацію ГМ культур.

У контексті міжнародного права, рух проти ГМО оснований на принципі перестороги. Більшість регіональних декларацій про оголошення ЗВГМО включають наступні ключові заяви:

- рекомендація фермерам не вирощувати ГМ культури на приватних землях;

- заборона на вирощування ГМ культур на державних землях;
- заборона ГМ продуктів у місцевих державних установах (школах, лікарнях, військових частинах і т.д.);
- введення системи контролю над виконанням прийнятих рішень.

Ініціативи щодо створення ЗВГМО зазвичай реалізують у тісному зв'язку з двома іншими процесами: закликком купувати товари місцевого виробництва та розвитком сектора органічної продукції [2].

Світова мережа ЗВГМО

На міжнародному рівні діє Європейська мережа регіонів, вільних від ГМО. На конференції учасників мережі у 2006 р. було прийнято Берлінський маніфест «Про зони, вільні від ГМО, регіони і біорізноманітність у Європі».

Сьогодні в Європейському Союзі існує понад 5 тис. зон, вільних від ГМО, різного рівня (<http://www.gmofree.ru>). Кожна ЗВГМО унікальна, має свою специфіку і позначення (рис. 3). Жорсткі обмеження щодо вирощування та розповсюдження ГМО введено у багатьох країнах. П'ять країн – Австрія, Венесуела, Греція, Польща і Швейцарія – є цілком вільними від ГМО. Всього ЗВГМО створено принаймні в 35 країнах (рис. 4).

Наведені нижче приклади не є вичерпним списком усіх можливих видів зон. Вони передусім демонструють різноманітність і взаємозв'язок ініціатив, реалізованих на різних рівнях: країна; будинок, присадибна ділянка; навчальний заклад; підприємство громадського харчування; магазин, торгова мережа; фермерське господарство; асоціація фермерських господарств; село; невелике місто; місто-столиця регіону; район; район, прилеглий до охоронюваних природних територій; регіон; національна мережа ЗСГМО різного рівня; транскордонний регіон.

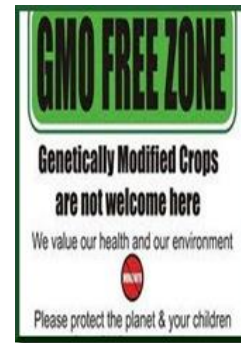


Рис. 3. Деякі позначення «Зон, вільних від ГМО»

В Австралії місцевою владою створено кілька ЗВГМО. Лідером у боротьбі проти ГМО є штат Тасманія. Штат заборонив вирощування ГМ культур на своїй території, і висловлює активний протест проти національного законодавства в галузі використання ГМО.

В країні для вживання в їжу схвалено такі ГМ культури: імпорتنі соя, рапс, цукровий буряк, картопля, а також австралійське насіння бавовни (для виготовлення олії). Ці продукти було схвалено Продовольчою Службою Австралії та Нової Зеландії без проведення досліджень на безпеку і без необхідності маркування.

У штаті Вікторія ЗВГМО оголосило себе місто Морленд. Рада міста ввела заборону на використання ГМ-продуктів у державних установах. Щоб захистити від трансгенів тих, хто в силу різних причин не може самостійно регулювати питання харчування (діти в соціальних закладах, люди, що користуються пересувною кухнею), рада прийняла рішення вимагати гарантій відсутності ГМО від постачальників, а також вести просвітницьку роботу та консультування місцевих виробників харчових продуктів. Також ведеться робота з дитячими лікарнями щодо заборони використання в них ГМ продуктів.

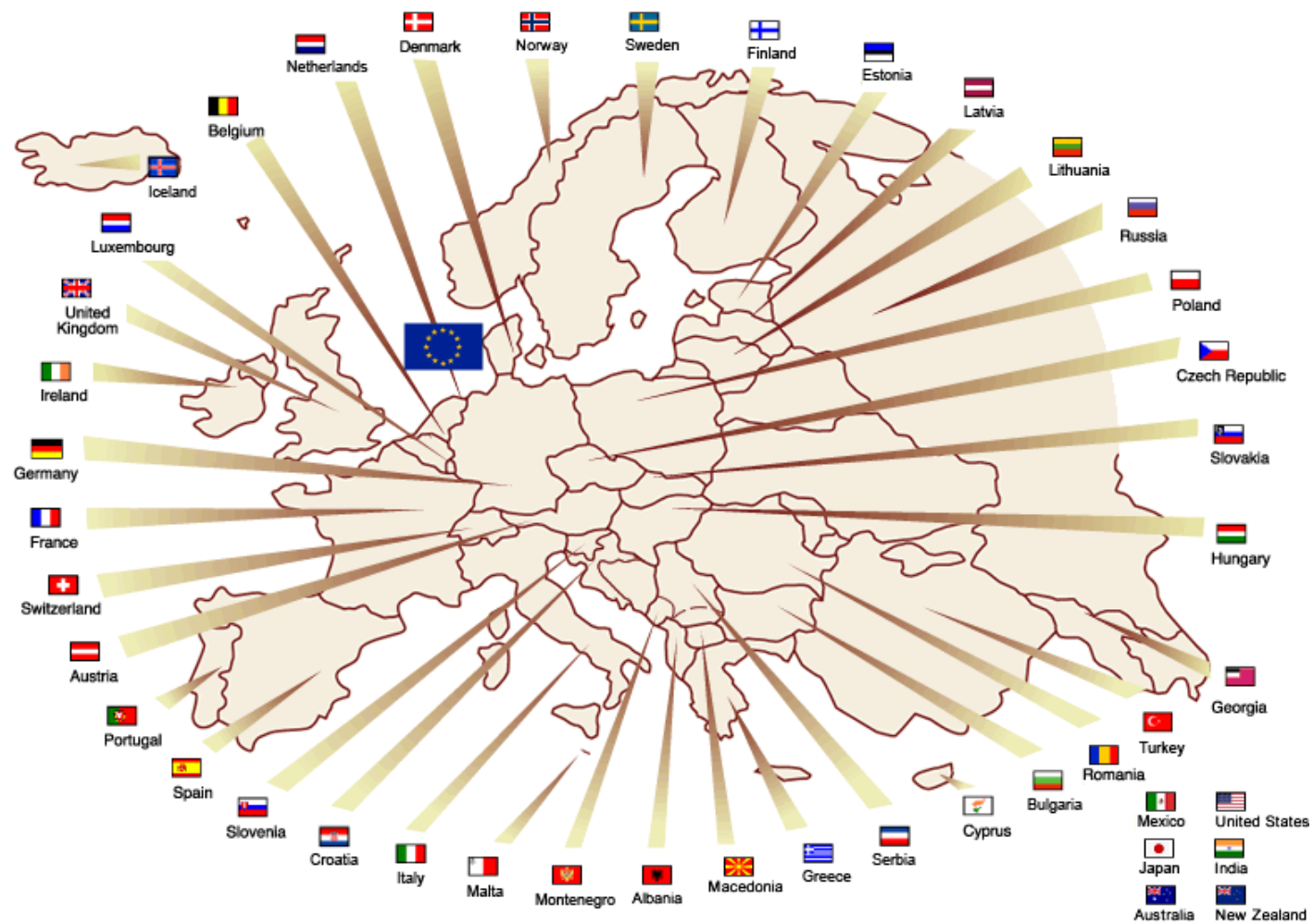


Рис. 4. Карта країн світу, що приєдналися до руху «Зони, вільні від ГМО»

(за матеріалами сайту <http://www.gmo-free-regions.org>)

Станом на 2000 р. у штаті Новий Південний Уельс було 5 ЗВГМО. Першим містом, яке оголосило себе ЗВГМО, став Вейверлі. У березні 1999 р. року рада міста стала вимагати від постачальників харчових продуктів для дитячих установ гарантій відсутності в них ГМО. До ініціативи приєднались декілька міст і графств з усієї Австралії.

У штаті Вікторія ЗВГМО оголосило себе місто Морленд. Рада міста ввела заборону на використання ГМ-продуктів у державних установах. Щоб захистити від трансгенів тих, хто в силу різних причин не може самостійно регулювати питання харчування (діти в соціальних закладах, люди, що користуються пересувною кухнею), рада прийняла рішення вимагати гарантій відсутності ГМО від постачальників, а також вести просвітницьку роботу та консультивання місцевих виробників харчових продуктів. Також ведеться робота з дитячими лікарнями щодо заборони використання в них ГМ продуктів.

Станом на 2000 р. у штаті Новий Південний Уельс було 5 ЗВГМО. Першим містом, яке оголосило себе ЗВГМО, став Вейверлі. У березні 1999 р. року рада міста стала вимагати від постачальників харчових продуктів для дитячих установ гарантій відсутності в них ГМО. До ініціативи приєднались декілька міст і графств з усієї Австралії.

За даними дослідження Євробарометра у 2006 р., **Австрія** – одна з країн, які висловили жорсткий протест ГМ культурам. У країні нині заборонено кукурудзу Vt176, «Сингента» (з 1997 р.); кукурудзу T25, «Байєр КропСайєнс» (з 2000 р.); кукурудзу MON810, «Монсанто» (з 1999 р.); ріпак GT73, «Монсанто» (з 2006 р.).

Всі 9 регіонів Австрії оголосили про свій намір залишатися вільними від ГМО, відтак Австрія залишається однією з п'ятьох країн в ЄС, повністю вільною від ГМО.

Регіон Верхня Австрія прийняв закон, який забороняє ГМО в сільському господарстві і кормах для худоби. Цей закон було відправлено на схвалення Європейської Комісії, однак вона його відхилила. Регіональні власті виступили проти такого рішення, і нині прийнято новий закон, оснований на аналогічному законі Карінтії.

У жовтні 2004 р. набрав чинності закон Зальцбурга про принцип перестороги в галузі генної інженерії, в лютому 2005 р. схожий закон було прийнято в Карінтії. Ці закони не забороняють ГМО, але регіональні влади можуть самостійно ввести заборону на поширення ГМО, якщо сусідні поля можуть постраждати від генетичного забруднення. Аналогічний закон прийнято в Нижній Австрії, Бургенланді, Штирії і Тіролі.

Форарльберг залишається єдиним регіоном Австрії, в якому ще не прийнято окремого закону про ГМО, однак у законі про охорону природи прописано можливість введення заборони на вирощування ГМ культур у разі небезпеки для навколишнього середовища. Форарльберг також озвучив своє політичне рішення залишатися вільним від ГМО, і вступив в ініціативу за регіон Боденського озера, вільного від ГМО.

