

# PLANTELE MODIFICATE GENETIC ȘI IMPACTUL LOR ASUPRA MEDIULUI: ABSENT, NEGATIV SAU POZITIV?

Aurel POPESCU \*

Plantele modificate genetic (PMG) sunt create prin tehnicile de inginerie genetică moderne, care permit transferul de material genetic între organisme în scopul modificării caracteristicilor lor. Prin inginerie genetică este așadar posibilă depășirea barierelor de specie, ceea ce înseamnă că într-o anumită plantă pot fi introduse gene (și implicit caracterele codificate de aceste gene) de la specii sau genuri cu care există incompatibilitate sexuală, de la bacterii, virusuri, sau chiar animale.

Aplicarea tehnologiei de transfer de gene permite reducerea la jumătate a timpului necesar pentru crearea unui soi nou, prezentând caracteristica dorită de ameliorator. Ameliorarea tradițională se bazează pe selecția unui soi (sau a unei specii) care prezintă caracteristica dorită, de exemplu coacere timpurie, și încrucișarea cu un alt soi (specie), având un fond genetic bun, concretizat într-o valoare biologică și comercială ridicată. Obiectivele ameliorării prin aplicarea tehnologiei de transfer de gene nu sunt diferite de cele ale ameliorării convenționale, ci doar calea folosită pentru a le atinge este diferită, fiind mult mai precisă. În timp ce ameliorarea convențională permite transferul prin hibridare a sute sau mii de gene într-o manieră relativ randomizată, abordarea transgenică permite transferul în plante a unei gene izolate prin tehnicile de biologie moleculară (separată de genele cu care formează o grupă linkage), codificând caracteristica dorită. Prin urmare, spre deosebire de plantele obținute prin metoda clasică a hibridării controlate, în care alături de caracterul dorit pot fi transferate în mod nedorit unul sau mai multe caractere nefavorabile, plantele transgenice vor prezenta modificări bine definite și minime, ansamblul genotipic rămânând nemodificat.

Plantele modificate genetic au interesat până recent doar agricultura și industria alimentară, dar la începutul noului mileniu este deja evidentă tendința utilizării lor în multe alte domenii: industria lemnului și hârtiei, textilă, farmaceutică etc. Prin modificare genetică, pot fi obținute nu numai plante care cresc mai bine, ci și produse vegetale cu însușiri ameliorate. Se anticipează că maximum de valoare potențială adăugată plantelor de cultură transgenice rezidă în modificările produselor finite. Exemple pentru astfel de modificări sunt: conținutul de amidon, proteine, uleiuri și zaharuri; modificarea însușirilor de panificație (la grâu); sporirea conținutului de  $\beta$ -caroten pentru corectarea deficitului de vitamina A la consumator; creșterea duratei de păstrare a fructelor sau legumelor.

Unele dintre aplicațiile curente ale transferului de gene la plante au ca scop deopotrivă reducerea pierderilor de recoltă cauzate de patogeni și atacul unor dăunători, și protecția mediului, prin eliminarea necesității folosirii de pesticide și fungicide pentru controlul lor.

Așa cum reiese dintr-un raport recent, folosirea plantelor transgenice cu rezistență la dăunători reprezintă peste un sfert din totalul cererilor pentru testarea în câmp. Cele mai importante gene candidat pentru crearea de plante modificate genetic rezistente la atacul de insecte sunt genele ce codifică proteinele cristaline insecticide de la *Bacillus thuringiensis* (gene cunoscute sub denumirea Bt) și cele ce codifică sinteza de inhibitori ai proteazelor (prezenți în numeroase specii de plante).

În *B. thuringiensis*, genele ce codifică sinteza toxinei (endotoxină) sunt prezente în plasmide de dimensiuni mari. Există câteva variante ale genelor *cry*, produsul lor fiind toxic pentru un grup foarte specific de insecte.

<i>Bacillus thuringiensis</i>	Tipul de toxină	Grupul de insecte
-------------------------------	-----------------	-------------------

\* Universitatea din Pitești

(subspecii)		față de care se asigură protecția
<i>Kurstaki</i>	$\delta$ -endotoxina* tip I	Lepidoptere
<i>Kurstaki</i>	$\delta$ -endotoxina* tip II	Lepidoptere, Coleoptere
<i>Tenebrionis</i> , San Diego	$\delta$ -endotoxina* tip III	Coleoptere
<i>Israelensis</i> , Morrisoni	$\delta$ -endotoxina* tip IV	Diptere
<i>Thuringiensis</i>	$\beta$ -endotoxina**	Diptere

\*  $\delta$ -endotoxinele se acumulează în bacterii sub forma de cristale ce conțin precursorii pentru adevărata toxină. Majoritatea speciilor de insecte sensibile au sucurile stomacale alcaline, care dizolvă cristalele; acestea au de asemenea enzime pentru conversia precursorilor toxinei în toxina activă.

\*\*  $\beta$ -endotoxina este excretată din celulele bacteriene. Funcția sa este aceea de a bloca mitoza. Folosirea acestei proteine toxice este interzisă în Europa și SUA, datorită potențialului său de a modifica cromozomii și a efectelor toxice asupra embrionilor animalelor superioare.

