

BIOTEHNOLOGIJA I EKOLOGIJA

Sažetak

Moderna biotehnologija odnosno genetičko inženjerstvo i po red značajnih osporavanja našlo je široku primjenu u različitim gospodarskim djelatnostima od medicine, farmacije, industrije i poljoprivrede do različitih tretmana u okolišu. U okolišu kao prirodnom okruženju ljudi i drugih organizama genetičko inženjerstvo, ovisno o načinu primjene, može imati štetan učinak ili može biti korisno. Među štetnim učincima GMO-a na okoliš najčešće se spominje razmjena gena između genetski modificiranih i konvencionalnih biljaka, što dovodi do genetskoga onečišćenja. Osim toga genetski modificirane biljke mogu biti štetne za korisne neciljane vrste, mogu predstavljati opasnost za ekosustav tla, a ne znaju se dugotrajni učinci genetski modificiranih organizama. No genetičko inženjerstvo može imati i korisne učinke na okoliš. Ponajprije smanjuje se količina pesticida, a osim toga GMO može smanjiti ili potpuno odstraniti otpadne ili neke štetne tvari iz okoliša poput štetnih kemikalija, teških metala i slično. Jedan od korisnih postupaka u čišćenju okoliša bila bi razgradnja plastičnih tvari koje danas u okolišu predstavljaju veliki problem. No kada se procjenjuju štetni učinci GMO-a na okoliš, uvijek ih treba uspoređivati s konvencionalnim postupcima jer i oni mogu imati neke neželjene učinke.

Ključne riječi: *biotehnologija, genetičko inženjerstvo, GMO, ekologija, okoliš*

JURE BELJO*
NEVENKO HERCEG**
ANA MANDIĆ***

UDK: 602.6:504
502/504

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper
Primljeno: 17. veljače 2015.

* Dr. sc. Jure Beljo, red. prof., Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Mostaru, jbeljo@sve-mo.ba

** Dr. sc. Nevenko Herceg, red. prof., Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru, nevenko.herceg@gmail.com

*** Ana Mandić, Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Mostaru, asabljo@sve-mo.ba

Uvod

Svako razdoblje ljudske povijesti povezano je s procvatom neke znanosti i nosi biljeg te znanosti. Nekad je to bila filozofija, nekad kemija ili fizika, a kraj 20. i početak 21. stoljeća obilježavaju biotehnologija u prirodnim i informatika u društvenim znanostima. Te znanstvene discipline ušle su u sve pore društva i gospodarstva i današnje društvo nemoguće bi bilo zamisliti bez biotehnologije i informatike. S druge strane svijest o krhkosti i ugroženosti našega prirodnog staništa, odnosno okoline u kojoj živimo, dovela je do toga da se sve veća važnost pridaje ekologiji i zaštiti okoliša.

Prema Konvenciji o biološkoj raznolikosti biotehnologija se definira kao „svaka tehnološka primjena koja koristi biološke sustave, žive organizme ili njihove derivate za proizvodnju ili modificiranje proizvoda ili procesa za specifičnu uporabu“.¹ Pod živim organizmima ili njihovim derivatima u tome kontekstu podrazumijevaju se mikroorganizmi, biljke i životinje, njihove izolirane stanice ili enzimi. Prema metodomama izvođenja biotehnologija se obično dijeli na tradicionalnu ili „staru“ i modernu ili „novu“ biotehnologiju odnosno genetičko inženjerstvo. Navedena definicija za biotehnologiju primjenjiva je na obje skupine biotehnoških procesa.

Ekologija je pak grana biologije koja se bavi odnosima među živim organizmima, njihovim utjecajem na okoliš u kojemu obitavaju te utjecajem toga okoliša na njih. Ekologija je interdisciplinarno područje koje uključuje biologiju i znanost o zemljištu, raznolikost i širenje organizama kao i njihovo međusobno nadmetanje i nadmetanje s ekosustavom. Cilj je ekologije proučiti kako priroda djeluje te razviti metode za zaštitu prirodnoga svijeta, tj. fizičke okoline koja okružuje živi svijet.

