

# НАУЧНИ ФАКТИ И ПРЕПОСТАВКИ ЗА ГЕНЕТСКИ МОДИФИЦИРАНИТЕ КУЛТУРИ: КОМЕРЦИЈАЛИЗАЦИЈА И ПРОИЗВОДСТВО ВО СВЕТОТ

\*Соња Ивановска<sup>1</sup>, Мирјана Јанкуловска<sup>1</sup>, Љупчо Јанкулоски<sup>1</sup>, Билјана Кузмановска<sup>1</sup>, Дане Бошев<sup>1</sup>, Винко Станоев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Факултет за земјоделски науки и храна, Скопје

<sup>2</sup> Земјоделски Институт Скопје, Institute of Agriculture, Skopje

s\_ivanovska@yahoo.com

## Апстракт

Генетските модификации кај земјоделските култури се вршат повеќе од две децении. За ГМ-културите континуирано се водат дебати и сите земји немаат еднаков пристап кон овие производи. Најголем дел од земјите во светот немаат посеви со ГМ култури, а во некои има и забрана за нивно одгледување. Сепак, од 1996 година површините со ГМ-култури, како и бројот на земји што ги одгледуваат се зголемува. Цел на овој труд е да се направи анализа на одгледувањето на ГМ-култури во светот во периодот од 1996 до 2013 година. Даден е преглед на нивната застапеност според земји, култури и својства. Од резултатите на анализата може да се види дека вкупните површини во 2013 година се зголемиле 100 пати во однос на 1996 година. Бројот на земји се зголемувал постепено до 2011, а потоа опаѓа. Во ЕУ, и покрај тоа што ставот против ГМ-културите е најсилен и понатаму 5 земји имаат посеви со нив. Сојата, пченката, памукот и канолата се најзастапените култури, а во последниве години се зголемуваат и површините со шеќерна репа и луцерката. Освен нив, незначително се застапени папајата, тиквата, пиперката, домотот и тополата. Значаен фактор е што производството, пред сè од шесте најзастапени култури е наменето за индустриски преработки и за добиточна храна, а не за храна на човекот. Најзастапени својства се толерантноста на хербициди и отпорноста на инсекти.

**Клучни зборови:** генетски модифицирани култури, производство, својства.

## SCIENTIFIC FACTS AND ASSUMPTIONS ABOUT GENETICALLY MODIFIED CROPS: COMERCIALIZATION AND PRODUCTION IN THE WORLD

\*Sonja Ivanovska, Mirjana Jankulovska, Ljupcho Jankuloski, Biljana Kuzmanovska, Dane Boshev, Vinko Stanoev

“Ss Cyril and Methodius” University - Skopje, Faculty of Agricultural Sciences and Food in Skopje

\*s\_ivanovska@yahoo.com

## Abstract

The genetically modifications of the agricultural crops are performed for more than two decades. Debates over the genetically modified (GM) crops are taking place continuously and all of the countries do not have equal approach to these crops. The most of the world countries do not cultivate GM crops, and some of them have bans on cultivation. However, since 1996 the areas under GM crops and the number of countries with cultivation are increasing. The purpose of this work is to analyze the GM crops cultivation in the period 1996-2013. The review of cultivation is presented by countries, crops and modified traits. The result of the analysis demonstrate that the total area in 2013 have increased 100-fold, compared to 1996. The number of countries growing GM crops was increasing until 2011, reducing for one county afterwards. Within the European Union, beside the strongest attitude against cultivation of GM crops, five countries continue to plant such crops. Soybean, corn, cotton and canola are the four main GM crops grown worldwide. Within the last few years, cultivation of sugar beet and alfalfa is increasing. Beside these principal crops, papaya, squash, sweet pepper, tomato and poplar are grown on small areas. It is important to emphasize that the production of the six most cultivated crops is intended for industrial processing and feed only and not for food. Herbicide tolerance and insect resistance remain to be dominant modified traits of the commercialized GM crops.

**Key words:** genetically modified crops, production, traits.

## Вовед

Генетските манипулации кај организмите, пред сè кај растенијата, се вршат за подобрување на одредени својства кај растенијата или за производство на специфични супстанции кои му се потребни на човекот. Овие техники, во комбинација со други современи техники, како што е културата на ткиво, сочинуваат најголем дел од современата биотехнологија. Успешната примена на биотехнологијата и комерцијализацијата на нејзините продукти зависи од повеќе технолошки, еколошки и политички процеси.

Различните техники и методи од оваа област се надградуваат и развиваат за да се подобри продуктивноста во многу сектори. Развојот на капацитетите за биотехнологијата е различен на глобално ниво. Најголем дел од развиените земји имаат ефикасни капацитети. Спротивно, во земјите во развој технологијата се надградува под притисок на развиените земји, повеќе како стратешки процес отколку како вистинска потреба (Hsu et al., 2005). Денес модерната биотехнологија се применува во многу научни области: земјоделството, шумарството, животната средина, медицината, форензиката и др. (Kumar et al., 2012; Hefferon, 2012; Veena, 2008; Murphy, 2007; Herrera-Estrella et al., 2005).

Генетските модификации (ГМ) најмногу се практикуваат токму во земјоделството, за промена или подобрување на некои својства на земјоделските култури. Тие култури се наречени ГМ-култури, трансгенски или биотеч култури. Токму оваа примена на ГМ, предизвика најмногу контраверзи и дебати во јавноста и во науката. Сепак, генерално се мисли дека примената на биотехнологијата може да ги подобри условите за живот (Nyangel et al., 2011), дека има позитивен ефект во земјоделството (Knox et al., 2012; Mozumdar et al., 2012; Juma, 2011; Borlaug, 2007) и може да придонесе за одржливо производство (Ronald, 2011; Carpenter, 2010; Fedoroff et al., 2010; Tester и Langridge, 2010; Cohen и Paarlberg, 2004). Brookes и Barfoot (2009) го испитале влијанието на четирите најзначајни ГМ-култури: соја, пченка, памук и канола. Дошле до заклучок дека тие значајно придонеле за зголемување на

вкупното глобално производство од овие култури.

Од друга страна голем број истражувачи не се сложуваат со овој аргумент и наведуваат различни можни опасности од одгледувањето на ГМ-културите. Azadi и Ho (2010) и Nicolia et al. (2014) даваат преглед на научните трудови во кои се наведени можните ризици од различни области. Некои научници претпоставуваат дека ГМ-културите не можат да гарантираат обезбеденост со храна, заштита на животната средина и да ја намалат сиромаштијата во неразвиените земји (Altieri и Nicholls, 2005; Glover, 2010).

