

**PIANTE TRANSGENICHE, ECOSISTEMI E GENI DELLA MORTE.**  
MANUELA GIOVANNETTI, Università di Pisa.

IL PONTE, Anno LV, n. 9, settembre 1999, pagg. 104-110.

I principali motivi che hanno scatenato ondate di articoli giornalistici sulle biotecnologie sono stati i recenti scandali alimentari del "pollo alla diossina" e di "mucca pazza", che niente hanno a che fare con le biotecnologie stesse. Al contrario, i casi menzionati riguardano il cibo, ed infatti è attraverso la loro associazione con il cibo che è stato possibile effettuare operazioni culturali come quella che ha portato a discutere di biotecnologie e piante transgeniche in contrapposizione a "sapori antichi" e "slow food". Così, si è arrivati a mettere in discussione, al massimo, gli allevamenti intensivi, nel caso del "pollo alla diossina", ed il fatto che un erbivoro fosse stato alimentato come un carnivoro, nel caso di "mucca pazza". Utilizzando questo sistema, che preferirei chiamare trucco, si è evitato che il cittadino-consumatore medio si ponesse domande quali:

a) come è possibile che olio di scarto contenente diossina finisca negli alimenti dei polli?

b) come possono cadaveri di pecore malate finire nei mangimi delle mucche, senza neanche avere la certezza che non contengano più l'agente infettante?

Soprattutto si è evitato di dire al cittadino-consumatore che dietro ad ogni caso/scandalo ci sono stati forti interessi economici dei quali si è spesso taciuto, e che i vari governi europei nell'emanare leggi e nel fare controlli non hanno certamente difeso la salute e la sicurezza alimentare del cittadino-consumatore stesso.

Analogamente, ogni volta che si cerca di discutere seriamente dei rischi connessi alla coltivazione ed alla utilizzazione di piante transgeniche, si innesca il meccanismo sopra descritto di associazione col cibo, che porta inevitabilmente a considerazioni sulle possibilità che il cibo transgenico sia dannoso per la salute umana, e provochi reazioni allergiche ed intolleranze alimentari. Questo argomento è molto importante, è stato molto dibattuto ed è oggetto di controversie internazionali, riguardanti soprattutto le importazioni di cibi transgenici dagli Stati Uniti d'America all'Europa. I governi di molte nazioni, tra cui India, Norvegia e Danimarca, insieme a Consumers International, una federazione di 246 organizzazioni di consumatori, chiedono da tempo che tutti i cibi prodotti attraverso tecniche di modificazione genetica (GM) siano etichettati, opponendosi al concetto di "sostanziale equivalenza" introdotto nel 1993 dalla Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), in base a cui i cibi GM sono comparati con i corrispettivi non-GM, in termini di tossicità e qualità nutrizionali. La etichettatura faciliterebbe lo svolgimento di studi epidemiologici per

determinare qualsiasi aumento delle allergie o malattie possibilmente collegate al cibo transgenico.

Al di là del rischio alimentare dei cibi transgenici, che suscita così tanto interesse nei media, a mio parere i pericoli più grandi connessi all'uso di piante transgeniche riguardano la loro stessa coltivazione, poichè del destino dei geni modificati dopo il loro rilascio nell'ambiente non si conosce ancora quasi niente. In particolare non si conoscono gli effetti che le piante transgeniche coltivate possono avere su tutti gli altri componenti dell'ecosistema, come gli insetti e gli uccelli che si cibano delle loro foglie e radici. Né si conoscono le interazioni delle enormi quantità di residui della coltivazione delle piante transgeniche con i microrganismi del suolo che decompongono l'intera pianta e rimettono in circolo gli elementi nutritivi. Di certo sappiamo che in natura i geni possono essere trasferiti da un organismo all'altro, esattamente come in laboratorio.

Di seguito cercherò di descrivere i principali rischi ambientali connessi alla coltivazione di piante geneticamente modificate, utilizzando i dati della letteratura scientifica internazionale, e citerò l'esempio della modificazione delle piante con la tecnologia "Terminator", il gene della morte, a sostegno della tesi che l'assenza di scienza e coscienza, e la contemporanea presenza di forti interessi economici, costituiscono la base dei disastri ambientali passati e futuri.

