

INDEPENDENT SCIENCE PANEL

liberi da OGM
la sfida per un mondo sostenibile



I SASSI

Collana diretta da Roberto Vignoli

INDEPENDENT SCIENCE PANEL

LIBERI DA OGM
LA SFIDA PER UN MONDO SOSTENIBILE

Scritto da
MAE-WAN HO E LIM LI CHING

con contributi di
JOE CUMMINS, MALCOLM HOOPER, MIGUEL ALTIERI, PETER ROSSET,
ARPAD PUSZTAI, STANLEY EWEN, MICHEL PIMBERT, PETER SAUNDERS,
EDWARD GOLDSMITH, DAVID QUIST, EVA NOVOTNY, VYVYAN HOWARD,
BRIAN JOHN

ed altri componenti dell'ISP

traduzione: BARBARA MONTI
revisione: MAURIZIO FEDERICO

ALBERTO GAFFI EDITORE IN ROMA

15 Giugno 2003
Londra
**The Case For
A GM-Free Sustainable World**
Pubblicato da
Institute of Science in Society
PO Box 32097
London NW1 0XR, UK
&
Third World Network
121-S Jalan Utama
10450 Penang, Malaysia

© Institute of Science in Society & Third World Network 2003

© 2005 Gaffi
Via della Guglia, 69/b
00186 - Roma
www.gaffi.it

PREFAZIONE

I membri dell'Independent Science Panel (ISP) hanno avuto l'opportunità di esaminare un numero rilevante di documenti scientifici che riguardano le manipolazioni genetiche effettuate negli scorsi decenni.

Molti di loro fanno parte di un gruppo di più di 600 scienziati di 72 paesi che ha firmato una "Lettera Aperta da Parte degli Scienziati di Tutti i Paesi a tutti i Governi" [1], scritta nel 1999, che faceva appello per una moratoria sul rilascio nell'ambiente di organismi geneticamente modificati (OGM): una proibizione sulle licenze riguardanti i processi vitali, gli organismi, i semi, le linee cellulari e i geni, e un'ampia indagine pubblica sul futuro dell'agricoltura e la sicurezza alimentare.

Diverse ricerche ed esperimenti scientifici hanno confermato sin dal 1999 le nostre preoccupazioni riguardo la sicurezza dell'ingegneria genetica, delle colture geneticamente modificate (GM) e della sicurezza alimentare. Allo stesso tempo sono innegabili il successo e i benefici delle diverse forme di agricoltura sostenibile.

Il risultato, ora pervenutoci, ci dà buoni motivi per proibire a livello mondiale tutte le autorizzazioni concesse alle colture GM per aprire la strada all'agroecologia, all'agricoltura sostenibile e alle coltivazioni biologiche.

La motivazione del perché i prodotti GM non sono una soluzione possibile per garantirci un futuro sostenibile è presentata nelle parti 1 e 2, mentre la parte 3 documenta il successo e i benefici dell'utilizzo di un'agricoltura sostenibile.

Note

Questa relazione è la sintesi di una gran quantità di studi. Abbiamo incluso il maggior numero possibile di fonti, ma molti dei documenti citati nella bibliografia sono essi stessi recensioni esaurienti di studi scientifici e

non solo, presentati a vari enti nazionali ed internazionali che li avevano richiesti come prove.

Nel produrre il rapporto, ciascun membro dell'ISP è stato responsabile del settore di propria specifica competenza, e ha poi approvato il rapporto completo.

Ogni membro dell'ISP riconosce la competenza e l'autorità degli altri membri negli ambiti in cui egli stesso non possiede competenze specifiche.

SOMMARIO

PERCHÉ ESSERE LIBERI DAGLI OGM?

1. Le colture GM non sono riuscite a portare i benefici promessi

Le importanti scoperte della ricerca indipendente e le inchieste fatte sulle aziende agricole a partire dal 1999, indicano che le colture geneticamente modificate non sono riuscite a portare i benefici promessi di una crescita significativa dei raccolti, né a ridurre l'uso di erbicidi e pesticidi. Le colture GM sono costate agli Stati Uniti una cifra stimata 12 bilioni di dollari in sovvenzioni agricole, perdite nelle vendite e ritiri dei prodotti dovuti alla contaminazione transgenica. In India, sono stati riscontrati enormi fallimenti (fino al 100%) di raccolti di cotone Bt resistente agli insetti.

Le società biotecnologiche sono andate rapidamente in crisi dal 2000, e i consulenti finanziari non prevedono alcun futuro per il settore agricolo.

Nel frattempo, l'avversione mondiale agli OGM ha raggiunto il culmine quando la Zambia nel 2002, nonostante la minaccia della fame, ha rifiutato il mais geneticamente modificato fra gli aiuti alimentari.

2. Le colture GM pongono problemi crescenti nell'agricoltura

L'instabilità delle linee transgeniche ha afflitto l'industria sin dal principio, e questo può essere causa di una serie di enormi perdite nelle colture.

Un articolo del 1994 diceva: "Anche se ci sono esempi di piante che mostrano la stabile espressione di una transgenie, questo può essere considerato un'eccezione alla regola. In un'indagine informale su 30 aziende coinvolte nel commercio di piante geneticamente modificate... sono stati rilevati in quasi tutti i soggetti... dei livelli di inerzia transgenica. Le risposte

indicano che la maggior parte dei casi d'inattivazione transgenica non sono mai stati pubblicati.”

In Canada attualmente sono diffuse piante di colza, dotate di resistenza a tre diversi diserbanti e con una combinazione di tratti transgenici e non. Negli Stati Uniti sono state trovate piante ed erbacce simultaneamente resistenti a questi erbicidi. Negli USA, le erbacce resistenti al glifosato stanno infestando i campi di cotone e soia geneticamente modificati, e si è stati costretti ad usare l'atrazina, uno degli erbicidi più tossici, assieme al mais geneticamente modificato resistente al glufosinate.

Le caratteristiche del biopesticida Bt minacciano di causare l'emergenza di piante superinfestanti e di parassiti Bt-resistenti.

3. L'inevitabile diffusione della contaminazione transgenica

La diffusione della contaminazione transgenica è avvenuta in terreni coltivati col mais che cresce in regioni remote del Messico, nonostante ci sia stata una moratoria ufficiale sin dal 1998. Da allora in Canada sono stati trovati alti livelli di contaminazione. In un test su 33 campioni di colza certificata, 32 sono stati trovati modificati.

Ulteriori ricerche dimostrano che il polline transgenico, spinto dal vento e depositato ovunque, o caduto direttamente sul terreno, è una fonte primaria di contaminazione transgenica... In generale è risaputo che la contaminazione è inevitabile, “per cui non può esserci coesistenza di colture transgeniche e non.”

4. Gli OGM non sono sicuri

Contrariamente alle affermazioni dei sostenitori, è stato provato che le colture geneticamente modificate non sono sicure. La regolamentazione

era inficiata da errori sin dall'inizio: era basata su un approccio anti precauzionale in modo da accelerare l'approvazione del prodotto a spese delle valutazioni sulla sicurezza.

Il principio della "equivalenza sostanziale", sul quale è basata la valutazione dei rischi, voleva essere vago e lacunoso, dando perciò alle compagnie la totale libertà di sostenere che i prodotti transgenici sono "sostanzialmente equivalenti" a quelli non transgenici, e quindi "sicuri."

5. Il cibo geneticamente modificato desta serie preoccupazioni riguardo la sua sicurezza

Vi sono stati ben pochi studi credibili sulla sicurezza dei cibi OGM. Tuttavia, i risultati disponibili sono già sufficienti a sollevare serie preoccupazioni. In quella che resta l'unica indagine sistematica finora mai condotta sui cibi OGM, a livello mondiale, sono stati osservati effetti "simili a fattori della crescita" (ovvero di proliferazione e crescita cellulare) nello stomaco e nell'intestino tenue di giovani ratti. Poiché non erano attribuibili al prodotto transgenico in quanto tale, questi effetti dovevano dipendere dal processo stesso della transgenesi (vettore + gene estraneo); è perciò possibile che siano effetti generali, comuni a tutti i cibi OGM. Perlomeno altri due studi, più limitati, hanno sollevato serie preoccupazioni sulla sicurezza dei cibi OGM.

6. Pericolosi prodotti genetici sono incorporati nelle colture

È stato provato che le proteine Bt, incorporate nel 25% di tutti gli organismi transgenici nel mondo, sono pericolose per una gran quantità di insetti non-target. Alcuni di esse sono anche potenti immunogeni e allergeni. Un gruppo di scienziati ha messo in guardia contro il rilascio di colture Bt per usi umani.

Le piante alimentari sono sempre più spesso utilizzate per produrre sostanze farmaceutiche e medicinali, tra cui: le citochine, note per agire da soppressori del sistema immunitario e associate a tossicità e disturbi del sistema nervoso centrale; l'interferone alfa, che si ritiene possa causare demenza, neurotossicità ed effetti collaterali sia sull'umore che sui processi cognitivi; vaccini con sequenze virali, ad esempio il gene per una proteina del coronavirus del maiale, appartenente alla stessa famiglia del virus della SARS che ha causato la recente epidemia. Il gene gp120 per una glicoproteina del virus Hiv-1 dell'AIDS, incorporato nel mais geneticamente modificato per ottenere un "vaccino commestibile ed economico", potrebbe diventare un'altra bomba biologica a orologeria, giacché può interferire con il sistema immunitario e ricombinare con virus e batteri già presenti nell'ospite, dando origine a nuovi, imprevedibili agenti patogeni.

7. Le colture terminator diffondono la sterilità maschile

Le colture modificate con geni 'suicidi' per la sterilità maschile, sono state incentivate con la scusa di *contenere* [leggi *prevenire*] la diffusione dei transgeni.

In realtà, i raccolti ibridi venduti agli agricoltori diffondono attraverso il polline tanto il suicidio dei geni maschili quanto la resistenza agli erbicidi.

8. Erbicidi a vasto spettro sono altamente tossici per gli esseri umani e le altre specie

L'ammonio glufosinato e il glifosato vengono usati con colture transgeniche resistenti agli erbicidi che attualmente rappresentano il 75% di tutti gli organismi transgenici presenti sulla terra. Entrambi sono veleni metabolici sistemici e ci si aspetta che abbiano moltissimi effetti dannosi, com'è stato appurato.

L'ammonio glifosinato è legato a tossicità neurologica, respiratoria, gastrointestinale ed ematologica, e alle malformazioni del feto negli esseri umani e nei mammiferi. È tossico per le farfalle e per una quantità di insetti benefici, ed anche per le larve dei molluschi e delle ostriche, per la dafnia e alcuni pesci d'acqua dolce, specialmente la trota iridea. Inibisce i batteri e i funghi nel terreno benefico, particolarmente quelli che fissano l'azoto.

In Gran Bretagna il glifosato è la causa più frequente di intossicazioni e denunce. Sono stati rilevati disturbi di molte funzioni del corpo dopo esposizioni a livelli normali. L'esposizione al glifosato ha quasi raddoppiato il rischio di aborto spontaneo, e i bambini nati da chi usa il glifosato hanno grosse deficienze neurovegetative. Il glifosato ha causato ritardo nello sviluppo dello scheletro del feto nei topi da laboratorio, e in più inibisce la sintesi degli steroidi, è genotossico per i mammiferi, i pesci e le rane.

Il 50% dei lombrichi esposti ad una normale dose di glifosato nei campi muoiono e quelli che sopravvivono subiscono rilevanti danni intestinali.

Il roundup ha causato una disfunzione della divisione delle cellule che può essere collegato al cancro negli esseri umani. Gli effetti conosciuti sia del glifosinato che del glifosato sono sufficientemente seri per impedire l'ulteriore uso degli erbicidi.

9. L'ingegneria genetica crea dei super-virus

I pericoli più insidiosi dell'ingegneria genetica riguardano il processo stesso, che aumenta in modo cospicuo la portata e le probabilità di un trasferimento orizzontale del gene e la sua ricombinazione: un percorso diretto per la creazione di virus e batteri che causano malattie epidemiche. Tutto ciò è stato messo in evidenza nel 2001 dalla creazione 'accidentale' di un virus mortale per i topi nel corso di un esperimento di ingegneria genetica apparentemente innocuo.

Le tecniche più innovative, come il rimescolamento del DNA, permettono agli ingegneri genetici di creare in pochi minuti in laboratorio milioni di virus ricombinati che non sono mai esistiti in bilioni di anni di evoluzione. I virus che provocano le malattie e i batteri e il loro materiale genetico sono i materiali e gli strumenti primi per l'ingegneria genetica, ed anche per la creazione intenzionale di armi biologiche.

10. Il DNA transgenico nel cibo assorbito dai batteri nell'intestino umano

C'è già una prova sperimentale che il DNA transgenico delle piante viene assorbito dai batteri nel terreno e nell'intestino delle cavie umane. I geni che segnano la resistenza antibiotica possono diffondersi dal cibo transgenico ai batteri patogeni, rendendo molto difficile curare le infezioni.

11. DNA transgenico e il cancro

Il DNA transgenico può trasferirsi nel genoma delle cellule mammifere, aumentando la possibilità di scatenare il cancro.

Non può essere esclusa la possibilità che nutrire gli animali con prodotti geneticamente modificati come il mais porti dei rischi non solo per gli animali ma anche per gli esseri umani che si nutrono di animali.

12. Il promotore 35S del virus del mosaico del cavolfiore (CaMV) aumenta il trasferimento orizzontale dei geni

Le prove sperimentali suggeriscono che i costrutti transgenici contenenti il promotore 35S del CaMV possono essere particolarmente instabili e

inclinati al trasferimento orizzontale e alla ricombinazione dei geni, con tutti i rischi che ne derivano: le mutazioni genetiche dovute all'inserzione casuale, il cancro, la riattivazione di virus latenti e la creazione di nuovi virus. Questo promotore è presente nella maggior parte degli organismi geneticamente modificati attualmente diffusi nelle colture.

13. Una storia fatta di false dichiarazioni e occultamento di prove scientifiche

La storia degli OGM è fatta di falsità e occultamenti di prove scientifiche, in particolare per ciò che riguarda il trasferimento orizzontale dei geni. Gli esperimenti-chiave non sono stati effettuati, o sono stati effettuati male e poi presentati in modo distorto. Molti esperimenti non sono stati ripetuti nel tempo, comprese le ricerche sulla possibilità che il promotore 35S del CaMV sia responsabile degli effetti da fattore di crescita, osservati in giovani ratti alimentati con patate GM.

In conclusione, le colture GM non hanno portato i benefici promessi e stanno ponendo all'agricoltura problemi sempre più gravi. La contaminazione da transgeni è oggi un dato di fatto ampiamente riconosciuto come inevitabile, quindi non può esservi coesistenza tra agricoltura gm e non-gm.

Cosa più importante di tutte, la sicurezza delle colture GM non è mai stata provata.

Al contrario, le prove già emerse sono sufficienti a suscitare serie preoccupazioni circa i rischi posti dagli OGM, rischi che se ignorati potrebbero provocare danni irreversibili alla salute e all'ambiente. Gli organismi geneticamente modificati dovrebbero essere immediatamente messi al bando.

PERCHÉ UN'AGRICOLTURA SOSTENIBILE?

1. Una maggiore produttività e resa, specialmente nel Terzo Mondo

8.98 milioni di agricoltori hanno adottato l'agricoltura sostenibile in 28.92 milioni di ettari fra Asia, America Latina e Africa. Dati affidabili rilevati da 89 progetti mostrano una maggiore produttività nei raccolti: un aumento del 50-100% nelle colture non irrigate, e del 5-10% in quelle irrigue. I successi maggiori riguardano: Burkina Faso, che ha trasformato un deficit di cereali di 644 kg annuali in un'eccedenza annuale di 153 kg; l'Etiopia, dove 12500 famiglie hanno beneficiato di un aumento del 60% nei raccolti; Honduras e Guatemala, dove 45000 famiglie hanno aumentato i raccolti da 400-600 kg/ha a 2000-2500 kg/ha.

Studi a lungo termine nei paesi industrializzati dimostrano che le rese dell'agricoltura biologica sono paragonabili a quelli dell'agricoltura tradizionale, talvolta superiori.

2. Terreni migliori

Le pratiche dell'agricoltura sostenibile tendono a ridurre l'erosione del suolo come pure a migliorarne la struttura fisica e la capacità di trattenere l'acqua, tutti fattori cruciali per evitare la perdita dei raccolti nei periodi di siccità.

La fertilità del suolo è mantenuta o accresciuta da varie pratiche dell'agricoltura sostenibile. Gli studi mostrano che la quantità di materia organica ed i livelli dell'azoto sono più elevati nelle coltivazioni biologiche che in quelle convenzionali.

Si è scoperto che i suoli coltivati con le pratiche agricole sostenibili mostrano una maggiore attività biologica. Ci sono più lombrichi, artropodi,

micorrize ed altri funghi e microrganismi, tutti organismi utili per il riciclo dei nutrienti e per l'eliminazione naturale degli agenti patogeni.

3. Un ambiente più pulito

L'uso dei prodotti chimici inquinanti nell'agricoltura sostenibile è quasi inesistente o nullo.

In più, la ricerca prova che il suolo coltivato biologicamente presenta una quantità minore di nitrato e fosforo nella falda freatica.

I sistemi ad agricoltura biologica hanno migliori percentuali di filtrazione dell'acqua.

Perciò, sono meno sottoposti ad erosione ed hanno minori probabilità di contribuire all'inquinamento dell'acqua per la dilavazione delle superfici.

4. Riduzione dei pesticidi senza aumento di parassiti

La coltivazione biologica proibisce la consueta applicazione dei pesticidi. L'utilizzo della lotta intergata contro i parassiti ha ridotto il numero delle irrorazioni di pesticidi in Vietnam da 3.4 ad una per stagione, in Sri Lanka da 2.9 a 0.5, in Indonesia da 2.9 a 1.1.

La ricerca ha dimostrato che, nonostante la scelta di non usare insetticidi di sintesi nella produzione dei pomodori californiani, le perdite nei raccolti per danni inferti dai parassiti non sono aumentate. È possibile controllare i parassiti senza pesticidi e invertire la perdita dei raccolti usando, ad esempio, 'colture trappola' per attirare la piralide, un parassita noto nell'Africa dell'Est. Ulteriore beneficio nell'aggrare l'utilizzo dei pesticidi viene dall'utilizzo delle complesse relazioni interne fra le specie di un ecosistema.

5. Appoggiare la biodiversità usando la diversità

L'agricoltura sostenibile appoggia la biodiversità agricola, cruciale per la sicurezza alimentare e per il sostentamento rurale. Le coltivazioni biologiche possono oltretutto sopportare una biodiversità maggiore, dando beneficio a specie che hanno subito significative riduzioni. I sistemi biodiversi sono più produttivi delle monoculture.

I sistemi di coltivazione integrata a Cuba sono da 1.45 a 2.82 volte più produttivi delle monoculture. Migliaia di coltivatori di riso in Cina hanno raddoppiato i raccolti e quasi eliminato la più devastante delle malattie semplicemente mettendo insieme due diverse varietà di piante.

La biodiversità del terreno viene evidenziata dalle coltivazioni biologiche, le quali apportano effetti benefici come il riprisitino e la riabilitazione dei terreni in degrado, migliorando la struttura del suolo e la filtrazione dell'acqua.

6. Agricoltura ecologicamente ed economicamente sostenibile

Una ricerca sulla produzione delle mele con sistemi agricoli diversi ha rivelato che l'agricoltura biologica si colloca al primo posto per quanto riguarda la sostenibilità ambientale ed economica; al secondo posto si piazza il sistema della lotta integrata e all'ultimo quello dell'agricoltura convenzionale; le mele biologiche si sono rivelate le più redditizie per il loro più alto prezzo di mercato, per il più rapido ritorno degli investimenti e un più veloce recupero dei costi.

Uno studio approfondito in Europa ha mostrato che l'agricoltura biologica funziona meglio di quella tradizionale rispetto alla grande maggioranza degli indicatori ambientali. Uno studio dell'Organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura delle Nazioni Unite (FAO) ha concluso che le pratiche di agricoltura biologica, opportunamente applicate, portano a un miglioramento delle condizioni ambientali a tutti i livelli.

7. La riduzione dei consumi dell'energia diretta e indiretta porta a miglioramenti climatici

L'agricoltura biologica usa l'energia con maggiore efficienza e, paragonata all'agricoltura convenzionale, riduce in maniera cospicua le emissioni di anidride carbonica (CO₂), sia per quanto riguarda il consumo diretto di energia sotto forma di combustibili fossili, sia riguardo al consumo indiretto connesso con l'uso di fertilizzanti e antiparassitari chimici di sintesi.

L'agricoltura sostenibile reintegra i contenuti organici del suolo aumentando la quantità di carbonio sequestrato nel terreno quindi sottraendo significative quantità di carbonio dall'atmosfera.

I sistemi di agricoltura biologica hanno mostrato la significativa capacità di assorbire e trattenere il carbonio rendendo possibile con questa pratica la diminuzione dell'impatto del riscaldamento della terra. L'agricoltura biologica può emettere meno biossido di azoto (N₂O), un importante gas serra causa dell'esaurimento dell'ozono nella stratosfera.

8. Una produzione efficiente e proficua

Qualsiasi riduzione dei profitti nell'agricoltura biologica è più che riguadagnata dai miglioramenti ecologici e dall'efficienza. La ricerca ha dimostrato che l'approccio biologico a lungo andare può essere commercialmente vantaggioso producendo una maggiore quantità di cibo per unità di energia o risorse.

I dati mostrano che le fattorie più piccole producono molto più per unità agricola di quelle grandi caratterizzate da coltivazione convenzionale. Nonostante la resa di un raccolto per unità di terreno possa essere inferiore in una piccola fattoria rispetto ad una grossa monocoltura, la produzione totale per unità, spesso composta da più di una dozzina di raccolti e vari prodotti animali, può essere superiore. I costi di produzione per la col-

tivazione biologica sono spesso inferiori a quelli per una coltivazione ordinaria, portando ritorni equivalenti o superiori anche senza vendite a prezzi più alti. Quando si calcolano i prezzi più alti, i sistemi biologici sono quasi sempre più vantaggiosi.

