

С.Д. Рудишин

Університет «Україна», Вінниця

ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНІ РОСЛИНИ: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ



Процес вирощування генетично модифікованих (ГМ) рослин необоротний. Наукових даних про те, що ДНК продуктів харчування вбудовуються в генетичний матеріал клітин людини, немає. Усвідомлення і пересторога — ось два принципи міжнародних нормативно-правових документів щодо безпеки при вирощуванні і споживанні трансгенних рослин. Але маркування харчових продуктів із домішками ГМО повинно бути обов'язковим.

Ключові слова: генетично модифіковані рослини, трансгенез, біобезпека.

Аналіз проблем, що стоять перед суспільством на початку ХХІ ст., свідчить: дві глобальні проблеми — харчування та екологічна безпека — стають для цивілізації найголовнішими. Усі інші — соціально-економічні, енергетичні, технологічні, демографічні, медичні, військові, психологічні — прямо або опосередковано пов'язані з ними. Сьогодні виробництво сільськогосподарської продукції досягає близько 5 млрд. т на рік. Щоб забезпечити їжею у 2025 році майже 9 млрд. населення Землі необхідно збільшити цей показник вдвічі. Для цього традиційних способів буде недостатньо. Ось чому створення і впровадження генетично модифікованих організмів (ГМО) є однією з науково-політичних проблем.

Необхідно констатувати, що саме засоби масової інформації, а не академічні наукові журнали, з самого початку робіт у цьому напрямку наділили ГМО «презумпцією винності». Особливо це питання загострила російська дослідниця І.В. Єрмакова своєю заявою і публікаціями, що масштабне поширення ГМО призводить до безпліддя, онкологічних захворювань,

народження генетичних потвор, алергічних реакцій, збільшення рівня смертності людей і тварин, різкого скорочення біорізноманіття та погіршення стану навколишнього середовища [5, 8]. Така думка одержала широкий розголос і стала предметом активного обговорення в Інтернеті та друкованих виданнях, на неї посилаються понад 500 організацій як на доказ потенційної небезпечності ГМ продуктів. У більшості країн розпочався громадський рух за створення зон, вільних від ГМО. Ряд країн прийняли на законодавчому рівні суворі обмеження щодо вивільнення ГМО в навколишнє природне середовище.

Зазначимо: чим менший запас у пересічних людей біологічних знань, тим більший страх щодо безпеки від споживання ГМО. Генетики-професіонали спокійні і толерантні [1, 2, 3, 6, 9, 16–19]. За таких умов особливо важливим стає професійне (а не емоційне) розуміння проблеми — здійснення заходів щодо посилення біобезпеки на державному рівні, захисту громадян від можливих ризиків використання ГМО.

Починаючи від 2007 р., провідний світовий журнал «Nature Biotechnology» розпочав на своїх сторінках наукову дискусію з І.В. Єрма-

ковою та прихильниками заборони ГМО. Вчені з різних країн (Б. Чессі, В. Мозес, А. Маккьюен, Е. Маршалл, В. Гіддинг, А. МакХакен та ін.) сформулювали свої заперечення і запитання щодо чистоти експерименту та висновків, зроблених І.В. Єрмаковою. Зокрема, у вчених не викликають довіри дані І. Єрмакової щодо 51,6 % смертності щуренят від щуриць, які одержували трансгенну сою. Такий потужний летальний ефект не міг залишитися непоміченим з боку відповідних контролюючих органів в галузі охорони здоров'я, сільського господарства та захисту прав споживача в США, Канаді, Японії. План експерименту І. Єрмакової не відповідає міжнародно-визнаним протоколам, що пояснює високу смертність щурів навіть у контрольних групах. Річ в тім, що свіжа соя містить отруйні білки, що нейтралізуються інтенсивним пропарюванням. Експерти зауважують, що в експерименті І. Єрмакової про це не говориться. Якщо насіння сої тільки намочують і не пропарюють (в скороварці, зокрема під тиском), то такий продукт для щурів є отруйним. Крім того, не були представлені результати перевірки соєвого корму на вміст ізофлавонів — речовин, аналогічних за дією на організм естрогенам (жіночим статевим гормонам), які впливають на репродуктивну сферу і розвиток ссавців. Хоча вже є свідчення того, що соєвий білок з ізофлавонами справляє сприятливу дію на судинну резистентність, функціональну активність артеріальних судин, зокрема у жінок похилого віку, а також на LDL-окислення та атеросклероз [17]. За ходом наукової дискусії можна прослідкувати на сайті www.gmo.ru.