### ***Piante transgeniche.***

Gli organismi geneticamente modificati (OGM), definiti anche transgenici, sono prodotti utilizzando processi di ingegneria genetica, che permette l'aggiunta di nuovi geni o il cambiamento di geni già esistenti nell'organismo oggetto della manipolazione. Siccome il codice genetico è universale, geni prelevati da topi o da batteri possono funzionare bene in organismi vegetali come mais o cotone e viceversa. Il processo di trasferimento di geni da una specie all'altra prende il nome di **trasformazione**, i geni inseriti nella nuova specie sono definiti **transgeni** ed il prodotto è un **organismo transgenico**.

Le piante transgeniche sono diventate una importante realtà commerciale in agricoltura in pochissimi anni: nel 1996 solo una varietà di mais transgenico era coltivata negli USA ed interessava lo 0,75% dei terreni coltivati a mais; nel 1997 le varietà diverse di mais transgenico coltivate erano sette ed interessavano il 9% delle colture di mais; nel 1998 undici varietà transgeniche rappresentavano il 25% della superficie totale coltivata a mais (Nature, 398, 736). Oltre al mais, anche la soia transgenica ha rapidamente invaso il mercato agricolo americano: ingegnerizzata dalla Corporazione Monsanto, la soia Roundup Ready® contiene nel suo patrimonio genetico un gene batterico che la rende tollerante all'erbicida Roundup® , prodotto anch'esso da Monsanto.

Questa soia fu introdotta per la prima volta nel 1996 e si stima che nel 1998 ne siano stati coltivati negli USA circa 18 milioni di acri (Horstmeier, 1998).

La maggior parte delle piante transgeniche attualmente coltivate sono state modificate per renderle tolleranti a erbicidi o ad insetti dannosi. Per quanto riguarda le varietà erbicida-tolleranti, quelle coltivate più comunemente sono in grado di crescere bene in presenza di erbicidi come il glifosato e glufosinato, che possono così essere distribuiti sulle colture senza danneggiarle: oltre alla soia già citata, un altro esempio è costituito dalla varietà di mais "T25", prodotto dalla compagnia biotecnologica tedesca AgrEvo.

Per quanto riguarda le varietà di piante resistenti ad insetti, gli esempi più importanti sono costituiti da mais, cotone e patate *Bt*, varietà geneticamente modificate per produrre tossine che in natura sono prodotte da un batterio del terreno, *Bacillus thuringensis* (*Bt*). Dal 1995, anno di registrazione delle colture *Bt* da parte della Environmental Protection Agency degli USA, sono state approvate sette varietà di mais, una di cotone ed una di patata, prodotte dalle multinazionali Monsanto, Novartis, Mycogen, DeKalb, AgrEvo. Nel 1998 circa 20 milioni di acri sono stati coltivati con varietà *Bt* negli Stati Uniti, 15 milioni dei quali erano costituiti da mais, che rappresentavano il 20% circa della superficie totale coltivata a mais (Nature, 397, 636). E' interessante notare, anche ai fini di quanto verrà discusso in seguito, che ogni singola cellula di ogni singola pianta coltivata contiene il gene attivo e produce tossine.

### ***Rischi connessi alla coltivazione di piante transgeniche.***

I rischi ecologici connessi al rilascio nell'ambiente di piante geneticamente modificate sono stati e sono tuttora al centro di controversie internazionali, sia in ambito scientifico che politico (Rissler, Mellon, 1996). Uno dei primi rischi di cui si è discusso è rappresentato dalla possibilità di diffusione del polline proveniente dalle piante transgeniche, attraverso il vento o gli insetti impollinatori. La propagazione dei transgeni attraverso il polline è inevitabile ed ingovernabile e sono stati ormai descritti molti casi di ibridizzazione tra specie transgeniche coltivate e specie correlate che crescono spontanee nei campi vicini (Bergelson, Purrington, Wichman, 1998). Per esempio, la ibridizzazione tra *Brassica napus* (colza) transgenica, tollerante l'erbicida glufosinato, e *Brassica campestris* è stata provata in esperimenti in campo, e gli ibridi interspecifici della seconda generazione contenevano il transgene della tolleranza all'erbicida (Mikkelsen, Andersen, Jorgensen, 1996). E' evidente che la rapida propagazione di geni per la tolleranza agli erbicidi potrebbe portare in tempi brevi alla nascita di piante spontanee altamente invasive e non più controllabili con gli erbicidi conosciuti, o alla proliferazione di piante "superinfestanti". Il rischio di impollinazione incrociata e di diffusione incontrollata dei transgeni diventa molto alto nelle colture agrarie, dove possono venire coltivate varietà GM e non-GM a distanze non di sicurezza.