Отже, Верхня Австрія, Зальцбург, Бургенланд, Штирія, Карінтія, Тіроль, Нижня Австрія є членами Європейської мережі регіонів, вільних від ГМО. Землі Карінтія і Штирія є також членами Біорегіону Альпи-Адрі.

10 з 18 австрійських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006 «Про генетично модифіковані джерела їжі, насіння та корми» (про право регіонів самостійно приймати рішення, пов'язані з ГМО).

Албанська Асоціація органічних фермерів проводить загальнонаціональну кампанію з приєднання країни до «фронту» звільнення від ГМО. 24 некомерційні організації, які входять у коаліцію «За Албанію, вільну від ГМО», направили лист до парламенту країни, вимагаючи введення 5-річного мораторію на ГМО. Соціалістична група парламенту країни, велика кількість вчених різних напрямів науки, студенти приєдналися до вимоги мораторію. Комісія парламенту з сільського господарства і продовольства, і Комісія з захисту навколишнього середовища у 2003 р. проголосували за 5-річну заборону на ГМО, однак у 2005 р. парламент країни відхилив закон про введення мораторію.

Бельгія – одна з країн, де ГМО сприймаються позитивно. Лише 4 з 24 бельгійських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006.

VELT – Федерація екологічного способу життя та виробництва – в 2002 р. ініціювала в країні кампанію за товариства, вільні від ГМО. Вона закликала всі місцеві влади оголосити свої регіони вільними від ГМО. 39 провінцій фламандської частини Бельгії (Фландрія) і 81 провінція у франкомовній частині Бельгії (Валонія) проголосили себе вільними від ГМО.

Нині жодної ГМ культури не вирощують у **Болгарії** в комерційних обсягах, є лише випробувальні поля ГМ кукурудзи. Чинне законодавство у цій країні навіть жорсткіше, ніж європейське. У червні 2005 р. в країні набув чинності Закон «Про генетично модифіковані організми». Закон забороняє висаджування у відкритий ґрунт трансгенних овочів, фруктів, бавовни, пшениці, вирощування і випробовування в лабораторних умовах трансгенного винограду, тютюну і троянди. Однак заборона не поширюється на ГМ кукурудзу, сою та ріпак. Закон також не зачіпає питання маркування, однак до нього увійшли такі положення, як заборона на вирощування ГМ культур на природоохоронних територіях і в 30-кілометровій зоні навколо них, заборона на використання ГМО, що містять гени стійкості до антибіотиків. Цей закон було прийнято завдяки зусиллям Асоціації «Агролінк» та організації «За Земіата» («Заради Землі»), а також інших екологічних неурядових організацій, парламентарів, політичних партій, науковців і громадян.

У травні 2006 р. у Болгарії створено першу ЗВГМО, нею став район Сатовча, який знаходиться в західній частині Родопських гір, на кордоні з Грецією. Ініціатива її створення належить Асоціації «Агролінк», Коаліції «Болгарія, вільна від ГМО» та муніципалітету м. Сатовча.

У **Королівстві Великобританії та Північній Ірландії** сьогодні не вирощують жодної ГМ культури. Саме у Великобританії почалися перші масові акції зі знищення посівів ГМ культур, а громадськість вже багато років різко виступає проти ГМО. В опозиції перебуває влада низки регіонів і деякі члени королівської родини, тим часом національний уряд і представники Великобританії в Європейському Парламенті активно підтримують впровадження генноінженерних технологій у сільське господарство.

Опитування, проведене Асоціацією споживачів у вересні 2004 р. у Великобританії, показало, що лише близько чверті (26 %) жителів країни схвалюють вирощування ГМ рослин у Великобританії.

«Друзі Землі» Англії, Уельсу та Північної Ірландії в жовтні 2002 р. ініціювали кампанію «За Великобританію, вільну від ГМО», в ній також взяли участь інші організації та місцеві громади. За час проведення кампанії в Англії було створено 60 ЗВГМО. Для створення більшості з них було використано статтю 19 (3) Директиви ЄС «Про навмисний випуск ГМО в навколишнє середовище» (2001/18). Сьогодні 15 млн. британців (близько третини населення країни) проживають в ЗВГМО.

У листопаді 2003 р. Британський Національний Траст проголосував за заборону вирощування ГМ культур на своїй території, і у такий спосіб став ЗВГМО. Він є найбільшим землевласником у Великобританії, володіє більш як 240 тис. га землі, понад 80 % з яких є сільгоспугіддями. Найбільший виробник сільгосппродукції компанія «Кооп» (Co-op) відмовилась від використання ГМО у своїй продукції, вона не буде вирощувати ГМ культури, продавати ГМ продукти під своїм брендом і вкладати кошти в розвиток генної інженерії. «Кооп» володіє 34 тис. га землі.

Лише 8 з 78 представників Великобританії в Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006.

35 районів Уельсу ухвалили резолюції про створення ЗВГМО. Ця країна є членом Європейської мережі регіонів, вільних від ГМО.

У грудні 2003 р. рада Західного Лотіану прийняла резолюцію про створення ЗВГМО. У травні 2004 р. рада графства Морів одноголосно проголосувала за рішення про створення ЗВГМО.

Західні острови стали останнім регіоном Шотландії, що оголосив у червні 2004 р. про намір стати вільним від ГМО.

У лютому 2004 р. влади Уельсу і Шотландії припинили процес реєстрації першої ГМ культури у Великобританії – ГМ кукурудзи сорту Т25 компанії «Байер КропСайенс» для використання в сільському господарстві. Влада Уельсу заявила, що цю культуру можуть вирощувати в тому чи іншому графстві за умови, якщо два сусідніх висловлять свою згоду.

Зелена партія Північної Ірландії та сільськогосподарська компанія Sinn Fein закликали оголосити острів Ірландія ЗВГМО.

У серпні 2005 р. президент **Венесуели** Уго Чавес Фріас оголосив про заборону вирощування трансгенних культур на території країни. Він переконаний, що вирощування ГМ культур не відповідає інтересам і потребам місцевих фермерів, а тому, пославшись на Конституцію Венесуели, президент наголосив на важливості продовольчої незалежності та безпеки.

Наразі складно оцінити всі наслідки, які матиме така політика Венесуели, однак цілком очевидно, що контракт з корпорацією «Монсанто» буде розірвано. Згідно з цим проектом, в країні передбачалося висадити близько 200 тис. га трансгенної сої. Вивільнені поля вирішено використовувати для вирощування місцевої культури юки. Президент Чавес також оголосив про створення великого банку насіння для захисту традиційних культур різних країн.

Греція є країною, повністю вільною від ГМО. У відповідь на рішення СОТ (на початку лютого 2006 р.), де ЄС звинувачується в порушеннях правил вільної торгівлі через заборони на ГМО, Греція висловила жорсткий протест ГМ культурам.

Зусиллями більш як 50 фермерських, екологічних та інших організацій було створено Пан-фесалійську мережу проти використання ГМ культур, метою якої стала організація інформаційних кампаній для громадськості та фермерів, і оголошення Фесалії ЗВГМО. Мережа також закликала інші регіони Греції приєднатися до їхньої ініціативи. Влада Криту була першою, хто відгукнувся на цей заклик. У жовтні 2004 р. влада всіх 54 префектур Греції проголосувала за надання їм статусу ЗВГМО, відтак вся Греція стала вільною від ГМО.

Рух проти ГМО в країні з кожним роком зростає. Опитування громадської думки показало, що 93 % жителів Греції виступають проти вирощування ГМО на їх території, і не хочуть споживати в їжу ГМ продукти.

19 з 24 грецьких представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006 «Про генетично модифіковані джерела їжі, насіння та корми».

Станом на 2012 рік в **Грузії** були відсутні закони, які регулюють виробництво і розповсюдження ГМ насіння та продуктів. «Рух Зелених Грузії» має відомості про імпорт у країну насіння трансгенних сої та кукурудзи з США та Аргентини, тому є підстави вважати, що в Грузії вирощують деяку кількість цих культур, і численні харчові продукти містять ГМ компоненти.

В країні активно працюють над наданням країні статусу ЗВГМО. «Рух Зелених Грузії» став ініціатором дискусії з цього питання, і в результаті було створено коаліцію неурядових організацій, до якої увійшли асоціації органічних фермерів і окремі фермери. Коаліція намагається прискорити процес прийняття на законодавчому рівні рішень про оголошення Грузії країною, вільною від ГМО.

У грудні 2004 р. учасники першої Кавказької регіональної конференції з біобезпеки, організованої «Рухом Зелених Грузії», прийняли рішення про створення Кавказької мережі ЗВГМО. Після проведення подібної зустрічі в Центральній Азії мережа розширилась та, об'єднавшись з Альянсом СНД «За біобезпеку», стала координувати свою роботу з колегами з більшості країн колишнього СРСР. Основна вимога, яку висуває мережа – введення 5-річного мораторію на імпорт і вирощування ГМО та створення законодавчої бази для створення ЗВГМО.

Екологічна Рада **Естонії** (ЕКО), Федерація естонських фермерів, Фонд органічного сільського господарства, Центр екологічних технологій та споживчі організації з 4 міст ініціювали кампанію зі створення ЗВГМО з метою підтримки фермерів, які не бажають вирощувати ГМ культури. У рамках кампанії проводиться збір інформації про землевласників, які обізнані про ризики, пов'язані з ГМО.

Представники Естонії не приєднались до Декларації 14/2006.

Згідно з опитуванням, проведеним Irish Times, 72 % респондентів виступають проти випробувань ГМ культур в **Ірландії**. Однак тільки 5 з 13 ірландських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006 «Про генетично модифіковані джерела їжі, насіння та корми».

22 квітня 2005 р. в День Землі в Ірландії було створено тисячну ЗВГМО. Серед цих тисячі зон – фермерські господарства, виробники харчових продуктів, готелі, ресторани, ринки, паби, оптові компанії. 3 червня 2006 р. влади великої кількості графств і міст Ірландії оголосили себе ЗВГМО.

Створена за ініціативою громадськості та місцевої влади мережа «За Ірландію, вільну від ГМО» є найбільшою громадською організацією країни і включає в себе різних представників неурядового сектору. 113 організацій є членами мережі, вони представляють більш як 990 тис. фермерів, виробників і дистриб'юторів харчових продуктів, ресторанів, юристів, журналістів, студентів, споживачів.

Іспанія – одна з країн, де найбільш позитивно сприймають ГМО, і вона є лідером в ЄС з вирощування ГМ культур. У країні, як і в ЄС загалом, для вирощування дозволено лише трансгенну кукурудзу.

