

PROIZVODNJA STOČNE HRANE IZ GM BILJAKA – DA ILI NE?

FEEDSTUFF PRODUCTION BASED ON GM PLANTS - YES OR NO?

I. Pejić, Snježana Kereša, D. Grbeša

Pregledno znanstveni članak

UDK: 636.084.4.415

Primljeno: 11. listopada 1999.

SAŽETAK

Genetski modificiranim (GM) biljkama nazivaju se one dobivene tehnikama genetskog inženjerstva. Genetsko inženjerstvo je skup biotehnoloških metoda i postupaka nastalih razvojem molekularne biologije i genetike, koji omogućuju izolaciju i prijenos (transfer) gena iz jednog organizma u drugi. Ove tehnologije otvaraju brojne mogućnosti manipulacija s genima, tj. kombiniranja i prijenosa svojstava vrlo udaljenih vrsta koje ne bi mogle nikada biti ostvarene prirodnim putem.

Unazad 4-5 godina, u nekoliko zemalja (SAD, Kanada, Argentina, Kina) se enormno povećavaju površine zasijane s GM sortama kukuruza, uljane repice, krumpira, soje i drugih poljoprivrednih vrsta, jer tamo osiguravaju veće i sigurnije prinose i veću profitabilnost ratarske proizvodnje. Danas najviše genetski modificiranih sorata nosi gen koji sortu čini otpornom na određeni totalni herbicid, te je kontrola korova kod ovakvih sorti lakša, jednostavnija i jeftinija. Drugo najvažnije svojstvo današnjih GM sorti je otpornost na određenu skupinu štetnika kao što su npr. pamučni i kukuruzni moljac, a rezultat je gena izoliranog i prenešenog iz bakterije *Bacillus thuringiensis* (Bt). Ovakve "Bt" sorte osiguravaju potpunu otpornost usjeva na navedene štetnike i potpuno isključuju primjenu značajnih količina kemijskih sredstava koja se inače redovito apliciraju u tlo prilikom sjetve po klasičnoj tehnologiji.

Međutim, pored pozitivnih strana koje prepoznaju i koriste farmeri, GM organizmi izazivaju strah i zabrinutost kod laika i kod znanstvenika, od mogućih nekontroliranih pojava i neželjenih posljedica po okolinu i samog čovjeka.

U radu se obrađuju: principi genetskog inženjerstva, trenutne statistike o vrstama, sortama i površinama zasijanim GM biljkama za hranidbu stoke, status GM biljaka u Hrvatskoj, te diskutiraju znanstveno utemeljeni razlozi Za i Protiv uzgoja GM biljaka.

Doc. dr. sc. Ivan Pejić, Mr. sc. Snježana Kereša, Zavod za oplemenjivanje bilja, genetiku, biometriku i eksperimentiranje, Doc. dr. sc. Darko Grbeša, Zavod za hranidbu domaćih životinja - Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Svetošimunska bb, Hrvatska - Croatia.

UVOD

Moderna poljoprivreda je u znatnoj mjeri industrijalizirana što znači da su umjesto velikog broja ljudi u obavljanju ratarskih i stočarskih poslova uključeni sofisticirani strojevi, kompjuteri, kompleksni kemijski spojevi, kao i genetski poboljšani organizmi. U zadnje vrijeme, brzi razvoj biotehnologije obećava nove pomake u unapređenju poljoprivrede kroz razvoj i korištenje tzv. genetski modificiranih ili preinačenih organizama (GMO).

U zemljama u kojima je sustavno razvijana i šticeana, suvremena poljoprivreda doprinijela je povećanju proizvodnje i kakvoće hrane, kao i boljem životnom standardu farmera. Tehnološka unapređenja koja se nude ili uvode u poljoprivrednu proizvodnju uvijek imaju za cilj veću i sigurniju proizvodnju, ali njihovo konačno zadržavanje u poljoprivrednoj praksi uglavnom ovisi o profitu i tržištu. Slično je i s uvođenjem u proizvodnju genetski modificiranih (GM) biljaka u nekim zemljama u svijetu. Nove GM sorte bilja s potpunom otpornošću na neke štetnike, bolesti ili herbicide omogućile su farmerima SAD-a, Argentine, Kanade, Kine, i dr. zemalja značajno veću zaradu po jedinici površine što zorno ilustrira nagli porast površina na kojima se uzgajaju takve sorte od 1996. do danas.