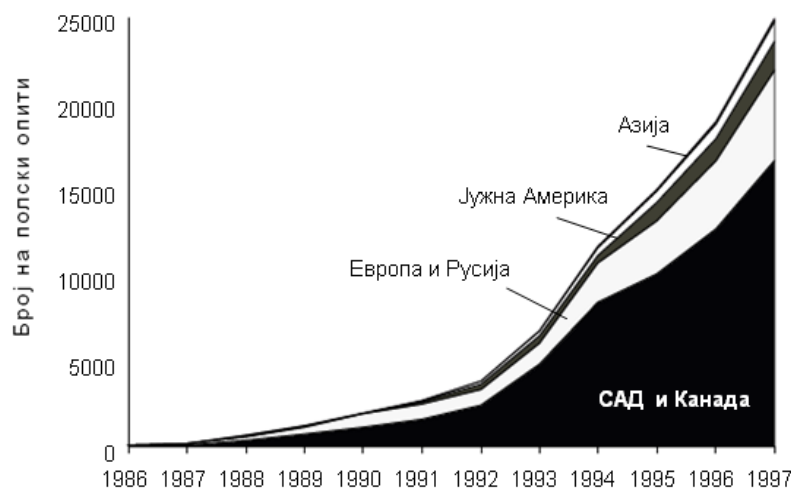
ГМ-културите се присутни на пазарот 18 години (од 1996). Цел на овој труд е да се направи анализа на одгледувањето на ГМ-култури во светот, по одделни земји, култури и модифицирани својства, како и на нивното учество во вкупното производство од тие култури, во периодот од 1996 до 2013 година.

## Полски експерименти со ГМ-култури

Првиот комерцијален производ добиен со ГМ во 1977 година е инсулинот. Следеа експерименти со различни организми, меѓу кои најмногу се работеше на растенија и на земјоделските култури. Првото ГМ-растение, тутун отпорен на антибиотици (Fraley et al., 1983), е добиено во 1982 година, со цел да се испита експресивноста на бактериските гени во растителните клетки. Во тоа време отпорноста на антибиотици често се користеше како маркер ген. Првите полски опити со ГМ-растенија беа изведени во Франција и САД, во 1986 година, со тутун отпорен на хербициди (James и Krattiger, 1996). Во 1987 година компанијата Plant Genetic Systems од Белгија прва создаде ГМ-растение (тутун) отпорно на инсекти со ген внесен од бактеријата *Bacillus thuringiensis* (Bt), откритие на кое се базираат денешните Bt култури (Vaesch et al., 1987). Потоа, во 1988 година е одобрен ГМ-химозин (или ренин), ензим кој се користи во производството на сирење. Интересно е што овој ензим беше најнапред одобрен во Велика Британија, а дури потоа во САД (во 1990 година). Денес се употребува во речиси сите земји од светот (McGloughlin и Re, 2006).

Од извештајот подготвен од James (1997) за глобалниот статус на ГМ-културите може да се види дека во периодот 1986-1997, во светот биле изведени околу 25.000 полски опити со ГМ-култури (Граф. 1). Од нив, 60% биле извршени во првата декада (1986-1995), додека за само 2 години (1996-1997) биле реализирани останатите 40%. Предмет на испитување во тоа време биле над 60 култури. Пченката, домотот, сојата, канолата, компирот и памукот биле најзастапени во опитите. Најчесто се анализирале 10 различни својства, меѓу кои

доминантна била толерантноста на хербициди, па потоа отпорноста на инсекти, квалитетот на производите и отпорноста на вируси. Опитите се изведувале во 45 земји, од кои најголем број биле поставени во САД и Канада (72%), потоа во Европа, Јужна Америка и Азија. Во Африка биле изведени само неколку опити и тоа во државата Јужна Африка. Како резултат од овие интензивни активности, на крајот од 1997 година, за комерцијализација беа одобрени 48 ГМ-производи (меѓу кои имаше 12 различни култури и 6 својства).



Граф. 1. Број на полски опити со ГМ-култури во периодот 1986-1997 (James, 1997)

Fig. 1. Number of field trials with GM crops in the period 1986-1997 (James, 1997)

### Комерцијализација на ГМ-културите

Првата земја што одобри комерцијализација на ГМ-култура (тутун отпорен на вирус) беше Кина, во 1992 година и ја повлече од пазарот во 1997 година (Conner et al., 2003). Првата ГМ-култура одобрена за продажба во САД, во 1994 година, беше домотот Flavr Savr, произведен од Calgene (историјата на продуктот е опишана од Martineau, 2001 и од Bruening и Lyons, 2000). Доматот беше модификуван за плодовите да имаат продолжено зреење, што нуди можност тие да зреат подолго на растенијата и да добијат подобар вкус пред бербата. Вообичаено, домотите без оваа модификација се собираат зелени, а за време на транспортот се прскаат со етилен за да се поттикне зреењето. Производството на овој домот запре во 1999 година поради повеќе причини, од кои главно поради анти-ГМ-активистите, но

секако не поради негативен ефект врз луѓето или животната средина. Првата ГМ-култура одобрена за продажба од ЕУ беше тутун отпорен на хербицидот бромоксинил. Во 1995 година, во САД, за продажба беа одобрени: канола со модифициран маслен состав, создадена од Calgene; Vt пченка создадена од Ciba-Geigy; памук отпорен на хербицидот бромоксинил создаден од Calgene; Vt памук создаден од Монсанто; соја отпорна на хербицидот глифозат, создадена од Монсанто; тиква отпорна на вирус, создадена од Asgrow и домот со продолжено зреење, создаден од DNAP, Zeneca/Peto и Monsanto (James и Krattiger, 1996). Наредната година се одобри и Vt компирот NewLeaf кој беше создаден од Монсанто (Kaniewski et al., 1990).

Според ISAAA (Меѓународен центар за водење податоци за биотехнолошки

апликации во земјоделството), до 1996 година се одгледуваа околу 2,8 милиони ha со 7 главни ГМ-култури. Површините беа лоцирани во 6 земји: САД, Кина, Канада, Аргентина, Австралија и Мексико, редоследно по големина. Во 1996 година, 57% од површините беа во индустриски земји, а останатите во земјите во развој. Од нив, најмногу површини имаше во САД (1,5 милиони ha или 51%), потоа во Кина (1,1 милиони ha или 39%), Канада и Аргентина со по 0,1 милиони ha (4%), а остатокот од по 1% беа во Австралија и Мексико.

Главната ГМ-култура во 1996 година беше тутунот со 35% учество (1 милион ha). Памукот учествуваше со 27% (0,8 милиони ha) и сојата со 18% (0,5 милиони ha). Остатокот од 20% го сочинуваа пченката (10%), канолата (5%), домотот (4%) и компирот со помалку од 1%. Во таа година, најголем дел од ГМ-културите кои што се одгледуваа беа модифицирани за отпорност на вируси (40%), отпорност на инсекти (37%), толерантност на хербициди (23%) и за подобрување на квалитетните својства (под 1%). Од 1996 година до денес, бројот на одобрени ГМ-култури се зголемува, а особено на културите кои што се вклучени во експерименти за модификација. Corring (2010) дава преглед на својствата што се модифицираат. Некои од нив се папаја отпорна на вирус (PRSV), диња со продолжено зреење, банана отпорна на бактеријата *Xanthomonas musacearum* и др. За надминување на негативната кампања компаниите и научниците почнаа повеќе да се посветуваат на подобрување на квалитетот на културите од што директна корист би имале крајните потрошувачи, а не производителите и одгледувачите. Прва таква култура со подобрен нутритивен квалитет (зголемена содржина на витамин А) беше Златниот ориз, произведен во 2000 година (Potrykus, 2001).

