



# Perigos ambientais das plantas transgênicas inseticidas

Abril de 2005

Foram cultivados 68 milhões de hectares de lavouras transgênicas em todo o mundo durante 2003. Desse total, 18% eram de variedades inseticidas, desenvolvidas para serem resistentes a pragas que atacam as lavouras (1). A maioria dessas variedades transgênicas inseticidas é criada com uso da engenharia genética, por meio da inserção de uma versão sintética de um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), sendo chamada de variedade transgênica *Bt*. Isso é feito para que a planta produza suas próprias toxinas e destrua as pragas sem ter que usar inseticidas.

Milho, algodão e batata transgênicos *Bt* já foram cultivados extensivamente em escala comercial, particularmente nos EUA, e diversas outras culturas *Bt* estão sendo desenvolvidas, como canola, arroz e tomates. No entanto, existem fortes evidências de que a pressa para se comercializar os cultivos inseticidas *Bt* acarretam sérias conseqüências ambientais.

## *Bacillus thuringiensis*

O microorganismo *Bacillus thuringiensis* está naturalmente presente no solo e é o principal agente de controle biológico utilizado atualmente, substituindo a aplicação de inseticidas. A sua ação contra os insetos que causam danos na agricultura está relacionada com a produção de proteínas cristais, chamadas de endotoxinas. Já foram classificadas 96 seqüências gênicas que produzem endotoxinas, como cry1Aa, cry1Ba, cry3A, cry9Ca e cry7Aa, agrupadas em 17 classes. Cada classe de proteína tem composição e ação inseticida seletiva, atingindo diferentes ordens, como lepidoptera (borboletas), coleoptera (besouros) e diptera (moscas) em sua fase larval.

A proteína cristal atua sobre as células do intestino dos insetos, causando a sua ruptura e conseqüente morte por infecção generalizada (septicemia) ou inanição.(2)

## Plantas transgênicas inseticidas

A introdução dos genes que codificam as endotoxinas em plantas para conferir resistência a insetos foi um dos primeiros projetos pesquisados pelas empresas de transgenia. Essas plantas sintetizadas em laboratório foram criadas para produzir proteína tóxica em suas estruturas como - folhas, troncos e raízes -, o que dá a elas a característica de **planta inseticida**.

A tabela seguinte mostra os genes e variedades submetidas à avaliação das autoridades reguladoras.

Gene inserido	Planta transgênica
<b>cry1Ab</b>	<b>Milho:</b> Syngenta Bt176, Bt11; Monsanto Mon80100, Mon802, Mon809, Mon810
<b>cry1Ac</b>	<b>Algodão:</b> Monsanto Mon531 (Bollgard®), Mon15985-7 associado com gene cry2B (BollgardII®), Dow 3006, Calgene 31807 <b>Tomate:</b> Monsanto 5345 <b>Milho:</b> Dekalb DBT418 (Bt Xtra™)
<b>cry1F</b>	<b>Algodão:</b> Dow 281-23-236 <b>Milho:</b> Dow das-0627508, Mycogen TC1507
<b>cry3A</b>	<b>Batata:</b> Monsanto: 10 variedades para resistência a inseto e 6 variedades com resistência a inseto e vírus (PVY e PLRV)
<b>cry3Bb1</b>	<b>Milho:</b> Monsanto Mon863-5
<b>cry9C</b>	<b>Milho:</b> Avenis ACS-ZM4-3 (StarLink™)

Fonte: <http://www.agbios.com/dbase.php>, abril de 2005.

## Impacto sobre organismos benéficos não-alvos

Em sua forma natural, a bactéria *Bt* tem sido utilizada desde os anos 1950 por agricultores orgânicos ou de outros métodos agrícolas sustentáveis, por meio de pulverização das bactérias sobre as lavouras para matar pragas sem atingir outros insetos ou outros tipos de vida selvagem. A pulverização com as bactérias *Bt* naturais exerce poucos efeitos em organismos não-alvos porque, nesse caso, a "protoxina" da bactéria está em um estado inativo. Assim, torna-se tóxica somente quando processada no intestino de determinadas espécies de larvas de insetos (alvos).

