

BIOTEHNOLOGIJA U OPLEMENJIVANJU BILJA*

Z. ŠATOVIĆ

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za sjemenarstvoFaculty of Agriculture University of Zagreb
Department for Seed Science and Technology

UVOD

Biotehnologija shvaćena u užem smislu riječi obuhvaća niz novijih tehnika molekularne genetike koje se u oplemenjivanju bilja koriste na dva bitno različita načina. Prvi način stvaranja novih kultivara biotehnologijom je odabir pomoću markera (Marker Assisted Selection - MAS) temeljen na razvoju brojnih tehnologija pronalaženja prikladnih genskih markera te izradi genskih karata (Mohan et al., 1997). Ovim se načinom novi kultivari stvaraju brže i preciznije, no ishodišni materijal u oplemenjivanju i dalje je ograničen spolnom kompatibilnošću tako da se odabir pomoću markera ne smatra bitno različitim od klasičnog oplemenjivanja niti su proizvodi tog odabira bitno različiti od klasičnih modernih kultivara.

Drugi način stvaranja novih kultivara je transfer gena (Gasser i Fraley, 1989). Kao sinonimi ovog izraza često se koriste i izrazi kao tehnologija rekombinantne DNA odnosno genetsko inženjerstvo, a proizvodi su poznati pod nazivom transgenske biljke (odnosno transgenski kultivari) ili genetski preinačeni organizmi. Transfer se gena smatra prijepornim prvenstveno iz razloga što je time omogućen prijelaz barijera vrsta.

Pitanja koja se u znanstvenim krugovima kao i u javnosti postavljaju prilikom upotrebe transfera gena možemo podijeliti na tri skupine: etička, ekološka i agronomska.

Etička bi se pitanja trebala postaviti prije i tijekom laboratorijskih istraživanja u svrhu sprječavanja daljnjih istraživanja ukoliko ih smatramo neetičnima, nadzora nad istraživanjima ukoliko smatramo da postoji opasnost od zlouporabe kao i usmjeravanja istraživanja ukoliko smatramo da idu u neželjenom smjeru. Pritom treba imati na umu da je usmjeravanje moguće provesti izravno samo ukoliko se radi o istraživanjima financiranim od strane države.

* Rad je izložen na Znanstvenom skupu 'Društveni značaj genske tehnologije' održanom 13. siječnja 1999. godine u Zagrebu u organizaciji Instituta za društvene znanosti Ivo Pilar i Instituta za molekularnu medicinu Ruđer Bošković i tiskan u Polšek, D. i Pavelić, K. (ur.) 1999. Društveni značaj genske tehnologije. Institut društvenih znanosti Ivo Pilar, Zagreb

Druga skupina obuhvaća ekološka pitanja koja bi se trebala postavljati tek kada su etička pitanja riješena. Na neka ekološka pitanja moguće je dati znanstveno utemeljen odgovor tijekom višegodišnjih poljskih i laboratorijskih pokusa pod izravnim ili neizravnim nadzorom odgovarajućih državnih tijela.

Agronomska pitanja moguće je analizirati tek prilikom komercijalizacije transgenskih kultivara. Za razliku od određenih ekoloških pitanja na koja je moguće odgovoriti nakon provedenih istraživanja agronomska pitanja su globalne prirode i mnoga od njih nisu isključivo vezana za upotrebu transgenskih biljaka već na opća pitanja budućeg razvitka poljoprivrede u svijetu.

ETIČKA PITANJA

Mnoge se etičke dileme, a naročito argumenti za zabranu istraživanja na području biotehnologije temelje na pitanju - *Smijemo li se uplitati u 'Božji posao'*? Iz toga proizlaze i nedoumice - *Smijemo li stvarati nove oblike života?* kao i - *Što je prirodno?* Javnost općenito vjeruje da se ta pitanja tiču svakog pojedinca, bez obzira na stručnost. Ova su pitanja znanstveno nerješiva, a različita istraživanja javnog mnijenja pokazuju, vrlo općenito uzevši, da je transfer gena iz biljke u biljku etički prihvatljiv, da je transfer gena iz životinje u biljku manje prihvatljiv, a da je transfer gena čovjeka u biljku potpuno neprihvatljiv.

