

Anbau von gentechnisch verändertem Mais in Entwicklungs- und Schwellenländern

Studie im Auftrag der Eidgenössischen Ethikkommission für die Gentechnik im ausserhumanen Bereich (EKAH)

Mai 2004

Inhaltsverzeichnis

1 Hintergrundinformationen zum Anbau von GV-Mais	1
<i>Weltweiter Anbau von Mais</i>	<i>1</i>
<i>Anbau von GV-Mais.....</i>	<i>1</i>
2. Bt-Mais in Afrika	2
<i>Entwicklung und Sorten</i>	<i>2</i>
<i>Anbau.....</i>	<i>2</i>
<i>Erträge und Markt.....</i>	<i>2</i>
<i>Folgen und Risiken des Bt-Mais-Anbaus</i>	<i>3</i>
<i>Anpassung an Bedürfnisse der afrikanischen Bauern und an afrikanische Standortbedingungen</i>	<i>4</i>
3. Literatur	5

1 Hintergrundinformationen zum Anbau von GV-Mais

Mais (*Zea mays*) ist ein annuelles Gras, das hauptsächlich (zu 50-60% nach FAOSTAT 2003) als ganze Pflanze als Viehfutter verwendet wird. Daneben ist die Produktion von Samenkörnern wichtig, die zu verschiedenen Nahrungsmitteln, Medikamenten und industriellen Produkten veredelt werden (z.B. Ethanol, Mais-Stärke, Maiskeimöl oder Maismehl). Viele dieser Produkte dienen als Rohmaterial für andere Produkte wie Autoteile, Recycling-Papier, Farben, Kosmetik, Frühstücksflocken, Kaugummi, Molkereiprodukte etc. (www.agbios.com).

Weltweiter Anbau von Mais

2003 wurden weltweit auf 141.2 Mio. ha 635.7 Mio. Tonnen Mais in 44 Industrieländern (inkl. 11 ehemaliger Sowjetrepubliken und Südafrika) und 119 Entwicklungs- und Schwellenländern angebaut (FAOSTAT, Stand 2/2004). Seit Jahren gehören USA, China, Brasilien, Mexiko, Argentinien und Indien zu den 6 wichtigsten Mais-Produzenten, die 2003 zusammen 58% der weltweiten Anbaufläche bewirtschafteten und damit 74% der Weltproduktion lieferten. Entwicklungs- und Schwellenländer bauen ca. 46% der Weltproduktion an.

Die Hektarerträge der einzelnen Länder schwanken um bis zum 100-Fachen. So liegen die Erträge in fast allen afrikanischen Staaten und einigen karibischen und Südamerikanischen Staaten unter 1'000 kg/ha. Botswana erreicht mit 120 kg/ha nach FAOSTAT den weltweit geringsten Hektarertrag. In vielen Ländern des Nahen Ostens, Chile und den meisten westlichen Staaten sind Hektarerträge über 8'000 kg/ha üblich und können sogar Werte bis 20'000 kg/ha (Kuwait) erreichen.

Anbau von GV-Mais

Insgesamt wurden 2003 weltweit 15.5 Mio. ha gentechnisch veränderter Mais in 11 Ländern angebaut (Tabelle 1), was einem Anteil von 11 % der globalen Gesamtanbaufläche von Mais entspricht. Die USA nimmt bei GV-Mais weltweit eine vorherrschende Rolle ein, da sie alleine über 82.6% der weltweiten GV-Anbaufläche verfügen. Mit 1.2 Mio. ha folgt Argentinien (40% der eigenen Maisanbaufläche). Südafrika folgt mit Abstand mit rund 280'000 ha (10% der eigenen GV-Fläche). Weniger als 50'000 ha bauen Spanien, Bulgarien, die Philippinen und Honduras an. Informationen zu Uruguay liegen nicht vor. In allen übrigen Ländern wurden oder werden nur kleine Flächen im Versuchsanbau mit GV-Mais bepflanzt.

Tab. 1. Anbaufläche von gentechnisch verändertem Mais weltweit in Mio. ha.

