

PERICOLI AMBIENTALI DELLE COLTURE BT RESISTENTI AGLI INSETTI

Dei 68 milioni di ettari di coltivati con piante geneticamente modificate (GM) a livello mondiale nel 2003, il 18% (12 milioni di ettari) era costituito da varietà sviluppate per essere resistenti agli insetti¹. La maggior parte delle varietà di questo tipo vengono create inserendo una versione sintetica di un gene esistente in natura nel batterio del suolo, *Bacillus thuringiensis* (Bt), affinché le piante producano autonomamente le tossine Bt per eliminare gli insetti nocivi.

Mais, cotone e patate Bt geneticamente modificati per essere resistenti agli insetti sono già coltivati su scala commerciale, specialmente negli Stati Uniti, ed altre colture Bt stanno per essere sviluppate (ad esempio colza, riso e pomodori). Tuttavia, è palese che la fretta nel mettere in commercio varietà Bt comporterà serie conseguenze a livello ambientale.

IMPATTO SU ORGANISMI UTILI NON-TARGET.

Nella sua forma naturale, il Bt è stato utilizzato fin dagli anni '50 per eliminare insetti nocivi, senza danneggiare insetti non-target o altre forme di vita, da agricoltori che praticano agricoltura biologica o altre tecniche sostenibili. Tuttavia, le tossine Bt prodotte da colture resistenti agli insetti, fra le quali il mais GM della Monsanto – ad esempio il MON810 - sono decisamente diverse ed hanno dimostrato di essere nocive per altri utili insetti predatori.

Lo spargimento del Bt naturale provoca conseguenze minime sugli organismi non-target perché la "pro-tossina" del batterio è allo stato inattivo e diventa tossica solo quando viene elaborata nell'intestino di alcune specie (target) di larve di insetti. Per contro, molte piante resistenti agli insetti contengono un gene Bt artificiale e "ridotto", al quale è necessario solo un piccolo sviluppo per generare tossine. Esso

è inoltre meno selettivo, e può nuocere anche ad insetti non-target che non hanno gli enzimi per processare la pro-tossina, proprio come nuoce ai parassiti contro i quali è stato creato (Fig. 1).²

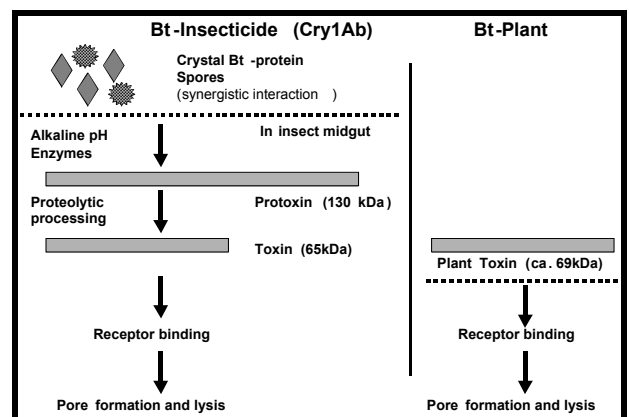


Fig. 1 differenze fra insetticidi-Bt e piante-Bt GM.

Le piante-Bt GM possono rivelarsi nocive per organismi non-target sia nel caso in cui gli insetti consumino la tossina direttamente dal polline o dalle piante, sia indirettamente cibandosi di insetti nocivi che hanno ingerito la tossina.

Molte delle attuali colture Bt (che contengono il gene Cry1Ab o Cry1Ac) sono geneticamente modificate per essere tossiche verso alcune specie di farfalle (Lepidoptera). Larve di farfalle non-target possono inavvertitamente ingerire la tossina Bt mentre si cibano di piante che crescono vicino alle colture Bt. L'impatto del polline del mais Bt sulle larve della farfalla monarca (*Danaus plexippus*) in nord America rappresenta l'esempio più conosciuto di tale fenomeno³. Il polline del mais Bt 176 della Syngenta ha causato forti controversie circa gli impatti sulla farfalla monarca. Ora questa varietà di mais Bt, il Bt 176, è in fase di

abbandono. È stato anche scoperto che questo mais è tossico per le larve della farfalla vanessa lo (*Inachis lo*)⁴.

