

AGENCIJA ZA SIGURNOST HRANE BOSNE I HERCEGOVINE

**GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI
– STANJE I PERSPEKTIVE –**



**Vojislav Trkulja, Dalibor Ballian, Stojko Vidović,
Rifet Terzić, Ivan Ostojić, Faruk Čaklovića,
Ahmed Džubur, Džemil Hajrić, Goran Perković,
Dragan Brenjo, Armin Čolaković**

2018. godina

Autori:

Prof. dr. sc. Vojislav Trkulja – JU Poljoprivredni institut Republike Srpske, Banja Luka
Prof. dr. sc. Dalibor Ballian – Šumarski fakultet, Univerziteta u Sarajevu
Prof. dr. sc. Stojko Vidović – Medicinski fakultet, Univerziteta u Banja Luci
Prof. dr. sc. Rifet Terzić – Prirodno-matematički fakultet, Univerziteta u Tuzli
Prof. dr. sc. Ivan Ostojić – Agronomski i prehrambeno tehnološki fakultet, Sveučilišta u Mostaru
Prof. dr. sc. Faruk Čaklović – Veterinarski fakultet, Univerziteta u Sarajevu
Prof. dr. sc. Ahmed Džubur – Agromediterranski fakultet, Univerziteta „Džemal Bijedić“, Mostar
Dr. sc. Džemil Hajrić – Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine
Prof. dr. sc. Goran Perković – Uprava Bosne i Hercegovine za zaštitu zdravlja bilja
Mr. sc. Dragan Brenjo – Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine
Armin Čolaković dr. vet. med. – Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine

Recenzenti:

Akademik, prof. dr. sc. Novo Pržulj
Prof. dr. sc. Kasim Bajrović

Izdavač:

Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine

Za izdavača:

Džemil Hajrić, ravnatelj Agencije za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine

2018. godina

Tisak: Badizajn

Naklada: 100

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i univerzitetska biblioteka
Bosne i Hercegovine, Sarajevo

604.6

GENETSKI modificirani organizmi : stanje i perspektive / Vojislav Trkulja ... [et al.]. - Mostar : Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine, 2018. - 137 str. : ilustr. ; 24 cm

Tekst na hrv. jeziku. - Bibliografija: str. 118-131

ISBN 978-9926-8327-2-8
1. Trkulja, Vojislav
COBISS.BH-ID [26958342](#)

KAZALO

<i>Izvodi iz recenzija</i>	6
Poglavlje 1. GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI – UVODNA RAZMATRANJA	8
1.1. Što su to GMO-i?	8
1.2. Od kada postoje GMO-i?	9
1.3. Kako nastaju genetski modificirani organizmi?	10
1.4. Koje su prednosti i rizici uzgoja GM biljaka?	11
Poglavlje 2. GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI – AKTUALNO STANJE	16
2.1. Kakvo je trenutačno stanje s uzgojem i registracijom sorti i hibrida GM biljaka u svijetu?	16
2.2. Kakvo je trenutačno stanje s uzgojem i registracijom sorti i hibrida GM biljaka u EU?	27
2.3. Kakvo je aktualno stanje primjene genetičkog inženjerstva u šumarstvu?	65
Poglavlje 3. PROCJENA RIZIKA OD GENETSKI MODIFICIRANIH ORGANIZAMA	78
3.1. Što je to procjena rizika od GMO-a, kada i kako se ona obavlja?	78
3.2. Koje su faze u izradi procjene rizika?	79
3.3. Je li GM hrana opasna po zdravlje ljudi?	82
3.4. Procjenjuju li se namirnice dobivene od GMO-a različito od načina procjene tradicionalnih namirnica?	83
3.5. Kako se utvrđuju potencijalne opasnosti takvih namirnica po zdravlje ljudi?	84
3.6. Koje značajke GMO-a izazivaju najveću zabrinutost u javnosti?	86
3.7. Zašto GM namirnice izazivaju zabrinutost među potrošačima?	88
3.8. Kako je zabrinutost javnosti utjecala na prodaju GM namirnica u EU?	88

Poglavlje 4. METODE DETEKCIJE GENETSKI MODIFICIRANIH ORGANIZAMA	90
4.1. <i>Kako prepoznamo i na osnovi kojih metoda pouzdano utvrđujemo prisutnost GMO-a?</i>	90
4.1.1. <i>Detekcija GMO-a na bazi fenotipa</i>	90
4.1.2. <i>Detekcija GMO-a na bazi specifičnih bjelančevina</i>	90
4.1.3. <i>Detekcija GMO-a na bazi analize nukleinskih kiselina</i>	91
Poglavlje 5. GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI I BIOSIGURNOST	96
5.1. <i>Što je to biosigurnost?</i>	96
5.2. <i>Što je to Protokol iz Cartagene o biološkoj sigurnosti?</i>	99
Poglavlje 6. ZAKONODAVSTVO O GMO-U U SVIJETU, EUROPSKOJ UNIJI I BIH	101
6.1. <i>Kakvo je zakonodavstvo o GMO-u u svijetu?</i>	101
6.2. <i>Kakvo je zakonodavstvo o GMO-u u EU?</i>	105
6.3. <i>Kakvo je stanje u BiH u vezi sa zakonodavstvom o GMO-u?</i>	109
6.4. <i>Koja su načela uvedena bh. Zakonom o GMO-u?</i>	109
6.5. <i>Kako je bh. Zakonom o GMO-u propisano unošenje GMO-a u okoliš?</i>	110
6.6. <i>Kako se procjenjuje opasnost uslijed unošenja GMO-a u okoliš?</i>	111
6.7. <i>Koji su razlozi za zabrinutost zbog unošenja GMO-a u okoliš?</i>	111
6.8. <i>Kako se ispravno označava proizvod koji se sastoji, sadrži ili je proizveden od GMO-a?</i>	111
6.9. <i>Koji su izuzeci od zahtjeva za označavanje proizvoda koji se sastoje, sadrže ili su proizvedeni od GMO-a?</i>	112
6.10. <i>Hoće li meso ili mlijeko od životinje koja je hranjena hranom koja se sastoji, sadrži ili je proizvedena od GMO-a također morati biti označeno kao genetski modificirano?</i>	113
6.11. <i>Jesu li pravila za označavanje proizvoda koji se sastoje, sadrže ili su proizvedeni od GMO-a propisana Zakonom o GMO-u u BiH sukladna s međunarodnim tržišnim pravilima?</i>	113

<i>6.12. Postoji li u BiH standard za praćenje proizvodnje, kontrolu i sustav certificiranja i označavanja proizvoda s oznakom „bez GMO“?</i>	113
Poglavlje 7. GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI – BUDUĆI TRENDovi	115
<i>7.1. Kakvi su budući trendovi u području genetski modificiranih organizama?</i>	115
<i>7.2. Umjesto zaključka</i>	117
LITERATURA	118
Dodatak 1	132
<i>Vijeće za genetski modificirane organizme</i>	132
<i>Podzakonski akti</i>	133
<i>Protokol o suradnji</i>	135
Dodatak 2	136
<i>Ovlašteni ispitni laboratoriji za kontrolu GMO-a u BiH</i>	136

Izvod iz recenzije akademika prof. dr Nove Pržulja

„ ... Monografija Genetički modificirani organizmi – stanje i perspektive – pojavljuje se u vremenu kada se na temu genetički modificiranih organizama (GMO) vode dugotrajne rasprave oko uloge nauke u životu, posebno zdravlju ljudi. U ovoj monografiji autori su nastojali da ostanu neutralni – da ne istaknu svoju podršku GMO, ali i ne negiraju njihov značaj. Oni su se odlučili da čitaocu, pristalici ili protivniku korišćenja dostignuća biotehnologije i GMO, na sveobuhvatan, informativan i razumljiv način ukažu na trenutno stanje u biotehnologiji i GMO, metode procjene rizika i biosigurnosti koje se sprovode prije dolaska na tržište GMO i hrane koja je proizvedena od njih, zakonodavstvo koje prati uvođenje GMO i da informišu o budućim tendencijama stvaranja GMO. Kroz raspravu o GMO autori također ukazuju na mjesto nauke u savremenom životu, ali i na načine njene kontrole, da bi se spriječilo moguće negativno djelovanje produkata nauke na zdravlje stanovništva, biodiverzitet i ekologiju.

Autori pitanje GMO na vrlo jasan i pregledan način stavljaju u društveni kontekst u kojem su GMO kao neznanac opterećeni različitim (ne)naučnim, bioetičkim, društvenim, ekonomskim, političkim i religijskim kontroverzama.

Bez obzira na stavove država, zakona, društvene zajednice i pojedinaca za ili protiv, činjenica je da je prisutna nikakva ili jako loša informisanost stanovništva u vezi GMO. Iako u ovom kratkom periodu nije bilo moguće sagledati sve aspekte koristi i štetnosti GMO, neophodno je stalna naučna i stručna rasprava na ovu temu. Prilog ove monografije problematici GMO precizno je artikulisan kao jasni naučno-etički stav, diskutovan sa načela opreznosti, što smatram korektnim doprinosom nauci i struci u opštem smislu. Monografija doprinosi formiranju i razvoju savremene i realne naučne svijesti koja će biti u stanju da se suočava sa izazovima vlastitih rezultata. Zbog toga je važan zadatak naučnika da informišu javnost o ključnim naučnim i etičkim pitanjima u vezi sa GMO. U tome se i ogleda značaj ove monografije.“

Banja Luka, 17. 12. 2018.

Akademik prof. dr Novo Pržulj, s.r.

Izvod iz recenzije prof. dr Kasima Bajrovića

„... Nakon detaljne analize priloženog rukopisa i izloženih činjenica, može se konstatovati da on pruža sve neophodne informacije o genetički modificiranim organizmima, procjeni rizika od GMO, metodama koje se koriste u detekciji GMO, GMO i biosigurnosti, GMO zakonodovstvu u svijetu, EU i BiH te budućim trendovima GMO. Rukopis daje detaljan prikaz GMO baziran na potvrđenim naučnim pretpostavkama i ne uključuje nikakve predrasude koje su sastavni dio današnje debate o njima. Također, priloženi rukopis doprinosi širenju naučno dokazanih informacija o primjeni modernih genetičko inženjerskih tehnologija koje su danas široko rasprostranjene u savremenom svijetu.

U zaključku se može konstatovati da rukopis „Genetički modificirani organizmi - stanje i perspektive“ predstavlja korisno štivo za sve involvirane bh. institucije i njihove organe, od zakonodavne preko izvršne razine do podnosilaca zahtjeva, potrošača i najširih krugova zainteresirane javnosti. Rukopis je pisan jezgrovito sa dovoljno pojednostavljenim stilom, razumljivim za sve očekivane kategorije korisnika. Na osnovu raspoloživih informacija može se konstatovati da navedeni rukopis, po našem saznanju, donosi najpregledniji i najkonzistentniji tekst o GMO na prostoru bivše Jugoslavije. Rukopis može biti i veoma koristan polazni ili uvodni koncept u realizaciji odgovarajućih programa na svim nivoima obrazovnog sistema u Bosni i Hercegovini.

Suglasno izloženim činjenicama, mišljenjima i ocjenama, sa zadovoljstvom, predlažem da se priloženi rukopis publicira u cjelini.”

Sarajevo, 14.12.2018. godine

Prof. dr Kasim Bajrović, s.r.

1

POGLAVLJE

GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI

– *Uvodna razmatranja*

Stoljeće koje smo ostavili za nama donijelo je sa sobom mnoge inovacije koje su suštinski promijenile život ljudi. U odnosu na prethodna razdoblja, bilo je to stoljeće s najvećim promjenama i, svakako, stoljeće vrlo dramatično ekspanzivnog razvoja znanosti na mnogim poljima. Sada kada stojimo na vratima novog milenija, s pravom se pitamo što nam on donosi. Teško je iz sadašnje perspektive sagledati kako će ono što je nagoviješteno u drugoj polovici prošloga stoljeća obilježiti prvo stoljeće novog milenija. Naime, još tada je utvrđeno da je to **biotehnologija**, znanost čija je osnova molekularna genetika i njezine metode genetičkog inženjerstva, a čiji rezultati vode ka stvaranju i korištenju kontrolirano i ciljno **genetski modificiranih organizama (GMO)**.

Genetski modificirani organizmi i tehnologija kojom oni nastaju već su postali ili će sve više postajati dio našeg života, zbog čega je njihovo poznavanje veoma važno ne samo znanstvenicima nego i najširim skupinama proizvođača, potrošača i stanovništva općenito. Kako bi javnost zauzela pravilan stav i formirala mišljenje o GMO-u i tehnologiji kojom se oni proizvode, kao i svim potencijalima i prednostima, ali i mogućim rizicima i negativnim posljedicama ove tehnologije, te sa zakonskim propisima kojima je u BiH uređena ova problematika, a koji su potpuno usuglašeni s aktualnim zakonodavstvom iz ovoga područja u EU, potrebno je imati pravovremenu, lako razumljivu i objektivnu informaciju, što je ujedno i osnovni cilj ove monografije.

1.1. Što su to GMO-i?

Genetski modificirani organizami su organizmi koji sadrže jedan ili više gena koji se u njih umjetno unose u laboratorijima metodama genetičkog inženjerstva, pri čemu se geni uzimaju od druge, nesrodne ili čak posve udaljene vrste. Uneseni gen poznat

je pod nazivom *transgen*, zbog čega se ovakvi organizmi zovu još i *transgeni organizmi*.

Gen je dio molekule dezoksiribonukleinske kiseline (DNK) koji ima određenu funkciju, tj. odgovoran je za stvaranje specifične bjelančevine. Znači, gen je osnovna jedinica kromozomske strukture, fiziološke funkcije i promjenjivosti. *Genotip* je genska konstitucija, tj. nasljedni materijal u određenoj stanici i/ili organizmu koji uvjetuje fizički izgled, odnosno *fenotip* danog organizma.

Pod genetski modificiranim organizmima podrazumijevaju se oni organizmi kojima je genom izmijenjen na način koji se nikada ne bi dogodio klasičnim razmnožavanjem ili prirodnom rekombinacijom postojećih gena unutar vrste, odnosno na način koji se nikada ne bi dogodio u prirodi. Genske konstrukcije kojima je izmijenjen genom domaćina najčešće potječu od udaljenih ili posve nesrodnih vrsta, čime se poništavaju sve prirodne granice u prirodnom genskom tijeku izmjena nasljednih informacija. Dakle, GMO-i u svojem genetskom materijalu nose stabilno inkorporirane strane DNK sekvence, gene, koje su prisutne u nukleusu (ili u organelama) stanica transgene individue i koje se prenose na potomstvo prema općim zakonima nasljeđivanja.

Izvori gena koji se inkorporiraju u DNK domaćina nalaze se u biljnom svijetu, kao i u svijetu mikroorganizama, kukaca i životinja, uključujući i ljude, a s obzirom na grupu kojoj pripadaju danas možemo govoriti o genetski modificiranim mikroorganizmima, biljkama ili životinjama (Kajba i Ballian, 2007; Ballian i Kajba, 2011; Trkulja *i sur.*, 2014a).

1.2. Od kada postoje GMO-i?

Genetski modificirani organizmi prvi put su dobiveni sedamdesetih godina XX. stoljeća. Prvu primjenu imali su u proizvodnji humanog inzulina, zamijenivši tako nedovoljnu proizvodnju goveđeg inzulina. Međutim, iako je time spriječena velika „farmakoterapijska“ kriza, genetski modificirani organizmi nisu izazvali pozornost šire javnosti jer su na jednostavan način ušli u medicinu, poljoprivredu i svakodnevnu uporabu. Genetski modificirani organizmi privukli su pozornost i izazvali

strah tek medicinskim korištenjem produkata krvi kontaminiranih virusima HIV-a i hepatitisa B, što je dovelo i do prvih žrtava. Nakon toga je nastala bojazan u vezi s pojavom epidemije „kravljeg ludila“. Iako GMO-i nisu bili povezani s ovim slučajevima, u javnosti je izazvan strah od GMO-a i genetskih manipulacija općenito. U svakom slučaju kontrola kvalitete, zdravstvena ispravnost i dostupnost hrane, kao i zdravlje ljudi, među najvećim su brigama današnjice, zbog čega javnost treba imati posebnu ulogu u donošenju odluka koje se tiču ove problematike (Ballian, 2005; Trkulja *i sur.*, 2014a).

1.3. Kako nastaju genetski modificirani organizmi?

Genetski modificirani organizmi (GMO) dobivaju se metodom poznatom kao *genetičko inženjerstvo* ili *tehnologija rekombinantne DNK*, koja predstavlja skup tehnika kojima se prenose funkcionalni geni u neki organizam u cilju proizvodnje organizama s novim svojstvima.

Genetičko inženjerstvo (tehnologija rekombinantne DNK ili moderna biotehnologija) uključuje cijeli niz tehnika kojima je moguće identificirati određeni gen u genomu neke vrste, izolirati ga, klonirati, odrediti mu precizan redoslijed nukleotida, promijeniti ga, te ugraditi u genom iste ili neke druge vrste (Jelenić, 2004a; Kajba i Ballian, 2007; Ballian i Kajba, 2011).

Tehnike koje se koriste za prenošenje strane DNK u organizam domaćina mogu biti klasificirane kao *izravne* (biolistik, elektroporacija, mikroinjektiranje, makroinjektiranje) i *neizravne* (pomoću *Agrobacterium tumefaciens*). Transgene biljke ili životinje obično nose stranu DNK sekvencu veličine nekoliko tisuća baznih parova, koja sadrži 2-4 funkcionalna gena s određenim regulatornim sekvencama. Cijeli ovaj „DNK-umetak“ čini svega milijuniti dio čitavog genoma modificirane stanice neke biljke ili životinje (Kajba i Ballian, 2007; Ballian i Kajba, 2011).

Tehnike genetičkog inženjerstva našle su široku primjenu u znanstvenim istraživanjima u gotovo svim područjima biologije, kao i primjenu u humanoj i veterinarskoj medicini, šumarstvu, poljoprivredi, farmaceutskoj i prehrambenoj industriji, zaštiti okoliša od onečišćenja i drugim područjima

ljudske djelatnosti. Biološka istraživanja temeljena na ovoj tehnici uglavnom se odnose na upoznavanje strukture i funkcije gena te njihove praktične primijene u korist čovjeka. Tako genetski modificirani organizmi, u koje su ugrađeni određeni geni, proizvode čovječje bjelančevine potrebne za liječenje i preveniranje različitih bolesti, kao što su npr. inzulin (za liječenje šećerne bolesti), interferon (protiv virusnih oboljenja), faktori koagulacije (za liječenje hemofilije), različita cjepiva, antitijela i dr.

Genetičko inženjerstvo podrazumijeva korištenje suvremenih i visoko sofisticiranih metoda za uvođenje novih svojstava mikroorganizmima, biljkama i životinjama. Za razliku od drugih metoda genetskih poboljšanja, primjena ove tehnologije striktno je propisana, zbog čega genetski modificirani organizmi ili hrana koja je dobivena kao proizvod iz GMO ili koja sadrži GMO mogu biti stavljeni na tržište isključivo nakon što su autorizirani na osnovi detaljne procedure. Ova procedura temeljena je na znanstvenom pristupu procjene rizika koji oni predstavljaju za zdravlje ljudi, okoliš i biološku raznolikost (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

1.4. Koje su prednosti i rizici uzgoja GM biljaka?

Pitanja etičke i tehničke prirode koja stižu s tehnologijom GMO-a, a može se reći i industrijom, mnogobrojna su. Genetika je tako od znanosti kojom se ekskluzivno bavila relativno malobrojna znanstvena zajednica postala tema za raspravu različitih društvenih skupina: kompetentnih, nekompetentnih, profesionalaca, amatera, zaljubljenika, senzacionalista, umjerenih, gorljivih, opreznih, radoznalaca. Podjela mišljenja je neminovna i ona je u ljudskoj prirodi, ali je malo tema koje su u zadnje vrijeme tako snažno podijelile svjetsku javnost na one koji podržavaju i one koji su ogorčeni protivnici GMO-a. I dok jedni očekuju da će ova tehnologija unijeti brojne pozitivne promjene u naš život te znatno podići i unaprijediti kvalitetu života otvarajući neslućene perspektive, drugi izražavaju otvoreni strah pred mogućim posljedicama prebacivanja gena iz organizma u organizam probijanjem svih prirodnih prepreka (Ballian, 2009).

Prema prvima, riječ je o revolucionarnom koraku za dobrobit čovječanstva, jer oni vide GM hranu kao argument s velikim potencijalom i od velike važnosti u borbi protiv nedovoljne količine hrane i gladi za stalno narastajući broj ljudi u svijetu. Pritom u prvi plan ističu činjenice da daljnje povećanje proizvodnje hrane mora doći iz povećanih prinosa na ograničenim zemljišnim površinama, pošto su genetski potencijali za prinos najvažnijih uzgajanih biljaka već skoro dosegnuti u konvencionalnim programima selekcije. Također, najplodnije poljoprivredno zemljište na Zemlji stalno se smanjuje uslijed urbanizacije, industrijalizacije i izgradnje infrastrukture za razvoj prijevoza, dok krčenje i ekspanzija poljoprivrede na nova zemljišta uzrokuje ozbiljne štete na ionako krhkim ekosustavima. Tako oni naglašavaju da smo već sredinom 90-tih godina XX. stoljeća, kao izravan rezultat napretka u genetičkom inženjerstvu, dobili prvu generaciju novih genetski modificiranih biljaka tolerantnih na određene totalne herbicide te otpornih na pojedine štetnike i viruse, kao i s poboljšanim prinosom. Danas se ubrzano radi na daljnjem istraživanju i postupnom uvođenju tzv. druge i treće generacije genetski modificiranih biljaka s poboljšanom nutricionističkom kvalitetom i novim tehnološkim i drugim svojstvima, kao što su tolerantnost na sušu, salinitet i nisku plodnost zemljišta te otpornost na stres, kao i odgođeno zrenje plodova voćaka. Sve to skupa otvara nove prilaze i mogućnosti svladavanja brojnih dobro znanih ograničenja tropske poljoprivrede, a sve u cilju proizvodnje većih količina hrane.

Također, zagovornici GM tehnologije naglašavaju da molekularna biologija i njezine beskrajne mogućnosti u rekombinaciji gena, tih najsavršenijih oblika tvari koji su mogli biti stvoreni u prirodi, pružaju današnjem čovjeku neograničene mogućnosti u tvorenju novih, pogodnijih organizama, te novih sorti i hibrida gajenih biljaka, kao i novih sojeva korisnih mikroorganizama. Genetski modificirani organizmi pružaju i neograničene mogućnosti u popravljanju bioloških i proizvodnih mogućnosti brojnih vrsta biljaka za dobrobit čovjeka. Neslućene mogućnosti što ih ova tehnologija pruža u proizvodnji hrane, prehrambenoj tehnologiji, humanoj medicini, veterini i zaštiti bilja, kao i u području bioenergije, otvaraju mogućnosti pronalaznja djelotvornijih rješenja za najvažnije probleme suvremenog čovječanstva (Ostojić, 1995). Osim toga, intenzivno se

istražuju mogućnosti tvorenja novih transgenih biljaka koje bi davale hranu obogaćenu novim hranjivim sastojcima, pa čak i hranu koja bi istodobno bila i lijek.

Kad je riječ o protivnicima genetski modificirane hrane, kao i onima koji nisu u potpunosti protiv takve ideje, ali zagovaraju vrlo oprezno postupanje, argumenti se odnose na utjecaj ovakve hrane na ljudsko zdravlje, što nije dovoljno ispitano niti je dokazano da je tako nešto nesumnjivo bezopasno. Također, spominju se i mogući negativni utjecaji na prirodno okružje i promjene ekosustava, ali i razne „moralne“ dvojbe. Iako zagovornici genetski modificirane hrane tvrde da nema opasnosti po zdravlje, iz suprotnog tabora upozoravaju na to da je prošlo premalo vremena od početka uzgoja i korištenja genetski modificiranih vrsta te da je otvoreno pitanje kakvi će biti rezultati na duže staze. Na takva pitanja ne može se odgovoriti ni potvrdno ni odrično, jer treba proći dulje vrijeme, pa čak i nekoliko generacija.

Utjecaj na prirodno okružje i ekosustave nešto je bolje istražen, pri čemu je već sada moguće reći da on može biti negativan jer se mogu ugroziti pojedine prirodne vrste, bilo zbog njihove veće smrtnosti ili zbog njihovog prirodnog (spontanog) križanja s genetski modificiranim vrstama. Tako je prema istraživanjima u SAD-u i Velikoj Britaniji utvrđen porast smrtnosti pojedinih kukaca u blizini polja na kojima se ugajaju genetski modificirane biljke, premda su objavljeni i radovi u kojima se to niječe.

Razne „moralne“ dvojbe koje iznose protivnici GMO-a u prvom redu su povezani s opasnošću od *poigravanja granicama što ih je priroda ili božanska ruka postavila*, te odnosom bogatih i siromašnih zemalja i ulogom koju multinacionalne korporacije mogu odigrati u produbljivanju ionako već postojećeg predubokog jaza. Iako pristalice genetičkog inženjerstva tvrde da su nove vrste, koje osiguravaju veće prinose ili daju više mesa, rješenje za problem gladi i siromaštva, malo je onih koji potpuno vjeruju u to. Osim toga, protivnici GMO-a ovu tehnologiju smatraju potencijalnom i posve realnom opasnošću koja prijeti ljudskom okolišu, a može i stvoriti monstruozne organizme. Oni smatraju GM hranu nedovoljno usavršenom i ispitanom glede utjecaja na čovjekovo zdravlje i okoliš, ističući opasnost od poigravanja

granicama što ih je priroda ili božanska ruka postavila (Dimitrijević i Petrović, 2004.). Tako su, prema njihovom mišljenju, GMO novi proizvodi koji oslobođeni u prirodi mogu ugroziti ekosustave, možda čak i nenamjerno. Također ističu kako bi potrošači diljem svijeta trebali imati više prava da sami procijene koristi od prihvatanja GMO hrane u odnosu na moguće rizike (Annerberg, 2003.). Također navode da nekolicina trenutačno dostupnih na tržištu transgenih biljaka ne predstavlja očiglednu korist za potrošače već za proizvođače, zbog čega se potrošači pitaju zašto bi oni trebali prihvatiti rizik, dok proizvođači i/ili multinacionalne kompanije koje se bave opskrbom žanju dobit.

Osim toga, mnoge nevladine udruge posebnu pozornost posvećuju i pravnim i etičkim aspektima „patentiranja živog“ tj. patenata na genetski modificirane organizme (Egziabher, 2001). Tako prema Tarasjevu i sur. (2006) mada, u principu, postoji suglasnost oko toga da se može patentirati tehnologija, patentiranje samih organizama izaziva oštre reakcije. Tu se prije svega ukazuje da nije riječ o pronalascima već u najboljem slučaju otkrićima, te da su kako organizmi koji se koriste kao recipijenti, tako i geni koji se ugrađuju, produkt evolucije i već postojeći a ne novostvoreni, te da njihovo potomstvo nastaje normalnom reprodukcijom i sl. Isti autori navode da situacije u kojima bi farmeri bili tuženi zbog toga što se na njihovim njivama našao patentirani genetski modificirani organizam, pri čemu je on tu mogao dospjeti i protiv njihove volje, u svakom slučaju osim pravnog zaslužuju i etičko razmatranje.

Zbog svega toga nam se čini da u današnje vrijeme, kada znanstvenici iz zemalja diljem svijeta utiru nove putove i načine čitanja, razmjene i postupanja tim, prije svega, fundamentalnim alfabetom života - *genetskim kodom*, bitnim tragom naše egzistencije i svijeta u kojem živimo, te kada smo svjedoci uzbudljivim i naizgled neograničenim mogućnostima znanosti, moramo više no ikad sudjelovati u raspravi o **etici** takvih dramatičnih promjena (Ballian, 2009).

Pored svih dvojbi, ostaje činjenica da je čovjek kumulirao znanje i ovladao još jednom tehnikom koja mu pomaže prodrijeti u mikrokozmos gena i genetske informacije. Činjenica je i da mu dosegnuta razina znanja omogućuje potiranje, ili pomjeranje

prirodnih zakona i postavljenih granica u horizontalnom prijenosu gena, odnosno razmjeni genetskih informacija između vrsta. Kao i svako dramatično novoosvojeno znanstveno i tehnološko područje, biotehnologija ima svojih dobrih strana, ali i potencijalno zastrašujućih i nesagledivih negativnih posljedica. Stoga je od ogromnoga značaja ovu tehnologiju što **sveobuhvatnije i kvalitetnije kontrolirati** (Trkulja i sur., 2005., 2006., 20017.).

2

POGLAVLJE

GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI – *Aktualno stanje*

2.1. Kakvo je trenutno stanje s uzgojem i registracijom sorti i hibrida GM biljaka u svijetu?

Prvi genetski modificirani organizam koji je u SAD-u 18. svibnja 1994. godine službeno odobrila FDA (*Food and Drug Administration*) za komercijalizaciju bio je *Flavr Savr* – hibrid rajčice koji je proizvela kompanija *Calgene* iz Kalifornije (slika 1.), a u njega su uneseni strani geni kako bi imao mogućnost duljeg čuvanja nakon berbe.



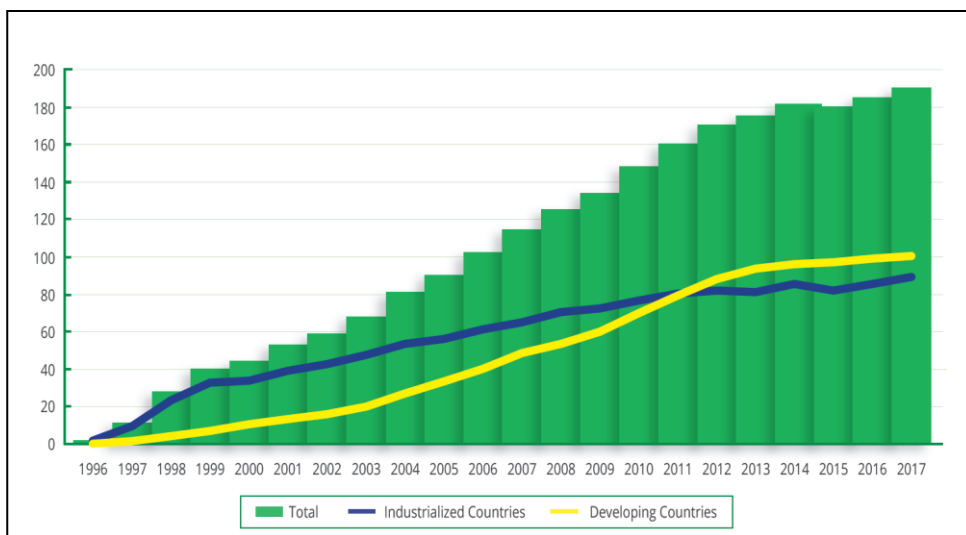
Slika1. Prvi GMO – hibrid rajčice „*Flavr Savr*“ kompanije *Calgene* koji je komercijaliziran u SAD-u 1994. godine (foto: G. Bognanni)

U zadnjih 22 godine, od 1996. do 2017., farmeri su neprekidno svake godine povećavali uzgoj GM usjeva, otkako su GM usjevi prvi puta komercijalizirani 1996. (grafikon 1.). Tako je ukupna površina pod GM biljkama u svijetu porasla za 112 puta u prve 22 godine nakon početne komercijalizacije 1996. (1,7

milijuna hektara), što GM usjeve čini najbrže usvojenom tehnologijom usjeva u povijesti.

Tijekom 2017. godine 17 milijuna farmera u 24 zemlje svijeta (tablica 1.) posijali su **189,8 milijuna ha** GM usjeva, što je porast od 4,7 milijuna ha ili 3 % u odnosu na prethodnu, 2016. godinu kada su GM biljke uzgajane na 185,1 milijuna ha.

Prema Cliveu (2013.), bitno je istaknuti da je više od polovice ukupnoga broja stanovnika, koji iznosi više od 7 milijardi (60 % ili preko 4 milijarde ljudi), živjelo u 27 zemalja u kojima su u 2013. godini uzgajane GM biljke, te da je više od pola, od ukupno 1,5 milijarde ha, zemljišnih površina pod usjevima u svijetu bilo u 27 zemalja u kojima su u 2013. godine odobrene i uzgajane GM biljke. Isto tako je važan podatak da 189,8 milijuna ha pod GM biljkama na kojima su one uzgajane u 2017. godini čini 12,6 % od 1,5 milijarde ha ukupnih zemljišnih površina pod usjevima u svijetu.



