

Genetski modificiran Bt pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana

Prof.dr.sc. **Ružica Čunko**, dipl.ing.
Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila
Zagreb, Hrvatska
e-mail: rcunko@ttf.hr
Prispjelo 12.12.2012.

UDK 677.21
Pregled

Dan je pregled trendova i globalnih strukturnih promjena u području uzgoja pamuka i proizvodnje pamučnih vlakana u svijetu sve izraženijih zahtjeva za osiguranjem zdravlja i socijalne sigurnosti ljudi, očuvanjem okoliša i održivog razvoja. Kako je pamuk najzastupljenije i najvažnije prirodno vlakno u tzv. užoj tekstilnoj primjeni, a istodobno vlakno koje karakterizira relativno velik ekološki otisak, to se u posljednjih petnaestak godina mnogo ulaže u iznalaženje alternativnih rješenja koja bi rezultirala ekološki prihvatljivijom i društveno odgovornijom proizvodnjom. Činjenica je da konvencionalni uzgoj pamuka u sve većoj mjeri ustupa mjesto proizvodnji genetski modificiranog Bt pamuka, po načelima biouzgoja proizvodi se organski pamuk, IPM (Integrated Pest Management) strategijom uvodi se sustav upravljanja štetočinama, a u novije vrijeme na značenju dobivaju inicijative Fairtrade Cotton, Bolji pamuk (Better Cotton Initiative) i Pamuk proizveden u Africi (Cotton made in Africa), kojima se potiče ekološki prihvatljiva proizvodnja pamuka, uz poštivanje etičkih norma i društvene odgovornosti te pravične ekonomije. Razmatrane su značajke tih alternativa konvencionalnom uzgoju pamuka te rasprostranjenost njihove primjene na svjetskoj razini. Pritom je naglasak na uzgoju genetski modificiranog Bt pamuka koji danas dominira na poljima pamuka diljem svijeta. Razmatran je mehanizam insekticidnog djelovanja, specifičnosti uzgoja, navedene su prednosti i dobrobiti koje donosi proizvodnja Bt pamuka, ali i dvojbe i pitanja za čijim odgovorima se tek traga.

Ključne riječi: pamuk, svjetsko tržište pamukom, utjecaj pamuka na okoliš, cjelovito upravljanje štetočinama, *Bacillus thuringiensis*, Bt pamuk, organski pamuk, Pamuk proizveden u Africi, Inicijativa za bolji pamuk

1. Pamuk - ključna tekstilna sirovina i raspoloživost na tržištu

Pamuk je široko rasprostranjeno i najzastupljenije prirodno vlakno koje izrasta iz sjemenke istoimene biljke. Pod mikroskopom je vidljiv njegov

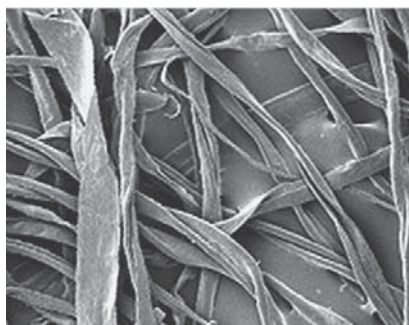
karakterističan oblik blago uvijene vrpce širine 12 do 20 μm (sl.1), a duljina mu varira između 10 i 60 mm (u pravilu 22 do 33 mm), ovisno o vrsti biljke. To je fino, mekano i podatno vlakno - u pravilu bijele i bež boje, premda postoje i vrste pamuka

koji daju obojena vlakna (tzv. obojeni pamuci).

Svrstava se u vlakna srednje čvrstoće (3 -5 cN/dtex), koja se povećava u mokrom stanju (3,3 - 6 cN/dtex); dobre je istezljivosti (15 - 25 % pri prekidu) i savitljivosti, što osigurava dobru preradivost vlakana u pređe i

složenije tekstilije raznovrsnih konstrukcija, za veoma različite namjene. Općenito uzevši, pamuk kao celulozno vlakno pokazuje dobru kemijsku otpornost na organska otapala i alkali, a otpornost na djelovanje kiselina je slaba. Vlakno je relativno otporno na različite utjecaje iz okoliša, ali je dobra hranidbena podloga za bakterije i plijesni koje ga razaraju, naročito u vlažnom i toplom okruženju. Pamučni proizvodi nisu skupi, lako se održavaju pranjem i glačanjem, premda su primjenjivi i svi ostali postupci njege. Zahvaljujući kemijskoj građi celuloze i karakterističnoj nadmolekularnoj strukturi, vlakno dobro upija vlagu ($R = 8,5\%$), što pamučnim proizvodima osigurava dobru termofiziološku udobnost, a i udobnost dodira je izvrsna. Tijekom vremena pamučno vlakno ne otpušta štetne tvari, tako da gotovo i nisu zabilježeni slučajevi alergije na čisti pamuk. Sve su to razlozi zbog kojih je pamuk sve do najnovijeg vremena percipiran kao pojam „zdravog i zelenog“ vlakna.

Unatoč tomu što se udio pamuka u ukupnoj proizvodnji i potrošnji vlakana već desetljećima smanjuje zbog snažnog prodora umjetnih vlakana i širenja njihove primjene, može se ustvrditi da se i na početku trećeg milenija pamuk nalazi pri samom vrhu ljestvice najvažnijih vrsta vlakana kao tekstilnih sirovina. Prema ICAC (International Cotton Advisory Committee) statistici [1] svjetska proizvodnja u 2011. iznosi 24,9 mil. t, a za 2012. se procjenjuje na 25,75 mil. t, što odgovara udjelu od oko 31 % u ukupnoj svjetskoj proizvodnji vlakana (koja se procjenjuje na oko 82,5 mil. t) te se pamuk nalazi na 2. mjestu rang-liste - odmah iza poliesterskih vlakana. Unatoč tomu što već gotovo 3 desetljeća trendove u proizvodnji i potrošnji tekstilnih vlakana na globalnoj razini snažno obilježava rast sintetskih vlakana, poglavito poliesterskih, pamučno vlakno ne gubi na značenju, pogotovo ako se ima u vidu uža tekstilna namjena. Pamučno vlakno je i dalje vlakno prvog izbora



Sl.1 Mikroskopska snimka pamučnog vlakna

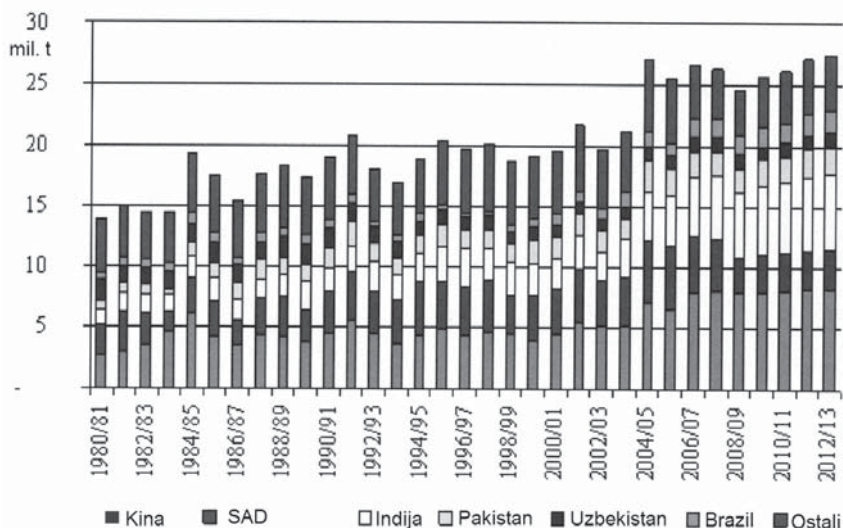
ako je riječ o odjeći za malu djecu, donje rublje, posteljno i stolno rublje, ali zbog svoje udobnosti poželjno je i za brojne druge odjevne predmete, kućanski tekstil, sanitetske materijale i potrepštine i dr.

Ipak, valja istaknuti da tržište pamučnih vlakana u posljednja tri desetljeća nije bilo stabilno, da je bilo kolebanja - padova i uspona u rastu proizvodnje (sl.2), što je utjecalo na stabilnost tržišta i odnose ponude i potražnje te izazvalo prilično izražen rast cijena pamuka.

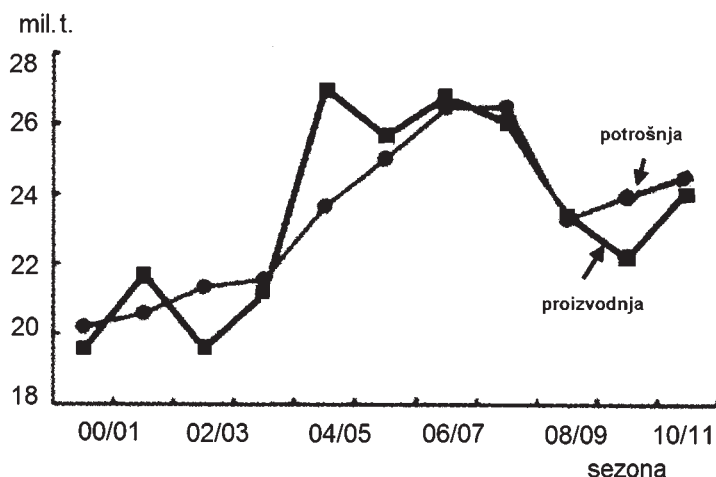
Tijek kretanja svjetske proizvodnje i potrošnje pamuka u 3. mileniju, tj. za razdoblje prve dekade 21. stoljeća, prikazan je na sl.3. Iz oblika krivulje jasno se uočava da proizvodnja pamuka doživljava dosta burno razdoblje koje se očituje u varijacijama

proizvodnje, koje prate i varijacije u potrošnji. Do sredine prvog desetljeća bilježi se porast proizvodnje koji se potom zaustavlja, da bi od sezone 2007./2008. uslijedio značajan trogodišnji uzastopni silazni trend. U sezoni 2010./2011. bilježi se oporavak proizvodnje pamuka a oko 13 % te se ona procjenjuje na 24,9 mil. t, a za sezonu 2011./2012. očekuje se daljnji rastući trend i godišnja proizvodnja od oko 25,2 mil. t pamučnih vlakana diljem svijeta [2, 3].

Sva ta tržišna događanja posljedica su značajnih promjena u strukturi uzgoja pamučne biljke - kako s aspekta veličine površina obuhvaćenih uzgojem pamuka u pojedinim svjetskim regijama, tako i u pogledu tehnologije uzgoja i s njom povezanih prinosa, ali i promjena društveno-ekonomskih odnosa koje se dešavaju na globalnoj razini u zemljama uzgajivačima pamuka. Prema [1], u prvoj polovici 1990-ih značajno je smanjena proizvodnja pamučnih vlakana u Južnoj Americi, većinom zbog smanjenja površina pod pamukom, što ima za posljedicu veliki skok cijena u sezoni 1994./95. To smanjenje postupno se kompenzira na globalnoj razini, u prvome redu povećanjem proizvodnje u Kini i SAD-u, ali u određenoj mjeri i povećanjem prinosa pamuka u



Sl.2 Svjetska proizvodnja pamuka u mil. t u razdoblju 1980./1981. - 2012./2013. [1] (Izvor: UNCTAD sekretariat, based on International Cotton Advisory Committee (ICAC) statistics)



Sl.3 Svjetska proizvodnja i potrošnja pamuka za industrijsku preradu [2]

Brazilu, Turskoj i Australiji. Stoga u drugoj polovici 1990-ih do početka 2000-ih proizvodnja premašuje potražnju za pamukom, što nakon velikog skoka cijena sredinom 1990-ih dovodi do određenog smanjenja cijene pamuka (sa 92,4 US cent/lb u 1994./95. na 41,9 US cent/lb u 2001./02). U drugoj polovici prvog desetljeća novog milenija, cijene pamuka ponovo rastu (npr. 2007./2008. na 75,6 US cent/lb), a što se prema ICAC-u ne može u potpunosti objasniti analizom fundamentalnih marketinških parametara (*stock-to-mill use ratio*) [4].

