

Sintesi finale e considerazioni conclusive

Giovanni Monastra

Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione

*Nessun'altra tecnologia stimola la
riflessione etica come l'ingegneria genetica*

Hans Jonas

1. Da Asilomar a oggi

Giunti al termine di un volume complesso, frutto di molteplici contributi volti ad analizzare la tematica dell'ingegneria genetica in agricoltura da varie prospettive, *ci sembra opportuno ricordare, in modo sintetico, quanto esposto nelle pagine precedenti, offrendo anche alcune considerazioni conclusive di carattere generale.*

Dalla lettura di molti interventi contenuti nel presente testo si ricava che la tecnica del DNA ricombinante permette di produrre piante, animali e microrganismi con caratteristiche nuove, andando oltre quello che è possibile ottenere mediante le pratiche tradizionali di selezione, allevamento e incrocio.

Tuttavia, negli ultimi anni lo sviluppo e l'applicazione di biotecnologie in campo agricolo ed alimentare hanno fatto emergere nuove problematiche e altrettanti aspetti che devono essere tenuti in considerazione nei processi decisionali relativi allo sviluppo del sistema agroalimentare italiano. D'altra parte, sappiamo che, già fin dalle origini dell'ingegneria genetica, all'interno della stessa comunità scientifica sorsero e si diffusero alcune forti preoccupazioni circa le eventuali ricadute negative di questo settore di ricerca. Al riguardo, la posizione di autorevoli scienziati americani fu molto prudente: nel 1975 si tenne un Congresso ad Asilomar (California) dove venne redatta la famosa "dichiarazione di Asilomar", che lanciava un allarme sui potenziali pericoli della tecnologia transgenica e proponeva una moratoria (un'astensione volontaria dagli esperimenti) in attesa di comprendere i rischi sanitari e ambientali. Era molto in voga una metafora, quella del "vaso di Pandora", secondo la quale la sperimentazione biotecnologica veniva rappresentata come l'apertura di un oscuro contenitore, da cui sarebbero potuti derivare guai imprevedibili per l'umanità. Nella suddetta dichiarazione si legge, tra l'altro, che "E' probabile che questi esperimenti favoriranno la soluzione di importanti problemi biologici teorici e pratici, e, pur tuttavia, creeranno nuovi tipi di elementi di DNA infetto, le cui proprietà biologiche non possono essere previste in anticipo. Vi è la forte preoccupazione che alcune di queste molecole di DNA ricombinante artificiale possano dimostrarsi biologicamente a rischio". Negli anni successivi, però, l'avanzare della ricerca nel campo dell'ingegneria genetica, con il configurarsi, anche, di scenari economici molto attraenti sotto l'aspetto dei profitti, modificò la percezione interna del lavoro scientifico, inducendo un forte ottimismo che portò a superare le cautele e i timori espressi in precedenza. Da allora si è assistito nel corso degli anni a un alternarsi di atteggiamenti assai diversi, talora contrastanti, anche all'interno della comunità scientifica, dovuti alla forte ambivalenza del tema in

discussione. E' infatti innegabile che l'applicazione dell'ingegneria genetica, *almeno potenzialmente*, possa offrire numerosi vantaggi di ordine agronomico, produttivo, nutrizionale o sanitario. Tuttavia, i geni utilizzati per la produzione di OGM sono inseriti in contesti diversi rispetto alle forme convenzionali, e le nuove caratteristiche espresse sono ottenute attraverso modifiche genetiche che portano le cellule a codificare per proteine che non sono "proprie" delle stesse forme convenzionali. Per tale motivo, a fronte dei menzionati vantaggi, è lecito ipotizzare che le stesse modificazioni possano rappresentare una potenziale fonte di rischio per l'ambiente o per il consumatore. Alcuni dei timori espressi ad Asilomar mantengono tuttora una loro legittimità. L'unica risposta seria ai dubbi, ma anche alle promesse ottimistiche, risiede nello sviluppo di una *ricerca organica, globale e sistemica*, capace di abbracciare *tutti* gli elementi e i fattori coinvolti nel campo degli OGM. E' quindi ragionevole sostenere che, prima dell'utilizzo in pieno campo delle colture ingegnerizzate nel nostro Paese, è necessaria molta cautela per *verificare se* le caratteristiche apportate, e le relative conseguenze, non siano dannose sotto vari profili e *se* i possibili vantaggi, *ottenibili solo con l'ingegneria genetica*, compensino gli eventuali aspetti negativi. Tra l'altro per alcuni aspetti non legati a situazioni particolari si possono ottenere dati molto utili analizzando quanto è avvenuto, specie a livello agroambientale, in nazioni dove da circa un decennio, o poco meno, sono presenti estese coltivazioni GM a scopo commerciale (mais e soia in particolare), come gli USA e l'Argentina. Alcune informazioni sono già disponibili, anche se talora l'attendibilità delle fonti lascia a desiderare, mentre ne mancano del tutto altre, poiché certi aspetti non sono stati mai indagati, per lo meno in modo sistematico. Va quindi abbandonata ogni posizione aprioristica, di qualsiasi segno, priva del sostegno di dati e analisi concrete. Queste – lo ribadiamo – possono derivare solo da una ricerca a 360°, condotta da istituzioni pubbliche in condizioni di trasparenza assoluta.

In tale ottica si inserisce la nostra pubblicazione volta a presentare un quadro generale, quanto più ampio possibile, delle attuali conoscenze scientifiche in tema di OGM, evidenziando i vari aspetti legati all'uso di piante e alimenti ingegnerizzati nel sistema agroalimentare Italiano.

2. La transgenesi tra presente e futuro

L'ingegneria genetica è una tecnologia molto complessa che utilizza conoscenze derivanti da discipline diverse (botanica, biologia, chimica, matematica, fisica, informatica), e presenta ancora molti aspetti da studiare e approfondire per poter garantire una necessaria stabilità genetica negli organismi migliorati. Allo stato attuale, la principale tecnica di modificazione genetica delle piante si basa sulle proprietà naturali del batterio *Agrobacterium tumefaciens* di infettare molte piante dicotiledoni trasferendo parte del proprio patrimonio genetico. L'infezione di *Agrobacterium* causa una crescita dei tessuti vegetali in modo simile a quanto accade nei tumori animali, formando la cosiddetta galla a corona o tumore del colletto. La proliferazione del tessuto vegetale è indotta da un plasmide batterico che viene trasferito all'interno della cellula. Nella pratica dell'ingegneria genetica i geni

