



BIOTECNOLOGIE VEGETALI E PROBLEMI CORRELATI

Nota della redazione. L'agricoltura, la coltivazione delle piante e l'allevamento di animali sono da sempre settori in cui l'uomo ha impresso una propria *direzione* al corso evolutivo.

Le sue acquisite capacità di intervenire *direttamente* sul patrimonio genetico esigono adesso speciali attenzioni, ispirate da sensibilità etica e da elevato senso di responsabilità nei riguardi di *tutta* la biosfera e delle *generazioni future*.

«Ciò che è lecito fare» dipende sia dalla conoscenza di «ciò che si deve sapere» sia dalla «visione del mondo che vogliamo costruire». La prima condizione è di pertinenza della comunità scientifica che, però, esprime valutazioni contrastanti. La seconda è ancora limitata da interessi settoriali e dalla mancanza di una coscienza planetaria (fortemente auspicata da Teilhard de Chardin). Si procede quindi un po' *a tentoni* anche in questa fase avanzata dell'evoluzione culturale, come nel caso delle biotecnologie.

In queste pagine presentiamo alcuni significativi studi sugli organismi transgenici (OGM).

Il primo, ***OGM e ambiente***, (p. 2) - della prof. **Maria Antonietta La Torre**, - Presidente del Consiglio Direttivo dell'Istituto di Bioetica, che in particolare ringraziamo - pone l'accento sulla delicatezza dell'intera questione e sulle responsabilità etiche delle possibili scelte.

Il secondo, ***Alcune riflessioni sugli organismi transgenici (OGM)*** (a p. 3) - dei prof. **Donato Matassino** e **Mariaconsiglia Occidente**, dell'Istituto di Bioetica - evidenzia la *complessità* dei meccanismi genetici e la necessità, pertanto, di decidere sulla base del "*principio di precauzione*".

Il terzo, ***Il 'golden rice'*** (a p. 13), è del prof. **Ingo Potrykus** - dello Swiss Federal Institute of Technology di Zurigo - che con il Dr. Peter Beyer dell'Università di Friburgo ha realizzato una qualità di riso arricchito, il cosiddetto "*golden rice*" (riso dorato). La sua posizione contrasta con la prudenza degli Autori precedenti.

Il quarto, ***Le biotecnologie vegetali di fronte alla sfida della malnutrizione e della fame nel mondo*** (a p. 21) è del prof. **Giovanni Monastra**, - dell'Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione, Roma - che critica il modo di affrontare la malnutrizione nel mondo e contesta la propagandata panacea del "*golden rice*". L'utilizzo degli OGM per fronteggiare la fame nel mondo sarebbe sostenuto anche dal Vaticano.¹

Noi rimaniamo scettici rispetto allo "slancio umanitario" che si esprime nella promozione di OGM (e corrispettivi antiparassitari!) prodotti dalle grandi multinazionali Monsanto, Syngenta, Novartis, Dupont, ecc.; basti pensare che la prima ha brevettato sementi "Terminator", «*Genetic Use Restriction Technology*», per ridurre l'uso di sementi non brevettate.² Bisogna comunque tenere ben presente che in politica internazionale è purtroppo metodo corrente controllare strategicamente gli altri stati attraverso salde dipendenze economico-finanziarie d'ogni genere, come avviene in maniera palese con l'esportazione d'armi.

Infine, suona strano l'attacco di Ingo Potrykus al "*principio di precauzione*"³, peraltro sancito in ambito mondiale ed europeo.⁴

La presente raccolta di studi sulle biotecnologie vegetali, che ha lo scopo di orientare i lettori di questo sito sulle questioni essenziali in materia, rimane aperta ad ulteriori contributi..

Per alcune informazioni generali, è utile leggere preventivamente la seguente scheda della Regione Veneto: cfr. <http://www.regione.veneto.it/NR/rdonlyres/770ABC41-1729-472A-A881-F478E548DFEF/0/OGM.pdf>

¹ Cfr.:

<http://www.google.it/search?hl=it&ned=it&q=La+Santa+Sede+e+gli+organismi+geneticamente+modificati&btnmeta%3Dsearch%3Dsearch=Cerca+nel+Web> e <http://www.zenit.org/article-14141?l=italian>

² Cfr. <http://www.ipsnotizie.it/nota.php?idnews=519> e http://it.wikipedia.org/wiki/Genetic_Use_Restriction_Technology

³ Cfr. http://www.galileo2001.it/materiali/pubblicazioni/costi_non_scienza.pdf

⁴ Cfr. http://it.wikipedia.org/wiki/Principio_di_precauzione

OGM E AMBIENTE
Maria Antonietta La Torre⁵

L'uso delle biotecnologie consente oggi di modificare la struttura genetica di organismi viventi e di trasferire caratteristiche dall'uno all'altro: operare sul Dna per rendere più produttiva o resistente alle malattie una pianta alimentare, produrre sostanze utili in farmacologia, ottenere organi da trapianto da animali, riducendo il rischio di rigetto, sono esempi di utilizzo di "organismi transgenici".

Naturalmente anche nel passato ci si avvaleva di talune proprietà degli organismi viventi e i rifiuti comuni sono degradati naturalmente da batteri, così come specifiche caratteristiche dei microrganismi vengono utilizzate per depurare le acque e il suolo da agenti inquinanti (ad esempio il petrolio). L'impiego delle nuove tecniche, tuttavia, consente di potenziare tali capacità attraverso un processo di selezione artificiale, cosicché è possibile, ad esempio, produrre su scala industriale varietà vegetali modificate allo scopo di renderle resistenti agli attacchi ambientali, agli erbicidi, ai parassiti, di conferire a esse caratteristiche nutrizionali maggiori o intervenire sulla conservabilità.

A sostegno delle ricerche biotecnologiche si afferma talvolta che esse rappresentano nulla più che il prolungamento dell'opera del coltivatore neolitico, il quale apprese rapidamente a selezionare le specie vegetali migliori, o delle antiche pratiche di domesticazione e di selezione attraverso incroci di animali. A noi pare, al contrario, che la differenza tra i due procedimenti sia decisiva sia sul piano metodologico che sostanziale, poiché l'introduzione di caratteri modificati nelle varietà vegetali o animali dà origine a organismi che si collocano *sul limite* tra diverse specie, che sono "transpecifici", una sorta di "chimere" le quali, in quanto estranee agli schemi di classificazione noti e consolidati, pongono in discussione la concezione della realtà, della natura e infine, nel caso della ricerca genetica applicata all'uomo, forse la rappresentazione stessa dell'individuo umano.

Se le applicazioni delle biotecnologie consentono lo sviluppo di un potere crescente di controllo sull'uomo e sull'ambiente, per lo stesso motivo esse sollevano questioni sempre più complesse di ordine morale, giuridico, sociale, che afferiscono a un ambito, per così dire, "di frontiera", non solo in quanto si colloca al punto di intersezione tra etica, diritto, biologia, medicina, ma perché rende sempre più difficile e talvolta arbitraria la distinzione tra mondo biologico e mondo artificiale/sintetico. Ora, se la definizione medesima di "vita" sembra esposta a una possibile revisione, segno di una significativa rivoluzione culturale, occorre, ci sembra, una riflessione sul significato antropologico dell'impiego di talune innovazioni tecnico-scientifiche (e presidi medico-sanitari), che presentano, per altro, anche evidenti implicazioni politiche connesse alla prassi democratica, all'esercizio dell'autodeterminazione, alla concezione del "progresso".

Una tecnologia che si configura sempre più come capacità di interferire con lo schema evolutivo, si sviluppa secondo modalità del tutto inedite e conferisce all'umanità la capacità di "ridisegnare" gli organismi viventi, le assegna nel contempo una responsabilità che non può eludere alcuni interrogativi sulla liceità e i limiti di tali pratiche, in particolare in relazione all'imperativo della tutela ambientale. Se, infatti, la ricerca genetica finalizzata a impieghi terapeutici trova la propria giustificazione nella promozione della salute (benché anch'essa si intrecci strettamente con questioni di ordine economico), l'alterazione degli equilibri ambientali non trova una motivazione altrettanto indiscussa e quasi imperativa. Solo da qualche decennio nella storia culturale dell'Occidente il riconoscimento dell'importanza dell'ambiente naturale per la sopravvivenza della specie umana lo ha reso un elemento essenziale per la salute e la qualità della vita, al punto da riconoscere all'impegno di salvaguardia implicazioni di ordine etico derivanti dalla responsabilità per i propri simili e per il loro diritto a un ambiente idoneo alle esigenze della propria natura, per le generazioni future, detentrici anch'esse di un diritto a ricevere in eredità un *habitat* che consenta di soddisfare i propri bisogni, e anche per gli altri viventi e la biosfera nel suo insieme in quanto le si è riconosciuto un valore autonomo, intrinseco o quanto meno estetico, che merita di essere preservato, ad esempio nella forma della biodiversità.

⁵ Cfr. http://www.istitutobioetica.org/global_bioethics/bioetica_ambientale/articoli/la_torre_ogm.htm Il testo è tratto da *Bioetica delle biotecnologie e questione ambientale*, in *Biotecnologie e tutela del valore ambientale*, a cura di L. Chieffì, Giappichelli, Torino 2003.

ALCUNE RIFLESSIONI SUGLI ORGANISMI TRANSGENICI (OGM)

Donato Matassino e Mariaconsiglia Occidente⁶

1. Introduzione

I vorticosi progressi della biologia e, soprattutto il loro significato operativo, date le notevoli implicazioni *sociali, etiche, economiche e ambientali*, lasciano ‘disorientati’ non solo i cosiddetti ‘uomini della strada’, ma anche gli stessi ricercatori e scienziati sollecitando l’opinione pubblica a un ampio dibattito sul significato e sul valore, per il benessere fisico, psichico e sociale dell’uomo, del sapere e del progresso scientifico, nel tentativo di trovare una mediazione tra ‘*libertà della ricerca scientifica*’ ed ‘*esigenza di regolamentazione*’.

La corretta informazione scientifica dei risultati della ricerca e la corretta utilizzazione operativa degli stessi sono due condizioni necessarie affinché l’umanità possa usufruire delle innovazioni ai fini del miglioramento del proprio ‘*status*’ di vivente. (...)

2. Transgenia

La ‘*transgenia*’ è un evento *naturalissimo*: a esempio, il mulo (prodotto dall’accoppiamento fra un asino e una cavalla) altro non è che un *animale ‘transgenico’*, poiché ha in sé geni della specie asinina e geni della specie equina. Tutti gli individui esistenti sul pianeta Terra, definibili biologicamente ‘*ibridi*’, *sono organismi geneticamente diversi dai genitori che li hanno prodotti e si identificano, sempre biologicamente, con quelli che comunemente si chiamano, oggi, organismi transgenici (OT)*. In definitiva, possiamo dire che la differenza fra un individuo ‘*transgenico*’ ‘*naturale*’ e uno ‘*culturale*’, cioè prodotto dall’uomo, è sostanzialmente di natura temporale, nel senso che il primo è il risultato di trasferimenti genici non dipendenti - ordinariamente - da una scelta antropica; in più, i diversi trasferimenti ‘*naturali*’ di geni sono sottoposti a ‘*verifiche combinatorie*’ di lunga durata; durante queste ‘*verifiche*’ alcuni individui si riproducono altri no per incompatibilità biologica. La ‘*transgenia*’ consente di superare le barriere di incompatibilità sessuale tra specie diverse determinatesi con l’evoluzione.

Sempre per una corretta e disinteressata informazione, sorge spontanea una domanda: *come l’uomo ha gestito gli altri esseri viventi dall’inizio della sua comparsa sul pianeta Terra?* La risposta è solamente ipotizzabile per un lunghissimo periodo (2-3 milioni di anni), mentre è storicamente documentata per gli ultimi 13-15 mila anni. Durante questo ultimo periodo, egli ha sempre effettuato una serie di scelte che si sono concretizzate in vere e proprie manipolazioni geniche, favorendo o limitando o eliminando, *inconsiamente*, ‘*geni*’. Gli effetti di queste ‘*manipolazioni*’ sono stati ‘*verificati*’ con l’‘*orologio biologico*’ dei ‘*processi naturali*’.

La produzione di OT è possibile grazie all’universalità del codice genetico che è scritto sul DNA. La legge fondamentale che regola il funzionamento di questo DNA è biologicamente la stessa qualunque sia l’essere vivente interessato.

Tecnicamente l’ottenimento degli OT è reso possibile dall’ingegneria genetica che, anziché dipendere dalla ricombinazione casuale tra un grande numero di geni, consente di ottenere un organismo con nuove associazioni geniche, denominato ‘*transgenico*’, attraverso l’inserimento, nell’insieme

⁶ Relazione svolta al X Corso di formazione in Bioetica dell’Istituto Italiano di Bioetica Campania. Qui è riportata parzialmente. Cfr. http://www.istitutobioetica.org/ricerche/contributi/matassin%20ogm/matassino_ogm.htm

delle informazioni genetiche di un organismo (genoma), di costrutti genici portatori di specifici caratteri.

Attualmente, stante alle nostre conoscenze, sono più di 5.000 gli OT *'rilasciati'* negli USA e circa 1.800 nella UE. Il 98% circa di questi OT sono vegetali, lo 0,16% sono animali e la restante percentuale è costituita da batteri (0,83), funghi (0,13) e virus (0,23). Il numero delle notificazioni per il rilascio nell'ambiente di OT, pervenute dal 21 ottobre 1991 al 17 aprile 2003, alla Commissione Europea da parte degli Stati membri dell'UE, ai sensi della Direttiva 2001/18/CE, che regola l'immissione nell'ambiente degli OT, è pari a 1.869 e il primato spetta alla Francia.