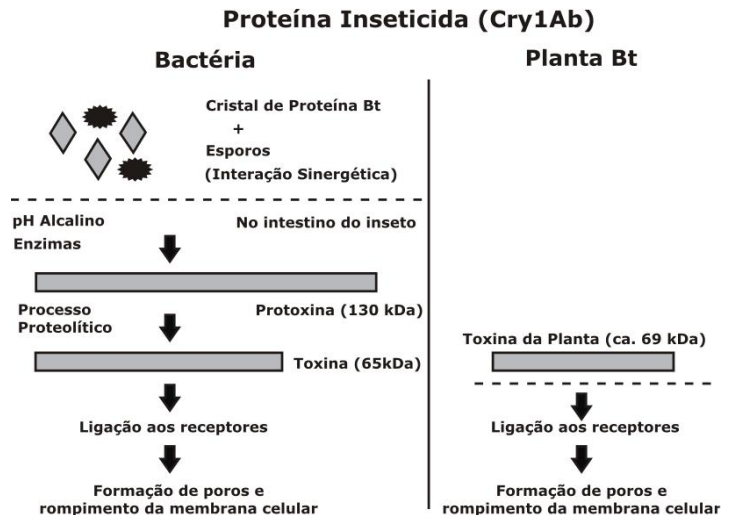
Porém, as toxinas *Bt* produzidas por plantas transgênicas resistentes a insetos, como o milho transgênico da Monsanto (por exemplo, o MON810) são significativamente diferentes e foi demonstrado que essas toxinas são nocivas a insetos predadores benéficos. Estas plantas transgênicas contêm um gene *Bt* artificial e truncado, que requer menos processamento para gerar a toxina. Ela é, portanto, menos seletiva e, além das pragas para as quais está dirigida, acaba prejudicando insetos não-alvos que não possuem as enzimas para processar a protoxina (figura 1) (3).

Plantas transgênicas inseticidas prejudicam organismos não-alvos tanto no caso de eles consumirem a toxina diretamente do pólen ou de fragmentos da planta, quanto se os organismos estivessem se alimentando de pragas que tivessem ingerido a toxina, levando-os à morte. Isso pode prejudicar ecossistemas, com a redução do número de espécies importantes, ou pela redução do número de organismos benéficos que naturalmente ajudam a controlar a espécie de praga.

### ESTUDOS DE CASO

A maioria das lavouras transgênicas *Bt* atuais (contendo os genes Cry1Ab ou Cry1Ac) são geneticamente modificadas para serem tóxicas a certas espécies de mariposas e borboletas (Lepidoptera). As larvas desses insetos não-alvos também podem ingerir a toxina *Bt* inadvertidamente ao se alimentarem de folhas contaminadas com o pólen transgênico que se dispersam pelo vento das lavouras transgênicas. O impacto do pólen do milho *Bt* em larvas da borboleta monarca (*Danaus plexippus*), na América do Norte, é o exemplo mais conhecido desse fenômeno (4). O pólen do milho *Bt* (Bt176 da Syngenta) causou controvérsia sobre essa borboleta. Com isso, a variedade do milho Bt176 foi ou está sendo banido gradualmente, pois também se descobriu que ele era tóxico para larvas da borboleta-pavão da Eurásia (*Inachis io*) (5).