Land	Gesamt-anbaufläche ¹	Anbaufläche GV-Mais						
		2003	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Gesamt	-/141,2						12,4	15,5
Industrieländer	-/47,7	2,83	7,82	12,93	8,54	8,13	10,64	12,83
Entwicklungs- und Schwellenländer	-/93,5	0	0,02	0,36	0,56	0,80	?	1,46
USA ⁷	31,9/28,5	2,8	7,5	12,5	8,0	7,5	10,0	12,8
Kanada	1,2/1,22	0,03	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	?? ²
Spanien	0,46/0,47	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Portugal	0,15/0,14	--	--	<0,01	--	--	--	--
Frankreich	1,8/1,78	--	<0,01	<<0,01	<<0,01	<<0,01	?? ²	?? ²
Deutschland ³	0,37/0,41	--	<<0,01	<<0,01	<<0,01	<<0,01	<<0,01	<<0,01 ²
Bulgarien	0,40/0,36	--	--	0,01	0,02	0,01	0,01?	0,01?
Argentinien	2,9/2,7	--	0,02	0,26	0,56	0,64	?? ²	1,16 ⁵
Südafrika ⁴	2,7/3,4	--	<0,01	0,10	--	0,16	0,23	0,28
Honduras	0,3/0,34	--	--	--	--	--	<<0,01	<0,01
Philippinen	2,4/2,47	--	--	--	--	--	--	0,02
Uruguay	-/0,05	--	--	--	--	--	--	Approval?? ²

¹ 1. Datensatz aus www.transgen.de (Stand 1/2004); 2. Datensatz aus FAOSTAT (Stand 2/2004), summiert man die Anbauflächen der Einzelländer auf (weltweit, Entwicklungsländer, Industrieländer) ergeben sich nicht die in der Literatur angegebenen Gesamtwerte!

² Werte mit Fragezeichen (??) bei der Anbaufläche fehlen in der Statistik von www.transgen.de, jedoch ist unklar, ob wirklich kein Anbau stattfand.

³ In Deutschland ist nur ein Versuchsanbau im Rahmen von Sortenprüfungen zugelassen, kein kommerzieller Anbau.

⁴ Südafrika wird von der FAO zu den Entwickelten Ländern gezählt und ist deshalb auch bei deren Summenwerten mit berücksichtigt.

⁵ James (2003)

⁷ USA Anbaustatistik 2004: Zuwachs der GV-Mais-Sorten um 6 % auf 14,7 Mio. ha bei einer stagnierenden Gesamtanbaufläche von 31,9 Mio. ha (www.transgen.de; Stand 4/2004).

2. Bt-Mais in Afrika

Entwicklung und Sorten

In Afrika haben bis heute nur Südafrika und Kenia gentechnisch veränderte Mais-Sorten entwickelt, aber nur in Südafrika ist GV-Mais für den kommerziellen Anbau zugelassen (James 2003, www.transgen.de, www.agbios.com). Die erste Zulassung erfolgte 1999, es handelt sich dabei um einen *Bacillus thuringiensis*- (Bt-)Hybridmais, der für Tierfutterzwecke verwendet wird. Dieser gelbe Endosperm-Mais enthält den Event Mon810 von Monsanto (Yieldgard®), der das Bt-Toxin Cry1Ab produziert und dadurch den Mais vor Stengelbohrerarten schützt. In Südafrika sind dies *Busseola fusca* und *Chilo partellus* (Kfir et al. 2002). 2001 wurde in Südafrika eine zweite Bt-Maissorte mit weissem Endosperm für den kommerziellen Anbau als menschliche Nahrung zugelassen, bei dem der Event Mon810 in lokale Hybrid-Maissorten eingekreuzt wurde.

In Kenia entwickelt das Insect Resistant Maize for Africa-Projekt (IRMA) GV-Mais mit lokalen Mais-Sorten und verschiedenen Events, die die Bt-Toxine Cry1Ab und Cry1Ba exprimieren (Mugo et al. 2002, IRMA 2003). Das Projekt wird koordiniert vom Kenya Agricultural Research Institute (KARI) mit Unterstützung vom International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) in Mexiko und finanziert durch die Syngenta Foundation. Die geprüften Events zeigen bis jetzt ungenügende Wirkung gegen den Afrikanischen Stengelbohrer (*B. fusca*), die aus agronomischer Sicht wichtigste Stengelbohrerart in den kommerziellen Anbaugebieten Kenias (De Groot 2002). Es sind deshalb auch noch keine Bt-Events in weisse Endosperm-Sorten - die für die menschliche Nahrung bevorzugt werden – eingezüchtet worden. Das Projekt hat aber erfolgreich konventionell-gezüchtete nicht transgene Mais-Sorten mit erhöhter Resistenz gegen Stengelborer in Feldversuchen getestet (IRMA 2003, Ininda et al., 2002), nachdem jahrzehntelang die Weiterentwicklung von resistenten Arten vernachlässigt wurde (de Grassi 2003). Aktuell wird IRMA II initiiert. In dieser zweiten Phase sollen zwischen 2008 und 2011 sowohl Bt-Mais Sorten als auch Sorten mit natürlicher Resistenz (nicht gentechnisch verändert) zur Marktreife gebracht werden, ausgehend aus lokal entwickelten Hybrid- und frei bestäubten Sorten (OPVs) und auch ausgelesenen Landrassen (Poland et al. 2003).