Proteinele cristaline insecticide sunt o clasă de proteine produse de diferite tulpini de *Bacillus thuringiensis* (de exemplu var. *kurstaki* și var. *tenebrionis*), având efect toxic pentru grupe specifice de insecte dăunătoare. Ingerată de insecte, protoxina (aproximativ 130 kDa) este degradată proteolitic la peptida toxină matură (aproximativ 66 kDa), care se atașează de celulele epiteliale ale intestinului mijlociu, cauzând moartea acestora și scurgerea electroliților în hemocel. Aceasta are ca rezultat modificări fatale ale pH-ului și echilibrului ionic. Proteinele toxice codificate de genele *cry* sunt letale pentru mai mult de 100 de specii de insecte dăunătoare (lepidoptere, coleoptere, diptere), dar sunt inofensive pentru păianjeni, alte insecte, animale și oameni. În mediu, aceste proteine se degradează rapid și nu lasă reziduuri toxice.

Genele Bt, ai căror produși au efect letal asupra unor specii de Lepidoptere și Coleoptere, au fost transferate la peste 30 de specii de plante cultivate, unele cu importanță economică deosebită (porumbul, bumbacul, soia, cartoful, orezul, tomatele, vița de vie, tutunul, mărul, nucul, etc.).

Anumite varietăți de porumb, deja introduse în cultură în SUA și alte câteva state ale lumii, au fost modificate genetic pentru a deveni rezistente la unul dintre dăunătorii cu impact negativ puternic asupra recoltei – *Ostrinia nubilalis* (sfredelitorul european al porumbului). Larvele de *Ostrinia* sfredelesc tulpina și știuleții, cauzând frângerea acestora și respectiv căderea știuleților pe sol. Pierderile de recoltă ating 4% la nivel mondial și până la 20% în regiunile puternic infestate. Sfredelitorul porumbului este controlat în mod obișnuit prin aplicarea unor tratamente cu insecticide chimice sau biologice. Aceste insecticide sunt însă eficiente numai pe parcursul primelor trei zile ale ciclului de viață al larvelor. Noile varietăți de porumb conțin gena Bt ce codifică o proteină letală pentru sfredelitor. În anul 1997 a fost aprobat importul în țările Uniunii Europene a unor forme procesate ale porumbului transgenic, utilizate în produsele alimentare. Noile varietăți de porumb modificat genetic sunt de asemenea importate sub forma de semințe, în scopul prelucrării pentru producerea de siropuri de amidon și glucoză. Porumbul transgenic include o genă marker pentru rezistența la ampicilină în celulele bacteriene, însă aceasta este inactivă și nu este exprimată în porumb. Deoarece ampicilina este un antibiotic utilizat în tratamentul medical, câteva țări europene au exprimat rețineri față de folosirea produselor rezultate din porumbul transgenic și au impus obligativitatea precizării prezenței genei marker pentru ampicilină pe etichetele produselor în care a fost utilizat porumb modificat genetic.

Bacteriile din genul *Streptomyces* constituie o altă sursă de gene utilizabile pentru obținerea unor plante rezistente la atacul diferitelor specii de insecte. Astfel, gena ce codifică colesterol oxidaza (enzimă ce provoacă liza celulelor epitelului intestinal) a fost utilizată pentru obținerea de plante transgenice de bumbac rezistente la atacul de *Anthonomus grandis*, plante transgenice de porumb rezistente la atacul de *Diabrotica undecimpunctata* și plante transgenice de tutun rezistente la atacul de *Heliothis virescens*. Una dintre sursele de gene

codificând proteine insecticide este bacteria *Photorhabdus luminescens*, prezentă în intestinalele nematozilor entomofagi, care produce toxine cu efect letal asupra unei game largi de insecte aparținând mai multor ordine.

Introducerea genelor ce codifică sinteza de inhibitori tripsinici ai proteazelor (cu interferență negativă asupra metabolismului insectelor lepidoptere și coleoptere) constituie de asemenea o cale posibilă pentru asigurarea rezistenței plantelor față de atacul insectelor dăunătoare. În ultimii ani au fost raportate de altfel succese notabile în obținerea de plante transgenice conținând gena pentru sinteza inhibitorului tripsinic al proteazelor (CpTi), izolată de la specia *Vigna unguiculata*.

Plantele transgenice cu rezistență la boli și dăunători (aceasta fiind în fapt aplicația cea mai importantă pentru agricultură în viitorul apropiat) sunt considerate ca fiind o componentă majoră a agriculturii moderne, adică a unei agriculturi a cărei principală caracteristică este creșterea productivității în condițiile reducerii sau eliminării folosirii de substanțe chimice, cum sunt pesticidele. Evident, orice societate umană își dorește o agricultură care nu dăunează mediului și oferă produse mai sănătoase. Prin urmare, acesta ar fi un argument puternic pentru introducerea în cultură a plantelor modificate genetic. Nu este vorba însă numai de plante folosite ca hrană pentru om sau animale, ci și de plante folosite în alte scopuri, de exemplu în industria textilă, așa cum este cazul bumbacului. Pentru moment, o certitudine este creșterea an de an a numărului de specii de plante cultivate la care s-au obținut forme transgenice, multe dintre acestea aflându-se în faza testării în câmp sau fiind deja introduse în cultura comercială.

