



Co-funded by the  
Tempus Programme  
of the European Union



CaSA

**Univerzitet u Kragujevcu  
Agronomski fakultet u Čačku**

# **ZNAČAJ OPLEMENJIVANJA BILJAKA U PROIZVODNJI HRANE**

**autor: dr Milomirka Madić**

CaSA

Čačak, 2016



Co-funded by the  
Tempus Programme  
of the European Union



This material is created within Tempus project “CaSA “Building Capacity of Serbian Agricultural Education to Link with Society” 544072-TEMPUS-1-2013-1-RS-TEMPUS-SMHES (2013 - 4604 / 001 – 001) which has been funded with the support of the European Commission. This material reflects the view of the author only and the Commission can not be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

With the support of the Tempus programme of the European Union.

# ZNAČAJ OPLEMENJIVANJA BILJAKA U PROIZVODNJI HRANE

Milomirka Madić



# Značaj i uloga oplemenjivanja biljaka u stvaranju novih sorti i hibrida

Osnovni ciljevi oplemenjivanja:

– Prinos, odolevanje bolestima, kvalitet

Ciljevi se postižu:

– Poznavanjem genetike i biologije organizama sa kojima se vrši oplemenjivanje

Opravdanje za oplemenjivanje organizama:

– kontrolisano genetičko prilagođavanje organizama da služe čoveku

• Da li nam treba poboljšanje i povećanje proizvodnje hrane?

– Porast brojnosti populacije –nahriniti čovečanstvo, domaće životinje, biogorivo

– Pad raspoloživosti plodnog zemljišta i vodenih resursa – etičko pitanje odgovornosti prema ekosistemu i budućim generacijama

– Porast potrebe za đubrivima, navodnjavanjem, herbicidima, pesticidima – zdravstveno i etičko pitanje zaštite sredine

• Počeci oplemenjivanja vezani su za domestikaciju divljih formi (odabiranje i ostavljanje za setvu boljih krupnijih polodova, semenki..)

„Oplemenjivanje postoji isto toliko dugo koliko i zemljoradnja“

„Oplemenjivanje bilja evolucija u rukama čoveka“ (N.I. Vavilov, 1935)

„Otkako su se biljke pojavile na Zemlji, priroda je počela da ih odabira“ (G. Genčev, 1968)

## **Oplemenjivanje biljaka i životinja**

### **tradicionalne i moderne biotehnologije**

• Genetički pristupi

• “konvencionalni” i kombinovani sa molekularno genetičkim

– hibridizacija (ukrštanja)

– selekcija

– inbriding

– molekularni markeri

– mutacije

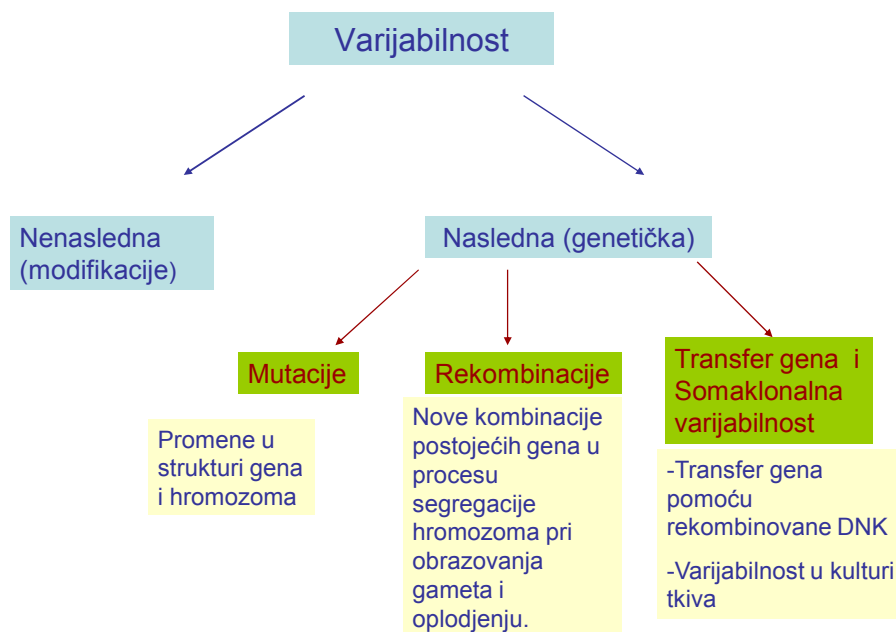
– hromozomski inženjering

– transgene tehnologije

## stvaranje sorti, rasa, varijeteta, kultivara...sa željenim osobinama



- Osnov za oplemenjivanje je genetička varijabilnost
- Ako je nema prirodno, treba je stvoriti

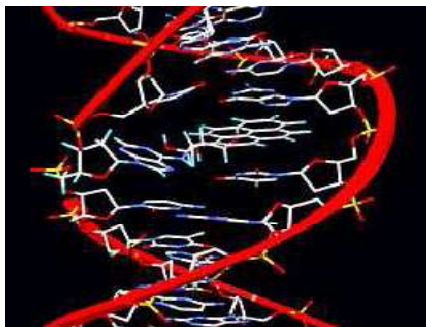


# Mutacije u oplemenjivanju

- Muller (oko 1920.) prvi put na *Drosophila*, X zračenje za dobijanje mutanata, primenjeno zatim na poljoprivredno gajene biljke
- Do 1995. stvoreno je 77 kultivara mutacijama, a te godine 484! ...i od tada raste broj
- hrana, hortikultura, drveće-voće,
- zrenje, otpornost na zimu,
- bioethnologija, kasnije - ciljane mutacije, a mutagenaza "random"-slučajno
- Roditelji treba da budu različiti po mutacijama da bi segregirali osobine u F2

## Mutacije

- nasledne promene u genima, hromozomima i vanjedarnoj DNK
- slučajni događaji
- spontane / indukovane (**delovanjem hemijskih i fizičkih agenasa; unošenjem željenih sekvenci u genom**)
- germinativne/somatske (**nasledne kroz generacije u populacijama**)/ (**nastanak izmenjenih ćelija i tkiva**)



- \* oštećenja DNK *mogu* izazvati mutacije
- mutacije mogu promeniti
  - **strukturu** gena
  - **funkciju** gena
- dominantne (redje)/recesivne (češće)
- mutacije mogu biti
  - **korisne** (povoljne)
  - **štetne** (nepovoljne)
  - **neutralne**
- mutacije mogu nastajati
  - **pod kontrolom** čoveka
  - **kao posledica slučajnosti** (antropogenih aktivnosti, stil života, zagađenje)

Mutageni agensi

- fizički (zračenje, temperatura, pritisak)
- hemijski (bazni analozi, alkilirajući agensi..)

### **Za dejstvo se može koristiti**

- Cela biljka ili delovi
- Cela biljka - češće za fizičke
- Seme - najčešće i za hemijske i fizičke
- Polen - izbegne se stvaranje himera, dobiju se željeni heterozigoti, ali nema ga dovoljno
- Kultura tkiva

Mutacije se primenjuju na:

- biljkama sa semenom (samooplodne/stranooplodne)
- klonalno propagirajućim (vegetativno razmnožavanje)

Metode koje se primenjuju su

- *bulk* (grupno od F1 se ide na F2)
- pojedinačnih semena (od nekoliko F1 jedinki)
- metod pedigreea (od svake jedinke)

## **Najčešće mutacije u oplemenjivanju**







- Rezistentnost na patogene
- Izmena izgleda, strukture biljke (visina stabla pšenice, žbunast rast pasulja)
- Nutricione osobine (sastav endosperma kod kukuruza)
- Promene hemijskog sastava (radi izbegavanja alergena)
- Hortikulturalne varijante (ukrasne biljke)
- Muška sterilnost (radi lakšeg ukrštanja kod kukuruza)
- Oplemenjivanje bespolno propagirajućih vrsta
- Razvoj genetički konstruisanih linija

## **Ograničenja mutageneze kao pristupa oplemenjivanju**

- slučajnost mutacija kao događaja
- sporedni efekti
- potrebna velika populacija F2 generacije (većina mutacija se ne može uočiti ili je štetna)
- recesivnost mutacija (prepoznaju se kao homozigoti, što je pogodno samo kod vrsta koje prirodno inbreduju)

# Poliploidija kao metod u oplemenjivanju

**Hromozomske mutacije** - odstupanja od normalnog kariotipa

	Organism	Number of chromosomes
	pea plant	14
	sun flower	34
	cat	38
	puffer fish	42
	human	46
	dog	78

- **numeričke**

- aneuploidije
- euploidije

- **strukturne**

- delecije
- duplikacije
- inverzije
- translokacije



# Biotehnologija u oplemenjivanju

- Transgeni organizmi
- Klonirani organizmi
- Nije isto!