Ми виходимо з того, що сучасний рівень біологічних та екологічних знань є основним фактором підвищення якості і безпеки життя, збереження і відновлення потенціалу природи. Крім того, важливо оцінити місце України в процесі розвитку новітніх біотехнологій та її власні економічні інтереси як потужного виробника продовольства на планеті [2, 11–15].

За останні 30 років біотехнологія, використовуючи рекомбінантні (гібридні) ДНК, пере-

творилась в унікальний науковий метод дослідження і, одночасно, виробництво продукції сільського господарства, харчування. ДНК-технології дозволяють відбирати і вводити в рослини конкретні гени стійкості до шкідників, хвороб, гербіцидів, холоду, нестачі вологи, засолення, кислотності ґрунту тощо. Відомо понад 20 способів проникнення та міжвидової міграції генетичних елементів; до їх числа відносять трансформацію, трансдукцію, транспозони, віруси, нестатевий обмін хромосомами, утворення симбіотичних асоціацій тощо [1, 3, 6, 11, 12, 16]. Технологія створення ГМ рослин складається з багатьох етапів, серед яких можна виділити такі: 1) одержання конкретних генів, створення векторів; 2) трансформація рослинних клітин (зокрема, за допомогою бактеріальних плазмід); 3) підтвердження трансформації молекулярно-генетичними методами — виявлення працюючого гена; 4) регенерація цілої рослини з трансформованих клітин.

Перші трансгенні рослини були одержані у 1983 р.; перший харчовий ГМ продукт (сир) — виготовлений із використанням генетично модифікованого ферменту — був дозволений у США в 1990 р. Незважаючи на опозицію у певних колах, нові сорти трансгенних рослин швидко завойовують популярність у світі; зокрема, площа під чотирма найбільш поширеними культурами (соя, кукурудза, бавовник, ріпак) складає майже 30 % світових посівів. Сьогодні важко назвати вид рослин, культурні представники якого не є генетично модифіковані. Особливо значні площі зайняті під трансгенними культурами в США, Аргентині, Канаді, Бразилії, Китаї. У Європі вирощують ГМ рослини в Іспанії, Швейцарії, Румунії, Болгарії. Директор Департаменту корпоративного розвитку і комунікацій фірми KWS SATT Хеннінг фон дер Ое повідомив, що до 2050 р. площі під рослинами, котрі містять ГМ компоненти, мають збільшитися до 250 млн. га («АГРОСФЕРА» від № 13 (465) від 04.04.2011 <http://www.proagro.com.ua/art/4054028.html>).

Чому існує опозиція до створення ГМО?

Пересічні громадяни упереджено ставляться до ГМО з причин незнання сутності ДНК-технологій та шаленого галасу ЗМІ, які нагнічують упередженість споживачів щодо ГМО і навіть встигли впровадити гасло на кшталт: «Нехай генетично модифіковану («штучну») їжу їдять генетично модифіковані («штучні») істоти!». Виступають також проти ГМО ті транснаціональні компанії, які займаються виробництвом пестицидів (зазначимо, що водночас вони вкладають величезні кошти у генно-інженерні дослідження щодо створення ГМ рослин). Інколи мотивація опонентів (громадських організацій) більшою мірою спричинена зневажливостю до глобалізації або політичними (передвиборчими) чи прагматичними інтересами, ніж турботою про біологічну безпеку.

Розглянемо **аргументи науковців «за» ГМО**. Оскільки усі живі організми (від вірусів до ссавців) містять однакові чотири «ноти» життя (А, Т, Г, Ц) у молекулі ДНК, то чому рекомбінантні (гібридні) ДНК треба вважати проти-природними? Однакові триплети кодують 20 природних амінокислот, які є складовими усіх білків біосфери. Усі метаболіти рослин (і трансгенних теж) вже існують у природі. Тобто якщо відомо, що ГМ рослини містять речовини отруйної чи фармакологічної дії (загальна частка вторинних сполук рослин — алкалоїдів, терпеноїдів, глікозидів, флавоноїдів, ефірних масел тощо в сучасних ліках складає майже 25 %), то біобезпека пов'язана насамперед із дослідженням алергенної, токсичної, канцерогенної дії ГМ продуктів на людину і сільськогосподарські тварини. Зокрема, колхіцин — алкалоїд рослини крокус осінній (*Colchicum autumnale* L.) — є мітотичною отрутою (проникаючи у клітини, що діляться, колхіцин руйнує веретено поділу, дочірні клітини не розходяться до полюсів, цитокінез не відбувається і число хромосом подвоюється) [11, с. 194].