Površine pod nasadima pamuka značajno se povećavaju naročito u Kini, Indiji i SAD-u, tako da se procjenjuje da je u sezoni 2010./11. pamukom u svijetu bilo zasađeno 32,9 mil. hektara [2]. Te su zemlje ujedno i najveći svjetski proizvođači pamuka na koje otpada oko 68% ukupne svjetske proizvodnje pamuka, računajući na procijenjenu vrijednost ukupne svjetske proizvodnje pamuka od 24,9 mil. t u 2011. godini. Proizvodnja pamuka u deset vodećih zemalja svijeta, izražena u mil. bala i mil. t prikazana je u tab.1, a ujedno su iskazani udjeli pojedinih zemalja u ukupnoj svjetskoj proizvodnji pamuka. Veliki naponi ulažu se u postizanje što većih prinosa/ha, pa je tako 2007./2008. postignut nikad prije zabilježen maksimum od 795 kg/ha

prosječno. Međutim, tako veliki prinos se nije uspio zadržati sljedećih sezona (2008./2009. - 763 kg/ha, 2009./2010. - 727 kg/ha) te se za 2010./2011. procjenjuje prinos od oko 755 kg/ha. Današnji nasadi pamuka bitno se razlikuju od onih s kraja 1990-ih i brojni su čimbenici koji određuju nove odnose u proizvodnom lancu pamučnih vlakana.

2. Suvremeni trendovi u uzgoju pamuka

Dvije su ključne skupine razloga koji su doveli do temeljitih promjena u području uzgoja pamuka i dobivanju vlakana na globalnoj razini. S jedne strane to su razlozi u najširem smislu vezani uz ekologiju, a s druge je to trajni motiv proizvođača za stjecanjem što veće dobiti. Premda te dvije skupine čimbenika nerijetko

moгу djelovati suprotstavljeno, prihvatljivo uspješan suvremeni model razvoja proizvodnje pamuka moguć je samo ako se i jedna i druga skupina čimbenika dovoljno uvažava i uključuje u razvoj. Na tom tragu danas je aktualno nekoliko pravaca razvoja u području uzgoja pamuka i proizvodnje vlakana, kao dopuna konvencionalnom uzgoju ili njegova alternativa. Te su inicijative poznate pod sljedećim nazivima:

- Organski pamuk (OC - *Organic Cotton*),
- Cjelovito upravljanje štetocinama (Integrated Pest Management),
- Bt pamuk (BtC - *Bt Cotton*),
- Fairtrade pamuk (FTC),
- Pamuk proizveden u Africi (CmiA, *Cotton made in Africa*) i
- Inicijativa za bolji pamuk (BCI – *Better Cotton Initiative*).

Pritom su pojedine inicijative, pored zajedničkog nastojanja za što učinkovitijom ekološkom i društveno-odgovornom proizvodnjom pamuka, ipak usredotočene na različite pojedinačne ciljeve.

Tako je kod organskog uzgoja pamuka u prvome planu uzgoj biljke po načelima ekološki prihvatljivog uzgoja u skladu s održivim razvojem. BtC inicijativa uključuje uzgoj pamuka iz genetski modificiranog sjemena (GM) radi smanjenja uporabe pesticida, dok su kod FT, CmiA i BCI inicijativa u prvome planu društveno odgovorni rad i zaštita ruralnog stanovništva uz ekološki održivu proizvodnju. Premda se od navedenih pra-

Tab.1 Deset najvećih proizvođača pamuka 2011. u svijetu [5]

Zemlja	mil. bala	mil. t	%
NR Kina	33,0	7,161	28,75
Indija	27,0	5,859	23,53
SAD	18,0	3,906	15,67
Pakistan	10,3	2,235	8,97
Brazil	9,3	2,018	8,10
Uzbekistan	4,6	0,9982	4,00
Australija	4,2	0,9914	3,98
Turska	2,8	0,6076	2,65
Turkmenistan	1,6	0,3472	1,39
Grčka	1,4	0,3038	1,22

Izvor: National Cotton Council of America – Rankings, Cotton.org. (2011-03-13)

vaca razvoja najviše godina praktičara uzgoj organskog pamuka, u novije vrijeme naročito se brzo uvodi uzgoj Bt pamuka te se odgovarajuće brzo povećavaju i površine zasadene sjemenom takvog pamuka. Upravo zbog toga tom će se fenomenu posvetiti posebna pozornost, dok će se ostale inicijative prikazati sažeto kroz njihove temeljne značajke.

2.1. Organski pamuk

Organski pamuk definiran je tzv. organskom proizvodnjom kojom se osigurava prijateljski odnos prema okolišu u skladu s održivim razvojem, ali i u daljnjem preradbenom lancu vlakana u složenije tekstilne proizvode valja primjenjivati ekološki prihvatljive procese. Pojam organski uzgoj u prvome redu znači uzgoj pamuka od organskog sjemena – ili u najmanju ruku - od kemijski netretiranog sjemena (nikako biotehnoški dobivenog i modificiranog sjemena), na čistom tlu, bez primjene sintetskih pesticida i umjetnih gnojiva i bez upotrebe defolijanata. Prednost se daje ručnoj berbi (premda se berba može odvijati i strojno), preporučuje se izmjena plodoreda, primjena organskih gnojiva i bioloških zaštitnih sredstava. Postojećim egzaktnim metodama identifikacije ne može se razlikovati pamučno vlakno iz organskog uzgoja od vlakna iz konvencionalnog uzgoja. Stoga se jamstvo organskog pamuka osigurava certificiranjem organske proizvodnje, pri čemu se certifikacija u pravilu provodi prema nacionalnim standardima zemlje na čije tržište dolazi organski pamuk. U EU je za tu svrhu važeća direktiva *EC No 834/2007* [6], u SAD-u *National Organic Program (NOP)* [7], u Japanu *Japanese Agricultural Standard JAS* [8] i dr. Valja napomenuti da se u novije vrijeme ulažu napor da se zahtjevi i kriteriji vezani uz organski pamuk i organski tekstil iz drugih vrsta vlakana dobivenih po načelima organske proizvodnje, što više ujednače diljem svijeta. U tom smislu na značenju sve više dobiva međunarodni standard



Organic

certified by [certifier's ref.]
Licence no [1234]

a)



**Made with [x] %
organic materials**

certified by [certifier's ref.]
Licence no [4321]

b)

Sl.4 Dvije inačice GOTS oznaka: a) *Organski tekstil* - udio organskih vlakana 95-100 % i b) *Načinjeno sa x% organskog materijala* - udio organskih vlakana 70-94 %

Global Organic Textile Standard (GOTS), prema kojem se provodi i označivanje organskih tekstilija GOTS oznakom, sl.4 [9].

Uzgoj organskog pamuka uvodi se već u ranim devedesetim, dakle znatno ranije nego ostale spomenute inicijative. Prema [10] u sezoni 2008./2009. organski se pamuk uzgajao u 22 zemlje svijeta, a certificiran je uzgoj na oko 253 000 ha (oko 222 000 farmera). Prosječni prinos iznosio je oko 690 kg/ha, što je znatno manje od prinosa u konvencionalnom uzgoju. Ukupno je proizvedeno 175 113 t vlakana (ili 802 611 bala), što je tek nešto manje od 0,75 % ukupne proizvodnje pamuka te sezone (23,4 mil. t). Najveće zemlje proizvođači organskog pamuka 2008./2009. bile su Indija (107 500 t), Turska (27 300 t) i Sirija (22 000 t) te Tanzanija, Kina, SAD, Uganda i Peru s proizvodnjom između 4200 t (Tanzanija) i 1400 t (Peru). Primjena organskog pamuka veoma je intenzivno medijski popraćena kao prihvatljivija, „zelenija i zdravija“ u odnosu na konvencionalni pamuk, pa su i cijene pamučnih proizvoda od organskog pamuka koje plaćaju kupci na kraju proizvodnog lanca, u pravilu nešto veće od cijena proizvoda od pamuka iz konvencionalnog uzgoja. Međutim, to ne znači da proizvođači organskog pamuka općenito bolje posluju od

proizvođača konvencionalnog pamuka, naprotiv. Ulaganja u organski uzgoj su zahtjevnija i na dulji rok, preustroj proizvodnje zahtijeva dulje vrijeme (nisu moguće promjene uzgoja od sezone na sezonu), prinosi su manji. Općenito veće troškove proizvodnje/kg organskog pamuka u odnosu na konvencionalni uzgoj trebalo bi pokriti većom otkupnom cijenom pamuka. Praćenje tržišta ukazuje na to da ne postoji globalni indeks cijene za organski pamuk, tj. da se tržišno organski pamuk ne prati dovoljno prepoznatljivo, što ide na štetu njegova plasmana. Zabilježene su i teškoće u plasmanu organskog pamuka u industrijsku proizvodnju, pri čemu se ističe 2008. g. kada je proizvodnja bila veća od potražnje prerađivača za 40 %. S druge strane, sve prisutniji razvoj ekološke svijesti stanovništva doprinosi tome da potrošači sve više traže proizvode od organskog pamuka i tržište treba odgovoriti na ta očekivanja korisnika.

Procjene ICAC-a govore da će proizvodnja organskog pamuka u skoroj budućnosti rasti unatoč brojnim izazovima s kojima se susreću proizvođači i koje treba riješiti, kako vezano uz prihvatljive poslovne pokazatelje pojedinačnih farmera, tako i odgovoriti na pitanja vezana uz certifikaciju i jedinstvene kriterije uz

goja u funkciji ekološke prihvatljivosti i održivog razvoja, koja se moraju rješavati na globalnoj razini. Prema [11], čimbenik koji će određivati tržišne tokove organskim pamukom ipak nije potražnja, već je to opskrba (proizvodnja) koja zasad ne dozvoljava znatnije povećanje udjela organskog pamuka na tržištu pamuka. Prema ITC-u, 2007. je više od pola svjetske proizvodnje organskog pamuka bilo u rukama dviju kompanija, a 25 najvećih svjetskih trgovaca (vlasnika poznatih brendova) apsorbira 50 do 60 % svjetske ponude. Velika koncentracija na strani ponude, povezana s ograničenim volumenom organskog pamuka kojim se trguje, čine to tržište potencijalno nestabilnim, jer oštiri potezi u poslovnim strategijama malog broja velikih poslovnih subjekata mogu izazvati potrese na tržištu.

