

## MANIPULACIJA GENIMA U BILINOGOJSTVU\*

M. JOŠT

Visoko gospodarsko učilište u Križevcima  
College of Agriculture, Križevci

*Poljoprivredna će biotehnologija biti jedna od najvećih nesreća u povijesti kapitalističkih korporacija. Tu industriju uništiti će odgovornost za nekontrolirano preskakivanje gena i time izazvanih posljedica.*

Jeremy Rifkin (1998)

Nikada u svojoj povijesti čovječanstvo nije tako nespremno dočekivalo nove tehnološke i ekonomske izazove. Podrazumijeva se da će u nekoliko sljedećih desetljeća naš način života biti iz temelja promijenjen. Vjeruje se da će te promjene biti značajnije od onih nastalih u proteklom tisućljeću. Sljedeće, 21. stoljeće bit će stoljeće biotehnologije, genetičkog inženjerstva, ali vrlo vjerojatno i stoljeće straha od genetskog otpada.

Pristaše biotehnologije, oduševljeni njezinim mogućnostima, prikazuju genetičko inženjerstvo u pozitivnom svjetlu, a neke od njihovih pohvala biotehnologiji i uobičajeni argumenti mogu se razmotriti i s druge, ne tako ružičaste strane. Vjerojatno je jedna od najčešćih tvrdnji sljedeća:

*Ovo nije ništa novo, čovjek manipulira genima već tisućama godina.*

*Točno:* Ovisno o tome što je za nas manipulacija genima. U širem smislu toga pojma domestikacija bilja početak je manipulacije biljnim genima. Premda tada, prije oko 10 tisuća godina, naš predak još nije znao što je to gen niti je imao i najmanju predodžbu o nasljeđivanju svojstava, na temelju vanjskog izgleda biljke i ukusa plodina (fenotipska svojstva rezultat su interakcije gena i okoliša) odabirao je pojedine individue. Iz toga proizlazi da je manipulacija genima u biljogojstvu jedno od najstarijih zanimanja čovjeka. Ilustracije radi na Tablici 1 navedeni su neki značajniji datumi vezani za, nazovimo to postupak ili spoznaju o manipulaciji genima u biljnom svijetu. Iz njih je vidljiv razvoj znanja o nasljeđu, kao i utjecaj tog znanja na ekonomski razvoj proizvodnje hrane i

---

\*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.

samoga društva. Međutim, problem nastaje ako se pojam manipulacije genima razmatra preciznije, što proizlazi iz druge često korištene tvrdnje:

*Genetičko inženjerstvo jednako je konvencionalnom oplemenjivanju bilja.*

*Netočno:* Konvencionalno oplemenjivanje i genetičko inženjerstvo dva su zasebna svijeta. Konvencionalno oplemenjivanje temelji se na vertikalnom prijenosu gena od roditelja na potomstvo unutar iste vrste ili između srodnih vrsta koje se međusobno ipak mogu križati, dakle koristi se postupak koji je prirodan i koji se događa u našoj okolini i bez pomoći čovjeka. Suprotno tome, genetičko inženjerstvo koristi tzv. horizontalan prijenos gena između potpuno nesrodnih vrsta koje se međusobno u prirodi ne mogu pariti, i koje često dijeli jaz od nekoliko milijuna godina evolucijskoga razvoja. Priroda je svaku vrstu zaštitila od prodora strane nasljedne osnove (DNK), ali čovjek je našao načina da svlada postojeće prepreke. Za tu svrhu koristi umjetno konstruirane vektore - prenositelje određenoga gena, odnosno segmenta (DNK).