### Глобално производството на гм-култури во 2013 година

Според површините и економската вредност најзначајни ГМ-култури се пченката, канолата, сојата и памукот (Barfoot и Brookes, 2014). Сите прв пат комерцијално беа одгледувани во 1995/96 (Mannion и Morse, 2013). Во 2013 година површините со ГМ-култури достигнаа 175,2 милиони ha (Таб.1) и се одгледувани во 27 земји (James, 2013). Тоа претставува стократно зголемување во однос на површината во 1996 година (1,7 милиони ha). Бројките укажуваат на фактот дека овие култури, од историски аспект, се усвојуваат и се шират најбрзо. Сепак, останува фактор дека најголем дел од производството на овие култури не се користи за директна употреба како храна (Qaim и Kouser, 2013), туку најчесто за индустриски преработки и за добиточна храна (Qaim и Zilberman, 2003). Од овие 27 земји, во кои живеат 60% од светската популација, само 8 се индустриски развиени, додека останатите 19 земји се во развој.

Од табелата може да се види дека САД се најголемиот производител, со речиси двојно поголема површина во споредба со второрангираната земја Бразил. Помеѓу прворангираните 10 земји кои имаат површини од над 1 милион хектари со ГМ-култури, 8 земји се во развој. Географски, тие се лоцирани во Јужна Америка, Азија и Африка. Овие површини сочинуваат 54% (94 милиони ha) од вкупните површини со ГМ-култури, додека на индустриските земји остануваат 46%.

Според James (2013), 2013 година е рекордна и според бројот на земјоделците кои одгледуваат ГМ-култури (18 милиони). Над 90% од нив се мали и сиромашни фармери во земјите во развој. Значаен дел од нив опфаќаат одгледувачите на ГМ-памук во Кина (7,5 милиони) и во Индија (7,3 милиони). И покрај овие податоци, останува фактот дека најголем дел од овие мали земјоделци се всушност фармерите во Јужна Америка кои практично имаат големи површини. Исклучок е само Bt памукот кој се одгледува на околу 15 милиони мали фарми (домаќинства) во Индија, Кина, Пакистан и уште неколку земји во развој (Qaim и Kouser, 2013).

Таб.1. Површини во светот (во милиони хектари) посеани со ГМ-култури во 2013 (James, 2013).

Tab. 1. Global area (in millions of hectares) planted with GM crops in 2013 (James, 2013)

| Ранг | Земја         | Површина     | ГМ-култури   |
|------|---------------|--------------|--|
| 1    | САД           | 70,1         | Пченка, соја, памук, канола, шеќерна репка, луцерка, папаја, тиква |
| 2    | Бразил        | 40,3         | Соја, пченка, памук  |
| 3    | Аргентина     | 24,4         | Соја, пченка, памук  |
| 4    | Индија        | 11,0         | Памук  |
| 5    | Канада        | 10,8         | Канола, пченка, соја, шеќерна репка,                               |
| 6    | Кина          | 4,2          | Памук, папаја, топола, домати, пиперка,                            |
| 7    | Парагвај      | 3,6          | Соја, пченка, памук  |
| 8    | Јужна Африка  | 2,9          | Пченка, соја, памук  |
| 9    | Пакистан      | 2,8          | Памук  |
| 10   | Уругвај       | 1,5          | Соја, пченка   |
| 11   | Боливија      | 1,0          | Соја,  |
| 12   | Филипини      | 0,8          | Пченка   |
| 13   | Австралија    | 0,6          | Памук, канола  |
| 14   | Буркина Фасо  | 0,5          | Памук  |
| 15   | Мијанмар      | 0,3          | Памук  |
| 16   | Шпанија       | 0,1          | Пченка   |
| 17   | Мексико       | 0,1          | Памук, соја  |
| 18   | Колумбија     | 0,1          | Памук, пченка  |
| 19   | Судан         | 0,1          | Памук  |
| 20   | Чиле          | < 0,1        | Пченка, соја, канола   |
| 21   | Хондурас      | < 0,1        | Пченка   |
| 22   | Португалија   | < 0,1        | Пченка   |
| 23   | Куба          | < 0,1        | Пченка   |
| 24   | Чешка         | < 0,1        | Пченка   |
| 25   | Костарика     | < 0,1        | Памук, соја  |
| 26   | Романија      | < 0,1        | Пченка   |
| 27   | Словачка      | < 0,1        | Пченка   |
|      | <b>Вкупно</b> | <b>175,2</b> |  |

\* Површините со 0,1 се заокружени до најблиските стотици илјади

Гледано историски, од 1996 до 2013 година, бројот на земји кои одгледуваат ГМ-култури се менува и константно се зголемува. Од 6 земји во 1996 година, тој се зголемува на 12 во 1999, 17 во 2004, 21 во 2005, 25 во 2009 и 29 во 2010 година. Во 2012 година бројот на земји се намалува на 28 и во 2013 на 27 земји. Бројот се менува бидејќи некои земји се приклучуваат, а во други има строги прописи за одгледување или се забранува одгледувањето на ГМ-култури. На пример, во 2013 година, Бангладеш прв пат одобри одгледување на ГМ-култура, и тоа на Вt патлицан (Chakraborty, 2013). Спротивно, во Египет владата ја ревидира одлуката за одгледување ГМ-култури и во оваа земја немаше насади во 2013 година. Панама и

Индонезија исто така одобрија култивација на ГМ-култури во 2013 година, наменети за продажба во 2014 година (тие податоци не се вклучени во табелата). Во 2012 година, Судан и Куба прв пат посеаа ГМ-култури (Вt памук и Вt пченка, редоследно).

На списокот се наоѓаат многу малку земји од Африка, бидејќи, според Kershner (2010), Европа се плаши дека ќе ги загуби своите пазари. Покрај земјите кои комерцијално одгледуваат ГМ-култури во Африка, уште во 5 држави (Камерун, Египет, Кенија, Нигерија и Уганда) се спроведуваат полски опити со вакви култури. Во нив главно се експериментира со банана, касава, добиточен грашок, памук, пченка, ориз и сладок компир.

Во Европската Унија, во 2012 година, посеви со пченката MON 810 Vt имаа 5 земји: Шпанија, Португалија, Чешка, Романија и Словачка (Таб. 2). Практично, во Шпанија беа насадени 90% (116.307 ha) од вкупните површини во ЕУ под Vt пченка (129.071 ha). Истата година Германија и Шведска не можеа да го посадат компирот “Amflora” бидејќи производителот на семето BASF не го понуди на продажба во ЕУ. Оваа сорта компир има модифициран скроб и е наменет за индустријата со можност за користење и како добиточна

храна (BASF, 2010). Сепак, BASF на 1 хектар спроведе полски опити во Германија, Шведска и Холандија со 2 типа на ГМ-компир, сортата Фортуна, која е отпорна на пламеницата и сортата Модена со модифициран скроб. Полска, како и Франција и Германија, се откажа од сеидба на Vt пченката поради законски пречки (James, 2012). Во 2006 година, во Романија имаше 145.000 ha RR соја. По нејзиното влегување во ЕУ во 2007 година, овие посеви постепено се напуштаа до 48.000 во 2009 година.