U uskoj je vezi s ekologijom proučavanje okoliša i okolišna znanost. Okoliš je u biti okruženje organizama. Kada se ekologija i okoliš stave u znanstveni kontekst, onda se može reći da se ekologija fokusira na okoliš, dok okolišna znanost proučava odnos između ljudi i okoliša. Prema tomu ekološka i okolišna znanost usko su vezane discipline i bliskost u načelima jednoga bitna je za potpuno razumijevanje drugoga. Objе znanosti pružaju veoma važne informacije o prirodi i o tome što ljudi mogu učiniti bolje da zaštite prirodu i čuvaju resurse.

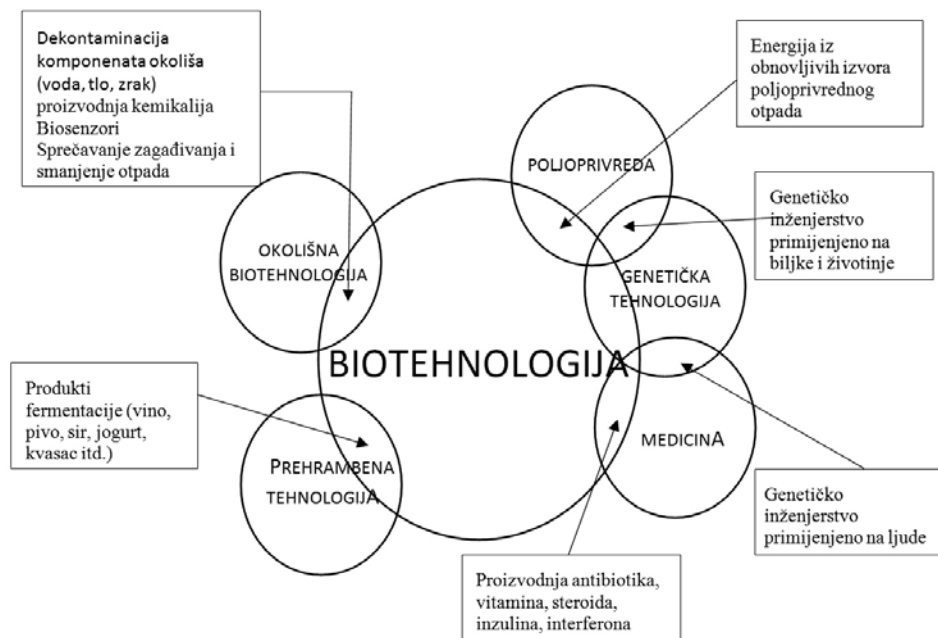
Cilj je ovoga rada navesti stvarne i potencijalne koristi i štete od primjene biotehnologije i genetičkoga inženjerstva u okolišu te usporedba dobrih i loših strana biotehnologije u ekologiji i ekosustavu.

¹ *Convention on biological diversity*, United Nations, 1992., <<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>> (20. XII. 2014.)

1. Primjena biotehnologije

Područje djelovanja biotehnologije i mogućih ishoda veoma je raznoliko kako u pogledu metodologija tako i tehnika koje se primjenjuju. Biotehnologija je ocijenjena kao ključno područje koje je uvelike utjecalo na različite tehnologije temeljene na primjeni bioloških procesa u industriji, poljoprivredi, prehrambenoj industriji, medicini, zaštiti okoliša, čuvanju prirodnih resursa.

Slika 1: Primjena biotehnologije u različitim djelatnostima²



Biotehnologija se primjenjuje u barem četiri važna gospodarska područja i nekoliko interdisciplinarnih polja (slika 1):

- Medicinska biotehnologija (crvena biotehnologija) – predstavlja proizvodnju lijekova, vakcina, terapijskih antitijela, antibiotika i drugih farmaceutskih proizvoda kao i primjenu u genskoj terapiji, genskome testiranju i mapiranju genoma. Daleko je najveće ulaganje u genetičko inženjerstvo upravo u farmaciji, a samo u SAD-u biotehnologija u medicini je industrija od 70 milijardi dolara.
- Agrobiotehnologija (zelena biotehnologija) je razvoj i proizvodnja novih, genetski izmijenjenih organizama u cilju povećanja uroda, poboljšanja zaštite od bolesti i štetnika, poboljšanja nutritivne vrijednosti, teksture, okusa i izgleda hrane. Od

² Maria Gavrilescu, „Environmental Biotechnology: Achievements, Opportunities and Challenges“, *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*, 4 (2010.) 1, str. 1-36.

