

## La coltivazione di PGM, a differenza delle coltivazioni convenzionali, può avere delle conseguenze sull'ambiente circostante ?

Lo spazio naturale che ci circonda, ormai definito come “ambiente” è formato dall'insieme degli ecosistemi liberi di evolvere spontaneamente e sottoposti a varie pressioni antropiche non agricole. Per contro lo spazio agricolo circostante viene coltivato rispettando dei principi agronomici di base e delle pratiche sperimentate, in particolare: per quanto riguarda la restituzione al substrato terreno degli elementi nutritivi asportati dai raccolti, per l'alternanza di coltivazione, nel medesimo campo e di anno in anno, di specie diverse al fine di preservare al meglio la struttura del suolo e non selezionare solo una categoria di erbe infestanti o di parassiti; sempre, però, tenendo ben presente di ridurre al minimo i rischi, sia per l'uomo che per l'ambiente, che sono legati all'uso di intrans e di pesticidi ecc.

Queste tecniche, chiamate buoni comportamenti agricoli (BCA) concorrono ad ottimizzare la quantità dei raccolti pur mantenendo inalterati per lungo tempo il potenziale produttivo del suolo e gli equilibri biologici e dinamici dell'agrosistema. Tutto ciò è anche compendiato nella seguente frase: “coltivare da buon padre di famiglia”, che è la base della professione dell'agricoltore, qualsiasi sia il sistema agricolo praticato e qualsiasi sia la zona geografica.

L'interazione tra i diversi agrosistemi e gli ecosistemi frammisti è una preoccupazione recente nella storia dell'agricoltura. A causa dello sviluppo delle scienze dell'ecologia e ambientali, la professione legata all'agricoltura ha integrato il concetto di durabilità della loro attività sottoforma di sistemi di produzione più rispettosi dell'ambiente, come ad esempio praticando le regole dell'agricoltura ragionata. L'introduzione delle coltivazioni PGM non affranca il conduttore dell'azienda agricola dal rispetto di queste regole, salvo se la PGM preveda la modifica di qualche pratica agronomica; come ad esempio se si coltiveranno delle PGM che utilizzeranno meglio la concimazione azotata è evidente che si adegnerà la somministrazione di azoto. Pertanto ancora una volta si evince che l'impatto di una PGM deve essere preso in esame “caso per caso”, distinguendo tra gli effetti che la “disseminazione del transgene” provoca sulla fauna e la flora dell'ambiente e dall'altro gli effetti indotti da una modifica indotta nelle pratiche agronomiche.

### ***1 - I rischi e le conseguenze della disseminazione di geni nell'ambiente provenienti da piante transgeniche.***

Le piante convenzionali, ottenute per mezzo della selezione classica, hanno sempre disperso i loro geni nell'ambiente attraverso il flusso pollinico. Non solo, ma le tecniche classiche di miglioramento vegetale hanno largamente ricorso alla introduzione dei geni di specie esotiche e, soprattutto, senza essere a conoscenza delle caratteristiche genomiche del carattere che si trasferiva e soprattutto senza dover spiegare la tracciabilità delle tecniche che erano state messe in atto. Per giunta queste piante sono ormai considerate totalmente naturali, comprese quelle tolleranti a certi erbicidi, a certe malattie o a certi parassiti animali.

La transgenesi, che è solo più recente, suscita, per contro, molte interrogazioni che hanno messo in atto delle regolamentazioni molto severe sia per autorizzare le PGM che per essere messe in coltivazione e usate. Inoltre le regolamentazioni variano da paese a paese, complicando così ancor più le cose.

#### *1.1 Circa i rischi di trasmissione dei transgeni ad altre specie vegetali.*

Questo rischio è prioritariamente legato all'esistenza nell'ambiente circostante di specie apparentate o comunque interfertili: in Europa è il caso del colza e della bietola; per contro invece il mais non ha partner nella flora europea e dunque non può diffondere il proprio polline alle piante selvatiche. E' appunto per questo che il dossier botanico delle PGM proposte all'omologazione contiene un esame particolarmente attento, quando si esaminano le domande di messa in coltivazione. Questo rischio potrebbe diventare preoccupante, però, solo nel caso in cui queste piante selvatiche, che avessero integrato un gene attraverso il polline di altre piante, fossero sottomesse ad una pressione selettiva che favoriscano la loro salvaguardia e che alterino gli equilibri esistenti. Occorre anche segnalare inoltre che il suolo è un serbatoio di semi che possono avere una lunga sopravvivenza e ciò potrebbe amplificare il rischio delle PGM nell'ambiente.

