Миодраг Димитријевић Софија Петровић

ГМО - ПИТАЊА И ДИЛЕМЕ



Нови Сад 2004.

Век који смо оставили за нама донео је са собом многе иновације, које су суштински промениле живот људи. То је био век у коме је човек запловио ваздухом, отишао у свемир и на Месец. Век сателита. Век комуникације и глобализације. Век који је донео најкрвавије ратове у историји човечанства. Век у коме се зачело атомско доба. Век развоја рачунара. У односу на остале векове до тада, век са највећим променама. И свакако, век драматичног развоја науке на многим пољима.

Сада када стојимо на вратима новог миленијума, са правом се питамо: Шта нам он доноси? Тешко је из садашње перспективе да се сагледа, али оно што је наговештено другој половини прошлог века ће сигурно да обележи и први век новог миленијума. То је биотехнологија, чији основ представља молекуларна генетика, генетички инжењеринг, а резултат су контролосано и циљно генетички измењени организми и клонови.

Сигурно је и већ сада неизбежно, да су ови генетички модификовани организми (ГМО) постали део нашег свакодневног живота. Питања која стижу са овом технологијом, па може да се каже и индустријом су многобројна. Од етичких до техничких. Генетика је тиме, од науке којом се ексклузивно бавила релативно малобројна научна заједница, постала широка тема за дискусију компетентних, некомпетентних, професионалаца, аматера, заљубљеника, сензационалиста, умерених, горљивих, опрезних, радозналаца. Подела мишљења је неминовна и она је у човековој природи, мада и овде може да се примени да није све у реторици и академској дискусији. Како се у шали каже "Није све у љубави, има нешто и у новцу". Овде се, међутим, нико не шали. Док једни очекују да ће ова технологија донети многе позитивне промене у наш живот и значајно подићи и унапредити квалитет живљења отварајући неслућене перспективе, други изражавају отворен страх пред могућим последицама пребацивања гена из организама у организме, пробијањем свих природних препрека. Према једнима, реч је о револуционарном кораку за добробит човечанства. Храна која је истовремено и лек, храна која је обогаћена новим хранљивим вредностима, биљке које су отпорне на хербициде, штеточине. Други ГМО технологију сматрају потенцијалном и сасвим реалном опасношћу, која прети човековој околини, ствара монструозне организме. Сматрају је и недовољно усавршеном и недовољно испитаног утицаја на здравље човека. У реченици, поигравањем човека са границама које је природа, или божанска рука поставила.

Поред свих дилема, чињеница остаје је да је човек кумулисао знање и овладао још једном техником која му помаже да продре у микрокосмос гена и генетичке информације. Чињеница је, такође, да му достигнути ниво сазнања омогућава и да потире, или помери природне законе и постављене границе у хоризонталном преносу гена, односно размени генетичких инфирмација између врста. Као и свака драматична новоосвојена научна и технолошка област и биотехнологија може да има своје добре стране, али и застрашујући несагледиве и неповратне негативне последице. Шта ће да преовлада показаће време.

З а ш т о ј е в а ж н о п о з н а в а њ е Г М О ?

Трансгени организми су у почетку коришћени за генетичка, односно молекуларно-биолошка истраживања, да би се проучавали механизми наслеђивања, рад и ефекти гена, границе проширивања генетичке варијабилности, или како се поетски каже откривале "тајне живота". Данас се њихови продукти користе у производњи хране, лекова и козметичких preparata. Генетички инжењеринг данашњице омогућава генску терапију у лечењу, добијање комерцијалних трансгених биљака и животиња. Није далеко доба када ће животиње моћи да производе важне фармацеутске продукте и њима "обогатити" млеко. Када ће њихови генотипови бити тако измењени да не доводе до имунолошког одбацивања у човека пресађених животињских органа. Млеко, месо, вуна и други производи добијени од домаћих животиња, као и производи биљних култура ће бити обогаћени у свом саставу , тако да доприносе добробити и здрављу људи. И човек ће учинити крупне кораке у побољшању животињског и биљног света уношењем пожељних и корисних гена за отпорност на уобичајене болести. Генском терапијом ће бити измењени гени који доводе до појаве сада неизлечивих болести.

Као пример генских манипулација о којима је овде реч, може да се наведе парадајз осетљив на ниске температуре и врста рибе која добро подноси хладноћу воде. Идентификовани су и изоловани гени иверка (*Platichthys flesus*) из северног Атлантика, који су одговорни за добро подношење ниских температура. Техникама генског инжењеринга су уграђени ови "антифриз" гени у парадајз, чиме је продужена сезона гајења ове културе. У Северној Америци се експериментише са лососом коме је уграђен људски ген hGH, који продукује хормон раста, чиме се убрзава пораст и повећава величина лососа. Хумани ген за хормон раста (rBGH) се уноси у геном крава и свиња.

Употреба ГМО у биљној пољопривредној производњи је већ уходана пракса. Кромпир, памук, кукуруз и друге биљне културе, који садрже гене бактерије *Bacillus thuringiensis* (Bt), сами производе природни пестицид (инсектицидни протеин) којим се смањују оштећења од инсеката. Уграђени гени из земљишних бактерија као што су *Agrobacterium tumefaciens*, *Streptomyces viridochromogenes*, *Streptomyces hygroscopicus*, *Klebsiella pneumoniae*, или *Achromobacter sp*. обезбеђују пољопривредним културама (соја, кукуруз, шећерна репа, уљана репица, памук итд.) отпорност на тоталне хербициде. Ови генски модификовани биљни организми олакшавају гајење у монокултури, смањују интеракцију биљке (генотипа) и спољне средине. Биљка све више постаје "фабрика хране", а пољопривреда се приближава индустријској производњи. Преко 3000 генски инжењерованих биљака, животиња и микроорганизама је развијено у лабораторијама претежно у С.А.Д. У овој земљи је преко 40 врста ГМ биљних култура одобрено за тржиште.

Наведено упућује да је ГМ технологија постала део нашег живота и да је познавање ове технологије веома важно не само за научнике, већ и за најшире групе произвођача, потрошача и становништва уопште, које се већ суочава, или ће се суочити са продуктима ГМО. Ако се за прошли век навело да је био век науке, предвиђања говоре да ће овај век бити век информација. Да би јавност заузела правилан став и формирала мишљење о ГМ технологији и последицама ове технологије мора да има правовремену, лако разумљиву и објективну информацију.

К а к о с е р а з в и ј а л а г е н е т и ч к а и д е ј а ?

Генетика је наука која је почела да се развија као самостална научна дисциплина средином XIX века захваљујући експериментима свештеника Грегора Мендела из Брна (Моравска). Мендел је 1865., укрштајући разне сорте грашка (*Pisum sativum)* поставио основне законитости у наслеђивању особина. Он је претпоставио да постоје јединице наследности, које се преносе из генерације у генерацију. Некако у исто време (1869.), Белгијанац Ф. Мишер је несвесно изоловао ДНК (дезоксирибонуклеинску киселину) радећи експерименте у кухињи властелинског дворца у Тибингену (Виртемберг). Ова два открића, која су прошла у то време сасвим незапажено, су поставила темеље генетике као модерне науке у XX веку.

Већ 1902., Бејтсон уводи назив "ген" за наследну јединицу која утиче на појављивање и развој особине организма. Нешто мање од тридесет година касније, Милер (1927) користећи винску мушицу (*Drosophila melanogaster*) открива да X-зраци могу да изазову промене у наследном материјалу, које се преносе на потомство ткз. мутације. Грифит (1928), случајно открива трансформацију, промену генетичке информације једног организма, под утицајем другог, радећи са *Streptococcys pneymoniae.* У 1941., Бидл и Тејтум експериментишући са гљивом *Neurospora crassa*, доприносе постављању теорије "један ген – један ензим". Ова теорија, мало модификована, важи и данас. Крајем II Светског рата, Ејври, МекЛод и МекКарти (1944), настављајући рад Грифита на *Streptococcys pneymoniae*, показују да је преношење ДНК одговорно за промену наследне информације код ове бактерије. Барбара МекКлинток, 1950., радећи на кукурузу (*Zey mays*), доказује постојање покретних наследних елемената, транспозона. Док две године касније, Ледерберг и Зиндер откривају трансдукцију, пренос генетичког материјала путем вируса. Те 1952., Херши и Марта Чејз доказују да је ДНК носилац наследних особина користеци бактерију *Escherichia coli* и вирус T2 бактериофаг. И тада……

"Открили смо тајну живота!" објавио је Френсис Крик, улазећи у паб "Орао" у Кембрицу, 28. фебруара 1953. Тог јутра у малој бараци изгубљеној у једном од дворишта универзитеског градића у Енглеској, он и Џејмс Вотсон су управо то и урадили открившри структуру дезоксирибонуклеинске киселине (ДНК). Ово је био преломни тренутак у развоју генетике и камен темељац развоја молекуларне генетике, која ће после неколико деценија да доведе до стварања генетички модификованих организама. Као и Бидл и Тејтум (1958), а много касније Барбара МекКлинток (1983), Вотсон, Крик и Морис Вилкинс су 1962., добили Нобелову награду за ово откриће. Росалинд Френклин, која је у то време на Краљевском колецу у Лондону добила прелепе рендгенске фотографије структуре ДНК, награду није добила. Умрла је од рака 1958 у 37. години. Нобелова награда која се није давала посмртно, је отишла у руке тројице мушкараца четири године касније.



Горе лево: Ватсон, Крикк и Вилкинс. Доле лево: Ватсон као руководилац Пројекта мапирања хуманог генома. Горе десно: Физичар Џорџ Гамов који је открио да три дела ДНК ланца (азотне базе) одређују једну есенцијалну амино-киселину у процесу синтезе протеина. Гамов је и аутор теорије о "Великом праску" настанка васионе.

Сада када је дефинисан објект истраживања, открића су се дешавала скоро у низу. У 1957., откривена је кружна ДНК структура код *E. coli* (Жакоб и Волман), као и ензим ДНК полимераза (Корнберг). Мезелсон и Штал су 1958., открили да се ДНК удваја у две идентичне копије. 1959. Савада је показао да гени за отпорност према антибиотицима могу да се пренесу из расе *Shigella* у расу *Escherichia coli* помоћу плазмида (аутономне ванхромозомске ДНК кружне јединице). Овај пренос је веома важан за касније развијање техника добијања ГМО.

60-те су донеле открића везана за регулацију рада гена и синтезу протеина. Беквит и Сигнер су, 1966., преместили сегмент ДНК(лац регион) из *E. coli* у други микроорганизам чиме су показали да је гене могуће преносити, као и редизајнирати хромозоме. Кроз 70-те је учињен крупан експериментални корак у путевима и ензимским системима за пренос гена из организма у организам. Коен, Чанг, Хилинг и Бојер (1973) су показали да ДНК може да се исече у делове помоћу рестрикционих ензима, да се део (сегмент) ДНК може да пренесе у, такође, исечени плазмид и да овако створена *рекомбинантна ДНК* може да буде биолошки активна и да се умножава у домаћиновој бактеријској ћелији. Ово је упутило да плазмиди могу да буду корисни преносиоци (вектори) за преношење страних гена из једног организма у други организам. Наведено откриће је представљало преломни корак у развоју технологије рекомбинантне ДНК и генетичком инжењерингу. 80-те су донеле почетак комерцијализације дотадашњих истраживања и почетак процвата индустријске биотехнологије. 1981., је донела дозволу државних органа С.А.Д. (United States Food and Dryg Administration - FDA) за пласман на тржишту првог рекомбинантног протеина, хуиманог инсулина за дијабетичаре, добијеног рекомбинацијом гена у културама микроорганизама.