## primene rezultata istraživanja..u okviru osnovnih životnih potreba.....i.....šire

- Osnovne potrebe čoveka: ishrana, stanište, zdravlje
- šire potrebe čoveka: zabava, kultura, umetnost, sport, moda....

## Područja primene modifikacija gena

**Genetičke modifikacije:** tehnologija rekombinantne DNK – bitna u primeni:

- sekvenciranje genoma;
- genska terapija;
- **dobijanja transgenih organizama**

## **Područja primene transgenih organizama**

- medicina i farmacija
- **poljoprivreda**
- šumarstvo
- ostalo

## **Potrebe za primenom rezultata istraživanja**

- Globalne
- Regionalne
- Lokalne

# Medicina i farmacija

proizvod ili rezultat modifikacije	poremećaj ili oboljenje	organizam domaćin modifikacije
<b>insulin</b>	dijabetes	<i>E. coli</i>
eritropoetin	anemija	<i>E. coli</i> , sisarske ćel. u kulturi
interferoni	mutlipla skleroza, kancer	<i>E. coli</i> , sisarske ćel. u kulturi
tkivni plazminogen tPA	infarkt srca i mozga	sisarske ćelije u kulturi
hormon rasta	patuljasti rast	<i>E. coli</i> , sisarske ćelije u kulturi
faktori koagulacije	hemofilija A	ovca, svinja
<b>Antitrombin (Atryn)</b>	nasledni nedostatak antitrombina	koza
antitripsin	efizem pluća	ovca
antigen hepatisa Bti	hepatitis B	kvasac, banane
antigen <i>Vibrio cholerae</i>	kolera	pirinač, šargarepa
glikoproteini	kancer	bakulovirus/ćelije insekata
S1 inhibitor	nasledni angioedem	zec
letalnost larvi u potomstvukomaraca	malaria	komarac
letalnost <i>Plasmodium falciparium</i>	malaria	<i>P. agglomerans</i> /komarac

\*\* neki primeri genskih modifikacija u primeni ili u procesu proveravanja i odobravanja

## Proizvodnja vakcina

**kolera, hepatitis B** subjedinice patogena kao antigeni se unose u npr. kvasac i prečišćavaju

*izazov*: unos vakcine preko plodova koji su široko zastupljeni u ishrani

**kancer** ćelije insekata na stupnju gusenice i bakulovirus

**grip (Flublok)** sa proteinima tri soja virusa, rekombinovanih sa bakulovirusom

## Epidemiologija

### **GM malarični komarac**

preko redukcije brojnosti larvi unošenjem letalnog gena u mužjake □  
 unošenjem GM bakterije *P. agglomerans*, izaziva se smrtnost *Plasmodium falciparium* uzročnika malarije

\*\* praćenje širenja i populacione dinamike

# Poljoprivreda

## MIKROORGANIZMI, GLJIVE, KVASCI

enzimi za procesovanje hrane, sokova, sireva (nema ih u krajnjem proizvodu)

## BILJKE

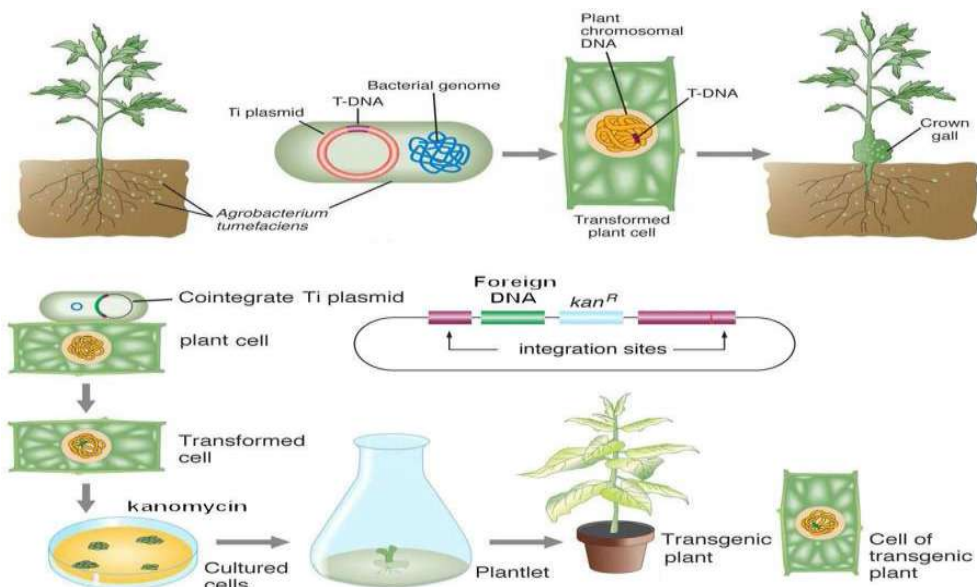
kukuruz, soja, lucerka, pirinač, šećerna repa, uljana repica, pamuk, krompir, duvan, šljiva, bundeva...itd.

- hrana, stočna hrana
- proizvodi dobijeni preradom GMO biljaka

ulje, brašno, šećeri, sirupi, etanol

### **osnovni ciljevi:**

- veći prinos
- kroz otpornost na štetočine i patogene, vremenske uslove, herbicide
- povećanje hranljive vrednosti
- kroz povećanje vitamina, minerala, antioksidanata, gvožđa
- smanjenje alergena



## ŽIVOTINJE

- promena kvaliteta mesa, mleka..  
otpornost na patogene
- povećanje prinosa mesa, mleka
- biofarming (za dobijanje terapeutika kroz mleko)



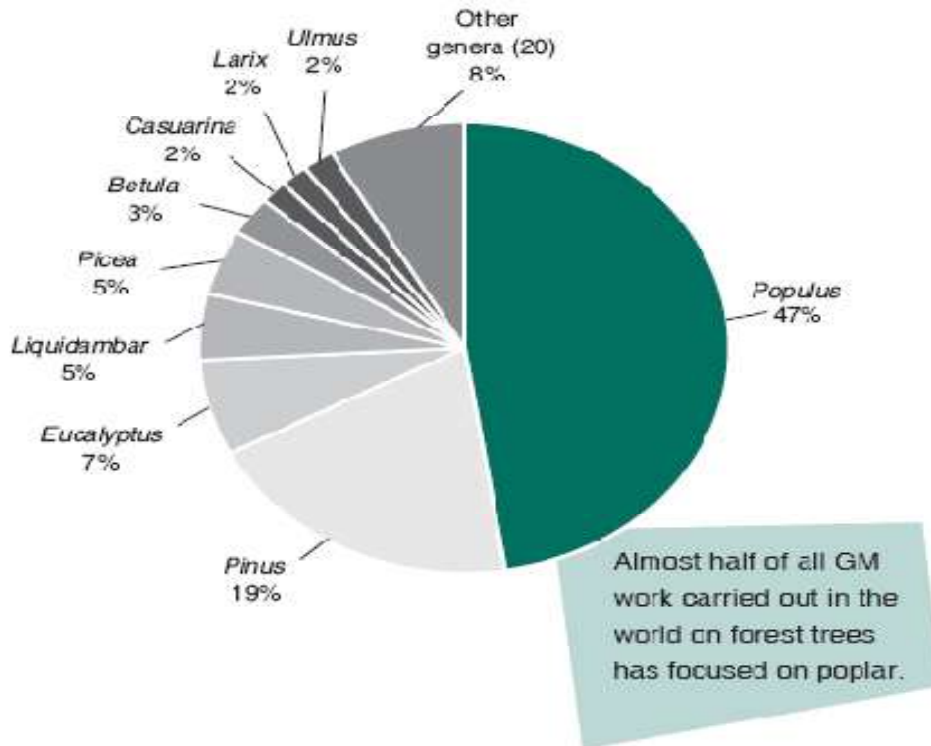
Način pripreme hrane *bez obzira da li sadrži GM*, predstavlja najbitniji i sveprisutni faktor rizika za nastanak mutacija u ćelijama



