

ГМО: ЗА І ПРОТИ

Александрович М.Ю., студент третього курсу агрономічного факультету; Заблоцька О.С., д.пед.н., доцент, науковий керівник

Зовсім нещодавно в наше життя увійшло поняття «ГМО». Ми повсякчас зустрічаємо цю аббревіатуру на етикетках харчових продуктів, напоїв та питної води. Що ж таке ГМО? Яка його хімічна природа? Які обсяги й наслідки упровадження ГМО в наше життя?

ГМО – це генетично модифікований організм, генотип якого було змінено з допомогою методів генної інженерії шляхом перенесення генетичного матеріалу з одного організму в інший з використанням технології рекомбінації макромолекул дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК). Відомо, що ці макромолекули складаються з нуклеотидів (аденозинмонофосфату, гуанозинмонофосфату, цитидинмонофосфату і тимідинмонофосфату). Зазначені нуклеотиди побудовані із залишків азотистих основ (аденіну, гуаніну, цитозину або тиміну), вуглеводу дезоксирибози та ортофосфатної кислоти. Нуклеотиди або їх сукупності, які програмують синтез тих, чи інших білків, називаються генами.

Генетичні зміни в макромолекулах ДНК організмів можуть відбуватися різними шляхами. Розрізняють природний та штучний мутагенез, а також генетичну модифікацію. На відміну від мутагенезу, що супроводжується окремими мутаціями в генотипі організмів, генетичні модифікації вирізняються направленою зміною генотипу (здійснюються в наукових та сільськогосподарських ці-

лях) і являють собою вставку або делецію генів чи їх сукупності з іншого виду (утворені організми називаються трансгенними) або кількох видів організмів (це горизонтальне перенесення генів).

Як створюють ГМО? Регулюванням роботи генів у клітині займаються спеціальні білки – особливі ферменти. Група таких ферментів може розрізати і зшивати ДНК у певних місцях. У природі це відбувається внаслідок проходження величезної кількості генетичних процесів. Під час проведення генетичних модифікацій молекулярний біолог, маючи в арсеналі набір відповідних ферментів, може в пробірці «розрізати» і «зшити» шматки ДНК в заданому районі, вбудовуючи потрібний ген у певне місце макромолекули. Поруч із вбудованим геном, як правило, вноситься маркер – касета стійкості до антибіотику. Клітина отримує новий ген й одночасно стає стійкою до антибіотику. За цією ознакою її можна відрізнити від інших клітин, в які перенесення генетичної конструкції з якихось причин не відбулось.

Існує кілька методів надходження генетичного матеріалу в ДНК: мікроін'єкції в ядро, внесення генів у складі вектору (наприклад, вірусу) та за допомогою «пострілу» з так званої генетичної рушниці у складі мікрочастинок (золотих чи вольфрамових). Можуть також використовуватися й природні форми перенесення генів, зокрема відома здатність окремих бактерій постачати генетичний матеріал у клітини рослин (*Agrobacterium tumefaciens*) чи тварин (лентівіруси).

Трансгенні організми здатні передавати штучно змінену ДНК з покоління в покоління: діти ГМО – теж ГМО. Ззовні вони можуть нічим не відрізняються від звичайних, але в природі провокують генетичне забруднення, передаючи генетичні зміни диким родичам. Наприклад, створений компанією «Новартіс» сорт кукурудзи містить ДНК кукурудзи, одного вірусу і двох видів бактерій. Ще одним «дивом генної інженерії» є сорт помідорів, для морозостійкості якого в овочі вживлено ген медузи. Важко навіть уявити масштаби забруднення та генетичні наслідки такого поєднання в «геномі» біосфери.

Перші роботи з ГМО розпочалися в 70-ті роки ХХ ст. Згідно з рішенням Асиломарської конференції (Каліфорнія, 1975 р.) на ці дослідження було накладено мораторій. Його було оголошено піс-

ля створення перших рекомбінантних бактерій (1973 р.) з бактерій *E. coli*, які експресували ген Сальмонелли. Пізніше було досягнуто домовленостей щодо врахування у виведенні трансгенних організмів можливих ризиків та етичних проблем.

Перша компанія (Genentech, США), яка почала здійснювати рекомбінування ДНК, була заснована в 1975 році Гербертом Бойєром. У 1978 році було створено лінію *E. coli*, що виробляла людський білок інсулін та фактори згортання крові для лікування гемофілії.

Першими трансгенними тваринами стали миші, в геном яких було вбудовано ген, що кодує гормон росту пацюка, з'єднаний із сильним промотором. Він стимулюється, якщо в раціоні мишей є важкі метали. В результаті при годуванні важкими металами такі миші в два рази швидше росли й досягали вдвічі більших розмірів.

