

# Genetički modifikovani organizmi **PITANJA I DILEME**

**Dr Miodrag Dimitrijević**  
**Dr Sofija Petrović**

Novi Sad, 2004.



Zelena  
Mreža  
Vojvodine



Green  
Network  
of Vojvodina

# GENETI^KI MODIFIKOVANI ORGANIZMI PITANJA I DILEME

Autori:

Dr Miodrag Dimitrijevi}

Dr Sofija Petrovi}

Mart 2004.

[tampanje publikacije omogu}ila je  
Grassroots Foundation, Nema~ka i  
Ministarstvo prirodnih bogatstava i  
ivotne sredine, Beograd

Izdava~: **Zelena mre`a Vojvodine, Novi Sad**  
Za izdava~a: **Olivera Radovanovi}**  
Autori: **Dr Miodrag Dimitrijevi}**, **Dr Sofija Petrovi}**  
Dizajn i tehni~ko ure|enje: **Du{ko Medi}**  
Lektura: **Ljubica Kostic}**  
Prevod na engleski: **Tatjana A~anski**  
[tamparija: **Futura, Novi Sad**  
Tira` : **500**

**Novi Sad, Mart 2004.**

Publikacija je dostupna na slede}oj web adresi:  
**<http://www.zelenamreza.org.yu/publikacije/gmo.pdf>**

Besplatno reprodukovanje dela ili cele publikacije u svrhu edukovanja ili druge neprofitne ciljeve dozvoljeno je u saglasnosti sa izdava~em.

# SADR@AJ

<b>Uvod</b>	5
1. Zašto je važno poznavanje GMO-a?	6
2. Kako se genetička ideja razvijala?	7
3. [ta je gen?	10
4. Kako geni rade?	11
5. [ta su genetički modificirani organizmi?	12
6. Kako se unose strani geni i [ta je genski blok?	13
7. Da li su pokretači rada stranog gena bezbedni?	15
8. [ta je horizontalni i vertikalni prenos gena?	16
9. [ta je DNK kontaminacija?	17
10. Kako se [elija brani od promena?	19
11. Da li su i u kojoj meri GMO stabilni?	19
12. Zašto GMO?	20
13. Koje su najvažnije GM osobine u poljoprivredi?	24
14. Kolika je rasprostranjenost GM kultura?	29
15. Da li GMO utiče na biodiverzitet?	33
16. Kako utvrditi prisustvo GMO?	35
<b>Završna razmatranja</b>	38
<b>Pogovor</b>	40
<b>Literatura</b>	41
<b>GMO - QUESTIONS AND DILEMMAS</b>	43

Zelena  
Mreža  
Vojvodine



Green  
Network  
of Vojvodina

Zelena Mreža Vojvodine

Pašjeva 24

21000 Novi Sad

tel/fax +381 21 611 484

e-mail office@zelenamreza.org.yu

---

## Zelena Mreža Vojvodine

---

Zelena Mreža Vojvodine je nevladina, neprofitna organizacija sa sedištem u Novom Sadu. Registrovana je 2001. godine. Zelena Mreža Vojvodine promovira i podupire zaštitu životne sredine i održivi razvoj na lokalnom, regionalnom, nacionalnom i internacionalnom nivou. Mi, takođe, promoviramo toleranciju i demokratiju sa ciljem miroljubivog rešavanja konflikata. Pored "zelenih" aktivnosti naš je cilj da promoviramo miran suživot svih nacija, etničkih grupa i konfesija u Vojvodini. Naš je stav da je bogatstvo različitih vera i nacija u Vojvodini velika civilizacijska i kulturna tekovina i prednost.

Naša strategija je da radimo na istraživanju mogućnosti primene principa održivog razvoja kao jedine moguće strategije razvoja našeg društva. U okviru te strategije smatramo da su održiva poljoprivreda i ruralni razvoj jedini mogući put vođanskog razvoja. Za Vojvodinu to znači o-uvanje poljoprivrednog zemljišta i biodiverziteta za sadašnje i buduće generacije.

Zelena Mreža Vojvodine je vodeća nevladina organizacija u Srbiji koja vodi kampanju protiv genetički modifikovanih organizama od 2001. godine. Više informacija o našim aktivnostima može se pronaći na adresi: <http://www.zelenamreza.org.yu>

# UVOD

Vek koji smo ostavili za nama doneo je sa sobom mnoge inovacije, koje su suštinski promenile život ljudi. To je bio vek u kome je čovek zaplovio vazduhom, otišao u svemir i na Mesec. Vek satelita. Vek komunikacije i globalizacije. Vek koji je doneo najkrvavije ratove u istoriji čovečanstva. Vek u kome se začelo atomsko doba. Vek razvoja računara. U odnosu na prethodne vekove, bio je to vek sa najvećim promenama i svakako, veoma dramatičnog razvoja nauke na mnogim poljima.

Sada, kada stojimo na vratima novog milenijuma, sa pravom se pitamo šta nam on donosi. Teko je iz sadašnje perspektive sagledati kako će, ono što je nagovešteno u drugoj polovini prošlog veka, obeležiti prvi vek novog milenijuma. Utvrđeno je da se radi o biotehnologiji, čiji osnov predstavlja molekularna genetika, genetički inženjering, a rezultati ove nauke vode ka kontrolisano i ciljno genetički izmenjenim organizmima i klonovima.

Sigurno je, sada već i neizbežno, da su ovi genetički modifikovani organizmi (GMO) postali deo našeg svakodnevnog života. Pitanja etičke i tehničke prirode, koja stižu sa ovom tehnologijom, a može se reći i industrijom, mnogobrojna su. Genetika je tako, od nauke kojom se ekskluzivno bavila relativno malobrojna naučna zajednica, postala tema za diskusiju raznovrsne populacije: kompetentnih, nekompetentnih, profesionalaca, amatera, zaljubljenika, senzacionalista, umerenih, gorljivih, opreznih, radoznalaca. Podela mišljenja je neminovna i ona je u ljudskoj prirodi, mada nije sve u retorici i akademskoj diskusiji, kao što se u slučaju: »Nije sve u ljubavi, ima nešto i u novcu«. Ovde se, međutim, niko ne žali. Dok jedni očekuju da će ova tehnologija uneti mnoge pozitivne promene u naš život, značajno podići i unaprediti kvalitet življenja otvarajući neslušene perspektive, drugi izražavaju otvoren strah pred mogućim posledicama prebacivanja gena iz organizma u organizam, probijanjem svih prirodnih prepreka. Prema prvim, reč je o revolucionarnom koraku za dobrobit čovečanstva, te preporučuju hranu koja je istovremeno i lek, hranu obogaćenu novim hranljivim vrednostima, kao i biljke koje su otporne na herbicide i pesticide. Drugi GMO tehnologiju smatraju potencijalnom i sasvim realnom opasnošću, koja pretili ljudskoj okolini, stvara monstruozne organizme. Smatraju je i nedovoljno usavršenom i ispitanošću što se tiče uticaja na ljudsko zdravlje, poigravanjem granicama koje je priroda ili božanska ruka postavila.

Pored svih dilema, ostaje –injenica da je –ovek kumulirao znanje i ovladao jo{ jednom tehnikom koja mu poma`e da prodre u mikrokosmos gena i geneti-ke informacije. ^injenica je, tako |e, da mu dostignuti nivo znanja omogu}ava da potire, ili pomera prirodne zakone i postavljene granice u horizontalnom prenosu gena, odnosno razmeni geneti-kih informacija izme |u vrsta. Kao i svaka dramati-na novoosvojena nau-na i tehnolo{ka oblast, biotehnologija ima svoje dobre strane, ali i zastra{uju}i nesagledive negativne posledice. [ta }e preovladati, pokaza}e vreme.

---

## 1. Za{to je va`no poznavanje GMO-a?

---

Transgeni organizmi kori}eni su u po-etku za geneti-ka, odnosno molekularno-biolo{ka istra`ivanja, da bi se prou-avali mehanizmi nasle|ivanja, rad i efekti gena, granice pro{irivanja geneti-ke varijabilnosti ili, kako se poetski ka`e, »otkrivale tajne `ivota«. Danas se njihovi produkti koriste u proizvodnji hrane, lekova i kozmeti-kih preparata. Geneti-ki in`enjeri dana{nje omogu}ava gensku terapiju u le-enju, ali i dobijanje komercijalnih transgenih biljaka i `ivotinja. Nije daleko doba kada }e `ivotinje mo}i da proizvode va`ne farmaceutske produkte i njima »obogatiti« mleko, i kada }e njihovi genotipovi biti tako izmenjeni, da kod ljudi ne}e dolaziti do imunolo{kog odbacivanja presa |enih `ivotinjskih organa. Mleko, meso, vuna i drugi proizvodi dobijeni od doma|ih `ivotinja, kao i proizvodi biljnih kultura, bi}e oboga}eni u svom sastavu, tako da }e doprinositi dobrobiti i zdravlju ljudi. Uno{enjem po`eljnih i korisnih gena, radi otpornosti organizma na uobi-ajene bolesti, bi}e u-injeni krupni koraci u pobolj{anju `ivotinjskog i biljnog sveta. Genskom terapijom bi}e izmenjeni geni koji dovode do pojave neizle-ivih bolesti.

Kao primer genskih manipulacija o kojima je ovde re~, mo`e se navesti primer paradajza osetljivog na niske temperature i vrste ribe koja dobro podnosi hladno}u vode. Identifikovani su i izolovani geni iverka (*Platichthys flesus*) iz severnog Atlantika koji su odgovorni za dobro podno{enje niskih temperatura. Tehnikama genskog in`enjeri su ugra|eni ovi »antifriz« geni u paradajz, –ime je produ`ena sezona gajenja ove kulture. U Severnoj Americi se eksperimenti{e sa lososom kome je ugra|en ljudski gen hGH, koji produkuje hormon rasta, te se ubrzava porast i pove}ava veli-ina lososa. Humani gen za hormon rasta (rBGH) se, tako |e, unosi u genom krava i svinja.

Upotreba GMO u biljnoj poljoprivrednoj proizvodnji je ve} uhodana praksa. Krompir, pamuk, kukuruz i druge biljne kulture, koje sadr`e gene bakterije *Bacillus thuringiensis* (Bt), sami proizvode prirodni pesticid (insekticidni protein) kojim se smanjuju o{te}enja od insekata. Ugra|eni geni iz zemlji{nih bakterija, kao {to su *Agrobacterium tumefaciens*, *Streptomyces viridochromogenes*, *Streptomyces hygroscopicus*, *Klebsiella pneumoniae*, ili *Achromobacter sp.*, poljoprivrednim kulturama

(soja, kukuruz, {e}erna repa, uljana repica, pamuk itd. ) obezbe|uju otpornost na totalne herbicide. Ovi genski modifikovani biljni organizmi olak{avaju gajenje u monokulturi, smanjuju interakciju biljke (genotipa) i spoljne sredine. Biljka sve vi{e postaje »fabrika hrane«, a poljoprivreda se pribli`ava industrijskoj proizvodnji. Preko 3000 genski in`enjerovanih biljaka, `ivotinja i mikroorganizama je razvijeno prete`no u laboratorijama SAD. U ovoj zemlji je preko 40 vrsta GM biljnih kultura odobreno za tr`i{te.

Navedeno upu}uje da je GM tehnologija postala deo na{eg `ivota i da je poznavanje ove tehnologije veoma va`no ne samo za nau~nike, ve} i za naj{ire grupe proizvo|a-a, potro{a-a i stanovni{ta uop{te, koje se ve} suo-ava, ili }e se suo-iti sa produktima GMO-a. Ako je pro{li vek bio vek nauke, predvi|anja govore da }e ovaj vek biti vek informacija. Da bi javnost zauzela pravilan stav i formirala mi{ljenje o GM tehnologiji i posledicama ove tehnologije potrebno je da ima pravovremenu, lako razumljivu i objektivnu informaciju.

---

## 2. Kako se geneti-ka ideja razvijala?

---

Genetika je nauka koja je po-ela da se razvija kao samostalna nau-na disciplina sredinom XIX veka, zahvaljuju}i eksperimentima sve{tenika Gregora Mendela iz Brna (Moravska). Mendel je 1865, ukr{taju}i razne sorte gra{ka (*Pisum sativum*), postavio osnovne zakonitosti u nasle|ivanju osobina. On je pretpostavio da postoje jedinice naslednosti, koje se prenose iz generacije u generaciju. Nekako u isto vreme (1869), Belgijanac F. Mi{er nesvesno je izolovao DNK (dezoksiribonukleinsku kiselinu) rade}i eksperimente u kuhinji vlastelinskog dvorca u Tbingenu (Virtemberg). Ova dva otkri}a, koja su u to vreme pro{la sasvim nezapa`eno, postavila su temelje genetike kao moderne nauke u XX veku.

Ve} 1902. Bejtson uvodi naziv »gen« za naslednu jedinicu koja uti-e na pojavljivanje i razvoj osobine organizma. Tridesetak godina kasnije (1927), koriste}i vinsku mu{icu (*Drosophila melanogaster*), Miler otkriva da X-zraci mogu da izazovu promene u naslednom materijalu, koje se prenose na potomstvo, tzv. mutacije. Grifit (1928), slu`ajno otkriva transformaciju, promenu geneti-ke informacije jednog organizma pod uticajem drugog, rade}i sa *Streptococcus pneumoniae*. Tokom 1941. Bidl i Tejtum, eksperimenti{u}i sa gljivom *Neurospora crassa*, doprinose postavljanju teorije »jedan gen| jedan enzim«. Ova teorija, malo modifikovana, va`i i danas. Krajem Drugog svetskog rata, Ejvri, MekLod i MekKarti (1944), nastavljaju}i rad Grifita na *Streptococcus pneumoniae*, pokazuju da je preno{enje DNK odgovorno za promenu nasledne informacije kod ove bakterije. Barbara MekKlintok, rade}i na kuku-ruzu (*Zey mays*), 1950. dokazuje postojanje pokretnih naslednih elemenata, transpozona. Dve godine kasnije, Lederberg i Zinder otkrivaju transdukciju, prenos



geneti-kog materijala putem virusa. Te 1952. Her(i i Marta ^ejz dokazuju da je DNK nosilac naslednih osobina, koriste}i bakteriju *Escherichia coli* i virus T2 bakteriofag. I tada, 28. februara 1953. ulaze}i u pab »Orao« u Kembrid`u, Frensis Krik je objavio: »Otkrili smo tajnu `ivota!«

Tog jutra, u maloj baraci izgubljenoj u jednom od dvori{ta univerzitetskog gradi}a u Engleskoj, on i D`ejms Votson su upravo to i uradili, otkriv{i strukturu dezoksiribonukleinske kiseline (DNK). Ovo je bio prelomni trenutak u razvoju genetike i kamen temeljac razvoja molekularne genetike, koja }e posle nekoliko decenija dovesti do stvaranja geneti-ki modifikovanih organizama. Kao i Bidl i Tejtum (1958), a mnogo kasnije Barbara MekKlintok (1983), Votson, Krik i Moris Vilkins su 1962. dobili Nobelovu nagradu za ovo otkri}e. Rosalind Frenklin, koja je u to vreme na Kraljevskom koled`u u Londonu dobila prelepe rendgenske fotografije strukture DNK, nagradu nije dobila. Umrta je od raka 1958. u 37. godini `ivota. Nobelova nagrada koja se nije davala posmrtno, -etiri godine kasnije oti{la je u ruke trojice mu{karaca.