Таб. 2. Површини со ГМ-пченка во ЕУ во периодот 2006-2012 (ha)  
Tab. 2. Area planted with GM corn in EU in the period 2006-2012 (ha)

| Земја         | 2006          | 2007          | 2008           | 2009          | 2010          | 2011           | 2012           |
|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| Шпанија       | 53.667        | 75.148        | 79.269         | 76.057        | 76.575        | 97.326         | 116.307        |
| Португалија   | 1.250         | 4.263         | 4.851          | 5.094         | 4.868         | 7.724          | 9.278          |
| Чешка         | 1.290         | 5.000         | 8.380          | 6.480         | 4.680         | 5.091          | 3.080          |
| Романија      | -             | 350           | 7.146          | 3.244         | 822           | 588            | 217            |
| Словачка      | 30            | 900           | 1900           | 875           | 1.248         | 761            | 189            |
| Германија     | 950           | 2.685         | 3.173          | -             | -             | -              | -              |
| Полска        | 100           | 327           | 3.000          | 3.000         | 3.000         | 3.000          | -              |
| <b>ВКУПНО</b> | <b>57.287</b> | <b>88.673</b> | <b>107.719</b> | <b>94.750</b> | <b>91.193</b> | <b>114.490</b> | <b>129.071</b> |

Според James (2013) во 2013 година површините во ЕУ се зголемија на 148,013 ha, главно поради зголемувањето во Шпанија (136,962 ha). Португалија има околу 1000 ha помалку отколку во 2012, Чешка и Словачка ги намалиле површините, а Романија останала со истиот број хектари. Според Инфо центарот за генетски модифицирани организми (INFOMG) на Романија, површините во оваа земја со пченката MON 810 во 2013 година изнесуваат 835 ha, што е речиси 4 пати повеќе отколку во 2012. Тоа би влијаело и на пресметката на вкупната површина со ГМ во ЕУ според James (2013).

#### Застапеност на одделни ГМ-култури

Во однос на глобалната застапеност, најдоминантна е ГМ-сојата која опфаќа околу 50% од вкупните површини со ГМ-култури во светот (Граф. 2). Сите овие површини се посеани само со соја што е отпорна на хербициди (HR). Тие претставуваат околу 80% од вкупното производство на соја во светот. Веднаш по

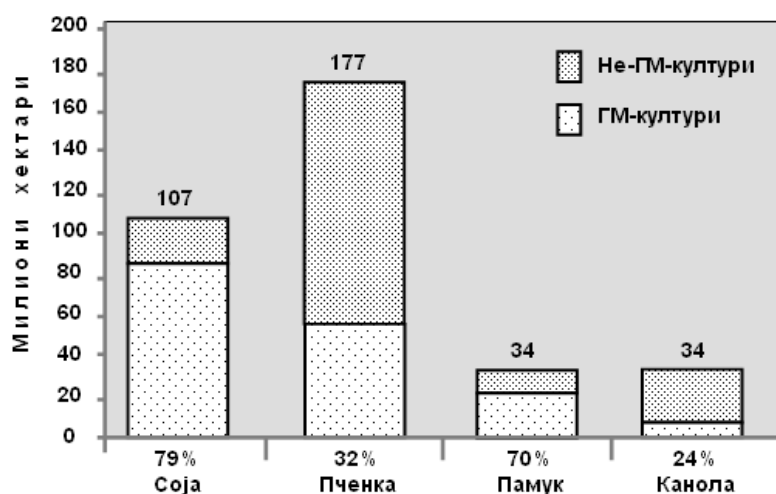
сојата следи ГМ-пченката, која придонесува со 35% во производството на ГМ култури и со 32% во производството на пченка во светот. На трето место е памукот кој зазема 13% од ГМ-посевите и 81% од производството на памук во светот. Производството од ГМ-канолата опфаќа околу 3% од вкупното производство на ГМ-култури и 30% од вкупното производство на канолата во светот.

Покрај овие култури, во последниве години масовно се произведува шеќерната репа со модификација за отпорност на хербицидот глифозат (RR®). Прв пат се одгледуваше на поголеми посеви во САД и Канада во 2009 година. Во таа година, 95% од насадите со шеќерна репа во САД беа со ГМ-сорти. Историјата околу нејзината комерцијализација е опишана од McGinnis et al. (2010). Денес речиси 100% од површините во двете земји се посеани со ГМ-сорти. Тоа значи дека овој генетски модифициран производ е најбрзо прифатен во историјата на ГМ-културите. Од друга страна, интензивно се работи на

модифицирање на шеќерната трска за повеќе својства: содржина и квалитет на шеќерот (Joyce, 2013, Vasnayake et al., 2012), и на толерантност на хербициди, болести, штетници, суша, ниски температури и сол. Со оглед на тоа дека 80% од глобалното производство на шеќер потекнува од шеќерната трска, се претпоставува дека и таа брзо ќе биде комерцијализирана и прифатена на пазарот.

Втора култура која релативно брзо се шири во последниве години е луцерката (RR®), која што исто така е модифицирана за отпорност на хербициди (Wang et al., 2012). Нејзиното комерцијално култивирање започна во 2006 година. После петгодишна пауза поради законски пречки, во 2011 година се посеа на ~200.000 ha. Следната година површините се зголемија за 50.000. За разлика од овие култури кои се одгледуваат на поголеми површини, во Таб.

1 се наведени уште неколку други култури кои се одгледуваат само од две земји на помали површини. ГМ-папаја, отпорна на вирус се одгледува во САД и Кина, а површини со ГМ-тиква, отпорна на вирус има само во САД. Кина е единствената земја со површини од три други ГМ-производи: пиперка, отпорна на вирус, домати со продолжено зреење и отпорен на вирус и топола, отпорна на инсекти. Доматот и пиперката се модифицирани за отпорност кон вирусот на мозаикот на краставицата и се одгледуваат на мали површини во изолиранки региони Carter et al., 2011; Chen et al., 2003). Тополата е единственото ГМ шумско дрво кое што е комерцијализирано до сега. Во Кина е одобрено за продажба во 2002 година, кога се посадени плантажи со 1,4 милиони дрвја (Marchadier и Sigaud, 2005).



Граф. 2. Производство на главните ГМ-култури во 2013 година и нивното учество во вкупните површини (адаптирано од James, 2013)

Fig. 2. Production of the principal GM crops in 2013 and their contribution to the total crop production (adapted from James, 2013)

#### Дистрибуција на ГМ-културите, според модифицираните својства

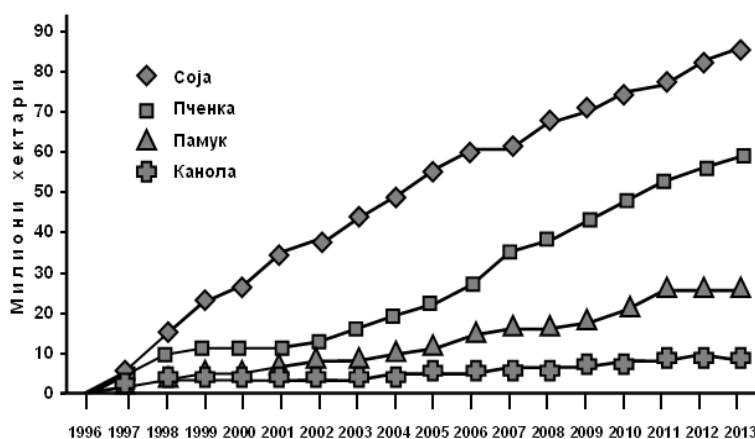
Ако се анализираат културите според модифицираните својства, очигледно е дека најмногу се одгледуваат култури толерантни на хербициди (Barfoot и Brookes, 2014; Dill et al., 2008). Тоа се хербициди со широк спектар (Knezevic, 2010), кои ги убиваат сите растенија на посевот со исклучок на ГМ-културата која што е отпорна. Ако се имаат предвид