Anbau

In Südafrika wird zurzeit GV-Mais auf ca. 10% der Maisanbaufläche legal angebaut. Der gelbe Bt-Mais wurde 2003 auf einer Fläche von 200'000 ha ausgesät (Zuwachs von 175,000 ha gegenüber 2001), der weisse Bt-Mais auf 84,000 ha (Zuwachs von 6,000 ha gegenüber 2001) (James 2003). Damit liegt Südafrika beim Anteil an GV-Mais an vierter Stelle weltweit nach den USA, Kanada und Argentinien.

In Südafrika gibt es im Gegensatz zu vielen anderen afrikanischen Ländern neben der Subsistenzwirtschaft viele grosse kommerzielle Farmen, die den kommerziellen GVO-Anbau (Mais, Baumwolle) besonders voran getrieben haben (de Grassi 2003). Nach Angaben von Pschorn-Strauss (in www.inmotionmagazine.com 2003) wird in den Provinzen Mpumalanga, Northern Province und KwaZulu Natal GV-Mais angebaut. In der Anbausaison 2002/03 wurden 5% Anbaufläche der weissen und 11% der gelben Mais-Sorten bewässert (USDA 2003). Für 2003/04 liegen noch keine Zahlen vor, es wird jedoch mit einem Rückgang gerechnet, da die Wasservorräte aufgrund lang anhaltender Trockenheit nur gering waren (EO Newsroom 2003).

Durch Lebensmittelhilfen des World Food Programms gelangen seit 1996 in den USA zugelassene GV-Maissorten auch in andere afrikanische Länder (Lesotho, Zimbabwe, Sambia, Malawi, Mosambik) (Mellen 2003). Die verteilten Maiskörner werden nicht nur gemahlen als Nahrung sondern auch als Saatgut verwendet (Mayet 2003). Daher wird vermutet, dass amerikanische Events auch in afrikanischen Ländern illegal und unkontrolliert angebaut werden (Mayet 2003).

Erträge und Markt

Durchschnittliche Maiserträge afrikanischer Länder fallen oft sehr viel geringer aus als in Industrieländern (FAOSTAT 2/2004). Ursachen dafür gibt es viele. Am stärksten ins Gewicht fallen aber die schwierigen Standortbedingungen (hoher Schädlings- und Unkrautdruck, Trockenheit, Bodenerosion usw.), der Mangel an Ressourcen und Know-how sowie schwierige sozio-ökonomische und politische Bedingungen (Besitzverhältnisse, Bürgerkrieg, schlechte Infrastruktur, AIDS usw.) (De Grassi 2003, Konde 2004). Zudem werden die jährlichen Verluste durch die verschiedenen Stengelbohrerarten sehr unterschiedlich beurteilt (z.B. für Kenia in De Grassi 2003). Unter diesen Umständen ist es schwierig, den wissenschaftlichen Nachweis zu erbringen, dass und in welchem Umfang Ertragssteigerungen dem Anbau von Bt-Mais zuzuschreiben sind (vgl. in De Grassi 2003, Beschreibung der Forschungsstation Cinzanga in Mali). Felduntersuchungen mit Bt-Mais in Kenia ergaben Ertragssteigerungen von 13% (De Groot 2002). Diese maximal möglichen Ertragssteigerungen sind relativ gering, vergleicht man sie mit dem Potential herkömmlicher Züchtungen oder agrar-ökologischer Anbautechniken (push-pull System z.B. Ogol et al. 1999, Khan et al. 2000, De Grassi 2003).

Angaben zu Ertragsverlusten wegen *B. fusca* Schäden in Südafrika variieren von nur 10% bis zu einem Totalausfall (Kfir et al. 2002). Ertragsverluste wegen *C. partellus* Schäden können bis zu 50% ausmachen. Jedoch unterliegen diese Zahlen ausgesprochen hohen Schwankungen von Jahr zu Jahr und Region zu Regi-

on. Gründe sind stark variierende Umweltbedingungen und grosse Schwankungen in der Populationsdynamik des Schädlingkomplexes. Es gibt beispielsweise Hinweise darauf, dass *C. partellus* in manchen Gebieten *B. fusca* verdrängt, was die Dynamik der Ertragsverluste ebenfalls beeinflussen wird (Kfir 1997).