Međutim, dok je ranije uvođenje naprednih tehnologija u poljoprivredu kao što su to bili motorni strojevi, pesticidi, hibridne i klonske sorte, i sl. smatrano je doprinosom znanosti napretku čovječanstva, uvođenje GM sorata u nekim zemljama (pretežno europskim) praćeno je brojnim osporavanjima, sumnjama, pa čak i optužbama. Kritike dolaze u rasponu od široke javnosti preko raznih interesnih skupina pa do dijela znanstvenika. Bitno drukčije (afirmativno) većinsko javno mišljenje prisutno je u SAD-u i Kanadi. Glede hrvatske javnosti nema pouzdanih podataka o jedinstvenom ili većinskom stavu. Međutim, mi smatramo da naša javnost nije niti dovoljno niti objektivno informirana o postupcima, postignućima i rizicima genetskog inženjerstva kod poljoprivrednog bilja. Razloga ima više među kojima izdvajamo dva: (1) genetsko inženjerstvo vrlo je sofisticirano i teško razumljivo prosječno educiranim ljudima uz napomenu da se tek od nedavno uvodi u nastavne programe manjeg broja škola i fakultetata; (2) istraživanja su pokazala

da se saznanja o GMO gotovo isključivo temelje na informacijama dobivenim putem TV i dnevnog tiska a koji se bave uglavnom prijenosom kratkih informacija, nedovoljnih za pravilno razumijevanje cjeline.

SUŠTINA GENETSKOG INŽENJERSTVA I DEFINICIJE TERMINA

Genetski modificiranim (preinačenim) biljkama (GM) nazivaju se one dobivene postupcima genetskog inženjerstva. To su biljke kojima je u genomsku ili kloroplastnu DNA dodano jedan ili više alela gena koji kontroliraju novo svojstvo ili modificiraju postojeće (Uchimiya i sur., 1989). Ovaj postupak naziva se još i transfer gena ili genetska transformacija. Genetski modificirani organizmi (GMO) skupni je naziv za sve transgene organizme (bakterije, kvasci, biljke, životinje).

NAČINI TRANSFERA GENA

Uvođenje strane DNA u biljne stanice postiže se na više načina:

1. Korištenjem vektora (indirektni način) – najčešće je to prirodni patogeni organizam, bakterija *Agrobacterium tumefaciens*.
2. Direktnim prijenosom fragmenta DNA u biljnu stanicu, a tu spadaju: kemijske metode, elektroporacija i fizičke metode (mikroinjektiranje i bombardiranje česticama).

Dvije najčešće korištene metode transfera gena u biljne stanice su uporabom bakterije *Agrobacterium tumefaciens* (Horsch i sur., 1985) i bombardiranje česticama (Sanford i sur., 1987).

Bakterija *Agrobacterium tumefaciens* je bakterija koja živi u tlu i inficira velik broj dikotiledonih biljaka izazivajući bolest zvanu tumor vrata korijena (Uchimiya i sur., 1989). Bakterija pritom prenosi dio svoje DNA (T-DNA) u genom biljke koju inficira (T-DNA se integrira u kromosom u jezgri) (Offringa i sur., 1992). U prirodi T-DNA se sastoji i prenosi u biljne stanice gene za proizvodnju nekih fitohormona (to objašnjava

nekontroliranu proliferaciju transformiranih biljnih stanica i nastanak tumora), te gene za proizvodnju opina. To su aminokiselinski derivati koje proizvode transformirane biljne stanice, a koje bakterije koriste kao izvor energije.

Znanstvenici su iskoristili jedinstveno svojstvo ove bakterije da transformira biljne stanice tako da su iz T-DNA odstranili gene za proizvodnju fitohormona i opina i na njihovo mjesto umetnuli neki drugi gen. Regeneracijom transformiranih stanica na selektivnim medijima moguće je tako dobiti biljku potpuno normalnog morfološkog izgleda i s istim svojstvima koje imaju netransformirane biljke, s razlikom jednog svojstva za kojeg je gen u biljku unesen transformacijom. U posljednjih nekoliko godina ovom metodom uspješno su transformirane i različite monokotiledonske vrste kao npr. kukuruz (Gould i sur., 1991., Ishida i sur., 1996), pšenica (Mooney i sur., 1991) i riža (Chan i sur., 1992, Hiei i sur., 1994).

Metoda bombardiranja česticama jednako se uspješno koristi za transformaciju monokotiledona i dikotiledona. Princip ove metode je da male čestice zlata ili tungstena (promjera 1-4 μm) obložene s DNA koju se želi unijeti u biljnu stanicu velikom brzinom (obično oko 500 m/s) prolaze kroz biljno tkivo ostavljajući u stanicama DNA, a ne oštećujući ih (Luthra i sur., 1997). Aparat kojim se ovo postiže popularno nosi naziv "gene gun". DNA (gen) se potom, slično kao i pomoću bakterije, integrira u biljne kromosome, a iz transformiranih stanica na selektivnom mediju regeneriraju se male biljčice.