Za razliku od istraživanja koja uključuju životinje, a naročito ona koja uključuju čovjeka, u biljnim se istraživanjima ne postavlja pitanje - *Smijemo li organizmima u istraživanju nanositi bol?* Pretpostavka je stoga da se na biljkama smiju provoditi bilo kakova istraživanja.

Treće je pitanje - *Smije li živi organizam postati nečije vlasništvo?* Ovo je pitanje vrlo kompleksno i mišljenja su vrlo podijeljena. Nesuglasice postoje s jedne strane između patentnog sustava i sustava zaštite prava oplemenjivača. Dodatan je problem kako riješiti pitanje 'oplemenjivačevog izuzeća', 'seljakove privilegije' kao i prava autohtonih zajednica. Oplemenjivačevim izuzećem (*breeders' exemption*) označava se pravo upotrebe zaštićenog kultivara u oplemenjivačkim programima u svrhu stvaranja novih kultivara, a seljakovom se privilegijom (*farmers' privilege*) označava pravo seljaka da sačuvaju sjeme zaštićenog kultivara iz jedne sezone da bi ga sijali u sljedećoj. Pod pravima autohtonih zajednica se obično podrazumijeva osiguravanje pravedne razdiobe dobiti nastale od korištenja patenata na procese ili proizvode koji se temelje na iskustvu i saznanjima autohtonih zajednica (Swaminathan, 1996). Većina razvijenih zemalja članice su Međunarodne zajednice za zaštitu novih biljnih kultivara (*International Union for the protection of New Varieties of Plants - UPOV*) i svoj sustav zaštite temelje na Međunarodnom ugovoru o zaštiti novih

biljnih kultivara (*International Convention for the Protection of New Varieties of Plants*). Prvi je ugovor potpisan još 1961. godine, a danas je na snazi ugovor iz 1991. godine (UPOV, 1991). Ovaj ugovor uključuje pitanje oplemenjivačevog izuzeća kao i seljakove privilegije. No, UPOV 1991. je, za razliku od prethodnih ugovora, pravo oplemenjivača ograničio uvođenjem koncepta 'u osnovi izvedenog kultivara (*essentially derived variety*)' po kojem između novostvorenog kultivara i ishodnišnog kultivara mora postojati određena 'minimalna genetska distanca'. No, općenito je mišljenje da pojam 'minimalne genetske distance' nije dovoljno jasno definiran te da ne postoji jasan postupak njenog utvrđivanja. Prava seljaka također su ograničena utoliko što se uzgoj zaštićenog kultivara dopušta samo u slučaju proizvodnje u nekomercijalne svrhe odnosno izravne upotrebe na seljačkom gospodarstvu. Zbog postojanja ovog ugovora Europski patentni ugovor (*European Patent Convention - EPC*) jasno ističe da se biljni kultivari ne mogu patentirati (Christie, 1989). U SAD je situacija ponešto kompliciranija jer se biljni kultivari vrsta koje se vegetativno razmnažaju zaštićuju na temelju patentnog sustava (*1930 Plant Patent Act* koji je u skladu s *1952 General Patent Statute*), a kultivari vrsta spolnog razmnažanja na temelju zaštite prava oplemenjivača (*1970 Plant Variety Protection Act* koji je od 1980. godine potpuno u skladu s UPOV ugovorom) (Vanhalala et al., 1989). No, od patentnog slučaja EX PARTE HIBBERD iz 1985. po Općem patentnom statutu (*1952 General Patent Statute*) moguće je patentirati i genetski preinačene biljke, a time i iz njih izvedene kultivare. Patentiranje preinačenih gena kao i mnogih drugih biotehnoloških otkrića (odnosno izuma) moguće je i prema Europskom patentnom ugovoru i prema američkom Općem patentnom statutu. Pritom u Europi dolazimo do kontroverzne situacije da oplemenjivač može slobodno koristiti zaštićeni kultivar u svom oplemenjivačkom programu, ali ne i patentirani preinačeni gen koji se u tom kultivaru nalazi.