9. Aumento della sicurezza del cibo e benefici per le comunità locali

Un'indagine sui risultati dei progetti di agricoltura sostenibile ha dimostrato che la media della produzione di cibo per nucleo familiare è aumentata di 1.1 tonnellate l'anno (fino al 73%) per 4.42 milioni di agricoltori su 3.58 milioni di ettari, portando sicurezza alimentare e benefici per la salute. È dimostrato che aumentare la produttività alimentare è servito anche a facilitare l'accesso al cibo riducendo la malnutrizione e migliorando la salute e la qualità della vita.

L'approccio dell'agricoltura sostenibile si rifà ampiamente alle esperienze tradizionali e primitive e pone l'accento sull'esperienza e l'innovazione dell'agricoltura. In tal modo questo utilizza risorse locali adeguate, a basso costo e a pronta disposizione, e aumenta la condizione sociale e l'autonomia degli agricoltori incrementando le relazioni sociali fra le comunità locali.

I mezzi locali che facilitano la vendita e la distribuzione dei prodotti biologici possono far rientrare più denaro nell'economia locale. Ogni dollaro speso per i prodotti biologici del Cusgarne Organics (UK), porta 2.59£ all'economia locale; ma ogni dollaro speso al supermercato, porta all'economia locale solo 1.40£.

10. Una migliore qualità del cibo è salutare

Gli alimenti biologici sono più sicuri, poiché la coltivazione biologica proibisce l'uso dei pesticidi e degli erbicidi; è perciò raro trovare in questi alimenti residui chimici nocivi.

La produzione biologica mette al bando anche l'uso di additivi artificiali come i grassi idrogenati, l'acido fosforico, l'aspartame e il glutammato monosodico, che sono stati messi in relazione con diversi problemi di salute quali cardiopatie, osteoporosi, emicranie e iperattività.

Vari studi hanno dimostrato che, in media, i cibi biologici hanno un contenuto più alto di vitamina C, di minerali e di fenoli vegetali che possono combattere le cardiopatie e il cancro e alleviano le disfunzioni neurologiche correlate con l'età – e un contenuto significativamente più basso di nitrati, che sono sostanze tossiche.

È stato provato che le coltivazioni biologiche sono benefiche sotto tutti gli aspetti, da quelli riguardanti la salute a quelli riguardanti l'ambiente. In più, trasmettono sicurezza alimentare e benessere sociale e culturale alle comunità locali di tutto il mondo. C'è un bisogno urgente di un cambiamento globale a favore di tutte le forme di agricoltura sostenibile.

PRIMA PARTE:
NESSUN FUTURO
PER LE COLTIVAZIONI GM

Uno

PERCHÉ NO AGLI OGM?

Le colture GM non sono necessarie né volute

Non c'è più alcun dubbio che le colture geneticamente modificate (GM) non sono necessarie a sfamare il mondo, e che la fame è dovuta all'indigenza e alla disuguaglianza, non alla produzione inadeguata di cibo. Secondo una stima dell'Organizzazione per l'Alimentazione e l'Agricoltura delle Nazioni Unite (FAO), viene prodotto cibo a sufficienza per nutrire tutti usando unicamente le colture convenzionali, e tale condizione rimarrà stabile per almeno 25 anni e probabilmente a lungo nel futuro [2].

In aggiunta, come hanno rilevato Altieri e Rosset, anche se la fame fosse dovuta a uno scompenso fra la produzione di cibo e la crescita della popolazione mondiale, le attuali colture non sono state programmate per aumentare i raccolti o per i poveri piccoli agricoltori, per cui è improbabile che traggano benefici da queste. [3] Poiché la causa primaria della fame è l'ineguaglianza, qualsiasi metodo per incrementare la produzione di cibo aumenti l'ineguaglianza è destinato a fallire nel suo intento. [4] Uno studio recente dell'ActionAid conclude che: "L'adozione diffusa di colture GM aggraverebbe la causa alla base dell'insicurezza alimentare portando alla fame un maggiore, non minore, numero di persone." [5]

Inoltre, cosa ancor più importante, le colture GM non sono gradite, e per dei buoni motivi.

Le colture GM hanno fallito nell'apportare i benefici promessi, sono causa di problemi crescenti nelle fattorie e, nonostante l'evidente mancanza di ricerche per accetarne la sicurezza, sono emerse numerose prove dei loro grandi pericoli. Allo stesso tempo, sono emerse anche molte prove del successo dell'agricoltura sostenibile, il che rende evidente quale dovrebbe essere la scelta razionale per la quale optare.

Il mercato mondiale delle colture GM è diminuito con il forte aumento delle coltivazioni GM. Ciò è avvenuto sin da quando la prima è stata piantata negli Stati Uniti nel 1994: il pomodoro Flavr Savr fu presto ritirato giacché disastroso dal punto di vista commerciale. Nel corso di 7 anni, dal 1996 al 2002, i terreni mondiali di colture Gm, sono cresciuti da 1.7 milioni di ettari a 58.7. Ma solo quattro paesi sono responsabili al 99% delle colture GM globali nel 2002: gli Stati Uniti hanno coltivato 13.5 milioni di ettari di terreno (il 66% del totale), l'Argentina 13.5 milioni di ettari, il Canada 3.5 milioni di ettari e la Cina 2.1 milioni di ettari [6].

La resistenza mondiale alle colture GM ha raggiunto il culmine lo scorso anno quando la Zambia ha rifiutato gli aiuti alimentari in mais GM nonostante la minaccia della fame. Da allora la Zambia ha riaffermato la sua decisione dopo che una delegazione altamente qualificata è stata invitata a visitare diversi paesi, inclusi gli Stati Uniti e la Gran Bretagna. Mentre noi stavamo scrivendo questo documento, nelle Filippine era in corso uno sciopero della fame per protestare contro l'approvazione della commercializzazione del mais Bt di Monsanto.

In India, Zimbabwe e Brasile, sono state utilizzate giurie popolari ed altri procedimenti di partecipazione democratica e sociale per consentire ai piccoli agricoltori e alle comunità rurali emarginate di valutare i rischi e verificare la volontà di accogliere le colture GM secondo le loro condizioni e in conformità con i loro criteri e nozioni di benessere.

I risultati mostrano che, anche dove tali proposte sono state presentate con atteggiamenti degni di fiducia, credibili e imparziali, i piccoli coltivatori e i nativi del luogo hanno rifiutato le coltivazioni GM adducendo come motivazione il fatto che loro non ne avevano bisogno e che la tecnologia GM non è stata testata e non va incontro alle loro necessità [7, 8].

Il settore agricolo ha portato al drammatico declino l'industria biotech prima che raggiungesse il picco massimo nel 2000 col progetto sul genoma umano. L'Istituto della Scienza nella Società (ISIS) ha riassunto le prove in un rapporto speciale all'unità strategica sugli OGM del Primo Ministro

Britannico, presentato in risposta al suo convegno pubblico sul potenziale economico delle colture GM. [9] Da allora, le cose sono peggiorate per tutto il settore [10].

Un rapporto pubblicato nell'aprile del 2003 dagli Innovest Strategic Value Advisors [11] ha dato a Monsanto il minor rating possibile diffondendo il messaggio che l'agricoltura biotecnologica è un'industria ad alto rischio nella quale non vale la pena investire, a meno che non distolga l'attenzione dall'IG (l'ingegneria genetica, sinonimo di GM). Il rapporto dice:

“Il denaro versato dalle compagnie di IG ai politici e la frequenza con la quale gli impiegati delle compagnie di IG si fanno assumere dagli enti legislativi statunitensi, creano viceversa grossi conflitti d'interessi e riducono la predisposizione degli investitori a fare affidamento sulle dichiarazioni fatte dal governo statunitense riguardo la sicurezza. Ciò aiuta anche a rendere chiaro il motivo per il quale il governo statunitense non ha avuto un approccio cautelativo nei confronti dell'ingegneria genetica e continua a non etichettare i prodotti di IG nonostante l'enorme richiesta dei consumatori. Sia per quanto riguarda Enron che per altri disastri economici, sembra che la comunità finanziaria si sia lasciata incantare dalle storie raccontate dalle compagnie senza preoccuparsi di andare al di là della facciata esteriore...”

“Per gli investitori Monsanto potrebbe essere un altro disastro annunciato”, conclude il rapporto.

Le colture GM non sono riuscite a portare i benefici promessi

Le colture GM non hanno portato i benefici promessi. È l'importante risultato della ricerca indipendente e di indagini effettuate nelle fattorie dall'agronomo Charles Benbrook negli Stati Uniti dal 1999 [13, 13] e confermato anche da altri studi [14].

Migliaia di esperimenti di verifica sulla soia GM hanno riscontrato che i raccolti sono diminuiti in modo significativo dal 5 al 10% e, in alcuni posti,

anche dal 12 al 20% rispetto ai raccolti della soia non-GM. Simili riduzioni sono state registrate anche per quanto riguarda la colza invernale (canola) GM e la barbabietola da zucchero nelle coltivazioni in Gran Bretagna.

Le colture GM non sono risultate determinanti nella riduzione dell'uso di erbicidi e insetticidi/pesticidi. Il Roundup Ready (RR) della soia, ha richiesto da 2 a 5 irrorazioni di erbicida in più (misurato in pound per acro) rispetto agli altri sistemi di controllo delle piante. In modo analogo, i dati del Dipartimento Statunitense per l'Agricoltura (USDA) indicano che nel 2000, in media, l'acro del mais RR è stato trattato con una percentuale di insetticidi superiore del 30% rispetto al mais convenzionale.

I dati ufficiali dell'USDA mostrano un'immagine decisamente chiara dopo quattro anni di verifiche sull'uso degli insetticidi [15]. Mentre il cotone Bt ha ridotto l'uso degli insetticidi in molti stati, il mais Bt ha ridotto in maniera esigua, se non nulla, l'uso degli insetticidi. I dati dell'USDA mostrano che l'applicazione di insetticidi per trattare direttamente la piralide del mais, in Europa è aumentato approssimativamente dal 4% nel 1995 al 5% nel 2000.

Il costo superiore delle sementi GM, l'incremento nell'uso di erbicidi/pesticidi a basso rendimento, il pagamento dei diritti sui prodotti e l'esigua commercializzazione: tutto ciò ha portato ad una perdita economica per i contadini. Il primo studio effettuato sull'impatto economico del mais Bt nelle fattorie statunitensi, ha rivelato che fra il 1996 e il 2001 i contadini hanno perso 92 milioni di dollari totali netti (1.31 dollari per acro).

Un rapporto della UK Soil Association pubblicato nel Settembre del 2002, ha reso noto che le colture GM sono costate agli Stati Uniti 12 bilioni di dollari in sussidi agricoli, perdite nelle vendite e ritiro dei prodotti dal commercio per via della contaminazione transgenica.

Si riassume come segue:

“Le conclusioni a cui siamo giunti dimostrano che... virtualmente tutti i benefici promessi dalle colture GM non sono stati riscontrati. Invece, i contadini parlano di diminuzione nei raccolti, che continuano a dipendere

dagli erbicidi e dai pesticidi e di una perdita nella diffusione dei prodotti sul mercato. Fatalmente, la mancanza di benefici ha reso la produzione di cibo ancor più soggetta all'influenza delle aziende biotecnologiche ha portato alla necessità di sussidi.”

Questi studi non hanno tenuto conto del fallimento dei raccolti ovunque nel mondo, il più grave dei quali è avvenuto in India lo scorso anno [16]. In molti stati indiani sono state riscontrate perdite di cotone GM fino al 100%, dovute anche all'incapacità delle colture di germogliare, alla putrefazione della radice e agli attacchi del verme del cotone americano, al quale il cotone Bt si supponeva fosse resistente.

Due

L'AUMENTO DEI PROBLEMI NELLE AZIENDE AGRICOLE

L'instabilità transgenica

L'enorme perdita di cotone transgenico in India e di coltivazioni GM in altre parti del mondo è dovuto probabilmente al fatto che le colture GM sono assolutamente instabili: un problema messo in evidenza per la prima volta in un articolo di Finnegan e McElroy nel 1994 [17]:

“Giacché ci sono esempi di piante che mostrano un indice stabile di transgenia, si può dimostrare che tale indice costituisce l'eccezione alla regola. In un'indagine informale su 30 aziende coinvolte nel commercio di piante transgeniche... quasi tutti gli incaricati hanno indicato un certo livello di inerzia del transgene. Molti di loro hanno dichiarato che la maggior parte dei casi di inerzia transgenica non sono stati riportati dagli scritti scientifici.”

Ad ogni modo, esistono dei ragguardevoli documenti scientifici sull'instabilità transgenica [18, 19]. Tutte le volte che sono state applicate le strumentazioni molecolari adeguate per indagare sul problema, ne è stata invariabilmente riscontrata l'instabilità, e ciò è stato appurato anche nei casi in cui si asseriva la *stabilità* transgenica. In una pubblicazione, [20] il cui sommario dichiarava che “l'espressione transgenica era stabile nei filamenti di tutti i genotipi del riso”, i dati presentati hanno mostrato che in effetti al massimo 7 linee genetiche su 40 (il 18%) potevano essere stabili fino alla generazione R3 [21]. Questi dati, come molti altri, sono stati usati impropriamente perché non si opponevano alla proporzione Mendeliana, e sono stati pertanto ritenuti un segno dell'eredità Mendeliana o della stabilità dei geni. Questo è un errore talmente elementare nelle statistiche da trarre in inganno molti studenti agli esami.

Esistono due cause principali per l'instabilità transgenica: la prima ha a che fare con il meccanismo di difesa che protegge l'integrità dell'organi-

simo che mette a tacere o inattiva i geni estranei integrati al genoma in modo che non si esprimano più. Tale peculiarità, ricollegata ai transgeni integrati, è stata scoperta all'inizio degli anni '90, ed è oggi conosciuta come parte delle difese immunitarie contro le infezioni virali.

La seconda causa principale dell'instabilità ha a che fare con l'instabilità *strutturale* delle stesse composizioni transgeniche, con la loro tendenza a frammentarsi, a rompere le giunture artificiali deboli e a ricombinarsi in modo scorretto, spesso con altri DNA che casualmente li attorniano. Questo è forse il problema più serio dal punto di vista della sicurezza, poiché aumenta il trasferimento orizzontale dei geni e la loro ricombinazione (leggi in seguito).

Tuttavia, di recente è stata scoperta un'altra sorgente di instabilità [18]: sembra che ci siano 'delle zone ricettive', pronte a rompersi e ricomporsi. Anche questo rende i transgeni che si sono inseriti più atti a perdersi di nuovo, a ricombinarsi o ad invadere altri genomi.

Le indagini mostrano anche che l'instabilità transgenica può aumentare nelle generazioni future, e che essa non è necessariamente scartata dalle prime generazioni. Questo può avere come conseguenza colture GM povere e inconsistenti, un problema che probabilmente i contadini che hanno perso accordi per ottenere risarcimento debbono tacere.

L'integrazione del transgene

Un articolo appena pubblicato (Makarevitch I, Svtashev SD e Somers DA. L'analisi sequenziale dell'insediamento dei transgeni provenienti dalle piante trasformate tramite bombardamento con microproiettili *Plant Molecular Biology* 2003, 52, 421-32) rivela che il problema associato all'incontrollabile e imprevedibile integrazione di transgeni è anche peggiore di quanto sembri, e che il GM non può assolutamente essere paragonato all'allevamento tradizionale o alla mutagenesi.

Gli autori mettono in evidenza che la maggior parte delle linee transgeniche prodotte per mezzo del bombardamento con microproiettili, mostra “regioni di DNA composte da copie multiple del transgene sia intero, che troncato, e con frequenti riarrangiamenti interdispersi e di lunghezza variabile.” Questi autori, inoltre, hanno dimostrato che il transgene viene integrato nel genoma della pianta principalmente attraverso il fenomeno della ricombinazione illegittima (IR) associato con il “double strand break repair” (DSB), un processo coinvolto nell’integrazione del transgene sia nei lieviti che nelle piante.

“Le conseguenze della IR prodotte dal trasferimento del transgene nel DNA genomico, possono includere il riarrangiamento all’interno delle sequenze del transgene, l’incorporazione di sequenze del DNA genomico all’interno del transgene, o anche il riarrangiamento delle sequenze del DNA genomico adiacente al transgene.

Le sequenze di integrazione spesso non possono essere chiaramente individuate a causa di traslocazioni o delezioni nel DNA genomico adiacente. Questo significa che, a volte non è possibile determinare dove il transgene si è integrato, anche nel caso sia nota la intera sequenza del genoma dell’ospite.

I ricercatori hanno completamente sequenziato un piccolo numero di transgeni nell’avena in apparenza semplici, ovvero con un ordine genetico facilmente determinabile. In verità questi tre transgeni, hanno mostrato zone di ricombinazione con il DNA genomico. Inoltre i transgeni hanno mostrato sia ricombinazione con DNA di origine sconosciuta, che zone di delezione. Una delle linee transgeniche studiate era stata precedentemente caratterizzata e aveva mostrato di avere un singolo ‘major locus’ di circa 15 kb di lunghezza. Significativamente, la progenie T1 ha mostrato però la presenza di due loci transgenici più piccoli. L’analisi genetica dimostrò inoltre che il DNA genomico adiacente ad uno dei loci era altamente ripetitivo. Confrontando il prodotto di PCR del locus transgenico con la controparte ‘wild type’, si è dimostrato che un pezzo di 845 bp del DNA geno-

mico, era stato eliminato durante l'integrazione del transgene e che parti del DNA genomico di origine sconosciuta erano state integrate in tutt'e due le estremità del DNA transgenico. Non è stato possibile identificare i siti d'integrazione degli altri due loci a causa di un generalizzato riarrangiamento del DNA genomico. Gli autori hanno anche evidenziato che: "è ora accettato che le stime del numero dei loci transgenici basata sul rapporto di segregazione fenotipica sono inaccurate a causa di modificazioni dell'espressione del transgene avvenute per via del silenziamento o di riarrangiamenti dei loci transgenici". A seconda della sonda usata, non è stato possibile rilevare i loci più piccoli e non funzionali. I siti d'integrazione si sono mostrati più che casuali: c'è evidenza che il DNA transgenico si integri preferenzialmente in regioni trascrizionalmente attive, aumentando la possibilità di attivare o inattivare i geni dell'ospite, o in regioni ad alta attività di ricombinazione, con un probabile aumento dell'instabilità strutturale del transgene.

Piante spontanee ed erbacce

Piante spontanee di colza da olio resistenti al triplo erbicida sono state scoperte ad Alberta, in Canada, nel 1998, appena due anni dopo la semina di colture GM resistenti all'erbicida singolo [22]. L'anno successivo tali piante spontanee resistenti ad erbicidi multipli sono state trovate in altre 11 piantagioni [23]. Gli Stati Uniti hanno iniziato a coltivare la colza GM resistente agli erbicidi soltanto nel 2001. Ricerche condotte nell'Università dell'Idaho attestano che una tolleranza multipla ai geni dello stesso tipo è stata riscontrata in campi per sperimentazione per più di due anni e, in quello stesso periodo, sono state trovate anche delle erbacce resistenti a due erbicidi.

Da allora sono stati riscontrati molti altri problemi con le erbacce (riassunti nel ref. 24).

Nel 2002 negli USA, degli equiseti resistenti al glifosato hanno infestato più di 200 000 acri di cotone nel Tennessee occidentale, pari al 36% di tutte le piantagioni dello stato, e sono stati infestati anche 200 000 acri di soia. Il problema con le piante e le erbacce resistenti agli erbicidi è tale che le aziende hanno raccomandato di spruzzare degli erbicidi aggiuntivi. Esperti di agricoltura statunitensi rivelano che fra il 75% e il 90% dei coltivatori di mais GM usano un prodotto chiamato Liberty ATZ, un composto di glufosinato d'ammonio prodotto dall'Aventis e Atrazina – il pesticida tradizionalmente utilizzato per le colture di mais che ha provocato danni per decenni [25]. L'Atrazina è sulla Lista Rossa Europea e sulla Lista Prioritaria per gli effetti distruttivi sugli ormoni negli animali. Lo stesso glufosinato non può certo dirsi benefico (vedi più avanti).

È molto probabile che le colture Bt avranno problemi di resistenza nei confronti dei parassiti loro obiettivo (vedi sotto). L'applicazione di un nuovo brevetto della Monsanto si basa sull'uso di due insetticidi con le loro coltivazioni Bt sulla base del fatto che le coltivazioni Bt potrebbero produrre varietà resistenti ai parassiti e “persistono numerosi problemi... nelle reali condizioni dei campi.” Recenti ricerche dimostrano che i transgeni del girasole Bt che si sono trasferiti nei girasoli selvatici, hanno reso questi ultimi più resistenti e invasivi, col potenziale di diventare delle super erbacce [26].

Resistenza al Bt

Le colture sono state modificate geneticamente per produrre delle proteine insetticide derivate dai geni del batterio *Bacillus thuringiensis* (Bt). È talmente probabile che i parassiti target delle colture Bt divengano rapidamente resistenti alle tossine Bt, negli Stati Uniti, che vengono adottate strategie di controllo della resistenza, che comprendono piantagioni al riparo di colture non-Bt e che sviluppano colture Bt con alti li-

velli di diffusione delle tossine o con tossine multiple all'interno della stessa coltura.

Sfortunatamente, i parassiti hanno sviluppato una resistenza alle tossine multiple, o resistenze incrociate a differenti tossine [27], e recenti ricerche riportano che le varietà resistenti sono persino in grado di ottenere dei valori nutrizionali aggiuntivi dalla tossina, diventando così parassiti addirittura peggiori che in precedenza.