che portano alla formazione del tumore vengono ovviamente tolti dal plasmidio e al loro posto viene inserita la sequenza che si vuole trasferire nella pianta. Questa non conterrà solo il gene prescelto che poi dovrà esprimersi nella pianta, ma anche altri frammenti di DNA con funzioni diverse: un “promotore” che regolerà l’espressione del gene, geni *marcatori*, che permettano di identificare e selezionare le piante trasformate, scartando quelle che non hanno integrato il gene prescelto e sequenze dette “terminatori” che indicano dove bloccare la trascrizione. Nelle piante transgeniche che sono ora in commercio, il promotore è di origine virale, derivante dal virus del mosaico del cavolfiore (CaMV), ed è “costitutivo”, cioè fa esprimere il gene inserito sempre e in tutti i tessuti della pianta. Attualmente si stanno sperimentando promotori diversi, più mirati, che permettono l’espressione solo in determinati tessuti o a livelli un po’ più prevedibili di quanto faccia il promotore costitutivo CaMV. Per quanto riguarda i geni marcatori, fino a poco tempo fa i più diffusi erano quelli per la resistenza ad alcuni antibiotici fra cui, in particolare, la “kanamicina”. Recentemente l’Unione Europea, per ragioni di sicurezza, ha vietato questo tipo di marcatori che si vanno sostituendo con altri che hanno effetti facilmente individuabili nelle cellule e nelle piante trasformate di prima generazione e poi controllabili anche nei segreganti di generazioni successive. Oltre alle sequenze essenziali precedentemente descritte, se ne possono inserire altre: sequenze che, ad esempio, possono facilitare lo spostamento mirato della futura proteina in comparti cellulari o in zone diverse della pianta; sequenze “enhancers” e “silencers” introdotte per modularne l’espressione, o, infine, sequenze e geni che determinano effetti specifici (ad esempio, quelle che impediscono la germinazione dei semi derivati dalle piante transgeniche). La principale limitazione di questa tecnica è dovuta al fatto che molte specie di monocotiledoni di primaria importanza economica (ad esempio riso, mais e frumento) non sono ospiti naturali dell’*Agrobacterium*, e pertanto non facilmente trasformabili con questo sistema. Per tale motivo sono stati messi a punto altri metodi di trasformazione tra i quali, senza dubbio, il più usato è quello cosiddetto “biolistico”, nel quale piccole particelle (1-2 µm di diametro) vengono rivestite di DNA e “sparate” ad alta velocità in modo da farle penetrare attraverso le pareti delle cellule intatte, veicolando così il materiale genetico. Il vantaggio di questa tecnica consiste nel fatto che si possono trattare così anche piante appartenenti a specie resistenti ad *Agrobacterium* e che si può trasformare così qualsiasi parte della pianta, evitando il passaggio, necessario nel caso della trasformazione con *A. tumefaciens*, attraverso una fase di coltura *in vitro* prima della rigenerazione di piante transgeniche. Quest’ultimo elemento è importante in quanto il passaggio *in vitro*, con una fase di divisione cellulare fuori da qualsiasi controllo, comporta un notevole aumento di frequenza di mutazioni non volute e non controllabili. Un ultimo metodo, attualmente poco usato, è quello del cosiddetto “floral dip” (immersione del fiore), in cui il DNA in soluzione viene fatto assorbire da fiori in boccio, per cui i geni da inserire entrano, anche se con frequenza relativamente bassa, nelle cellule della linea germinale.

Tuttavia, indipendentemente dal metodo utilizzato, inserire una sequenza di DNA nel genoma di un organismo è operazione molto diversa dalla modificazione di una macchina di cui si conosca l’unico progetto del costruttore. Infatti,

l'inserimento di una sequenza di DNA nel genoma di un organismo, di per sé fortemente variabile, può influenzare la dinamica preesistente in modo non previsto. Le interazioni, da questo punto di vista, possono avvenire a tutti i livelli, con effetti sulla struttura stessa delle sequenze inserite, sulla loro espressione, sulle modificazioni che i transgeni provocano nel sistema metabolico complessivo, determinando una potenziale instabilità del transgene e, di conseguenza, un certo livello di imprevedibilità delle caratteristiche genotipiche e fenotipiche delle piante nelle generazioni successive. L'instabilità dei transgeni negli organismi geneticamente modificati può esplicarsi nella perdita dei transgeni stessi o della loro funzione. Sono documentati in letteratura esempi di silenziamento genico per modificazioni di tipo epigenetico (numero di copie e metilazione) e di riarrangiamenti a carico di transgeni che hanno portato a delezioni e/o duplicazioni di regioni del gene o di elementi della sua regolazione. Questi tipi di modificazioni sono stati dimostrati in molti dei prodotti commerciali di prima generazione. Causa di instabilità genica possono essere, infine, la posizione del transgene nel genoma ricevente e la struttura del sito di inserzione. L'instabilità strutturale è rilevante per la determinazione del rischio a causa della sua imprevedibilità in termini di effetti inattesi dell'evento di trasformazione. Per questo motivo tra i criteri della valutazione del rischio è opportuna la richiesta di un'analisi molecolare della stabilità strutturale dei transgeni, e quindi della loro espressione, in successive generazioni. E' estremamente importante procedere con cautela approfondendo sempre più la problematica, per evitare che una eventuale forma di instabilità genetica determini nelle generazioni successive effetti indesiderati che ne annullino o, addirittura, sovvertano i potenziali benefici.

Per quanto riguarda le finalità per le quali sono prodotti gli OGM, attualmente, il settore agroalimentare è il principale utilizzatore della tecnologia del DNA ricombinante. Al momento vengono prodotti OGM, normalmente denominati "di prima generazione", i cui benefici sono essenzialmente di tipo produttivo, essendo piante tolleranti ad erbicidi e resistenti a virus e insetti. Ad oggi dall'Unione Europea sono ammessi 28 diversi costrutti per l'alimentazione. La ricerca, comunque, si sta indirizzando anche verso altri obiettivi, passando da modificazioni che sono essenzialmente utili per i produttori, a OGM (denominati di seconda e terza generazione) nei quali sono introdotti caratteri complessi legati alla qualità degli alimenti, i cui potenziali benefici riguardano particolarmente il consumatore e/o l'industria alimentare.

3. La salute dell'ambiente

L'ingegneria genetica può costituire un grosso potenziale per l'agricoltura futura, ma la sua applicazione richiede accurati controlli preventivi, che escludano l'eventualità di condizioni di pericolo per l'ambiente. Si tratta di un'esigenza indiscutibile, che però, nel caso dei rischi ecologici, è molto difficile soddisfare, in quanto le prove sperimentali sono in generale basate su tecniche riduzioniste, non sempre in grado di affrontare la complessità dell'ecosistema. Un utilizzo poco accorto delle biotecnologie in agricoltura potrebbe arrecare danni del tutto nuovi all'agroecosistema. Bisogna, quindi, seguire, anche in questo ambito, un percorso di

ricerca che evidenzi tutti i problemi esistenti sul campo. Ma, dato il particolare settore a cui ci riferiamo, una conoscenza sufficientemente “solida” sarà difficilmente raggiungibile in tempi brevi, per tre principali ragioni:

- le conseguenze dell'introduzione nei genomi delle specie coltivate di geni provenienti da *phyla* evolutisi separatamente non sono sufficientemente conosciute; ne deriva la difficoltà di effettuare analisi del rischio realmente affidabili;
- il dibattito sui metodi più opportuni per valutare costi-benefici delle colture GM è ancora aperto a livello internazionale;
- l'Italia ha cominciato ad avviare studi per la valutazione dei rischi ambientali connessi alle colture GM con notevole ritardo rispetto ad altre nazioni (le Commissioni ANPA, CNR e Ministero dell'Ambiente incaricate di predisporre linee guida per il monitoraggio degli effetti ambientali degli OGM hanno iniziato ad operare nel 2000).

Inoltre, la conformazione stessa del territorio nazionale presenta particolari problematiche:

- l'elevata diversità biologica che caratterizza l'Italia è il frutto di ampie variazioni dei fattori ambientali su superfici relativamente limitate, determinate dall'articolazione del rilievo, dalla vicinanza del mare, dal prevalente sviluppo in direzione Nord-Sud della penisola. In questo contesto, qualsiasi studio effettuato sull'impatto ambientale degli OGM avrebbe validità limitata;
- c'è una generale concordanza sul fatto che, per rendere accettabili i rischi ambientali, le colture di OGM dovrebbero essere praticate in territori pianeggianti, su ampie estensioni circondate da una fascia della medesima coltura non GM. In Italia queste raccomandazioni potrebbero essere rispettate soltanto nelle maggiori pianure alluvionali, in pratica su meno del 20% del territorio nazionale;
- in Italia allignano i progenitori di numerose specie coltivate; nel caso di molte colture i rischi di inquinamento genetico sono, quindi, potenzialmente più elevati che altrove.