NAJČEŠĆE MODIFICIRANA SVOJSTVA

Najveći broj transgenih kultivara danas u proizvodnji nosi otpornost na totalne herbicide ili otpornost na štetnike. Otpornost na totalne herbicide odnosi se uglavnom na dva neselektivna herbicida: glifosat i glufosinat.

Glifosat djeluje kao kompetitivni inhibitor enzima 5-enol-piruvil shikimat-3-fosfat sintaze (EPSPS), koji katalizira jedan od glavnih koraka u sintezi aromatskih aminokiselina (Daniell i sur., 1998). Tolerantnost biljaka na ovaj herbicid postignuta je uvođenjem u biljke više različitih gena

otpornosti. Dva su gena, međutim, korištena za proizvodnju komercijalnih kultivara ("Roundap Ready" kultivari):

1. Gen koji kodira za EPSPS neosjetljiv na glifosat. Gen je izdvojen iz bakterija roda *Agrobacterium*.

2. Gen *gox* iz bakterije *Achromobacter* koji kodira za enzim glifosat oksidoreduktazu koja razgrađuje glifosat.

Glufosinat (phosphinothricin, PPT), kao drugi najvažniji neselektivni herbicid, ireverzibilno inhibira enzim glutamin sintetazu, za biljke ključni enzim u metabolizmu dušika (Kishore i sur., 1988). Tolerantnost na ovaj herbicid postignuta je transformacijom biljaka s *pat* i *bar* genima, izoliranim iz vrsta *Streptomyces*. Geni kodiraju za enzim fosfotricin-N-acetil transferazu (PAT) koja inaktivira PPT acetilirajući njegovu slobodnu NH_2 skupinu (Metz i sur., 1998). Prednost uporabe ovih neselektivnih herbicida s transgenim kultivarima, nasuprot uporabe najčešće "koktela" različitih herbicida, su jednostavnost i ekonomičnost. Nije za zanemariti niti to što nisu toksični za ljude i životinje, a u tlu se vrlo brzo razgrađuju ne kontaminirajući podzemne vode.

Otpornost na štetnike (kukuruzni moljac, pamučni moljac, krumpirova zlatica, ...) postignuta je unosom u biljke transgena iz bakterije *Bacillus thuringiensis* koji kodiraju bjelančevine (Bt toksini) vioko toksične za insekte, a netoksične za čovjeka i životinje. Pripravci Bt toksina kao bioinsekticidi se inače koriste u poljoprivrednoj proizvodnji već više od 40 godina (Estruch i sur., 1996). Prva biljna transformacija ovim genom izvedena je 1987. g. na duhanu (Veack i sur., 1987). Bt kultivari isključuju ili znatno smanjuju primjenu insekticida u zaštiti usjeva, a to se u proizvodnji odražava pozitivno kako s ekološkog tako i s gospodarskog gledišta (smanjenje troškova proizvodnje i povećanje prinosa zbog potpune zaštite od štetnika).

NEKE ČINJENICE I KRATKA POVIJEST

Razvoj genetskog inženjerstva započeo je na nižim organizmima, ponajprije bakterijama i kvascima. Prva genetska transformacija na bakterijama

izvedena je 1972. godine u Kaliforniji kada se prvi put uspjelo jedan gen izolirati i ponovno ga ugraditi u DNA bakterije.

Desetak godina kasnije, prva uspješna transformacija posredstvom bakterije *Agrobacterium* izvedena je i na biljkama (Vasil, 1994). Preduvjet za ovo bila je razvijena tehnika regeneracije biljaka iz kulture stanica i tkiva (Vasil, 1996).

Prvi korisni i ujedno komercijalizirani proizvod genetskog inženjerstva (1980) bio je inzulin proizveden u bakterijama. Od tada se genetsko inženjerstvo učestalo primjenjuje u proizvodnji lijekova.

Godine 1990. (ACNFP, 1991) odobrena je uporaba GM pekarskog kvasca koji brže razgrađuje škrob u ugljični dioksid, a to svojstvo važno je za brže dizanje tijesta.

U mljekarskoj industriji, uporaba jednog GM enzima započela je 1991. god. (ACNFP, 1991). To je enzim "chymosin" koji se široko koristi u proizvodnji sira i drugih mljekarskih proizvoda, a dobiven je iz GM kvasca *Kluyveromyces lactis*. Kasnije se taj enzim počeo proizvoditi i u GM bakterijama (*E. coli*). Za uporabu u prehrambenoj industriji komercijalizirano je i niz drugih GM enzima, kao i različitih aditiva (npr. vitamina ili amino kiselina) istog podrijetla.

Prva poljoprivredna GM biljna vrsta dolazi u službena ispitivanja 1986. Bio je to duhan modificiran za tolerantnost na herbicide, a ispitivanja su rađena u SAD-u i Francuskoj. Međutim, prva komercijalizacija jedne agronomski važne poljoprivredne kulture dogodila se 1994. god. Tada je u SAD-u na tržište pušteno sjeme GM rajčice (FlavrSavr tomato) s unešenim genom za sporije omekšavanje (kvarenje) prije i nakon branja.