Варто підкреслити, що в Європі вже давно діє норма вмісту ГМО в продуктах харчування — не більше 0,9 %, в Японії — 5 %, в США і Ка-

наді — добровільне маркування. Зазначимо, що у США, де прискіпливо стежать за здоров'ям нації, біобезпеку контролюють одночасно три федеральних органи: Міністерство сільського господарства, Агентство з охорони довкілля (ЄРА), Комісія з контролю за продуктами харчування і лікарськими засобами (ЄДА) [1, 3]. Причому вимоги до медико-генетичної і технологічної оцінки ГМ продуктів більш високі, ніж до сортів, які одержані шляхом звичайної селекції чи хімічного/фізичного мутагенезу.

Медико-генетична оцінка ґрунтується на застосуванні полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), яка передбачає аналіз усіх внесених генів у рослину (трансгенів, маркерів, промоторів, термінаторів). Зокрема, ГМ рослини містять однакові послідовності промотора 35S і термінатора NOS, що дозволяє на першому етапі ідентифікувати наявність ГМО в продукті. Потім проводять ПЛР з маркерами на послідовність нуклеотидів ДНК (трансген), що визначають внесену ознаку. Створення і використання спеціалізованих ДНК-мікрочіпів дає змогу проводити масовий скрінінг (сортування) харчових продуктів та вихідної сировини на наявність трансгенів.

Технологічна оцінка визначає органолептичні і фізико-хімічні властивості, а також вплив генетичних модифікацій на технологічні параметри продукції.

Спеціальні дослідження проводяться для виявлення можливого впливу на імунний статус; визначають його мутагенну, канцерогенну та нейротоксичну дію. Визначається активність ферментів системи антиоксидантного захисту, вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів та ін. Хронічна токсичність продукту визначається на тваринах, раціон яких упродовж 6 місяців максимально складається з ГМ продукту.

Чи є небезпека від ДНК, яку ми «споживаємо» з їжею? В організмі людини в травному тракті чужа ДНК руйнується ферментами нуклеазами (рестрикційними ендонуклеазами) до мономерів — нуклеотидів, які всмоктують-

ся клітинами для власних потреб ДНК. Нуклеази однаково «ріжуть» ДНК вірусів, бактерій, рослин, грибів чи тварин. Майже 150 тисяч років людство з каріотипом кроманьонця (*Homo sapiens L.*) споживає чужорідну ДНК з м'ясом, рибою, овочами, фруктами і будує «рідну» ДНК власних клітин з «чужих» нуклеотидів. Біологічна еволюція кроманьонця за цей період не зазнала значних змін.

Це свідчить про те, що кишечник людини вже багато тисячоліть є чудовим хемостатом з ідеальними умовами співіснування мікроорганізмів з різними фрагментами ДНК. У геномі симбіонта людини — кишкової палички (*Escherichia coli*) — майже 17 % ДНК має еукаріотичне походження. Щосекунди ми контактуємо з генетичним апаратом вірусів і бактерій, який зі «злими» намірами (з погляду людини) атакує наш геном. Деякі віруси і ділянки плазмід бактерій мають природний механізм вбудовування в генетичний апарат еукаріотів і навіть успадковуються (напр., вірус герпесу, що передається аналогічно ВІЛ). Це несе небезпеку життю і здоров'ю людини. Ніхто сьогодні не спростував вірусної теорії виникнення раку. В геномі людини на нуклеотидні послідовності вірусів і мобільних елементів припадає 0,5 % геному [3, с. 6]. Мікрорганізми і віруси всюди — у живій речовині планети. Отже, *феномен генетичної трансформації не є новиною для біосфери, а лише одним із численних механізмів горизонтального і вертикального трансгенезу.*