Una vasta contaminazione transgenica

Nel novembre del 2001 i ricercatori di Berkley Ignacio Chapela e David Quist hanno pubblicato un saggio su *Nature* [28] sulle piante genetiche provando che delle varietà di mais cresciute in delle zone remote del Messico erano state contaminate dai transgeni, nonostante il fatto che fosse stata imposta nel paese una moratoria ufficiale sulla coltivazione del mais GM.

Questo ha dato il via ad un acceso attacco degli scienziati a favore delle biotecnologie, presumibilmente capitanati da Monsanto [29]. Nel febbraio del 2002 *Nature* ritirò il sostegno a quello studio, un fatto che non ha precedenti nella storia delle pubblicazioni scientifiche, giacché i contenuti principali delle conclusioni presenti nel rapporto non erano falsi né contraddittori. Ricerche successive degli scienziati messicani hanno confermato la tesi, mostrando che la contaminazione era molto più estesa di quanto si sospettesse in precedenza [30]. Il 95% dei luoghi esaminati erano infettati, con gradi di contaminazione che variavano dall'1% al 35%, con una media del 10-15%. Le società coinvolte hanno inoltre rifiutato di fornire informazioni sulle molecole o indizi per la ricerca che avrebbero permesso di risalire alle cause dei danni. *Nature* ha rifiutato di pubblicare questi risultati schiacciati.

Naturalmente, uno dei fattori principali che condannerebbero Monsanto, presi in esame nel rapporto dell'Innovest (vedi sopra) è la consistente

perdita in termini economici, conseguente ad una contaminazione transgenica non intenzionale.

La contaminazione è inevitabile, dice il rapporto, e può portare Monsanto ed altre compagnie biotecnologiche alla bancarotta lasciando tutti noi con un problema da risolvere.

Secondo Ignacio Chapela, che si è trovato a fronteggiare l'eventuale licenziamento dall'Università in seguito al contenzioso che la contaminazione transgenica sta ancora gravando sul bilancio, la contaminazione sta ancora aumentando nel Messico. L'ampiezza della contaminazione di colture non-GM è allarmante. Un portavoce di Dow Agrosceince ha asserito che in Canada: "l'intero sistema delle sementi è contaminato" [31]. Il Dr. Lyle Friesen dell'Università di Manitoba ha testato 33 campioni rappresentanti 27 pedigree di colza trovandone 32 contaminati [32].

I test sul flusso del polline hanno rilevato che il polline del grano può volare per almeno un'ora, il che significa che può essere trasportato ad enorme distanza a seconda della velocità del vento. Il polline della colza è anche più leggero, e può rimanere per aria dalle 3 alle 6 ore. Un vento di 35 miglia l'ora non è atipico, il che "rende irrilevante la differenza fra distanze di dieci o centinaia di metri", ha detto Pery Schmeiser, il contadino canadese a cui la Giustizia ha ordinato di pagare i danni a Monsanto, nonostante lui si lamentasse che le coltivazioni GM del suo vicino gli avessero contaminato i campi. Schmeiser ha fatto appello alla Corte Federale, ma ha ottenuto solo il diritto di essere ascoltato dalla Corte Suprema del Canada. Anche i coltivatori di terreni organici a Saskatchewan hanno avviato processi legali contro Monsanto ed Aventis per aver contaminato le loro colture compromettendo le loro caratteristiche organiche.

Nel maggio del 2000 la Commissione Europea ha ordinato lo studio della coesistenza di colture GM e non-GM da parte dell'Institute for Prospective Technological Studies del Centro EU Joint Research. Lo studio è stato completato e presentato alla Commissione Europea nel gennaio del 2002, con la raccomandazione che non fosse reso pubblico. La relazione, occultata

ta, arrivata a Greenpeace [33], ha confermato quanto già sappiamo: *la coesistenza delle colture GM e di quelle non-GM o organiche è in molti casi impossibile*. Anche nei casi in cui è tecnicamente possibile, richiede costosi provvedimenti per evitare la contaminazione, ed aumenta i costi di produzione per tutti i coltivatori, specialmente quelli piccoli. La contaminazione transgenica non si limita a impollinare solo le colture che incrocia. Nuove ricerche mostrano che il polline transgenico, spostato dal vento e depositato da altre parti, o caduto direttamente sul suolo, è una delle principali cause di contaminazione transgenica [34]. Questo DNA transgenico è stato trovato persino nei campi dove le colture GM non sono state mai coltivate, ed è stato provato che i campioni di terra contaminata dal polline hanno trasferito il DNA transgenico ai batteri del suolo (vedi in seguito).

Perché la contaminazione è un problema così grande? La risposta immediata è: perché i consumatori non l'accettano. La ragione principale è che ci sono notevoli preoccupazioni sulla sicurezza.

SECONDA PARTE:
LE COLTURE GM NON SONO SICURE

Tre

SCIENZA E PRECAUZIONI

Precauzioni, buon senso e scienza

Ci è stato detto che non ci sono prove scientifiche che il GM sia pericoloso. Ma è sicuro? È questa la domanda da porci. Laddove qualcosa può causare danni seri e irreversibili, è giusto ed appropriato che gli scienziati richiedano prove che dimostrino la sicurezza del GM, *al di là di ogni comprensibile dubbio*. Questa tesi è generalmente nota come *principio precauzionario*, ma per gli scienziati e per la gente comune si tratta solo di buon senso [35-37].

Le prove scientifiche non sono diverse dalle prove più comuni e dovrebbero essere capite e giudicate allo stesso modo. Gli esperimenti di diversa provenienza e di diverso tipo devono essere soppesati e riuniti per guidare le decisioni e le azioni preventive. Si tratta di buona scienza come di buon senso.

L'ingegneria genetica comporta la ricombinazione, sarebbe a dire, il ri-congiungimento del DNA in combinazioni nuove inserendosi nei genomi degli organismi per creare 'organismi geneticamente modificati', o 'GMOs' [38]. I GMOs sono innaturali non soltanto perché sono stati prodotti in laboratorio, ma perché molti possono essere creati *soltanto* in laboratorio, al contrario di quello che ha prodotto la natura nel corso di bilioni di anni di evoluzione. In questo modo è possibile introdurre nelle colture, incluse quelle alimentari, i nuovi geni e i loro prodotti, molti dei quali tramite batteri, virus ed altre specie, o anche geni creati interamente in laboratorio. Noi non ci siamo mai nutriti di questi nuovi geni né dei loro prodotti, ed essi non hanno mai fatto parte della nostra catena alimentare.

Le composizioni artificiali sono introdotte nelle cellule con metodi invasivi che risultano dall'integrazione casuale nel genoma portando effetti crescenti dall'imprevedibile al casuale, incluse gravi anomalie sia negli animali che nelle piante e, nelle coltivazioni alimentari, delle tossine e degli allergeni

ni imprevisti. In altre parole, non c'è alcuna possibilità di controllarne la qualità. Questo problema è posto dalla consistente instabilità delle strutture transgeniche, il che rende la valutazione dei rischi virtualmente impossibile.

Valutazione non-preventiva dei rischi

Molti problemi sarebbero stati identificati se gli organismi predisposti al controllo avessero preso seriamente in considerazione la valutazione dei rischi. Ma, com'è stato notato da Ho e Steinbrecher [39], ci sono stati errori fatali nella procedura di valutazione della sicurezza del cibo sin dal principio, come riportato nel rapporto congiunto FAO/WHO sulla Biotecnologia e la Sicurezza Alimentare, risultato da una consultazione di esperti a Roma dal 30 settembre al 4 ottobre del 1996, che da allora è stato preso come esempio.

Il rapporto è stato criticato per:

- Aver fatto dichiarazioni controverse a beneficio della tecnologia.
- Aver evitato di assumersi la responsabilità di trattare gli aspetti principali della sicurezza alimentare – come l'uso di coltivazioni alimentari per la produzione di prodotti chimici industriali e farmaceutici – e aver evitato di etichettare e monitorare gli alimenti.
- Aver ristretto l'ambito delle considerazioni sulla sicurezza per escludere pericoli noti, come la tossicità degli erbicidi ad ampio spettro.
- Aver dichiarato erroneamente che l'ingegneria genetica non differisce dalle coltivazioni tradizionali.
- Aver usato un principio di equivalenza sostanziale nella valutazione dei rischi, atteggiamento arbitrario e poco scientifico.
- Aver evitato d'indicare le conseguenze a lungo termine sulla salute e la sicurezza alimentare.
- Aver ignorato le prove scientifiche riguardanti i pericoli reali, specialmente quelli venuti dal trasferimento orizzontale e dalla ricombinazione del DNA transgenico.

Tutto ciò porta ad una valutazione dei rischi contro-la-prevenzione, programmata per accelerare i tempi di approvazione dei prodotti ai danni della sicurezza.

Il principio dell'equivalenza sostanziale è una presa in giro per quanto riguarda la valutazione dei rischi

Le colpe maggiori si trovano nel principio di “equivalenza sostanziale” che dovrebbe fare da spina dorsale alla valutazione dei rischi. Il rapporto asserisce:

“L'equivalenza sostanziale include il concetto che se un cibo o un componente nuovo del cibo è equivalente ad un cibo esistente o ad un suo componente, può essere trattato allo stesso modo nel rispetto della sicurezza (leggi: il cibo o i componenti del cibo possono essere considerati sicuri come il cibo tradizionale o i suoi componenti).”

Come si può capire, il principio di questa teoria è vago e scarsamente definito. Ma quello che segue chiarisce che intende essere quanto più flessibile, malleabile e aperto all'interpretazione:

“Mettere in atto l'equivalenza sostanziale non è di per sé una dichiarazione della valutazione dei rischi, ma un esercizio dinamico ed analitico nella valutazione dei rischi di nuovi prodotti alimentari in rapporto al cibo esistente. Il raffronto può essere un obiettivo da raggiungere facilmente o a lungo andare, a seconda della quantità di conoscenze a disposizione e dalla natura del cibo o dei componenti del cibo presi in considerazione. Le caratteristiche di riferimento per i raffronti sostanziali di equivalenza devono essere flessibili e cambiare nel tempo in accordo con il cambiamento dei fabbisogni dei produttori, dei consumatori e dell'esperienza.”

In altre parole, non ci sarebbero test necessari né specifici per stabilire la sostanziale equivalenza (SE). Le compagnie sarebbero libere di confrontare qualsiasi cosa risulti più rapida per dimostrare la SE, e per effettuare i test meno discriminatori che nasconderebbero differenze sostanziali.

In pratica, il principio dell'SE ha permesso alle compagnie di:

- Usare i test meno discriminatori come semplici composizioni di proteine, carboidrati e grassi, aminoacidi e metaboliti selezionati.
- Evitare di definire le peculiarità molecolari di inserto transgenico che evidenziano la stabilità genetica, i profili genetici, i profili metabolici, etc., cosa che porterebbe ad effetti indesiderati.
- Asserire che la linea transgenica é sostanzialmente equivalente alla non transgenica, eccetto per quanto riguarda il prodotto transgenico, ed effettuare valutazioni del rischio soltanto sui prodotti transgenici, ossia, ancora una volta, ignorare ogni cambiamento indesiderato.
- Evitare di raffrontare la linea transgenica alla sua parente non-transgenica cresciuta nelle stesse condizioni ambientali.
- Raffrontare la linea transgenica con qualsiasi varietà delle specie, anche con un'entità astratta fatta di un composto con caratteristiche delle varietà di tutte le specie, in modo che la linea transgenica possa essere rapportata alle peggiori caratteristiche di ogni varietà ed essere sempre considerata sostanzialmente equivalente.
- Raffrontare componenti diversi di una linea transgenica con specie diverse, come nel caso della colza transgenica modificata per produrre acido laurico. Ma altri componenti grassi acidi sono Generalmente Riconosciuti Sicuri (GRAS) quando vengono valutati individualmente, perché presenti a livelli simili in altri olii consumati di norma.”

Non c'è da stupirsi che il rapporto vada avanti asserendo:

“Fino ad oggi, e probabilmente per il futuro prossimo, sono stati esigui o nulli gli esempi di cibo o componenti del cibo prodotti usando modificazione genetica che potrebbero essere considerati sostanzialmente non equivalenti al cibo preesistente o ai suoi componenti.”

L'instabilità transgenica rende ancor più ridicolo l'ordinamento basato su questo principio di SE. Un rapporto presentato un anno prima ad un seminario del WHO [40] asseriva: “La difficoltà principale associata all'assetto della sicurezza biologica delle colture transgeniche è la natura impre-

vedibile della trasformazione. L'imprevedibilità aumenta la preoccupazione che le piante transgeniche si comporteranno in maniera contraddittoria quando saranno messe in commercio.”

Di conseguenza, le patate transgeniche nei processi delle coltivazioni nei campi: “hanno mostrato evidenti deformità nella morfologia dei germogli e negli esigui raccolti di tuberi con basso numero di prodotti piccoli e malformati” ma, nonostante tutto, il risultato dei test non ha mostrato: “virtualmente nessun cambiamento nella qualità dei tuberi” ed è pertanto stato considerato “sostanzialmente equivalente”.

Pertanto, al contrario di quanto ci si è ampiamente lamentati, il cibo GM non ha mai superato alcun test richiesto che avrebbe potuto stabilirne la sicurezza. La Food and Drug Administration (FDA) negli Stati Uniti ha deciso già nel 1992 che l'ingegneria genetica era solo un'estensione delle colture tradizionali e che pertanto i controlli di sicurezza non erano necessari. Nonostante il fatto che la prima coltura transgenica, il pomodoro Flavr Savr, abbia dovuto sottoporsi ad una valutazione dei rischi specifici (che non ha superato, vedi in seguito), tutte le colture successive sono state analizzate in base ad una procedura volontaria.

Belinda Martineau, la scienziata che ha diretto le ricerche sulla sicurezza del pomodoro Flavr Savr presso la compagnia Calgene, ha pubblicato un libro [41] in cui asseriva che “Il pomodoro Calgene non dovrebbe essere preso come punto di riferimento per le norme di sicurezza di questa nuova industria. E nessun altro prodotto geneticamente modificato dovrebbe esserlo.” La scienziata critica duramente la mancanza di dati sulle colture transgeniche riguardanti l'impatto sull'ambiente e sulla salute. “E il semplice dichiarare che ‘questo cibo è sicuro e non è stato provato scientificamente il contrario’ non è la stessa cosa che dire ‘sono stati condotti degli studi approfonditi ed ecco i risultati’”.

La US National Academy of Sciences (NAS) nel febbraio del 2002 ha prodotto un rapporto che critica l'USDA per l'inadeguatezza a proteggere l'ambiente dai rischi correlati alla coltivazione delle piante GM [42]. È sta-

to detto che il rapporto dell'USDA mette sotto accusa la mancanza di prove scientifiche che comunque non vengono applicate in maniera uniforme; che la valutazione dei rischi ambientali, particolarmente nelle piante geneticamente modificate per essere resistenti ai parassiti, è “generalmente superficiale”, e che il processo “ostacola un’analisi esterna e trasparente”, ritenendo confidenziali le valutazioni ambientali come se si trattasse di segreti commerciali. Il rapporto richiede all'USDA di rendere i suoi processi valutativi “decisamente più trasparenti e rigorosi”, di fare valutare le sue scoperte da un comitato di esperti esterni e di sollecitare una maggiore partecipazione del pubblico.

Ovviamente ci sono pochissimi studi indipendenti dedicati alla sicurezza delle colture GM per la salute e l'ambiente. Nonostante tutto, sono state raccolte prove sufficienti per riscontrare che le colture GM non sono sicure. Siamo decisamente nel primo periodo di allerta in cui il senso comune o l'applicazione di principi cautelativi possono ancora prevenire e minimizzare i disastri che probabilmente si verificheranno a lungo termine [43].

Quattro

TEST DI SICUREZZA SUL CIBO GM

La mancanza di dati pubblicati

C'è una netta scarsità di documenti di rilievo a proposito della sicurezza del cibo GM. E non solo: la qualità scientifica di quanto è stato pubblicato, nella maggior parte dei casi non raggiunge gli standard rispettati dalla ricerca.

Rispondendo alla recente indagine del Parlamento scozzese sugli effetti che le coltivazioni GM hanno sulla salute [44] Stanley Ewen, istopatologista al Grampian University Hospital Trust e leader del Colorectal Cancer Screening Pilot nella Grampian Region, ha tirato le somme esponendo la situazione: “È deprecabile che siano stati resi di pubblico dominio nelle pubblicazioni scientifiche così pochi test sugli animali in relazione al cibo GM. Ne consegue che non è nemmeno stato provato che il cibo GM non sia a rischio e, ovviamente, i risultati degli esperimenti scientifici disponibili sono preoccupanti.”

I risultati di due ricerche precedenti al 1999 hanno rivelato gli effetti nocivi degli animali nutriti con cibo GM. Il primo era un rapporto sottoposto alla FDA statunitense riguardante i pomodori GM Flavr Savr con i quali sono stati nutriti dei ratti. Molti dei ratti hanno sviluppato erosioni dello stomaco (in principio ulcere) simili a quelle trovate nello stomaco di esseri umani anziani curati con aspirina o medicinali analoghi. Negli esseri umani un'emorragia che mette in pericolo di vita può essere procurata da queste prime ulcere. Il secondo rapporto, pubblicato su una rivista scientifica specializzata, riguardava la nutrizione di topi di pochi mesi con patate grezze GM. I risultati hanno decretato una crescita anomala del basso intestino tenue.

Lo studio di Pusztai e del suo gruppo di lavoro

Non erano ancora stati fatti degli studi approfonditi sugli effetti che gli OGM hanno sulla salute fino a che lo Scottish Office of Agriculture, Envi-

ronment and Fisheries Department (SOAEFD) ha fondato il progetto con a capo Arpad Pusztai del Rowett Institute per fare un'indagine approfondita sui rischi per la salute causati dalle patate GM che sono state trasformate dagli scienziati inglesi usando un gene preso ai bulbi del bucaneve [46]. Gli studi hanno mostrato che le due linee transgeniche di patate GM provenienti dallo stesso esperimento di trasformazione ed entrambe resistenti ai parassiti dell'apide, in sostanza non avevano una composizione equivalente né fra di loro, né rispetto alle patate della stessa famiglia. Il concetto di "equivalenza sostanziale" sul quale poggia la valutazione dei rischi, definito male e in modo poco scientifico, è stato criticato a partire dalla sua formulazione (vedi sotto). Di certo, è sopravvissuto alla sua inefficacia.

Risultati ancor più eclatanti hanno mostrato che le diete contenenti patate GM di cui sono stati nutriti giovani ratti, in alcuni casi hanno interferito con la crescita dei loro organi vitali provocando cambiamenti nella struttura e nella funzione dell'intestino e riducendo la loro risposta immunitaria agli attacchi antigenici. Da allora, sono stati resi noti alcuni dei risultati [47-51]. L'ultimo rapporto esaudiente a riguardo, fatto sui test di sicurezza del cibo GM [51], comprende esperimenti non pubblicati sulle patate GM sottoposte alla FDA di cui si è parlato in precedenza.

Le scoperte di Pusztai e dei suoi colleghi sono state attaccate da molti celebri esperti dell'ambito scientifico, ma questi non sono mai stati smentiti rifacendo i test e pubblicandone i risultati sulle riviste specializzate. È stato chiaramente dimostrato (ed è un punto di vista condiviso anche da altri scienziati), che è possibile fare degli studi tossicologici e che è necessario testare la sicurezza degli alimenti GM a breve e lungo termine studiando il metabolismo e la risposta immunitaria di animali giovani, giacché sono più vulnerabili e mostrano maggiori risposte allo stress nutrizionale e metabolico che intacca il loro sviluppo.

Le analisi statistiche a più variabili dei risultati condotte indipendentemente dallo Scottish Agricultural Statistics Service, hanno mostrato che gli effetti potenzialmente più dannosi sulle patate GM erano causati solo in

parte dalla presenza del transgene lectino del bucaneve, e che il metodo di trasformazione genetica e/o i disturbi del genoma delle patate hanno contribuito in maniera decisiva ai cambiamenti osservati. I rapporti di Ewen e Pusztai, pubblicati in *The Lancet* [48], hanno sollevato polemiche, e sembra che fino ad oggi siano stati numerosi i tentativi della Royal Society di screditare Pusztai.

Ewen e Pusztai hanno misurato la parte dell'intestino tenue che produce le cellule nuove ed hanno trovato che la lunghezza del compartimento delle cellule nuove è aumentata significativamente nei ratti nutriti col cibo GM, ma non nei ratti nutriti con patate non-GM. L'aumento nella produzione di cellule era dovuta all'effetto sulla crescita indotto dalla modificazione genetica delle patate (i fattori di crescita sono proteine che incoraggiano la crescita e la moltiplicazione delle cellule che, se fuori controllo, portano il cancro). Effetti analoghi sono stati osservati nello stomaco [51].

Le analisi statistiche hanno rivelato in seguito che l'effetto sulla crescita non era dovuto alla suddetta proteina transgenica, la lectina del bucaneve, ma all'effetto del costrutto del gene inserito nel DNA del genoma della patata. In altre parole, le inserzioni di lectina del bucaneve nelle patate non-GM non hanno avuto il medesimo risultato. Il costrutto non solo include il gene nuovo, ma anche dei geni marcatori e un potente attivatore del virus del mosaico del cavolfiore (CaMV) che è al centro di un importante dibattito riguardante la sua sicurezza (vedi in seguito).

Ewen [44] ha evidenziato che, nonostante l'intero virus, non intaccato, sia inoffensivo, visto che abbiamo mangiato per millenni variegati tipi di cavolfiore, "L'uso di parti separate infettate dal virus non è stato testato sugli animali."

Altri possibili effetti indesiderati possono comprendere la risposta del fegato umano al virus dell'epatite, poiché il virus del mosaico del cavolfiore e quello dell'epatite B appartengono alla stessa famiglia di pararetrovirus, con genomi simili ed un ciclo vitale distinto.