големите трошоци на земјоделците за хербициди, разбирливо е дека оваа модификација е најбрзо прифатена од нив. Најголем дел од создадените ГМ-сорти се отпорни на еден од хербицидите глуфозинат и глифозат. Културите што се отпорни на глуфозинат се нарекуваат LibertyLink или LL®, бидејќи комерцијалното име на еден од ваквите хербициди е Liberty. Повеќето од нив се создадени од Bayer Crop Science (Beckie, 2013). Културите кои се отпорни на

глифозатот (Stanton et al., 2010; Todd et al., 2006; Funke et al., 2006; Heck et al. 2005) се нарекуваат RoundupReady или RR®, според хербицидот Roundup на Монсанта. Оваа компанија воедно е и лидер во бројот на создадени ГМ-сорти.

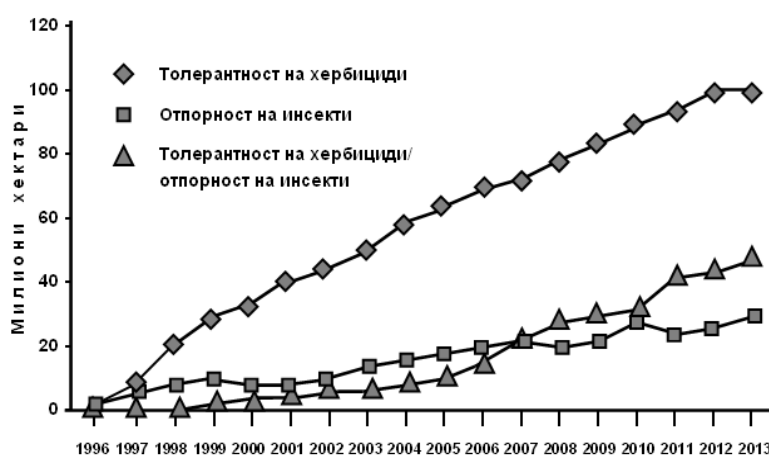
Втора група по застапеност се ГМ културите со отпорност на инсекти (Clayton и Takashi, 1992; Donald, 1984). Оваа отпорност е базирана на тоа што кај ГМ-културите се создаваат инсектицидни протеини, односно  $\delta$ -ендотоксини. Тие се наречени кристални или Сгу протеини, а се кодирани од *cry* гени. Такви гени има повеќе (нумерирани со бројки) и тие кодираат различни Сгу протеини, кои обезбедуваат заштита од различни групи инсекти (Hofte и Whiteley, 1989, Rajamohan et al., 1998). Изолирани се

од бактеријата *Bacillus thuringiensis*. Затоа сортите што имаат вакви гени се нарекуваат Bt или пак имаат ознака IR (insect resistance). Оваа „Bt“ технологија, која што најмногу е застапена кај пченката и памукот, овозможува отпорност кон некои од најзначајните штетници, како што се *Ostrinia nubilalis*, *Ostrinia furnacalis*, *Spodoptera frugiperda*, *Diatraea spp*, *Helicoverpa zea* и *Diabrotica spp*. кај пченката и *Heliothis sp* и *Helicoverpa* кај памукот (Graham и Greenplate, 2012; Brookes и Barfoot, 2011; Huang et al., 2010; Ward et al., 2005). Прегледот на површините и застапеноста на одредени својства по култури за периодот 1996-2013 година е претставен на Граф. 3 и Граф. 4, редоследно.



Граф. 3. Површини со главните ГМ-култури во периодот 1996-2013 година (James, 2013)

Fig. 3. Area under the principal GM crops in the period 1996-2013 (James, 2013)



Граф. 4. Застапеност на одделни подобрени својства на површините со ГМ-култури во периодот 1996-2013 година (James, 2013)

Fig. 4. Distribution of the main modified traits in the area planted with GM crops in the period 1996-2013 (James, 2013)



Во последниве неколку години се зголемуваат и површините со сорти кои имаат повеќе „пирамидни“ модифицирани својства. Во нив се внесуваат неколку гени, т.н. залепени или наредени гени (Halpin, 2005). Откако оваа техника се усоврши, компаниите создаваат сорти што се отпорни на повеќе видови штетници (Zhu et al., 2012). Покрај тоа, некои се отпорни и на хербицид, па дури некои во таква комбинација имаат и подобрен квалитет. Тие се означуваат според бројот на модифицираните гени, на пример, Bt/HT (Bt за отпорност на инсекти и HT за толерантност на хербициди). Доколку имаат гени за отпорност кон две различни групи инсекти (Abdeen et al., 2005) се означуваат со Bt/Bt/IR (IR-отпорност на инсекти) или Bt/Bt/HT. Голем број научници работат и на создавање култури со отпорност кон патогени и кон инсекти (Chen et al., 2014; Senthilkumar et al., 2010).

Денес има достапни култури со 3 или повеќе подобрени својства. На пример, пченката SmartStax, која што е произведена од Monsanto и Dow Agrosociences. Таа има отпорност кон некои надземни инсекти, како *Helicoverpa zea*, *Ostrinia nubilalis*, *Diatraea grandiosella*, *Diatraea saccharalis*, *Spodoptera frugiperda*, *Richia albicosta* и *Agrotis ipsilon*, кон подземни штетници (*Diabrotica virgifera virgifera*, *D. barberi* и *D. virgifera zea*) и е толерантна на хербициди (Rule et al., 2014; Lundry et al., 2013). Одобрена е за употреба во 2009 и ги комбинира својствата кои преходно беа внесувани поединечно (Monsanto, 2009a). Во 2013 година, овие култури опфатиле 27% од вкупните површини со ГМ-култури (47 милиони ha), а се одгледувале во 13 земји. Покрај отпорноста на патогени и инсекти, со години интензивно се работи на постигнување отпорност кон вируси. Успешен пример за ова својство е папајата PRSV, која што е отпорна на мозаик вирусот, а се одгледува на Хаваи од 1998 година и во Кина од 2007 година. Целиот процес за овој производ, од модификацијата до комерцијализирањето, е опишан од Tripathi et al. (2007). Во Бразил се завршени подготовките за комерцијализација на ГМ-грав кој што е отпорен на вируси.

Научниците долго време експериментираат со подобрувањето на отпорноста на суша, бидејќи ова својство е сложено и е резултат на експресијата на повеќе гени. Експериментално се добиваат позитивни резултати преку модификација на различни својства (Mittal et al., 2014; Chen et al., 2012). Бидејќи тие гени се однесуваат генерално на намалување на стресот кај растенијата, ефектот често се согледува во однос на повеќе абиотски фактори, како отпорност на суша и ниски температури (Xu et al., 2013), солени почви (Rong et al., 2014), а некогаш влијаат и отпорноста на патогени и врз подобрувањето на квалитетот (Wang et al., 2013; Kamthan et al., 2012) и приносот (Redillas et al., 2012). Првата пченка модифицирана за отпорност на суша е посадена во 2013 година во САД, на 50.000 ha.