In questo contesto dobbiamo distinguere chiaramente due tipologie di problemi: alcuni di ordine generale, strettamente legati all'applicazione della tecnologia stessa (ad esempio, la probabilità di flusso genico, orizzontale o verticale, gli effetti dell'eventuale persistenza post-coltura di OGM o di loro geni nell'ambiente), ed altri che, spesso generalizzati, non si possono riferire alla tecnologia in sé, ma riguardano i singoli eventi GM coltivati (effetti su organismi non bersaglio; effetti sulla salute del suolo, effetti sulle catene trofiche).

Le principali problematiche affrontate in questa pubblicazione riguardano:

- a) i rischi di flusso genico verticale di OGM;
- b) i rischi di flusso genico orizzontale di OGM;
- c) le interazioni con la flora microbica del terreno;
- d) gli effetti sul suolo della tossina insetticida *Bt*;
- e) l'effetto degli OGM su organismi non bersaglio.

a) I rischi di flusso genico verticale di OGM

La problematica del *flusso genico verticale* riunisce i problemi derivanti dalla possibilità di introdurre specie invasive. Gli OGM possono, infatti, essere essi stessi invasivi oppure trasferire geni ad organismi affini, modificandone le caratteristiche e rendendoli invasivi. Per quanto riguarda le piante coltivate, la possibilità che esse diventino invasive è limitata dal fatto che, in generale, si tratta di piante che vivono soltanto nelle condizioni di coltura, regolate dall'attività umana, e hanno perduto la capacità di mantenersi nell'ambiente naturale. Inoltre, lo stabilirsi ed il persistere di piante spontanee GM in ambiente naturale è limitato, perché i tratti attualmente inseriti nelle piante transgeniche non conferiscono un vantaggio competitivo fuori dal campo coltivato. La situazione di rischio riguarda, quindi, soprattutto la possibilità di passaggio dei geni a varietà selvatiche: si tratta di un caso piuttosto frequente tra varietà non modificate, sia nell'ambito di specie polimorfe, sia anche tra specie differenti, purché geneticamente affini. Un trasferimento alle piante selvatiche dei caratteri introdotti nelle PGM è in grado, potenzialmente, di conferire loro una maggiore resistenza all'attacco di insetti, a patologie diverse, o una tolleranza all'uso di erbicidi ad ampio spettro che vengono normalmente utilizzati in agricoltura, aumentando quindi la loro invasività all'interno degli agroecosistemi. Bisogna però sottolineare che il problema legato al flusso genico verticale dipende essenzialmente dalla reale esistenza di parentali selvatiche nell'area di coltivazione delle PGM. Tra quelle attualmente coltivate, particolare attenzione a questo riguardo dovrebbe essere riservata alla colza, che ha in Europa il suo luogo di origine e può incrociarsi con numerose altre piante, coltivate e selvatiche. Un particolare aspetto del flusso genico verticale riguarda le cosiddette piante volontarie (*volunteer*), ovvero piante della coltura che rinascono nell'annata successiva a quella in cui sono state seminate, quando è in atto un'altra coltura, o una coltura convenzionale (non GM) della stessa specie. E' da sottolineare comunque che l'informazione a proposito del flusso genico verticale è scarsa, e i pochi dati disponibili non si prestano a generalizzazioni.

b) I rischi di flusso genico orizzontale di OGM

La possibilità di trasmissione di caratteri tramite flusso genico orizzontale viene esplicitamente indicata come fattore di rischio in numerosi studi scientifici, anche se i dati di base necessari per una valutazione obiettiva di questo rischio sono al momento estremamente limitati e incompleti. E' comunque importante sottolineare che il flusso genico orizzontale è un fenomeno naturale, e i rischi a esso associati non sono assolutamente connessi al trasferimento di transgeni, ma al trasferimento di qualunque tratto genico presente in ogni pianta, che entra in contatto nel suolo con microrganismi. Perciò, molti sostengono che non vi è motivo di prevedere rischi maggiori di quelli derivanti dall'introduzione di nuove varietà ottenute con i metodi tradizionali. Comunque la situazione dovrà essere monitorata attentamente nel periodo successivo all'introduzione delle PGM nel territorio.

c) Le interazioni con la flora microbica del terreno

Dato che il costrutto transgenico delle piante geneticamente modificate si disperde nel suolo tramite i residui della pianta (in particolare radici e foglie), la decomposizione di tali residui può rilasciare DNA in grado di interagire con i colloidali del suolo senza perdere la capacità di partecipare a eventi di flusso genico orizzontale e trasformare cellule batteriche competenti. Comunque le probabilità che nel suolo una molecola di DNA rimanga integra a lungo sono molto basse, con il risultato che la sua attività fisiologica si riduce drasticamente e velocemente nel tempo. E' tuttavia possibile che un frammento non completo di gene possa inserirsi in un genoma integrandosi perfettamente e ricostituendo il gene completo. Ma perché questa eventualità possa realizzarsi si richiede che l'organismo ricevente sia filogeneticamente vicino all'OGM donatore. Ad oggi il passaggio di transgeni a microrganismi non è stato osservato. Lo stesso vale per geni di piante coltivate, il cui passaggio a microrganismi viene considerato "una possibilità remota". Tuttavia, gli scambi genici tra batteri sono un importante meccanismo evolutivo, quindi si raccomanda l'approfondimento della problematica attraverso esperimenti sull'effetto ecologico degli OGM, e ricerche a lungo termine sui cicli biogeochimici. Infatti, ipotizzando uno scenario nel quale le PGM siano diffusamente coltivate a livello globale, se un rischio esiste, per quanto infinitesimale, deve essere preso in considerazione, studiato e valutato, anche perché qualunque conseguenza deriverà dagli effetti di un eventuale flusso genico, essa sarà presumibilmente *irreversibile*.

Il rischio connesso all'inquinamento genetico è quello di una possibile alterazione degli equilibri dinamici delle popolazioni presenti nell'ambiente considerato, favorendo una determinata popolazione, con la conseguenza di ridurre il grado di biodiversità del suolo, cioè il numero e la varietà di specie presenti. Tale fenomeno è definito "erosione genetica". Questa diminuzione della biodiversità potrebbe avere ripercussioni sulla fertilità del terreno in oggetto riducendone le capacità di degradazione (mineralizzazione) e di risintesi (umificazione).

d) Gli effetti sul suolo della tossina insetticida *Bt*

Uno dei possibili problemi che si può ripercuotere sull'entomofauna del suolo si riferisce alla coltivazione su larga scala del mais transgenico *Bt* e, in particolare, alla quantità di tossina insetticida prodotta dalla pianta e successivamente rilasciata nel terreno, attraverso gli essudati radicali o la biomassa interrata a fine coltura. Ciò richiede una valutazione attenta dei meccanismi che portano alla rimozione della tossina dal suolo e degli effetti di quest'ultima sugli equilibri del suolo stesso. Infatti le proteine ad attività insetticida prodotte da varie sottospecie di *Bacillus thuringiensis* si legano rapidamente e fortemente alle argille ed agli acidi umici estratti dal suolo, e possono persistere nel terreno per lunghi periodi. Questo legame riduce la suscettibilità di queste proteine alla degradazione microbica, consentendogli di mantenere la loro attività biologica. Tuttavia, le tossine non sembrano avere effetti rilevanti su specifici organismi (lombrichi, nematodi, protozoi, batteri o funghi), sia *in vitro* che nel suolo. Inoltre, non è stato rilevato

alcun prelievo o assorbimento di tossine dal suolo da parte di altre piante cresciute su terreno in precedenza coltivato con mais *Bt* o in cui sia stata incorporata biomassa originata dalla pianta transgenica.

e) L'effetto degli OGM su organismi non bersaglio

L'azione di alcune PGM è diretta ad eliminare organismi bersaglio, in generale insetti dannosi per le piante agrarie. Ciò modifica i rapporti tra i costituenti dell'ecosistema: gli insetti target si cibano di materiale vegetale e vengono, a loro volta, attaccati dai predatori; quando i target vengono significativamente ridotti, anche i predatori possono averne un danno e si potrebbero verificare cambiamenti imprevedibili nelle relazioni tra le specie non target. E' tuttavia utile ricordare che l'effetto su organismi non bersaglio va al di là degli OGM ed è legato a qualunque pratica agricola finalizzata a proteggere la pianta coltivata da avversità esterne (piante infestanti competitive, insetti, batteri, funghi o qualunque patologia). Comunque eventuali effetti distruttivi su insetti non bersaglio, dovuti alle PGM, sono molto difficili da prevedere e potrebbero essere una causa ulteriore di erosione della biodiversità.