2.2. Sustav cjelovitog upravljanja štetočinama (*Integrated Pest Management, IPM*)

Problem primjene golemih količina pesticida u širokoj javnosti indirektno su osvijestile spoznaje do kojih se došlo već krajem 1980-tih, kada je na pamučnim vlaknima brojnih provenijencija utvrđena prisutnost opasnih pesticida, defolijanata i teških metala. Utvrđeno je to u okviru opsežnih istraživanja provedenih u organizaciji Međunarodnog instituta za pamuk u Bremenu, a istraživanja su, između ostaloga, obuhvaćala kvalitativno i kvantitativno utvrđivanje stranih tvari i primjesa na uzorcima pamuka iz sedamdesetak zemalja svijeta. Objavljeni rezultati tih istraživanja [12] izazvali su svojevrstan šok u stručnoj i nestručnoj javnosti, a obilato su korišteni u tisku i medijima, što je dovelo do naglog urušavanja slike o pamuku kao idealno zdravom i zelenom vlaknu, kakvim je smatran do tada. Pozitivna percepcija o pamuku narušena je - i u pogledu neškodljivosti po ljudsko zdravlje, i u pogledu zagađivanja okoliša, a vrlo brzo to se počinje primjećivati i na tržištu pamučnih proizvoda. Tema humano-

ekološke podobnosti vlakana i tekstilnih proizvoda time sve više dobiva na značenju i širi se i na druga tekstilna vlakna i proizvode. Kao odgovor, proizvođači tekstila i trgovci već početkom 1990-ih uvode razne ekološke oznake za tekstilne proizvode, kojima se nastoji vratiti povjerenje u pamuk kao ekološki podobno vlakno. Ova događanja pridonose i jačanju šire ekološke osviještenosti potrošača. Preispituju se agrotehničke mjere koje se primjenjuju u suvremenom monokulturnom uzgoju pamuka, pa tako dolazi na vidjelo da se za suzbijanje raznovrsnih štetočina kojima je pamučna biljka podložna u svom rastu i razvoju, koristi oko 20 % ukupne svjetske proizvodnje pesticida, da se u borbi za što veće prinose koriste goleme količine umjetnih gnojiva i vode, da se zagađuje tlo i vode, da se radi osiguravanja strojne berbe pamuka koriste opasni defolijanti i dr. Također dolazi na vidjelo da je kontrola provedbe takvih mjera nedostatna, da uzgajivači pamuka u brojnim afričkim i azijskim zemljama nisu svjesni štetnosti i stupnja otrovnosti pesticida, posljedica čega su brojna kronična i akutna trovanja needuciranih radnika otrovnim pesticidima koja nerijetko završavaju smrtnim ishodom, devastacija zemljišta i zagađivanje okoliša. Tim spoznajama te razvojem i jačanjem ekološke svijesti ponajprije urbanog stanovništva, postaje jasno da se mnogo toga u pamučnom lancu - od uzgoja biljke i dobivanja vlakana do prerade u proizvode i njihove primjene - mora bitno promijeniti, o čemu je u časopisu Tekstil opsežno pisano već 1994. [13]. Pamuk je jednostavno previše važna tekstilna sirovina, a da te spoznaje ne bi izazvale burna reagiranja javnosti i potaknula znanstvena i stručna istraživanja radi ublažavanja i rješavanja ekoloških problema u uzgoju, a naročito problem pesticida. Jedan od važnijih rezultata takvih istraživanja je donošenje strategije i projekta usmjerenih na smanjenje šteta od štetočina održivom kontrolom, poznatog pod nazivom *Cjelovito*

upravljanje štetočinama (Integrated Pest Management, IPT). Tom se strategijom utvrđuju principi i metodologija kontroliranja štetočina u monokulturnom uzgoju usjeva na način da se uz što manju i prihvatljivu razinu pesticida omogući što uspješniji uzgoj poljoprivrednih kultura osjetljivih na razne vrste štetočina. Uzgoj pamuka je jedno od područja na koje se odnosi IPM strategija te se ona u različitom opsegu već primjenjuje u brojnim zemljama na svim kontinentima, a najraširenije u SAD-u.

I Europa je svojom legislativom prihvatila takav integrirani pristup upravljanju štetočinama u uzgoju poljoprivrednih kultura sa svrhom da se smanji potrošnja opasnih pesticida na prihvatljivu mjeru, a dio strategije odnosi se i na uzgoj pamuka [14]. Prema tom projektu se može reći da IPM predstavlja metodologiju održivog upravljanja štetočinama kombinacijom bioloških, kulturalnih, fizikalnih i kemijskih mjera i alata, na način koji rizike za zdravlje i okoliš svodi na najmanju mjeru. To je dakle pristup kojemu nije svrha iskorjenjivanje štetočina, nego održavanje prihvatljive razine uz koju se mogu postići zadovoljavajući proizvodni rezultati i učinci, a štete svesti na najmanju mjeru. Sustav je dinamičan i obuhvaća mjere i aktivnosti koje omogućuju upravljanje štetočinama u uzgoju prilagođeno specifičnostima određenog geografskog područja i podneblja. One u pravilu u odgovarajućoj mjeri i obliku obuhvaćaju: snimanje i utvrđivanje vrsta i količina štetočina, utvrđivanje njihove prihvatljive razine, prevenciju ponajprije kroz odabir kvalitetnog sjemena, stalno motrenje usjeva uz odgovarajuću primjenu mehaničkih, bioloških i kemijskih metoda kontrole, racionalnu primjenu pesticida u pogledu vrste, količine i pravovremenog tretmana i dr. Dakako da uvođenje IPM-a i sustavna primjene njegovih mjera za proizvođače znači dodatni trošak, ali krajnji rezultat i učinak bi trebao biti pozitivan u svim ključnim odrednicama radi kojih je sustav osmišljen, tj.

u pogledu zaštite zdravlja i očuvanja okoliša, i postizanja uspješnih proizvodnih rezultata. IPM sustav je osmišljen ponajprije za primjenu u konvencionalnom uzgoju, ali su njegova načela primjenjiva i u alternativnim tehnologijama.

Valja istaknuti i veoma prisutan trend zamjene sintetskih pesticida pesticidima biljnog i životinjskog podrijetla tj. *biopesticidima*, u svrhu smanjenja štetnih utjecaja primjene pesticida općenito. Zbog otrovnosti pesticida i velikih potencijalnih rizika u primjeni, potrošnja svih vrsta pesticida obavezno se prati i bilježi, tako da postoje relevantni podaci na temelju kojih se mogu donositi ocjene i planirati mjere. Oni pokazuju da se u svijetu značajno povećava potrošnja biopesticida, koji su manje štetni po ljudsko zdravlje i okoliš. Razvijeno je više od 100 vrsta biopesticida, od čega je tridesetak u komercijalnoj proizvodnji pod raznim nazivima. Najraširenija je njihova primjena u SAD-u, Kanadi i Meksiku (oko 44 % svjetske potrošnje), ali je sve značajnija i u drugim područjima svijeta (Europa ~20 %, Azija -13 %, Oceanija ~11%, Latinska Amerika ~9 %, Karibi ~3 %) [29].

U području uzgoja pamuka, osim organskog pamuka i IPM-a, uvode se i druge inicijative za smanjenje potrošnje pesticida te povećanje ekološke pouzdanosti proizvodnje i dobivenih vlakana. Istraživanja i traganja za novim rješenjima se intenzivno nastavljaju početkom novog stoljeća, ali problem prevelike upotrebe pesticida i insekticida u uzgoju pamuka još uvijek nije riješen. U literaturi dostupni podaci o količinama pesticida i insekticida u uzgoju pamuka govore o još uvijek golemim količinama, vrijednosti variraju u rasponu od 10 do 15 % pesticida i do 25 % insekticida, računajući na ukupnu potrošnju ovih kemikalija u poljoprivredi [15].

Najveća očekivanja u pogledu smanjenja upotrebe pesticida vežu se uz zamjenu konvencionalnog uzgoja pamuka uzgojem Bt pamuka, pa i u

kombinaciji sa spomenutim inicijativama za alternativni uzgoj koje se već provode u mnogim područjima svijeta.

2.3. Bt pamuk - mehanizam djelovanja, rasprostranjenost i perspektive

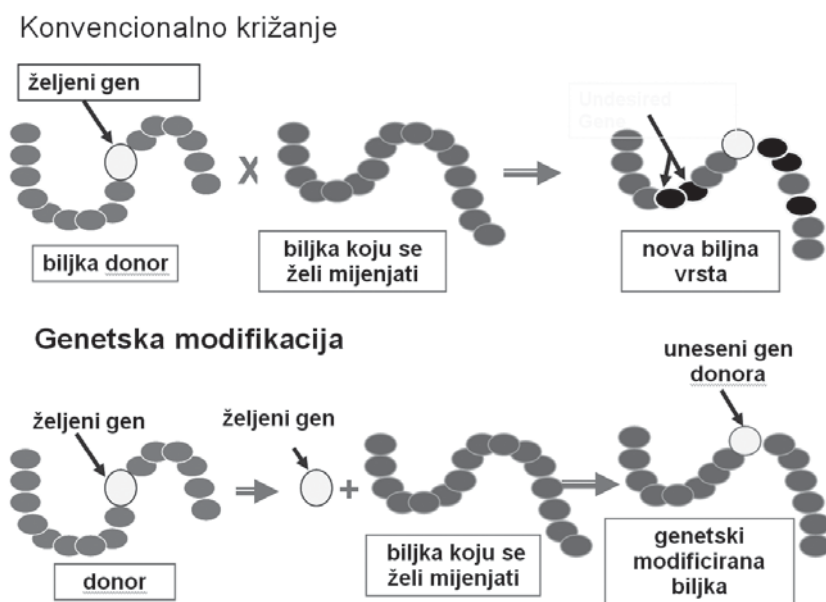
Najkraće rečeno, Bt pamuk je genetski modificirani (GM) pamuk, otporan na glavne vrste insekata koji napadaju pamučnu biljku tijekom uzgoja, tj. u različitim fazama rasta i razvoja. Dobiven je transgenetskom modifikacijom pamučnog genoma kojom je u biljci potaknuta tvorba proteina koji je otrovan za glavne vrste insekata koji napadaju pamuk. Zamjena konvencionalnog uzgoja pamuka uzgojem Bt pamuka, time bi trebala rezultirati smanjenjem potreba za golemom količinom pesticida, osobito insekticida, koja se diljem svijeta troši u uzgoju pamuka.

2.3.1. Razvoj genetski modificiranog pamuka

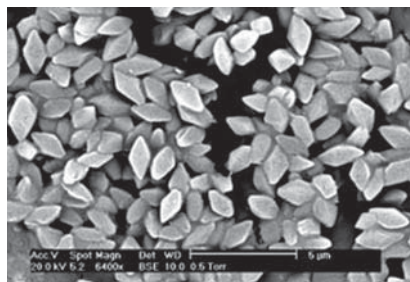
Bt pamuk je razvijen genetskom modifikacijom pamuka uvođenjem u njegov genom gena proteina koji proizvodi bakterija *Bacillus thuringiensis*, tzv. Bt proteina (sl.5), po kojemu je genetski modificirani pa-

muk nazvan Bt pamuk. Tako umetnuti transgen u pamuku uzrokuje proizvodnju Bt toksina, koji inače proizvodi bakterija *B. thuringiensis*, a toksin izaziva pomor određenih skupina insekata ukoliko se oni hrane lišćem ili stabljikom pamučne biljke. Pokazalo se da je insekticidno djelovanje vrlo specifično, tj. da toksini ubijaju samo određene skupine insekata, među kojima su glavne pamučne štetočine kao što su gusjenice i ličinke moljaca, leptira, žižaka i muha, a da su posve bezopasni za druge vrste i oblike života.

Bacillus thuringiensis je gram pozitivna, sporogena bakterija, koju je još 1901. izolirao japanski biolog S. Ishiwatari. Godine 1911. tu je bakteriju u Njemačkoj ponovo otkrio E. Berliner, koji ju je izolirao iz gusjenice mediteranskog žitnog moljca, čije uginuće je bakterija izazvala, te je po njemačkoj pokrajini Tiringiji (njem. Thüringen) gdje je otkrivena, bakterija dobila ime [16]. U nastavku istraživanja koja su uslijedila, 1950. je otkriveno da bakterija proizvodi protein koji je smrtonosan za insekte, a 1956. je utvrđeno da bakterija proteinski toksin stvara za vrijeme sporulacije, da je riječ o d-endotoksinu koji nakupljanjem stvara kristalnu



Sl.5 Shematski prikaz mehanizma promjene svojstava križanjem i genetskom modifikacijom



Sl.6 Kristali i spore Bt toksina [16]

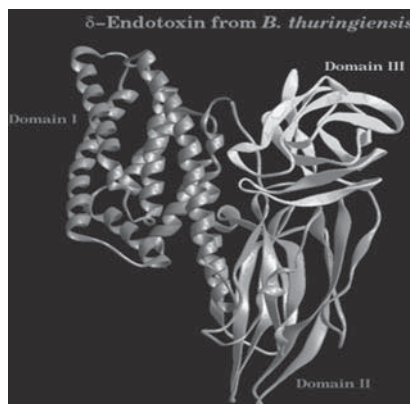
strukturu bipiramidalnog oblika, po kojoj je nazvan *Cry toksin* (sl.6). Nakon tog otkrića uslijedila su istraživanja sa svrhom dobivanja Bt toksina koji bi se koristio kao insekticid te se 1958. u SAD-u počinje Bt insekticid komercijalno proizvoditi. Istraživanja u području biokemije, molekularne biologije i genetike naročito se intenziviraju krajem 1980-ih i početkom 1990-ih godina, kada se diljem svijeta počinje snažno problematizirati primjena sintetskih pesticida. Godine 1981. H. Whiteley i E. Schnepf na Sveučilištu u Washingtonu uspjeli su klonirati gen Bt toksina, nakon čega se gen Bt toksina počinje koristiti za istraživanje mogućnosti genetske modifikacije biljaka, a radi kontrole štetočina u uzgoju soje, kukuruza i pamuka. God. 1990. je tvrtka Monsanto razvila prvu proizvodnju sjemena transgenetskog Bt pamuka u SAD-u, a od sredine 1990-ih se Bt pamuk uvodi u komercijalnu proizvodnju - najprije u SAD-u, potom u Kini, Australiji, Indiji, Pakistanu, Južnoj Africi, Indoneziji, tj. diljem svijeta.