È stato recentemente scoperto che una lunga esposizione al polline Bt di due tipi di mais Bt, il MON810 e il Bt11, causa effetti negativi sulle larve della farfalla monarca, nonostante queste varietà di mais Bt contengano meno Bt nel proprio polline rispetto al Bt176. Sebbene non siano stati notati effetti a breve termine (4-5 giorni)⁵, studi a lungo termine (due anni) hanno constatato che oltre il 20% in meno di farfalle monarca raggiungono lo stadio adulto quando esposte a polline Bt naturalmente depositato⁶. Molte specie di farfalle ed altri insetti sono già minacciati⁷ da fattori quali il cambiamento climatico e la perdita dell'habitat. Il crescente stress dovuto all'esposizione al polline Bt può ulteriormente minacciare alcune specie.

Le valutazioni dei rischi delle colture Bt non necessitano analisi sulle esposizioni a lungo termine di organismi non-target, ed è già stato suggerito che periodi più lunghi di esposizione renderebbero più efficienti tali valutazioni dei rischi⁸. Il caso della farfalla monarca dimostra che è vitale realizzare questi studi.

Cambi nelle popolazioni di insetti, sia nocivi che nemici naturali, sono stati documentati nel cotone Bt. I dati pervenuti dalla Cina mostrano che l'uso di colture Bt può far aumentare popolazioni di altri insetti nocivi secondari, compresi afidi, cimici, mosca bianca e acari⁹. Le analisi hanno dimostrato notevoli riduzioni nella popolazione di parassiti utili, *Microplitis* sp. (riduzione dell'88,9%) e *Campoletis Chloridae* (riduzione del 79,2%) nei campi di cotone Bt¹⁰. Negli Stati Uniti si è riscontrato l'impatto del mais Bt sulla popolazione di *Coleomegilla maculata*, un insetto predatore utile comunemente reperibile nei campi di mais¹¹. È stato anche dimostrato che un tipo di tossina Bt (*Cry1Aa*) è tossica per il baco da seta (*Bombyx mori*)¹².

È stato dimostrato in laboratorio che la crisoperla (*Chrysoperla carnea*) viene danneggiata dalle colture Bt¹³. La crisoperla è un insetto utile che riveste un importante ruolo nel controllo negli insetti nocivi. Gli effetti tossici delle colture Bt sulle crisoperle avvengono attraverso le prede di cui questi insetti si nutrono, che a loro volta hanno ingerito colture Bt. Ciò dimostra che le tossine Bt possono avere effetti su organismi lungo diversi livelli

della catena alimentare. Ciò nonostante, incuranti delle critiche e dei suggerimenti fatti da scienziati, le valutazioni dei rischi per le colture Bt comprendono solo studi su singole specie, studi che non scopriranno quindi alcun effetto su organismi susseguenti nella catena alimentare¹⁴.

“Gli studi di effetti non-target su singole specie rappresentano un approccio limitato per la valutazione degli impatti ecologici positivi e negativi di tali effetti. La comprensione delle conseguenze ecologiche degli effetti non-target dipende anche da un'accurata identificazione di ciò che un organismo geneticamente modificato può alterare nei processi fisici e biologici, e capire quali impatti tali alterazioni possono avere sull'ecosistema.”

Ecological Society of America(2004).

L'inquietante conclusione è che le tossine Bt delle piante GM possono uccidere specie non-target e passare lungo la catena alimentare, un effetto che non è mai stato riscontrato nella forma naturale della tossina Bt.

IMPATTO SULLO STATO DI SALUTE DEL SUOLO.

Gli organismi del suolo rivestono un ruolo cruciale per la salute del suolo stesso. Per questo motivo è necessario comprendere come differenti pratiche agricole possono influenzarli. Le colture Bt possono rappresentare un problema a lungo termine per la salute del suolo, poiché rilasciano proteine tossiche per alcuni insetti e sono sospettate di essere tossiche per una serie di organismi non-target, compresi i lombrichi¹⁵. Un numero sconosciuto di specie compongono la rete alimentare nel suolo e possono essere influenzate dal Bt; finora i test sono stati condotti su pochi tipi di suolo ed ecosistemi.