Grafikon 1. *Pregled površina u svijetu na kojima su uzgajane GM biljke od 1996. do 2017. godine kao i pregled ukupnih površina pod GM biljkama u industrijski razvijenim i zemljama u razvoju u milijunima hektara (ISAAA, 2017.a)*



Grafikon 2. Pregled zemalja u kojima su uzgajane GM biljke u 2017. godini (ISAAA, 2017.b)

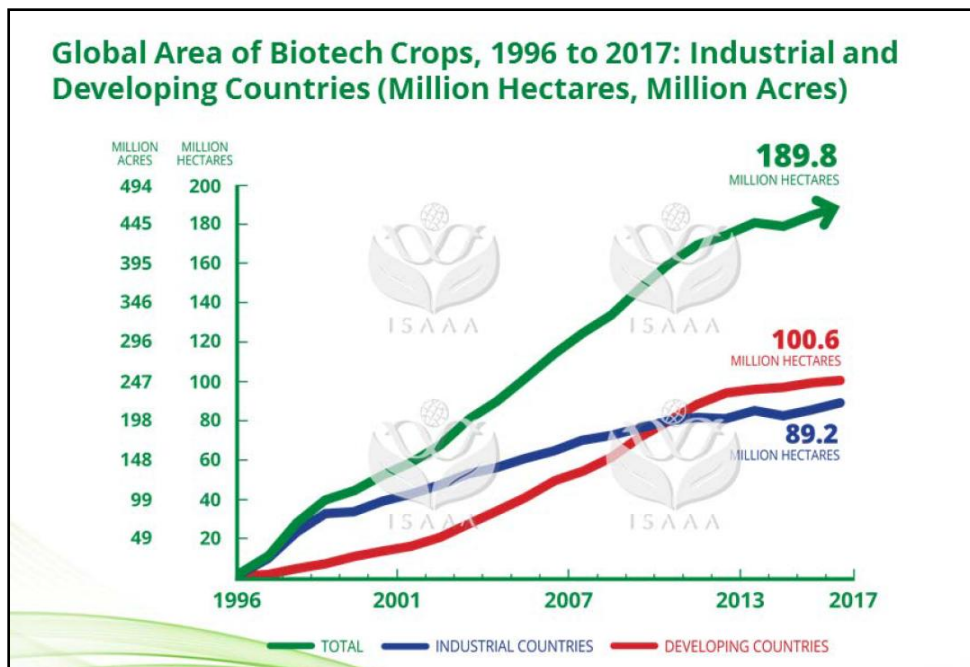
U 2017. godini bilo je 24 zemlje u kojima su uzgajane GM biljke, od kojih su 19 zemalja u razvoju i 5 razvijenih industrijskih zemalja (grafikon 2). Prema broju zasijanih hektara pod GM biljkama, to su: SAD, Brazil, Argentina, Kanada, Indija, Paragvaj, Pakistan, Kina, Južnoafrička Republika, Bolivija, Urugvaj, Australija, Filipini, Mijanmar, Sudan, Španjolska, Meksiko, Kolumbija, Vijetnam, Honduras, Čile, Portugal, Bangladeš i Kostarika, među kojima su dvije države članice EU (Španjolska i Portugal) u kojima je uzgajan GM kukuruz (tablica 1.).

Tablica 1. *Površine i vrste GM biljaka zasijane u 2017. godini u pojedinim zemljama svijeta (ISAAA, 2017.b)*

Red. broj	Zemlja	Površina (u mil. ha)	GM biljke
1.*	SAD	75,0	kukuruz, soja, pamuk, uljana repica, šećerna repa, lucerna, papaja, tikvica, krumpir, jabuka
2.*	Brazil	50,2	soja, kukuruz, pamuk
3.*	Argentina	23,6	soja, kukuruz, pamuk
4.*	Kanada	13,1	uljana repica, kukuruz, soja, šećerna repa, lucerna, krumpir
5.*	Indija	11,4	pamuk
6.*	Paragvaj	3,0	soja, kukuruz, pamuk
7.*	Pakistan	3,0	pamuk
8.*	Kina	2,8	pamuk, papaja
9.*	Južnofrička Rep.	2,7	kukuruz, soja, pamuk
10.*	Bolivija	1,3	soja
11.*	Urugvaj	1,1	soja, kukuruz
12.*	Australija	0,9	uljana repica, pamuk
13.*	Filipini	0,6	kukuruz
14.*	Mijanmar	0,3	pamuk
15.*	Sudan	0,2	pamuk
16.*	Španjolska	0,1	kukuruz
17.*	Meksiko	0,1	pamuk
18.*	Kolumbija	0,1	kukuruz, pamuk
19.	Vijetnam	<0,1	kukuruz
20.	Honduras	<0,1	kukuruz
21.	Čile	<0,1	kukuruz, uljana repica, soja
22.	Portugal	<0,1	kukuruz
23.	Bangladeš	<0,1	patlidžan
24.	Kostarika	<0,1	pamuk, ananas

*18 zemalja u kojima se uzgajaju GM usjevi na >50.000 ha

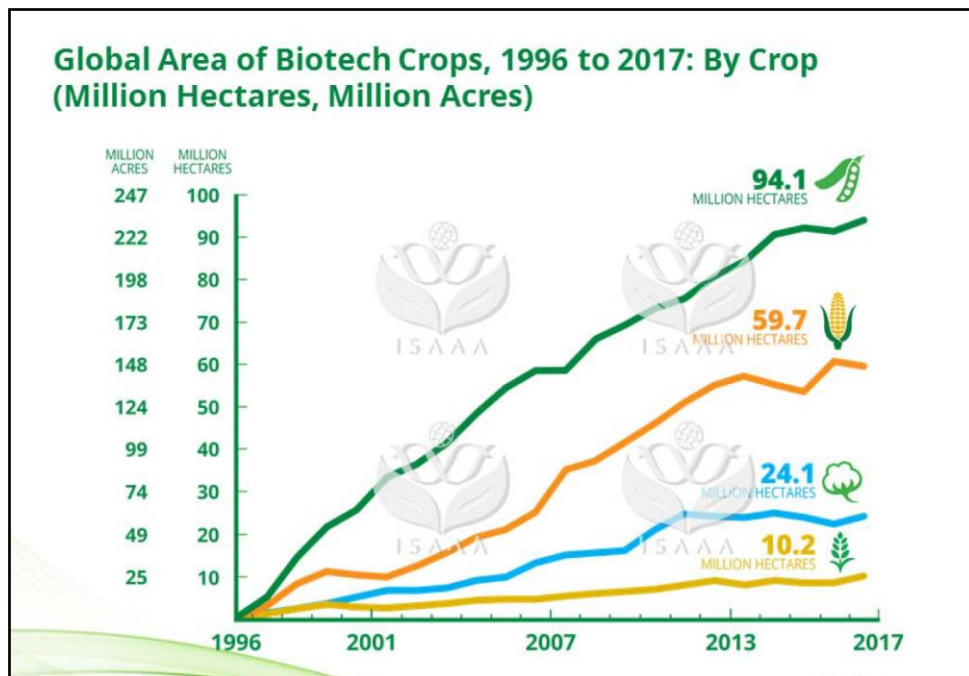
U 2017. godini SAD, Brazil, Argentina, Kanada, Indija i Paragvaj bile su šest vodećih zemalja u svijetu u kojima su uzgajani GM usjevi. Sjedinjene Američke Države zadržale su svoje vodeće mjesto sa 75 milijuna ha (39,5 % ukupnih površina pod GM usjevima u svijetu), iza kojih slijede Brazil s 50,2 milijuna ha, Argentina s 23,6 milijuna ha, Kanada s 13,1 milijuna ha, Indija s 11,4 milijuna ha i Paragvaj s 3 milijuna ha (tablica 1.).



Grafikon 3. Površine (u milijunima ha) pod GM biljkama u razvijenim i nerazvijenim zemljama u svijetu u razdoblju 1996.-2017. godine (ISAAA, 2017.a)

Po šesti puta zaredom su u 2017. godini zemlje u razvoju uzgajale više GM biljaka (53 %) od industrijski razvijenih zemalja, u kojima je bilo zasijano 47 % ukupnih površina pod GM usjevima (grafikon 3.). To je u suprotnosti s predviđanjima kritičara koji su prije komercijalizacije GM biljaka 1996. godine smatrali biotehnoške usjeve prihvatljivima samo za industrijski razvijene zemlje te da ih nikada neće prihvatiti ni usvojiti zemlje u razvoju.

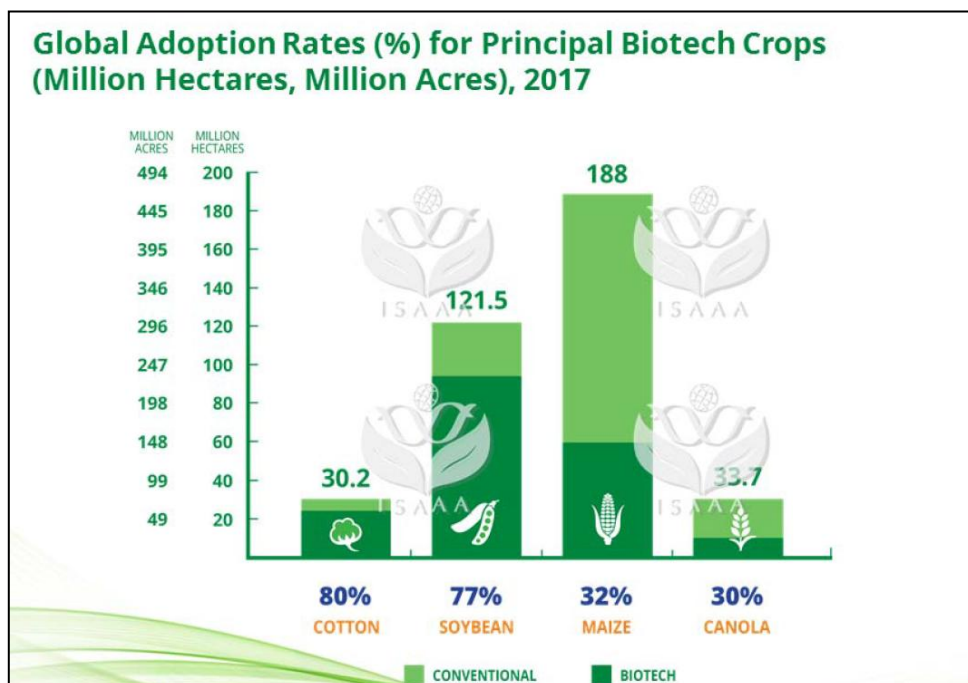
Najveći porast površina pod GM usjevima u svijetu u 2017. godini zabilježen je u SAD-u, i to za 2,1 milijun ha, odnosno za 3 % u odnosu na 2016. godinu kada je ono iznosilo 72,9 milijuna hektara.



Grafikon 4. Površine (u milijunima ha) pod najvažnijim GM biljkama u svijetu u razdoblju 1996.-2017. godina (ISAAA, 2017.)

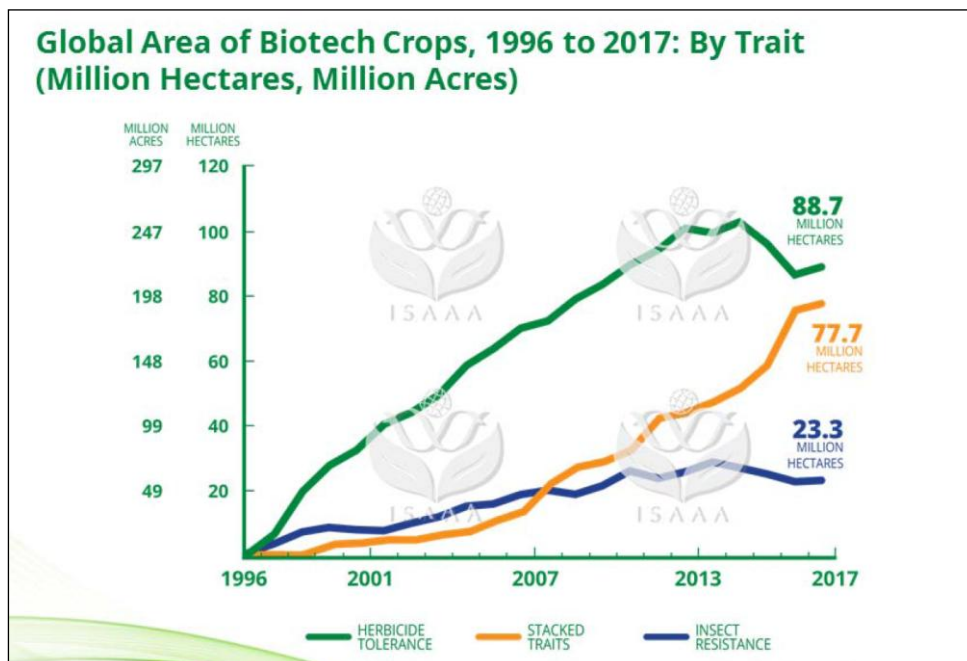
Genetski modificirana soja je i u 2017. godini bila najviše uzgajana GM biljka u svijetu, i to na 94,1 milijuna ha (49,6 % od ukupnih površina pod GM usjevima), zatim kukuruz (59,7 milijuna ha odnosno 31,5 % ukupnih površina), pamuk (24,1 milijuna ha ili 12,7 %) i uljana repica (10,2 milijuna ha ili 5,4 % ukupne površine pod GM biljkama) (grafikon 4.).

Osim toga, na grafikonu 5. vidljivo je da je u 2017. godini 77 % ukupno proizvedene soje u svijetu zapravo GM soja (94,1 milijuna ha od ukupno 121,5 milijuna ha na kojima se uzgaja soja u svijetu). Također, na istom je grafikonu vidljivo da 80 % ukupno proizvedenog pamuka u svijetu otpada na GM pamuk (24,1 milijuna ha od ukupno 30,2 milijuna ha), te 32 % ukupno proizvedenog kukuruza u svijetu (59,7 milijuna ha GM kukuruza od ukupno 188 milijuna ha), kao i 30 % ukupno proizvedene uljane repice, odnosno 10,2 milijuna ha GM uljane repice od ukupno 33,7 milijuna ha (ISAAA, 2017.a).



Grafikon 5. Površine (u milijunima ha) i postotak pod najvažnijim GM biljkama u svijetu u 2017. godini (ISAAA, 2017.a)

Također, u 2017. godini *tolerantnost na totalne herbicide* primijenjena na GM soji, kukuruzu, uljanoj repici, pamuku i lucerni i dalje je najdominantnije svojstvo GM biljaka uzgajanih na oko 88,7 milijuna hektara (grafikon 6.) ili 47 % površina pod transgenim usjevima. Međutim, u 2017. godini GM biljke s tzv. *grupama svojstava*, tj. s dvije ili tri nova svojstva zajedno u istoj sorti ili hibridu (engl. *Stacked traits*) uzgajane su na većim površinama, odnosno na 77,7 milijuna hektara ili 41 % ukupnih površina pod biotehnoškim usjevima, u odnosu na GM biljke koje su imale *Bt rezistentnost na kukce* uzgajane na 23,3 milijuna hektara ili 12 % ukupnih površina pod transgenim usjevima. Osim toga, GM biljke *rezistentne na viruse* kao i s nekim drugim svojstvima u svijetu uzgajane su na površini manjoj od 1 milijun hektara ili <1 % ukupnih površina pod GM usjevima (ISAAA, 2017.a).



Grafikon 6. Pregled površina (u milijunima ha) zasijanih GM biljkama prema svojstvima u razdoblju 1996.-2017. godine (ISAAA, 2017.a)

Dok su 24 zemlje uzgajale GM biljke u 2017. godini, još 43 su izdale odobrenja za uvoz različitih sorti i hibrida GM biljaka namijenjenih za hranu i hranu za životinje, što ukupno iznosi 67 zemalja koje su izdale regulatorna odobrenja za uvoz GM biljaka i njihovo korištenje za hranu i hranu za životinje ili za njihovo namjerno uvođenje u okoliš, odnosno za njihov uzgoj od 1994. godine. Činjenica je da u tih 67 zemalja koje su odobrile uvoz GM biljaka namijenjenih za hranu i hranu za životinje ili njihov uzgoj živi više od 75 % svjetskog stanovništva (ISAAA, 2017.a).

Prema izvješću ISAAA (2017.a), do prosinca 2017. godine u tih je 67 zemalja ukupno izdano 4.133 odobrenja za ukupno 476 GM sorti i hibrida (engl. *GM event*) u slučaju 29 različitih uzgajanih biljaka, od toga su 1.995 odobrenja za korištenje različitih sorti i hibrida GM biljaka za hranu, 1.338 odobrenja za njihovo korištenje kao hranu za životinje i 800 odobrenja za uzgoj.

Od ovih 29 biljaka, u svijetu se najviše uzgajaju četiri biljne vrste, i to: soja (*Glycine max* (L.) Merr.), kukuruz (*Zea mays* L.), pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) i uljana repica (*Brassica napus* L.). Osim njih, u različitim zemljama u svijetu izdana su odobrenja i za različite sorte i hibride drugih biljnih vrsta kao što su: pšenica (*Triticum aestivum* L.), riža (*Oryza sativa* L.), krumpir (*Solanum tuberosum* L.), rajčica (*Lycopersicon esculentum* Mill.), paprika (*Capsicum annuum* L.), dinja (*Cucumis melo* L.), tikvica (*Cucurbita pepo* L.), grah (*Phaseolus vulgaris* L.), leća (*Lens culinaris* Medikus), cikorija (*Cichorium intybus* L.), duhan (*Nicotiana tabacum* L.), suncokret (*Helianthus annuus* L.), šećerna repa (*Beta vulgaris* L.), ogrštica (*Brassica rapa* L.), bijela rosulja (*Agrostis stolonifera* L.), karanfil (*Dianthus caryophyllus* L.), petunija (*Petunia x hybrida*), ruža (*Rosa x hybrida*), šljiva (*Prunus domestica* L.), papaja (*Carica papaya* L.), topola (*Populus* sp.), jabuka (*Malus domestica* Borkh.) i ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr.).

U tablici 2. prikazan je dopunjeni popis, prema (Trkulji i sur., 2014.b), biljnih vrsta za koje postoje genetski modificirane sorte ili hibridi, a koje su prošle postupak odobravanja u nekoj od zemalja u svijetu.

Tablica 2. Popis biljnih vrsta (s latinskim nazivom i nazivom na pet svjetskih jezika) za koje postoje genetski modificirane sorte ili hibridi koje su u nekoj od zemalja u svijetu prošle postupak odobravanja

Biljna vrsta (latinski naziv)	Engleski	Ruski	Španjolski	Njemački	Talijanski
Soja (<i>Glycine max</i>)	soybean	soя	haba de soja	sojabohne	di semi di soia
Kukuruz (<i>Zea mays</i>)	maize	кукуруза	maíz	mais	mais
Uljana repica (<i>Brassica napus</i>)	argentine canola	аргентинс кое рапса	Argentina Canola	argentine canola	Argentina Canola
Ogrštica (<i>Brassica rapa</i>)	polish canola	польский рапса	Pulir Canola	polnisch canola	Polacco di canola
Riža (<i>Oryza sativa</i>)	rice	рис	arroz	reis	riso
Krumpir (<i>Solanum tuberosum</i>)	potato	картофель	patata	kartoffel	patata
Pšenica (<i>Triticum aestivum</i>)	wheat	пшеница	trigo	weizen	grano

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

Rajčica (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	tomato	помидор	tomate	tomate	pomodoro
Dinja (<i>Cucumis melo</i>)	melon	дыня	melón	melone	melone
Tikvica (<i>Cucurbita pepo</i>)	squash	сквош	calabacín	squash	squash
Suncokret (<i>Helianthus annuus</i>)	sunflower	подсолнечник	girasol	sonnenblume	girasole
Šećerna repa (<i>Beta vulgaris</i>)	sugar beet	сахарная свекла	remolacha	zucker-rübe	barbabetola da zucchero
Lucerna (<i>Medicago sativa</i>)	alfalfa	люцерна	alfalfa	alfalfa	erba medica
Duhan (<i>Nicotiana tabacum</i>)	tobacco	табак	tabaco	tabak	tabacco
Lan (<i>Linum usitatissimum</i>)	flax	Лен, льняное	Lino, linaza	flachs, leinsamen	Di lino, semi di lino
Cikorija (<i>Cichorium intybus</i>)	chicory	цикорий	achicoria	chicoree	cicoria
Leća (<i>Lens culinaris</i>)	lentil	чечевица	lenteja	linse	lenticchia
Памук (<i>Gossypium hirsutum</i>)	cotton	хлопок	algodón	baumwolle	cotone
Bijela rosulja (<i>Agrostis stolonifera</i>)	creeping bentgrass	Ползучая полевица	bentgrass	creeping bentgrass	agrostide
Karanfil (<i>Dianthus caryophyllus</i>)	carnation	гвоздика	clavel	nelke	garofano
Šljiva (<i>Prunus domestica</i>)	plum	сливовый	ciruela	pflaume	prugna
Papaja (<i>Carica papaya</i>)	papaya	папайя	papaya	papaya	Papaia
Paprika (<i>Capsicum annum</i>)	pepper	перец	pimienta	pfeffer	pepe
Grah (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	beans	фасоль	haba	bohne	fagiolo
Petunija (<i>Petunia x hybrida</i>)	petunia	петуния	petunia	petunie	petunia
Ruža (<i>Rosa hybrida</i>)	rose	роза	rosa	rose	rosa
Топола (<i>Populus sp.</i>)	poplar	тополь	álamo	pappel	pioppo
Jabuka (<i>Malus domestica</i>)	apple	яблоко	manzana	apfel	mela
Ananas (<i>Ananas comosus</i>)	pinapple	ананас	piña	ananas	ananas

Većina GM biljaka koje se danas uzgajaju pripadaju tzv. "prvoj generaciji GM biljaka" koja su genetski izmijenjene s ciljem da se farmerima olakša njihov uzgoj, pri čemu dominiraju sorte i hibridi GM biljaka koje su tolerantne prema određenim totalnim herbicidima, te koje su otporne prema različitim štetnim organizmima (insektima i fitopatogenim gljivama, bakterijama i virusima uzročnicima bolesti biljaka).

Pri uzgoju ovakvih biljaka često se primjenjuju manje količine pesticida nego pri uzgoju konvencionalnih sorti i hibrida različitih gajenih biljaka, što je često toksikološki i ekološki povoljnije, odnosno koristi se manje pesticida koji su često povoljnijih ekotoksikoloških svojstava (npr. glifosat) u odnosu na neke konvencionalne herbicide koji se npr. koriste u zaštiti soje od korova.

U zaštiti biljaka od kukaca koriste se različiti sojevi zemljišne bakterije *Bacillus thuringiensis* (ili skraćeno *Bt*), koja se karakteriše prisustvom specifičnih kristala bjelančevina tzv. „**Cry-bjelančevina**“ (Cry-proteins). Različiti sojevi ove bakterije sadrže različite kombinacije „Cry-bjelančevina“, kao što su: Cry1Ab, Cry2A, Cry3Bb, Cry 9C, i dr., koji se odlikuju toksičnim djelovanjem na različite vrste štetnih kukaca. Zbog toga su ove bjelančevine još poznate i pod nazivom „**Bt-toksini**“ (“*Bt*-toxins”). Ove bjelančevine uzrokuju probavne smetnje i smrt pojedinih vrsta štetnih kukaca (kukuruzni plamenac, kukuruzna zlatica, krumpirova zlatica, i dr.) koje se hrane ovakvom GM biljkom, te na taj način i pojedju navedenu bjelančevinu, dok za ljude i životinje ova bjelančevina uopće nije opasna (Sanvido *i sur.*, 2006).

U ekološkoj poljoprivredi bakterija *Bacillus thuringiensis* koristi se kao biološki insekticid za suzbijanje štetnih vrsta kukaca. Znanstvenici su gen za sintezu pojedinih „Cry-bjelančevina“ prenijeli iz različitih sojeva ove bakterije u kukuruz, soju, pamuk, krumpir i još neke gajene biljke, nakon čega takve genetski izmijenjene biljke same proizvode dotičnu bjelančevinu. Štetni kukci i njihove larve koji se hrane na korijenu, listovima, stabljici ili sjemenkama ovakvih biljaka ugibaju. Poljoprivrednici su zadovoljni jer ne moraju kupovati insekticide niti dolaziti sa njima u dodir pri uzgoju ovakvih GM biljaka, a i potrošači su zadovoljni jer se ne moraju brinuti o

prisustvu ostataka sintetičkih insekticida u hrani. Osim toga, na *Bt* biljkama neće uginuti kukci koji se ne hrane „*Bt*-toksinom“, zbog čega je utvrđeno da se na poljima na kojima se uzgajaju GM usjevi nalazi veći broj različitih kukaca nego na poljima s tradicionalnim usjevima gdje se koriste pesticidi za suzbijanje štetnih kukaca (Trkulja i sur., 2014a).

2.2. Kakvo je trenutno stanje s uzgojem i registracijom sorti i hibrida GM biljaka u Europskoj uniji?

Dvije zemlje EU (Španjolska i Portugal) nastavile su uzgajati biotehnoške usjeve u 2017. godini. Ukupno zasijane površine u ove dvije zemlje iznosile su 131,535 hektara u 2017. godini, što je smanjenje od 4 % u odnosu na 136,363 hektara u 2016. godini (ISAAA, 2017.a).

Češka Republika i Slovačka nisu uzgajale biotehnoške usjeve u 2017. godini zbog strogih uvjeta izvješćivanja o uzgoju biotehnoških usjeva, kao i zbog preferencija proizvođača ka sirovinama koje nisu GMO.

U EU je do prosinca 2018. godine izdano ukupno 111 odobrenja za korištenje genetskih modifikacija kod pet biljnih vrsta (pamuk, kukuruz, uljana repica, soja i šećerna repa), od toga su svih 111 odobrenja za prehranu ljudi i domaćih životinja i samo jedno odobrenje (hibrid kukuruza MON810) za uzgoj.

U EU-u je do prosinca 2018. godine odobreno **19 sorti GM** soje za prehranu ili kao sastojak u hrani za ljude i životinje. Od toga, 17 sorti ima osobinu otpornosti na totalne herbicide, samu ili u kombinaciji s drugim svojstvima, jedna sorta soje ima ugrađen *cry1Ac* gen koji joj daje svojstvo otpornosti na određene kukce iz reda *Lepidoptera*, a jedna ima izmijenjen nutricionistički sastav zahvaljujući ugrađenom Pj.D6D genu, što rezultira konverzijom linolne u α -linoleinsku kiselinu, i Nc.Fad3 gen koji rezultira konverzijom α -linoleinske u stearidonsku kiselinu. Od ukupno 17 sorti GM soje otpornih na herbicide, 12 ima ugrađene gene za otpornost na jedan ili više herbicida, dok jedna ima kombinaciju *cry1Ac* gena zaslužnu za otpornost na kukce i *cp4epsps* gen koji joj daje otpornost na herbicid glifosat, dok preostale četiri sorte soje imaju kombinaciju otpornosti na

herbicide i izmijenjen nutricionistički sastav (Trkulja i Mihić-Salapura, 2018.).

Europska unija je do prosinca 2018. godine izdala je odobrenja za **74 hibrida GM kukuruza** za korištenje za prehranu ljudi i životinja, dok samo jedan hibrid kukuruza MON810 kojem je ugrađen gen *cry1A(b)*, koji mu daje otpornost na određene kukce iz reda *Lepidoptera* ima odobrenje za uzgoj. Od 74 odobrena hibrida GM kukuruza šest hibrida ima ugrađene gene koji im daju otpornost isključivo na herbicide, i to *mepsps* gen koji daje otpornost na herbicid glifosat, *pat* gen koji daje otpornost na herbicid glufosinat- amonij, *aad-1* gen umetnut za davanje tolerantnosti na herbicide 2,4-diklorofenoksi-octenu kiselinu (2,4-D) i ariloksifenoksi-propionat (AOPP). Tri hibrida imaju otpornost samo na kukce, a prvom od njih ugrađeni su geni *cry1A.105* i *cry2Ab2* koji mu daju zaštitu od određenih kukaca iz reda *Lepidoptera*, kod drugog hibrid ugrađen je modificirani gen *cry3A* koji ga štiti od kukaca iz reda *Coleoptera*, te je uz njega ugrađen *pmi* gen koji služi kao selektivni marker, dok je u trećeg od njih ugrađen *vip3Aa20* gen koji daje otpornost na određene kukce iz reda *Lepidoptera*. Najčešće svojstvo kod genetski modificiranih hibrida kukuruza je kombinirana otpornost na kukce i herbicide na bazi glifosata ili glufosinat-amonija, koju ima 63 hibrida (Trkulja i Mihić-Salapura, 2018.). Isti autori navode da jedan hibrid ima ugrađen *cp4pppB* gen, koji je umetnut radi redukcije gubitaka prinosa prouzrokovanih sušom, te uz njega *nptII* gen koji mu služi kao selekcijski marker.

Također Europska unija je do prosinca 2018. godine odobrila i **12 sorti pamuka** u prehrani ljudi i životinja, kao i za dobivanje različitih proizvoda od pamuka koji uz prehrambenu imaju drugu namjenu, izuzev uzgoja. Jedna sorta pamuka ima otpornost na herbicide i uz to ugrađen selekcijski marker, dvije sorte imaju otpornost na određene kukce iz reda *Lepidoptera* i ugrađene selekcijske markere, jedna sorta ima kombinaciju otpornosti na određene kukce iz reda *Lepidoptera* zahvaljujući ugrađenom *cry1Ac* genu, kao i na herbicid glifosat zahvaljujući *cp4epsps* genu, tri sorte pamuka imaju samo otpornost na herbicide (jedan ima ugrađen *pat* gen koji mu daje otpornost na herbicid glufosinat-amonij, jedan je otporan isključivo na herbicide na bazi glifosata zbog ugrađenog *2mepsps* gena, dok

jedan ima *cp4 epsps* gen koji mu daje otpornost na herbicide (na bazi glifosata), tri sorte pamuka imaju kombinaciju otpornosti na herbicide i određene kukce iz reda *Lepidoptera*, jedna sorta ima kombinaciju otpornosti na dva herbicida, dok jedna sorta ima tri svojstva u kombinaciji i to otpornost na herbicide glufosinat-amonij i glifosat, kao i otpornost na kukce (Trkulja i Mihić-Salapura, 2018.).

Isto tako, Europska unija je do prosinca 2018. godine izdala odobrenje i za pet sorti GM uljane repice, od kojih dvije imaju otpornost na herbicid glifosat, jedna na glufosinat-amonij, jedna ima kombinaciju otpornosti na glufosinat-amonij i *barnase* i *barstar* gene koji vode k nedostatku vijabilnog polena i muške sterilnosti, a jedan ima kombinaciju četiri gena od kojih dva za otpornost na herbicide i dva koji vode k nedostatku vijabilnog polena i muške sterilnosti.

Do prosinca 2018. godine Europska unija je izdala odobrenje i za **jednu sortu GM šećerne repe** koja ima osobinu otpornosti na herbicide koji sadrže glifosat za korištenje u sastojcima hrane za ljude i životinje, kao i hranu za životinje proizvedenu od nje.

Registar odobrenih sorti i hibrida GM biljaka, s rokovima važenja odobrenja izdanih na području Europske unije dan je u tablici 3. (European Commission, 2018.).