2.3.2. Mehanizam insekticidnog djelovanja

Mehanizam toksičnog djelovanja Bt pamuka vrlo je specifičan i selektivan u pogledu vrste štetočina. Prema sadašnjim spoznajama to se dovodi u vezu s molekularnom strukturom Cry toksina, koja sadrži tri odvojene domene (sl.7).

Strukturu domene I čine α -zavojnice i ta je domena odgovorna za tvorbu pora u crijevnoj membrani. Domene II i III imaju β -strukturu i uključene su u prepoznavanje receptora i ve-

zanje na receptore u crijevnoj stijenci. Kada insekt, hraneći se lišćem GM pamuka, unese u svoje tijelo *Cry* toksin, toksin se otopi i aktivira u mediju visoke pH vrijednosti kakva je u gastrointestinalnom sustavu životinje. U crijevu aktivirane *Cry* molekule se preko specifičnih receptora (proteinske molekule) vežu na stanice sadržane u dlačicama membrane crijevne stijenke. U normalnom održavanju života epitel u dlačicama stijene membrane ima ulogu održavanja separacije tjelesne šupljine od crijevnog sadržaja, uz mogućnost istodobne apsorpcije potrebnih nutrienata iz probavljenih hranjivih tvari. Kada se molekule *Cry* toksina vežu na specifične receptore koji se nalaze u epitelnim stanicama crijeva, nastaju ionski kanalići – pore, kroz koje počinju prolaziti natrijevi ioni iz crijeva i dolazi do perforacije crijevne stijenke. Kako je određena koncentracija natrijevih iona presudna za preživljavanje svake žive stanice, to je ona strogo kontrolirani parametar za normalno funkcioniranje. Tvorbom pora zbog vezanog *Cry* toksina i postupnim istjecanjem natrijevih iona, ravnoteža natrija se narušava, crijevna stijenka se razara i insekt ugiba zbog unutrašnje infekcije.



Sl.7 Shematski prikaz modela strukture Cry toksina [18]

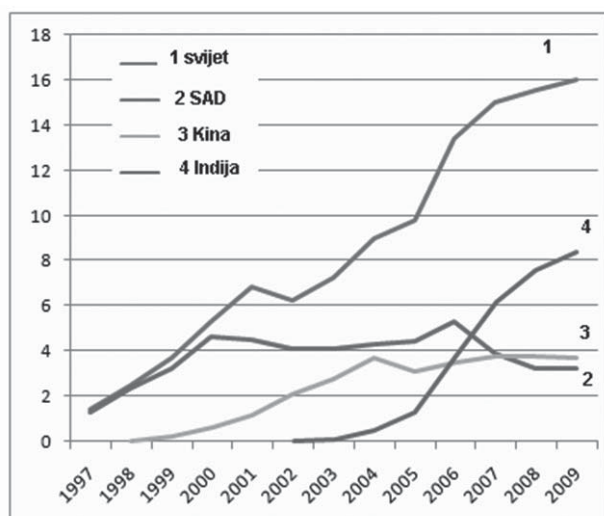
Važno je napomenuti da su pojedine vrpce u domeni I vrlo selektivne u prepoznavanju receptora i mogu se povezati samo s prepoznatim specifičnim receptorom u crijevnoj stijenci koji je karakterističan za vrstu insekta.

Danas je poznato da postoji više od 200 različitih Bt toksina te su dekodirani brojni različiti *Cry* geni (preko 50), prema kojima se Bt pamuk klasificira. Prema homologiji aminokiselina u genu i kristalnom obliku toksina, razrađena je nomenklatura te su *Cry* toksini svrstani u devet glavnih skupina, a svaka skupina sadrži više podskupina različitog reda. Utvrđena je toksičnost pojedinih skupina toksina na određene vrste štetočina te se dobivene spoznaje koriste za ciljani razvoj GM hibrida Bt pamuka, kojih danas ima na tržištu veoma velik broj i dolaze pod različitim trgovačkim imenima [17-19].

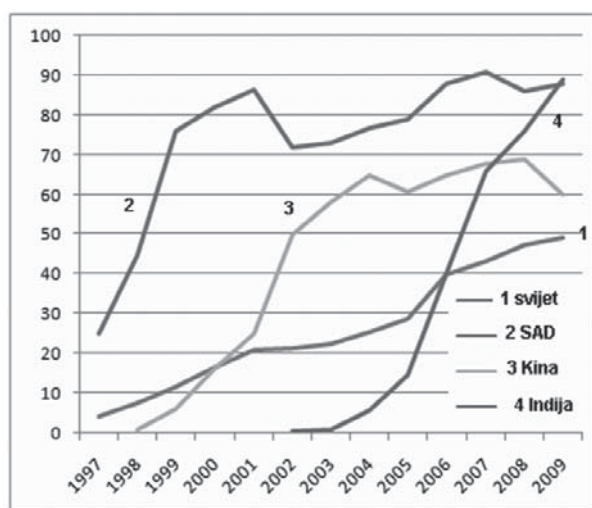
2.3.3. Rasprostranjenost Bt pamuka

Sjeme Bt pamuka za komercijalnu upotrebu razvila je tvrtka Monsanto (1990.), a kao što je već spomenuto, komercijalna proizvodnja Bt pamuka započela je 1996. u SAD-u, da bi se u narednom desetljeću veoma brzo proširila u većinu zemalja proizvođača pamuka. Iz sl.8, koja pokazuje površine nasada Bt pamuka u razdoblju od 1997. do 2009. može se jasno vidjeti izraziti trend povećanja površina sa uzgojem Bt pamuka u svim zemljama koje su najveći proizvođači pamuka, što rezultira i značajnim porastom površina zasađenih Bt pamukom na svjetskoj razini. Odgovarajući porast udjela Bt pamuka u ukupnoj proizvodnji pamuka u istom razdoblju i u istim regijama, prikazuje sl.9. Može se primijetiti razdoblje brzog širenja GM površina i povećanja udjela Bt pamuka u početnih nekoliko godina proizvodnje, nakon čega se procesi donekle usporavaju. Iznimku od takvog tijeka pokazuje jedino Indija, gdje je u prve tri sezone obuhvaćeno do 15 % površina, nakon čega u naredne tri sezone slijedi naglo širenje udjela Bt pamuka do iznad 84 % (sl.9).

U Indiji je posebice dojmljivo iznimno brzo širenje GM proizvodnje kroz razdoblje od 2006. do 2009. u kojemu se udio površina pod Bt pamukom



Sl.8 Porast površina pod Bt pamukom u mil. ha [20]



Sl.9 Porast udjela Bt pamuka u ukupnoj proizvodnji pamuka [20]

povećao za 66 %, tj. na oko 7 mil. ha, da bi se nakon toga proces uvođenja proizvodnje Bt pamuka ponešto usporio te se za 2011. iznosi podatak da je GM pamuk uzgajan na 10,6 mil. ha. Ukupna površina pod pamukom 2011. u Indiji iznosila je 12,1 mil. ha, što znači da je 88 % nasada bio Bt pamuk. Tako naglo širenje proizvodnje GM pamuka, koje se događa u svim državama Indije [22] u stručnoj javnosti intenzivno se prati gotovo kao fenomen, te su objavljeni brojni članci, rasprave i studije u kojima se razmatraju brojni pozitivni i negativni aspekti koje takva nagla promjena od konvencionalnog uzgoja na uzgoj genetski modificiranog pamuka donosi [23-28]. Indija je ujedno na pr-

vome mjestu u svijetu po površini sa Bt pamukom. Po veličini površina sa Bt pamukom slijedi ju SAD sa oko 4,0 mil. ha pod Bt pamukom i čak 90 %-tnim udjelom u ukupnoj površini na kojoj se uzgaja pamuk, a na trećem mjestu je Kina sa 3,9 mil. ha. Zanimljivo je primijetiti da je trend uvođenja GM pamuka u Kini (sl.8. i 9) u kvalitativnom smislu prilično sličan onome u SAD-u (s određenim pomakom od dvije sezone) te se razina dostignuta 2003. više ne mijenja puno, tj. od sezone 2002./03. na dalje, udio Bt pamuka u ukupnoj proizvodnji pamuka se prilično ustabilio i varira u rasponu od 60 do 70 %. Pakistan je sa 2,6 mil. ha zasijanog Bt pamukom u 2011. god. na 4. mjestu svjetske rang-

liste. Prema [21] i u Australiji se od 1997. do 2009. udio GM pamuka povećao sa 15 % na čak 95 %, tako da je Australija na 5. mjestu rang-liste, nakon čega slijede Indonezija, Kolumbija, Meksiko, Južna Afrika, Burkina Faso i Brazil. Prema istom relevantnom izvoru [21], u 2011. godini se diljem svijeta GM pamuk proizvodio na 25 mil. ha, što iznosi 69 % od ukupnih površina pod pamukom i što je za samo dvije godine (2009./2011.) porast udjela Bt pamuka za 20 % (sa 49 na 69 %).

Može se slobodno ustvrditi da potrošači pamučnih proizvoda diljem svijeta sigurno nemaju pravu predodžbu niti spoznaju o tim odnosima i da nisu svjesni činjenice da je velika većina pamučnih proizvoda koja danas dolazi na tržište izrađena od vlakana GM pamuka.

2.3.4. Specifičnosti uzgoja Bt pamuka

Tehnologija uzgoja Bt pamuka u određenoj se mjeri razlikuje od konvencionalnog uzgoja pamuka i ima svoje specifičnosti koje valja strogo primjenjivati da bi se postigli očekivani učinci uvođenja takve proizvodnje. To znači da se proizvođači moraju unaprijed educirati za proizvodnju Bt pamuka i GM usjeva općenito, što nažalost vrlo često izostaje, naročito ako je riječ o siromašnim ruralnim afro-azijskim područjima, ali i drugdje. Uz odgovarajuće obrazovanje, vrlo je važno osigurati i provedbu potrebnih agrotehničkih mjera - od osiguranja sjemena potrebne kvalitete do tehničkih alata za provedbu odgovarajućeg načina sjetve i obrade tijekom uzgoja. Ukratko će se ukazati na najznačajnije zahtjeve i specifičnosti u uzgoju Bt pamuka, koji - ukoliko se ne provode - mogu dovesti do nezadovoljavajućih proizvodnih rezultata i neočekivanih problema.

Visoka kvaliteta GM sjemena

Da bi se postigla potrebna i očekivana insekticidnost pamučne biljke, važno je da *Cry* toksin bude prisutan u

svakoj biljci, a to znači da sjeme Bt pamuka mora biti potpuno čisto i bez ikakvog udjela sjemena konvencionalnog pamuka. U praksi se taj zahtjev može ispuniti jedino primjenom čistog i certificiranog tvorničkog sjemena, koje je u pravilu za male proizvođače vrlo skupo, a odgovarajući sustav državnih poticaja ili kredita za takve male, ali mnogobrojne proizvođače, većinom ili ne postoji, ili se ne provodi. Stoga oni nerijetko posežu za sjemenom Bt pamuka koji sami uzgoje, ili kupuju jeftinije sjeme od raznih dobavljača, a koje je najčešće nedovoljne čistoće. To ima za posljedicu smanjenje učinkovitosti insekticidnog djelovanja i neočekivane štete od insekata s kojima proizvođači nisu računali. Kao što je već razmatrano, insekticidno djelovanje pojedinih vrsta toksina je vrlo specifično u odnosu na vrstu štetočina, a poznato je da rasprostranjenost određenih vrsta štetočina nije podjednaka u svim geografskim područjima i podnebljima. Zbog toga su razvijeni brojni hibridi Bt pamuka, prilagođeni vrsti štetočina koji su najčešći na određenom geografskom području te se samo primjenom sjemena odgovarajućih hibrida postižu najbolji rezultati. Mali proizvođači najčešće nisu dovoljno obrazovani da bi u potpunosti razumjeli značenje zahtjeva za odgovarajućom vrstom sjemena i potrebnom čistoćom, a nemaju ni materijalne preduvjete za poštivanje tog zahtjeva pa se visoka očekivanja od GM proizvodnje (podgrijana propagandom) često i ne ostvaruju.