I prodotti transgenici, il cui uso è autorizzato nella UE sono attualmente 18.

Le stime di Assobiotech circa il fatturato delle imprese biotecnologiche, formulate in base al valore presunto del fatturato dei prodotti biotecnologici relativo al 1994 (11,9 miliardi di euro), prevedono per il 2005 un valore, a livello di Pianeta Terra, di 128 miliardi di euro e per l'Italia di 2,8 miliardi di euro con la quota maggiore spettante al settore *'salute umana'*.

Secondo l'ultimo rapporto del Servizio Internazionale per l'acquisizione delle Applicazioni Agro-Biotecnologiche (ISAA), a livello globale si è avuto nel 2002 un incremento delle superfici adibite a coltivazioni transgeniche del 12%, rispetto al 2001. Sono quasi 6 milioni (nel 2001 erano 5 milioni) gli agricoltori che hanno scelto di passare dalle coltivazioni *'tradizionali'* a quelle *'transgeniche'* e, più di $\frac{3}{4}$ di essi appartengono ai paesi meno sviluppati (*Least developed Countries*, Ldc). Il maggior tasso di incremento (27%) si è avuto per il mais, con una superficie totale di area coltivata pari a 12,4 milioni di ettari, a cui seguono la colza (incremento pari all'11% con 3 milioni di ettari) e la soia (incremento del 10% con 36,5 milioni di ettari), mentre restano invariati i valori delle coltivazioni di cotone (6,8 milioni di ettari).

La Spagna ha raddoppiato le superfici coltivate a mais Bt, mentre in Romania sono triplicate quelle di soia *'biotech'*.

I maggiori produttori di OT sono gli USA, Argentina, Canada e Cina. Nel 2002, per la prima volta, in Asia, e precisamente nelle Filippine, è stata approvata a uso alimentare una varietà di mais transgenico; colture transgeniche sono state rilevate anche in India, Colombia e Honduras.

Lo stato brasiliano del Paraná, il 14 ottobre 2003, ha approvato una legge che vieta, fino al 2006, di piantare e di commercializzare soia transgenica; per lo stesso periodo sarà anche vietato utilizzare i porti di Paranaguá e di Antonina per l'esportazione di soia transgenica attraverso il Brasile o in altri paesi.

Il 23 gennaio 2002, la Commissione europea, con la *Comunicazione n. 27 23.I.02*, ha promosso un programma completo per lo sviluppo delle scienze della vita e delle biotecnologie in Europa, evidenziando che l'Europa ha superato gli Stati Uniti quanto a numero di imprese impiegate nell'uso di biotecnologie innovative (BI) (1.570 contro 1.273) e che solo la Germania investe nelle biotecnologie 330 milioni di euro all'anno. Tuttavia, in Europa le imprese *'biotech'* sono di dimensioni ridotte e i posti di lavoro sono circa 61.000, contro i 162.000 degli USA.

L'Italia sta recuperando il *gap* rispetto al resto dell'Europa e, secondo le stime di Assobiotech, riferite nell'assemblea annuale svoltasi a giugno di quest'anno, le imprese *'biotech'* dovrebbero raddoppiare, passando da 100 a 200 con un incremento notevole del numero degli addetti.

2.1. Applicazioni e potenzialità degli OT

Le biotecnologie vanno discriminate in relazione alla loro utilizzazione; infatti, esse possono interessare i più svariati campi:

(a) medicina umana e animale; recentemente è stato messo a punto un metodo per modificare geneticamente un virus in modo tale da renderlo in grado di replicarsi selettivamente nelle cellule can-

cerose inattivandole; in questo modo si svincola il paziente dall'impiego dei chemioterapici, questi ultimi associati a notevoli effetti collaterali indesiderati

- (b) ambiente; a esempio microrganismi ingegnerizzati utili per accelerare decontaminazioni
- (c) produzione di alimenti per l'uomo e per l'animale, con particolare riferimento alla produzione di molecole a elevata funzione terapeutica (nutraceutica, alimenti funzionali)

Nel settore vegetale l'impiego degli OT ha come scopi:

- (a) aumento della produttività attraverso:
 - (i) induzione della resistenza ai parassiti
 - (ii) induzione della resistenza a stress ambientali
 - (iii) ottenimento di varietà resistenti agli erbicidi
 - (iv) aumento delle rese per unità di terreno coltivato
 - (v) riduzione della taglia (es. cereali)
- (b) miglioramento della qualità dei prodotti attraverso:
 - (i) aumento del contenuto di componenti essenziali (aminoacidi, proteine e sali minerali) e di vitamine e/o di molecole bioattive con valore 'extranutrizionale' (nutraceutica)
 - (ii) esaltazione del contenuto di molecole (flavonoidi, terpenoidi, esteri, ecc.) responsabili della tipicità dei prodotti
 - (c) miglioramento dei processi di trasformazione microbica delle derrate agricole
 - (d) ottenimento di piante da utilizzare come 'biofabbriche' di vaccini (subunità b della tossina LT (*heat-labile toxin*) di *Escherichia coli*; antigene di superficie del virus dell'epatite B; la proteina F del virus sinciziale respiratorio; la proteina del capsido del virus norwalk); le piante più usate a tale scopo sono: il tabacco, la patata, il pomodoro, la banana; la produzione di molecole immunogeniche per l'uomo attraverso la modificazione genetica di piante e di cloroplasti offre notevoli vantaggi operativi per le popolazioni degli Ldc: sicurezza intrinseca del prodotto; basso costo ed elevata efficienza di produzione; eliminazione delle costose catene del freddo per la conservazione dei vaccini
 - (e) produzione di anticorpi; recentemente è stata inserita nella pianta del tabacco la sequenza di DNA responsabile della produzione di anticorpi umani contro la rabbia; ciò consentirà di far fronte alla drammatica carenza di questi anticorpi, attualmente ottenuti da cavalli oppure da esseri umani che hanno già contratto la rabbia
 - (f) riduzione di allergeni naturali
 - (g) bonifica di terreni contaminati da sostanze esplosive; i Dipartimenti della Difesa del Canada e degli Stati Uniti, in collaborazione con l'Università di Alberta, hanno avviato un programma di ricerca finalizzato allo sviluppo di piante transgeniche nelle quali siano stati inseriti geni di origine batterica che conferiscono alla pianta la capacità di cambiare colorazione in presenza di tritolo o di altre sostanze esplosive. (...)

Nel settore animale, gli OT interessano soprattutto:

- (a) la produzione di farmaci per uso umano in fluidi o prodotti di origine animale; a esempio:
 - (i) *gene pharming*: tale campo di applicazione, consistente nella produzione di 'molecole-farmaco' nel latte, è in rapida espansione e a oggi, sono circa 20 le proteine umane ricombinanti prodotte dalle specie d'interesse zootecnico e di esse, 11 sono espresse a livelli utili dal punto di vista commerciale ($\geq 1\text{g/l}$);

(ii) è stato sviluppato un sistema per inserire geni nella quaglia (*Coturnix coturnix*) in modo tale da renderla capace di produrre proteine o peptidi farmacologicamente attivi nelle uova; le stesse procedure potrebbero essere applicate anche ai polli e ciò consentirebbe di produrre farmaci ricombinanti a un costo decisamente inferiore rispetto a quello attuale;

(iii) proteine ricombinanti farmacologicamente attive sono state ottenute anche nel fluido seminale di suini, attraverso la tecnica della semenesi; quest'ultima consente di modificare geneticamente il suino in modo da fargli produrre proteine ricombinanti complesse, come quelle coinvolte nella carbosilazione, nella glicosilazione e nella metilazione, difficili da ottenere in altri sistemi; queste molecole vengono successivamente recuperate con particolari metodiche

(b) ottenimento di animali con caratteristiche produttive e riproduttive migliorate (esempio: pecore con migliorata capacità di produrre lana, polli contenenti un gene di alligatore che, attraverso il controllo della temperatura consente di produrre soltanto femmine)

(c) ottenimento di animali con migliorata resistenza alle malattie; anche la profilassi nei confronti della encefalopatia spongiforme bovina (BSE, *bovine spongiform encephalopathy*) potrebbe trarre giovamento attraverso la clonazione a partire da cellule modificate in cui sia stato eliminato il gene della proteina prionica cellulare (PrPc, *prion protein*)

(d) un animale d'interesse zootecnico geneticamente modificato in modo tale che i suoi organi siano compatibili con il sistema immunitario dell'uomo, da utilizzare con successo per il trapianto trans-specifico o 'xenotrapianto'

(e) ottenimento di animali transgenici, quali modelli per lo studio di malattie umane; a esempio, sono stati ottenuti topi che manifestano i sintomi della schizofrenia, utili per il monitoraggio dell'azione di alcuni farmaci; di particolare interesse è il topo di ceppo C57BL6-apoEtm.Unc, cioè carente in apolipoproteina e quindi in grado di sviluppare lesioni aterosclerotiche sovrapponibili ad alcune lesioni dell'uomo; una delle più promettenti applicazioni degli animali transgenici è lo studio dell'oncogenesi. (...)

3. Alcune problematiche e analisi dei potenziali rischi

Un tentativo di analisi oggettiva degli OT, come di qualsiasi intervento antropico sulla natura, non può essere disgiunto dalla valutazione del 'rapporto rischi/benefici', nel senso di 'correlare ciascuna attività antropica al livello di tolleranza del rischio che viene accettato in confronto con i benefici che derivano dall'attività stessa'. La determinazione del 'rapporto rischi/benefici', che ha come principale destinatario l'uomo, deve essere estesa a tutti gli organismi viventi e all'ambiente nel suo complesso prendendo sempre in considerazione il 'principio della conservazione degli equilibri biologici basati sulla esistenza della biodiversità'.

L'immissione nell'ambiente degli OT pone interrogativi di natura:

(a) *biologica* [rischi per la salute umana (tossicità e nocività)]

(b) *ambientale* (effetti sulla biodiversità, interferenze con la sostenibilità agricola)

(c) *economico-sociale* (proprietà intellettuale; scelte del consumatore; effetti sull'economia degli Ldc, equità nell'accesso ai risultati e nella distribuzione degli utili e dei vantaggi prodotti dalle biotecnologie)

(d) *etica* (nel caso degli xenotrapianti, accettabilità dell'intervento dell'uomo sull'"ordine naturale", praticabilità etica dell'utilizzo degli animali per migliorare la sopravvivenza dell'uomo, eventuale impatto che un organo o un tessuto di origine animale può avere sull'identità del soggetto umano che lo riceve).

Ritengo che solo un confronto serio, su base scientifica, potrà favorire alcune soluzioni possibili.

3.1. Impatto sulla salute umana

Per quanto concerne i rischi nell'uso di OT sulla salute umana, particolare attenzione è rivolta al principio della *'equivalenza sostanziale'* tra alimento *'transgenico'* e alimento *'tradizionale'*, introdotto nel 1993 dall'Organizzazione per la cooperazione economica e lo sviluppo (OECD) e approvato da una consultazione congiunta *Food and Agriculture Organization (FAO)/World Health Organization (WHO)* nel 1996. Tale principio, ampiamente applicato in USA, è stato giudicato *'ai limiti della pseudoscienza'* dalla rivista *Nature* (vol. 401, 525, 1999), e *'approccio soggettivo e inconsistente'* dalla *Royal Society canadese* nel report intitolato *'Elements of Precaution: Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada'*, pubblicato nel febbraio 2001.

Nel rapporto FAO/WHO 2000, in seguito a una revisione critica, sono stati riconosciuti i principali limiti del principio di *'sostanziale equivalenza'*, quali: subordinazione all'esistenza dell'elemento *'comparatore'*, la cui sicurezza sia stata ampiamente provata; assenza di valutazione del rischio a medio e lungo termine (nocività); assenza di approcci analitici *mirati all'identificazione del profilo dei nutrienti e al saggio dell'impatto degli eventuali cambiamenti nutrizionali inattesi dell'alimento 'in toto' sullo stato nutrizionale della popolazione.* Tuttavia, nel rapporto FAO/WHO 2000, il principio della *'sostanziale equivalenza'* viene ancora considerato come criterio fondamentale nella valutazione della sicurezza degli OT o dei prodotti da essi derivati, *data l'assenza di strategie alternative capaci di fornire garanzie di sicurezza.*

Secondo quanto riportato dalla *Royal Society canadese* nel *report* del 2001, l'*'equivalenza sostanziale'* potrebbe essere sostituita dal *'principio di precauzione'* in attesa dei risultati scaturenti da ricerche inerenti a:

- (a) *struttura del DNA*
- (b) *modalità di espressione genica o trascrittomica*
- (c) *profilo delle proteine o proteomica*
- (d) *profilo metabolico o metabolomica*

Pertanto, il *'principio di precauzione'*, elemento fondamentale per *'sistemi complessi in divenire'*, ai quali sono connessi ampi margini di *'incertezza dovuta a ignoranza'*, non deve essere considerato come fattore di limitazione per la ricerca, ma come punto di partenza per il suo sviluppo, in modo da giungere alla totale sicurezza ambientale e alimentare (*full environmental safety*). (...) il *'principio di precauzione'* viene considerato come una *risposta 'razionale alla 'complessità', alla 'incertezza' e alla 'ambiguità'.*

Infine, è stata sottolineata l'importanza del coinvolgimento del *'consumatore'* affinché *'questi raggiunga la piena consapevolezza di tutti gli aspetti di una problematica'* al fine di condividere o di rifiutare le proposte e le decisioni imposte dalle istituzioni. (...)