Proprio perchè non siamo ancora certi del destino dei transgeni in natura, la Svizzera ha recentemente negato il permesso di condurre sperimentazioni in campo con la varietà di mais transgenica T25 alla compagnia biotecnologica tedesca AgrEvo, sulla base del fatto che i dati sulla valutazione del rischio erano inadeguati e che dovevano essere presentati piani di monitoraggio del flusso potenziale di geni verso le piante vicine e gli organismi viventi nel terreno (Nature, 398, 736). Questo è uno dei primi esempi di applicazione del "principio di precauzione", che dovrebbe essere alla base di ogni azione umana. In realtà, flusso di geni da piante coltivate a piante spontanee vicine è stato già documentato per piante come mais, carota, sorgo, girasole, fragola, barbabietola (Nature, 392, 653-654).

Il rischio di inquinamento genetico incontrollabile riguarda anche le varietà transgeniche *Bt*, che producono tossine attive contro insetti dannosi. Oltre a tale rischio, nelle colture di piante *Bt*, potrebbe verificarsi, nel giro di pochi anni, l'evoluzione della resistenza alle tossine negli insetti-target (bersaglio), dovuta alla forte pressione selettiva esercitata sugli insetti stessi dalla produzione costante di tali tossine in ogni cellula della pianta (Gould, 1997).

Molte associazioni americane di produttori di pesticidi e di semi *Bt* sottolineano che i rischi ambientali non sono ancora provati sperimentalmente, e che mancano dati scientifici sul trasferimento di transgeni *Bt* a piante vicine, o sui danni delle tossine *Bt* ad insetti utili o ad altri organismi. Al contrario, nel caso del mais, una recente ricerca pubblicata sull'autorevole rivista scientifica *Nature* ha dimostrato che il polline proveniente da mais *Bt* depositato sulle foglie di una diversa specie di pianta provocava la morte del 40% circa delle farfalle monarca che si cibavano di tali foglie (Losey, Raynor, Carter, 1999). La farfalla monarca non è un insetto dannoso, è semplicemente uno dei tanti organismi che vivono nei prati, vicini o lontani dai campi coltivati, e che non costituiscono certo il bersaglio delle tossine prodotte dalle piante transgeniche *Bt*: sono cioè insetti non-target. Altre ricerche hanno dimostrato un impatto negativo su insetti non-target, che avevano ingerito a loro volta insetti alimentati con piante transgeniche produttrici di tossine (Hilbeck, 1998). I potenziali pericoli ambientali risiedono quindi nella possibilità concreta che si verifichi una catena di eventi dannosi per tutti gli organismi viventi in un dato ecosistema.

Ai sostenitori del rischio zero potrebbe essere posta la seguente domanda: quanti organismi non-target possono essere messi a rischio dalle tossine *Bt* quando il polline che le contiene è disperso dal vento e si deposita su tutte le specie di piante viventi nel raggio di almeno 60 metri dalle coltivazioni? Se si pensa poi alla enorme quantità di residui vegetali che le coltivazioni di mais lasciano sui terreni agrari, residui che vengono interrati e sono ingeriti dalla microfauna del suolo e degradati dai microrganismi, non possiamo escludere

che le tossine *Bt*, contenute in ogni cellula di ogni pianta, possano interagire negativamente con altri componenti dell'ecosistema e costituire un reale rischio per organismi non-target.

Dunque l'inquinamento genetico provocato dalla coltivazione delle piante transgeniche ha profonde implicazioni per la conservazione della biodiversità. Anche Robert May, il principale consigliere scientifico del governo britannico, che minimizza i rischi derivanti dall'evoluzione di possibili "superinfestanti" e dalla impollinazione incrociata, si è mostrato invece preoccupato per l'impatto che le piante geneticamente modificate possono avere sulla conservazione della biodiversità e del paesaggio naturale (Nature, 398, 654).

La consapevolezza che gli scienziati non conoscono in anticipo tutte le possibili interazioni tra i geni introdotti nel patrimonio genetico di una pianta e l'intero ecosistema, dovrebbe guidare l'azione dei governi europei, per poter garantire la sicurezza alimentare, la salvaguardia dell'ambiente, la difesa della biodiversità. Solo ricerche sperimentali a lungo termine ed in campo, sottoposte a controlli pubblici rigorosi e trasparenti, potranno produrre serie valutazioni di impatto ambientale delle piante transgeniche e chiarire alcune delle incognite che i bioingegneri non riescono a calcolare a causa della complessità degli ecosistemi.