Četvrta skupina pitanja je - *Imamo li pravo znati što jedemo?* Mnogi se transgenski kultivari koriste u prehrambenoj industriji te dolaze do potrošača u velikom broju različitih prehrambenih proizvoda. Pritom se postavlja pitanja njihovog jasnog označavanja u svrhu poštivanja prava potrošača. Američko tijelo zaduženo za kontrolu prehrambenih proizvoda i lijekova (*Food and Drug Administration - FDA*) ne traži označavanje proizvoda genetski preinačenih organizama uz argument da bi to iziskivalo potpuno odjeljivanje procesa proizvodnje i prerade 'normalnih' i transgenskih kultivara u svim fazama (npr. žetva, skladištenje, transport, prerada, distribucija) zbog opasnosti od miješanja (FDA, 1992). Stav mnogobrojnih nevladinih organizacija i udruženja potrošača je da je pravo izbora prehrambenih proizvoda neprikosnoveno te da se u svim slučajevima označavanje mora provesti. Ukoliko tvrtke koje su na bilo koji način dio procesa proizvodnje i prerade transgenskih kultivara nisu sposobne odijeliti 'normalne' od transgenskih kultivara komercijalizacija prehrambenih proizvoda

genetski preinačenih organizama se treba spriječiti sve dok napredak znanosti i tehnologije ne riješi taj problem. Europska zajednica se odlučila za pomirljivije rješenje. Prema Uredbi EZ o označavanju genetski preinačenih kultivara soje i kukuruza koja je tijekom 1998. stupila na snagu označavanje prehrambenih proizvoda je obvezatno, no postoje određene iznimke (EC, 1997). Od označavanja su izuzeti oni proizvodi kod kojih se transgena DNA ili bjelančevina više ne može identificirati kao i proizvodi kod kojih se određene tvari transgenskih biljaka koriste samo kao aditivi. Argumenti za uvođenje određenih izuzetaka su praktične prirode, a svode se jednostavno na to da ukoliko nije moguće ustanoviti razliku između proizvoda 'normalnih' i transgenskih kultivara isto tako nije moguće niti nadzirati da li se proizvođači pridržavaju ove Uredbe.

EKOLOŠKA PITANJA

Ekološka pitanja koja se postavljaju uvođenja transgenskih kultivara u poljoprivredu praksu su brojna. Svaki pojedini novonastali transgenski kultivar potrebno je podrobno ispitati te, kolikogod je to moguće, predvidjeti njegov utjecaj na druge organizme uključujući i čovjeka. Postoji, naravno, i vrlo prošireno mišljenje da čovjek jednostavno ne posjeduje dovoljna saznanja da bi uopće mogao predvidjeti taj utjecaj.

Moguće opasnosti od transgenskih biljaka mogle bi se sažeti na sljedeći način (Rissler, 1993): (1) Opasnost da transgena biljka postane opasan korov u poljoprivredi i/ili da se proširi u prirodnom habitatu; (2) Opasnost da transgena biljka prenese preinačene gene na divlje srodnike koji bi mogli postati opasni korovi; (3) Opasnost od evolucije otpornosti u patogena, štetnika i korovskih vrsta; (4) Opasnost od utjecaja transgenske biljke na neciljane organizme uključujući i čovjeka.

Opasnost da transgena biljka postane opasan korov u poljoprivredi i/ili da se proširi u prirodnom habitatu ovisi o tome u čemu je razlika između 'normalnih' i transgenskih biljaka. Ovisno o kojoj se biljnoj vrsti radi potrebno je ispitati mogućnost preživljavanja te vrste u prirodnom habitatu kao i utjecaj transgensko svojstva na povećanje te mogućnosti.

Opasnost da transgena biljka prenese preinačene gene na divlje srodnike koji bi mogli postati opasni korovi ovisi prvenstveno o nazočnosti divljih srodnika u proizvodnim područjima transgenskih kultivara pri čemu se osobita pažnja mora posvetiti naročito u centrima bioraznolikosti određene kulturne vrste. Navedena opasnost također ovisi o mnogim drugim čimbenicima kao što je npr. vrijeme cvatnje, nazočnost polinatora, spolna kompatibilnost, a ta se svojstva bitno razlikuju ovisno o kojoj se biljnoj vrsti radi.

Opasnost od evolucije otpornosti patogena, štetnika i korovskih vrsta vrlo je teško ili gotovo nemoguće predvidjeti. Ova opasnost nije vezana isključivo za transgenske biljke i to je problem koji prati poljoprivredu od samih početaka

moderne industrijalizirane proizvodnje. S jedne strane postoji mišljenje da je ovaj problem dovoljan razlog za zabranu komercijalizacije transgenskih biljaka. Suprotno je mišljenje da je potrebno pojačati nadzor i neprestano pratiti interakciju između transgenskih kultivara i ostalih organizama. Pritom se smatra da je moguće osmisliti znanstveno utemeljen plan komercijalizacije transgenskih kultivara kao i zaštitnih mjera u svrhu sprječavanja evolucije genetski otpornih organizama.