Questo ed altri pericoli potenziali del promotore del CaMV saranno trattati in dettaglio in seguito.

Cinque

PERICOLI DEL TRANSGENICO

Le tossine Bt

La domanda più ovvia sulla salvezza riguarda il transgenico e i suoi prodotti inseriti nelle colture GM, poiché sono nuovi per l'ecosistema e per la catena alimentare umana ed animale. Le tossine Bt del *Bacillus thuringiensis*, incorporate nelle colture alimentari e non, fanno parte del 25% dei raccolti mondiali. È provato che sono nocive per i topi e le farfalle e che si ricollegano alla catena alimentare [27]. Le tossine Bt agiscono anche contro gli insetti delle specie coleotteri (scarafaggi, curculioni e stilofidi) contenenti 28600 specie, molte più di qualsiasi altro ordine. Le piante Bt diffondono le tossine tramite le radici nel terreno, che hanno ampi impatti potenziali sull'ecologia e sulla fertilità del terreno.

Le tossine Bt possono provocare allergie anche potenziali sugli esseri umani. Alcuni studiosi del campo esposti alla contaminazione del Bt hanno riscontrato reazioni cutanee allergiche ed hanno prodotto degli anticorpi IgE e IgG. Una squadra di scienziati ci hanno messi in guardia contro la diffusione di colture GM per uso umano: hanno dimostrato che la protoxina Cry1Ac ricombinata dal Bt è un potente immunogeno mucosale, al pari della tossina del colera [27]. Una sollecitazione del Bt che ha causato serie necrosi nell'uomo, ha ucciso topi nel giro di 8 ore per sindrome da shock tossico clinico [53]. Sia la proteina Bt che la patata Bt sono state nocive per i topi negli esperimenti col cibo, danneggiando l'ileo (parte dell'intestino tenue) [45]. Nei topi è stata riscontrata mitocondria con segni di degenerazione e distruzione dei microvilli (proiezioni microscopiche sulla superficie della cellula) sulla facciata interna dello stomaco.

Dal momento che il Bt *Bacillus thuringiensis* e il *Bacillus anthracis* (specie di antrace usata per le armi biologiche) sono strettamente connessi fra di loro e con un terzo batterio (il *Bacillus cereus*, un batterio comune della

terra che causa avvelenamento da cibo), essi possono scambiare plasmidi (molecole circolari del DNA con origine genetica replicante che permette la riproduzione indipendente dal cromosoma) portando i geni delle tossine [54]. Se l'antrace B assimilasse i geni Bt dalle colture Bt per trasferimento orizzontale dei geni (vedi in seguito), potrebbe attivare nuove sorgenti di antrace B con proprietà imprevedibili.

Le colture 'Farmaceutiche'

Le piante alimentari sono sempre più spesso utilizzate per produrre sostanze farmaceutiche e medicinali[55-62], tra cui: le citochine, note per agire da soppressori del sistema immunitario e associate a tossicità e disturbi del sistema nervoso centrale; l'interferone alfa, che si ritiene possa causare demenza, neurotossicità ed effetti collaterali sia sull'umore che sui processi cognitivi; vaccini con sequenze virali, ad esempio il gene per una proteina del coronavirus del maiale, appartenente alla stessa famiglia del virus della SARS che ha causato la recente epidemia[63, 64]. Il gene gp120 per una glicoproteina del virus Hiv-1 dell'AIDS, incorporato nel mais geneticamente modificato per ottenere un vaccino commestibile ed economico, potrebbe diventare un'altra bomba biologica a orologeria, giacché può interferire con il sistema immunitario e ricombinare con virus e batteri già presenti nell'ospite, dando origine a nuovi, imprevedibili agenti patogeni[65-68].

DNA batterico e virale

Il DNA dei batteri e dei loro virus, che causa una alta frequenza del CpG dinucleotide [24], è una fonte di pericolo finora trascurata nelle colture GM (ma non nella terapia genetica, in cui è riconosciuta come qualcosa da

evitare). Questi motivi CpG sono immunogenici e possono provocare infiammazioni, artrite settica e linfoma della cellula B e favorire una malattia autoimmunitaria [69-73]. Pertanto, molti geni introdotti nelle colture GM vengono dai batteri e dai loro virus, i quali fra l'altro causano ulteriori rischi (vedi sotto).

Sei

LE COLTURE TERMINATOR DIFFONDONO LA STERILITÀ MASCHILE

Geni ‘Suicidi’ per la sterilità

Per evitare noiose discussioni semantiche, qui ci si riferisce alle colture terminator come a qualsiasi coltura transgenica modificata con un gene suicida per la sterilità maschile, femminile o del seme, con lo scopo di impedire agli agricoltori di salvare e ripiantare i semi o di proteggerne le caratteristiche brevettate.

Inizialmente la gente è entrata in contatto con la tecnologia terminator tramite il deposito di un brevetto delle compagnie USDA, Delta e Pine Land. Ci sono state moltissime proteste nel mondo e Monsanto, che ha acquisito i diritti di utilizzare il brevetto della Delta e della Pine Land, ha deciso di non commercializzare le colture terminator descritte in *quella specifica licenza*. Comunque, come si sono resi conto Ho e Cummins, ci sono molti altri modi di provocare la sterilità, ognuno dei quali è soggetto ad un brevetto separato.

È emerso che le colture terminator sono state testate nei campi in Europa, Canada ed USA dai primi anni ‘90, e molte erano state già diffuse commercialmente in Nord America [74]. Le due varietà di colza GM primaverile ed invernale, elementi principali per le valutazioni delle colture in Gran Bretagna, sono modificate geneticamente per ottenere la sterilità maschile.

La colza GM è una coltura terminator

Il sistema di sterilizzazione maschile in queste colze GM è composto di tre linee. La *linea sterile maschile* è mantenuta in uno stato emizigote, sarebbe a dire, con una sola copia del gene suicida, la *barnase*, unita al gene che tollera il glufosinato.

Il gene *barnase* è guidato da un promotore (l'interruttore del gene) che è attivo solo nell'antera o nella parte maschile del fiore. L'espressione del gene *barnase* nell'antera innalza il *barnase* delle proteine, un RNase (enzima che rompe l'RNA), un potente veleno cellulare. La cellula muore e ferma lo sviluppo dell'antera, cosicché non viene prodotto alcun polline. Questa linea di sterilizzazione maschile è perpetrata nello stato emizigote incrociando una varietà non-GM e usando il l'ammonio glufosinato per uccidere metà delle piante della generazione sopravvissuta che non ha integrato una copia del transgene *H-banase*.

La *linea di restaurazione maschile* è omozigotica (con due copie di gene suicida) poiché anche il gene che riporta la sterilità, il *barstar*, è unito al gene che tollera il glufosinato. Anche il gene *barstar* è tenuto sotto controllo dal promotore speciale attivo nell'antera. La sua espressione genera la proteina *barstar*, un inibitore specifico del *barnase* che neutralizza l'attività di quest'ultimo.

Incrociando la linea sterile e quella di restaurazione maschili si produce l'*ibrido F1* nel quale il *barnase* è neutralizzato dal *barstar*, permettendo la ripresa dello sviluppo dell'antera che ricomincia a produrre il polline. È dimostrato che l'ibrido F1 diffonde nel polline il gene che tollera gli erbicidi e il gene suicida per la sterilità maschile con impatti potenzialmente devastanti sull'agricoltura e sulla diversità biologica. La diffusione di tali piante come metodo per contenere o prevenire la diffusione dei transgeni è una beffa del governo inglese e di quello statunitense. Lo scopo reale di questo tipo di tecnologia terminator è di proteggere i brevetti delle aziende.

Sette

PERICOLI DEGLI ERBICIDI

Profitti degli erbicidi

Oltre il 75% delle colture GM prodotte in tutto il mondo sono modificate per essere tolleranti agli erbicidi ad ampio spettro manufatturati dalle stesse compagnie che hanno ottenuto la maggior parte dei loro profitti dalla vendita degli erbicidi. Questi erbicidi ad ampio spettro, non solo uccidono indiscriminatamente le piante, ma sono anche pericolosi per quasi tutte le specie di animali selvatici e per gli esseri umani.

L'ammonio glufosinato

L'ammonio glufosinato o fosfinotricina, è collegato a tossicità neurologiche, respiratorie, gastrointestinali ed ematologiche, come pure a malformazioni negli esseri umani e nei mammiferi [75]. È tossico per le farfalle e per una certa quantità di insetti benefici, ed anche per le larve dei molluschi e delle ostriche, per la *dafnia* e per alcuni pesci d'acqua dolce, specialmente la trota iridea. Inoltre, inibisce i batteri e i funghi benefici del suolo che fissano l'azoto. La mancanza di insetti e piante avrebbe un effetto catastrofico sugli uccelli e sulla vita degli animali di piccole dimensioni. In più, è stato riscontrato che alcuni patogeni delle piante sono molto resistenti al glufosinato, mentre gli organismi antagonisti a tali patogeni ne sono gravemente colpiti in maniera negativa. Ciò può avere impatti catastrofici sull'agricoltura.

Le piante tolleranti il glufosinato contengono il gene *pat* (transferasi acetile della fosfinotricina), che annienta l'attività della fosfinotricina aggiungendovi un acido del gruppo acetile per fare l'acetilfosfinotricina. Quest'ultima si accumula nelle piante GM, ed è un metabolite del tutto

nuovo per la coltura (così come per l'intera catena alimentare che risale agli esseri umani) di cui non sono stati considerati i rischi.

I dati forniti dall'AgrEvo, divenuta in seguito l'Aventis ed ora la Bayer CropScience, mostrano che i micro-organismi nell'intestino degli animali di sangue caldo possono rimuovere il gruppo acetile e rigenerare l'erbicida tossico. La fosfinotricina inibisce la sintesi dell'enzima sintetasi che converte l'aminoacido essenziale, l'acido glutammico, in glutammina.

Il risultato evidente dell'azione del glufosinato è che l'ammoniaca e il glutammato si accumulano a spese della glutammina. Ed è l'accumulazione dell'ammoniaca ad avere un'azione letale nelle piante.

Nei mammiferi, le conseguenze dell'inibizione della sintesi della glutammina sono associate principalmente a un aumento dei livelli del glutammato e una diminuzione dei livelli della glutammina. L'ammoniaca in circolo viene rimossa nel fegato dal ciclo dell'urea. Comunque, il cervello è molto sensibile agli effetti tossici dell'ammoniaca e la rimozione dell'ammoniaca in eccesso è condizionata dalla sua inclusione nella glutammina. Il glutammato è un fondamentale neurotrasmettitore, e questo grosso disturbo causato al suo metabolismo è legato a conseguenze sulla salute.

Questi effetti noti sono sufficienti a bloccare immediatamente tutti gli esperimenti sulle colture GM, fino a che non sia data risposta alle principali domande sul metabolismo, sull'assimilazione e la riconversione dell'acetilfosfinotricina-N in tutti i prodotti contenenti il gene-*pat*.

Il glifosato

L'altro principale erbicida adoperato legato alle colture GM, il glifosato, non è certo meno pericoloso [76].

Il glifosato uccide le piante inibendone l'enzima, il 5-enolpyruvylshikimate-3-fosfato synthetase (EPSPS), essenziale per la biosintesi degli ami-

noacidi aromatici come la fenilalanina, la tirosina e la triptopan, le vitamine, e molti altri metaboliti secondari come i folati, gli ubiquinoni e i naptokinoni [77]. Il percorso dell'enzima shikimate ha luogo nel cloroplasto delle piante verdi. Perché l'erbicida abbia un'azione killer, le piante devono essere state cresciute ed esposte alla luce. Le coltivazioni GM, modificate per essere tolleranti alla formulazione del glifosato di Monsanto chiamata Roundup Ready, subiscono l'inserzione di due geni principali: un gene dà loro ridotta sensibilità al glifosato e l'altro fa loro degradare il glifosato. L'espressione di entrambi i geni è diretta ai cloroplasti, sedi dell'attività erbicida con l'aggiunta di sequenze decodificate da un derivato della pianta 'peptide di transito'. Il primo gene decodifica una versione derivata dal batterio dell'enzima della pianta coinvolta nel percorso biologico dello shikimate. A differenza dell'enzima della pianta, sensibile al glifosato, che ha come effetto l'arresto della crescita o la morte della pianta, l'enzima batterico è insensibile al glifosato. Il secondo gene, batterico anche questo, codifica un enzima che degrada il glifosato, e la sua sequenza cifrata è stata alterata per aumentare tale risultato.

Il percorso dello shikimate-chorismate non è stato trovato negli esseri umani e nei mammiferi, e rappresenta pertanto un obiettivo nuovo, nonostante sia presente in una varietà di micro-organismi. Comunque il glifosato agisce prevenendo il fissaggio del metabolite, il fosfoenolpiruvato (PEP) nella sede dell'enzima. Il PEP è un metabolite centrale presente in tutti gli organismi, compreso quello umano. Il glifosato perciò, ha il potenziale di distruggere molti importanti sistemi di enzimi che utilizzano il PEP, inclusa l'energia del metabolismo e la sintesi delle membrane chiave di lipidi richiesta dalle cellule nervose.

Il glifosato è la causa più frequente di avvelenamento e di denunce in Gran Bretagna. I tentativi di suicidio hanno avuto successo con appena 100 millilitri di una soluzione dal 10 al 20%. Sono stati rilevati disturbi in estese parti del corpo dopo normali livelli di esposizione. I disturbi includono per-

dita di equilibrio, vertigini, ridotta capacità cognitiva, disturbi della vista, dell'olfatto, dell'udito e del gusto, mal di testa, calo di pressione, difficoltà psicomotorie, tic, paralisi muscolare, neuropatia periferica, perdita di peso e abilità motorie, sudorazione eccessiva ed estremo affaticamento [80].

Uno studio epidemiologico realizzato nelle fattorie in Ontario ha dimostrato che l'esposizione al glifosato ha quasi raddoppiato il rischio di tardo aborto spontaneo [81]. Nei bambini nati da abituali consumatori di glifosato sono stati trovati frequenti disturbi comportamentali [82]. Il glifosato ha ritardato lo sviluppo dello scheletro fetale nei ratti da laboratorio [83].

Altri studi ed esperimenti sugli animali mostrano che il glifosato inibisce la sintesi degli steroidi [84], ed è genotossico per i mammiferi [85, 86], i pesci [87, 88] e le rane [89, 90]. L'esposizione dei lombrichi ha causato almeno il 50% della mortalità e rilevanti danni intestinali fra i lombrichi sopravvissuti [91]. Un documento recente ha indicato che il Roundup ha causato la disfunzione della divisione delle cellule, fattore che può essere legato alla comparsa del cancro [92].

Come abbiamo visto nel punto 76, il simbionte che fissa l'azoto nella soia, che sia transgenica o meno, è sensibile al glifosato e l'applicazione immediata di glifosato ha portato alla riduzione della biomassa e dell'azoto nelle colture. L'applicazione del glifosato a temperature elevate (intorno ai 35°C) nella soia Roundup Ready è risultata dannosa per il meristema in conseguenza all'aumentato apporto di erbicida al suo interno.

L'applicazione del glifosato nell'ordinario controllo delle erbacce, ha portato alla loro distruzione e all'estinzione locale di specie di piante in pericolo d'estinzione. Nell'ecosistema forestale esso riduce i briofiti e i licheni in modo significativo.

Il trattamento dei glifosati delle sementi del fagiolo ha portato all'aumento a breve termine di patogeni sul suolo trattato.

L'applicazione del glifosato per contollare specie invasive ha portato ad effetti collaterali inaspettati. Dopo aver spruzzato l'erbicida, i sedimenti

sono scesi all'88%, mentre fra le piante perenni l'erbicida è aumentato del 59,1%, depositandosi nei rizomi. Il glifosato si insedia nel suolo e nelle acque freatiche, ed è stato trovato in acque dei pozzi adiacenti alle aree irrorate con l'erbicida.

Una gran quantità di studi scientifici pubblicati indicano che l'enorme aumento nell'uso del glifosato nelle colture GM, sottopone a grave rischio la salute umana ed animale, come pure l'ambiente.

Otto

IL TRASFERIMENTO ORIZZONTALE DEL GENE

Trasferimento orizzontale del gene ed epidemie

Il trasferimento orizzontale dei geni, ossia il trasferimento diretto del materiale genetico nei genomi degli organismi, che sia fatto su individui della stessa specie o meno, è il problema più grave e singolare dell'energia genetica [93].

Dall'11 settembre del 2001, il mondo è stato portato all'esasperazione dagli attacchi terroristici e dalle armi di distruzione di massa. I governi vogliono impedire la pubblicazione di materiale scientifico di rilievo, e con loro anche un autorevole gruppo di editori e di autori scientifici. Alcuni scienziati hanno persino suggerito di creare un organismo internazionale che regoli la ricerca e le pubblicazioni [65].

Ma in pochi si sono resi conto che l'ingegneria genetica ha una pericolosità intrinseca, come è stato indicato per la prima volta dai pionieri del campo nella Dichiarazione Asilomar sancita a metà degli anni '70, e come è stato indicato da alcuni di noi, più di recente, sottolineando il rapporto fra il pubblico e le autorità competenti [94, 95].

Ma è stato il rapporto del gennaio 2001 a catalizzare l'attenzione dei media sul fatto che in Australia è stato creato 'per sbaglio' un virus mortale che ha ucciso i topi nel corso della manipolazione di un virus innocuo. "Una sperimentazione disastrosa: un virus testato sui topi ci lascia a un passo dalla creazione della più grande arma biologica", era il titolo dell'articolo sul *New Scientist*. L'editoriale è stato anche meno tenero: "Il genio è uscito dalla lampada: la biotecnologia ci ha appena fatto una brutta sorpresa. La prossima volta potrebbe essere una catastrofe." Questo, e l'attuale epidemia della SARS, ci ricorda che il trasferimento orizzontale dei geni e la loro ricombinazione crea dei virus e dei batteri nuovi che provocano malattie e, dove agisce l'ingegneria genetica, aumenta la sfera d'azione e la tendenza al trasferimento orizzontale e alla ricombinazione dei geni.

L'ingegneria genetica aumenta la sfera d'azione e la tendenza al trasferimento orizzontale dei geni

In primo luogo, l'ingegneria genetica coinvolge la ricombinazione sfrenata di materiale genetico di provenienza molto varia che altrimenti avrebbe esigue possibilità di mescolarsi e ricombinarsi in natura. Alcune tecniche nuove, come ad esempio il "rimescolamento del DNA" [96, 97] nel giro di pochi minuti può creare milioni di ricombinazioni genetiche mai esistite in bilioni di anni d'evoluzione. In tal modo, le possibilità di ricombinazione del DNA sono illimitate.

In secondo luogo, i virus che causano malattie, i batteri e il loro materiale genetico, sono i materiali e gli strumenti predominanti in ingegneria genetica, così come nella creazione intenzionale di armi biologiche. Ciò include geni resistenti agli antibiotici che rendono le infezioni più difficili da curare.

In conclusione, i composti artificiali creati dall'ingegneria genetica sono ideati per attraversare le barriere delle varie specie ed inserirsi nei genomi, sarebbe a dire, per aumentare e velocizzare il trasferimento e la ricombinazione orizzontale dei geni che ormai conosciamo come causa principale dell'insorgere di nuovi agenti patogeni, addirittura più rilevante delle mutazioni che cambiano strutture isolate di DNA.

A questo si aggiunge l'instabilità del transgenico menzionata in precedenza che aumenta la possibilità del DNA di rompersi e ricombinarsi, e iniziamo a realizzare che è inutile temere i bio-terroristi, visto che già abbiamo i bio-ingegneri.

Nove

IL PROMOTORE CAMV 35S

Il punto caldo di ricombinazione

Alcuni composti transgenici sono più instabili di altri, come quelli contenenti il promotore del virus del mosaico del cavolfiore (CaMV) 35S. Il CaMV infetta le piante della famiglia del cavolfiore. Uno dei suoi promotori, il 35S, è stato molto usato nelle colture GM sin dalle prime manipolazioni genetiche delle piante, prima che venissero scoperte le sue preoccupanti caratteristiche, la peggiore delle quali è il suo *punto caldo di ricombinazione*, dove il DNA tende a ricombinarsi, nonostante la prova schiacciante di questo sia venuta fuori solo in seguito. Dall'inizio degli anni '90 sono sorti grossi dubbi riguardo la sicurezza dei geni virali incorporati nelle colture GM per renderle resistenti agli attacchi dei virus. Molti geni virali sono stati portati a ricombinarsi con altri virus per generare nuovi virus, talvolta super-contagiosi.

Nel 1999, la prova schiacciante di una ricombinazione esemplare del promotore CaMV 35S è venuta fuori dal lavoro pubblicato indipendentemente da due gruppi di ricerca. Tale prova è stata molto significativa in vista delle scoperte di Ewen e Pusztai di cui abbiamo parlato in precedenza, giacché ha indicato che il danno inferto ai giovani topi nutriti con patate GM può essere dovuto allo stesso processo di trasformazione o al composto transgenico.

Ho *et al.* hanno riesaminato gli effetti che il promotore del CaMV 35S ha sulla sicurezza, evidenziando che il suo *punto caldo di ricombinazione*, simile ad altri, è affiancato da numerosi motifs notoriamente coinvolti nella ricombinazione che si trovano ai margini del vettore dell'*Agrobacterio T-DNA* usato quasi sempre per creare piante transgeniche. Il meccanismo sospettato di ricombinazione – rotture e ricostruzioni di DNA a doppio filamento richiedono piccole o inesistenti omologie della sequenza di DNA,

ed è stata ampiamente dimostrata la ricombinazione fra i transgeni virali e i virus infettanti. In più, il promotore del CaMV 35S funziona in modo efficiente con tutte le piante, come pure con le alghe verdi, il lievito e l'*E. coli*. Esso ha una struttura modulare con parti comuni e intercambiabili con i promotori di molti altri virus delle piante e degli animali. Tali scoperte hanno rivelato che i composti transgenici col promotore CaMV 35S possono essere particolarmente instabili e favorire il trasferimento orizzontale dei geni e la loro ricombinazione con tutti i rischi del caso: mutazioni genetiche dovute a inserzione casuale, cancro, riattivazione di virus latenti e generazione di nuovi virus, alcuni dei quali possono spiegare le osservazioni descritte da Ewen e Pusztai [44, 46, 48, 51].