**Gore levo:** Watson, Crick i Wilkins. **Dole levo:** Watson kao rukovodilac Projekta mapiranja humanog genoma. **Gore desno:** Fizi-ar George Gamow koji je otkrio da tri dela DNK lanca (azotne baze) odre|uju jednu esencijalnu amino-kiselinu u procesu sinteze proteina. Gamow je i autor teorije o »velikom prasku« nastanka vasiona.

Po{to je definisan objekat istra`ivanja, otkri}a su se de{avala skoro u nizu. U 1957.

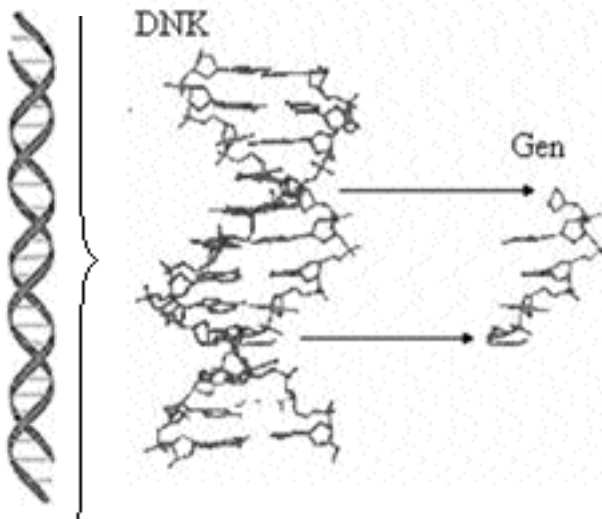
otkrivena je kru`na DNK struktura kod *E. coli* (}akob i Volman), kao i enzim DNK polimeraza (Kornberg). Mezelson i [tal su 1958. otkrili da se DNK udvaja u dve identične kopije. Savada je 1959. pokazao da geni za otpornost prema antibioticima mogu da se prenesu iz rase *Shigella* u rasu *Escherichia coli* pomo}u plazmida (autonomne vanhromozomske DNK kru`ne jedinice). Ovaj prenos je veoma va`an za kasnije razvijanje tehnika dobijanja GMO.

[esdesete su donele otkri]a vezana za regulaciju rada gena i sintezu proteina. Bekvit i Signer su 1966. premestili segment DNK(lac region) iz *E. coli* u drugi mikroorganizam -ime su pokazali da je gene mogu}e prenositi, kao i redizajnirati hromosome. Tokom sedamdesetih godina u~injen je krupan eksperimentalni korak u putevima i enzimskim sistemima za prenos gena iz organizma u organizam. Koen, ^ang, Hiling i Bojer (1973) su pokazali da DNK mo`e da se ise-e u delove pomo}u restrikcionih enzima, da se deo (segment) DNK mo`e preneti u, tako |e, ise-eni plazmid i da ovako stvorena *rekombinantna* DNK mo`e da bude biolo{ki aktivna i da se umno`ava u doma}innoj bakterijskoj }eliji. Ovo upu}uje na ~injenicu da plazmidi mogu da budu korisni prenosiooci (vektori) stranih gena iz jednog organizma u drugi. Navedeno otkri}e je predstavljalo prelomni korak u razvoju tehnologije rekombinantne DNK i geneti-kom in`enjeringu. Osamdesete su donele po-etak komercijalizacije dotada{njih istra`ivanja i po-etak procvata industrijske biotehnologije a 1981. je doneta dozvola dr`avnih organa SAD (United States Food and Drug Administration - FDA) za plasman na tr`i{tu prvog rekombinantnog proteina, humanog insulina za dijabeti-are, dobijenog rekombinacijom gena u kulturama mikroorganizama.

Poslednja decenija pro{log veka donela je ubrzanu komercijalizaciju transgenih organizama, posebno u poljoprivredi, ali i dalja istra`ivanja na polju molekularne genetike. Petnaestogodi{nji projekat otkrivanja svih gena na svim ljudskim hromozomima i utvr|ivanja njihove biohemijske prirode. Projekat istra`ivanja humanog genoma (Human Genome Project), zvani-no je zapo-eo 1990. Rukovodilac ovog projekta od 1988. bio je upravo D`ejms Votson, koji je kasnije dao ostavku na taj polo`aj. Na prelazu osamdesetih ka devedesetim godinama, izvedena je prva potvr|ena genska terapija u medicini, sa delimi-nim uspehom. Geni za imunoglobulin su insertovani u izolovane }elije belih krvnih zrnaca koje su, vra}ene u krv pacijenta, dale izvesno pobolj{anje imuniteta. Odobrenje za upotrebu FDA je 1994. dodelila prvom komercijalnom transgenom paradajzu sa produ`enom trajno{ }u FLAVR SAVR™ kompanije Calgene Inc. Ina-e eksperimenti sa ovim paradajzom su po-eli jo{ 1988. Ve} sredinom devedesetih godina GM poljoprivredne kulture postaju, sve vi{e i vi{e, sastavni deo ameri-ke poljoprivrede i naglo zauzimaju sve ve}e povr{ine. Istorijske 1997, u Roslin institutu u Edinburgu ([kotska), svet je ugledalo jagnje Doli. To je bio prvi sisar dobijen tehnikom transgenog kloniranja. Ovo je otvorilo put ka kloniranju ljudi, sli-nim tehnikama. Prvi kompletan hromozom ~oveka (hromozom 22), je ispitivan (sekvencionisan) 1999. Po-etkom novog milenijuma, 2000. godine, zavr{eno je grubo sekvencionisanje ukupne DNK ~oveka. Preko polovine povr{ina pod sojom i pamukom i oko tre}ine povr{ina pod kukuruzom u SAD, zauzimaju transgeni usevi. Preko 40 vrsta poljoprivrednih, genski in`enjerovanih kultura je odobreno za tr`i{te u ovoj zemlji a 60-70% proizvoda u ameri-kim samoposlugama sadr`i komponente transgenih organizama. Nova era je po-ela.

### 3. [ta je gen?

Najveći deo istorijskog pamćenja i akumuliranog iskustva ljudske rase predstavljen je i sačuvan u knjigama. Raspored slova formira reči, a ovim rečenicama, iskustvo se prenosi horizontalno od okeka do okeka i vertikalno sa generacije na generaciju. Slično je i sa govorom, odnosno usmenim predanjem. I geni su deo nagomilanog hiljadugodišnjeg istorijskog iskustva, evolucije, i oni informaciju nose, predaju horizontalnim prenosom sa organizma na organizam ili vertikalnim prenosom, nasleđivanjem iz generacije u generaciju. Za iskustvom, nataloženim u knjigama, posećemo u bibliotekama. Za informacijama nataloženim u genima posećemo u nama samima. Tako proizilazi da je svaki ovek hodajuća biblioteka pamćenja svoje vrste. To važi i za ostale organizme na Zemlji.

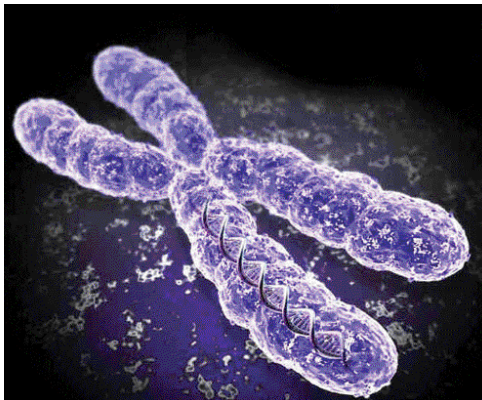


*Dvostruki lanac DNK, čiji segmenti predstavljaju gene. Od ukupne dužine DNK okeka, tek negde oko 1% čine geni. Način rada ovih gena, odnosno način nasleđivanja ljudskih osobina je u manjoj meri proučen. Funkcija preostalih 99%, u ogromnom delu, još uvek nije poznata. Slično je i sa najvećim brojem viših organizama.*

Osnovna gradivna jedinica organizama je ćelija. U prirodi nalazimo kako jednoćelijske orga-

nizme, tako i one koji se sastoje od miliona ćelija. Ono što im je zajedničko je da svaki od njih u svakoj ćeliji sadrži genetičke informacije. Organizam u svim svojim ćelijama sadrži, tzv. nukleinske kiseline. Ove kiseline zajedno sa molekulima proteina izgrađuju hromosome u obliku uvijene biserne ogrlice. Hromozomi se većinom nalaze u jedru ćelije i njihov stalan broj je karakteristika vrste. Najčešće zastupljena je dezoksiribonukleinska kiselina – DNK, koja svojim delovima čini male nasledne jedinice – gene. Ukupna DNK organizma, uključujući i sve gene, čini genom. Geni, mali DNK segmenti koji proizvode proteine, odgovorni su za sve osobine organizma i one koje vidimo, kao i one koje ne vidimo. Reč je o složenom mehanizmu pamćenja predatakih informacija, njihovoj realizaciji u izgledu organizma i prenošenju na potomstvo. Rad ovih nosilaca nasleđa se modelirao hiljadama godina u saglasju sa promenama uslo-

va sredine, što čini osnov teorije evolucije. Ovo je pitanje tananog balansa, jer genetička osnova mora da bude dovoljno nepromenljiva da od neke uvek nastane neke, od ruže ruža, od zeca zec, ali i da je dovoljno promenljiva da se vrsta što uspešnije prilagođava uslovima sredine i tako preživljava.



*DNK lanci zajedno sa proteinskim molekulima čine hromosome. Broj hromozoma je stalan za svaku vrstu i kao takav karakteristika je vrste. Neke ih ima 46, pšenica 42, kukuruz 20, soja 40, paradajz 24, svinja 38, pas 78, komarac 6, mrav 48, čaran 104, smuđ 24 itd. Slika preuzeta sa: <http://iris.cnice.mecd.es/>*

---

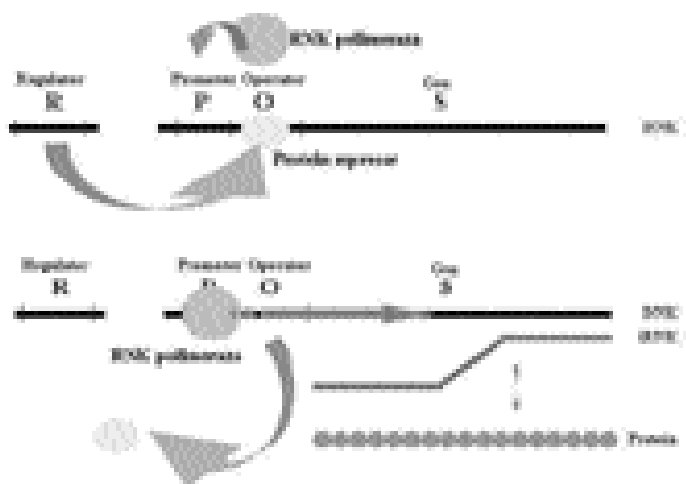
## 4. Kako geni rade?

---

Geni svoj proteinski produkt proizvode pod dvostrukom kontrolom. Negativna kontrola se ostvaruje radom regulatornih gena, koji produkuju protein represor. Vezivanjem ovog proteina za segment DNK(operator) ispred samog strukturnog gena (S) se prekida, ili smanjuje efikasnost prepisivanja genske informacije sa DNK na informacionu ribonukleinsku kiselinu (iRNK) i prekida se, ili smanjuje produkcija proteina. Pozitivna kontrola se ostvaruje postojanjem DNK segmenta (promoter) za koji se vezuje enzim RNK polimeraza, koji realizuje prepisivanje genske informacije sa DNK na iRNK i u daljem procesu dovodi do produkcije polipeptida (segmenta amino-kiselina) koji čine krajnji proizvod gena - protein. Promoteri su dakle veoma važni za ekspresiju gena. Neki promoteri su restriktivniji od drugih u pogledu uslova za transkripciju (prepisivanje gena sa DNK na iRNK). Ranije se smatralo da su promotorni regioni jednostavne strukture, da bi se danas došlo do toga da se radi o kompleksnim konstrukcijama koje su u interakciji sa nizom pozitivnih i negativnih kontrolnih elemenata.

Jedan od osnovnih problema koji se postavljao pred molekularne genetičare je upravo ekspresija stranog gena, njegova realizacija u proteinski produkt, inkorporisanog u genom organizma domaćina. Barijere koje mogu da spreče ekspresiju ovog gena mogu da se pojave u svakom delu puta od gena do fenotipa (njegove realizacije).