Tablica 3. *EU registar odobrenih sorti i hibrida GM biljaka s rokovima važenja odobrenja*

Genetski modificiran pamuk			
Biljka (GM hibrid/sorta) Jedinstveni ID [Kompanija]	Insertovani gen/ svojstvo	Odobrena uporaba	Datum isteka odobrenja
Pamuk (MON1445) MON-Ø1445-2 [Monsanto]	Genetski modificiran pamuk koji sadrži: <i>cp4 epsps</i> gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata <i>nptII</i> i <i>aadA</i> geni	Hrana proizvedena od MON-Ø1445-2 pamuka	26/04/2025
		Hrana za životinje proizvedena od MON-Ø1445-2 pamuka	26/04/2025

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

	insertovani kao selekcioni markeri		
<p>Pamuk (MON15985) MON-15985-7 [Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>cry1A i cry2Ab2 gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>uidA gen insertovan kao selekcioni marker</p> <p>nptII i aadA geni insertovani kao selekcioni markeri</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MON-15985-7 pamuka	26/04/2025
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se od, ili se proizvodi od MON-15985-7 pamuka	26/04/2025
		Proizvodi koji nisu hrana i hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od MON-15985-7 pamuka za istu namjenu kao i bilo koji drugi pamuk sa izuzetkom uzgoja	26/04/2025
<p>Pamuk (MON531) MON-00531-6 [Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>cry1Ac insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>nptII i aadA geni insertovani kao selekcioni markeri</p>	Hrana proizvedena od MON-00531-6 pamuka	26/04/2025
		Hrana za životinje proizvedena od MON-00531-6 pamuka	26/04/2025
<p>Pamuk (MON531 x MON1445) MON-00531-6 x MON-01445-2 [Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>cry1Ac gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>nptII i aadA geni</p>	Hrana proizvedena od MON-00531-6 x MON-01445-2 pamuka	26/04/2025
		Hrana za životinje proizvedena od MON-00531-6 x MON-01445-2 pamuka	26/04/2025

	insertovani kao selekциони markeri		
<p>Pamuk (LLCotton25)</p> <p>ACS-GH001-3</p> <p>[Bayer]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od ACS-GH001-3 pamuka (uključujući i aditive)</p>	<p>Obnova odobrenja u toku</p>
		<p>Hrana za životinje i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od ACS-GH001-3 pamuka (krmiva i aditivi)</p>	
		<p>Drugi proizvodi osim za hranu za ljude i hranu za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od ACS-GH001-3 pamuka za istu namjenu kao i bilo koji drugi pamuk sa izuzetkom uzgoja</p>	
<p>Pamuk (GHB614)</p> <p>BCS-GH002-5</p> <p>[Bayer]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>2mepsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili se proizvode od BCS-GH002-5 pamuka (uključujući i aditive u hrani)</p>	<p>16/06/2021</p>
		<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili se proizvodi od BCS-GH002-5 pamuka (uključujući i materijale i aditive za hranu za životinje)</p>	
		<p>Drugi proizvodi osim za hranu za ljude i hranu za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od BCS-GH002-5</p>	

		pamuka za istu namjenu kao i bilo koji drugi pamuk sa izuzetkom uzgoja	
<p>Pamuk (281-24-236x3006-210-23)</p> <p>DAS-24236-5xDAS-21Ø23-5</p> <p>[Dow AgroSciences]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>cry1Ac i cry1F gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili se proizvode od DAS-24236-5xDAS-21Ø23-5 pamuka (uključujući i aditive u hrani)	21/12/2021
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili se proizvodi od DAS-24236-5xDAS-21Ø23-5 pamuka (uključujući i materijale i aditive za hranu za životinje)	
		Drugi proizvodi osim za hranu za ljude i hranu za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od DAS-24236-5xDAS-21Ø23-5 pamuka za istu namjenu kao i bilo koji drugi pamuk sa izuzetkom uzgoja	
<p>Pamuk (T304-40)</p> <p>BCS-GHØØ4-7</p> <p>[Bayer]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p> <p>cry1Ab gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili se proizvode od BCS-GHØØ4-7 pamuk	26/04/2025
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili se proizvodi od od BCS-GHØØ4-7 pamuk	26/04/2025
		Drugi proizvodi osim za hranu i hranu za životinje koji	26/04/2025

		sadrže ili su sastavljeni od BCS-GH004-7 pamuka za istu namjenu kao i bilo koji drugi pamuk sa izuzetkom uzgoja	
<p>Pamuk (MON 88913)</p> <p>MON-88913-8</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili se proizvode od MON-88913-8 pamuk	26/04/2025
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili se proizvodi od MON-88913-8 pamuk	26/04/2025
		Drugi proizvodi osim za hranu i hranu za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od MON-88913-8 pamuka za istu namjenu kao i bilo koji drugi pamuk sa izuzetkom uzgoja	26/04/2025
<p>Pamuk (GHB614xLLPamuk25)</p> <p>BCS-GH002-5xACS-GH001-3</p> <p>[Bayer]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili se proizvode od BCS-GH002-5xACS-GH001-3 pamuk	26/04/2025
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se, ili se proizvodi od BCS-GH002-5xACS-GH001-3 pamuk	26/04/2025
		Drugi proizvodi osim za hranu i hranu za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od BCS-GH002-5xACS-GH001-	26/04/2025

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

		3 pamuka za istu namjenu kao i bilo koji drugi pamuk sa izuzetkom uzgoja	
<p>Pamuk (281-24-236x3006-210-23xMON88913) DAS-24236-5xMAS-21023-5xMON-88913-8 [Dow AgroSciences]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>cry1F i cry1Ac gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili se proizvode od DAS-24236-5xMAS-21023-5xMON-88913-8 pamuk	03/07/2027
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se, ili se proizvodi od DAS-24236-5xMAS-21023-5xMON-88913-8 pamuk	03/07/2027
		DAS-24236-5 x MAS-21023-5 x MON-88913-8 pamuk u proizvodima koji ih sadrže ili se sastoje od njega za bilo koji drugi proizvod osim onih iz (1) i (2), sa izuzetkom uzgoja	03/07/2027
<p>Pamuk (GHB119) BCS-GH005-8 [Bayer CropScience]</p>	<p>Genetski modificiran pamuk koji sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p> <p>cry2Ae gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili se proizvode od BCS-GH005-8 pamuk	03/07/2027
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se, ili se proizvodi od BCS-GH005-8 pamuk (krmiva i aditive)	03/07/2027
		Drugi proizvodi osim za hranu i hranu za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od BCS-GH005-8 pamuka za istu	03/07/2027

		namjenu kao i bilo koji drugi pamuk sa izuzetkom uzgoja	
Genetski modificiran kukuruz			
Biljka (GM hibrid/sorta) Jedinstveni ID [Kompanija]	Insertovani gen/ svojtvo	Odobrena uporaba	Datum isteka odobrenja
Kukuruz (Bt11) SYN-BT 011-1 [Syngenta]	Genetski modificiran kukuruz koji sadrži: cry1A(b) gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na kukce iz reda <i>Lepidoptera</i> pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od SYN-BT011-1xMON-00021-9 kukuruza	Obnova odobrenja u toku
		Hrana za životinje i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od SYN-BT011-1xMON-00021-9 kukuruza	
		Drugi proizvodi osim hrane za ljude i životinje koji sadrže ili su sastavljeni od SYN-BT011-1xMON-00021-9	
Kukuruz (DAS59122) DAS-59122-7 [Pioneer and Dow AgroSciences]	Genetski modificiran kukuruz koji sadrži: cry34Ab1 i cry35Ab1 gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Coleoptera</i> pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od DAS59122-7 kukuruza	05/08/2028
		Hrana za životinje i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su	

		<p>proizvedeni od DAS59122-7 kukuruza</p>	
<p>Kukuruz (DAS1507xNK603) DAS-01507-1xMON-00603-6 [Pioneer and Dow AgroSciences]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry1F gen insertovan da bi se postigla zaštita od određenih kukaca iz reda <i>Lepidoptera</i> kao što je kukuruzni plamenac (<i>Ostrinia nubilalis</i>) i vrste koje pripadaju rodu <i>Sesamia</i></p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p> <p>cp4 epsps insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Drugi proizvodi osim hrane za ljude i životinje koji sadrže ili su sastavljeni od DAS59122-7 kukuruza za istu namjenu kao i bilo koji drugi kukuruz sa izuzetkom uzgoja</p> <p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od DAS-01507-1xMON-00603-6 kukuruza (uključujući prehrambene aditive)</p> <p>Hrana za životinje i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od DAS-01507-1xMON-00603-6 kukuruza (krmiva i aditivi za hranu)</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane za ljude i životinje koji sadrže ili su sastavljeni od DAS-01507-1xMON-00603-6 kukuruza za</p>	<p>Obnova je u toku</p>

		istu namjenu kao i bilo koji drugi kukuruz sa izuzetkom uzgoja	
<p>Kukuruz (DAS1507)</p> <p>DAS-Ø1507-1</p> <p>[Pioneer and Dow AgroSciences]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry1F insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od 1507 kukuruza</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od 1507 kukuruza</p> <p>Drugi proizvodi koji sadrže ili su sastavljeni od 1507 kukuruza sa izuzetkom uzgoja</p>	20/12/2027
<p>Kukuruz (GA21)</p> <p>MON-ØØØ21-9</p> <p>[Syngenta]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>mepsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MON-ØØØ21-9 kukuruza (uključujući i aditive)</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-ØØØ21-9 kukuruza (krmiva i aditivi)</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane za ljude i životinje koji sadrže ili su sastavljeni od MON-ØØØ21-9 kukuruza za</p>	05/08/2028

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

		istu namjenu kao i bilo koji drugi kukuruz sa izuzetkom uzgoja	
<p>Kukuruz (MON810)</p> <p>MON-00810-6</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry1A(b) gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p>	Hrana i sastojci hrane proizvedeni od MON810 (uključujući i aditive)	03/07/2027
		Polen proizveden od kukuruza MON810	05/11/2023
		Hrana za životinje koja se sastoji od MON810 kukuruza	03/07/2027
		Hrana za životinje proizvedena od MON810 kukuruza	03/07/2027
		Sjeme za uzgoj	Obnova odobrenja u toku
<p>Kukuruz (NK603)</p> <p>MON-00603-6</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	Hrana koja sadrži, sastoji se od ili je proizvedena od MON-00603-6 kukuruza	26/04/2025
		Hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od MON-00603-6 kukuruza	26/04/2025
		Drugi proizvodi koji sadrže ili su sastavljeni od MON-00603-6 za istu namjenu kao i bilo koji kukuruz sa izuzetkom uzgoja	26/04/2025
<p>Kukuruz (NK603 x MON810)</p> <p>MON-00603-6 x MON-00810-6</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su	Obnova je u toku

<p>[Monsanto]</p>	<p>insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>cry1A(b) gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i> (<i>Ostrinia nubilalis</i>, <i>Sesamia</i> spp.)</p>	<p>proizvedeni od MON-00603-6xMON-00810-6 kukuruza (uključujući i aditive)</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-00603-6xMON-00810-6 kukuruza (krmiva i aditive)</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane za ljude i životinje koji sadrže ili su sastavljeni od MON-00603-6xMON-00810-6 kukuruza za istu namjenu kao i bilo koji drugi kukuruz sa izuzetkom uzgoja</p>	
<p>Kukuruz (T25)</p> <p>ACS-ZM003-2</p> <p>[Bayer]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od ACS-ZM003-2 kukuruza</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od ACS-ZM003-2 kukuruza</p> <p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji</p>	<p>26/04/2025</p> <p>26/04/2025</p> <p>26/04/2025</p>

		sadrže ili se sastoje od kukuruza ACS-ZM003-2 za iste namene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za kultivaciju	
<p>Kukuruz (MON88017)</p> <p>MON-88017-3</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry3Bb1 gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Coleoptera</i></p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MON-88017-3 kukuruza (uključujući i aditive)	<p>Obnova odobrenja je u toku</p>
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-88017-3 kukuruza (krmiva i aditivi)	
		Drugi proizvodi osim hrane za ljude i životinje koji sadrže ili su sastavljeni od MON-88017-3 kukuruza za istu namjenu kao i bilo koji drugi kukuruz sa izuzetkom uzgoja	
<p>Kukuruz (MON89034)</p> <p>MON-89034-3</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry1A.105 i cry2Ab2 gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MON-89034-3 kukuruza (uključujući i aditive)	<p>Obnova odobrenja je u toku</p>
		Hrana za	

		<p>životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-89Ø34-3 kukuruza (krmiva i aditivi)</p>	
	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry3A gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Coleoptera</i></p> <p>pmi gen insertovan kao selekcionni marker</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od SYN-IR6Ø4-5 kukuruza (uključujući i aditive)</p>	<p>29/11/2019</p>
<p>Kukuruz (MIR604)</p> <p>SYN-IR6Ø4-5</p> <p>[Syngenta]</p>		<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od SYN-IR6Ø4-5 kukuruza (krmiva i aditive)</p>	
		<p>Drugi proizvodi osim hrane za ljude i životinje koji sadrže ili su sastavljeni od SYN-IR6Ø4-5 kukuruza za istu namjenu kao i bilo koji drugi kukuruz sa</p>	

<p style="text-align: center;">Kukuruz (MON88017xMON810)</p> <p style="text-align: center;">MON-88017-3xMON-00810-6</p> <p style="text-align: center;">[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry1Ab gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>cry3Bb1 insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Coleoptera</i></p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>izuzetkom uzgoja</p> <p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MON-88017-3xMON-00810-6 kukuruza</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-88017-3xMON-00810-6 kukuruza</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane za ljude i životinje koji sadrže ili su sastavljeni od MON-88017-3xMON-00810-6 kukuruza</p>	<p style="text-align: center;">27/07/2020</p>
<p style="text-align: center;">Kukuruz (MON89034 x MON88017)</p> <p style="text-align: center;">MON-89034-3x MON-88017-3</p> <p style="text-align: center;">[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry1A.105 i cry2Ab2 gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>cry3Bb1 gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Coleoptera</i></p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili su proizvedeni od MON-89034-3x MON-88017-3 kukuruza (uključujući i aditive u hrani)</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se od ili je proizvedena od MON-89034-3x MON-88017-3 kukuruza (uključujući i dodatak hrani za</p>	<p style="text-align: center;">16/06/2021</p>

		životinje) Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od MON-89034-3x MON-88017-3 kukuruza za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz osim za uzgoj	
<p>Kukuruz (Bt11 × MIR162 × MIR604 × GA21)</p> <p>SYN-BT011-1 × SYN-IR162-4 × SYN-IR604-5 × MON-00021-9 i četiri povezana GM kukuruza koji kombiniraju tri različita pojedinačna GM umetka:</p> <p>(Bt11 × MIR162 × MIR604) SYN-BT011-1 × SYN-IR162-4 × SYN-IR604-5,</p> <p>(Bt11 × MIR162 × GA21) SYN-BT011-1 × SYN-IR162-4 × MON-00021-9,</p> <p>(Bt11 × MIR604 × GA21) SYN-BT011-1 × SYN-IR604-5 × MON-00021-9,</p> <p>(MIR162 × MIR604 × GA21) SYN-IR162-4 × SYN-IR604-5 × MON-00021-9 i šest povezanih GM kukuruza koji kombiniraju dva različita pojedinačna GM umetka:</p> <p>(Bt11 × MIR162) SYN-BT011-1 × SYN-IR162-4,</p> <p>(Bt11 × MIR604) SYN-BT011-1 × SYN-IR604-5,</p> <p>(Bt11 × GA21) SYN-BT011-1 × MON-00021-9,</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry1Ab i vip3Aa20 gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>cry3A gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Coleoptera</i></p> <p>mepsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>pmi gen insertovan kao selekциони marker</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili proizvode od GMO-a, specificirani u koloni jedan (uključujući prehrambene aditive)</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od GMO-a, specificirani u koloni jedan (uključujući materijale i aditive u hrani za životinje)</p> <p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od GMO-a, specificirani u koloni jedan, za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za uzgoj</p>	18/09/2026

<p>(MIR162 × MIR604) SYN-IR162-4 × SYN-IR604-5,</p> <p>(MIR162 × GA21) SYN-IR162-4 × MON-00021-9,</p> <p>(MIR604 × GA21) SYN-IR604-5 × MON-00021-9</p> <p>SYN-BT011-1 × SYN-IR162-4 × SYN-IR604-5 × MON-00021-9</p> <p>[Syngenta]</p>			
<p>Kukuruz (MIR162)</p> <p>SYN-IR162-4</p> <p>[Syngenta]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>vip3Aa20 gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili proizvode od SYN-IR162-4 kukuruza</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se od ili je proizvedena od SYN-IR162-4 kukuruza</p> <p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje of SYN-IR162-4 kukuruza</p>	<p>18/10/2022</p>
<p>Kukuruz (MON 89034×1507× MON88017×59122)</p> <p>MON-89034-3xDAS-01507- 1xMON-88017-3xDAS-59122-7 i četiri povezana GM kukuruza koji kombiniraju tri različita pojedinačna GM umetka:</p> <p>(MON89034×1507×MON88017) MON-89034-3xDAS-01507- 1xMON-88017-3,</p> <p>(MON89034×1507×59122) MON-89034-3xDAS-01507- 1xDAS-59122-7,</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>Cry1A.105, Cry2Ab2 i Cry1F gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i> kao što su kukuruzni plamenac (<i>Ostrinia nubilalis</i>) i vrste koje pripadaju rodu <i>Sesamia</i></p> <p>Cry3Bb1, Cry34Ab1 i Cry35Ab1 gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Coleoptera</i>, kao što je</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili proizvode od GMO-a, specificirani u koloni jedan (uključujući prehrambene aditive)</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od GMO-a, specificirani u koloni</p>	<p>05/11/2023</p>

<p>(MON89034×MON88017×59122) MON-89034-3xMON-88017-3xDAS-59122-7,</p> <p>(1507×MON88017×59122) DAS-01507-1xMON-88017-3xDAS-59122-7.</p> <p>i četiri povezana GM kukuruza koji kombiniraju dva različita pojedinačna GM umetka:</p> <p>(MON89034x1507) MON-89034-3xDAS-01507-1,</p> <p>(MON89034x59122) MON-89034-3xDAS-59122-7,</p> <p>(1507xMON88017) DAS-01507-1xMON-88017-3,</p> <p>(MON88017x59122) MON-88017-3xDAS-59122-7</p> <p>[Monsanto and Dow AgroSciences]</p> <p>MON-89034-3xDAS-01507-1xMON-88017-3xDAS-59122-7</p> <p>[]</p>	<p>larva kukuruzne zlatice (<i>Diabrotica</i> spp.)</p> <p>pat insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>jedan (uključujući materijale i aditive u hrani za životinje)</p> <p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od GMO-a, specificirani u koloni jedan, za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za uzgoj</p>	
<p>Kukuruz (MON89034×1507×NK603)</p> <p>MON-89034-3×DAS-01507-1×MON-00603-6</p> <p>[Monsanto and Dow AgroSciences]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>Cry1A.105, Cry2Ab2 i Cry1F gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i>, kao što su kukuruzni plamenac (<i>Ostrinia nubilalis</i>) i vrste koje pripadaju rodu <i>Sesamia</i></p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz glufosinat-amoniuma</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili su proizvedeni od MON-89034-3xDAS-01507-1×MON-00603-6 kukuruza (uključujući prehrambene aditive)</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, MON-89034-3xDAS-01507-1×MON-</p>	<p>05/11/2023</p>

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

	bazi glifosata	<p>00603-6 kukuruz (uključujući materijale i aditive u hrani za životinje)</p> <p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od MON-89034-3×DAS-01507-1×MON-00603-6 kukuruza za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za uzgoj</p>	
<p>Kukuruz (MON 87460)</p> <p>MON 87460-4</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cspB gen insertovan da smanji gubitak prinosa izazvanih stresom usljed suše</p> <p>nptII gen insertovan kao selekcionni marker</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili su proizvedeni od MON 87460-4 kukuruza</p>	26/04/2025
		<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON 87460-4 kukuruza</p>	26/04/2025
		<p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od MON 87460-4 kukuruza za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za uzgoj</p>	26/04/2025
<p>Kukuruz (NK603 × T25)</p> <p>MON-00603-6 × ACS-ZM003-</p>	Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili	03/12/2025

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">[Monsanto]</p>	<p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p>	<p>su proizvedeni od MON-00603-6 × ACS-ZM003-2 kukuruza</p>	
		<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-00603-6 × ACS-ZM003-2 kukuruza</p>	<p>03/12/2025</p>
		<p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od MON-00603-6 × ACS-ZM003-2 kukuruza za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za uzgoj</p>	<p>03/12/2025</p>
<p style="text-align: center;">Kukuruz MON 87427</p> <p style="text-align: center;">MON-87427-7</p> <p style="text-align: center;">[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>cp4 epsps ekspresija je odsutna ili ograničena u muškim reproduktivnim tkivima, što eliminiše ili smanjuje potrebu za detaljizacijom kada se MON-87427-7 koristi kao ženski roditelj u hibridnoj proizvodnji sjemena kukuruza.</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili su proizvedeni od MON-87427-7 kukuruza</p>	<p>03/12/2025</p>
		<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-87427-7 kukuruza</p>	<p>03/12/2025</p>
		<p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od MON-87427-7 kukuruza za iste namjene kao i bilo koji</p>	<p>03/12/2025</p>

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

		drugi kukuruz, osim za uzgoj	
<p>Kukuruz (1507 × 59122 × MON 810 × NK603)</p> <p>DAS-01507-1 × DAS-59122-7 × MON-00810-6 × MON-00603-6 i</p> <p>četiri povezana GM kukuruza koji kombiniraju tri različita pojedinačna GM umetka:</p> <p>(1507 × 59122 × MON 810) DAS-01507-1 × DAS-59122-7 × MON-00810-6,</p> <p>(59122 × 1507 × NK603) DAS-59122-7 × DAS-01507-1 × MON-00603-6,</p> <p>(1507 × MON 810 × NK603) DAS-01507-1 × MON-00810-6 × MON-00603-6,</p> <p>(59122 × MON 810 × NK603) DAS-59122-7 × MON-00810-6 × MON-00603-6 i</p> <p>četiri povezana GM kukuruza koji kombiniraju dva različita pojedinačna GM umetka:</p> <p>(1507 × 59122) DAS-01507-1 × DAS-59122-7,</p> <p>(1507 × MON 810) DAS-01507-1 × MON-00810-6,</p> <p>(59122 × MON 810) DAS-59122-7 × MON-00810-6,</p> <p>(59122 × NK603) DAS-59122-7 × MON-00603-6</p> <p>DAS-01507-1 × DAS-59122-7 × MON-00810-6 × MON-00603-6</p> <p>[Pioneer]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p> <p>cry1Ab i cry1F gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>Cry34Ab1 i Cry35Ab1 gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Coleoptera</i></p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili proizvode od GMO-a, specificirani u koloni jedan</p>	04/08/2028
		<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od GMO-a, specificirani u koloni jedan</p>	04/08/2028
		<p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od GMO-a, specificirani u koloni jedan, za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za uzgoj</p>	04/08/2028
<p>Kukuruz (DAS-40278-9)</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži:</p>	<p>Hrana i sastojci hrane</p>	03/07/2027

<p>DAS-40278-9 [Dow AgroSciences]</p>	<p>aad-1 gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi 2,4-D i AOPP (ariloksifenoksiipropionat)</p>	<p>koji sadrže, sastoje se ili su proizvedeni od DAS-40278-9 kukuruza (uključujući aditive)</p>	
		<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od DAS-40278-9 kukuruza (uključujući krmiva i aditive)</p>	03/07/2027
		<p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od DAS-40278-9 kukuruza za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za uzgoj</p>	03/07/2027
<p>Kukuruz (Bt11 × 59122 × MIR604 × 1507 × GA21) SYN-BT011-1 × DAS-59122-7 × SYN-IR604-5 × DAS-01507-1 × MON-00021-9 i pet povezanih GM kukuruza koji kombiniraju dva različita pojedinačna GM umetka: (Bt11 × MIR604 × 1507 × GA21) SYN-BT011-1 × SYN-IR604-5 × DAS-01507-1 × MON-00021-9, (Bt11 × 59122 × 1507 × GA21) SYN-BT011-1 × DAS-59122-7 × DAS-01507-1 × MON-00021-9, (Bt11 × 59122 × MIR604 × GA21) SYN-BT011-1 × DAS-59122-7 × SYN-IR604-5 × MON-00021-9,</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži: cry1Ab i cry1F gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i> cry3A, cry34Ab1 i cry35Ab1 gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Coleoptera</i> mepsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili proizvode od GMO-a, specificirani u koloni jedan (uključujući aditive)</p>	03/07/2027
		<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od GMO-a, specificirani u koloni jedan (uključujući materijale i aditive u hrani za životinje)</p>	03/07/2027
		<p>Proizvodi</p>	

<p>(Bt11 × 59122 × MIR604 × 1507) SYN-BT011-1 × DAS-59122-7 × SYN-IR604-5 × DAS-01507-1,</p> <p>(59122 × MIR604 × 1507 × GA21) DAS-59122-7 × SYN-IR604-5 × DAS-01507-1 × MON-00021-9 i devet povezanih GM kukuruza koji kombiniraju tri različita pojedinačna GM umetka:</p> <p>(Bt11 × 59122 × MIR604) SYN-BT011-1 × DAS-59122-7 × SYN-IR604-5,</p> <p>(Bt11 × 59122 × 1507) SYN-BT011-1 × DAS-59122-7 × DAS-01507-1,</p> <p>(Bt11 × 59122 × GA21) SYN-BT011-1 × DAS-59122-7 × MON-00021-9,</p> <p>(Bt11 × MIR604 × 1507) SYN-BT011-1 × SYN-IR604-5 × DAS-01507-1,</p> <p>(59122 × MIR604 × GA21) DAS-59122-7 × SYN-IR604-5 × MON-00021-9,</p> <p>(59122 × 1507 × GA21) DAS-59122-7 × DAS-01507-1 × MON-00021-9,</p> <p>(MIR604 × 1507 × GA21) SYN-IR604-5 × DAS-01507-1 × MON-00021-9 i šest povezanih GM kukuruza koji kombiniraju dva različita pojedinačna GM umetka:</p> <p>(Bt11 × 59122) SYN-BT011-1 × DAS-59122-7,</p> <p>(Bt11 × 1507) SYN-BT011-1 × DAS-01507-1,</p> <p>(59122 × MIR604)</p>	<p>amonijuma</p> <p>pmi gen insertovan kao selekциони marker</p>	<p>osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od GMO-a, specificirani u koloni jedan, za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za uzgoj</p>	
---	--	---	--

<p>DAS-59122-7 × SYN-IR604-5, (59122 × GA21) DAS-59122-7 × MON-00021-9, (MIR604 × 1507) SYN-IR604-5 × DAS-01507-1, (1507 × GA21) DAS-01507-1 × MON-00021-9 SYN-BT011-1 × DAS-59122-7 × SYN-IR604-5 × DAS-01507-1 × MON-00021-9 [Syngenta]</p>			
<p>Kukuruz (MON 87427 × MON 89034 × NK603) MON-87427-7 × MON-89034-3 × MON-00603-6 i tri povezana GM kukuruza koji kombiniraju dva različita pojedinačna GM umetka: (MON 87427 × NK603) MON-87427-7 × MON-00603-6, (MON 89034 × NK603) MON-89034-3 × MON-00603-6, (MON 87427 × MON 89034) MON-87427-7 × MON-89034-3 MON-87427-7 × MON-89034-3 × MON-00603-6 [Monsanto]</p>	<p>Genetski modificiran kukuruz koji sadrži: cry1a.105 i cry2ab2 gene insertovane da bi se postigla rezistentnost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i> cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili proizvode od GMO-a, specificirani u koloni jedan</p>	<p>04/08/2028</p>
<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od GMO-a, specificirani u koloni jedan</p>	<p>04/08/2028</p>	<p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od GMO-a, specificirani u koloni jedan, za iste namjene kao i bilo koji drugi kukuruz, osim za uzgoj</p>	<p>04/08/2028</p>
Genetski modificirana uljana repica			
<p>Biljka (GM hibrid/sorta) Jedinstveni ID [Kompanija]</p>	<p>Insertovani gen/ svojestvo</p>	<p>Odobrena uporaba</p>	<p>Datum isteka odobrenja</p>
<p>Uljana repica (GT73)</p>	<p>Genetski modificirana uljana repica koja sadrži:</p>	<p>Hrana i sastojci hrane</p>	<p>26/04/2025</p>

<p>MON-00073-7</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>cp4 epsps i goxv247 gene insertovane da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>proizvedeni od MON-00073-7 uljane repice sa izuzetkom izoliranih proteina sjemena</p>	
		<p>Hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od MON-00073-7 uljane repice</p>	<p>Obnova odobrenja u toku</p>
		<p>Hrana za životinje proizvedena od MON-00073-7 uljane repice</p>	<p>26/04/2025</p>
		<p>Drugi proizvodi koji sadrže ili su sastavljeni od MON-00073-7 uljane repice</p>	<p>Obnova odobrenja u toku</p>
<p>Ogrštica (švedska repica) (MS8, RF3, MS8xRF3)</p> <p>ACS-BN005-8, ACS-BN003-6, ACS-BN005-8 x ACS-BN003-6</p> <p>[Bayer]</p>	<p>Genetski modificirana švedska repica koja sadrži:</p> <p>bar (pat) gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat amonijuma</p> <p>barnase gen insertovan da dovede do nedostatka fertilnog polena i muške sterilnosti</p> <p>barstar gen insertovan da dovede do nedostatka fertilnog polena i muške sterilnosti</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili su proizvedeni od ACS-BN005-8, ACS-BN003-6, ACS-BN005-8 x ACS-BN003-6 uljane repice (uključujući aditive)</p>	<p>24/06/2023</p>
		<p>Hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od ACS-BN005-8, ACS-BN003-6, ACS-BN005-8 x ACS-BN003-6 uljane repice</p>	<p>Obnova odobrenja u toku</p>
		<p>Hrana za životinje proizvedena od ACS-</p>	<p>24/06/2023</p>

		BN005-8, ACS-BN003-6, ACS-BN005-8 x ACS-BN003-6 uljane repice	
		Drugi proizvodi koji sadrže ili su sastavljeni od ACS-BN005-8, ACS-BN003-6, ACS-BN005-8 x ACS-BN003-6 uljane repice sa izuzetkom uzgoja	Obnova odobrenja u toku
<p>Uljana repica (T45)</p> <p>ACS-BN008-2</p> <p>[Bayer]</p>	<p>Genetski modificirana uljana repica koja sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat amonijuma</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže ili su proizvedeni od ACS-BN008-2 uljane repice (uključujući i aditive za hranu)	Obnova odobrenja u toku
		Hrana za životinje koja sadrži ili je proizvedena od ACS-BN008-2 uljane repice (krmiva i aditivi)	
		Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje	
<p>Uljana repica (MON 88302)</p> <p>MON-88302-9</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificirana uljana repica koja sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili su proizvedeni od MON-88302-9 uljane repice	26/04/2025
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena	26/04/2025

		od MON-88302-9 uljane repice	
		Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od MON-88302-9 uljane repice za istu namjenu kao i ostala uljana repica sa izuzetkom kultivara	26/04/2025
<p>Uljana repica (MON88302 x Ms8 x Rf3, MON88302 x Ms8 i MON88302 x Rf3)</p> <p>MON-88302-9 x ACSBN005-8 x ACS-BN003-6; MON-88302-9 x ACSBN005-8; MON-88302-9 x ACS-BN003-6</p> <p>[Bayer CropScience and Monsanto Europe]</p>	<p>Genetski modificirana uljana repica koja sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>bar (pat) gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat amonijuma</p> <p>barnase gen insertovan da dovede do nedostatka fertilnog polena i muškog steriliteta</p> <p>barstar gen insertovan da dovede do nedostatka fertilnog polena i muškog steriliteta</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili su proizvedeni od MON88302 x Ms8 x Rf3, MON88302 x Ms8 and MON88302 x Rf3 uljane repice	20/12/2027
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON88302 x Ms8 x Rf3, MON88302 x Ms8 and MON88302 x Rf3 uljane repice	20/12/2027
		Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od MON88302 x Ms8 x Rf3, MON88302 x Ms8 and MON88302 x Rf3 sa izuzetkom kultivara	20/12/2027

Genetski modificirana soja			
Biljka (GM hibrid/sorta) Jedinstveni ID [Kompanija]	Insertovani gen/ svojstvo	Odobrena uporaba	Datum isteka odobrenja
<p>Soja (A2704-12)</p> <p>ACS-GM005-3</p> <p>[Bayer]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od ACS-GM005-3 soje (uključujući i aditive)</p>	<p>Obnova odobrenja je u toku</p>
		<p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od ACS-GM005-3 soje (krmiva i aditivi)</p>	
		<p>Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od ACS-GM005-3 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja</p>	
<p>Soja (MON89788)</p> <p>MON-89788-1</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MON-89788-1 soje (uključujući i aditive)</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-89788-1 soje (krmiva i</p>	<p>Obnova odobrenja je u toku</p>

		aditivi) Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od MON-89788-1 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja	
Soja (MON40-3-2) MON-Ø4Ø32-6 [Monsanto]	Genetski modificirana soja koja sadrži: cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata	Hrana koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON 40-3-2 soje (uključujući i aditive) Hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od MON40-3-2 soje Hrana za životinje proizvedena od MON40-3-2 soje (krmiva i aditivi) Drugi proizvodi koji sadrže ili su sastavljeni od MON 40-3-2 soje sa izuzetkom uzgoja	09/02/2022
Soja (MON87701) MON-877Ø1-2 [Monsanto]	Genetski modificirana soja koja sadrži: cry1Ac gen insertovan da bi se postigla otpornost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje ili proizvodi od MON-877Ø1-2 soje (uključujući i aditive) Hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od MON-877Ø1-2 soje	09/02/2022

		(krmiva i aditivi)	
		Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od MON-87701-2 soje za iste namjene kao i bilo koja druga soja, osim za uzgoj	
<p>Soja (356043)</p> <p>DP-356043-5</p> <p>[Pioneer]</p>	<p>gat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p> <p>gm-hra gen insertivan da bi se postigla tolerantnost na herbicide koji inhibiraju ALS</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili proizvedeni od DP-356043-5 soje (uključujući i aditive u hrani)	09/02/2022
		Hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od DP-356043-5 soje (krmiva i aditivi)	
		Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koja sadrži ili se sastoji od DP-356043-5 soje za iste namjene kao i bilo koja druga soja, osim za uzgoj	
<p>Soja (A5547-127)</p> <p>ACS-GM006-4</p> <p>[Bayer]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amoniuma</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili proizvode od ACS-GM006-4 soje (uključujući i aditive u hrani)	09/02/2022
		Hrana koja sadrži, sastoji se od ili proizvodi od	

		<p>ACS-GM006-4 soje (krmiva i dodataka hrani)</p> <p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od ACS-GM006-4 soje za iste namjene kao i bilo koja druga soja, osim za uzgoj</p>	
<p>Soja (MON87701 x MON89788)</p> <p>MON-87701-2 x MON-89788-1</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>cry1Ac gen insertovan da bi se postigla otpornost na određene kukce iz reda <i>Lepidoptera</i></p> <p>cp4 epsps insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se ili proizvode od MON-87701-2 x MON-89788-1 soje (uključujući i aditive u hrani)</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od MON-87701-2 x MON-89788-1 soje (krmiva i aditivi)</p> <p>Proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili se sastoje od MON-87701-2 x MON-89788-1 soje za iste namjene kao i bilo koja druga soja, osim za uzgoj</p>	<p>27/06/2022</p>
<p>Soja (MON 87705)</p> <p>MON-87705-6</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MON-</p>	<p>26/04/2025</p>