Quando la relazione di *et al.* [98] è stata accettata per essere pubblicata, la rivista, *Microbial Ecology in Health and Disease*, ha messo sul suo sito internet un comunicato della stampa, intitolandolo 'argomento scottante'. Nel giro di 24 ore, pare che un tipo chiamato Klaus Amman abbia trovato in risposta almeno nove critiche che hanno avuto risonanza su internet, dall'offensivo al condiscendente al relativamente moderato. In seguito è venuto fuori che Klaus Amman è un personaggio chiave per stabilire gli standard della sicurezza biologica sulla scena internazionale (o, sarebbe meglio dire, per scardinarli), e tiene molte rubriche nelle organizzazioni sovvenzionate dall'industria biotecnologica. Ho *et al.* hanno risposto ai critici in un rapporto circolato in rete che è stato pubblicato successivamente sulla stessa rivista scientifica. Ad oggi, i critici non hanno saputo dare risposte.

Sortunatamente, le critiche più assurde ed oltraggiose sono state incorporate in una 'analisi' scritta da un editore di *Nature biotechnology dal titolo* 'business and regulatory news' [99]. Tale analisi, interamente frutto di dicerie ed opinioni, conteneva affermazioni talmente diffamatorie e caluniose, che la rivista è stata costretta a dare diritto di replica ad Ho *et al.* La risposta è stata pubblicata diversi mesi dopo, insieme alle scuse dell'editore che dichiarava di avere sbagliato a non pubblicare la difesa, ma che in realtà

li stava ancora accusando. Questa volta *Nature biotechnology* si rifiutò di lasciarli replicare.

I più noti critici scientifici alla fine scrissero sulla rivista dove era apparso il primo articolo, coadiuvati da Roge Hull e Phil Dale, un membro della Uk Advisory Committee on Novel Foods and Processes (ACNFP) [101]. Le loro critiche principali vengono riassunte nel seguente.

Primo, la gente ha mangiato il virus tramite cavoli infetti e cavolfiori per molti anni senza effetti collaterali, per cui, perché dovrebbero preoccuparsi del promotore CaMV? Secondo, le piante sono già cariche di sequenze para-retrovirali non dissimili da quelle del CaMV, per cui perché dovrebbero esserci dei rischi?

La critica è stata rifiutata sistematicamente in un articolo più lungo dell'originale apparso sulla stessa rivista poco dopo [102], al quale non è seguita risposta. Stando ai fatti, i critici fecero attenzione a non menzionare il rifiuto.

È stato messo in evidenza che, fra l'altro, la gente *non* ha mangiato il promotore CaMV 35S tolto al suo naturale contesto genetico ed evolutivo per essere incorporato nel DNA transgenico.

Il fatto che le piante siano 'cariche' di sequenze pararetrovirali simili al CaMV e ad altri elementi potenzialmente instabili non può far altro che peggiorare le cose. I pararetrovirus usano una trascrizione inversa che non ha bisogno dell'integrazione nel genoma ospitante per replicarsi. I pararetrovirus fanno parte di una famiglia che contiene il patogeno umano, il virus dell'epatite B. Il promotore del CaMV 35S potrebbe attivare i virus latenti come l'epatite B, che integra nel genoma umano, e che è l'agente eziologico alla malattia.

La maggior parte, se non tutti gli elementi integrati al genoma, sarebbero stati 'addomesticati' nel corso dell'evoluzione, e quindi non sono più mobili. Ma, l'integrazione di costrutti transgenici contenenti il promotore 35S può destabilizzare gli elementi. Gli elementi per contro possono for-

nire funzioni ausiliarie per destabilizzare il DNA transgenico, e possono anche fare da sostrati per la ricombinazione e generare altri elementi invasivi estranei.

Da allora sono emerse prove che l'integrazione di geni estranei nel genoma associate alla modificazione genetica può naturalmente attivare sequenze di trasposoni pro-virali portando alla destabilizzazione del genoma. [103]. Perciò, Ho *et al.* non erano lontani dalla verità.

Nel corso del dibattito con i critici, Ho e i suoi colleghi hanno trovato delle prove ancor più convincenti [104]. È venuto fuori che, nonostante il virus CaMV infetti solo piante appartenenti alla famiglia del cavolo, il promotore 35S è attivo in modo promiscuo in varie specie in tutto il mondo, non solo i batteri, le alghe, i funghi, le piante, ma anche nelle cellule umane e animali, come è stato scoperto in una relazione scientifica del 1990. I genetisti che hanno incluso il promoter CaMV 35S praticamente in tutte le colture GM oggi diffuse a livello commerciale pareva fossero all'oscuro di questo, e tuttora non lo ammettono pubblicamente.

La UK Advisory Committee on Releases to the Environment (ACRE) non ha scuse per aver omesso delle informazioni sul suo ultimo rapporto [105] ripetendo che non c'è "nessuna prova di pericolo", dal momento che Ho ha puntato l'attenzione su questo molte volte, sia con relazioni scritte che con discorsi pubblici. In segreto comunque il promotore CaMV 35S è stato ritirato. Non appare più nella maggior parte delle colture Gm in via di sviluppo.

È quindi seguita la controversia riguardante la contaminazione transgenica delle terre messicane non riguarda l'avvenuta contaminazione quanto la possibilità che, a causa della loro instabilità i composti transgenici, potrebbero, secondo la critica [106] "fammentarsi e spargersi attraverso i genomi in modo promiscuo". Tutti i composti di mais transgenico che possono essere stati responsabili della contaminazione contengono il promotore del CaMV 35S, che è il motivo per cui il promoter può essere usato per testare la contaminazione transgenica. È noto che tali frammentazioni e di-

spersioni di DNA instabile attraverso il genoma, attivano i promotori dei virus e i transposoni (vedi sopra), causando riadattamenti del DNA, cancellazioni, traslocamenti ed altri disturbi in grado di destabilizzare i genomi dei landraces, portando le varietà locali all'estinzione.

Dieci

IL DNA TRANSGENICO È PIÙ PREDISPOSTO ALLA DIFFUSIONE

DNA transgenico contro DNA naturale

Il DNA transgenico è diverso dal DNA naturale per molti aspetti, e tutti contribuiscono ad accrescere la sua propensione verso il trasferimento orizzontale nei genomi di organismi non affini, laddove potrebbero anche ricombinarsi con dei geni nuovi (Box 1) [93].

Box 1

Il DNA transgenico ha maggiori probabilità di diffondersi orizzontalmente

Il DNA transgenico contiene spesso nuove combinazioni di materiale genetico che non sono mai esistite.

Il DNA transgenico è progettato per essere integrato nei genomi. I composti di geni non presenti in natura tendono ad avere una struttura instabile e perciò sono inclini a rompersi e ricongiungersi o ricombinarsi con altri geni.

Il meccanismo che permette ai composti di geni estranei di saltare nel genoma, gli permette anche di saltare fuori dal genoma e reinserirsi in una sede diversa o in un altro genoma. Per esempio, l'enzima integrase, che catalizza l'inserzione del DNA virale nel genoma ospitante, fa anche da dis-integrase, catalizzando la reazione contraria. Questi integrase appartengono ad una super-famiglia di enzimi simili che sono presenti in tutti i genomi, dai virus ai batteri alle piante superiori agli animali. Le ricombinazioni dei transposoni sono simili.

I confini del vettore più usato per le piante transgeniche, i *T-DNA* dell'*Agrobacterium*, sono i punti caldi della ricombinazione (sedi che tendono a rompersi e ricomporsi). In più, un punto caldo della ricombinazione è associato anche al promotore del virus del mosaico del cavolfiore (CaMV) e a molti terminators (segnali genetici di interruzione della trascrizione), il che significa che tutto o parte del DNA integrato avrà una propensità più elevata al trasferimento secondario del gene orizzontale e alla sua ricombinazione.

La prova che il DNA transgenico è diverso

È stato portato avanti un solo esperimento per verificare l'ipotesi che i transgeni siano o no dei mutanti indotti con mezzi convenzionali (mutagenesi), come l'esposizione ai raggi X e i mutageni chimici, che causano variazioni della sequenza base del DNA.

Bergelson e i suoi colleghi [107] hanno ottenuto un mutante per la tolleranza agli erbicidi dalla mutagenesi convenzionale di una specie di *Ara-bidopsis* da laboratorio, cosa che ha creato delle linee transgeniche introducendo il gene mutante, diviso dal vettore, dentro cellule di piante ospiti.

Poi hanno confrontato il tasso al quale le piante mutanti, transgeniche e non, diffondono la tolleranza agli erbicidi nelle piante normali, del tipo selvaggio che cresce nei paraggi. Hanno scoperto che i transgeni delle piante transgeniche avevano il trenta per cento delle probabilità in più di sottrarsi (agli erbicidi) e di diffondersi, rispetto a quanto ne avesse lo stesso gene ottenuto per mutagenesi. È difficile spiegare i risultati in termini di impollinazione incrociata.

E perché l'introduzione del transgene per mezzo di un vettore ha portato a tutti questi effetti indesiderati. Le piante transgeniche hanno forse prodotto più polline o più polline vitale? Il polline proveniente dalle piante transgeniche attraeva maggiormente le api?

Un'altra possibilità della diffusione accresciuta di transgeni è il trasferimento orizzontale di geni per mezzo degli insetti che visitano le piante per via del polline e del nettare, o semplicemente per nutrire la linfa o altre parti di piante divenute transgeniche e piante selvatiche. Bergelson disse che non c'erano prove del trasferimento orizzontale dei geni, ma che non si poteva escluderlo. Eppure, non è stata appurata tale eventualità.

Senza tener conto del modo in cui i transgeni si erano diffusi, l'esperimento ha dimostrato che il DNA transgenico non si comporta allo stesso modo di quello non transgenico.

Esperimenti recenti hanno indicato che i costrutti genetici estranei tendono ad integrarsi a ricombinazioni nei punti caldi del genoma che, ancora una volta, tenderebbe ad aumentare le possibilità che il DNA transgenico si disintegri e si trasferisca orizzontalmente.

Il DNA transgenico ha spesso altri segnali genetici, come l'*origine della replica* abbandonata dal plasmide del vettore. Questi segnali sono anche punti caldi di ricombinazione e, in più, possono far sì che il DNA transgenico si replichi indipendentemente come un plasmide che si trasferisce orizzontalmente fra i batteri con facilità.

Lo stress metabolico che travolge l'organismo ospitante per via della continua espressione superiore dei geni estranei legati a promotori aggressivi, come il promotore del CaMV 35S, aumenta anche l'instabilità del DNA transgenico, facilitando pertanto il trasferimento orizzontale del gene.

Il DNA transgenico è generalmente un mosaico di sequenze di DNA di molte specie diverse e dei loro para-siti genetici; queste omologie implicano che sarà più atto a ricombinarsi e a trasferirsi con successo verso i genomi di molte specie come verso i loro para-siti genetici. Ricombinazione omologa avviene generalmente da mille a un milione di volte la frequenza della ricombinazione non-omologa.

Undici

TRASFERIMENTO ORIZZONTALE DEL DNA TRANSGENICO

Esperimenti che dimostrano il trasferimento orizzontale del DNA transgenico

Il trasferimento orizzontale dei transgeni e dei geni marcatori resistenti agli antibiotici delle piante GM nei funghi e nei batteri della terra è stato dimostrato da prove di laboratorio fatte a metà degli anni '90. Il trasferimento dai transgeni ai funghi è stato raggiunto semplicemente crescendo i funghi con la pianta GM, e il trasferimento ai batteri è riuscito applicando il DNA totale dalle piante GM alle colture di batteri.

Alla fine degli anni '90, sono stati ottenuti trasferimenti di un gene marcatore resistente alla kanamicina nell'*Acinetobacter*, un batterio della terra, per mezzo di DNA estratto da foglie omogeneizzate per essere poi introdotto in numerose piante transgeniche [108]: *Solanum tuberosum* (patata), *Nicotiana tabacum* (tabacco), *Beta vulgaris* (zucchero di barbabietola), *Brassica napus* (colza), e *Lycopersicon esculentum* (pomodoro). Si è calcolato che circa 2500 copie di geni resistenti alla kanamicina (provenienti dallo stesso numero di cellule della pianta) sono sufficienti per trasformare con successo un batterio, nonostante l'eccesso di DNA nelle piante del 6×10^6 . Risultati positivi del trasferimento orizzontale del gene nel sistema sono stati ottenuti con appena 100 microlitri di estratto di foglie aggiunti nelle colture batteriche.

Occultamento e travisamento di prove

Sin dal principio, c'è stato l'occultamento la distorsione delle prove ottenute. Nonostante il titolo del rapporto di Schuller, Futterer e Potrykus induca in errore, dichiarando che il trasferimento orizzontale dei geni nell'esperimento "avviene, se avviene, ad una frequenza incredibilmente bassa"

[109], i dati hanno dimostrato l'alta frequenza nel trasferimento dei geni: nelle condizioni migliori il 5.8×10^{-2} per batterio ricevente.

Ma gli autori sono poi andati avanti a calcolare la frequenza teorica del trasferimento dei geni, 2.0×10^{-17} , o vicina allo zero, estrapolate a condizioni naturali. Ciò è stato fatto presumendo che fattori diversi abbiano agito indipendentemente, inventando condizioni naturali ampiamente sconosciute e imprevedibili e, per ammissione stessa degli autori, gli effetti sinergici di combinazioni di fattori non possono essere esclusi.

Successivamente questo rapporto è stato citato molte volte per dimostrare che il trasferimento orizzontale dei geni non avviene.

Gli esperimenti nei campi forniscono prove lampanti

Nel 1999, dei ricercatori in Germania [110] avevano già fatto il primo ed unico esperimento al mondo di monitoraggio delle colture, che ha portato alla prova *lampante* che il DNA transgenico si è trasferito dalle piante GM di barbabietola ai batteri nel terreno. Ho fatto circolare una relazione dettagliata di questa prova, sottoponendola a tempo debito davanti alle autorità scientifiche del governo inglese, le quali hanno negato l'evidenza e, cosa peggio, l'hanno menzionata come prova che il trasferimento orizzontale dei geni non avveniva in natura.

Non solo il DNA sopravvive nell'ambiente esterno sia nel terreno che nell'acqua, ma non si degrada con sufficiente velocità nell'apparato digestivo per prevenire il trasferimento del DNA transgenico nei microrganismi presenti nello stomaco degli animali.

Il trasferimento del DNA transgenico nella bocca

Questo trasferimento potrebbe iniziare nella bocca. Nel 1999 Mercer *et al.* hanno rilevato [111] che un plasmide geneticamente modificato aveva

dal 6 al 25% delle possibilità di sopravvivere senza danni dopo 60 minuti di esposizione alla saliva umana.

In più, il DNA del plasmide, parzialmente degradato, era in grado di trasformare lo *Streptococcus gordonii*, uno dei batteri che di solito vivono nella bocca e nella faringe degli uomini. La frequenza di trasformazione calò in modo esponenziale col tempo, ma era sempre rilevante dopo 10 minuti. La saliva umana infatti contiene dei fattori che favoriscono la trasformazione dei batteri residenti nella bocca.

Questa ricerca è stata fatta sui batteri residenti nella bocca con una provetta per i test, e i suoi fautori hanno dichiarato esplicitamente che: “occorrono ulteriori ricerche per stabilire se la trasformazione dei batteri orali possa avvenire con ricorrenza significativa *dal vivo*.” Comunque, da allora non sono stati mandati avanti studi di tal sorta, cosa difficile da giustificare visto che la ricerca iniziale era stata richiesta dal governo britannico come parte del *Novel Foods Programme*.

Un altro gruppo dell'università di Leeds è stato sovvenzionato dalla neonata Food Standards Agency (FSA) per analizzare l'eventuale trasferimento orizzontale del gene nello stomaco dei ruminanti [112] all'interno dei quali il cibo resisteva per lunghi periodi di tempo. I ricercatori hanno riscontrato che il DNA transgenico è passato rapidamente trasformato dai fluidi per la ruminazione e dal foraggio, ma che, nonostante tutto, il trasferimento orizzontale deve avvenire prima che il DNA transgenico sia totalmente degradato. È stato anche appurato che il DNA transgenico si scomponesse molto lentamente nella saliva, e per questo la bocca poteva essere un punto fondamentale per il trasferimento orizzontale dei geni. Ciò conferma i risultati ottenuti da Mercer *et al.* [111]. Ma, ancora una volta, non è stato fatto alcun approfondimento successivo sugli animali viventi. Non hanno forse evitato gli esperimenti di routine per paura che trovare risultati positivi avrebbe reso tutto difficile da negare?

Il trasferimento del DNA transgenico attraverso l'intestino e la placenta

Altri fattori concorrono al trasferimento orizzontale dei geni, come è stato messo in luce dalla letteratura scientifica. Il gruppo di Döerfler in Germania ha fatto una serie di esperimenti sul destino del DNA estraneo presente nel cibo a cominciare dai primi anni '90.

Hanno dato da mangiare ai topi del DNA isolato dai batteri del virus M13 o inserito in una plasmide come la proteina verde fluorescente. Hanno capito che una percentuale importante del DNA non solo ha rifuggito la degradazione totale nello stomaco, ma ha anche attraversato la barriera intestinale per mezzo del sistema sanguigno, ritrovandosi nelle cellule bianche del sangue, della milza e del fegato, e inserendosi nel genoma del topo [113]. Nutrendo i topi gravidi, in alcune cellule e feti e topolini neonati potrebbe trovarsi del DNA estraneo, dimostrando che ciò è avvenuto tramite la placenta [114].

Questo lavoro sottolinea i rischi di tutti i tipi di DNA, inclusi i genomi virali creati dall'industria genetica sul quale hanno puntato l'attenzione i virologi e le autorità scientifiche norvegesi, Terje Traavik [115], ed altri [94, 95].

In una relazione pubblicata nel 1998, Döerfler and Schubbert hanno asserito [114], che “tuttora, le conseguenze del DNA estraneo usato per la mutagenesi (che genera mutazioni) e l'oncogenesi (che causa il cancro) non sono ancora state analizzate”. L'importanza di questa osservazione è impressionante se si pensa alle cause di cancro identificate fra i pazienti curati con la terapia genetica verso la fine del 2002 [116]. Il rapporto precisa che l'esposizione al DNA transgenico porta gli stessi rischi, sia che venga dalla terapia genetica che dal cibo geneticamente modificato. La terapia genetica è la modificazione genetica degli esseri umani ed usa dei costrutti molti simili a quelli della trasformazione genetica di piante ed animali.

La mancanza di esperimenti decisivi

In un rapporto pubblicato nel 2001 [117], il destino del DNA delle foglie della soia è stato confrontato con il DNA plasmidico transgenico. Ciò ha confermato le scoperte precedenti. Il DNA plasmidico transgenico ha invaso le cellule di molti tessuti.

Ma come è stato rilevato da molti dei progetti di ricerca, compreso questo, pare che in breve tempo si sia abbandonato ogni tentativo di ottenere dei risultati decisivi e chiari che avrebbero potuto essere fatti facilmente nutrendo i topi con la soia transgenica e monitorando sia il destino del DNA transgenico che quello puro delle piante. Ciò avrebbe confermato il problema di cui Ho e Cummins hanno parlato ripetutamente: il DNA transgenico può essere più invasivo per le cellule e i genomi rispetto al DNA naturale.

Naturalmente, come richiama all'attenzione Ewen [44], non può essere esclusa la possibilità che nutrire gli animali di prodotti GM come il mais, porti anche dei rischi. Il latte delle mucche può contenere dei derivati GM ed anche una bistecca di filetto può contenere del materiale geneticamente attivo, poiché il DNA è straordinariamente stabile, e spesso non viene distrutto dal calore. Il DNA è persino stato recuperato di recente dai sedimenti di terra vecchia 300 000 o 400 000 anni [118]. Pare che il capo del progetto di ricerca, il Professore Alan Cooper dell'Oxford University, nel suo recente viaggio in Nuova Zelanda abbia detto [119]: "La capacità del DNA di rimanere così a lungo nel terreno è stata completamente sottovalutata... e dimostra quanto poco ne sappiamo," e "c'è bisogno di molta più ricerca prima che si possano predire gli effetti del commercio di piante GE."

Il DNA transgenico nel cibo trasferito ai batteri nell'intestino dell'uomo

Il governo della Gran Bretagna alla fine ha dato l'incarico di fare delle indagini sul trasferimento orizzontale dei batteri nello stomaco di cavie umane con *riscontri positivi*.

La ricerca in questione è la parte finale del progetto britannico FSA sulla valutazione dei rischi degli OGM nel cibo consumato dall'uomo [120].

Che il DNA transgenico si trasferisca ai batteri nello stomaco umano non è una sorpresa. Già sappiamo da ricerche precedenti che il DNA resta nell'intestino e che i batteri possono assumere il DNA estraneo. Perché le autorità competenti hanno aspettato tanto a lungo prima di intraprendere le ricerche? E quando l'hanno fatto, sembrava che gli scienziati avessero deciso di fare il possibile per ostacolare la scoperta di risultati positivi [121].