Folgen und Risiken des Bt-Mais-Anbaus

Folgen für den Bauer und die Umwelt

- a. Pestizideinsparung: Die Behandlung von Stengelbohrern mit Insektiziden ist schwierig, da eine Applikation nur innerhalb eines eng begrenzten Zeitfensters möglich ist (Shelton et al. 2002). Afrikanischen Bauern, die Mais zur Subsistenz anbauen, fehlt das notwendige Geld für Insektizide. Daher ist nicht mit einer nennenswerten Reduktion des Pestizideinsatzes durch Bt-Mais in afrikanischen Ländern zu rechnen (auch in den USA unter agroindustriellen Produktionsbedingungen wird fast nur im Zuckermais gespritzt, hier lag der Einspareffekt laut EPA 1999 bei 4.3 Behandlungen / Fläche (US EPA 2000). Die angeblichen Pestizideinsparungen werden aber nach wie vor kontrovers diskutiert (Benbrook 2003).
- b. Investitionsrisiko: vgl. Baumwolle
- c. Verlust von lokalen Sorten durch Genfluss
- d. Kontamination von konventionellem Maisanbau durch Genfluss: dies kann sowohl durch Pollen wie Samen geschehen, wobei Samen durch den Menschen über weite Distanzen transportiert werden können. So kam es z.B. durch den Import von GV-Mais aus den USA in Mexico zu einem unkontrollierten Anbau von nicht Bt-Mais. Dort wurden inzwischen weitreichende Kontaminationen von lokalen Maissorten auch in sehr abgelegenen Gebieten entdeckt (Quist & Chapela 2001, GID 2003/2004). Eine mögliche Konsequenz neben jener unter Punkt c) aufgeführten, ist der drohende Marktverlust für GV-freien Mais, z.B. in die EU.
- e. Auswirkung auf Nicht-Zielorganismen: mögliche Auswirkungen von Bt-Mais auf Nicht-Zielorganismen wie natürliche Gegenspieler der Schädlinge, Bodenorganismen, Bestäuber, oder Arten mit kultureller oder naturschutzfachlicher Bedeutung wie z.B. gefährdete Arten, bleiben kontrovers. Einige Studien, hauptsächlich aus Europa und Nordamerika, zeigen Effekte im Gewächshaus oder unter Laborbedingungen (Hilbeck et al. 1998, 1999, Losey et al. 2000, Hansen & Obrycki 2000, Wraight et al. 2000), andere wiederum nicht (Zwahlen et al. 2000, Wraight et al. 2000, Dutton et al. 2002). Die Auswirkungen im Feld sind noch nicht klar.
- f. Resistenzentwicklung: Resistenzentwicklung bei Schädlingen gegen Insektizide ist unter industriellen Anbaumethoden ein grosses Problem: Unter starkem, einseitig ausgerichtetem Selektionsdruck kann sich eine Resistenz in Schädlinginsekten schnell entwickeln, besonders wenn davon grosse Populationen in einem grossen Gebiet betroffen sind. Bisher sind unter Feldbedingungen noch keine Resistenzen gegen das Bt-Toxin in gentechnisch verändertem Mais nachgewiesen worden. Es gibt aber in Südafrika auch kein Monitoring-Programm, das die Resistenz gegen Bt-Toxin erfassen würde. Auch hier kommt es zu einer Erhöhung des Risikos mit Verringerung der Bt-Toxin-Produktion (Onstad et al. 2002) z.B. durch Alterung des Gewebes oder durch illegale Weiterverwendung/-züchtung ohne Qualitätskontrolle bezgl. gewebespezifischer Bt-Toxin Expression.
- g. Gesundheitliche Effekte für den Menschen: Die Folgen des Bt-Maiskonsums für die Gesundheit von afrikanischen Konsumentinnen und Konsumenten sind unbekannt, da diese häufig die Hälfte bis Zweidrittel ihres Kalorienbedarfs durch kaum weiterverarbeitete Maisprodukte decken, wofür Bt-Sorten nicht entwickelt wurden und nicht getestet worden sind (Benbrook 2002). Zudem ist unbekannt, wie das Allergie-Risiko bei der in Afrika weit verbreiteten Fehl- und Unterernährung zu bewerten ist (Mellen 2003, Benbrook 2002). Studien haben aufgezeigt, dass Bt-Mais weniger Fumosinkonzentrationen aufweisen als ihre isogenen Kontrollsorten (Munkvold et al. 1999), da die Pilzinfektionen durch den vom Stengelbohrer verursachten Schaden am Maiskolben begünstigt wird (Munkvold et al. 1997). Mykotoxine sind für Menschen und Tiere toxisch und z.T. carcinogen (Thiel et al. 2002). Mykotoxinraten in tropischen Ländern sind häufig sehr hoch, es fehlen aber sowohl Kontrollen wie Studien für afrikanische Verhältnisse, wo insbesondere Aflatoxine ein grosses Problem darstellen.