4. La salute del consumatore

I consumatori europei (e ancora più quelli italiani), mostrano un notevole grado di diffidenza nei confronti delle coltivazioni di piante geneticamente modificate, che diventa chiara ostilità quando si tratta di cibi da esse derivati. Le preoccupazioni dei consumatori permangono anche se a tutt'oggi nessuna evidenza scientifica, nelle condizioni sperimentali adottate, ha dimostrato che il consumo di cibi transgenici da parte dell'uomo (o di animali) ha maggiori probabilità di provocare danni alla salute rispetto al consumo di cibi tradizionali. Inoltre, alcuni osservano che gli alimenti derivati dalle biotecnologie spesso sono sottoposti ad una valutazione più rigorosa rispetto a quelli ottenuti con mezzi convenzionali; e questo forse proprio per mandare un messaggio tranquillizzante al pubblico, che manifesta una forte resistenza nei confronti dell'ingegneria genetica applicata al settore alimentare. Per gli alimenti GM si chiede la ulteriore rassicurazione della valutazione circa la sicurezza d'uso dopo la messa in vendita dei prodotti, e questo perché si conosce ancora poco sugli effetti a lungo termine delle modifiche e perché l'inserzione di materiale genetico può essere un processo non sempre controllato oppure perché fenomeni di instabilità possono verificarsi dopo diverse generazioni.

a) Il destino del DNA e la resistenza agli antibiotici

Nel passato si riteneva che il DNA contenuto negli alimenti venisse completamente degradato, eliminandone così l'attività biologica. Tuttavia, sebbene la stragrande maggioranza di esso venga in effetti rapidamente degradato nel tratto gastrointestinale, frammenti di DNA possono sopravvivere al passaggio attraverso tale sistema ed essere potenzialmente disponibili per il trasferimento genico ai batteri intestinali. L'assorbimento di transgeni è comunque sfavorito da fattori probabilistici, in quanto il transgene rappresenta una infinitesima porzione del DNA totale nella cellula vegetale di una PGM: ciò fa sì che la probabilità di

trasformazione con esso sarà di molti ordini di grandezza inferiore a quella possibile con un gene convenzionale. Quindi, le probabilità che eventi di trasferimento genico da OGM a batteri intestinali alterino le normali funzioni gastrointestinali sono abbastanza limitate, e normalmente non si ritiene che essi rappresentino un rischio per la salute umana. La preoccupazione maggiore riguarda il fatto che l'utilizzo di OGM contenenti geni di resistenza ad antibiotici faccia sì che questi, una volta ingeriti con gli alimenti, possano andare a trasformare i batteri del tratto gastrointestinale rendendoli immuni all'azione degli antibiotici stessi. Questo rappresenterebbe un rischio per la salute pubblica, in quanto comprometterebbe il valore terapeutico degli antibiotici usati per il trattamento dei microrganismi patogeni. D'altra parte le conseguenze di ipotetici eventi di trasformazione possono essere considerate trascurabili, in quanto nell'intestino umano c'è già una elevatissima presenza di batteri resistenti a questi antibiotici. Inoltre, la probabilità che i marcatori di resistenza agli antibiotici possano trasferirsi ai batteri della flora intestinale è bassa, e, in ogni caso, si tratta di geni che codificano per la resistenza ad antibiotici non più largamente utilizzati per scopi terapeutici (kanamicina e neomicina), anche se rimane aperto il problema della resistenza crociata.

b) Conseguenze immunologiche

La problematica legata alla sicurezza d'uso di alimenti geneticamente modificati si riferisce essenzialmente alla loro potenziale allergenicità e, più in generale, alle conseguenze immunologiche derivanti dal loro consumo. Nel caso degli alimenti GM, dal punto di vista allergologico, può verificarsi una situazione sovrapponibile a quella della contaminazione dei cibi confezionati che contengono allergeni nascosti. Come sappiamo, la preparazione di un OGM, specie nel caso di un alimento vegetale, comporta il trasferimento di un gene da una pianta donatrice alla pianta che si intende trasformare. E' quindi verosimile che si possa trasferire un gene che codifica per un allergene. Se questo avviene, l'OGM derivato acquisisce allergenicità senza che ciò sia palese.

Le prime indicazioni su come identificare il potenziale allergenico di nuove proteine risalgono alla fine degli anni '90, e suggerivano un approccio integrato che tenesse conto dell'identità della proteina di interesse con noti allergeni umani, dell'esame dell'omologia di sequenza di amminoacidi, della similarità di struttura con proteine allergeniche e della digeribilità della proteina in seguito a digestione gastrica simulata.

Attualmente la verifica dell'allergenicità di un OGM si basa, in pratica, su una serie di metodiche complesse e che implicano un grande lavoro di analisi, ma che presentano ancora considerevoli lacune. Frequenti sono i "falsi negativi" mentre, per contro, possono esserci "falsi positivi" per aver adottato criteri eccessivamente restrittivi. L'applicazione del percorso decisionale FAO/OMS a proteine prodotte da geni originati da fonti non allergeniche, come ad esempio le proteine batteriche, rende ancora più limitato l'utilizzo del metodo di verifica per la mancanza di adeguati modelli di riferimento. Un approfondito studio delle conseguenze immunologiche derivanti dal consumo di OGM deve considerare che esistono delle condizioni fisiologiche di maggiore vulnerabilità, quali l'accrescimento e

l'invecchiamento, in cui si possono verificare risposte inadeguate o alterate a carico del sistema immunitario. L'ipersensibilità agli alimenti è infatti più comune nei bambini che negli adulti, anche a causa di un sistema immunitario non completamente maturo. Negli anziani, invece, il sistema immunitario può essere meno efficiente e la presenza di infezioni e/o infiammazioni può ulteriormente comprometterne il funzionamento. Per questo motivo emerge l'importanza della valutazione della sicurezza d'uso di alimenti GM *in vivo* nei gruppi a rischio, in modo da valutare se specifiche proteine inducono tolleranza o, piuttosto, sensibilizzazione a esse. Inoltre, attraverso questi modelli si può stabilire se esiste una reattività incrociata tra allergeni specifici, e se fattori esterni quali la co-presenza di agenti infettanti e malattie, il consumo di sigarette, lo stress, ecc. contribuiscono all'induzione della sensibilizzazione. Infine, il modello *in vivo* consente di valutare se il gene introdotto con il consumo di alimenti GM dà luogo a un' aumentata oppure alterata espressione di geni endogeni che potenzialmente potrebbero codificare proteine allergeniche, o se porta a modificazioni post-trascrizionali di proteine endogene creando così nuovi allergeni.

c) PGM e micotossine

I dati presenti in bibliografia dimostrano che l'autodifesa del mais *Bt* dagli attacchi di piralide ha un effetto positivo sulla concentrazione di fumonisine nella granella, riduzione che risulta più marcata in seguito a forti infestazioni di *O. nubilalis*. Invece i dati raccolti finora non dimostrano che l'utilizzo del mais *Bt* possa essere correlato ad una diminuzione di aflatossine, tricoteceni e zearalenone, visto che i valori di queste micotossine, negli ibridi *Bt* rispetto agli isogenici convenzionali, sono risultati molto fluttuanti.

