

---

Zlatko  
ŠATOVIĆ

# BIOTEHNOLOGIJA U OPLEMENJIVANJU BILJA



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 jest odabir pomoću markera (*Marker Assisted Selection* – MAS) (1) temeljen na razvoju brojnih tehnologija pronalaženja prikladnih genskih markera te na izradi genskih karata. Tim se načinom novi kultivari stvaraju brže i preciznije, no ishodišni materijal u oplemenjivanju i dalje je ograničen spolnom kompatibilnošću pa 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 jest transfer gena. (2) Kao sinonimi za taj izraz često se koriste izrazi tehnologija rekombinantne DNA i genetičko inženjerstvo, a proizvodi su poznati pod nazivom transgenske biljke (odnosno transgenski kultivari) ili genetički preinačeni organizmi. Transfer se gena smatra prijepornim prvenstveno jer je time omogućen prijelaz barijera vrsta.

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

Etička bi se pitanja trebala postaviti prije i tijekom laboratorijskih istraživanja kako bi se spriječila daljnja ispitivanja ako ih smatramo neetičnima, nadzor istraživanja ako smatramo da postoji opasnost od zlouporabe i usmjeravanja istraživanja, ako smatramo da idu u neželjenu smjeru. Pritom treba imati na umu da je usmjeravanje moguće provesti izravno samo za istraživanja koja financira država.

Druga skupina obuhvaća ekološka pitanja, koja bi se trebala postavljati tek kad 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 su pitanja globalna i mnoga od njih nisu isključivo vezana za upotrebu transgenskih biljaka nego za 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 kakva istraživanja.

Treće je pitanje: *Smije li živi organizam postati nečije vlasništvo?* To je pitanje vrlo kompleksno i mišljenja su podijeljena. Nesuglasice postoje s jedne strane između patentnog sustava i sustava zaštite prava oplemenjivača. Dodatan je problem kako riješiti pitanje “oplemenjivačeva izuzeća”, “seljakove privilegije” kao i prava autohtonih zajednica. Oplemenjivačevim izuzećem (*breeders' exemption*) označava se pravo upotrebe zaštićenog kultivara u oplemenjivačkim programima sa svrhom 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 obično se razumijeva osiguravanje pravedne razdiobe dobiti nastale od korištenja patenata na procese ili proizvode koji se temelje na iskustvu i saznanjima autohtonih zajednica. (3) 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 (*Internatio-*

*nal 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. (4) Taj ugovor uključuje pitanje oplemenjivačeva 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 njezina utvrđivanja. Prava seljaka također su ograničena utoliko što se uzgoj zaštićenog kultivara dopušta samo u slučaju proizvodnje u nekomercijalne svrhe, odnosno u slučaju izravne upotrebe na seljačkom gospodarstvu. Zbog postojanja tog ugovora, Europski patentni ugovor (*European Patent Convention - EPC*) (5) jasno ističe da se biljni kultivari ne mogu patentirati. U SAD-u je stanje ponešto kompliciranije jer se biljni kultivari vrsta koje se vegetativno razmnožavaju zaštićuju na temelju patentnog sustava (1930. *Plant Patent Act* koji je u skladu s 1952. *General Patent Statute*), a kultivari vrsta spolnog razmnožavanja na temelju zaštite prava oplemenjivača (1970. *Plant Variety Protection Act* koji je od 1980. godine potpuno u skladu s UPOV-ugovorom). (6) No od patentnog slučaja EX PARTE HIBBERD iz 1985. po Općem patentnom statutu (1952. *General Patent Statute*) moguće je patentirati i genetički 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 svojem oplemenjivačkom programu, ali ne i patentirani preinačeni gen koji se u tom kultivaru nalazi.