Specifičan plodored Bt pamuka u kombinaciji s konvencionalnim pamukom

Jedan od značajnih problema u proizvodnji Bt pamuka je pojava rezistentnosti insekata na toksin u biljci, koja se u određenoj mjeri uvijek javlja. Kao što je rečeno, hraneći se lišćem Bt pamuka, insekt unese u crijevo toksin i većina jedinki na taj način ugiba. Međutim, rijetki primjerci ipak prežive i postanu otporni

na taj toksin. Da bi se neutraliziralo djelovanje takvih rezistentnih jedinki i spriječila njihova mnogobrojnost, razvijen je poseban plodored sijanja u Bt uzgoju. Prema preporuci GEACA-a [29], polje s Bt pamukom valja na neki način okružiti „trakama“ od 5 redova običnog pamuka iste vrste, kako bi taj dio nasada služio za svojevrstan „bijeg“ (*refuge*) otpornih gusjenica sa polja Bt pamuka i kako bi se njihovim parenjem s osjetljivim gusjenicama na običnom pamuku dobili potomci osjetljivi na toksin. Pritom se primjenjuju razne geometrijske kombinacije površina zasijanih Bt sjemenom i običnim pamukom, pri čemu udio površina s običnim pamukom ne bi smio biti manji od 20 % ukupne površine zasijane pamukom, a u pravilu je i veći. Mali farmeri najčešće nisu upoznati koliko je važan takav način plodoređa pa ga ne primjenjuju, što neki smatraju jednim od razloga pojave rezistencije insekata na toksin u pamuku. Međutim, nakon 10-godišnjeg iskustva primjene Bt pamuka u Kini, H. JiKun i sur. izvješćuju da se u raznim regijama te prostrane zemlje u sprječavanju stjecanja rezistentnosti insekata na Bt pamuk veoma uspješnom pokazala primjena tzv. politike prirodnog pribježišta“ (*natural refuge policy*) u sprječavanju razvoja rezistentnosti, dakle bez plodoređa koji bi uključivao trake konvencionalnog pamuka u svrhu osiguravanja pribježišta [32].

Povećana potreba gnojenja i navodnjavanja

Za uzgoj Bt pamuka karakteristično je da su potrebne čak veće količine gnojiva i vode u odnosu na konvencionalni uzgoj. Prema [25], opsežna istraživanja su pokazala da kultivacija i uzgoj Bt hibrida pamuka pojačano iscrpljuje hranjive tvari iz zemlje, što dovodi do osiromašjenja tla i potrebe za 15 % intenzivnijim gnojenjem, ukoliko se žele dobiti visoki prinosi vlakana.

Slično je i s potrebom veće količine vode te je navodnjavanje usjeva Bt pamuka nužnost. Potrebe za učestalim

zalijevanjem su osobito velike u završnoj fazi stvaranja pamučnih lopatica, što se većinom poklapa i s najsušnijim i najtoplijim razdobljima. U istom literaturnom izvoru se na primjeru iz Indije navodi da su u paralelnom uzgoju uz navodnjavanje i bez navodnjavanja, na poljima koja su navodnjavana dobiveni prosječni prinosi od 689 kg lintersa/ha u odnosu na 247 kg/ha na površinama koje nisu navodnjavane, što je smanjenje prinosa od oko 65 %.

Dakako da ti zahtjevi povećavaju troškove proizvodnje, a povećani unos gnojiva i vode nepovoljni su i u ekološkom pogledu - zagađuju tlo i povećavaju vodeni otisak pamuka.

Potreba dosizanja dovoljne koncentracije *Cry* toksina u biljci

Da bi insekticidno djelovanje pri hranjenju gusjenica i ličinka Bt pamukom bilo dovoljno učinkovito i izazvalo uginuće štetočina, u biljci mora biti prisutna dovoljna količina toksina, tj. potrebna razina koncentracije. Za toksin vrste *CryIAC*, koji je aktivna tvar u mnogim Bt hibridima, granična koncentracija je 1,9 mg/g tkiva, što i nije malo. Određena poteškoća je i u tome što raspoređenost toksina po biljci nije jednolična te je u pravilu manja u gornjim dijelovima biljke, a varira i od sezone do sezone, kao i ovisno o hibridu. Smatra se da nedostatna razina toksina u lišću može pridonijeti razvoju rezistentnosti insekata. Stoga se u istraživanjima vezanim uz održivost učinkovite insekticidnosti Bt pamuka i svrsishodnosti GM proizvodnje, tom problemu pridaje velika pozornost. Problem razvoja rezistentnosti insekata na Bt toksine i njegovo rješavanje, predmet je brojnih istraživanja čiji rezultati potvrđuju složenost problema. Čimbenici koji pridonose eskalaciji problema rezistencije mogu biti brojni i različiti te je za uspješno vođenje GM proizvodnje potrebno puno znanja i materijalnih sredstava. Tako npr. B.E. Tabasnik i Yidong Wu uzroke razvoja rezistentnosti nekih insekata nalaze u različitim mutacijama gena *CryIAC*

toksina, koje su istraživane u različitim podnebljima i geografskim područjima (Kina, SAD, Australija) [30]. T.J. Lybbert i A. Bell istražuju statističke modele za procjenu rezistentnosti na temelju brojnih parametara uključenih u uzgoj (sjeme, okoliš, podneblje, klimatske promjene, suša i dr.) primjenom kojih bi se problem stjecanja otpornosti sagledao u što širem kontekstu [31].

Potreba primjene pesticida

Uzgoj Bt pamuka i dalje nije moguć bez primjene pesticida, kako zbog toga što je djelovanje različitih vrsta *Cry* toksina vrlo specifično i nikad ne pokriva sve vrste štetočina koji napadaju pamuk, tako i zbog mnogih drugih čimbenika kao što su: primjena neodgovarajuće tehnologije i izostanak primjene agrotehničkih mjera neophodnih za visokozahtjevnu GM proizvodnju, mutacije *Cry* gena i stvaranje rezistentnih jedinki insekata, povećanje populacije sekundarnih insekata zbog smanjenja broja primarnih vrsta na koje je usmjerena GM tehnologija i dr. Zbog svih tih i drugih razloga, pojedina izvješća s terena u rijetkim primjerima govore čak i o povećanju potrošnje pesticida [32].

2.3.5. Stečena iskustva - dobri i loši aspekti uzgoja GM pamuka

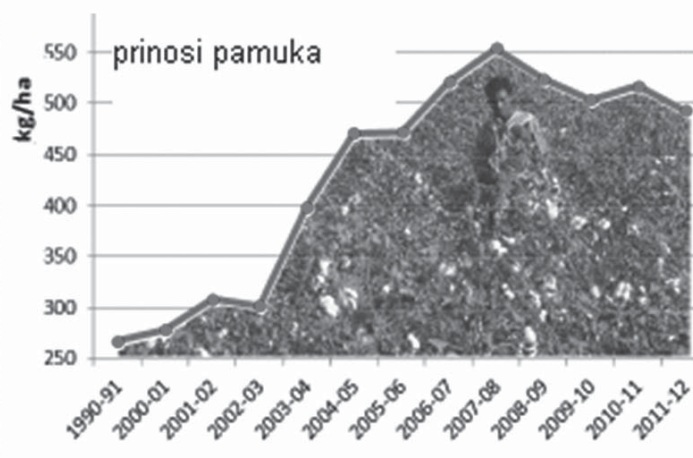
Dva osnovna cilja koja se navode kao ključni razlozi za razvoj i uvođenje GM pamuka jesu smanjenje potrošnje pesticida i povećanje prinosa pamuka. Nakon petnaestak godina takve proizvodnje u SAD-u i Kini te desetak godina u Indiji (zemljama koje su ujedno i najveći proizvođači pamuka u svijetu), ali i u brojnim drugim regijama, dobiveno je dovoljno informacija i iskustava za ocjenu opravdanosti uvođenja GM proizvodnje pamuka, ponajprije u odnosu na ta dva cilja, a potom i u odnosu na niz drugih zbivanja koja prate takvu proizvodnju. U relevantnoj literaturi u tiskanom i elektroničkim medijima dostupni su brojni znanstveni i stručni članci, analize i rasprave vezane uz

dobrobiti, nedostatke i dvojbenosti GM proizvodnje pamuka, koje se nerijetko razilaze u ocjenama pojedinih aspekata, ali iz kojih se ipak mogu izvući neke relevantne spoznaje koje se u nastavku iznose.

Prinosi pamuka iz GM sjemena

Podaci o utjecaju primjene nove biotehnologije uz primjenu GM sjemena Bt pamuka na prinose ponešto se razlikuju, ovisno o regiji iz koje dolaze i ovisno o tome na koje uzgojno razdoblje se odnose. Pokazuje se da početno razdoblje od nekoliko prvih godina GM proizvodnje u pravilu rezultira zamjetnim povećanjem prinosa. Tako npr. J.P. Purcell i F.J. Perlak na temelju brojnih studija, 2004.

navode da su se prosječni prinosi u Kini povećali za 5 do 10 %, u SAD-u za nešto više od 10 % i za više od 20 % u drugim zemljama [33]. Međutim, veoma su izražene indicije da se s povećanjem broja uzgojnih sezona prinosi ne nastavljaju povećavati proporcionalno sa širenjem površina pod tim pamukom [34, 35]. Za potvrdu takvih spoznaja naročito su važna opsežna istraživanja koja prate iznimno dinamičan tijek uvođenja i širenja GM proizvodnje pamuka u Indiji. Rezultati višegodišnje analize odnosa prinosa/povećanje površina pod Bt pamukom u svim indijskim regijama (državama) u kojima se uzgaja pamuk su veoma izrazito i nedvojbeno potvrdili upravo navedene



Sl.10 Prosječni prinosi pamuka u Indiji (kg/ha) za razdoblje od sezone 1990./1991. do 2011./2012. [24]

Tab.2 Prosječni prinosi i udjeli površine pod Bt pamukom u Indiji od 2000. do 2012. [25]

Sezona	Prinos [kg/ha]	Udio površine s Bt pamukom [%]	Sezonsko povećanje prinosa [%]
2000./01.	278	0	osnovica
2001./02.	308	0	10,1
2002./03.	302	0	-0,2
2003./04.	399	1	32,1
2004./05.	470	6	17,8
2005./06.	472	18	0,4
2006./07.	521	41	9,4
2007./08.	554	62	6,3
2008./09.	524	84	-5,4
2009./10.	503	85	-4,0
2010./11.	517	85	2,8
2011./12.	481	90	-6,9

indicije (tab.2, sl.10). U tab.2 navedeni su prosječni prinosi pamuka po jediničnoj površini (kg/ha) za cijelu Indiju, dobiveni za svaku uzgojnu sezonu kroz 12-godišnje razdoblje. Iz druge kolone u kojoj su navedeni podaci o veličini postotnog udjela površina zasijanih Bt hibridima u odnosu na ukupnu površinu s nasadom pamuka, vidljivo je da u prve tri promatrane sezone (2000.-2003.) nije bilo GM pamuka, što omogućuje donošenje relevantnih zaključaka vezanih uz Bt pamuk. U sljedeće dvije sezone se dobiva prvi urod Bt pamuka na 1 %, odn. 6 % površina (2003.-2005.), nakon čega slijedi nagla ekspanzija GM proizvodnje pamuka u Indiji te ona u sezoni 2008./2009. obuhvaća 84 % površina, da bi se u sljedeće 3 sezone povećala za daljnjih 5-6 %.