Кілька провінцій Іспанії відмовились від комерційного вирощування ГМ культур, нав'язаного урядом країни 1998 р. У листопаді 2005 р. парламент муніципалітету Менорка (провінція Балеарес) прийняв декларацію про створення ЗВГМО, регіон також є членом Європейської мережі регіонів, вільних від ГМО.

Автономна спільнота Астурія оголосила себе вільною від ГМО в травні 2004 р. – регіональний парламент прийняв резолюцію, в якій у тому числі закликав регіональну владу вступити в Європейську мережу регіонів, вільних від ГМО, і чинити тиск на ЄС з вимогою враховувати їхню думку щодо ГМО в сільському господарстві та навколишньому середовищі.

Автономна спільнота Країна Басків ввела 5-річний мораторій на ГМО – уряд взяв сільськогосподарську політику під власний контроль, щоб мати можливість запроваджувати заборони на ГМО. Країна Басків також вступила в Європейську мережу регіонів, вільних від ГМО.

У травні 2000 р. парламент провінції Кастилія-Ла-Манча звернувся до уряду з проханням оголосити мораторій на комерційне вирощування ГМ культур доти, доки не буде проведено оцінювання ризиків ГМ культур і продуктів, що містять ГМО. 30 муніципалітетів Іспанії також оголосили себе вільними від ГМО. Але лише 3 з 54 іспанських представників у

Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006 «Про генетично модифіковані джерела їжі, насіння та корми» (про право регіонів самостійно приймати рішення, пов'язані з ГМО).

Італія є одним із центрів просування і збереження традиційного землеробства і тваринництва. Саме там щороку відбувається Всесвітній конгрес фермерів-виробників традиційної продукції Terra Madre. В Італії за безпосереднього сприяння місцевої влади було прийнято Маніфест з питань майбутнього розвитку виробництва харчових продуктів.

12 з 78 італійських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006, 15 з 20 регіонів Італії ввели заборону на ГМ культури. Першим регіоном, який прийняв рішення про відмову від ГМО, стала Тоскана, яка є членом Європейської мережі регіонів, вільних від ГМО.

1999 р. розпочалась кампанія «Муніципалітети, вільні від ГМО», потім вона стала частиною Італійської асоціації «Вільні міста» – 400 членів Асоціації оголосили свої землі вільними від ГМО. До кінця 2003 р. більш як 500 міст Італії виступили з деклараціями проти використання ГМО в сільському господарстві. Таким чином, вже близько 80 % території Італії є вільними від ГМО.

Одне з графств **Канади** – Пауелл Рівер (провінція Британська Колумбія) – оголосило себе ЗВГМО. Рішення про проголошення було прийнято регіональною владою 2004 р. – у регіоні заборонено вирощування і розповсюдження ГМ культур.

На **Кіпрі** влада муніципалітетів Ларнака, Енгомі і Ермасогія прийняли декларації про надання їм статусу ЗВГМО, а муніципалітети Строволос, Латс і Айос Афанасіос планують зробити це незабаром.

Федерація екологічних та природоохоронних організацій, що об'єднує 15 неурядових організацій, які працюють у різних напрямках охорони навколишнього середовища і культури, виступила із закликом до президента країни і міністра сільського господарства оголосити Кіпр ЗВГМО.

Представники Кіпру в Європейському Парламенті були єдиними, хто повним складом (6 із 6) підтримали Декларацію 14/2006.

У 2002 р. Екологічний інформаційний центр (ЕІС) Литви на конференції з органічного фермерства виступив з ідеєю створення в Литві ЗВГМО. Карстові райони на півночі Литви стали першим майданчиком для цього, оскільки в цьому регіоні найбільш активно розвивалось органічне сільське господарство. У 2006 р. до кампанії приєдналися асоціації органічних фермерів, а юридичне обґрунтування для створення ЗВГМО стало частиною Урядової стратегії з використання ГМО, прийнятої 2006 р.

6 з 13 литовських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006.

У Люксембурзі з 1997 р. було заборонено трансгенну кукурудзу Vt176 («Сингента»). У грудні 2005 р. парламент країни прийняв закон у рамках реалізації Директиви ЄС 2001/18, який було піддано жорсткій критиці з боку фермерських та екологічних організацій, оскільки в ньому не було прописано заходів щодо захисту від генетичного забруднення у разі комерціалізації ГМ культур, схвалених для використання в країнах ЄС. У зв'язку з обговоренням цього закону дуже гостро постало питання про створення ЗВГМО. Сільськогосподарські організації, агропромислова палата і міністерство сільського господарства країни розробляють законодавчу базу для втілення в життя цих ідей. Всі організації, які мають відношення до сільського господарства, єдині в думці, що Люксембург має бути вільним від ГМО.

Але лише 1 з 6 представників Люксембургу в Європейському Парламенті підписав Декларацію 14/2006.

На Мальті у лютому 2004 р. 7 організацій, у тому числі «Демократична альтернатива – Партія зелених», «Друзі Землі», «Рух за органічне сільське господарство», «Вегетаріанське суспільство» закликали до створення в державі ЗВГМО, ґрунтуючись на принципі перестороги. У грудні 2005 р. уряд заснував Координаційний комітет з біобезпеки, який формує національну політику з цього питання. Зона, вільна від ГМО, включає всі мальтійські острови і ділянку моря як буферну зону, крім того, вживаються всі заходи, які гарантують, що жодне трансгенне насіння не потрапить у мальтійський ґрунт.

2 з 5 мальтійських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006.

Нідерланди – одна з країн, які сприймають ГМО досить позитивно. 8 з 27 голландських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006 «Про генетично модифіковані джерела їжі, насіння та корми». Організація «Друзі Землі Нідерландів» координує кампанію, в рамках якої ведеться робота з місцевою владою муніципалітетів і провінцій щодо оголошення їх ЗВГМО. Нині в Нідерландах існує три регіони, вільні від ГМО, – провінція Фрісланд, муніципалітет Кулемборг, і в 2011 р. до них приєднався муніципалітет Неймеген.

У **Німеччині** ГМО викликають неприйняття у більшості населення, однак керівники уряду проявляють велику відкритість стосовно використання досягнень біотехнологій. Незважаючи на суспільне протистояння ГМО, політику уряду в галузі регулювання вирощування ГМ культур наразі не визначено.

У країні вирощують ГМ кукурудзу, в основному сорти MON810 («Монсанто»). У грудні 2005 р. було ліцензовано ще три сорти ГМ кукурудзи компаній «Монсанто» і «Піонер». У Німеччині з 2000 р. заборонено трансгенну кукурудзу Vt176 («Сингента»). Лише 20 з 99 німецьких представників в Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006.

Організація BUND у 2003 р. ініціювала кампанію зі створення регіонів, вільних від ГМО. Її мета – підтримка фермерів у справі створення господарств без використання ГМ культур. Фермери беруть на себе добровільні зобов'язання не вирощувати ГМО, що юридично закріплюється у вигляді контрактів

Першими регіонами, вільними від ГМО, в країні стали Варбель-Рекніц і Шорфхайде-Хорін в північно-східній частині Німеччини. Нині альянсом з 16 тисяч органічних і традиційних фермерів створено 71 ЗВГМО. Загальна площа цих територій становить понад 600 тис. га сільськогосподарських земель. З урахуванням лісових угідь і охоронюваних природних територій сьогодні в Німеччині 1,25 млн га вільні від ГМО.

У **Новій Зеландії** поширенню трансгенів активно протистоїть «Партія зелених Нової Зеландії», яка була ініціатором мораторію на комерційне

вирощування ГМ культур (знято 2003 р.). Донині в Новій Зеландії не вирощують жодної ГМ культури.

У країні створено добровільний реєстр зон, вільних від ГМО – станом на 2006 р. у ньому зареєстрували свої ділянки 5529 землевласників, загальна площа їх земель становить 7 тис. га. Загалом зони, вільні від ГМО, створено в 62 муніципалітетах і районах Нової Зеландії.

В **Перу** міська рада Ліми в 2011 р. оголосила свою територію зоною, вільною від ГМО. Багатомільйонне місто вирішило відмовитися від використання ГМО на своїй землі, про це було прийнято відповідну офіційну постанову. Аналогічні документи було схвалено в інших містах країни у відповідь на постанову уряду про заходи з регулювання ввезення ГМО в Перу.

Парламент Перу проголосував за десятирічний мораторій на ввезення до країни ГМО, якщо вони не призначені для наукових цілей.

У **Польщі** 76 % мешканців країни негативно ставляться до ГМ культур. У лютому 2006 р. було прийнято Краківську декларацію, яка закликає до припинення використання ГМО, а офіційні представники країни в Європейському Парламенті заявили про намір найближчим часом подати на розгляд депутатів проект документа про введення в ЄС 10-річного мораторію на вирощування ГМ культур.

У лютому 2006 р. всі 16 воєводств Польщі оголосили себе вільними від ГМО. Більш як 300 ферм із різних частин Польщі оголосили себе зонами, вільними від ГМО. Ця кампанія була ініційована Міжнародною коаліцією щодо захисту польського села (ICPPS) після того, як в країну було нелегально ввезено ГМ насіння.

У травні 2006 р. були внесені поправки до Законів «Про насінництво» і «Про захист рослин», які забороняють торгівлю ГМ насінням на території країни та внесення трансгенних сортів рослин у національний реєстр. Зміни, внесені в найважливіші для регулювання сільського господарства закони, фактично означають повну заборону на комерціалізацію ГМ культур у країні. У серпні 2006 р. польський Сейм заборонив імпорт трансгенних кормів для тварин.

Більша частина (37 з 54) польських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006 «Про генетично модифіковані джерела їжі, насіння та корми». Саме польські парламентарі разом із громадськістю ініціювали цю Декларацію.

Португалія – одна з країн, де ГМО сприймаються досить позитивно, а з 2005 р. тут вирощують ГМ кукурудзу.

У серпні 2004 р. округ Алгарве, розташований в південній частині Португалії, який є найбільш відвідуваним туристичним місцем, оголосив себе вільним від ГМО, заявивши, що «ГМО не повинні вирощуватися в Алгарве доти, доки їх безпеку не буде доведено на 100 %». Влади 16 муніципалітетів регіону одногосно проголосували за це рішення.

У жовтні 2006 р. до них приєднався муніципалітет Лулі, оголосивши себе ЗВГМО. Муніципалітет заявив, що має намір увійти до складу Європейської мережі регіонів, вільних від ГМО, куди Португалія наразі не входить. Є передумови, що й інші регіони Португалії незабаром оголосять про статус ЗВГМО.

8 з 24 португальських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006.

У **Російській Федерації** створення ЗВГМО найактивніше відбувається у Білгородській, Волгоградській, Костромській, Мурманській, Рязанській, Свердловській та Ульяновській областях.