Per esempio, il metodo per identificare il DNA transgenico dipendeva dall'amplificazione di una piccola parte – 10bp – dell'inserito complessivo del DNA transgenico che era almeno dieci o venti volte più lungo. Così, qualsiasi altro frammento dell'inserito non sarebbe stato identificato, a meno che non si sovrapponesse a tutti i 180bp amplificati o riadattati. C'è al massimo il 5% delle possibilità di ottenere un riscontro positivo, probabilmente meno. *Pertanto, utilizzando questo metodo, un riscontro negativo probabilmente non implicherebbe l'assenza di DNA transgenico.* Nonostante ciò è stata comunque riscontrata la presenza di DNA transgenico, che l'FSA ha tempestivamente negato e distorto. Secondo l'FSA: “Diverse autorità governative competenti hanno valutato i risultati ottenuti stabilendo che gli esseri umani non corrono alcun rischio.” In una dichiarazione sul suo sito internet, la FSA ha detto che gli studi avevano portato alla conclusione che è “estremamente improbabile” che i geni GM possano finire nello stomaco di chi li mangia.

Il vettore agrobatterio veicola il trasferimento dei geni

Questo non è tutto. Prove recenti indicano che il metodo più comune per creare delle piante transgeniche può anche facilitare il trasferimento orizzontale dei geni [122, 123].

L'*Agrobacterium tumefaciens*, un batterio del suolo che provoca la malattia 'galla del coletto', è stato sviluppato per fare da principale vettore per

il trasferimento dei geni e creare piante transgeniche. I geni estranei sono di solito divisi nella parte di T-DNA di un plasmide dell'*A. Tumefaciens* chiamato Ti (che induce il tumore) il quale finisce integrato al genoma della cellula della pianta che di conseguenza si sviluppa diventando tumore. Tutto questo si sapeva almeno dal 1980.

Ma, indagini successive, hanno fatto scoprire che il processo per il quale l'*Agrobacterio* inietta il DNA-T nelle cellule delle piante è molto simile alla *coniugazione* o accoppiamento delle cellule batteriche. La coniugazione, mediata da alcuni plasmidi batterici, richiede che sul DNA trasferito sia applicata una sequenza chiamata *origine del transfer* (*oriT*). Tutte le altre funzioni possono essere fornite da risorse non collegate chiamate funzioni trans-acting (o *tra*). Perciò, plasmidi disabilitati, che non presentano *trans-acting*, possono tuttavia essere trasferiti da plasmidi 'ausiliari' che portano i geni che codificano le funzioni trans-acting. E Questo è alla base di un complicato sistema vettoriale che coinvolge l'*Agrobacterio T-DNA*, usato per creare numerose piante transgeniche.

Ma è venuto fuori presto che i margini sinistro e destro del T-DNA sono simili all'*oriT*, e possono essere rimpiazzati da quest'ultimo. In aggiunta, il T-DNA disarmato, in mancanza delle funzioni di trans-acting (geni *virulence* che contribuiscono alla malattia), può essere aiutato da geni di tipo simile che appartengono a molti altri batteri patogeni.

Pare che il trasferimento del gene trans-kingdom dell'*Agrobacterium* e i sistemi coniugativi dei batteri siano coinvolti nel trasporto di macromolecole, sia del DNA che delle proteine.

Ciò significa che le piante transgeniche create da un *sistema del vettore T-DNA* instradano una fuga orizzontale del gene via *Agrobacterium*, con l'aiuto del normale meccanismo coniugativo di molti altri batteri presenti in natura che provocano malattie.

In realtà, la possibilità che l'*Agrobacterio* possa veicolare la fuga del gene orizzontale è stata analizzata per la prima volta nel 1997 in uno studio finanziato dal governo inglese [124] che ha rilevato l'estrema difficoltà a li-

berarsi dell'*Agrobacterio* nel sistema vettore dopo la trasformazione. Il trattamento con dei batteri antibiotici ripetuto nel corso di 13 mesi non è stato sufficiente ad eliminare il batterio. In più, il 12.5% dell'*Agrobacterio* restante conteneva ancora il vettore binario (il *T-DNA* e il plasmide ausiliario), ed era quindi pienamente in grado di trasformare le altre piante. Questa teoria è stata pubblicata in seguito su una rivista scientifica [125].

Molte osservazioni rendono ancor più evidente la teoria che il gene si diffonda tramite l'*Agrobacterio*. Non solo esso trasferisce i geni nelle cellule delle piante, ma c'è anche la possibilità di un trasferimento inverso di DNA dalle cellule delle piante all'*Agrobacterio* [126].

Alti tassi di trasferimento del gene sono associati con il sistema delle radici delle piante e i semi germinanti, dove c'è maggiore probabilità di coniugazione [127]. Là, l'*Agrobacterio* può moltiplicarsi e trasferire il DNA transgenico agli altri batteri, ed anche alla coltura successiva. Si tratta di possibilità che devono essere indagate empiricamente.

Infine, l'*Agrobacterio* attacca e trasforma geneticamente diverse linee di cellule umane [128]. Nelle cellule HeLa trasformate (una linea cellulare degli uomini derivata inizialmente da un malato di cancro), l'integrazione di TDNA è avvenuta nella parte destra, proprio come accade quando è trasferita in un genoma delle cellule delle piante. Questo fa pensare che l'*Agrobacterio* trasformi le cellule umane con un meccanismo simile a quello usato per trasformare le cellule delle piante.

Dodici

PERICOLI DEL TRASFERIMENTO ORIZZONTALE DEL GENE

Un riassunto

Come chiarito nei capitoli precedenti, i pericoli che possono insorgere dal trasferimento orizzontale del DNA transgenico esistono solo in ingegneria genetica, e sono riassunti nel Box 2.

Esperimenti che fino ad ora sembra siano stati evitati

Un elaborato proposto ad un convegno pubblico organizzato dall'ACNFP [129] ha fatto le seguenti critiche all'ACRE e all'ACNPF elencando una serie di esperimenti che l'FSA dovrebbe esigere. Sono tutti descritti in un rapporto riportato nel Box 3.

Box 2

Pericoli potenziali del trasferimento orizzontale del gene operato dall'ingegneria genetica

- Creazione di nuovi virus di specie incrociate che portano malattie
- Creazione di nuovi batteri che provocano malattie
- Diffusione di geni resistenti alle droghe e agli antibiotici per mezzo di patogeni virali e batteri, rendendo le malattie incurabili
- Inserzione casuale nei genomi delle cellule, con effetti collaterali pericolosi, incluso il cancro
- Riattivazione e ricombinazione con virus latenti (presenti in tutti i genomi) per generare virus infettivi
- Diffusione di nuovi geni pericolosi e di costrutti di geni che non sono mai esistiti
- Destabilizzazione dei genomi in cui i transgeni si sono trasferiti
- Moltiplicazione degli impatti sull'ambiente dovuti a quanto sopra

Box 3

Esperimenti che mancano per testare la sicurezza del cibo e delle colture GM

Quelli che seguono sono esperimenti decisivi che indicherebbero la sicurezza o meno delle colture e del cibo GM.

1. Esperimenti simili a quelli portati avanti dalla squadra di Pusztai, usando come cibo la soia transgenica distintamente caratterizzata e/o il mais, analizzando in modo imparziale e con mezzi adeguati il DNA transgenico nelle feci, nelle cellule sanguigne, e facendo degli esami istologici post-mortem, incluso il monitoraggio del trasferimento del DNA transgenico nel genoma delle cellule. Come controllo aggiuntivo, sarebbe anche necessario tenere sotto controllo il DNA non transgenico degli stessi animali nutriti con alimentazione GM. In più, bisognerebbe verificare il ruolo del promotore del CaMv 35S nel produrre gli effetti del 'fattore crescita' nei giovani ratti.
2. Prove nutrizionali sulle cavie umane usando della soia transgenica e/o mais, con un monitoraggio obiettivo per il DNA trasgenico e il trasferimento orizzontale dei geni via orale e feale, attraverso il sangue e le cellule sanguigne. Come ulteriore controllo, dovrebbe essere tenuto sotto controllo anche il DNA non transgenico dello stesso campione.
3. Ricerche sulla stabilità delle piante transgeniche in generazioni cresciute successivamente, specialmente quelle contenenti il promotore CaMv 35S usando la giusta dose di tecniche molecolari.
4. Completa caratterizzazione molecolare di tutti i filamenti per stabilire l'uniformità e la stabilità genetica degli inserti di DNA transgenico confrontandoli con i dati originari forniti dalla compagnia biotech per ottenere l'approvazione per i test o per le autorizzazioni sulla messa in commercio.
5. Test su tutte le piante transgeniche create dal sistema vettoriale dell'*Agrobacterium TDNA* per verificare la presenza dei batteri e dei vettori. Il terreno in cui le piante transgeniche sono cresciute dovrebbe essere tenuto sotto controllo per rilevare la dispersione dei geni dai batteri del suolo. Dovrebbe essere analizzato anche il potenziale trasferimento orizzontale dei geni alla coltura successiva tramite i semi germinanti e le radici.

CONCLUSIONI ALLE PARTI 1 & 2

Le nostre ricerche accurate di prove ci hanno convinto che le colture GM non sono necessarie né richieste, che hanno mancato nel tener fede alle loro promesse e invece stanno ponendo crescenti problemi nella fattoria. Non c'è alcuna possibilità concreta che l'agricoltura GM e non GM possano coesistere, come è mostrato dalla misura e dalla portata della contaminazione transgenica già avvenuta, anche in un paese come il Messico dove c'è una moratoria ufficiale sin dal 1998.

Cosa più rilevante, le colture GM sono inaccettabili perché non sono affatto sicure. Sono state introdotte senza le misure preventive e gli accertamenti necessari attraverso un sistema profondamente difettoso basato sul principio di "equivalenza sostanziale" che è necessaria per accelerare l'approvazione dei prodotti invece di fare seri accertamenti sulla sicurezza. Nonostante la mancanza di dati nei test sulla sicurezza del cibo GM, le scoperte attuali ci danno motivi di preoccupazione per quanto riguarda la sicurezza stessa del processo transgenico che non è stata verificata.

Allo stesso tempo, è stato scoperto che i prodotti genetici introdotti nel cibo e altre colture e biopesticidi, che rappresentano il 25% delle colture GM mondiali, sono immunogeni ed allergenici molto resistenti. È emerso anche che nelle colture alimentari stanno introducendo dei vaccini e dei prodotti farmaceutici pericolosi a scopo sperimentale.

Con il falso intento di contenere i prodotti transgenici, le piante sono state modificate con 'geni suicidi' che rendono ne rendono il tipo maschile sterile. In realtà tali colture sono contaminate dal polline sia con geni tolleranti gli erbicidi che con sterilizzanti che fanno suicidare i geni maschili, con conseguenze potenzialmente devastanti sulla biodiversità e l'agricoltura.

Circa il 75% delle colture GM presenti sulla terra tollerano l'ammonio glufosinato e il glifosato, due tipi di erbicidi ad ampio spettro. Entrambi so-

no veleni per il metabolismo e possono avere un'ampia gamma di effetti collaterali pericolosi per gli esseri umani ed altri organismi viventi, effetti che sono attualmente accertati.

L'ammonio glufosinato è collegato a tossicità neurologiche, respiratorie, gastrointestinali ed ematologiche, e porta a malformazioni nei nascituri umani e mammiferi.

Il glifosato è la causa principale di avvelenamento e di denunce nel Regno Unito, e sono stati rilevati disturbi a molte funzioni del corpo dopo livelli normali di assunzione. L'esposizione al glifosato ha quasi raddoppiato il rischio di aborto in gravidanze avanzate, e hanno aumentato i disturbi comportamentali nei bambini nati da chi ha fatto uso di glifosato.

Il glifosato ha causato lo sviluppo ritardato dello scheletro del feto nei ratti da laboratorio.

Inibisce la sintesi degli steroidi ed è genotossico nei mammiferi, nel pesce e nelle rane. Almeno il 50% dei lombrichi esposti a tali dosi sono morti e fra quelli sopravvissuti sono stati rilevati gravi danni all'intestino. Il roundup causa la disfunzione della divisione cellulare che può essere collegata al cancro negli uomini.

Questi effetti ormai conosciuti sono sufficienti a bloccare qualsiasi uso di entrambi gli erbicidi.

I pericoli più insidiosi dell'ingegneria genetica sono certamente inerenti allo stesso processo che aumenta di molto la portata e la probabilità del trasferimento e della ricombinazione orizzontale dei geni, il percorso principale per creare dei virus e dei batteri che provocano la diffusione delle malattie. Tecniche più innovative, come il rimpasto del DNA, stanno permettendo agli scienziati genetici di creare in laboratorio in una manciata di minuti milioni di virus ricombinati mai esistiti prima. I virus e i batteri che causano malattie, e il loro materiale genetico costituiscono la materia predominante e gli strumenti adoperati dall'ingegneria genetica, così come la creazione intenzionale di armi biologiche.

Ci sono già delle prove scientifiche che il DNA transgenico delle piante è stato recuperato dai batteri nella terra e nello stomaco delle cavie umane. La resistenza antibiotica dei geni marker può diffondersi dal cibo transgenico ai batteri patogeni rendendo difficilissimo il trattamento delle infezioni.

Si sa che il DNA transgenico resiste alla digestione nell'intestino e si integra nel genoma delle cellule dei mammiferi aumentando la possibilità di scatenare il cancro.

Le prove dimostrano che i composti transgenici col promotore CaMV 35S, presenti nella maggior parte delle colture GM, possono essere particolarmente instabili e prони al trasferimento e alla ricombinazione orizzontale dei geni, con tutti i rischi collaterali: mutazioni genetiche dovute a inserzione casuale, cancro, riattivazione di virus latenti e creazione di virus nuovi.

C'è un retaggio storico di distorsione e occultamento di prove scientifiche, specialmente per quanto riguarda il trasferimento orizzontale del gene. Gli esperimenti principali non sono stati fatti, o sono stati fatti male e poi travisati.

Molti esperimenti non hanno avuto seguito, incluse le ricerche sulla responsabilità o meno del promotore CaMV 35S nei confronti degli 'effetti sulla crescita' rilevati nei ratti giovani nutriti con patate GM. Per tutti questi motivi, le colture GM dovrebbero essere decisamente rifiutate quale alternativa utilizzabile per il futuro dell'agricoltura.

TERZA PARTE:
I MOLTEPLICI BENEFICI
DELL'AGRICOLTURA SOSTENIBILE

Quattordici

PERCHÉ VOLERE UN'AGRICOLTURA SOSTENIBILE?

C'è bisogno di un'agricoltura alternativa

L'agricoltura moderna è caratterizzata da una monocoltura intensiva su vasta scala e dipende da grandi immissioni di prodotti chimici e dalla meccanizzazione intensiva.

Nonostante sia produttiva, basandosi sulla misura uni-dimensionale di raccolto della singola coltura, il fatto che dipenda oltremodo dai pesticidi chimici, dagli erbicidi e dai fertilizzanti sintetici, porta ad una serie di conseguenze negative sulla salute e sull'ambiente che mettono a rischio la salute dei contadini, lasciano nel cibo dannosi residui chimici, riducono la biodiversità, deteriorano la qualità della terra e dell'acqua e incrementano i rischi di contaminazione della coltura. In più, la moderna monocoltura mette spesso ai margini i piccoli coltivatori, specialmente quelli dei paesi in via di sviluppo che costituiscono la maggioranza dei contadini nel mondo. Le colture GM, che ora fanno parte di questa dimensione, mettono ancor più a rischio la salute e l'ambiente (vedi la Parte 2).

Molte diverse pratiche dell'agricoltura sostenibile

Per contro, la premessa dell'agricoltura sostenibile si basa sulla diversità delle risorse naturali locali e sull'autonomia locale dei contadini nel decidere cosa produrranno e come migliorare le loro coltivazioni e la loro vita.

L'agricoltura è sostenibile quando è ecologicamente sana, economicamente attuabile, socialmente equa, culturalmente appropriata, conforme alla natura dell'uomo e basata su un approccio olistico. Un breve sommario dei criteri principali, elaborato da Pretty e Hine [130], è presentato nel Box (riquadro) 4.

L'introduzione dell'agricoltura sostenibile può comparire sotto vari nomi – agroecologia, agricoltura sostenibile, agricoltura organica, agricoltura ecologica, agricoltura biologica – ma ha dei criteri in comune.

Per esempio le coltivazioni organiche escludono i pesticidi sintetici, gli erbicidi e i fertilizzanti. Integrano l'ecosistema che governa i processi ecologici e biologici quali la catena alimentare, il ciclo nutritivo, il mantenimento della fertilità del suolo, il controllo naturale dei parassiti e la diversificazione delle colture e del bestiame.

Si basa su risorse locali e rinnovabili, rispettando l'ambiente e l'ecologia.

Seppure in molti paesi sviluppati ci sia familiarità con la produzione organica certificata, ciò rappresenta idealmente la punta dell'iceberg visibile in superficie rispetto alla mole di terra lavorata organicamente ma non certificata come tale. *Di fatto*, l'agricoltura organica non-certificata è prevalente di solito nelle regioni povere e/o con risorse marginali a livello agricolo dove la popolazione locale ha un legame limitato con l'economia monetaria [131]. Qui i contadini si affidano alle risorse locali naturali per mantenere la fertilità del suolo e combattere i parassiti e le malattie. Essi hanno dei sistemi sofisticati per la rotazione delle colture, la gestione della terra, il controllo dei parassiti e delle malattie, basati sulla conoscenza tradizionale.

Inoltre, l'agroecologia si affida a tecnologie economiche accessibili, prevenendo i rischi e alimentando la produzione in condizioni ambientali marginali. Esse aumentano oltretutto il benessere ecologico e la salute, e sono culturalmente e socialmente accettabili [132]. Ciò enfatizza la biodiversità, il riciclo nutritivo, la sinergia fra colture, animali, terra ed altri componenti biologici, come pure la rigenerazione e la conservazione delle risorse. L'agroecologia si affida a coltivazioni indigene ed integra tecnologie moderne per diversificare la produzione. L'approccio combina i principi ecologici e le risorse locali nella gestione dei sistemi di coltivazione, fornendo ai piccoli coltivatori un ambiente sano e facile da gestire economicamente per intensificare la produzione nelle zone marginali.

Queste alternative agroecologiche possono risolvere i problemi dell'agricoltura che le colture GM sostengono di risolvere, facendolo però in modo molto più equo socialmente nel rispetto dell'ambiente [3].

Innumerevoli studi e trattati scientifici documentano il successo e i benefici dell'agricoltura sostenibile, inclusi quelli delle coltivazioni organiche, che sono recentemente passate al vaglio dalla FAO [133] e dall'ISIS [134].

Riassumiamo le prove di alcuni benefici per l'ambiente e la salute provenienti dall'agroecologia, dall'agricoltura sostenibile e dalla coltivazione organica, ed anche per il benessere sociale dei contadini e delle comunità locali. Si evince la necessità di sostituire l'agricoltura sostenibile alle colture GM.

Box 4

L'Agricoltura sostenibile

- Fa uso migliore dei prodotti e servizi della natura integrando processi naturali e rigenerativi della catena alimentare, il fissaggio dell'azoto, la rigenerazione del suolo e dei nemici naturali dei parassiti.
- Minimizza l'ingresso di prodotti non riciclabili (pesticidi e fertilizzanti) che danneggiano l'ambiente mettendo in pericolo la salute degli uomini.
- Si affida alla conoscenza e all'esperienza degli agricoltori, migliorando la loro affidabilità.
- Promuove e protegge il capitale sociale, che è la capacità della gente di lavorare insieme e di risolvere i problemi.
- Dipende dalle pratiche adottate localmente per apportare innovazioni di fronte a condizioni imprevedibili.
- È multifunzionale e contribuisce a preservare i beni pubblici come l'acqua pulita, la natura allo stato brado, il fissaggio del carbonio nel terreno, la protezione dalle inondazioni e la qualità del paesaggio.

Quindici

RACCOLTI ALTRETTANTO O MAGGIORMENTE PRODUTTIVI

Uno sguardo da vicino ai ‘raccolti’

L'agricoltura organica è spesso criticata perché produce di meno rispetto a quella intensiva convenzionale. Mentre ciò può valere per i paesi industrializzati, tali comparazioni sono fuorvianti in quanto non tengono conto dei costi della monocoltura convenzionale per via della terra degradata, della biodiversità e di altre variabili ecologiche dalle quali dipende la produzione di cibo biologico [133].

Analizzando unicamente soltanto la resa delle singole colture – come fanno spesso i critici – si dimenticano altri indici che rilevano una sostenibilità e una produttività effettivamente superiori per lotto di terreno, specialmente con i sistemi agroecologici spesso composti da diverse colture, alberi e animali correlati alla terra [135] (vedi ‘Produzione efficiente’). Spesso nella monocoltura è possibile ottenere raccolti più produttivi per via della piantagione di una singola coltura ma, anche potendo portare un grosso raccolto, essa non produce altro a beneficio del contadino [136].

In ogni caso, per via del danno fatto dall'agricoltura tradizionale, di solito è necessario un periodo di transizione perché la terra si rigeneri accogliendo tutti i benefici dell'agricoltura sostenibile. Dopo aver ristabilito l'equilibrio del sistema, si ottengono raccolti di entità pari o superiore. L'agricoltura tradizionale, progressivamente convertita al metodo sostenibile, normalmente è accompagnata dall'aumento immediato dei raccolti.

Infatti, anche solo la riduzione delle dimensioni dei campi stimolerebbe, nella maggior parte dei paesi, un aumento della produzione molto al di là delle prospettive più ottimiste dell'industria biotecnologica per le colture GM. Le piccole fattorie sono più produttive ed efficienti e contribuiscono allo sviluppo economico più di quanto facciano le fattorie di grosse dimen-

sioni caratteristiche della monocoltura convenzionale [136]. E inoltre amministrano meglio le risorse naturali.

Ricerche a livello mondiale mostrano che le tenute più piccole sono da due a dieci volte più produttive per ettaro rispetto a quelle grandi, che tendono ad essere ampie monoculture inefficienti. L'aumento della produttività si raggiunge utilizzando la tecnologia basandosi su principi agroecologici che pongono l'accento sulla diversità, sulla sinergia, sul riciclo e sull'integrazione; nonché sui processi sociali che enfatizzano la partecipazione della comunità e l'acquisto del potere. In media, più la fattoria è grande, meno è efficiente: la rigenerazione della terra offre l'opportunità di aumentare la produzione e diminuire la povertà.