Kada se promatraju prinosi pamuka u navedenom razdoblju, ističe se nagli porast prinosa u prvoj fazi ekspanzije Bt pamuka (2003.-2007., povećanjem površina Bt pamuka na 41 %, povećanje prinosa za 74 %), da bi u narednih 5 sezona u kojima su se površine pod Bt pamukom povećale za daljnjih 49 %, prosječni porast prinosa ostao gotovo na istoj razini, ili čak i manji. Povećanje prinosa se bilježi samo u prvoj sezoni toga razdoblja (2007./2008.), nakon čega dolazi čak do određenog smanjenja prinosa. Grafička ilustracija ovih zanimljivih odnosa na sl.10 obuhvaća još dulje razdoblje i još zornije prikazuje te specifične odnose. Ipak, prinosi Bt pamuka i u tim stagnacijskim sezonama značajno su veći od onih iz razdoblja kada nije bilo Bt pamuka, što sigurno ipak nije samo posljedica uvođenja GM sjemena nego i niza drugih čimbenika koji su promijenjeni u tehnologiji uzgoja. Prema [34], kinesko iskustvo govori da je prestanak značajnijeg rasta prinosa s povećanjem površina pod GM pamukom uglavnom posljedica širenja populacije tzv. sekundarnih štetočina na koje nije usmjereno djelovanje *Cry* toksina u Bt pamuku.

Smanjenje potrošnje pesticida

Kao glavni razlog zbog čega se pristupilo razvoju i uvođenju GM biotehnologije pamuka najčešće se navodi potreba smanjenja potrošnje pesticida u uzgoju pamuka, kako zbog zaštite ljudskog zdravlja, tako i zbog smanjenja zagađivanja okoliša i cijelog ekosustava. Pesticidi su doista opasne kemikalije, ali njihovom je primjenom značajno povećana proizvodnja hrane i drugih biljnih proizvoda i dobara, što je bitno pridonijelo razvoju mnogih siromašnih zemalja, pa se o prestanku primjene pesticida i ne pomišlja. Veliki naponi se ulažu u kontrolu i upravljanje njihovom primjenom, kombinacijom raznih mjera, što bi trebalo rezultirati prihvatljivom i održivom razinom primjene pesticida u raznim agrotehnologijama. Razvoj genetski modificiranih biljnih vrsta otrovnih za insekte, kakav je Bt pamuk, jedan je element u tom sustavu. Petnaestogodišnja primjena GM tehnologije u uzgoju Bt pamuka dostatno je vremensko razdoblje i za propitivanje u kojoj je mjeri ta nova tehnologija pridonijela smanjenju potrošnje pesticida.

Slično kao i kod podataka o kretanju prinosa u proizvodnji Bt pamuka, tako se i u vezi s potrošnjom pesticida objavljuju rezultati koji ne dopuštaju jednoznačne i nedvojbene zaključke. Ipak, može se ustvrditi da se u početnom razdoblju primjene GM proizvodnje pamuka bilježi značajno smanjenje potrošnje pesticida u svim glavnim proizvodnim regijama, no postoci smanjenja su različiti, ovisno o regiji i podneblju uzgoja, primijenjenoj agrotehnologiji, a najvjerojatnije i o nepredvidivoj prirodnoj najezdi pojedinih vrsta štetočina ovisno o vremenskim prilikama i dr. Tako se na temelju studija praćenja početnog razdoblja od oko 5 godina uzgoja Bt pamuka u više regija Kine i SAD-a navode podaci o prosječnom smanjenju količine pesticida za čak 60 do 70 % [33]; u Indiji početno razdoblje rezultira sa oko 40 %-tnim smanje-

njem količine pesticida [27], a u regijama južne Afrike smanjenje ukupne potrošnje pesticida u sezonama od 1998. do 2001. bilo je od 40 do 60 % [38]. Brojni izvori [30-36] navode da se pozitivni učinci u pravilu smanjuju s povećanjem broja uzgojnih sezona i širenjem površina pod GM pamukom. U kvantitativnom smislu podaci se razlikuju ovisno o geografskom području iz kojega dolaze, što govori i o utjecaju brojnih čimbenika uključenih u GM proizvodnju kao što su: primijenjene agrotehničke mjere, klimatske značajke podneblja, prirodna rasprostranjenost i najezde određenih vrsta štetočina, obrazovanost stanovništva, društveni odnosi i kulturološke značajke života i sl. Među čimbenicima koji značajno pridonose tome da s vremenom slabe ukupni pozitivni učinci valja istaknuti problem mutacije gena toksina i razvoj rezistentnosti ciljanih skupina insekata te širenje populacije tzv. sekundarnih insekata. Stoga su upravo to aktualne istraživačke teme za iznalaženje rješenja.

Kompleksnost pitanja koje generira GM proizvodnja pamuka

Uzevši u obzir složena zbivanja, brojne objavljene analize i rezultate postignute u dosadašnjoj GM proizvodnji Bt pamuka, može se nedvojbeno ustvrditi da je ona ipak rezultirala respektabilnim pozitivnim ekonomskim učincima za proizvođače (osobito male poduzetnike) kao i smanjenjem negativnih utjecaja na okoliš. Pozitivni učinci se ponajprije vežu uz smanjenje potrošnje pesticida, osobito insekticida (značajno smanjen broj prskanja) te uz povećanje prinosa Bt pamuka. Istodobno, ta je proizvodnja izazvala i razne nove probleme - ponajprije na biotehnološkoj razini, ali i rezultirala brojnim pitanjima i dvojabama etičke, sociološke i kulturološke prirode.

Protivnici Bt pamuka upozoravaju na moguće dalekosežne posljedice vezane uz pojavu mutacije gena i rezisten-

cije insekata na Bt toksin, pojačano širenje novih, u razdoblju koje je prethodilo Bt pamuku, manje invazivnih vrsta insekata, genetsko zagađivanje divljih biljnih vrsta ali i konvencionalnog pamuka peludom Bt pamuka (npr. bojazan kod uzgajivača organskog pamuka), zdravstvene rizike kod primjene sjemena u stočnoj ishrani i proizvodnji ulja, korijena i lišća u farmaciji i dr.

Zagovornici GM proizvodnje (na čelu s moćnim kompanijama koje proizvode GM sjeme i agresivno potiču širenje GM proizvodnje) imaju spremne odgovore na pitanja i rezultate ispitivanja koji uklanjaju (ili svode na zanemarivu mjeru) sve te dvojbe. No, pitanje je u kojoj mjeri ti odgovori doista zadovoljavaju nepovjerljivi dio javnosti. Npr. kada je o Bt pamuku riječ, ističe se da je utvrđeno da raspon širenja Bt-peluda (zbog težine peludnih zrnaca) iznosi samo 2 m (u 2 % slučajeva do 15 m); na zamjerke da Bt toksini preko korijena zagađuju tlo odgovara se navodom da je poluvrijeme raspada čistog proteina Bt toksina u zemlji svega 20 dana, a *CryIAc* toksina iz pamučnog lišća 41 dan; na upozorenja da ostaci toksina u sjemenkama pamuka koje se prerađuju u stočno brašno mogu ozbiljno naštetiti zdravlju krava (jer se koristi kao dodatak prehrani za povećavanje laktacije), na temelju rezultata ispitivanja odgovara se da su prerađevine iz pamučnog sjemena nutritivno ispravne, da je uzgoj Bt pamuka pridonio smanjenju ukupne populacije ciljanih insekata i sl. [24-28].

Činjenica je da je sjeme Bt pamuka znatno skuplje od sjemena konvencionalnog pamuka i da su troškovi uzgoja Bt pamuka zbog zahtjevnijih agrotehničkih mjera također veći. Ako iz kojih uzroka, koje je teško ili nemoguće kontrolirati, prinosi podbace, ekonomska dobit proizvođača na kraju je i manja. Takav scenarij nerijetko je prisutan u ruralnim područjima u kojima proizvođači nisu dostatno obrazovani, gdje ne postoji odgovarajuća organizacija takve proizvodnje, a niti razina potrebne

društvene odgovornosti. Ozbiljne studije rezultirale su spoznajom da se mnogi mali proizvođači, osobito iz siromašnih područja Afrike i Azije, nisu najbolje snašli u tim novim odnosima (mnogo je pisano o suicidima malih proizvođača pamuka u Indiji) i da nisu dovoljno pripremljeni za zahtjevnu GM proizvodnju [27, 28]. Rasprave tipa „za i protiv“ općenito su veoma prisutne kadgod je riječ o GMO, pa tako postoje i vezano uz Bt pamuk. Za neposrednog korisnika proizvoda pamučnih vlakana koji zadiru od proizvoda GM tehnologije, dobro je spomenuti da pamuk nije prehrambeni proizvod i da neće dospjeti u crijevo, a kad bi i dospio, u staničnoj membrani crijeva ne postoje specifični receptori potrebni za vezanje proteina *Cry* toksina. Na temelju utvrđenih spoznaja da se stvaranje *Cry* toksina smanjuje s vremenom rasta i razvoja pamučne biljke te da je stoga u gornjim dijelovima znatno manja nego u lišću i u donjim dijelovima biljke. Za očekivati je da je u vlaknima vrlo mala. Egzakti podaci o razini *Cry* toksina u lišću mogu se naći u literaturi i s njima se barata u kontekstu razmatranja postignuća letalne koncentracije za specifične štetočine, ali podaci o vrijednostima količine *Cry* toksina u vlaknima nisu nađeni u dostupnoj literaturi.

No sigurno se može ustvrditi da u pogledu bilo kakve toksičnosti vlakana od Bt pamuka tijekom primjene različitih pamučnih proizvoda doista nema nikakvih bojazni, ali sama činjenica da je riječ o GM pamuku kod mnogih potrošača može izazvati određeno podozrenje. Stoga se o tome da je većina pamučnih proizvoda, prisutnih danas na tržištu, izrađena od Bt pamuka, gotovo uopće ne govori, niti se vode ozbiljne rasprave. Znanstvena istraživanja s ciljem utvrđivanja eventualnih razlika u kemizmu, strukturi i svojstvima pamučnih vlakana iz GM uzgoja i konvencionalnog uzgoja zasad nisu rezultirala podacima o bitnim promjenama svojstava u odnosu na konvencionalni pamuk. Unatoč tomu što se proizvo-

dnja Bt pamuka raširila diljem svijeta i suvereno prevladala nad proizvodnjom konvencionalnog pamuka, zbog brojnih kontroverza, dvojbi i povezanih problema, to je područje koje i nadalje zahtijeva veliku pozornost znanstvenika, stručnjaka i najšire javnosti, a nerijetko i podozrenje.

2.4. Fairtrade pamuk (FT)

Fairtrade inicijativa (inicijativa za poštenu trgovinu) se javlja već u pedesetim godinama prošlog stoljeća na poticaj organizacije Fairtrade International, kao partnerstvo između neprofitnih uvoznika i trgovačkih organizacija razvijenih europskih zemalja i malih proizvođača zemalja u razvoju, većinom iz ruralnih područja afričkog kontinenta i Indije, sa svrhom poticanja poštene (fer) trgovine.



Sl.11 Logotip FT oznake

Može se reći da FT inicijativa predstavlja svojevrsni odgovor na neprihvatljive odnose u proizvodnji raznih dobara (npr. čaj, kava, kakao-vac), koji su nerijetko uvriježeni u siromašnim zemljama svijeta, a u kojima se u neodgovarajućim uvjetima radi za minimalne nadnice, za proizvode ne plaća odgovarajuća cijena, iskorištava rad djece i sl. FT potiče društveno odgovornije i prihvatljive odnose u trgovini i proizvodnji dobara u tim nerazvijenim ruralnim područjima, odnose u kojima se malim proizvođačima jamči minimalna otkupna cijena i daju materijalni poticaji, osigurava poštena plaća za rad, zabranjuje rad djece te zabranjuju drugi oblici društveno neprihvatljivog rada i ponašanja. Poticajna sredstva se u pravilu koriste za edukaciju, unapređenje infrastrukture i života, a osiguravaju se većom cijenom proizvoda s Fairtrade oznakom, koju su osvijestili potrošači razvijenih zemalja

spremnim platiti za takve proizvode. Zato su proizvodi do kojih se dolazi u skladu sa standardima FT inicijative obvezno označeni istoimenom markom (sl.11), koja se dobiva certifikacijom prema FTL (*Fair Trade Labeling International*) standardima.