## Efekat gena u interakciji sa kontrolnim mehanizmima



## 5. [ta su geneti-ki modifikovani organizmi?

Geneti-ka modifikacija, u naj{irem smislu, mo`e da podrazumeva svaku promenu u genomu, {to mo`e da bude posledica rekombinacije roditeljskih gena u potomku, a dobija se ukr{tanjem roditeljskih parova. hibridizacijom u postupku oplemenjivanja i selekcije organizama. Promene genoma mogu da budu i promene u broju hromozoma, ili krupnije promene u njihovoj strukturi, {to se dobija tehnikama citogenetike. Geneti-ka modifikacija mo`e da bude izvedena na nivou gena, ili manje grupe gena, tehnikama molekularne genetike, odnosno geneti-kog in`enjerin`a. Svi organizmi dobijeni na navedene na-ine mogu se smatrati geneti-ki modifikovanim. To nas navodi na zaklju-ak da nazivi koji se koriste da opi{u organizme sa genskim promenama o kojima je ovde re~, mo`da i nisu najsre}nije odabrani. Ne ulaze}i u {ira razmatranja, mo`e se re}i da se pod geneti-ki modifikovanim organizmima (GMO) podrazumevaju oni, kojima je genski sastav izmenjen na na-in koji se nikada ne bi desio klasi-nim razmno`avanjem, ili prirodnom rekombinacijom postoje}ih gena vrste. Ovim geneti-ki modifikovanim, ili transgenim organizmima geneti-ka struktura je izmenjena na na-in koji se nikada ne bi desio u prirodi. Genske konstrukcije kojima je izmenjen genom doma}ina naj-e{}e poti-u od sasvim nesrodnih vrsta,

~ime se poni{tavaju sve granice u prirodnom genskom toku izmena naslednih informacija. Mesto kreacije GMO je laboratorija. Oni su tako geneti-ki in`enjerovani da u svojoj DNK sadr`e strani gen, ili gene koji je une{en laboratorijskim metodama i tehnikama. Izvori gena kojim se manipuli{e u DNK doma}ina se nalaze u biljnom svetu, kao i u svetu mikroorganizama, insekata i `ivotinja, uklju~uju}i i ljude.

---

## 6. Kako se unose strani geni i {ta je genski blok?

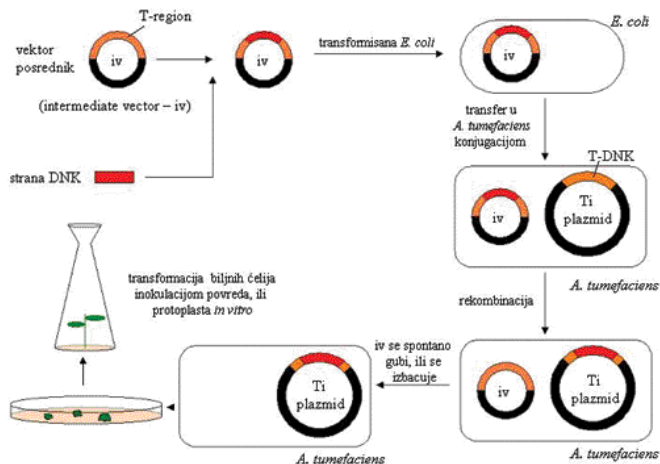
---

Osnovu postupka uno{enja stranog gena u genom doma}ina ~ine prirodni »genski in`enjeri« onkogene (kancerogene) bakterije i virusi. Ako se ne koriste mikroorganizmi, kao prenosiooci, strani gen se direktno »upucava« u }eliju doma}ina mikrobombardovanjem biljnih }elija, ili tkiva. Pozabavimo se, za trenutak, jednim od postupaka pomo}u kojeg se dobijaju GM organizmi. Prime}eno je da se nabujalo neizdiferencirano tkivo biljnog tumora golosemenica i dikotiledonih skrivenosemenica stvara, ako povredu na biljci tretiramo gram-negativnom zemlji{nom bakterijom *Agrobacterium tumefaciens*. Ovo tkivo se sasvim kancerogeno pona{alo i nastavljalo da raste i bez prisustva bakterija. }elije tumornog tkiva su sintetisale *opine*, neuobi-ajene amino-kiselinske produkte, za normalno biljno tkivo. Naj-e{i opini su bili *oktopin* i *nopalina*. Dakle va`no je da se zapazi da su biljne }elije, tretirane *A. tumefaciens*-om, nastavljale proizvodnju opina i u odsustvu bakterija. Vrsta opina koju su proizvodili nije zavisila od biljke doma}ina, ve} od rase bakterije. To zna-i da je bakterija transformisala geneti-ku osnovu biljne }elije i »primorala« je da proizvodi za zdravu biljku atipi-ni produkt - opine. Pokazalo se da *A. tumefaciens* sadr`i ve}i kru`ni DNK segment, nezavisan od ostale geneti-ke osnove bakterije, koji od svoje ukupne veli-ine (140-235kb), u genom biljke doma}ina ubacuje segment od svega 20kb. Kru`ni segment je nazvan Ti-plazmid (Tumor inducing) a segment koji se ugra|uje u doma}ina T-DNK (transferred DNA). Bakterije li{ene ovog plazmida, gube virulentnost.

Ideja je, dakle, da se T-DNK Ti-plazmida zameni »na{om« stranom DNK (stranim genom ili genima) i da se tako, posredstvom *A. tumefaciens*-a, unese u biljku doma}ina. Me|utim, Ti-plazmid *A. tumefaciens*-a je nepogodan za direktnu manipulaciju, pa se javlja posrednik (intermediate vector) u vidu manje bakterije *Escherichia coli*.

Da bi postupak ugradnje stranog gena u nesrodnog doma}ina (biljku) bio uspe{an, potrebno je osigurati da }e ugra|eni gen ispoljiti svoj efekat, ili jednostavnije re~eno da gen »radi«. Va`no je da se ugrade i geni »obeleva~i«, koji }e da nam pomognu da izdvojimo }elije u kojima je ugra|ivanje stranog gena uspe{no izvr`eno, od onih gde se to nije desilo. Ovi obelevavaju}i geni mogu da budu geni otpornosti na odre|en antibiotik ili na neku drugu supstancu (herbicid). Biljne }elije koje pre`ive tretman antibiotikom, herbicidom itd., imaju ugra|en »na{« segment strane DNK.

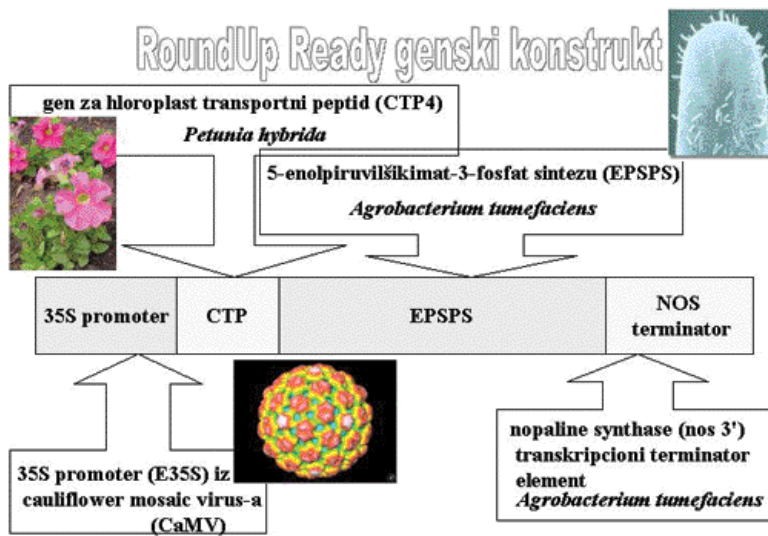
## Uno{enje stranog gena u biljku putem *Ti*-plazmida *A. tumefaciens*-a i posredstvom *E. coli*.



Vratimo se stranom genu koji se ugrađuje i obezbeđivanju njegovog uspešnog efekta u novom domaćinu. Ugrađivanje samog gena ne garantuje da će biti prevaziđeni problemi njegove ekspresije. Potreban je i »dobar« promoter, koji će biti dovoljno agresivan da obezbedi funkcionisanje ubačenog gena i dovoljno širokog spektra da može da se univerzalno koristi. Tako dolazimo do genskog konstrukta (konstrukcije), odnosno himernog gena, koji osim promotera može da sadrži i neke druge gene koji regulišu sintezu proteina. Ako je sam -in unosen stranog gena u sasvim nesrodnog domaćina »ubrzana evolucija«, kako pristalice GMO tehnologije ponekad kažu, nagoveštavajući da bi se tako nešto u prirodi kad-tad dogodilo, onda je kreiranje himernog gena, koji se unosi u kompleksu u genom domaćina, nešto što ni »ubrzana« ni »usporena« evolucija ne može da »zamisli«. Ilustriramo ovu tvrdnju himernim genom (konstrukcijom) koja je karakteristična za RoundUp Ready soju.

U ovoj genskoj konstrukciji mesto su našli DNK iz biljke (petunije), virusa (mozaik-virusa karfiola) i bakterije (*Agrobacterium tumefaciens*). Svako ima svoje zaduženje. Promoter širokog spektra i dovoljno agresivan (efikasan) obezbeđuje ekspresiju inkorporisanih gena CTP4 (tranzit peptid, koji omogućava prenos EPSPS produkta u hloroplaste) i novostvorenog proizvoda gena EPSPS, koji nosi otpornost na glifosat RoundUp. NOS terminacioni element, terminira transkripciju (prepisivanje unetog gena na iRNK). Kompletan ova DNK konstrukcija je »upucana« u ćelije soje mikro-esticama, kao nosačima.

Genska konstrukcija koja je ugrađena u genetičku osnovu RoundUp Ready soje, čine je otpornom na totalni herbicid, glifosat, RoundUp.



## 7. Da li su pokreta-i rada stranog gena bezbedni?

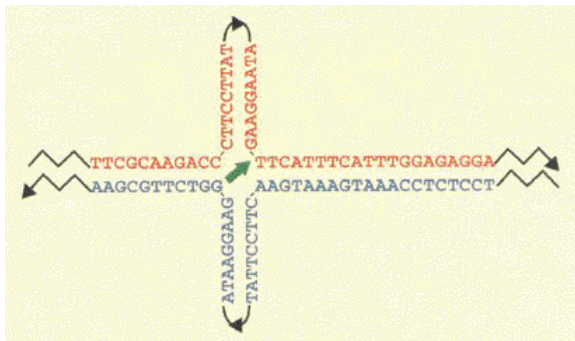
U većini slučajeva, za obezbeđenje rada unetog stranog gena korišćen je promotor CaMV 35S iz mozaičnog virusa karfiola. Ovaj promotor je često korišćen u genetičkim modifikacijama, odnosno tehnologiji GMO uopšte. Deo naučne javnosti ima ozbiljne zamerke u vezi njegove upotrebe.

Mozaični virus karfiola spada u grupu kolimovirusa. Ovi virusi se karakterišu ograničenim spektrom domaćina porodice *Solanaceae* (*Cruciferae*). Međutim, promotor koji je izolovan iz ovog virusa ima daleko veću agresivnost i funkcioniše u širokom spektru domaćina. Pitanje sigurnosti ovog promotora postavljeno je još po kreiranju prvog komercijalnog transgenog useva, paradajza FlavrSavr.

Postoji niz faktora koji utiču na ponašanje strane DNK, insertovane u biljni genom: pozicija u genomu, gde je inkorporacija izvršena, moguće promene genskog materijala putem rekombinacija, kao i aktiviranje odbrambenih mehanizama domaćina u cilju zaustavljanja aktivnosti DNK »uljeza«. Promene DNK materijala



obi-no nastaju u regionima sa tzv. sekundarnim strukturama, kao {to je CAMV 35S promoter, koji mo`e da formira krstastu strukturu, koja dalje omogu}ava nekontrolisane rekombinacije genskog materijala.



*Krstasta struktura koju mo`e da formira CAMV 35S promoter (John Innes Centre and Sainsbury Laboratory Annual Report, 1998/99)*

Prema rezultatima John Innes Centra (Engleska), CaMV promoter poseduje rekombinacionu »vru}u ta-ku«, mesto koje je podlo`no lomljenju i ponovnom spajanju sa drugom DNK u genomu doma}ina.

Analogno takozvanom pleitropnom efektu gena, gde jedan gen mo`e da uti-e na vi{e osobina, i jedan promoter mo`e da pokre}e rad vi{e gena. Sli-no genomu -oveka i genom biljaka pored gena, sadr`i i geneti-ko optere}enje, deo DNK koji nisu geni. Jedan deo tog materijala -ine provirusi, virusi koji su inaktivni, retrotranspozoni i pokretni genski elementi, koji su tokom hiljada godina dospeli u biljni genom i tu izgubili mobilnost. Postoji mogu}nost da genska konstrukcija koja se koristi za geneti-ku modifikaciju, a sadr`i CaMV promoter, uklju-i neke »uspavane« virusne ili vratili mobilnost transpozona. Druga mogu}nost na koju nau-nici ukazuju je, da CaMV promoter mo`e dovesti do »uti{avanja« gena, odnosno do njihovog isklju-ivanja. Upotreba ovako mo}nog promotera, koji dovodi do toga da je ekspresija transgena 2-3 puta ja-a od sopstvenih gena organizma, izaziva zabrinutost jer je autoniman od prirodno stabilizovanih regulatornih gena doma}ina i mo`e da deluje, sa neizvesnim ishodom, ne samo na gene na hromozomu gde je une{en, ve} i na gene na drugim hromozomima. CaMV promoter je aktivan u svim biljkama, delu mikroorganizama, pa i ekstraktima humanih }elija. Na ovaj na-in se otvara mogu}nost nekontrolisanog horizontalnog prenosa gena. Nukleinske kiseline, njihovi fragmenti, -ine sastavni deo svakodnevne kontaminacije sredine, te je potreban oprez, jer kontaminacija agresivnim DNK-polutantima mo`e da dovede do ireverzibilnih promena (mutacija, rekombinacija).

## 8. [ta je horizontalni i vertikalni prenos gena?

Sve {to je do sada navedeno, u tesnoj vezi je sa tokom gena u prirodi, gde se geni prenose *vertikalno*, sa generacije na generaciju, ukr{tanjem roditelja, ali i *horizontalno* sa }elije na }eliju, odnosno genoma na genom, ponekad nesrodnih vrsta.

Horizontalni prenos gena omogućava razmenu geneti-kog materijala nesrodnih vrsta i obuhvata: konjugaciju (razmena geneti-kog materijala) elija koje su u kontaktu (priljubljene); transdukciju (geneti-ki materijal se prenosi, iz organizma u organizam, putem infektivnih virusa); transformaciju (elija direktno usvaja geneti-ki materijal iz okolne sredine). Do pre desetak godina se mislilo da se horizontalni transfer gena odvija uglavnom u svetu mikroorganizama. Danas se zna da je ovaj put gena zastupljen u svom nivou svetu (uključujući i višestruke organizme (biljke i životinje). Horizontalni prenos gena se smatra evolucionom kategorijom a potrebni su određeni fizi-ki uslovi (temperaturni faktori) i hemijski agensi (neki antibiotici, teški metali, itd.). U ovaj prirodan tok gena, se uključuju i transgene konstrukcije onog momenta kada izađu iz laboratorije u prirodnu sredinu.