Последња деценија прошлог века донела је убрзану комерцијализацију трансгених организама, посебно у пољопривреди, али и даља истраживања на пољу молекуларне генетике. 1990. званично је почео 15-тогодишњи пројект откривања свих гена на свим хромозомима човека и утврђивања њихове биохемијске природе – Пројект истраживања хуманог генома (Hyman Genome Project). Руководилац овог пројекта од 1988. је био управо Џејмс Вотсон, који је касније дао оставку на тај

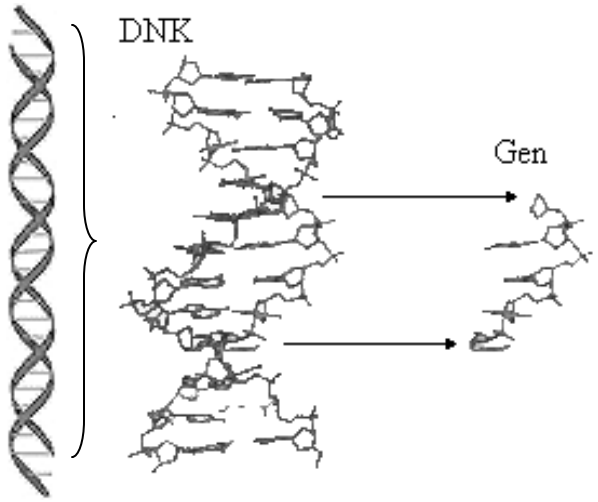
положај. Исте, 1990., је изведена прва потврђена генска терапија у медицини, са делимичним успехом. Гени за имуноглобулин су инсертовани у изоловане ћелије белих крвних зрнаца, које су затим враћене у крв пацијента и дале извесно побољшање имунитета. 1994. одобрење за употребу, FDA је доделила првом комерцијалном трансгеном парадајзу са продуженом трајношћу „Флејва сејвиа“ (FLAVR SAVR™), компаније Калџин (Calgene Inc.). Иначе експерименти са овим парадајзом су почели још 1988. Већ средином 90-тих ГМ пољопривредне културе постају све више и више саставни део америчке пољопривреде и нагло заузимају све веће површине. Историјске 1997. у Рослин институту у Единбургу (Шкотска) свет је угледало јагње Доли. То је био први сисар добијен техником трансгеног клонирања. Ово је отворило пут ка клонирању људи, сличним техникама. 1999. је испитан (секвенционисан) први комплетан хромозом човека (хромозом 22). Почетком новог миленијума, 2000-те, је завршено грубо секвенционисање укупне ДНК човека. Преко половине површина под сојом и памуком и око трећине површина под кукурузом у С.А.Д. заузимају трансгени усеви. Преко 40 врста пољопривредних генски инжењерованих култура је одобрено за тржиште, у овој земљи. Последично 60-70% производа у америчким самопослугама садржи компоненте трансгених организама. Нова ера је почела.

Ш т а ј е г е н ?

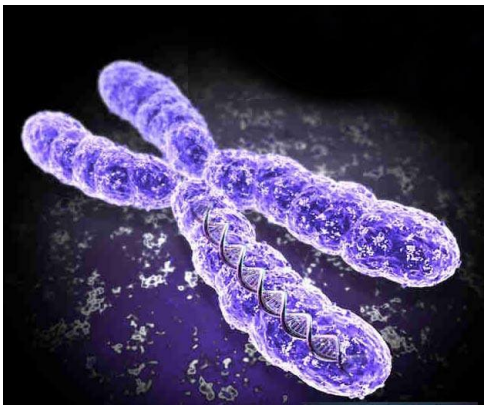
Највећи део историјског памћења и акумулисаног искуства људске расе представљен је и сачуван у књигама. Распоред слова формира речи, а ове реченице, којима се искуство преноси хоризонтално од човека до човека и вертикално са генерације на генерацију. Слично је и са говором, односно усменим предањем. И гени су део нагомиланог хиљадугодишњег историјског искуства, еволуције, који информацију коју носе предају хоризонталним преносом са организма на организам, или вертикалним преносом, наслеђивањем из генерације у генерацију. За искуством наталоженим у књигама, посежемо у библиотекама. За информацијама наталоженим у генима посежемо у нама самима. Тако произилази да је сваки човек ходајућа библиотека памћења своје врсте. То важи и за остале организме на Земљи.

Основна градивна јединица организама је ћелија. У природи налазимо како једноћелијске организме, тако и оне који се састоје од милиона ћелија. Оно што им је заједничко је да сваки од њих у свакој ћелији садржи генетичке информације. Организам у свим својим ћелијама садржи ткз. нуклеинске киселине. Ове киселине заједно са молекулима протеина изграђују хромозоме, облика увијене бисерне огрлице. Хромозоми се већином налазе у једру ћелије и њихов сталан број је карактеристика врсте. Најчешће заступљена је дезоксирибонуклеинска киселина – ДНК, која својим делићима чини мале наследне јединице – гене. Укупна ДНК организма, укључујући и све гене, чини геном. Гени, мали ДНК сегменти који производе протеине, су одговорни за све особине организма и оне које видимо, као и оне које не видимо. Реч је о сложеном механизму памћења предачких информација, њиховој реализацији у изгледу организма и преношењу на потомство. Рад ових носилаца наслеђа се моделирао хиљадама година у сагласју са

променама услова средине, што чини основ теорије еволуције. Ово је питање тананог баланса, јер генетичка основа мора да буде довољно непроменљива да од човека увек настане човек, од руже ружа, од зеца зец, али и да је довољно променљива да се врста што успешније прилагођава променама условима средине и тако преживљава.



Двоструки ланац ДНК, чији сегменти представљају гене. Од укупне дужине ДНК човека, тек негде око 1% чине гени. Начин рада ових гена, односно начин наслеђивања особина човека је мањој мери проучен. Функција преосталих 99% у огромном делу још увек није позната. Слично је за највећи број виших организама



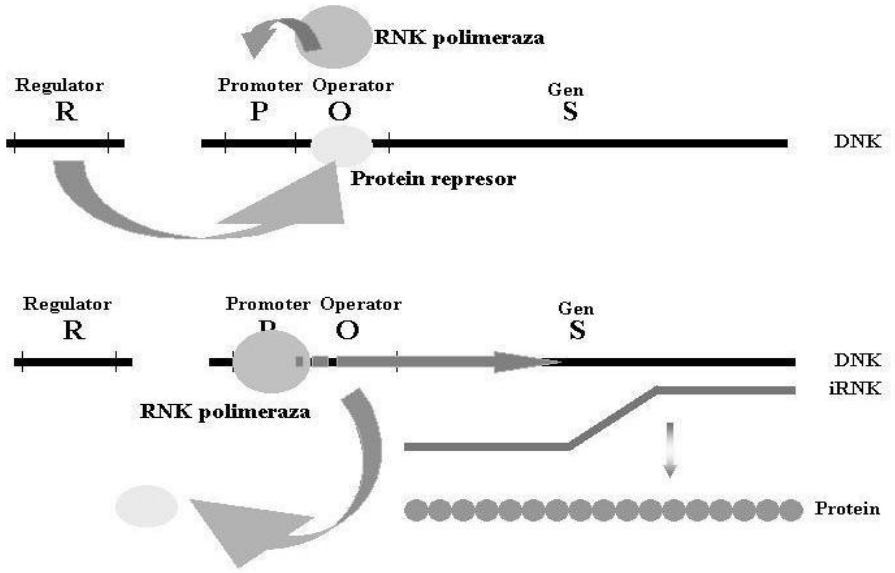
ДНК ланци заједно са протеинским молекулима чине хромозоме. Број хромозома је сталан за сваку врсту и као такав карактеристика је врсте. Човек их има 46, пшеница 42, кукуруз 20, соја 40, парадајз 24, свиња 38, пас 78, комарац 6, мрав 48, шаран 104, смуђ 24 итд.. Слика преузета са: http://iris.cnice.mecd.es/

К а к о г е н и р а д е ?

Гени свој протеински продукт производе под двоструком контролом. Негативна контрола се остварује радом регулаторних гена, који продукују протеин репресор. Везивањем овог протеина за сегмент ДНК (оператор) испред самог структурног гена (S) се прекида, или смањује ефикасност преписивања генске информације са ДНК на информациону рибонуклеинску киселину (иРНК) и прекида се, или смањује продукција протеина. Позитивна контрола се остварује постојањем ДНК сегмента (промотер) за који се везује ензим РНК полимераза, који реализује преписивање генске информације са ДНК на иРНК и у даљем процесу доводи до продукције полипептида (сегмената амино-киселина) који чине крајњи производ гена - протеин. Промотери су дакле веома важни за експресију гена. Неки промотери су рестриктивнији од других у погледу услова за транскрипцију

(преписивање гена са ДНК на иРНК). Раније се сматрало да су промотерни региони једноставне структуре, да би се данас дошло до тога да се ради о комплексним конструкцијама које су у интеракцији са низом позитивних и негативних контролних елемената

Ефекат гена у интеракцији са контролним механизмима



Један од основних проблема који се постављао пред молекуларне генетичаре је управо експресија страног гена, његова реализација у протеински продукт, инкорпорисаног у геном организма домаћина. Баријере које могу да спрече експресију овог гена могу да се појаве у сваком делу пута од гена до фенотипа (његове реализације).

Шта су генетички модификовани организми?

Под генетичком модификацијом у најширем смислу може да се сматра свака промена у геному. Промене генома могу да буду последица рекомбинације родитељских гена у потомку и као такве се добијају укрштањем родитељских парова – хибридизацијом у поступку оплемењивања и селекције организама. Промене генома могу да буду и промене у броју хромозома, или крупније промене у њиховој структури, што се добија техникама цитогенетике. Генетичка модификација може да буде на нивоу гена, или мање групе гена, техникама молекуларне генетике, односно генетичког инжењеринга. Сви организми добијени на наведене начине могу да се сматрају генетички модификовани. Овим може да се илуструје да називи који се користе да опишу организме са генским променама о којима је овде реч и нису можда најсрећније одабрани. Не улазећи у шира разматрања, може да се каже да се под генетички модификованим организмима (ГМО) подразумевају они, којима је генски састав измењен на начин који се никада не би десио класичним размножавањем, или природном рекомбинацијом

постојећих гена врсте. Овим генетички модификованим, или трансгеним организмима је генетичка структура измењена на начин који се никада не би десио у природи. Генске конструкције којима је измењен геном домаћина најчешће потичу од сасвим несродних врста, чиме се поништавају све границе у природном генском току измена наследних информација. Место креације ГМО је лабораторија. Они су тако генетички инжењеровани да у својој ДНК садрже страни ген, или гене који је унешен лабортаторијским методима и техникама. Извори гена којим се манипулише у ДНК домаћина се налазе у биљном свету, као и у свету микроорганизама, инсеката и животиња, укључујући и људе.

Како се уносе страни гени и шта је генски блок?