FT inicijativa se u proizvodnju pamuka uvodi u sezoni 2004./2005. na području zapadne Afrike (Kamerun i Burkina Faso), a tržište se osigurava 2005. - najprije u Francuskoj i Švicarskoj, a potom i u Velikoj Britaniji. Uzgoj pamuka i prodaja pamučnih vlakana po načelima fer trgovine širi se i na druge kontinente te se u sezoni 2008./2009. provodi i u Indiji, Pakistanu, Brazilu, Peruu, Kirgistanu i Egiptu. Premda je riječ o još uvijek početnoj proizvodnji, procjenjuje se da je u sezoni 2008./2009. u FT inicijativu bilo uključeno oko 93 000 malih farmera koji su proizveli oko 73 000 t pamuka, od čega je oko 30 % bio organski uzgoj [2]. Prema [11] tržište FT pamučnih proizvoda širi se i na većinu razvijenijih europskih država (nordijske zemlje, Njemačka, Austrija, Italija, Belgija, Nizozemska, Luksemburg), a u inicijativu su uključeni i najveći trgovački lanci (npr. Marks&Spencer, La Redoute, Switcher, Jack&Jones, Nanso, Gardeur, Rica, Lewis&Leclerc, Arnedangels i dr.). Na tržište SAD-a prvi FT certificirani pamučni proizvodi iz Indije, Ruande i Kostarike, dolaze početkom 2010.

Kao najvažnijim značajkama koje karakteriziraju FT proizvodnju pamuka može se istaknuti sljedeće:

- Proizvođačima se jamči minimalna cijena koja se može postaviti na različitu razinu, ovisno o tome u kojemu području i u kakvim uvjetima se proizvodnja odvija; minimalna cijena pokriva troškove održive proizvodnje. Ako je cijena pamuka na tržištu veća od minimalne FT cijene, primjenjuje se tržišna cijena;
- Minimalna cijena za FT organski pamuk za 20 % je veća od minimalne FT cijene za pamuk iz konvencionalnog uzgoja;

- Kupci FT pamuka plaćaju i dodatnu premiju od 5 US centi/kg pamuka, koju proizvođači koriste za društveno-ekonomska ulaganja od općeg značenja, npr. za edukaciju, škole, infrastrukturne objekte i sl.
- FTL standardi propisuju primjenu ekološki prihvatljivih agrotehničkih mjera i društveno odgovornog rada;
- Proizvođačima se pomaže povoljnim kreditima.

Fairtrade znak na pamučnom proizvodu je potvrda proizvodnje pamuka u skladu s navedenim pravilima kojima se osigurava da proizvođač dobije poštenu plaću za svoj proizvod i rad. Dakako da bolje organizirana i uređena proizvodnja pamuka i siguran otkup vlakana jamče i sigurniji plasman vlakana na tržište.

Može se zaključno ustvrditi da se udio FT pamučnih proizvoda na tržištu iz godine u godinu povećava te se i za budućnost daju optimistične procjene, pogotovo za FT organski pamuk, u skladu s povećanjem zanimanja za ekološke trendove, održivim razvojem i proizvodima dobivenim uz poštivanje etičkih norma. Slično kao što je napomenuto kod organskog pamuka, i kod FT certifikacije valja usuglašavati kriterije diljem svijeta te jačati njihovu objektivnost. To je posebice važno kada je riječ o kombinaciji FT znaka i organskog pamuka, jer se za označavanje organskog pamuka koriste i brojne privatne oznake koje nisu utemeljene na certificiranju od nezavisne treće strane, što za potrošače može biti dodatno zbunjujuće [11].

2.5. Ostale alternative konvencionalnom uzgoju pamuka i proizvodnji vlakana

Krajem prvog desetljeća ovoga vijeka javljaju se još dvije inicijative za promjenu odnosa u proizvodnji pamuka. Prva se uvodi 2005. pod originalnim nazivom *Inicijativa za bolji pamuk (Better Cotton Initiative, BCI)*, a druga naziva *Pamuk proizveden u Africi (Cotton made in Africa,*

CmiA) počinje se primjenjivati u sezoni 2008./2009.

2.5.1. Inicijativa Pamuk proizveden u Africi (Cotton made in Africa, CmiA)



Sl.12 Oznaka Pamuk proizveden u Africi

CmiA je inicijativa zaklade *Aid by Trade Foundation* u Hamburgu, osnovana 2005. na poticaj poduzetnika M. Ottoa (Otto Group) koji je u partnerstvo okupio nekoliko trgovačkih poduzeća koja trguju afričkim pamukom (npr. Otto Group, Tom Tailor), pamučarskih kompanija koje djeluju u Africi (Dunavant Faso Cotton, ICA), institucije saveznog ministarstva za gospodarstvenu suradnju i razvoj i nevladine udruge (tipa *Pomoć gladnima svijeta, Savez za zaštitu prirode, Svjetska fondacija za prirodu*). Riječ je o javno-privatnom partnerstvu za potporu gospodarstvu siromašnih zemalja u subsaharskom području, kroz pomoć u poticanju proizvodnje pamuka i osiguranjem širokog tržišta za taj pamuk u razvijenim zemljama Europe, Amerike i drugdje. Unapređenjem proizvodnje, poboljšanjem radnih uvjeta i povećanjem količine proizvedenog pamuka, *CmiA* inicijativa bitno pridonosi razvoju pamučarskog sektora u državama Benin, Burkina Faso, Zambia, i Mozambik, gdje se primjenjuje od sezone 2008./2009., a procjenjuje se da je u sezoni 2010./2011. u inicijativu bilo uključeno više od 200 000 malih farmera. Postavljena je jasna strategija djelovanja i ponašanja prema kojoj se u proizvodnju pamuka uvode najviši ekološki i socijalni standardi. Jedna od glavnih aktivnosti *CmiA* inicijative i njenih partnera u Europi, Americi i Africi u prve tri godine bila je

razvoj standarda održive proizvodnje pamuka i razrada kriterija za ocjenu, edukacija farmera te uvođenje CmiA inicijative u praksu.

Zahtjevi obuhvaćaju sve relevantne socijalne, ekološke i ekonomske aspekte održive proizvodnje pamuka. Verifikacijski kriteriji podijeljeni su u dvije skupine: prvu čine tzv. *isključujućim kriterijima* za CmiA, npr. loši oblici dječjeg rada, trgovina ljudima, prisilni rad, zabrana članstva u sindikatima i sl. Drugu skupinu čine *kriteriji održivosti proizvodnje* i odnose se na stalno poboljšavanje proizvodnje, zaštitu i očuvanje vode i tla, izmjenu plodoreda, skrb o okolišu kroz racionalnu i kontroliranu primjenu pesticida, vode i sl. Provjeravanje usklađenosti proizvodnje s kriterijima provodi ovlaštena nezavisna institucija (licencijski postupak, nezavisna treća strana), a ispunjavanje kriterija rezultira prepoznatljivom oznakom kvalitete *Cotton made in Africa* (sl.12). Takvim sustavom nastoji se afrički pamuk izvući iz anonimnosti i učiniti ga se dostupnim za brojna svjetska tržišta.

Prve tri godine primjene CmiA inicijative rezultirale su zamjetnim napretkom i optimizmom na terenu, ali i uključivanjem novih članova, na strani proizvođača i tržišta, čime se povećava materijalni potencijal inicijative i osigurava njeno djelovanje i širenje.

2.5.2. Inicijativa za bolji pamuk (Better Cotton Initiative, BCI)

Inicijativa za bolji pamuk, BCI, osnovana je 2005. te se iste godine počela uvoditi u primjenu, sl.13. Riječ je o međunarodnoj organizaciji koja je osnovana kako bi se na globalnoj razini proizvodnja pamuka učinila boljom - boljom i ekonomičnijom za proizvođače pamuka, boljom za okoliš i boljom za budućnost pamučarskog sektora.

Članovi Inicijative za bolji pamuk su: udruge proizvođača pamuka (npr. iz Brazila, Afrike, Pakistana, Indije), dobavljači i prerađivači pamuka (npr.



Sl.13 Logotip Inicijative za bolji pamuk

Chenab Ltd, Ecom Agroindustrial Crop, Sadquat), trgovačke i modne kuće (npr. Asda, Adidas, IKEA, Levi Strauss&Co, Lindex, Marks&Spencer, Nike i dr.), civilna društva (npr. Cotton Incorporated, Pesticide Action Network, Responsible Sourcing Network, Solidaridad) i pridruženi članovi (npr. All Pakistan Textile Mills Association, CottonConect).

Misija BCI je potaknuti proizvodnju *boljeg pamuka* koja se treba ostvariti primjenom šest osnovnih načela koje je BCI postavila kao temelj inicijative [40]. Njihovom implementacijom kroz BCI se:

- potiče proizvodnja u kojoj se smanjuje potrošnja pesticida i racionalno koristi voda, čime se smanjuje njihov ekološki otisak kao i negativan utjecaj na zdravlje;
- potiče proizvodnja u kojoj se skrbi o čistoći tla i bioraznolikosti;
- potiče proizvodnja u kojoj se poštuju etičke norme u radu i pošten odnos prema farmerima i njihovim zajednicama;
- omogućuje i osigurava proizvođačima prijenos znanja i svjetskih postignuća o održivoj i ekološkoj proizvodnji pamuka;
- osigurava uvid u slijedivost u lancu proizvodnje pamuka;
- osigurava i dokazuje takva proizvodnja boljeg pamuka koja proizvođaču donosi ekonomsku dobit te materijalne i socijalne dobrobiti za životne zajednice ljudi.

Farmeri koji se žele uključiti u BCI moraju najprije ispuniti tzv. *minimalne proizvodne kriterije* koji su fokusirani na racionalno korištenje pesticida i vode, zdravlje i sigurnost, kvalitetu vlakana, zaštitu okoliša i habitata, slobodu udruživanja, rad bez prisile i nediskriminaciju. U ostvarenju proizvodnje boljeg pamuka prema navedenim načelima BCI sustav

pruža raznovrsnu potporu proizvođačima - od obrazovanja sa svrhom razvijanja svijesti o važnosti ekološke proizvodnje pamuka i što ona znači, obuhvatne edukacije za primjenu načela najbolje prakse u proizvodnji, osiguravanja potrebnih alata, načina kontrole i samokontrole do pomoći u osiguravanju materijalnih sredstava za takvu proizvodnju, osiguravanja prodaje pamuka po odgovarajućoj cijeni. BCI sustav vodi kontrolu i nadzor takve proizvodnje, ali zasad se ne primjenjuje sustav certifikacije. BCI ima ambiciozne ciljeve te planiraju da će 2012. u Inicijativu biti uključeno do 1,5 mil. malih farmera diljem svijeta te da će u proizvodima koji obuhvaćaju 15 % ukupne potrošnje pamuka, u većoj ili manjoj mjeri, biti prisutan *bolji pamuk*.

3. Zaključno razmatranje

Na temelju iznesenog može se nedvojbeno ustvrditi da je proizvodnja pamuka u posljednjih petnaestak godina doživjela velike promjene. Konvencionalni uzgoj pamuka i proizvodnja vlakana koji se primjenjivao u 20. st., na početku drugog desetljeća 21. st. nesmiljeno odlazi u prošlost. U percepciji struke i široke javnosti, u svjetlu buđenja ekološke svijesti i odgovornosti za okoliš i životne zajednice, prihvatljivost takvog načina proizvodnje sve se više dovodi u pitanje.