1996. godine kada je počela komercijalizacija genetski modificiranih biljaka, površine pod ovim biljkama narasle su na 181 milijun hektara u 2014. godini, a uzgajaju se u tridesetak zemalja svijeta.³

- Industrijska biotehnologija (bijela biotehnologija) je primjena biotehnologije u industrijske svrhe kao što je industrijska fermentacija, uporaba mikroorganizama ili enzima u proizvodnji industrijski korisnih proizvoda poput kemikalija, deterdženata, papira, pulpe, tekstila, bioenergije. Pritom biotehnologija koristi obnovljive sirovine i može doprinijeti smanjenju emisije stakleničkih plinova i kretanju prema petrokemijski temeljenom gospodarstvu.
- Okoliš, okolišna biotehnologija podrazumijeva primjenu biotehnologije u zaštiti okoliša, čišćenju od različitih onečišćivača, održavanju biološke raznolikosti i prirodne održivosti.

2. Ekologija i okoliš

U svakodnevnome govoru često se zamjenjuju pojmovi ekologija i okoliš. Ekologija i okoliš, iako međusobno povezani, dva su različita pojma. Riječ *ekologija* dolazi iz grčkoga u značenju okućnica, dom, mjesto za život. Ekologija je prvotno definirana kao „znanost odnosa između organizama i njihove okoline“⁴. Ekologija je zapravo znanost o okolišu. Priroda i okoliš općenito se koriste kao pojmovi za ekologiju. S druge strane okoliš uključuje i ekološki aspekt jer predstavlja prirodno okruženje: zrak, tlo, vodu, klimu kao i živa bića u ukupnome zajedničkom djelovanju, ali i kulturnu baštinu kao dio okruženja što ga je stvorio čovjek. U tome kontekstu zaštita je okoliša skup djelatnosti i mjera proizašlih iz potreba očuvanja cjelokupnoga života u prostoru koji nas okružuje, a koje proučava ekologija. Iako se ekologija smatra granom biologije, koristi se, osim znanjem iz biologije, i spoznajama iz kemije, fizike, matematike i brojnih drugih prirodnih znanosti.

Moglo bi se reći da je porast javne svijesti o značenju okoliša započeo još 1962. god. nakon pojave knjige *Silent Spring* autorice Rachel Carson⁵. Ta knjiga kao i

³ Clive James, „Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014.“, *ISAAA Brief*, 49, 2015. <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/default.asp>> (4. II. 2015.)

⁴ Ana Bramwell, *Ecology in the 20th Century: A History*, Yale University Press, New Haven, USA, 1989.

⁵ Rachel Carson bila je američka biologinja. Pisala je popularne znanstvene knjige i članke, a posebnu je pozornost posvetila štetnosti pesticida na okoliš, ponajprije DDT-a, na njegovu perzistentnost i zadržavanje u prehrambenome lancu. O tome je 1962. napisala knjigu *Silent Spring* u kojoj je opisala jedan bezimni američki grad u kojemu je odjednom sav život utihnuo. Nije više bilo ni riba, ni ptica, ni cvijeća, pa čak ni djece, zbog pogubnoga djelovanja DDT-a. Knjiga je izazvala žustre polemike, a proizvođači zaštitnih sredstava nastojali su difimirati i knjigu i autoricu. Na

kasnije knjige i provedena istraživanja doveli su do postupnih promjena u shvaćanju okoliša kao nepromjenjivoga i sposobnog da podnese različita onečišćenja; zaključak je bio da je ravnoteža u okolišu veoma osjetljiva, da se lako naruši i da ju je moguće održavati samo aktivnom zaštitom.

S pojavom genetski modificiranih organizama u okolišu uveden je termin genetsko onečišćenje. FAO definira genetsko onečišćenje kao „nekontrolirano širenje genetskih informacija (često se odnosi na gene) u genome organizama u kojima takvi geni u prirodi ne postoje“⁶. Na polju poljoprivrede, šumarstva i uzgoja životinja genetsko onečišćenje predstavlja razmjenu gena između GM kultura i njihovih konvencionalnih srodnika. Desetine tisuća novih transgenskih bakterija, virusa, biljaka i životinja moglo bi ući u ekosustav, a neki od njih mogu imati veoma štetan učinak kao genetski onečišćivači. Ti umjetni organizmi mogu se križati s prirodnim organizmima, šireći se na taj način u novu okolinu i buduće generacije na nepredviđen i nekontroliran način.