#### *1.2 La flora selvatica può divenire un serbatoio di transgeni?*

I geni delle PGM si trasmettono alle piante apparentate alla stessa identica maniera di tutti gli altri geni della pianta selvatica ed inoltre possono rimanere anche in assenza di una pressione selettiva, tutto ciò fino al punto che queste modifiche possono divenire non reversibili a corto o medio termine. Di fatto quindi ed alla stessa stregua delle piante convenzionali, certe piante selvatiche possono divenire dei serbatoi di transgeni ed a loro volta possono trasferire i loro geni a piante interfertili attraverso l'incrocio. La probabilità di questa disseminazione inversa aleatoria comunque resta molto bassa.

E' altrettanto vero che se sono gli stessi meccanismi che operano anche nelle piante convenzionali, in questi casi non si cerca di tracciare i geni miglioratori che si dovessero infiltrare nella flora selvatica, contribuendo a far evolvere la biodiversità delle specie "naturali".

### 1.3 I mezzi per ridurre i rischi legati alla disseminazione.

Da un punto di vista agronomico una sorveglianza molto attenta dei ricacci (vale a dire le piante che nascessero da semi sparsi durante il raccolto precedente), come anche la messa in atto di interventi meccanici e fitosanitari appropriati e l'organizzazione spaziale delle coltivazioni permettono di limitare i rischi di disseminazione di varietà geneticamente modificate (GM); sono pratiche non nuove, ma già messe in atto per certe coltivazioni di piante tradizionali. Dal punto di vista della sorveglianza post-commercializzazione, viene chiesto ai fornitori di PGM di diffondere le raccomandazioni necessarie agli utilizzatori di sementi GM.

In più i fornitori di sementi GM sono obbligati a mettere a disposizione delle sonde molecolari per poter tracciare la dispersione di transgeni. Si può dunque affermare che la disseminazione ambientale di PGM è ben sorvegliata ed inoltre esistendo l'obbligo del rinnovo dell'autorizzazione ogni 10 anni si ha la possibilità, negando l'ulteriore omologazione, di non far continuare la coltivazione.

Una soluzione biotecnologica futura, al fine di evitare la diffusione del transgene attraverso il polline, sarebbe la transgenesi plastidiale, cioè nei genomi degli organi citoplasmatici a genoma, in quanto questi sono a trasmissione solo materna.

### 1.4 Impatto sulla flora batterica

La possibilità di trasferimento di geni tra una PGM ed un batterio dell'ambiente è stato dimostrato in laboratorio, ma trasferimenti simili non sono mai stati osservati in campagna ed inoltre non conferirebbero un vantaggio selettivo ai batteri riceventi se si tratta di resistenza agli erbicidi o agli insetti, in quanto non impattano con il ciclo di vita dei batteri nell'ambiente. La stessa cosa dicasi per i geni di resistenza agli antibiotici o a diserbanti usati come marcatori di selezione. Infatti, questi geni non danno un vantaggio selettivo, inoltre, ormai dopo l'azione di selezione richiesta, questi caratteri sono tolti dalle PGM commercializzate. Tuttavia per prevenire ogni altra eccezione, l'INRA ha organizzato delle sperimentazioni in campo ed in condizioni regolamentari, tramite coltivazioni di PGM di specie legnose e quindi persistenti nel tempo, al fine di valutare in quale misura verrebbe eventualmente modificata la flora microbica del suolo. Era appunto l'obiettivo della sperimentazione delle vigne transgeniche di Colmar (saccheggiate e distrutte dagli oppositori degli OGM) e della sperimentazione su pioppi transgenici a Orleans, ma ambedue hanno dovuto essere interrotte.