**mutacija u genomu GM organizma koji se jede "ne ulazi" u genom onih koji ga jedu**

# Šumarstvo

## Stotine poljskih ogleda širom sveta



### Common name -Botanical name -Year of release for first field trials

1. GE European Aspen -Populus tremula-1988
2. GE North American Black Walnut (nut) -Juglans nigra-1989
3. GE Hawaiian Papaya (fruit) -Caricapapaya -1991 and later approved for commercial crop planting in Hawaii
4. GE North American Apple (fruit) -Malus domestica-1991
5. GE European Sweet Chestnut -Castane asativa -1992
6. GE North American Plum (fruit) -Prunus domestica-1992
7. GE Red River Gum -Eucalyptus camaldulensis -1993
8. GE North American Black Spruce (conifer) -Picea mariana -1993
9. GE North American Sweetgum-Liquidambar styraciflua-1994
10. GE Plum (fruit) -Prunus domestica-1994
11. GE Apricot (fruit) -Prunus armenica-1994
12. GE Hardy Orange (fruit) -Ponci rustrifoliata -1994
13. GE Sweet Orange (fruit) -Citrus sinensis-1995
14. GE European Black Poplar -Populusnigra-1994 field trials; 1998 large scale plantation release in China.
15. GE Gray Sheoaktree -Casuarina glauca-1996
16. GE North American Silver Birch -Betula pendula-1996
17. GE North American Chestnut -Castane adentata-1996
18. GE Sweet Orange (fruit) -Citrus sinensis-1996
19. GE Tasmanian Blue Gum -Eucalyptus globulus-1996
20. GE Norway Spruce (conifer) -Picea abies-1996
21. GE North American Scots Pine (conifer) -Pinus sylvestris-1996
22. GE Tropical Acacia -Acacia species -1997
23. GE Western North American Monterey Pine (conifer) -Pinus radiata -1997
24. GE Teak -Tectonagrandis-1997
25. GE Lime (fruit) -Citrus aurantifolia-1997
26. GE Sour Orange (fruit) -Citrus aurantium-1997
27. GE Pummelo (fruit) -Citrus grandis-1997 6 field trials
28. GE Casuarinatree -Allocasuarinaverticiliata-1997
29. GE Flooded Gum -Eucalyptus grandis-1998
30. GE Italian Olive (fruit) -Olea europea-1998
31. GE Eastern North American Cottonwood -Populus deltoides-1998

32. GE North American Quaking Aspen –Populus tremuloides-1998
33. GE North American Cherry (fruit) –Prunus avium-1998
34. GE Tropical Avocado (fruit) –Persea species -1 field trial
35. GE South American Coffee (bean) -Coffea arabica-3 field trials
36. GE Grapefruit (fruit) -Citrus paradisi hybrid (C. maximum x C. sinensis) -6 field trials
37. GE North American Pear (fruit) –Pyrus communis-5 field trials
38. GE Persimmon (fruit) –Diospyros species -4 field trials
39. GE North American Walnut (nut) –Juglans species -13 field trials
40. GE Southeastern North American Loblolly Pine (conifer) -Pinus taeda-field trials
41. GE Western North American Douglas fir (conifer) –Pseudotsugamenziesii-future field trials
42. GE English Elm -Ulmus species -field trials
43. GE New Zealand Kiwi fruit tree (fruit) –Actinidia chinensis-1999 -4 field trials
44. GE Chinese White Poplar –Populus tomentosa-1999 China
45. GE Tropical Banana (fruit) -Musa acuminata-2000 -5 field trials
46. GE-pharmaceutical Indonesian Rubber tree -blood clotting factor -Hevea brasiliensis-2000
47. GE Eastern North American Rhododendron -Rhododendron species -2000 -
48. GE North American Cottonwood Hybrid –Populus trichocarpax P. deltoides-2001
49. GE North American Cottonwood Hybrid –Populus trichocarpax P. nigra-2001
50. GE North American Cottonwood Hybrid –Populus deltoides x P. nigra-2001
51. GE North American Cottonwood Hybrid –Populus simonii x P. nigra-2001
52. GE Chinese Larch/Tamarack (conifer) –Larix species (L. decidua, L. sibirica) -China
53. GE Chinese Empress (Supa) trees –Paulownia species (P. tomentosa, P. fortunei)
54. GE Persian Walnut (nut) –Juglans regia-field trials
55. GE Chinese Poplar hybrid 741 –Populus alba x P. davidiana x P. simonii x P. tomentosa-2001 China
56. GE Western Australia Eucalyptus -Eucalyptus occidentalis-2002
57. GE Brazilian Eucalyptus hybrids -Eucalyptus grandis x E. urophylla-2002
58. GE Chinese Birch –Betula platyphylla-China
59. GE Indonesian Sandalwood (essential oils) -Santalum album -
60. GE North American Beech –Fagus sylvatica-
61. GE Mandarin Orange (fruit) -Citrus reticulata-2002

### **od 1980. samo dva slučaja komercijalne primene**

- **papaja** –Havaji otpornost na ringspot virus
- **Bt topola** –Kina pošumljavanje, sprečavanje erozije

## **OSTALO... šire potrebe čoveka...**

### **biogorivo**

- GM gljive, mikroalge
- efikasno razdvajanje lignina od celuloze

### **predivo**

- gen za svileni protein pauka unet u epitelne ćelije mlečnih žlezda koze
- u hirurgiji, zaštitni prsluci, ribarske mreže, optička vlakna



- dodavanje gena i blokada gena, u sintezi pigmenata
- hortikultura**



**zaštita sredine**

- detekcija minskih ostataka, teških metala



# Osnovna primena GMO sa fluorescentim pigmentom

- **u medicinskim istraživanjima**

praćenje regeneracije tkiva putem matičnih ćelija, regeneracija neuronskih ćelija, transplantacija, neurogenetika, optogenetika, imunologija