Anpassung an Bedürfnisse der afrikanischen Bauern und an afrikanische Standortbedingungen

Ausser in Südafrika und Tansania wird in afrikanischen Ländern Mais praktisch nur für den einheimischen Markt angebaut (FAOSTAT, Stand 2/2004). Der grösste Teil wird unter Subsistenzbedingungen für den Eigenkonsum und für den lokalen Markt angebaut. In Kenia z.B. nennen die Bauern eine Reihe von Problemen, die für sie ebenso wichtig oder wichtiger sind als die Probleme mit den Stengelbohrern (z.B. Trockenheit, abnehmende Bodenfruchtbarkeit, kurze Anbausaison, *Striga*) (De Groot 2002). De Grassi (2003) führt die starke Abhängigkeit von westlichen Unternehmen und den Industrieländern ins Feld, die in Forschung und Vertrieb dominieren. Die afrikanische Umwelt ist charakterisiert durch ihre extreme Wechselhaftigkeit und Diversität, wofür die Bauern eine Vielzahl von lokal angepassten Sorten entwickelt haben. Die einheitlich gezüchteten Sorten aus den Industrieländern, ob konventionelle Hybriden oder GV-Mais, sind für den Anbau im afrikanischen Umfeld oft zu risikobehaftet.

3. Literatur

- Benbrook, C. (2002): Comments to the Zambian delegation, 13.9.2002 – www.biotech-info.net.
- Benbrook, C.M. (2003) *Impacts of Genetically Engineered Crops on Pesticide Use in the United States: The First Eight Years*, BioTech InfoNet, Technical Paper No 6, Nov 2003, <http://www.biotech-info.net/technicalpaper6.html>
- De Grassi, A. (2003): Genetically modified crops and sustainable poverty alleviation in Sub-Sahara-Africa. – Third World Network - Africa.
- De Groot, H. (2002) Maize yield losses from stemborers in Kenya. *Insect Science and its Application* 22(2), 89-96.
- Dutton A, Klein H, Romeis J, Bigler F. 2002. Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. *Ecological Entomology* 27: 441-447.
- EO Newsroom (2003) - http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=16455
- FAOSTAT (2004) Statistical Database of the FAO. <http://apps.fao.org/default.htm>
- Greenpeace (20.8.2003): Kein US-Gen-Mais nach Mexiko. – <http://www.greenpeace.org/deutschland/news/gentechnik/kein-us-gen-mais-nach-mexiko>.
- GID (2003/2004): Kurz notiert – Kontaminierter Mais. – Gen-ethischer Informationsdienst 161, Auszug aus Landwirtschaft und Lebensmittel. http://www.gen-ethisches-netzwerk.de/gid/TEXTE/ARCHIV/PRESSEDIENST_GID161/LANDWIRTSCHAFT161.HTML.
- Hansen, L.C. & Obrycki, J.J. 2000. Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia* 125: 241-248
- Hassan, R. M.; Merkuria, M. & W. Mwangi (2001): Maize breeding research in Eastern and Southern Africa: Current status and impact of past investments made by the public and private sectors. 1966-1997. – CIMMYT, Mexico.
- Hassan, R. M. & D. Karanja (1997): Maize in Kenya. – In: Byerlee, D. & C. K. Eicher (eds.): *Africa's emerging maize revolution*. – Lynne Rienner Publ., Boulder, Colorado.
- Hilbeck A, Baumgartner M, Fried PM, Bigler F. (1998a) Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 27: 480-487.
- Hilbeck A, Moar WJ, Pusztai-Carey M, Filippini A, Bigler F. (1999). Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin and Cry2A protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 305–316.
- Ininda, J., Gethi, M., Odongo, O., Njunguna, J. and Ochieng, J.A.W. (2002) Research abstract: coordinated ecosystem breeding in Kenya: Progress, challenges and opportunities. In: *Biotechnology, Breeding and Seed Systems for African Crops: Research and Product Development that Reaches Farmers*. Program, Participants and Abstracts. The Rockefeller Foundation, Nairobi. www.africancrops.net/news%20kenya.htm (accessed october 2003)
- IRMA (2003) IRMA Updates June 2003 Vol 4 Issues 1+2 www.cimmyt.org/ABC/InvestIn-InsectResist/htm/InvestIn-InsectResist.htm