Во последно време засилено се експериментира со модификација на квалитетот на културите. Најчести цели на селекционерите се подобрување на маслениот состав на маслодајните култури, зголемување на процентот на протеини или модификација на скробот кај компирот (Chakraborty et al., 2010) и збогатување на ГМ-културите со микроелементи или витамини. Кај дињата се подобрени квалитетните карактеристики и послебербеното ракување (Hao et al., 2011). И покрај тоа што во САД се спроведени над 140 полски опити уште во 1996 година, ГМ-дињата се уште ја нема на пазарот (Nuñez-Palenić et al., 2008). Многу научници мислат дека токму овие модификации ќе придонесат јавноста да има позитивен став кон ГМ-културите (Beyer, 2010). Типичен пример за ваква модификација е Златниот ориз (De Steur et al., 2012; Stein et al., 2008; Paine, et al., 2005) во кој има инсертирано гени што водат до биосинтеза на бета-каротен, како прекурсор на витаминот А. Деталите за овој ориз се публикувани од Ye et al. (2000).

### Заклучок

Од комерцијализацијата на ГМ-културите во 1996 година, површините и бројот на земји што ги одгледуваат се зголемува. САД се најголемиот производител. Во 1996 година се одгледуваа 1,7 милиони ha во б

земји. Во 2013 година површините со ГМ-култури достигнаа 175,2 милиони ha, во 27 земји. Во ЕУ, 5 земји одгледуваа ГМ-пченка во 2013 година, на вкупно 148,013 ha, од кои 90% беа во Шпанија.

Доминантни култури од почетокот до денес се сојата, пченката, памукот и канолата, од 2009 шеќерна репа и од 2011 година луцерката. Освен овие култури, се одгледуваат и папаја, тиква, пиперка, домати и топола, но на мали површини во една до две земји. Најголем дел од производството на овие култури не се користи за храна на човекот, туку за индустриски преработки и за добиточна храна.

Од аспект на својствата, најголем дел од сортите се толерантни на хербициди, а потоа следи отпорноста на инсекти (Bt). Во последно време се зголемуваат површините со сорти модифицирани за повеќе својства. Дел од сортите се отпорни на вируси или имаат подобрен квалитет на производот. Во 2013 година се регистрирани и насади со пченка отпорна суша.

#### Литература

[1] Abdeen A., Virgós A., Olivella E., Villanueva J., Avilés X., Gabarra R., Prat S. 2005. Multiple insect resistance in transgenic tomato plants over-expressing two families of plant proteinase inhibitors. *Plant Mol Biol.* 57(2):189-202.

[2] Altieri M.A., Nicholls C.I. 2005. Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture. Basic textbook for environmental training. United Nations Environment Program, Environmental Training Network for Latin America and the Caribbean.

[3] Azadi H., Ho P. 2010. Genetically modified and organic crops in developing countries: A review of options for food security. *Biotechnology Advances* 28 (2010) 160–168.

[4] Barfoot P., Brookes G. 2014. Key global environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2012. *GM Crops Food.* 2014 Mar 11;5(2). [Epub ahead of print]

[5] BASF. 2010. <http://www.basf.com/group/pressreleases/P-10-179>

[6] Basnayake SW, Morgan TC, Wu L, Birch RG. 2012. Field performance of transgenic sugarcane expressing isomaltulose synthase. *Plant Biotechnol J.* 10(2):217-25.

[7] Beckie H.J. 2013. Herbicide-Resistant (HR) Crops in Canada: HR Gene Effects on Yield Performance. *Prairie Soils & Crops Journal*, Volume 6, 33-39.

[8] Beyer P. 2010. Golden Rice and 'Golden' crops for human nutrition. *New Biotechnology* 27(5): 478-481.

[9] Borlaug N. 2007. Feeding a hungry world. *Science* 318: 359.

[10] Brookes G., Barfoot, P. 2009. Global impact of biotech crops: Income and production effects, 1996-2007. *AgBioForum* 12(2): 184-208.

[11] Brookes G., Barfoot P. 2011. The income and production effects of biotech crops globally 1996–2009. *Int J Biotechnol* 12:1-49.

[12] Bruening G., Lyons J.M. 2000. The case of the FLAVR SAVR tomato. *California Agriculture* 54 (4): 6–7.

[13] Carpenter J. E. 2010. Peer-reviewed surveys indicate positive impact of commercialized GM crops. *Nat. Biotechnol.* 28: 319–321.

[14] Carter C.A., Moschini G. 2nd, Sheldon I.M. ed. 2011. *Genetically Modified Food and Global Warfare*. Emerald Group Publishing. 380 p.

[15] Chen Z.L., Gu H., Li Y., Su Y., Wu P., Jiang Z., Ming X., Tian J., Pan N., Qu L.J. 2003. Safety assessment for genetically modified sweet pepper and tomato. *Toxicology.* 188(2-3):297-307.

[16] Conner A.J., Glare T.R., Nap J.P. 2003. The release of genetically modified crops into the environment. II. Overview of ecological risk assessment. *Plant J.* 33, 19–46.

[17] Copping L.G. Ed. 2010. *The GM Crop Manual. A World Compendium.* 1st Edition. Wallingford: CABI.

[18] Chakraborty S., Chakraborty N, Agrawal L., Ghosh S., Narula K., Shekhar S., Naik P.S., Pande P.C., Chakraborty S.K., Datta A. 2010. Next-generation protein-rich potato expressing the seed protein gene AmA1 is a result of proteome rebalancing in transgenic tuber. *PNAS*, vol. 107, no. 41, 17533–17538.

[19] Chakraborty T. 2013. Release of Bt-Brinjal in Bangladesh: A Threat to the Region. *Economic&Political weekly*, Vol - XLVIII No. 50.

[20] Chen H., Chen W., Zhou J., He H., Chen L., Chen H., Deng X.W. 2012. Basic leucine zipper transcription factor OsbZIP16 positively