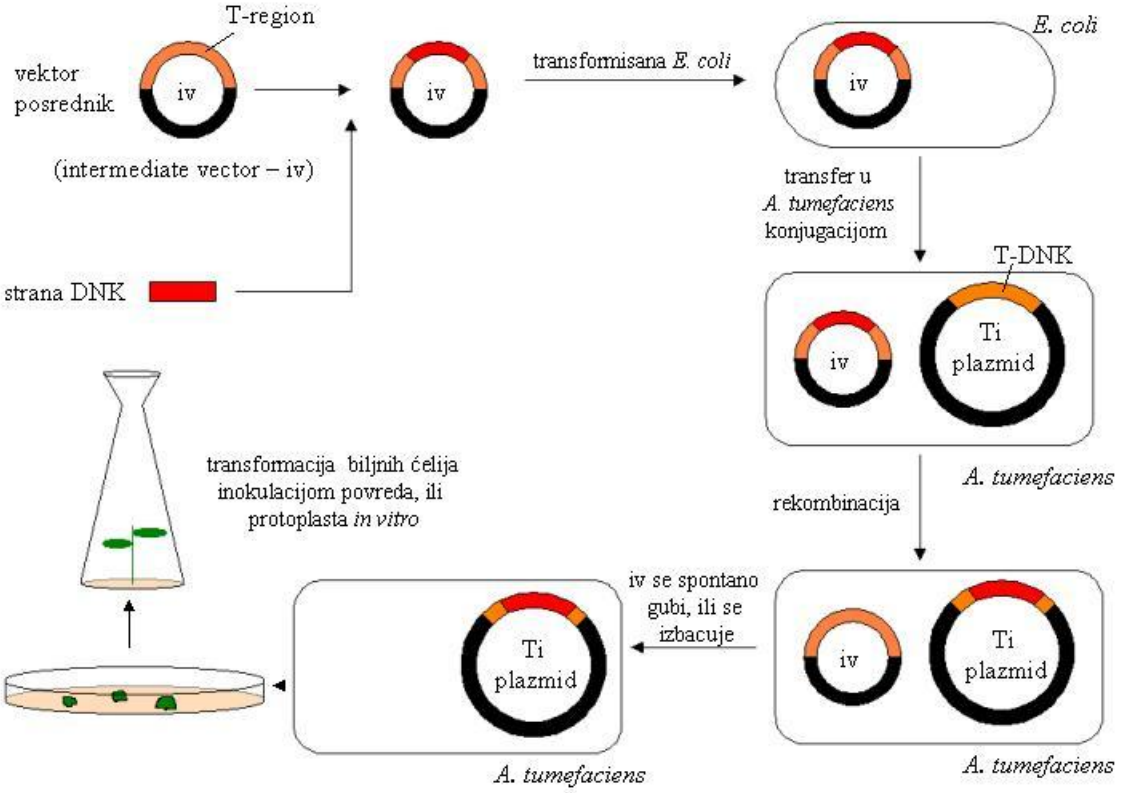
Основу поступка уношења страног гена у геном домаћина чине природни "генски инжењери" онкогене (канцерогене) бактерије и вируси. Ако се не користе микроорганизми, као преносиоци, онда се страни ген директно "упуцава" у ћелију домаћина микробомбардовањем биљних ћелија, или ткива. Позабавимо се за тренутак једним од поступака којим се добијају ГМ-организми. Примећено је да се набујало неиздиференцирано ткиво биљног тумора голосеменица и дикотиледоних скривеносеменица ствара, ако повреду на биљци третирамо грам-негативном земљишном бактеријом *Агробацтериум тумефациенс*. Ово ткиво се сасвим канцерогено понашало и настављало да расте и без присуства бактерија. Ћелије туморног ткива су синтетисале *опине*, неуобичајене амино-киселинске продукте за нормално биљно ткиво. Најчешћи опини су били *октопин* и *нопалин*. Дакле важно је да се запази да су биљне ћелије, третиране *A. tumefaciens*-ом, настављале производњу опина и у отсуству бактерија. Врста опина коју су производили није зависила од биљке домаћина, већ од расе бактерије. То значи да је бактерија трансформисала генетичку основу биљне ћелије и "приморала" је да производи, за здраву биљку, атипични продукт - опине. Показало се да *A. tumefaciens* садржи већи кружни ДНК сегмент, независан од остале генетичке основе бактерије, који од своје укупне величине (140-235кб), у геном биљке домаћина убацује сегмент од свега 20кб. Кружни сегмент је назван Ti плазмид (**T**umor **i**ndycing), а сегмент који се уграђује у домаћина Т-ДНК (transferred DNA). Бактерије лишене овог плазмида, губе вирулентност.

Идеја је, дакле, да се Т-ДНК Ti-плазмида замени "нашом" страном ДНК (страним геном, или генима) и да се тако посредством *A. tumefaciens*-а, унесе у биљку домаћина. Међутим, Ti-плазмид *A. tumefaciens*-а је непогодан за директну манипулацију, па се јавља посредник (intermediate vector) у виду мање бактерије *Escherichia coli*.

Да би поступак уградње страног гена у несродног домаћина (биљку) био успешан, потребно је да се осигура да уграђени ген испољи свој ефекат, или једноставније речено да ген "ради". Важно је да се угради и гени "обележивачи", који ће да нам помогну да издвојимо ћелије где је уграђивање страног гена успешно извршено, од оних где то није. Ови обележавајући гени могу да буду гени отпорности на одређен антибиотик, или на неку другу супстанцу (хербицид).

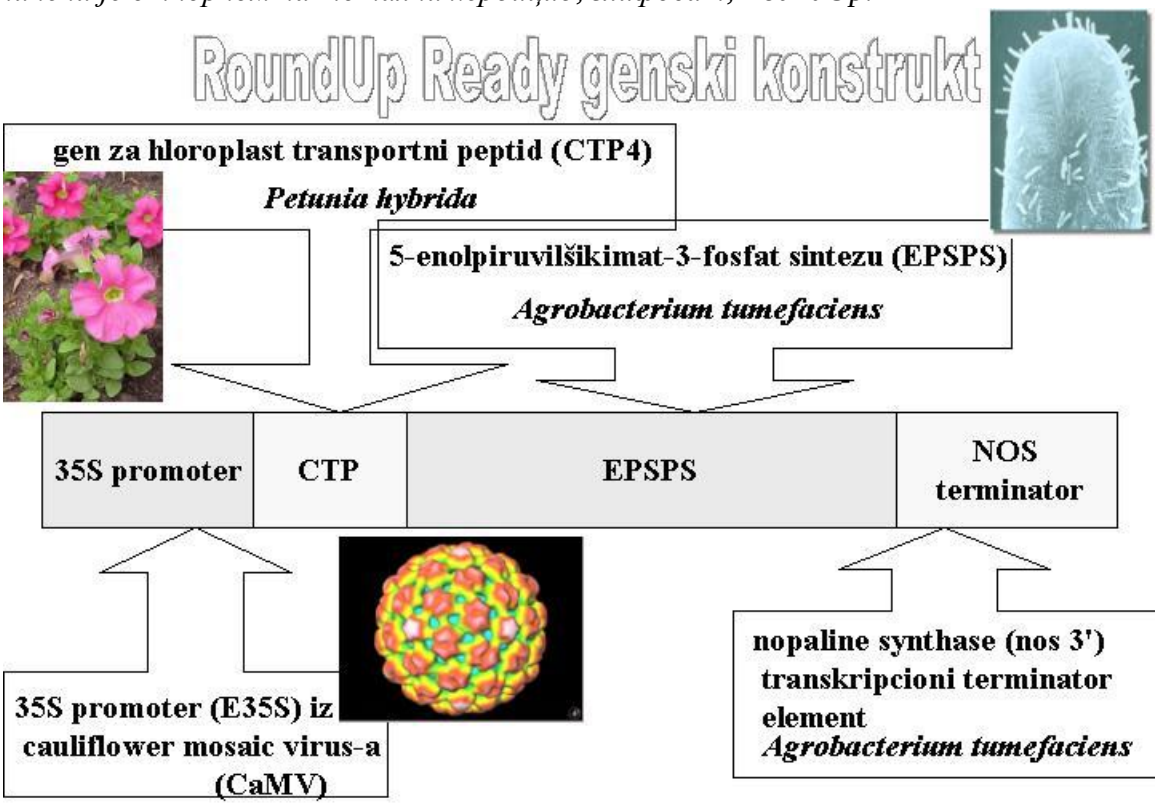
Биљне ћелије које преживе третман антибиотиком, хербицидом итд., имају уграђен "наш" сегмент стране ДНК.

Уношење страног гена у биљку путем Ti-plazmida A. tumefaciens-a и посредством E. coli.



Вратимо се самом страном гену, који се уграђује и обезбеђивању његовог успешног ефекта у новом домаћину. Уграђивање самог гена не гарантује да ће бити превазиђени проблеми његове експресије. Потребан је и "добар" промотер, који ће бити довољно агресиван да обезбеди функционисање убаченог гена и довољно широког спектра да може да се универзално користи. Тако долазимо до генског конструкта (конструкције), односно химерног гена, који осим промотера може да садржи и неке друге гене који регулишу синтезу протеина. Ако је сам чин уношења страног гена у сасвим несродног домаћина "убрзана еволуција", како присталице ГМО технологије понекад кажу наговештавајући да би се тако нешто у природи кад-тад догодило, онда је креирање химерног гена, који се уноси у комплексу, у геном домаћина нешто што ни "убрзана" ни "успорена" еволуција не може да "замисли". Илуструјмо ову тврдњу химерним геном (конструкцијом) која је карактеристична за Раундап реди (RoundUp Ready) сојy.

Генска конструкција која је уграђена у генетичку основу RoundUp Ready соје, чинећи је отпорном на тотални хербицид, глифосат, RoundUp.



У овој генској конструкцији место су нашли ДНК из биљке (петуније), вируса (мозаик вируса карфиола) и бактерије (*Agrobacterium tumefaciens*). Свако има своје задужење. Промотер широког спектра и довољно агресиван (ефикасан) обезбеђује експресију инкорпорисаних гена CTP4 (транзит пептид, који омогућава пренос EPSPS продукта у хлоропласте) и новостворених производа гена EPSPS, који носи отпорност на глифосат RoyndUp. NOS терминациони елемент, терминише транскрипцију (преписивање унетог гена на иРНК). Комплетна ова ДНК конструкција је "упуцана" у ћелије соје микрочестицама, као носачима.

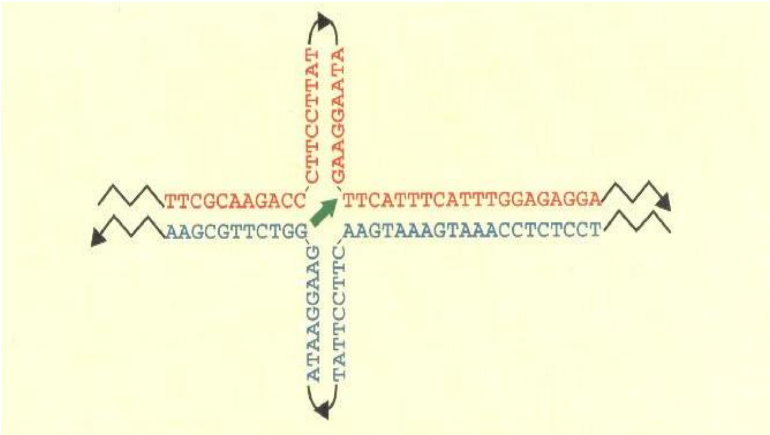
Да ли су покретачи рада страног гена безбедни?

У већини случајева, за обезбеђење рада унетог страног гена коришћен промотер CaMV 35S из мозаичног вируса карфиола. Овај промотер је често коришћен у генетичким модификацијама, односно технологији ГМО уопште. Део научне јавности има озбиљне замерке на његову употребу.

Мозаик-вирус карфиола спада у групу колимовируса. Ови вируси се карактеришу ограниченим спектром домаћина фамилије *Solanaceae* (*Cryciferae*). Међутим промотор који је изолован из овог вируса има далеко већу агресивност и функционише у широком спектру домаћина. Питање сигурности овог промотора

постављено је још по креирању првог комерцијалног трансгеног усева – парадајза FlavrSavr.

Постоји низ фактора који утичу на понашање стране ДНК, инсертоване у биљни геном: позиција у геному, где је инкорпорација извршена, могуће промене генског материјала путем рекомбинација, као и активирање одбрамбених механизама домаћина у циљу заустављања активности ДНК "уљеза". Промене ДНК материјала обично настају у регионима са такозваним секундарним структурама, као што је CAMV 35S промотер, који може да формира крстасту структуру, која даље омогућава неконтролисане рекомбинације генског материјала.



Крстаста структура коју може да формира CAMV 35S промотер (John Innes Centre and Sainsbury Laboratory Annyal Report, 1998/99)

Према резултатима Џон Инис Центра (Енглеска), CaMV промотер поседује рекомбинациону "врућу тачку", место које подложно ломљењу и поновном спајању са другом ДНК у геному домаћина. Аналогно такозваном плеитропном ефекту гена, где један ген може да утиче на више особина и један промотер може да покреће рад више гена. Слично геному човека и геном биљака поред гена, садржи и генетичко оптерећење, део ДНК који нису гени. Један део тог материјала чине провируси, вируси који су инактивни, ретротранспозони – покретни генски елементи, који су током хиљада година доспели у биљни геном и ту изгубили мобилност. Постоји могућност да генска конструкција која се користи за генетичку модификацију, а садржи CaMV промотер укључи неке "успаване" вирусе, или врати мобилност транспозонима. Друга могућност на коју научници указују је да CaMV промотер може да доведе до "утишавања" гена, односно до њиховог искључивања. Употреба овако моћног промотера, који доводи до тога да је експресија трансгена 2-3 пута јача од сопствених гена организма, изазива забринутост јер је аутониман од природно стабилизованих регулаторних гена домаћина и може да делује, са неузвесним исходом, не само на гене на хромозому где је унешен, већ и на гене на другим хромозомима. CaMV промотер је активан у свим биљкама, делу микроорганизама, па и екстрактима хуманих ћелија. На овај начин се отвара могућност неконтролисаног хоризонталног преноса гена. Нуклеинске киселине, њихови фрагменти, чине саставни део свакодневне контаминације средине, зато је потребан опрез, јер контаминација агресивним ДНК-полутантима може да доведе до иреверзибилних промена (мутација, рекомбинација).

Шта је хоризонтални и вертикални пренос гена?