В перших експериментах по застосуванню ГМО в навколишньому середовищі (1986 р.) взяли участь «ice-minus» бактерії, отримані з вихідної бактерії, що живе на багатьох рослинах і робить їх чутливими до заморозків завдяки виділенню білка, який сприяє утворенню на рослинах кристалів льоду. В «ice-minus» бактерій було видалено ген, що кодує цей білок. Рослини, на яких розбризкували суспензію зазначених бактерій, ставали стійкішими до заморозків. На початку 90-х років XX ст. було розпочато роботи по створенню трансгенних бактерій, які могли б швидко усувати деякі з найбільш токсичних забруднювачів у навколишньому середовищі.

Широке комерційне культивування ГМО розпочалося в середині 90-х років і зростає з кожним роком. Допуск на ринок харчових продуктів отримують лише ті лінії організмів, безпечність яких наразі науково доведена. Однак, слід зазначити, що для об'єктивізації всіх наслідків вживання продуктів з ГМО необхідно не менше 40-50 років.

Нині одним із найперспективніших напрямків генної інженерії є «вирощування ліків на фермі», тобто отримання з молока трансгенних тварин великої кількості рідкісних або дорогих білків, що застосовуються у медицині. Йдеться про білки, які неможливо добути з бактерій. Зокрема, якщо в гені людини, що кодує білок крові альфа-1-антитрипсин відбуваються мутації, то це призводить до

неконтрольованої активності еластази і в кінцевому рахунку – до емфіземи легень. Фахівцями в галузі генної інженерії (Единбург, 1987 р.) у геном вівці було внесено відповідний ген. Завдяки цьому в молоці трансгенних овець з'явилося 50 % необхідного для людини білка (від загальної кількості білка в молоці). З такого молока виготовляють препарат для лікування емфіземи в людини.

Подібним чином у березні 2011 року вдалося експресувати рекombінантний людський лізоцим у молоці великої рогатої худоби.

Серед інших досягнень генної інженерії тварин такі: лінію акваріумних рибок, що світяться в темряві; лінію свиней, які втрачають на 30–70,7 % менше фосфору з екскрементами, ніж звичайні (Канада, 1999 р.); лінію приматів, на основі якої планується досліджувати хвороби Паркінсона, аміотрофічного латерального склерозу та Гантінгтона (Японія, 2009 р.); створено лінію комарів, стійких до малярії (2010 р.); лінію лососів, які ростуть в 10 разів швидше, ніж звичайні, а їх вага у 30 разів перевищує норму; лінію корів, що виробляють молоко з такими ж властивостями, як молоко людини завдяки перенесенню в геном корів людських генів (Китай, 2011 р.).

Генна інженерія в рослинництві спрямована на створення трансгенних рослин з такими ознаками, як стійкість до різного роду гербіцидів, шкідників, несприятливих умов зовнішнього середовища (солестійкість, засухостійкість, тощо) чи набуття нових якостей харчового значення. Для привнесення чужорідної ДНК-конструкції в геном однодольних рослин використовується біолістичний метод, який передбачає використання золотих або вольфрамових носіїв діаметром 0,4–1,2 мкм із закріпленою на них специфічною ДНК-конструкцією, за допомогою яких здійснюється «обстріл» під високим тиском рослинної тканини чи поодиноких клітин.

Трансформування дводольних рослин відбувається за участю ґрунтової бактерії *Agrobacterium tumefaciens*, завдяки чому підвищується їх урожайність, поживна цінність, зменшується час росту та дозрівання.

З метою усунення необхідності використання пестицидів у рослини вводять гени природних пестицидів. Однак наслідки цих експериментів ще не зовсім вивчені.

Перше повідомлення про успішне створення ГМ рослини з'явилося у 1983 році, де описувалось перенесення гену стійкості до комах у рослини тютюну. Першими трансгенними рослинами, дозволеними для харчування людини, стали томати, створені каліфорнійською компанією Calgene. Вони мали покращену здатність до зберігання завдяки гену полігалактуронази.

Зараз трансгенні рослини вирощуються у 25 країнах, в яких проживає 3,6 млрд. або 54 % світового населення. Шість країн з найбільшими площами вирощування ГМ культур – це США (64,0 млн. га), Бразилія (21,4 млн. га), Аргентина (21,3 млн. га), Індія (8,4 млн. га), Канада (8,2 млн. га), та Китай (3,7 млн. га). Решта 7 млн. га площ посівів трансгенних рослин припадають на 19 інших країн світу. ГМ рослини дозволені для ввезення та використання в 32 країнах світу як продукти харчування для людини і тварин.

Загальна комерційна цінність ГМ біотехнологічних культур, вирощених у 2008 році, була оцінена у 130 мільярдів доларів. Найбільше вирощують ГМ сою, кукурудзу та бавовну.