S porastom svijesti o značenju i zaštiti okoliša i uspostavljanja prirodne ravnoteže u ekosustavu, pojavljuju se nove discipline: ekološka etika i okolišna etika. Ekološka etika obuhvaća moralna načela koja se odnose na ljudski pristup okolišu. Ekološka etika počiva na uvjerenju da sve što potječe iz prirode (biljke, životinje, voda, zrak...) treba poštovati i čuvati zbog njihove vlastite vrijednosti, a ne zbog koristi koju imaju za ljudska bića.⁷ Okolišna etika pak podrazumijeva razumno upravljanje prirodnim resursima, njihovo održavanje i čuvanje za ljude i druga živa bića kao i čuvanje i održavanje prirodnih staništa.

Suvremena katolička teologija kao novost u svoj vidokrug također uključuje problem čovjekova odnosa prema okolišu. Rezultat susreta teologije s problemima ekologije jest sakralna ekologija. Osnovne postavke sakralne ekologije su da je Bog povjerio čovjeku prirodu da se njome koristi s mjerom i razumno, a ne samovoljno i nekontrolirano.⁸ Spomenimo da je papa Ivan Pavao II. proglasio svetoga Franju Asiškoga zaštitnikom ekoloških udruženja jer se sveti Franjo posebno divio prirodi i više nego drugi zapažao njezin sklad s drugim stvorovima.

kraju je ipak, najviše zahvaljujući ovoj knjizi, uporaba DDT-a zabranjena. Može se reći da je ova knjiga temeljac za nastanak ekološkoga pokreta u očuvanju okoliša.

⁶ Abdelouahhab i dr., *Glossary of Biotechnology for Food and Agriculture*, FAO, Roma, <www.fao.org/docrep> (18. XII. 2014.)

⁷ Otto Kinne, „Ethics and eco-ethics“, *Marine Ecology Progress Series*, 153 (1997.), str. 1-3.

⁸ Nikola Skledar, „Sakralna ekologija i čovjekov prirodni okoliš“, *Društvena istraživanja*, 6 (1995.) 20, str. 867-883.

3. Učinci biotehnologije na okoliš

Kao i svaka nova tehnologija i moderna biotehnologija ima svoje oponente i zagovaratelje. Oponenti smatraju da genetski modificirane organizme ne bi uopće trebalo puštati u okoliš jer su neprirodni organizmi i ne znaju se posljedice njihova dugotrajnoga djelovanja. S druge strane pristalice genetski modificiranih organizama ističu da nema čvrstih znanstvenih dokaza o štetnosti genetski modificiranih organizama, ali da postoje potencijalne koristi. Od uvođenja genetski modificiranih organizama u komercijalnu uporabu posljednjih 25 godina izvršena su brojna istraživanja i analize, a rezultat toga je postojanje i korisnih i štetnih učinaka biotehnologije na okoliš.

Mogući štetni učinci GMO-a mogu se svrstati u tri skupine: rizici za ljudsko zdravlje, ekonomski učinci i štete za okoliš. Mi ćemo u ovome prilogu analizirati štete koje GMO može napraviti u okolišu.

Postoje različiti rizici za okoliš od puštanja GMO-a. Jedan od njih je kretanje genetskoga materijala s genetički promijenjenih organizama na druge populacije ili druge vrste, odnosno „bijeg gena“, što predstavlja širenje gena od GMO-a na druge biljke u toj okolini. Već su zabilježeni slučajevi prelaska genetski preinačenih gena na konvencionalne biljke u uljanoj repici.⁹ Geni se od jedne biljke do druge prenose peludom. Na taj način može doći do stvaranja tzv. superkorova. Naime ako gen koji uvjetuje otpornost na herbicid prijeđe na srodnu korovnu vrstu, ta će vrsta postati otporna na herbicid i neće je biti moguće iskorijeniti herbicidima.

Širenje genetskoga materijala s genetski modificiranih biljaka predstavlja poseban problem u proizvodnji ekološke (organske) hrane. Odredbe o ekološkoj proizvodnji prilično su rigorozne kad su u pitanju genetski modificirane biljke. Certificirana ekološka proizvodnja ne smije koristiti sjeme genetski modificiranih sorata niti smije biti bilo kakve razmjene genetskoga materijala između ova dva oblika proizvodnje. Da bi se spriječilo eventualno miješanje genetskoga materijala, parcele s ekološkom proizvodnjom moraju biti dovoljno udaljene kako ne bi moglo doći do razmjene genetskoga materijala.

