

УДК 604.6: 581

Рудишин С.Д. (Україна,Вінниця)

ТРАНСГЕННІ РОСЛИНИ І ПРОБЛЕМА БІОБЕЗПЕКИ

Створення і впровадження генетично модифікованих організмів (ГМО) є однією з науково-політичних проблем. В цьому контексті важливо оцінити місце України в процесі розвитку новітніх біотехнологій та її власні економічні інтереси як потужного виробника продовольства. Вважаємо, що полеміка навколо ГМО корисна, оскільки спонукає науковців поліпшувати конструкції, посилювати контроль за наслідками і, отже, «працює» на користь стратегії виживання людства в умовах стрімкого росту населення і виснаження біоресурсів.

Необхідно констатувати, що ЗМІ, а не наукові журнали, з самого початку робіт у цьому напрямку наділили ГМО «презумпцією винності». Особливо це питання загострила російська дослідниця І. Єрмакова, – поширення ГМО приводить до розвитку безпліддя, спалаху онкологічних захворювань, появи генетичних потвор, алергічних реакцій, збільшення рівня смертності людей і тварин, різкого скорочення біорізноманіття та погіршення стану довкілля [5, 8]. Така думка одержали широкий розголос і стали предметом активного обговорення в Інтернеті та друкованих виданнях; на неї посилаються в якості доказу небезпечності ГМ продуктів. В більшості країн розпочався громадський рух за створення зон, вільних від ГМО. У ряді країн прийнято на законодавчому рівні обмеження щодо вивільнення ГМО в навколишнє середовище.

Зазначимо, чим менший запас в пересічній людині біологічних знань, тим більший страх у населення щодо безпеки від споживання ГМО. Генетики більш толерантні [1-3, 6, 9, 14, 15]. За таких умов важливим стає професійне розуміння проблеми, здійснення заходів щодо захисту громадян від можливих ризиків використання ГМО. З цього приводу, починаючи з 2007 р., провідний журнал «Nature Biotechnology» розпочав на своїх сторінках наукову дискусію з І. Єрмаковою та прихильниками заборони ГМО. Вчені з різних країн сформулювали свої заперечення і запитання щодо чистоти експерименту та висновків, зроблених І.Єрмаковою. Зокрема, не викликають довіри дані І. Єрмакової щодо 51,6 % смертності щурят від самок, які одержували ГМ 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 визнаним протоколам, що пояснює високу смертність щурів навіть в контролі. Річ в тім, що свіжа соя містить отруйний білок – інгібітор трипсину, що нейтралізується інтенсивним пропарюванням. Експерти зауважують, що І. Єрмакова про це не говорить. Якщо насіння сої тільки намочують і не пропарюють, то такий продукт для щурів є отруйним. Крім того, не 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. За усім ходом наукової дискусії можна прослідкувати на сайті www.gmo.ru.

За останні 30 років біотехнологія, використовуючи рекомбінантні (гібридні) ДНК, перетворилась на метод дослідження і виробництва продукції одночасно. ДНК-технології дозволяють відбирати і вводити в рослини конкретні гени. 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, 14]. Технологія створення ГМ рослин складається з багатьох етапів, серед яких такі: 1) одержання генів, створення векторів; 2) трансформація клітин (зокрема, за допомогою бактеріальних плазмід); 3) підтвердження трансформації (виявлення працюючого гена); 4) регенерація цілої рослини з трансформованих клітин.

Перші трансгенні рослини були одержані у 1983 році; перший харчовий ГМ продукт (сир), виготовлений із використанням ГМ ферменту, був дозволений у США у 1990 році. Сьогодні ГМ культурами (соєю, ріпаком, бавовником, кукурудзою) у 29 країнах світу засіяно майже 30% площі сільськогосподарських земель. Особливо значні площі зайняті під трансгенними культурами у США, Аргентині, Канаді, Бразилії, Китаї. У Європі вирощують ГМ рослини в Іспанії, Швейцарії, Румунії, Болгарії. Отже, ГМ продукти у різному вигляді останні 15 років споживають сотні мільйонів людей у різних, у тому числі й найбільш розвинених, країнах.

Ми не ставимо за мету агітувати «за» чи «проти» ГМО. Доцільно розглянути **аргументи науковців щодо 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 протиприродними? Однакові триплети кодують 20 природних амінокислот, які є складовими усіх білків біосфери. Усі метаболіти рослин (і трансгенних теж) вже існують в природі. Тобто, якщо ГМ рослини містять речовини отруйної чи фармакологічної дії (певні алкалоїди, терпеноїди, глікозиди, флавоноїди та ін.) то біобезпека пов'язана із дослідженням алергенної, токсичної, канцерогенної дії ГМ продуктів на людину і тварини. Зокрема, колхіцин – алкалоїд рослини крокус осінній – є мітозною отрутою (проникаючи у клітини, що діляться, колхіцин руйнує ахроматинове веретено, дочірні клітини не розходяться до полюсів, цитокінез не відбувається і число хромосом подвоюється).