- regulates drought resistance in rice. *Plant Sci.* 193-194:8-17.
- [21] Chen P.J., Senthilkumar R., Jane W.N., He Y., Tian Z., Yeh K.W. 2014. Transplastomic *Nicotiana benthamiana* plants expressing multiple defence genes encoding protease inhibitors and chitinase display broad-spectrum resistance against insects, pathogens and abiotic stresses. *Plant Biotechnol J.* 2014 Jan 30. doi: 10.1111/pbi.12157. [Epub ahead of print]
- [22] Clayton CB., Takashi Y. 1992. Invitation Paper (C.p. Alexander Fund): History of *Bacillus Thuringiensis* Berliner Research and Development. *The Canadian Entomologist* 124 (4): 587–616.
- [23] Cohen J.I., Paarlberg R. 2004. Unlocking crop biotechnology in developing countries — a report from the field. *World Dev* 32(9):1563–77.
- [24] De Steur H., Gellynck X., Blancquaert D., Lambert W., Van Der Straeten D., Qaim M. 2012. Potential impact and cost-effectiveness of multi-biofortified rice in China. *New Biotechnology* 29: 432–442.
- [25] Dewar A.J. 2010. GM glyphosate-tolerant maize in Europe can help alleviate the global food shortage. *Outlooks on Pest Management* 21: 55-63.
- [26] Dill G.M., CaJacob C.A., Padgett S.R. 2008. Glyphosate-resistant crops: adoption, use and future considerations. *Pest Management Science* 64:326–331.
- [27] Donald H.D. 1984. Biochemical genetics of the bacterial insect-control agent *Bacillus thuringiensis*: Basic principles and prospects for genetic engineering. *Biotechnology & Genetic Engineering Reviews* 2: 341–63. PMID 6443645.
- [28] Fedoroff N.V. 2010. The past, present and future of crop genetic modification. *New Biotechnology* 27:461-465.
- [29] Fraley R.T., Rogers S.G., Horsch R.B., Sanders P.R., Flick J.S., Adams S.P., Bittner M.L., Brand L.A., Fink C.L., Fry J.S., Galluppi G.R., Goldberg S.B., Hoffmann N.L., Woo S.C. 1983. Expression of bacterial genes in plant cells. *Proc Natl Acad Sci USA.* 80(15):4803-7.
- [30] Funke T., Han H., Healy-Fried M.L., Fischer M., Schönbrunn E. 2006. Molecular basis for the herbicide resistance of Roundup Ready crops. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103 (35): 13010–5.
- [31] Graham P.H., Greenplate J. 2012. The design and implementation of insect resistance management programs for Bt crops. *GM Crops and Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*, 3:3, 144-153. Landes Bioscience.
- [32] Halpin C. 2005. Gene stacking in transgenic plants--the challenge for 21st century plant biotechnology. *Plant Biotechnol J.* 3(2):141-55.
- [33] Hao J., Niu Y., Yang B., Gao F., Zhang L., Wang J., Hasi A. 2011. Transformation of a marker-free and vector-free antisense ACC oxidase gene cassette into melon via the pollen-tube pathway. *Biotechnol Lett.*, 33(1):55-61.
- [34] Heck G.R., Armstrong C.L., Astwood J.D., Behr C.F., Bookout J.T., Brown S.M., Cavato T.A., Deboer D.L., Deng M.Y. 2005. Development and Characterization of a CP4 EPSPS-Based, Glyphosate-Tolerant Corn Event. *Crop Science* 45: 329–39.
- [35] Herrera-Estrella L., Simpson J., Martínez-Trujillo M. 2005. Transgenic plants: an historical perspective. *Methods Mol Biol.* 286:3-32.
- [36] Hefferon K.L. 2012. Recent patents in plant biotechnology: impact on global health. *Recent Pat Biotechnol.* 6(2):97-105.
- [37] Hofte H., Whiteley H.R. 1989. Insecticidal Crystal Proteins of *Bacillus thuringiensis* *Microbiological reviews*53(2): p. 242-255
- [38] Hsu Y., Shyu J.Z., Tzeng G. Policy tools on the formation of new biotechnology firms in Taiwan. *Technovation* 2005;25:281–92.
- [39] Huang J., Mi J., Lin H., Wang Z., Chen R., Hu R., Rozelle S., Pray C. 2010. A decade of Bt cotton in Chinese fields: assessing the direct effects and indirect externalities of Bt cotton adoption in China. *Science China Life Sciences* 53: 981–991.
- [40] INFOMG. [http://www.infomg.ro/web/en/GMOs\\_in\\_Romania](http://www.infomg.ro/web/en/GMOs_in_Romania)
- [41] James C. 2013. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops:2013. *ISAAA Brief* No. 46. ISAAA: Ithaca, NY.
- [42] James C. 2012. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2012. *ISAAA Brief* No. 44. Ithaca, New York: ISAAA.
- [43] James, C. 1997. Global Status of Transgenic Crops in 1997. *ISAAA Briefs* No. 5. ISAAA: Ithaca, NY. pp. 31.

- [44] James C., Krattiger A.F. 1996. Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants, 1986 to 1995: The First Decade of Crop Biotechnology. *ISAAA Briefs* No. 1. ISAAA: Ithaca, NY. USA. pp. 31.
- [45] Joyce P.A., Dinh S.Q., Burns E.M., O'Shea M.G. 2013. Sugar from genetically modified sugarcane: Tracking transgenes, transgene products and compositional analysis. *International Sugar Journal*, 12/2013.
- [46] Juma C. 2011. Preventing hunger: biotechnology is the key. *Nature* 479: 471-472.
- [47] Kamthan A., Kamthan M., Azam M., Chakraborty N., Chakraborty S., Datta A. 2012. Expression of a fungal sterol desaturase improves tomato drought tolerance, pathogen resistance and nutritional quality. *Sci Rep.* 2012;2:951.
- [48] Kaniewski W., Lawson C., Sammons B., Haley L., Hart J., Delannay X., Tumer N. 9. 1990. Field resistance of transgenic Russet Burbank Potato to effects of infection by potato virus X and potato virus Y. *Biotechnology* 8(8), 750-754.
- [49] Kershen D.L. 2010. Trade and commerce in improved crops and food. An essay in food security. *New Biotechnology* 27:623-627.
- [50] Knezevic S.Z. 2010. Use of Herbicide-Tolerant Crops as Part of an Integrated Weed Management Program last revised Revised February 2010.
- [51] Knox O.G.G., Walker R.L., Booth E.J., Hall C., Crossan A.N., Gupta V.V.S.R. 2012. Capitalizing on deliberate, accidental, and GM-driven environmental change caused by crop modification. *J. Exp. Bot.* (2012) 63 (2): 543-549.
- [52] Kumar A., Pareek A., Gupta S.M., 2012. *Biotechnology in Medicine and Agriculture Principles and Practices*. I K International Publishing House. 994 p.
- [53] Lundry D.R., Burns J.A., Nemeth M.A., Riordan S.G. 2013. Composition of grain and forage from insect-protected and herbicide-tolerant corn, MON 89034 × TC1507 × MON 88017 × DAS-59122-7 (SmartStax), is equivalent to that of conventional corn (*Zea mays* L.). *J Agric Food Chem.* 2013 Feb 27;61(8):1991-8.
- [54] Nyange N.E., Kingamkono R.R., Kullaya A.K., Mneney E.E. 2011. Biotechnology for sustainable agriculture, food security and poverty reduction in Africa. Access Not Excess ed. Charles Pasternak. Chapter 3, pages 19-30. © Smith-Gordon 2011
- [55] Mannion A.M., Morse S. 2013. GM crops 1996-2012: A review of agronomic, environmental and socio-economic impacts, Working Paper 04/13, Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, UK. ISSN: 1464-8083, also published as University of Reading Geographical Paper No. 195.
- [56] Marchadier H., Sigaud P. 2005. Poplars in biotechnology research. *Unasylva* 221, Vol. 56, 38-39.
- [57] Martineau B. 2001. *First Fruit: The Creation of the Flavr Savr Tomato and the Birth of Biotech Foods*. New York: Schaum.
- [58] McGinnis E.E., Meyer M.H., Smith A.G. 2010. Sweet and Sour: A Scientific and Legal Look at Herbicide-Tolerant Sugar Beet. *The Plant Cell*, vol. 22 no. 6, 1653-1657.
- [59] McGloughlin M., Re E. 2006. *The Evolution of Biotechnology: From Natufians to Nanotechnology*. Dordrecht : Springer, 262p.
- [60] Mittal A., Gampala S.S., Ritchie G.L., Payton P., Burke J.J., Rock C.D. Related to ABA-Insensitive3(ABI3)/Viviparous1 and AtABI5 transcription factor coexpression in cotton enhances drought stress adaptation. *Plant Biotechnol J.* 2014
- [61] Monsanto. 2009. SmartStax Corn Receives Japanese Import Approval. <http://www.monsanto.co.uk/news/ukshowlib.phtml?uid=14016>
- [62] Mozumdar L., Islam M.A., Saha S. 2012. Genetically modified organisms and sustainable crop production: A critical review. *J. Bangladesh Agril. Univ.* 10(2): 291-296.
- [63] Murphy D. 2007. *Plant Breeding and Biotechnology: Societal Context and the Future of Agriculture*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [64] Nocolia A., Manzo A., Veronesi F., Rosellini D. 2014. An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. *Crit Rev Biotechnol.* 34(1):77-88.
- [65] Nuñez-Palenius H.G., Gomez-Lim M., Ochoa-Alejo N., Grumet R., Lester G., Cantliffe D.J. 2008. Melon fruits: genetic diversity, physiology, and biotechnology features. *Crit Rev Biotechnol.* 28(1):13-55.
- [66] Paine J.A., Shipton C.A., Chaggar S., Howells R.M., Kennedy M.J., Vernon G., Wright S.Y., Hinchliffe E., Adams