3.1.1. Tracciabilità e rintracciabilità (...)

3.1.2. Complessità

La *'complessità'* identificabile con qualsiasi essere vivente, è stata oggetto di numerose definizioni:

- "La *complessità* è la proprietà di un sistema modellizzabile suscettibile di mostrare dei comportamenti che non siano tutti pre-determinabili (necessari) anche se potenzialmente anticipabili (possibili) da un osservatore intenzionale di questo sistema" (P. Valéris, letterato);
- "La *complessità* non è quel male assoluto che la bella razionalità francese braccia nel nome della chiarezza, dell'omogeneità e dell'universalismo. Al contrario, è il riconoscimento della ricchezza della diversità delle organizzazioni di ogni dimensione e natura" (J. Melise).

Morin afferma che la *'complessità'* è l'origine delle teorie scientifiche e, secondo Küng, *"le teorie scientifiche sono organizzate a partire da principi che non dipendono assolutamente dall'esperienza"*.

La *'complessità'* è un vero e proprio *'sistema complesso'* in quanto:

(a) è da delimitare, di volta in volta, nei suoi confini

(b) è da conoscere nelle sue componenti qualitative e quantitative e nelle loro interrelazioni

(c) è flessibile e variabile spazialmente e temporalmente perché strutturalmente instabile

(d) ha capacità al costruttivismo differenziata per effetto del grado di informazione del tempo e dello spazio

(e) è fortemente autoregolatore, omeostatico, per cui può produrre nuove combinazioni fra le parti costituenti che possono dare origine a dinamici peculiari *'status'* le cui regole di funzionamento possono mutare nel tempo e nello spazio come, a esempio, il sistema *'genoma'* per effetto delle continue nuove combinazioni geniche (grazie anche ai geni trasposoni) e delle mutazioni selettive

(f) non è un modello lineare: assenza di proporzione tra causa ed effetto

(g) alla luce delle precedenti caratterizzazioni, è *'imprevedibile'* nel senso che esso non è totalmente *'computabile'*, perché può essere considerato una vera e propria *'struttura caotica deterministica'*

(h) ha una sua *'singolarità'*: è un *'universo soggettivo'* non riducibile a mero oggetto di riduzionismo, ma discernibile e con una sua propria *'alterità'*;

(i) ha una sua specifica pertinenza: *'dialogare'* tra le parti componenti.

Non bisogna dimenticare che *la nostra ignoranza è somma nel settore della conoscenza delle informazioni genetiche e dei meccanismi che regolano la espressione dei geni. Questi ultimi, come tutti i sistemi biologici, quasi certamente, operano in modo sistemico identificabile con una vera e propria rete biologica cibernetica.* In più, al fine di favorire il mantenimento di grandi *'riserve profetiche'* solo una parte delle sequenze nucleotidiche si esprime, mentre la maggioranza è silente.

Le recenti acquisizioni sul genoma umano evidenziano che ben il 98% del DNA che costituisce il genoma non viene espresso in proteine; di esso, circa il 50% è rappresentato dal cosiddetto *'DNA ripetitivo'* e circa il 23% da introni e pseudogeni. Del DNA, ripetitivo, denominato anche *'DNA spazzatura'*, non sono note né l'origine né le funzioni; alcuni *studi preliminari evidenziano che esso contribuisce a fornire spiegazioni soprattutto in merito ai meccanismi evolutivi degli organismi viventi nonché a quelli di regolazione dell'espressione genica*; questi ultimi esplicitati attraverso la sintesi di molecole di RNA coinvolte nell'attivazione e nella disattivazione dei geni.

È da aggiungere la presenza dei cosiddetti geni *'ballerini'* (*trasposoni*) cioè segmenti di DNA senza fissa dimora, che rientrano nella famiglia del *'DNA ripetitivo'* e rappresentano circa il 45% del DNA genomico. Indubbiamente, questi *trasposoni* svolgono un ruolo molto importante nella conservazione della diversità genetica, cioè biologica. È ipotizzabile che questo meccanismo comportamentale favorisca la *'transgenia'* *'naturale'*, quindi l'incremento, se non il mantenimento, di una variabilità genetica *'soglia'* nelle popolazioni numericamente modeste viventi in determinati microecosistemi. Un recente studio ha evidenziato nel lievito che una particolare categoria di *trasposoni* è in grado di spostarsi lungo i filamenti di DNA che presentano rotture e di contribuire alla riparazione.

Rifkin riferisce che negli USA e nel mondo, *a causa dell'imprevedibilità nell'impiego degli OT, le compagnie di assicurazione negli USA e nel mondo si rifiutano di assicurare le aziende che producono e commerciano OT*, sottolineando che la manipolazione genetica comporta rischi ben diversi da tutte le precedenti forme di dominio dell'uomo sulla natura dovuti al fatto che: *"il risultato non si ferma al cambiamento genetico, ma va in direzioni difficili da prevedere, legate alle possibili in-*

terazioni tra il prodotto del transgene e le proteine dell'ospite, queste ultime considerate in chiave di rete metabolica".

*Le recenti acquisizioni sui 'genomi' di varie specie evidenziano che la complessità di un organismo non dipende dalla sua 'dotazione genomica', come dimostrato dal fatto che l'uomo, sulla base del genoma 'codificante' che è stato possibile determinare, possiede solo il doppio dei geni di una banana; il nematode *Caenorhabditis elegans*, composto solo di 959 cellule, dispone di ben 19 mila geni.*

I risultati preliminari scaturiti dal sequenziamento e dalle analisi comparative del genoma di topo hanno evidenziato che il genoma murino sarebbe solo del 14% più piccolo rispetto a quello umano [2,5 miliardi di paia di basi (gigabasi, Gb) vs 2,9 Gb] e che l'uomo condivide con il topo circa il 99% del genoma in termini di omologia di sequenza e circa il 90% in termini di gruppi di sintenia (geni posti sullo stesso cromosoma).

Rispetto allo scimpanzè, recenti acquisizioni hanno evidenziato che l'uomo ha in comune il 95 % del genoma in termini di sequenza e non il 98,5 % come era emerso da studi precedenti; tale differenza sarebbe dovuta al fatto che nel recente lavoro, per il calcolo del grado di 'divergenza - similitudine', sono state prese in considerazione non solo le differenze dovute a sostituzioni di basi, ma anche quelle dovute a 'inserzioni - delezioni'.

Le suddette conoscenze, che però sono in continuo aggiornamento (sulla base delle continue acquisizioni di risultati di ricerche in atto o da realizzare), indicano che i geni, come tali, sono solo i portatori dell'informazione; pertanto, è il numero di proteine prodotte che caratterizza la complessità di un essere vivente: la realizzazione delle diverse attività vitali richiede la partecipazione di proteine variabili nel numero, nella qualità e nella quantità combinatoria (specialmente in chiave di rapporto fra di loro). Le proteine vanno studiate soprattutto in quanto componenti di una rete costituita dalle interazioni fisiche e funzionali tra le varie proteine; interazioni che sono fondamentali per la fisiologia della cellula, dei tessuti e quindi dell'intero organismo. Di qui l'importanza della proteomica che consente di 'fotografare' e di 'catalogare' tutte le proteine espresse da una cellula in ogni momento del suo ciclo vitale, indipendentemente dalla conoscenza dei geni.

In tale contesto rivestono particolare significato tutti quegli approcci metodologici non invasivi, che nel loro insieme costituiscono le basi per una nuova era, quella 'post-genomica', il cui scopo è quello di colmare il 'gap' profondo esistente tra sequenza del DNA e fisiologia della cellula.

Da ciò è facile dedurre che l'impossibilità di controllare totalmente la complessità biologica di un essere vivente deve condurre a una maggiore attenzione e a una maggiore prudenza.

3.2. Impatto ambientale

La struttura dinamica degli ecosistemi è la ragione per cui i livelli di prevedibilità delle applicazioni delle BI sono bassi e richiedono la necessità di forti sistemi di controllo. Ciò che può essere facilmente sotto controllo a una certa scala spazio-temporale, a esempio in laboratorio, può dar luogo a effetti imprevedibili a livello di ecosistema 'in senso lato', un sistema complesso che opera in parallelo su multiple scale spazio-temporali.

Inquinamento genetico del suolo. Una questione ampiamente dibattuta concernente l'impatto ambientale degli OT, riguarda l'*inquinamento genetico del suolo*; suolo che va considerato come un vero e proprio 'sistema dinamico' che include componenti viventi e non, di natura organica e inorganica organizzate in 'strutture complesse', definite 'aggregati'; questi ultimi sono formati dall'interazione di particelle organiche e inorganiche e sono caratterizzati dalla presenza di cavità contenenti aria e/o acqua, microrganismi e radici di piante. Data la presenza nel suolo di una moltitudine di specie viventi, vi è anche la presenza di materiale genetico estremamente differenziato, noto con il termine di 'metagenoma'; tuttavia, molecole di DNA possono anche trovarsi al di fuori della cellula nell'ambiente interagendo direttamente con i componenti del suolo, in particolare con

quelli di natura colloidale e argillosa, con tempi di permanenza che variano da poche ore ad alcuni anni; 1 g di argilla può adsorbire fino a 30 mg di DNA. L'assorbimento del DNA sui materiali argillosi è influenzato dai cicli di essiccamento e di inumidimento del suolo, nonché dai valori di temperatura di quest'ultimo. Le zone del suolo in cui la comunità microbica è altamente rappresentata sono costituite dalla parete radicale (*rizoplano*), dal volume di suolo situato adiacente le radici e da esse influenzato a livello fisico, chimico e biologico (*rizosfera*), dai residui vegetali (*residuosfera*) e, soprattutto, dall'interno della pianta qualora si verifichi un attacco patogeno.

Una delle maggiori problematiche legate all'uso di piante transgeniche è data dall'eventuale possibilità di trasferimento di materiale genetico tra specie differenti (trasferimento orizzontale dell'informazione genetica), con particolare riferimento alla comunità microbica del suolo. Gli esigui dati esistenti al riguardo evidenziano che non esiste alcuna dimostrazione scientifica che ciò avvenga in natura almeno con una efficienza tale da interferire con la specificità delle specie (*espressione e affermazione* dei geni estranei), anche se è possibile ottenere in laboratorio il trasferimento genico orizzontale da una pianta a un batterio. Tuttavia, analisi comparative di sequenze genomiche e proteiche hanno evidenziato come nel corso dell'evoluzione siano avvenuti trasferimenti di materiale genetico sia tra procarioti che tra procarioti ed eucarioti (a esempio, tra batteri e piante). Inoltre, va precisato che l'incorporazione di geni esogeni è un meccanismo evolutivo proprio dei microrganismi: in *Escherichia coli* il 16 % del genoma deriva da trasferimento genico orizzontale attraverso i meccanismi della coniugazione, traduzione e trasformazione e ceppi patogeni possono originarsi con queste modalità. Affinché possano verificarsi tali eventi, è necessario che si realizzino determinate condizioni sia a livello della cellula ricevente che della sequenza estranea; inoltre, una volta che il DNA esogeno si è integrato nel genoma dell'ospite, non è detto che si attivi (*gene silente*). Tuttavia, sulla base di *effetti epigenetici*, la cui importanza verrà in seguito sottolineata quale causa determinante del margine di imprevedibilità nell'uso delle biotecnologie innovative, i geni '*silenti*' potrebbero attivarsi. In particolare, per quanto attiene alla trasformazione, essa, oltre a consentire lo scambio tra materiale genetico a basso grado di omologia, non prevede il contatto fisico tra cellula ricevente e donatrice, permettendo alla cellula ricevente di incorporare anche DNA extracellulare presente nell'ambiente. Tuttavia, la frequenza e l'efficienza di trasformazione in natura sono molto basse per il fatto che il batterio ricevente, per poter accettare il DNA estraneo, deve sviluppare la condizione fisiologica di 'competenza' e, in natura, solo il 10% dei batteri ad oggi noti presentano tale condizione. Inoltre, particolare importanza assume ai fini dell'efficienza di trasformazione anche la dimensione del frammento di DNA estraneo. Ancora non è stato possibile dimostrare lo sviluppo della competenza nel suolo.

Tra le possibili conseguenze negative dell'inquinamento genetico del suolo va ricordato l'*'effetto deriva'*, dovuto alle conseguenze che eventuali metaboliti prodotti dall'OT e presenti negli essudati radicali possono avere sulle popolazioni microbiche del suolo, favorendo alcune specie di microrganismi a scapito di altri. Un esempio è rappresentato dalla tossina Bt, prodotta dal mais Bt, rilasciata dalle radici della pianta; essa si lega a particelle del suolo che proteggono la tossina stessa dalla degradazione.

La valutazione dei rischi legati all'*inquinamento genetico del sistema suolo* è complicata dalla dinamicità che caratterizza tale sistema e dalla molteplicità di sollecitazioni che il sistema riceve; tutto ciò rende difficile stabilire se le fluttuazioni osservate sono dovute all'immissione dell'OT oppure ad altre cause. (...)

4. Conclusioni

1. L'uso delle biotecnologie è primariamente un '*problema sociale*' e con l'avanzare delle conoscenze delle leggi regolanti i fenomeni della vita biologica in tutte le sue articolazioni categoriali o tassonomiche, interesserà sempre di più la comunità umana.

2. La valutazione che l'opinione pubblica, specialmente europea, esprime sull'uso delle biotecniche innovative è fortemente diversificata:

(a) *forte accettazione* di quelle inerenti alla medicina

(b) *grande resistenza* per quelle riguardanti la produzione di *'alimenti innovativi'*.

Quali possono essere le motivazioni del secondo comportamento umano? La risposta è complessa, ma sostanzialmente la ragione del *'rifiuto'* è dovuta alla carenza di una informazione seria e disinteressata.