Варто підкреслити, що в Європі давно діє норма вмісту ГМО в продуктах харчування – не більше 0,9%, в Японії – 5%. У США і Канаді відсутні державні вимоги щодо обов'язкового маркування ГМ товарів. В Україні у 2008 р. було прийнято державний стандарт, відповідно до якого всі продукти харчування, що містять ГМО більше 0,9 %, потрібно маркувати. Офіційно – жодного виду ГМ рослин в Україні не вирощують. Але

реально лабораторії Укрметрестандарту з генетично-молекулярних досліджень виявляють у продуктах такі ГМ компоненти, як соєвий білок та картопляний крохмаль; деякі м'ясні і молочні продукти містять до 4% ГМО (ковбаси, сосиски, пельмені, йогурти та ін.). Річ в тім, що 1 кг соєвого білка спроможний вбирати до 3-х літрів води, що значно здешевлює продукт. 80% такої сої (переважно трансгенної) закупляється в Європі.

Зазначимо, що у США біобезпеку контролюють одночасно три федеральних органи [1, 3]. Причому вимоги до оцінки ГМ продуктів більш високі, ніж до звичайних сортів. *Медико-генетична оцінка* передбачає аналіз усіх внесених генів в рослину (трансгенів, маркерів, промоторів, термінаторів) за допомоги полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР). Зокрема, ГМ рослини містять однакові послідовності промотора 35S і термінатора NOS, що дозволяє ідентифікувати наявність ГМО в продукті. Використання спеціалізованих ДНК-мікродіагностик дозволяє проводити масовий скрінінг продуктів та 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 впливу ГМО на імунний статус; визначають їх мутагенну, канцерогенну та нейротоксичну дію. 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 травному тракті людини чужа ДНК руйнується ферментами нуклеазами до мономерів – нуклеотидів, які всмоктуються клітинами для власних потреб. Нуклеази однаково «рідуть» ДНК вірусів, бактерій, рослин, грибів чи тварин. Майже 150 тисяч років людство з каріотипом кроманьонця (*Homo sapiens*) споживає чужорідну ДНК з м'ясом, рибою, овочами, фруктами і буде «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 (*E. coli*) майже 17% ДНК має еукаріотичне походження. Щосекунди ми контактуємо з генетичним апаратом вірусів і бактерій, який зі «злимими» намірами (з погляду людини) атакує наш геном. Деякі віруси і ділянки плазмід бактерій мають природний механізм вбудовування в генетичний апарат еукаріотів і навіть успадковуються (наприклад, вірус герпесу, що передається аналогічно ВІЛ). Це несе небезпеку життю і здоров'ю людини. Ніхто 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 всюдишні 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 [1, 3, 9]. Є підстави для ствердження, що в процесі еволюції системи травлення виробили захисні механізми від простої передачі генів з продуктів живлення. 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 з живих організмів. Майже усі ГМ рослини містять однакові природні послідовності ДНК, які регулюють роботу трансгена, а саме, промотор 35S (з вірусу мозаїки цвітної капусти) і термінатор NOS (з ґрунтової бактерії *A. tumefaciens*). Опосередкованим аргументом щодо безпечності ГМ продуктів є факт, що у не зафіксовано жодного судового позову щодо компенсації загрози здоров'ю від споживання ГМО (хоча адвокат одержує до 11% від суми позову). ГМ лікарські препарати легко сприймають фахівці і населення. Прикладами таких ліків є рекомбінантний інтерферон, генно-інженерний інсулін. ГМ мікроорганізми давно й активно використовують для виробництва антибіотиків, амінокислот, ферментів, вітамінів, вакцин та ін.

Отже, *ДНК з генетично модифікованих організмів так само безпечні, як і будь-яка інша ДНК харчових продуктів.* Побоювання щодо потенційної алергенності ГМ продуктів можна віднести і для інших продуктів (цитрусові, шоколад тощо) та доведеної токсичності інгредієнтів харчових продуктів (синтетичних харчових добавок, залишків нітратів, пестицидів, афлотоксинів, важких металів тощо). Сьогодні майже весь промисловий тютюн генетично модифікований. Нікотин однозначно небезпечний для здоров'я. Дуже небезпечні радіонукліди, консерванти, залишки стероїдних гормонів та антибіотиків в продуктах харчування.