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

	<p>prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>fragmenti FAD2-1A i FATB1-A gena koji nastaju kao rezultat inhibicije ekspresije gena FAD2-1A i FATB1-A RNA interferencijom (RNAi), što dovodi do povećanog sadržaja oleinske kiseline i smanjenje sadržaja linolne kiseline</p>	<p>87705-6 soje</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-87705-6 soje</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od MON-87705-6 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja</p>	
<p>Soja (MON 87708)</p> <p>MON-87708-9</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>dmo gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi dikambe</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MON-87708-9 soje</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-87708-9 soje</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od MON-87708-9 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja</p>	<p>26/04/2025</p>
<p>Soja (MON 87769)</p> <p>MON-87769-7</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>Pj.D6D gen koji rezultira konverzijom linolne kiseline u α-linolensku kiselinu</p>	<p>Hrana koja sadrži, sastoji se od ili su proizvedeni od MON-87769-7 soje</p> <p>Hrana za životinje koja</p>	<p>26/04/2025</p>

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

	<p>Nc.Fad3 gen koji rezultira konverzijom α-linolenske kiseline u stearidonsku kiselinu</p>	<p>sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-87769-7 soje</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od MON-87769-7 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja</p>	
<p>Soja (305423)</p> <p>DP-305423-1</p> <p>[Pioneer]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>fragment endogenog FAD2-1 gena koji je, kroz RNK interferenciju, utišao endogeni FAD2-1 gen, što dovodi do povećanog sadržaja oleinske kiseline i smanjenog sadržaja linolne kiseline</p> <p>Glycine max-hra gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima koji inhibiraju acetolaktat sintazu</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od DP-305423-1 soje</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od DP-305423-1 soje</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od DP-305423-1 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja</p>	<p>26/04/2025</p>
<p>Soja (BPS-CV127-9)</p> <p>BPS-CV127-9</p> <p>[BASF]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>acetohidroksiacid sintaze velike podjedinice <i>Arabidopsis thaliana</i> gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od BPS-CV127-9 soje</p> <p>Hrana za</p>	<p>26/04/2025</p>

Genetski modificirani organizmi – stanje i perspektive

	herbicidima na bazi imidazolinona	<p>životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od BPS-CV127-9 soje sa izuzetkom krmiva</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od BPS-CV127-9 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja</p>	
<p>Soja (FG 72) MST-FGØ72-2 [Bayer]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>HPPDPf336 gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi izoksaflutola</p> <p>2mepsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MST-FGØ72-2 soje</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od BPS-CV127-9 MST-FGØ72-2 soje</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od BPS-CV127-9 MST-FGØ72-2 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja</p>	25/07/2026
<p>Soja (MON 87705 × MON 89788) MON-877Ø5-6 × MON-89788-1</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su</p>	25/07/2026

<p>[MON-87705-6 × MON-89788-1]</p>	<p>insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>fragmenti FAD2-1A i FATB1-A gena koji rezultiraju inhibicijom ekspresije gena FAD2-1A i FATB1-A RNA interferencijom (RNAi), što dovodi do povećanog sadržaja oleinske kiseline i smanjenog sadržaja linolne kiseline</p>	<p>proizvedeni od MON-87705-6 × MON-89788-1 soje</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-87705-6 × MON-89788-1 soje</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od BPS- MON-87705-6 × MON-89788-1 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja</p>	
<p>Soja (MON 87708 × MON 89788)</p> <p>MON-87708-9 × MON-89788-1</p> <p>[Monsanto]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>dmo insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi dikambe</p> <p>cp4 epsps insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p>	<p>Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od MON-87708-9 × MON-89788-1 soje</p> <p>Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od MON-87708-9 × MON-89788-1 soje</p> <p>Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od BPS- MON-87708-9 × MON-89788-</p>	<p>25/07/2026</p>

		1 soja za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja	
<p>Soja (305423 × 40-3-2) DP-305423-1 × MON-04032-6 [Pioneer]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>glycine max-hra gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima koji inhibiraju acetolaktat sintazu</p> <p>fragment endogenog fad2-1 gena koji je rezultirao, putem RNK interferencije, u zaleđenju endogenog fad2-1 gena, što dovodi do povećanog sadržaja oleinske kiseline i smanjenog sadržaja linolne kiseline</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od DP-305423-1 × MON-04032-6 soje	20/12/2027
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od DP-305423-1 × MON-04032-6 soje	20/12/2027
		Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od BPS- DP-305423-1 × MON-04032-6 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja	20/12/2027
<p>Soja (FG72 × A5547-127) MST-FG072-2 × ACS-GM006-4 [Bayer]</p>	<p>Genetski modificirana soja koja sadrži:</p> <p>pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amonijuma</p> <p>2mepsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata</p> <p>hppdPf336 gen insertovan da bi se postigla tolerantnost</p>	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od FG72 × A5547-127 soje	20/12/2027
		Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od FG72 × A5547-127 soje	20/12/2027
		Drugi	20/12/2027

	prema herbicidima na bazi izoksaflutola	proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od FG72 × A5547-127 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja	
<p>Soja (DAS-44406-6)</p> <p>DAS-44406-6</p> <p>[Dow AgroSciences]</p>	Genetski modificirana soja koja sadrži:	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od DAS-44406-6 soje	20/12/2027
	2mepsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata	Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od DAS-44406-6 soje	20/12/2027
	aad-12 gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi 2,4-D i drugim srodnim fenoksi herbicidima	Drugi proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od DAS-44406-6 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja	20/12/2027
	pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amonijuma		
<p>Soja (DAS-68416-4)</p> <p>DAS-68416-4</p> <p>[Dow AgroSciences]</p>	Genetski modificirana soja koja sadrži:	Hrana i sastojci hrane koji sadrže, sastoje se od ili su proizvedeni od DAS-68416-4 soje	20/12/2027
	aad-12 gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi 2,4-D i drugim srodnim fenoksikličnim herbicidima	Hrana za životinje koja sadrži, sastoji se ili je proizvedena od DAS-68416-4 soje	20/12/2027
	pat gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glufosinat-amonijuma	Drugi	20/12/2027

		proizvodi osim hrane i hrane za životinje koji sadrže ili su sastavljeni od DAS-68416-4 soje za istu namjenu kao i bilo koja druga soja, sa izuzetkom uzgoja	
Genetski modificirana šećerna repa			
Biljka (GM hibrid/sorta) Jedinstveni ID [Kompanija]	Insertovani gen/ svojstvo	Odobrena uporaba	Datum isteka odobrenja
Šećerna repa (H7-1) KM-000H71-4 [KWS SAAT i Monsanto]	Genetski modificirana šećerna repa koja sadrži: cp4 epsps gen insertovan da bi se postigla tolerantnost prema herbicidima na bazi glifosata	Hrana i sastojci hrane proizvedeni od KM-000H71-4 šećerne repe	05/08/2028
		Hrana za životinje proizvedena od KM-000H71-4 šećerne repe	05/08/2028

2.3. Kakvo je aktualno stanje primjene genetičkog inženjerstva u šumarstvu?

Unatoč njihovoj neusporedivoj važnosti, kako ekološki tako i ekonomski, veoma se malo zna o molekularnim mehanizmima na kojima se temelji razvoj genetičkog inženjerstva i njihov utjecaj na rast i zdravstveno stanje šumskog drveća. Međutim, zadnjih deset godina došlo je do iznimnog napretka u rasvjetljavanju biokemijskih i genetskih mehanizama kojima se kontrolira rast i opstanak jednogodišnjih biljaka. Veliki dio ovog napretka postignut je primjenom onoga što danas nazivamo funkcionalnom genomikom. Funkcionalna genomika podrazumijeva analizu genetskog materijala (genoma) nekog organizma i složenih odnosa između njegovog sastava i funkcije. Ako se u tom slučaju razmatraju troškovi i koristi, uključujući i neželjene učinke, to će utjecati na krajnji odabir ciljane osobine. Posebno je to važno kada se uspoređuju usmjereni ciljevi na

određena svojstva te njihov odnos prema modificiranim svojstvima, kao i pojedini alternativni pristupi (npr. konvencionalnom oplemenjivanju, uzgoju ili plantažni uzgoj drveća) (Kajba i Ballian, 2007; Ballian, 2008, 2009).

Općenito, postoje tri glavna cilja za uzgoj i poboljšanje genetski modificiranih šumskih biljaka, koji podrazumijevaju: 1) poboljšanu otpornost prema biotičkim faktorima, odnosno prema kukcima, uzročnicima bolesti i korovima (herbicidima); 2) prema raznim abiotičkim stresovima i 3) radi dobivanja poboljšanih karakteristika drveta, što će biti elaborirano u nastavku teksta (Ballian, 2009; Ballian i Kajba, 2011).

1) Poboljšana otpornost na razne biotičke čimbenike. Štete na dendroflori i perenskom bilju uzrokovane domaćim i introduciranim patogenima i štetnicima veoma često imaju globalan značaj. Zbog tih stalnih biotičkih stresova biljke pate, a to znatno utječe na rast i razvoj odnosno produktivnost šuma, s bitnim ekonomskim posljedicama. Primjerice, u Kini 1989. godine je zabilježeno veliko oštećivanje hibridnih topola od zajedničkog napada dva kukca defolijatora, i to gubara (*Lymantria dispar*) i topolovog tuljca (*Apochemia cineraria*). Taj zajednički napad rezultirao je znatnim proizvodnim gubitkom prirasta koji se kretao oko 40 % (Hu i sur., 2001.). Slično tomu, kod pojedinih vrsta četinjača kao što je teda bor (*Pinus taeda*), česta su oštećenja nastala djelovanjem kukaca *Dendrolimus punctatus* i *Crypyothelea formosicola* (Tang i Tian, 2003.), dok bijelu smreku (*Picea glauca*) često oštećuje kukac defolijator smrekova pupa (*Choristoneura fumiferana*) (Lachance i sur., 2007.). Osim kukaca defolijatora, tu su i fitopatogene gljive, bakterije i virusi koji također mogu utjecati na zdravstveno stanje šuma i znatno umanjiti njihovu produktivnost. Stoga će u nastavku biti riječ o određenim rezultatima postignutim genetskim modifikacijama u cilju poboljšanja otpornosti drveća protiv raznih vrsta štetnih organizama.

1.1) Genetski modificirano drveće koje sadrži Bt toksine. Štetni kukci veliki su problem za dendrofloru i perensko bilje, kako u prirodnim šumama tako i na plantažama. Stoga se intenzivno radi na genetskim modifikacijama topola koje se sade na plantažama diljem svijeta. Postoje dvije glavne skupine topolovih štetnika, pri čemu su u prvoj skupini kukci iz

familije *Chrysomelidae* (bube listare), a u drugoj kukci iz reda *Lepidoptera* (leptiri) koji su štetni u fazi gusjenica, a koji su postali rezistentni na insekticide. Pri tome oni ipak pokazuju osjetljivost na određene biološke pesticide koji nastaju iz različitih sojeva *Bacillus thuringiensis* (Bt) (James, 1997). Ova bakterija sintetizira bjelančevine koje se aktiviraju u crijevima nekih kukaca, što uzrokuje lezije i na kraju smrt kukaca. Insekticidne bjelančevine, koje su poznate kao *Bt toksini*, u praksi se uspješno koriste kao biološki pesticidi za zaštitu mnogih biljnih vrsta već dugi niz godina, kako egzogeno tako i endogeno (Thompson i sur., 1995, James i sur., 1999). Ti *Bt toksini* su relativno selektivni insekticidi koji imaju vrlo malo učinaka na neciljane kukce i patogene. Tako je dosada identificirano nekoliko sojeva *Bt toksina*, a svaki od njih utječe samo na odabrane grupe kukaca koji su obično vrlo usko filogenetski povezani (Grace i sur., 2005). Uvođenjem Bt genetskih modifikacija drveća se nudi atraktivna alternativa za podizanje plantaža GM drveća koje je otporno na širi krug štetnih kukaca (DiCosty i Whalon, 1997, James, 1997; Roush i Shelton, 1997).

Za genetski modificirano drveće koje ima Bt transgen može biti poželjno da se ne koristi tretiranje insekticidima, što može imati više prednosti. Prvo, vegetacija, zemljište i voda oko plantaže u tom slučaju nisu izloženi tretmanu insekticidima. Osjetljivi, korisni neciljani kukci u područjima oko transgenih plantaža neće biti izloženi kemikalijama iz insekticida, čime se smanjuje potencijal za razvoj otpornosti na Bt toksine koje imamo u biljkama (Luttrell i Caprio, 1996; Roush, 1997; Gould, 1998; McGaughey i sur., 1998). Drugo, insekticidi sa kojima se vrši kemijsko tretiranje se brzo razgrađuju, te ostaju na lišću tretiranih stabala drveća u najboljem slučaju nekoliko dana. Za razliku od toga genetski modificirana stabla mogu proizvoditi Bt toksin kontinuirano, čime se izbjegava osjetljivost na vremenske prilike i troškove povezane s ponovljenim tretmanima (Nwanze i sur., 1995; Maredia, 1997; Roush, 1997). Konačno, zbog genetske promjene drveće proizvodi toksin u biljnim tkivima, te je moguće utjecati na kukce koji žive u deblu ili unutrašnjem biljnom tkivu, kao što su kukci drvotočci i lisni mineri. Protiv nekih od tih štetnih kukaca insekticidi koji su nam trenutno na raspolaganju nisu u mogućnosti da pomognu ili da ciljano djeluju, te su ovi kukci česti uzročnici većih ekoloških poremećaja zbog šteta koje

izazivaju na drveću u plantažama i okolici. Još na samom početku razvoja transgenog drveća prvi rezultati govorili su o tome da topole imaju stabilno modificiranje s Bt genom, uz kontinuiranu produkciju toksina. Jedna od dobivenih transgenih linija je pokazala visoku razinu otpornosti prema pojedinim štetnicima, posebice prema gubaru i još nekim štetnim gusjenicama kukaca iz reda *Lepidoptera*. Međutim, neke transgene biljke kod četinjača, kao što je npr. transgeni Monterejski bor (*Pinus radiata*), ekspresija gena za Bt toksin je pokazala varijabilnost u otpornosti na oštećenja koja uzrokuje larva vrste *Teia anartoides*, u zavisnosti od dospijea mladih iglica. Ova istraživanja pokazuju posebnu važnost razine ekspresije transgena i specifičnosti tkiva u koje su ugrađeni.

1.2) Otpornost bez Bt transgena. Unatoč pomoći koju nude Bt toksini protiv štetnih kukaca koji napadaju različito drveće, vrše se i druga istraživanja koja su usmjerena na iznalaženje otpornosti kod biljaka na napade kukaca uz korištenje različitih spojeva koja se mogu dobiti genetskim modifikacijama (Confalonieri *i sur.*, 1998). Kao primjer može poslužiti generirana ekspresija inhibitora tripsin proteinaze kod soje (inhibitor Kunitz proteinaze, KTi3) i kod crnih topola. Iako genetski modificirane Kunitz bjelančevine inhibiraju probavne proteinaze kod gubara (*Lymantria dispar*), i topolinog čupavcog prelca (*Clostera anastomoze*) u uvjetima *in vitro*, u uvjetima testiranja *in vivo* oni nisu pokazali porast mortaliteta larvi kao rezultat transgene ekspresije (Delledonne *i sur.*, 2001).

1.3) Otpornost na fitopatogene gljive. Bolesti koje uzrokuju fitopatogene gljive mogu biti jako štetne za šumsko drveće. U borbi protiv njih, između ostalog, korištene su i različite genetske modifikacije uz unošenje raznih gena podrijetlom iz različitih bakterija, biljaka ili životinja s ciljem stvaranja otpornosti na fitopatogene gljive, pri čemu je ostvaren promjenjivi uspjeh (Mittler *i sur.*, 1995). Tako je npr. ugradnjom *bacterio-opsin (bO) gena* podrijetlom iz bakterije *Halobacterium halobium* u transgeni duhan utvrđeno da se u njemu mogu indukovati određeni obrambeni mehanizmi, te da se ugradnjom ovog gena može dobiti ekspresija koja daje otpornost na neke biljne patogene (Rizhsky *i* Mittler, 2001). Međutim, ekspresija sintetskog *bacterio-opsin (bO) gena* koji je primjenjen kod crnih hibridnih topola nije

prouzrokovala značajno povećanje obrambenog mehanizma protiv raznih fitopatogenih gljiva, kao što su *Melampsora* spp. – uzročnici lisne hrđe topola i *Dothichiza populea* – uzročnik rak-rana i nekroze kore topole (Mohamed *i sur.*, 2001). Sličnu situaciju imamo i kod genetski modificirane bijele topole (*Populus alba*) kod koje je unesen *stilben sintaze (StSy) gen* podrijetlom iz vinove loze, koji u njoj proizvodi antioksidante resveratrol glukozide, ali oni ipak nisu značajno utjecali na povećanje otpornosti prema *Melampsora pulcherrima* – uzročniku lisne hrđe topole (Giorcelli *i sur.*). Nasuprot tome, utvrđeno je da ugradnja *defensin (NP-1) gena* podrijetlom iz kunića (Zhao *i sur.*, 1999) ili *hitinaza 5B (CH5B) gena* podrijetlom iz graha u transgene topole (Meng *i sur.*, 2004) može da poveća njihovu otpornost na širok spektar fitopatogenih gljiva.

1.4) Otpornost na fitopatogene bakterije. Brojna izvješća o genetskim modifikacijama biljaka ukazuju na to da su one rezultirale povećanom otpornošću prema fitopatogenim bakterijama uzročnicima biljnih bolesti (Haworth *i Spiers*, 1988; De Kam, 1984). Iako su različite bakterioze kod drveća prilično rijetke, neke su ipak ekonomski značajne, a posebice infekcije bakterijama iz roda *Xanthomonas* (Mentag *i sur.*, 2003). Tako transgena topola koja ima ekspresiju antimikrobnih bjelančevina, poznatih kao *D4E1*, pokazuje mješovitu ili nepotpunu otpornost prema fitopatogenim bakterijama iz rodova *Agrobacterium* i *Xanthomonas*. Konkretno, ovakva transgena topola ispoljava značajno povećanje otpornosti prema ovim bakterijama, a što se manifestira manjim formiranjem i smanjenom veličinom tumora nakon inokulacije sa *Agrobacterium* sp., odnosno razvojem manjih rak-rana nakon inokulacije sa *Xanthomonas* sp. Međutim, kod transgenih topola u koje je unesena *D4E1* bjelančevina nije se pojavila poboljšana otpornost prema fitopatogenim gljivama (Mentag *i sur.*, 2003). Pri tome treba napomenuti da otpornost prema jednom soju *Agrobacterium* sp., poznatom kao C58, također nije poboljšana, te je stoga moguća primjena bjelančevine *D4E1* samo u ograničenim i specifičnim uvjetima.

1.5) Rezultati terenskih ogleda. Praktična vrijednost genetski modificiranih vrsta drveća se može utvrditi tek nakon završetka brojnih i opsežnih terenskih ispitivanja. Pri ispitivanju otpornosti na štetnike i patogene postoje brojni terenski ogledi u

visoko razvijenim zemljama, pri čemu su neki dobiveni rezultati pokazali izvjesnu kontradiktornost. Tako u jednom slučaju, otpornost je bila nešto niža pri terenskim nego u laboratorijskim ogledima, pri čemu razina otpornosti može varirati u zavisnosti od tkiva koje je ispitivano. Primjerice, pri terenskom testiranju transgene breze tijekom tri godine utvrđeno je da su GM biljke pokazale veću otpornost u uvjetima staklenika, dok su pri otvorenom poljskom testiranju pokazale jednaku, ako ne i višu osjetljivost prema fitopatogenoj gljivi *Pyrenopeziza betulicola* – uzročniku pjegastog lista breze (Pasonen *i sur.*, 2004). U drugom slučaju gdje su testirane Bt-transgene crne topole (*Populus nigra*) to se nije pokazalo, jer je i pri terenskim ispitivanjima utvrđeno značajno smanjenje šteta od kukaca defoliatora: 10% oštećenja lišća u odnosu na 80 do 90% oštećenja na kontrolnim biljkama (Hu *i sur.*, 2001). Ovo istraživanje je imalo i druge značajne implikacije, jer se pokazalo da je došlo do istodobnog pada brojnosti kokona kukaca u zemljištu na parcelama gdje su uzgajane ogledne biljke, a da nisu transgene, odnosno divlji tip je bio više zaštićen kada se uzgaja u blizini ili između transgenih biljaka. U trećem slučaju kod Bt transgene smreke nivo Bt bjelančevina *Cry1Ab* u iglicama drveća u terenskim ogledima je porastao, što je poboljšalo otpornost na pojavu štetnika (Lachance *i sur.*, 2007). Pri tome je smrtnost larvi koje su se hranile biljnim tkivima iglica smreke u terenskim ogledima bila u rasponu od 44 do 100% kod transgenih biljaka, u usporedbi sa približno 37% kod kontrolnih biljaka.

Navedena istraživanja su pokazala svojstvenu varijabilnost kod genetski modificiranog drveća, što naglašava sustavnu potrebu za dugoročnim terenskim ispitivanjima. Također, potrebno je da se razumiju sve promjene koje su uzrokovane genetskim modifikacijama kod drveća, kao što je to npr. učinak Bt gena na kemijski sastav, kakvoću i strukturu drveta kod GM hibridnih topola (Davis *i sur.*, 2006).

1.6) Otpornost na herbicide. Poboljšanje otpornosti drveća na pojedine herbicide bi omogućilo smanjenje ukupnog korištenja herbicida, kao i primjenu ekološki i toksikološki prihvatljivijih aktivnih tvari, a da se ne spominje veća fleksibilnost s obzirom na vrijeme njihove primjene (Chupeau *i sur.* 1994).

1.6.1) **Glifosat.** Još krajem osamdesetih godina se izvještava o prvim uspješnim umetanjima gena kod drveća kako bi ono postalo rezistentno na totalni herbicid glifosat koji izaziva inhibiciju enzima enol-piruvil-šikimat-fosfatne sintaze (EPSPS) kod nemodificiranih biljaka, odnosno spriječava sintezu aromatskih aminokiselina neophodnih za proizvodnju staničnih bjelančevina. Prva takva GM drvenasta biljka je bila transgena hibridna topola (*P. alba* x *P. grandidentata*) u koju je ugrađen gen *aroA* podrijetlom iz bakterije *Salmonella typhimurium*, kako bi ona postala otporna na inhibiciju enzima EPSP sintaze od strane glifosata (Comai *i sur.*, 1983; Riemenschneider *i Haissig*, 1991; Donahue *i sur.*1994).

1.6.2) **Klorosulfuron.** Klorosulfuron je herbicid iz skupine sulfonilurea koji djeluje na enzim acetolaktat sintazu (ALS) i blokira biosintezu aminokiselina valina i izoleucina (Ray, 1984). Prva GM drvenasta biljka u koju je unesen gen mutant acetolaktat sintaze (*crs1-1*), podrijetlom iz biljke *Arabidopsis thaliana*, koji prenosi otpornost na klorosulfuron, je hibridna transgena topola (*Populus tremula* x *P. alba*). Pri terenskim ogledima kontrolne individue topola koje su tretirane klorosulfuronom su odumirale u roku od dva do tri tjedna od tretiranja, dok su transgene linije preživjele. Iako su malo kasnile u rastu i razvoju korijena, GM biljkama topole bi se vremenom vratio normalni rast nakon završetka tretmana (Brasileiro *i sur.*, 1992).

1.6.3) **Kloracetanilidi.** Acetoklor i metolaklor su aktivne tvari herbicida iz skupine kloracetanilida. Glutation (GSH) i enzimi iz skupine glutacion S-transferaza (GST) imaju vrlo bitnu ulogu u razgradnji ovih herbicida. Prva GM drvenasta biljka tolerantna prema ovim herbicidima je transgena hibridna topola (*Populus tremula* x *Populus alba*) u koju je unesen *gshI* gen podrijetlom iz bakterije *Escherichia coli* koji kodira enzim γ -glutamilcistein sintetaza (γ -ECS) koji razlaže ove herbicide. Prilikom terenskih ispitivanja različitih linija topole na zemljištu tretiranom sa herbicidima acetoklor i metolaklor rast i biomasa svih ispitivanih linija bila je izrazito smanjena, ali je smanjenje bilo manje dramatično kod transgenih linija u odnosu na stabla topola koja nisu bila transgena (Gullner *i sur.*, 2001). Također, utvrđeno je da je sadržaj glutaciona i enzima γ -ECS bio povećan u

listovima svih ispitivanih linija topola, ali ipak znatno više kod transgenih topola (Edwards *i sur.*, 2000).

1.6.4) **Glufosinat amonij.** Glufosinat amonij je aktivna tvar herbicida koji je na tržištu najpoznatiji pod trgovačkim nazivom Basta. Ovaj totalni herbicid inhibira enzim glutamin sintetazu (GS), producirajući amonijak koji se akumulira, a koji je pri povišenim koncentracijama smrtonosan za biljku (Bishop-Hurley *i sur.*, 2001). Kao primjeri genetskih modifikacija kod drveća u koje je ugrađen *pat gen*, podrijetlom iz *Streptomyces viridochromogenes*, koji mu daje otpornost na totalni herbicid glufosinat amonij, mogu se navesti Montereyski bor (*Pinus radiata*), smrča (*Picea abies*) i transgena hibridna topola (*Populus tremula* × *P. alba*) (Pascual *i sur.*, 2008).

2) Poboljšana otpornost na razne abiotičke čimbenike.

Utjecaj i interakcija okoliša može znatno utjecati na produktivnost drveća. Niske temperature i visoke koncentracije soli u zemljištu tijekom vegetacije mogu znatno oštetiti sadnice, izazvati slabljenje rasta ili čak smrt biljaka (Ballian i Kajba, 2011; Cushman i Bohnert, 2000). Poznato je da su biljke i bakterije u mogućnosti da opstanu u nepovoljnim životnim uvjetima. Uz pomoć genomskih alata mogu se identificirati pozicije ciljanih gena koje im omogućavaju da prežive, kao i izvršiti njihova transformacija. Na osnovu tih saznanja na taj način može se osigurati zaštita od stresa, odnosno tolerancija koja može nastati pomoću genetskih modifikacija (Cushman i Bohnert, 2000). Tako je povećana otpornost na mnoge vrste stresa već postignuta kod nekoliko biljnih vrsta. Kao primjer korištenja ove tehnologije kod drveća može se navesti transgena topola u koju su unesena dva gena protiv smrzavanja, i to: gen *PsG6PDH* koji kodira enzim glukoza-6-fosfat dehidrogenazu i gen *PsAFP* koji kodira bjelančevinu protiv smrzavanja (Georges *i sur.*, 1990; Baertlein *i sur.*, 1992; Murata *i sur.*, 1992).

2.1) **Ozonski stres.** Ozon nastaje kao fotokemijska reakcija između dušikovih oksida, ugljikohidrata i ugljikovog monoksida, te je veoma fitotoksičan (Lelieveld i Crutzen, 1990). Pri povišenim koncentracijama izaziva promjene u biljnim biokemijskim i fiziološkim procesima, što kod biljaka rezultira

pojavom nekroza na listu, ubrzanim starenjem biljke, manjom stopom rasta i razvoja, te povećanom proizvodnjom reaktivnog kiseonika (ROS) (Foyer *i sur.*, 1994). U tom slučaju glutation (GSH) i enzim askorbat-glutation esteraza imaju važnu ulogu u zaštiti biljke. Smanjenje glutationa odmah održava aktivnost enzima glutation reduktaze (GR), te mnoge biljne vrste imaju poboljšanje otpornosti na foto-oksidativni stres, herbicide ili sušu, odnosno kroz njihovu kombinaciju dolazi do regulacije enzima glutation reduktaze ili superoksid dismutaze (Foyer *i sur.*, 1994).

2.2) Stres na zaslanjenost zemljišta. Zaslanjenost zemljišta je veoma važno pitanje u cijelom svijetu, a nametnuto je zbog nedostatka vode i osmotskog stresa i akumulacije jona koji negativno utječu na biokemijske procese u biljkama (Tang *i sur.*, 2005). Brojni geni testirani su u pokušaju povećanja tolerantnost drveća na sol u zemljištu i vodi. Tako je topola transformirana genom *mt1D* podrijetlom iz *Escherichia coli* rasla brže i imala višu stopu preživljivanja od divljeg tipa (Hu *i sur.*, 2005). Međutim, pod uvjetima kada biljka nije pod stresom zaslanjenosti, transgena topola imala je rast koji je bio za oko 50% manji od kontrolne. Također, i neke druge vrste drveća na kojima je provedena transformacija u cilju tolerantnosti na zaslanjenost zemljišta su također pokazale veću tolerantnost na soli kada su bile transformirane s genom *mt1D* (Hu *i sur.*, 2005).

2.3) Stres uslijed suše. Suša predstavlja stres prije svega jer djeluje na osmotsku aktivnost biljke, a izaziva prekid u distribuciji iona homeostaze u stanici (Serrano *i sur.*, 1999; Zhu, 2001). Topola transformirana s genom *GS1* podrijetlom iz bora odgovornim za citoplazmatsku glutamin sintetazu (GS) pokazala je da posjeduje određenu tolerantnost na stres uslijed suše u odnosu na nemodificiranu topolu (El-Khatib *i sur.*, 2004). Na svim razinama dostupnosti vode, genetski modificirana stabla topole imala su veću stopu asimilacije, fotosintetsku aktivnost i provodljivost stoma od odgovarajućih kontrola. Dobri rezultati otpornosti na sušu, odnosno sušni stres su dobiveni i kod GM hibrida eukaliptusa (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) koji su transformirani genom *DREB1A* (Kawazu, 2004).

2.4) Fitoremedijacija. Uporaba biljaka za uklanjanje zagađenja okoliša je poznata kao fitoremedijacija (Schnoor *i sur.*, 1995). Ova tehnologija koja je nedavno bila primijenjena u praksi pokazala je određene slabosti, te ukazala na nekoliko ekoloških problema, uključujući odlaganje otpadnih voda iz komunalnog sustava te na problematiku biofiltracije i doticanje industrijskih voda, kao i još neriješene probleme sanacije zemljišta nakon industrijskih procesa, kao što su npr. površinski rudokopi i deponije (Che *i sur.*, 2003, 2006; Lee *i sur.*, 2003; Strand *i sur.*, 2005). Budući da je tehnologija fitoremedijacije pomoću biljaka jeftinija, te manje estetski invazivna na okoliš, a i često daje uporabljiv proizvod (npr. biomasu), ona ima mnoge prednosti u odnosu na tradicionalne metode, odnosno podizanje industrijskih prečistača (Rockwood *i sur.*, 2004). Također, fitoremedijacija pomoću biljaka može pružiti dodatne pogodnosti za okoliš, kao što je vezivanje atmosferskog ugljika, kontrola erozije, održavanje biljnog i životinjskog svijeta na vodenim staništima i stvaranja zaštite protiv buke, smeća i štetne prašine (Rockwood *i sur.*, 2004). Tako je dobiven transgeni duhan u koji je unesen novi gen iz genetski modificirane vrste *Arabidopsis thaliana*, koja je otporna na živina isparavanja te koja živin ion veže zahvaljujući *mer genu* koji su u nju uneseni iz bakterije *Escherichia coli*, zbog čega ove biljke mogu opstati na mjestima kontaminiranim živom. Tako gen *mer* kodira enzim reduktazu koji katalizira pretvaranje ionske žive Hg (II), odnosno njenog hlapljivog derivata u Hg (0). Također i tulipanovac ili žuta topola (*Liriodendron tulipifera*) transformiran je s genom *merA18* iz *E. coli* i rezultira snažnim rastom biljaka na podlozi koja sadrži određenu količinu žive, a koja je oko deset puta toksičnija za normalne biljke iz kontrole. Također je u transgenim biljkama registrirana i elementarna živa u deset puta većoj količini nego kod divljeg tipa, a što je bilo bez vidljivog utjecaja na rast ovakvih biljaka (Bizily *i sur.*, 2000; Meagher, 2000).

Još jedan od teških metala je interesantan, a to je *čink*, jer kod raznih vrsta drveća može uzrokovati smanjenje mase lišća, kao i suhe mase (Di Baccio *i sur.*, 2003). Kada se siva topola (*Populus canescens*) modificira s genom *gsh1*, podrijetlom iz *E. coli*, koji kodira enzim γ -glutamilstein sintetaza (γ -ECS), dobivene individue sadrže povišenu razinu glutaciona (GSH).

Očekuje se da će veći nivo GSH rezultirati pojačanom proizvodnjom fitoželatina. Međutim, kada se ove genetski modificirane individue i divlji tip podvrgnu različitim razinama cinka, dobiju se slični rezultati. Tako se npr. pri 10^{-1} M Zn na njima ispoljavaju simptomi u vidu pojave nekroza i teške fitotoksičnosti, dok je na individuama pri 10^{-2} M Zn lišće bjelje, ali i dalje raste. Za razliku od prethodnog, pri nižim razinama Zn (10^{-3} do 10^{-5} M), nije bilo toksičnih učinaka cinka (Di Baccio *i sur.*, 2003).