Претходно наведено је у тесној вези са током гена у природи, где се гени преносе *вертикално*, са генерације на генерацију, укрштањем родитеља, али и *хоризонтално* са ћелије на ћелију, односно генома на геном понекад несродних врста. Хоризонтални пренос гена омогућава да размену генетичког материјала несродних врста и обухвата: коњугацију (размена генетичког материјала ћелија које су у контакту – приљубљене); трансдукцију (генетички материјал се преноси, из организма у организам, путем инфективних вируса); трансформација (ћелија директно усваја генетички материјал из околне средине). До пре десетак година се мислило да се хоризонтални трансфер гена одвија углавном у свету микроорганизама. Данас се зна да је овај пут гена заступљен у свом живом свету укључујући и више организме (биљке и животиње). Хоризонтални пренос гена се сматра еволуционом категоријом. Физички услови (температурни шок) и хемијски агенси (неки антибиотици, тешки метали, итд.). У овај природан ток гена, се укључују и трансгене конструкције оног момента када изађу из лабораторије у природну средину.

Шта је ДНК контаминација?

Гола (слободна) ДНК је ДНК која је ослобођена протеинског омотача лабораторијским путем, или изложена дејству природних детерџената, или фенола у природи. Ова ДНК може да буде трансгене природе, или нетрансформисана. Делићи ДНК који се налазе у природној околини су ослобођени секретима или угинућем организама, као и из разног биолошког отпада. Веће концентрације голе ДНК се налазе у земљишту, седиментима у води, у додиру воде и ваздуха, где још увек поседује способност трансформисања микроорганизама. Систем органа за варење и усне шупљине сисара су средине у којима, такође, могу да се нађу фрагменти слободне ДНК. Микроорганизми у овим органима, као и ћелије самих сисара, могу да преузму овакве слободне ДНК сегменте. Дуго се сматрало да ДНК ван свог протеинског омотача и у условима природне средине подлеже брзом распадању. На овој предпоставци је грађена и законска регулатива ЕУ. Међутим, истраживања су показала управо супротно. Гола вирусна ДНК је далеко вирулентнија, него у свом вирусном омотачу и има много већи спектар домаћина са чијом ДНК је у стању да се рекомбинује. Истраживања указују да полувреме деградације ДНК везане за земљишне честице траје и до 28 часова, а у морским седиментима и до 10 дана. Генетички инжењерован плазмид (ДНК кружног облика), преживљава у распону од 6 до 25%, један час после излагања људској пљувачки. Према резултатима истраживања научника, делимично разграђен плазмид је још увек способан да трансформише бактерију *Streptococcys gordonii*, која нормално живи у устима и ждрелу људи. Шта више, људска пљувачка подстиче способност сопствене микрофлоре за трансформацију, односно генетичку промену.





Три организма у ланцу трансгена, риба (иверак) – парадајз – човек. Где је граница хоризонталног преноса гена? У којој мери је ДНК контаминација реалан ризик? Слике преузете са: http://free.imd.it/ и http://www.dansonseed.com/

Напомена: Слика је послужила само као илустрација за пољопривредну културу и не упућује се да је парадајз на слици на било који начин ГМ.

Слично као и са рекомбинацијама ДНК у дигестивном тракту сисара, дуго се сматрало да слободна ДНК не може да се рекомбинује са неоштећеном кожом и површинским ранама. Међутим, од 1990., је познато да гола ДНК може да продре кроз кожу. Научници су открили да већ у периоду од неколико недеља, ДНК која је клонирана из хуманих онкогена и нанешена на нетакнуту кожу леђа миша, изазива појаву тумора у ћелијама ендотелиума око крвних судова и лимфних чворова. Вирусна ДНК, којом су храњени мишеви, је нађена у ћелијама леукоцита, јетре и жучи инкорпорисана у геном миша. Вирусна ДНК, којом су храњене скотне мишице, пронађена је у фетусима и младим мишевима, указујући да је ова ДНК прошла и кроз плаценту. Новија истраживања у области генске терапије показују да гола ДНК може да продре скоро у сваку хуману ћелију. Гола ДНК може "успешно" да буде усвојена чиста, или на липозомима и другим носачима у аеросолу преко органа за дисање.

Наводећи добијене експерименталне резултате, треба да се има у виду да се сви ми у свакодневном животу сусрећемо са ДНК контаминацијом без видљивих последица. У ствари питање је да ли смо последице у стању да повежемо са узроком, односно у којој мери нам данашња сазнања дозвољавају да неке болести, као на пример поједине облике канцерогених обољења, у неким случајевима повежемо са ДНК контаминацијом. Такође се поставља питање како би се у геному домаћина понашале трансгене конструкције, ако би се којим случајем као ДНК фрагменти нашле уграђене у домаћинове хромозоме. Овакве ДНК контаминације трансгенима се до сада нису појављивале, а сада су реалност. Реално је да се очекује да се ДНК из ГМ организама, који се налазе у слободном простору, ослобађа како у земљу, тако и у воду и ваздух. Гола, слободна, ДНК из ГМ организама потенцијално може да буде веома опасан загађивач човекове околине. Овакви загађивачи се не распадају, они се уграђују у ћелије домаћина и ту се умножавају, мењају и рекомбинују. Овај процес је сасвим неповратан. Можемо да се сложимо са наводима аутора, који су се бавили овим проучавањима, да "последице усвајања стране слободне, голе, ДНК на мутагенезу и онкогенезу још нису истражене.".

Како се ћелија брани од промена?

Свака ћелија, а тиме и организам, нагле промене устаљене генске структуре доживљава као агресију. У сасвим слободном поређењу, уношење страних генских конструкција, који нагло мењају сегмент ДНК домаћина можемо да упоредимо са наглим, тренутним мутацијама. Мутације су наследне промене које се дешавају у природи, било као микромутације, тихе и поступне дуготрајне промене, или као макромутације када долази до крупних промена на хромозомима (ломљење, примера ради), што најчешће има неповољне ефекте на организам.

Прва реакција ћелије на промене генетичког материјала је покушај исецања тог дела ДНК и обнављања старе ДНК структуре ензимски високо регулисаним процесима. Други ниво одбране је блокирање рада гена "уљеза" (метилација). Ако ген није исечен, онда се спречава да произведе свој протеин. Трећи ниво одбране је да се ефекат гена, односно сам ген лагано и споро мења.

Генетички инжењеринг је успео да превазиђе прва два "нивоа одбране", тако да на садашњем нивоу развоја ГМ технологије, гени се мање-више успешно уграђују у геном домаћина. Уграђени гени имају и свој ефекат. Међутим, поставља се питање стабилности тог материјала на дуже стазе. Такође, може да се очекује да временом дође до мењања инсертоване генске конструкције. Ова промена, обзиром на порекло и природу генске конструкције, је тешко предвидљивог правца.

При данашњем нивоу ГМ технологије, није могуће да се предвиди ни одреди стално место убацивања трансгена у геном домаћина. Ген се "упуцава", или рекомбинује са вектора на сасвим случајне позиције у домаћиновом геному. Познато је да позиција гена у геному игра значајну улогу не само у његовом деловању, већ и у деловању околних гена. Промене које потенцијално могу да настану у дужем временском периоду не само на трансгену, већ и на околним генима и околној ДНК уопште су сасвим ван контроле и домена предвидљивог.

Да ли су и у којој мери ГМО стабилни?

Пратећи документи који иду уз трансгене организме, пре свега пољопривредне културе, декларишу ове продукте као стабилне у вишегодишњим огледима. Та стабилност се односи како на понашање инсертованог гена, тако и на генски продукт. Међутим, постоји и супротно мишљење научника, који сматрају да не постоје докази о стабилности добијени у дугорочнијим огледима и лабораторијским анализама. Нестабилност ГМ култура се огледа у блокирању рада трансгена, као и губитку дела, или целе унешене генске конструкције чак у каснијим генерацијама умножавања. Нестабилност се, такође, огледа у повећаним концентрацијама генског продукта, преко предвиђених, што може да има токсичан ефекат, или у продукцији токсичног, или алергенског генског продукта, различитог од онога за који је трансген почетно инсретован. Примера током прошле деценије је било и за једно и за друго (дуван, памук, квасац, бразилски орашчић).

По инсертовању страног гена у геном ћелије домаћина, потребно је да се у лабораторијским условима развије организам. Појава сомаклоналне варијације је позната у техникама развијања организма културом ћелија, или ткива, које се иначе користе и за добијање ГМО из инжењерованих ћелија. Сомаклонална варијација је

везана за ретротранспозоне, активацију покретних ДНК елемената, који се убацују у структурне гене изазивајући мутације, или преструктуисање гена. Овај тип генетичке нестабилности се јавља када нису у питању генетички инжењероване ћелије, али у случају генетичких модификација сомаклонална варијација се често јавља у већој фреквенцији. Према истраживањима из 2001., ГМ јечам се показао слабији од конвенционалног јечма у различитим еколошким условима, као последица сомаклоналне варијације, појачане генетичком модификацијом. Транспозони, као покретни елементи у геному, зависно од позиције мењају ефекат околних гена, чиме директно утичу на стабилност генетичког материјала. Њихов ефекат у доброј мери није испитан и њихова активација евентуалним ремећењем геномске стабилности путем уношења трансгене конструкције може да има непредвидиве последице, укључујући и "extinction mytagenesis" тј. истребљивачке мутације које могу да доведу до нестајања организама, односно врста поготову у свету микроорганизама, али и шире од тога, укључујући и ГМ културе.

О прецизности којом се микропројектилима упуцава поједина генска конструкција говори и то да је таква конструкција за отпорност на глифосате (хербициде) имала две позиције интеграције у геному домаћина – соје. Поред комплетне конструкције величине 1365бп, која се показала функционалном (шема конструкције је дата у делу: "Како се уносе страни гени и шта је генски блок?"), на суседним позицијама у геному су се појавила још два некомплетна дела основног гена генске конструкције величине 250бп и 72бп. Промотер E35S, пореклом из мозаик вируса карфиола, је током уношења изгубио један свој део (делеција). И поред тога што је "утешно" да два непредвиђена делића гена нису имала никакав ефекат, а оштећени промотер је био функционалан (радио је), ипак овај пример остаје као сведочанство о прецизности уношења трансгена и генским променама које могу да се десе, а да се наведена трансгена соја, која се показала функционална на пољу, шири у производњи као стабилан усев. За агрономе и произвођаче то је можда и добра вест, али за генетичаре може да буде тема за размишљање.

З а ш т о Г М О ?

Појава генетички модификованих организама је требало да значи почетак ефикаснијег биолошког пута решавања многих проблема се којима се човек суочава. Пре свега то је питање глади у свету и у том светлу повећање квалитета и родности пољопривредних култура, побољшање квалитета прехрамбених производа (дужа трајност и боља отпорност на транспорт плодова), као и боља отпорност усева на болести, инсекте и корове. ГМ технологијом би се постигао шири ареал гајења усева, побољшањем толерантности на ниске температуре, сушу и бољим искоришћавањем тренутно непродуктивних деградираних земљишта гајењем боље прилагођених пољопривредних култура. Састав хране би био квалитетнији, обогаћен есенцијалним амино-киселинама, минералним материјама, витаминима и бескалоричним заслађивачима. На пољу здравствене заштите, трансгени организми треба да обезбеде производњу вакцина, јефтинијих лекова, органа за трансплантацију. Употребом ове нове биотехнологије, заштита околине би била подигнута на виши ниво микробиолошким чишћењем загађених водотока

и отпадних вода и мањим коришћењем хемијских средстава у пољопривреди (хербицида и пестицида).

Претходно наведена перспектива коју отвара ова биотехнологија ће се можда остварити у пуној мери у будућности у случају да трансгена технологија буде широко прихваћена као један од путева даљег напретка човечанства у новом столећу и миленијуму. За сада се плодови ГМ технологије, у већим размерама и пуној економској експлоатацији, огледају највише у пољопривреди, односно производњи хране. Зашто је то тако?

Још пре десетак хиљада година, са првом доместификацијом дивљих форми тј. спонтаних природних популација, човек је почео да одабира боље и приносније. На овај начин је добијено прво културно биље, боље прилагођено пољопривредној производњи. Ово је био почетак селекције. Процењује се да је два века пре нове ере културно биље учествовало око 50% у исхрани људи. Осталих 50% су још увек задовољавале дивље форме. Иако је 1719., Ферчајлд укрштањем добио први хибрид, почетак оплемењивања биљака се везује за средину XVII века, када је Келројтер (1760) извршио и описао већи број укрштања унутар и између врста. У каснијем периоду укрштањем (хибридизацијом) и одабирањем (селекцијом) бољег потомства је остварен велики напредак у пољопривредној производњи. Принос пољопривредних култура је вишеструко повећан, а квалитет значајно побољшан.