Немає жодного наукового повідомлення, що окремі гени чи фрагменти ДНК їжі вмонтовуються в генетичний матеріал клітин людини (чи ссавців взагалі) [1, 3, 9]. Є підстави для твердження, що в процесі еволюції системи травлення виробили захисні механізми від простої передачі генів з продуктів живлення. Така передача генів практично неможлива, оскільки потрібно, щоб:

- ✦ ДНК з новим геном не руйнувалася травним соком з нуклеазами;
- ✦ ДНК була спроможна проникнути крізь клітинну стінку і клітинну мембрану мікроор-

ганізмів і вижити при роботі механізму знешкодження чужої ДНК;

- ✦ «чужа» ДНК рекомбінувалась у ДНК хазяїна і стабільно інтегрувалась на ділянці, на якій можлива експресія гена;
- ✦ ген рослинної їжі, якщо навіть і трансформувався в мікроорганізм, в ньому почав працювати (здійснювати експресію).

Підкреслимо, що технологія створення ГМ рослин відбувається за участю природних інструментів. Зокрема, усі ферменти, з якими працюють генні інженери (рестриктази, лігази, полімерази, екзонуклеази тощо), виділені із живих організмів. Майже усі ГМ рослини містять однакові природні послідовності ДНК, які регулюють роботу трансгена, а саме промотор 35S (одержаний з вірусу мозаїки цвітної капусти) і термінатор NOS (з ґрунтової бактерії *Agrobacterium tumefaciens*). Якщо проаналізувати генетичну генеалогію усіх наших традиційних продуктів харчування (пшениці, картоплі, томатів, кукурудзи та ін.), то побачимо, що вони є результатом природних мутацій і генетичних трансформацій.

Опосередкованим аргументом щодо безпечності ГМ продуктів є той факт, що у США не зафіксовано жодного судового позову щодо компенсації загрози здоров'ю від споживання ГМО (хоча адвокат одержує до 11 % від суми позову).

Обговорення проблеми дає обґрунтоване твердження: *ДНК генетично модифікованих організмів так само безпечні, як і будь-яка інша ДНК харчових продуктів.* Побоювання щодо потенційної алергенності ГМ продуктів можна віднести також і на рахунок інших продуктів (цитрусові, шоколад тощо) та доведеної токсичності інгредієнтів харчових продуктів (синтетичних харчових добавок, залишків нітратів, пестицидів, афлотоксинів, важких металів тощо). У супермаркетах разом з хлібом можна вільно купити сигарети. Сьогодні майже весь **промисловий тютюн генетично модифікований**. Нікотин однозначно небезпечний для здоров'я (говорити про ризик — це «від лукавого» виробника). Крім нікотину, радіо-

нуклідів, смоли та інших небезпечних речовин токсичною є також селітра, яку додають до паперу, щоб сигарета не гасилася.

Ми споживаємо з їжею безліч ксенобіотиків. Дуже небезпечні консерванти, залишки стероїдних гормонів та антибіотиків у продуктах харчування. Жахливі прогнози щодо збільшення серед населення онкогенних та інших захворювань після двох десятиліть Чорнобильського лиха, на жаль, підтверджуються. Радіонукліди цезію і стронцію здійснюють свій природний розпад, а іонізуюче випромінювання не додає здоров'я популяціям виду *Homo sapiens L.*

У біологічному контексті дослідження понять «небезпека / ризик» необхідно говорити про існування небезпеки від споживання неякісного алкоголю та ризику — від надлишку якісного, заборона якого перманентно виникає і припиняється. Зазначимо, що генетично модифіковані лікарські препарати легко сприймають фахівці і населення усіх країн, і вони не викликають у них тривоги. ГМ мікроорганізми давно й активно використовують для виробництва антибіотиків, амінокислот, ферментів, вітамінів, вакцин та ін. Ніхто не протестує проти генно-інженерного інсуліну, якому діабетики віддали перевагу перед вітчизняним «свинячим».

Суспільно-громадський рух «зелених» занепокоєний появою «супербур'янів», оскільки багато ГМ сільськогосподарських рослин у певних ареалах здатні гібридизуватися з деякими дикими родичами. Вчені вивчають можливий екологічний ризик самочинної передачі нових генів від ГМ рослин до дикої флори (вітром, комахами). Водночас у реальних природних умовах перенесення генів від одних видів рослин до інших відбувається дуже рідко, інакше ми були б свідками постійного виникнення нових видів, чого насправді не спостерігається. Якщо ж у результаті перехресних запиленів і з'являться гібриди першого покоління F_1 , то вони практично не дають покоління F_2 [16, с. 11]. У цьому аспекті ГМ рослини нічим не відрізняються від звичайних, не модифікованих.