---

## 9. [ta je DNK kontaminacija?

---

Gola (slobodna) DNK je DNK koja je oslobođena proteinskog omotača laboratorijskim putem, ili izložena dejstvu prirodnih deterdženata, ili fenola u prirodi. Ova DNK može da bude transgene prirode, ili netransformisana. Delimično DNK koji se nalaze u prirodnoj okolini oslobođeni su sekretima ili uginućem organizama, kao i iz raznog biološkog otpada. Veće koncentracije gole DNK se nalaze u zemljištu, sedimentima u vodi, u dodiru vode i vazduha, gde još uvek postoji sposobnost transformisanja mikroorganizama. Sistem organa za varenje i usne funkcije sisara su sredine u kojima, takođe, mogu da se nalaze fragmenti slobodne DNK. Mikroorganizmi u ovim organima, kao i elije samih sisara, mogu da preuzmu ovakve slobodne DNK segmente. Dugo se smatralo da DNK van svog proteinskog omotača i u uslovima prirodne sredine, podleže brzom raspadanju. Na ovoj pretpostavci je građena i zakonska regulativa EU. Međutim, istraživanja su pokazala upravo suprotno. Gola virusna DNK je daleko virulentnija, nego u svom virusnom omotaču i ima mnogo veći spektar domaćina sa kojim DNK je u stanju da se rekombinuje. Istraživanja ukazuju da poluvreme degradacije DNK vezane za zemljišne estice traje i do 28 meseci a u morskim sedimentima i do 10 dana. Geneti-ki inženjerski plazmid (DNK kružnog oblika) preživljava u rasponu od 6 do 25%, jedan mesec posle izlaganja ljudskoj pljuvački. Prema rezultatima istraživanja naučnika, delimično razgrađen plazmid je još uvek sposoban da transformiše bakteriju *Streptococcus gordonii*, koja normalno živi u ustima i crevima ljudi. [ta višestruko, ljudska pljuvaka podstiče sposobnost sopstvene mikroflore za transformaciju, odnosno genetičku promenu.

Slično kao i sa rekombinacijama DNK u digestivnom traktu sisara, dugo se smatralo da slobodna DNK ne može da se rekombinuje sa neotetnom kojom i povrćinskim ranama. Međutim, od 1990. je poznato da gola DNK može da prođe kroz kožu. Naučnici su otkrili da već u periodu od nekoliko nedelja, DNK koja je klonirana iz humanih onkogenih i nanežena na netaknutu kožu izaziva pojavu

tumora u želijama endoteliuma oko krvnih sudova i limfnih -vorova. Virusna DNK, kojom su hranjeni miševi, nađena je u želijama leukocita jetre i -u-i inkorporisana u genom miša. Virusna DNK, kojom su hranjene skotne mišice, pronađena je u fetusima i mladim miševima, ukazujući da je ova DNK prošla i kroz placentu. Novija istraživanja u oblasti genske terapije pokazuju da gola DNK može da proдре skoro u svaku humanu želiju. Gola DNK može »uspešno« da bude usvojena -ista, ili na lipozomima i drugim nosa-ima u aerosolu, preko organa za disanje.



*Tri organizma u lancu transgena, riba (iverak) paradajz -ovek. Gde je granica horizontalnog prenosa gena? U kojoj meri je DNK kontaminacija realan rizik? Ilustracije preuzete sa: <http://free.imd.it/> i <http://www.dan-sonseed.com/>*

*Napomena: Fotografija je poslužila samo kao ilustracija za poljoprivrednu kulturu, a ne da svedoči o genetski modifikovanom paradajzu.*

Navodeći dobijene eksperimentalne rezultate, trebalo bi imati u vidu da se svi mi u svakodnevnom životu susrećemo sa DNK kontaminacijom, bez vidljivih posledica. Međutim, pitanje je da li smo u stanju da posledice povećemo sa uzrokom, odnosno u kojoj meri nam današnja saznanja dozvoljavaju da neke bolesti, kao na primer, pojedine oblike kancerogenih oboljenja, u nekim slučajevima, povećemo sa DNK kontaminacijom. Takođe se postavlja pitanje, kako bi se u genomu domaćina ponale transgene konstrukcije, ako bi se kojim slučajem kao DNK fragmenti našle ugrađene u domaćinov hromozome. Ovakve DNK kontaminacije transgenima se do sada nisu pojavljivale, a sada su realnost. Realno je da se očekuje da se DNK iz GM organizama, koji se nalaze u slobodnom prostoru, oslobađaju kako u zemlju, tako i u vodu i vazduh. Gola, slobodna, DNK iz GM organizama potencijalno može da bude veoma opasan zagađivač -ovekove okoline. Ovakvi zagađivači se ne raspadaju, oni se ugrađuju u želije domaćina i tu se množavaju, menjaju i rekombinuju. Ovaj proces je sasvim nepovratan. Možemo da se složimo sa navodima autora, koji su se bavili ovim proučavanjima, da »posledice usvajanja strane slobodne, gole DNK na mutagenezu i onkogenezu još nisu istražene«.

---

## 10. Kako se }elija brani od promena?

---

Svaka }elija, zna-i i organizam, nagle promene ustaljene genske strukture do`ivljava kao agresiju. U sasvim slobodnom pore|enju, uno{enje stranih genskih konstrukcija, koje naglo menjaju segment DNK doma}ina mo`emo da uporedimo sa naglim trenutnim mutacijama. Mutacije su nasledne promene koje se de{avaju u prirodi, bilo kao mikromutacije, tihe i postupne dugotrajne promene, ili kao makromutacije kada dolazi do krupnih promena na hromozomima (lomljenje, primera radi), {to naj-e{e ima nepovoljne efekte na organizam.

Prva reakcija }elije na promene geneti-kog materijala, poku{aj je isecanja tog dela DNK i obnavljanja stare DNK strukture enzimski visoko regulisanim procesima. Drugi nivo odbrane je blokiranje rada gena »uljeza« (metilacija). Ako gen nije ise-en, onda se spre-ava da proizvede svoj protein. Tre}i nivo odbrane je da se efekat gena, odnosno sam gen lagano i sporo menja.

Geneti-ki in`enjeri je uspeo da prevazi|e prva dva »nivoa odbrane«, tako da na sada{njem nivou razvoja GM tehnologije, geni se manje-vi{e uspe{no ugra|uju u genom doma}ina. Ugra|eni geni imaju i svoj efekat. Me|utim, postavlja se pitanje stabilnosti tog materijala na du`e vreme. Tako|e, mo`emo o-ekivati da vremenom do|e do menjanja insertovane genske konstrukcije. Obzirom na poreklo i prirodu genske konstrukcije, te{ko je predvideti u kome pravcu }e i}i ove promene.

Pri dana{njem nivou GM tehnologije, nije mogu}e predvideti ni odrediti stalno mesto ubacivanja transgena u genom doma}ina. Gen se »upucava«, ili rekombinuje sa vektora na sasvim slu-ajne pozicije u doma}inovom genomu. Poznato je da pozicija gena u genomu igra zna-ajnu ulogu ne samo u njegovom delovanju, ve} i u delovanju okolnih gena. Promene koje potencijalno mogu da nastanu u du`em vremenskom periodu, ne samo na transgenu, ve} i na okolnim genima i okolnoj DNK uop{te, sasvim su van kontrole i domena predvidljivog.

---

## 11. Da li su i u kojoj meri GMO stabilni?

---

Dokumenti koji prate transgene organizme, pre svega poljoprivredne kulture, deklariraju ove produkte kao stabilne u vi{egodi{njim ogledima. Ta stabilnost se odnosi kako na pona{anje insertovanog gena, tako i na genski produkt. Me|utim, postoji i suprotno mi{ljenje nau-nika, koji smatraju da ne postoje dokazi o stabilnosti, dobijeni u dugoro-njim ogledima i laboratorijskim analizama. Nestabilnost GM kultura se ogleda u blokiranju rada transgena, kao i gubitku dela, ili cele une{ene genske konstrukcije -ak u kasnijim generacijama umno`avanja. Nestabilnost se, tako|e, ogleda u pove}anim koncentracijama genskog produkta, preko predvi|enih, {to mo`e da

ima toksi-an efekat ili u produkciji toksi-nog, ili alergenskog genskog produkta, razli-ito od onoga za koji je transgen po-etno insretovan. Tokom pro-le decenije bilo je primera i za jedno i za drugo (duvan, pamuk, kvasac, brazilski ora-i).

Po insertovanju stranog gena u genom }elije doma}ina, potrebno je da se u laboratorijskim uslovima razvije organizam. Pojava somaklonalne varijacije je poznata u tehnikama razvijanja organizma kulturom }elija ili tkiva koje se ina-e koriste i za dobijanje GMO iz in`enjerovanih }elija. Somaklonalna varijacija je vezana za retro-transpozone, aktivaciju pokretnih DNK elemenata, koji se ubacuju u strukturne gene izazivaju}i mutacije, ili prestrukturisanje gena. Ovaj tip geneti-ke nestabilnosti se javlja kada nisu u pitanju geneti-ki in`enjerovane }elije, ali u slu-aju geneti-kih modifikacija somaklonalna varijacija se -esto javlja u ve}oj frekvenciji. Prema istra`ivanjima iz 2001, GM je-am se pokazao slabiji od konvencionalnog je-ma u razli-itim ekolo{kim uslovima, kao posledica somaklonalne varijacije, poja-ane geneti-kom modifikacijom. Transpozoni, kao pokretni elementi u genomu, zavisno od pozicije, menjaju efekat okolnih gena -ime direktno uti-u na stabilnost geneti-kog materijala. Njihov efekat u dobroj meri nije ispitan i njihova aktivacija eventualnim reme}enjem genomske stabilnosti putem uno{enja transgene konstrukcije mo`e da ima nepredvidive posledice, uklju-uju}i i »extinction mutagenesis« tj. istrebljiva-ke mutacije koje mogu da dovedu do nestajanja organizama, odnosno vrsta, pogotovu u svetu mikroorganizama ali i {ire od toga, uklju-uju}i i GM kulture.

O preciznosti kojom se mikroprojektilima »upucava« pojedina genska konstrukcija govori i to da je takva konstrukcija za otpornost na glifosate (herbicide) imala dve pozicije integracije u genomu doma}inal soje. Pored kompletne konstrukcije veli-ine 1365bp, koja se pokazala funkcionalnom ({ema konstrukcije je data u delu: »Kako se unose strani geni i {ta je genski blok?«), na susednim pozicijama u genomu su se pojavila jo{ dva nekompletna dela osnovnog gena genske konstrukcije veli-ine 250bp i 72bp. Promoter E35S, poreklom iz mozaik-virusa karfiola, je tokom uno{enja izgubio jedan svoj deo (delecija). I pored toga {to je »ute{no« da dva nepredvi|ena deli)a gena nisu imala nikakav efekat, a o{te}eni promoter je bio funkcionalan (radio je), ipak, ovaj primer ostaje kao svedo-anstvo o preciznosti uno{enja transgena i genskim promenama koje mogu da se dese, a da se navedena transgena soja koja se pokazala funkcionalna na polju, {iri u proizvodnji kao stabilan usev. Za agronome i proizvo|a-e to je mo`da i dobra vest, ali za geneti-are mo`e da bude tema za razmi{ljanje.

---

## 12. Za{to GMO?

---

Pojaва geneti-ki modifikovanih organizama trebalo je da zna-i po-etak efikasnijeg biolo{kog puta re{avanja mnogih problema se kojima se -ovek suo-ava. Pre

svoga, to je pitanje gladi u svetu i u tom svetlu pove}anje kvaliteta i rodosti poljoprivrednih kultura, pobolj{anje kvaliteta prehrambenih proizvoda (du`a trajnost i bolja otpornost na transport plodova), kao i bolja otpornost useva na bolesti, insekte i korove. GM tehnologijom bi se postigao {iri areal gajenja useva, pobolj{anjem tolerantnosti na niske temperature ili su{u, i boljim iskori{avanjem trenutno neproaktivnih degradiranih zemlji{ta gajenjem bolje prilago|enih poljoprivrednih kultura. Sastav hrane bi bio kvalitetniji, oboga}en esencijalnim amino-kiselinama, mineralnim materijama, vitaminima i beskalori-nim zasla|iva-ima. Na polju zdravstvene za{tite, transgeni organizmi bi trebalo da obezbede proizvodnju vakcina, jeftinijih lekova, organa za transplantaciju. Upotrebom ove nove biotehnologije, za{tita okoline bi bila podignuta na vi{i nivo mikrobiolo{kim -i{}}enjem zaga|enih vodotoka i otpadnih voda i manjim kori{enjem hemijskih sredstava u poljoprivredi (herbicida i pesticida).

Prethodno navedena perspektiva koju otvara ova biotehnologija, mo`da }e se ostvariti u punoj meri u budu}nosti, u slu-aju da transgena tehnologija bude {iroko prihva}ena kao jedan od puteva daljeg napretka -ove-anstva u novom stole}u i milenijumu. Za sada se plodovi GM tehnologije, u ve}im razmerama i punoj ekonomskoj eksploataciji, ogledaju najvi{e u poljoprivredi, odnosno proizvodnji hrane. Za{to je to tako?

Jo{ pre desetak hiljada godina, sa prvom domestikacijom divljih formi tj. spontanijih prirodnih populacija, -ovek je po-eo da odabira bolje i prinosnije. Na ovaj



na-in je dobijeno prvo kultivisano bilje, bolje prilago|eno poljoprivrednoj proizvodnji. Ovo je bio po-etak selekcije. Procenjuje se da je dva veka pre nove ere kultivisano bilje u-estvovalo oko 50% u ishrani ljudi. Ostalih 50% su jo{ uvek zadovoljavale divlje forme. Iako je 1719, Fer-ajld dobio prvi hibrid ukr{tanjem, po-etak oplemenjivanja biljaka se vezuje za sredinu XVII veka, kada je Kelrojtter (1760) izvr{io i opisao ve{i broj ukr{tanja unutar i izme|u vrsta. U kasnijem periodu ukr{tanjem (hibridizacijom) i odabiranjem (selekcijom) boljeg potomstva ostvaren je veliki napredak u poljoprivrednoj proizvodnji. Prinos poljoprivrednih kultura je vi{estruko pove}an, a kvalitet zna-ajno pobolj{an.