Od 1995. na tržištu SAD-a pojavljuju se i GM sorte pamuka, kukuruza i soje, ali ozbiljno širenje započinje 1996 (1.7 mil. ha).

TRENTNI STATUS POVRŠINA, VRSTA BILJA, I TIP TRANSFORMACIJA – ZA HRANIDBU STOKE

Iz Tablice 1. vidljivo je višestruko uvećanje površina pod GM kulturama u zadnjih nekoliko godina. U prošloj godini glavno GM svojstvo bila je tolerantnost usjeva na herbicide, a potom otpornost na štetnike. Ovo reflektira uspješnost proizvoda i zadovoljstvo farmera. Najnoviji podaci o vodećim vrstama (soja, kukuruz, ulj. repica) i površinama iz 1998. (Tablica 2.) pokazuju da su vodeće zemlje u proizvodnji GM usjeva SAD, Argentina, Kina, Kanada, Meksiko, Australija, Juž. Afrika, Francuska, i Španjolska. Ovo su ujedno i potencijalni izvoznici stočne hrane u Hrvatsku.

Tablica 1. Ukupne površine transgenih usjeva (mil. ha) po zemljama u 1997. i 1998. (James, 1997. i 1998.).
Table 1. Total area of transgenic crops (mill. ha) by country 1997 i 1998 (James, 1997 and 1998).

Zemlja / Country	1997.	%	1998.	%
SAD - USA	8,1	63	20,5	74
Argentina	1,4	11	4,3	15
Kanada - Canada	1,3	10	2,8	10
Meksiko - Mexico	0,1	< 1	0,1	1
Španjolska - Spain	<0,1	< 1	<0,1	< 1
Francuska - France	0,0	0	<0,1	< 1
Južna Afrika - South Africa	0,0	0	<0,1	< 1
Kina - China*	1,8	14		
Ukupno / Total	12,8	100	27,8	100

* Kina nije uključena u pregledu za 1998. * China excluded in 1998

Tablica 2. Ukupne svjetske površine transgenih usjeva (mil. ha) po kulturama u 1997. i 1998. (James, 1997. i 1998.).

Table 2. Total area of transgenic crops (mill. ha) by crop 1997 i 1998 (James, 1997 and 1998).

Kultura / Crop	1997.	%	1998.	%
Soja / soybean	5,1	46	14,5	52
Kukuruz / corn	3,2	30	8,3	30
Pamuk / cotton	1,4	13	2,5	9
Ulj. repica / rape canola	1,2	11	2,4	9
Krumpir / potato	<0,1	< 1	<0,1	< 1
Ukupno / Total	11,0	100	27,8	100

Tablica 3. Neka nova svojstva transgenih kultura (pred komercijalizacijom) trenutno u razdoblju poljskih pokusa i ispitivanja (James, 1997).

Table 3. Some new traits of transgenic crops under development (Field trials), (James, 1997).

Kultura / crop	Svojstvo / trait
Kukuruz / corn	otpornost na kukuruznu zlaticu / resistance to corn rootworm otpornost na bolesti / resistance to fungal diseases povišeni sadržaj škroba / higher starch content povišeni sadržaj lizina / higher lysine poboljšane bjelančevine / improved proteins otpornost na skladišne štetnike / resistance to storage grain pests apomixis (oplodnja bez oprašivanja) / apomixis (fertilization without pollen)
Soja / soybean	modificirano ulje / modified oil otpornost na neke kukce / insect resistance otpornost na neke viruse / virus resistance

Soja i kukuruz su glavni kandidati za proizvodnju stočne hrane, kako iz uvoza, tako i u eventualnoj domaćoj proizvodnji. Pored tolerantnosti na herbicide i štetnike (na temelju poljskih pokusa iz 1997., vidi Tablicu 3.) na tržištu će se uskoro pojaviti i sorte koje bi mogle utjecati na proizvodnju i kakvoću stočne hrane kao što su soja s modificiranom kompozicijom ulja, kukuruz s povišenim i izmijenjenim sadržajem škroba, povišenim lizinom, poboljšanih bjelančevina, i otpornosti na skladišne štetnike.

SITUACIJA U HRVATSKOJ

Za sada nema komercijalne proizvodnje GM biljaka u Hrvatskoj. Svaka sorta, domaća ili strana

prije puštanja na tržište mora proći postupak priznavanja državne sortne komisije. GM sorte moraju proći isti postupak priznavanja kao i klasične sorte (3 godišnje ispitivanje). Za sada nema niti jedne GM sorte u službenim pokusima za priznavanje sorti.