Існує занепокоєння щодо появи «супербур'янів», оскільки багато ГМ культурних рослин у певних ареалах здатні гібридизуватися з 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 запилень і з'являться гібриди першого покоління F_1 , то вони практично не дають покоління F_2 [14, с. 11]. У цьому аспекті ГМ рослини нічим не різняться 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, 14 15] 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 уязві людини. Бур'яни – це рослини, які еволюційно виникли, є ланцюгами в екосистемах, а людині для розв'язання продовольчих проблем заважають. Проти нових бур'янів знайдуть нові гербіциди. Вчені вивчають зміни біоти штучних агросистем (мікрофлори ґрунтів, комах), в яких ростуть трансгенні рослини, зокрема кумулятивні наслідки потрапляння трансгенного Bt-токсину на ґрунтову фауну і мікрофлору.

Уся планета залюднена повністю. Згідно із законом конкурентного витіснення Г. Гаузе [10] конкуренція між видами на одній території тим сильніша, чим види ближче за потребами у споживанні кормових ресурсів та просторі проживання. Людина знищує усіх біологічних конкурентів, називаючи при цьому їх «шкідниками», «бур'янами» тощо. Існує незаперечний закон, – лише 1% чистої продукції фотосинтезу використовується в усіх ланках природних трофічних ланцюгів [10, 13]. Надходження цієї частки тільки в антропогенний канал (в їжу, волокна, паливо тощо) стає загрозливим для існування біосфери. Біосфера «спроможна» надійно прогнати тільки один мільярд людей і при цьому, безболісно для себе, відновитися. Це підтверджує факт ХХІ століття – природні ресурси планети є джерелом достатку лише для країн «золотого мільярда». 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. 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 протейну продукти та спускатися вниз харчовим ланцюгом, зокрема до сої, а не втрачати 80-90% енергії їжі на годівлю тварин.** Отже, сьогодні існує ризик як від застосування, так й незастосування трансгенів. Найважливішими задачами генних інженерів рослин є: здійснення генетичної трансформації злакових щодо їх спроможності фіксації атмосферного азоту; підвищення ефективності фотосинтезу рослин (створення пластидних трансгенів); створення стерильних ГМ рослин та ін.

Висновок

Поширення і використання ГМО – реальність сучасного світу, процес необоротний. ГМ рослини створюють для того, щоб змінити їх агробіологічні показники, а саме: забезпечити стійкість до шкідників і хвороб, гербіцидів, засолення, дії екстремальних температур; стабілізувати якість кінцевої продукції (склад, колір, тривалість зберігання); розв'язати проблему біопалива, вирішити питання очищення довкілля від пестицидів, важких металів; уможливити синтез певних лікарських сполук в рослинах. Як і будь-який витвір людського розуму (літак, динаміт, атомна енергетика, Інтернет тощо) ГМ рослини створюють певний ризик (алергію, ожиріння), але пряма небезпека їх для здоров'я людини та тварин науково не доведена. Явну небезпеку для збереження біорізноманіття і здоров'я людини складають радіонукліди, пестициди, важкі метали, нітрати, штучні консерванти, синтетичні харчові домішки, діоксини та інші ксенобіотики. Усвідомлення і пересторога – два принципи усіх нормативно-правових документів щодо біобезпеки при вирощуванні ГМ рослин і споживання продуктів з них. Суспільство має право робити вибір, яку їжу споживати. Державі для суспільної злагоди з позиції біотики необхідно забезпечити обов'язкове маркування ГМ продуктів, вилучення ГМО з продуктів дитячого харчування. Але інформація 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, консервантів та інших харчових добавок.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Блюм Я., Борлауг Н., Сужик Л., Сиволап Ю. Современные биотехнологии – вызов времени. – К.: РА NOVA, 2002. – 102 с.
2. Блюм Я., Новожилов О. Трансгенні рослини організми: економічний ефект і ризику 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.: Изд-во «КВИЦ», 2002. – 210 с.
4. Екотрофология : основы экологично безпечного 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. ... доктора 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. Оценка 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. – 366с.
11. Рудишин С.Д. Основи біотехнології рослин. – Вінниця : МП «Запал», 1998. – 224 с.
12. Рудишин С.Д. Проблеми біобезпеки при використанні ГМ-рослин // Актуальні проблеми прикладної генетики, селекції та біотехнології рослин : зб. наук. пр. – Т. 131. – Ялта: Никитский ботанический сад, 2009. – С. 187-192.

13. Рудишин С.Д. Біологічна підготовка майбутніх екологів: теорія і практика. – Вінниця : ВМГО «Темпус», 2009. – 394 с.
14. Сорочинський Б.В. Екологічні ризики від випуску й використання генетично модифікованих рослин // Физиология и биохимия культ. растений. – 2008. – Т. 40. – С. 3-14.
15. 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.