*Tablica 1. Kronološki prikaz nekih značajnijih pojava vezanih za manipulaciju genima i spoznaje o naslijeđu u biljogojstvu*

- 
2000. pr. Krista: Prvi pisani dokument o umjetnoj polinaciji datulje (vrijeme asirskog kralja Hamurabija).
1676. Nizozemci prvi počinju plemenjivati ukrasno bilje.
1694. J. R. Camerarius piše izvješće o postojanju spola u bilja - temeljem pokusa polinacije.
1779. T. A. Knight (1759-1835) koristi plansku hibridizaciju za poboljšanje usjeva.
1809. J. B. de Monet Lamarck postavlja tezu o adaptaciji vrsta u borbi za samoodržanje te o prijenosu promjene na potomstvo.
1843. Luis Vilmorin osniva prvu sjemensku kompaniju.
1959. Charles Darwin postavlja teoriju evolucije: "On the Origin of Species by means of natural selection".
1864. Bogoslav Šulek (1816.-1895.) piše prvi članak o oplemenjivanju bilja u Hrvata "Plemenitba bilja".
1864. Gregor Mendel (1822.-1884.) postavlja osnovne zakone nasljeđivanja temeljene na rezultatima pokusa s hibridizacijom graška.
1864. Svalofu (Švedska) osnovano je prvo Udruženje proizvođača sjemena.
1898. W. M. Hays primjenjuje pedigree-metodu pri oplemenjivanju pšenice i zobi.
1906. W. Bateson daje znanosti o nasljeđivanju naziv "genetika" te definira GEN kao nasljednu jedinicu koja kontrolira pojavu i razvoj nekog svojstva.
1921. Prvi komercijalni hibrid kukuruza nazvan Burr-Leomin Hybrid SAD.
1922. Osnovana je prva sjemenarska kompanija u SAD-u - Pioneer Hybrid Corn Co.
1927. H. J. Maller izvješćuje o induciranim mutacijama (X-zrake) na *Drosophyla melanogaster* (Nobelova nagrada 1946. godine).
- L. J. Stadler koristi X-zrake za izazivanje mutacija i proučava frekvenciju promjena na endospermu kukuruza.
-

- 
1932. R. A. Fisher utemeljuje populacijsku genetiku ("Genetical Theory of Natural Selection").
1937. T. Dobzhansky utemeljuje evolucijsku genetiku ("Genetic and Origin of Species").
1953. J. D. Watson i F. H. C. Crick predložili su model dvostruke spirale DNK kao nositelja genetičkog zapisa. (Nobelova nagrada 1962. godine).
1961. F. Jacob i J. Monod - genetički kod i regulacija sinteze proteina, operon koncept. (Nobelova nagrada 1965. godine).
1975. Prvi pravilnik o izbjegavanju rizika pri istraživanju rekombinantne DNK (Asilomar, California).
1980. Prvi patent za genetički modificirani mikroorganizam (General Electric Co.).
1980. Prva transgena biljka: uspješno prenesen gen za protein zeolin iz graha u suncokret.
1996. Masovna poljoprivredna proizvodnja na osnovi GMO zasnovana na 2 milijuna hektara.
1998. Pokusom dokazano štetno djelovanje transgenoga krumpira na pokusne životinje (štakor).
- 

*Tijekom izrade umjetnih vektora njihova virulentnost je poništena, pa oni nisu patogeni niti opasni za čovjeka.*

*Netočno:* Kao vektori (prenositelji gena) mogu poslužiti virusi, plazmidi i transpozoni.

Virusi su infektivne čestice koje se sastoje od genetske materije u proteinskom omotaču. Oni su uzročnici mnogih biljnih i animalnih bolesti, uključujući rak. Virus koji napadaju bakterije nazivamo bakteriofagi, ili skraćeno fagi.

Plazmidi su replicirajuće jedinice genetskog materijala (DNK) izvan kromosoma, a transpozoni su pokretljive replicirajuće jedinice genetskoga materijala (DNK), koji se može premještati unutar ili izvan kromosoma. Plazmidi i transpozoni obično su nositelji gena virulencije ili gena za otpornost na antibiotike.

Horizontalni prijenos gena između nesrodnih vrsta moguće je ostvariti: transdukcijom, transformacijom ili konjugacijom.

Transdukcija - infekcija virusom. Kolika je mogućnost prijenosa DNK tim načinom najbolje pokazuje činjenica da je tijekom 24 sata 1/3 ukupne populacije bakterija izložena napadu faga, koji su potencijalno u stanju prenijeti strani gen u novog domaćina (Ho i sur., 1998.). Danas se pouzdano zna da fagi sudjeluju u horizontalnom prijenosu gena virulencije u bakterija. Napadnute i transformirane bakterije mogu tako gotovo trenutno iz neopasne, benigne forme prijeći u malignu, patogenu formu.