Отже, не зареєстровано жодних достовірних прикладів міграції трансгенів від ГМ рослин до інших, впливу ГМ рослин на біорізноманіття і структуру популяцій в агроценозах. Дослідження [3, 16, 18] свідчать, що **екологічний ризик при вирощуванні трансгенних рослин можна порівняти із ризиком випробування нових селекційних сортів, одержаних звичайним способом.** Усі ознаки (сполуки), які з'являються (чи з'являться) в трансгенних рослинах, вже існують в біосфері. Зазначимо, що бур'янів в природі немає, вони є тільки в антропоцентричній уяві людини. Бур'яни — це рослини, які еволюційно виникли упродовж мільйонів років, є ланцюгами в екосистемах, а людині для розв'язання продовольчих проблем вони заважають. Проти нових бур'янів знайдуть нові гербіциди. Вчені вивчають зміни біоти штучних агросистем (мікрофлори ґрунтів, комах та ін.), в яких ростуть трансгенні рослини, зокрема кумулятивні наслідки потрапляння трансгенного білка (*Bt*-токсину) на ґрунтову фауну і мікрофлору.

Якщо розглядати екологічну небезпеку діяльності людини з позицій біофілософії, то людина з моменту революційної появи на Землі виписала себе з класичного розуміння екології як біології екосистем. Еволюція людини незвичайна і не втискується в біологічні рамки еволюції за Ч. Дарвіном з таких причин: 1) людина вбиває людину, тобто заперечує еволюційний закон біологічного виживання виду — внутрішньовидове знищення в природі недоцільне — це, фактично, самознищення; 2) на відміну від усіх інших організмів людина не адаптується до природи, а відокремлюється від неї за допомогою знарядь праці, зброї, вогню, одягу, синтезу нових речовин (не існуючих в природі), добування корисних копалин та ін.; 3) тільки людина, з усіх живих істот Землі, знищує власну екологічну нішу — залишає після себе хімічне та фізичне «сміття», забруднює довкілля (в природі сміття немає, все трансформується в трофічних ланцюгах).

Уся планета залюднена повністю. Згідно із законом конкурентного витіснення *Г. Гаузе* [10]

конкуренція між видами на одній території тим сильніша, чим види ближчі за потребами у споживанні кормових ресурсів та просторі проживання. Заради свого існування людина усуває або знищує усіх біологічних конкурентів за природні ресурси, називаючи при цьому їх «шкідниками», «бур'янами» тощо. Хіба існували до появи людини на Землі шкідливі жуки чи корисні копалини? Звичайно, ні. Вони існують тільки в уяві людини.

Видається правомірним стверджувати: штучні урбо- та агроландшафти планети (разом з ГМ рослинами) знижують буферну ємність біосфери, яка забезпечує її гомеостаз. Аналіз шаленого за темпами техногенезу останніх 60 років свідчить, що головною причиною біологічної небезпеки є споживацька (незбалансована) промислова діяльність людини та карколомне ведення сільського господарства, які нелінійно підводять біосферу до точки біфуркації, і наукові сценарії майбутнього невтішні. Зокрема, серед основних причин деградаційних процесів екосистем України вчені [7] називають такі:

- ✦ зміни просторових характеристик, а саме: а) зменшення протягом історичного періоду площі лісів від 50 до 17 %, б) катастрофічно високий рівень розораності земель (55 % суходолу держави), в) сучасне зменшення площ лісосмуг (на чверть);
- ✦ структурно-функціональні зміни екосистем. Зокрема, знищено степ як біом (збереглося орієнтовно в дуже фрагментованому вигляді 4 % первинних площ), порушено та значною мірою знищено заплавні екосистеми, осушено близько 80 % боліт, зазнали деградації малі ріки і джерела;
- ✦ спорудження дамб та гребель на ріках (що призвело до суттєвого порушення міграційних шляхів риб і знищення нерестовищ);
- ✦ надексплуатація морських ресурсів та вселення видів-чужинців, що зумовило зменшення тільки вилову риби вдсятеро за двадцять років (від 70-х до 90-х років минулого століття), підірваність запасів мисливських видів тварин та природних рослинних ресурсів;

- ✦ інтенсивне хімічне забруднення довкілля і формування нових біогеохімічних провінцій;
- ✦ зміни ландшафтної сфери (масштабні «іригації» степових ділянок з подальшим розвитком процесів підтоплення та засолення, розбудова гігантських промислових та енергетичних об'єктів), що матимуть важкопрогнозовані наслідки, пов'язані з подальшим збідненням біорізноманіття.