3. Scientificamente concordo con il Massironi quando dice *"qualunque modello di gestione del 'problema' biotecnologia deve tenere conto dell'erroneità della convinzione di avere in mano, con le conoscenze biomolecolari, tutte le chiavi per comprendere e controllare gli organismi viventi"*. Se così fosse, potremmo parlare di *'riduzionismo'*, quindi di limite nella capacità di esprimere un giudizio.

4. La *'struttura dinamica'* degli ecosistemi e la *'complessità'* degli organismi viventi costituiscono la ragione per cui i livelli di prevedibilità delle applicazioni delle BI sono bassi e richiedono la necessità di forti sistemi di controllo; ciò trova conferma nei risultati dell'ampio studio della *Royal Society* britannica, dai quali è scaturito che l'impiego delle colture resistenti ai diserbanti interferisce con i delicati e complessi meccanismi omeostatici a carico della *'catena trofica'* alimentata dalle piante infestanti.

5. L'esigenza di ricerca è una condizione necessaria e cogente per disporre continuamente di nuove conoscenze sui *'complessi meccanismi biologici'* che regolano l'espressione genica al variare delle condizioni del microambiente in cui opera il gene, con particolare attenzione alla conoscenza dei fenomeni che regolano le interconnessioni e le interrelazioni fra i geni e fra i geni e il microambiente in cui essi sono inseriti.

6. Indispensabile è un potenziamento del coordinamento della ricerca, anche nell'ambito della Conferenza Stato-Regioni, ove gli Enti pubblici di ricerca dovranno svolgere un ruolo di equo protagonismo.

7. Le riflessioni sulla transgenesi debbono costituire l'opportunità per riconsiderare e valutare i rapporti tra ricerca, agricoltura, ambiente e benessere dell'uomo; non bisogna dimenticare che l'agricoltura, anche senza far ricorso agli OT, ha prodotto e può produrre effetti indesiderati.

8. La *'equivalenza sostanziale'* tra un alimento proveniente da un *'organismo transgenico'* prodotto dall'uomo e un alimento cosiddetto *'tradizionale'* viene ancora considerata un criterio fondamentale nella valutazione della sicurezza dell'uso degli organismi transgenici o dei prodotti da essi derivati, data l'assenza di strategie alternative capaci di fornire garanzie di sicurezza; tuttavia, l'equivalenza sostanziale potrebbe essere sostituita dal *'principio di precauzione'* in attesa dei risultati scaturenti da ricerche inerenti a: (i) *struttura del DNA*; (ii) *modalità di espressione genica o trascrittomica*; (iii) *profilo delle proteine o proteomica*, (iv) *profilo metabolico o metabolomica*

9. La valutazione dei potenziali *'rischi'* degli alimenti transgenici per la salute umana deve sempre più tenere conto della variabilità genetica presente nella popolazione umana responsabile della differente risposta degli individui ai singoli alimenti o ai regimi alimentari.

10. L'obiettivo *'principio'* della ricerca pubblica deve essere quello di evidenziare la differenza fra *tossicità e nocività* di qualsiasi alimento, sia esso *'naturale'* (nel significato tradizionale) che *'biotec'*; a ciò bisogna aggiungere la necessità di conoscere i riflessi della coltivazione o dell'allevamento di OT sull'equilibrio dei vari agroecosistemi interessati.

11. È necessario che i rischi vengano valutati *'caso per caso'* con approccio sistemico tenendo conto dei rischi *'mediati'* per l'ambiente e per la produzione, valutati sulla base di una corretta sperimentazione scientifica.

12. La formulazione delle regole e la valutazione del rischio debbono essere basate sul *prodotto* e sulle sue caratteristiche piuttosto che sul *processo produttivo*.

13. La decisione della Monsanto di abbandonare i mercati europei potrebbe essere collegata alla difficoltà, da parte della multinazionale, di controllare la filiera alimentare e di tenere separati i prodotti convenzionali da quelli transgenici.

14. Rischi e benefici degli OT non sono né certi né universali: possono variare nel tempo, con le diverse situazioni geografiche e *'caso per caso'*.

15. La *'Raccomandazione della Commissione dell'Unione europea del 23.VII.03 sulla coesistenza tra colture transgeniche, convenzionali e biologiche'* è molto articolata ed evidenzia, in tutta la sua complessità, la problematica di questa coesistenza; in particolare, viene evidenziata la necessità che ciascuno Stato membro, nel legiferare sulla materia, consideri:

(a) capacità "dell'agricoltore di operare una libera scelta tra agricoltura convenzionale o biologica o transgenica nel rispetto degli obblighi legali in materia di etichettatura e di norme di purezza";

(b) gestione delle misure più idonee per minimizzare il rischio di commistione; l'efficacia economica delle misure relative alla coesistenza sarà fortemente influenzata dalla notevole diversità Regionale dell'Unione europea;

(c) la necessità che le migliori pratiche siano elaborate in cooperazione con tutti i soggetti interessati e secondo *'criteri di trasparenza'*.

16. È auspicabile che l'uso delle biotecnologie si realizzi in funzione di alcune diversità che sono determinanti di uno sviluppo sostenibile che comprende anche quello socio-economico; per esempio, alcuni indicatori per ciascun Paese del pianeta Terra sono:

(a) politica agraria

(b) caratteristiche degli agroecosistemi

(c) struttura fondiaria

(d) tradizioni e culture specifiche

17. Tutti gli esseri umani e le loro comunità hanno il diritto di proteggere, sviluppare e arricchire le proprie diverse identità culturali, delle quali il cibo e la produzione di cibo costituiscono una particolare forma di espressione. Pertanto, l'uso delle BI deve conciliarsi, pur nell'ambito della globalizzazione in corso, con le esigenze sociali, fortemente diversificate sul pianeta Terra, tendenti a salvaguardare i connotati specifici delle diverse civiltà, frutto di tradizioni e di storie differenti. *La 'competitività del settore agroalimentare italiano'* è legata, più che ad una crescita quantitativa delle produzioni, molto di più alla *tutela e alla valorizzazione dei caratteri di tipicità, di tradizione e qualità della nostra agricoltura*. In tale contesto, sarà necessario *valorizzare quelle BI che, mentre permettono di accelerare la selezione per la qualità, con particolare riferimento alla qualità 'nutrizionale' ed 'extranutrizionale' degli alimenti, sono di grande ausilio per la messa a punto di sistemi di 'tracciabilità' e di valorizzazione dei prodotti tradizionali*.

18. L'impiego delle BI non potrà essere l'approccio risolutivo per la soluzione del problema della *'fame nel mondo'*: il cibo che è disponibile è già sufficiente: *il vero problema è quello della disparità tra paesi sviluppati e paesi meno sviluppati nell'accesso alle risorse* e della iniqua distribuzione delle stesse. Infatti, nell'anno 2000 si è avuto: un *deficit* pari a 4,200 milioni di t di proteine di proteina di origine animale e un *surplus* pari a 38,487 milioni di t di proteina di origine vegetale; nell'anno 2010, si prevedono ancora un *deficit* di proteina di origine animale pari a 16,6 milioni di t e un eccesso di proteina di origine vegetale pari a 26,3 milioni di t. La carenza di proteina di origine animale comporta la necessità di individuare innovative strategie nella gestione dei sistemi produttivi in genere e di quelli animali in particolare; strategie che si dovrebbero concretizzare in una profonda e globalizzante revisione degli ordinamenti culturali al fine di favorire una maggiore produ-

zione di alimenti da destinare all'alimentazione degli animali in produzione zootecnica occorrenti per un riequilibrio delle proteine necessarie a soddisfare le esigenze dell'uomo. Esigenze che vanno considerate alla luce dell'importanza determinante che gli alimenti di origine animale hanno svolto nell'evoluzione dell'encefalo umano e, segnatamente, delle aree coinvolte nella comunicazione e nell'apprendimento.

19. Il dibattito sulle *BI non sta facendo altro che distogliere l'attenzione dalla comprensione delle vere cause della 'fame nel mondo' e dalle possibili soluzioni alternative all'ingegneria genetica per la risoluzione del problema; soluzioni rappresentate da:* metodi di ibridazione tradizionale, nuove politiche sugli scambi commerciali, infrastrutture e riforme agricole nei paesi meno sviluppati.

20. *É necessario potenziare le applicazioni delle BI a sostegno della tutela della biodiversità animale (inclusi gli organismi acquatici), fungina, microbica e vegetale e della dell' ambiente*

21. *L'obiettivo del coinvolgimento del 'consumatore', affinché 'questi raggiunga la piena consapevolezza di tutti gli aspetti delle problematiche legate agli OT', deve essere perseguito nel pieno rispetto dei principi dell'autoregolazione individuale' e dell'alleanza sistemica', evitando di cadere nel 'radicalismo salutistico' culturale e istituzionale.*

22. *L'impostazione sistemica deve costituire: (a) il canone, (b) il prodromo e (c) la guida se si vuole affrontare concretamente e seriamente qualsiasi discorso inerente alla gestione delle BI. É la conoscenza del sistema in tutte le sue variabili: semantiche e/o episemantiche e/o le loro interazioni, la sola in grado di fornire elementi e indicazioni per una corretta e dinamica gestione del pianeta Terra.*

23. *Si ribadiscono la consapevolezza e la convinzione che 'la conoscenza ha un valore etico sempre superiore alla ignoranza' e che la vera autonomia della ricerca scientifica non consiste nella 'libertà di fare tutto ciò che è tecnicamente possibile, ma nel continuo confronto con altri sistemi: sistema dei valori 'etici', sistema 'sociale', sistema delle 'istituzioni', sistema 'legislativo'. (...)*

IL "GOLDEN RICE"

Ingo Potrykus⁷

Il Bioarricchimento può aiutare gli interventi tradizionali contro la denutrizione.

Nei paesi in via di sviluppo 500.000 persone ogni anno diventano cieche e fino a 6000 ogni giorno muoiono a causa di carenza di vitamina A. Questo nonostante gli enormi sforzi delle istituzioni pubbliche e filantropiche per ridurre questo problema medico con l'ausilio dei metodi tradizionali quali arricchimento, fortificazione e incoraggiamenti alla diversificazione della dieta, etc. Questo prezzo elevatissimo che i poveri dei paesi in via di sviluppo stanno pagando alla 'carenza di vitamina A' continuerà anno dopo anno se non troveremo un modo per affiancare gli interventi tradizionali con altri non convenzionali e sostenibili. Uno di questi potrebbe essere basato sul miglioramento nutrizionale delle colture di sussistenza attraverso il 'bio-arricchimento', il miglioramento genetico del contenuto di micronutrienti e vitamine. Il miglioramento genetico vegetale e l'ingegneria genetica offrono due approcci complementari.

⁷ Professore emerito in Plant Sciences, (ETH), Zuerich, Switzerland, ingo@potrykus.ch. Seminario presentato al convegno "Il Principio di Precauzione: i costi della non-scienza". Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 19 .2. 2004. Traduzione di Davide Ederle. Cfr. http://www.galileo2001.it/materiali/news/04_02_19_relazione_potrykus.pdf

Le principali carenze di micronutrienti riguardano il ferro, lo zinco e la vitamina A. La carenza di vitamina A è largamente diffusa tra quei poveri che hanno come alimento di base il riso in quanto il riso non contiene pro-vitamina A (le piante non producono vitamina A, ma pro-vitamina A (carotenoidi) che il nostro corpo converte in vitamina A). La dipendenza dal riso come prevalente fonte di cibo, pertanto, porta necessariamente a carenza di vitamina A, se la povertà è tale da non consentire diversificazioni della dieta, colpendo soprattutto bambini e donne in gravidanza. Le conseguenze a livello medico per i 400 milioni di consumatori di riso, carente di vitamina A, sono gravi: indebolimento della vista, nei casi più estremi cecità irreversibile, deterioramento dell'integrità epiteliale contro infezioni, riduzione delle difese immunitarie, dell'emopoiesi e della crescita delle ossa, etc. Il riso contenente la pro-vitamina A potrebbe ridurre notevolmente il problema, ma il 'bioarricchimento' del riso per la pro-vitamina A non è possibile senza l'utilizzo dell'ingegneria genetica. L'approccio transgenico, quindi, è stato basato sull'idea di introdurre tutti i geni necessari ad attivare la via metabolica di sintesi ed accumulo di pro-vitamina A nell'endosperma (il tessuto di immagazzinamento dell'amido nel seme).

La scoperta scientifica per la pro-vitamina A.

Il 'Golden Rice' contiene i geni necessari per attivare la via metabolica per la sintesi di pro-vitamina A. Questa via è attivata solo nell'endosperma. L'intensità della 'colorazione dorata' indica la concentrazione di pro-vitamina A. Esistono diverse linee vegetali con diverse concentrazioni. Noi puntiamo a concentrazioni per le quali un'assunzione giornaliera di 200 grammi di riso fornisca abbastanza pro-vitamina A da ridurre notevolmente la carenza vitaminica. La concentrazione richiesta a tale scopo può essere determinata solo quando saranno disponibili i dati degli studi sulla biodisponibilità. Gli esperimenti su queste linee sono in corso, ma bisognerà aspettare fino alla fine del 2005. Per ora stiamo lavorando con linee vegetali in cui, teoricamente, le concentrazioni soddisfano i nostri obiettivi.



Il nuovo carattere è stato inserito in diverse varietà di riso *Indica* - in particolare *IR 64*, la varietà di riso più comune nel sudest asiatico, e sono stati selezionati eventi che sono stati ritenuti 'a posto per la normativa' per facilitare il processo di autorizzazione. (*riferimenti bibliografici omessi*)

Il Golden Rice sarà reso disponibile gratuitamente in un progetto umanitario.

Il Golden Rice verrà messo a disposizione dei paesi in via di sviluppo all'interno del 'Progetto Umanitario Golden Rice', che fin dall'inizio è stato un progetto di ricerca pubblico pensato per ridurre la malnutrizione dei paesi in via di sviluppo.