Descobriu-se recentemente que a longa exposição ao pólen de dois tipos de milho transgênico *Bt*, MON810 e Bt11, causa efeitos adversos em larvas da borboleta monarca, embora essas variedades do milho *Bt* contenham menos proteína tóxica em seu pólen que o Bt176. Apesar de não terem sido observados (6) efeitos a curto prazo (quatro a cinco dias), estudos de maior período (dois anos) descobriram que 20% menos larvas de monarcas alcançaram o estágio de borboleta adulta quando expostas ao pólen *Bt*



**FIGURA 1 - Diferenças da proteína cry1Ab entre a bactéria *Bt* e plantas transgênicas *Bt* (3).**



naturalmente depositado (7). Muitas espécies de borboletas e outros insetos já estão sob a ameaça (8) de fatores como as mudanças climáticas e a perda de hábitat. Um crescente stress resultante da exposição ao pólen *Bt* também poderia ameaçar certas espécies mais adiante.

Avaliações de riscos ambientais das lavouras *Bt* não exigem, hoje, estudos de exposição de longo prazo para organismos não-alvo, e já foi sugerido que períodos mais longos de exposição iriam aperfeiçoá-las (9). O caso da borboleta monarca demonstra que é vital que esses estudos sejam realizados.

No caso do algodão *Bt*, foram registradas mudanças nas populações tanto de pragas como de inimigos naturais. Dados da China mostram que o uso de lavouras *Bt* pode aumentar as populações de pragas secundárias, incluindo pulgões, percevejos, moscas-brancas, ácaros e tripses (10). Estudos demonstraram uma redução significativa em populações dos parasitas benéficos *Microplitis sp.* (88,9% de redução) e *Campoletis chloridae* (79,2% de redução) em campos de algodão *Bt* (11). Nos EUA, foram encontrados impactos do milho *Bt* em populações de *Coleomegilla maculata*, um inseto predatório benéfico comumente encontrado em campos de milhos (12). Foi demonstrado que um certo tipo de toxina *Bt* (*Cry1Aa*) é tóxico ao bicho-da-seda (*Bombyx mori*) (13).

Foi demonstrado também que crisopídeos (*Chrysoperla carnea*) foram afetados por plantas *Bt* em laboratório (14). Eles são insetos benéficos que desempenham um papel importante no controle natural de pragas das lavouras. Estes seres sofrem os efeitos tóxicos das plantações *Bt* ao se alimentarem de presas que, por sua vez, ingeriram o vegetal modificado. Isso ilustra que a toxina *Bt* pode afetar organismos em níveis mais elevados da cadeia alimentar. Entretanto, as avaliações de riscos ambientais para as lavouras *Bt* incluem somente estudos de espécies individuais, e não detectariam efeitos em organismos mais acima na cadeia. Essa abordagem já foi altamente criticada e cientistas sugeriram que os efeitos das lavouras *Bt* necessitavam ser estudados em níveis múltiplos da cadeia alimentar (15).

***"Estudos de espécies individuais a respeito dos efeitos não-almejados representam uma abordagem limitada para se avaliar os impactos positivos e negativos sobre os efeitos não-almejados. Compreender as conseqüências ecológicas de efeitos não-almejados também depende de uma identificação precisa dos processos físicos e biológicos que um organismo transgênico pode alterar, e compreender quais impactos essas alterações podem exercer sobre os ecossistemas".*** Ecological Society of America (Sociedade Ecológica da América), 2004

A perturbante conclusão é de que as toxinas *Bt* das plantas transgênicas podem matar espécies não-alvos e serem transmitidas para níveis superiores da cadeia alimentar, um efeito que nunca foi observado na forma natural da toxina *Bt* produzida pela bactéria.

## Impacto sobre a saúde do solo

Organismos diversos desempenham um papel crucial na saúde do solo. Desta forma, é necessário compreender como diferentes práticas agrícolas os afetam. A longo prazo, lavouras *Bt* podem ser problemáticas para a saúde do solo, pois elas produzem proteínas sabidamente tóxicas para certos insetos, suspeitas de também o serem para uma gama de outros organismos não-alvos, incluindo minhocas (16). Um número desconhecido de espécies constitui a teia alimentar do solo que pode ser afetado pelo *Bt* — embora se tenha conduzido testes em poucas delas, assim como em poucos tipos de solo e ecossistemas.