Приклад екологічних негараздів в Україні не є унікальним. Цивілізація повинна вчасно зрозуміти: якщо збережемо біологічне і ландшафтне різноманіття, то воно збереже й нас. Тобто біосфері для відновлення і подальшого сталого розвитку системи «біосфера—супільство» важливішими є мільйони гектарів природних біомів тайги, джунглів, степів, боліт, океану тощо, а не урбоекосистеми (мегаполіси, сотні тисяч кілометрів автотрас тощо) та штучні агроландшафти сільськогосподарських культур (навіть без ГМО).

Існує незаперечний екологічний закон — лише 1 % чистої продукції фотосинтезу використовується в усіх ланках природних трофічних ланцюгів [10, 14, 15]. Перевищення цієї межі, наприклад шляхом вилучення частини продукції, порушує біотичну регуляцію вмісту CO₂ і O₂ в атмосфері. Надходження цієї частки тільки в антропогенний канал (в їжу, волокна, паливо тощо) стає загрозливим для існування сучасного стану біосфери.

Реалії сьогодення: зменшуються площі під сільськогосподарськими культурами, існує генетична межа їх урожайності; збільшується кількість населення планети; інтенсивно застосовуються мінеральні добрива і пестициди, які допомагають у боротьбі з голодом, але забруднюють довкілля; посилюється дефіцит родючості ґрунту (зменшується вміст гумусу); масштабно втрачається біологічне і ландшафтне різноманіття. Наша біосфера «спроможна» надійно прогодувати тільки один мільярд людей і при цьому, безболісно для себе, відновитися. Факт ХХІ століття — природні ресурси планети є джерелом достатку лише для країн «золото-

того мільярда», що ускладнює шлях до ноосфери В.І. Вернадського.

Створення і поширення ГМ рослин (рослин «зеленої революції-2») має пряме відношення до забезпечення людства їжею (особливо білком), оскільки тваринництво і рибальство майбутнього повністю цього «зробити» неспроможні з об'єктивних причин. За даними ООН кількість білка, одержаного з одного гектара сої, у три рази вища порівняно із пшеницею і у півтора рази вища, ніж у соняшника, що вважається найбільш рентабельною культурою [19]. Наші міркування такі: 1) існує екологічне правило Р. Ліндемана [10]: тільки 10 % енергії переходить з одного ланцюга трофічної піраміди на вищий, що є наслідком другого закону термодинаміки; 2) площа океану майже у 2,5 рази більша за площу суходолу, проте морські екосистеми фіксують сумарну сонячну енергію менш ефективно: суходіл дає майже удвічі рази більше продукції, ніж океан. Отже, *людство повинно вирощувати адаптовані до несприятливих умов середовища рослини, одержувати з них калорійні з високим вмістом протеїну продукти та спускатися вниз харчовим ланцюгом, зокрема до сої, а не втрачати 80–90 % вирощених рослин на годівлю тварин.*

Найважливішими задачами генних інженерів рослин є: здійснення генетичної трансформації злакових щодо їх спроможності фіксації атмосферного азоту; підвищення ефективності фотосинтезу сільськогосподарських рослин (створення пластидних трансгенів); створення стерильних ГМ рослин та ін.

На закінчення дозвольте висловити деякі зауваження щодо системних заходів для поліпшення стану біобезпеки та здоров'я населення в нашій державі.