Procjena opasnosti od utjecaja transgenske biljke na neciljane organizme odnosno na ekosustav u cjelini također je teško provediva jer nije moguće predvidjeti sa kojim će sve organizmima transgenske biljke doći u dodir. Prvenstveno se tu radi o utjecaju na mikroorganizme tla kao i mnoge korisne kukce. Drugi veliki niz pitanja postavlja se u svezi utjecaja transgenske biljke na zdravlje ljudi (toksičnost, kancerogenost, alergije, kakvoća prehrambenih proizvoda itd.). Jasno je da ova opasnost uvelike ovisi o biljnoj vrsti kao i preinačenom genu / svojstvu.

Ustanovljavanje rizika od transgenskih biljaka mora biti regulirano zakonom i provedeno od strane nepristranog stručnog tijela (PBO, 1994). Pritom mora postojati jasno razrađena metodologija provođenja i analize rezultata laboratorijskih i poljskih pokusa koju je potrebno neprestano poboljšavati. Pogrešne procjene su moguće te je stoga potrebno razraditi mjere zaštite stanovništva i okoliša i u slučaju nepredviđenih potencijalno opasnih situacija.

AGRONOMSKA PITANJA

Prilikom mnogobrojnih rasprava u svezi komercijalizacije transgenskih biljaka postavljaju se i neka opća agronomska pitanja koja često nisu vezana isključivo za transgenske biljke, a ponekad zadiru i u sfere koje su izvan domašaja agronomske znanosti, pa i znanosti uopće.

Jedno od prijepornih pitanja je rješavanja problema gladi u svijetu. Ovaj argument jednako koriste i pobornici biotehnologije predvođeni velikim multinacionalnim korporacijama ne bi li dokazali da će biotehnologija riješiti problem u svijetu kao njeni protivnici dokazujući da će se uvođenjem transgenskih biljaka u proizvodnju produbiti jaz između bogatih i siromašnih. Problem gladi u svijetu nije prvenstveno agronomski problem pa je samim tim i irelevantan u raspravi o biotehnologiji. Tijekom '60-tih su zapadne, razvijene zemlje započele s financiranjem mnogobrojnih poljoprivrednih istraživanja u nerazvijenim zemljama u svrhu rješavanja problema gladi u svijetu. Ta naoko vrlo humana inicijativa poznata pod imenom 'zelena revolucija' ubrzo je bila raskrinkana kao još jedna od uobičajenih političkih igara ondašnjih velikih sila započeta iz straha od širenja tada mnogo opasnije 'crvene' revolucije (Fowler i Mooney, 1990). Od tada je postalo jasno da se problem gladi u svijetu može sustavno rješavati, no za tako što potrebna je prvenstveno politička volja.

Potrebno je istaći da većina inovacija u poljoprivrednoj biotehnologiji nije potaknuta stvarnim potrebama povećanja poljoprivredne proizvodnje već profitom (Altieri, 1998). Uvođenjem transgenskih kultivara u proizvodnju smjer razvitka poljoprivrede vjerojatno se neće promijeniti već će nastaviti u davno započetom smjeru koji uključuje i mnoge negativne pojave.

Od negativnim pojava ističe se daljnja industrijalizacija poljoprivredne proizvodnje nauštrb razvoju održive poljoprivrede, okrupnjavanje poljoprivrednih gospodarstava i propadanje manjih proizvođača, te sve veća ovisnost poljoprivrednih proizvođača o malom broju multinacionalnih korporacija.