Joseph Gottlieb Kölreyter (1733-1806) који је укрстио две врсте дувана Nicotiana rustica и Nicotiana paniculata и дао опис и систематску анализу укрштања које је извршио. Слика преузета са: http://www.biologie.yni-hambyrg.de/

Скоро до средине XX века, у производњи већине пољопривредних култура су преовладавале такозване локалне популације. Сорте које су биле карактеристичне за поједине реоне гајења, добро адаптиране на локалне услове. Ове сорте нису тражиле велика улагања у производњи и давале су, за оно време, довољан принос и квалитет у пољопривредним регионима. Потреба ка све већим приносима и бољој економској исплативости је водила постепеном повлачењу ових популација пред интензивнијим хибридима. Иако је замена локалних популација у производњи, интензивнијим оплемењеним културама почела почетком XX veka, пуна интензификација пољопривредне производње је добила замах од 1940. Крај 50-тих и почетак 60-тих прошлог века је обележен "зеленом револуцијом", која је снижавањем стабљике житарица, променила однос вегетативних и генеративних делова биљке у корист ових других и значајно повећала принос, пре свега, пшенице и пиринча. Интензификација пољопривредне производње, односно "пољопривредна револуција", како је названа од стране Вилијама Гауда директора Америчке агенције за међународни развој, марта 1968., је имала за циљ да реши "проблем глади у свету". То је био плански

подухват великих америчких фондација (Рокафелер, Форд) и влада земаља у развоју. Интензивна пољопривредна производња је довела до повећања приноса, али је тражила нове интензивније сорте и хибриде. Ове биљке су биле све више "отуђене" од природе и све даље од својих "дивљих" сродника, а све више зависне од интервенција човека. Пољопривредна револуција је тражила наводњавање, више ђубрива, употребу пестицида и интензивније коришћење механизације. Оваква улагања су све мање "трпела" плодоред, смену усева и ради економске исплативости се све више сејало у монокултури на великим површинама.

Сабирајући резултате пољопривредне револуције у последњих четрдесетак година прошлог века може да се уочи следеће:

- Остварено је повећање приноса.
- Није решено питање глади у свету. Постоје мишљења да проблем глади није проузрокован недостатком хране, које има и у сувишку, већ неадекватном расподелом и немогућношћу сиромашних да купе висококвалитетне прехрамбене производе.
- Гајењем интензивних сорти и хибрида на великим површинама, је дошло до губљења многих локалних сорти и спонтаних, "дивљих", популација. Последица је сужавање генетичке варијабилности, односно смањења биодиверзитета.
- Наводњавање и интензивна обрада су довели до значајне ерозије ораничног слоја и деградирања земљишта.
- Пољопривреда је постала веома зависна од енергената. Нафте, пре свега.
- Пољопривредна производња је, такође, постала зависна од употребе хемијских средстава (пестицида и ђубрива). Ово је, поред поскупљења производње, као последицу имало и загађивање земљишта, воде и свеукупне човекове околине.
- Интензивирање пољопривредне производње је довело у бољи геополитички и економски положај развијеније земље, које су могле да организују и финансирају програме оплемењивања биљака, као и интензивну пољопривредну производњу и да на светском тржишту пласирају семенски материјал и пољопривредне производе. Поларизација у пољопривреди је, дакле, почела да се повећава.
- Производња у монокултури је довела до појачане појаве корова, болести и штеточина. Проблем овакве "фабричке" пољопривредне производње у монокултури је посебно био изражен у Сједињеним Америчким Државама, односно у оним развијеним државама које су организовале овакву производњу на великим површинама, као што је амерички Средњи Запад (кукурузни појас – corn belt).

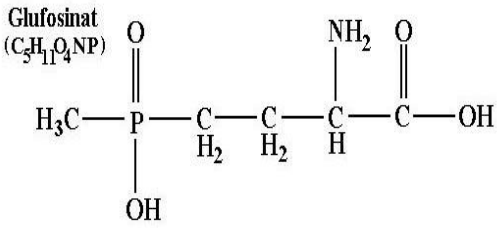
Пољопривредна револуција у својој првој фази је оставила за собом многа питања, од којих су два основна: Да ли је корист била већа од штете? Да ли је до овог пута у развоју пољопривреде морало да дође, или је било и других путева? Одговори на ова питања су ствар процене и права сваког да формира своје закључке. Ипак, проблеми који су се јавили као последица интензификације пољоприврене производње (штеточине - инсекти и прекомерна употреба хербицида) су директно везани за појаву нове фазе пољопривредне револуције –

трансгену технологију и појаву ГМО. Модерна биотехнологија је понудила генетички инжењерована решења. Исходни центар нове револуције у пољопривредни су опет С.А.Д., овога пута без земаља у развоју, којима је претходна револуција у пољопривреди донела и највише проблема.

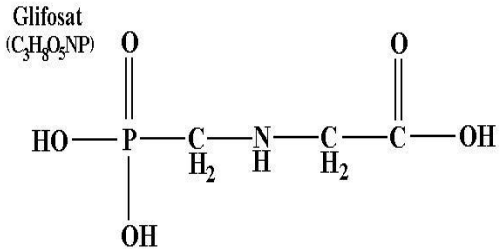
Правац решавања наведених постојећих проблема које је донела монокултура и сужена варијабилност сорти и хибрида, је одабран. Генетички инжењеринг је изнео на тржиште ГМО, који су више удаљени од својих рођака у природи него што су то били њихови, класичном хибридизацијом добијени, оплемењени и селекционисани интензивни претходници. У чему се огледа та све већа удаљеност? Биљке у природним популацијама, дивљи сродници, се рационално и економично поначају. Веома су адаптабилни. Ако су услови неповољни они се репродукују минимално, тек да продуже врсту. Што су услови повољнији репродукују се у већој мери, али никада не луксузирају и не производе у сувишку. Модерна пољопривредна производња, међутим, "тражи" од биљака управо да што више производе (хиперлуксузирају) и то по могућству што стабилније, скоро без обзира на еколошке услове. Овакав "захтев" мора да доведе до појачане интервенције човека у пољопривредној производњи и да води у све даље и даље промене у биљном геному. Класично оплемењивање (укрштање родитеља исте врсте, или блиских сродника и селекција потомства) више није довољно брз и ефикасан метод да понуди задовољавајућа решења. На реду је технологија креирања трансгених организама. Опет се помиње решавање проблема глади у свету. Да ли ћемо овога пута успети, или ће проблем глади остати, а нови проблеми ће се појавити, остаје да се види. Почетак по једнима много обећава, по другима већ се суочавамо са новим проблемима и они ће се, како време иде, умножавати. Било како било, ГМО су међу нама.

Које су најчешће ГМ особине у пољопривреди?

Иако су генетичке модификације примењене на већем броју гајених биљних врста, број ГМ култура које су одобрене за производњу и које се комерцијално гаје, је прилично мали. Најзаступљеније трансгене биљне врсте у производњи су оне којима је геном измењен инсертовањем генских конструкција за отпорност према хербицидима широког спектра деловања, односно тоталним хербицидима. То су, по правилу, специфични хербициди произведени и патентирани од стране исте компаније која је произвела и патентирала одговарајућу трансгену културу, као и генску конструкцију. Тотални хербициди, према којима ГМ биљке испољавају толерантност, су најчешће из реда глифосата, или глуфосината.



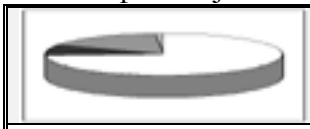
Глуфосинат је амонијумова со, глуфосинат-амонијум. Први пут је издвојен као природни састојак из две врсте гљива Streptomyces. Глуфосинат инхибише ензим глутамин синтетазу, који је укључен у синтезу егенцијалне амино-киселине – глутамина. Као хербицид се користи од 1984.



Глифосат је хербицид широког спектра деловања. Код биљака блокира деловање ензима 5-енолпирувилшикимат-3-фосфат синтетазе, који игра кључну улогу у синтези ароматичних есенцијалних амино-куселина – фенилаланина, тирозина и триптофана. Недостатак ових амино-киселина доводи до угинућа биљака у року од неколико дана.

Извори структурних гена у генским конструкцијама су пронађени у свету земљишних бактерија и гљива, најчешће *Agrobacterium tumefaciens, Agrobacterium thaliana, Streptomyces viridochromogenes, Streptomyces hygroscopicys.* Ови гени су неосетљиви на деловање хербицида, деградирају хербициде (глифосате) до киселина и оксалата, чиме се деактивише њихово деловање, или претварају активну компоненту хербицида (глуфосинат) у неактивну. На овај начин се не блокира производња есенцијалних амино-киселина, биљка преживљава и наставља да се нормално развија, за разлику од околних корова. Начин инсертовања рекомбинантне ДНК у геном домаћина је најчешће путем посредника (*A. tumefaciens*), или бомбардовањем културе ћелија (ткива) домаћина микрочестицама које на себи носе рекомбиновану ДНК. ГМ културе измењене на овај начин су најчешће соја, пиринач, шећерна репа и кукуруз.

Укупне површине трансгених биљака у свету у 2002., по генетичким модификацијама

	**Генетичке модификације**			
	Толерантност на хербициде	**Отпорност на инсекте**	**Bt/Толерантност на хербициде**	**Остале промене**
Површине (мил. ха)	44.2	4.4	10.1	<0.1
Учешће (%)	75	8	17	<1
Однос према 2001 (%)	8.8	-43	140.4	<1

Подаци према: James, C. 2002. Global Statys of Commercialized Crop: 2002. ISAAA: Ithaca, NY.
Преузето са: http://www.icgeb.org/

Генетичке модификације биљних култура у пољопривредној производњи
(Подаци према: Essential Biosafety – AGBIOS, 2001.)