GM kulture mogu biti toksične za neškodljive i neciljane te korisne organizme. Istraživanje utjecaja peludi na neke kukce pokazalo je da je pelud Bt kukuruza s genima *Bacillus thuringiensis* otpornoga na kukce imao negativan učinak na ličinke monarškoga leptira (*Danaus plexippus* L.).¹⁰ To je istraživanje otvorilo pitanje jesu li

⁹ Linda Hall i dr., „Pollen flow between herbicide resistant Brassica napus is the cause of multiple resistant B. napus volunteers“, *Weed Science*, (2000.) 38, str. 688-694.

¹⁰ Laura C. Hansen Jesse – John J. Olbricki, „Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effect on monarch butterfly“, *Oecologia*, 125 (2000.) 2, str. 241-248.

možda GM biljke otporne na kukce štetne i za druge neciljane organizme. No druga istraživanja pokazala su da je učinak Bt kukuruza na populaciju monarškoga leptira bio neznan.¹¹

Genetski modificirane biljke mogu predstavljati opasnost za ekosustav tla. Mnoge Bt kulture luče toksin iz korijena u tlo. Ostaci GM biljaka u tlu sadrže aktivni Bt toksin.¹² Toksini oslobođeni u tlo iz GMO biljaka znače manje zemljišnih bakterija koje su bitne za zdrava tla da bi biljke mogle rasti bez uporabe kemijskih gnojiva. Zabrinjavaju također dugotrajni kumulativni učinci uzgoja Bt kukuruza. Postoji rizik za život u vodi. Lišće ili zrna Bt kukuruza mogu ući u vodene tokove gdje će se toksin akumulirati u organizmima i izvršiti toksični učinak. U proizvodnji GM kultura otpornih na herbicide veća je uporaba herbicida koji također mogu biti toksični.

Kao što primjena biotehnologije može imati štetne učinke na okoliš, može biti i korisna ako se primijeni na odgovarajući način. Biotehnologija se u okolišu može primijeniti ne samo u kontroli onečišćenja (dekontaminacija vode, zraka, tla) već i u sprečavanju onečišćenja, smanjenju otpada, smanjenju uporabe pesticida te proizvodnji okolišno prihvatljivih tvari.

Primjena genetski modificiranih kultivara otpornih na bolesti i štetnike smanjuje uporabu pesticida. Samo u prvih deset godina nakon uvođenja u proizvodnju genetski modificiranih otpornih kultivara farmeri koji su uzgajali takve kultivare potrošili su 172.500 tona pesticida manje nego da nisu trošili GMO.¹³

Novo područje genetičkoga inženjerstva koje može imati ozbiljne reperkusije u zaštiti biljaka od štetnih kukaca, ali isto tako i u zaštiti okoliša, tzv. je RIDL tehnologija, stvaranje genetski modificiranih kukaca kao alternativa uporabi pesticida. Nova tehnologija predstavlja unošenje letalnoga gena u ciljani organizam koji sprečava preživljavanje organizma prije odraslosti.¹⁴ Potomstvo kukaca s RIDL genom nasljeđuje taj gen i ugiba, a RIDL kukci preživljavaju. Laboratoriji za genetičko inženjerstvo genetskim manipuliranjem uspjeli su dobiti mužjake nekih štetnih kukaca (maslinova muha, kupusni moljac, komarac) koji sadrže gen koji nakon oplodnje sa ženkom ubija sve ličinke i kukuljice koje se izlegu iz jajeta. Tako će nakon stanovitoga broja

¹¹ Galen P. Dively i dr., „Effects on Monarch Butterfly Larvae (Lepidoptera: Danaidae) After Continuous Exposure to Cry1Ab-Expressing Corn During Anthesis“, *Environmental Entomology*, 33 (2004.) 4, str. 1116-1125.

¹² Guenther Stotzky, „Persistence and biological activity in soil of the insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis*, especially from transgenic plants“, *Plant and Soil*, 266 (2004.) 1-2, str. 77-89.