U Hrvatskoj su u 1999. godini ispitivani samo GM hibridi kukuruza tvrtke Pioneer Sjeme d.o.o., i to jedna sorta otporna na totalni herbicid i dvije sorte otporne na kukuruznog moljca. Na temelju odobrenja MPŠ RH, pokus je izveden u suradnji kompanije i hrvatskih znanstvenih institucija na šest lokacija i ukupnoj površini manjoj od 1 ha.

Pri Ministarstvu poljoprivrede i šumarstva djeluje **Povjerenstvo za praćenje istraživanja i razvoja svojstava genetički preinačenih biljaka** (osnovano 1998., predsjednik prof. dr. Z. Ostojić), a

pri Vladi RH **Bioetičko povjerenstvo** (osnovano 1999., predsjednik ministar poljoprivrede). Još uvijek nema zakona koji regulira promet i proizvodnju GMO, kao i stočne i ljudske hrane.

Povjerenstvo za praćenje istraživanja i razvoja svojstava genetički preinačenih biljaka savjetodavno je tijelo ministra poljoprivrede koje (u ime Ministarstva) razmatra zahtjeve za provođenje pokusa s GM biljkama u Hrvatskoj i njihovog uvrštavanja u pokuse za priznavanje sorti, kao i opravdanost ili potrebitost njihove introdukcije i stupnja rizika. Povjerenstvo se bavi samo pitanjem sjemena i poljoprivredne proizvodnje, a ne i trgovine merkantilne robe i prerađevina.

Bioetičko povjerenstvo sastavljeno je od eminentnih znanstvenika, filozofa, teologa i predstavnika javnosti i ima za cilj savjetovanje Vlade RH u izradi zakona o GMO i donošenju temeljnih odluka koje će biti obvezujućeg karaktera u prometu i proizvodnji. U SAD-u kao najvećem proizvođaču i korisniku GM proizvoda, ali i drugim razvijenim zemljama u svijetu, postoji niz savjetodavnih tijela, profesionalnih i volonterskih agencija i zavoda koji se bave skoro svim segmentima sigurnosti okoline i hrane (inspekcijske službe).

Općenito, prije puštanja GM biljaka u okoliš provode se višegodišnja laboratorijska i kontrolirana poljska istraživanja, kao i obvezna istraživanja na sporedne pojave (alergeni, interakcije, itd.). Međutim, obvezna ispitivanja još uvijek ne garantiraju punu sigurnost proizvoda.

UVOZ I ISPITIVANJE MERKANTILNE ROBE I PRERAĐEVINA U HRVATSKOJ

U Hrvatskoj nema zakonske regulative za uvoz merkantilne robe GM podrijetla, niti inspekcijska služba obavlja kontrole u ovom smislu. Hrvatska uvozi skoro 2/3 svojih potreba na soji, tj. oko 40.000 tona godišnje. Povremeno se uvozi i kukuruz u zrnju. Iako je Sabor u studenome 1998. godine donio odluku o obaveznom obilježavanju uvezenih GM proizvoda, ona nikada nije pretočena u jasne zakonske propise i u praksi se ne provodi.

MOGUĆI NAČINI KONTROLE MERKANTILNE ROBE U SMISLU DOKAZIVANJA GMO PODRIJETLA

Trenutno je moguće, relativno brzo i jednostavno, kontrolirati samo robu u obliku sjemena. U slučaju usjeva s unešenim genima za otpornost na totalne herbicide moguće je uzgojom na podlozi s totalnim herbicidom utvrditi da li se radi o GM robi. Također, i u slučajevima robe kod koje se očekuje prisustvo Bt toksina ili neprirodno visoki sadržaj npr. neke amino kiseline, moguće je preciznom kemijskom analizom dokazati GM podrijetlo.

Potpuno pouzdano i precizno dokazivanje, čak i iz biljnih dijelova (plodovi, list, stabljika) moguće je na ekstrahiranoj DNA pomoću neke od PCR metoda kojima je moguće utvrditi prisustvo introduciranih gena ili njihovih dijelova. Ovo je međutim prilično sofisticirana dijagnostika koja uz to može zahtijevati i određene informacije od samog proizvođača GMO.

ETIČKA PITANJA NASPRAM GOSPODARSKIH I STRUČNIH

Mnoge druge ljudske djelatnosti i tehnologije mogu se u smislu rizika tretirati na isti način kao biotehnologija. Međutim, biotehnologija je najmlađa među njima, a zadnjih godina znatno je porasla svijest o ugroženosti prirode u cjelini. Povijest nas uči da je većina pronalazaka koji su pravili progres čovječanstvu u isto vrijeme činila i određenu štetu. Stoga se danas još za vrijeme nastanka novog proizvoda pokušavaju analizirati i njegovi negativni učinci na okoliš. Stoga je ekološka komponenta GMO vrlo važna, međutim u svjetlu gospodarskih odnosa u kojima živimo, ne i najvažnija.