Для припинення руйнівних процесів і досягнення екологічної рівноваги необхідно максимально відновити природний каркас території України шляхом нарощування площі екомережі та відновлених (оздоровлених) ландшафтів. Тому поширення чи заборона ГМ рослин принципово не вирішують проблеми біо- та екобез-

пеки. До загальної схеми екомережі України мають входити [7]:

1) природні регіони, в яких зосереджено існуючі чи будуть створюватися нові об'єкти природно-заповідного фонду (Азовський, Донецько-Приазовський, Західно-Поліський, Карпатський, Кримський гірський, Нижньодніпровський, Нижньодунайський, Подільський, Придонецький, Середньодніпровський, Східний Поліський, Таврійський, Центральний Поліський, Чорноморський);

2) основні комунікаційні елементи національної екомережі, серед яких: а) екокоридори за географічною широтою (забезпечують природні зв'язки зонального характеру) – Поліський (зона лісів), Галицько-Слобожанський (зона лісостепу), Південноукраїнський (зона степів), Прибережно-морський (прибережна морська смуга Азовського і Чорного морів); б) меридіональні природні коридори (об'єднують водні та заплавні ландшафти в просторі долин великих річок) – Дніпровський (долина р. Дніпра), Дністровський (долина р. Дністер), Бузький (долини р. Західного і Південного Бугу), Сіверсько-Донецький (долина р. Сіверський Донець).

Формуванні екомережі реально поліпшить стан біогеоценозів України за рахунок: стабілізації гідрологічного режиму (захисту поверхневих і підземних вод), припинення ерозії, поліпшення ґрунтів, збереження відновлювальних ресурсів, підтримки балансу природних процесів, забезпечення природних шляхів міграції та розширення видів біоти, зменшення забруднення приземного шару атмосфери. Водночас можна очікувати позитивні зміни соціально-економічного плану: збереження історичної спадщини та розвитку традиційно невиснажливих форм господарювання (бджільництво, риборозведення, натуральне пасовищне скотарство, садівництво), оптимізація в екологічному контексті співвідношення площ різного використання та їх територіального розміщення, створення комфортних для здоров'я умов проживання. Але це вже тема окремого обговорення.

ВИСНОВОК

Поширення і використання генетично модифікованих організмів (ГМО) — вірусів, бактерій, дріжджів, грибів, рослин та тварин — реальність сучасної світової науки. Це процес необоротний. Вчені покладають надію на трансгенні організми: вирощування їх є значно дешевшим, вони меншою мірою забруднюють довкілля пестицидами, допомагають розв'язати проблему біопалива, не потребують залучення нових площ та ін. Як і будь-який витвір людського розуму (ніж, літак, ліки, горілка, мінеральні добрива, консерви, атомна енергетика тощо) ГМ рослини створюють певний ризик, але пряма небезпека їх для здоров'я людини та сільськогосподарських тварин науково не доведена. Явну небезпеку для збереження біорізноманіття і здоров'я людини складають кислотні опади, знищення озонового екрану, радіонукліди, пестициди, важкі метали, нітрати, нітрити, нітрозаміни, мікотоксини, штучні консерванти, різноманітні синтетичні харчові домішки та інші ксенобіотики.

Принципова полеміка навколо ГМО корисна, оскільки спонукає генних інженерів постійно поліпшувати конструкції, посилювати контроль за наслідками. Отже, ідея ГМО «працює» на користь стратегії виживання людства в умовах стрімкого росту населення і виснаження біоресурсів.