### ***I geni della morte.***

Nell' agricoltura moderna alcune colture, tra cui il mais, non sono riseminate utilizzando i semi prodotti dal raccolto precedente, ma sono regolarmente vendute ogni anno agli agricoltori dalle grandi industrie sementiere che selezionano sementi ibride per l'agricoltura intensiva. Molte altre colture importanti, come riso, grano, soia, cotone, non sono invece coltivate da semi ibridi, e spesso i contadini, specialmente nei paesi più poveri, utilizzano la pratica antica di seminare i campi con i semi prodotti dal proprio raccolto. Questa pratica non sarà più possibile se un brevetto americano del 1998 sarà utilizzato per costruire piante geneticamente modificate perchè uccidano i loro stessi semi di seconda generazione. Tale brevetto è stato denominato "Terminator Technology" dal RAFI (Rural Advancement Foundation International), una organizzazione internazionale dedicata alla conservazione ed allo sviluppo sostenibile della biodiversità in agricoltura ,che ha analizzato le possibili implicazioni sociali, economiche ed ambientali dell'invenzione. Non è questa la sede per descrivere nel dettaglio il complicato processo che induce i semi al suicidio invece che alla germinazione. In sintesi, la pianta ingegnerizzata contiene il gene per la produzione di una tossina che ucciderà il seme prodotto dalla pianta stessa. Tra le tante tossine possibili, gli inventori di Terminator suggeriscono di utilizzare una proteina che inibisce la sintesi delle proteine, in mancanza delle quali ogni pianta muore in tempi brevi, e che sostengono non essere attiva contro organismi diversi dalle piante.

Per quanto sopra discusso riguardo ai rischi di propagazione del polline transgenico nell'ambiente e di impollinazione incrociata con piante vicine della stessa specie, possiamo facilmente immaginare il disastro ecologico che potrebbe derivare dal rilascio nell'ambiente agrario di semi transgenici contenenti "geni della morte". Inoltre tali semi potrebbero avere effetti imprevedibili sugli organismi che se ne cibano, come uccelli ed insetti, e sui microrganismi del suolo, che li utilizzano dopo averli degradati. Siccome si conosce ancora molto poco di come i geni siano attivati e disattivati nei vari organismi, e sono noti casi di geni introdotti in una pianta per una precisa funzione che in realtà hanno funzionato in tutt'altro modo, potrebbe avvenire che i geni della morte siano attivati improvvisamente in tempi diversi ed in siti diversi dal seme.

Come sostiene Martha Crouch, Professore di Biologia all'Università dell'Indiana, gli inventori di Terminator nella descrizione del loro brevetto mostrano un modo di pensare pericolosamente riduzionista, omettendo di considerare qualsiasi effetto sulla ecologia di tutti gli organismi che possono venire in contatto con i geni della morte. Certo è che interferire così pesantemente su processi naturali fondamentali della vita senza conoscere niente delle lunghe catene di relazioni tra componenti diversi e lontani degli ecosistemi, può produrre effetti globali inaspettati, imprevedibili e disastrosi.

A questo punto si impone una riflessione sulle possibili conseguenze che l'utilizzazione e diffusione della tecnologia Terminator potrebbe avere sulla sopravvivenza delle popolazioni dei paesi più poveri. L'introduzione dei geni della morte in colture fondamentali come il riso o il grano potrebbe consegnare nelle mani delle multinazionali delle sementi la sorte di interi paesi. Le implicazioni di Terminator sono quindi anche di natura sociale e politica, oltre che economica.

Sarebbe opportuno che l'interesse di politici e studiosi di bioetica, così forte per la sorte degli embrioni oggetto di studio o frutto di fecondazioni in vitro si estendesse anche ai geni della morte, dalla cui commercializzazione può dipendere la sorte di milioni di persone.

#### BIBLIOGRAFIA

- Mikkelsen, T. R., Andersen B., Jorgensen R. B. 1996. The risk of crop transgene spread. *Nature*, vol. 380, pag. 31.
- Bergelson, J., Purrington C. B., Wichman G. 1998. Promiscuity in transgenic plants. *Nature*, vol. 395, pag. 25.
- Losey, J. E., Raynor L. S., Carter M. E. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, vol. 399, pag. 214.
- Hilbeck, A. 1998. *Environmental Entomology*, vol. 27, pagg. 480-487. ???
- Rissler, J., Mellon M. 1996. *The ecological risk of engineered crops*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, U. S. A.