Transformacija - usvajanje, odnosno ugradnja u stanicu djelića DNK iz okoliša. DNK se oslobađa u okoliš prilikom uginuća stanice, ali i tijekom života organizma. Prema tome okoliš je vrlo bogat sa DNK, pa tako morska voda može sadržavati 0,2 do 44 mg DNK na 1 litru, a sediment svježe vode i do 1 mg/gr. U tlu je takva DNK zaštićena od degradacije vezanjem na huminske kiseline, čestice gline ili pijeska. Poluvijek raspada DNK vezane na čestice da iznosi 9 do 28 sati ovisno o tipu tla, a u morskom sedimentu 140 do 235 sati

(Lorenz i Wackenagel, 1994.)- Oslobođanje gole DNK iz transgenih organizama u okoliš postaje ekološki problem, jer čak i kratka sekvenca DNK može imati značajan genetički učinak na organizam u koji je integrirana, ali kojem nije prvotno namijenjena. Utvrđeno je npr. da gola DNK nekih virusa može inficirati domaćina kojem je matični virus kao cjelina neučinkovit (Traavik, 1995.).

Konjugacija - neuobičajeno parenje između nesrodnih vrsta. Danas je poznato da i taj tip horizontalnog prijenosa gena u prirodi nije tako rijedak, no mehanizmi još nisu dovoljno proučeni. Poznati su tzv. promiskuitetni plazmidi, koji prelaze prepreke između filogenetski udaljenih vrsta prenoseći nasljednu osnovu. Danas se rutinski koristi nekoliko promiskuitetnih konjugativnih plazmida u konstrukciji prijenosnika posredstvom *E. coli* ili *Agrobacterium* i drugih udaljenih vrsta. Takvi su vektori nezaustavljivi jer nose izvore replikacije, kao i konjugativnog transfera za obje vrste. Nadalje, transpozoni mogu biti prenositelji DNK, te se često koriste u izgradnji vektora. Pretpostavlja se da je tijekom posljednjih desetljeća posebna vrsta takvih transpozona, nazvana integron, uključena u stvaranje multirezistentnih R-plazmida (Davies, 1994.). Integron nosi vlastiti gen koji kodira enzim integrazu, koja je opet u stanju katalizirati specifičnu integraciju kazeta s genom rezistentnim na antibiotik i odgovarajućim promotorom nužnim za ekspresiju toga gena. Integron može nositi nekoliko kazeta, svaku za rezistenciju prema drugom antibiotiku, te može omogućiti rekombinaciju između postojećih kazeta. Novonastala egzotična fuzija gena daje multifunkcionalnu rezistenciju prema antibioticima. Integron može preskakati s bakterijskog kromosoma na plazmid, te se tako prenositi na drugu bakteriju tijekom konjugacije.

Da bi se povećala vjerojatnost horizontalnoga prijenosa gena, umjetni su vektori sačinjeni od dijelova najinfektivnijih prirodnih vektora iz kojih su uklonjeni ili oštećeni dijelovi DNK koji uzrokuju bolest. Međutim, to još uvijek ne znači da se ti opasni dijelovi DNK ne mogu poslije nadoknaditi iz drugih virusa i parazitskih čestica uvijek prisutnih u okolišu. Gen koji čovjek želi prenijeti integrira se unutar genetskoga materijala vektora, ili je slobodno "upakiran" unutar proteinskog omotača virusa. Također je utvrđeno da antibiotici mogu povećati učestalost horizontalnoga transfera gena od 10 do 10.000 puta (Torres i sur., 1991., Mazodier i Davies, 1991., Ho i sur., 1998.) i time stvoriti idealne uvjete za širenje otpornosti na antibiotike.

Umjetno sačinjen vektor obično sadrži i jedan ili više markera za rezistenciju na antibiotike, kako bi se mogla detektirati efikasnost prijenosa korištenjem odgovarajućeg antibiotika. Budući da je genetičkom inženjerstvu svrha povećati vjerojatnost horizontalnog prijenosa gena, može se očekivati da se geni za rezistenciju prema antibioticima, kao i geni virulentnosti, pogreškom rašire i rekombiniraju te tako stvore nov, na antibiotike otporan patogen.