Румунія лідирує за обсягом виробництва ГМ культур серед країн Європи. Це єдина країна в Європі, де дозволено комерційне вирощування стійкої до гербіциду раундап ГМ сої виробництва компаній «Монсанто» і «Піонер». Законодавство країни в галузі ГМО дуже слабке і навіть існуючі норми не виконуються місцевою владою. Також відсутні сертифіковані лабораторії для тестування.

У березні 2006 р. 2 міста і 24 райони держави оголосили себе «Зонами вільними від ГМО». Усі вони є членами Асоціації по захисту навколишнього середовища та збереження водних ресурсів долини Сомес. Крім того, місцева влада звернулась до політиків на регіональному та національному рівнях з проханням відмовитись від вирощування ГМ культур у країні, гарантувати

дотримання прав фермерів, які не бажають вирощувати трансгенні культури, та вжити необхідних заходів щодо запобігання генетичному забрудненню посівів.

У 2001 р. організація *Umanotera* ініціювала кампанію зі створення «Зон вільних від ГМО» у **Словенії**. Потім було створено коаліцію неурядових організацій, до якої сьогодні входять 16 організацій: від екологічних і споживчих до Союзу асоціацій органічних фермерів Словенії (USOFA). USOFA залучила інші асоціації органічних фермерів до участі у транскордонному проекті «Біорегіон Альпи-Адрія». У цей біорегіон увійшла територія Словенії, австрійські провінції Карінтія і Штирія, італійські провінції Фріулі-Венеція-Джулія і Венето.

У червні 2003 р. керівниками асоціацій органічних фермерів п'яти альпійських регіонів, згаданих вище, було підписано спільну заяву про створення «Зон вільних від ГМО». Міністри сільського господарства Словенії та регіонів Карінтія і Фріулі-Венеція-Джулія висловили підтримку цієї ініціативи та у жовтні 2004 р. рухом проти ГМО, ініційованим фермерами-виробниками органічної продукції, в Любляні було проведено Симпозіум Біорегіону Альпи-Адрія.

1 з 7 словенських представників у Європейському Парламенті приєднався до Декларації 14/2006.

США першими почали застосовувати генну інженерію для надання бажаних властивостей рослинам, саме тут знаходиться штаб-квартира найбільшого біотехнологічного гіганта – компанії «Монсанто». США активно лобіюють вирощування і розповсюдження ГМО у всьому світі, а з початку комерційного виробництва ГМ культур у 1996 р. у країні вони були висаджені на мільйонах гектарів. Основними культурами є соя, кукурудза, ріпак і бавовна, які використовуються як у виробництві харчових продуктів, так і для годівлі худоби.

За різними оцінками, до 80 % харчових продуктів, що споживаються американцями, містять трансгени. Незважаючи на те, що за даними опитування *ABC News* 92 % американців підтримують запровадження етикетування ГМ продуктів, США продовжують наполягати на тому, що такі

продукти нічим не відрізняються від звичайних. Однак громадська думка не поділяє оптимізму влади: понад 80 % опитаних вважають ГМ продукти небезпечними.

Штатом, що чинить найбільший опір ГМО, є Каліфорнія. Чотири округи Каліфорнії прийняли рішення про заборону ГМ культур, більш як 10 інших округів роблять спроби ввести заборону на їх вирощування.

Подібну ініціативу проявляють й інші штати – Мен і Вермонт. Більш як 80 міст штату Вермонт виступили із закликами про мораторій на вирощування ГМ культур, а у штаті Мен вільними від ГМО себе оголосили міста Бруклін і Монтвіль.

США розробляють дедалі нові ГМО, активно просувають ГМ культури на ринки різних країн світу, запроваджують як експериментальні посіви у Південній Америці, постачають ГМ продукти як гуманітарну допомогу в країни Африки.

Угорщина – одна з країн, де ГМО викликають найбільше неприйняття. Після Рішення СОТ (на початку лютого 2006 р.), де ЄС звинуватили в порушенні правил вільної торгівлі через заборони на ГМО, Угорщина заявила, що їй економічно вигідно бути вільною від ГМО.

8 з 24 угорських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006.

У 1999 р. в Угорщині, відповідно до Директиви ЄС 90/220, було прийнято закон про ГМО, який передбачає створення зон захисту від генетичної небезпеки, беручи до уваги «можливий негативний вплив ГМО на рослини і в цілому на навколишнє середовище». З 2005 р. у країні заборонено трансгенну кукурудзу MON810 («Монсанто»).

Регіональна рада Західного Трансдунайського регіону в лютому 2005 р. стала першою ЗВГМО в країні. ЗВГМО оголосили себе 31 муніципалітет Угорщини.

Сьогодні на **Філіппінах** вирощують трансгенну кукурудзу. У 2003 р. провінція Бохол прийняла резолюцію про заборону ГМО і, таким чином, на Філіппінах з'явився перший острів, вільний від ГМО. У цьому самому році провінції Міндоро і Маріндук (члени Асоціації «Органічні острови Міндоро,

Маріндуке, Ромблон і Палаван» – MIMAROPA) прийняли екологічний кодекс і закон, які забороняють впровадження ГМО. Подібне законодавство прийнято також у декількох провінціях острова Мінданао. Провінції Західний і Східний Негрос підписали меморандум про намір оголосити себе «органічним островом», вони планують також ввести заборону на ГМО.

У **Фінляндії** 2004 р. за ініціативою трьох екологічних організацій – «Народна асоціація біобезпеки», «Фінський союз за екологічно грамотне лісівництво» і «Друзі Землі» – стартувала міжнародна кампанія з глобальної заборони ГМ дерев. Разом зі Спілкою органічних фермерів Фінляндії, Спілкою органічних лісокористувачів, біодинамічною асоціацією Фінляндії вони також проводять кампанію за Фінляндію, вільну від ГМО.

Місцева влада міст Еспуу і Хівінкаа і муніципалітетів Лоппі і Пернайя (південна частина Фінляндії) ввели заборону на використання ГМО в громадських установах (школах, лікарнях тощо.).

2 з 14 фінських представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006.

У **Франції** 78 % населення виступає за тимчасову заборону на ГМ культури, однак уряд лобіює використання ГМО. Нині у Франції дозволено комерційне вирощування ГМ кукурудзи (відновлено в 2005 р.).

У країні заборонені до вирощування такі ГМ культури: ріпак Торас 19/2, «Байер КропСайєнс» (1998), ріпак MS1xRf1, «Байер КропСайєнс» (1998).

31 з 78 французьких представників у Європейському Парламенті підписали Декларацію 14/2006.

У 2001 р. у Франції пройшла кампанія «Ні ГМО в муніципалітетах». Більш як 1250 голів адміністративних одиниць відтоді проголосили свої території вільними від ГМО. На регіональному рівні 15 регіонів і 5 департаментів також прийнято декларації про ЗВГМО.

У **Хорватії** зонами, вільними від ГМО, є 12 із 20 округів (жупаній). Парламент Хорватії прийняв кілька законів, що регулюють поширення ГМО – нове законодавство у деяких аспектах є жорсткішим, ніж європейське. У новому законі, який набув чинності 2005 р., прописано заборону на поширення ГМО на природоохоронних територіях і буферних зонах, у місцях

органічного сільського господарства і екотуризму. Цей закон надає жупаніям юридичну основу для оголошення себе ЗВГМО. Донині в країні до вирощування (навіть в дослідницьких цілях) і поширення не допущено жодного ГМО.

У жовтні 2006 р. **чилійські** екологи зажадали від уряду та парламенту країни оголосити архіпелаг Чилое (1190 км на південь від м. Сантьяго) «Зоною, вільною від ГМО», і визнати цей район центром походження картоплі, поряд з відповідними територіями в Болівії і Перу.

Ризик втрати генетичної різноманітності картоплі в Чилі цілком реальний, оскільки в країні дозволено виробництво трансгенного насіння на експорт. Продаж харчових продуктів, що містять ГМО, в Чилі заборонено, однак на площі понад 10 тис. га в країні вирощують трансгенні кукурудзу, ріпак і сою. Трансгенну картоплю в Чилі вирощують у регіоні Лос Лагос, саме там, де знаходиться архіпелаг Чилое.

У Чилі відсутня законодавча база, яка дозволяє оголошувати і контролювати «Зони, вільні від ГМО».

У листопаді 2005 р. 56 % жителів **Швейцарії** проголосували на референдумі за введення 5-річного мораторію на використання ГМО в сільському господарстві. Мораторій отримав більшість голосів у всіх 26 кантонах. Це був перший у світі референдум подібного рівня з питань ГМО.

Кампанію проти ГМО в сільському господарстві було ініційовано в 2003 р. коаліцією фермерів, споживачів та екологічних організацій. У Швейцарії прийнято одне із найбільш жорстких законів про ГМО в Європі. Кампанія «Муніципалітети, вільні від ГМО» нині охоплює 12 муніципалітетів, які оголосили себе зонами, вільними від ГМО.

У 3 регіонах на законодавчому рівні, ще до референдуму, було введено заборону на комерційне поширення ГМО. У кантоні Тічино це положення увійшло до закону про сільське господарство, і поширюється на вирощування ГМ культур. У кантонах Вауд і Юра існують подібні закони. А в кантоні Аппенцель вирощування ГМО заборонено на лісових землях.

У 1996 р. уряд **Японії** вперше схвалив комерційне використання ГМ культур, і у той самий рік було розпочато кампанію «Ні ГМО». З 2005 р. рух

зі створення ЗВГМО став загальнонаціональним. Нині більш як 5 тис. га землі в Японії оголошено вільними від ГМО. У березні 2006 р. у м. Такашіма відбулась перша Національна конференція з ЗВГМО.

На жаль, в **Україні**, незважаючи на досить обережне ставлення населення до продуктів, що містять ГМО, зон, вільних від них, наразі немає. Однак у нашій країні є всі передумови, щоб звернутися до цього цікавого світового досвіду. Адже, за даними дослідження Інституту Горшеніна, 61,2% українців ніколи не купуватимуть продукцію, що містить ГМО. Не менш важливим є питання довіри споживачів до наявної системи маркування харчової продукції.

Незважаючи на активний рух громадськості у різних країнах світу проти впровадження і поширення ГМО, наукові дослідження у цій галузі продовжуються, і у найближчому майбутньому можна чекати появи нових сортів сільськогосподарських культур з неймовірними можливостями.

Розмах впровадження наукових розробок біотехнологій сьогодні вражає.

Міжнародна служба з впровадження агробіотехнологій ISAAA до 2015 р. прогнозує існування 40 біотехнологічних країн, 20 млн фермерів, які вирощуватимуть біотехнологічні культури, та 200 млн га біотехнологічних культур.