2.5) Hormoni. Veći broj istraživanja je proveden u cilju izmjene koncentracije lignina kod cvjetnica te dobivanja otpornosti na abiotske i biotske faktore (Akiyoshi *i sur.*, 1984). Geni koji kontroliraju sintezu hormona su potencijalni kandidati za dobivanje drveća koje će biti genetski modificirano u odnosu na ta svojstva, ali i druga poželjna svojstva. To uključuje smanjenje terminalnog pupa, visoku gustoću dugih vlakana te bolje ukorjenjivanje i poboljšanje rasta, jer su ta svojstva pod utjecajem hormona. Biljni hormon *citokinin* veoma je važan jer utječe na rast i diferencijaciju kod biljaka. Gen za isopenteniltransferase (IPT) iz *Agrobacterium tumefaciens* katalizira konverziju adenozin-5'-monofosfata i isopentenilpirofosfata isopenteniladenosina-5'-monofosfata, koji se potom pretvara u isopentenil-izeatinom tipa citokinina. Tako topole s povećanom ekspresijom IPT pokazuju povećano stvaranje grana, s kratkim internodijama koje se nisu mogle isključiti (Von Schwartzenberg *i sur.*, 1994).

3) Genetske modifikacije radi dobivanja poboljšanih značajki drva. Kao posljedica brzo rastućeg broja ljudi na našem planetu pojavljuje se sve veći pritisak na svjetske šume kako bi zadovoljili sve veće zahtjeve za proizvodnjom dovoljnih količina drva za preradu i gorivo. Kao poseban problem izdvaja se i sve veće krčenje šuma u cilju dobivanja poljoprivrednog zemljišta. Osim toga, treba napomenuti da se trebaju zadovoljiti i sve stroži ekološki propisi i sve veći interes za održivost (Ballian, 2005, 2008, 2009; Boerjan, 2005).

3.1) Sadržaj lignina. Sadržaj lignina bio je među prvim svojstvima koje je pokazalo potencijal u genetskom inženjerstvu za modificiranje lignina kod drveta namijenjenog za kemijsku

preradu. Tako je npr. topola (*Populus tremuloides*) transformirana sa genom *4CL*, koji kodira koenzim A ligazu, a što ima za posljedicu smanjenje sadržaja lignina za 45% (Hu *i sur.*, 1999). Ovo veliko smanjenje u ukupnoj količini lignina, bez istovremenih promjena u sastavu monomera lignina, povoljno se odrazilo na industrijsku preradu drveta, uključujući proizvodnju celuloze i papira, jer uklanjanje lignina zahtijeva velike količine energije i reagensa. Tako su provedena terenska istraživanja tijekom četiri godine s transgenom hibridnom topolom (*P. tremula* × *P. alba*) koja je genetski modificirana da sadrži manje enzima cafeat-5-hidroksiferulat-O-methyltransferase (COMT) i cinamil alkohol dehidrogenaze (CAD) (Pilate *i sur.*, 2002). Smanjenje CAD enzima kod drveća pokazuje veću jednostavnost u delignifikaciji i vrhunski prinos, dok je kod drveća sa izmijenjenim COMT enzimom potrebno više energije za uklanjanje lignina. Nasuprot tome, u sličnim aktivnostima kod transgenih vrsta drveća iz roda *Eukaliptus*, smanjena ekspresija CAD enzima (antisense) rezultirala je bez promjene u kvaliteti lignina i sastavu pulpe (Tournier *i sur.*, 2003).

3.2) Kemijski sastav lignina. Veoma je važno da se u drvetu smanji udio lignina za lakšu kemijsku obradu, jer se mijenjanjem sastava monomera lignina poboljšava ukupni delignifikacioni postupak u proizvodnji celuloze (Chang *i Sarkanen*, 1973; Stewart *i sur.*, 2006; Mansfield *i Weiniesen*, 2007). Inače u strukturi drveta se ne povećava lignin, odnosno omjer S:G monomera, a to jasno pokazuje da se na ovaj način poboljšava i efikasnost pripreme drvene pulpe. Tijekom posljednje dvije decenije ulaže se znatan napor u izmjeni sastava monomera. Tu je značajno smanjenje ukupnog sadržaja lignina uz istovremeno smanjenje S monomera koje je postignuto kroz lako suzbijanje COMT enzima pod regulacijom 35S promotora (Jouanin *i sur.*, 2000).

3.3) Mijenjanje strukture staničnog zida i polisaharida. Korištenje genetskih modifikacija kod raznih vrsta drveća često je imalo za cilj povećanje sadržaja celuloze, bilo izravno ili neizravno. Tako je genetskim inženjersvom kod drveća promijenjena struktura lignina, što je pokazalo dodatnu prednost u neizravnom poboljšanju količine celuloze po jedinici proizvedene drvene mase (Hu *i sur.*, 1999; Park *i sur.*, 2004). Kao primjer može

se navesti uspješno povećanje količine celuloze i smanjenje sadržaja ksiloglukana kod genetski modificirane bijele topole (*Populus alba*), kroz ekspresiju unesenih gena iz gljive koji su odgovorni za enzim ksiloglukanazu. Slično je i kod jasike (*Populus tremula*) koja je transformirana genom *Cel1*, podrijetlom iz *Arabidopsis thaliana*, odgovornim za enzim endoglukanazu, a što je rezultiralo s 10% povećanja sadržaja celuloze. U novije su vrijeme transgeni hibridi topole (*P. alba* × *P. grandidentata*), u koje su ugrađeni geni iz bakterije odgovorni za enzim pirofosforilaza UDP glukazu, čime je u njima značajno povećan sadržaj celuloze uz istovremeno smanjenje lignina. Međutim, to drveće je raslo znatno sporije od kontrolnih individua koje nisu modificirane (Coleman *i sur.*, 2007).**4) Buduće aktivnosti.** Premda svi napori nisu doveli do poboljšanja na drveću namijenjenom za industrijsku preradu, oni su znatno doprinijeli našem razumijevanju osnovnih mehanizama sinteze i formiranja staničnih stijenki. Tako je npr. smanjenje od 90 % u aktivnosti enzima CCoAOMT u transgenim topolama dovelo do smanjenja u udjelu lignina od 11 % (Anterola *et Lewis*, 2002.). To upućuje da enzim CCoAOMT ima mali nadzor nad protokom ugljika kroz ligninska vlakna. Također je otkriven i gen za funkcionalni hidrosicinamoil-CoA te enzim šikimat hidrosicinamoiltransferazu (HCT) u *Pinus radiata* koje nalazimo u elementima traheja (Wagner *i sur.*, 2007.). Za ovaj gen ranije se nije znalo da je uključen i u biosintezu lignina u četinjačama, zbog čega on može biti novi cilj za dobivanje genetski modificiranih individua za manju količinu lignina u proizvodnji drva i biogoriva.

3

PROCJENA RIZIKA OD GENETSKI MODIFICIRANIH ORGANIZAMA

POGLAVLJE

3.1. Što je to procjena rizika od GMO-a, kada i kako se ona provodi?

Procjena rizika od GMO-a je niz analiza na osnovi kojih se procjenjuje zdravstvena ispravnost i ekološka prihvatljivost svake pojedinačne sorte ili hibrida GM biljaka. Procjena rizika provodi se prije no što se dopusti ograničena uporaba GMO-a ili komercijalni uzgoj svake pojedine sorte ili hibrida GM biljaka i/ili odobri stavljanje na tržište proizvoda od određene sorte ili hibrida GM biljaka. Temeljno načelo u izradi procjene rizika je „da se ocjenjuje pojedinačni GMO, a ne tehnologija”, zbog čega je neophodno da znanstvena procjena rizika bude izvedena prema načelu „slučaj po slučaj“, što znači da se uvijek ispituje pojedinačni GMO. Također, pri izradi procjene rizika potrebno je slijediti pristup „korak po korak“, što znači da se svaki GMO uvijek prvo ispituje od faze ograničene uporabe koja podrazumijeva testove u zatvorenim sustavima, laboratorijima i staklenicima, nakon čega u slučajevima pozitivne procjene rizika u zatvorenim sustavima slijedi faza ispitivanja u okolišu, koja obuhvaća poljske ogledne. Ukoliko ispitivani GMO dobije pozitivnu procjenu rizika i dođe do njegovog odobravanja, zakonom se propisuje i obveza stalnog praćenja mogućih štetnih učinaka na okoliš i na zdravlje ljudi poslije njegovog stavljanja na tržište ili namjernog uvođenja u okoliš (Trkulja *i sur.*, 2015.).

Prilikom utvrđivanja, analize i ocjene mogućih štetnih učinaka na okolicu i na zdravlje ljudi, treba uzeti u obzir četiri vrste utjecaja i to: 1) izravne utjecaje koji se odnose na primarne utjecaje na zdravlje ljudi ili okolicu koji su posljedica samog GMO-a i ne nastaju uzročno-posljedičnim lancem događaja, 2) neizravne utjecaje koji se odnose na utjecaje na zdravlje ljudi ili okoliš koji nastaju uzročno-posljedičnim lancem događaja, mehanizama poput međudjelovanja s drugim organizmima, prijenosa genetskog materijala ili promjena u uporabi ili upravljanju, 3) trenutačne utjecaje koji se odnose na utjecaje na zdravlje ljudi ili okoliš koji se

uoče za vrijeme unošenja GMO-a, a koji mogu biti izravni ili neizravni, kao i 4) odgođene (naknadne) utjecaje koji se odnose na utjecaje na zdravlje ljudi ili okoliš koji ne moraju biti uočeni za vrijeme unošenja GMO-a već kad izravni ili neizravni utjecaji postanu vidljivi u kasnijoj fazi ili nakon završetka unošenja. Također, mora se provesti i analiza kumulativnih dugoročnih utjecaja bitnih za uvođenje i stavljanje na tržište određenog GMO-a. Kumulativni dugoročni utjecaji odnose se na akumulirane utjecaje na zdravlje ljudi i okoliša, uključujući, uz ostalo, floru i faunu, plodnost zemljišta, razgradnju organskih sastojaka u zemljištu, prehrambenu vrijednost hrane za životinje, biološku raznolikost, zdravlje životinja i otpornost organizama na antibiotike. Osim svega navedenog, treba uzeti u obzir i društvenu komponentu, koja također utječe na procjenu rizika, a obuhvaća mišljenje javnosti, nedostatak pouzdanih informacija, negativan stav medija, protivljenje aktivističkih skupina, nepovjerenje u industriju te ekonomsku komponentu rizika (Trkulja *i sur.*, 2015.).

Istraživanja u „procjeni rizika“ uključuju: analizu stabilnosti genetske promjene, analizu potencijalne toksičnosti i alergnosti novog proteina/metabolita, analizu nutricionističkog sastava, analizu utjecaja na biokemijske procese, analizu promjene poljoprivredne prakse i njezine potencijalne posljedice, analizu učinka na ciljane i druge organizme, analizu širenja u okolišu, analizu mogućnosti prijenosa genetske promjene u genom srodnih divljih vrsta, potencijalne štetne posljedice i dr.

3.2. Koje su faze u izradi procjene rizika?

Procjena rizika od GMO-a odvija se u pet faza (Trkulja *i sur.*, 2008.a). **U prvoj fazi procjene rizika** za pojedine genetski modificirane organizme utvrđuju se i analiziraju specifične osobine tog GMO-a. Tako procjena rizika mora uzeti u obzir relevantne tehničke i znanstvene pojedinosti u pogledu značajki:

- primateljskog ili roditeljskog organizma (organizama);
- genetskih modifikacija, bilo ugradnje ili izrezivanja genetskog materijala i relevantnih podataka o vektoru i donoru GMO-a;
- planiranog unošenja ili korištenja, uključujući njegov opseg;

- potencijalni okoliš koji ga prima i
- njihova međudjelovanja.

Prema Trkulji i suradnicima (2008.a), u **drugoj fazi procjene rizika** od šest koraka utvrđuju se i vrednuju mogući štetni utjecaji namjernog uvođenja GMO-a u okoliš i procjena opasnosti za biološku raznovrsnost i zdravlje ljudi, pri čemu je *prvi korak*: uočavanje značajki koje mogu izazvati štetne učinke; *drugi korak*: procjena mogućih posljedica svakog štetnog učinka, ako do njega dođe; *treći korak*: procjena vjerojatnoće pojave svakog uočenog pojedinačnog štetnog učinka; *četvrti korak*: procjena rizika koji predstavlja svaka od određenih značajki GMO-a; *peti korak*: primjena strategija upravljanja rizikom pri namjernom unošenju ili stavljanju GMO-a na tržište, i *šesti korak*: određivanje sveukupnog rizika određenog GMO-a.

Moraju se identificirati sve značajke GMO-a povezane s genetskom modifikacijom koje bi mogle prouzročiti štetne učinke na zdravlje ljudi i na okoliš. Usporedba značajki GMO-a sa značajkama nemodificiranih organizama, u odgovarajućim uvjetima unošenja ili korištenja, pomoći će u određivanju mogućih štetnih učinaka i posljedica genetske modifikacije u GMO-u. Važno je ne zanemariti nijedan mogući štetni učinak iz razloga male vjerojatnoće njegove pojave.

Mogući štetni učinci GMO-a razlikuju se od slučaja do slučaja, a mogu uključivati:

- bolest opasnu za ljude, uključujući alergijske ili toksične učinke;
- bolest opasnu za životinje i biljke, uključujući toksične i, ponekad, alergijske učinke;
- učinke na dinamiku populacija vrsta u okolišu primatelja te na genetsku raznolikost svake od tih populacija;
- izmijenjene učinke na patogene i/ili vektore koji olakšavaju širenje zaraznih bolesti i/ili stvaranje novih primatelja ili vektora;
- ometanje profilaktičkih ili terapijskih medicinskih, veterinarskih ili postupaka u zaštiti bilja, npr. prijenosom gena otpornih na antibiotike koji se koriste u medicini za ljude ili životinje i
- učinke na bio-geokemiju (bio-geokemijske cikluse), posebno reciklažu ugljika i dušika promjenama pri razlaganju organskih tvari u zemljištu.

U **trećoj fazi procjene rizika** navodi se zaključak procjene rizika koji se prvenstveno temelji na utvrđenim i vrednovanim mogućim štetnim utjecajima namjernog uvođenja GMO-a u okoliš i procjeni opasnosti za biološku raznovrsnost i zdravlje ljudi iz druge faze procjene rizika.

U **četvrtoj fazi procjene rizika** opisuje se postupak izrade procjene te se navode izvori podataka i informacija korištenih za izradu procjene, upozorava se na moguće nedostatke procjene i utvrđuje se vjerojatnoća pojave štetnih učinaka ako je tijekom izvođenja postupka procjene bilo objektivnih poteškoća.

U završnoj, **petoj fazi procjene rizika** navode se podaci o izrađivaču procjene i svim osobama koje su sudjelovale u izradi procjene rizika.

Procjena zdravstvene ispravnosti namirnica dobivenih od GMO-a uključuje istraživanje: mogućih izravnih negativnih učinaka nove bjelančevine na zdravlje (toksičnost); mogućnosti izazivanja alergijske reakcije (alergenost); mogućih promjena u prehrambenim svojstvima, uključujući promijenjenu koncentraciju postojećih toksina i alergogena; stabilnosti ugrađenih ili promijenjenih gena i mogućnosti svih ostalih nenamjernih promjena koje bi mogle proizaći iz genetske modifikacije.

Europska agencija za sigurnost hrane (*European Food Safety Authority* - EFSA) propisuje odgovarajući postupak izrade procjene rizika od GMO-a (Waigmann i sur., 2012.), dok znanstveni Panel o genetski modificiranim organizmima Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA GMO Panel, 2010.) preporučuje sedam specifičnih područja koje treba analizirati pri izradi procjene rizika za okoliš od GM biljaka, i to: (1) perzistentnost i invazivnost GM biljaka ili njihovih kompatibilnih srodnika, uključujući transfer gena s biljke na biljku; (2) transfer gena s biljke na mikroorganizam; (3) međudjelovanje GM biljaka i ciljanih organizama i (4) međudjelovanje GM biljaka i neciljanih organizama, uključujući kriterije za odabir odgovarajuće vrste i relevantne funkcionalne grupe za procjenu rizika; (5) utjecaj specifičnog uzgoja, tehnika upravljanja i žetve, uključujući razmatranje proizvodnih sustava i primanje okružja; (6) uticaj na bio-geokemijske procese i (7) utjecaj na zdravlje ljudi i životinja.

Postupak odobravanja uvođenja GMO-a u okoliš ili pak korištenje u prehrani ljudi ili domaćih životinja u EU iznimno je složen i zahtijeva veoma opsežna i složena prethodna ispitivanja za izradu procjene rizika. Ukoliko se testiranjem introduciranih gena i njihovih proizvoda ne utvrdi pojava bilo kakvih štetnih učinaka, te ako genetski modificirani proizvod pokaže istovrijednost u odnosu na nemodificirani proizvod, uz ispunjavanje svih ostalih uvjeta iz procjene rizika od GMO-a, nova sorta ili hibrid GM biljke može dobiti od nadležnog tijela odobrenje za korištenje u prehrani ljudi i/ili domaćih životinja ili pak za komercijalni uzgoj i proizvodnju (Trkulja *i sur.*, 2015.).

3.3. Je li GM hrana opasna po zdravlje ljudi?

Ako je konzumiranje „strane“ DNK ili bjelančevine opasno po zdravlje ljudi, onda tijekom cjelokupne evolucije živimo opasnim životima. Sve što konzumiramo sadrži „stranu“ DNK i bjelančevine. To naravno ne znači da je svaki GMO siguran, kao što nije sigurna ni svaka prirodna bjelančevina. Za GMO ne možemo izdati opću licenciju, ali osuđivati tehnologiju na početku ne bi imalo nikakvog smisla.

Genetski modificirana hrana dostupna je potrošačima od 1996. godine. Diljem svijeta, a naročito u SAD-u, ljudi je konzumiraju bez vidljivih utjecaja na zdravlje, što je evidentirano u brojnim recenziranim znanstvenim časopisima, dokumentima i izvješćima regulatornih tijela i agencija. Međutim, zasad se ne može govoriti o teoretski mogućim kroničnim utjecajima GM hrane na zdravlje ljudi, jer je proteklo premalo vremena od početka komercijalizacije GM usjeva do danas. Temeljno načelo procjene rizika i neškodljivosti GM proizvoda je „**ocjenjivati pojedinačni proizvod, a ne tehnologiju**“. Strategija procjene rizika za GM hranu uključuje: informacije o značajkama modifikacije, uključujući funkciju i svojstva novog gena; neškodljivost, alergenost i prehrambenu vrijednost novih tvari/produkata ekspresije unesenog gena; identifikaciju i evaluaciju svih promjena u sastavu GM proizvoda, ispitivanje neželjenih pojava; utjecaj modifikacije na toksikološka svojstva nove hrane; ulogu nove hrane u prehrani; potencijalne utjecaje prerade i kvarenja GM proizvoda itd. (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) razvila je, u suradnji s drugim agencijama, poseban pristup ocjeni neškodljivosti genetski modificiranih i drugih novih namirnica (namirnice dobivene novim tehnologijama). Poseban pristup temelji se na dokazivanju “*jednakovrijednosti u bitnoj mjeri*”, odnosno za svaku novu namirnicu treba utvrditi jednakost s njezinim konvencionalnim pandanom, poslije čega se, ako jednakost postoji, nova namirnica tretira kao i njezin “original”, a ako ne, onda nova hrana treba biti podvrgnuta rigoroznim ispitivanjima neškodljivosti (toksikološka, alergološka, prehrambena i druga ispitivanja). Pri ocjeni neškodljivosti svakog GMO-a važno je zadržati ***individualni pristup***, odnosno ocjenjivati neškodljivost svakog GMO-a ili proizvoda za sebe. Načelo jednakovrijednosti u bitnoj je mjeri predmetom kritika jednoga dijela znanstvenih krugova u kojima se smatra da bi genetski modificirane namirnice trebalo testirati dugotrajnim eksperimentima hranidbe životinja i dvostruko slijepim ispitivanjima na dobrovoljcima.

3.4. Procjenjuju li se namirnice dobivene od GMO-a različito od načina procjene tradicionalnih namirnica?

Potrošači smatraju da su namirnice dobivene tradicionalnom proizvodnjom (slika 2.), koje se jedu već tisućama godina, zdravstveno ispravne. Međutim, znano je da se i prilikom kreiranja novih sorti i hibrida raznih poljoprivrednih biljaka pomoću tradicionalnih metoda oplemenjivanja neka postojeća svojstva namirnica mogu promijeniti. Premda se od nadležnih institucija zaduženih za kontrolu namirnica može zatražiti da istraže tradicionalne namirnice, to nije uvijek uobičajeno pa se često događa da se proizvodi dobiveni od novih sorti i hibrida raznih biljaka razvijenih pomoću tradicionalnih metoda selekcije ne istražuju dovoljno detaljno metodama procjene rizika.



Slika 2. *Plodovi različitih biljaka proizvedeni na tradicionalan način (foto: www.cameroncowan.net).*

Za razliku od njih, za genetski modificirane organizme potrebne su posebne procjene, zbog čega su uspostavljeni posebni sustavi za detaljnu analizu, vrednovanje i provjeru GMO-a i od njih dobivenih namirnica s obzirom na rizik za zdravlje ljudi i okoliš.

Tradicionalne namirnice ne prolaze slične provjere. Upravo stoga za te dvije skupine namirnica nastaje znatna razlika u postupku provjere i procjene zdravstvene ispravnosti prije njihove prodaje (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

3.5. Kako se utvrđuju potencijalne opasnosti takvih namirnica po zdravlje ljudi?

Procjena zdravstvene ispravnosti namirnica dobivenih od GMO-a uključuje istraživanje:

- a) mogućih izravnih negativnih učinaka nove bjelančevine na zdravlje (toksičnost);
- b) mogućnosti izazivanja alergijske reakcije (alergenost);
- c) mogućih promjena u prehranbenim svojstvima, uključujući promijenjenu koncentraciju postojećih toksina i alergena;

- d) stabilnosti ugrađenih ili promijenjenih gena i
- e) mogućnosti svih ostalih nenamjernih promjena koje bi mogle proizaći iz genetske modifikacije.



Slika 3. *Nova sorta GM ananasa kompanije Del Monte s ružičastom bojom unutrašnjosti ploda (foto: C. S. Prakash).*

Prije no što se dopusti komercijalni uzgoj svake pojedine sorte ili hibrida GM biljaka i/ili odobri stavljanje na tržište proizvoda od određene sorte ili hibrida GM biljaka (slika 3.), prema zakonu je obvezno provesti tzv. procjenu rizika (*risk assesment*), odnosno niz analiza na osnovi kojih se procjenjuje zdravstvena ispravnost i ekološka prihvatljivost svake pojedinačne sorte ili hibrida GM biljaka. Prema Jeleniću (2004.b), a ta istraživanja redovito uključuju:

- analizu stabilnosti genetske promjene;
- analizu potencijalne toksičnosti i alergenosti novog proteina/metabolita;
- analizu nutricionističkog sastava;
- analizu utjecaja na bio-geokemijske procese;
- analizu promjene poljoprivredne prakse i njezine potencijalne posljedice;
- analizu učinka na ciljane i druge organizme (izravan i neizravan);
- analizu širenja u okolišu;
- analizu mogućnosti prijenosa genetske promjene u genom srodnih divljih vrsta;
- potencijalne posljedice i dr.

3.6. Koje značajke GMO-a izazivaju najveću zabrinutost u javnosti?

Iako procjene zdravstvene ispravnosti obuhvaćaju vrlo širok spektar analiza, najveća pozornost posvećuje se: alergenosti, toksičnosti, mogućnosti neželjenog prijenosa određenih gena i ukrštanju GM usjeva s konvencionalnim usjevima ili srodnim divljim vrstama, pošto ove potencijalne značajke GMO-a izazivaju najveću zabrinutost u javnosti.

Alergenost. Nastoji se izbjegavati prijenos gena iz organizama za koje se zna da su alergeni, osim ako se ne dokaže da proteinski proizvod prenesenog gena nije alergen. Premda se ne istražuje alergenost plodova i drugih jestivih dijelova različitih biljaka proizvedenih na tradicionalan način (slika 4.), Organizacija za hranu i poljoprivredu UN-a (FAO) i Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) razradile su protokole za testiranje namirnica dobivenih iz GMO-a. Prema njihovim izvješćima, zasad nisu utvrđene alergijske reakcije na "GM namirnice" koje su trenutačno prisutne na tržištu. Međutim, pojedine namirnice dobivene od GMO-a, a za koje je utvrđeno da imaju alergeni učinak, povučene su s tržišta. Primjer za to je povlačenje s tržišta hibrida kukuruza *Star Link* u SAD-u 2000. godine, za koji je utvrđeno da je kod izvjesnog broja osjetljivih osoba prouzrokovao pojavu alergijskih reakcija.



Slika 4. *Plodovi i drugi jestivi dijelovi različitih biljaka koje su proizvedene na tradicionalan način (foto: www.ebrookosteopathy.co.uk).*

Toksičnost. Genetskim modifikacijama dolazi do izmjena određenih biokemijskih procesa u domaćinu. Stoga postoji mogućnost da određeni produkti metabolizma postanu toksični ili da se pak nekontrolirano poveća proizvodnja postojećeg toksina, zbog čega se pri procjeni zdravstvene ispravnosti svakog pojedinačnog GMO-a posebna pozornost posvećuje ovoj potencijalnoj mogućnosti.

Horizontalni prijenos gena i moguće stvaranje otpornosti na pojedine antibiotike. Postoji izražena bojazan da bi potencijalni prijenos određenih gena iz “GM namirnica“ u stanice našeg organizma ili u bakterije u našem probavnom sustavu (tzv. *horizontalni prijenos gena*) mogao nepovoljno utjecati na ljudsko zdravlje. U tom smislu posebno zabrinjavaju geni za otpornost na pojedine antibiotike koji se nalaze u pojedinim GM biljkama, pošto se ti antibiotici istodobno primjenjuju i u liječenju. Iako je mala vjerojatnoća prijenosa, stručnjaci FAO-a i WHO-a u zadnje vrijeme inzistiraju na prihvaćanju isključivo GM biljaka bez gena za otpornost na antibiotike.

Križanje GM biljaka s konvencionalnim usjevima ili srodnim divljim vrstama. Ovakva križanja, ukoliko do njih dođe, kao i miješanje sjemenskog materijala, mogu imati neizravan utjecaj na okoliš i zdravstvenu ispravnost namirnica. Ta je opasnost stvarna, jer je u SAD-u dokazano da je došlo do

miješanja jednog tipa kukuruza, odobrenog samo za hranu za životinje, s kukuruzom namijenjenim za prehranu ljudi (slučaj spomenutog hibrida kukuruza *Star Link*, koji je zbog toga morao biti povučen s tržišta). Neke su zemlje usvojile strategije za smanjenje ove pojave (tzv. koegzistencija), što uključuje propisivanje metoda za sigurno razdvajanje polja na kojima rastu GM usjevi od polja s konvencionalnim usjevima (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

3.7. Zašto GM namirnice izazivaju zabrinutost među potrošačima?

Prvi put su GM namirnice stavljene na tržište 90-tih godina prošloga stoljeća. Od tada potrošači i pojedini političari izražavaju zabrinutost zbog takvih namirnica, posebno u Europi. Potrošači se često pitaju: *Zašto to meni treba?* Međutim, kad je riječ o lijekovima dobivenim od GMO-a, mnogi potrošači lakše prihvaćaju biotehnologiju kao korisnu za njihovo zdravlje. Također, valja naglasiti da prve GM namirnice uvedene na europsko tržište nisu pružale nikakvu izravnu korist ili dobit za potrošače, već su bile isključivo ekonomski isplativije za poljoprivrednike, njihove proizvođače. Tome treba dodati kako je povjerenje potrošača u zdravstvenu ispravnost hrane u Europi znatno smanjeno zbog niza afera povezanih s hranom (kravlje ludilo, dioksini u piletini i sl.). Do tih je afera došlo zbog ekonomskih interesa proizvođača hrane, nedovoljne ili krive informiranosti javnosti i neodgovornog ponašanja odgovornih vladinih tijela. Ti slučajevi nisu bili povezani s GM namirnicama, ali su rezultirali većim nepovjerenjem javnosti u službene informacije. Zabrinutost potrošača u Europskoj uniji rezultirala je obveznim označavanjem GM hrane, kao i hrane namijenjene za prehranu životinja.

3.8. Kako je zabrinutost javnosti utjecala na prodaju GM namirnica u EU?

Zabrinutost javnosti zbog GMO-a i namirnica dobivenih od GMO-a imala je znatan utjecaj na tržište GMO-a u EU. Tako je 1998. godine u EU, uslijed ogromnog pritiska javnosti, uvedena

privremena zabrana stavljanja GM proizvoda na tržište, odnosno *de facto moratorij*, koji je bio na snazi do 2002. godine. Prodaja takvih namirnica i GMO-a i dalje je predmetom preciznih i opsežnih zakonskih propisa koje je EU usvojila još početkom 90-ih godina prošloga stoljeća. Postupak odobravanja uvođenja GMO-a u okoliš u EU iznimno je složen i zahtijeva veoma opsežna prethodna ispitivanja, kao i sporazum između države članice EU koja želi uzgajati GM usjeve i Europske komisije. Između 1991. i 1998. godine Europska komisija odobrila je stavljanje na tržište (prodaju) 18 GMO-a, nakon čega je, od ukidanja zabrane 2004. godine do danas, odobreno još nekoliko GM proizvoda, te sjetva 17 hibrida GM kukuruza, koji su već 2007. godine uzgajani u osam zemalja EU (Španjolska, Francuska, Češka Republika, Portugal, Njemačka, Slovačka, Rumunjska i Poljska). Također, uslijed pritiska javnosti u EU je zakonom propisano obvezno označavanje (deklariranje) proizvoda koji sadrže ili se sastoje ili su proizvedeni od GMO-a. Isto tako, zakonskim propisima uređena je i slučajna kontaminacija konvencionalne hrane GM materijalom, pri čemu je obvezno označavanje proizvoda kao namirnica koje sadrže minimalni prag od 0,9 % odobrenih GMO-a, dok za količine ispod tog praga označavanje nije obvezno. Ista praksa propisana je i Zakonom o GMO-u u Bosni i Hercegovini (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

4

METODE DETEKCIJE GENETSKI MODIFICIRANIH ORGANIZAMA

POGLAVLJE

4.1. Kako prepoznamo i na osnovi kojih metoda pouzdano utvrđujemo prisutnost GMO-a?

U svrhu kontrole prisutnosti genetskih modifikacija u sjemenskom materijalu i gotovim proizvodima (hrani za ljude i hrani za domaće životinje), razvijen je čitav spektar metoda za detekciju njihove različite kvalitativne i kvantitativne prisutnosti. Te se tehnike odnose na promatranje i analizu tri različita parametra, i to: *prisutnost novog svojstva (fenotipa)*, prisustvo specifičnih *bjelančevina*, i analizu nukleinskih kiselina.

4.1.1. Detekcija GMO-a na bazi fenotipa

Ova metoda temelji se na analizi ispoljavanja svojstava koje daju transgeni (primjenjiva je samo za neka svojstva, npr. tolerantnost na totalne herbicide), a zahtijeva određeni porast i razvoj ispitivanog organizma, što je često dugotrajan proces (npr. izrastao usjev tretira se totalnim herbicidima pri čemu će sve biljke koje nisu GM uginuti).

4.1.2. Detekcija GMO na bazi specifičnih bjelančevina

Ove metode detekcije GMO-a uključuju analitičke tehnike koje podrazumijevaju korištenje antitijela kao testnih reagensa (tzv. serološke metode). Te se metode temelje na reakciji koja nastaje nakon injektiranja testne tvari (antigena) u tijelo životinje kada imunostni sustav prepozna stranu tvar i odgovara proizvodnjom specifičnih antitijela koja se vežu za antigene, što je osnova metode koja se koristi u ovim analizama. Najčešće korišteni imunotest je tzv. ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*) koji se primjenjuje u laboratoriju za testiranje određenih GMO-a (npr. prisutnost bjelančevine

Roundup Ready koja je sastavni dio enzima odgovornog za otpornost na herbicide na bazi glifosata). Također, razvijeni su i „brzi imunotestovi“ (*Stripe* metode), koji se mogu lako koristiti izvan laboratorija u polju za detekciju GM usjeva. Tehnike detekcije GMO-a na proteinskoj razini vrlo su osjetljive i često se, osim za biljni materijal, primjenjuju i za analizu životinjskih uzoraka (Trkulja i sur., 2014.a).

4.1.3. Detekcija GMO-a na bazi analize nukleinskih kiselina

Za utvrđivanje prisutnosti genetskih modifikacija u uzorcima biljnog materijala primjenjuje se metoda PCR (*Polymerase Chain Reaction* - lančana reakcija polimeraze), u čijoj je osnovi biokemijska reakcija koja omogućuje *in vitro* umnožavanje (amplifikaciju) određenog fragmenta DNK i u biti je imitacija sinteze DNK koja se normalno odvija u svim živim organizmima.