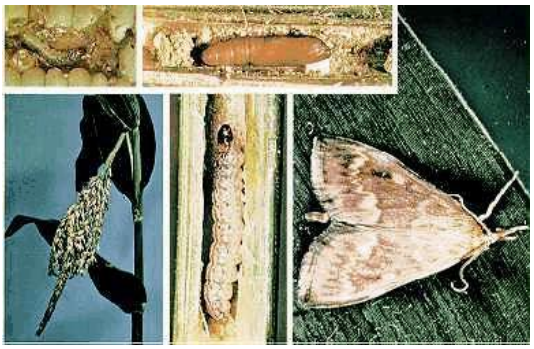
Култура	Промене	Компанија
Каранфил (*Dianthys caryophyllus*)	- Промена боје - Хербицид толерантност - Дужа трајност	Florigene Pty. Ltd.
Уљана репица (*Brassica napus*)	- Висок садржај олеинске киселине - Низак садржај линолне киселине - Глифосат хербицид толерантност - Оксинил хербицид толерантност - Имидазолинон хербицид толерантност - Фосфинотрицин хербицид толерантност - Контрола оплодње, мушка стерилност, рестауратори фертилности	Calgene Inc. Pioneer Hi-Bred International Inc. Monsanto Company AventisCropScience (бивши AgrEvo)
Хикори (*Chichorium intybus*)	- Мушка стерилност	BejoZaden BV
Памук (*Gossypium hirsytum*)	- Сулфонилуреа хербицид толерантност - Бромоксинил хербицид толерантност - Глифосат хербицид толерантност - Отпорност на инсекте (*Lepidopthera*)	DuPont Canada Agricultural Products Calgene Inc. Monsanto Company
Лан (*Linum usitatissimum*)	- Сулфонилуреа хербицид толерантност	Univ. of Saskatchewan, Crop Dev. Centre
Кукуруз (*Zea mays*)	- Отпорност на кукурузни пламенац (Bt) (*Ostrinia nybilalis*) NatyrGard™, KnockOyt™, Bt Xtra™, StarLink™ (није више у производњи), Yieldgard® - Глифосат хербицид толерантност Roundyp Ready® - Фосфинотрицин хербицид толерантност Liberty-Link™, Hercylex™ - Имидазолинон хербицид толерантност - Циклохексанон хербицид толерантност - Мушка стерилност InVigor™	Pioneer Hi-Bred, International Inc., Monsanto Company Aventis CropScience (бивши Plant Genetic Systems) Mycogen (c/o Dow AgroSciences); Pioneer (c/o Dypont) Syngenta Seeds, Inc. (бивши Zeneca Seeds) BASF Canada Inc. Dekalb Genetics Corp.
Диња *(Cucumis melo)*	- Касније зрење	Agritope Inc.
Папаја (*Carica papaya*)	- Отпорност на вирусне инфекције (Papaya ringspot virys – PRSV)	Cornell University
Пољска репица (*Brassica rapa*)	- Глифосат хербицид толерантност Roundyp Ready™ geni. Иинсертована су два гена, који у комбинацији дају пољску отпорност на глифосат, активну компоненту Roundyp® хербицида	Monsanto Company
Кромпир (*Solanum tuberosum*)	- Отпорност на кромпирову златицу (*Leptinotarsa decemlineata*) Atlantic and Syperior NewLeaf®, Rysset Byrbank NewLeaf® - Отпорност на Y вирус кромпира (PVY) NewLeaf® Y - Отпорност на potato leafroll lyteovirys (PLRV) Rysset Byrbank NewLeaf® Plys	Monsanto Company
Пиринач (*Oryza sativa*)	- Fosfinotricin herbicid tolerantnost (glifosinat) Liberty-Link™	AventisCropScience
Соја (*Glycine max*)	- Фосфинотрицин хербицид толерантност - Глифосат хербицид толерантност - Промена садржаја масних киселина у зрну, нарочито висок садржај олеинске киселине - Низак садржај линолне киселине	AventisCropScience DuPont Canada Agricultural Prodycts Monsanto Company Agriculture & Agri-Food Canada
Бундева (*Cucurbita pepo*)	- Отпорност на мозаик вирусе (CMV, WMV, ZYMV)	Asgrow (USA), Upjohn (USA) Seminis Vegetable Inc. (Canada)
Шећерна репа (*Beta vulgaris*)	- Glifosat herbicid tolerantnost InVigor™ - Фосфинотрицин хербицид толерантност	Novartis Seeds Monsanto Company AventisCropScience
Дуван (*Nicotiana tabacum*)	- Oksinil herbicid tolerantnost	Societe National d'Exploatation des Tabacs et Allymettes
Парадајз *(Licopersicum esculentum)*	- Касније сазревање - Отпорност на инсекте (*Lepidopthera*)	DNA Plant Technology Corporation, Agritope Inc. Monsanto Company Zeneca Seeds Calgene Inc.
Пшеница (*Triticum aestivum*)	- Имидазолинон хербицид толерантност Cyanamid AC299 263 (имазамокс активна компонента), хемијски индукована мутагенеза семена	Cyanamid Crop Protection

Отпорност на инсекте, која се постиже инсерцијом гена који производе Bt-токсине, чини највећи део преосталих ГМ култура у пољопривреди. Инсекти су углавном из реда лептира (*Lepidoptera*), кромпирова златица (*Leptinotarsa decemlineata* Say.), или кукурузни пламенац (*Ostrinia nubilalis*), а циљне културе за генетичку модификацију памук, парадајз, кромпир, кукуруз. Трансфер трансгене, односно рекомбинантне ДНК, у геном домаћина је и у овом случају путем посредника (*A. tumefaciens*), или уношењем путем микрочестица.



Кромпирова златица (Colorado potato beetle), Leptinotarsa decemlineata. Најдеструктивнији инсект у производњи кромпира у С.А.Д.

Извор структурног гена су различите расе земљишне бактерије *Bacillus thuringiensis*, које саме производе природни пестицид (инсектицидни протеин). Ови инсектицидни протеини (делта-ендотоксини) делују селективно на поједине врсте лепидоптера, или колеоптера. Везују се за стомачни епител инсекта ометајући проток јона и изазивајући парализу, бактеријске инфекције и смрт.



Кукурузни пламенац (Ostrinia nubilalis, Hybner) становник Европе и Азије, највероватније је допловио бродом у Америку са пошиљком сирка из Италије, или Мађарске. Први пут је уочен у околини Бостона, Масачусетс, 1917. Овако интродуковане штеточине, ван својих "домаћих" станишта, у новој средини без природних непријатеља су вишеструко штетнији по усеве. Слика преузета са: http://www1.agric.gov.ab.ca/

Највећи део преосталих генетичких модификација у пољопривреди је употребљен у повртарству и хортикултури за постизање отпорности на поједине вирусе (краставац, кромпир, лубеница, диња), или за продужену трајност производа, што омогућава сигурнији транспорт на веће удаљености и дуготрајнију тржишну употребљивост (парадајз, каранфил, диња).

Колика је распрострањеност ГМ култура?

Генетички модификоване културе су ушле у комерцијалну пољопривредну производњу средином 90-тих прошлог века, пре свега у С.А.Д. Фармери су у почетку радо прихватили нове трансгене усеве, јер су им решавали проблеме ограничавајућих фактора у производњи, као што су поједини штетници (инсекти) и корови. Пошло се и од наизглед реалног становишта да ће потрошња хербицида бити значајно умањена, што би појефтинило производњу и производ учинило конкурентнијим на тржишту. Удео ГМО код појединих култура је скоро

експоненцијално растао у укупној сетвеној структури С.А.Д. Трансгени усеви, који су у С.А.Д. почели да се гаје од 1996., су већ за 3-4 године заузимали око 50% површина под сојом и око 30-40% површина под кукурузом, према подацима Министарства пољопривреде С.А.Д.

Укупне површине под трансгеним културама у периоду од шест година (1996-2002)

	Година						
	1996	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**
Површине (мил. ха)	1.7	11.0	27.8	39.9	44.2	52.6	58.7
Однос према претходној години (%)	-	84.5	60.4	30.3	9.7	16.0	10.4

Подаци према: James, C. 2002. Global Status of Commercialized Crop: 2002. ISAAA: Ithaca, NY.
Преузето са: http://www.icgeb.org/

Прелазак у нови миленијум је донео промену понашања пољопривредних произвођача према ГМ пољопривреним културама, пре свега у С.А.Д. У првом реду према трансгеној соји и кукурузу. То је период када је пажња шире јавности почела да се окреће ка ГМО. У пролеће 1999., објављена је студија у часопису "Нејчер" (Losey, J.E., Rayor, L.S., and M.E. Carter: Transgenic pollen harms monarch larvae. Nature, 399, p. 214, 1999.), која је утврдила да излагање полену ГМ кукуруза (Bt-11 хибрид) који производи *Bacillus thuringiensis* ендотоксин доводи до повећане смртности и заостајања у развоју ларви лептира Монарх (*Danaus plexippus*). Овај ефекат није био предвиђен при креирању овог трансгеног хибрида.



Монарх лептир, чије су ларве као "колатерална штета" узбудиле светску јавност

Поједини научници су сматрали да је у овој студији, да би имала праву веродостојност, недостајао податак о количини полена којом су храњене ларве, као и дужина излагања ларви лептира токсичним дозама полена Bt кукуруза. Ипак, узбуна је дата. Велики произвођачи дечје хране (Герберс и Хајнц) су одмах објавили планове о искључивању ГМ састојака у прроизводњи хране, док су удружења потрошача и групе које се залажу за очување природне средине (Гринпис и Сиера клуб) јасно поставили питања о употреби генски инжењерованих организама. Дискусија и јавна дебата која се развила је утицала на потрошаче, који су се у највећој мери одредили против употребе ГМ састојака у производњи хране, као и изразили општу забринутост због комерцијализације трансгене технологије. Посебно важно тржиште Европске Уније није прихватало храну са ГМ састојцима, што се одразило на сетвене планове америчких фармера у 2000. Захтеви да се ГМ храна посебно обележава су, такође, забринули фармере у С.А.Д. За 2000 годину је предвижано да ће бити преломна у гајењу ГМ усева. И заиста, тренд повећања површина под ГМ културама у овој години је забележио веома благи пораст од 10-так процената, понајвише захваљујући повећању планираних површина од око 5% под трансгеним RoyndUp Ready памуком у С.А.Д. Све остале ГМ културе су бележиле пад планираних површина и то око 15% RoundUp Ready (RR) soja, 22%

RR кукуруз, 24% Bt кукуруз і 26% Bt памук. Овај тренд од 10-15% повећања површина под ГМ културама се задржао и каснијих година. Више није било експоненцијалног раста.

Укупне површине под трансгеним културама, по земљама, у 2002.

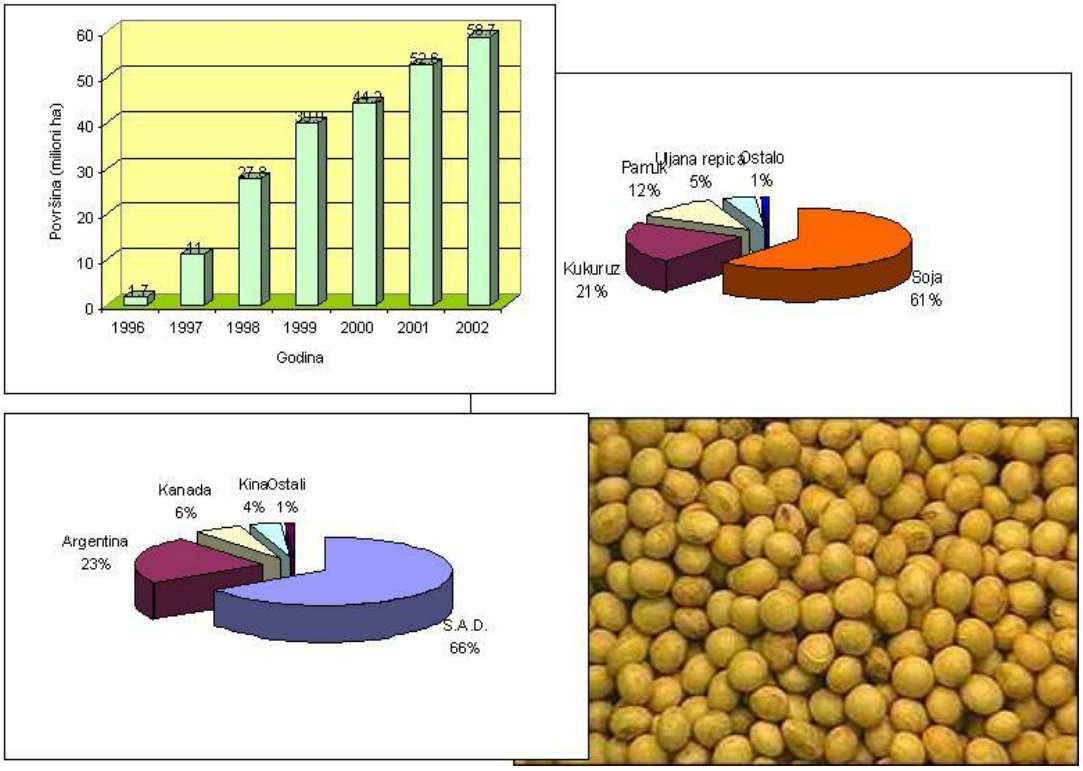
	Држава				
	С.А.Д.	**Аргентина**	**Канада**	**Кина**	**Остале**
Површине (мил. ха)	39.0	13.5	3.5	2.1	0.6
Учешће (%)	66	23	6	4	< 1
Однос у односу на 2001 (%)	9.2	14.4	9.3	40	50

Укупне површине под трансгеним културама, по културама, у 2002.