- **biomonitoring**

detekcija teških metala i drugih sastojaka u zemljištu, vodi

## **..izazovi....komercijalna primena...**

kućni ljubimci

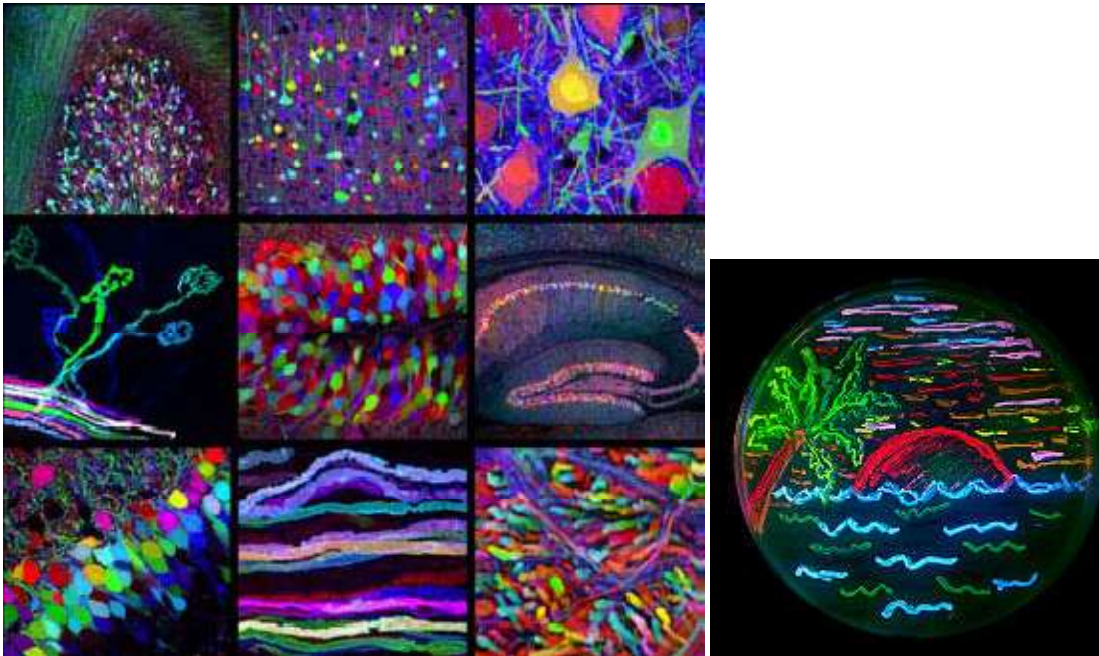


dekoracija





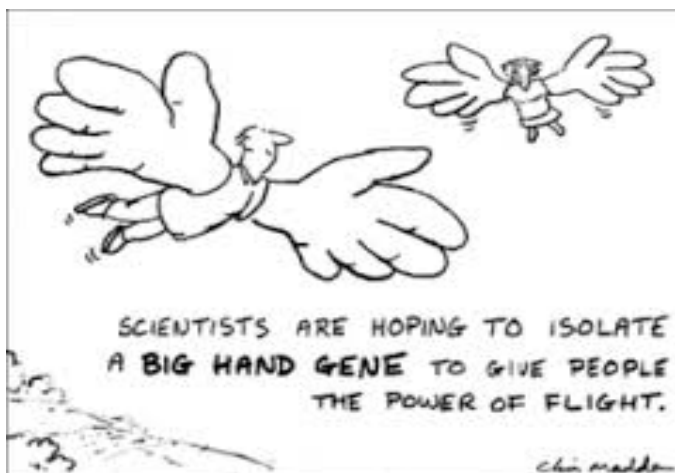
umetnost



Izazovi???.

učenje nema granice, primena znanja  
ima

naučni pristup i stalna istraživanja, bez generalizacije potreba



# Nastanak genetički modifikovanih organizama

Postupci genetičkih modifikacija mogu se podeliti na:

- postupak izolacije gena koji treba preneti u organizam ili gena koji se podvrgava modifikaciji,
- transfer gena u ćelije od kojih će se dobiti modifikovani organizam,
- selekciju ćelija kod kojih je uspešno izvršena modifikacija,
- razvoj odraslog GMO,
- ispitivanje GMO,
- razmnožavanje GMO,
- registraciju i zaštitu genetičko modifikovanog genotipa radi njegovog stavljanja u komercijalnu proizvodnju.

GM poljoprivredne kulture nisu jedini organizmi koji su genetički modifikovani već se GMO koriste i u medicini, bioremedijaciji kao mnogim eksperimentima u oblastima bioloških istraživanja. Vršiti se i genetička modifikacija bakterija, drveća, riba, insekata i mnogih drugih organizama.

DNA je polinukleotid, izgrađen od šećera dezoksiriboze, fosforne kiseline i heterocikličkih purinskih (adenin-A i guanin-G) i pirimidinskih baza (timin-T i citozin-C). Smeštena je u ćelijskom jedru i upakovana u štapičaste tvorevine-hromosome. Redosled (sekvence) baza u DNA određuju redosled aminokiselina u strukturi svake belančevine specifične za tu ćeliju i vrstu živog bića kao i njene funkcije u organizmu. Kraći deo molekula DNK je gen.

Genetički modifikovani (GM) ili transgeni organizam u svom molekulu DNK sadrži strane gene-gene nekog drugog organizma. Genetičke modifikacije zasnovane su na univerzalnosti uputstva za rad ćelija zapisanog u genima (genetički kod, šifra) svih živih bića na našoj planeti. DNA je polinukleotid, izgrađen od šećera dezoksiriboze, fosforne kiseline i heterocikličkih purinskih (adenin-A i guanin-G) i pirimidinskih baza (timin-T i citozin-C). Smeštena je u ćelijskom jedru i upakovana u štapičaste tvorevine-hromosome. Redosled (sekvence) baza u DNA određuju redosled aminokiselina u strukturi svake belančevine specifične za tu ćeliju i vrstu živog bića kao i njene funkcije u organizmu. Da bi ćelija mogla da obavlja sve funkcije neophodno je da proizvodi proteine (belančevine) izgrađene od lanaca amino kiselina. Uputstvo za njihovu proizvodnju zapisano je u genima u vidu šifre. Gen u kombinaciji s drugim genima određuje neko svojstvo organizma. Broj gena u nekom organizmu je različit (npr. čovek 35 000), i svi geni nisu uvek aktivni. Aktivni gen čini svoju kopiju (transkripcija) – informacionu ribonukleinsku kiselinu (mRNA) putem koje se zapis prenosi iz jedra u citoplazmu do ribozoma gde se vrši sinteza belančevina.

Početak 70-ih godina 20. veka naučnici su došli se do saznanja da je nasledna osnova DNK (ili RNA kod retrovirusa) svih živih bića prokariota i eukariota građena od istih hemijskih jedinjenja. Zbog toga su verovali da će ćelije živih bića »razumjeti« tj. dešifrirati informacije sadržane u nekom tuđem genu. Uspeli su u nečem što se do tada činilo nemogućim – prekoračili su prirodne barijere vrste.

Genetičari nastoje pronaći poželjno svojstvo u nekoj udaljenoj, nesrodnoj vrsti i preniti ga u novu vrstu. Za izbor i umnožavanje gena s poželjnim svojstvima upotrebljavaju tehniku rekombinantne DNA.

Za insertiranje novog gena u DNK domaćina koji će se modifikovati mogu se upotrebiti fizičke i biološke metode.

Fizičke metode koje se najčešće primjenjuju su:

- **Shot gun tehnika** – tehnika sačmarice ili biolistička transformacija  
Uvedena je 1987.g. Geni se nanose na veliki broj mikročestica metala (zlata, srebra) koji se specijalnim napravama (»gene gun«) upucavaju u ćelije primaoca. Zrna dobiju ubrzanje i prodiru u ćeliju bez većih oštećenja. Kuglice s nanesenim genima zbog velike brzine ulaze u ćelije bez većih oštećenja, prolaze i kroz jedro, a uneseni geni se ponekad ugrade u DNK ćelije domaćina. Koristi se za modifikaciju svih biljaka, bakterija, gljiva, algi i životinja.

- **Elektroporacija**

Zasniva se na upotrebi visokonaponske struje koja se propušta kroz suspenziju fragmenata DNK i ćelija (najčešće protoplasta) domaćina.

- **Hemoporacija**

Potapanje fragmenta DNK i kultura ćelija domaćina u kalcijum hlorid uz kratkotrajno zagrevanje (40 sek/40 °C) (prelaz stranih gena u ćelije domaćina putem osmoze)

- **Mikroinjektiranje**

Primjenjuje se za genetičku modifikaciju životinja, riba i čoveka. U oplodenu jajnu ćeliju (zigot) injektira se novi gen koji će u nekim slučajevima ući u hromosome i ugraditi se u genom životinje. Da bi se razvila genetički modifikovana životinja, modifikovan zigot se unosi u surogat majku (*Dolly*).