*Joseph Gottlieb Kölreuter (1733-1806) koji je ukrstio dve vrste duvana Nicotiana rustica i Nicotiana paniculata i dao opis i sistematsku analizu ukr{tanja koje je izvr{io. Ilustracija preuzeta sa: <http://www.biologie.uni-hamburg.de/>*

Skoro do sredine XX veka, u proizvodnji većine poljoprivrednih kultura su prevladavale tzv. lokalne populacije. Sorte koje su bile karakteristične za pojedine regione gajenja, dobro adaptirane na lokalne uslove. Ove sorte nisu tražile velika ulaganja u proizvodnju i davale su, za ono vreme, dovoljan prinos i kvalitet u poljoprivrednim regionima. Potreba za sve većim prinosima i boljoj ekonomskoj isplativosti vodila je postepenom povlačenju ovih populacija pred intenzivnijim hibridima. Iako je zamena lokalnih populacija u proizvodnji, intenzivnijim oplemenjenim kulturama počela početkom XX veka, puna intenzifikacija poljoprivredne proizvodnje je dobila zamah od 1940. Kraj pedesetih i početak šezdesetih godina prošlog veka je obeležen »zelenom revolucijom«, koja je snižavanjem stabilizacijom, promenila odnos vegetativnih i generativnih delova biljke u korist ovih drugih i značajno povećala prinos, pre svega, pšenice i pirinča. Intenzifikacija poljoprivredne proizvodnje, odnosno »poljoprivredna revolucija«, po rečima Vilijama Gauda direktora Američke agencije za međunarodni razvoj, marta 1968, imala je za cilj rešavanje »problema gladi u svetu«. To je bio planski poduhvat velikih američkih fondacija (Rokafeler, Ford) i vlada zemalja u razvoju. Intenzivna poljoprivredna proizvodnja je dovela do povećanja prinosa, ali je tražila nove intenzivnije sorte i hibride. Ove biljke su bile sve više »otuljene« od prirode i sve dalje od svojih »divljih« srodnika, a sve više zavisne od intervencije čoveka. Poljoprivredna revolucija je tražila navodnjavanje, više ubriva, upotrebu pesticida i intenzivnije korišćenje mehanizacije. Ovakva ulaganja su sve manje »trpela« plodored, smenu useva i radi ekonomske isplativosti sve više se sejalo u monokulturi na velikim površinama.

Sabirajući rezultate poljoprivredne revolucije u poslednjih četrdesetak godina prošlog veka, uočava se sledeće:

- \* Ostvareno je povećanje prinosa.
- \* Nije rešeno pitanje gladi u svetu. Postoje mišljenja da problem gladi nije prouzrokovao nedostatom hrane, koje ima i u suvišku, već neadekvatnom raspodelom i nemogućnošću siromašnih da kupe visokokvalitetne prehrambene proizvode.
- \* Gajenjem intenzivnih sorti i hibrida na velikim površinama, došlo je do gubljenja mnogih lokalnih sorti i spontanih, »divljih«, populacija. Posledica je snižavanje genetičke varijabilnosti, odnosno smanjenje biodiverziteta.
- \* Navodnjavanje i intenzivna obrada su doveli do značajne erozije oraničnog sloja i degradiranja zemljišta.
- \* Poljoprivreda je postala veoma zavisna od energenata, pre svega nafte.
- \* Poljoprivredna proizvodnja, takođe, je postala zavisna od upotrebe hemijskih sredstava (pesticida i ubriva). Ovo je, pored poskupljenja proizvodnje, za posledicu imalo i zagađivanje zemljišta, vode i sveukupne okoline.
- \* Intenziviranje poljoprivredne proizvodnje dovelo je u bolji geopolitički i

ekonomski polo`aj razvijenije zemlje, koje su mogle da organizuju i finansiraju programe oplemenjivanja biljaka, kao i intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju i da na svetskom tr`istu plasiraju semenski materijal i poljoprivredne proizvode. Polarizacija u poljoprivredi, dakle, po-ela je da se pove}ava.

- \*-Proizvodnja u monokulturi dovela je do poja-ane pojave korova, bolesti i {teto-ina. Problem ovakve »fabri-ke« poljoprivredne proizvodnje u monokulturi posebno je bio izra`en u Sjedinjenim Ameri-kim Dr`avama, odnosno u onim razvijenim dr`avama koje su organizovale ovakvu proizvodnju na velikim povr{inama, kao {to je ameri-ki Srednji zapad (kukuruzni pojasl corn belt).

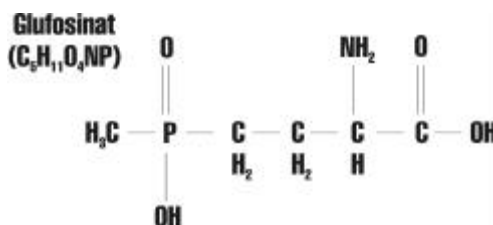
»Poljoprivredna revolucija«, u svojoj prvoj fazi, ostavila je za sobom mnoga pitanja, od kojih su dva osnovna: Da li je korist bila ve}a od {tete? Da li je do ovog puta u razvoju poljoprivrede moralo da do|e, ili je bilo i drugih puteva? Odgovori na ova pitanja su stvar procene i prava svakog da formira svoje zaklju-ke. Ipak, problemi koji su se javili kao posledica intenzifikacije poljoprivrene proizvodnje ({teto-ine - insekti i prekomerna upotreba herbicida) direktno su vezani za pojavu nove faze poljoprivredne revolucije - transgenu tehnologiju i pojavu GMO. Moderna biotehnologija ponudila je geneti-ki in`enjerovana re{enja. Ishodni centar nove revolucije u poljoprivredi su opet SAD, ovoga puta bez zemalja u razvoju, kojima je prethodna revolucija u poljoprivredi donela i najvi{e problema.

Pravac re{avanja navedenih postoje}ih problema koje je donela monokultura i su`ena varijabilnost sorti i hibrida, je odabran. Geneti-ki in`enjeri je izneo na tr`i{te GMO, koji su vi{e udaljeni od svojih ro|aka u prirodi nego {to su to bili njihovi, dobijeni klasi-nom hibridizacijom, oplemenjeni i selekcionisani intenzivni prethodnici. U -emu se ogleda ta sve ve}a udaljenost? Biljke u prirodnim populacijama, divlji srodnici, se racionalno i ekonomi-no pona-aju. Veoma su adaptabilni. Ako su uslovi nepovoljni oni se reprodukuju minimalno, tek da produ`e vrstu. [to su uslovi povoljniji reprodukuju se u ve}oj meri, ali nikada ne luksuziraju i ne proizvode u suvi{ku. Moderna poljoprivredna proizvodnja upravo »tra`i« od biljaka da {to vi{e proizvode (hiperluksuziraju) i to po mogu}stvu {to stabilnije, skoro bez obzira na ekolo{ke uslove. Ovakav »zahtev« mora da dovede do poja-ane intervencije -oveka u poljoprivrednoj proizvodnji i da vodi u sve dalje i dalje promene u biljnom genomu. Klasi-no oplemenjivanje (ukr{tanje roditelja iste vrste, ili bliskih srodnika i selekcija potomstva) vi{e nije dovoljno brz i efikasan metod da ponudi zadovoljavaju}a re{enja. Na redu je tehnologija kreiranja transgenih organizama. Opet se pominje re{avanje problema gladi u svetu. Da li }emo ovoga puta uspeti, ili }e problem gladi ostati, i nasta}e novi problemi, ostaje da se vidi. Po jednim, po-etak mnogo obe}ava, po drugim ve} se suo-avamo sa novim problemima i oni }e se, kako vreme ide, umno`avati. Bilo kako bilo, GMO su me|u nama.

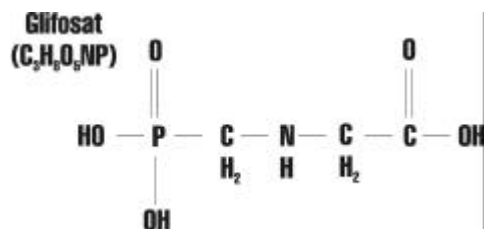


### 13. Koje su naj-e{}e GM osobine u poljoprivredi?

Iako su geneti-ke modifikacije primenjene na ve}em broju gajenih biljnih vrsta, broj GM kultura koje su odobrene za proizvodnju i koje se komercijalno gaje, prili-no je mali. Najzastupljenije transgene biljne vrste u proizvodnji su one kojima je genom izmenjen insertovanjem genskih konstrukcija za otpornost prema herbicidima {irokog spektra delovanja, odnosno totalnim herbicidima. To su, po pravilu, specifi-ni herbicidi proizvedeni i patentirani od strane iste kompanije koja je proizvela i patentirala odgovaraju}u transgenu kulturu, kao i gensku konstrukciju. Totalni herbicidi, prema kojima GM biljke ispoljavaju tolerantnost, naj-e{}e su iz reda glifosata, ili glufosinata.



Glufosinat je amonijumova so, glufosinat-amonijum. Prvi put je izdvojen kao prirodni sastojak iz dve vrste gljiva *Streptomyces*. Glufosinat inhibi}e enzim glutamin sintetazu, koji je uklju-en u sintezu egencijalne amino-kise-linē glutamina. Kao herbicid se koristi od 1984.




Glifosat je herbicid {irokog spektra delovanja. Kod biljaka blokira delovanje enzima 5-enolpiruvil{ikimat-3-fosfat sinte-taze, koji igra klju-nu ulogu u sin-tezi aromati-nih esencijalnih amino-kuselina: fenilalanina, tiroz-ina i triptofana. Nedostatak ovih amino-kiselina dovodi do uginu}a biljaka u roku od nekoliko dana.

Izvori strukturnih gena u genskim konstrukcijama prona|eni su u svetu zemlji{nih bakterija i gljiva, naj-e{}e *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium thaliana*, *Streptomyces viridochromogenes*, *Streptomyces hygroscopicus*. Ovi geni su neosetljivi na delovanje herbicida, degradiraju herbicide (glifosate) do kiselina i oksalata, -ime se deaktivi}e njihovo delovanje, ili pretvaraju aktivnu komponentu herbicida (glufosinat) u neaktivnu. Na ovaj na-in se ne blokira proizvodnja esencijalnih amino-kiselina, biljka pre`ivljava i nastavlja da se normalno razvija, za razliku od okol-

nih korova. Na-in insertovanja rekombinantne DNK u genom doma}ina naj-e{e je putem posrednika (*A. tumefaciens*), ili bombardovanjem kulture }elija (tkiva) doma}ina mikro-esticama koje na sebi nose rekombinovanu DNK. GM kulture izmenjene na ovaj na-in naj-e{e su soja, pirina-, {e}erna repa i kukuruz.

Ukupne povr{ine transgenih biljaka u svetu u 2002, po geneti-kim modifikacijama

Geneti-ke modifikacije				
	Tolerantnost na herbicide	Otpornost na insekte	Bt/Tolerantnost na herbicide	Ostale promene
Povr{ine (mil. ha)	44. 2	4. 4	10. 1	<0. 1
U-e{e (%)	75	8	17	<1
Odnos prema 2001 (%)	8. 8	-43	140. 4	<1

Podaci prema: James, C. 2002. Global Status of Commercialized Crop: 2002. ISAAA: Ithaca, NY. Preuzeto sa: <http://www.icgeb.org/>

Geneti-ke modifikacije biljnih kultura u poljoprivrednoj proizvodnji (Podaci prema: Essential Biosafety! AGBIOS, 2001. )

Kultura	Promene	Kompanija
<b>Karanfil</b> ( <i>Dianthus caryophyllus</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promena boje</li> <li>- Herbicid tolerantnost</li> <li>- Du`a trajnost</li> </ul>	Florigene Pty. Ltd.
<b>Uljana repica</b> ( <i>Brassica napus</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>--Visok sadr`aj oleinske kiseline</li> <li>- Nizak sadr`aj linolne kiseline</li> <li>- Glifosat herbicid tolerantnost</li> <li>- Oksinil herbicid tolerantnost</li> <li>- Imidazolinon herbicid tolerantnost</li> <li>- Fosfinotricin herbicid tolerantnost</li> <li>- Kontrola oplodnje, mu{ka sterilnost, restauratori fertilnosti</li> </ul>	Calgene Inc.  Pioneer Hi-Bred International Inc.  Monsanto Company  AventisCropScience (biv{i AgrEvo)

Kultura	Promene	Kompanija
<b>Hikori</b> ( <i>Chichorium intybus</i> )	--Mu{ka sterilnost	BejoZaden BV
<b>Pamuk</b> ( <i>Gossypium hirsutum</i> )	--Sulfonilurea herbicid tolerantnost - Bromoksinil herbicid tolerantnost - Glifosat herbicid tolerantnost - Otpornost na insekte ( <i>Lepidoptera</i> )	DuPont Canada Agricultural Products Calgene Inc. Monsanto Company
<b>Lan</b> ( <i>Linum usitatissimum</i> )	--Sulfonilurea herbicid tolerantnost	Univ. of Saskatchewan, Crop Dev. Centre
<b>Kukuruz</b> ( <i>Zea mays</i> )	--Otpornost na kukuruzni plamenac (Bt) ( <i>Ostrinia nubilalis</i> ) NaturGard™, KnockOut™™, Bt Xtra™™, StarLink™™ (nije vi{e u proizvodnji), Yieldgar®® - Glifosat herbicid tolerantnost Roundup Ready® - Fosfinotricin herbicid tolerantnost Liberty-Link™™, Herculex™™ --Imidazolinon herbicid tolerantnost --Cikloheksanon herbicid tolerantnost --Mu{ka sterilnost InVigor™™	Pioneer Hi-Bred International Inc. Monsanto Company AventisCropScience Aventis CropScience (biv{i Plant Genetic Systems) Mycogen (c/o Dow AgroSciences); Pioneer (c/o Dupont) Syngenta Seeds, Inc. (biv{. Zeneca Seeds) BASF Canada Inc. Dekalb Genetics Corp.