Se, sob condições de campo, a toxina *Bt* depositada no solo por essas plantações exerce um impacto sobre organismos que vivem ali— bactérias, fungos, insetos, minhocas



—, necessariamente haverá efeitos mais adiante. Se as lavouras *Bt* matarem ou reduzirem a atividade de qualquer um desses organismos, elas perturbarão a teia de relações necessária ao desenvolvimento das funções essenciais ao ecossistema, como a decomposição e o ciclo de nutrientes.

As lavouras *Bt* eliminam a toxina pela raiz para o solo (17). Os resíduos dessas plantações deixados nos campos também contêm a toxina, que pode persistir no solo por mais de 200 dias, particularmente se o clima estiver frio (18). Portanto, provavelmente as proteínas *Bt* estarão presentes no solo não somente durante o desenvolvimento do cultivo, mas também depois da colheita. Isso levanta a possibilidade de acumulação das toxinas *Bt* no solo (19).

Estudos adicionais são necessários para se determinar se a persistência do *Bt* causaria problemas para organismos não-alvos e para a saúde do ecossistema do solo. Isso destaca a necessidade de pesquisas de longo prazo a respeito dos impactos das lavouras *Bt*.

## Problemas de resistência

Um perigo adicional das lavouras resistentes a insetos é que as pragas-alvo podem desenvolver resistência aos efeitos da proteína tóxica. Uma exposição constante à toxina *Bt* favorece a sobrevivência e a reprodução de pragas individuais que possuem uma imunidade genética natural à mesma. Ao longo do tempo, poderia haver a proliferação de tantos indivíduos resistentes a ponto de a planta *Bt* não ser mais eficiente contra a maioria das populações de pragas-alvo.

Nos EUA, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) possui complexas exigências para a existência de áreas de cultivos não-*Bt* (denominadas "área de refúgio"), a fim de se minimizar o desenvolvimento de insetos resistentes às toxinas da bactéria. Porém, existe a preocupação de que as exigências atuais para os "refúgios" (20% da área cultivada com lavouras *Bt*) podem não ser suficientes (20) e não ser implementadas com rigor. Essa exigência não se adequa à realidade de pequenas propriedades rurais na Europa ou outras regiões, que são muito diferentes das grandes extensões das plantações nos EUA. Problemas como esse foram identificados com o algodão *Bt* na Índia (21) e na China (22).

Existem dúvidas de que a "área de refúgio" seria plenamente efetiva. Também já foi demonstrado que a praga predominante no milho e no algodão, *Helicoverpa zea* (lagarta-da-espiga), poderia rapidamente desenvolver resistência ao *Bt* (23) se a extensão do plantio do milho transgênico *Bt* crescer em escalas gigantescas de monoculturas extensivas. A contaminação transgênica dos "refúgios" não-*Bt*, causada pela polinização cruzada, poderia minar o desenvolvimento de insetos resistentes, já que as pragas ainda estariam expostas ao *Bt* nessas áreas (24).

Existem muitos dados científicos para dar apoio à preocupação referente à resistência de pragas (25). Caso ocorra uma resistência disseminada, as propriedades das lavouras transgênicas se tornariam inúteis. Conseqüentemente, a aplicação de pesticidas químicos novos e mais tóxicos seria quase inevitável. Além disso, uma resistência mais forte será uma séria ameaça para os métodos agrícolas sustentáveis.

## Surgimento de superervas?

O fluxo gênico, ou seja, a transferência de genes por polinização entre plantas cultivadas e plantas selvagens semelhantes é uma possibilidade já observada (26). O gene de resistência a insetos em lavouras transgênicas (nos cultivos *Bt*, por exemplo) é considerado por cientistas capaz de gerar uma vantagem ecológica na sobrevivência, e



assim, desenvolver uma maior frequência populacional, espalhando-se completamente sobre populações locais (27). Tal desenvolvimento adaptativo aumenta o potencial das espécies selvagens para se tornarem pragas problemáticas ou para se sobreporem à população selvagem existente (28). Estudos com a canola (*Brassica napus*), por exemplo, demonstraram que o gene *Bt* pode ser transmitido para uma erva invasora selvagem (*Brassica rapa*) aumentando sua capacidade de causar problemas como erva daninha (29).