U stvarnosti pojava novih virulentnih patogena i širenje otpornosti prema antibioticima samo je jedan od oblika promjena koje su prouzročene genetičkim

inženjerstvom favoriziranog horizontalnoga prijenosa gena. Današnje spoznaje upućuju na zaključke da je rezultat takve aktivnosti pojava novih sojeva bakterija odgovornih npr. za pojavu epidemije kolere u Indiji (1992.) i u novije vrijeme širenje bakterije *E. coli* rasa O157:H7; u Japanu 1996. godine (10 tisuća oboljelih i 12 smrtnih slučajeva); u Škotskoj 1997. godine (tisuće oboljelih i 20 smrtnih slučajeva). Specifični toksin te virulentne rase *E. coli* prenesen je horizontalnim transferom gena VT1 iz Shigele (Ho i sur., 1998.). Na sličan način putem horizontalnih prijenosa gena i njihova međusobnog rekombiniranja već su stvorene populacije bakterija s multiplom otpornošću na antibiotike, pa tako prema izvješću Svjetske zdravstvene organizacije (WHO Report, 1996.) danas je 60% infekcija zadobivenih u bolnicama SAD-a rezistentno na sve poznate antibiotike. Dva soja *E. coli* izolirana u Engleskoj otporna su na 21 od ukupno 22 uobičajena antibiotika (Ho i sur., 1998.), a u Japanu je izoliran soj *Staphylococcus aureus* otporan na nedavno razvijen antibiotik vancomycin (Day, 1997.). U Talijana otpornost *Streptococcus pyogenes* prema erytromycinu u razdoblju od dvije godine (1993.-1995.) uvećana je 20 puta (Cornaglia i sur., 1996.). Ovo su samo neki primjeri pojave otpornosti prema antibioticima. Istodobno se javljaju i novi uzročnici bolesti, pa je tako tijekom samo osam godina (1988.-1996.) identificirano pedesetak novih virusa (Mahy, 1997.). Na Tablici 2 navedene su neke bolesti koje su se pojavile u posljednje vrijeme.

Tablica 2. Nepotpuna lista novih bolesti koje su se javile u posljednja dva desetljeća (Prema: Ho Mae-Wan i sur., 1998)

- 
- 1977. *Legionella pneumophila*, potencijalno fatalna legionarska bolest.
  - 1977. *Ebola virus*, hemoralgična vrućica - fatalna gotovo čak u 80% slučajeva.
  - 1977. *Hantaan virus*, potencijalno fatalna hemoralgična vrućica s bubrežnim sindromom.
  - 1977. *Campylobacter jejuni*, uzročnik proljeva.
  - 1980. Humani T-lymfotropni virus (HTLV-1), uzročnik jedne vrste leukemije.
  - 1981. *Staphylococcus aureus*, bakterija, toksični sindrom.
  - 1982. *Escherichia coli* O157:H7, bakterija, uzročnik krvavog proljeva.
  - 1982. HTLV-2 virus, uzročnik jedne vrste leukemije.
  - 1983. *Helicobacter pylori*, bakterija, uzročnik raka želuca.
  - 1983. HIV, uzročnik nedostatka imuniteta u čovjeka (AIDS).
  - 1985. *Enterocytozoon bieneusi*, parazit, uzročnik teško izlječiva proljeva.
  - 1986. *Cyclospora cayetanensis*, parazit, uzročnik teško izlječiva proljeva.
  - 1988. Hepatitis E-virus, uzročnik epidemije žutice u vrućih podneblja
  - 1988. Humani virus herpesa 6, uzročnik vrućice i osipa.
  - 1988. *Salmonella typhimurium*, bakterija, uzročnik proljeva.
  - 1989. Hepatitis C, virus, uzročnik raka jetre.
  - 1989. *Ehrlichia chafeensis*, bakterija, uzročnik infekcija.
  - 1991. *Guanarito virus*, uzročnik venezuelske hemoralgične vrućice.
  - 1991. *Encephalitozoon hellem*, parazit, uzročnik konjuktivitisa.
-