На 2013 р. у Північній Америці та до 2017 р. в Африці заплановано виведення на ринок першого посухостійкого сорту кукурудзи, створеного біотехнологічними методами. У 2013–2014 рр. на Філіппінах буде впроваджено «золотий рис», а в Китаї планується вирощування трансгенної кукурудзи з потенціалом приблизно 30 млн га і подальше впровадження *Bt*-рису.

Трансгенні культури можуть зробити істотний внесок у досягнення однієї з Цілей Розвитку Тисячоліття ООН до 2015 р. – зменшення бідності вдвічі – завдяки оптимізації продуктивності сільськогосподарських культур, чому може посприяти партнерство між приватним і державним секторами. Прикладом такого партнерства є підтримка розроблення посухостійкої кукурудзи для

Африки благодійними організаціями, зокрема Фондом Білла і Мелінди Гейтс. Крім того, фонд інвестує 12 млн дол. для створення ГМ рослини, яка міститиме всі вітаміни, мінерали і поживні речовини у необхідній для життєдіяльності людини пропорції. Для цього вже обрано сорго – злак, адаптивна здатність якого надзвичайно висока (може рости в несприятливих ґрунтово-кліматичних умовах за мінімальної кількості води). Рослина, як обіцяють генні інженери, матиме також підвищений уміст білка, амінокислот, цинку, вітаміну А.

Після продовольчої кризи 2008 р. (яка спричинила заколоти в більш ніж 30 країнах, що розвиваються, та повалення урядів на Гаїті та Мадагаскарі), світова спільнота усвідомила серйозний ризик для продовольчої безпеки та суспільства. Почалося відродження та усвідомлення світовою спільнотою вирішального значення сільського господарства для підтримання життя та його важливої ролі у створенні більш справедливого та мирного світового суспільства. В умовах стрімкого росту населення і виснаження біоресурсів, ідея ГМО сьогодні «працює» на користь стратегії виживання людства. Однак, як і будь-який витвір людського розуму, ГМО створюють низку ризиків. Варто пам'ятати аксіому, прописану в правилах забезпечення екології людини: «Науково-технічний прогрес – причина зростання кількості чинників ризику і їх ускладнення, а захист людей від попередження чинників ризику є джерелом появи нових негативних чинників».

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОСИЛАНЬ

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. Блюм Я. Трансгенні рослинні організми: економічний ефект і ризику для біоти / Я. Блюм, О. Новожилов // Вісник НАН України. – 2006. – № 9. – С. 56–61.
3. Верховна Рада України / Закон України від 01.06.2000 № 1775-III «Про ліцензування певних видів господарської діяльності», <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1775-14>.
4. Верховна Рада України / Закон України від 06.04.2000 № 1645-III «Про захист населення від інфекційних хвороб», <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1645-14>.
5. Верховна Рада України / Закон України від 06.09.2005 № 2809-IV «Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини», <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2809-15>.
6. Верховна Рада України / Закон України від 09.02.1995 № 45/95-ВР «Про екологічну експертизу», <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/45/95-80>.
7. Верховна Рада України / Закон України від 09.04.1999 № 591-XIV «Про рослинний світ», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/591-14>.
8. Верховна Рада України / Закон України від 12.05.1991 № 1023-XII «Про захист прав споживачів», <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1023-12>.
9. Верховна Рада України / Закон України від 13.12.2001 № 2894-III «Про тваринний світ», <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2894-14>.
10. Верховна Рада України / Закон України від 14.09.2006 № 142-V «Про дитяче харчування», <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/142-16>.
11. Верховна Рада України / Закон України від 16.01.2003 № 433-IV «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/433-15>.

12. Верховна Рада України / Закон України від 19.06.2003 № 964-IV «Про основи національної безпеки України», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/964-15>.

13. Верховна Рада України / Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII «Про охорону навколишнього природного середовища», <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.

14. Верховна Рада України // Закон України від 31.05.2007 № 1103-V «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1103-16>.

15. Воробьев А.И. Биотехнология и генная инженерия – приоритетнейшие направления научно-технического прогресса // Вестн. РАМН. – 2004. – №10. – С 8–11.

16. Генетически модифицированные источники пищи: оценка безопасности и контроль / Под ред. В.А. Тутельяна. – М.: Изд-во РАМН, 2007. – 444 с.

17. Економічна безпека / О. Є. Користін, О. І. Барановський, Л. В. Герасименко та ін.; [за ред. О. М. Джужі]. – К.: Алерта; КНТ; ЦУЛ, 2010. – 368 с.

18. Ермишин А.П. Биотехнология. Биобезопасность. Биоэтика / А.П. Ермишин, В.Е. Подлесских, Е.В. Воронкова и др.; под ред. А.П. Ермишина. – Минск: Тэхналогія, 2005. – 430 с.

19. Кабінет Міністрів України / Постанова від 02.04.2009 № 308-2009-п «Про затвердження Порядку видачі дозволу на проведення державної апробації (випробування) генетично модифікованих організмів у відкритій системі», із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 1048 (1048-2011-п) від 12.10.2011і № 41 (41-2013-п) від 30.01.2013, <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/308-2009-%D0%BF>.

20. Кабінет Міністрів України / Постанова від 03.10.2007 № 1195-2007-п «Про затвердження Порядку надання статусу спеціальної зони з виробництва сировини, що використовується для виготовлення продуктів дитячого та

дієтичного харчування», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1195-2007-%D0%BF>.

21. Кабінет Міністрів України / Постанова від 05.04.2012 № 282-2012-п «Про внесення змін у додаток 5 до Порядку здійснення державного контролю за міжнародними передачами товарів подвійного використання», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/282-2012-%D0%BF>.

22. Кабінет Міністрів України / Постанова від 13.05.2009 № 468-2009-п «Про затвердження Порядку етикетування харчових продуктів, які містять генетично модифіковані організми або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг», із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 661 (661-2009-п) від 01.07.2009 і № 1408 (1408-2011-п) від 26.12.2011, <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/468-2009-%D0%BF>.

23. Кабінет Міністрів України / Постанова від 16.10.2008 № 922-2008-п «Про затвердження тимчасових критеріїв безпеки поводження з генетично модифікованими організмами та провадження генетично-інженерної діяльності у замкненій системі», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/922-2008-%D0%BF>.

24. Кабінет Міністрів України / Постанова від 18.02.2009 № 114-2009-п «Про затвердження Порядку державної реєстрації генетично модифікованих організмів джерел харчових продуктів, а також харчових продуктів, косметичних та лікарських засобів, які містять такі організми або отримані з їх використанням», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/114-2009-%D0%BF>.

25. Кабінет Міністрів України / Постанова від 20.08.2008 № 734-2008-п «Про затвердження Порядку видачі дозволу на ввезення на митну територію України незареєстрованих генетично модифікованих організмів для науково-дослідних цілей або державних апробацій (випробувань)», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/734-2008-%D0%BF>.

26. Кабінет Міністрів України / Постанова від 21.10.2011 № 423-2009-п «Про затвердження Порядку видачі дозволу на транзитне переміщення незареєстрованих в Україні генетично модифікованих організмів», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/423-2009-%D0%BF>.

27. Кабінет Міністрів України / Постанова від 23.07.2009 № 808-2009-п «Деякі питання проведення апробації (випробування) та реєстрації генетично модифікованих організмів сортів сільськогосподарських рослин», <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/808-2009-%D0%BF>.

28. Кузнецов В.В. Возможные биологические риски при использовании генетически модифицированных сельскохозяйственных культур / В.В. Кузнецов // Вестник ДВО РАН. – 2005. - №3. – С. 40–54.

29. Кузнецов В.В. Генетически модифицированные организмы и полученные из них продукты: реальные и потенциальные риски / В.В. Кузнецов, А.М. Куликов // Рос. хим. ж. – 2005. – т. XLIX. – № 4. – С. 70–83.

30. Маренич М.М. Контроль якості та безпека продуктів харчування в ЄС. Міжнародне законодавство в галузі харчового ланцюжка і потенціал України відповідності даним стандартам [Електронний ресурс] / М.М. Маренич, С.В. Аранчій, Н.С. Марюха. – Режим доступу: 77.121.11.22/ecolib/8/2.doc.

31. Сорочинський Б. Надумані та реальні ризики від комерційного використання ГМО / Б. Сорочинський // Пропозиція. – 2008. – № 12. – С. 50-52.

32. 1st Global Conference on GMO analysis / Villa Erba, Como, Italy. – 24-27 June, 2008. – 134 p.

33. Abad G. Historical and scientific evidences that support the modern theory of the peruvian Andes as center of origin of *Phytophthora infestans* / G. Abad // Proc. of Seminar presented at the International Potato Center (CIP). – 1995, March 28 th. – P. 1–4.

34. Aguilera M, Querci M, Balla B, Prospero A, Ermolli M, Van den Eede G. A qualitative approach for the assessment of the genetic stability of the MON 810 trait in commercial seed maize varieties // Food Analytical Methods. – 2008. – Vol. 1. – P. 252-258.

35. Anand, A. Greenhouse and field testing of transgenic wheat plants stably expressing genes for thaumatin-like protein, chitinase and glucanase against *Fusarium graminearum* / A. Anand, T. Zhou, H.N. Trick et al. // J. Exp. Bot. – 2003. – Vol. 54(384). – P.1011–1111.

36. Baker H. Characteristics and modes of origin of weeds // H.G. Baker, G.L. Stebbins (eds.) *The Genetics of Colonizing Species*. New York: Academic Press, 1965. – P. 147–168.

37. Bates S. Insect resistance management in GM crops: past, present and future / S. Bates, J-Z. Zhao, R. Roush, A. Shelton // *Nature Biotechnology*. – 2005. – № 23. – P. 57-62.

38. Bernstein, J.A. Clinical and laboratory investigation of allergy to genetically modified foods // J.A. Bernstein, I.L. Bernstein, L. Bucchini et al. // *Environ. Health Perspect.* – 2003. – Vol. 111. – P. 1114–1121.

39. *Biotechnologies for agricultural development / Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome 2011*, <http://www.fao.org/docrep/014/i2300e/i2300e00.htm>

40. Birnbaum L.S. Cancer and developmental exposure to endocrine disruptors/ L.S. Birnbaum, S.E. Fenton // *Environ. Health.Perspect.* – 2003. – Vol.111(4). – P. 389-394.

41. Brookes G. The Production and Price Impact of Biotech Corn, Canola, and Soybean Crops / G. Brookes, T. Yu, S. Tokgoz, A. Elobeid // *AgBioForum*. – 2010. Vol.13. – P.25–52.