## **2 - Le perturbazioni indotte dalle coltivazione di PGM negli agosistemi ed il loro impatto sugli ecosistemi**

Le PGM sono coltivate in pieno campo alla stessa stregua e nella medesima maniera delle piante convenzionali, salvo per il carattere/i conferito/i dal transgene che appositamente sono stati immessi per non essere obbligati a continuare certe pratiche agronomiche. La tolleranza agli erbicidi e la resistenza agli insetti, i due caratteri più usati a livello mondiale, non possono quindi essere neutri da un punto di vista delle pratiche colturali e perciò meritano un'attenta sorveglianza sull'ecosistema dell'ambiente interessato.

### 2.1 La tolleranza agli erbicidi

Lo sviluppo della coltivazione di varietà di PGM tolleranti agli erbicidi in ambito di specie di grande coltura (soia, mais, colza e bietola) si basa principalmente sulla resistenza ad una molecola di un erbicida totale, come ad esempio il glyphosate (più conosciuto sotto il nome commerciale di Round Up®) che inibisce un enzima essenziale per il metabolismo delle piante. Le piante tolleranti il glyphosate sono dotate, tramite il transgene di una forma mutante dell'enzima che è insensibile all'inibizione dell'insetticida e quindi sopravvivono allo spandimento del diserbante Round Up, che invece distrugge tutte le infestanti del campo che evidentemente vengono menomate nell'enzima non mutato. E' evidente

che una tale molecola erbicida pone dei problemi non indifferenti, se poi per giunta è associata alla monocoltura su delle vaste superfici e senza mettere in atto delle rotazioni o alternanza di principi diserbanti diversi, i problemi che fanno sorgere sono gravi. L'utilizzazione ripetuta di sempre quell'erbicida è noto che porrà presto o tardi dei problemi di resistenza all'erbicida da parte delle erbe infestanti. Ma ciò non rientra nelle buone pratiche agronomiche e proseguendo con tali pratiche errate non si fa altro che selezionare e far moltiplicare le erbe infestanti divenute resistenti. Il fenomeno è infatti già evidenziato negli USA nelle coltivazioni di soia rr e mais rr (round up ready).

Resta da ribadire che non è il transgene che si è trasferito, ma è la selezione di meccanismi di resistenza insorti per mutazione spontanea attraverso i tanti diserbi fatti sempre con lo stesso principio attivo che fa risaltare il fenomeno. In altri termini si esercita una pressione selettiva forte su individui mutati di infestanti. Il risultato è che lo strumento diserbo, prima risolvete egregiamente problemi di inerbimento, non è più efficace. Dunque non si tratta di un effetto diretto del transgene immesso, ma semplicemente di una condotta agronomica inappropriata. La conferma di quanto detto l'abbiamo dal fatto che ben prima della introduzione delle PGM rr, i casi di erbe infestanti resistenti erano apparsi anche con i diserbi convenzionali ripetuti fatti su coltivazioni tradizionali. Non solo, ma in Europa dove le PGM rr non sono state mai coltivate, mentre il glyphosate è stato usato da tempo e ripetutamente per pulire aree particolari come scarpate dei binari della ferrovia, aeroporti, bordi stradali, sono già apparse specie vegetali resistenti in questi luoghi incolti.

### *La lotta contro le malerbe resistenti agli erbicidi*

Una buona gestione degli erbicidi è la base per poter controllare la comparsa non voluta di piante infestanti resistenti, ciò vale sia in agricoltura convenzionale che in agricoltura che coltiva PGM resistenti agli erbicidi. In questo ultimo caso, anche in considerazione del fatto che gli effetti di un uso scriteriato delle PGM resistenti ad un diserbo totale ha già mostrato le conseguenze nefaste negli USA. E' per questo che occorre una strategia di gestione dell'uso degli erbicidi sempre integrata da pratiche agronomiche che restano fondamentali per accompagnare una coltivazione.