Grazie al forte supporto del settore privato e alle donazioni di 'brevetti a titolo gratuito per scopi umanitari' sulle tecnologie di base, si sono superati gli ostacoli legati alla proprietà intellettuale legata alla tecnologia usata in questo progetto. Questo ci consente di collaborare con i centri di ricerca pubblici dei paesi in via di sviluppo sulla base di una 'libertà di operare' per sviluppare varietà di riso adatte alle condizioni locali. Quando il Golden Rice avrà superato le procedure di biosicurezza nazionali, verrà reso disponibile a chi fa agricoltura di sussistenza gratuitamente e senza alcuna limitazione. Diventerà di loro proprietà ed essi potranno, anno dopo anno, usare parte del raccolto per la semina successiva (senza pagare niente a nessuno). Gli agricoltori useranno le loro tradizionali tecniche agricole e non avranno bisogno di alcun nuovo input agronomico. Non ci sarà quindi alcuna 'nuova dipendenza' da nessuno. E non è concepibile alcun rischio a qualunque ambiente che giustifichi la scelta di non coltivare il Golden Rice in campo aperto per la selezione o la riproduzione. Questo sviluppo, dalla scoperta del 1999, è stato possibile grazie ad un nuovo tipo di collaborazione pubblico-privato. Grazie ad un accordo con Syngenta ed altre industrie biotech, l'uso del Golden Rice è libero da brevetti per 'uso umanitario', inteso come "un reddito da Golden Rice per anno e

per agricoltore inferiore ai \$ 10.000". L'uso commerciale, invece, (sopra i 10.000 dollari per anno) richiede una licenza di Syngenta. L'uso a scopi umanitari è basato su una 'sottoliscenza' (senza royalties) della Commissione Umanitaria Golden Rice (contatto: Prof. Ingo Potrykus) agli istituti pubblici di ricerca sul riso. Questo accordo assicura che il materiale sia stato trattato secondo le leggi ed i regolamenti stabiliti per gli OGM, e che la popolazione per cui è stato pensato, agricoltori di sussistenza e poveri, riceva il materiale senza alcun costo aggiuntivo.

Varietà adatte alle condizioni locali sono state sviluppate da istituti nazionali all'interno del network Umanitario Golden Rice sotto la guida della Commissione Umanitaria Golden Rice.

Lo sviluppo di varietà di Golden Rice adattate alle condizioni locali, così come la richiesta alle autorità nazionali per le sperimentazioni in campo e l'autorizzazione sono nelle mani degli istituti di ricerca pubblici sul riso nazionali ed internazionali. Ad oggi il 'Network Umanitario Golden Rice' comprende 16 istituzioni in Bangladesh, Cina, India, Indonesia, Sud Africa, Filippine, e Vietnam. (...)

I semi bioarricchiti hanno un potenziale per ottenere soluzioni sostenibili fino ad ora mai raggiunto.

Il bio-arricchimento (aggiunta di micro-nutrienti carenti attraverso la genetica) delle coltivazioni più utilizzate dalla popolazione povera nei paesi in via di sviluppo è, molto probabilmente, l'approccio più sostenibile ed economicamente vantaggioso per la riduzione della malnutrizione da micro-nutrienti' (per maggiori informazioni sul concetto di bio-arricchimento e su un recente programma del CGIAR si visiti il sito www.harvestplus.org). Il Golden Rice rappresenta il primo esempio di bio-arricchimento ottenuto attraverso l'ingegneria genetica. L'investimento per la ricerca su questo carattere (bio-arricchimento in pro-vitamina A) è stato relativamente modesto (2,4 milioni di dollari in 9 anni) e finanziato con fondi per la ricerca di base'

Lo sviluppo del prodotto, tuttavia, dal momento della scoperta scientifica richiede molto tempo e ulteriori fondi, ma comunque è un investimento che va fatto una sola volta per evento. Le spese stanno drammaticamente aumentando da quando lavoriamo sulla valutazione della biosicurezza, richiesta per il processo di autorizzazione, ma anche in questo caso è un investimento che va fatto una sola volta. Appena una nuova varietà bio-arricchita viene autorizzata e può essere consegnata all'agricoltore, il sistema mostra come il suo potenziale sia unico, poiché da questo punto in poi la tecnologia è racchiusa in ciascun seme e non richiede nessun ulteriore investimento per un periodo di tempo illimitato. Considerate il potenziale di un singolo seme di Golden Rice' Messo in campo diventerà una pianta che produce, almeno 1000 semi. Ripetendo l'operazione si otterranno 1.000.000 semi; la generazione successiva produrrà già 1.000.000.000 semi e con la quarta generazione si arriverà a 1.000.000.000.000. Questo significa 20.000 tonnellate di riso in soli due anni. Con 20.000 tonnellate di riso possono sopravvivere per un anno 100.000 poveri, e se si usa Golden Rice essi avranno un supplemento di vitamina A in grado di ridurre la loro malnutrizione, e questa protezione è gratuita e sostenibile. Un agricoltore per trarre beneficio dalla tecnologia ha bisogno solo di un seme! Nessun input addizionale rispetto al 'riso normale'. Per la popolazione povera che vive nelle città inoltre non c'è alcuna maggiorazione di prezzo per l'acquisto del Golden Rice. Sono disponibili semi a sufficienza per molti agricoltori, ma questo non può essere fatto perché il Golden Rice è un 'OGM' (organismo geneticamente modificato), e quindi strettamente regolamentato. E la Commissione Umanitaria per il Golden Rice ha deciso di sottostare alle leggi ed ai regolamenti in vigore.

Normative eccessivamente precauzionali, comunque, ne hanno impedito l'uso e ignorano i potenziali benefici.

Considerando la storia del Golden Rice (la tecnologia è spesso considerata rischiosa perchè avanza molto velocemente!), ci sono voluti 10 anni (dal 1980 al 1990) per sviluppare la tecnologia necessaria per introdurre geni nel riso. Ci sono voluti altri 9 anni (dal 1990 al 1999) per inserire i geni della

via metabolica che porta alla produzione di pro-vitamina A nel seme. E altri 5 anni (dal 1999 al 2004) per sviluppare il 'prodotto' Golden Rice e superare quella serie di ostacoli specifici per gli OGM, come i diritti di proprietà intellettuale. Probabilmente ci vorranno almeno altri 5 anni prima che il primo prodotto Golden Rice venga approvato. Ci sono voluti quindi 30 anni, comprendendo i tempi di sviluppo della tecnologia, 20 per un singolo caso specifico. Tenendo presente che il Golden Rice può ridurre notevolmente la cecità (500.000 casi l'anno) e i decessi (2-3 milioni l'anno), ci si rende conto che 20 anni sono un lungo periodo di tempo, e credo che nessuno possa lamentarsi della rapidità! Se fosse stato possibile abbreviare il periodo di tempo tra la fine della fase scientifica e l'approvazione del prodotto, centinaia di migliaia di bambini sarebbero stati salvati dalla cecità! Comunque, i prossimi 5 anni dovranno essere spesi per la valutazione della biosicurezza, al fine di garantire che il Golden Rice non presenti rischi per l'ambiente ed i consumatori. Nessuno intende parlar male di un approccio cauto, ma la normativa vigente ha fatto sua un'interpretazione radicale del principio di precauzione, tale per cui neanche il più piccolo rischio può essere accettato o non testato, e allo stesso tempo tutti i possibili benefici vengono ignorati. Considerando il caso del Golden Rice e tutto il problema della valutazione dei rischi ambientali, si rivela l'irrazionalità dell'attuale sistema: l'autore del presente intervento, negli ultimi quattro anni, non ha trovato nessun ecologista, incluso quelli che fanno dell'opposizione agli OGM una professione, che abbia potuto costruire un'ipotesi di rischio agronomico o ambientale per il Golden Rice. Questo non stupisce poiché l'intera biologia del sistema, piccole quantità addizionali di beta-carotene nell'endosperma di piante che lo contengono in tutti gli organi tranne che nelle radici, non fornisce nessun vantaggio selettivo, in nessuna condizione, e quindi non apporta alcun rischio sostanziale. Nonostante ciò il Golden Rice è ancora in attesa del primo permesso riguardante il primo rilascio su piccola scala, in cui i rischi ambientali dovranno essere studiati sperimentalmente! Fin qui i rischi, e i benefici? Il Golden Rice potrebbe evitare la cecità e la morte di centinaia di migliaia di bambini, ma non lo può fare perchè la valutazione del rischio, com'è noto, non tiene conto di un'analisi rischi-benefici!

L'attuale sistema di autorizzazione richiede molto tempo e molte risorse finanziarie.

Cos'è dunque richiesto per l'approvazione? Innanzi tutto, è consigliabile focalizzarsi attentamente su di un unico evento transgenico selezionato, che deve essere il più 'a posto' possibile secondo la normativa, il che significa che non deve includere caratteristiche che sono a priori poco popolari tra gli organismi di controllo come 'integrazioni multiple', 'riarrangiamenti', 'read-through attorno al T-DNA', 'origini di replicazione microbiche', 'ballast DNA', etc. Questo richiede la produzione di diverse centinaia di eventi transgenici simili, con lo stesso costrutto di DNA. Il costrutto stesso deve essere costruito considerando le richieste degli organismi che nelle fasi successive di approvazione lo valuteranno. Solo lavorando con un 'costrutto a posto' da un punto di vista normativo e con una 'tecnologia a posto' da un punto di vista normativo si ha una probabilità di sopravvivere al processo di approvazione. Un evento selezionato con tale accuratezza può essere usato per iniziare la serie di esperimenti per la valutazione della bio-sicurezza che in genere ci si aspetta provino o escludano ogni putativo rischio legato alla biosicurezza. (E' una perdita di tempo iniziare il processo con materiale che non sia 'a posto' fin dall'inizio). Le conseguenze di quest'approccio sono che circa il 99% degli eventi transgenici, e spesso quelli con i più alti livelli di espressione, devono essere scartati. Già questo primo passaggio, di produzione di un gran numero di eventi simili e la seguente distruzione della maggior parte di essi, è ben oltre lo scopo di ogni centro di ricerca pubblico, non solo nei paesi in via di sviluppo, ma anche in quelli sviluppati. Nessuna agenzia di finanziamento finanzierebbe questo passaggio. Questo comunque è il primo prerequisito per entrare nella procedura di autorizzazione con qualche possibilità di successo.

Una volta che il materiale 'buono' è pronto, può iniziare la valutazione della biosicurezza. Ci sono degli studi che sono 'indipendenti dall'evento transgenico scelto' che sono centrati sui geni introdotti e sulla loro funzione in generale, e quindi validi per ciascun evento prodotto con quei geni. La 'valutazione dell'esposizione' (per il nuovo carattere, come la pro-vitamina A nel riso) che studia

l'utilizzo ipotizzato e la biodisponibilità. Ci vogliono 3 anni solo per questo studio, perché il materiale deve essere prodotto in speciali camere di crescita, a causa della mancanza del permesso di coltivazione in campo (vedi sopra!). Le analisi di 'produzione della proteina ed equivalenza' analizzano le proteine attraverso cui i geni svolgono la loro funzione. A questo scopo le proteine devono essere isolate dalla pianta, vengono caratterizzate biochimicamente e ne viene confermata la funzione. Per essere sicuri che nessuna tossina o allergene vengano ingerite con il riso, vengono effettuati studi su: omologia con tossine o allergeni, degradazione nel tratto gastro-intestinale, labilità al calore, tossicità acuta su roditori, ed uno studio per ulteriori possibili allergeni e tossine. Questo sembra ragionevole solo se si ignora che la maggior parte delle persone ha già ingerito in vita sua questi geni o i loro prodotti attraverso altre fonti alimentari. La richiesta di studiare, come è stato proposto, se fosse stata introdotta nel Golden Rice anche qualche tossina della Giunchiglia (un gene viene dalla Giunchiglia e non è consigliabile mangiare Giunchiglie) dimostra quanto la procedura di valutazione sia lontana dalla scienza: ciò che è stato trasferito è un determinato tratto di DNA che non ha alcuna relazione con tossine o allergeni! Questo studio ha richiesto 2 anni di intenso lavoro in un laboratorio biochimico ben attrezzato. Ciò che è stato fin qui descritto è solo l'inizio: il vero lavoro comincia con gli studi 'evento-dipendenti': 'caratterizzazione molecolare e stabilità genetica' (effetto del gene a singola copia; del marker genico nello stesso locus; l'integrazione semplice; l'eredità mendeliana per almeno tre generazioni; nessun rischio di rottura del gene; nessuna open reading frame sconosciuta; nessun trasferimento di DNA oltre i bordi del T-DNA; nessun gene di resistenza agli antibiotici o origine di replicazione; inserto limitato al minimo necessario; sequenza dell'inserto più le sequenze fiancheggianti; evidenza fenotipica e biochimica di stabilità su 3 generazioni). 'Profilo di espressione' (livelli di espressione genica agli stadi chiave dello sviluppo; evidenza di espressione seme-specifica); 'Analisi fenotipica' (prestazioni in campo, tratti agronomici tipici, resa rispetto alle linee isogeniche; resistenza ai parassiti e alle malattie comparabile a quelle iniziali); 'Analisi compositiva' (dati su 2 stagioni per 6 località ripetute 3 volte, macro e micronutrienti, anti-nutrizionali, tossine, allergeni; dove i dati vengono generati rispetto alle linee modificate e isogeniche); 'Valutazione del rischio ambientale'. Questo da solo richiede 4-5 anni di un intero gruppo di ricerca.

Nessun istituto pubblico può affrontare una tale procedura di approvazione.