Se, in campo, il Bt depositato nel suolo da tali colture dovesse avere impatti sugli organismi del suolo - batteri, funghi, insetti, lombrichi - ci sarebbe senza dubbio un effetto “a valanga”. Se le colture Bt uccidono o riducono l'attività di tali organismi del suolo, esse disturberanno la rete di relazioni necessaria a portare avanti le funzioni essenziali dell'ecosistema, come la decomposizione ed il ciclo nutritivo.

Le colture Bt rilasciano tossine nel suolo attraverso le radici¹⁶ e gli scarti dei raccolti Bt lasciati nei campi contengono a loro volta tossine Bt. Esse possono resistere nel suolo per oltre 200 giorni, specialmente in freddi periodi invernali¹⁷. Inoltre, le proteine Bt sono probabilmente presenti nel suolo non solo durante la crescita, ma anche per lungo tempo dopo la raccolta. Ciò aumenta la possibilità di accumulo di tossine Bt nel suolo¹⁸.

Sono necessari ulteriori studi per determinare se la persistenza di Bt può causare problemi per organismi non-target e per la salute dell'ecosistema del suolo. Sono necessari studi di lungo termine sugli impatti delle colture Bt.

PROBLEMI DI RESISTENZA.

Un ulteriore rischio ambientale legato alle colture resistenti agli insetti consiste nella possibilità che i parassiti sviluppino resistenza agli effetti del Bt. Ciò è dovuto al fatto che la costante esposizione alle tossine Bt, prodotte da queste piante, favorisce la sopravvivenza di insetti nocivi che dimostrano immunità genetica al Bt. Col passare del tempo, ciò può portare alla proliferazione di individui resistenti fino al punto in cui il Bt non sortirà più effetti sulla maggior parte degli insetti nocivi oggetto del problema.

Negli Stati Uniti, l'Agenzia di Protezione dell'Ambiente (EPA) ha stabilito complessi requisiti per i "rifugi" Bt (aree coltivate con colture non-Bt), che sono necessari per rallentare lo sviluppo della resistenza degli insetti al Bt. Tuttavia, le preoccupazioni restano in quanto gli attuali requisiti dei "rifugi" possono rivelarsi non sufficienti (20% dell'area coltivata con colture Bt)¹⁹ e potrebbero non essere rispettati rigorosamente. I "rifugi" possono risultare inadeguati per le piccole aziende agricole in Europa ed in altre aree, che sono notevolmente diverse dagli ampi appezzamenti degli Stati Uniti. Questo problema è già stato riscontrato per il cotone Bt sia in India²⁰ che in Cina²¹.

Persistono seri dubbi circa l'effettiva efficienza dei "rifugi". È anche stato dimostrato che la resistenza al Bt dei principali insetti nocivi di mais e cotone, *Helicoverpa zea*, può svilupparsi rapidamente²² se crescerà la superficie coltivata a mais Bt negli Stati Uniti, nell'area della "corn belt". Anche la contaminazione di OGM nei

"rifugi" di mais non-Bt, causata dall'impollinazione incrociata, può indebolire i "rifugi" stessi, dato che gli insetti nocivi saranno ancora esposti al Bt²³.

C'è abbondanza di dati scientifici che sostengono le preoccupazioni circa la resistenza degli insetti nocivi²⁴. Se la resistenza al Bt si diffondesse, le difese delle colture GM dagli insetti nocivi diventerebbero inefficaci. A quel punto l'utilizzo di nuovi e forse peggiori pesticidi chimici tossici diverrebbe inevitabile. In più, l'accresciuta resistenza porrebbe in serio pericolo anche i metodi di agricoltura sostenibile.

EMERGENZA SUPERINFESTANTI?