Kultura	Promene	Kompanija
<b>Dinja</b> ( <i>Cucumis melo</i> )	– Kasnije zrenje	Agritope Inc.
<b>Papaja</b> ( <i>Carica papaya</i> )	– Otpornost na virusne infekcije (Papaya ringspot virus -PRSV)	Cornell University
<b>Poljska repica</b> ( <i>Brassica rapa</i> )	– Glifosat herbicid tolerantnost Roundup Ready <sup>TM</sup> gen. Inserirana su dva gena, koji u kombinaciji daju poljsku otpornost na glifosat, aktivnu komponentu Roundup <sup>®</sup> herbicida	Monsanto Company
<b>Krompir</b> ( <i>Solanum tuberosum</i> )	– Otpornost na Kolorado krompirovu zlaticu ( <i>Leptinotarsa decemlineata</i> ) Atlantic and Superior NewLeaf <sup>®</sup> Russet Burbank NewLeaf <sup>®</sup> – Otpornost na Y virus krompira (PVY) NewLeaf <sup>®</sup> – Otpornost na potato leafroll luteovirus (PLRV) Russet Burbank NewLeaf <sup>®</sup> Plus	Monsanto Company
<b>Pirina</b> ( <i>Oryza sativa</i> )	-- Fosfinotricin herbicid tolerantnost (glifosinat) Liberty-Link <sup>TM</sup>	AventisCropScience

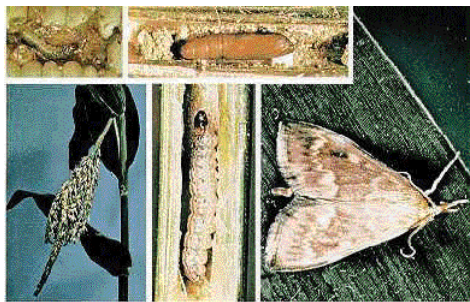
Kultura	Promene	Kompanija
<b>Soja</b> ( <i>Glycine max</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>-- Fosfinotricin herbicid tolerantnost</li> <li>- Glifosat herbicid tolerantnost</li> <li>- Promena sad`aja masnih kiselina u zrnu, naro-ito visok sad`aj oleinske kiseline</li> <li>- Nizak sad`aj linolne kiseline</li> </ul>	AventisCropScience DuPont Canada Agricultural Products Monsanto Company Agriculture & Agri-Food Canada
<b>Bundeva</b> ( <i>Cucurbita pepo</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Otpornost na mozaik - viruse (CMV, WMV, ZYMV)</li> </ul>	Asgrow (USA) Upjohn (USA) Seminis Vegetable Inc. (Canada)
<b>[e]erna repa</b> ( <i>Beta vulgaris</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Glifosat herbicid tolerantnost InVigor™</li> <li>- Fosfinotricin herbicid tolerantnost</li> </ul>	Novartis Seeds Monsanto Company AventisCropScience
<b>Duvan</b> ( <i>Nicotiana tabacum</i> )	--Oksinil herbicid tolerantnost	Societe National d'Exploitation des Tabacs et Allumettes
<b>Paradajz</b> ( <i>Licopersicum esculentum</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kasnije sazrevanje</li> <li>- Otpornost na insekte (<i>Lepidoptera</i>)</li> </ul>	DNA Plant Technology Corporation Agritope Inc. Monsanto Company Zeneca Seeds Calgene Inc.
<b>P{enica</b> ( <i>Triticum aestivum</i> )	--Imidazolinon herbicid tolerantnost Cyanamid AC299 263 (imazamoks aktivna komponenta), hemijski indukovana mutageniza semena	Cyanamid Crop Protection

Otpornost na insekte, koja se postiže insercijom gena koji proizvode Bt-toksine, –ini najveći deo preostalih GM kultura u poljoprivredi. Insekti su uglavnom iz reda leptira (*Lepidoptera*), krompirova zlica (*Leptinotarsa decemlineata* Say.), ili kukuruzni plamenac (*Ostrinia nubilalis*), a ciljne kulture za genetičku modifikaciju: pamuk, paradajz, krompir, kukuruz. Transfer transgene, odnosno rekombinantne DNK, u genom domaćina je i u ovom slučaju putem posrednika (*A. tumefaciens*) ili unošenjem putem mikroestica.



*Krompirova zlica (Colorado potato beetle), Leptinotarsa decemlineata. Najdestruktivniji insekt u proizvodnji krompira u SAD.*

Izvor strukturnog gena su različite rase zemljišne bakterije *Bacillus thuringiensis*, koje same proizvode prirodni pesticid (insekticidni protein). Ovi insekticidni proteini (delta-endotoksini) deluju selektivno na pojedine vrste lepidoptera ili koleoptera. Vezuju se za stomatni epitel insekta ometajući protok jona i izazivajući paralizu, bakterijske infekcije i smrt.



*Kukuruzni plamenac (Ostrinia nubilalis, Hubner) stanovnik Evrope i Azije, najverovatnije je doplovio brodom u Ameriku sa poljkom sirka iz Italije, ili Meksike. Prvi put je uvođen u okolini Bostona, Massachusetts, 1917. Ovako uvedene štetnice, van svojih »domaćih« staništa, u novoj sredini bez prirodnih neprijatelja višestruko su štetili po useve. Ilustracija preuzeta sa: <http://www1.agric.gov.ab.ca/>*

Najveći deo preostalih genetičkih modifikacija u poljoprivredi upotrebljen je u povrtarstvu i hortikulturi, da bi se postigla otpornost na pojedine viruse (krastavac, krompir, lubenica, dinja) ili da bi se produžila trajnost proizvoda, što omogućava sigurniji transport na veće udaljenosti i dugotrajniju tržišnu upotrebljivost (paradajz, karanfil, dinja).

## 14. Kolika je rasprostranjenost GM kultura?

Genetički modifikovane kulture ušle su u komercijalnu poljoprivrednu proizvodnju sredinom devedesetih godina prošlog veka, pre svega u SAD. U početku, farmeri

su rado prihvatili nove transgene useve, jer su im re{avali probleme ograni-avaju}ih faktora u proizvodnji, kao {to su pojedini {tetnici (insekti) i korovi. Po{lo se od naizgled realnog stanovi{ta, da }e potro{nja herbicida biti zna-ajno umanjena, {to bi pojeftinilo proizvodnju i proizvod u~inilo konkurentnijim na tr`i{tu. Udeo GMO kod pojedinih kultura skoro je eksponencijalno rastao u ukupnoj setvenoj strukturi SAD. Transgeni usevi, koji su se od 1996. tamo gajili, ve} za 3-4 godine zauzimali su oko 50% povr{ina pod sojom i oko 30-40% povr{ina pod kukuruzom, prema podacima Ministarstva poljoprivrede SAD.

Ukupne povr{ine pod transgenim kulturama u periodu od {est godina (1996-2002)

Godina							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Povr{ine (mil. ha)	1. 7	11. 0	27. 8	39. 9	44. 2	52. 6	58. 7
Odnos prema prethodnoj godini *)	–	84. 5	60. 4	30. 3	9. 7	16. 0	10. 4

Podaci prema: James, C. 2002. Global Status of Commercialized Crop: 2002. ISAAA: Ithaca, NY.

Preuzeto sa: <http://www.icgeb.org/>

Prelazak u novi milenijum doneo je promenu pona{anja poljoprivrednih proizvo|a-a prema GM poljoprivrenim kulturama, naj-e{e transgenoj soji i kukuruzu, pre svega u SAD. To je period kada je pa`nja {ire javnosti po~ela da se okre}e ka GMO. U prole}e 1999. objavljena je studija u ~asopisu »Nej-er« (Losey, J. E., Rayor, L. S., and M. E. Carter: Transgenic pollen harms monarch larvae. Nature, 399, p. 214, 1999.), koja je utvrdila da izlaganje polenu GM kukuruza (Bt-11 hibrid) koji proizvodi *Bacillus thuringiensis* endotoksin, dovodi do pove}ane smrtnosti i zaostajanja u razvoju larvi leptira Monarh (*Danaus plexipus*). Ovaj efekat nije bio predvi|en pri kreiranju ovog transgenog hibrida.



*Monarh leptir ~ije su larve, kao »kolateralna {teta«, uzbudile svetsku javnost.*

Pojedini nau~nici su smatrali da je ovaj studiji, da bi imala pravu verodostojnost, nedostajao podatak o koli~ini polena kojom su hranjene larve, kao i du`ina izlaganja larvi leptira toksi-nim dozama polena Bt

kukuruza. Ipak, uzbuna je data. Veliki proizvođači hrane (Gerbers i Hajnc) su odmah objavili planove o isključivanju GM sastojaka u proizvodnji hrane, dok su udruženja potrošača i nevladine organizacije koje se zalažu za očuvanje prirodne sredine (Gripis, Prijatelji zemlje i Siera klub) jasno postavili pitanja o upotrebi genski inženjerskih organizama. Diskusija i javna debata koja se razvila uticala je na potrošače, koji su se u najvećoj mjeri odredili protiv upotrebe GM sastojaka u proizvodnji hrane i izrazili opću zabrinutost zbog komercijalizacije transgene tehnologije. Posebno važno tržište Evropske unije nije prihvatilo hranu sa GM sastojcima, što se odrazilo na setvene planove američkih farmara u 2000. Zahtevi da se GM hrana posebno obeležava, tako je su, zabrinuli farmere u SAD. Predviđano je da će 2000. godina biti prelomna u gajenju GM useva. I zaista, trend povećanja površina pod GM kulturama u ovoj godini je zabeležen veoma blagi porast od desetak procenata, ponajviše zahvaljujući povećanju planiranih površina od oko 5% pod transgenim RoundUp Ready pamukom u SAD. Sve ostale GM kulture su beležile smanjenje planiranih površina i to oko 15% RoundUp Ready (RR) soja, 22% RR kukuruz, 24% Bt kukuruz i 26% Bt pamuk. Ovaj trend od 10-15% povećanja površina pod GM kulturama se zadržao i narednih godina. Više nije bilo eksponencijalnog rasta.

Ukupne površine pod transgenim kulturama, po zemljama, u 2002.

Država					
	SAD	Argentina	Kanada	Kina	Ostale
Površine (mil. ha)	39.0	13.5	3.5	2.1	0.6
Uveće (%)	66	23	6	4	< 1
Odnos u odnosu na 2001 (%)	9.2	14.4	9.3	40	50

Ukupne površine pod transgenim kulturama, po kulturama, u 2002.

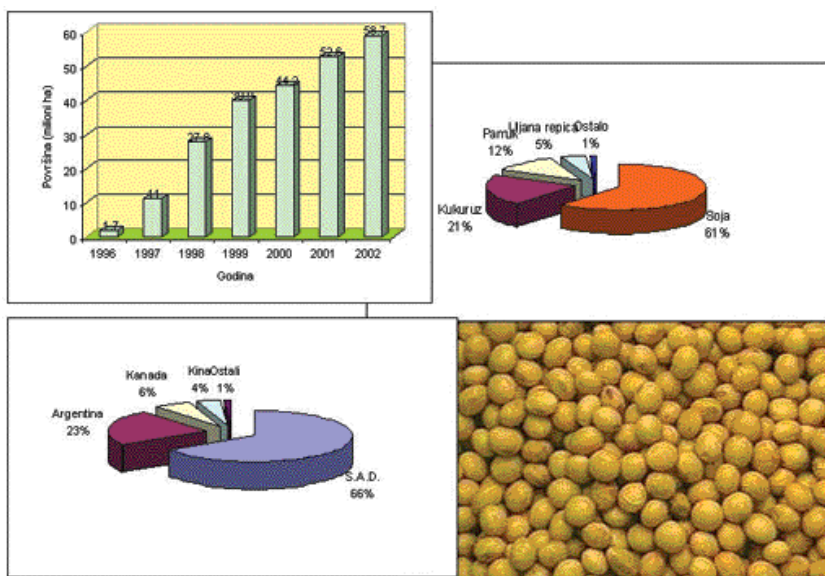
Kultura					
	Soja	Kukuruz	Pamuk	U. repica	Ostale
Površine (mil. ha)	36.5	12.4	6.8	3.0	<0.1
Uveće (%)	62	21	12	5	<0.1
Odnos u odnosu na 2001 (%)	9.6	26	–	11.1	<0.1

Podaci u tabelama prema: James, C. 2002. Global Status of Commercialized Crop: 2002. ISAAA: Ithaca, NY. Preuzeto sa: <http://www.icgeb.org/>



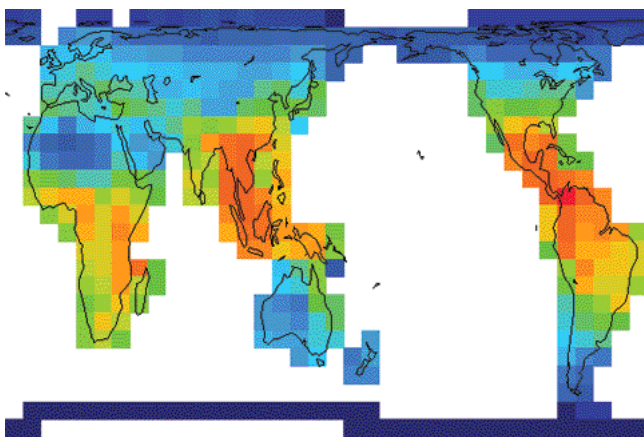
Prema navedenim rezultatima vidi se da su nosioci korišćenja transgene tehnologije u poljoprivredi i dalje SAD, ali i Argentina, Kanada i Kina. Dok se trend povećanja površina pod GM kulturama u SAD zadržao na desetak procenata, u Kini i ostalim zemljama se povećao za 40-50% u odnosu na 2001. godinu. Mogao bi to biti znak da se ova tehnologija lagano premešta u zemlje van tradicionalnih korisnika na američkom kontinentu, mada se tu nalazi još uvek, oko 95% svetskih površina pod GMO. Soja, tolerantna na herbicide, i dalje je vodeća GM kultura i seje se na najvećim površinama. Ekonomski plasman GM soje je olakšan kroz sojinu sa-mu, koja kao stožna hrana ima lakši pristup do tržišta Evropske unije i drugih zemalja, za razliku od prehrambenih proizvoda.

*Graficki prikaz rasta površina pod transgenim kulturama na svetskom nivou od 1996-2002., kao i površine pod GM usevima po kulturama i po zemljama u 2002.*



## 15. Da li GMO uti-e na biodiverzitet?

Biolo{ki diverzitet, ili skra}eno biodiverzitet, podrazumeva raznolikosti, odnosno varijabilnost biljaka, `ivotinja i drugih `ivih organizama u odre |enom podru~ju. Drugim re-ima, radi se o raznolikosti vrsta u odre |enom ekosistemu. Biodiverzitet je kompleksan pojam koji ne obuhvata samo varijabilnost, ve} i uzajamne uticaje (interakciju) organizama, kako me|usobne, tako i sa sredinom u kojoj `ive. Zato postoji mi{ljenje da jednostavna definicija biodiverziteta, koja bi bila uz to jasna i potpuno razumljiva, jo{ nije prona |ena.