È abbastanza ovvio che nessuno scienziato né istituto scientifico pubblico ha il potenziale, o i finanziamenti, o le motivazioni per svolgere tali esperimenti sulla biosicurezza. Non deve quindi sorprendere il fatto che praticamente tutti gli eventi transgenici sottoposti alla trafila di approvazione vengano (direttamente o indirettamente) dal settore privato e abbiano il potenziale per un significativo ritorno economico. I progetti umanitari a beneficio della popolazione povera ovviamente non rientrano in questa categoria, pur avendo effetti benefici su milioni di persone. C'è molta buona volontà per il mondo all'interno del settore pubblico per far fruttare il potenziale delle biotecnologie verdi a beneficio dei poveri nei paesi in via di sviluppo. Se però la nostra società continua a portare avanti questo approccio estremamente precauzionale è assolutamente irrealistico investire ulteriori fondi pubblici a questo scopo. Naturalmente, ci saranno interessanti progressi scientifici, ma nessun prodotto, e in particolare nessun prodotto autorizzato; e, di conseguenza, tutto questo lavoro non avrebbe applicazioni pratiche e nessuna delle persone per cui sono stati pensati ne avrà beneficio.

Una normativa estremamente precauzionale c'è per molte ragioni, ma nessuna di queste è giustificabile.

Perché allora abbiamo questa normativa sugli OGM? Innanzi tutto ci sono motivazioni storiche. All'inizio dello sviluppo della tecnologia OGM era ragionevole essere cauti (precauzionali) e gli stessi scienziati, che in quel momento non lavoravano con piante bensì con microrganismi patogeni per gli esseri umani, stabilirono delle normative basate sull'idea che la conseguenza della tecnologia potesse portare a 'imprevedibili alterazioni del genoma'. L'esperienza, dopo più di 20 anni di lavoro su piante transgeniche e sul loro utilizzo su 50 milioni di ettari, così come le diverse centinaia di e-

sperimenti in cui si è studiata con molta attenzione la biosicurezza delle piante transgeniche portando a numerose pubblicazioni e report di istituti accademici, conducono alla conclusione che non c'è alcun rischio particolare associato alla tecnologia oltre a quelli che si possono verificare con il miglioramento genetico tradizionale o l'evoluzione naturale (per una discussione sugli imperativi morali dell'uso di colture geneticamente modificate nei paesi in via di sviluppo si veda Nuffield Council On Bioethics, follow-up discussion paper January 2004, homepage www.nuffieldbioethics.org). Perché quindi si mantiene una tale normativa e, anzi, si tende a farla diventare sempre più precauzionale? La risposta a questa domanda spesso prende le mosse dall'idea che questo serve per creare fiducia nella tecnologia e renderla accettabile al consumatore. L'esperienza degli ultimi 10 anni, in ogni caso, dimostra chiaramente che questo approccio non ha funzionato in Europa e in molti paesi in via di sviluppo, e questo non stupisce. Un cittadino 'qualunque' come dovrebbe interpretare il fatto che il suo governo sta regolamentando una tecnologia in modo estremamente restrittivo, se questa tecnologia non presenta rischi particolari? Ogni cittadino obiettivo, naturalmente, penserà che il suo governo sta prendendo delle decisioni ragionevoli, e che la tecnologia è tanto più regolamentata quanto più pericolosa. Il mantenimento di normative eccessivamente precauzionali, di conseguenza, porta a sfiducia invece che fiducia. Perché quindi non si crea una normativa libera da qualsiasi zavorra scientificamente non giustificabile e non si mette a punto una procedura di approvazione razionale? Sembra che poche istituzioni abbiano l'interesse o il potere politico di farlo. Se consideriamo il potenziale della tecnologia OGM in tema di sicurezza alimentare⁸ nei paesi in via di sviluppo, allora risulta chiaro che molte organizzazioni internazionali dovrebbero essere interessate in tal senso, ma né FAO, né WHO, né UNIDO hanno il coraggio e il potere di farlo. Che prezzo sta pagando la nostra società a causa di un atteggiamento opportunistico nei confronti di un radicato 'sistema normativo estremamente precauzionale', che opera su scala mondiale? Detto molto chiaramente: la tecnologia OGM a queste condizioni non potrà contribuire a ridurre la fame nel mondo né la malnutrizione, e non potrà proteggere l'ambiente i paesi in via di sviluppo. L'uso di tale tecnologia sarà ristretto a 'progetti di lusso', con sicuri ritorni economici del settore privato nei paesi sviluppati. Ci saranno certamente dei risultati ottenuti da questi progetti anche verso i paesi in via di sviluppo, e potranno portare anche qualche beneficio ai poveri, come il 'cotone resistente agli insetti', ma non ci sarà alcun sviluppo di prodotti focalizzati sulle urgenti necessità dei poveri nei paesi in via di sviluppo, come ad esempio la 'sicurezza alimentare'!

La giustificazione di una normativa estremamente precauzionale non tiene conto delle basilari conoscenze genetiche che abbiamo delle varietà tradizionali.

La tecnologia OGM ha il potenziale per supportare e integrare il miglioramento genetico tradizionale. Nel contesto di una discussione sulla normativa OGM, che si basa sull'idea che l'ingegneria genetica possa portare a 'imprevedibili alterazioni del genoma', sarebbe utile ricordare qualche dato di base riguardo tutti i nostri alimenti di derivazione vegetale, che provengono da varietà sviluppate, senza alcuna eccezione, grazie al miglioramento genetico tradizionale.

Il miglioramento genetico tradizionale porta a alterazioni del genoma drammatiche e totalmente imprevedibili.

Il miglioramento genetico utilizza la tecnica 'incrocio - selezione' per combinare caratteri di interesse agronomico e nutrizionale ed escludere i caratteri indesiderati. Il materiale di partenza per questo processo sono 'varietà locali' delle piante coltivate, originalmente selezionate dai contadini locali. Le varietà locali differiscono tra loro per alcune caratteristiche dovute a 'mutazione'. Le mutazioni sono 'imprevedibili alterazioni del genoma'. Pertanto, nel corso del miglioramento genetico tradizionale la tecnologia aggiunge involontariamente e automaticamente favorisce (in alcuni casi anche molto grandi) 'alterazioni imprevedibili del genoma' quali 'ricombianazioni', 'traslocazioni', 'delezioni', 'inversioni' etc. Questi 'imprevedibili' e 'importanti' alterazioni del genoma vengono

⁸ Intesa in termini di security (disponibilità) e non di safety (salubrità)

accumulate ad ogni passaggio di selezione e ciascuna nuova varietà tradizionale è quindi basata su, e caratterizzata da, una crescente serie di tali alterazioni del genoma. Con l'avanzamento del processo di selezione le varietà vengono combinate con altre varietà, a volte anche con parenti selvatici delle piante coltivate, a volte invece il loro genoma viene alterato inducendo mutazioni. Tutte le nostre varietà moderne, dalle quali deriva il nostro cibo, hanno una lunga storia e sono fatte da numerose altre varietà precedenti e non c'è il minimo dubbio che tutte le nostre varietà migliorate con metodi tradizionali siano estensivamente 'modificate geneticamente' da centinaia se non migliaia di 'imprevedibili alterazioni genomiche'. Questo, naturalmente, è vero anche per le varietà utilizzate dagli agricoltori biologici. Solo che noi non le chiamiamo 'OGM'!

Ogni moderna varietà ottenuta con metodi tradizionali è profondamente 'modificata geneticamente'.

Questo è esemplare nella storia del miglioramento genetico che ha condotto all'*IR64*, la varietà di riso Indica più diffusa, sviluppata dall'Istituto Internazionale per la Ricerca sul Riso delle Filippine e coltivata un po' ovunque nel sud-est asiatico. La figura mostra graficamente quanto profondamente il genoma originale del riso (rappresentato dal box blu) sia stato 'modificato geneticamente' da 'mutazioni' (barre gialle), 'ricombianazioni' (rosse), 'traslocazioni' (blu-scuro) e delezioni (azzurre) per arrivare infine al genoma dell'*IR64*.

Né questa varietà, né nessun'altra di quelle che sono state utilizzate nel corso della selezione hanno subito alcun tipo di 'valutazione di biosicurezza' e miliardi di consumatori nei paesi in via di sviluppo si sono alimentati con *IR64* (così come tutte le altre varietà di riso o di altre colture) e sono sopravvissuti a questo e alle precedenti varietà senza alcun danno, e tantomeno vi è stato un imprevedibile danno all'ambiente. Questo è vero anche per tutte le altre varietà di tutte le altre piante coltivate, nonostante tutte le 'profonde ed imprevedibili alterazioni del genoma'! In verità nessuno può sopravvivere senza mangiare cibo derivato da piante 'geneticamente modificate'.

Varietà 'geneticamente ingegnerizzate' differiscono da quelle 'geneticamente modificate' per piccole, precise, simili e ben studiate modificazioni.

Per il Golden Rice noi abbiamo adottato la varietà *IR64* aggiungendole 2 geni ben definiti all'interno dei 50.000 contenuti nel genoma del riso, utilizzando una tecnologia che è alcuni ordini di grandezza più precisa di quella del miglioramento genetico tradizionale, per far produrre provitamina A nei semi e per ridurre la carenza di vitamina A.

Questo è un esempio di varietà 'geneticamente ingegnerizzata', un 'OGM', e questa pianta oggi rientra all'interno di una normativa 'estremamente precauzionale' nonostante il fatto che il passaggio 'ingegneristico' sia, rispetto alla storia dell'*IR64*, estremamente ridotto, perfettamente prevedibile, studiato con maggior dettaglio e senza rischi superiori per l'uomo e per l'ambiente.

Non vi è alcuna giustificazione scientifica per trattare le piante 'geneticamente ingegnerizzate' in modo diverso da quelle 'geneticamente modificate'.

La nostra esperienza con le varietà sviluppate con metodi tradizionali ci dice molto chiaramente che le 'imprevedibili alterazioni del genoma' non sono un argomento per richiedere una regolamentazione estrema. Perché allora, contro ogni logica, questo è l'argomento chiave per giustificare la normativa sulle piante 'geneticamente ingegnerizzate'? Analogamente l'argomentazione che i geni vengono da organismi diversi e che non avrebbero mai potuto arrivare da soli in un OGM dovrebbe essere rigettata. Tutti noi sappiamo che i geni sono collegati da un continuum all'interno dell'evoluzione e sono fortemente correlati tra loro e che la 'barriera di fertilità' tra le specie è un meccanismo per promuovere l'evoluzione all'interno della specie, ma questa non impedisce l'introduzione di singoli geni. Perché gli OGM dovrebbero uscire dalla normale procedura di breeding ed essere trattati secondo norme e regole stabilite secondo un rigidissimo principio di precauzione, impedendo così un loro uso sensato a favore dei poveri? Questo, per gli autori, è contro ogni logica e ci riporta al medioevo, prima dell'Illuminismo. Dato che questo comportamento sta isolan-

do le 'biotecnologie verdi' da praticamente tutte le altre moderne tecnologie, pare ovvio, che vi sia una campagna organizzata con una agenda politica nascosta.

Una regolamentazione estremamente precauzionale senza una analisi rischi/benefici è immorale e altamente distruttiva.

Quali sono le conseguenze, di una normativa estremamente precauzionale sulle biotecnologie verdi, per la ricerca pubblica sulla sicurezza alimentare nei paesi in via di sviluppo? Ci sono numerosi scienziati ed istituzioni nei paesi in via di sviluppo che hanno la capacità, la motivazione e spesso anche i fondi per lavorare per l'avanzamento scientifico nei settori della resistenza delle piante alle pesti, alle malattie, alla siccità, al calore, al freddo, alla salinità, ai metalli pesanti, con il potenziale di salvare i raccolti e di espandere la produttività agricola agli ambienti poco adatti; di aumentare l'efficienza fotosintetica e di accrescere lo sfruttamento delle risorse naturali per aumentare la produttività; di accrescere il contenuto nutrizionale per ridurre la malnutrizione per i micronutrienti come la vitamina A, etc. In molto pochi però hanno la capacità finanziaria e mentale per trasformare un successo scientifico in un 'prodotto' utilizzabile, che è il primo prerequisito per consentire ai poveri di beneficiare di un avanzamento scientifico. Probabilmente nessun scienziato o istituzione pubblica, in ogni caso, ha le risorse, l'esperienza e la determinazione per traghettare un singolo prodotto OGM attraverso gli ostacoli delle attuali procedure autorizzative estremamente precauzionali. Le Autorità di controllo dei paesi in via di sviluppo hanno meno esperienza, sono più insicure e quindi più rigorose delle loro controparti nei paesi sviluppati. Anche con il supporto di un navigato settore privato l'autorizzazione di un nuovo prodotto OGM è diventato un compito spaventoso. E' quindi ovvio che, se si continuerà con gli attuali standard normativi, le potenzialità delle biotecnologie verdi non raggiungeranno i poveri.

Nel 21mo secolo l'ignoranza della nostra società porta ad una ovviabile miseria e alla morte per milioni di persone.

Le piante 'geneticamente ingegnerizzate' non sono piante inusuali, piene di misteriosi pericoli per i consumatori e l'ambiente. L'Europa può essere orgogliosa della sua eredità culturale illuminista e dovrebbe ascoltare i consigli della scienza piuttosto che quelli dei 'cacciatori di streghe'. È una responsabilità dell'Europa aiutare i paesi in via di sviluppo ad esplorare il potenziale delle biotecnologie verdi, invece il comportamento dell'Europa influenza negativamente il comportamento dei paesi in via di sviluppo. L'Europa può permettersi questo comportamento dato che può comprare ciò che preferisce sul mercato mondiale. Però questo comportamento, per i paesi in via di sviluppo, è fonte di morte e miseria non necessaria per molti milioni di persone. Citando il documento del Nuffield Council sulla Bioetica del 2004: "L'Unione Europea sta ignorando l'imperativo morale' di promuovere le piante geneticamente modificate per il loro grande potenziale di aiutare i paesi in via di sviluppo". "Noi crediamo che i legislatori UE non abbiamo prestato sufficiente attenzione all'impatto che la normativa UE ha sull'agricoltura dei paesi in via di sviluppo". Le nostre società hanno sprecato troppo tempo in questa fase di 'ossessione del rischio'. Smettiamola di seguire i 'cattivi profeti'!