Straordinari successi nei paesi in via di sviluppo

Il successo dell'agricoltura sostenibile è stato dimostrato concretamente dallo studio di 208 progetti e iniziative in 52 paesi [130]. Circa 8.98 milioni di contadini hanno adottato la pratica dell'agricoltura sostenibile su 28.92 milioni di ettari di terreno in Africa, Asia e America Latina. Dati attendibili sui cambiamenti delle coltivazioni mostrano che, in 89 progetti, i contadini hanno raggiunto aumenti sostanziali per ettaro di cibo prodotto: circa il 50-100% per quanto riguarda le colture irrigate dalla pioggia e circa il 5-10% per le colture irrigate elettronicamente (ma nella maggior parte dei casi si sono mostrati considerevolmente superiori). Tali progetti includono sia i sistemi organici certificati che quelli non certificati, e sono integrati tanto quanto i sistemi quasi-organici. In tutti i casi, dove ci sono stati dati affidabili, ci sono stati aumenti nella produttività per ettaro nelle colture alimentari e una stabilità nella produzione di fibre delle colture preesistenti [133].

Quelli che seguono sono alcuni esempi specifici dell'aumento dei raccolti:

- La Conservazione del suolo e dell'acqua nelle terre aride di Burkina Faso ha trasformato (positivamente) il suolo ufficialmente degradato. La

famiglia media è passata da un deficit di 644 kg di cereali annui (l'equivalente di 6 mesi e mezzo di deficit) a un surplus annuale di 153 kg di prodotto.

- Attraverso il Cheha Integrated Rural Development Project in Etiopia, 12.500 famiglie hanno adottato l'agricoltura sostenibile, col risultato di un aumento nei raccolti del 60%.
- In Madagascar, il sistema per intensificare la produzione del riso senza ricorrere all'acquisto di pesticidi o fertilizzanti ha aumentato i raccolti da 2 t/ha a 5, 10 o 15 t/ha.
- In Sri Lanka, 55 000 famiglie su un territorio di 33 000 ha di terreno hanno adottato l'agricoltura sostenibile riducendo sostanzialmente l'uso degli insetticidi. I raccolti sono cresciuti del 12-44% nel caso del riso e del 7-44% nel caso delle verdure.
- In Honduras e Guatemala i raccolti di 45 000 famiglie sono cresciuti dai 400-600 kg/ha ai 2000-2500 kg/ha usando concimi verdi, coperture, bordure erbose, colture a schiera, argini di pietra e concimi animali.
- Nel Brasile del sud, gli stati di Santa Caterina, Paraná e Rio Grande do Sul si sono concentrati sulla conservazione del suolo e dell'acqua usando concimi verdi, bordure erbose e arature per delimitare i confini. I raccolti di mais sono aumentati del 67% da 3 a 5 tonne/ha, e quelli di soia del 68% da 2.8 a 4.7 t/ha.
- Le regioni con i più alti picchi montuosi in Bolivia sono fra le zone nel mondo in cui è più difficile crescere i raccolti. Nonostante ciò, i contadini hanno triplicato i raccolti delle patate, specialmente usando le colture verdi per arricchire il suolo.

Altri studi fatti sulle pratiche organiche ed agroecologiche mostrano aumenti impressionanti dei raccolti, miglioramenti della qualità del suolo, riduzioni dei parassiti e delle malattie e un miglioramento generale della qualità nutrizionale e del gusto [131]. Per esempio:

- In Brasile, l'uso dei concimi verdi e delle colture coperte ha aumentato i raccolti di mais dal 20 al 50%

- A Tigray, in Etiopia, i raccolti di colture composite si sono dimostrati da 3 a 5 volte superiori rispetto a quelli trattati soltanto con prodotti chimici.
- Nelle fattorie in Nepal che hanno adottato metodi di coltivazione agroecologici sono stati rilevati aumenti dei raccolti fino al 175%.
- In Perù, il ritorno alle tradizionali terrazze Incan ha portato alla crescita di un gran numero di piante d'altura con un profitto superiore al 150%. I contadini sono riusciti a produrre raccolti straordinari nonostante le inondazioni, la siccità e i congelamenti letali caratteristici ad altitudini intorno ai 4000 metri [135].
- In Senegal, dei progetti che hanno coinvolto 2000 contadini incentivavano l'alimentazione del bestiame nelle stalle, sistemi di compostaggio e di irrorazione dei raccolti, concimi verdi e le rocce fosfatiche. I raccolti di miglio e arachidi sono aumentati in maniera eccezionale, rispettivamente dal 75 al 195% e dal 75 al 165%. Poiché il suolo ha una capacità superiore di ritenzione idrica, la differenza fra le rese negli anni di alte e basse precipitazioni si è attenuata.
- A Santa Catarina, in Brasile, ci si è occupati specialmente della conservazione del suolo e dell'acqua, usando argini di barriere erbose, argini arati e concimi verdi. 60 diverse specie di colture, leguminose e non, sono state incrociate o piantate nei periodi improduttivi. Ciò ha avuto enormi impatti sui raccolti, sulla qualità del terreno, sui livelli di attività biologica e sulla capacità di ritenzione idrica. I raccolti di mais e soia sono aumentati del 66%.
- In Honduras, le pratiche di conservazione del terreno e i fertilizzanti organici hanno triplicato o addirittura quadruplicato i raccolti. Qui, l'introduzione del fagiolo *mucuna* ha migliorato i raccolti sulle colline erte, con terreni impoveriti facilmente soggetti ad erosione [137]. I contadini hanno prima piantato la *mucuna*, la cui crescita vigorosa sopprime le erbacce, in seguito, hanno piantato simultaneamente fagioli e mais. Molto rapidamente, col miglioramento delle caratteristiche del terreno, i raccolti sono raddoppiati, addirittura triplicati (vedi 'Terreni migliori'). La

ragione è che la *mucuna* produce molta materia organica creando un suolo ricco e friabile. Essa produce anche il proprio fertilizzante fissando l'azoto (N) atmosferico e conservandolo nel terreno per le altre piante. Questa semplice tecnologia è stata adottata anche in Nicaragua, dove più di 1000 abitanti del luogo hanno recuperato la terra degradata nel bacino imbrifero di San Juan in appena un anno. Questi coltivatori hanno diminuito l'uso dei fertilizzanti chimici da 1900 a 400 chili per ettaro aumentando i raccolti da 700 a 2000 chilogrammi per ettaro. I loro costi di produzione sono più bassi del 22% rispetto a quelli dei coltivatori che utilizzano i fertilizzanti chimici e le monoculture [135].

Il fosforo (P) è l'agente nutritivo più importante (dopo l'azoto – N –), ed è quello meno presente nei terreni dell'Africa tropicale. A differenza dell'azoto, il fosforo non può essere fissato biologicamente nella terra. Quindi, la disponibilità di fosforo da sorgenti organiche o inorganiche è essenziale per massimizzare e sostenere il potenziale dei grossi raccolti.

Studi nel Kenia dell'ovest hanno stabilito l'impatto dei fertilizzanti organici ed inorganici [138]. Gli scienziati sono giunti alla conclusione che si possono piantare colture di mais nelle proprietà agricole di piccole dimensioni qualora vengano utilizzati materiali organici di alta qualità come il fosforo.

Paragoni fra i paesi industrializzati

Anche nei paesi industrializzati l'agricoltura organica si dimostra migliore rispetto alla monocultura convenzionale. Il risultato di uno studio decennale su materiale scientifico pervenuto da sette diverse università americane e dai dati di due centri di ricerca, mostra che le colture dei sistemi organici e le monoculture convenzionali possono essere messe a confronto [139].

- Mais: in un totale di 69 stagioni, i raccolti sono venuti al 94% dal mais biologico

- Soia: i dati pervenuti da cinque stati nell’arco 55 stagioni hanno mostrato che i raccolti organici costituivano il 94% delle colture tradizionali.
- Grano: due compagnie in 16 anni di produzione hanno mostrato che il grano organico ha costituito il 97% dei raccolti tradizionali.
- Pomodori: 14 anni di ricerca comparata sulla produttività dei pomodori (organica e non), non ha mostrato differenze nei raccolti.

Di recente Vasilikiotis ha effettuato degli studi mettendo a confronto la produttività delle pratiche organiche con l’agricoltura tradizionale [140], includendo gli studi del Sustainable Agriculture Farming Systems (SAFS) e quelli del Rodale di cui si parlerà in seguito. Vasilikiotis ha concluso che: “i metodi della coltivazione organica possono avere una produttività maggiore rispetto a quelli tradizionali.” Inoltre: “Potenzialmente la conversione mondiale al metodo organico potrebbe aumentare la produzione alimentare – per non parlare del recupero della degradazione del suolo agricolo e dello sviluppo di terreni più fertili e sani.”

I risultati provenienti dai primi 15 anni di un esperimento a lungo termine e su vasta scala condotto dal Rodale Institute hanno mostrato che dopo un periodo quadriennale di transizione le colture cresciute con metodi organici (applicati ad animali e legumi), hanno portato a raccolti pari e talvolta superiori rispetto a quelli delle colture tradizionali [141]. Inoltre, i sistemi organici hanno prodotto di più quando le condizioni non erano certo buone, ad esempio in periodi di siccità (vedi ‘Better Soils’). Dei raccolti inizialmente più esigui sono stati attribuiti in parte alla disponibilità inadeguata di azoto (N) e al tempo speso a rendere stabile l’attività microbica del suolo (la terra di solito conteneva una quantità soddisfacente di azoto ma esso non era ancora utilizzabile), in parte a una maggiore crescita delle erbacce. Questi inconvenienti possono essere risolti con una gestione appropriata e con il tempo necessario al sistema per adeguarsi all’agricoltura organica.

Davis, uno studio durato 4 anni parte del progetto a lungo termine SAFS presso la University of California, ha valutato la coltivazione di pomodori

con metodi tradizionali ed alternativi [142]. I risultati hanno indicato che l'agricoltura organica ha portato raccolti paragonabili a quelli tradizionali. La bassa disponibilità dell'azoto è stato il fattore determinante nella produzione limitata di raccolti nei sistemi organici, ma esso può essere facilmente gestito. L'aggiunta di azoto associata all'integrazione del carbone costituisce la materia organica aumentando la fertilità della terra a lungo termine. Una volta ristabilito il livello della materia organica, è necessaria una minore immissione d'azoto (N).

I risultati dei primi otto anni di sperimentazione del progetto SAFS hanno mostrato che i sistemi organici e integrati hanno raccolti paragonabili ai sistemi tradizionali in tutte le colture testate – pomodori, cartamo, grano e fagioli – e, in alcune circostanze, addirittura superiori [143]. I raccolti del pomodoro nei sistemi organici sono stati minori nei primi tre anni, ma poi hanno eguagliato quelli dei sistemi tradizionali, superandoli nell'ultimo anno di sperimentazione (sono passate dai 68 t/ha del 1996 agli 80 t/ha). Sia i sistemi organici che quelli integrati hanno aumentato la fertilità del carbone contenuto nel suolo organico e degli elementi nutritivi incorporati, sia immediata che a lungo termine.

Poiché i livelli della materia organica si sono stabilizzati nel corso dei due anni di sperimentazione ricavando una disponibilità superiore d'azoto (N), le colture organiche hanno portato maggiori raccolti. È stato rilevato che i sistemi organici sono più produttivi sia con il mais che con i pomodori, specialmente per via dei prezzi più alti. Un altro esperimento ha messo a confronto le patate e il mais delle colture organiche e tradizionali nel corso di tre anni [144]: non ci sono state differenze nelle colture e nel contenuto di vitamina C per quanto riguarda le patate, mentre una varietà di mais tradizionale ha dato solo un prodotto organico e un'altra non ha presentato differenze fra coltura tradizionale ed organica, e nel contenuto di vitamina C ed E. I risultati hanno mostrato che l'applicazione dei composti a lungo termine producono una maggiore fertilità del suolo e un'analoga crescita delle piante.

Sedici

TERRENI MIGLIORI

Conservazione del suolo

L'applicazione dell'agricoltura sostenibile nella maggior parte dei casi riduce l'erosione della terra e migliora la struttura fisica del terreno, il suo contenuto organico, la sua capacità di trattenere l'acqua e l'apporto nutritivo. La fertilità del suolo viene mantenuta ed è restaurata nelle terre degradate.

Un esempio rilevante di ciò è rappresentato dai contadini ai confini del Sahara, in Nigeria, Niger, Senegal, Burkina Faso e Kenya, che coltivano produttivamente senza distruggere i terreni anche dove c'è siccità. La coltivazione integrata, assieme alle colture miste e alla tradizionale conservazione del suolo e dell'acqua, stanno aumentando ampiamente la produzione pro capite [145, 146].

L'approccio all'agricoltura sostenibile aiuta a conservare e migliorare la risorsa più preziosa per i coltivatori: l'humus. Per contrastare l'indurimento, la perdita di elementi nutritivi e l'erosione del suolo, gli agricoltori del sud che utilizzano metodi organici impiegano alberi, arbusti e legumi per stabilizzare e nutrire il terreno, il concime e composti per fornire gli apporti nutritivi, il terrazzamento o gli argini per prevenire l'erosione e preservare l'acqua nel suolo [131].

Riportare la fertilità del suolo

In America Latina, la piantagione di fagioli *Mucuna* ha riportato la fertilità nei terreni che l'avevano perduta [137]. La *Mucuna* produce 100 tonnellate per ettaro di materia organica creando in pochi anni terreni fertili e friabili. Essa genera il fertilizzante fissando l'azoto atmosferico e incame-

randolo nella terra ad uso delle altre piante. Col miglioramento del suolo i raccolti risultano raddoppiati o addirittura triplicati. Uno degli esperimenti di più lunga durata (oltre 150 anni) è il Broadbalk alla Rothamsted Experimental Station. Le prove confrontano un sistema di fertilizzazione manuale a base di letame con un sistema di fertilizzazione sintetico. Per quanto riguarda il grano, di media sono un po' più fertili gli appezzamenti di terreno concimati organicamente rispetto a quelli in cui sono stati utilizzati i fertilizzanti chimici. Fatto ancor più rilevante, la fertilità del suolo, misurata dalla materia organica e dai livelli d'azoto presenti nella terra, è aumentata del 120% nei terreni organici nell'arco di 150 anni, mentre in quelli fertilizzati con agenti chimici è aumentata soltanto del 20% [147].

Un altro studio ha raffrontato le caratteristiche ecologiche e la produttività di 20 fattorie commerciali californiane [148]: le colture di pomodoro delle coltivazioni organiche erano molto simili a quelle tradizionali e anche i danni apportati dai parassiti erano paragonabili. Differenze sostanziali sono state invece rilevate per quanto riguardava i fattori di fertilità del suolo, come la potenziale mineralizzazione dell'azoto e l'abbondanza e diversità dei microbi, che erano maggiori nelle fattorie organiche. La potenziale mineralizzazione dell'azoto nei terreni coltivati organicamente era tre volte più grande rispetto a quella dei terreni coltivati con metodi tradizionali. Il benessere è risultato dall'incidenza nettamente inferiore delle malattie. Nelle fattorie organiche inoltre, la malattia che causa l'avvizzimento della radice del pomodoro era considerevolmente inferiore.

Il miglioramento ecologico del suolo

Lo studio più lungo mai fatto riguardante le coltivazioni tradizionali paragonate a quelle organiche ha decretato il successo di queste ultime [149, 150]. Lo studio svizzero, durato 21 anni, ha riscontrato che il terreno nutrito col letame era più fertile e produceva più raccolti per via dell'apporto di

azoto ed altri fertilizzanti. La qualità principale delle colture organiche è stata il miglioramento delle caratteristiche del suolo. I terreni organici avevano una massa biologica che aveva una quantità di vermi fino a 3.2 volte superiore, il doppio degli artropodi (importanti predatori che indicano la fertilità del suolo) e il 40% in più dei funghi micorrize che aiutano le radici ad ottenere maggiori elementi nutritivi e a prendere l'acqua dal suolo [151]. L'accresciuta diversità delle comunità microbiche nei terreni organici ha trasformato il carbone dei rifiuti in massa biologica a costi energetici inferiori, fornendo una massa più microbica. Ne emerge che una comunità microbica disomogenea permette un'utilizzazione più efficiente delle risorse. Si pensa infatti che l'aumentata fertilità del suolo e la maggiore biodiversità dei terreni organici riduca la dipendenza da fattori esterni e fornisca benefici ambientali di lunga durata.

Esperimenti sul campo condotti su tre fattorie organiche e tre tradizionali nel 1996-1997 hanno esaminato gli effetti dei fertilizzanti sintetici e dei miglioramenti che i metodi alternativi hanno apportato suolo, anche tramite il concime organico [152].

Densità propagole di specie di *Trichoderma* (fungo benefico del suolo che fa da agente biologico per il controllo dei funghi nocivi per le piante) e di micro-organismi termofili (di cui fa parte preponderante l'Actinomycete, che sopprime la *Phytophthora*) erano superiori nel suolo organico. In contrasto con ciò, le densità della *Phytophthora* e del *Pythium* (entrambe patogeni delle piante) erano inferiori nei suoli organici.

Mentre lo studio ha registrato un aumento della flora batterica nei terreni organici, gli scienziati hanno sottolineato che questo non era un problema, in quanto la sopravvivenza dei batteri nel suolo è minima. Chi critica la metodologia organica poco astutamente ha puntato il dito sui possibili effetti dell'uso del concime ai danni della salute. Ma, l'uso del letame non trattato *non* è consentito nell'agricoltura biologica, e il letame trattato (approvato dalla legge) non provoca danni e può pertanto essere utilizzato nelle coltivazioni organiche. A differenza dei regimi convenzionali (dove

potrebbe essere usato il letame non trattato), gli organismi atti alla certificazione delle strutture organiche fanno i dovuti controlli per assicurarsi che le norme vengano rispettate [153].

Fra i terreni trattati in maniera alternativa e quelli concimati con fertilizzanti sintetici sono state osservate differenze poco significative, senza tener conto del sistema di produzione. Nel 1997, quando tutti i coltivatori piantarono i pomodori, i raccolti furono superiori nelle fattorie che nel passato avevano usato la produzione organica, grazie ai benefici della concimazione organica a lungo termine, senza prendere in considerazione il tipo di benefici. Le concentrazioni di minerali erano superiori nei terreni organici e la qualità del suolo nelle fattorie tradizionali è stata migliorata considerevolmente dai fertilizzanti organici. I ricercatori hanno concluso che “non ci sono prove che supportino la tesi polemica (dei critici) che i raccolti organici portino raccolti esigui” (p.158).

Un generale miglioramento della qualità del suolo, evitando la perdita dei raccolti nei periodi di siccità

Lo studio durato 15 anni condotto dal Rodale Institute ha messo a confronto tre sistemi agricoli ecologici di mais e soia [141, 154, 155]. Uno era un sistema tradizionale che usava i pesticidi e l'azoto come fertilizzante minerale, gli altri due erano sistemi gestiti organicamente. In uno, basato sulla concimazione, il bestiame veniva nutrito con erba e legumi cresciuti all'interno di una coltura a rotazione, e il letame usato per concimare forniva l'azoto alla produzione del mais; l'altro non si serviva del bestiame ma di colture di legumi che ricoprivano il terreno come risorsa per ottenere l'azoto. Ne è risultato che le tecniche organiche miglioravano in maniera rilevante la qualità del suolo basandosi sull'analisi della sua struttura, del suo contenuto organico totale (che ne rileva la fertilità), e sulla sua attività biologica [141]. Il miglioramento della struttura del suolo ha creato un am-

biente più propizio all'impiantamento delle radici per la crescita delle piante, ed ha permesso al suolo di assorbire e ritenere meglio l'umidità. Senza contare il beneficio che ciò ha comportato nei periodi di scarse precipitazioni, tale pratica ha anche ridotto il potenziale di erosione nel corso dei temporali più violenti.

I suoli organici hanno mostrato un livello superiore di attività microbica e una grossa diversità dei micro-organismi. Tali cambiamenti a lungo termine all'interno del suolo hanno potuto preservare la salute delle piante e potrebbero avere riscontri positivi sulla disponibilità di elementi nutritivi per la vegetazione quali il carbone e l'azoto e riciclati nel suolo.

Sorprendentemente, i raccolti di mais nell'arco di 10 anni avevano produzioni quasi pari con differenze inferiori all'1% nei tre sistemi [154,155]. I due sistemi organici hanno dimostrato un aumento nei livelli dell'azoto, mentre esso era diminuito nel sistema di coltura tradizionale. Ciò indica che la produttività dei sistemi organici a lungo andare è maggiormente sostenibile [141].

Anche i sistemi di produzione della soia erano molto produttivi, arrivando a 40 bushel/acri. Nel 1999, durante una delle peggiori siccità registrate, le colture di soia organica erano di 30 bushel/acri, paragonate agli appena 16 bushel/acri della soia coltivata con i metodi tradizionali. L'utilizzo dell'agricoltura organica non solo ha portato il suolo a trattenere meglio l'umidità rispetto al metodo tradizionale, ma il suo contenuto altamente organico ha anche reso il suolo meno compatto permettendo alle radici di impiantarsi più a fondo e di trovare l'acqua.

I risultati hanno messo in evidenza i benefici che la pratica organica porta al suolo e la sua capacità di evitare la perdita delle colture. "I dati da noi rivelati mostrano che migliorare la qualità del terreno attraverso l'agricoltura organica può fare la differenza fra una buona e una cattiva coltura in tempi di siccità", ha detto Jeff Moyer, direttore d'azienda al Rodale Institute [156].