- 
- 1991. Nova vrsta *Babesia*, parazit, uzročnik infekcija.
  - 1992. Novi soj *Vibro cholerae* O139, uzročnik epidemijske kolere.
  - 1992. *Bartonella henselae*, bakterija, uzročnik tumora krvnih žila.
  - 1993. *Sin Nombre* virus, uzročnik sindroma dišnih puteva.
  - 1993. *Encephalitozoon cuniculi*, parazit, proširena bolest.
  - 1994. *Sabia* virus, uzročnik brazilske hemoralgične vrućice.
  - 1994. *Equine morbillivirus*, uzročnik bolesti dišnih puteva.
  - 1995. Humani *herpesvirus* 8, uzročnik Kaposijeva sarkoma kod pacijenata s AIDS-om.
  - 1995. Novi virus majmunske groznice, potencijalno fatalan za čovjeka.
  - 1996. Novi *hantavirus*, prenosi se s čovjeka na čovjeka.
- 

Premda su, posebno u svijetu mikroorganizama, prirodni vektori za transfer gena (virusi, plazmidi i transpozoni) oduvijek postojali, oni su bili specifični za domaćina, pa se prijenos ostvarivao uglavnom između individua iste vrste. Prema tome genetičko inženjerstvo otvorilo je put horizontalnom prijenosu gena na način koji do sada priroda nije poznavala.

*Horizontalni prijenos gena daje očekivane promjene svojstva domaćina.*

*Netočno:* Prijenos gena je slučajna, ne može se ciljano predvidjeti kromosom niti lokacija na njemu, pa čak s potpunom sigurnošću niti njegova izražajnost. Za ilustraciju navodi se primjer australskih znanstvenika koji su željeli promijeniti boju ruže prijenosom gena za plavu boju cvijeta iz petunije. Nemalo su se iznenadili kad su vidjeli da je i nakon uspješno prenesenoga gena za plavu boju, ruža i nadalje imala ružičast, odnosno crven cvijet. Međutim, kad su plavi gen petunije ugradili u karanfil, ružičasti ili crveni cvijet postao je ljubičast. Gen petunije odgovoran za plavu boju cvijeta kodira sintezu enzima prijeko potrebnog u tvorbi molekule plavoga pigmenta zvanog delfinidin. Međutim, nije bilo jasno zašto gen djeluje u karanfilu, a ne i u ruži? Poslije se pokazalo da je problem u kiselosti staničnog soka vakuola latica ruže. Da bi pigment delfinidin poplavio, treba mu lužnata sredina, a ona je u latica ruža kisela. Dakle, sljedeći korak bio bi klonirati gen koji će kiselu vakuolu latice učiniti lužnatom. No sada oni isti znanstvenici koji su s puno optimizma krenuli u prvi pothvat s ružom, nisu više tako sigurni u uspjeh. Naime, što ako prirodni ružini pigmenti, crveni cianadini i narančasti perlagonidini ipak prevladaju plave delfinidine? (Concar, 1998.)

Očekivani učinak horizontalnoga transfera gena temelji se na pogrešnom shvaćanju o tome što geni zapravo jesu i što mogu učiniti. Genetički determinizam danas se općenito smatra velikom zabludom (Švajger, 1997.). Gen često kontrolira izražajnost više fenotipskih svojstava (pleotropni učinak gena), odnosno često je jedno svojstvo određeno akcijom više gena, izražajnost kojih ovisi o nizu vanjskih (okolišnih) uvjeta. Velika je mogućnost da

genetičkim inženjerstvom manipulirani gen u novoj sredini i u suradnji s novim susjedima (genima) da neočekivan fiziološki ili biokemijski učinak. Lako je moguće da, do tada za ljudsko zdravlje bezopasna jestiva biljka počne proizvoditi alergen ili toksičnu tvar. Pojava alergija i smanjenja imunološke otpornosti već je i znanstveno zabilježena, pa je jedna od kompanija (Pioneer), zbog izazivanja alergije, morala s tržišta povući genetički modificiranu soju, iako ju je prije toga promicala kao najbolje testirani novi proizvod.