LE BIOTECNOLOGIE VEGETALI
DI FRONTE ALLA SFIDA DELLA MALNUTRIZIONE E DELLA FAME NEL MONDO

Giovanni Monastra⁹

1. Denutrizione, demografia e OGM

Nonostante gli sforzi profusi in tutti questi anni, la situazione mondiale per l'approvvigionamento di cibo è ancora contrassegnata dalla diffusa presenza di una gravissima denutrizione: secondo la FAO circa 840 milioni di persone viventi nei paesi in via di sviluppo soffrono di fame e di denutrizione cronica.¹⁰ Specialmente nelle aree sub-Sahariane e nel sud dell'Asia i deficit sono molto gravi. Da più parti si sostiene che gli OGM sono indispensabili per eliminare la fame nel mondo. Si ritiene, infatti, che non ci sia sufficiente cibo per alimentare la popolazione mondiale, in costante crescita. In realtà invece, come ha affermato di recente anche Kofi Annan, l'attuale produzione agricola della Terra può nutrire il doppio della popolazione mondiale di oggi, cioè dodici miliardi di persone. Il flagello della fame non è causato dalla mancanza di alimenti, ma deriva dalla povertà esistente nei paesi del Terzo Mondo, in cui esistono, e sono in costante crescita, gravi situazioni di degrado a vari livelli. Ad esempio paesi come l'Etiopia e lo Zimbabwe, in passato dotati di importanti risorse agricole, oggi sono in gravissime difficoltà, nel primo caso per motivi legati a cambiamenti climatici, ma anche al flagello della lunga guerra con l'Eritrea, nel secondo per motivi derivanti da un regime politico dispotico, predatore e incapace, che ha gettato nel caos la nazione. È inoltre noto che il 78% dei bambini denutriti, di età inferiore ai cinque anni, vive in paesi dove esiste, paradossalmente, una sovrapproduzione nel settore agricolo (l'India, ad esempio, è un esportatore netto di cereali, ma ha una popolazione che in parte soffre di una grave malnutrizione). Ancora: dobbiamo ricordare che negli anni ottanta c'era un surplus alimentare a livello mondiale, ma non per questo il problema della fame risultava meno grave di oggi. La causa – lo ribadiamo – risiede nel fatto che molte popolazioni sono del tutto prive di risorse economiche con l'ovvia conseguenza di non avere accesso al cibo in quantità e qualità soddisfacente. Ad esempio i livelli di povertà rurale nei paesi in via di sviluppo sono tra il 50 e il 70%. C'è un altro aspetto da considerare: la maggior parte dei cereali viene usato per alimentare il bestiame. Il 70% di granaglie coltivate negli USA servono per nutrire gli animali, analogamente il Sud America e l'Asia hanno enormi estensioni di terreni coltivate a soia per produrre mangimi. In America Latina il 20% degli agricoltori sono proprietari dell'80% delle terre coltivabili, mentre il restante 20% di terra è lavorata dai contadini che detengono piccole estensioni. Paradossalmente i grandi proprietari terrieri esportano i loro raccolti per alimentare i bovini degli allevamenti europei, a fronte del fatto che i piccoli agricoltori sostengono il peso più rilevante nel fornire alimenti ad uso umano (ad es., il 50% delle patate, il 60% del mais, il 70% dei fagioli).¹¹ Con tutta evidenza esiste una situazione anomala, sbilanciata, che deriva dalla *imposizione di un certo tipo* di modello alimentare occidentale, che non è certo quello mediterraneo! Anche la diffusione crescente delle monoculture, legata al tipo di produzione sopra descritto, ha contribuito e contribuisce molto all'impovertimento della biodiversità e provoca danni sul piano alimentare. Per altro si tratta di un problema le cui origini risalgono nel tempo, dato che la diffusione delle monoculture è iniziata in epoca coloniale e poi è stata incrementata dalla stessa Rivoluzione Verde. Di fronte a queste situazioni nessun vantaggio può derivare a quelle popolazioni disperate dall'introduzione delle coltivazioni transgeniche, che comportano spese ingenti per l'acquisto delle sementi, tutte nelle mani delle multinazionali, che ne detengono i brevetti, ai cui profitti esse non intendono rinuncia-

⁹ Dell'Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN), Roma

Cfr. http://www.estovest.net/rtf/Monastra_OGM_fame.rtf.

¹⁰ FAO [2004]: <http://www.fao.org>

¹¹ Monastra, G. e L. Rossi, [2003], Transgenic Foods as a Tool for Malnutrition Elimination and Their Impact on Agricultural Systems. *Riv. Biol.* **96**: 363-384

re nemmeno nel Terzo Mondo.¹² Il mercato mondiale di questi prodotti agricoli diventerebbe di tipo oligopolistico, con evidenti conseguenze negative sulla libertà di molte nazioni e sulla autonomia dei contadini. Piuttosto è necessario riconvertire, almeno in parte, il tipo di agricoltura esistente in molte aree della Terra, mettendo al primo posto i bisogni delle popolazioni che vivono lì. Come ha dovuto riconoscere, suo malgrado, perfino Francesco Salamini, ex-direttore all'Istituto Max Plank per le biotecnologie e grande sponsor delle piante transgeniche, "Gli OGM non sono la risposta al problema della fame nel mondo. Dal punto di vista scientifico possono essere una delle tante opzioni, ma la fame dipende da altre condizioni che esulano dalla scienza: guerre, politiche di assistenza allo sviluppo, educazione. Sono queste le cose su cui bisogna intervenire in Africa prima di pensare a un cibo diverso".¹³ Vediamo ora l'altro aspetto del problema "fame nel mondo": quello legato all'incremento demografico, che, da decenni, viene ritenuto continuo, elevato ed inarrestabile, anch'esso usato strumentalmente per dimostrare la necessità di introdurre gli OGM per nutrire popolazioni sempre più numerose e affette da vari tipi di carenze alimentari, più o meno gravi e generalizzate.¹⁴ Di recente le previsioni catastrofiche sono state smentite dal *Department of Economics and Social Affairs – Population Division* delle Nazioni Unite¹⁵: il mondo conta oggi 6,3 miliardi di persone e il numero è destinato a crescere fino a 8,9 miliardi nell'anno 2050, e non fino agli 11 miliardi, stimati in precedenza. Addirittura, dopo 25 anni, nel 2075 la popolazione dovrebbe diminuire di mezzo miliardo di persone. Il tasso di natalità entro la metà di questo secolo scenderà in tutto il mondo fino ad attestarsi ai livelli occidentali. I costumi stanno mutando anche nel Terzo Mondo: infatti le famiglie dei Paesi poveri cominciano a limitare il numero dei figli esattamente come quelle dei Paesi industrializzati. Infine la catastrofe umanitaria dell'AIDS in Africa sta dando un tragico contributo al contenimento demografico del pianeta. Per i motivi esaminati risulta evidente che le agrobiotecnologie attualmente conosciute sono prive di reali vantaggi per tutte quelle popolazioni afflitte da gravi carenze alimentari. In certi casi, poi, potrebbero addirittura peggiorare la situazione, aumentando il divario tra ricchi e poveri ed emarginando sempre di più larghe fasce di popolazione.

2. La carenza di micronutrienti nella dieta dei paesi in via di sviluppo e la soluzione biotech

Accanto al gravissimo problema della fame va considerato pure che le trasformazioni dei sistemi agricoli dei Paesi in Via di Sviluppo hanno provocato e/o accresciuto l'impoverimento della dieta di quelle popolazioni, che ha determinato anche il diffondersi della piaga della carenza di micronutrienti, cioè la malnutrizione determinata dalla deficienza di vitamine o minerali, di cui oggi sono affetti più di 2 miliardi di persone. Sebbene questa piaga tocchi prevalentemente i paesi in via di sviluppo, esistono anche settori delle popolazioni delle nazioni industrializzate (gli anziani, ad esempio) che presentano tali problemi, seppur in tono minore. La grave carenza di micronutrienti costituisce il principale impedimento per lo sviluppo socioeconomico e dà luogo a un circolo vizioso di sottosviluppo a danno di gruppi sociali già svantaggiati. Infatti gli effetti si notano sullo stato di salute, sulle capacità di apprendimento e sulla produttività, costituendo alti costi socio-sanitari e riducendo in modo rilevante la capacità lavorativa di chi ne soffre. Vitamina A, ferro e iodio sono i principali micronutrienti coinvolti in queste problematiche a livello mondiale. L'approccio teso a risolvere i problemi di malnutrizione, basato sugli alimenti transgenici, si dimostra già oggi assai poco convincente ed efficace. Tale strategia è ben esemplificata dal caso del "golden rice", il riso geneticamente modificato, dal colore giallo oro, che si vorrebbe introdurre per rimediare alla carenza di vitamina A, diffusa in Asia e Africa. Come è noto tale carenza colpisce in primo luogo l'infanzia: si calcola che siano circa 250 milioni i bambini a rischio.¹⁶ Gli effetti sono la cecità notturna, e, anche, la cecità permanente, ma possono pure insorgere gravi ritardi nella crescita e può manifestarsi

¹² Hoag, H. [2003], Biotech Firms Join Charities in Drive to Help Africa's Farms. *Nature* **422**: 246.

¹³ Salamini F. [2003], dichiarazione contenuta nell'articolo: La chiesa apre agli OGM, *Famiglia Cristiana*, 23/11/03

¹⁴ Kishore, G.M. e C. Shewmaker [1999], Biotechnology: Enhancing Human Nutrition in Developing and Developed Worlds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **96**: 5968-5972.

¹⁵ Population Division of U.N. [2002-2003]: <http://www.un.org/esa/population/unpop.htm>

¹⁶ World Health Organisation [1996], Indicators for Assessing Vitamin A Deficiency and Their Application in Monitoring and Evaluating Intervention Programmes. *Micronutrient Series. WHO/NUT/96.10*. WHO, Ginevra.

una ridotta resistenza alle infezioni. Da tutto ciò deriva una elevata mortalità infantile. Le statistiche ci dicono che ogni anno da 250.000 a 500.000 bambini vanno incontro a cecità permanente: nel 60-70% dei casi è probabile che la patologia dia esito letale. Per rimediare a questo flagello un gruppo di biotecnologi svizzeri e tedeschi hanno annunciato nel 1999 di aver prodotto un riso “dorato, appunto il cosiddetto “*golden rice*”, ingegnerizzato per produrre beta-carotene, in modo da fornire una fonte di vitamina A¹⁷: infatti con *sei* molecole di precursore se ne ottiene *una* di vitamina A. È stata accolta come una soluzione geniale, prodigiosa, che ha dato luogo a molte aspettative. Ma la situazione non è così semplice: vanno fatte alcune puntualizzazioni. In primo luogo dobbiamo dire che il *golden rice* nasce dalla introduzione nel riso di tre geni estranei, due provenienti da una pianta, il narciso, il terzo da un battere.¹⁸ Al momento risulta impossibile prevedere gli effetti sulla salute dell'uomo di una ingegnerizzazione così complessa e innovativa rispetto ai ben noti mais Bt o soia tollerante l'erbicida. Quindi serviranno diversi anni di studi prima di essere sicuri circa l'assenza di effetti “collaterali”, non voluti, sulla salute dell'uomo. Inoltre va anche verificato l'impatto sull'ambiente in considerazione di un futuro uso agricolo del *golden rice*, al pari del normale riso. Una volta risolti questi problemi rimane comunque l'aspetto più critico: infatti questa pianta transgenica contiene 1,6 microgrammi di beta-carotene per grammo ($\mu\text{g/g}$) di chicchi di riso crudo, che potrebbero arrivare a 2 $\mu\text{g/g}$ nel prossimo futuro. Ma anche ottenendo tale risultato un adulto, disponendo del *golden rice* come unica fonte di approvvigionamento di vitamina A, dovrebbe mangiarne 7-8 kg al giorno per introdurre nel proprio organismo livelli adeguati di questo micronutriente, mentre un bambino dovrebbe arrivare a circa 5,5 kg: sono quantità calcolate in modo da fornire *con sicurezza* il fabbisogno di vitamina A, considerato che la cottura fa aumentare il peso del riso del 150% circa, a causa di un forte assorbimento di acqua da parte del chicco. Con tutta evidenza si tratta di quantitativi sproporzionati e di gran lunga irraggiungibili (la dose media di riso consumata giornalmente da un adulto nei paesi in via di sviluppo è di 300 g). A questo problema si aggiunge che, per trasformare il beta-carotene in vitamina A, serve la presenza adeguata di altri nutrienti, come lipidi, proteine e zinco¹⁹, i cui livelli risultano assai carenti proprio in quelle popolazioni. Così servirebbe una ulteriore e complessa supplementazione della dieta, per cui le difficoltà che il *golden rice* vorrebbe far superare, eliminando il ricorso agli integratori alimentari, si ripresenterebbero allo stesso modo. Infine non va dimenticato che nella aree affette da carenza di vitamina A, e in genere nelle zone povere, c'è una frequente presenza di diarrea, che riduce di molto l'assorbimento di micronutrienti. Quindi il *golden rice* costituisce una falsa soluzione che risente di una concezione riduzionista del problema della malnutrizione, e fanno sorridere i goffi tentativi tesi a far credere che anche un modesto consumo del riso ingegnerizzato potrebbe sconfiggere le patologie dovute all'avitaminosi A. Ingo Potrykus, il più noto tra i “padri” di questo OGM, ha recentemente affermato che addirittura “200 g di *golden rice* con 1,6 microgrammi di beta-carotene per grammo di chicchi di riso possono fornire sufficienti quantità del precursore della vitamina A per prevenirne la carenza, anche in casi dove manchino altre fonti di questa vitamina o lo stato carenziale sia molto grave”.²⁰ Ma si tratta di posizioni poco difendibili. In base alle conoscenze in campo nutrizionale è ben noto che *non* si deve operare su un singolo nutriente, ma sulla dieta complessiva, arricchendola di vari componenti.²¹ Premesso che bisogna agire sul regime alimentare nella sua globalità, e quindi educando le popolazioni, la via per fornire sufficienti quantitativi di vitamina A è

¹⁷ Gura, T. [1999], New Genes Boost Rice Nutrients. *Science* **285**: 994-995.