Mapa pokazuje raspored biodiverziteta sisara, gmizavaca, vodozemaca i biljaka u svetu. Crvena boja ozna-ava visok a plava nizak biodiverzitet. Ilustracija preuzeta sa: <http://www.nhm.ac.uk/>

Erozija biodiverziteta po-ela je intenziviranjem poljoprivredne proizvodnje. Prema

podacima FAO, tri ~etvrtine originalnih vrsta poljoprivrednih biljaka izgubljeno je od 1900. uvo |enjem intenzivnih, selekcionisanih, biljnih kultura u biljnu proizvodnju. Ovaj trend nestajanja vredne geneti-ke varijabilnosti nastavlja se i dalje. Govore}i o na{im krajevima, su`enje biodiverziteta je sasvim u skladu sa kretanjima u svetu. Uzmimo neke primere. Na{i stari se se}aju »stare banatske p{enice« koja je potisnuta selekcionisanim sortama (Bankut 1205). Nestala je i »rumunska crvenka«, p{enica koju je na{a ekonomska emigracija donela iz Rumunije, verovatno iz Ja{ija, pred Prvi svetski rat. Da li se neko u isto-noj Srbiji jo{ se}a p{enice: Majerka (selo Kremenica), Starinka (s. Nikolinci), Belija (s. Skrobnica), Vidova-a (s. Izvor), Balca cel (s. Kobi{nica), Gru ro{u peljag, Gru primovar ku cepe (s. Zlot), Doma}a crvena (s. Miro-), koje su jo{ ponegde mogle da se na|u u tim krajevima sredinom pedesetih godina pro{log veka. Na podru~ju Crne Gore, veliki kolekcionar i »borac« za o-uvanje biodiverziteta, akademik Ljubo Pavi}evi sakupio je, tokom {esdesetih i sedamdesetih godina, pro{log veka bogatu kolekciju lokalnih populacija p{enice. Ispituju}i, terene crnogorskog primorja, kao i oblasti Mojde`a, Njegu{a, Bjelopavli}ke ravnice, Zagora-kog polja, Nik{i}kog polja, Rumije, Mo`ure, Velike gorane i druge, 2003.

godine ekipa Katedre za genetiku i oplemenjivanje biljaka, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu (prof. dr Miodrag Dimitrijevi}, doc. dr Sofija Petrovi}), ustanovila je veliku eroziju biodiverziteta lokalnih populacija p{enice u odnosu na stanje koje je zabele`io akademik Pavi}evi}. Jedina stara populacija p{enice na |ena je podno vrha Rumije (850m nadm. vis., s. Lunje), koja se prenosi s kolena na koleno u porodici Lunji} i naziva »Grblja« ili »Grbljanka«. Ostalo je vremenom nestalo, izgubljeno. P{enica se tamo ili vi{e ne seje, ili se pre{lo na sto-arstvo, intenzivnije poljoprivredne kulture i nove intenzivnije sorte p{enice.

Uvo|enje GM poljoprivrednih kultura u proizvodnju i uticaj na biodiverzitet, mo`e da se posmatra dvojako. ^injenica je da novi geneti-ki in`enjerovani genotipovi nose u izvesnoj meri i novu geneti-ku varijabilnost, ali je isto tako -injenica da se uvo|enjem transgene tehnologije u poljoprivredu nastavlja trend ugro`avanja biodiverziteta koji je po-eo intenziviranjem poljoprivredne proizvodnje i »zelenom revolucijom«. Gajenjem nekoliko GM kultura u monokulturi, na velikim povr{inama i njihovim {irenjem u zemljama u razvoju, nastavlja se potiskivanje lokalnih populacija koje mali farmeri jo{ uvek gaje u ovim zemljama. GM poljoprivredne kulture vr{e jak selekциони pritisak na insekte koji se njima hrane, kao i na korovske biljke. Vrlo -esto, obzirom na lanac ishrane, i na one organizme koji nisu ciljani, ali se hrane ili parazitiraju na organizmima i smatraju se {teto-inama u biljnoj proizvodnji, ciljani su organizmi transgene tehnologije. Prema navodima organizacije Ek{nEid (ActionAid), biodiverzitet u poljima pod Bt pamukom u Kini bio je ni`i nego u poljima pod konvencionalnim pamukom. Upravo uvi|aju}i ugro`avanje biodiverziteta GM kulturama, od farmera koji gaje Bt pamuk u SAD, tra`i se da gaje konvencionalni ne-GM pamuk, pored GM pamuka, na 20% svojih povr{ina pod ovom kulturom, sa kori{enjem klasi-ne za{tite useva, ili 4% povr{ina konvencionalnog pamuka bez ikakve za{tite.

[irenje GM poljoprivrednih kultura mo`e da bude potencijalna pretnja biodiverzitetu, posebno u centrima porekla poljoprivrednih biljaka, odnosno u onim svet-skim regionima iz kojih prvobitno poti-u pojedine vrste va`nih poljoprivrednih kultura. Ti centri porekla odlikuju se i najve}om geneti-kom varijabilno{u za te vrste i mogu da poslu`e kao koristan izvor gena u pro{irivanju geneti-ke varijabilnosti pri konvencionalnom oplemenjivanju. Prenosom gena sa GM kultura na spontane (divlje srod-nike) ovi prirodni izvori korisnih gena mogu da budu zna-ajno ugro`eni. Opasnost je tim ve}a, {to se u mnoge zemlje GM seme unosi ilegalno i -esto ni sami proizvo|a-i ne znaju {ta seju.

## 16. Kako utvrditi prisustvo GMO?

Utvrdjivanje prisustva introdukovanog stranog gena u genom domaćina je potreba, kako za proveru uspešnog transfera gena u samom postupku stvaranja funkcionalne transgene ćelije, a kasnije i organizma, tako i za ispitivanje radi razdvajanja GMO od ne-GMO organizama i proizvoda koji sadrže GM sastojke. Danas je moguće ustanoviti većinu poznatih i uobičajenih genetičkih modifikacija osnovnih poljoprivrednih kultura (kukuruz, soja, pamuk, paradajz, uljana repica itd.). Metodi praćenja promena genoma zasnivaju se na direktnom ispitivanju DNK ili na otkrivanju proteinskog produkta specifičnog gena.



Direktno ispitivanje genske modifikacije DNK primenom PCR (gore desno) i elektroforeze (dole desno).

Kada se radi o metodama direktnog ispitivanja promena DNK, najčešće se koristi PCR (Polymeric Chain Reaction), odnosno lančana reakcija polimeraze. Ovim metodom je moguće utvrditi, zavisno od pristupa, prisustvo/odsustvo genske modifikacije (kvalitativni pristup), kao i udeo modifikovane DNK u ukupnoj DNK uzorka (kvantitativni pristup). Prednost direktnog ispitivanja DNK u odnosu na imunološke postupke (praćenje proteinskog produkta gena) je u većoj preciznosti i u mogućnosti ustanovljenja DNK modifikacije u proizvodima koji su u tehnološkom postupku bili termički, ili hemijski obrađivani.

Pri utvrđivanju prisustva genske modifikacije metodom PCR, obično se utvrđuje prisustvo određenih DNK sekvenci (segmenata) koji su deo genske konstrukcije koja je inkorporirana u genom domaćina. Najčešće se radi o delovima najčešće korišćenog regulatornog gena u genskim transgenim konstrukcijama: CaMV 35S promotora, kao i NOS terminatora koji je, takođe, često korišćen u kreiranju GMO.

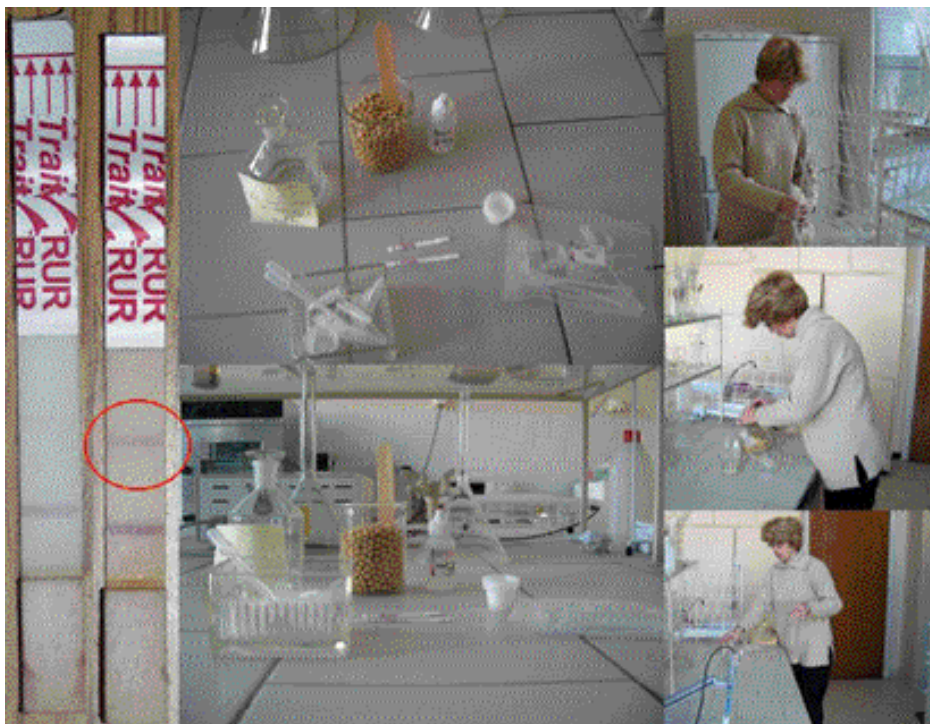
Molekularni genetičar Don Fagan je 1996. razvio i razradio osetljive i precizne metode za utvrđivanje i kvantifikovanje GM. Genetička identifikacija (Genetic ID), koju je Fagan razvio, omogućila je prehrambenoj industriji da razdvoji GM od ne-GM proizvoda i da odgovori na zahteve potrošača o pravu na izbor. Ovaj metod nudi trostruku PCR proveru i po licenci se koristi u mnogim zemljama sveta.



*Dr Don Fagan, molekularni biolog, koji je ustanovio metod praćenja GMO, predsednik prve međunarodne kompanije Genetic ID Inc., koja nudi analitičke usluge utvrđivanja genskih modifikacija za prehrambenu industriju i poljoprivrednu proizvodnju. Fotografija preuzeta sa: <http://www.mindfully.org/>*

Pored laboratorijskih analiza koje koštaju 250-400\$, dostupni su i brzi testovi koji mogu da se primene i na licu mesta, van laboratorije uz manje troškova (5. 75\$). Najčešće genske modifikacije, kao što su RoundUp Ready soja, ili Bt 11 kukuruz utvrđuju se u uzorku na osnovu proteinskog testa, tehnikom traka, za 3-5 minuta.

*Brzo utvrđivanje prisustva genetičke modifikacije u poljoprivrednim kulturama metodom test traka. Zaokružena traka ukazuje da je ispitivani uzorak sojinog zrna poreklom iz genetički modifikovane RoundUp Ready soje tolerantne na glifosat RoundUp.*



Trebalo bi naglasiti da brzi testovi pomoću traka nemaju onu specifičnu težinu i pouzdanost laboratorijskih PCR metoda. Test trake mogu da budu korišćene za grublje procene i svakako kombinovane sa testiranjem uzoraka u laboratoriji preciznijim metodama, ako je pouzdanost rezultata važna, ili se koriste za zvanu upotrebu. Mogućnost kvalitativnog (ima/nema) i kvantitativnog (koliko?) utvrđivanja prisustva genetičkih modifikacija u poljoprivrednim proizvodima i hrani je višestruko značajna, jer stavlja tržište hrane i poljoprivrednih proizvoda pod kontrolu vladinih ustanova, nevladinih organizacija i pojedinaca. Ovim se omogućava obeležavanje i izbor proizvoda, što je osnovno pravo kupca, odnosno, potrošača.



# Zavr{na razmatranja

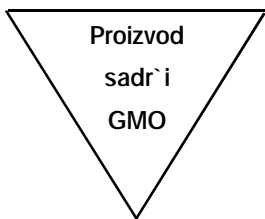
Pitanja koja se otvaraju pri razmatranju tehnologije geneti-ki in`enjerovanih organizama ne ograni-avaju se samo na polje biolo{kih nauka. Zna-aj GMO se ogleda u njihovom uticaju na globalnu geopolitiku i na zakonodavstvo, kao i na eti-ke dileme.

Do pre nekoliko godina, proizvodnja semena poljoprivrednih kultura se smatrala op{tim dobrom. Nau-ine institucije u svetu su slobodno razmenjivale geneti-ki materijal, saznanja i sprovodile zajedni-ke me|unarodne projekte i ogleda. Iako su postojale velike semenske kompanije, ipak je postupak dobijanja novih sorti i hibrida klasi-nom hibridizacijom bio dostupan svima. Naravno, i ranije je postojala mogu}nost patentiranja semenskog proizvoda, ali je zbog prirode i na-ina proizvodnje semenskog materijala, ove patente bilo te{ko za{tititi u praksi i sprovesti u `ivot. Tako su svi proizvo|a-i semenskog materijala na nivou dr`ava, ili preduze}a i kompanija, bili u ravno-pravijem polo`aju. Za poljoprivrednog proizvo|a-a to je zna-ilo, da je imao mogu}nost izbora semenskog materijala razli-itih semenskih ku}a, bez obzira na njihov veli-inu, kao i mogu}nost da ostavlja deo proizvodnje pojedinih sorti za setvu slede}e sezone. Tako je i proizvo|a- mogao sam da izabere upravo one genotipove koji su dobro adaptirani uslovima proizvodnje i prilago|eni njegovim potrebama. Biotehno{ka revolucija i pojava GMO je drasti-no promenila pravila igre. Proizvodnja genski modifikovanog semena je postala dostupna malom broju tehnolo{ki razvijenih dr`ava, odnosno kompanija. Multinacionalne kompanije koje proizvode GM seme sada su u mogu}nosti da patentom za{tite svoj proizvod i da to zakonski sprovedu. Patentna za{tita se `iri i na sam uneti gen, kao i na herbicid, ako se radi o GM kulturama otpornim na specifi-an herbicid. Proizvo|a-i, pri kupovini semena, sklapaju ugovor sa kompanijom, kojim se upotreba dobijenog ekonomskog prinosa ograni-ava isklju-ivo na prodaju na tr`i{tu i sama proizvodnja stavlja pod kontrolu kompanije. [irenjem GM poljoprivrednih kultura proizvodnja hrane, a vezano i sa za{titnim sredstvima, koncentri`e se pod kontrolu manjeg broja kompanija. Prema podacima Ek{nEida, {est korporacija sme{tenih u SAD, ili Evropi kontroli`u 98% tr`i{ta GM kultura i 70% svetskog tr`i{ta pesticida. [est korporacija poseduju 54% ameri-kih biljnih biotehno{kih patenata. Deset korporacija snabdevaju semenom 33% svetskog tr`i{ta, u pore|enju sa hiljadama kompanija pre 20 godina. Tako su 91% svih GM kultura koje su se gajile u svetu u 2000. bile iz kompanije Monsanto. U Africi tri korporacije (Syngenta, Monsanto i DuPont) dominiraju sektorom tr`i{ta semena. U Ju`noj Africi, Monsanto kontroli`e 60% tr`i{ta semena GM kukuruza i 90% p{enice. Poseban problem predstavlja ilegalan uvoz GM semena u pojedine zemlje, naro-ito one sa neadekvatnim ili nepostoje}im mehanizmima kontrole i zakonske regulative. Multinacionalne kompanije koje su vrlo

dosledne u zaštiti svog vlasništva i patentnih prava ne pokazuju uvek interes da svoja prava zaštite u slučaju gajenja ilegalno uvezenog GM semena u pojedine zemlje, bez sklopljenog ugovora. Ovo se dešava i u našoj zemlji.