Metodom PCR se relativno kratki ciljani dio DNK (gen ili dio gena) umnožava u veliki broj istovjetnih kopija. Temeljno načelo metode PCR je selektivno *in vitro* umnožavanje ciljane sekvence DNK molekule u reakcijskoj tubi u i do nekoliko milijardi puta, bez prethodnog izoliranja iz mase DNK molekula prisutnih u uzorku. Ciljni dio DNK molekule koju se želi umnožiti (gen ili dio gena) određuje se kraćim oligonukleotidnim sekvencama - *primerima*, koji su komplementarni krajevima segmenta DNK od interesa. Ti *primeri* pokretači su serije reakcija pomoću enzima DNK polimeraze, koja na osnovi jednog lanca DNK sintetizira novi, komplementarni lanac, pri čemu veličina sintetiziranog dijela DNK molekule odgovara duljini koju omeđuju izabrani *primeri*.

Postupak izvođenja PCR-a može se podijeliti u tri faze: izolacija DNK iz uzorka i priprema PCR smješe, zatim PCR reakcija i na kraju identifikacija PCR produkata.

U *prvoj fazi* (izolacija DNK iz uzorka), koja se sastoji od većega broja analitičkih koraka iz pripremljenog uzorka biljnog materijala, izolira se (ekstrahira) DNK. Za ekstrakciju biljne DNK iz analiziranog uzorka koristi se standardni protokol za ekstrakciju DNK iz biljnog materijala. Na kraju prve faze obavlja se kvantifikacija, tj. određuje se količina izolirane DNK iz

uzorka, nakon čega se na osnovi utvrđene količine izolirane DNK razrjeđuje uzorak DNK na optimalnu koncentraciju koja se na taj način priprema za drugu fazu - PCR amplifikaciju.

U drugoj fazi (PCR amplifikacija) izoliranoj DNK iz uzorka se u reakcijskoj tubi dodaju: uzorak ispitivane DNK (koja će biti kalup za kopiranje komplementarnog DNK lanca), dva odgovarajuća oligonukleotidna *primera*, termostabilna DNK polimeraza, nukleotidi – gradivni elementi DNK (dATP, dCTP, dGTP, dTTP), ioni Mg^{2+} i reakcijski pufer. Nakon miješanja komponenti u reakcijskoj tubi, one se postavljaju u *thermocycler* (slika 5.), odnosno uređaj za PCR amplifikaciju. Osnovna odlika uređaja za PCR je brza, automatizirana, ciklična i precizna promjena temperature 30 do 50 puta (ovisno o testiranom uzorku i korištenom protokolu) pod nadzorom mikroprocesora, koja je nužna za izvođenje reakcije polimerizacije. U ovom instrumentu se na osnovu programiranog temperaturnog režima radi amplifikacija ciljane DNK.



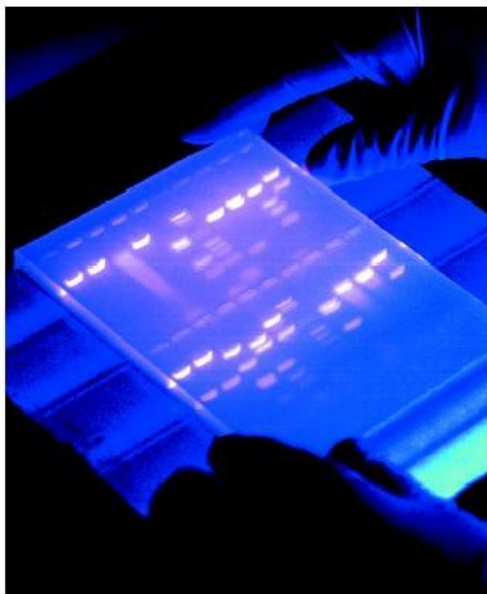
Slika 5. Detalj iz postupka detekcije GMO-a na bazi analize DNK pomoću standardnog PCR-a

PCR može biti: 1) kvalitativan i 2) kvantitativan. Kvalitativni PCR može biti standardni, RT-PCR, *in situ* PCR, dok je kvantitativni - PCR u realnom vremenu (*Real Time* PCR), koji

također može biti standardni i RT-PCR. *Kvalitativna* detekcija GMO-a koristi standardni PCR (slika 5.) kojim se može detektirati manje od 0,1 % modificiranog sadržaja u neobrađenom materijalu, pri čemu se ovim metodama može samo potvrditi ili nijekati prisutnost GMO-a, odnosno ciljanih DNK sekvenci karakterističnih za GMO. Međutim, za *kvantificiranje* GMO-a, tj. za utvrđivanje točnog postotka prisutnih ciljanih DNK sekvenci karakterističnih za GMO u ukupnome uzorku, koristi se kvantitativni Real Time PCR (Trkulja *i sur.*, 2014a).

1) Standardni PCR izvodi se uz korištenje jednoga para *primera* koji omogućuje amplifikaciju ciljane sekvence DNK i služi samo za detektiranje njezine prisutnosti ili odsutnosti (kvalitativni PCR). Jedan ciklus PCR reakcije sastoji se od tri koraka, i to: 1) *denaturacija dvolančane DNK matrice* (kidanje vodonikovih veza između komplementarnih lanaca DNK pod dejstvom temperature odvija se na 95°C, pri čemu se zaustavljaju sve enzimске reakcije npr. ekstenzija iz prethodnog PCR ciklusa); 2) *hibridizacija primera s matricom* (formiranje vodikovih veza između primera i odgovarajućih sekvenci na jednonlančanoj DNK matrici), koja se odvija pri temperaturi 40-65°C, u ovisnosti od nukleotidne sekvence i dužine prajmera; 3) *elongacija primera* (ugradnja nukleotida na 3' kraj primera katalizovana enzimom DNK polimeraza), koja se odvija pri temperaturi 72°C, što predstavlja optimalnu temperaturu za rad DNK polimeraze.

U trećoj fazi standardnog PCR (elektroforeza na agaroznom gelu) radi se vizualizacija produkata PCR-a (slika 6.) tako što se prethodno pripremljena amplificirana DNK uzorka pomoću sterilnih pipeta nanosi na agarozni gel postavljen u posebne kadice uređaja za horizontalnu elektroforezu. Naneseni uzorak DNK razdvaja se na agaroznom gelu na osnovi duljina baznih parova pod djelovanjem električnog polja. Nakon završetka elektroforeze, agarozni gel oboji se etidijevim bromidom, tvari koja ima svojstvo emitiranja svjetlosti pod djelovanjem ultraljubičastog zračenja. Gel se fotografira u posebnom uređaju za fotografiranje gela, nakon čega se pristupa analizi dobivenih rezultata (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

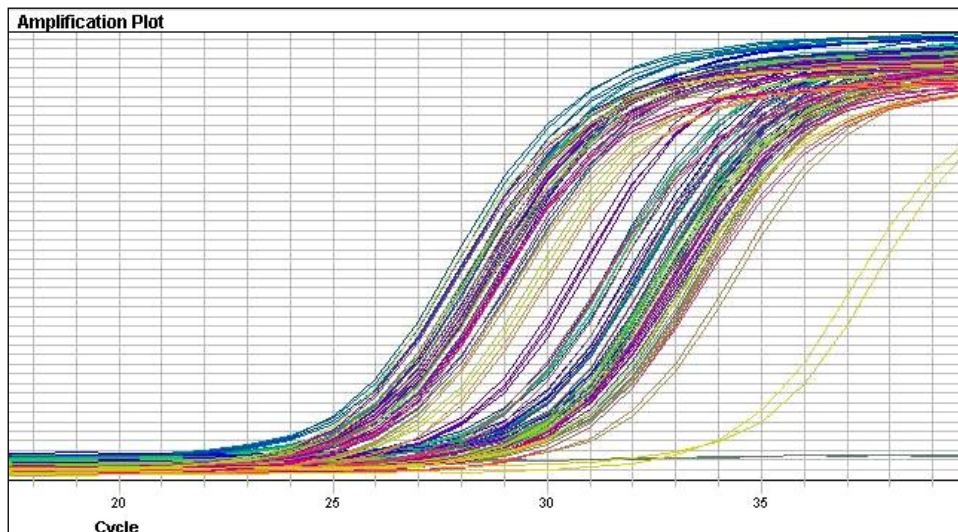


Slika 6. Elektroforetska analiza produkata PCR-a na agaroznom gelu

2) PCR u realnom vremenu (*Real Time PCR*) omogućava kvantitativnu analizu dobivenog amplikona u ispitivanom uzorku, npr. broj kopija nekog gena, kao i određivanje razine ekspresije određenog gena (kvantitativni PCR). Npr., u analizi postotka GMO-a u uzorku koriste se standardi s već poznatim postotkom određenog GMO-a (0,1 %, 0,9 %, 3 %, 5 %, 10 %). Usporedbom dobivenog amplikona iz uzorka i poznatih standarda utvrđuje se točan postotak GMO-a u ispitivanom uzorku. Primjenom PCR-a u realnom vremenu može se odrediti i razina ekspresije određenog gena.

PCR u realnom vremenu je postupak koji se temelji na standardnom PCR-u, jer su i za njega potrebni dobro izolirana DNK, optimalno odabrani *primeri* za reakciju i optimizirane sve faze PCR reakcije (denaturacija, izbor i uvjeti vezivanja *primera*, sinteza DNK - elongacija komplementarnog DNK lanca). Osnovna razlika i veliko tehnološko unaprjeđenje PCR-a u realnom vremenu u odnosu na standardni PCR sadržani su u tome što PCR u realnom vremenu omogućuje detekciju i kvantifikaciju umnoženog ciljanog segmenta DNK u realnom vremenu, odnosno tijekom amplifikacije uzorka (slika 7.), zbog čega nema potrebe za vizualizacijom produkata PCR reakcije elektroforezom na agaroznom gelu, kao i u tome što PCR u realnom vremenu ima

sustav za detekciju produkta PCR-a temeljen na detektoru fluorescencije (Trkulja *i sur.*, 2014.a).



Slika 7. Dinamika PCR reakcije u realnom vremenu (Real Time PCR), odnosno tijekom amplifikacije uzorka. Do 22. ciklusa koncentracija produkta PCR je vrlo niska, dok između 22. i 32. ciklusa reakcija poprima linearni, pa logaritamski rast, da bi oko 35. ciklusa došlo do formiranja tzv. platoa. U tom dijelu PCR reakcija više nije učinkovita.

U praksi postoje tri varijacije ovog sustava u smislu završne detekcije količine produkata PCR amplifikacije, i to: 1) primjena kemijskog spoja (npr. *Syber Green*) koji se može ugraditi između nukleotida dvostrukog lanca DNK i pritom emitirati fluorescenciju čiji se intenzitet prati; 2) primjena *primera* obilježenih fluorescentnim spojevima, tako da se amplifikacija DNK prati preko ugradnje *primera* u produkt PCR-a, pri čemu se zapravo prati porast intenziteta fluorescencije, 3) primjena standardnih *primera* i posebnih proba koje su komplementarne ciljanom segmentu DNK, a obilježene su različitim kombinacijama spojeva koji emitiraju svjetlosnu energiju i spojeva koji blokiraju takvo djelovanje. Tijekom PCR reakcije dinamika omjera tih spojeva se mijenja, tako da se za krajnji učinak mjeri porast energije zračenja u obliku fluorescentne svjetlosti. Najpoznatiji primjeri za takav pristup su probe *TaqMan* američke kompanije *Applied Biosystems* i sustav FRET koji je razvila kompanija Roche *Diagnostics* (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

5

POGLAVLJE

GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI I BIOSIGURNOST

5.1. Što je to biosigurnost?

Biosigurnost je sustav koji se, u kontekstu moderne biotehnologije i genetski modificiranih organizama, odnosi na sigurnost okoliša i biološke raznolikosti, uključujući i sigurnost i zdravlje ljudi. Sigurnost hrane je poseban aspekt biosigurnosti. Međunarodne obveze (*Konvencija o biološkoj raznolikosti, Protokol iz Cartagene*) te globalna politika nalažu razmatranje biosigurnosnih problema. U članku 16. poznatog *Programa 21* istaknuto je da „biotehnologija obećava značajan doprinos suvremenoj poljoprivredi, zdravlju ljudi i zaštiti okoliša, ali samo ako postoje definirani prikladni biosigurnosni mehanizmi“.

Moderna biotehnologija podrazumijeva sustav alata koji se koriste kako bi se biljke, životinje i mikroorganizmi unaprijedili za dobrobit društva – dakle riječ je o tehnologiji utemeljenoj na biologiji. U definiciji koja se prvi put pojavila 1982. godine u OECD-ovoj publikaciji *Biotehnologija – međunarodni trendovi i perspektive*, biotehnologija se opisuje kao primjena načela znanosti i inženjerstva na procesiranje materijala pomoću bioloških posrednika u cilju dobivanja roba i usluga. Definicija je široka te se odnosi na uzgoj biljaka i životinja za prehranu, korištenje mikroorganizama za dobivanje prehrambenih proizvoda poput jogurta ili piva ili korištenje mikroorganizama u zdravstvu. U svome cjelokupnom opsegu definicija se može odnositi i na uporabu bioloških entiteta u unaprjeđenju industrijskih procesa. Često se biotehnologija odnosi na genetičko inženjerstvo, premda ima onih koji, u tom slučaju, rađe koriste termin „moderna biotehnologija“ određujući je za disciplinu. Praktičnim početkom razvoja biotehnologije možemo označiti epohu kada je postala poznata proizvodnja sira ili aktivnost kvasca.

Suvremena biotehnologija obećava poboljšanje proizvodnje hrane (kvalitete i kvantitete), redukciju opterećenja okoliša,

prednost u ishrani, medicini i farmaciji te otvaranje alternativne proizvodnje potrebnih sintetičkih materijala.

Uz definiciju biotehnologije, u ovom su OECD-ovom dokumentu iz 1982. godine dane preporuke vladama da su dužne odrediti odgovarajuće mehanizme za uređivanje sigurnosti, kako bi javnost stekla povjerenje u proizvode moderne biotehnologije. Prvi dokument koji je odgovorio na ove preporuke je OECD-ova *Plava knjiga (Blue Book)*. Ova publikacija unaprijedila je sigurnosne koncepte za razvoj i komercijalizaciju GMO-a, uključujući i procjenu rizika, poljoprivredu i okoliš, te razumijevanje aktivnosti genetski modificiranih biljaka. Međutim, prvo razmatranje mehanizama za biološku kontrolu i regulaciju istraživanja rekombinantne DNK u vezi je s *Konferencijom u Asilomaru* (Pacific Grove, Kalifornija) koja je održana 1974. godine u SAD-u.

Kao rezultat prepoznavanja čovjeka za glavnog čimbenika u degradaciji prirodnih ekosustava i redukciji biološke raznolikosti, te shvaćanja da ih je nužno što prije zaštititi i unaprijediti, svibnja 1992. godine donesena je *Konvencija o biološkoj raznolikosti*. Već mjesec dana kasnije, na konferenciji UN-a o okolišu i razvoju nazvanoj *Samit o Zemlji*, a održanoj u Rio de Janeiru, *Konvencija* je otvorena za potpisivanje, što je na Samitu učinilo 156 zemalja i Europska unija. *Konvencija o biološkoj raznolikosti* stupila je na snagu 29. studenoga 1993. i trenutačno je temeljni međunarodni ugovor u kojem se bavi pitanjima biološke raznolikosti. Njome se zemljama članicama osigurava „sveobuhvatan i cjelovit pristup u očuvanju biološke raznolikosti, te održivo korištenje prirodnih dobara i pravedna i jednakomjerna podjela dobiti proizašlih iz iskorištavanja genetskog bogatstva“ (Trkulja i sur., 2014.a).

Pojam biološke sigurnosti ili *biosigurnosti* odnosi se na potrebu zaštite okoliša i zdravlja ljudi od mogućih štetnih posljedica proizvoda suvremene biotehnologije. U isto vrijeme priznaje se veliki potencijal suvremene biotehnologije u unaprjeđenju ljudskog blagostanja putem poljoprivrede, zaštite zdravlja ljudi i podmirenja potreba za hranom. U *Konvenciji o biološkoj raznolikosti* jasno je prepoznat ovaj dvostruki aspekt suvremene biotehnologije te stoga, s jedne strane, omogućuje pristup i prijenos tehnologija, uključujući i suvremenu biotehnologiju, koje su

važne za zaštitu i održivo korištenje biološke raznolikosti, a, s druge strane, traži razvoj odgovarajućih procedura koje će pojačati sigurnost korištenja suvremene biotehnologije. *Biosigurnost* je stoga i jedan od glavnih ciljeva Konvencije, a ostvaruje se smanjenjem svih mogućih prijetnji za biološku raznolikost, uzimajući pritom u obzir i rizik za ljudsko zdravlje.

Gubitak svakog segmenta biološke raznolikosti (genetska raznolikost, raznolikost vrsta, kao i raznolikost zajednica i ekosustava koje te vrste čine) umanjuje potencijal živog svijeta, a samim tim i ljudske vrste, u prilagodbi promjenljivoj, odnosno stalno mijenjajućem okolišu (Tarasjev i sur., 2006). Suvremena istraživanja pokazala su da čovjek ima koristi od očuvane biološke raznolikosti kako kroz kvalitetan estetski i kulturni doživljaj, tako i putem korištenja usluga ekosistema ili izravnom uporabom vrsta biljaka i životinja u farmaceutskoj, prehrambenoj i građevinskoj industriji (Futuyma, 1998).

Prema Tarasjevu i sur. (2006) postoji rizik da bi širenje genetski modificiranih organizama u autohtone ekosustave, u slučaju da oni posjeduju modifikacije koje bi ih činile kompetitivno superiornijim, moglo dovesti do negativnih učinaka po očuvanje lokalne biološke raznovrsnosti, a i šire. Na primjer, genetski modificirane biljne vrste koje sintetiziraju Bt bjelančevine s insekticidnim učinkom mogu ugroziti takozvane "neciljne" vrste kukaca. Zbog toga ovi autori ističu da sa pojavom novih tehnologija, naš okoliš neminovno postaje laboratorija za širok spektar eksperimenata na i sa genetski modificiranim organizmima što otvara prostor za pravljenje nepopravljivih grešaka i otvara mnoga etička pitanja. Na načelima *Konvencije*, a prepoznajući njezin puni značaj, 1995. godine formirana je radna skupina koja je izradila Nacrt protokola o biološkoj sigurnosti (Protokol iz Cartagene), koji je usvojen 2000. godine, a stupio je na snagu 8. rujna 2003. godine za sve zemlje potpisnice. Cilj ovoga protokola je doprinijeti uspostavi odgovarajućih razina zaštite u sferi sigurnog prekograničnog prijenosa, provoza, rukovanja i korištenja *živih modificiranih organizama (engl. Live Modified Organisms - LMO)* koji su proizvod suvremene biotehnologije, a mogu imati štetne učinke na konzervaciju i održivo iskorištavanje biološke raznolikosti, uzimajući u obzir i zdravlje ljudi (Trkulja i sur., 2014.a).

5.2. Što je to Protokol iz Cartagene o biološkoj sigurnosti?

Protokol iz Cartagene o biološkoj sigurnosti (CPB) međunarodni je ugovor kojim su pravno obvezane potpisnice i uređeno međudržavno ili prekogranično kretanje živih modificiranih organizama (*engl. Living modified organism – LMO*). Namirnice dobivene od GMO-a obuhvaćene su Protokolom samo ako sadrže LMO-e sposobne prenositi genetski materijal ili se razmnožavati. Osnova Protokola je uvjet prema kojem izvoznici moraju zatražiti od uvoznika pristanak prije prve pošiljke LMO-a namijenjenog za unošenje u okoliš. Osim toga, Protokolom se promiče biološka sigurnost određivanjem pravila i postupka za siguran prijenos, provoz, rukovanje i korištenje živih modificiranih organizama, s posebnim naglaskom na prekogranični prijenos i provoz LMO-a, a određuju se i rokovi u kojima se moraju donijeti odluke. Također određuje se niz procedura ovisno o namjeni LMO-a pa tako postoje posebne procedure za LMO-e koji će se namjerno uvoditi u okoliš, posebne za LMO-e koji se planiraju koristiti izravno za hranu, hranu za životinje ili u proizvodnji te posebne procedure za LMO-e koji se koriste u zatvorenim sustavima. Prema Protokolu, zemlje potpisnice dužne su pružiti sigurno rukovanje, pakiranje i prijevoz LMO-a, a pošiljka LMO-a preko granice mora biti popraćena odgovarajućom dokumentacijom u kojoj se, među ostalim podacima, točno navodi vrsta živi modificiranih organizama i ime osobe za kontaktiranje od koje se mogu dobiti dodatne potrebne informacije.

Ove procedure i zahtjevi uspostavljeni su kako bi zemljama uvoznicama omogućili dobivanje potrebnih informacija na osnovi kojih mogu donijeti konačnu odluku o *dozvoli ili zabrani uvoza određenog LMO-a temeljenu na činjenicama*, te sigurno rukovanje tim organizmom. Zemlja uvoznica treba donijeti svoju odluku na osnovi procjene rizika temeljenog na znanstvenim podacima, a Protokolom se određuju i načela te metodologija izrade procjene rizika. Ako nema dovoljno relevantnih znanstvenih podataka i znanja, zemlja uvoznica može primijeniti **načelo predostrožnosti** pri donošenju odluke o uvozu određenog LMO-a, pri čemu se mogu uzeti u obzir i vlastiti društveno-ekonomski interesi, ukoliko su oni sukladni s

međunarodnim obvezama. Načelo predostrožnosti mora se temeljiti na detaljnoj analizi opasnosti za svaki pojedinačni LMO, ali ono ne odgađa donošenje odluke.

Zemlje potpisnice Protokola također moraju izgraditi kapacitete koji će omogućiti provođenje mjera za uklanjanje štetnih posljedica od utvrđenog mogućeg rizika, kao i mjere koje treba poduzeti u slučaju nekontroliranog širenja određenog LMO-a u okoliš. Kako bi se omogućila lakša primjena Protokola, osnovan je i *Međunarodni mehanizam za razmjenu obavijesti o biološkoj sigurnosti* (engl. **Biosafety Clearing House - BCH**) za zemlje potpisnice Protokola, posredstvom kojeg se razmjenjuju informacije (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

Za vrijeme održavanja *Samita o Zemlji* promoviran je i poznati *Program 21* kao program održivog razvoja za XXI. stoljeće, koji obuhvaća sve aspekte suvremene znanosti, uključujući i biotehnologiju. Osim navedenih, u bitne međunarodne dokumente o biosigurnosti ubraja se i UNEP-ov *Međunarodni tehnički vodič za sigurnost u biotehnologiji*, donesen 1995. godine, kao i dokumenti doneseni na *Svjetskom samitu o održivom razvoju* UN-a (Samit u Rijju o Zemlji + 10) održanom u Johannesburgu u Južnoafričkoj Republici 2002. godine, čiji je glavni cilj bio odrediti obveze na nacionalnom, regionalnom i globalnom planu s osvrtnom na biosigurnost i načela njihove primjene (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

Unatoč razlikama između biosigurnosnih sustava različitih zemalja, njihova struktura je slična i obvezno uključuje sljedeće elemente:

- 1) biosigurnosnu politiku;
- 2) biosigurnosne propise;
- 3) sustav postupanja s prijavama, koji podrazumijeva:
 - a) pregled potpunosti (administrativni i tehnički podaci) i primjerenosti prijave,
 - b) procjenu rizika (*Risk assessment*) pri kojem obvezno treba uzeti u obzir: donorski i primateljski organizam, vektore, inserte, LMO, detekciju i identificiranje LMO-a, planiranu uporabu, okoliš i dr.
 - c) donošenje odluka (zakonito i transparentno);
- 4) monitoring i inspekcije;
- 5) informacije za javnost.

6

ZAKONODAVSTVO O GMO-U U
SVIJETU, EUROPSKOJ UNIJI I BIH

POGLAVLJE

6.1. Kakvo je zakonodavstvo o GMO-u u svijetu?

Kako bi se bilo gdje u svijetu različite sorte ili hibridi GM biljaka mogle uzgajati ili stavljati na tržište kao hrana za ljude ili hrana namijenjena za prehranu domaćih životinja, one moraju biti podvrgnute postupku odobravanja (autorizacije ili registracije), čija je procedura u svijetu propisana različitim zakonodavstvom. Cilj zakonodavstva u vezi s GMO-om je zaštita života i zdravlja ljudi, zaštita zdravlja i dobrobiti životinja, zaštita okoliša i biološke raznolikosti, kao i zaštita interesa potrošača (Trkulja, 2015.). Međutim, u svijetu ne postoji jedinstveno zakonodavstvo kojim je uređeno područje GMO-a, već je ova materija u različitim zemljama različito propisana. Za dobar primjer ilustriranja razlika u zakonodavstvima po pojedinim dijelovima u području GMO-a mogu se navesti različiti pristupi označavanju GMO-a. Tako npr. u SAD-u nije obvezno označavati GMO proizvode, kao ni u Argentini, Kanadi, Urugvaju, Meksiku, Čileu, Paragvaju i Egiptu, dok u EU proizvodi s >0,9 % odobrenih GMO-a moraju biti označeni, u Brazilu i Australiji hrana s >1 % GMO mora biti označena, izuzev GM soje u Brazilu, dok u Japanu taj prag iznosi 5 %.

Prema (Trkulja *i sur.*, 2015) različiti segmenti iz oblasti GMO-a regulirani su većim brojem različitih međunarodnih konvencija, protokola, ugovora, naputaka i smjernica koji su navedeni u nastavku teksta.

- 1) **Konvencija o biološkoj raznolikosti (*The Convention on Biological Diversity - CBD*)**. Kao rezultat prepoznavanja čovjeka za glavnog čimbenika u degradaciji prirodnih ekosustava i redukciji biološke raznolikosti te shvaćanja da ih je nužno što prije zaštititi i unaprijediti, u svibnju 1992. godine donesena je *Konvencija o biološkoj raznolikosti*. Već mjesec dana kasnije, na konferenciji UN-a o okolišu i razvoju – *Samit o Zemlji*, održanoj u Rio de Janeiru, *Konvencija* je otvorena za potpisivanje, što je na Samitu učinilo 156 zemalja

i Europska unija. Konvencija o biološkoj raznolikosti stupila je na snagu 29. studenoga 1993. i trenutačno je temeljni međunarodni ugovor u kojem se bavi pitanjima biološke raznolikosti. Pojam biološke sigurnosti ili *biosigurnosti* odnosi se na potrebu zaštite okoliša i zdravlja ljudi od mogućih štetnih posljedica proizvoda suvremene biotehnologije. U isto vrijeme, priznaje se veliki potencijal suvremene biotehnologije u unaprjeđenju ljudskog blagostanja putem poljoprivrede, zaštite zdravlja ljudi i podmirenja potreba za hranom. *Biosigurnost* je stoga i jedan od glavnih ciljeva Konvencije, a ostvaruje se smanjenjem svih mogućih prijetnji za biološku raznolikost, uzimajući pritom u obzir i rizik za okoliš i zdravlje ljudi. Bosna i Hercegovina postala je potpisnicom *Konvencije* u kolovozu 2002. godine.

- 2) ***Protokol iz Cartagene o biološkoj sigurnosti (The Cartagena Protocol on Biosafety - CPB)***. Na načelima *Konvencije*, a prepoznajući njezin puni značaj, 1995. godine formirana je radna skupina koja je izradila Nacrt protokola o biološkoj sigurnosti (Protokol iz Cartagene), koji je usvojen 2000. godine, a stupio je na snagu 8. rujna 2003. za sve zemlje potpisnice. Do prosinca 2018. godine Kartagena protokol o biološkoj sigurnosti je potpisala 171 država. Cilj Protokola je doprinijeti uspostavi odgovarajućih razina zaštite u sferi sigurnog prekograničnog prijenosa, provoza, rukovanja i korištenja *živih modificiranih organizama* (engl. *Live Modified Organisms, LMO* - termin usvojen umjesto GMO, označuje samo sjeme i žive organizme, a ne i hranu od LMO-a), koji su proizvod suvremene biotehnologije i mogu imati štetne učinke na konzervaciju i održivo iskorištavanje biološke raznolikosti, uzimajući u obzir i zdravlje ljudi. Protokol iz Cartagene o biološkoj sigurnosti je međunarodni ugovor kojim se pravno obvezuju potpisnice i uređuje međudržavno ili prekogranično kretanje živih modificiranih organizama. Osnova Protokola je uvjet prema kojem izvoznici moraju od uvoznika zatražiti pristanak prije prve pošiljke LMO-a namijenjenog unošenju u okoliš. Prema Protokolu zemlje potpisnice su dužne osigurati sigurno rukovanje, pakiranje i transport LMO-a, te da pošiljka LMO-a preko granice mora biti praćena odgovarajućom

dokumentacijom. Zbog toga Kartagena protokol o biološkoj sigurnosti ima za cilj da osigura usklađen međunarodni pravni okvir za razumnu i ekološki sigurnu primjenu nove biotehnologije. U tu svrhu Protokol nudi brojne alate:

- a) *Postupak unaprijed obaviještenog ugovaranja (Advance Informed Agreement procedure, AIA)* – ovaj postupak mora biti ispoštovan prije prvog slanja LMO-a koji će biti uneseni u okoliš. Izvoznik prije uvoza mora osigurati detaljan opis LMO-a koji se uvozi, a uvoznik mora u roku od 90 dana potvrditi prijem takvog dokumenta i time ovlastiti pošiljatelja da u idućih 270 dana obavi isporuku. Svrha ove procedure je dati zemlji uvoznici dovoljno vremena za procjenu rizika koji bi mogao biti u vezi s uvozom takvog LMO-a.
 - b) *Mehanizam za razmjenu obavijesti o biološkoj sigurnosti (Biosafety Clearing House, BCH)* – njegova je zadaća olakšati razmjenu znanstvenih, tehničkih, okolišnih i pravnih informacija u vezi s LMO-ima putem interneta (internetskih stranica). Svaka članica za ovu svrhu dužna je odrediti instituciju i zaduženu osobu (*Focal point*).
 - c) *Procjena rizika i upravljanje rizikom (Risk assesment and risk management framework)* – provodi se na znanstvenoj osnovi a na temelju usvojenih metoda procjene rizika. U slučaju nedovoljnih znanstvenih spoznaja o određenim LMO-ima, zemlja uvoznica može primijeniti načelo predostrožnosti i zabraniti uvoz LMO-a.
 - d) *Izgradnja kapaciteta (Capacity building)* – Protokol osigurava financijsku potporu, kao i međunarodnu suradnju u znanstvenoj i tehničkoj obuci kadra i razmjeni tehnologije.
 - e) *Javna svijest (Public awarnes)* – članica Protokola dužna je osigurati javnosti pristup informacijama, te uvažavati odluke javnosti o biološkoj sigurnosti.
- 3) ***Svjetska trgovinska organizacija (World Trade Organization – WTO)*** jest međunarodna organizacija koja upravlja multilateralnim sporazumima u području robne trgovine, trgovine uslugama i trgovinskim aspektima prava intelektualnog vlasništva. Do osnutka WTO-a 1995. godine,

Opći sporazum o carinama i trgovini bio je jedini multilateralni instrument kojim je uređena međunarodna trgovina još od 1947. godine, kada je i donesen. Sjedište WTO-a je u Ženevi i danas ima 159 država članica koje zajedno čine oko 97 % svjetske trgovine. Glavni cilj WTO-a je osigurati uvjete za trgovinu bez prepreka, u predvidljivim okvirima. U tom smislu uspostavljen je WTO-ov sustav pravila koji čine specifični, multilateralno dogovoreni sporazumi koji su u najvećoj mjeri rezultat Urugvajске runde pregovora vođenih od 1986. do 1994. godine. Prema podacima WTO-a, postoji nekoliko sporazuma ove organizacije čije se odredbe mogu primijeniti na genetski modificirane organizme, a to su:

- Sporazum o provođenju sanitarnih i fitosanitarnih mjera (*Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures - SPS Agreement*);
- Sporazum o tehničkim preprekama trgovini (*The Agreement on Technical Barriers to Trade - TBT*);
- Sporazum o trgovinskim aspektima prava intelektualnog vlasništva (*Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights - TRIPs*);
- Opći sporazum o carinama i trgovini (*The General Agreement on Tariffs and Trade - GATT*).

Osim toga, WTO prihvaća sve standarde, preporuke i smjernice do kojih su u svojim istraživanjima u vezi s GMO-ima došle Komisija za *Codex Alimentarius* (*Codex Alimentarius Commission*), Međunarodni ured za zarazne bolesti životinja (*Office International des Epizooties - OIE*) i Međunarodna konvencija o zaštiti bilja (*The International Plant Protection Convention - IPPC*). Standarde ovih organizacija, poznate još pod nazivom *Organizacija tri sestre*, WTO tretira kao međunarodne standarde u smislu odredaba Sporazuma o provođenju sanitarnih i fitosanitarnih mjera.

- 4) **FAO-WHO Komisija za *Codex Alimentarius* (*Codex Alimentarius Commission*)** – WTO prihvaća sve standarde, preporuke i smjernice za procjenu sigurnosti hrane do kojih je u svojim istraživanjima u vezi s GMO-ima došla ova komisija (FAO/WHO, 1996., 2011.).