**Biološke metode** prenošenja stranog gena uvedene su 1990.god. gde se prenos vrši pomoću posebno kreiranih bakterijskih (plazmida i trasponzona) ili virusnih vektora (bakteriofaga, bacilovirusa, retrovirusa). Ovi mikroorganizmi inficiraju ćelije domaćina, a novi gen, koji je prethodno bio unesen u genom tog mikroorganizma, se tako prenese u DNK ćelija domaćina.

U poljoprivrednoj biotehnologiji, kao biološki vektor najčešće se upotrebljava zemljišna bakterija *Agrobacterium tumefaciens*, koja pored glavnog molekula DNK sadrži i nezavisan kružni molekul DNK tj. plazmide.

Ti («*tumor inducing*») plazmid nosi gene za prenošenje T-DNK (transfer-DNK) koja se ugrađuje u genom biljke i uzrokuje tumore. Ti plazmid se modifikuje tako da se iseče gen za sintezu opina, neophodnog za ishranu bakterije i rast tumora, a uvodi se novi gen koji se želi preneti u ćelije domaćina koji će se modifikovati.

Kružni segment je nazvan Ti-plazmid (Tumor inducing) a segment koji se ugrađuje u domaćina T-DNK (transferred DNA). Bakterije lišene ovog plazmida, gube virulentnost. Ideja je, dakle, da se T-DNK Ti-plazmida zameni »našom« stranom DNK (stranim genom ili genima) i da se tako, posredstvom *A. tumefaciens*-a, unese u biljku domaćina. Međutim, Ti-plazmid *A. tumefaciens*-a je nepogodan za direktnu manipulaciju, pa se javlja posrednik (intermediate vector) u vidu manje bakterije *Escherichia coli*.

Da bi postupak ugradnje stranog gena u nesrodnog domaćina (biljku) bio uspešan, potrebno je osigurati da će ugrađeni gen ispoljiti svoj efekat, ili jednostavnijerečeno da gen »radi«. Važno je da se ugrade i geni »obeleživači«, koji će da nam pomognu da izdvojimo ćelije u kojima je ugrađivanje stranog gena uspešno izvršeno, od onih gde se to nije desilo. Ovi obeležavajući geni mogu da budu geni otpornosti na određen antibiotik ili na neku drugu supstancu (herbicid). Biljne ćelije koje prežive tretman antibiotikom, herbicidom itd., imaju ugrađen »naš« segment strane DNK.

Kao biološki vektor upotrebljavaju se i virusi. Virusna DNK kod infekcije ćelije ulazi u jedro ugradi se u genom domaćina, isključi mehanizam regulacije ćelije i uzrokuje umnažanje nukleinske kiseline virusa. Virus koji se upotrebljava za prenos gena modificira se tako da ne inducira kopiranje virusa u ćeliji već omogućava samo prenos željenog gena u DNK primaoca, ali pritom se neminovno insertuju i neki virusni geni.

Genetski materijal koji se uvodi u ćelije domaćina najčešće sadrži najmanje četiri različita gena:

a) **gen kodiran** za neko novo »povoljno« svojstvo koje se želi prenijeti, npr. otpornost na sušu ili otpornost na nove hemijske agense kao što su sintetski herbicidi, otpornost na insekte, otpornost na virusa oboljenja...

b) **promotor gen** To je gen koji daje početni signal stanicama da počne aktivnost unesenog novog gena tj. stvaranje specifičnih proteina. Promotori su prirodni sastojci kromosoma. Njihova je funkcija da povećaju aktivnost, započnu ekspresiju određenog gena, a pod kontrolom su regulatornih gena koji ih aktiviraju ili deaktiviraju.

Najčešće se primjenjuje gen iz virusa mozaika karfiola (Cauliflower Mosaic Virus-CaMV, promoter 35S)

### c) **marker gen**

Karakteristika svih tehnika prenosa gena je nepreciznost i niski postotak insertiranja novog gena u ćelije domaćina. Znanstvenici moraju utvrditi koja je stanica preuzela novu DNA, tj. moraju izvršiti selekciju transformiranih stanica. Zbog toga se, pre nego se gen prenese, pričvrsti i marker gen. Najčešće se upotrebljava gen koji sadrži kôd rezistencije na antibiotike izoliran iz plazmida i rasponzona različitih mikroorganizama. Nakon transformacije, ćelije se drže u otopini antibiotika i samo modificirane ćelije tj. one koje su preuzele novi gen na koji je pričvršćen marker gen mogu preživjeti u toj sredini. Modificirane ćelije se izoliraju, kultiviraju i izrastu u zrele transgenu biljku.

### d) **terminator gen (terminaciona sekvenca)**

To je signal ćelijama da zaustave informacije vezane za strani gen nakon određenog vremenskog intervala. Najčešće se odjeljuje iz bakterije tla *Agrobacterium tumefaciens* gen za produkciju nutriensa nopina (terminator NOS) koji inducira rast tumora ili iz drugih mikroorganizama geni odgovorni za produkciju antibiotika tetraciklina. Sinteza tih novih produkata u transgenom organizmu uzrokuje samouništenje ili gubitak germinativnih svojstava.

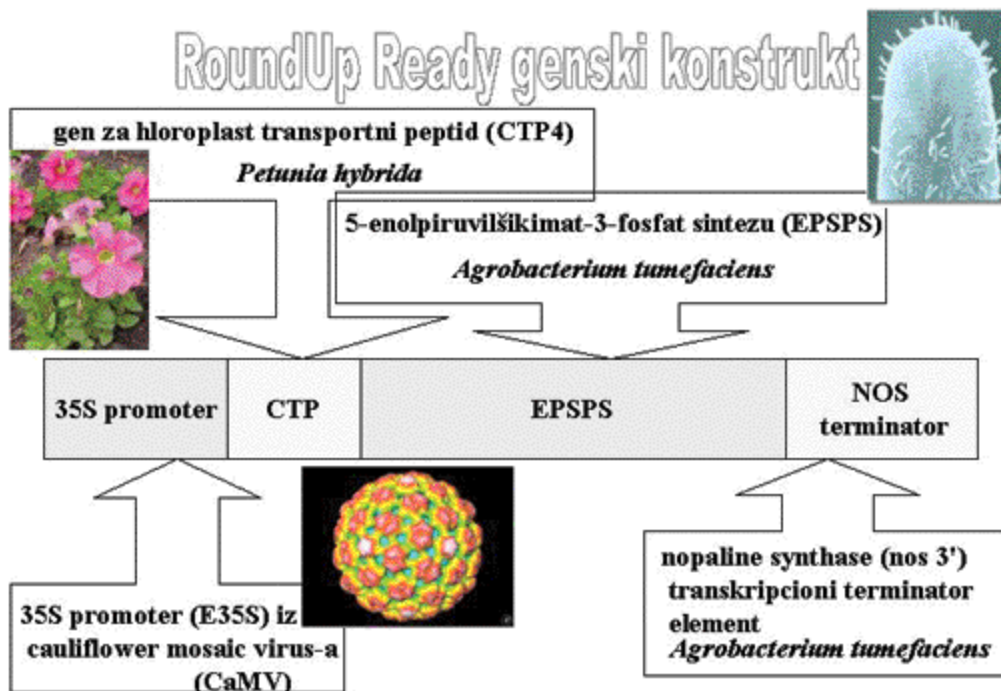
## **Kako se unose strani geni i šta je genski blok?**

Kod GM biljaka prve generacije najčešću osobinu koja je postignuta genetičkom modifikacijom je otpornost na totalne herbicide. U tom slučaju totalni herbicidi mogu se koristiti tokom vegetacije takvog genotipa, što smanjuje broj tretiranja i količinu unešenih herbicida po jedinici površine. Geni za toleranciju prema herbicidima su poreklom iz različitih mikroorganizama ili nekih divljih biljaka.