*Hrana od GMO-a nije opasna za zdravlje čovjeka.*

Netočno: Sigurnost i bezopasnost prehrambenih proizvoda od GMO-a nije dovoljno ispitana jer se multinacionalne biotech-kompanije žure što prije vratiti velika financijska sredstva uložena u istraživanja. Tako se događa da nedovoljno ispitana hrana dolazi na tržište, a kupci, ne svojom voljom, postaju pokusne životinje za njezino testiranje. Tu tvrdnju najbolje potvrđuje pokušaj prikriivanja alarmantnih rezultata hranidbenih pokusa na štakorima koje je u Škotskoj proveo dr. A. Pusztai (Gillard i sur., 1999.). Sporni hranidbeni pokus proveden je sa GM-krumpirom u koji je unesen gen iz visibabe. Taj gen transgenoj biljci daje sposobnost proizvodnje tvari nazvane GNA-lektin, koji ima insekticidni učinak. Dosadašnje spoznaje o lektinu visibabe nisu uputile da je toksičan za sisavce, pa je zato i uključen u GM-krumpir, rižu, uljenu repicu, kupus i druge biljne vrste. Pokusi su pokazali da je GM-krumpir s vlastitim lektinom u mladih štakora usporio rast, oštetio imunološki sustav te izazvao značajne promjene na vitalnim organima (mozgu, štitnjači, bubrezima, slezeni, želučanjoj stjenci). Nasuprot tome lektin visibabe pomiješan s običnim krumpirom u istoj koncentraciji nije štetno djelovao. Kad su objavljeni rezultati tih istraživanja (kolovoz, 1998.) dr. Pusztai je prisilno umirovljen, a vjerodostojnost rezultata je zanijekana. Tek na zahtjev međunarodne znanstvene javnosti rezultati su ponovno razmotreni, prihvaćeni kao točni a dr. Pusztai je rehabilitiran (veljača, 1999.).

Spomenuti nalaz je posebno značajan jer pokazuje da štetni učinak nije posljedica lektina, nego modifikacije koja se dogodila pri prijenosu gena u krumpir. Krivac bi mogao biti i vektor - virus koji se koristi za horizontalni prijenos gena. Isti je vektor korišten i u Monsantojoj Roundup Ready soji. Dr. Pusztai, znanstvenik otvorenoga uma, pobornik primjene hrane od GM-biljaka pod uvjetom da je prethodno ispitana u neovisnom laboratoriju, sada izjavljuje da nikada ne bi jeo GM-krumpir, te da nije pošteno koristiti građane kao pokusne zamorce, bez njihove privole i znanja. Stoga ne čude izjave uglednih znanstvenika poput one dr. Iana Gibsona s University of East Anglia, koji kaže: "Mnogo je toga nepoznato o opasnostima nove GM-hrane i dok ona ne bude potpuno ispitana, ne možemo pučanstvo, a posebno djecu, izložiti riziku."

*Genetski modificirani usjevi daju više urode.*

*Netočno:* Već je odavno dobro poznata činjenica da je urod složeno svojstvo od više komponenata rodosti (npr. u žitarica urod čine sljedeće komponente: broj klasova po jedinici površine, broj zrna u klasu i masa 1000 zrna). Izraženost svake komponente rodosti ovisi pak o interakciji više gena i okoliša. Genetičko inženjerstvo danas u stanju je prenijeti samo jedan gen, pa proizlazi da tim postupkom nije moguće bitno djelovati na promjenu rodosti. Kukuruz otporan na kukuruznog moljca neće imati višu rodost, on će eventualno biti zaštićen od gubitka potencijala uroda zbog napada tog štetnika. No tamo gdje štetnik ne pravi veće štete, takvo će svojstvo biti gotovo beznačajno. Iako biotech-korporacije u promicanju svojih proizvoda ističu višu rodost, mnogi podaci s proizvodnih površina GM-usjeva ne potvrđuju tu tvrdnju. Nasuprot tome, neki podaci iz proizvodnje pokazuju smanjene urode i genetsku nestabilnost usjeva. S obzirom na kratko vremensko razdoblje razvoja i istraživanja, drugo se nije trebalo niti očekivati.