42. Brookes J. GM crops: socio-economic and environmental impacts / J. Brookes // *GM Crops: 2010 The First Thirteen Years, 1996 to 2010*. – P. 26–31.

43. Cantani A. Genetically modified foods and children potential health risks / A. Cantani, M. Micera // *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sei.* – 2001. – Vol. 5(1). – P. 25–29.

44. Carpenter J. Impact of GM crops on biodiversity / J. Carpenter // *Nature Biotechnology*. – 2010. – Vol. 16(4). – P. 46–51.

45. Cohen M.B. Bt rice: practical steps to sustainable use / M.B. Cohen, F. Gould, J.S. Bentur // *International Rice Res. Not.* – 2000. – Vol. 25 (2). – P. 4–10.

46. Davison J. GM plants: science, politics and EC regulations / J. Davison // *Plant Science*. – 2010. – Vol.178(2). – P. 94–98.

47. Diels J. Association of financial or professional conflict of interest to research outcomes on health risks or nutritional assessment studies of genetically

modified products / J. Diels, M. Cunha, C. Manaia, B. Sabugosa-Madeira, M. Silva.
// Food Policy, – 2011. Vol. 36 – P. 197–203.

48. Esposito F. Glycoalkaloid content and chemical composition of potatoes improved with nonconventional breeding approaches / F. Esposito, V. Fogliano, T. Cardi, D. Carputo, E. Filippone // J Agric Food Chem. – 2002. - Vol.50(6). – P.1553–1561.

49. FAOSTAT // FAO Statistical Databases, FAO, Rome, <http://faostat.fao.org>, accessed 15 September 2011.

50. Fenton, B. Differential binding of the insecticidal lectin GNA to human blood cells / B. Fenton, K. Stanley, S. Fenton, C. Bolton-Smith // Lancet. – 1999. – Vol. 354. – P. 1354–1355.

51. Food Outlook / Global Market Analysis. – May 2012. – 118 p., <http://www.fao.org/economic/ess/syb/en/>

52. Glick, B.R. Molecular Biotechnology. Principles and Applications of Recombinant DNA / B.R. Glick, J.J. Pasternak. – Washington, D.C.: ASM PRESS, 1998. – 589 p.

53. Hall L. Pollen flow between herbicide-resistant Brassica napus is the cause of multiple-resistant B. napus volunteers / L. Hall, K. Topinka, J. Huffman et al. // Weed Science. – 2000. – Vol. 48. – P. 688–694.

54. He W.J. Cinnamomin: a multifunctional type II ribosome-inactivating protein / W.Y. He, W.J. Liu // Int. J. Biochem. Cell Biol. – 2003. – Vol. 35(7). – P. 1021–1027.

55. Holst-Jensen A. Testing for genetically modified organisms (GMOs): past, present and future perspectives / A. Holst-Jensen // Biotechnology Advances. – 2009. – Vol. 27. – P.71-82.

56. ISAAA Brief 42-2010: Executive Summary, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010, www.isaaa.org.

57. ISAAA Brief 43-2011: Executive Summary, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011, www.isaaa.org

58. ISAAA Brief 44-2012: Executive Summary, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2012, www.isaaa.org

59. Itoh Y. Family 19 chitinase of *Streptomyces griseus* HUT6037 increases plant resistance to the fungal disease / Y. Itoh, K. Takahashi, H. Takizawa et al. // *Biosci Biotechnol Biochem.* – 2003. – Vol.67(4). – P.847–855.
60. James C. Global Status of Commercialized Biotech / GM Crops: 2009. ISAAA Brief N 41. – Ithaka. – New York: ISAAA, 2009. – 37 p.
61. Kuiper, H. A. Assessment of the food safety issues related to genetically modified foods / H. A. Kuiper, G. A. Kleter, H. P. Noteborn, E.J. Kok // *The Plant Journal.* – 2001. – Vol. 27(6). – P. 503–528.
62. Lecoq H. Aphid transmission of a non-aphid transmissible strain of zucchini yellow mosaic potyvirus from transgenic plants expressing the capsid protein of plum poxvirus / H. Lecoq, M. Ravelonandr, M. Wipf-Scheibel Monision et al. // *Mol. Plant-Microbe Interact.* – 1993. – Vol. 3. – P. 301–307.
63. Lehrer, S.B. Potential Health Risks of Genetically Modified Organisms: How Can Allergens be Assessed and Minimized? / S.B. Lehrer // *Agricultural Biotechnology and the Poor.* – 2000. – P. 149–155.
64. Levidow L. Precautionary risk assessment of Bt maize: what uncertainties? / L. Levidow // *J. of Invertebrate Pathol.* – Vol. 83. – P. 113–117 ([http:// www.elsevier.com/locate/yjipa](http://www.elsevier.com/locate/yjipa)).
65. Lomonosof G.P. Pathogen-derived resistance to plant viruses / G.P. Lomonosof // *Ann. Rev. of Phytopathol.* – 1995. – Vol. – P. 323–343.
66. MacArthur R. Construction of Measurement Uncertainty Profiles for Quantitative Analysis of Genetically Modified Organisms based on Validation Data / R. MacArthur, M. Feinberg, Y. Bertheau // *J. AOAC Intl.* – 2010. – 93(3). – P. 1046–1056.
67. Mann C.C. Can genetic engineering help restore "heritage" trees? / C.C. Mann, M.L. Plummer // *Science.* –2002. –Vol. 5560. – P. 1628.
68. Masuda T. Goldsmith World Soybean Production: Area Harvested, Yield, and Long-Term Projections / T. Masuda, D. Peter // *International Food and Agribusiness Management Review* – 2009. – Vol. 12, Issue 4.
69. Navarro GH. Field Evaluation of a Fullfat Soybean Meal Obtained with the Use of an Expander in Commercial Broiler Rations /G.H. Navarro, C.C. Lopez,

E.Garcia, S.M.Forat // FE/SBM. – 2001. http://www.asa-europe.org/online/Navarro_ExFFSBM.pdf

70. Nicoletti R. Vitreouspolyaminesspermidine, putrescine, andspermine in human proliferative disorder softheretina / R. Nicoletti, I. Venza, G. Ceci et al. // BrJOphthalmol. – 2003. – Vol. 87(8). – P.1038–1042.

71. OECD – FAO Agricultural Outlook 2011 – 2020. – Paris. – OESD /FAO. – 2011. – P. III-25, XIII – 37.

72. Orson J. Gene stacking in herbicide tolerant oilseed rape: lessons from the North American experience. English Nature Research Reports No 443 / J. Orson // English Nature. – 2002. – P. 2–17.

73. Palm C.J. Transgenic plant pesticides: fate and persistence in soil / C.J. Palm, R.J. Seidler, K.K. Donegan, D. Harris // Plant Physiol. – 1993. – Suppl. 102. – P. 166.

74. Paoletti C. GMO risk assessment around the world: Some examples / C. Paoletti, E. Flamm // Frennd Food Sci. Technol. – 2008. – Vol. 19. – P. 70–78.

75. Park J. The impact of the EU regulatory constraint of transgenic crops on farm income / J. Park // New Biotechnology. – 2011. – No. 2. – P.57.

76. Pilate G. Field and pulping performances of transgenic trees with altered lignification / G. Pilate, E. Guiney, K. Holt et al. // Nat. Biotechnol. – 2002. – Vol. 20 (6). – P. 607–612

77. Pline W.A. Absorption and translocation of glyphosate in glyphosate-resistant cotton as influenced by application method and growth stage / W.A. Pline, A.J. Price, J.W. Wilcut, K.L. et al. // Weed Science. – 2001. – Vol.49. – P.460–467.

78. Porceddu E. Biodiversity: scientific aspects and political issues / E. Porceddu // J. of Plant Pathol. – 2001. – Vol. 83. – P. 63–74.

79. Powell D. Safety in the contained use and release of transgenic animals and recombinant proteins / D. Powell // Genetically Modified Organisms. A Guide to Biosafety / Ed. G. Tzotzos. CABI, Wallingford, UK, the tobacco mosaic virus coat protein gene // Science. – 1986. – Vol. 232. – P. 738–763.

80. Qaim M. The Economics of Genetically Modified Crops / M. Qaim // Annu. Rev. Resour. Econ. – 2009. – Vol.1. – P.665-694.

81. Ramachandran S. Survival, development and ovioposition of resistant

diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) on transgenic canola producing a *Bacillus thuringiensis* toxin / S. Ramachandran, G.B. Buntin, J.N. All et al. // *J. Econ. Entomol.* – 1998. – Vol. 91 (6). – P.1239–1244.

82. Shelton A. Field tests on managing resistance to Bt-engineered plants / A. Shelton, J. Tang, R. Roush et al. // *Nat. Biotechnol.* – 2000. – Vol. 18 (3). – P. 339–342.

83. Squire G.R. Gene flow in the environment – genetic pollution? / G.R. Squire, N. Augustin, J. Bown // *Ann. Report of the Scottish Crop Res. Institute, 1998/1999.* 1999. – P. 45–54.

84. Stewart C.N.Jr., Warwick S.I., Halfhill M.D. Transgene introgression from genetically modified crops to their wild relatives // *Nat. Rev. Genet.* – 2003. – Vol. 4. – P. 806–816

85. Summers C. The potentially insecticidal *Narcissus pseudonarcissus* lectin demonstrates age-related mitogenicity / C. Summers, J. Forrest, M. Norval, M.J. Sharp // *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* – 2002. – Vol. 33(1). – P. 47–49.

86. Sussman GL. Allergens and natural rubber proteins / G.L. Sussman, D.H. Beezhold, V.P. Kurup // *J Allergy Clin Immunol.* – 2002. – Vol. 110 (2). – P.33–39.

87. Warwick S.I. Hybridization between transgenic *Brassica napus* L. and its wild relatives: *Brassica rapa* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Sinapis arvensis* L., *Erucastum gallicum* (Willd.) / S.I. Warwick, M.J. Simard, A. Legere et al. // *Theoret. and Appl. Genet.* – 2003. – Vol. 107. – P. 528–539.

88. Whalon M.E. Managing target pest adaptation: the case of Bt transgenic plant deployment / M.E. Whalon, D.L. Norris // J.I. Cohen. (ed.) *Managing Agriculture Biotechnology. Addressing Research Program Needs and Policy Implication.* – CAB International, 1999. – P.194–205.

89. Will transgenic plants adversely affect the environment? / V.V. Velkov, A.B. Medvinsky, M.S. Sokolov, A.J. Marchenko // *J. Biosciences.* – 2005. – Vol. 30 (4). – P. 515–548.