	Култура				
	Соја	**Кукуруз**	**Памук**	**У. репица**	**Остале**
Површине (мил. ха)	36.5	12.4	6.8	3.0	<0.1
Учешће (%)	62	21	12	5	<0.1
Однос у односу на 2001 (%)	9.6	26	-	11.1	<0.1

Подаци у табелама према: James, C. 2002. Global Status of Commercialized Crop: 2002. ISAAA: Ithaca, NY.
Преузето са: http://www.icgeb.org/

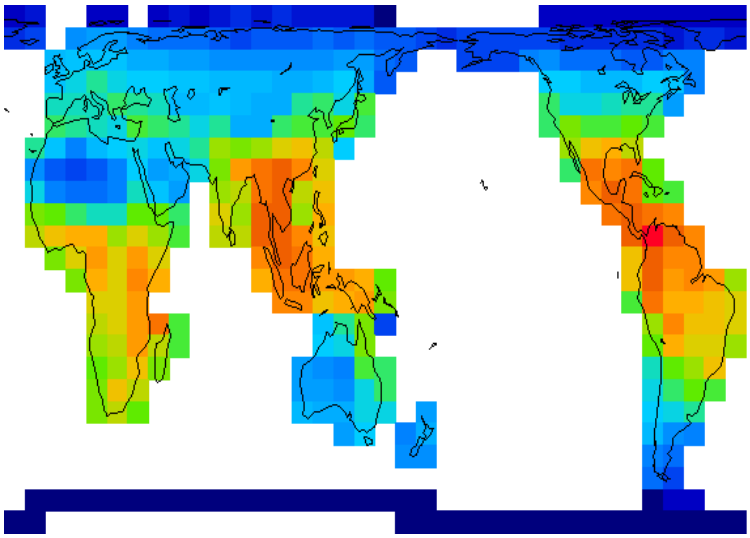
Графички приказ раста површина под трансгеним културама на светском нивоу од 1996-2002., као и површине под ГМ усевима по културама и по земљама у 2002.



Према претходно наведеним резултатима се види да су носиоци коришћења трансгене технологије у пољопривреди и даље С.А.Д., али и Аргентина, Канада и Кина. Док се тренд повећања површина под ГМ културама у С.А.Д. задржао на 10-так процената, у Кини и осталим земљама се повећао за 40 – 50% у односу на 2001. Ово може да буде знак да се ова технологија лагано премешта у земље ван традиционалних корисника на америчком континенту, мада је на овом континенту још увек око 95% светских површина под ГМО. Соја толерантна на хербициде и даље је водећа ГМ култура и сеје се на највећим површинама. Економски пласман ГМ соје је олакшан кроз сојину сачму, која као сточна храна има лакши приступ до тржишта Европске уније и других земаља, од прехрамбених производа.

Да ли ГМО утиче на биодиверзитет?

Биолошки диверзитат, или скраћено биодиверзитет подразумева разноликости, односно варијабилност биљака, животиња и других живих организама у одређеном подручју. Другим речима, ради се о разноликости врста у одређеном екосистему. Биодиверзитет је комплексан појам који не обухвата само варијабилност, већ и узајамне утицаје (интеракцију) организама, како међусобно, тако и са средином у којој живе. Зато постоји мишљење да једноставна дефиниција биодиверзитета, која би била уз то и јасна и потпуно разумљива још није пронађена.



Мапа показује распоред биодиверзитета сисара, гмизаваца, водоземаца и биљака у свету. Црвена боја означава висок биодиверзитет, док плава означава низак биодиверзитет. Слика преузета са: http://www.nhm.ac.uk/

Ерозија биодиверзитета је почела интензивирањем пољопривредне производње. Према подацима FAO, три четвртине оригиналних врста пољопривредних биљака је изгубљено од 1900., увођењем интензивних, селекционисаних, биљних култура у биљну производњу. Овај тренд нестајања вредне генетичке варијабилности се наставља и даље. Говорећи о нашим крајевима, сужење биодиверзитета је сасвим у складу са кретањима у свету. Узмимо неке примере. Само наши стари се сећају "старе банатске пшенице" која је потиснута селекционисаним сортама (Банкут 1205). Нестала је и "румунска црвенка", пшеница коју је наша економска емиграција донела из Румуније, вероватно из

Јашија, пред Први светски рат. Да ли се неко у Источној Србији још сећа пшенице Мајерка (село Кременица), Старинка (с. Николинци), Белија (с. Скробница), Видовача (с. Извор), Балца цел (с. Кобишница), Гру рошу пељаг, Гру примовар ку цепе (с. Злот), Домаћа црвена (с. Мироч), које су још понегде могле да се нађу у тим крајевима средином педесетих година прошлог века. На подручју Црне Горе, велики колекционар и "борац" за очување биодиверзитета академик Љубо Павићевић је сакупио, током 60-тих и 70-тих година прошлог века богату колекцију локалних популација пшенице. Испитујући, 2003., терене црногорског приморја, као и области Мојдежа, Његуша, Бјелопавлићке равнице, Загорачког поља, Никшићког поља, Румије, Можуре, Велике горане и друге, екипа са Катедре за генетику и оплемењивање биљака, Пољопривредног факултета у Новом Саду (проф. др Миодраг Димитријевић, доц. др Софија Петровић), је установила велику ерозију биодиверзитета локалних популација пшенице у односу на стање које је забележио академик Павићевић. Једина стара популација пшенице је нађена подно врха Румије (850м надм. вис., с. Луње), која се преноси с колена на колено у породици Луњић и назива "Грбља", или "Грбљанка". Остало је временом нестало, изгубљено. Пшеница се тамо или више не сеје, или се прешло на сточарство, интензивније пољопривредне културе и нове интензивније сорте пшенице.

Увођење ГМ пољопривредних култура у производњу и утицај на биодиверзитет, може да се посматра двојако. Чињеница је да нови генетички инжењеровани генотипови носе у извесној мери и нову генетичку варијабилност, али је исто тако чињеница да се увођењем трансгене технологије у пољопривреду наставља тренд угрожавања биодиверзитета који је почео интензивирањем пољопривредне производње и "зеленом револуцијом". Гајењем неколико ГМ култура у монокултури, на великим површинама и њиховим ширењем у земљама у развоју, наставља се потискивање локалних популација које мали фармери још увек гаје у овим земљама. ГМ пољопривредне културе врше јак селекциони притисак на инсекте који се њима хране, као и на коровске биљке. Врло често, обзиром на ланац исхране, и на оне организме који нису циљни, али се хране, или паразитирају на организмима који се сматрају штеточинама у биљној производњи и циљни су организми трансгене технологије. Према наводима организације ЕкшнЕид (АцтионАид), биодиверзитет у пољима под Бт памуком у Кини је био нижи него у пољима под конвенционалним памуком. Управо увиђајући угрожавање биодиверзитета ГМ културама, од фармера који гаје Бт памук у САД се тражи да гаје конвенционални не-ГМ памук, поред ГМ памука, на 20% својих површина под овом културом са коришћењем класичне заштите усева, или 4% површина конвенционалног памука без икакве заштите.

Ширење ГМ пољопривредних култура може да буде потенцијална претња биодиверзитету, посебно у центрима порекла пољопривредних биљака, односно у оним светским регионима из којих првобитно потичу поједине врсте важних пољопривредних култура. Ти центри порекла се одликују и највећом генетичком варијабилношћу за те врсте и могу да послуже као користан извор гена у проширивању генетичке варијабилности при конвенционалном оплемењивању. Преносом гена са ГМ култура на спонтане (дивље сроднике) ови природни извори корисних гена могу да буду значајно угрожени. Опасност је тим већа, што се у

многе земље ГМ семе уноси илегално и често ни сами произвођачи нису упознати са тим шта сеју.

К а к о у т в р д и т и п р и с у с т в о Г М О ?

Утврђивање присуства интродукованог страног гена у геном домаћина је потреба, како за проверу успешног трансфера гена у самом поступку стварања функционалне трансгене ћелије, а касније и организма, тако и за испитивање ради раздвајања ГМО од не-ГМО организама и производа који садрже ГМ састојке. Данас је могуће да се установи већина познатих и уобичајених генетичких модификација основних пољопривредних култура (кукуруз, соја, памук, парадајз, уљана репица итд.). Методи праћења промена генома се заснивају на директном испитивању ДНК, или на откривању протеинског продукта специфичног гена.



Директно испитивање генске модификације ДНК применом PCR (горе десно) и електрофорезе (доле десно) .

Када се ради о методима директног испитивања промена ДНК најчешће се користи PCR (Polymeric Chain Reaction), односно ланчана реакција полимеразе. Овим методом је могуће да се утврди, зависно од приступа, присуство/одсуство генске модификације (квалитативни приступ), као и удео модификоване ДНК у укупној ДНК узорка (квантитативни приступ). Предност директног испитивања ДНК у односу на имунолошке поступке (праћење протеинског продукта гена) је у већој прецизности и у могућности установљења ДНК модификације и у производима који су у технолошком поступку били термички, или хемијски обрађивани.

При утврђивању присуства генске модификације методом PCR, обично се утврђује присуство одређених ДНК секвенци (сегмената) који су део генске конструкције која је инкорпорисана у геном домаћина. Најчешће се ради о деловима најчешће коришћеног регулаторног гена у генским трансгеним конструкцијама – CaMV 35S промотора, као и NOC терминатора који је, такође, често коришћен у креирању ГМО.

Молекуларни генетичар Џон Фаган је 1996., развио и разрадиом осетљиве и прецизне методе за утврђивање и квантификовање ГМ. Генетичка идентификација (Genetic ID), коју је Фаган развио је омогућила прехрамбеној индустрији да раздвоји ГМ од не-ГМ производа и да одговори на захтеве потрошача о праву на избор. Овај метод нуди троструку PCR проверу и по лиценци се користи у многим земљама света.



Др Џон Фаган, молекуларни биолог, који је установио метод праћења ГМО, председник прве међународне компаније Genetic ID Inc., која нуди аналитичке услуге утврђивања генских модификација за прехрамбену индустрију и пољопривредну производњу. Слика преузета са: http://www.mindfylly.org/

Поред лабораторијских анализа које коштају 250-400$ доступни су и брзи тестови који могу да се примене и на лицу места, ван лабораторије уз мање трошкова (5.75$). Најчешће генске модификације, као што су RounUp Ready соја, или Bt 11 кукуруз се утврђују у узорку на основу протеинског теста, техником трака, за 3-5 минута.

Брзо утврђивање присуства генетичке модификације у пољопривредним културама методом тест трака. Заокружена трачица указује да је испитивани узорак сојиног зрна пореклом из генетички модификоване RoyndUp Ready соје толерантне на глифосат RoyndUp.



Треба да се нагласи да брзи тестови помоћу трака немају ону специфичну тежину и поузданост лабораторијских PCR метода. Тест траке могу да буду коришћене за грубље процене и свакако комбиноване са тестирањем узорака у лабораторији прецизнијим методима, ако је поузданост резултата важна, или се користе за званичну употребу. Могућност квалитативног (има/нема) и квантитативног (колико?) утврђивања присуства генетичких модификација у пољопривредним производима и храни је вишеструко значајна, јер ставља тржиште

хране и пољопривредних производа под контролу владиних установа, невладиних организација и појединаца. Овим се омогућава обележавање и избор производа што је основно право купца, односно потрошача.



З а в р ш н а р а з м а т р а њ а

Питања која се отварају при разматрању технологије генетички инжењерованих организама се не ограничавају само на поље биолошких наука. Значај ГМО се огледа у њиховом утицају на глобалну геополитику и на законодавство, као и на етичке дилеме.

До пре неколико година производња семена пољопривредних култура се сматрала општим добром. Научне институције у свету су слободно размењивале генетички материјал, сазнања и спроводиле заједничке међународне пројекте и огледе. Иако су велике семенске компаније постојале, ипак је поступак добијања нових сорти и хибрида класичном хибридизацијом био доступан свима. Наравно и раније је постојала могућност патентирања семенског производа, али је због природе и начина производње семенског материјала ове патенте било тешко заштитити у пракси и спровести у живот. Овим су сви произвођачи семенског материјала на нивоу држава, или предузећа и компанија били у равноправнијем положају. За самог пољопривредног произвођача то је значило да је могао да има могућност избора семенског материјала различитих семенских кућа, без обзира на њихову величину, као и могућност да оставља део производње појединих сорти за сетву следеће сезоне. Тако је и произвођач могао да сам изабере управо оне генотипове који су добро адаптирани условима производње и прилагођени његовим потребама. Биотехнолошка револуција и појава ГМО је драстично променила правила игре. Производња генски модификованог семена је постала доступна малом броју технолошки развијених држава, односно компанија. Мултинационалне компаније које производе ГМ семе сада су у могућности да патентом заштите свој производ и да то законски спроведу. Патентна заштита се шири и на сам унети ген, као и на хербицид, ако се ради о ГМ културама отпорним на специфичан хербицид. Произвођачи, при куповини семена, склапају уговор са компанијом којим се употреба добијеног економског приноса ограничава искључиво на продају на тржишту и сама производња ставља под контролу компаније. Ширењем ГМ пољопривредних култура производња хране, а везано и са заштитним средствима се концентрише под контролу мањег броја компанија. Према подацима ЕкшнЕида (Action Aid), шест корпорација смештених у САД, или Европи контролишу 98% тржишта ГМ култура и 70% светског тржишта пестицида. Шест корпорација поседују 54% америчких биљних биотехнолошких патената. Десет корпорација снабдевају 33% светског тржишта семеном у поређењу са хиљадама компанија пре 20 година. 91% свих ГМ култура које су се гајиле у свету у 2001., су биле из компаније Монсанто. У Африци три корпорације (Syngenta, Monsanto и DuPont) доминирају сектором тржишта семена. У Јужној Африци, Монсанто контролише 60% тржишта семена ГМ кукуруза и 90% пшенице. Посебан проблем представља илегалан увоз ГМ семена у поједине земље, нарочито оне са неадекватним, или непостојећим механизмима контроле и законске регулативе.