*Biotehnologija i genetički inženjering riješit će prijetnju gladi sve brojnijem čovječanstvu.*

*Netočno:* Premda je na prvi pogled riječ o najznačajnijem obećanju biotehnologije, ova je izjava ujedno i vrlo licemjerna. Pogledajmo činjenice! Danas, iako na svijetu ima dovoljno hrane za cjelokupno pučanstvo, svakog dana od gladi umire 35 tisuća ljudi. Dakle, pitanje gladi nije pitanje proizvodnje hrane, nego političko pitanje, problem raspodjele hrane, i treba ga rješavati na drugim mjestima. A da bismo shvatili kako je multinacionalnim kompanijama važan jedino profit, najbolje nam može pokazati slučaj patentiranja do sada najmonstruoznije tehnologije monopola, pogrdno nazvane terminator-tehnologija:

Američko ministarstvo poljoprivrede 3. ožujka 1998. godine prihvatilo je patent na Technology Protection System - u svijetu pogrdno nazvan terminator-tehnologija. Patentni zahtjev podnijela je malo poznata tvrtka Delta and Pine Land Co. Terminator je u osnovi u biljku genetičkim inženjeringom ugrađen samoubilački mehanizam, koji može biti aktiviran određenim vanjskim okidačem. Rezultat je samouništenje (samotrovanje) biljke sljedeće generacije. U tom slučaju kao okidač služi antibiotik tetraciklin. Time bi se spriječilo farmera da sljedeće godine sije vlastito sjeme, odnosno prisililo bi ga se da svake godine kupuje novo sjeme. Ta je tehnologija primjer pogrešno usmjerenog genetičkog inženjerstva i biotehnologije u poljodjelstvu. Iz nje je vidljiva pokretačka snaga multinacionalnih korporacija - želja za kontrolom i posjedovanjem života. U zemljama Trećeg svijeta poljodjelci često sljedeće godine siju vlastito sjeme, koje katkad miješaju sa sjemenom autohtonih sorata i na taj način izdvajaju korisne genetske karakteristike biljaka prilagođenih



lokalnom tržištu. Nova tehnologija onemogućila bi ponovnu sjetvu vlastita sjemena, u sjemenskim kompanijama osigurala bi prodaju sjemena njihovih high-tech sorata u zemljama Azije, Afrike i Latinske Amerike. Siromašni poljodjelci Trećeg svijeta morali bi svake godine kupovati novo sjeme. Procjenjuje se da bi tijekom nekoliko sljedećih godina terminator-sjemenom trebalo biti zasijano više od 400 milijuna hektara. Predodžbe radi, to je površina gotovo jednaka površini južne Azije.

Siromašni poljodjelci, koji koriste vlastito sjeme, proizvode 15-20% hrane u svijetu, čime se može prehraniti oko 1,4 milijarde stanovnika. Upravo ti siromašni farmeri bili bi glavna meta terminator-tehnologije. Jasno je da multinacionalnim biotech-korporacijama nije stalo do toga da hrane gladne, nego (monstruoznim) monopolom žele zaštititi svoje interese te osigurati maksimalno mogući profit.

Kad je riječ o hrani, Irska sa 52 stanovnika/km<sup>2</sup> spada među hranom najbolje opskrbljene zemlje. Ne treba zaboraviti da je prije nepunih 150 godina Irskom, zbog bolesti krumpira, vladala glad te su u potrazi za hranom Iraci masovno iseljavali.

Nadalje, da broj stanovnika i nije odlučujući čimbenik kad je glad u pitanju, najbolje pokazuju sljedeći primjeri: FAO tvrdi da gusto naseljena Danska (122 stanovnika po km<sup>2</sup>) i Portugal (107 stanovnika/km<sup>2</sup>) imaju najviše, a zemlje slabe naseljenosti kao što su Somalija (14,5 stanovnika/km<sup>2</sup>), Afganistan (33 stanovnika/km<sup>2</sup>) i Eritreja (38 stanovnika/km<sup>2</sup>) najmanje hrane po osobi. Očito je da iza ovoga posljednjeg "najsnažnijeg" argumenta ne stoji nikakva snaga, te da problem gladi u svijetu treba rješavati na posve drugačiji način.