Il dispositivo regolamentare attuale, infatti, prevede che una PGM tollerante ad un erbicida debba essere valutata dall'Alto Consiglio per le Biotecnologie per l'aspetto transgenico e da una apposita commissione di omologazione circa l'uso dell'erbicida da un punto di vista fitofarmaceutico, indipendentemente dal fatto che i due aspetti siano accoppiati in una sola pianta. Certamente, che il vedere comparire delle infestanti multi resistenti è un fatto molto preoccupante perché vi è il pericolo che esse diventino troppo invadenti. Tuttavia l'approccio biotecnologico può offrire un aiuto per meglio controllare delle resistenze indesiderate. Infatti, le PGM possono essere rese tolleranti a più erbicidi nello stesso tempo e con un modo d'azione diverso, ciò permette un diserbo diversificato di anno in anno in modo da colpire le erbe che l'anno prima si erano dimostrate sfuggire al primo tipo di diserbo. Non solo ma la ricerca di nuovi erbicidi selettivi possono complementare l'uso continuato degli erbicidi totali.

### 2-2 : La resistenza agli insetti

La creazione di PGM resistenti agli insetti si basa principalmente nell'introduzione per transgenesi della capacità di sintetizzare delle tossine naturalmente prodotte da un batterio del suolo, *Bacillus thuringiensis*. Queste tossine agiscono a livello dell'intestino delle larve di certe farfalle predatrici delle grandi coltivazioni. E' da qui che si è pensato di creare un mais Bt (di cui il MON 810) della soia Bt e del cotone Bt. L'agricoltura biologica usa spargere le spore di *B. thuringiensis* come mezzo di trattate gli insetti distruttori, ma l'efficienza di questi trattamenti è limitata nella sua efficacia ed, infatti, le PGM-bt assicurano una disponibilità permanente a bassa dose di tossina insetticida. Tuttavia, come detto per gli erbicidi totali, questa disponibilità continua crea inevitabilmente una pressione selettiva tale fa favorire l'emergere di specie di insetti resistenti alla tossina. Delle farfalle resistenti alle tossine sono già state individuate e ciò esige una attenta sorveglianza nel post-commercializzazione di queste PGM (Vedi questione n° 7).

Per minimizzare la deriva di popolazioni di predatori verso la resistenza alle tossine si possono ipotizzare due tipi di strategie:

1. Una strategie agrochimica e biotecnologica volta ad equipaggiare le nuove PGM di una gamma di tossine insetticide aventi modi di azione diversi sugli insetti, vale a dire fare in modo che se una larva dovesse sfuggire ad una tossina ne trovi in aggiunta subito un'altra che la fa morire. In questo modo essa non diffonde i suoi geni mutati.
2. Una strategia che si basi sulla genetica delle popolazioni, in quanto è pacifico che i mutanti resistenti che appariranno saranno inizialmente poco numerosi. Questi mutanti diluendosi in una popolazione di insetti più vasta ed in assenza di un vantaggio selettivo, questi nutanti difficilmente sopravvivrebbero in quanto andrebbero ad incrociarsi con insetti sensibili.

Si tratta quindi di mettere in pratica un sistema di zone rifugio in seno o in prossimità dei campi seminati a PGM; si devono, cioè, seminare delle superfici con varietà convenzionali. Queste zone hanno lo scopo di far albergare dei predatori sensibili alla tossina espressa dalla PGM e su cui, e limitatamente a queste zone, si faranno trattamenti insetticidi chimici ad efficacia parziale. La superficie delle zone rifugio con piante convenzionali sono definite su basi teoriche o empiriche, come ad esempio un 20% della superficie seminata a PGM nel caso del mais Bt in Europa, Canada e USA.

Il concetto delle zone rifugio modifica la gestione dello spazio coltivato in quanto introduce il principio di fare coltivazioni non monovarietalità, di ripartire più complessamente i campi coltivati in quanto si deve programmare un'alternanza di campi con PGM e campi con piante convenzionali. Tuttavia, seppure trattasi di restrizioni, esse hanno il vantaggio di stabilizzare le popolazioni naturali di predatori, rallentando così la comparsa di insetti resistenti.

### **3 - l'impatto delle coltivazioni di PGM sulla biodiversità coltivata o naturale**

La diversità genetica delle piante coltivate è funzione della velocità nel rinnovo delle varietà commerciali. Questa diversità nelle piante coltivate non è diminuita con l'introduzione delle PGM. In realtà il transgene portatore del carattere ricercato può essere inserito in un gran numero di varietà preesistenti la cui adattabilità e produttività sono note e ricercate. E' il caso della Spagna dove vi sono a disposizione ben 210 varietà diverse di mais Bt MON 810. La stessa cosa si registra negli USA dove ben 4500 varietà di mais transgenico sono coltivate e prodotte da ben 200 ditte sementiere diverse.