### **RoundUp Ready soja**

U ovoj genskoj konstrukciji mesto su našli DNK iz biljke (petunije), virusa (mozaik-virusa karfiola) i bakterije (*Agrobacterium tumefaciens*). Svako ima svoje zaduženje. Promoter širokog spektra i dovoljno agresivan (efikasan) obezbeđuje ekspresiju inkorporisanih gena CTP4 (tranzit peptid, koji omogućava

prenos EPSPS produkta u hloroplaste) i novostvorenog proizvoda gena EPSPS, koji nosi otpornost na glifosat RoundUp. NOS terminacioni element, terminira transkripciju (prepisanje unetog gena na iRNK). Kompletna ova DNK konstrukcija je »upucana« u ćelije soje mikročesticama, kao nosačima.



## Šta je horizontalni i vertikalni prenos gena?

U prirodi geni prenose **vertikalno**, sa generacije na generaciju, ukrštanjem roditelja, i **horizontalno** sa ćelije na ćeliju, odnosno genoma na genom, ponekad nesrodnih vrsta.

Horizontalni prenos gena omogućava razmenu genetičkog materijala nesrodnih vrsta i obuhvata: konjugaciju (razmena genetičkog materijala ćelija koje su u kontaktu priljubljene); transdukciju (genetički materijal se prenosi, iz organizma u organizam, putem infektivnih virusa); transformaciju (ćelija direktno usvaja genetički materijal iz okolne sredine).

Horizontalni transfer gena odvija u svetu mikroorganizama i živom svetu uključujući i više organizme (biljke i životinje).

Horizontalni prenos gena se smatra evolucionom kategorijom, a potrebni su određeni fizički uslovi (temperaturni šok) i hemijski agensi (neki antibiotici, teški metali, itd.). U ovaj prirodan tok gena, se uključuju i transgene konstrukcije onog momenta kada izađu iz laboratorije u prirodnu sredinu.

Prvi transgeni paradajz (*FlavrSavr*) sa produženom trajnošću odobren je za upotrebu 1994. godine. U SAD je preko 40 Genetički Modifikovanih (GM)

kultura odobreno za tržište, a preko polovine površina pod sojom i pamukom i oko trećine površina pod kukuruzom u SAD, zauzimaju Genetički modifikovani usevi.

Kod GM biljaka **prve generacije** najčešću osobinu koja je postignuta genetičkom modifikacijom je *otpornost na totalne herbicide*. U tom slučaju totalni herbicidi mogu se koristiti tokom vegetacije takvog genotipa, što smanjuje broj tretiranja i količinu unešenih herbicida po jedinici površine. Geni za toleranciju prema herbicidima su poreklom iz različitih mikroorganizama ili nekih divljih biljaka.

Druga po učestalosti GM biljaka je *otpornost na insekte* koja je postignuta ugradnjom gena za Bt toksin (Bt gena) koji potiče od zemljišne bakterije *Bacillus thuringiensis* (sintetiše proteinski toksin koji je otrovan za insekte, a bezopasan za ljude i ostale kičmenjake).

Genetičke modifikacije **druge generacije** predstavljaju biljke u koji se ugrađuju geni otpornosti na:

- biljne bolesti koje izazivaju virusi, gljivice i bakterije kao geni koji popravljaju nutritivnu vrednost proizvoda.

Nutritivna vrednost

- povećan sadržaj i izmenjenu strukturu skroba,
- povećan sadržaj proteina kao i lizina i triptofana u njima
- povećan sadržaj i izmenjen sastav ulja u korist omega-3 masnih kiselina.
- neka svojstva unesena u biljke nema značajnije komercijalizacije prvenstveno zbog otpora prema GMO.

Primer genotip pirinča *Golden rice*. Nemački i Švajcarski naučnici su 1999. godine uspešno preneli tri gena iz narcisa u pirinač čime su dobijene biljke pirinča koje sintetišu  $\beta$ -karoten koji se u organizmu čoveka pretvara u vitamin A.

- poboljšanje agronomski važnih svojstava kao što su smanjenje osetljivosti na stresne faktore kao što su suša, visoke temperature, niske temperature, poboljšanje iskorišćavanja hranljivih elemenata i drugo.

- iznalaženje mogućnosti da se metodama genetičke modifikacije izmeni mehanizam fotosinteze nekih biljaka (npr pšenica, krompir, pirinač) iz C3 u C4 tip što bi dovelo do povećanja efikasnosti fotosinteze i mogućeg povećanja produktivnosti do 35%.

- GM dobijena je i šećerna repa sa enzimom koji pretvara saharozu u fruktan koji nema kalorijsku vrednost i mogu ga koristiti dijabetičari.

- stvaranje GM biljaka koje usvajaju teške metale pa bi se mogle koristiti za čišćenje zemljišta zagađenih ovim elementima.

Bližu budućnost proizvodnje GM biljaka teško je predvideti. U današnje vreme su protesti protiv GMO jaki što dovodi do toga da su zakonske barijere u njihovom intenzivnijem širenju i dalje velike.

Ograničenja gajenja GM biljaka povećava potražnju za konvencionalnom hranom i može se očekivati ekonomska utakmica između proizvođača komercijalne i GM hrane pa će cene hrane imati značajan uticaj na razvoj GM biljaka. Potrebno je pažljivo razmatrati od slučaja do slučaja potencijalnu korist i rizik od svakog pojedinačnog GM genotipa i razvijati zakonodavstvo koje bi omogućilo korišćenje pozitivnih osobina GM biljaka a onemogućilo zloupotrebe i minimiziralo neželjene efekte po zdravlje ljudi i životnu sredinu.

## Analiza rizika od GMO i stvaranje potencijala za analizu rizika

Analiza rizika se, prema FAO UN (FAO), sastoji od procene rizika, upravljanja rizicima i komunikacije rizika.

Procena rizika od GMO predstavlja niz analiza na osnovu kojih se vrši procena zdravstvene ispravnosti i ekološke prihvatljivosti svake pojedinačne sorte ili hibrida GM biljaka. Procena rizika se vrši pre nego što se dopusti ograničena upotreba GMO ili komercijalno gajenje svake pojedine sorte ili hibrida GM biljaka i/ili dozvoli puštanje na tržište proizvoda od određene sorte ili hibrida GM biljaka. Osnovni principi pri izradi procene rizika su "da se ocjenjuje individualni GMO, a ne tehnologija", zbog čega je neophodno da naučna procena rizika bude izvedena prema principu "slučaj po slučaj" i da se sledi pristup "korak po korak".

- **Princip predostrožnosti** (*precautionary principle*) znači da nedostatak pune naučne izvesnosti o mogućim rizicima ne može služiti kao izgovor protiv preduzimanja odgovarajućih mera predostrožnosti. Sve članice Evropske unije (kao i sama Unija) članice su Kartagenskog protokola i evropske direktive o GMO (18/2001, 1829/2003, 1946/2003) (EULex), se takođe pozivaju na princip predostrožnosti.

- **Princip „slučaj po slučaj“** (*case by case*) znači da se pri proceni rizika mora odvojeno razmatrati svaki „modifikacioni događaj“ tj. svaka pojedinačna transformacija koja se dalje koristi, jer se pri svakoj pojedinačnoj transformaciji isti genski konstrukt može ugraditi na različita mesta u genomu, a može se ugraditi i u više kopija i/ili se paralelno mogu ugraditi i neki njegovi nepotpuni delovi. Takođe, procena rizika se mora posebno raditi za svaki tip upotrebe i za svaki tip životne sredine u koji se



dati GMO („modifikacioni događaj“) oslobađa. Tip životne sredine takođe uključuje i one GMO koji su u njoj prisutne, tj. isti ekositemi u koje su prethodno oslobođeni različiti GMO zahtjevaju odvojene analize. Sve to znači da se ne može dati opšti odgovor na najčešće pitanje koje je prisutno u javnosti („Da li su GMO bezbedni ili ne?“), već se odgovor koji se tiče biološke sigurnosti daje u svakom pojedinačnom slučaju, a na dobrom regulatornom sistemu je da se postara, uz poznavanje principa i metodologije procene rizika, da samo bezbedni GMO budu odobreni za tačno određenu upotrebu u jasno definisanoj životnoj sredini.