Četvrta skupina pitanja jest: *Imamo li pravo znati što je demo?* Mnogi se transgeni kultivari koriste u prehrambenoj industriji te dolaze do potrošača u mnogim različitim prehrambenim proizvodima. Pritom se postavlja pitanje njihova jasnog označavanja kako bi se poštovala prava potrošača. Američko tijelo zaduženo za kontrolu prehrambenih proizvoda i lijekova (*Food and Drug Administration - FDA*) (7) ne traži označavanje proizvoda genetički preinačenih organizama, uz argument da bi to zahtijevalo potpuno odjeljivanje procesa proizvodnje i prerade “normalnih” i transgenskih kultivara u svim fazama (npr. žetva, skladištenje, prijevoz, prerada, distribucija) zbog opasnosti

od miješanja. Stajalište mnogobrojnih nevladinih organizacija i udruženja potrošača jest da je pravo izbora prehrambenih proizvoda nepovredivo te da se u svim slučajevima označavanje mora provesti. Ako tvrtke koje su na bilo koji način dio procesa proizvodnje i prerade transgenskih kultivara nisu sposobne odijeliti "normalne" od transgenskih kultivara, komercijalizacija prehrambenih proizvoda genetički preinačenih organizama treba se spriječiti sve dok napredak znanosti i tehnologije ne riješi taj problem. Europska zajednica se odlučila za pomirljivije rješenje. Prema Uredbi EZ o označavanju genetički preinačenih kultivara soje i kukuruza (8) koja je prihvaćena 1998. označavanje prehrambenih proizvoda je obvezatno, no postoje određene iznimke. Od označavanja su izuzeti 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 iznimaka praktične su prirode, a svode se jednostavno na to da ako nije moguće ustanoviti razliku između proizvoda "normalnih" i transgenskih kultivara, jednako tako nije moguće nadzirati da li proizvođači provode Uredbu.

## Ekološka pitanja

---

Ekološka pitanja koja se postavljaju u vezu s uvođenjem transgenskih kultivara u poljoprivrednu praksu su brojna. Svaki pojedini novonastali transgenski kultivar potrebno je detaljno ispitati te, koliko god je to moguće, predvidjeti njegov utjecaj na druge organizme, pa i na čovjeka. Postoji, naravno, i vrlo prošireno mišljenje da čovjek jednostavno ne posjeduje dovoljna znanja da bi uopće mogao predvidjeti taj utjecaj.

Moguće opasnosti od transgenskih biljaka mogle bi se sažeti na sljedeći način (9): 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 ne ciljane organizme, pa i na 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 te utjecaj transgenskog 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 pozornost mora posvetiti naročito u centrima biorazno-likosti 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 biljnoj vrsti.

Opasnost od evolucije otpornosti patogena, štetnika i korovskih vrsta vrlo je teško ili gotovo nemoguće predvidjeti. Ta 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 kako je taj problem dovoljan razlog da se zabrani komercijalizacija transgenskih biljaka. Suprotno je mišljenje kako treba 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 sa svrhom da se spriječi evolucija genetski otpornih organizama.

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

Rizik od transgenskih biljaka mora regulirati zakon a odrediti ga treba nepristrano stručno tijelo. (10) Pritom mora postojati jasno razrađena metodologija provedbe i analize rezultata laboratorijskih i poljskih pokusa, koju treba neprestano poboljšavati. Pogrešne procjene su moguće te je potrebno razraditi mjere zaštite stanovništva i okoliša i u slučaju nepredviđenih potencijalno opasnih situacija.

## Agronomska pitanja

---

Tijekom mnogobrojnih rasprava o komercijalizaciji transgenskih biljaka postavljaju se i neka opća agronomska pitanja koja često nisu vezana isključivo za transgenske bilj-

ke, a ponekad zahvaćaju i područja izvan agronomске znanosti, pa i izvan znanosti uopće.

Jedno od prijepornih pitanja jest rješavanje problema gladi u svijetu. Taj argument jednako koriste i pristaše biotehnologije predvođeni velikim multinacionalnim korporacijama, kako bi dokazali da će biotehnologija riješiti problem u svijetu, kao i njezini 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-ih godina zapadne, razvijene zemlje započele su financirati mnogobrojna poljoprivredna istraživanja u nerazvijenim zemljama kako bi se riješio problem gladi u svijetu. Ta nako 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. (11) Od tada je postalo jasno da se problem gladi u svijetu može sustavno rješavati, no za to je potrebna prvenstveno politička volja.