Analiziramo li do sada komercijalizirane transgenske kultivare kao i kultivare koji su u različitim fazama ispitivanjima u SAD vidljivo je da biotehnologija prati opći trend industrijske poljoprivrede. Broj kulturnih biljnih vrsta na kojima počiva poljoprivredna proizvodnja sve je manji. Glavnina se biotehnoloških istraživanja obavlja na visokoprofitabilnim kulturama (*cash crops* - kukuruz, soja, krumpir, rajčica, pamuk). Time dolazi i do širenja monokulturne proizvodnje. Kultivari su genetski sve sličniji jer se u oplemenjivačkim programima koristi samo elitni oplemenjivački materijal. Transfera određenog poželjnog gena u više različitih organizama (otpornost na herbicid glifosat - soja, kukuruz, pamuk, uljana repica; istraživanja u tijeku na pšenici, šećernoj repi, salati i krumpiru) povećava genetsku sličnost između vrsta. Time se također povećava i genetska osjetljivost (NAL, 1972).

Sve su ove pojave mnogima odavno poznate, no njihovo je rješavanje moguće samo dogovorom na najvišoj razini - u okviru Ujedinjenih naroda odnosno FAO-a. Zadovoljavajuć je početak takovog dogovaranja osmišljavanje i potpisivanje Konvencije o biološkoj raznolikosti kao i Programa za 21. stoljeće (*Agenda 21*) 1992. godine na Skupu o Zemlji (*Earth Summit*) u Rio de Janeiru (FAO, 1994; UNCED, 1992). Pretpostavka je da bi se mnogobrojnim poticajnim mjerama na svim razinama poljoprivredna proizvodnja mogla usmjeriti u održivom smjeru uz očuvanje okoliša i veću upotrebu bioraznolikosti. Biotehnologija bi tu mogla igrati veliku ulogu u diverzifikaciji poljoprivredne proizvodnje uvođenjem zanemarenih i novih biljnih vrsta u kulturu te pronalaženjem novih načina upotrebe različitih biljnih vrsta uz sve veću upotrebu biljnih genetskih izvora.

LITERATURA - REFERENCES

1. Altieri, M. A. 1998. "The Myths of Agricultural Biotechnology: some Ethical Questions". World Bank's ESSD Conference Proceedings, Washington, D.C.
2. Christie, A. 1989. "Patents for Plant Innovation", *EIPR* 11: 394-408
3. EC 1997. "258/97 Regulation on the Labelling of Genetically-modified Soya and Maize Products", *Official Journal of the EC*, L 43
4. FAO 1994. "Convention on Biological Diversity and related resolutions", Commission on Plant Genetic Resources, First Extraordinary Session, CPGR-Ex1/94/Inf. 2, Rim

5. FDA 1992. "Statement of Policy: Foods derived from new Plant Varieties", Federal Register, 57(104): 22984-23005
6. Fowler, C. i Mooney, P. 1990. "Shattering : Food, Politics, and the Loss of Genetic Diversity", Univ. of Arizona Press, Tucson
7. Gasser, C. S. i Fraley, R. T. 1989. "Genetically Engineering Plants for Crop Improvement", Science, 244: 1293-1299
8. Mohan, M., Nair, S., Bhagwat, A., Krishna, T.G., Yano, M., Bhatia, C. R. i Sasaki, T. 1997. "Genome Mapping, Molecular Markers and Marker-Assisted Selection in Crop Plants", Molecular Breeding, 3: 87-103
9. NAL 1972. "Genetic Vulnerability of Major Crops", National Academy of Sciences, Washington, D.C.
10. PBO 1994. "Regulatory Directive Dir94-08: Assesment Criteria for Determining Environmental Safety of Plants with Novel Traits", Plant Biotechnology Office, Variety Section, Plant Products Division, Agriculture and Agri-Food Canada, Nepean, Kanada
11. Rissler 1993. "Perils amidst the Promise: Ecological Risks of Transgenic Crops in a Global Market", Union of Concerned Scientists, Cambridge, SAD
12. Swaminathan, M. S. (ur.) 1996. "Agrobiodiversity and Farmers' Rights: Proceedings of a Technical Consultation on an Implementaion Framework for Farmers' Rights", M. S. Swaminathan Research Foundation, Madras
13. UNCED 1992. "Agenda 21", Conches
14. UPOV 1991. "International Convention for the Protection of New Varieties of Plants", UPOV Publication No. 221(E), Geneva
15. Vanhala, P. T., Pehu, T. i Gyllenberg, H. G. 1989. "Legal Protection of Plant Biotechnological Inventions", Journal of Agricultural Science in Finland, 61: 405-414

Adresa autora - Author's address:

Dr. sc. Zlatko Šatović
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za sjemenarstvo
Svetošimunska 25
10000 Zagreb