Послідовна еквівалентність і пересторога — два принципи усіх міжнародних нормативно-правових документів щодо біобезпеки при вирощуванні ГМ рослин і споживання продуктів з них. Суспільство має право робити вибір — споживати органічну чи генетично трансформовану їжу. Державі необхідно обов'язково забезпечити маркування ГМ продуктів, хоча інформування населення про вміст ГМ компонентів не стосується питань біобезпеки, а є лише повідомленням про вміст у продуктах певних компонентів, аналогічно, як на етикетках вказують присутність різних інгредієнтів: барвників, харчових добавок, згущувачів тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блюм Я., Борлауг Н., Сужик Л., Сиволан Ю. Современные биотехнологии — вызов времени. — К.: РА Nova, 2002. — 102 с.
2. Блюм Я., Новожилов О. Трансгенні рослинні організми: економічний ефект і ризики для біоти. Міжнародний симпозиум «Проблеми біологічної безпеки при впровадженні генетично змінених організмів: нові наукові підходи, регуляція та суспільне сприйняття» (10–14 травня 2006 р., м. Ялта) // Вісник НАН України. — 2006. — № 9. — С. 56–59.
3. Глазко В.И. Генетически модифицированные организмы: от бактерии до человека. — К.: КВИЦ, 2002. — 210 с.
4. *Ектофитология*: основы экологично безопасного харчування: навч. посіб. / Димань Т.М., Барановський М.М., Білявський Г.О. та ін. — К.: Лібра, 2006. — 304 с.
5. Ермакова И.В. Влияние сои с геном EPSPS CP4 на физиологическое состояние и репродуктивные функции крыс в первых двух поколениях // Современные проблемы науки и образования. — 2009. — № 5. — С. 15–21.
6. Колотовкина Я.Б., Наумкина Е.М., Чижова С.И. и др. Методы идентификации и мониторинг трансгенных компонентов в продуктах питания // Докл. РАСХ. — 2008. — № 5. — С. 44–47.
7. Мовчан Я.І. Збереження біотичного різноманіття України (методологія, теорія, практика): Дис. ... докт. біолог. наук: 03.00.16. — К., 2008. — 536 с.
8. Назарова А.Ф., Ермакова И.В. Влияние соевой диеты на репродуктивные функции и уровень тестостерона у крыс и хомячков // В мире научных открытий. Биологические науки. — 2010. — № 4(10). — Ч. 1. — С. 13–18.
9. Оценки влияния ГМО растительного происхождения на развитие потомства крыс в трех поколениях / Н.В. Тышко [и др.] // Вопросы питания. — 2011. — Т. 80. — № 1. — С. 14–25.
10. Реймерс Н.Ф. Экология: Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. — М.: Россия молодая, 1994. — 366 с.
11. Рудишин С.Д. Основы биотехнологии растений: навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.]. — Вінниця: МП «Запал», 1998. — 224 с.
12. Рудишин С. Генетично модифіковані рослини: ризик чи небезпека // Біологія і хімія в школі. — 2009. — № 4. — С. 40–43.
13. Рудишин С.Д. Проблеми біобезпеки при використанні ГМ-рослин // Актуальні проблеми прикладної генетики, селекції та біотехнології рослин: Зб-к наук. пр. — Т. 131. — Ялта: Никитский ботанический сад, 2009. — С. 187–192.
14. Рудишин С.Д. Біологічна підготовка майбутніх екологів: теорія і практика. — Вінниця: ВМГО «Темпус», 2009. — 394 с.

15. Рудышин С.Д. Які біологічні знання можна вважати науковими для сучасної екології? // Науковий світ. — 2010. — № 5. — С. 5–6.
16. Сорочинський Б.В. Екологічні ризики від випуску й використання генетично модифікованих рослин // Физиология и биохимия культ. растений. — 2008. — Т. 40. — С. 3–14.
17. Соя, изофлавоны и атеросклероз / В.Н. Залесский, Н.В. Великая // Проблемы харчування. — 2009. — № 3/4. — С. 15–24.
18. Шахбазов А.В., Яковлева Г.А., Родькина И.А., Картель Н.А. Плейотропные эффекты гена хитиназы из *Serratia phymuthica* в трансгенном картофеле // Цитология и генетика. — 2008. — № 2. — С. 3–9.
19. Lockwood B. (Ed.). Nutraceuticals. — London: Pharm. Press, 2007. — 426 p.

С.Д. Рудышин

ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ РАСТЕНИЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Процесс выращивания генетически модифицированных (ГМ) растений необратимый. Научных данных о том, что ДНК продуктов питания встраиваются в генетический материал клеток человека, нет. Осознание и предосте-

режение — вот два принципа международных нормативно-правовых документов относительно безопасности при выращивании и потреблении генетически трансформированных растений. Но маркирование пищевых продуктов с примесями ГМО должно быть обязательным.

Ключевые слова: генетически модифицированные растения, трансгенез, биобезопасность.

S.D. Rudyshin

GENETICALLY MODIFIED PLANTS: UTILIZATION PROBLEMS AND PERSPECTIVES

Process of genetically modified (GM) plants spreading is an irreversible process. There are no scientific evidences that DNA of nutrition products is inserted in the genetic apparatus of human cells. Awareness and warning are two principles of international legal documents concerning safety during the growth and consumption of GM plants. But the labeling of food products with GM impurities should be mandatory.

Key words: GM plants, transgenesis, biosafety.

Стаття надійшла до редакції 14.02.11