La resistenza agli insetti nelle colture GM (ad esempio nelle colture Bt) è considerato dagli scienziati un gene con tendenza al miglioramento, e che quindi, probabilmente, può aumentare in frequenza e diffondersi fra la popolazione locale²⁵. Una simile tendenza, incrementa anche le possibilità che le specie affini di infestanti selvatici diventino un problema o invadano la popolazione selvatica esistente²⁶. Ad esempio, studi condotti sul colza (*Brassica napus*) hanno dimostrato che il gene Bt può trasferirsi ad un parente selvatico (*B. rapa*)²⁷.

Il gene Bt può avere ampi impatti ecologici se si diffonde presso tutta la popolazione (introgressione), attraverso:

- persistenza della proteina Bt nel suolo, con tossicità per gli organismi del suolo
- tossicità per erbivori non-target, predatori e parassiti (nemici naturali o insetti nocivi)
- lo sviluppo della resistenza al Bt in insetti nocivi target.

IMPATTO SUI METODI DI AGRICOLTURA SOSTENIBILE.

Per decenni, l'uso delle tossine Bt come spray fogliare ha fornito a coloro che praticano agricoltura biologica o altri metodi sostenibili un'arma preziosissima contro gli insetti nocivi. Il pesticida Bt elimina gli insetti target senza danneggiare insetti predatori utili²⁸ e non si conoscono effetti dannosi su mammiferi o uccelli.

Grazie alla sua efficacia e sicurezza paragonata ai pesticidi che essa sostituisce, la tossina Bt è forse il più importante pesticida mai scoperto. Se però gli insetti nocivi sviluppassero resistenza ai suoi effetti, i coltivatori biologici verrebbero privati di un potente sistema di controllo degli insetti nocivi, ed altri potrebbero scegliere di usare pesticidi più dannosi per la natura. Il controllo biologico degli insetti nocivi può anche essere messo in pericolo dall'eliminazione di insetti predatori utili, come la crisoperla, la quale è essenziale per il trattamento di insetti nocivi in modo naturale.

Greenpeace si oppone al rilascio in ambiente di organismi GM a causa del carattere irreversibile di tale rilascio ed alla potenzialità che gli organismi GM hanno di causare seri danni all'ambiente.

I rischi dovuti alle colture Bt comprendono:

- effetti su organismi non-target, inclusi effetti indiretti e a lungo termine
- effetti sulla salute del suolo
- sviluppo della resistenza di insetti al Bt con relativo impatto sui metodi di agricoltura sostenibile
- la minaccia che specie affini selvatiche acquisiscano caratteristiche conferendo loro un vantaggio ecologico.



Note:

¹ James, C. 2003. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2003. ISAAA Briefs No. 30. Ithaca, NY: ISAAA. <http://www.isaaa.org/>

² 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. Hillbeck, 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.

³ 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.

⁴ 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.

⁵ 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.

⁶ 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.

⁷ 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.

⁸ 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. Marvier, M. 2002. Improving risk assessment for nontarget safety of transgenic crops. *Ecological Applications* 12: 1119-1124.

⁹ 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.

¹⁰ Cui, J. and J. Xia. 1999. Effects of transgenic Bt cotton on the population dynamics of natural enemies. *Acta Gossypii Sinica* 11: 84-91.

¹¹ 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.

¹² 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.

¹³ 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.

¹⁴ 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

¹⁵ 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.

- ¹⁶ Saxena, D., S. Flores and 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.
- ¹⁷ 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.
- ¹⁸ 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.
- ¹⁹ Knight, J. 2003. Agency 'ignores its advisers' over *Bt* maize. *Nature* 422: 5.
- ²⁰ Jayaraman, K.S. 2002. Poor crop management plagues *Bt* cotton experiment in India. *Nature Biotechnology* 20: 1069.
- ²¹ Huang, J. and Q. Wang. 2003. Biotechnology policy and regulation in China. IDS Working Paper, Biotechnology Policy Series 4, Brighton: Institute of Development Studies.
- ²² 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.
- ²³ 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.
- ²⁴ 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.
- ²⁵ 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.
- ²⁶ 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.
- ²⁷ 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.
- ²⁸ McGaughey, W.H. and M.E. Whalon. 1992. Managing insect resistance in *Bacillus thuringiensis* toxins. *Science* 258: 1451.