- J.L., Silverstone A.L., Drake R. 2005. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nat Biotechnol* 23: 482-7.
- [67] Potrykus I. 2001. Golden Rice and Beyond. *Plant Physiology* 125 (3): 1157–1161.
- [68] Qaim M., Kouser S. 2013. Genetically Modified Crops and Food Security. *PLoS One*. 8(6):e64879.
- [69] Qaim M. 2003. Bt cotton in India: Field trial results and economic projections. *World Development* 31: 2115-2127.
- [70] Qaim M., Zilberman D. 2003. Yield effects of genetically modified crops in developing countries. *Science*. 299(5608):900-2.
- [71] Rajamohan F., Lee M.K., Dean DH. 1998. *Bacillus thuringiensis* insecticidal proteins: molecular mode of action. *Prog Nucleic Acid Res Mol Biol*. 60:1-27.
- [72] Redillas M.C., Jeong J.S., Kim Y.S., Jung H., Bang S.W., Choi Y.D., Ha S.H., Reuzeau C., Kim J.K. 2012. The overexpression of OsNAC9 alters the root architecture of rice plants enhancing drought resistance and grain yield under field conditions. *Plant Biotechnol J*. 10(7):792-805.
- [73] Ronald P. 2011. Plant Genetics, Sustainable Agriculture and Global Food Security. *GSA, Genetics*, May 1, 2011 vol. 188, no. 1, 11-20.
- [74] Rong W., Qi L., Wang A., Ye X., Du L., Liang H., Xin Z., Zhang Z. 2014. The ERF transcription factor TaERF3 promotes tolerance to salt and drought stresses in wheat. *Plant Biotechnol J*. 2014 Jan 3. doi: 10.1111/pbi.12153. [Epub ahead of print]
- [75] Rule D.M., Nolting S.P., Prasifka P.L., Storer N.P., Hopkins B.W., Scherder E.F., Siebert M.W., Hendrix W.H. 3rd. 2014. Efficacy of pyramided bt proteins Cry1F, Cry1A.105, and cry2Ab2 expressed in Smartstax corn hybrids against lepidopteran insect pests in the northern United States. *J Econ Entomol.*, 107(1):403-9.
- [76] Senthilkumar R., Cheng C.P., Yeh K.W. 2010. Genetically pyramiding protease-inhibitor genes for dual broad-spectrum resistance against insect and phytopathogens in transgenic tobacco. *Plant Biotechnol J*. 8(1):65-75.
- [77] Stanton R.A., Pratley J.E., Hudson D., Dill G.M. 2010. Herbicide tolerant canola systems and their impact on winter crop rotations. *Field Crop Reseach*, Vol. 117, Issue 1, 161–166.
- [78] Stein A.J., Sachdev H.P.S., Qaim M. 2008. Genetic engineering for the poor: Golden Rice and public health in India. *World Development* 36: 144–158.
- [79] Tester M., Langridge P. 2010. Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science* 327: 818–822.
- [80] Todd F., Huijong H., Healy-Fried M.L.; Markus F., Ernst S. 2006. Molecular basis for the herbicide resistance of Roundup Ready crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (35): 13010–5.
- [81] Tripathi S, Suzuki J, Gonsalves D. 2007. Development of genetically engineered resistant papaya for papayaringspot virus in a timely manner: a comprehensive and successful approach. *Methods Mol Biol.*, 354:197-240.
- [82] Vaeck M., Reynaerts A., Höfte H, Jansens S., De Beuckeleer M., Dean C., Zabeau M., Van Montagu M., Jan L. 1987. Transgenic plants protected from insect attack. *Nature* 328, 33–37.
- Glover D. 2010. Is Bt cotton a pro-poor technology? A review and critique of the empirical record. *J Agrar Change*, 10:482–509.
- [83] Veena. 2008. Engineering plants for future: tools and options. *Physiol Mol Biol Plants*. 14(1-2):131-5.
- [84] Wang M., Liu C., Li S., Zhu D., Zhao Q., Yu J. 2013. Improved Nutritive Quality and Salt Resistance in Transgenic Maize by Simultaneously Overexpression of a Natural Lysine-Rich Protein Gene, SBgLR, and an ERF Transcription Factor Gene, TSRF1. *Int J Mol Sci*. 14(5):9459-74.
- [85] Wang Z.Y., Brummer E.C. 2012. Is genetic engineering ever going to take off in forage, turf and bioenergy crop breeding? *Ann Bot*. 110(6):1317-25.
- [86] Ward D.P., DeGooyer T.A., Vaughn T.T., Head G.P., McKee M.J., Astwood J.D., Pershing D.A. 2005. Genetically enhanced maize as a potential management option for corn rootworm: Yield Gard rootworm maize case study. In: Kuhlmann UECR, Ed. *Western Corn Rootworm: Ecology and Management*. 239-62.
- [87] Xu J., Duan X., Yang J., Beeching J.R., Zhang P. 2013. Coupled expression of Cu/Zn-superoxide dismutase and catalase in cassava improves tolerance against cold and drought stresses. *Plant Signal Behav*. 8(6):e24525. doi: 10.4161/psb.24525. Epub 2013 Apr 19.
- [88] Ye X., Al-Babili S., Klöti A., Zhang J., Lucca P., Beyer P., Potrykus I. 2000.

Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287(5451): 303–5.

[89] Zhu S., Li Y., Vossen J.H., Visser R.G.F., Jacobsen E. 2012. Functional stacking of three resistance genes against *Phytophthora infestans* in potato. *Transgenic Research*, 21(1): 89–99.