Utjecaj različitih etičkih gledišta unutar jedne nacije može realno utjecati na širenje GMO jer ovisno o tome tko o njima govori, mogu biti predstavljeni vrlo različito (pozitivno ili negativno). Danas se pogledi onih koji u GMO vide remećenje poretka živih bića stvorenih od Boga, i onih koji ih smatraju potencijalno opasnim za opstanak prirodnog reda, u različitoj mjeri konfrontiraju (ovisno od države do države) s pravom na gospodarenje

zemljom i prirodnim bogatstvima u interesu napretka čovjeka, a koje vlada od davnina. čak i elementarno pravo na bolji životni standard poljoprivrednih proizvođača može izgledati neprihvatljivo konzervativnom povijesnom i kulturnom naslijeđu, kao i zahtjevima za očuvanje okoline. Pravedna presuda u ovom konfliktu gotovo je nemoguća. U svom radu Šatović, 1999. na zanimljiv način odvojeno i sukcesivno razmatra etička, ekološka i agronomska pitanja spram biotehnologije u oplemenjivanju bilja.

Međutim, u traženju pravilnog odgovora i svojevrsnog identiteta spram ovog konflikta, mi kao stručnjaci poljoprivredne struke imamo moralnu obvezu (sličnu onoj liječničkoj) biti na korist poljoprivrednoj struci i onima koji žive od poljoprivrede. Poljoprivreda je primarna ljudska djelatnost i ljudi koji žive od nje imaju pravo na bolji položaj na gospodarskoj i društvenoj ljestvici od onog kakav je nazočan u većini zemalja u svijetu krajem ovog milenija. Naravno, isti ti poljoprivrednici istovremeno su dio ukupnog društva i konzumenti zajedničkog okoliša i ne mogu biti promatrani izolirano. Stoga je naša profesionalna obveza maksimalno stručno i odgovorno istražiti i dobre i loše strane biotehnologije.

Razlozi za korištenje GM biljaka u proizvodnji stočne hrane i nova postignuća koja mogu unaprijediti proizvodnju stočne hrane:

1. jeftinija i sigurnija proizvodnja iz perspektive farmera (veći prinosi uslijed permanentne obrane od štetnika ili bolesti, jednostavnije i jeftinije zaštita od korova, boljeg podnošenja nižih temperatura) – dokaz: enormno brzo širenje u praksi;
2. sustavi zaštite od bolesti i štetnika dolaze iz same biljke, dakle ne djeluju kao prskanje, na druge organizme kao npr. pčele, bubamare, i sl., i nema ispiranja zaštitnog sredstva i zagađivanja okoline;
3. poboljšanje nutritivnih vrijednosti stočne hrane (bitno povećani sadržaj AK, vitamina i sl.);
4. prevencija različitih bolesti stoke (proizvodnja i konzumiranje vakcine kroz krmne biljke)

5. manja potrošnja pesticida i gnojiva, danas glavnih izvora zagađenja od poljoprivrede, kao i od industrije koja ih proizvodi. (Bt sorte, primjena totalnih herbicida naspram selektivnih, geni za povećanje rodnosti);

Razlozi protiv korištenja GMO i posljedice koje mogu izazvati:

– nepoznavanje svih interakcija unešenog gena i mogućnost neočekivanih reakcija, (do danas, nakon više od 15 godina eksperimentiranja i 3 godine masovne proizvodnje s višim biljkama nema dokazanih katastrofalnih posljedica, što ne znači da se ne mogu dogoditi ili već događaju;

– “bijeg” gena iz vrste u vrstu i daljnje nekontrolirano širenje (dokazana mogućnost prijenosa s uljane repice, ali čini se da to ne može imati većeg značaja obzirom na mogućnost kontrole korova drugim sredstvima) – nedavno patentirana tehnologija za transfer u kloroplastnu DNA znatno smanjuje ovaj rizik;

– selekcijski pritisak na štetočine, bolesti i korove može jako ubrzati njihovu evoluciju i učiniti zaštitu bilja još složenijom (ima dokaza koji to dokazuju, nažalost, ozbiljne posljedice u pravilu nastupaju nešto kasnije). Međutim, ovdje ima kompromisnih rješenja kao npr. miješanje GM i običnog sjemena da se dopusti određena razina opstanka štetočina i ne poremete prirodni ciklusi, a još uvijek bitno povećava sigurnost proizvodnje;

– strahuje se da primjena i unos gena za otpornost na antibiotike u biljku zajedno s introduciranim genom može dovesti do prijenosa te otpornosti na patogene bakterije iz crijevne flore čovjeka i domaćih životinja što može onemogućiti liječenje pojedinim antibioticima ili na druge mikroorganizme u tlu. Za sada nema dokazanih slučajeva, a već su patentirani novi marker geni koji ne zahtijevaju selekciju s antibioticima;