A disseminação do gene *Bt* por toda a população selvagem (introgressão), pode resultar em amplos impactos ecológicos por meio de:

- Persistência da proteína *Bt* no solo, com toxicidade para os organismos do solo
- Toxicidade para herbívoros, predadores e parasitas não-alvos (inimigos naturais das pragas afetadas)
- Desenvolvimento de resistência ao *Bt* por parte das pragas afetadas

## Impactos sobre os métodos agrícolas sustentáveis

Há várias décadas, a utilização de bactérias *Bt*- que ocorrem naturalmente- em pulverização foliar, forneceu a agricultores orgânicos e ambientalmente conscientes uma arma inestimável contra insetos que causam danos econômicos à lavoura. O uso da bactéria *Bt* mata as pragas desejadas sem prejudicar insetos predadores benéficos (30) e as suas toxinas não afetam prejudicialmente mamíferos ou pássaros.

Devido à sua efetividade e segurança, em comparação com os pesticidas que substitui, a bactéria *Bt* é provavelmente o mais importante inseticida já descoberto. Se as pragas vierem a desenvolver uma resistência a seus efeitos, no entanto, os agricultores orgânicos serão privados de um poderoso mecanismo de controle de pragas, e ainda, outros usuários poderão passar a utilizar pesticidas mais prejudiciais ambientalmente. Os métodos orgânicos de controle de pragas também poderiam ser colocados em perigo pela destruição de insetos predadores benéficos, como os crisopídeos, que são essenciais para o manejo de pragas e não agredem o meio ambiente.

**O Greenpeace se opõe à liberação de organismos transgênicos por causa de sua irreversibilidade, além de seu potencial de provocar sérios danos ao meio ambiente.**

### Os perigos ambientais das lavouras *Bt* incluem:

- **Efeitos em organismos não-alvos, incluindo efeitos indiretos e de longo prazo**
- **Efeitos sobre a saúde do solo**
- **Desenvolvimento de resistência ao *Bt* por parte dos insetos, com impactos sobre as práticas agrícolas sustentáveis**
- **Ameaça das plantas selvagens que adquirem o gene *Bt*, desenvolvendo assim uma vantagem ecológica**