A questo riguardo è importante considerare che i dati, su cui ci si basa per valutare l'efficacia degli ibridi *Bt* nel limitare la produzione di micotossine, si riferiscono esclusivamente a lavori condotti in condizioni sperimentali, che molto spesso hanno previsto l'utilizzo di inoculi artificiali sia degli insetti che dei funghi patogeni, e nelle quali la granella è stata raccolta a mano. I risultati delle sperimentazioni hanno quindi bisogno di essere confermati da dati raccolti per più anni consecutivi, in un reale, cioè normale, contesto culturale, dove numerosi fattori sia abiotici che biotici possono favorire la penetrazione dei funghi patogeni e il conseguente processo di micotossinogenesi.

d) Aspetti nutrizionali

Il concetto moderno di alimentazione va oltre le considerazioni legate alla copertura dei fabbisogni di nutrienti e la nutrizione ha una accezione preventiva tesa ad assicurare una salute ottimale oltre che a evitare stati carenziali. In questo senso, per regime alimentare mediterraneo si intende uno stile dietetico in grado di assicurare ai suoi fruitori longevità e bassa incidenza di patologie cronico-degenerative. Queste virtù della dieta mediterranea sono legate alla elevata concentrazione di molecole bioattive ad attività antiossidante che in essa sono presenti. Per queste sue caratteristiche la dieta mediterranea è sempre più costantemente ritenuta una dieta funzionale, nel senso che i suoi componenti

possono contribuire a migliorare e potenziare certe funzioni fisiologiche di promozione della salute. Se le bioingegnerie sono volte a fortificare specie utilizzate per alimenti di largo consumo nella dieta italiana, come il grano (pane, pasta, pizza) e il pomodoro, è lecito chiedersi quanto una esposizione massiva possa incidere sulla salute dei consumatori. Non vi sono al momento studi che possano confermare o smentire un possibile pericolo, ma è lecito essere cauti. Le riserve e la valutazione delle opportunità derivanti dalla commercializzazione e diffusione di alimenti fortificati non sono sostanzialmente diverse a seconda delle tecnologie utilizzate (cioè quelle tradizionali o quelle transgeniche) per la produzione di alimenti con caratteristiche innovative. La fortificazione ha ragione di essere se si dimostra prima una carenza nella popolazione bersaglio, e le popolazioni europee, soprattutto nell'area mediterranea, non solo non presentano carenze, ma anzi sono contraddistinte da una minore mortalità per malattie cronico-degenerative a componente alimentare, come i tumori e le patologie cardiovascolari.

5. Le procedure regolative

L'introduzione di OGM in Europa, sia come piante coltivate, che come componenti di alimenti per l'uomo o per gli animali, ha fatto emergere dei vuoti normativi che sono stati gradualmente colmati da regolamenti e direttive emanati dall'UE.

a) Brevettabilità e scenario economico

Gli studi giuridico-economici in materia riguardano essenzialmente il tipo di regime proprietario che viene riconosciuto alla nuova tecnologia. In quest'ottica le preoccupazioni maggiori interessano soprattutto gli aspetti distributivi.

In particolare, la scelta del regime proprietario va ad incidere su due temi fondamentali. Da un lato esiste un problema di distribuzione dei benefici generati dall'impiego delle biotecnologie in campo agroalimentare e dall'altro emerge una forte preoccupazione in merito agli effetti che l'introduzione di queste tecniche innovative potrebbe generare nei confronti della biodiversità. La materia si presenta molto complessa e rimanda direttamente alla questione della brevettabilità delle varietà GM. Si tratta, in altre parole, di stabilire l'estensione da attribuire alla tutela brevettuale accordata e di definire norme che rimandino alle leggi anti-trust per prevenire eventuali comportamenti anticoncorrenziali, tenendo presente il contesto economico-sociale di riferimento.

A livello europeo la Direttiva 98/44/CE stabilisce i principi normativi in relazione a specie e varietà vegetali e ha lo scopo di armonizzare le condizioni e le procedure idonee al rilascio di brevetti biotecnologici all'interno dell'UE.

b) Autorizzazioni al rilascio: lo stato dell'arte

In Europa è prevalso un atteggiamento piuttosto prudente nei confronti dell'introduzione di OGM sul mercato, che ha condotto alla revisione di tutta la normativa connessa, e ha determinato un ritardo dei processi autorizzativi di nuovi prodotti.

A partire da aprile del 2004, il settore alimentare è disciplinato dal Regolamento n.1829/2003/CE detto “Food & Feed” e dalla normativa ad esso collegata (Regolamento n.1830/2003/CE, Regolamento n.65/2004/CE, Regolamento n.641/2004/CE).

Il Regolamento n. 1829/2003 è stato emanato in ossequio ai principi e requisiti generali della legislazione europea in materia alimentare, al fine di fornire la base per garantire un elevato livello di tutela dell’ambiente, della salute umana e del benessere degli animali.

La nuova normativa europea ha previsto un tempo di durata di autorizzazione di 10 anni, comunque rinnovabili a seguito di richiesta. La lista dei prodotti attualmente iscritti nel registro ne comprende 26 già presenti sul mercato e due autorizzati successivamente all’entrata in vigore del regolamento. Si tratta di: 14 varietà di mais, 6 di colza, 5 di cotone ed una di soia, un lievito e una proteina batterica.

c) La coesistenza dei sistemi di agricoltura convenzionale, biologica e GM. Le regole della coesistenza

La coltivazione di piante GM nell’Unione Europea apre il dibattito anche ad una serie di considerazioni che derivano dal timore che possa esistere per le altre colture, convenzionali e biologiche, un pericolo di contaminazione involontaria. Da un lato si deve assicurare la libertà di iniziativa economica degli agricoltori di coltivare piante GM, dall’altro si devono tutelare coloro che, non propendendo per tale scelta, debbono essere garantiti rispetto ad eventuali rischi di contaminazione.

Il primo provvedimento normativo in tema di coesistenza può essere ricondotto al Regolamento CE n. 1829 del 22 settembre 2003. All’art. 43, detto Regolamento inserisce l’art. 26 bis della Direttiva 2001/18, intitolato “Misure volte ad evitare la presenza involontaria di OGM”:

“Gli Stati membri possono adottare tutte le misure opportune per evitare la presenza involontaria di OGM in altri prodotti. La Commissione raccoglie e coordina le informazioni basate su studi condotti a livello comunitario e nazionale, osserva gli sviluppi quanto alla coesistenza negli Stati membri e, sulla base delle informazioni e delle osservazioni, sviluppa orientamenti sulla coesistenza di colture geneticamente modificate, convenzionali e biologiche”.

La Commissione Europea, a seguito di tale atto, ha emanato successivamente la Raccomandazione n. 556/2003 allo scopo di aiutare i singoli Stati membri nello sviluppo di strategie e politiche nazionali in materia di coesistenza.

Facendo propri i principi dettati dalla Raccomandazione n. 556 del 2003, il Decreto Legge n. 279 del 2004 definisce il quadro normativo minimo per la coesistenza tra le colture transgenica, convenzionale e biologica, escluse quelle per fini di ricerca e sperimentazione.

d) L’etichettatura dei prodotti geneticamente modificati

L’obbligatorietà dell’etichettatura in tutto il territorio dell’Unione Europea trova fondamento normativo nella Direttiva 2001/18/CE, che ha abrogato la precedente Direttiva 90/220/CE. In particolare, la Direttiva 2001/18/CE detta i principi guida in

materia ed obbliga gli Stati membri ad adottare misure per garantire la tracciabilità e l'etichettatura degli organismi geneticamente modificati. Il quadro normativo europeo è stato successivamente armonizzato dai Regolamenti CE nn. 1829/2003 e 1830/2003.