– patentiranje i korištenje “terminator” gena (mogućnost bijega ovog gena sterilnosti). Suština ovog patenta je potpuno u suglasnosti s normama UPOV-a tj. međunarodnog pravilnika o zaštiti oplemenjivačkih prava, a u svojoj konačnici ima jednak učinak zaštite kao i kod hibridnih ili muško-sterilnih sorti. Već je razvijen sličan novi sustav

obrnuto pristupa – usjev je potpuno fertilan i “običan” dok se ne tretira određenom kemikalijom kojom se aktivira ugrađeni gen koji sorti daje komercijalnu vrijednost (Massod, 1999).

Naša procjena kratkoročne perspektive (3-5 godina) primjene trenutno patentiranih svjetskih GM sorti u Hrvatskoj

– Neće biti moguća sjetva prije 3-4 godine jer sorte prvo moraju proći postupak priznavanja. Ovdje treba napomenuti da pored novog gena, prema Zakonu o priznavanju sorti, najprije se mora priznati i dokazati sama sorta. Istraživanja kod nas i u svijetu su pokazala da tzv. GM inačice nisu potpuno identične sorte koje se razlikuju u samo jednom genu.

– Bt kukuruz – nema velikog opravdanja jer kukuruzni moljac nije jako štetan u našim proizvodnim područjima, a postoje i klasični hibridi u dovoljnoj mjeri otporni na ovog štetnika. Veće ulaganje vjerojatno neće polučiti dobit;

– Hibridi kukuruza tolerantni na određene totalne herbicide. Dosadašnji mikropokusi u našoj zemlji nisu pokazali značajne prednosti u odnosu na klasičnu zaštitu od korova i prije nego se prijeđe na makropokuse biti će teško dokazati opravdanost primjene. Međutim, gospodarski učinci ovih sorti (ekstra profit od cca 30 USD/ha u SAD-u) uz znatno pojednostavljenje nabave sjemena i herbicida i same primjene mogu imati potencijal.

– GM krumpir otporan na krumpirovu zlaticu ima određeni potencijal. Međutim, obzirom da se isti koristi za ljudsku hranu, u svijetu je (a biti će i kod nas) pod jakom kontrolom. U javnom tisku je nedavno izviješteno o jednoj GM sorti s određenim štetnim svojstvima što može usporiti dolazak GM krumpira na naše tržište općenito. Osim toga, strane kompanije za sada nerado puštaju na naše tržište krumpir kao i druge samooplodne (soja) ili vegetativno razmnažane vrste zbog nesigurnosti oko poštivanja oplemenjivačkih prava.

– Obzirom na porast negativnog stava javnosti prema hrani GM podrijetla širom svijeta, hrvatski bi proizvođači u smislu potencijalnog izvoza mogli više profitirati od proizvodnje “zdrave” i deklarirane NON-GM hrane.

ZAKLJUČAK

Ukoliko dođe do uspješne realizacije sorata kojima će se kroz poboljšanu hranidbu moći ujedno i liječiti stoku, ili utjecati na brži porast, a uz to pojednostavniti proces proizvodnje, tada to mora biti predmet znanstvenih istraživanja u Hrvatskoj kako bi se valjane odluke za cijelu zemlju mogle donositi na temelju vlastitih stručnih i znanstvenih iskustava i kroz resorno ministarstvo, a ne na razini međunarodne trgovine. Dakle, ukoliko neke GM sorte dokažu svoju superiornost i gospodasku opravdanost, i prošire se širom svijeta i prođu rigorozna domaća ispitivanja, ne vidimo razloga zašto bi hrvatski farmeri i proizvođači stočne hrane na svoju štetu proizvodili skuplje.

LITERATURA

1. Advisory Committee on Novel Foods and Processes (1991): ACNFP Annual Report, 1990. DH/MAFF, London.
2. Chan, M. T., M. T. Lee, H. H. Chang (1992): Transformation of indica rice (*Oryza sativa* L.) mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Cell Physiol.*, 33, 577-583.
3. Daniell, H., R. Datta, S. Varma, S. Gray, S. B. Lee (1998): Containment of herbicide resistance through genetic engineering of the chloroplast genome. *Nature Biotechnology*, 16, 345-348.
4. Estruch J. J., N. B. Carozzi, N. Desai, N. B. Duck, G. W. Warren, M. G. Koziel (1996): Transgenic plants: An emerging approach to pest control. *Nature Biotechnology*, 15, 137-141.
5. Gould, J., M. Davey, O. Hasegawa, E. C. Ulian, G. Peterson, R. H. Smith (1991): Transformation of *Zea mays* L. using *Agrobacterium tumefaciens* and the shoot apex. *Plant Physiol.*, 95, 426-434.
6. Hiei, Y., S. Ohta, T. Komari, T. Kumasho (1994): Efficient transformation of rice (*Oryza sativa* L.) mediated by *Agrobacterium* and sequence analysis of the boundaries of the T-DNA. *The Plant Journal*, 6, 271-282.
7. Horsch, R. B., J. E. Fry, N. L. Hoffmann, D. Eichholtz, S. G. Rogers, R. T. Fraley (1985): A simple and general methods for transferring genes into plants. *Science*, 227, 1229-1231.
8. Ishida, Y., H. Saito, S. Ohta, Y. Hiei, T. Komari, T. Kumashiro (1996): High efficiency transformation of