- Princip „**korak po korak**“ (*step by step*) podrazumeva da se pri proceni rizika prvo moraju vršiti ispitivanja u zatvorenim sistemima (laboratoriji) i manji poljski eksperimenti pre nego što bi se prešlo na poljske eksperimente većih razmera ili, u sledećem koraku, na eventualnu komercijalizaciju i kultivaciju.

Procena rizika od GMO odvija se u pet faza (*Trkulja i sar., 2008*).

U **prvoj fazi** procene rizika za pojedine GMO utvrđuju se i analiziraju specifične osobine tog GMO-a. Tako procena rizika mora uzeti relevantne tehničke i naučne pojedinosti u pogledu karakteristika:

- primateljskog ili roditeljskog organizma;
- genetičkih modifikacija, bilo ugradnje ili izrezivanja genetičkog materijala i relevantnih podataka o vektoru i donoru GMO-a;
- planiranog unošenja ili korišćenja, uključujući njegov obim;
- potencijalnu životnu sredinu koja ga prima; i
- njihova međudejstva.

U okviru **druge faze** procene rizika u šest koraka utvrđuju se i vrednuju mogući štetni uticaji namernog uvođenja GMO-a u životnu sredinu i procena opasnosti za biološku raznovrsnost i zdravlje ljudi, pri čemu je:

- *prvi korak* uočavanje karakteristika koje mogu izazvati štetne efekte;
- *drugi korak* procijena mogućih posledica svakog štetnog efekta, ako do njega dođe;
- *treći korak* procena vjerovatnoće pojave svakog uočenog pojedinačnog štetnog efekta;
- *četvrti korak* procena rizika koji predstavlja svaka od određenih karakteristika GMO-a;
- *peti korak* primena strategija upravljanja rizikom namernog unošenja ili stavljanja GMO-a na tržište, i
- *šesti korak* određivanje sveukupnog rizika određenog GMO-a.

Moraju se identifikovati sve karakteristike GMO-a povezane sa genetičkom modifikacijom koje bi mogle uzrokovati štetne efekte na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Upoređivanje karakteristika GMO-a sa karakteristikama nemodifikovanih organizama, u odgovarajućim uslovima unošenja ili korišćenja, pomoći će pri određivanju mogućih štetnih efekata i posledica genetičke modifikacije u GMO-u. Važno je da se ne zanemari ni jedan mogući štetni efekat iz razloga što je verovatnoća njegovog pojavljivanja mala.

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

- bolest opasnu za ljude, uključujući alergijske ili toksične efekte;
- bolest opasnu za životinje i biljke, uključujući toksične, a ponekad i alergijske efekte;
- efekte na dinamiku populacija vrsta u životnoj sredini primaoca, odnosno na genetičku raznolikost svake od tih populacija;
- ometanje profilaktičkih ili terapijskih, medicinskih, veterinarskih ili biljnih zaštitnih postupaka, npr. prenosom gena otpornih na antibiotike koji se koriste u medicini za ljude ili životinje; i
- efekte na biogeohemiju (biogeohemijske cikluse), posebno reciklaža ugljenika i azota putem promena pri razlaganju organskih materija u zemljištu.

U **trećoj fazi** procene rizika navodi se zaključak procene rizika, koji se prvenstveno zasniva na utvrđenim i vrednovanim mogućim štetnim uticajima namernog uvođenja GMO-a u okolinu i proceni opasnosti za biološku raznovrsnost i zdravlje ljudi iz druge faze procene rizika.

U **četvrtoj fazi** procene rizika opisuje se postupak izrade procene; navode izvori podataka i informacija korišćenih za izradu procene, upozorava se na moguće nedostatke procene i utvrđuje se verovatnoća pojave štetnih efekata ukoliko je tokom izvođenja postupka procene bilo objektivnih poteškoća.

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

**Procena zdravstvene ispravnosti namirnica dobijenih od GMO-a** uključuje istraživanje:

- mogućih direktnih negativnih efekata novog proteina na zdravlje (toksičnost);
- mogućnosti izazivanja alergijske reakcije (alergenost);
- mogućih promena u prehrambenim svojstvima, uključujući promenu koncepcije postojećih toksina i alergogena;

- stabilnosti ugrađenih ili promjenjenih gena i mogućnosti svih ostalih namernih procena koje bi mogle proizaći iz genetičke modifikacije.

**Procena rizika kod poljoprivrednih kultura koje mogu biti korišćene u ljudskoj ishrani uključuje, kako procenu rizika od upotrebe GM hrane, tako i procenu rizika od GM kulture po životnu sredinu.**

Procena rizika mora biti naučno zasnovana tako da je neophodna njena detaljnija metodološka razrada za čitav niz posebnih slučajeva, kao i da su uselđ specifičnosti koje procena rizika posjeduje u odnosu na redovno bavljenje naukom potrebne razne aktivnosti na stvaranju potencijala (*capacity building*) na globalnom, regionalnom i nacionalnom nivou.



Миломирка Мудић

## ТЕМА: Значај оплемењивања биљака у производњи хране

### Зашто:

- XX век је век са највећим развојем науке и технике у свим областима
- Друга половина и крај XX века обележио развој молекуларне генетике- биотехнологије - Генетичког Инжењеринга
- Оплемењивањем су створене нове сорте и хибриди који су неколико пута приноснији од старих селекција и природних популација што има велику улогу у обезбеђивању хране.
- Достигнућа у биотехнологији су нарушила хомеостазу у научним, стручним, политичким организацијама и становништву у свету. Захваљујући биотехнологији створени су трансгени организми, који су носиоци гена из еволуционо удаљених врста, што посебно изазива, сумње и страх од ГМ биљака и производа од њих
- Достигнути ниво знања (технологија) омогућио је померање природних закона и хоризонтални пренос гена што има своје добре стране и тренутно несагледиве последице-шта ће преовладати показате време!!!
- Тако генетика постаје тема најшире популације (произвођача, потрошача, компетентних и некомпетентних и др) и изазива поделу мишљења
- За Формирање мишљења о ГМ технологији и последицама неопходна је објективна и лакоразумљива информација.



# Шта је генетички модификована храна

Под ГМО (Генетички Модификованим Организмима) подразумевају се пољопривредне биљке које су креиране за људску и животињску исхрану употребом најновије технологије – биотехнологије-генетички инжењеринг.

ГМО је трансформисан увођењем једног или више гена или модификацијом постојећих гена. Биљке се модификују у лабораторијама да би се добила жељена својства као што су боља отпорност на хербициде, инсекте или повећање хранљиве вредности биљке.

Традиционално се то радило кроз укрштања -  
Захтева много времена.

Генетички инжењеринг може да створи биљку са жељеним особинама врло брзо.

# Који су аргументи за ГМО

На свету има преко 7 милијарди становника и предвиђа се да ће се тај број дуплирати кроз 50 година. Са ГМО је могуће прехранити толики број из више разлога. ГМО омогућава

## СМАЊЕЊЕ КОЛИЧИНЕ УПОТРЕБЉЕНИХ ПЕСТИЦИДА

Пољопривредници редовно користе велике количине хемијских пестицида. Потрошачи нису вољни да једу храну која је третирана пестицидима због могућег ризика о здравље и загађења околине.