## Referências:

- (1) James, C. 2003. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2003. ISAAA Briefs No. 30. Ithaca, NY: ISAAA. <http://www.isaaa.org/>
- (2) Salles, J. F.; Baldani, J. I. *Bacillus thuringiensis* como agente de controle biológico. 1998 EMBRAPA, Seropédica. <http://www.cnpab.embrapa.br/servicos/download/doc054.pdf>
- (3) Hillbeck, A. 2001. Transgenic host plant resistance and non-target effects. In: *Genetically engineered organisms: assessing environmental and human health effects*. Letourneau, D.K. and B.E. Burrows [eds.] Boca Raton, FL: CRC Press. Hilbeck, A., M.S. Meier and A. Raps. 2000. Review on non-target organisms and *Bt* plants. Report prepared for Greenpeace International, Amsterdam, EcoStrat GmbH, Ecological Technology Assessment & Environmental Consulting, Zurich, Switzerland.
- (4) Losey, J.E., L.S. Raynor and M.E. Carter. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214; Hanson-Jesse, L.C. and J.J. Obrycki. 2000. Field deposition of *Bt* transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia* 125: 241-248; Sears, M.K., R.L. Hellmich, D.E. Stanley-Horn, K.S. Oberhauser, J.M. Pleasants, H.R. Mattila, B.D. Siegfried, and G.P. Dively. 2001. Impact of *Bt* corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98: 11937-11942.
- (5) Felke, M. and G.A. Langenbruch. (2003): Wirkung von *Bt*-Mais-Pollen auf Raupen des Tagpfauenauges im Laborversuch (Effect of *Bt*-maize-pollen on caterpillars of *Inachis io* in a laboratory assay). *Gesunde Pflanze* 55: 1-7.
- (6) Stanley-Horn, D.E., G.P. Dively, R.L. Hellmich, H.R. Mattila, M.K. Sears, R. Rose, L.C.H. Jesse, J.E. Losey, J.J. Obrycki and L. Lewis. 2001. Assessing the impact of Cry1Ab-expressing corn pollen on monarch butterfly larvae in field studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98: 11931-11936.
- (7) Dively, G.P., R. Rose, M.K. Sears, R.L. Hellmich, D.E. Stanley-Horn, D.D. Calvin, J.M. Russo and P.L. Anderson. 2004. Effects on monarch butterfly larvae (Lepidoptera: Danaidae) after continuous exposure to Cry1Ab expressing corn during anthesis. *Environmental Entomology* 33: 1116-1125.
- (8) Thomas, J.A., M.G. Telfer, D.B. Roy, C.D. Preston, J.J.D. Greenwood, J. Asher, R. Fox, R.T. Clarke and J.H. Lawton. 2004. Comparative losses of British butterflies, birds and plants and the global extinction crisis. *Science* 303: 1879-1881.
- (9) Andow, D.A. and A. Hilbeck. 2004. Science-based risk assessment for non-target effects of transgenic crops. *Bioscience*, 54: 637-649. Ecological Society of America (ESA) 2004. Genetically engineered organisms and the environment: Current status and recommendations. ESA Position Paper [http://www.esa.org/pao/esaPositions/Papers/geo\\_position.htm](http://www.esa.org/pao/esaPositions/Papers/geo_position.htm). Marvier, M. 2002. Improving risk assessment for nontarget safety of transgenic crops. *Ecological Applications* 12: 1119-1124.
- (10) Cui, J. and J. Xia. 1998. Effects of transgenic *Bt* cotton (with early maturity) on population dynamics of main pests and their natural enemies. *Acta Gossypii Sinica* 10: 255-262.
- (11) Cui, J. and J. Xia. 1999. Effects of transgenic *Bt* cotton on the population dynamics of natural enemies. *Acta Gossypii Sinica* 11: 84-91.
- (12) Wold, S.J., E.C. Burkness, W.D. Hutchison, and R.C. Venette. 2001. In-field monitoring of beneficial insect populations in transgenic corn expressing a *Bacillus thuringiensis* toxin. *Journal of Entomological Science* 36: 177-187.
- (13) Fan, L.-J., Y.-Y. Wu, H.-Q. Pang, J.-G. Wu, Q.-J. Shu, M.-K. Xu and J.-F. Lu. 2003. *Bt* rice pollen distribution on mulberry leaves near rice fields. *Acta Ecologica Sinica* 23: 826-833.
- (14) Hilbeck, A., W.J. Moar, M. Pusztai-Carey, A. Filippini, and F. Bigler. 1999. Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin and Cry2A protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 305-316. Dutton A., H. Klein, J. Romeis and F. Bigler. 2002. Uptake of *Bt* toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. *Ecological Entomology* 27: 441-447.