Згідно з даними Міжнародної служби з придбання агробіотехнічних розробок (ISAAA), у 2010 році близько 15 мільйонів фермерів вирощували генетично модифіковані культури в 29 країнах світу.

Нині ГМО використовуються в біологічних та медичних дослідженнях, виробництві ліків, генній терапії, в сільському господарстві, харчовій промисловості тощо. З їх допомогою вивчаються закономірності розвитку деяких захворювань людини, процеси старіння та регенерації.

Генетично модифіковані продукти (ГМП) стали одним із досягнень ХХ століття. Транснаціональні корпорації стверджують, що з їх допомогою буде подолано голод на планеті. Нині у своїй продукції застосовують ГМО такі відомі торгові марки, як «Nestle», «Stimorol», «Lipton», «Coca-Cola» та ін. Близько 30 % сировини, трансгенних злакових культур та кукурудзи, які використовуються в дитячому харчуванні, є продуктом генетично-інженерних технологій.

Однак питання «Чи безпечні ці продукти харчування для людини?» наразі залишається без відповіді. Проблема ГМП актуальна, широко обговорюється в засобах масової інформації. В ній

економічні інтереси багатьох країн входять в протиріччя з основними правами людини.

Існують такі технології виявлення ГМО в продуктах харчування: ДНК-мікрочіп та метод ПЛР. Під час поширення та комерціалізації такі продукти підлягають маркуванню. Воно може бути обов'язковим чи добровільним. У Канаді та США маркування є добровільним, тоді як у Європі всі продукти, які містять більше, ніж 0,9 % схвалених до використання ГМО мають маркуватися.

В Україні маркуванню підлягають не тільки продукти, отримані з ГМО, а також харчові добавки, одержані за допомогою ГМО. Окрім того, Україна стала першою державою у світі, яка зобов'язала виробників та імпортерів харчових продуктів вказувати позначення «без ГМО» в маркуванні всіх, без винятку, харчових продуктів, навіть тих, в яких ГМО не може бути ні теоретично, ні практично.

Свого часу за дорученням Держспоживстандарту України в кожному регіоні на базі територіальних органів стандартизації та метрології було створено лабораторію генетично-молекулярних досліджень продукції на вміст ГМО. У 2009 році Житомирську лабораторію молекулярно-генетичних досліджень ГМО ДП «Житомирстандартметрологія» акредитовано Національним агентством з акредитації України (НААУ), як випробувальний підрозділ, що має змогу і право визначати якісний та кількісний вміст ГМО методом полімерної ланцюгової реакції в реальному часі.

Незважаючи на зусилля, спрямовані на контроль за ГМО, є багато питань, на які немає відповідей. Страх перед невідомим є однією з причин суспільного небажання прийняти ГМО. Так, відомо, що:

ГМО можуть ініціювати синтез нових алергенів та токсинів у матеріалі, який підлягає модифікації;

їх використання може призвести до порушення структури слизової оболонки шлунку, появи стійкої до антибіотиків мікрофлори кишківника. Як наслідок – неможливість лікування багатьох інфекційних хвороб. Тому уряди багатьох країн заохочують біотехнологів до припинення експериментів в області резистентності до антибіотиків;

з технологіями транспортування генетичного матеріалу в клітини рослин за допомогою плазмід агробактерій, пов'язане нове захворювання людини Morgellon's;

включення екзотичних генів у рослину може викликати в ній синтез отруйних речовин у кількостях, небезпечних для людини;

в генетично модифікованій сої значно менше фітоестрогенів (сполук, які захищають людей від серцевих захворювань і раку), ніж у традиційних соєвих бобах;

поживні речовини ГМ рослин погано або зовсім не засвоюються травною системою людини, тому енергетична цінність таких рослин нижча;

генетичне забруднення планети набагато страшніше, ніж хімічне чи радіоактивне. Штучно внесені в навколишнє середовище ГМО не мають власної еволюційної історії. Створення взаємозв'язків між ними та складовими довкілля – питання часу.

Отже, нині не існує однозначної відповіді на питання «ГМО – це добре чи погано?» Лише час зможе все поставити на свої місця. Зважаючи на це, буде не зайвою деяка обережність при виборі продуктів харчування.

Література:

1. Чирков Ю. Г. Ожившие химеры / Ю. Г. Чирков. – М. : Издательство «Детская литература». – 1991. – 239 с.

2. Генетично модифіковані трансгени. – Режим доступу: <http://www.pravda.rv.ua/food/What%20products%20GMO%20are%20in.php>

3. Шевелуха В. С. Сільськогосподарська біотехнологія / Шевелуха В. С., Калашнікова Е. А., Дегтярьов С. В. – М. : Вища школа, 1998. – 416 с.