- maize (*Zea mays* L) mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. Nature Biotechnology, 14, 745-750.
9. James, C. (1997): Global status of transgenic crops in 1997. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, No.5-1997.
 10. James, C. (1998): Global review of commercialized transgenic crops: 1998. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, No.8-1998.
 11. Kishore, G. M., D. M. Shah (1988): Amino acid biosynthesis inhibitors as herbicides. Annu Rev Biochem, 57, 627-663.
 12. Luthra, R., Varsha, R. K. Dubey, A. K. Srivastava, S. Kumar (1997): Microprojectile mediated plant transformation: A bibliographic search. Euphytica, 95, 269-294.
 13. Masood, E. (1999): Compromise sought on "Terminator". Nature 399, 721 (06-24-99).
 14. Metz, P. L. J., W. J. Stiekema, J. P. Nap (1998): A transgene-centered approach to the biosafety of transgenic phosphinothricin-tolerant plants. Mol. Breeding, 4, 335-341.
 15. Mooney, P. A., P. B. Goodwin, E. S. Dennis, D. J. Llewellyn (1991): *Agrobacterium tumefaciens*-gene transfer into wheat tissue. Plant Cell Tissue Organ Cult., 25, 209-218.
 16. Offringa, R., P. J. M. van den Elzen, P. J. J. Hooykaas (1992): Gene targeting in plants using the *Agrobacterium* vector system. Transgenic Research, 1, 114-123.
 17. Sanford, J. C., T. M. Klein, E. D. Wolf, N. Allen (1987): Delivery of substances into cells and tissues using a particle bombardment process. Particulate Sci. Technol., 5, 27-37.
 18. Šatović, Z. (1999): Biotehnologija u oplemenjivanju bilja. U: Društveni značaj genske tehnologije (ured. Polšek, D., K. Pavelić), Institut društvenih znanosti Ivo Pilar, 185-194.
 19. Uchimiya, H., T. Handa, D. S. Brar (1989): Transgenic plants. Journal of Biotechnology, 12, 1-20.
 20. Vaeck, M., A. Reynaerts, H. Hofte, S. Jansens, M. D. Beukleer, C. Dean (1987): Transgenic plants protected from insect attack. Nature, 328, 33-37.
 21. Vasil, I. K. (1994): Molecular improvement of cereals. Plant molecular biology, 25, 925-937.
 22. Vasil, I. K. (1996): Milestones in crop biotechnology - Transgenic cassava and *Agrobacterium*-mediated transformation of maize. Nature Biotechnology, 14, 702-703.

SUMMARY

Genetically modified (GM) plants are those obtained through genetic engineering. Genetic engineering is array of biotechnological methods and procedures derived from recent accomplishments of molecular biology and genetics applied in isolation and transfer genes from one organism to another. These technologies reveal possibility for number of manipulations with genes, i. e. For combining and transferring characters between very distant species what could never be accomplished by natural way.

In several countries (USA, Canada, Argentina, China) during last 4-5 years the acreage's under GM cultivars of maize, canola, potato, soybean, and some other cultivated species are enormously increased, because there they ensure higher and more safe yields as well as higher profit of crop production. The most of today's GM cultivars have engineered gene which makes the cultivar tolerant to particular total herbicide, what makes weed control easier, more simple and cheaper. Second most engineered character in today's GM cultivars is resistance to particular insects such as pink boll worm (cotton) or maize borer, and it is consequence of isolated and transferred gene from bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt). These "Bt cultivars" ensure full crop resistance to above mentioned pests and completely exclude application of significant amounts of chemical means which are regularly applied in classical crop management.

However, beside the positive sides of GM cultivars which are recognized and exploited by farmers, GM organisms cause fear and concern both to non-professionals and scientists, due to possible uncontrolled events and unwanted consequences for environment and mankind.

In this paper we deal with principles of genetic engineering, current status (statistics) according to species, acreage's, and application of GM cultivars used for feed production, as well as the status of GM plants in Croatia and discussion on scientifically based reasons For and Against cropping with GM plants.