90. Witzke von H., Noleppa S., Schwarz G., Global agricultural market trends and their impacts on European Union agriculture // Humboldt University of Berlin working paper, – 2008. – No. 84.

91. World Market Trends and Outlook / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome, Italy, 15-16 September, 2011.






92. Zhu B. Genetically-Modified Crop Production in Canada: Agronomic, Ecological and Environmental Considerations / B. Zhu, B.-L. Ma // The Americas Journal of Plant and Biotechnology 5 (Special Issue). – 2011. – P. 90–97.




ДОДАТОК 1.














Каталог продукції без ГМО з відповідним маркуванням

 <p>365</p> <p>See verified products</p>	 <p>A.Vogel</p> <p>See verified products</p>	 <p>Agrana</p> <p>See verified products</p>
 <p>AH!LASKA</p> <p>See verified products</p>	 <p>Alvarado Street Bakery</p> <p>See verified products</p>	 <p>Amande</p> <p>See verified products</p>
 <p>Amy's Kitchen</p> <p>See verified products</p>	 <p>Angie's Artisan Treats</p> <p>See verified products</p>	 <p>Annie's</p> <p>See verified products</p>
 <p>Atlantic Organic</p> <p>See verified products</p>	 <p>Attune Foods</p> <p>See verified products</p>	 <p>Bakery On Main</p> <p>See verified products</p>
 <p>Barney Butter</p>	 <p>Beanfields</p>	 <p>Beanitos, The</p>

<p>See verified products</p>	<p>See verified products</p>	<p>Bean Chips See verified products</p>
 <p>Berlin Natural Bakery See verified products</p>	 <p>Bold Organics See verified products</p>	 <p>Bora Bora See verified products</p>
 <p>Bragg See verified products</p>	 <p>Bridgewell Resources See verified products</p>	 <p>Bubbies See verified products</p>
 <p>Buenatural See verified products</p>	 <p>Cadia See verified products</p>	 <p>Cal-Organic Farms See verified products</p>
 <p>California Olive Ranch See verified products</p>	 <p>Canfo Natural Products See verified products</p>	 <p>Cape Cod Select See verified products</p>
 <p>Central Market Organics See verified products</p>	 <p>Chez Marie See verified products</p>	 <p>Choice Organic Teas See verified products</p>
		

<p>Ciao Bella Gelato</p> <p>See verified products</p>	<p>CleanVia</p> <p>See verified products</p>	<p>Coconut Secret</p> <p>See verified products</p>
 <p>Crispy Cat</p> <p>See verified products</p>	 <p>Crofters</p> <p>See verified products</p>	 <p>cruncha ma•me</p> <p>See verified products</p>
 <p>Crunchmaster</p> <p>See verified products</p>	 <p>Dave's Gourmet</p> <p>See verified products</p>	 <p>Della</p> <p>See verified products</p>
 <p>Desert Essence</p> <p>See verified products</p>	 <p>Dr. Bronner's Magic</p> <p>See verified products</p>	 <p>Earth Balance</p> <p>See verified products</p>
 <p>Earth's Best</p> <p>See verified products</p>	 <p>EatPastry</p> <p>See verified products</p>	 <p>Eatsmart</p> <p>See verified products</p>
 <p>EcoTeas</p> <p>See verified products</p>	 <p>Eden</p> <p>See verified products</p>	 <p>Edward & Sons</p> <p>See verified products</p>
 <p>Emerald Cove</p> <p>See verified products</p>	 <p>Emmy's Organics</p> <p>See verified products</p>	 <p>Emperor's Kitchen</p>

		See verified products
 Endangered Species Chocolate See verified products	 Ener-G Foods See verified products	 Envirokidz See verified products
 EO See verified products	 Erewhon See verified products	 Fantastic World Foods See verified products
 Field Day See verified products	 Fiordifrutta See verified products	 Flamous Organics See verified products
 Flax USA See verified products	 Follow Your Heart See verified products	 Freekehlicious See verified products
 Freeline Organic Food See verified products	 Fresh & Easy See verified products	 Fruit Bliss See verified products
 Fry Group Foods	 Funky Monkey Snacks	 Garden of Eatin' See verified products

<p>See verified products</p>	<p>See verified products</p>	
 <p>Garden of Life See verified products</p>	 <p>GL Soybeans See verified products</p>	 <p>Global River See verified products</p>
 <p>GlucoLift See verified products</p>	 <p>GoMacro, Inc See verified products</p>	 <p>Good Karma See verified products</p>
 <p>Grain Place Foods See verified products</p>	 <p>Green Gem See verified products</p>	 <p>Green Island Rice See verified products</p>
 <p>Green Mountain Gringo See verified products</p>	 <p>Grimmway Farms See verified products</p>	 <p>Guayaki See verified products</p>
 <p>Haiku See verified products</p>	 <p>HAPPYBABY Pouches See verified products</p>	 <p>HAPPYTOT See verified products</p>
 <p>Harvest Bay See verified products</p>	 <p>Hilary's Eat Well See verified products</p>	 <p>Himalania</p>

		See verified products
 Hodgson Mill See verified products	 HomeFree, LLC See verified products	 House Foods See verified products
 Ian's See verified products	 Immaculate Baking See verified products	 Immortality Alchemy See verified products
 It Tastes Raaw See verified products	 Jolly Llama See verified products	 KAMUT See verified products
 Kashi See verified products	 Keller Crafted Meats See verified products	 Kettle Foods See verified products
 KIND Healthy Snacks See verified products	 Koyo See verified products	 Kur Organic Superfoods See verified products
 La Tolteca See verified products	 La Tourangelle See verified products	 Lasenor See verified products
 Lekithos See verified products	 Let's Do... Distributed by Edward & Sons	 Licious Organics

	See verified products	See verified products
 Lillabee Allergy Friendly Baking See verified products	 Little Duck Organics See verified products	 Lotus Foods See verified products
 Luna & Larry's Coconut Bliss See verified products	 Lundberg Family Farms See verified products	 Madhava See verified products
 Manitoba Harvest See verified products	 Marconi Naturals See verified products	 Maria & Ricardo See verified products
 Marinelli's True Italian Pasta Sauce See verified products	 Mariner Biscuit Company See verified products	 Marukome USA See verified products
 Mary's Gone Crackers See verified products	 Mary's Little Garden See verified products	 Mediterranean Snacks See verified products



Metabolic Response
Modifiers (MRM)
[See verified products](#)



Mighty Mustard
[See verified products](#)



Mighty-O Donuts
[See verified products](#)



Minsa
[See verified products](#)



Minsley
[See verified products](#)



Miso Master
[See verified products](#)



Modesto WholeSoy Co.
[See verified products](#)



Momo's
[See verified products](#)



My Chi Delights
[See verified products](#)



Naosap Harvest
[See verified products](#)



Napa Valley Naturals
[See verified products](#)



Nasoya
[See verified products](#)



Native Forest Distributed
by Edward & Sons
[See verified products](#)



Natural Sea
[See verified products](#)



Natural Vitality
[See verified products](#)



Nature Built
[See verified products](#)



Nature's Express
[See verified products](#)




Nature's Path
[See verified products](#)

 <p>New Chapter See verified products</p>	 <p>New Morning See verified products</p>	 <p>New Organics See verified products</p>
 <p>Nexcel Natural Ingredients See verified products</p>	 <p>NibMor See verified products</p>	 <p>Nordic Naturals See verified products</p>
 <p>North Coast See verified products</p>	 <p>Nutiva See verified products</p>	 <p>Oh Baby Foods See verified products</p>
 <p>Old Wessex See verified products</p>	 <p>One Degree Organic Foods See verified products</p>	 <p>One World See verified products</p>
 <p>Organic Baby See verified products</p>	 <p>Organic Valley See verified products</p>	 <p>Pacific Natural Foods See verified products</p>
 <p>Pacific Northwest Farmers Cooperative See verified products</p>	 <p>Peace Cereal See verified products</p>	 <p>Peanut Butter & Co. See verified products</p>
		

<p>PHARMCO-AAPER See verified products</p>	<p>PJ's Organics See verified products</p>	<p>Plum Organics See verified products</p>
 <p>PROBAR See verified products</p>	 <p>Purasource See verified products</p>	 <p>Pure See verified products</p>
 <p>Pure Country Pork Inc. See verified products</p>	<p>purely elizabeth. Purely Elizabeth See verified products</p>	 <p>Q.bel See verified products</p>
 <p>Rainbow Light Nutritional Systems See verified products</p>	 <p>Rapunzel See verified products</p>	 <p>Reese See verified products</p>
 <p>Revolution Foods See verified products</p>	 <p>RiceSelect See verified products</p>	 <p>Righteously Raw See verified products</p>
 <p>Rising Moon Organics See verified products</p>	 <p>Rumiano Family Cheese See verified products</p>	 <p>Ruth's Foods See verified products</p>
 <p>RW Garcia</p>	 <p>Salba</p>	

<p>See verified products</p>	<p>See verified products</p>	<p>Salute Santé! See verified products</p>
<p> Sambazon See verified products</p>	<p> San-J See verified products</p>	<p> Scratch and Peck See verified products</p>
<p> SeaSnax See verified products</p>	<p> Seven Stars Farm See verified products</p>	<p> Silk See verified products</p>
<p> Silver Hills Sprouted Bakery See verified products</p>	<p> SK Food See verified products</p>	<p> Skinners See verified products</p>
<p><small>America's Pretzel Bakery Since 1909</small>  Snyder's of Hanover See verified products</p>	<p> So Delicious See verified products</p>	<p> Sol Cuisine See verified products</p>
<p> Sophie's Kitchen See verified products</p>	<p> Soyatoo See verified products</p>	<p> Spectrum See verified products</p>
<p> Spectrum Ingredients See verified products</p>	<p> Squarebar See verified products</p>	<p> Stahlbush Island Farms See verified products</p>

 <p>Stark Sisters Granola See verified products</p>	 <p>Stash Tea See verified products</p>	 <p>Stone Buhr Flour Company See verified products</p>
 <p>Straus Family Creamery See verified products</p>	 <p>Stretch Island Fruit Co See verified products</p>	<p>Sunfood Superfoods See verified products</p>
 <p>SunRidge Farms See verified products</p>	 <p>Sunset See verified products</p>	 <p>Sunset Kids See verified products</p>
 <p>Sunshine Burger See verified products</p>	 <p>Surf Sweets See verified products</p>	 <p>SweetLeaf See verified products</p>
 <p>Taste of Nature See verified products</p>	 <p>Tasty Brand See verified products</p>	 <p>The Pure Wraps See verified products</p>
 <p>The Simply Bar See verified products</p>	 <p>Theo Chocolate See verified products</p>	 <p>Three Farmers See verified products</p>
 <p>Tiny But Mighty</p>	 <p>Tonnino</p>	 <p>Traditional Medicinals See verified products</p>