¹³ Andy Coghlan, „Genetically modified crops: a decade of disagreement“, *New Scientist*, (2006.) v. 2535.

¹⁴ Neil Morrison – Luke Alphey, „Genetically modified insects for pest control: an update“, *Outlooks on Pest Management*, 23 (2012.) 2, str. 65-68.

generacija potpuno nestati populacija ženki toga kukca i neće više biti polaganja jaja ni novih štetnika te vrste. Biljke će biti zdrave bez primjene velike količine pesticida. Postoje i ženke s RIDL genom i takve ženke nemaju žensko potomstvo, dok muško preživljava.

No proizvodnja takvih genetski modificiranih kukaca nailazi na brojne kritike. Ekološki su aktivisti te kukce prozvali franken(štajn)¹⁵ mušice jer su nastale neprirodnim načinom. Budući da ličinke ugibaju u kasnoj fazi, u plodovima će ostati mnoge mrtve i neke preživjele ličinke. Milijuni takvih ličinki ući će u prehrambeni lanac gdje mogu predstavljati rizik za ljudsko zdravlje i okoliš. Već se javlja dvojba što je manje štetno: puštanje tako stvorenih kukaca u prirodu ili primjena pesticida. Nitko ne može predvidjeti dugotrajne učinke genetski modificiranih kukaca na okoliš. Usto ističu da se nestankom kukaca remeti i prehrambeni lanac u prirodi jer će manje hrane imati ptice i drugi mesojedi koji se hrane tim kukcima.

Jedna od grana biotehnologije koja može naći veliku primjenu u zaštiti okoliša je okolišna biotehnologija. Međunarodno društvo za okolišnu biotehnologiju definira okolišnu biotehnologiju kao „razvoj, uporabu i reguliranje bioloških sustava za saniranje onečišćenog okoliša (zemlja, voda, zrak), za okolišno prihvatljive procese“¹⁶. To znači korištenje biljaka, bakterija, gljiva i algi u odstranjivanju štetnih tvari iz okoliša ili proizvodnju obnovljive energije, hrane i hraniva. Znanstvenici su proizveli GM bakterije koje mogu čistiti tlo kontaminirano toksičnim tekućim ostatcima, a moguće je proizvesti biljke koje akumuliraju teške metale.¹⁷ Postupak čišćenja okoliša pomoću živih organizama naziva se biosanacija (*bio remediation*).

Napredak tehnologije rezultirao je u dostupnosti brojnih kemikalija od kojih mnoge povećavaju onečišćenje okoliša. Procjenjuje se da se u svijetu koristi oko 100.000 različitih kemikalija koje mogu ući u okoliš.¹⁸ Čišćenje štetnoga otpada konvencionalnim tehnologijama iziskuje goleme troškove. Različite strategije koje koriste genetičko inženjerstvo i biotehnoške metode djeluju učinkovitije s odstranjivanjem otpada i upravljanjem uključujući biosanaciju, fitosanaciju i proizvodnju biorazgradive plastike.

¹⁵ Sinonim za sve što je nastalo na neprirodan način.

¹⁶ Gerben J. Zylstra – Jerome J. Kukor, „What is environmental biotechnology?“, *Current Opinion in Biotechnology*, 16 (2005.) 3, str. 243-245.

¹⁷ David E. Salt i dr., „Phytoremediation: A novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants“, *Biol Technology*, 13 (1995.) 5, str. 468-474.

¹⁸ Linda Nash, „Water quality and health“, u: Peter H. Gleick (ur.), *Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources*, Oxford University Press, Oxford, 1993., str. 25-39.

Biosanacija se definira kao „upravljana ili spontana praksa u kojoj se koriste mikrobiološki procesi u cilju razgradnje ili transformiranja onečišćenih tvari na manje toksične ili netoksične sastojke, time sanirajući ili eliminirajući okolišno onečišćenje“¹⁹. Ljudi su se tom tehnikom služili stoljećima, a krajem 20. stoljeća počinju se u te svrhe primjenjivati genetski modificirani organizmi. Primjer je drevne biosanacije korištenje biljaka za vučenje soli iz tla kako bi opet postalo oranica, dok klasični primjer moderne biosanacije predstavlja korištenje korisnih bakterija u čišćenju naftnih mrlja. U nekim su biljkama nađeni geni koji vežu veoma štetni teški metal kadmij. Genetički modificirane biljke preživjele su kada su bile izložene koncentraciji kadmija 25 puta većoj od doze koja je ubila kontrolne biljke. Što je još važnije, genetski modificirane biljke također su mogle apsorbirati kadmij iz tla.²⁰ Sada se pokušava takve gene unijeti u korovne biljke s nadom da će one smanjiti koncentraciju teških metala na obradivome zemljištu.