## ZAKLJUČAK

Neslućeno brz razvoj tehnologije, a time i rast moći čovjeka da mijenja okoliš, lišen je svakog osjećaja mjere, skrupula, morala i temeljnog prirodnog osjećaja za vrijednost (ne samo) ljudskog života. Pritom stalno treba imati na umu da nijedna tehnologija nije zastrašujuća. Zastrašujuća može biti samo njezina zlouporaba i od nje se treba štiti. Zato je potrebno educirati korisnike takve tehnologije i donijeti odgovarajuće zakone.

Postavlja se pitanje nije li Jeremy Rifkin (1998.), jedan od najpoznatijih kritičara biotehnologije u pravu kad kaže: "Moja je procjena da će poljoprivredna biotehnologija biti jedna od najvećih nesreća u povijesti kapitalističkih korporacija. Ovu industriju uništiti će odgovornost za prouzrokovano nekontrolirano preskakanje gena i time izazvanih posljedica." I nastavlja: "Biotech-korporacije pogrešno procjenjuju naklonost potrošača. Trendove u Europi, Japanu i Sjevernoj Americi određuje srednja klasa, a ona se okreće prema hrani od organske poljoprivrede. Ne zaboravimo da je i nuklearna energija, krunski dragulj fizike 20. stoljeća, odbačena na sličan način."

## LITERATURA - REFERENCES

1. Concar, D. (1998): Brave new rose. It's 2020. You're lying on a lemon scented lawn. The roses are blue, *New Scientist*, 160(2158):30-33.
2. Cornaglia, G., M. Ligozzi, A. Mazzariol, M. Valentini, G. Orefici, R. Fontana (1996): Rapid increase of resistance to erythromycin and clindamycin in *Streptococcus pyogenes* in Italy, 1993-1995. *Emerging Infectious Diseases*, 2(4) <<http://www.cdc.gov/ncidod/EID/eid.htm>>
3. Davies, J. (1994): Inactivation of antibiotics and the dissemination of resistance genes, *Science*, 264:375-382.
4. Day, M. (1997): Superbug spectre haunts Japan, *New Scientist*, 3 May, 5.
5. Gillard, M. S., L. Flynn, A. Rowell (1999), International scientists back shock Findings of suppressed research into modified food, *The Guardian*, February 12, p. 6.
6. Mae-Wan, H., T. Traavik, O. Olsvik, T. Midtvedt, B. Tappeser, C. V. Howard, Ch. van Weizsacker, G. C. McGavin (1998): Gene technology and Gene Ecology of Infectious Diseases, *Microbial Ecology in Health and Disease*, 10:33-39.
7. Lorenz, M. G., W. Wackernagel (1994): Bacterial gene transfer by natural genetic transformation in the environment, *Microbiological Reviews*, 58:563-602.
8. Mahy, B. W. J. (1997): Emerging Virus Infections, *Viral International*, 48(2):1-2.
9. Mazodier, P., J. Davies (1991): Gene transfer between distantly related bacteria, *Annual Review of Genetics* 25:147-171.
10. Rifkin, J. (1998): The biotech century. Harnessing the gene and remaking the World Penguin Putnam Inc., New York, p. 241.
11. Švajger, A. (1997): Kloniranje: pojmovi, zablude, obmana i strah. (Cloning: concepts, mistakes, deception and fear), *Glas hrvat. katol. Liječ. Druš.* VII(2):8-20.
12. Tortes, O. G., R. Z. Korman, S. A. Zahler. G. M. Danny (1991): The conjugative transposon Tn925: enhancement of conjugal transfer by tetracycline in *Enterococcus faecalis* and mobilization of chromosomal genes in *Bacillus subtilis* and *E. faecalis*, *Molecular and General Genetics*, 225:395-400.
13. Traavik, T. (1995): Too early may be too late. Ecological risks associated with the use of naked DNA as a biological tool for research, production and therapy, Report for the Directorate for Nature Research. (English translation, 1998).

**Adresa autora - Author's address:**

Prof. dr. sc. Marijan Jošt  
Visoko gospodarsko učilište u Križevcima  
M. Demerca bb  
48260 Križevci