- 5) **Međunarodni ured za zarazne bolesti životinja (Office International des Epizooties, OIE)** – WTO prihvaća sve standarde, preporuke i smjernice do kojih je u svojim istraživanjima u vezi s GMO-ima došla OIE.
- 6) **Međunarodna konvencija o zaštiti bilja (The International Plant Protection Convention, IPPC)** – WTO prihvaća sve standarde, preporuke i smjernice do kojih je u svojim istraživanjima u vezi s GMO-ima došla Komisija za fitosanitarne mjere, koja djeluje u okvirima ove konvencije i donosi međunarodne standarde za fitosanitarne mjere.
- 7) **Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj (Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD)** – u bitne međunarodne dokumente o biosigurnosti ubrajaju se i OECD-ove smjernice za procjenu biološke sigurnosti transgenih organizama (OECD, 2010.).
- 8) **Program Ujedinjenih naroda za okoliš (United Nations Environment Programme, UNEP)** – u bitne međunarodne dokumente o biosigurnosti ubraja se i *Međunarodni tehnički vodič za sigurnost u biotehnologiji*, donesen 1995. godine (UNEP, 1995), a zamišljen kao doprinos realiziranju *Programa 21*. Naime, za vrijeme održavanja *Samita o Zemlji* promoviran je i poznati *Program 21* kao program održivog razvoja za 21. stoljeće, kojim su obuhvaćeni svi aspekti suvremene znanosti, uključujući i biotehnologiju.

6.2. Kakvo je zakonodavstvo o GMO-u u EU?

Europsko zakonodavstvo o GMO-u nastajalo je od ranih 90-tih godina prošlog stoljeća. Ovi specifični propisi u osnovi imaju dva glavna cilja:

- 1) zaštititi zdravlje ljudi i okoliš i
- 2) omogućiti slobodno kretanje sigurnih i zdravih genetski modificiranih proizvoda u EU.

Danas je zakonodavstvo EU o GMO-u veoma složeno i čine ga više različitih direktiva, uredbi, odluka i preporuka, i to:

- Direktiva 98/81/EC od 26. listopada 1998. godine, kao izmjena i dopuna Direktive 90/219/EEC, o ograničenoj uporabi genetski modificiranih organizama. Ovom

direktivom uređuju se istraživanja i industrijski okvir djelovanja, uključujući GMO-e (kao što su npr. genetski modificirani virusi ili bakterije) u zatvorenim okruženjima u kojima je izbjegnuta dodir sa stanovništvom i okolišem. To uključuje radne aktivnosti u laboratoriju ili drugim zatvorenim sustavima;

- Direktiva 2001/18/EC od 12. ožujka 2001. godine o *namjernom unošenju u okoliš GMO-a*, koja se primjenjuje na dva načina djelovanja:
 - 1) eksperimentalno oslobađanje GMO-a u okoliš, tj. uvođenje GMO-a u okoliš u svrhu eksperimenta (npr. za različite poljske probe) što je regulirano u dijelu B ove Direktive,
 - 2) stavljanje na tržište GMO-a (GMO se pritom definira kao proizvod koji sadrži GMO-e ili se sastoji od takvih organizama), npr., transformacija GMO-a u industrijske proizvode, uglavnom je uređena u Dijelu C. ove Direktive;
- Uredba (EC) br. 1829/2003 od 22. rujna 2003. godine kojom se propisuje *stavljanje na tržište GM hrane i hrane za životinje ili hrane i hrane za životinje koja sadrži ili se sastoji od GMO-a*;
- Uredba (EC) br. 1830/2003 od 22. rujna 2003. godine kojom se propisuje *sljedivost i označavanje genetski modificiranih organizama i sljedivost prehrambenih proizvoda za prehranu ljudi i prehranu životinja proizvedenih od GMO-a*, te u tom dijelu mijenja Direktivu 2001/18/EZ;
- Uredba (EC) br. 1946/2003 od 15. srpnja 2003. godine o *prekograničnom kretanju GMO-a*, kojom se uređuje namjerno i nenamjerno kretanje GMO-a između država članica EU i trećih zemalja, s iznimkom namjernog kretanja unutar EU;
- Uredba (EC) br. 65/2004 od 14. siječnja 2004. godine, kojom se uspostavlja *sustav za razvoj i dodjelu jedinstvenih identifikacionih kodova za GMO-e*;
- Odluka Komisije 2004/204/EZ od 23. veljače 2004. godine, kojom se utvrđuju detaljne informacije o vođenju registara

odobrenih GMO predviđenih Direktivom 2001/18/EZ Europskog parlamenta i Vijeća EU;

- Uredba (EC) br. 641/2004 od 6. travnja 2004. godine o detaljnim pravilima za primjenu Uredbe (EC) br. 1829/2003 Europskog parlamenta i Vijeća EU za *autorizaciju nove genetski modificirane hrane i hrane za životinje, označavanje postojećih proizvoda i ili tehnički neizbježne prisutnosti GM materijala u kojem je iskorištena povoljna evaluacija rizika*;
- Uredba (EC) br. 882/2004 od 29. travnja 2004. godine o *službenim kontrolama koje se provode radi utvrđivanja sukladnosti sa zakonom o hrani i hrani za životinje, kao i s propisima iz područja zdravlja i dobrobiti životinja*;
- Preporuka Komisije 2004/787/EC od 4. listopada 2004. godine o tehničkim smjernicama za uzorkovanje i detekciju GMO-a i proizvoda od GMO-a ili proizvoda u smislu Uredbe (EC) br. 1830/2003;
- Uredba (EC) br. 1981/2006 od 22. prosinca 2006. godine, kojom se propisuju detaljna pravila za provedbu članka 32. Uredbe (EC) br. 1829/2003 Europskog parlamenta i Vijeća EU *u pogledu referentnih laboratorija za genetski modificirane organizme u državama članicama EU*;
- Uredba (EC) br. 298/2008 od 11. ožujka 2008. godine o izmjenama i dopunama Uredbe (EC) br. 1829/2003 o genetski modificiranoj hrani za prehranu ljudi i hrani za životinje, a tiče se *izvršnih ovlasti dodijeljenih Komisiji*;
- Direktiva 2009/41/EC od 6. svibnja 2009. godine o *ograničenoj uporabi genetski modificiranih mikroorganizama*;
- Provedbena uredba Komisije (EU) br. 503/2013 od 3. travnja 2013. godine o *prijavama za odobrenje genetski modificirane hrane i hrane za životinje* u skladu s Uredbom (EZ) br. 1829/2003 Europskog parlamenta i Vijeća i o izmjeni uredba Komisije (EZ) br. 641/2004 i (EZ) br. 1981/2006;
- Direktiva (EU) 2015/412 od 11. ožujka 2015. godine o izmjeni Direktive 2001/18/EZ *u pogledu mogućnosti*

država članica da ograniče ili zabrane uzgoj genetski modificiranih organizama (GMO-a) na svojem državnom području, kojom će se državama članicama, slijedeći načelo supsidijarnosti, omogućiti više fleksibilnosti u odlučivanju žele li uzgajati GMO-e na svojem državnom području, a da to ne utječe na procjenu rizika predviđenu u EU za odobravanje GMO-a bilo za vrijeme odobravanja ili nakon njega, tj. omogućit će se pravo odlučivanja u vezi s uzgojem GMO-a na dijelu ili cijelom području država članica, kao i sloboda izbora potrošača, poljoprivrednika te gospodarskih subjekata i svih drugih sudionika u području uzgoja GMO-a. Države članice Europske unije koje žele ograničiti ili zabraniti uzgoj GMO-a na dijelu ili na cijelom području obvezne su najkasnije do 1. listopada 2015. obavijestiti o tome Europsku komisiju i u vezi s tim prilagoditi nacionalni pravni okvir kojim će se propisati izuzeće određenog zemljopisnog područja u toj državi članici Europske unije.

Svim navedenim propisima grade se uvjeti koje, npr. kompanija ili bilo koja znanstvenoistraživačka ustanova, mora ispuniti prije no što bude dozvoljen razvoj, uporaba ili stavljanje na tržište GMO-a ili prehrambenih proizvoda izvedenih iz GMO-a.

Za razliku od zakonodavstva u SAD-u koje se temelji na pretpostavci da biotehnološki proces sam po sebi ne nosi jedinstven ili poseban rizik, zbog čega hranu proizvedenu na ovaj način treba podvrgnuti istim propisima kao i hranu dobivenu konvencionalnim načinom uzgoja, u zakonodavstvu Europske unije smatra se da hrana dobivena od genetski modificiranih biljaka može nositi novi rizik, koji mora biti procijenjen i posebno uređen. To se odnosi na izravni rizik, kao što je potencijalna alergnost ili toksičnost, ali i na neizravni dugoročni učinak na okoliš i potrošače, koji se možda danas ne može predvidjeti (načelo predostrožnosti). Isto tako, GMO ili prehrambeni proizvodi dobiveni iz GMO-a (hrana i hrana za životinje koja sadrži ili se sastoji od GMO-a) koji se stavljaju na tržište također moraju ispuniti uvjete **označavanja i sljedivosti**. Ti su uvjeti propisani Uredbom (EC) br. 1829/2003 i Uredbom (EC) br. 1830/2003, a tiču se sljedivosti (praćenja) i označavanja hrane i

hrane za životinje koja je proizvedena i/ili se sastoji i/ili potiče od GMO-a te izmjene Direktive 2001/18/EC (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

6.3. Kakvo je stanje u BiH u vezi sa zakonodavstvom o GMO-u?

Na temelju članka IV.4.a) Ustava Bosne i Hercegovine, a na prijedlog Agencije za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine (u daljnjem tekstu: Agencija), Parlamentarna skupština Bosne i Hercegovine, na 44. sjednici Zastupničkog doma, održanoj 21. siječnja 2009. godine, i na 25. sjednici Doma naroda, održanoj 26. veljače 2009. godine, usvojila je **Zakon o genetski modificiranim organizmima** (u daljnjem tekstu: Zakon o GMO), koji je objavljen u “**Službenom glasniku BiH**”, broj **23/09**. Zakon o GMO-u usuglašen je s važećim zakonodavstvom EU u ovome području, odnosno sa uredbama i direktivama koje su donesene do 2009. godine. Zakonom o GMO-u predviđa se sustav jedinstvene kontrole hrane na prisutnost GMO-a od farme do stola. U nastavku je dan kraći pregled pojedinih poglavlja bh. Zakona o GMO-u, s naglaskom na njegove praktične aspekte, odnosno sa stajališta podnositelja zahtjeva i potrošača, tj. svih građana Bosne i Hercegovine.

6.4. Koja su načela uvedena Zakonom o GMO-u u BiH?

Zakonom o GMO-u u Bosni i Hercegovini uvode se:

- načelo procjene rizika;
- složenu proceduru obavezne registracije (odobravanja) GMO prije ograničene uporabe, namjernog unošenja u okoliš i stavljanja na tržište;
- zahtjevi da se osigura obilježavanje i sljedivost na svim razinama stavljanja na tržište odobrenih GMO ili proizvoda koji sadrže i/ili se sastoje i/ili potiču od GMO;
- zahtjevi za poslijetržišni monitoring, uključujući i dugoročne učinke povezane s međudjelovanjem s drugim GMO-ima i okolišem;
- mandatno informiranje javnosti;

- osiguranje informacija kojima se dozvoljava identifikacija i detekcija GMO-a radi olakšavanja poslijetržišne inspekcije i kontrole;
- Ograničeno odobravanje pojedinih GMO-a, na maksimalno pet godina s mogućnošću prekida u slučaju pojave bilo kakve znanstveno utemeljene informacije o negativnom učinku odobrenog GMO-a;
- obveznu suglasnost Vijeća za GMO, koje čine stručnjaci iz tog područja za izdavanje odobrenja za određeni GMO i
- obvezu konzultiranja javnosti o odlukama za odobravanje GMO-a.

6.5. Kako je u Zakonu o GMO-u u BiH regulirano unošenje GMO-a u okoliš?

Na osnovu Zakona o GMO moguće je podnijeti zahtjev za unošenje GMO-a u okoliš radi eksperimentalnih razloga ili zbog stavljanja GMO-a na tržište.

Eksperimentalno unošenje GMO-a u okoliš u cijelosti je uređeno ovim zakonom, a može biti dopušteno radi izučavanja, istraživanja, demonstracije ili razvoja novih sorti i hibrida, GM biljaka, uz precizne mjere ograničenja koje je neophodno preduzeti u ograničavanju kontakta između GMO-a i populacije ili životne sredine u cjelini pri čemu se proučava ponašanje GMO-a u otvorenom okružju i njegovo međudjelovanje s drugim organizmima i okolišem.

Ako su rezultati eksperimentalnog unosa pozitivni, kompanija može podnijeti zahtjev za stavljanje **GMO-a na tržište**, tj. učiniti ga dostupnim trećim stranama bez naknade ili za naknadu. To je kasniji stadij u razvoju i uporabi GMO-a koji sadrži npr. transfer GMO-a bez naknade između komercijalnih partnera ili reklamiranje GMO-a. Dakle, GMO može biti stavljen na tržište iz razloga *namjernog unošenja u okoliš ili kao proizvod koji će se koristiti neposredno kao hrana i/ili hrana za životinje ili za preradu u drugi proizvod*. Stavljanje na tržište GMO-a je takođe striktno regulirano ovim Zakonom.

6.6. *Kako se procjenjuje rizik uslijed unošenja GMO-a u okoliš?*

Postupak procjene rizik uslijed unošenja GMO-a u okoliš obuhvaća pojedinačnu analizu svakog GMO-a i njegovog potencijalnog utjecaja na okoliš, stabilnost u okolišu i mogući utjecaj na ekosustav u koji se uvodi GMO, kao i njegov potencijalni utjecaj na biodiverzitet i zdravlje ljudi.

6.7. *Koji su razlozi za zabrinutost uslijed unošenja GMO-a u okoliš?*

Osnovni razlozi za zabrinutost uslijed unošenja GMO-a u okoliš su:

- a) mogućnost izravog širenja GMO-a u okolišu;
- b) mogućnost križanja GMO-a sa srodnim vrstama;
- c) mogući negativni učinak GMO-a na neciljane organizme, npr. korisne kukce;
- d) mogućnost dugotrajne prisutnosti promijenjenih gena u zemljištu nakon žetve GM usjeva;
- e) potencijalni negativni učinak GMO-a na biološku raznolikost;
- f) nepoznate promjene zbog moguće nestabilnosti genetske modifikacije i
- g) moguća povećana uporaba zaštitnih kemijskih sredstava.

Zbog svega navedenog, sadašnja znanstvena istraživanja posebno su usredotočena na: potencijalno štetni utjecaj unesenih GMO-a u okoliš na korisne kukce ili na bržu pojavu otpornih kukaca, potencijalno stvaranje novih biljnih patogena, prijenos gena za otpornost na totalne herbicide na druge biljke, pojavu korova otpornih na totalne herbicide, smanjenu primjenu plodoreda u određenim lokalnim slučajevima, potencijalno štetne posljedice određenog GMO na biološku raznolikost i druga slična praktična pitanja.

6.8. *Kako se ispravno označava proizvod koji se sastoji, sadrži ili je proizveden od GMO-a?*

Osim zahtjeva za mogućnost praćenja, Zakon o GMO-u u BiH uvodi obvezu označavanja (deklariranja) proizvoda koji se sastoji, sadrži ili je proizveden od GMO-a. Osnovni cilj uvođenja obveznog označavanja je informirati potrošače i korisnike o proizvodu, tako da će potrošači moći zaštititi svoje temeljno pravo na izbor, tj. moći će sami donositi odluku o tome žele li ili ne žele kupovati i konzumirati hranu koja sadrži GMO.

Tako će, prema Zakonu o GMO-u, za proizvode koji sadrže ili se sastoje od odobrenog GMO-a subjekti u poslovanju biti dužni osigurati:

- a) na oznaci (deklaraciji) zapakiranog proizvoda natpis: „Ovaj proizvod sadrži komponente genetski modificiranih organizama“ ili „Ovaj proizvod sadrži genetski modificiran (naziv organizma)“;
- b) na nezapakiranom proizvodu (npr. proizvodu u rinfuzi) ponuđenom krajnjem potrošaču oznaka „Ovaj proizvod sadrži genetski modificirane organizme“ ili „Ovaj proizvod sadrži genetski modificiran (naziv organizma)“ bude postavljena na proizvod ili neposredno uz proizvod.

Ista pravila u vezi s obvezom praćenja i označavanja (deklariranja) odnose se i na hranu za životinje (uključujući i razne vrste koncentrirane hrane za životinje koja sadrži GM soju), kako bi se farmerima osigurale točne informacije o sastavu i svojstvima hrane za životinje koju koriste za prehranu domaćih životinja.

6.9. Koji su izuzeci od zahtjeva za označavanje proizvoda koji se sastoje, sadrže ili su proizvedeni od GMO-a?

Konvencionalni proizvodi, tj. proizvodi koji u sebi ne sadrže genetske modifikacije, mogu biti nenamjerno kontaminirani GMO-om za vrijeme berbe, skladištenja, prijevoza ili prerade. To se ne odnosi na GMO. Uzimajući to u obzir, u Zakonu o GMO-u u BiH postavljeno je ograničenje (prag tolerantnosti) iznad kojeg konvencionalna hrana za ljude, kao i hrana namijenjena za prehranu stoke, mora biti označena kao proizvod koji se sastoji, sadrži ili je proizveden od GMO-a (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

Tako, prema Zakonu o GMO-u, konvencionalni proizvodi koji su „kontaminirani” sa GMO-om (ali isključivo GMO-om koji je prethodno odobren) ne podliježu obveznom praćenju i označavanju *ako sadrže tragove GMO-a ispod granice od 0,9 %*, pod uvjetom da je prisutnost tragova tog GMO-a tehnički neizbježna.

6.10. *Hoće li meso ili mlijeko životinje hranjene hranom za životinje koja se sastoji, sadrži ili je proizvedena od GMO-a također morati biti označeno kao genetski modificirano?*

Sukladno bh. Zakonu o GMO-u, a na temelju EU legislative kojom je regulisana ovo područje (Uredba (EC) br. 1829/2003), nije obvezno označavati proizvode kao što su meso, mlijeko i jaja dobiveni od životinja koje su hranjene GM hranom ili su liječene GM lijekovima.

6.11. *Jesu li pravila za označavanje proizvoda koji se sastoje, sadrže ili su proizvedeni od GMO-a koja propisuje Zakon o GMO-u u BiH sukladna s međunarodnim tržišnim pravilima?*

Pravila označavanja (deklariranja) proizvoda koji sadrže ili se sastoje od GMO-a koja su propisana Zakonom o GMO-u u BiH potpuno su sukladna sa zakonodavstvom EU kojim je uređeno ovo područje i uzimaju u obzir obveze Bosne i Hercegovine spram međunarodne trgovine, kao i Protokola iz Cartagene o biosigurnosti, posebno glede obveze uvoznika koji uvoze ovakve proizvode u BiH, kao i obveze pri potencijalnom izvozu iz BiH ovakvih proizvoda u treće zemlje. Zbog toga su pravila za označavanje (deklariranje) proizvoda koji sadrže ili se sastoje ili potječu od GMO-a potpuno usuglašena s pravilima Svjetske trgovinske organizacije (WTO), jer su: jasna, transparentna i ne diskriminirajuća (Trkulja *i sur.*, 2014.a).

6.12. *Postoji li u BiH standard za praćenje proizvodnje, kontrolu i sustav certificiranja i označavanja proizvoda s oznakom „bez GMO-a”?*

Bosna i Hercegovina uspostavila je standard za praćenje proizvodnje, kontrolu i sustav certificiranja i označavanja proizvoda s oznakom „bez GMO-a“ (*GMO-free*). Ovaj standard može se primjenjivati na proizvode na bazi biljaka, prerađevine i proizvode životinjskog podrijetla, a izrađen s ciljem da se potrošačima omogući sloboda izbora hrane i hrane za životinje.

Pravila za proizvodnju bez GMO-a za sve faze u hranidbenom lancu, kao i za korištenje odgovarajućih termina za potrebe označavanja, prezentiranja i oglašavanja, određena su u *Smjernicama za utvrđivanje procesa proizvodnje i označavanja hrane proizvedene bez GMO-a*, dok se kontrola usuglašenosti s oznakom „bez GMO-a” provodi u skladu s odredbama *Smjernica za kontrolu proizvodnje bez genetski modificiranih organizama (GMO) temeljenih na riziku*.

Da bi hrana nosila oznaku “bez GMO-a” ili drugu oznaku koja to implicira, za ishranu, aditive ili pomoćna sredstva u preradi hrane ne mogu se koristiti GMO-i i proizvodi koji se sastoje, sadrže ili su proizvedeni od GMO-a.

Rukovoditelji i/ili gospodarski subjekti koji plasiraju na tržište hranu i/ili hranu za životinje sukladno smjernicama trebaju osigurati odgovarajuće dokaze za praćenje poštivanja pravila koja su njima utvrđena. To podrazumijeva dokumentaciju o pripremi, tretiranju, preradi i miješanju hrane ili hrane za životinje kojom se potvrđuje da su u vezi s tim ispoštovani svi u smjernicama propisani zahtjevi. Kontrolu i certifikaciju usuglašenosti sa smjernicama mogu provoditi samo certifikacijska tijela koja posjeduju valjanu akreditaciju u skladu sa standardom ISO 17065.

7

POGLAVLJE

GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI – *Budući trendovi*

7.1. *Kakvi su budući trendovi u području genetski modificiranih organizama?*

Danas se ubrzano radi na daljnjem istraživanju i postupnom uvođenju tzv. druge i treće generacije genetski modificiranih biljaka s poboljšanom nutricionističkom kvalitetetom i novim tehnološkim i drugim svojstvima, kao što su odgođeno zrenje plodova voćaka, otpornost na stres, kao i tolerantnost na sušu, salinitet i nisku plodnost zemljišta, što sve zajedno otvara nove prilaze i mogućnosti za prevladavanje mnogih dobro poznatih ograničenja tropske poljoprivrede, a sve s ciljem proizvodnje većih količina hrane (Trkulja i sur., 2009, 2014a; Trkulja i Mihić Salapura, 2017). Osim toga, intenzivno se istražuju mogućnosti stvaranja novih transganih biljaka koje bi davale hranu obogaćenu novim hranjivim sastojcima, pa čak koja bi istodobno bila i lijek. Prema Trkulji i Rajčeviću (2007.), genetičko inženjerstvo može imati i potencijal za osiguranje posebnog kapaciteta tolerantnosti ili otpornosti na uzročnike bolesti biljaka.

Prema zagovornicima biotehnologije, novi pristup nadziranju biljnih patogena ima potencijal da spriječiti gubitke na usjevima i smanji primjenu pesticida, a može biti i veoma koristan za uzročnike biljnih bolesti koji se teško suzbijaju postojećim metodama.

S obzirom na značajan porast površina pod GM biljkama zabilježen u svijetu u prve 22 godine njihove komercijalizacije, 1996.-2017., u idućem razdoblju očekuje se daljnji rast površina pod GM biljkama. Evidentno je da biotehnologija nudi i vrlo značajne prednosti za povećanje učinkovitosti proizvodnje biogoriva i u industrijskim i u zemljama u razvoju, te da će ona biti glavni čimbenik razvoja proizvodnje biogoriva u budućnosti.

Međutim, odanost dobrim praksama uzgoja biljaka, kao što su plodored i upravljanje otpornošću na kukce i herbicide za GM

biljke, i dalje će ostati kritična točka kao što je bilo i u prvom desetljeću. Isto tako, mora se nastaviti praksa dobrog upravljanja uzgojem GM usjeva, posebno s južnim zemljama koje će biti nositeljice razvoja GM usjeva u idućem desetljeću.

Također, sve se više govori o uvođenju biotehnoloških inovacija u stočarstvu u idućem razdoblju, pri čemu se za glavne ciljeve navode: porast mliječnosti i prirast mesa u životinja, porast broja potomaka po jedinki, beskrajno umnažanje životinja ciljanih svojstava, povećanje otpornosti životinja na bolesti, isključivanje neželjenih svojstava (npr. rogoviti), povećanje brzine rasta (primjer lososa), proizvodnja lijekova u mlijeku, bolje iskorištavanje hrane, smanjene masnoće mesa, lakše aklimatiziranje u uvjetima uzgoja itd. Takvi ciljevi mogli bi se postići u budućnosti korištenjem različitih biotehnoloških metoda kao što su: umjetno osjemenjavanje, embriotransfer, kloniranje, hibridizacija i genetske modifikacije (Veladžić i sur., 2008.; ISAAA, 2012.).

Međutim, još uvijek je mnogo otvorenih pitanja u vezi s korištenjem genetski modificiranih životinja, pri čemu se navodi da ono nosi brojne rizike kao što su: utjecaj na dobrobit životinja, rizici u vezi s kloniranjem životinja, uporaba hormona rasta, prelaženje granica vrsta, odgovor prirode na smanjenje raznolikosti, prionska bolest (kravlje ludilo) i dr. (Veladžić i sur., 2008.), zbog čega korištenje genetski modificiranih životinja još uvijek nije zaživjelo u praksi.

Imajući u vidu sve navedeno, čini nam se da u idućem razdoblju, budući da smo svjedoci uzbudljivim i naizgled neograničenim mogućnostima znanosti, moramo više no ikad sudjelovati i u raspravi o etici takvih dramatičnih promjena. Naime, čini se da nas u vremenu koje dolazi više no ikad socijalna i etička pravda trebaju voditi k ispunjenju zadaće osiguranja dovoljnih količina hrane i energije, te sigurnosti i zdravstvene zaštite hrane, kao i zaštite okoliša i biološke raznolikosti te ukupne dobrobiti cjelokupnog čovječanstva, pri čemu *ne bi smjelo biti monopola na gene*, odnosno pri čemu najtemeljnije javno dobro - mora ostati javno dobro (Diouf, 2003.).

7.2. Umjesto zaključka

U vremenu pred nama, kada je poljoprivreda na pragu dosezanja još jedne prekretnice u povijesti, nagovještavajući značajne i uzbuđljive mogućnosti pokretanja nove zelene revolucije, čemu su danas svjedoci stotine milijuna ljudi, čini nam se posebno važnim da transparentna, precizna i objektivna procjena koristi i rizika u vezi s korištenjem tehnologije GMO mora biti dostupna najširoj javnosti. Isto tako, mora biti mnogo više izražena etička odgovornost znanstvenika, kao i komuniciranje o njihovim pronalascima na način koji je razumljiv laicima, pri čemu sami znanstvenici, kao i razna znanstvena društva, moraju imati najveću ulogu u izobrazbi cjelokupne javnosti o tehnologiji GMO-a i njezinim posljedicama te se mora osigurati *što sveobuhvatnije i kvalitetnije nadziranje* ove tehnologije (Trkulja i sur., 2005.). Za znanstvenike, ali i cjelokupno stanovništvo, ovo je veliki izazov koji zahtijeva mnogo opsežnija, transparentnija i angažiranija istraživanja, uključujući raspodjelu odlučivanja i profita na dosad potpuno nov način. Ovaj veliki izazov od nas traži praćenje, razvijanje i povezivanje predjela znanja i poveznica na kojima se susreću znanost, etika, zdravstvena zaštita i sigurnost hrane (Trkulja i sar., 2008).

Na kraju, smatramo korisnim podsjetiti se dijela iz Konvencije o biološkoj raznolikosti i UN-ovog Programa za okoliš (CBD i UNEP, 2003.), u kojem se navodi: "Pošto je biotehnologija tako revolucionarna znanost i razvila je veoma moćnu industriju, ona ima veliki potencijal da preoblikuje svijet oko nas, pri čemu već uveliko mijenja poljoprivredu i ono što većina nas konzumira. No, bilo koja veća greška može dovesti do tragičnih i možda trajnih promjena u prirodi. Iz tih razloga, *budući naraštaji sigurno će se vratiti u naše vrijeme i, ili će nam se zahvaliti, ili će nas proklinjati zbog ovoga što činimo - ili ne činimo - u vezi s GMO-ima i biosigurnošću*".

LITERATURA

- Akiyoshi, D. E., Klee, H., Amasino, R. M., Nester, E. W., Gordon, M. P. (1984): T-DNA of *Agrobacterium tumefaciens* encodes an enzyme of cytokinin biosynthesis. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 81: 5994–5998.
- Annerberg, R. (2003): The Present Status of the Use of Genetically Modified Crops in the EU - the Current Situation and a Vision for the Future. Acta Agriculturae Scandinavica, 53, Supp. 1: 13–17.
- Anterola, A. M., Lewis, N. G. (2002): Trends in lignin modification: a comprehensive analysis of the effects of genetic manipulations/mutations on lignification and vascular integrity. Phytochemistry, 61: 221–294.
- Baertlein, D. A., Lindow, S. E., Panopoulos, N. J., Lee, S. P., Mindrinos, M. N., Chen, T. H. H. (1992): Expression of a bacterial ice nucleation gene in plants. Plant Physiology, 100: 1730–1736.
- Ballian, D. (2005): Primjena molekularnih istraživanja u šumarstvu. U: “Uvod u genetičko inženjerstvo i biotehnologiju”, (Urednici) K. Bajrović, A. Jevrić-Čaušević, R. Hadžiselimović. INGEB, Sarajevo, 215–231.
- Ballian, D. (2007): Umjetna otpornost šumskog drveća na temelju transgena. Naše šume, UŠIT Sarajevo, 10/11: 16–19.
- Ballian, D. (2008): Genetika sa oplemenjivanjem šumskog drveća – priručnik sa teorijskim osnovama. Šumarski fakultet – INGEB Sarajevo. Univerzitetski udžbenik.
- Ballian, D. (2009): Bioetika i genetičko zagađenje šuma. Inegrativna bioetika i interkulturalnost. Zbornik radova: 285–296. Bioetičko društvo u BiH, Sarajevo.

- Ballian, D., Kajba, D. (2011): Oplemenjivanje šumskog drveća i očuvanje njegove genetske raznolikosti. Univerziteti – Sveučilišni udžbenik (str. 299).
- Bishop-Hurley, S. L., Zabkiewicz, J. A., Grace, L., Gardner, R. C., Wagner, A., Walter, C. (2001): Conifer GE: transgenic *Pinus radiata* (D. Don) and *Picea abies* (Karst) plants are resistant to the herbicide Buster. *Plant Cell Reports*, 20: 235–243.
- Bizily, S. P., Rugh, C. L., Meagher, R. B. (2000): Phytodetoxification of hazardous organomercurials by genetically engineered plants. *Nature Biotechnology*, 18: 213–217.
- Boerjan, W. (2005): Biotechnology and the domestication of forest trees. *Current Opinion in Biotechnology*, 16: 159–166.
- Brasileiro, A., Tourneur, C., Leple, J.-C., Combes, V. R., Jouanin, L. (1992): Expression of the mutant *Arabidopsis thaliana* acetolactate synthase gene confers chlorsulfuron resistance to transgenic poplar plants. *Transgenic Research*, 1: 133–141.
- CBD and UNEP (2003): Biosafety and the Environment: An introduction to the Cartagena Protocol on Biosafety. Convention on Biological Diversity and the United Nations Environment Programme. <http://www.biodiv.org/doc/press/presskits/bs/cpbs-unesp-cbd-en.pdf>.
- Chang, H.-M., Sarkanen, K. V. (1973): Species variation in lignin: effects of species on the rate of Kraft delignification. *TAPPI Journal*, 56: 132–134.
- Che, D. S., Meagher, R. B., Heaton, A. C. P., Lima, A., Rugh, C. L., Merkle, S. A. (2003): Expression of mercuric ion reductase in eastern cottonwood (*Populus deltoides*) confers mercuric ion reduction and resistance. *Plant Biotechnology Journal*, 1: 311–319.
- Che, D. S., Meagher, R. B., Rugh, C. L., Kim, T., Heaton, A. C. P., Merkle, S. A. (2006): Expression of organomercurial lyase in eastern cottonwood enhances organomercury

- resistance *in vitro*. Cellular & Developmental Biology-Plant, 42: 228–234.
- Chupeau, M. C., Pautot, V., Chupeau, Y. (1994): Recovery of transgenic trees after electroporation of poplar protoplasts. Transgenic Research, 3 (1): 13–19.
- Clive, J. (2013): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) in Briefs.
- Coleman, H. D., Canam, T., Kang, K. Y., Ellis, D. D., Mansfield, S. D. (2007): Overexpression of UDP-glucose pyrophosphorylase in hybrid poplar affects carbon allocation. Journal of Experimental Botany, 58: 4257–4268.
- Comai, L., Sen, L. C., Stalker, D. M. (1983): An altered *aroA* gene product confers resistance to the herbicide glyphosate. Science, 221: 370–371.
- Confalonieri, M., Alegro, G., Balestrazzi, A., Fogher, C., Delledonne, M. (1998): Regeneration of *Populus nigra* transgenic plants expressing a Kunitz proteinase inhibitor (KTI3) gene. Molecular Breeding, 4: 137–145.
- Cushman, J. C., Bohnert, H. J. (2000): Genomic approaches to plant stress tolerance. Current Opinion in Plant Biology, 3: 117–124.
- Davis, M. F., Tuskan, G. A., Payne, P., Tschaplinski, T. J., Meilan, R. (2006): Assessment of populus wood chemistry following the introduction of a Bt toxin gene. Tree Physiology, 26: 557–564.
- De Kam, M. (1984): *Xanthomonas campestris* pv. *populi*, the causal agent of bark necrosis in poplar. European Journal of Plant Pathology, 90: 13–22.
- Delledonne, M., Alegro, G., Belenghi, B., Balestrazzi, A., Picco, F., Levine, A., Zelasco, S., Caligari, P., Confalonieri, M. (2001): Transformation of white poplar (*Populus alba* L.) with a novel *Arabidopsis thaliana* cysteine proteinase inhibitor and analysis of insect pest resistance. Molecular Breeding, 7: 35–42.