Drugo područje biotehnologije i genetičkoga inženjerstva u upravljanju otpadom moglo bi igrati ulogu u proizvodnji biorazgradive plastike. Plastika se u tlu teško razgrađuje, a u moru, gdje završavaju stotine tona plastike, obično se razgradi za jednu godinu. Nevolja je međutim što ta plastika sadrži neke otrovne sastojke koji na koncu završe u želucima riba i životinja ili se ispiru na obali gdje ljudi mogu doći u izravan dodir s toksinima. Jedno od rješenja toga problema je biorazgradiva plastika. Biorazgradivu plastiku mogu razgraditi bakterije ili drugi živi organizmi. U odgovarajućim uvjetima neka biorazgradiva plastika može se razgraditi do točke gdje je mikroorganizmi mogu potpuno metabolizirati do ugljikova dioksida i vode.

Zaključak

Biotehnologija, a napose genetičko inženjerstvo, jedno je od najvećih otkrića 20. stoljeća. Iako je ta tehnologija našla mnoge korisne primjene, još uvijek se genetičko inženjerstvo najčešće stavlja u kontekst štetnosti za ljude i okoliš. No kao i svaki drugi izum, otkriće ili tehnologija, i genetičko se inženjerstvo može primijeniti u korisne svrhe ili može biti štetno, što ovisi o načinu primjene.

Biotehnologija se može primijeniti u različitim djelatnostima među kojima su najvažnije medicina i proizvodnja lijekova, poljoprivreda, industrija i zaštita okoliša. Primjena biotehnologije u okolišu može imati koristan, ali isto tako i štetan učinak.

¹⁹ USEPA, „Assessment of Remediation of Contaminate Sediments (ARCS) Program“, Final Summary Report EPA 905-S94-001, Chicago, 1994. <<http://epa.gov/greatlakes/arc/EPA-905-S94-001.h>>

²⁰ Zhangliang Chen – Honghya Gu, „Plant biotechnology in China“, *Science*, 262 (1993.) 5132, str. 377-378.

Moguće ekonomske i okolišne koristi od biotehnologije uključuju smanjenje uporabe mineralnih dušičnih gnojiva, insekticida i fungicida te okolišno prihvatljivoga upravljanja otpadom kao što je biosanacija.

S druge strane genetski modificirani organizmi mogu imati štetan učinak na ekosustav ispuštanjem toksičnih tvari u tlo, mogu utjecati na neciljane korisne organizme ili se novouneseni geni mogu peludom prenijeti na konvencionalne biljke.

No valja reći da i u konvencionalnoj proizvodnji i u svakodnevnome upravljanju okolišem postoje potencijalni rizici, pa uvijek kada se razmatraju rizici i koristi od biotehnologije, treba ih usporediti s postojećim alternativama.

BIOTECHNOLOGY AND ECOLOGY

Abstract

Despite criticism, modern biotechnology and genetic engineering have found wide application in various fields of economy such as medicine, pharmacy, industry and agriculture as well as in a variety of environmental treatments. Depending on its application, genetic engineering may be either detrimental or useful for the natural environment of humans and other organisms. Among hazardous effects of GMO on the environment, the most frequent one is the gene exchange between genetically modified and conventional plants, which leads to genetic contamination. In addition, genetically modified plants may be toxic to non-target species, they may pose a threat to the ecosystem of soil, while the long-term effects of genetically modified organisms are still not known. However, genetic engineering may have beneficial effects on the environment. Apart from reducing the amount of pesticides, GMO may reduce or completely remove some harmful waste or environmental pollutants such as hazardous chemicals and heavy metals. One of useful methods in cleaning the environment would be degradation of plastic substances which pose a major problem today. Nevertheless, when estimating the adverse effects of GMOs on the environment they should always be compared to conventional methods since these can have some side effects too.

Key words: *biotechnology, genetic engineering, GMOs, ecology, environment*