Sono soggetti alla normativa vigente in materia di etichettatura:

1. gli alimenti geneticamente modificati destinati in quanto tali al consumatore finale o ai fornitori di alimenti per la collettività nella Comunità, ossia alimenti che contengono o sono costituiti da organismi geneticamente modificati o sono prodotti a partire da o contengono ingredienti prodotti a partire da organismi geneticamente modificati (art. 12 ss., Reg. CE n. 1829/2003);
2. i mangimi geneticamente modificati, ossia mangimi che contengono o sono costituiti da OGM, o sono prodotti a partire da organismi geneticamente modificati (art. 24 ss., Reg. CE n. 1829/2003);
3. i prodotti contenenti OGM, o da essi costituiti (art. 4, Reg. CE n. 1830/2003);
4. gli additivi e gli aromi, per l'impiego di alimenti e mangimi (Cons. 12 e 13, Reg. CE n. 1829/2003).

Sono invece esclusi dall'applicazione dei regolamenti citati e pertanto derogano all'obbligo di etichettatura ai sensi dell'art. 21 della Direttiva 2001/18/CE:

- gli alimenti che contengono materiale che contiene, è costituito o prodotto a partire da OGM, presenti in proporzione non superiore allo 0,9% degli ingredienti alimentari considerati individualmente o degli alimenti costituiti da un unico ingrediente, purché tale presenza sia accidentale o tecnicamente inevitabile (art. 12, Reg. CE n. 1829/2003);
- i mangimi che contengono materiali che contengono, sono costituiti o sono prodotti a partire da OGM presenti in proporzione non superiore allo 0,9% per mangime e per ciascun mangime di cui esso è composto, purché tale presenza sia accidentale o tecnicamente inevitabile (art. 24, Reg. CE n. 1829/2003);
- le tracce di organismi geneticamente modificati presenti in prodotti in proporzione non superiore alla soglia di cui sopra, purché tale presenza sia accidentale o tecnicamente inevitabile (art. 4, Reg. CE n. 1830/2003);
- le tracce di organismi geneticamente modificati in prodotti destinati all'uso diretto come alimenti o mangimi, o destinati alla trasformazione, presenti in proporzione non superiore alla soglia di cui sopra, purché tale presenza sia accidentale o tecnicamente inevitabile (art. 4, Reg. CE n. 1830/2003).

La soglia dello 0,9% riferita alla quantità dei singoli ingredienti garantisce il consumatore da fenomeni di accumulo qualora siano presenti diversi ingredienti GM.

6. Gli aspetti sociali

L'introduzione degli OGM in agricoltura ha originato in tutto il mondo accesi dibattiti che coinvolgono vari attori sociali e toccano dimensioni economiche, sociali, culturali, e politiche. In Italia la maggioranza della popolazione sembra

essere contraria all'applicazione delle biotecnologie al settore agroalimentare, anche se un quarto di essa si dichiara favorevole.

Il quadro è articolato e complesso e tocca vari aspetti: tra gli altri, la richiesta di informazioni chiare e il più possibile esaustive, la comprensione di quali possano essere i vantaggi di questa applicazione per il comune cittadino e la necessità di una maggiore trasparenza e partecipazione ai processi decisionali.

La fonte ritenuta più affidabile per le informazioni sugli OGM è la comunità scientifica: si conferma, quindi, un atteggiamento fiducioso degli italiani verso gli scienziati e una tendenza a considerarli una figura di riferimento anche sul piano decisionale. Il ruolo della scienza è fondamentale nella definizione delle opportunità e dei rischi legati alle nuove applicazioni biotecnologiche, ma in un tema tanto complesso come quello degli OGM, è necessario ricorrere anche ad analisi più ampie che includano la percezione della società nel suo insieme. Gli attori coinvolti sono numerosi e sono spesso portatori di interessi contrastanti. Aziende produttrici di sementi GM, associazioni ambientaliste, scienziati, economisti, giuristi, associazioni dei consumatori, agricoltori, industria di trasformazione e grande distribuzione organizzata entrano direttamente nelle discussioni circa i potenziali effetti positivi o negativi dell'introduzione di PGM nel sistema agroalimentare italiano.

In Europa sono stati realizzati diversi processi partecipativi che hanno assunto caratteristiche peculiari a seconda della maggiore e minore apertura della politica rispetto a queste forme di deliberazione partecipativa, ponendosi sul piano, ad esempio, dell'interazione fra scienza e politica.

I metodi di consultazione sperimentati sono numerosi e vanno dalle giurie dei cittadini, alle consensus conference, ai focus group, con il tentativo di garantire le condizioni per un confronto pubblico in cui siano rappresentati tutti i punti di vista dei potenziali interessati.

Ovviamente, ognuno dei metodi elencati ha uno specifico profilo di vantaggi e svantaggi, un determinato campo di applicabilità, un certo livello di costo economico ed efficacia: metodi differenti forniscono vari tipi di informazione e generano diversi effetti. Quindi, i metodi partecipativi vanno considerati come un complesso di opzioni in grado di completarsi a vicenda piuttosto che come una lista di approcci alternativi. La scelta di una particolare combinazione di metodi partecipativi va operata sempre all'interno di un contesto specifico (sociale, economico, politico e culturale) e in relazione ad un determinato problema.

7. L'impatto sul sistema agroalimentare italiano e le problematiche connesse

Nel mondo, la coltivazione di piante transgeniche è una pratica che, sebbene circoscritta ad appena quattro specie vegetali (soia, mais, colza e cotone) e ad un numero ancora limitato di Paesi, può essere considerata ormai consolidata.

Per tale ragione, sebbene siano disponibili molti dati per valutare l'impatto economico e le prospettive di sviluppo in quei Paesi, non è così semplice fare tali stime per le realtà agricole di Paesi come l'Italia, dove le coltivazioni transgeniche, anche a causa del quadro normativo nazionale, non sono, di fatto, consentite. In

particolare, in Italia, i modelli di agricoltura quali quella biologica e le produzioni “di qualità”, tutelate da indicazioni geografiche, hanno ormai assunto una importanza economica notevole. Nel nostro Paese il sistema agricolo è enormemente frammentato, con aziende estremamente piccole e molto parcellizzate, mentre le aziende che dispongono di una superficie adeguata per poter sfruttare i principali benefici conseguenti la coltivazione delle piante transgeniche non sono molte. In questo scenario, un’analisi condotta sulle aziende agricole ha evidenziato che, rispetto alla possibilità di coltivare piante transgeniche, la prevalente mancanza di interesse ha accomunato l’80% degli intervistati, mentre il 18% di essi si è dichiarato favorevole. Da rilevare che gli agricoltori favorevoli operano, prevalentemente, nelle regioni nord occidentali e che le loro aziende sono le più grandi, attive, soprattutto, nel settore cerealicolo ed in quello della zootecnia da latte. Inoltre, gli agricoltori interessati a praticare coltivazioni transgeniche nutrono, soprattutto, l’aspettativa di aumentare le rese e, in misura minore, di migliorare la prevenzione ed il controllo degli insetti patogeni e delle erbe infestanti. Gli stessi agricoltori pensano, infine, che i prodotti non transgenici (OGM-free) non ottengano un adeguato riconoscimento dal mercato in termini di prezzo e, quindi, non sia conveniente impegnarsi nella loro produzione.