Obzirom da su GMO izvesnost na tržištu i u proizvodnji, veoma je važno da se uvedu i poštuju zakonski propisi i međunarodni ugovori. Kartagena Protokol o biosigurnosti, koji se naslanja na deklaraciju u Rio Dežaneiru (princip 15), je međunarodni sporazum koji bi trebalo da osigura odgovarajući nivo zaštite na polju transporta, gazdovanja i korišćenja ovih modifikovanih organizama (LMO - Living Modified Organisms) koji su proizvod moderne biotehnologije i mogu nepovoljno da deluju na oživanje i korišćenje biološkog diverziteta, uzimajući u obzir rizike po zdravlje ljudi i sa specijalnim osvrtom na prekogranični promet (član 1., Kartagena protokola). Ovaj Protokol je završen i usvojen na Konferenciji o biološkom diverzitetu u Montrealu, 29. januara 2000. a stupio je na snagu 11. septembra 2003. Protokol dozvoljava odbijanje uvoza GMO, odnosno LMO, ako se proceni da postoji bezbedonosni rizik. Kartagena protokol su potpisale 103 zemlje. Zajednica Srbije i Crne Gore nije među potpisnicima.

Kada govorimo o zakonima, Državna zajednica Srbije i Crne Gore je prva u Jugoistočnoj Evropi, maja 2001. donela Zakon kojim se reguliše promet i upotreba GMO, kao i Pravilnik o načinu obeležavanja poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda dobijenih od GMO. Po ovom zakonu promet i upotreba GMO je pod kontrolom državnog organa koji se stara o biološkoj bezbednosti. Svaki uvoz GMO proizvoda koji nema odgovarajuća odobrenja smatra se ilegalnim i podleže novčanoj, ili zatvorskoj kazni. Prema pravilniku o obeležavanju u članu 4 a u skladu sa Zakonom, stoji da se obeležavanje ne odnosi na one poljoprivredne i prehrambene proizvode koji sadrže manje od 1% genetičke modifikacije. Ovo donekle odgovara standardima propisanim zakonodavstvom Evropske unije. Pravilnik članom 3 obavezuje proizvođače, ili prometnike da u slučaju većeg sadržaja GM sastojaka od 1%, u deklaraciju unesu tekst »ovaj proizvod sadrži genetički modifikovan organizam« i da ambalažu označi logom:



Problem sa kojim se trenutno naša zemlja suočava jeste sprovođenje Propisa, odnosno Zakona, koji je donet na nivou saveznih organa u momentu kada je funkcionisanje Savezne države veoma redukovano i kada se mnoge ingerencije sa saveznog prenose na republički nivo. Ovo se odražava i na reakciju Države na ilegalan uvoz i gajenje GM poljoprivrednih kultura, pre svega GM soje.



# Pogovor

U prethodnom tekstu su predložena izneta osnovna pitanja vezana za transgenu tehnologiju i proizvod ove tehnologije genetički modifikovane organizme. Nepodeljeno je mišljenje da je u razvoju genetičkog inženjeringa ovek prevazišao nivo moći i mogućnosti i dosegao nivo htenja i moralne odgovornosti. Iako se u esnici debate ne slaže u po pitanju jačine i vrste uticaja GMO, nesporno je da je transgena tehnologija unela promenu, i nov »kvalitet« u život ljudi. U nekim sredinama ovaj uticaj se više oseća i postao je deo svakodnevnog života, u drugim je za sada neprimetan i ljudi ga još uvek nisu svesni.

Bilo kako bilo, tehnologija transgenih organizama je tu, i nije je moguće ignorisati, niti eliminisati. Za genetičare je to novi izazov u izučavanju mehanizama nasleđivanja i pomeranja granica u manipulaciji genima. Za oplemenjivače, mogućnost unošenja poželjnih gena bez opterećenja drugim nepoželjnim genima, što je teško izbeći klasičnom hibridizacijom ili hromozomskim inženjeringom. Za manji broj multinacionalnih kompanija to je izvor velike zarade. Za pojedine zemlje, sredstvo stavljanja pod kontrolu strateški važne proizvodnje hrane na svetskom nivou. Za ekologe i potrošače, izvor zabrinutosti za našu životnu sredinu i zdravlje ljudi. Trebalo bi reći da se radi o tehnologiji koja je, ipak, još u povoju. To znači, da je sama tehnologija još nedorađena, ili kako se to često kaže, »prljava«. Sasvim je sigurno da će se biotehnologija, u modernom smislu, vremenom usavršavati i da postaje sve sofisticovanija. Drugo je pitanje upotrebe ili zloupotrebe, čime su opterećena sva dostignuća ljudskog uma. Pitanje je, takođe, da li proizvodi ovako nesavršene tehnologije treba tako agresivno, i u masi, da se plasiraju na tržište. Na kraju, pitanje je da li je to nama u ovom trenutku potrebno i možemo li mi bez GMO. Za sada nam na tržištu nije potrebno, a u poljoprivrednoj proizvodnji možemo bez toga.

# Literatura

- AGBIOS Inc., Essential Biosafety, vol. 1, no. 1, Nov. 2001.
- Borojevi}, S., Borojevi}, Katarina: Genetika. Izd. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1976.
- Borojevi}, S. : Principi i metodi oplemenjivanja bilja, Izd. R. U. Radivoj Jirpanov , Novi Sad, 1981.
- Dimitrijevi}, M. : Geneti-ki modifikovane biljke u povrtarstvu, Savremeni povrtar, br. 1, str. 54-55, 2002.
- Dimitrijevi}, M. : Jo{ malo o GMO, Savremeni povrtar, br. 5, str. 52-53, 2003.
- Gustafson, J. P., Appels, R. : Chromosome Structure and Function, Stadler Genetics Symposia Series, Pub. Plenum Press, New York, 1988.
- Gustafson, J. P. : Gene Manipulation in Plant Improvement II, 19 Stadler Genetic Symposium, Plenum Press, New York, 1990.
- Gustafson, J. P., Appels, R., and Raven, P. : Gene Conservation and Exploitation. 20th Stadler Genetic Symposium, Plenum Press, New York, 1993.
- Ho, Mae-Wan, Steinbrecher, A. Ricarda: Fatal Flaws in Food Safety Assessment: Critique of the Joint FAO/WHO Biotechnology & Food Safety Report, TWN Biotechnology & Biosafety Series, 1, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 1999.
- Ho, Mae-Wan: Horizontal Gene Transfer! The Hidden Hazards of Genetic Engineering. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 4, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 2001.
- Ho, Mae-Wan, Ryan, Angela, Cummings, J., Traavik, T. : Slipping Through the Regulatory Net: Naked' and free' nucleic acids. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 5, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 2001.
- Jo{t, M. : Geneti-ko in`enjerstvo I nade i proma{aji. Agronomski glasnik, 5-6, 1999. ({tampano srpnja 2000)
- Jo{t, M. : Globalizacija i ekonomski problemi: globalizacija i patent na `ivot, Okrugli stol Globalizacija i nacionalna dr`ava, Inst. Dru{tvenih znanosti Ivo Pilar, 8. o`ujka 2000.
- Jo{t, M. : Za{to je geneti-ko in`enjerstvo opasno po `ovjeka i okoli{. Simpozij povodom 40. obljetnice djelovanja Akademije medicinskih znanosti Hrvatske, Geneti-ki preina`ena hrana I zdravstveni rizik Da ili NE, Zagreb, 28. studeni 2001.
- Jo{t, M. : Znanost i poljoprivreda, Bioetika i znanost u novoj epohi, Mali Lo{inj, 24-26. rujna 2001.
- Kellyn S. Bett: Growing Evidence of wiespread GMO contamination, Environmental News, vol. 33, iss. 23, pp. 484A-485A, 1999.
- Kellyn S. Bett: Mounting Evidence of Genetic Pollution from GE Crops Growing Evidence of Widespread Contamination. Journal of Environmental Science and Technology, <http://www.organicconsumers.org/ge/gepollution.cfm>, 1999.
- Kosuge, T., Meredith, P. Carole, and Hollander, A. : Genetic Engineering of Plants, An Agricultural Perspective, Pub. Plenum Press, New York, 1983.
- Kruszewska, Iza: Is the Market driving GMOs out of the region? The Situation with Genetically Modified Organisms in

- Slovenia, Croatia and Serbia & Montenegro, Publ. Zelena akcija/FoE Croatia, October, 2003.
- Maksimovi}, Vesna, Brklja-i}, Jelena: Primena metode PCR u detekciji, identifikaciji i kvantifikaciji geneti-ke modifikacije u biljnom materijalu i hrani biljnog porekla, Teorijski i prakti-an kurs, IMGGI, Beograd, 20-24. maj 2002.
- Miladinovi}, N. : Biolo{ke i ekonomske osobine populacija i sorata Isto-ne Srbije, Biblioteka Arhiva za poljoprivredne nauke, god. VIII, sveska 17. Izd. Savez poljoprivrednih in`enjera i tehni-ara FNR Jugoslavije, Beograd, 1961.
- Noss, R. : Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchial Approach. Conservation Biology 4(4), pp. 355-364. 1990.
- Old, R. W., Primrose, S. B. : Principles of Gene Manipulation (an introduction to genetic engineering) 3rd edition. Blackwell Scientific Publications Ltd., London, UK, University Press, Cambridge, Great Britain, 1985.
- Orton, Liz: GM crops going against the grain. <http://www.actionaid.org>, May 2003.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity, Montreal, 2000. <http://www.biodiv.org>
- Smith, J. New Study Finds Strip Test Unreliable for Genetically Modified Crops . Consumer Choice, [http://www.biotech-info.net/strip\\_tests.html](http://www.biotech-info.net/strip_tests.html), 2001.
- Stent, G. S., Calendar, R. : Molecular Genetics (an introductory narrative) 2nd edition, W. H. Freeman and Company, San Francisco, USA, 1978.
- Tappeser, Beatrix, Jäger, Manuela, Eckelkamp, Claudia: Survival, Persistence, Transfer, An update on current knowledge on GMOs and the fate of their recombinant DNA. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 3, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 1999.
- Watson, J. D. : Molecular Biology of the Gene, 3rd edition, W. A. Benjamin Inc., Menlo Park, California, USA, 1977.

# GMO- QUESTIONS AND DILEMMAS

---

## Abstract

---

The century we had left behind brought forth a number of discoveries, changing substantially the life of the Mankind. Now, standing at the gate of the new Millennium, people could wonder: What will the future bring? From the point we are standing now, it is difficult to predict, but according to signs appearing over the last two decades, modern biotechnology is going to mark at least the beginning of the New Era. It is absolutely clear that Genetically Modified Organisms (GMO) have become a part of our life. Questions being raised by the novel technology are numerous, ranging from ethical doubts to technical dilemmas. Nowadays, genetics is no longer a research field accessible only to a relatively small scientific community. Today we are facing the fact that genetics has exploded right into our faces, giving rise to gene manipulation, or, to be more precise, almost limitless horizontal gene transfer by means of genetic engineering techniques. The expectations and debates divided the public opinion and scientific circles into two confronted groups. One group, supporting transgenic technology, see it's fruits pink: food being drug at the same time, food enriched with deficient essential amino acids and other nutrients, plants resistant to diseases and pests, fields without weed, gene therapy etc. The other, quite opposite, group has its fears based on endangerment of human health and the environment, crossing the boundaries of gene flow by the technology not sophisticated enough, even imperiling basic human rights and freedom. Only time will reveal what will actually happen in the future. What will be, will be.

This booklet has its goal straight as an arrow. Its objective is to give to the public basic information on GMO's and mechanisms of how genes work and flow, without withholding the authors' personal opinions on the usefulness of the GM technology and it's products for the society. Plainly, "the whammies" of the modern biotechnology are here to stay. There is no doubt about that. For the geneticists, it could represent an epochal step in comprehending the inheritance micro-universe. For breeders, it offers the possibility of transferring all the useful genes they can, without the burden of undesirable genes, which is unavoidable by using classical hybridization or chromosomal engineering. For the limited number of multinational

corporations, it is a source of potentially almost unlimited income. For some governments and states, it gives means to control strategically important food and feed production. For the ecologists, it gives reasonable fear of irrecoverable and irreversible menace to the environment and thus human health. Are humans to play God? The truth is that transgenic technology is still novel and non-refined, or raw, so to say. It is reasonable to believe that the technology is going to be improved and become increasingly sophisticated. Its use or misuse is another issue. That issue has burdened all the achievements of human mind, since. The fact remains that products of non-refined transgenic technology are very aggressively pushed to the open market. Finally, the question of all questions: Research, broadening of human knowledge, new challenges, O.K. we can discuss that, but do we, people, really need that on the market and in the agricultural production, at the moment? The answer is, no. We can still live without it.