- James, C. (2003): Global review of commercialized transgenic crops: 2002 Feature: Bt Maize. - International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).
- Kfir, R. (1997) Competitive displacement of *Busseola fusca* (Lepidoptera: Noctuidae) by *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae). *Annual Entomological Society of America* 90(5), 619-624
- Kfir, R., Overholt, W.A., Khan, Z.R., and Polaszek, A. (2002) Biology and management of economically important lepidopteran cereal stem borers in Africa. *Annual Review of Entomology* 47, 701-731.
- Khan, Z.R., Pickett, J.A., van den Berg, J., Wadhams, L.J. and Woodcock, C.M. (2000) Exploiting chemical ecology and species diversity: stem borer and *Striga* control for maize and sorghum in Africa. *Pest Management Science* 56, 957-962.
- Konde, V. (2004): Industrial biotechnology applications for food security in Africa; opportunities and challenges. In: Gupta, A. K. & V. Chandak (2004): *Agricultural biotechnology in India: Ethics, business and politics*. – Lecture at the International Workshop on agricultural biotechnology in the developing world, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, 12.3.2004.
- Losey, J.E., Rayor, L.S. & Carter, M.E. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214.
- Mayet, M. (2003): Africa – the new frontier for the GE industry. – *Third World Resurgence* 159/160: 33-35.
- Mellen, M. (2003): Who is getting fed? - <http://www.grain.org/seedling/?id=231#>.
- Munkvold, G.P., Hellmich, R.L., and Showers, W.B. (1997) Reduced Fusarium ear rot and symptomless infection in kernels of maize engineered for European Corn Borer resistance. *Phytopathology* 87 (10) 1071-1077
- Munkvold G.P., Hellmich R.L., and Rice, L.G. (1999). Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt-maize hybrids and non-transgenic hybrids. *Plant Diseases* 83: 130-138.
- Ogol, C.K.P.O., Spence, J.R., and Keddie, A. (1999) Maize stemborer colonization, establishment and crop damage levels in a maize-leucena agroforestry system in Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 76, 1-15.
- Onstad, D.W., Guse, C.A., Porter, P., Buschman, L.L., Higgins, R.A., Sloderbeck, P.E., Peairs, F.B., Gronholm, G.B. (2002) Modelling the development of resistance by stalk-boring lepidopteran insects (Crambidae) in areas with transgenic corn and frequent insecticide use. *Journal of Economic Entomology* 95, 1033-1043.
- Poland, D.; S. Mugo & D. Hoisington (2003): IRMA II business plan developed. – IRMA Updates, 4: 1-3.

- Quist, D. & I. H. Chapela (2001): Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. – *Nature* 414: 541-542.
- SHELTON, A. M.; J.-Z. ZHAO & R. T. ROUSH (2002) : Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. – *Annu. Rev. Entomol.* 47: 845-881.
- Thiel, P. G.; W. F. O. Marasas, E. W. Sydenham, G. S. Shepard & W.C. A. Gelderblom (1992): The implications of naturally occurring levels of fumonisins in corn for human and animal health. – *Mycopathologia* 117: 3-9.
- US EPA (2000): Biopesticides registration document; preliminary risks and benefits sections; *Bacillus thuringiensis* plant-pesticides. – US EPA, Washington, DC.
- USDA (2003): Irrigated corn increases in South Africa. – USDA – Production Estimates and Crop Assessment Division, Foreign Agricultural Service, May 27, 2003.
- Wraight, C.L., Zangerl, A.R., Carroll, M.J. and Berenbaum, M.R. 2000. Absence of toxicity of *Bacillus thuringiensis* pollen to black swallowtails under field conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 97: 7700-7703.
- Zwahlen, C., W. Nentwig, F. Bigler and A. Hilbeck. 2000. Tritrophic interactions of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn, *Anaphothrips obscurus* (Thysanoptera: Thripidae), and the predator *Orius majusculus* (Heteroptera: Anthracoridae). *Environmental Entomology* 29: 846-850.