L’eventuale coltivazione di piante GM nel sistema agricolo italiano comporterebbe il pericolo di contaminazione involontaria per le altre colture, convenzionali e biologiche. La libertà di iniziativa economica di coltivare piante geneticamente modificate non deve sopravvalere sulla libertà di coloro che scelgono coltivazioni convenzionali o biologiche. Emerge quindi l’urgenza di stabilire regole che impediscano contaminazioni. Questo anche perché le PGM includono nel proprio genoma geni protetti da proprietà intellettuale: ciò può comportare possibili problemi legali per gli agricoltori che si ritrovano in campo PGM coperte da brevetto senza averle seminate volontariamente.

E’ altrettanto cruciale tutelare la libertà dei consumatori di scegliere se escludere o, eventualmente, includere nella propria dieta alimenti derivanti da OGM.

A tale riguardo, l’etichetta rappresenta uno strumento fondamentale in quanto consente di attribuire un’identità al prodotto, fornendo elementi per decidere se acquistarlo o meno.

Fondamentale presupposto di garanzia per la libertà di scelta degli attori del sistema agroalimentare è il mantenimento di una completa separazione tra le filiere dei prodotti GM e quelle dei prodotti convenzionali e/o biologici in ogni singola fase. Il secondo presupposto è l’esistenza di un adeguato funzionamento del sistema di tracciabilità degli organismi transgenici, ovvero la capacità di rintracciare OGM e prodotti ottenuti da OGM in tutte le fasi dell’immissione in commercio.

Tracciabilità ed etichettatura sono procedimenti funzionalmente collegati tra loro, in applicazione del principio di precauzione, fondante la normativa generale europea in materia di sicurezza alimentare.

Sono state individuate diverse possibili fonti di contaminazione accidentale lungo tutta la filiera: materiale GM presente nella semente di base, acquistata come non GM o riprodotta in azienda; flusso genico dovuto a impollinazione incrociata tra

colture non GM e colture GM sessualmente compatibili presenti nella stessa azienda o in aziende confinanti; semi che provengono da una precedente coltura GM, che germinano come piante spontanee negli anni successivi, anche se non si coltivano più colture GM; piante di una coltura GM che possono aver impollinato alcuni parenti selvatici sessualmente compatibili, e in seguito essere sopravvissuti ai margini del campo per impollinare la successiva coltura non GM della stessa specie; mancata pulitura delle attrezzature agricole in caso di lavorazione in colture non GM e GM.

Sulla carta il controllo di ognuno di questi punti critici è possibile attraverso una serie di “buone pratiche di gestione” e/o di corrette pratiche agricole di coesistenza.

Si può sostenere che, in teoria, è abbastanza semplice mantenere le due filiere separate. Tuttavia, nelle normali pratiche lavorative “in campo” è difficile ipotizzare continue attenzioni e si possono verificare errori o distrazioni che possono determinare l’inquinamento delle sementi di una filiera con quelle dell’altra. Considerando che le fonti di contaminazione sono numerose si ritiene sia molto importante che le singole procedure adottate in ogni singola fase della filiera mantengano la contaminazione teorica ben al di sotto della soglia imposta dalla legge, in modo da garantire il non superamento della stessa al termine di tutta la filiera, e, quindi, nel prodotto finale.

Per quanto riguarda le possibilità di evidenziare la presenza di materiale transgenico in alimenti semi o qualunque altra matrice, i metodi di identificazione più affidabili e validati sono quelli che utilizzano la tecnica della reazione a catena della polimerasi (Polymerase Chain Reaction, PCR). Ad oggi, sono stati registrati più di 100 prodotti GM appartenenti a 21 specie vegetali. Attualmente, utilizzando la specificità di appaiamento dei primers alle sequenze di DNA transgenico che si vuole rilevare, è possibile identificare non solo la tipologia dei transgeni presenti (ad esempio, la tolleranza ad uno specifico erbicida), ma anche riconoscere in modo univoco l’evento di trasformazione che ha generato l’OGM. In questo modo è possibile identificare, attraverso una reazione di PCR definita “qualitativa”, se l’OGM sia tra quelli autorizzati per la coltivazione e/o commercializzazione. Le tecniche analitiche ad oggi disponibili permettono di identificare singoli transgeni in modo separato. Sono però in via di sviluppo nuovi metodi che potrebbero permettere di analizzare più transgeni contemporaneamente, riducendo così i tempi e i costi delle analisi. Tra questi, la metodica che utilizza il DNA microarray accoppiato con l’amplificazione mediante PCR rappresenta indubbiamente il metodo più avanzato e promettente perché potrà permettere l’analisi contemporanea di tutti i transgeni di cui siano note le principali caratteristiche strutturali. Come già sottolineato, l’Unione Europea ha stabilito nuove regole circa il rilascio commerciale e l’etichettatura di alimenti da organismi geneticamente modificati (OGM) per uso umano e animale. Il regolamento – lo ricordiamo – stabilisce che tutti i prodotti contenenti o derivati da OGM debbano essere etichettati, mentre è tollerata una presenza accidentale o tecnicamente inevitabile di OGM autorizzati dalla UE fino ad una concentrazione di 0,9% in prodotti non etichettati come OGM. La legislazione adottata dall’UE richiede che vengano depositati i metodi ed i materiali di riferimento, e le sequenze relative al DNA transgenico inserito nel prodotto OGM. La metodologia adottata a livello

comunitario per quantificare la presenza accidentale di OGM è una variante della tecnica della PCR, e permette la visualizzazione dei prodotti di amplificazione del DNA in tempo reale. Per poter utilizzare questa tecnica è però necessario disporre di materiali di riferimento a concentrazione nota di OGM che sono costosi e difficili da ottenere e, soprattutto, non sono utilizzabili per una corretta analisi di ingredienti o di prodotti processati. Questa carenza è dovuta principalmente al fatto che manca ancora a livello comunitario il regolamento attuativo in cui dovrebbero essere indicati la tipologia e le quantità di materiali di riferimento da utilizzare nelle procedure analitiche di controllo. Per ovviare a questo problema sono in via di sviluppo nuovi metodi di analisi che utilizzano DNA plasmidici come materiali di riferimento certificati. L'adozione di questi materiali porterà in un prossimo futuro ad una semplificazione delle procedure per la quantificazione di OGM ed a una sensibile riduzione dei costi di analisi. Ai fini di ottenere la massima efficienza e funzionalità sarebbe auspicabile la creazione di una rete di laboratori per il rilevamento di transgeni, dotata di metodiche standardizzate e uguali su tutto il territorio dell'UE.

8. Rischi e Benefici

Alla fine di questa carrellata generale ricordiamo di nuovo vantaggi e svantaggi derivanti dall'uso di PGM in agricoltura.

Tra i potenziali vantaggi troviamo la possibilità di:

1. Ottenere colture immuni dall'azione dannosa degli insetti fitofagi e dei microrganismi fitopatogeni (funghi, virus), quindi senza perdite nel raccolto e senza l'uso di pesticidi;
2. Evitare gli effetti letali dei diserbanti che ricadono anche sul raccolto e sull'ambiente;
3. Diminuire in modo rilevante le perdite economiche derivanti dal deterioramento delle derrate alimentari durante la conservazione tra il momento della raccolta e quello della vendita al dettaglio;
4. Coltivare piante in ambienti proibitivi, come quelli aridi, freddi, con terreni salinizzati o impoveriti da eccessivo sfruttamento agricolo;
5. Accrescere il contenuto nutrizionale endogeno dei prodotti agricoli (fortificazione degli alimenti);
6. Eliminare all'origine la presenza negli alimenti di sostanze che provocano allergie e intolleranze;
7. Somministrare molecole ad azione farmacologica prodotte direttamente dalle stesse piante.