- Di Baccio, D., Tognetti, R., Sebastiani, L., Vitagliano, C. (2003): Responses of *Populus deltoids* × *Populus nigra* (*Populus* × *euramericana*) clone I-214 to high zinc concentrations. *New Phytologist*, 159: 443–452.
- DiCosty, U. R., Whalon, M. E. (1997): Selection of Colorado potato beetle resistant to CryIIIa on transgenic potato plants. *Resistant Pest Management Newsletter*, 9: 33–34.
- Dimitrijević, M., Petrović, S. (2004): Genetički modifikovani organizmi – pitanja i dileme. Zelena mreža Vojvodine, Novi Sad.
- Diouf, J. (2003): Genetically Modified Crops - Why? Why not? *Acta Agriculturae Scandinavica*, 53, Supp. 1: 3–7.
- Donahue, R. A., Davis, T. D., Michler, C. H., Riemenschneider, D. E., Carter, D. R., Marquardt, P. E., Sankhla, N., Sankhla, D., Haissig, B.E., Isebrands, J.G. (1994): Growth, photosynthesis, and herbicide tolerance of genetically modified hybrid poplar. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 2377–2383.
- Edwards, R., Dixon, D. P., Walbot, V. (2000): Plant glutathione S-transferases: enzymes with multiple functions in sickness and in health. *Trends in Plant Science*, 5: 193–198.
- Egziabher, T. B. G. (2001): The inappropriateness of the patent system for life forms and processes. *Third World Network*.
- El-Khatib, R. T., Hamerlynck, E. P., Galardo, F., Kirby, E. G. (2004): Transgenic poplar characterized by ectopic expression of a pine cytosolic glutamine synthetase gene exhibits enhanced tolerance to water stress. *Tree Physiology*, 24: 729–736.
- EFSA Panel on GMO (2010): Guidance on the environmental risk assessment of genetically modified plants. *EFSA Journal*, 8 (11): 1879 [111 pp.].
- European Commission (2018): EU Register of authorised GMOs. http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en_new.cfm

- Foyer, C. H., Noctor, G., Lelandais, M., Lescure, J. C., Valadier, M. H., Boutin, J. P., Horton, P. (1994): Short-term effects of nitrate, nitrite and ammonium assimilation on photosynthesis, carbon partitioning and protein-phosphorylation in maize. *Planta*, 192: 211–220.
- FAO/WHO (1996): Biotechnology and food safety. Report of a Joint FAO/WHO Consultation. FAO Food and Nutrition Paper No. 61. FAO, Rome.
- FAO/WHO (2011): Codex Alimentarius Commission, Procedural Manual (Twentieth edition). Joint FAO/WHO Food Standards Programme, FAO, Rome.
- Futuyma, D. J. (1998): *Evolutionary Biology* (3rd ed.). Sinauer Associates, Massachusetts, USA.
- Georges, F., Saleem, M., Cutler, A. J. (1990): Design and cloning of a synthetic gene for the flounder antifreeze protein and its expression in plant cells. *Gene*, 91: 159–165.
- Giorcelli, A., Sparvoli, F., Mattivi, F., Tava, A., Balestrazzi, A., Vrhovsek, U., Caligari, P., Bollini, R., Confalonieri, M. (2004): Expression of the stilbene synthase (StSy) gene from grapevine in transgenic white poplar results in high accumulation of the antioxidant resveratrol glucosides. *Transgenic Research*, 13: 203–214.
- Gould, F. (1998): Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. *Annual Review of Entomology*, 43: 701–726.
- Grace, L. J., Charity, J. A., Gresham, B., Kay, N., Walter, C. (2005): Insect-resistant transgenic *Pinus radiata*. *Plant Cell Reports*, 24: 103–111.
- Gullner, G., Komives, T., Rennenberg, H. (2001): Enhanced tolerance of transgenic poplar plants overexpressing gamma-glutamylcysteine synthetase towards chloroacetanilide herbicides. *Journal of Experimental Botany*, 52: 971–979.
- Haworth, R. H., Spiers, A. G. (1988): Characterisation of bacteria from poplars and willows exhibiting leaf spotting and

- stem cankering in New Zealand. *Forest Pathology*, 18: 426–436.
- Hu, J. J., Tian, Y. C., Han, Y. F., Li, L., Zhang, B. E. (2001): Field evaluation of insect-resistant transgenic *Populus nigra* trees. *Euphytica*, 121: 123–127.
- Hu, L., Lu, H., Liu, Q., Chen, X., Jiang, X. (2005): Overexpression of mt1D gene in transgenic *Populus tomentosa* improves salt tolerance through accumulation of mannitol. *Tree Physiology*, 25: 1273–1281.
- Hu, W.-J., Harding, S. A., Lung, J., Popko, J. L., Ralph, J., Stokke, D. D., Tsai, C.-J., Chiang, V. L. (1999): Repression of lignin biosynthesis promotes cellulose accumulation and growth in transgenic trees. *Nature Biotechnology*, 17: 808–815.
- ISAAA (2012): Pocket K No 40: Biotechnology for the livestock industry. <http://www.isaaa.org/kc>.
- ISAAA (2017a): Global status of commercialized biotech/GM crops in 2017: Biotech crop adoption surges as economic benefits accumulate in 22 years. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Brief No. 53. ISAAA, Ithaca, NY, USA, pp. 1–143.
- ISAAA (2017b): Executive summary: Global status of commercialized biotech/GM crops in 2017. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Brief No. 53. ISAAA, Ithaca, NY, USA, pp. 1–16.
- James, R. R. (1997): Utilizing a social ethics toward the environment in assessing genetically engineered insect-resistance in trees. *Agriculture Human Values*, 14: 237–249.
- James, R. R., Croft, B. A., Strauss, S. H. (1999): Susceptibility of the cottonwood leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) to different strains and transgenic toxins of *Bacillus thuringiensis*. *Environmental Entomology*, 28: 108–109.

- Jelenić, S. (2004a): Biljke oplemenjene genetičkim inženjersvom u komercijalnoj uporabi. Zavod za molekularnu biologiju, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Jelenić, S. (2004b): GMO – Teorija, praksa i procjena rizika. Zavod za molekularnu biologiju, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Jouanin, L., Goujon, T., de Nadai, V., Martin, M.-T., Mila, I., Valet, C., Pollet, B., Yoshinaga, A., Chabbert, B., Petit-Conil, M., Lapiere, C. (2000): Lignification in transgenic poplars with extremely reduced caffeic acid O-methyltransferase activity. *Plant Physiology*, 123: 1363–1374.
- Kajba, D., Ballian, D. (2007): Šumarska genetika. Šumarski fakultet Zagreb-Šumarski fakultet Sarajevo. Sveučilišni- Univerziteti udžbenik (str. 283).
- Kawazu, T. (2004): Development of environmental-stress-tolerant eucalyptus and forest plantations. *Japan TAPPI Journal*, 58: 55–61.
- Lachance, D., Hamel, L.-P., Pelletier, F., Valero, J., Bernier-Cardou, M., Chapman, K., van Frankenhuyzen, K., Seguin, A. (2007): Expression of a *Bacillus thuringiensis* cry1Ab gene in transgenic white spruce and its efficacy against the spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*). *Tree Genetics & Genomes*, 3: 153–167.
- Lee, K. H., Isenhardt, T. M., Schultz, R. C. (2003): Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58: 1–8.
- Lelieveld, J., Crutzen, P. J. (1990): Influences of cloud photochemical processes on tropospheric ozone. *Nature*, 343: 227–232.
- Luttrell, R. G., Caprio, M. (1996): Implementing resistance management. In: "Proceedings of Beltwide Cotton Production Research Conference (vol. 1), Nashville, Tennessee, USA, 9–12 January 1996, pp. 161–163. National Cotton Council, Memphis, Tennessee, USA.

- Mansfield, S. D., Weineisen, H. (2007): Wood fibre quality and Kraft pulping efficiencies of trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx) clones. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 27: 35–151.
- Maredia, K. M. (1997): Sustaining host plant resistance derived through conventional and biotechnological means. In: “Insect resistant maize: recent advances and utilization”. Mihm, J. A. (ed.). *Proceedings of an International Symposium held at the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) 27 November–3 December, 1994*, pp. 175–179. CIMMYT, Mexico City, Mexico.
- McGaughey, W. H., Gould, F., Gelernter, W. (1998): Bt resistance management. *Nature Biotechnology*, 16: 144–146.
- Meagher, R. B. (2000): Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Current Opinions in Plant Biology*, 3: 153–162.
- Meng, L., Li, H. S., Jin, D. M., Cui, D. C., Wang, B. (2004): Transformation of *Populus deltoids* with CH5B gene. *Biotechnology Bulletin*, 3: 48–51.
- Mentag, R., Luckevich, M., Morency, M.-J., Seguin, A. (2003): Bacterial disease resistance of transgenic hybrid poplar expressing the synthetic antimicrobial peptide D4E1. *Tree Physiology*, 23: 405–411.
- Mittler, R., Shulaev, V., Lam, E. (1995): Coordinated activation of programmed cell death and defense mechanisms in transgenic tobacco plants expressing a bacterial proton pump. *Plant Cell*, 7: 29–42.
- Mohamed, R., Meilan, R., Ostry, M. E., Michler, C. S., Strauss, S. H. (2001): Bacterio-opsin gene overexpression fails to elevate fungal disease resistance in transgenic poplar (*Populus*). *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 1–8.
- Murata, N., Ishizaki-Nishizawa, O., Higashi, S., Hayashi, H., Tasaka, Y., Nishida, I. (1992): Genetically engineered alteration in the chilling sensitivity of plants. *Nature*, 365: 710–713.

- Nwanze, K. F., Seetharama, N., Sharma, H. C., Stenhouse, J. W. (1995): Biotechnology in pest management: improving resistance in sorghum to insect pests. *African Crop Science Journal*, 3 (2): 209–215.
- OECD (2010): Safety Assessment of Transgenic Organisms: OECD Consensus Documents. Volume 4, 1–335. OECD Publishing.
- Ostojić, N. (1995): Genetsko inženjerstvo – značajna pomoć u rešavanju aktuelnih problema savremene poljoprivrede i u borbi čovečanstva protiv rastuće opasnosti od gladi. *Biljni lekar* 6: 648–650, Novi Sad.
- Park, Y. W., Baba, K., Furuta, Y., Iida, I., Sameshima, K., Arai, M., Hayashi, T. (2004): Enhancement of growth and cellulose accumulation by overexpression of xyloglucanase in poplar. *FEBS Letters*, 564: 183–187.
- Pascual, M. B., Jing, Z. P., Kirby, E. G. Canovas, F. M., Galardo, F. (2008): Response of transgenic poplar overexpressing cytosolic glutamine synthetase to phosphinothricin. *Phytochemistry*, 69 (2): 382–389.
- Pasonen, H. -L., Seppenen, S. -K., Degefu, Y., Rytkenen, A., von Weissenberg, K., Pappinen, A. (2004): Field performance of chitinase transgenic silver birches (*Betula pendula*): resistance to fungal diseases. *Theoretical and Applied Genetics*, 109: 562–570.
- Pilate, G., Guiney, E., Holt, K., Petit-Conil, M., Lapierre, C., Leplé, J. -C., Pollet, B., Mila, I., Webster, E. A., Marstorp, H. G., Hopkins, D. W., Jouanin, L., Boerjan, W., Schuch, W., Cornu, D., Halpin, C. (2002): Field and pulping performances of transgenic trees with altered lignification. *Nature Biotechnology*, 20: 607–612.
- Ray, T. B. (1984): Site of action of chlorsulfuron: inhibition of valine and isoleucine biosynthesis in plants. *Plant Physiology*, 75: 827–831.
- Rizhsky, L., Mittler, R. (2001): Inducible expression of bacterio-opsin in transgenic tobacco and tomato plants. *Plant Molecular Biology*, 46 (3): 313–323.

- Riemenschneider, D. E., Haissig, B. E. (1991): Producing herbicide-tolerant *Populus* using genetic transformation mediated by *Agrobacterium tumefaciens* C58: a summary of recent research. In: "Woody plant biotechnology". M. R. Ahuja (ed.), pp. 247–263. Plenum Press, New York, USA.
- Rockwood, D. L., Naidu, C. V., Carter, D. R., Rahmani, M., Spriggs, T. A., Lin, C., Alker, G. R., Isebrands, J. G., Segrest, S. A. (2004): Short-rotation woody crops and phytoremediation: Opportunities for agroforestry? *Agroforest Systems*, 61: 51–63.
- Roush, R. T. (1997): Bt-transgenic crops: just another pretty insecticide or a chance for a new start in resistance management? *Pesticide Science*, 51: 328–334.
- Roush, R. T., Shelton, A. M. (1997): Assessing the odds: The emergence of resistance to Bt transgenic plants. *Nature Biotechnology*, 15: 816–817.
- Sanvido, O., Stark, M., Romeis, J., Bigler, F. (2006): Ecological impacts of genetically modified crops - experiences from ten years of experimental field research and commercial cultivation. *Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART*, Zurich.
- Schnoor, J. L., Licht, L. A., McCutcheon, S. C., Wolfe, N. L., Carreira, L. H. (1995): Phytoremediation of contaminated soils and sediments. *Environmental Science Technology*, 29: 318–323.
- Serrano, R., Mulet, J. M., Rios, G., Marquez, J. A., de Larrinoa, I. F., Leube, M. P., Mendizabal, I., Pascual-Ahuir, A., Proft, M., Ros, R., Montesinos, C. (1999): A glimpse of the mechanisms of ion homeostasis during salt stress. *Journal of Experimental Botany*, 50: 1023–1036.
- Stewart, J. J., Kadla, J. F., Mansfield, S. D. (2006): The influence of lignin chemistry and ultrastructure on the pulping efficiency of clonal aspen (*Populus tremuloides* Michx.). *Holzforschung*, 60: 111–122.
- Strand, S. E., Dossett, M., Harris, C., Wang, X. P., Doty, S. L. (2005): Mass balance studies of volatile chlorinated

- hydrocarbon phytoremediation. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 60: 325–330.
- Tang W., Charles T. M., Newton R. J. (2005): Overexpression of the pepper transcription factor CaPF1 in transgenic Virginia pine (*Pinus virginiana* Mill.) confers multiple stress tolerance and enhances organ growth. *Plant Molecular Biology*, 59: 603–617.
- Tang, W., Tian, Y. (2003): Transgenic loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plants expressing a modified delta-endotoxin gene of *Bacillus thuringiensis* with enhanced resistance to *Dendrolimus punctatus* Walker and *Crypyothelea formosicola* Staud. *Journal of Experimental Botany*, 54: 835–844.
- Tarasjev, A., Stojković, O., Crnobrnja-Isailović, J. (2006): Etički aspekti rada nacionalnog saveta za biološku sigurnost. U: “Bioetika kod nas i u svetu”, Zbornik radova sa naučnog skupa održanog u SANU 20.10.2006. godine, str. 131–140. Društvo genetičara Srbije, Beograd i Srpska akademija nauka i umetnosti.
- Thompson, M. A., Schnepf, H. E., Feitelson, J. S. (1995): Structure, function and engineering of *Bacillus thuringiensis* toxins. In: “Genetic Engineering” Vol. 17. J.K. Setlow (ed.), pp. 99–117. Plenum Press, New York, USA.
- Tournier, V., Grat, S., Marque, C., El Kayal, W., Penchel, R., de Andrade, G., Boudet, A.-M., Teulières, C. (2003): An efficient procedure to stably introduce genes into an economically important pulp tree (*Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla*). *Transgenic Research*, 12: 403–411.
- Trkulja, V. (2015): Genetički modifikovani organizmi (GMO) – aktuelno stanje i metode detekcije. *Časopis Vještak iz oblasti teorije i prakse vještačenja*, 1 (2): 175–180.
- Trkulja, V., Mihić Salapura Jelena (2017): Genetički modifikovani organizmi – aktuelno stanje u svijetu, Evropskoj uniji i BiH. XIV Simpozijum o zaštiti bilja u Bosni i Hercegovini, Zbornik rezimea: 45–47, Mostar.

- Trkulja, V., Mihić-Salapura Jelena, (2018): Genetički modifikovani organizmi – aktuelno stanje u svijetu, Evropskoj uniji i Bosni i Hercegovini. The Sixth International Academic Conference “Science and Practice of Business Studies” Banja Luka, Collection of Papers, 1: 372–379.
- Trkulja, V., Mihić-Salapura Jelena, Kovačić-Jošić Dragana, Ćurković Bojana, Vuković Bojana, Vasić Jelena, Babić Gordana (2017): Rezultati analiza uzoraka hrane i hrane za životinje na prisustvo genetički modifikovanih organizama (GMO) tokom 2015. i 2016. godine. The Fifth International Academic Conference “Science and Practice of Business Studies” Banja Luka, Collection of Papers, 1: 442–449.
- Trkulja, V., Radanović, S., Mihić Salapura, J. (2015): Procjena rizika od genetički modifikovanih organizama. Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Odeljenje prirodno-matematičkih i tehničkih nauka. Naučni skup: „Genetički modifikovani organizmi (GMO) – naučni i etički aspekti, proizvodnja i korišćenje“. Knjiga 26: 185–201.
- Trkulja, V., Rajčević, B. (2007): Korišćenje biotehnologije u zaštiti biljka od prouzrokovala bolesti. IV Simpozijum o zaštiti bilja u BiH. Zbornik rezimea: 43–45, Teslić.
- Trkulja, V., Stojčić, J., Radanović, S., Rajčević, B. (2006): Korišćenje biotehnologije u zaštiti bilja: zašto da, zašto ne? III Simpozijum o zaštiti bilja u BiH. Zbornik rezimea: 44–46, Neum.
- Trkulja, V., Stojčić, J., Rajčević, B., Peljto Amela, Ostojić, I. (2009): Genetički modifikovane biljke – aktuelno stanje u svijetu i Bosni i Hercegovini. VI Simpozijum o zaštiti bilja u Bosni i Hercegovini, Tuzla. Zbornik rezimea: 16–18.
- Trkulja, V., Stojčić, J., Zavišić, Nada (2008): Genetički modifikovane biljke: juče, danas, sutra. Genetically modified plants: yesterday, today, tomorrow. II Međunarodni kongres “Ekologija, zdravlje, rad, sport”. Zbornik radova: 347–350, Banja Luka.

- Trkulja, V., Vidovoć, S., Stojčić, J., Rajčević, B. (2005): Rezultati prvih istraživanja prisustva GMO u hrani biljnog porijekla u Republici Srpskoj. I savetovanje biologa Republike Srpske. Zbornik rezimea: 11–12, Banja Luka.
- Trkulja, V., Bajrović, K., Vidović, S., Ostojić, I., Terzić, R., Ballian, D., Subašić, Đ., Mačkić, S., Radović, R., Čolaković, A. (2014a): Genetički modifikovani organizmi (GMO) i biosigurnost. Uprava Bosne i Hercegovine za zaštitu zdravlja bilja i Agencija za bezbjednost hrane Bosne i Hercegovine.
- Trkulja, V., Bajrović, K., Vidović, S., Ostojić, I., Terzić, R., Ballian, D., Subašić, Đ., Mačkić, S., Radović, R., Čolaković, A. (2014b): Priručnik za uzorkovanje reproduccionog materijala bilja i proizvoda koji sadrže i/ili se sastoje ili potiču od genetički modifikovanih organizama (GMO). Agencija za bezbjednost hrane Bosne i Hercegovine i Uprava Bosne i Hercegovine za zaštitu zdravlja bilja.
- UNEP (1995): UNEP International Technical Guidelines for Safety in Biotechnology. Division of Biosafety and Biotechnology United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.
- Veladžić, M., Čaklovica, F., Fejzić, N., Kadrić, M., Smajlović, M. (2008): Genetski modificirani organizmi. Naučna i univerzitetska knjiga, Univerzitet u Sarajevu.
- Von Schwartzenberg, K., Dumas, P., Jouanin, L., Pilate, G. (1994): Enhancement of the endogenous cytokinin concentration in poplar by transformation with *Agrobacterium* T-DNA gene ipt. *Tree Physiology*, 14: 27–35.
- Wagner, A., Ralph, J., Akiyama, T., Flint, H., Phillips, L., Torr K., Nanayakkara, B., Te Kiri, L. (2007): Exploring lignification in conifers by silencing hydroxycinnamoyl-CoA: shikimate hydroxycinnamoyltransferase in *Pinus radiata*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: 11856–11861.

- Waigmann, E., Paoletti, C., Davies, H., Perry, J., Kärenlampi, S., Kuiper, H. (2012). Special issue: Risk assessment of Genetically Modified Organisms (GMOs). *EFSA Journal*, 10 (10): s1008.
- Zhao, S. M., Zu, G. C., Liu, G. Q., Huang, M. R., Xu, J. X., Sun, Y. R. (1999): Introduction of rabbit defensin NP-1 gene into poplar (*P. tomentosa*) by *Agrobacterium* - mediated transformation. *Acta Genetica Sinica*, 26 (6): 711–714.
- Zhu, J. K. (2001): Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6: 66–71.

DODATAK 1.

Vijeće za genetski modificirane organizme

Na temelju čl. 55. i 56. Zakona o GMO-u („Službeni glasnik BiH“, broj 23/09), Vijeće ministara Bosne i Hercegovine je, na prijedlog Agencije, na 99. sjednici održanoj 24. 9. 2009., donijelo **Odluku o imenovanju članova Vijeća za genetski modificirane organizme** (u daljnjem tekstu: Vijeće za GMO), koja je objavljena u „**Službenom glasniku BiH**“, broj 92/09 od 30. 10. 2009. godine. Tom se odlukom imenuju članovi Vijeća za GMO, utvrđuju zadaci i obveze Vijeća za GMO, način rada, uvjeti za rad, naknade te pravovremeno izvješće o godišnjem radu koje se podnosi Agenciji, a koja o tome informira Vijeće ministara BiH. Imenovani članovi Vijeća za GMO su:

- prof. dr. sc. Vojislav Trkulja
- prof. dr. sc. Rifet Terzić
- prof. dr. sc. Ivan Ostojić
- prof. dr. sc. Kasim Bajrović
- prof. dr. sc. Dalibor Ballian
- prof. dr. sc. Stojko Vidović
- prof. dr. sc. Đemo Subašić.

Prva, konstituirajuća sjednica Vijeća za GMO održana je 22. 10. 2009. u službenim prostorijama Agencije za sigurnost hrane BiH u Mostaru. Sjednici su, uz izabrane članove Vijeća za GMO, bili nazočni i predstavnici Agencije za sigurnost hrane BiH, koje je predvodio doc. dr. sc. Sejad Mačkić, ravnatelj Agencije.

Na kontituirajućoj sjednici usvojen je Poslovnik o radu Vijeća za GMO, koji je precizno i detaljno izrađen sukladno Zakonu o GMO-u („Službeni glasnik BiH“, broj 23/09).

Za predsjednika Vijeća za GMO izabran je prof. dr. Vojislav Trkulja, za prvoga zamjenika prof. dr. sc. Rifet Terzić, a za drugoga zamjenika prof. dr. sc. Ivan Ostojić.

Svi nazočni prvoj sjednici Vijeća za GMO suglasili su se da je ovo vrlo bitan dan kad su u pitanju razvoj i unaprjeđenje znanosti, sigurnost hrane i niz drugih pitanja koja se otvaraju i koja će tražiti odgovore u čitavoj Bosni i Hercegovini, ujedno vrlo

važan dan za državu Bosnu i Hercegovinu koja teži k europskim i svjetskim integracijama.

Mandat navedenim članovima Vijeća za GMO istekao je u listopadu 2013. godine, ali su oni nastavili raditi u tehničkom mandatu do 6. 8. 2015.

Na temelju čl. 55. i 56. Zakona o GMO-u („Službeni glasnik BiH“, broj 23/09), Vijeće ministara BiH je, na prijedlog Agencije, na 17. sjednici održanoj 30. 7. 2015., donijelo **Odluku o imenovanju članova Vijeća za genetski modificirane organizme**, koja je objavljena u „**Službenom glasniku BiH**“, broj 67/15 od 25. 8. 2015. godine. Tom su odlukom imenovani članovi Vijeća za GMO:

- prof. dr. sc. Vojislav Trkulja
- prof. dr. sc. Rifet Terzić
- prof. dr. sc. Ivan Ostojić
- prof. dr. sc. Faruk Čaklovica
- prof. dr. sc. Dalibor Ballian
- prof. dr. sc. Stojko Vidović
- prof. dr. sc. Ahmed Džubur.

Konstituirajuća sjednica Vijeća za GMO održana je 6. 8. 2015. godine u službenim prostorijama Agencije u Mostaru. Osim izabranih članova Vijeća za GMO, sjednici su bili nazočni i predstavnici Agencije. Za predsjednika Vijeća za GMO izabran je prof. dr. sc. Vojislav Trkulja, za prvoga zamjenika prof. dr. sc. Rifet Terzić, a za drugoga zamjenika prof. dr. sc. Ivan Ostojić.

Podzakonski akti

Agencija za sigurnost hrane BiH, u suradnji s Vijećem za genetski modificirane organizme, pripremila je set pravilnika koji su prošli svu zakonsku proceduru izrade te ih je donijelo Vijeće ministara BiH. Sljedeći pravilnici objavljeni su u „Službenom glasniku BiH“:

- Pravilnik o načinu vođenja jedinstvenog registra genetski modificiranih organizama („Službeni glasnik BiH“, broj 17/12);
- Pravilnik o uspostavi sustava za razvoj i dodjelu jedinstvenih kodova za genetski modificirane organizme („Službeni glasnik BiH“, broj 68/12);

- Pravilnik o uvjetima i postupku izdavanja odobrenja za stavljanje genetski modificirane hrane i hrane za životinje prvi put na tržište Bosne i Hercegovine i zahtjevima koji se odnose na njihovu sljedivost i označavanje („Službeni glasnik BiH“, br. 78/12 i 62/15);
- Pravilnik o sadržaju prijave i tehničke dokumentacije za stavljanje na tržište, uvjetima označavanja i pakiranja genetski modificiranih organizama ili proizvoda koji sadrže i/ili se sastoje ili potječu od genetski modificiranih organizama („Službeni glasnik BiH“, broj 78/12);
- Pravilnik o sadržaju i opsegu procjene rizika za stavljanje na tržište genetski modificiranih organizama ili proizvoda koji sadrže i/ili se sastoje ili potječu od genetski modificiranih organizama i metodologija za izradu procjene rizika („Službeni glasnik BiH“, broj 79/12);
- Pravilnik o uvjetima plana praćenja (monitoringa) utjecaja genetski modificiranih organizama ili proizvoda koji sadrže i/ili se sastoje ili potječu od genetski modificiranih organizama i njihove uporabe („Službeni glasnik BiH“, broj 64/14);
- Pravilnik o postupku ocjenjivanja i ovlašćivanja laboratorija za ispitivanje, kontrolu i praćenje genetski modificiranih organizama i proizvoda koji se sastoje, sadrže ili potječu od genetski modificiranih organizama („Službeni glasnik BiH“, broj 73/17).

Navedenim pravilnicima se, uz ostalo, uređuje procedura podnošenja zahtjeva za stavljanje na tržište GMO hrane i hrane za životinje te izdavanje rješenja o odobrenju za stavljanje na tržište GMO hrane i hrane za životinje uzimajući u obzir mišljenje Vijeća za GMO, sve važeće propise i druge činjenice važne za donošenje rješenja o odobrenju.

Cjelokupni postupak izdavanja rješenja o odobrenju za stavljanje na tržište GMO hrane i hrane za životinje vodit će se uz stroge mjere kontrole i transparentnosti te stalni stručni nadzor Vijeća za GMO.

Protokol o suradnji

Dana 20. 4. 2011. godine potpisan je **Protokol o suradnji za razvoj ovlaštenih ispitnih laboratorija za genetski modificirane organizme u BiH** između Agencije za sigurnost hrane BiH i talijanskog instituta *Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Regioni Lazio e Toscana* (IZSLT) iz Rima, u sklopu kojeg je referentni laboratorij za GMO.

Prema Protokolu o suradnji, IZSLT će pružiti podršku BiH u uspostavi referentnih laboratorija u BiH i služiti će kao potvrdni laboratorij za analize GMO-a, kada je to potrebno. IZSLT će omogućiti i obuke za donositelje odluka, obuke za inspektore i laboratorijsko osoblje, kratkoročnu misiju laboratorijskog stručnjaka iz zemlje članice u laboratorij za GMO u BiH, podršku u pripremi službenih laboratorija u BiH za sudjelovanje u usporednim shemama testiranja te podršku u izradi nacionalnog plana kontrole za GMO. Protokolom se osigurava da Institut kao referentni laboratorij EU za genetski modificirane organizme bude referentni/potvrdni laboratorij za Bosnu i Hercegovinu dok jedan od laboratorija u BiH ne dosegne razinu referentnosti.

Sve dogovorene aktivnosti bit će realizirane putem projekta Svjetske banke ARDP u tri projektna zadatka koja pokrivaju većinu potrebnih obuka svih sudionika u sustavu kontrole GMO-a u BiH utvrđenih člankom 3. Zakona o GMO-u („Službeni glasnik BiH“, broj 23/09), a uključuju i potrebne obuke stručnog osoblja sva četiri ovlaštena ispitna laboratorija u BiH.

Vijeće ministara BiH je na 155. sjednici, održanoj 13. 7. 2011., godine **razmotrilo i usvojilo Izvješće Agencije o potpisanom Protokolu o suradnji** za razvoj ovlaštenih ispitnih laboratorija za genetski modificirane organizme i aktivnostima na uspostavi sustava za kontrolu genetski modificiranih organizama u hrani i hrani za životinje u BiH.

DODATAK 2.

Ovlašteni ispitni laboratoriji za kontrolu GMO-a u BiH

Na temelju odredaba Pravilnika o postupku ocjenjivanja i ovlašćivanja laboratorija za ispitivanje, kontrolu i praćenje genetski modificiranih organizama i proizvoda koji se sastoje, sadrže ili potječu od genetski modificiranih organizama („Službeni glasnik BiH”, broj 73/17), nadležna entitetska ministarstva poljoprivrede i Odjel za poljoprivredu Brčko distrikta BiH provode postupke i izdaju rješenja o ovlašćivanju laboratorija za GMO. Agencija za sigurnost hrane BiH vodi Jedinstvenu listu ispitnih laboratorija u BiH za ispitivanje, kontrolu i praćenje GMO-a i proizvoda koji se sastoje, sadrže ili potječu od GMO-a, koju objavljuje u „Službenom glasniku BiH“ i na službenoj internetskoj stranici: www.fsa.gov.ba .

Adrese autora

Prof. dr. sc. Vojislav Trkulja

JU Poljoprivredni institut Republike Srpske, Banja Luka
Knjaza Miloša 17, 78000 Banja Luka
e-mail: vtrkulja@blic.net

Prof. dr. sc. Dalibor Ballian

Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo
e-mail: balliand@bih.net.ba

Prof. dr. sc. Stojko Vidović

Medicinski fakultet Univerziteta u Banja Luci
Save Mrkalja 14, 78000 Banja Luka
e-mail: vstojko@gmail.com

Prof. dr. sc. Rifet Terzić

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Tuzli
Univerzitetska 4, Tuzla 75000
e-mail: rifet.terzic@untz.ba

Prof. dr. sc. Ivan Ostojić

Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Mostaru
Biskupa Čule bb, 88000 Mostar
e-mail: ivano.sjemenarna@gmail.com

Prof. dr. sc. Faruk Čaklovića

Veterinarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
Zmaja od Bosne 90, 71000 Sarajevo
e-mail: faruk.caklovica@vfs.unsa.ba

Prof. dr. sc. Ahmed Džubur

Agromediteranski fakultet, Univerziteta „Džemal Bijedić“, Mostar
Univerzitetski kampus, 88104 Mostar
e-mail: ahmed.dzubur@unmo.ba

Dr. sc. Džemil Hajrić

Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine
Kneza Višeslava bb, 88000 Mostar
e-mail: hajric@fsa.gov.ba

Prof. dr. sc. Goran Perković

Uprava Bosne i Hercegovine za zaštitu zdravlja bilja
Maršala Tita 9a, Sarajevo 71000
e-mail: goran.perkovic@uzzb.gov.ba

Mr. sc. Dragan Brenjo

Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine
Kneza Višeslava bb, 88000 Mostar
e-mail: brenjo@fsa.gov.ba

Armin Čolaković dr.vet.med.

Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine
Kneza Višeslava bb, 88000 Mostar
e-mail: colakovic@fsa.gov.ba