Plante transgenice aflate în faza de testare în câmp sau introduse în cultura comercială	
Legume, fructe, cereale și alte plante folosite în alimentație	afin, asparagus, ardei iute, avocado, bananier, cafea, canola, cartof, cartof dulce, cassava, căpșun, ceapă, cicoare, conopidă, fasole, floarea soarelui, grâu, kiwi, linte, măr, mango, morcov, nuc, papaya, pepene, porumb, prun, orez, orz, salată, sfeclă de zahăr, sorg, tomate, varză, vinete, viță de vie, zmeur
Flori	crizanteme, garoafe, gerbera, petunia
Furaje și plante nealimentare	bumbac, in pentru fibră, lucernă, rapiță pentru ulei, sfeclă furajeră, tutun
Arbori	eucalipt, mesteacăn, plop, molid, arborele de gumă

Cifrele pe care le oferă statisticile arată că cultivarea plantelor modificate genetic prin introducerea genelor pentru rezistență la dăunători a determinat în anul 2002 reducerea cantității de pesticide folosite pentru controlul lor cu 22-23 milioane de kilograme. De exemplu, cultivarea soiului “Ingard” de bumbac modificat genetic, introdus în cultura comercială în Australia în anul 1996, a determinat reducerea cu 40-60% a tratamentelor cu pesticide pentru controlul dăunătorilor.

Introducerea în cultură a PMG a devenit în ultimii ani unul dintre cele mai controversate subiecte, nu numai pentru oamenii de știință și politicieni, ci și pentru agricultori și comercianții de produse agricole și alimentare (informațiile oferite de site-urile Internet sunt relevante în acest sens). Acceptarea sau respingerea lor este analizată în special prin prisma riscurilor pentru sănătatea consumatorilor, efectelor socio-economice, efectelor asupra biodiversității și potențialului de “poluare genetică” a biosferei. Entomologii și ornitologii găsesc în introducerea PMG motive de îngrijorare legate de posibila eliminare până la dispariție a insectelor utile (prin ingestia de proteine Bt) și scăderea drastică a populațiilor de păsări care au ca principală sursă de hrană aceste insecte (sau pe cele dăunătoare, care au constituit “ținta” pentru crearea noilor plante transgenice). Medicii, nutriționiștii și comercianții de produse agricole și alimentare sunt preocupați de posibilele efecte adverse ale proteinelor și enzimelor codificate de transgene asupra sănătății consumatorilor, fiind suspectat în primul rând efectul alergen. Biologii și agronomii sunt

antrenați în controverse aprige și dezbateri asupra riscurilor pe care le implică introducerea în cultură a PMG pentru biodiversitatea plantelor folosite în alimentație, hrana animalelor, industrie, medicină, etc. (riscul monoculturilor), dar și asupra riscurilor de transfer orizontal al transgenelor la specii înrudite (prin polenizare încrucișată), recombinare a virusurilor (sau a promotorilor de origine virală) folosite în strategiile de creare de plante transgenice și poluare genetică (de exemplu, riscul efectului pleiotropic).

Deși rezultatele studiilor de risc efectuate în ultimii ani în mod sistematic și cu maximă rigurozitate științifică converg spre demonstrarea absenței oricăror efecte adverse asupra mediului sau a riscului neglijabil (nesemnificativ diferit de cel implicat de plantele nemodificate genetic (prin transfer de gene peste barierele sexuale) al introducerii în cultură a PMG, aceste sunt încă departe de a fi acceptate de majoritate. Astfel, deși se admite că în cazul alegerii alternativei cultivării de PMG cu rezistență genetică la patogeni și insecte dăunătoare în locul folosirii de antibiotice și substanțe chimice pentru control (fungicide, pesticide) biodiversitatea poate chiar să crească în anumite zone geografice, rămâne controversată evoluția unor noi forme de patogeni și dăunători.

În ultimii ani, organismele internaționale și naționale implicate în asigurarea/garantarea biosecurității (implicând desigur și legislația adecvată) au recomandat în mod constant monitorizarea pe termen lung a impactului ecologic pentru a asigura identificarea promptă a oricăror probleme care nu au putut fi anticipate în momentul introducerii în cultură (mediu) a diferitelor plante transgenice.

Implicațiile introducerii în cultură a PMG, inclusiv în România, trebuie privite însă și dincolo de păstrarea nealterată pentru noi și pentru generațiile viitoare a calității mediului, întrucât de bunăstarea comunităților umane depinde în cea mai mare măsură stabilitatea socială la nivel planetar. Trebuie așadar să ne gândim de pe acum la o agricultură care să asigure hrană suficientă pentru toată populația planetei, în condițiile în care se estimează că aceasta va atinge 10 miliarde în anul 2030, iar în 2040 poate fi dublă față de cea existentă la începutul acestui mileniu.