Мултинационалне компаније су врло доследне у заштити свог власништва и патентних права. не показују увек интерес да своја права заштите у случају гајења, без икаквог склопљеног уговора илегално увезеног ГМ семена у поједине земље. па и у нашу земљу.

Обзиром да су ГМО извесност на тржишту и у производњи, веома је важно да се уведу и поштују законски прописи и међународни уговори. Картагена Протокол о биосигурности, који се наслања на декларацију у Рио Дежанеиру (принцип 15), је међународни споразум који треба да осигура одговарајући ниво заштите на пољу транспорта, газдовања и коришћења живих модификованих организама (LMO - Living Modified Organisms) који су производ модерне биотехнологије и могу да имају неповољне ефекте на очување и коришћење биолошког диверзитета, узимајући у обзир ризике по здравље људи и са специјалним освртом на прекогранични промет (члан 1., Картагена протокола). Овај Протокол је завршен и усвојен на Конференцији о биолошком диверзитету у Монтреалу, 29. јануара 2000., а ступио је на снагу 11. септембра 2003. Протокол дозвољава одбијање увоза ГМО, односно ЛМО, ако се процени да постоји безбедоносни ризик. Картагена протокол су потписале 103 земље. Заједница Србије и Црне Горе није међу потписницима.

Када говоримо о законима, Државна заједница Србије и Црне Горе је прва у Југоисточној Европи, маја 2001., донела Закон којим се регулише промет и употреба ГМО, као и Правилник о начину обележавања пољопривредних и прехрамбених производа добијених од ГМО. По овом закону промет и употреба ГМО је под контролом државног органа који се стара о биолошкој безбедности. Сваки увоз ГМО производа који нема одговарајућа одобрења се сматра илегалним и подлеже новчаној, или затворској казни. Према правилнику о обележавању у члану 4., а у складу са Законом, стоји да се обележавање не односи на оне пољопривредне и прехрамбене производе који садрже мање од 1% генетичке модификације. Ово је одговарајући стандардима прописаним законодавством Европске Уније. Правилник чланом 3 обавезује произвођаче, или прометнике да у случају већег садржаја ГМ састојака од 1% у декларацију унесу текст "овај производ садржи генетички модификован организам" и да амбалажу означи логом:



Проблем са којим се тренутно наша земља суочава је спровођење Прописа, односно Закона који је донет на нивоу савезних органа у моменту када је функционисање Савезне државе веома редуковано и када се многе ингеренције са савезног преносе на републички ниво. Ово се одражава и на реакцију државе на илегалан увоз и гајење ГМ пољопривредних култура, пре свега ГМ соје.

П о г о в о р

У претходном тексту су пред читаоца изнета основна питања везана за трансгену технологију и производ ове технологије генетички модификоване организме. Неподељено је мишљење је у развоју генетичког инжењеринга човек превазишао ниво моћи и могућности и досегао ниво хтења и моралне одговорности. Иако се учесници дебате не слажу о јачини и врсти утицаја ГМО, неспорно је да је трансгена технологија унела промену и нов "квалитет" у животе људи. У неким срединама овај утицај се више осећа и постао је део свакодневног живота, у другим је за сада неприметан и људи га још увек нису свесни.

Било како било, технологија трансгених организама је ту и није могуће да се игнорише, нити елиминише. За генетичаре је то нови изазов у изучавању механизама наслеђивања и померања граница у манипулацији генима. За оплемењиваче, могућност уношења пожељних гена без оптерећења другим непожељним генима, што је тешко избећи класичном хибридизацијом, или хромозомским инжењерингом. За мањи број мултинационалних компанија је то извор велике зараде. За поједине земље, средство стављања под контролу стратешки важне производње хране на светском нивоу. За екологе и потрошаче, извор забринутости за нашу животну средину и здравље људи. Треба рећи да се ради о технологији која је, ипак, још у повоју. То значи да је сама технологија још недорађена, или како се то често каже "прљава". Сасвим је сигурно да ће биотехнологија у модерном смислу временом да се усавршава и да постаје све софистикованија. Друго је питање употребе, или злоупотребе, чиме су оптерећена сва достигнућа људског ума. Питање је, такође, да ли производи овако несавршене технологије треба тако агресивно и у маси да се пласирају на тржиште. На крају је питање да ли то нама у овом тренутку треба и можемо ли ми без ГМО. За сада нам на тржишту не треба, а у пољопривредној производњи можемо.

К о р и ш ћ е н а л и т е р а т у р а

AGBIOS Inc., Essential Biosafety, vol. 1., no. 1, nov. 2001.

Бороjевић, С., Бороjевић, Катарина: Генетика. Изд. Пољопривредни факултет, Нови Сад, 1976.

Бороjевић, С.: Принципи и методи оплемењивања биља. Изд. Р.У. »Радивој Ћирпанов«, Нови Сад, 1981.

Димитријевић, М.: Генетички модификоване биљке у повртарству. Савремени повртар, бр. 1, стр. 54-55, 2002.

Димитријевић, М.: Још мало о ГМО. Савремени повртар, бр. 5, стр. 52-53, 2003.

Gustafson, J. P., Appels, R.: Chromosome Structure and Function. Stadler Genetics Symposia Series. Pub. Plenum Press, New York, 1988.

Gustafson, J.P.: Gene Manipulation in Plant Improvement II. 19 Stadler Genetic Symposium. Plenum Press, New York, 1990.

Gustafson, J. P., Appels, R., and Raven, P.: Gene Conservation and Exploitation. 20th Stadler Genetic Symposium. Plenum Press, New York, 1993.

Ho, Mae-Wan, Steinbrecher, A. Ricarda: Fatal Flaws in Food Safety Assessment: Critique of the Joint FAO/WHO Biotechnology & Food Safety Report. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 1, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 1999.

Ho, Mae-Wan: Horizontal Gene Transfer – The Hidden Hazards of Genetic Engineering. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 4, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 2001.

Ho, Mae-Wan, Ryan, Angela, Cummings, J., Traavik, T.: Slipping Through the Regulatory Net: 'Naked' and 'free' nucleic acids. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 5, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 2001.

Jošt, M.: Genetičko inženjerstvo – nade i promašaji. Agronomski glasnik, 5-6, 1999. (štampano srpnja 2000.)

Jošt, M.: Globalizacija i ekonomski problemi: globalizacija i patent na život. Okrugli stol Globalizacija i nacionalna država, Inst. Društvenih znanosti Ivo Pilar, 8. ožujka 2000.

Jošt, M.: Zašto je genetičko inženjerstvo opasno po čovjeka i okoliš. Simpozij povodom 40. obljetnice djelovanja Akademije medicinskih znanosti Hrvatske. Genetički preinačena hrana – zdravstveni rizik Da ili NE, Zagreb, 28. studeni 2001.

Jošt, M.: Znanost i poljoprivreda. Bioetika i znanost u novoj epohi, Mali Lošinj, 24-26. rujna 2001.

Kellyn S. Bett: Growing Evidence of wiespread GMO contamination. Environmental News, vol. 33, iss. 23, pp. 484A-485A, 1999.

Kellyn S. Bett: Mounting Evidence of Genetic Pollution from GE Crops Growing Evidence of Widespread Contamination. Journal of Environmental Science and Technology, http://www.organiconsumers.org/ge/gepollution.cfm, 1999.

Kosuge, T., Meredith, P. Carole, and Hollander, A.: Genetic Engineering of Plants. An Agricultural Perspective. Pub. Plenum Press, New York, 1983.

Kruszewska, Iza: Is the Market driving GMOs out of the region? The Situation with Genetically Modified Organisms in Slovenia, Croatia and Serbia & Montenegro. Publ. Zelena akcija/FoE Croatia, October, 2003.

Maksimović, Vesna, Brkljačić, Jelena: Primena metode PCR u detekciji, identifikaciji i kvantifikaciji genetičke modifikacije u biljnom materijalu i hrani biljnog porekla. Teorijski i praktičan kurs. IMGGI, Beograd, 20-24. maj 2002.

Miladinović, N.: Biološke i ekonomske osobine populacija i sorata Istočne Srbije. Biblioteka Arhiva za poljoprivredne nauke, god. VIII, sveska 17. Izd. Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara FNR Jugoslavije, Beograd, 1961.

Noss, R.: Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchial Approach. Conservation Biology 4(4), pp. 355-364. 1990.

Old, R.W., Primrose, S.B.: Principles of Gene Manipulation (an introduction to genetic engineering) 3rd edition. Blackwell Scientific Publications Ltd., London, U.K., University Press, Cambridge, Great Britain, 1985.

Orton, Liz: GM crops – going against the grain. http://www.actionaid.org, May 2003.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity. Montreal, 2000. http://www.biodiv.org

Smith, J: "New Study Finds 'Strip' Test Unreliabe for Genetically Modified Crops". Chonsumer Choice, http://www.biotech-info.net/strip_tests.html, 2001.

Stent, G.S., Calendar, R.: Molecular Genetics (an introductory narrative) 2nd edition, W.H.Freeman and Company, San Francisco, U.S.A., 1978.

Tappeser, Beatrix, Jäger, Manuela, Eckelkamp, Claudia: Survival, Persistence, Transfer, An update on current knowledge on GMOs and the fate of their recombinant DNA. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 3, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 1999.

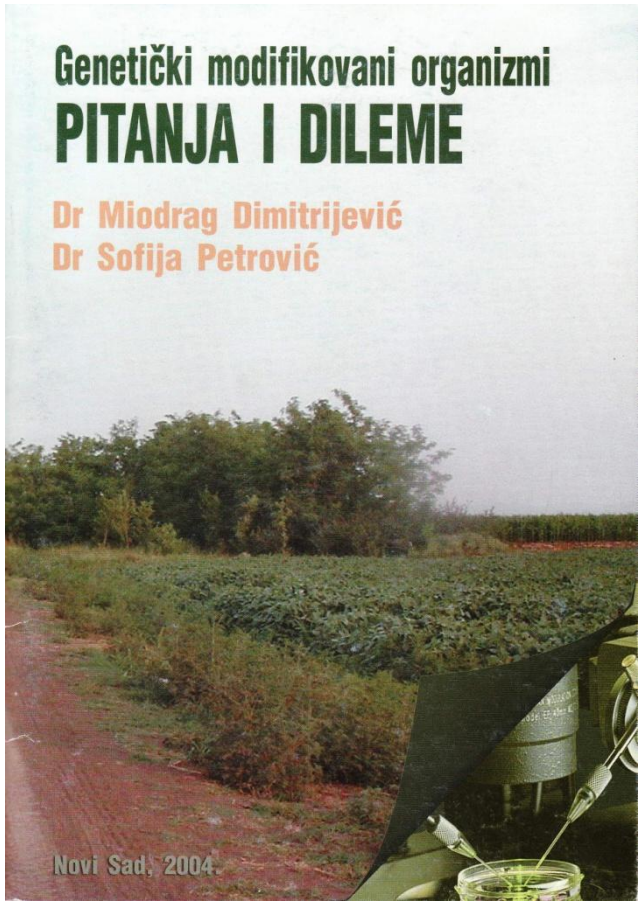
Watson, J.D.: Molecular Biology of the Gene, 3rd edition, W.A.Benjamin Inc., Menlo Park, California, U.S.A., 1977.

Аутори:





Проф. др Миодраг Димитријевић
Пољопривредни факултет
Департман за ратарство и повртарство
Генетика
Проф. др Софија Петровић
Пољопривредни факултет
Департман за ратарство и повртарство
Генетика



Оригинална корица књижице из 2004., која је издата у сарадњи са „Зеленом мрежом Војводине“