¹⁸ Burkhardt, P.K., P. Beyer, J. Wünn, A. Klötl, G.A. Armstrong, M. Schledz, J. Von Lintig e I. Potrykus [1997], Transgenic Rice (*Oryza sativa*) Endosperm Expressing Daffodil (*Narcissus pseudonarcissus*) Phytoene Synthase Accumulates Phytoene, a Key Intermediate of Provitamin A Biosynthesis. *The Plant Journal* **11**: 1071-1078.

¹⁹ Nestle, M. [2001], Genetically Engineered Golden Rice Unlikely to Overcome Vitamin A Deficiency. *J. Am. Dietetic Assoc.* **101**: 289-290.

²⁰ Dall'intervento di Ingo Potrykus al convegno “*Il riso della speranza*” *Il Biotech che aiuta a vedere lontano*, Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, 12 maggio 2004. Questo incontro è stato una passerella propagandistica delle più esagitate posizioni favorevoli alle agrobiotecnologie, sostenute, ai margini della Chiesa, da un ristretto gruppuscolo di individui, senza alcuna vera competenza nel campo della biologia e della medicina.

²¹ Nestle, M. [2001] cit.

perseguibile in modi molto più semplici di quello bioingegneristico e, oltretutto, adeguati agli specifici ambienti agricoli, usando prodotti locali, come l'olio di palma²² o il mango²³, ambedue ricchi di beta-carotene. Per le popolazioni native sarebbe un approccio molto più economico e sostenibile rispetto alla introduzione di OGM brevettati. Qualunque altro tentativo di risolvere le carenze da micronutrienti, anche di tipo diverso, come lo iodio o il ferro, nei limiti in cui ricalca il progetto del *golden rice* si troverebbe a dover affrontare gli stessi problemi, come è il caso del riso transgenico fonte di ferro.²⁴

3. Conoscere bene la natura prima di cambiarla

In linea generale va ricordato che qualsiasi manipolazione ingegneristica – in particolare quando vengono introdotti diversi “geni di interesse” – volta a migliorare il contenuto nutrizionale degli alimenti, interferendo in modo profondo con importanti vie metaboliche, può dar luogo, come “effetti collaterali”, a variazioni, anche rilevanti, della concentrazione di altri micronutrienti e degli stessi antinutrienti, così come delle tossine. Nel caso dei micronutrienti, la diminuzione di uno in favore di un altro può avvenire intenzionalmente, ma anche – ed è grave – in modo inconsapevole e indesiderato. Infatti il metabolismo è costituito da una rete di percorsi tra loro strettamente interconnessi: alterare una via metabolica porta facilmente a provocare effetti negativi in altre, con danni da non sottovalutare. Così potrebbero essere seriamente compromessi i livelli normali, presenti in vari alimenti, di sostanze utili come polifenoli, carotenoidi, antocianine, tannini, terpeni, alcaloidi, fitoestrogeni, ecc. Questi composti esplicano importanti funzioni biologiche e giocano un ruolo centrale per i loro effetti antiossidanti, ormonali o immunoregolatori. L'introduzione di geni esogeni con effetti sugli aspetti nutrizionali di un prodotto agricolo potrebbero anche aumentare i livelli di altre sostanze, i già citati antinutrienti e tossine, come sinapsina, sinigrina, solanina, tomatina, ossalati, inibitori delle proteasi, saponina, tannini, ecc. Non si tratta di una semplice ipotesi, in quanto nel mais Bt, con la sola introduzione di un gene batterico (*Bacillus thuringiensis*) che determina la sintesi di una tossina letale per certi insetti dannosi, è aumentato inaspettatamente il contenuto di lignina (fra il 33% e il 97% in più) rispetto alle cultivar²⁵ convenzionali.²⁶ L'alterazione della via metabolica della lignina o l'accumulo della stessa lignina potrebbe interferire con altri processi cellulari. Fino ad oggi poche indagini, quasi sempre condotte dalle aziende biotech, hanno tentato di indagare questi aspetti legati alla modifica (non voluta e impreveduta) dei livelli di micronutrienti e di antinutrienti nei prodotti di piante ingegnerizzate.²⁷ Si possono fare ora alcune considerazioni, sulla scorta sia dei dati riportati, sia di altri, come ad esempio, i recenti tentativi, realizzati da un centro di ricerca pubblico italiano, di modificare il contenuto nutrizionale di un alimento assai diffuso nella nostra dieta: il pomodoro. In primo luogo andrebbe chiesto quale significato, sanitario e nutrizionale, rivestano tali esperimenti, dato che è stata bloccata la produzione di una importante sostanza antiossidante, il licopene, per aumentare quella di beta-carotene, certo pure necessario, come abbiamo visto in precedenza, ma non tale da essere privilegiato oltre misura. Infatti il bilancio complessivo di questo pomodoro geneticamente manipolato non appare per niente “migliorato”, ma piuttosto *sbilanciato* su

²² Benade, A. [2003], A Place for Palm Fruit Oil to Eliminate Vitamin A Deficiency. *Asia Pac. J.Clin.Nutr.* **12**: 369-372; Radhika, M.S., P. Bhaskaram, N. Balakrishna e B.A. Ramalakshmi [2003], Red Palm Oil Supplementation: A Feasible Diet-based Approach to Improve the Vitamin A Status of Pregnant Women and Their Infants. *Food Nutr. Bull.* **24**: 208-217; Zagre, N.M., F. Delpeuch, P. Traissac e H. Delisle [2003], Red Palm Oil as Source of Vitamin A for Mothers and Children: Impact of a Pilot Project in Burkina Faso. *Public Health Nutr.* **6**: 733-742.

²³ Drammeh, B.S., G.S. Marquis, E. Funkhouser, C. Bates, I. Eto e C.B. Stephensen [2002], A Randomized, 4-month Mango and Fat Supplementation Trial Improved Vitamin A Status among Young Gambian Children. *J.Nutr.* **132**: 3693-3699.

²⁴ Murray-Kolb, L.E., F. Takaiwa, F. Goto, T. Yoshihara, E.C. Theil e J.L. Beard [2002], Transgenic Rice Is a Source of Iron for Iron-Depleted Rats. *J. Nutr.* **132**: 957-960.

²⁵ **N.d.R.** - sistema di classificazione che definisce le “varietà” ottenute da una pianta coltivata.

²⁶ Saxena, D. e G. Stotzky [2001], *Bt* Corn has a Higher Lignin Content than Non-*Bt* Corn. *Am. J. Botany* **88**: 1704-1706.

²⁷ Novak, W.K. e G. Halsberger [2000], Substantial Equivalence of Antinutrients and Inherent Plant Toxin in Genetically Modified Novel Foods, *Food and Chemical Toxicology* **38**: 473-483.

un solo componente. Già questo pone degli interrogativi e delle perplessità sotto il profilo sanitario in rapporto alla nostra *dieta* che, come requisito di base, *deve essere equilibrata*. Infatti anche il beta-carotene, come altre sostanze, in situazioni diverse, esplica effetti addirittura opposti, positivi, cioè anticarcinogenici, in un caso, o negativi, procarcinogenici, nell'altro. Un esperto del settore, John Baron, commentando i risultati di un approfondito studio popolazionistico²⁸, ha rilevato che il fumo e l'assunzione, anche moderata, di alcool, modificano radicalmente gli effetti del beta-carotene sullo stato di salute. Infatti nei soggetti che si astengono dal fumare e dal bere la vitamina A riduce in modo significativo il rischio di sviluppare adenomi (tumori benigni che possono evolvere nel cancro del colon-retto), ma la situazione si capovolge tra i bevitori, anche moderati, e i fumatori, nei quali si registra invece un aumento dei casi, per cui nella stessa prescrizione degli integratori vitaminici si devono considerare alcune abitudini comportamentali, tra cui il fumo e l'assunzione di alcolici. Ma anche in un'ottica di intervento generalizzato di supplementazione alimentare in zone particolari, al di fuori dell'Occidente, la ragion d'essere di questo pomodoro transgenico resta oscura, dato che tale pianta cresce in aree dove non esistono gravi problemi di avitaminosi A. Inoltre, ammettendo a puro titolo di ipotesi una utilità per popolazioni che si trovano in tale situazione, si ripropongono tutte le riserve sopra riportate per il *golden rice*. A margine di quanto osservato, ci sembra interessante un richiamo agli aspetti "adattativi" della pianta: infatti le stesse sostanze che esplicano un beneficio per la salute umana rivestono anche una funzione fisiologica utile per l'organismo vegetale, spesso come difesa da attacchi ambientali di vario tipo. Pure su questo piano risulta evidente il pericolo di alterare profondamente un equilibrio consolidatosi nel corso di un tempo lunghissimo, dato che tale manipolazione può rendere l'organismo indifeso e debole, molto di più di quanto eventualmente lo sia già, trattandosi di una pianta coltivata, quindi "addomesticata". Ne potrebbe conseguire la necessità di ulteriori interventi umani a tutela della pianta, interventi sia di tipo ancora una volta ingegneristico, sia chimico. Quale senso ha tutto ciò? Nessuno, a nostro parere: siamo nell'assurdo. Al di là dei ben noti e pesanti interessi economici in gioco, ci sembra che spesso i biotecnologi, colti da un insopprimibile *bisogno* di creare "chimere" genetiche, giochino come i bambini al meccano e operino totalmente indifferenti, se non ignari, rispetto alle reali esigenze delle persone nella loro concretezza e, se vogliamo, dello stesso mercato. Infatti il pomodoro in questione ha un colore arancione, diverso da quello classico, cosa che lo rende "sospetto", anche visivamente, agli occhi del consumatore, per cui pure i vantaggi economici, derivanti da una eventuale durata maggiore del prodotto, dopo la raccolta, vengono inficiati. Gli operatori nel campo della ingegneria genetica, insomma, sono vittime di una frenesia produttiva autoreferenziale che, per essere giustificata, spesso *a posteriori*, li porta a fare affermazioni assai discutibili, se non del tutto errate, in settori nei quali sono privi di competenze, come quello della nutrizione umana. Costoro, perseverando cocciutamente in questo genere di ricerche, arrecano un grave danno all'immagine, già non proprio positiva, del loro settore. Anche in questo caso il richiamo a un sano realismo e alla prudenza ci sembra più che opportuno. Deve valere sempre il principio che, *prima di cambiare la natura della natura*, noi dobbiamo essere sicuri che tutte le sue potenzialità siano state usate. A questo proposito è opportuno ricordare che esistono 30.000 specie vegetali contenenti parti edibili, 7.000 di queste sono state introdotte nella dieta umana in passato, mentre oggi noi coltiviamo solo 120 specie, di cui 9 forniscono il 75% del nostro cibo e addirittura 3 specie coprono il 50% del nostro fabbisogno alimentare. A fronte di una eccessiva riduzione e standardizzazione delle colture operata dall'uomo in tempi recenti, appare evidente come esista una enorme capacità latente per la produzione di risorse agricole differenziate, spesso già ben adattate ad ambienti ostili e diffi-

²⁸ Baron J.A., Cole B.F., Mott L., Haile R., Grau M., Church T.R., Beck G.J. e Greenberg E.R. [2003], Neoplastic and Antineoplastic Effects of Beta-Carotene on Colorectal Adenoma Recurrence: Results of a Randomized Trial, *J. Natl. Cancer. Inst.* **95**: 717-722. Vedi anche: Scientific Committee on Food [2000], Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of Beta Carotene, http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out80b_en.pdf

cili, come, ad esempio, il sorgo e il miglio in Africa.²⁹ In questo grande patrimonio poco conosciuto esistono già molte soluzioni ai problemi dell'agricoltura e dell'alimentazione: basta cercarli, rifiutando di seguire chi, in nome di un profitto fine a se stesso o di una concezione ipertecnologica 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!). Quella che proponiamo è la strada della ricontestualizzazione delle colture, opposta a quella ingegneristica che vorrebbe imporre uno sfrenato processo di decontestualizzazione dagli esiti imprevedibili.



²⁹ Almekinders, C.J.M., N.P. Louwaars e G.H. De Bruijn [1994], Local Seed Systems e Their Importance for an Improved Seed Supply. *Developing Countries Euphytica* **78**: 207-216; De Vries, J.D. e J.O. Olufowote [1997], The Role of NGOs in Crop Improvement an Seed Multiplication. Proceeding of *Alternative Strategies for Smallholder Seed Supply*, an International Conference on Options for Strengthening National and Regional Seed System in Africa and West Asia, Harare (Zimbabwe); Vecchio, V. [2002], Le alternative al transgenico e l'esperienza nei Paesi in via di sviluppo. Atti del convegno: *OGM, il tempo delle scelte*, Roma, pp. 48-64.