- (15)Knols, B.G.J. and M. Dicke. 2003. *Bt* crop assessment in the Netherlands. *Nature Biotechnology* 21: 973-974. Andow, D.A. & A. Hilbeck. 2004. Science-based risk assessment for non-target effects of transgenic crops. *Bioscience*, 54: 637-649. Ecological Society of America (ESA) 2004. Genetically engineered organisms and the environment: current status and recommendations. ESA Position Paper [http://www.esa.org/pao/esaPositions/Papers/geo\\_position.htm](http://www.esa.org/pao/esaPositions/Papers/geo_position.htm)
- (16)Marvier, M. 2001. Ecology of transgenic crops. *American Scientist* 89: 160-167. Zwahlen, C. A. Hilbeck, R. Howald and W. Nentwig. 2003, Effects of transgenic *Bt* corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*. *Molecular Ecology* 12:1077 –1086.
- (17)Saxena, D., S. Flores and G. Stotzky. 1999. Transgenic plants: Insecticidal toxin in root exudates from *Bt* corn. *Nature* 402: 480; Saxena, D., S. Flores, and G.Stotzky, 2002. *Bt* toxin is released in root exudates from 12 transgenic corn hybrids representing three transformation events. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 133-137.
- (18)Tapp, H. and G. Stotzky. 1998. Persistence of the insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 30: 471-476. Zwahlen, C., A. Hilbeck, P. Gugerli & W. Nentwig. 2003. Degradation of the Cry1Ab protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* corn tissue in the field. *Molecular Ecology* 12: 765-775.
- (19)Venkateswerlu G. and G. Stotzky. 1992. Binding of the protoxin and toxin proteins of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* on clay minerals. *Current Microbiology* 25: 225-233.
- (20)Knight, J. 2003. Agency 'ignores its advisers' over *Bt* maize. *Nature* 422: 5.
- (21)Jayaraman, K.S. 2002. Poor crop management plagues *Bt* cotton experiment in India. *Nature Biotechnology* 20: 1069.
- (22)Huang, J. and Q. Wang. 2003. Biotechnology policy and regulation in China. IDS Working Paper, Biotechnology Policy Series 4, Brighton: Institute of Development Studies.
- (23)Gould, F., N. Blair, M. Reid, T.L. Rennie, J. Lopez, and S. Micinski. 2002. *Bacillus thuringiensis*-toxin resistance management: stable isotope assessment of alternate host use by *Helicoverpa zea*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 99: 16581-16586.
- (24)Chilcutt, C.H. and B.E.Tabashnik. 2004. Contamination of refuges by *Bacillus thuringiensis* toxin genes from transgenic maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101:7526-7529.
- (25)See, for example, Andow, D.A. 2001. Resisting resistance to *Bt* corn. In: *Genetically engineered organisms: assessing environmental and human health effects*. Letourneau, D.K. and B.E. Burrows [eds.] Boca Raton, FL: CRC Press.
- (26)Nakayama, Y., Yamaguchi, H. 2002 Natural hybridization in wild soybean (*Glycine max ssp. soja*) by pollen flow from cultivated soybean (*Glycine max spp. max*) in a designed population. *Weed Biology and Management* 2, 25-30.
- (27)Stewart, Jr., C.N., J.N. All, P.L., Raymer, and S. Ramachandran. 1997. Increased fitness of transgenic insecticidal rapeseed under insect selection pressure. *Molecular Ecology* 6: 773-779. Vacher, C., A.E. Weis, D. Hermann, T. Kossler, C. Young, M.E. Hochberg 2004. Impact of ecological factors on the initial invasion of *Bt* transgenes into wild populations of birdseed rape (*Brassica rapa*). *Theoretical and Applied Genetics* 109: 806-814.
- (28)Haygood, R., A.R. Ives and D.A. Andow 2003. Consequences of recurrent gene flow from crops to wild relatives. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 10.1098/rspb.2003.2426.
- (29)Halfhill, M.D., R.J. Millwood, P.L. Raymer, and C.N. Stewart, Jr. 2002. *Bt*-transgenic oilseed rape hybridization with its weedy relative, *Brassica rapa*. *Environmental Biosafety Research* 1: 19-28. Vacher, C., A.E. Weis, D. Hermann, T. Kossler, C. Young, M.E. Hochberg 2004. Impact of ecological factors on the initial invasion of *Bt* transgenes into wild populations of birdseed rape (*Brassica rapa*). *Theoretical and Applied Genetics* 109: 806-814.
- (30) McGaughey, W.H. and M.E. Whalon. 1992. Managing insect resistance in *Bacillus thuringiensis*