Treba istaknuti da većina inovacija u poljoprivrednoj biotehnologiji nije potaknuta stvarnim potrebama povećanja poljoprivredne proizvodnje nego profitom. (12) Uvođenjem transgenskih kultivara u proizvodnju razvitak poljoprivrede vjerojatno se neće promijeniti nego će nastaviti u davno započetom smjeru koji uključuje i mnoge negativne pojave.

Od negativnih pojava ističe se daljnja industrijalizacija poljoprivredne proizvodnje na štetu 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 ispitivanja u SAD-u, vidljivo je da biotehnologija prati opći trend industrijske poljoprivrede. Broj kulturnih biljnih vrsta na kojima se temelji poljoprivredna proizvodnja sve je manji. Glavnina se biotehnoloških istraživanja obavlja na visokoprofitabilnim kulturama (*cash crops* – kukuruz, soja, krumpir, rajčica, pamuk). Time se širi i monokulturna proizvodnja. Kultivari su genetski sve sličniji jer se u oplemenjivačkim programima koristi samo elitni oplemenjivački materijal. Transfer određenoga 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 ge-



netsku sličnost između vrsta. Time se povećava i genetska osjetljivost. (13)

Sve su te pojave mnogima odavno poznate, no njihovo je rješavanje moguće samo dogovorom na najvišoj razini – unutar Ujedinjenih naroda, odnosno FAO-a. Zadovoljavajući je početak takvoga dogovaranja osmišljavanje i potpisivanje Konvencije o biološkoj raznolikosti (14) kao i potpisivanje Programa za 21. stoljeće (*Agenda 21*) (15) 1992. godine na Skupu o Zemlji (*Earth Summit*) u Rio de Janeiru. Pretpostavka jest da bi mnogobrojnim poticajnim mjerama na svim razinama poljoprivredna proizvodnja mogla krenuti u održivom smjeru, uz očuvanje okoliša i veću upotrebu bioraznolikosti. Biotehnologija bi tu mogla imati značajnu 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

1. Mohan, M., Nair, S., Bhagwat, A., Krishna, T. G., Yano, M., Bhatia, C. R., Sasaki, T. (1997), Genome Mapping, Molecular Markers and Marker-Assisted Selection in Crop Plants, *Molecular Breeding*, 3:87-103.
2. Gasser, C. S., Fraley, R. T. (1989), Genetically Engineering Plants for Crop Improvement, *Science*, 244:1293-1299.
3. Swaminathan, M. S. (ur.) (1996), *Agrobiodiversity and Farmers' Rights: Proceedings of a Technical Consultation on an Implementation Framework for Farmers' Rights*, M. S. Swaminathan Research Foundation, Madras.
4. UPOV (1991), International Convention for the Protection of New Varieties of Plants, *UPOV Publication*, No. 221(E), Geneva.
5. Christie, A. (1989), Patents for Plant Innovation, *EIPR*, 11:394-408.
6. Vanhala, P. T., Pehu, T., Gyllenberg, H. G. (1989), Legal Protection of Plant Biotechnological Inventions, *Journal of Agricultural Science in Finland*, 61:405-414.
7. FDA (1992), Statement of Policy: Foods derived from new Plant Varieties, *Federal Register*, 57(104):22984-23005.
8. EC (1997), 258/97 Regulation on the Labelling of Genetically-modified Soya and Maize Products, *Official Journal of the EC*, L 43.
9. Rissler (1993), *Perils amidst the Promise: Ecological Risks of Transgenic Crops in a Global Market*, Union of Concerned Scientists, Cambridge, SAD.
10. PBO (1994), *Regulatory Directive Dir94-08: Assessment 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. Fowler, C., Mooney, P. (1990), *Shattering: Food, Politics, and the Loss of Genetic Diversity*, Univ. of Arizona Press, Tucson.
12. Altieri, M. A. (1998), *The Myths of Agricultural Biotechnology: some Ethical Questions*, World Bank's ESSD Conference Proceedings, Washington, D.C.

13. NAL (1972), *Genetic Vulnerability of Major Crops*, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
14. FAO (1994), *Convention on Biological Diversity and related resolutions*, Commission on Plant Genetic Resources, First Extraordinary Session, CPGR-Ex1/94/Inf. 2, Rim.
15. UNCED (1992), *Agenda 21*, Conches.