Per ciò che concerne la flora circostante, l'equilibrio degli ecosistemi potrebbe venire intaccato se delle PGM si disseminassero in modo involontario oppure delle specie selvatiche interfertili acquisiscano il transgene, in questo caso esse acquisirebbero un vantaggio selettivo per opera della pressione selettiva naturale (es. rarefazione delle risorse idriche).

E' questa una questione pertinente per dei caratteri recentemente introdotti come la tolleranza alla siccità, alla salinità, o alla resistenza alle malattie. Se le piante selvatiche acquisissero questi geni potrebbero divenire più invadenti di ciò che sono, specialmente se confrontate con piante che non hanno acquisito il transgene. Viene da sé, che un'azione di sorveglianza e di osservazione degli equilibri floristici dovranno essere messe in atto. Questo aspetto deve essere preso in conto in modo particolare nei casi in cui delle specie selvatiche interfertili coesistano a distanze vicine alle PGM.

Circa l'impatto sulla biodiversità entomologica, i dossier da presentare allegati alla domanda di autorizzazione prevedono l'esame dell'impatto sugli insetti ausiliari delle coltivazioni (come le specie impollinanti e le specie iperparassite). Per le PGM Bt, la domanda circa l'impatto sulle specie d'insetti non bersaglio è legittima e ciò non solo in riferimento alle api domestiche (il cui deperimento e distruzione di alveari non è monofattoriale e specifica, ma multifattoriale e variabile da una regione ad un'altra), ma soprattutto verso i parassiti che consumano gli organi della PGM e che sono esposti alla tossina Bt contenuta nei tessuti della pianta. Tuttavia alla categoria delle piante Bt bisogna dare atto che si evita che l'insetticida sia sparso nell'ambiente circostante, a differenza del ricorso allo spargimento di *B. Thuringiensis* nell'ambiente come si fa in agricoltura biologica, quindi le PGM Bt avvelenano molte meno specie di insetti. In più, la coltivazione delle PGM resistenti agli insetti distruttori sensibili alle tossine Bt permette di ridurre molto sensibilmente lo spargimento nell'ambiente di altri insetticidi chimici. Ecco tutti questi elementi messi assieme concorrono a minimizzare gli impatti sulla fauna entomologica. A conferma di quanto affermato esiste uno studio condotto su 20 anni e fatto su 5 province cinesi che ha mostrato che la biodiversità degli insetti è aumentata nei campi di cotone Bt, in particolare gli insetti ausiliari, come coccinelle e ragni che permettono il controllo biologico degli afidi.

### **Conclusioni sui rischi ambientali delle coltivazioni delle PGM**

In Europa, la richiesta di sperimentazioni, di importazione e di messa in coltivazione di una PGM deve comprendere una valutazione precisa dei rischi ambientali e soprattutto una programmazione di un piano di sorveglianza da attuarsi in postcommercializzazione, come pure dei mezzi di controllo e di correzione di una eventuale diffusione involontaria della PGM o del transgene fuori dai limiti per cui è stata concessa l'autorizzazione. Niente di tutto ciò è richiesto nel caso delle piante convenzionali, cioè non GM, seppure queste usino gli stessi meccanismi biologici di diffusione. Oggi lo spazio coltivato è grandemente sorvegliato e controllato, inoltre è retto da pratiche agronomiche provate e lungamente sperimentate e integranti il rispetto dell'ambiente. Ebbene la coltivazione delle PGM non viene meno a questo principio, anzi vi si uniforma più delle altre colture convenzionali e pertanto rinvigoriscono il controllo dell'attività agricola e degli scambi con lo spazio naturale; ciò a tutela e alla prevenzione dell'ambiente. D'altronde, i problemi recentemente riscontrati (erbe infestanti multi resistenti agli erbicidi) incoraggiano lo sviluppo delle ricerche in agrochimica ed in ambito biotecnologico, come anche nella biologia delle piante, dei loro

parassiti distruttori ( funghi, virus, batteri, nematodi, insetti) e dei loro competitori (erbe infestanti in particolare).