Узгајање ГМ биљака као што је б.т.кукуруз (који има ген б.т.бактерије захваљујући ком производи сопствени пестицид против неких инсеката који их нападају) ће битно смањити цену кукуруза на тржишту и чувати околину.

# Отпорност на хербициде

Пољопривредници користе велике количине различитих хербицида. Производња ГМ кукуруза или соје који су тако модификовани да су отпорни на одређене врсте тоталних хербицида (који се употребљавају једанпут, а не више пута) омогућава да се смањи количина употребљених хербицида чиме се смањује цена производње уз очување околине.

# Отпорност на болести

Постоји много врста бактерија, гљивица и вируса који проузрокују биљне болести. Научници раде на прављењу ГМ биљака које су отпорне на те болести.

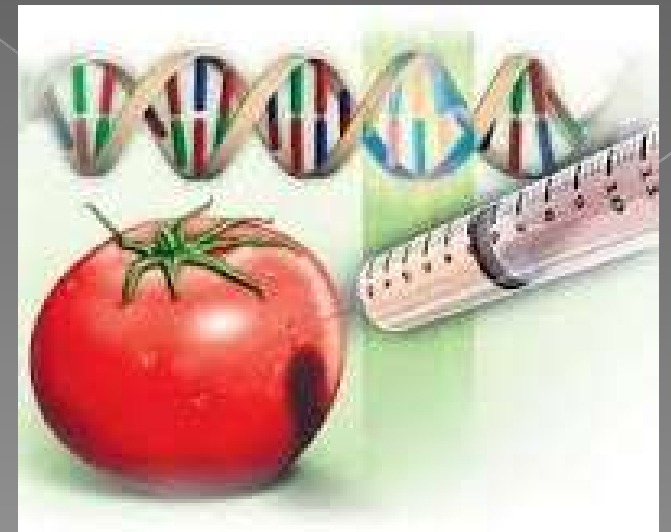




# Отпорност на хладноћу

Изненадни мраз може уништити осетљиве засаде.

Ген против смрзавања узима се из риба које живе у хладним водама и убацује у биљке као што су дуван и кромпир. Те биљке могу да поднесу температуре које би иначе уништиле немодификоване засаде.



# Отпорност на сушу и заслањеност тла

С порастом броја становника, све више земљишта се користи за становање уместо за производњу хране. Зато је неопходно да се узгајају биљке на локацијама које нису за то сасвим погодне. Прављење биљака које могу да поднесу дужи сушни период или заслањеност земљишта помаже пољопривредницима да узгајају биљке на подручјима на којима то раније није било могуће.



# Спречавање компликација које настају услед лоше ухрањености

Лоша ухрањеност је честа појава у земљама трећег света где се исхрана људи базира углавном на једној пољопривредној биљци, нпр. на пиринчу. Пиринач не садржи адекватну количину свих неопходних састојака који су потребни за уравнотежену исхрану.

Нпр. слепило услед недостатка витамина А је чест проблем у земљама у развоју. Узгој ГМ пиринча који садржи додатне витамине и минерале то може спречити.

# Јестиве вакцине



Лекови и вакцине су често скупи и некад захтевају посебне услове складиштења које није увек могуће обезбедити у земљама трећег света. Научници раде на томе да развију јестиве вакцине које се уносе преко парадајза и кромпира. Овакве вакцине би било јефтиније транспортовати, складиштити и давати него традиционалне које се дају кроз ињекције.

# Закључак заступника ГМО

ГМО има потенцијал да реши велики део проблема везаних за глад и лошу исхрану и да помогне у спречавању уништавања околине. Ту могућност не можемо игнорисати. Генетски инжињеринг ће бити неизбежан у будућности. Међутим, производња ГМО се мора спроводити са великом опрезношћу да бисмо избегли ненамеравани лош утицај на здравље и околину.

# Који су аргументи против ГМО

## НЕНАМЕРАВАНО НАНОШЕЊЕ ШТЕТЕ ДРУГИМ ОРГАНИЗМИМА

Нпр.полен из б.т.кукуруза (који ветар преноси на биљке које користе гусенице) је проузроковао велику стопу смртности гусеница краљевског леприра. Б.т.отров убија ларве многих врста инсеката. Није могуће произвести б.т.отров који би селективно убијао само инсекте који оштећују кукуруз, а да остане безопасан за остале инсекте.

# Смањење ефикасности пестицида

Постоји бојазан да, као што су неке врсте инсеката стекле имунитет на ДДТ, инсекти могу постати имуни на б.т. Или неке друге пољопривредне биљке које су генетски модификоване да производе сопствене пестициде.



## СТВАРАЊЕ МОНОПОЛА

Развијене земље могу монополизovati ГМО технологију и тако маргинализовати земље у развоју.

# Ненамеравано преношење гена на друге врсте

Постоји могућност да се ГМО биљке које су отпорне на хербициде укрсте са коровом што би резултирало тиме да се гени за отпорност на хербициде пренесу са тих биљака на корове. Ти суперкорови би такође стекли отпорност на хербициде. Убачени гени би се могли пренети на немодификоване врсте које расту у суседству што може имати непредвидиве последице.



# Употреба Гмо представља ризик по људско здравље

## АЛЕРГИЈЕ

Постоји могућност да убацивање гена у неку биљку може проузроковати алергијске реакције.

## МОЖЕ ДОВЕСТИ ДО ОТПОРНОСТИ ЉУДИ НА АНТИБИОТИКЕ

Примена генетских маркера отпорних на антибиотике је изазвала страх од раста отпорности на антибиотике код човека и животиња као резултат преласка гена из ГМ биљака на бактерије у дигестивном тракту.

Генерално, смањена је хранљива вредност ГМ хране.

Непознати ефекти на људско здравље.

Поред жељених ефеката генетска модификација биљака може проузроковати неочекиване нежељене утицаје на људско здравље.

Кад научници убацују одређене гене у организме који их иначе немају, тешко је предвидети какву ће интеракцију уведени гени имати са постојећим и који су могући ефекти на људе и околину.

ГМ храна садржи нижу количину фитоестрогена који штити од срчаних болести и канцера.

Смањена је количина протеина у ГМ храни.

# Економски разлози

Производња ГМО је сложен и скуп процес и компаније које се баве тиме желе наравно да поврате уложени новац и остваре профит. Патентирано је много нових ГМ биљака тако да ограничавање и забрањивање нових патената представља велики проблем за те компаније. С друге стране заштитници потрошача су забринути да ће патентирање тих нових биљака толико повисити цену семена да мали пољопривредници и земље у развоју неће моћи да приуште што ће довести до продубљивања јаза између богатих и сиромашних.

Неки противници производње ГМО тврде да је генетско модификовање природних врста НЕПРИРОДНО и због тога неприхватљиво.





Co-funded by the  
Tempus Programme  
of the European Union



Building Capacity of Serbian Agricultural  
Education to Link with Society



**TEMPUS projekat:**  
**Izgradnja kapaciteta srpskog obrazovanja**  
**u oblasti poljoprivrede radi povezivanja sa društvom (CaSA)**  
**544072-TEMPUS-1-2013-1-RS-TEMPUS-SMHES (2013 – 4604 / 001 - 001)**

**Koordinator:**  
**Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet**

**WP4 (DEV) - Modernizacija nastavnih sadržaja**

**4.3. Razvoj klasičnih stručnih kurseva za  
nastavnike srednjih poljoprivrednih škola i agronome u savetodavnim službama**

**4.4. Razvoj on-line stručnih kurseva za  
nastavnike srednjih poljoprivrednih škola i agronome u savetodavnim službama**

**WP7 (DEV) - Pilot implementacija stručnih kurseva**

**7.1. Implementacija klasičnih stručnih kurseva**

**7.2. Implementacija on-line stručnih kurseva**



Co-funded by the  
Tempus Programme  
of the European Union



Building Capacity of Serbian Agricultural  
Education to Link with Society