<p>See verified products</p>	<p>See verified products</p>	
 <p>Tree of Life See verified products</p>	 <p>Tropical Traditions See verified products</p>	 <p>Tru Joy Sweets See verified products</p>
 <p>truRoots See verified products</p>	 <p>Truwhip See verified products</p>	 <p>Turtle Island Foods See verified products</p>
 <p>Two Leaves and a Bud See verified products</p>	 <p>Uncle Sam See verified products</p>	 <p>Venus See verified products</p>
 <p>VerMints See verified products</p>	 <p>VerTerra Dinnerware See verified products</p>	 <p>Viterra See verified products</p>
 <p>Way Better Snacks See verified products</p>	 <p>Wayfare See verified products</p>	 <p>Western Family See verified products</p>
 <p>WestSoy See verified products</p>	 <p>Whole Alternatives See verified products</p>	 <p>Whole Foods Market See verified products</p>

 <p>Whole Harvest See verified products</p>	 <p>Whole Pantry See verified products</p>	 <p>Wholesome Chow See verified products</p>
 <p>Wholesome Sweeteners See verified products</p>	 <p>WholeSoy & Co. See verified products</p>	 <p>Wildwood See verified products</p>
 <p>WingFoot See verified products</p>	 <p>Wisdom of the Ancients See verified products</p>	 <p>Woodstock See verified products</p>
 <p>Yoga See verified products</p>	 <p>Yogavive See verified products</p>	 <p>Ziggy Marley Coco'Mon See verified products</p>
 <p>Ziggy Marley Hemp Rules See verified products</p>	 <p>Zulka See verified products</p>	

Додаток 2. Європейська харчова декларація (англ. мовою)



EUROPEAN FOOD DECLARATION

Towards a healthy, sustainable, fair and mutually supportive Common Agriculture and Food policy (англ. мовою)

www.europeanfooddeclaration.org

On July 15th, 2010, 332 organisations from 27 European countries signed this declaration

March 2010

We are a broad range of organizations who are concerned with the future of food and agriculture in Europe. As in other regions in the world, the number of people and organizations that are working towards a fairer, more inclusive and sustainable food system is growing. Many of them are actively engaged in building a viable alternative to the current food production, distribution and consumption -from the bottom up. This new system of food and agriculture is firmly grounded on equity, the universal right to food, good governance and transparency.

A wide range of renewed activities such as increasing local food production, local markets, local procurement, seed swaps and so on has been emerging and growing across Europe. In addition new movements, such as the Transition Town movement, GM-free regions and national and local debates on food policy show increasing public support for another form of food and agriculture.

Yet, grassroots activities and local movements are not enough. We believe it is time to build a broad coalition of groups at the European level to challenge the current Common Agriculture Policy (CAP) and the European Commission's and our governments' avowed plans for a renewed CAP in 2013. Their vision is, to keep the global 'competitiveness' of Europe's food industry as the chief objective of Europe's CAP. The political process for the new CAP 2013 is starting now. We believe a strong message is

needed, not only for EU policy makers, but for policy makers in our countries - a vision for a CAP suitable for the 21st century.

We have created a "European Food Declaration: towards a healthy, sustainable, fair and mutually supportive Common Agriculture and Food Policy". It outlines what we think the policy objectives of a CAP for the next decades should be. We invite as many organizations, groups and individuals as possible to sign this declaration and to use it as a tool to promote the discussion about what kind of food and agriculture policy we need. We also ask you to share this declaration with other grassroots, civil society, environment and food organisations that are actively engaged in building a better food system.

We invite the public and organisations to sign the declaration online.

This declaration is the first step in our efforts to build a broad movement for change towards food sovereignty policies and practices in Europe, including the EU. We are also planning a Europe-wide forum in 2011 for people and organisations who are concerned about these issues and who would like to join forces in order to reach our common objectives together. If you are interested to be involved in the preparation of that forum or could help us to organise that forum please contact us.

In solidarity

European food declaration

Towards a healthy, sustainable, fair and mutually supportive Common Agriculture and Food policy

We, the undersigned, believe that the European Union needs to meet the urgent challenges Europe is facing regarding food and agriculture.

After more than a half-century of industrialisation of agriculture and food production, sustainable family farming and local food cultures have been substantially reduced in Europe. Today, our food system is dependent on under-priced fossil fuels, does not recognize the limitations of water and land resources, and supports unhealthy diets high in calories, fat and salt, and low in fruit, vegetables and grains. Looking ahead, rising energy costs, drastic losses in biodiversity, climate change and declining water and land resources threaten the future of food production. At the same time, a growing world

population faces the potential dual burden of widespread hunger and chronic diseases due to overconsumption.

We will only be able to address these challenges successfully with a completely different approach to food and agriculture policies and practices. The European Union must recognize and support the crucial role of sustainable family farming in the food supply of the population. All people should have access to healthy, safe, and nutritious food. The ways in which we grow, distribute, prepare and eat food should celebrate Europe's cultural diversity, providing sustenance equitably and sustainably.

The present Common Agriculture Policy (CAP) is currently being debated and is due for change in 2013. After decades of the domination by transnational corporations and the World Trade Organisation (WTO) in determining food and agriculture policy, it is time for people in Europe to reappropriate agriculture and food policy: it is time for food sovereignty. We believe a new Common Food and Agriculture Policy should guarantee and protect citizens' space in the EU and candidate countries and their ability and right to define their own models of production, distribution and consumption following the principles outlined below.

The new Common Food and Agriculture Policy:

1 considers food as a universal human right, not merely a commodity.

2 gives priority to growing food and feed for Europe and changes international trade in agricultural products according to principles of equity, social justice and ecological sustainability. The CAP should not harm other countries' food and agriculture systems

3 promotes healthy eating patterns, moving towards plant-based diets and towards a reduced consumption of meat, energy-dense and highly processed foods, and saturated fats, while respecting the regional cultural dietary habits and traditions.

4 gives priority to maintaining an agriculture all over Europe that involves numerous farmers producing food and caring for the countryside. That is not achievable without fair and secure farm prices, which should allow a fair income for farmers and agricultural workers, and fair prices for consumers.

5 ensures fair, non-discriminatory conditions for farmers and agricultural workers in Central and Eastern Europe, and promotes a fair and equitable access to land.

6 respects the local and global environment, protects the finite resources of soil and water, increases biodiversity and respects animal welfare.

7 guarantees that agriculture and food production remain free from GMOs and fosters farmers' seeds and the diversity of domestic livestock species, building on local knowledge.

8 stops promoting the use and the production of industrial agrofuels and gives priority to the reduction of transport in general.

9 ensures transparency along the food chain so that citizens know how their food is produced, where it comes from, what it contains and what is included in the price paid by consumers.

10 reduces the concentration of power in the agricultural, food processing and retail sectors and their influence on what is produced and consumed, and promotes food systems that shorten the distance between farmers and consumers.

11 encourages the production and consumption of local, seasonal, high quality products reconnecting citizens with their food and food producers.

12 devotes resources to teaching children the skills and knowledge required to produce, prepare, and enjoy healthy, nutritious food.

In solidarity: European Coordination Via Campesina

Friends of the Earth Europe

European Plattform for Food Sovereignty

European Health and Agriculture Consortium

Attac Austria Etc.

We are a broad range of organisations – farmer, consumer, environmentalist, altermondialist, public health and development NGOs – who are concerned with the future of food and agriculture in Europe. As in other regions in the world, the number of people and organizations that are working towards a fairer, more inclusive and sustainable food system is growing. Many of them are actively engaged in building a viable alternative to the current food production, distribution and consumption -from the bottom up. This new system of food and agriculture is firmly grounded on equity, the universal right to food, good governance and transparency.

A wide range of renewed activities such as increasing local food production, local markets, local procurement, seed swaps and so on has been emerging and growing across

Europe. In addition new movements, such as the Transition Town movement, GM-free regions and national and local debates on food policy show increasing public support for another form of food and agriculture.

Yet, grassroots activities and local movements are not enough. We believe it is time to build a broad coalition of groups at the European level to challenge the current Common Agriculture Policy (CAP) and the European Commission's and our governments' avowed plans for a renewed CAP in 2013. Their vision is, to keep the global 'competitiveness' of Europe's food industry as the chief objective of Europe's CAP. The political process for the new CAP 2013 is starting now. We believe a strong message is needed, not only for EU policy makers, but for policy makers in our countries – a vision for a CAP suitable for the 21st century.

We have created a "European Food Declaration: towards a healthy, sustainable, fair and mutually supportive Common Agriculture and Food Policy". It outlines what we think the policy objectives of a CAP for the next decades should be. We invite as many organizations, groups and individuals as possible to sign this declaration and to use it as a tool to promote the discussion about what kind of food and agriculture policy we need. We also ask you to share this declaration with other grassroots, civil society, environment and food organisations that are actively engaged in building a better food system.

Our aim is to collect as many signatures within our different networks before the end of January 2010.

Early February, we will invite the public to join our movement.

This declaration is the first step in our efforts to build a broad movement for change towards food sovereignty policies and practices in Europe, including the EU. We are also planning a Europe-wide forum in 2010 or 2011 for people and organisations who are concerned about these issues and who would like to join forces in order to reach our common objectives together. If you are interested to be involved in the preparation of that forum or could help us to organise that forum please contact us.

Rue de la Sablonniere 18 -1000 Bruxelles - tel +32 2 217 3112- fax : + 32 2 218 45

09info@eurovia.org - www.eurovia.org

Науково-просвітницьке видання

ДИМАНЬ Тетяна Миколаївна
КОЗЛОВСЬКА Марина Віталіївна
ОБЛАП Руслан Васильович
ДУБІН Олексій Вікторович
КРАВЧЕНКО Оксана Іванівна

**Генетично модифіковані сільськогосподарські культури:
прогрес, проблеми, перспективи**

Монографія

Передмова Т.М. Димань, Л.Г.Шморгун

Видано в авторській редакції

Художник обкладинки

Верстка

Серія: Імплементація європейських норм і практик. Регулювання ринків та дослідництво в умовах СОТ. Спецвипуск від 03-04-2013. – К.: Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку, 2013. – 158 с., ілл., англomовна анотація.

Підписано до друку 03.04.2013. Формат 60x84/16. Папір офсет. № 1.

Гарнітура Тип Таймс. Друк офсетний. Ум.-друк.арк

Наклад 300 пр. Зам. №