U skladu s novim zahtjevima uvode se sustavne mjere za smanjenje utjecaja na okoliš (IPM) te alternativni načini proizvodnje pamuka (organski pamuk, FT, BCI, CmiA) koji, osim skrbi za okoliš, skrbe i za boljitak ljudskih zajednica, potiču društveno odgovorni rad u skladu s etičkim normama i donose određenu sigurnost u ruralne sredine većinom siromašnih regija.

Ipak, najveća promjena koja se dogodila, jest naglo širenje GM tehnologije uzgoja Bt pamuka, u velikoj mjeri potaknuto agresivnim nastupom moćnih svjetskih proizvođača GM sjemena, ali i primamljivim poruka-

ma o povećanju prinosa i smanjenju upotrebe pesticida te boljim ekološkim značajkama. U samo petnaestak godina ta je tehnologija postala dominantnom u najvećim regijama svjetskih proizvođača pamuka (Indija i SAD oko 90 % površina, Kina i Pakistan oko 65 %, Australija 95 %). Može se ustvrditi da je nova GM tehnologija u početnom razdoblju (oko 5 sezona) rezultirala respektabilnim pozitivnim ekonomskim učincima za proizvođače pamuka, kao i smanjenjem negativnih utjecaja na okoliš. No s povećanjem broja uzgojnih sezona, pozitivni učinci se smanjuju i na vidjelo dolaze brojni složeni problemi koje je ta proizvodnja izazvala. To je ponajprije neočekivani razvoj neželjenih događanja na biotehnoškoj razini (mutacija gena, pojava rezistentnosti primarnih insekata, povećanje populacije sekundarnih vrsta insekata), ali su to i brojna pitanja etičke, sociološke i kulturološke prirode.

Zbog niza nepoznanica vezanih uz GM proizvodnju općenito, prepoznatih kontroverza, dvojbi i problema u proizvodnji pamuka iz genetski modificiranog sjemena i GM uzgoja biljke, Bt pamuk će i nadalje pobuđivati pozornost znanstvenika, stručnjaka i brojnih udruga i pokreta usmjerenih protiv ljudskog zadiranja u genom stvoren prirodnim zakonima. Za dobivanje odgovora na pitanja koja se javljaju uz Bt pamuk trebat će protok vremena i još mnoga nepristrana istraživanja.

Literatura:

- [1] UNCTAD and ICAC statistics; <http://r=.unctad.org/infocom/anglais/cotton/market.htm>
- [2] ...: Cotton: Review of the world situation, International Cotton Advisory Comitee (ICAC), ed. E. Gruere, volume 63 (2010) 5,1-25
- [3] Gruere A., A. Plastina: Outlook for world cotton supply and use: Tight stocks and higher prices, 69th Plenary meeting of the ICAC, september 2010, 1-22
- [4] UNCTAD and ICAC statistics; <http://r=.unctad.org/infocom/anglais/cotton/prices.htm>
- [5] National Cotton Council of America – Rankings; Cotton Organon (2011) 3, 13
- [6] Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91
- [7] USDA National Organic Program (NOP); Agriculture, Part 205
- [8] Standards and Individual Procedures for Judging Compliance of Substances Listed in Appendices 1 and 2 of Japanese Agricultural Standards for Organic Plants, version for Notice 1180, August 27, 2009
- [9] Global Organic Textile Standard (GOTS)
- [10] Ferigno S.: Organic cotton production and fiber trade 2008/09: In the eye of the Storm, in: The word of Organic Agriculture – Statistics and Emerging Trends 2010, eds: Willer H. and Kilcher L., IFOAM, Bonn, 2011
- [11] The Market for organic and Fair-trade cotton fibre and cotton products, FAO project GCP/RAF/404/GER „Increasing incomes and food security of small farmers in West and Central Africa through exports of organic and fair-trade tropical products“, September 2009
- [12] Hemmpel W.H.: Baumwolleproduktökologisches Sorgen-Kind der Textilindustrie?, *Textilveredlung* 28 (1993) 168-170
- [13] Čunko R.: Pamuk i ekologija, *Tekstil* 43 (1994.) 7, 335-341
- [14] European Comission: Project: Development of guidance for establishing Integrated Pest Management (IPM) principles 07.0307/2008/504015/ETU/B3 Final Report 24 April 2009, 1-111
- [15] Pesticide Action Network: Problems with conventional cotton production, <http://www.panna.org>
- [16] Bacillus thuringiensis, http://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus_thuringiensis#cite_ref-11
- [17] Bt cotton; The University of Montana: <http://www.umt.edu/ethics/Debating%20Science%20Program/ODC/Biotechnology/Alternatives/Bt%20Cotton1/default.aspx>
- [18] Bacillus thuringiensis; University of California, San Diego; http://www.bt.ucsd.edu/bt_history.html
- [19] Maxee C.D., P. Singh, A.B. Dongre, M.R.K. Rao, S. Raj: Transgenic Bt cotton, Central Institute for Cotton Research Nagpur (CICR), Technical Bulletin (2012) 22, 1-18
- [20] Genetically modified cotton; <http://www.gmo-compas.org/features>
- [21] The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, ISAAA: Brief 43-2011: Executive Summary Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011. (Retrieved 24 September 2012)
- [22] Glenn S. D.: Bt Cotton, Remarkable Success and Four Ugly Facts, <http://fieldquestions.com/> (posted on february, 2012)
- [23] <http://www.umt.edu/ethics/Debating%20Science%20Program/ODC/Biotechnology/Alternatives/Bt%20Cotton1/default.aspx>
- [24] Glenn S. D.: Bt Cotton is Failing; Blame the Farmers, <http://fieldquestions.com/> (posted on February 2013)
- [25] Radakrishnan S., K. Kuruganti: Coalition for GM-Free India: 10 years of Bt cotton: False hype and failed promises; www.indiainfo.org
- [26] Glenn D. S.: Constructin facts – Bt cotton narratives in India, Economic & Political/Weekly (2012) september 22, 61-71
- [27] Glenn D. S.: Field versus Farm in Warangal: Bt cotton, Higher Yields and Larger Questions, *World Development* 39 (2011) 3, 387 -398
- [28] Gruere G.P, P. Mehta-Bhatt, D. Sengupta: Bt cotton and farmer suicides in India, International Food Policy Resarch Institute, IFPRI Discussion Paper 00808, October 2008, 1-64
- [29] WenJun Zhang, FuBin Jiang, JianFeng Ou: Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus, *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, (2011) 1(2), 125-144

- [30] Tabashnik E. B., Y. Wu: Cotton bollworm adapting to Bt cotton in China via diverse mutations, *ISB News Report* (2012) 10, 1-2
- [31] Lybert T.J., A. Bell: Stochastic benefit streams, learning and technology diffusion: Way drought tolerance is not the new Bt, *AgBioForum* 13 (2010) 1, 13-24
- [32] Huang JiKun et al.: A decade of Bt cotton in Chinese fields: Assessing the direct effects and indirect externalities of Bt cotton in China, *Science China Life Science* 53 (2010) 8, 981-991
- [33] Purcell J.P., F.J. Perlak: Global Impact of Insect-Resistant (Bt) Cotton, *AgBioForum* 7 (2004) 1/2, 27-30
- [34] Lang S.: Seven-year glitch: Cornell warns that Chinese GM cotton farmers are losing due to secondary pests; <http://responsibletechnology.org/docs/gm-crops-do-not-increase-yields.pdf>
- [35] Phipps R.H., J.R. Park: Environmental benefits of genetically modified crops: Global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use, *Journal of Animal and Feed Sciences*, (2002) 11, 1-8
- [36] Benbrook Ch.M.: Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the US – the first sixteen years, *Environmental Sciences Europe* 2012, 24:24; www.enveurope.com/content/24/1/24
- [37] Comparative Analysis of the Economics of the Bt and Non-Bt Cotton production; Pesticide Policy Publication Series, Special Issue No 8, January 2005, edit. D.H. Waibel and G.W Walter-Echols, Publication of the Institute of Economics in Horticulture, Hannover, ISBN: 3-934373-08-9
- [38] Morse S., R. Bennet, Y. Ismael: Environmental impact of genetically modified cotton in South Africa, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 117 (2006) 277-289
- [39] Cotton made in Africa; http://de.wikipedia.org/wiki/Cotton_made_in_Africa
- [40] Better Cotton Initiative; <http://bettercotton.org/>

SUMMARY**Genetically modified Bt cotton and global changes in the production of cotton fibers***R. Čunko*

An overview of global trends and structural changes in the cultivation of cotton and cotton fiber production in the light of more severe requirements to ensure the health and social security of people, preservation of the environment and sustainable development is given. As cotton is the most common and most important natural fiber in the so-called narrow textile application, and at the same time the fiber characterized by a relatively large ecological footprint, for the last fifteen years it has been invested a lot in finding alternative solutions that would result in a more environmentally friendly and socially responsible production. The fact is that conventional cotton cultivation is increasingly giving way to the production of genetically modified Bt cotton, according to the principles of biocultivation organic cotton is produced, IPM (Integrated Pest Management) strategy is used to introduce pest management system, and recently the initiatives Fairtrade Cotton, Better Cotton Initiative and the Cotton made in Africa have gained prominence, which encourage environmentally friendly cotton production, with respect to ethics and social responsibility and fair economy. The features of these alternatives to conventional cotton cultivation and distribution of their application at the global level are considered. Here the emphasis is put on the cultivation of genetically modified Bt cotton, which today dominates on cotton fields around the world. The mechanism of insecticidal activity, specificity of cultivation, as well as the advantages and benefits achieved by the production of Bt cotton, but also doubts and questions to which the answers are to be found, are considered.

Key words: cotton, world cotton market, environmental impact of cotton, Integrated pest management, *Bacillus thuringiensis*, Bt cotton, organic cotton, Fairtrade Cotton, Cotton made in Africa, Better Cotton Initiative
University of Zagreb, Faculty of Textile Technology
Department of Materials, Fibres and Textile Testing
Zagreb, Croatia
e-mail: rcunko@ttf.hr

*Received December 12, 2012***Gentechnisch veränderte BT-Baumwolle und globale Änderungen in der Produktion von Baumwollfasern**

Ein Überblick über weltweite Entwicklungen und strukturelle Veränderungen im Anbau von Baumwolle und in der Baumwollfaserproduktion unter Berücksichtigung strenger Anforderungen an die Gesundheit und soziale Sicherheit der Menschen, Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung wird gegeben. Da Baumwolle die häufigste und wichtigste Naturfaser in der Textilindustrie ist, und gleichzeitig die Faser, die durch einen relativ großen ökologischen Fußabdruck bekannt ist, ist in den letzten fünfzehn Jahren viel investiert worden in der Suche nach alternativen Lösungen, die eine umweltfreundlichere und sozial verantwortlichere Produktion herbeiführen würden. Die Tatsache ist, dass konventioneller Baumwollanbau immer mehr Platz der Produktion von gentechnisch veränderten Bt-Baumwolle macht, nach den Grundsätzen des Bioanbaus wird organische Baumwolle produziert. Die IPM (Integrated Pest Management) Strategie wird verwendet, um das System der Schadlingskontrolle einzuführen, und in letzter Zeit gewinnen die Initiativen Fairtrade Cotton, Bessere Baumwolle (Better Cotton Initiative) und Cotton made in Africa an Bedeutung, die die umweltfreundliche Baumwollproduktion fördern, wobei Ethik und soziale Verantwortung und faire Wirtschaft berücksichtigt werden. Die Merkmale dieser Alternativen zu konventionellem Baumwollanbau und Verteilung ihrer Anwendung auf globaler Ebene werden dargestellt. Hier liegt der Schwerpunkt auf dem Anbau von gentechnisch veränderter Bt-Baumwolle, welche heute auf Baumwollfeldern rund um die Welt dominiert. Der Mechanismus der insektiziden Aktivität und die Spezifität des Anbaus werden untersucht, die Vorteile und der Nutzen durch die Produktion von Bt-Baumwolle werden aufgeführt, aber auch Zweifel und Fragen, auf die die Antworten zu finden sind.