Tra i possibili rischi (ammesso che sia possibile prevederli tutti in anticipo, considerata la novità del settore) possiamo invece enumerare:

- 1) L'attuale scarsa precisione e affidabilità della tecnica di ingegneria genetica, che può dar luogo anche a piante geneticamente modificate instabili nel tempo;
- 2) Il rischio di selezionare popolazioni di patogeni resistenti ai pesticidi, a causa dell'eccesso nell'uso dello stesso agente antiparassitario (ad esempio il *Bt*);

- 3) Il rischio di selezionare piante infestanti tolleranti agli erbicidi, a causa dell'eccesso nell'uso dello stesso agente chimico (ad esempio, il glifosato);
- 4) L'insorgenza di allergie non sempre prevedibili con gli attuali test;
- 5) L'impoverimento dell'agrobiodiversità e della biodiversità (tra l'altro, per alcuni studiosi, sono assai problematici gli effetti che potrebbe avere, sull'equilibrio dell'ecosistema, la modifica drastica e repentina delle frequenze geniche, cioè la diffusione massiccia, a livello mondiale, di pochi particolari geni in tempi brevissimi rispetto a quelli seguiti dal processo evolutivo naturale);
- 6) La perdita di libertà da parte di molti agricoltori, trasformati in lavoratori dipendenti al servizio delle aziende proprietarie dei brevetti, con la conseguente distruzione del ruolo polifunzionale tradizionalmente svolto dal mondo rurale in molte nazioni;
- 7) La minaccia per la sovranità alimentare delle nazioni.

9. Alcune considerazioni conclusive

Prima di procedere a delle riflessioni finali è opportuno chiarire un aspetto per evitare equivoci. A monte di ogni discorso sui cibi transgenici, per delimitarne chiaramente l'ambito, va posta la necessaria separazione tra *“produzione” e “consumo” di alimenti GM o contenenti OGM*. Nel mercato globale risulta velleitario discutere sulla possibilità o meno di impedire la vendita di tali prodotti: nell'attuale situazione, in assenza di danni comprovati alla salute dei cittadini, ogni blocco sarebbe impossibile. L'introduzione di una etichettatura trasparente e realistica, cioè supportata da affidabili analisi dei prodotti, permetterà al consumatore di essere informato e quindi di poter scegliere. Sarà il mercato a dirci quale successo possono riscuotere gli attuali OGM in commercio e quelli in arrivo. Premesso ciò, risulta ovvio che le osservazioni e le riflessioni qui esposte sono riferite all'introduzione, a scopo commerciale, in Italia, delle colture transgeniche, nelle forme attualmente conosciute. A questo proposito, abbiamo visto che esistono numerosi interrogativi, di vario tipo e rilievo. Di fronte a tali quesiti è necessario percorrere la strada del potenziamento della ricerca pubblica e dell'applicazione rigorosa del *“principio di precauzione”*. Le nostre conoscenze di genetica sono in profonda trasformazione già da qualche tempo, come emerge da alcuni interventi contenuti nel presente volume e come si legge in un recente articolo apparso su una nota rivista scientifica: *“Non ci sono più dubbi che serva una nuova teoria per sostituire il dogma su cui la genetica e le biotecnologie si sono basate a partire dagli anni cinquanta”* (Gibbs, W.W. [2003], *Il genoma invisibile*, Le Scienze, 424: 58-65).

Quindi sarebbe opportuno ripensare alcuni aspetti, rifiutando ogni cedimento alle pressioni provenienti da qualsiasi parte.

Si tratta di investire in modo lungimirante: ciò permetterà di evitare alla nostra comunità nazionale situazioni difficili, a vari livelli, da cui è forse impossibile tornare indietro. Lo sviluppo agricolo (e non solo agricolo) delle nazioni dovrebbe essere *autocentrato*, senza concedere alcuno spazio a logiche estranee agli interessi, complessi e specifici, presenti nelle differenti situazioni. Da una parte vanno rifiutate tutte le utopie *“regressiste”*, e dall'altra andrebbe perorato un sano *“ritorno al reale”*, cioè alla realtà dei singoli contesti. Ciò significa anche *più ricerca scientifica, più innovazione tecnologica, più creatività* in senso lato, alla luce di un

paradigma definibile come olista e sistemico, abbandonando, quindi, alcune vecchie suggestioni industrialiste, ancora presenti in certi progetti. A tale proposito qualche utile riflessione può scaturire da quanto ha scritto il prof. Ernesto Landi, Presidente dell'Ordine Nazionale dei Biologi (Landi E. [2001], *Gli OGM e il principio di precauzione*, Biologi Italiani, 4: 3-4), secondo il quale lo stesso concetto di "migliorare" gli alimenti per via ingegneristica nasconde una certa ambiguità, derivante dalla "traslazione *senza mediazione* del paradigma industriale... dalla produzione di beni inanimati alla gestione di organismi viventi". Non si tratta – come temono alcuni – di mortificare il mondo della scienza, ma di scegliere "dove andare" e "come procedere". Tra l'altro, nella moderna ricerca esistono vie alternative alla transgenesi, molto meno note, come il "breeding by design", dotato di potenzialità ancora in parte da applicare (Peleman, J.D. e J.R. van der Voort [2003], *Breeding by Design*, TRENDS in Plant Science, 8: 330): sono vie che potrebbero far conseguire almeno alcuni tra i risultati più interessanti e validi promessi dall'ingegneria genetica.

Ci sembra, dal punto di vista generale, che stiano iniziando *anni decisivi*, dai quali dipenderà il futuro delle agrobiotecnologie, *per lo meno nell'attuale versione ancora oggetto di forte contrasto*, cioè la loro affermazione planetaria o il loro declino più o meno rilevante, con il conseguente uso in limitate zone agricole o in casi particolari. L'incertezza talora tende addirittura ad aumentare. Anche in situazioni tradizionalmente favorevoli cominciano ad emergere dubbi e resistenze sempre più diffuse. Ad esempio, il recentissimo sondaggio condotto tra i consumatori statunitensi dal Pew Center sul cibo ingegnerizzato ha dimostrato una inversione di tendenza rispetto al passato. Gli americani, che per cultura sono più aperti degli europei verso le innovazioni tecnologiche, si mostrano ora sempre meno convinti che gli alimenti GM siano sani e sicuri. Il dato più sconcertante è quello del diffuso convincimento – errato! – tra i consumatori USA di non aver mai mangiato cibi transgenici. Nonostante la maggioranza non voglia introdurli nella propria dieta, la mancanza di qualsiasi etichettatura, che evidenzia la presenza di OGM, ha quindi favorito un vero e proprio abuso della fiducia dei cittadini. Ci sembra un significativo esempio di scarsa trasparenza, di fronte al quale risulta ancora più chiaro il valore positivo delle decisioni prese in merito dall'UE.

In definitiva il richiamo a un sano realismo e alla prudenza sembra più che opportuno. Dovrebbe valere sempre il principio che, *prima di cambiare la natura della natura*, dobbiamo essere sicuri che tutte le *sue* potenzialità siano state usate. In questo grande patrimonio, a volte trascurato, esistono alcune soluzioni ai problemi dell'agricoltura e dell'alimentazione: basterebbe cercarli, rifiutando di seguire chi, in nome di un profitto fine a se stesso o di una concezione ipertecnologica e industrialistica della vita, cerca di svalutare o nascondere quanto la natura ci ha già dato per convincerci che quasi tutto deve essere ancora "inventato" (e brevettato!). Ciò che molti propongono è la strada della *ricontestualizzazione delle colture*, della *difesa delle specificità locali*, diversa da quella che vorrebbe imporre uno sfrenato processo di decontestualizzazione dagli esiti ancora imprevedibili. Infatti la modernizzazione, anche in un'ottica globalizzata, non può ridursi a essere un processo omologante in tutti i suoi aspetti, pena il rigetto generalizzato e irrazionale, da parte di vari ambienti, dei molti aspetti positivi che la connotano. Con tutta evidenza rimane ancora molto lavoro da svolgere...