УДК 330.15

Сахарнацька Л. І. (Україна, Ужгород)

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

Нині вже загально визнаною є визначальна роль лісів у підтриманні стабільності біосфери завдяки сприянню збереженню біорізноманіття та глобальному впливу на клімат планети (Ріо—1992). Ліси виконують важливу роль і на регіональному та місцевому рівнях як ключові елементи ландшафтів, що забезпечують їхній стабільний розвиток, оптимальні умови життя, захист ґрунтів, вод і біорізноманіття від деградації. Це істотно вплинуло на ставлення до лісових ресурсів, спричинило зміну їхньої структури і зміщення пріоритетів лісокористування з економічних на екологічні. Людство вступило у нове століття з усвідомленням наслідків своєї діяльності і задумується над необхідністю змін у майбутньому. Технічний, інтелектуальний та економічний потенціал навіть розвинутих країн світу не в стані забезпечити належний рівень екологічної безпеки для своїх громадян з огляду на екологічну ситуацію як на територіях країн-сусідів, так і на планеті загалом.

Програму щодо збереження багатогранної ролі і різноманітних функцій усіх видів лісів планети, а також відповідні принципи ведення лісового господарства визначено на конференції в Ріо у «Принципах лісівництва» [7]. Базуючись на них, концепцію сталого розвитку лісової галузі можна сформулювати як управління лісами та використання лісових угідь такими способами і з такою інтенсивністю, при яких забезпечувалися б формування та функціонування механізму підтримання стабільного розвитку екосистем лісу та ландшафту в цілому, їхнього біорізноманіття, продуктивності, здатності до відновлення, життєздатності та спроможності виконання ними як нині, так і в майбутньому екологічних, економічних, соціальних та інших функцій на місцевому, національному і глобальному рівнях [8, 9]. Цієї мети можна досягти лише за умови екосистемного дотримання в лісовому господарстві міжнародних пріоритетів в управлінні: системного, міжсекторально узгодженого підходу; еколого-економічних методів господарювання; застосування ринкових механізмів стимулювання прогресивних дій; моделювання й прогнозування наслідків діяльності; використання нових інформаційних технологій; прозорості прийняття рішень з урахуванням інтересів усіх природокористувачів; належного ресурсного та інституційного забезпечення діяльності. Це має забезпечити ціннісно збалансоване і невиснажливе використання земельних ресурсів, оптимізацію лісистості території, захист уразливих екосистем, збереження та відновлення біорізноманіття, забезпечення сталого розвитку певних природно-територіальних таксонів [6].

Гонитва за економічною ефективністю, надприбутком, швидким заробітком призвела до реалізації цілої низки екологічно небезпечних проектів у народному господарстві, впровадження на підприємствах технологій, які не враховували наслідків їхньої діяльності для довкілля, випуску окремих видів продукції, що мала і має негативний вплив на здоров'я людей [4].

По суті, ідея сталого розвитку ґрунтується на зміні структури виробництва і споживання, притаманних промислово розвинутим країнам і копійованих більшістю інших країн. З огляду на це, "...настала потреба домовитися про шляхи забезпечення економічного росту за умови одночасного зменшення витрат енергії, сировини й відходів і такого збалансування структур споживання в усьому світі, яке Земля могла б витримати протягом тривалого часу [1]. Стратегія сталого розвитку має передбачати комплексне розв'язання проблем соціально-економічного розвитку та охорони навколишнього природного середовища.

Для України на сучасному етапі розвитку характерним залишається екстенсивний характер природокористування та ресурсоспоживання.

Гарантування екологічної безпеки та економічної стабільності в державі можливе лише за умов дотримання таких принципів сталого розвитку:

- у використанні надр: обмеження розвитку сировинних і напівфабрикатних виробництв, зменшення експорту продукції видобувних та інших ресурсо- й енергомістких галузей, розвиток виробництв із завершеним технологічним циклом;
- у промисловості: екологізація виробництва, зменшення його техногенного навантаження на довкілля, зменшення енерго- та матеріаломісткості продукції, перехід на нові екологічно безпечні технології виробництва;
- у сільському господарстві: розвиток і модернізація переробної сфери, зменшення втрат при переробці продукції, формування екологічної збалансованості сільськогосподарського виробництва у регіонах з урахуванням їх природно-ресурсного потенціалу, якісна зміна структури харчування населення;
- у переробній промисловості: забезпечення економії первинних ресурсів і розв'язання проблем утилізації відходів виробництва через удосконалення структури розміщення виробництва, формування виробничих комплексів замкнутого циклу;