UN AMBIENTE PIÙ PULITO

Meno agenti chimici, meno filtrazioni e meno perdite d'acqua

I sistemi dell'agricoltura sostenibile usano i pesticidi chimici o gli erbicidi in misura esigua o nulla e sono chiaramente benefici per l'ambiente (vedi sezione successiva). I sistemi dell'agricoltura tradizionale sono spesso associati a problemi quali la lisciviazione del nitrato e l'inquinamento delle acque freatiche. L'applicazione eccessiva del fosforo per fertilizzare le piante lo accumula di conseguenza sulla superficie del terreno aumentando la perdita di tale elemento tramite l'acqua. L'eutrofizzazione dell'acqua è uno dei risultati peggiori venuti dall'inquinamento dell'azoto e del fosforo. Le concentrazioni di tali elementi altamente nutritivi stimolano la fioritura dell'algale che fa da schermo ai raggi solari causando la morte della vegetazione acquatica e distruggendo l'habitat, il nutrimento e il ricovero dei pesci. Quando l'algale muore decomponendosi, usa l'ossigeno a discapito degli organismi acquatici.

Quattro sistemi di coltivazione – organica, integrata, tradizionale a rotazione quadriennale e tradizionale a rotazione biennale – sono stati testati per valutare la produzione di pomodori e mais dal 1994 al 1998 nella Sacramento Valley in California [157]. I sistemi organici e quelli integrati hanno mostrato una potenzialità superiore rispetto alle colture tradizionali rispettivamente del 112% e del 36% nella mineralizzazione delle riserve d'azoto. In ogni caso, poiché sono ricorsi alla copertura delle piante, il rilascio dell'azoto è stato più lento e continuativo nella stagione di sviluppo.

Al contrario, i sistemi tradizionali hanno fornito l'azoto ad intervalli determinati dall'uso dei fertilizzanti sintetici mineralizzandolo del 100% in più rispetto alla coltura organica e del 28% in più rispetto alla coltura integrata. Ciò ha prodotto una maggiore lisciviazione dell'azoto associata ai problemi di inquinamento.

I raccolti medi di pomodori e mais nel corso di cinque anni non hanno mostrato differenze rilevanti fra i vari sistemi di coltivazione. I ricercatori sono giunti alla conclusione che, il minor rischio di potenziale lisciviazione dell'azoto nei sistemi organici e in quelli integrati sia stato determinato da un grado inferiore di mineralizzazione dello stesso, ciò ha aumentato la sussistenza dell'agricoltura e la qualità delle condizioni ambientali producendo raccolti simili a quelli venuti dai sistemi tradizionali. Anche uno studio fatto in Svizzera della durata di 21 anni [149, 150] ha determinato i limiti entro i quali l'agricoltura organica influenzerebbe l'accumulazione del fosforo disponibile nella terra rispetto alle colture tradizionali [158]. Per farlo, ha utilizzato delle zolle di terra prese da un campione non fertilizzato coltivandone due col sistema tradizionale e due con quello organico. La riserva media annuale di fosforo è risultata negativa in entrambi i sistemi di coltivazione organica per tutti i 21 anni di sperimentazione. Ciò ha indicato che l'eliminazione del fosforo dai raccolti era nettamente superiore a quella del fosforo introdotto dai fertilizzanti. La terra coltivata con sistemi tradizionali, ricevendo i fertilizzanti minerali e i concimi naturali, ha avuto un riscontro positivo nel corso di tre rotazioni delle colture. Oltretutto, la disponibilità di fosforo inorganica nello strato di terreno coltivabile è diminuita considerevolmente nel periodo analizzato in tutti i tipi di coltivazione sperimentati ma non in quello tradizionale. Pertanto possiamo concludere che il potenziale inquinamento portato dal fosforo è inferiore nei sistemi organici.

Gli esperimenti portati avanti per 15 anni dal Rodale Institute hanno mostrato che i sistemi di coltivazione tradizionali hanno avuto un impatto maggiore sull'ambiente rispetto a quelli organici – con un aumento dell'infiltrazione del nitrato nella falda freatica del 60% nell'arco di 5 anni [154, 155]. Anche la presenza di carbone idrosolubile è stata relativamente alta, e pertanto soggetta a lisciviazione. I migliori tassi di filtrazione dei sistemi organici li hanno resi meno soggetti ad erosione e all'inquinamento dell'acqua portato dal suo accumulo in superficie.

Diciotto

LA RIDUZIONE DEI PESTICIDI SENZA AUMENTO DI PARASSITI

Meno pesticidi

L'agricoltura organica proibisce l'abituale applicazione di pesticidi. Secondo la Soil Association in Gran Bretagna nelle colture non organiche è permesso l'uso di circa 430 ingredienti attivi nei pesticidi sintetici, nelle colture organiche solo di 7. I pesticidi utilizzati nelle colture organiche sono usati solo come ultima risorsa disponibile per il controllo dei parassiti quando tutti gli altri metodi non hanno dato risultati. Inoltre, si tratta di prodotti naturali o chimici rapidamente degradabili e tre su sette, per poter essere utilizzati, devono passare attraverso un'ulteriore autorizzazione.

È stato appurato che molti progetti per l'agricoltura sostenibile riducono considerevolmente l'uso dei pesticidi adottando metodi integrati per la gestione delle infestazioni. In Vietnam i contadini hanno ridotto il numero delle vaporizzazioni da 3.4 a 1.0 a stagione, in Sri Lanka da 2.9 a 0.5, in Indonesia da 2.9 a 1.1. Complessivamente nel sud-est Asiatico 100 000 piccoli coltivatori di riso impegnati nella lotta integrata ai parassiti, eliminando i pesticidi, hanno fortemente aumentato i raccolti [130].

Nessuna perdita delle colture nella lotta ai parassiti senza pesticidi

Poiché il metodo organico esclude l'uso dei pesticidi sintetici, i critici sostengono che ciò comporterebbe l'aumento delle perdite nei raccolti. Comunque, gli studi fatti sulla produzione di pomodori in California hanno contraddetto questa tesi [159]. Non è stata rilevata alcuna differenza significativa fra i livelli di danno portati dagli insetti riscontrati in 18 fattorie commerciali, metà delle quali si basavano su sistemi organici certificati,

l'altra metà su sistemi tradizionali. Né c'è stata differenza fra le due metà per quanto riguarda il numero di parassiti erbivori.

Comunque, c'erano più resistenze naturali ai parassiti nelle fattorie organiche, con una floridità maggiore per le specie di tutti i gruppi (erbivori, predatori, parassitoidi). Di conseguenza, qualsiasi particolare specie di parassita nelle fattorie organiche sarà associata ad una varietà maggiore di erbivori (leggi sarà indebolita) e soggetta al controllo di una più ampia varietà e abbondanza di potenziali parassitoidi e predatori.

Allo stesso tempo, lo studio mostra che si possono gestire i parassiti senza pesticidi, e per di più ciò comporta l'inversione della tendenza alle perdite dei raccolti. In Africa dell'Est il mais e il sorgo sono attaccati da due parassiti principali: la piralide e la Striga, un parassita della pianta. Ai margini dei campi vengono piantate delle colture trappola, come l'erba Napier e l'erba Sudan, che attraggono la piralide. L'erba Napier, un'erbaccia locale, emana un odore che attrae la piralide. I parassiti, allontanati dal raccolto, finiscono in una trappola: l'erba produce una sostanza appiccicosa che uccide le larve della piralide [160]. Le colture sono anche inframmezzate da erba melassa (*Desmodium uncinatum*) e da due tipi di legumi: uno a foglia-argentata, l'altro a foglia-verde. I legumi arricchiscono il terreno vincolando l'azoto, mentre il *Desmodium* respinge la piralide e la Stringa.

In Bangladesh nel 1995 è stato avviato un progetto per promuovere il contenimento dei parassiti ai danni del riso senza l'uso di prodotti chimici, affidandosi ai nemici naturali dei parassiti e alla capacità stessa della pianta di riso di compensare il danno inferto dagli insetti. Ad oggi, non ci sono stati impatti negativi sulle colture [161]: al contrario, i coltivatori che hanno utilizzato questo metodo hanno potuto godere di un aumento costante nei raccolti dovuto all'assenza degli insetticidi. Poiché i contadini hanno adoperato anche altre tecniche oltre a quella di eliminare i suddetti insetticidi, non è possibile attribuire tutto il merito dell'aumento dei raccolti all'assenza degli insetticidi. Questo comunque dimostra che non c'è bisogno degli insetticidi per aumentare la portata dei raccolti. I contadini che parte-

cipavano al progetto hanno potuto beneficiare di maggiori profitti economici rispetto a quelli avevano adoperato gli insetticidi: la resa economica media dei primi è stata di Tk 5 373 (US\$ 107) per fattoria a stagione, mentre quella dei secondi è stata di Tk 3 443 (US\$ 69).

Altri benefici provenienti dall'abolizione dei pesticidi

Al di là degli ovvi benefici provenienti dall'abolizione di pericolosi pesticidi, i ricercatori coreani hanno riscontrato che, evitare pesticidi nei campi paludosi favorisce il proliferare del pesce barometro il quale tiene a bada le zanzare che diffondono la malaria e l'encefalite giapponese [162]. I campi nei quali non sono stati usati gli insetticidi presentavano una maggiore varietà di insetti, ma i pesci hanno ovviato a questo problema essendo voraci predatori delle larve di zanzare. In Giappone, un agricoltore biologico è stato pioniere di un sistema di coltivazione del riso che converte le erbacce e i parassiti in risorse per l'allevamento delle oche [163]: le oche mangiano i parassiti e la lumaca dorata che attacca le piante di riso, i semi e le sementi. Usando le zampe per tirare su le sementi, le oche arieggiano l'acqua apportando una stimolazione meccanica che rafforza e rende fertili gli steli del riso.

Tale pratica è stata adottata da circa 10.000 contadini in Giappone, e da contadini in Corea del sud, Vietnam, Filippine, Laos, Cambogia, Thailandia e Malesia. Molti contadini hanno aumentato i raccolti del 20-50% ed oltre sin dal primo anno. Un contadino nel Laos ha triplicato addirittura le entrate.

Sistemi di tal genere, caratteristici dei metodi dell'agricoltura sostenibile, usano interazioni complesse di specie diverse, e mostrano quanto sia importante la relazione fra la biodiversità e l'agricoltura (vedi il prossimo capitolo).

Ne *I prodotti biologici favoriscono la salute* si parla brevemente dei benefici apportati alla salute dall'eliminazione dei pesticidi.

SOSTENERE LA BIODIVERSITÀ E USARE LA DIVERSITÀ

La biodiversità nell'agricoltura è essenziale per la sicurezza alimentare

Mantenere la biodiversità nell'agricoltura è di importanza vitale per la sicurezza alimentare a lungo termine. Pimbert ha studiato le funzioni multiple di tale biodiversità e la sua importanza nelle comunità rurali [164]. La biodiversità in agricoltura contribuisce alla sicurezza alimentare, alla sopravvivenza, e allo sviluppo delle comunità rurali; rigenera i sistemi nutrizionali locali e la loro economia.

Le comunità rurali hanno un habitat dinamico e complesso di solito basato sulla diversità delle specie animali e vegetali, sia selvagge che addomesticate. La diversità *fra* le specie (leggi: diversità proprie o conseguenti all'agricoltura) è ricca per quanto riguarda le specie addomesticate per la produzione alimentare e animale, ed è il risultato delle innovazioni portate dalla gente del posto.

Tale diversità rurale è un'assicurazione contro le malattie delle colture e del bestiame, ed aumenta l'elasticità e la capacità di recupero della popolazione locale di fronte alle avversità e alle variabili del quotidiano.

La biodiversità dell'agricoltura è sempre più minacciata dall'adozione di varietà uniformate e ad alto rendimento caratteristiche della 'moderna' monocoltura.

Gli atti di un incontro della FAO nel 2002 su la "Biodiversità e il modo in cui l'Ecosistema reagisce all'agricoltura, alla gestione delle foreste e delle zone di pesca" ha messo in evidenza la stretta connessione fra biodiversità ed agricoltura [165]. Sono stati fatti esempi specifici su come i metodi innovativi dei contadini abbiano esaltato la biodiversità e quanto essa sia importante per l'agricoltura. Un documento riportava 16 casi studiati in 10 paesi fra Asia, America Latina, Europa e Africa, mostrando come la coltiva-

zione organica aumenti la diversità delle risorse genetiche per il cibo e l'agricoltura [166]. In tutti i casi si è riscontrata una stretta relazione fra i sistemi organici e il mantenimento della biodiversità, nonché il miglioramento delle condizioni socio-economiche dei coltivatori.

Gli studi su un sistema organico gestito dalla comunità presente in Bangladesh, gli studi sulla coltivazione del ladang (erba biologica indonesiana), e quelli sulla produzione biologica del caffè in Messico, hanno mostrato che la gestione da parte della comunità del luogo, con l'utilizzo di metodi tradizionali, può riabilitare gli ecosistemi agricoli abbandonati e degradati. Questi sistemi policolturali sono caratterizzati da ecosistemi altamente diversificati e da una biodiversità agricola che non solo produce cibo, ma anche servizi aggiuntivi per la comunità. Studi sulla produzione di cacao organico in Messico e cotone a pigmentazione naturale in Perù sono esempi del successo dell'agricoltura organica che ha contribuito alla conservazione della diversità *in situ* e ad usufruire di pratiche sostenibili portando allo stesso tempo alle comunità locali dei profitti economici. Varie specie tradizionali o poco adoperate sono state salvate dall'estinzione grazie all'agricoltura organica in Perù (il quinoa senza glutine), Italia (grano Saraceno, fagiolo Zolfino, grano spelt) e Indonesia (varietà locali di riso). Quattro studi in Germania, Italia, Sud Africa e Brasile, mostrano come l'agricoltura organica abbia recuperato molte varietà tradizionali e razze che si sono adattate meglio alle condizioni ecologiche locali e sono divenute resistenti alle malattie. Come conclude l'autore, l'agricoltura organica contribuisce alla conservazione *in situ* nonché al recupero e al mantenimento della biodiversità agricola.

Conservare e sostenere la biodiversità

L'agricoltura sostenibile gioca un ruolo ulteriore nel conservare la biodiversità. Spesso le fattorie organiche mostrano una biodiversità naturale superiore alle fattorie tradizionali vantando più alberi, una diversità di col-

ture più ampia e una gran varietà di predatori naturali che controllano i parassiti ed aiutano a prevenire le malattie [131].

Una ricerca portata avanti in Colombia e Messico ha riscontrato una concentrazione delle specie di uccelli inferiore del 90% nelle piantagioni di caffè rispetto a quelle organiche che utilizzano l'ombra degli alberi imitando l'habitat naturale delle foreste [167].

La coltivazione all'ombra è raccomandata dagli standard organici poiché aumenta la fertilità del suolo, controlla i parassiti e le malattie ed amplia le possibilità di produzione agricola. Un altro studio del British Trust for Ornithology ha rilevato una concentrazione più significativa dell'allodola (una specie in via d'estinzione) nelle fattorie organiche rispetto a quelle tradizionali. La diversità floreale, minacciata oltretutto dal crescente uso degli erbicidi nella produzione agricola, beneficia dei sistemi organici che non permettono l'uso degli erbicidi chimici. Degli studi in Grecia ed Inghilterra mostrano che la diversità floreale e la rigogliosità è assai superiore nei sistemi organici rispetto a quelli convenzionali. Altri studi mostrano l'accresciuta diversità degli invertebrati e la loro abbondanza nei sistemi biologici. Un rapporto della Soil Association [168] ha riesaminato sistematicamente i risultati di nove studi (sette in UK, due in Danimarca) riassumendo i punti chiave di quattordici ulteriori studi su come la biodiversità sia sostenuta dalle colture organiche. Il rapporto arrivava alla conclusione che la coltivazione organica nelle pianure alimenta una biodiversità superiore (sia in termini di abbondanza che in termini di diversità delle specie) paragonata agli ordinari sistemi di coltivazione, incluse le specie prossime all'estinzione.

Ciò valeva specialmente per le piante a crescita spontanea nei campi arabili; per gli uccelli e per la nidificazione delle allodole; per gli invertebrati (inclusi gli artropodi che si nutrono di uccelli, farfalle di specie non parassita e ragni). Le colture organiche inoltre presentavano una gran diminuzione dei parassiti afidi, e nessun cambiamento nella variazione numerica delle farfalle parassite. La qualità dell'habitat nelle fattorie biologiche era migliore sia ai margini dei campi che al loro interno.

Sono state identificate molte procedure benefiche per mezzo dell'agricoltura organica, quali ad esempio le colture a rotazione in cui è stata usata l'erba come foraggio, la semina mista primaverile ed autunnale, i pascoli permanenti, l'assenza di erbicidi o di pesticidi sintetici e l'uso del concime verde. Tali pratiche possono invertire la tendenza al declino tipica della coltivazione tradizionale associata alla biodiversità. Di norma è stata riscontrata una maggiore biodiversità sia nelle zone di pascolo che in quelle di confine. Il rapporto parlava anche di rilevanti benefici nelle regioni montuose.

L'uso ridotto o nullo di prodotti agrochimici nell'agricoltura biologica e in quella sostenibile, permette anche la fioritura di piante selvagge, molte delle quali sono usate in maniera crescente dalla medicina tradizionale. La World Health Organization ha stimato che il 75-80% della popolazione mondiale usa piante medicamentali sia per curarsi sporadicamente che abitualmente. Alcune specie di queste piante vanno incontro all'estinzione, ed è necessario concentrare gli sforzi per preservarle per assicurare il raccolto nelle zone selvatiche e continuare a contribuire al sostentamento degli abitanti locali [169]. Inoltre, le piante selvagge e gli animali costituiscono un'importante risorsa alimentare e terapeutica per molte comunità agricole [164].

La diversità aumenta la produttività agricola

La biodiversità è parte integrante ed essenziale dell'agricoltura sostenibile. Ogni specie in un ecosistema agricolo fa parte di una catena di relazioni ecologiche collegate da materiali e flussi di energia. Nella fattispecie, i diversi componenti della biodiversità agricola sono multifunzionali e contribuiscono a rendere elastici i sistemi di produzione fornendo servizi all'ambiente nonostante alcune specie giochino dei ruoli determinanti [164]. I servizi all'ambiente forniti dalla biodiversità agricola includono la decomposizione della materia organica del suolo, il ciclo nutritivo, la produzione

della biomassa e l'efficienza della resa, la conservazione del suolo e dell'acqua, il controllo dei parassiti, l'impollinazione e la dispersione, la conservazione della biodiversità, le funzioni climatiche, il ciclo dell'acqua, e l'influenza esercitata sulla struttura del panorama.

Risultati empirici di uno studio condotto a partire dal 1994 mostrano che gli ecosistemi diversi sono due o tre volte più produttivi delle monoculture [170, 171]. Nelle particelle sperimentali il numero delle specie è cresciuto in modo cospicuo sia nelle biomasse del sottosuolo che in quelle in superficie. Particelle con spiccate diversità erano totalmente immuni all'invasione e alla crescita delle erbacce, ma ciò non valeva per le monoculture e per gli appezzamenti con scarsa varietà di colture. Perciò, i sistemi che presentano biodiversità sono più produttivi ed anche meno soggetti alla crescita delle erbacce!

Provando, con risultati sbalorditivi, che è meglio piantare delle varietà di colture invece delle monoculture, migliaia di coltivatori di riso cinesi hanno raddoppiato i raccolti ed hanno quasi eliminato l'infezione più devastante del riso senza usare prodotti chimici né spendere di più [172, 173].

Gli scienziati hanno lavorato con i contadini dello Yunnan implementando un metodo semplice che ha ridotto radicalmente la diffusione del fungo che annienta il *magnaporthe grisea*, che distrugge milioni di tonnellate di riso e costa ai contadini la perdita di diversi bilioni di dollari ogni anno.

Anziché piantare grandi quantità di riso di un certo tipo, come di consueto, i contadini hanno piantato una mistura di due varietà: un ibrido standard che normalmente sopravvive all'infezione del fungo e un riso più raffinato, glutinoso, 'viscoso', soggetto alla malattia. Le colture di riso, geneticamente dissimili, sono state piantate in cinque distretti nel 1998 su una superficie di 812 ettari di terreno, e in dieci distretti nel 1999 su una superficie di 3342 ettari di terreno.

Le varietà soggette alle infezioni, piantate assieme a quelle resistenti, hanno portato un raccolto superiore dell'89% con una perdita inferiore del 94% rispetto alla varietà cresciuta nella monocultura. Sia il riso glutini-

noso che quello ibrido avevano subito un'infezione minore. La conclusione è assai chiara per quanto riguarda il riso glutinoso: se una varietà è soggetta ad infezione, più tale varietà è disposta in maniera concentrata, più è facile per l'infezione diffondersi. È meno probabile che la malattia si diffonda quando le piante soggette all'infezione vengono cresciute accanto a piante resistenti (leggi: si verifica un effetto di diluizione). Le piante glutinose di riso, che cresce più in alto del riso ibrido, hanno potuto trarre beneficio anche da condizioni ambientali più soleggiate, calde e secche che in precedenza, cosa che invece ha diminuito la proliferazione del fungo. La ridotta infezione nella varietà ibrida potrebbe essere dovuta al riso glutinoso che, trovandosi più in alto, blocca le spore del fungo *magnaporthe* in sospensione generando una maggiore resistenza indotta (per via della diversità dei campi vengono alimentati patogeni diversi senza un'unica specie dominante). La valutazione media per ettaro di varietà miste era superiore del 14% rispetto alle monocolture ibride, e del 40% rispetto alle monocolture glutinose.

A Cuba, i sistemi integrati di coltivazione, altresì detti policolture, come quella di manioca-pomodoro-mais, sono da 1.45 a 2.82 volte più produttive rispetto alle monocolture [135]. In più, i legumi migliorano le caratteristiche fisiche e chimiche del suolo e spezzano efficacemente il ciclo delle infestazioni dei parassiti.

In Bangladesh, l'integrazione di ortaggi piantati sugli argini delle risaie non ha avuto effetti negativi sui raccolti, nonostante i suddetti siano andati persi [161]. Piuttosto, tali ortaggi hanno fornito maggiori apporti nutrizionali alle famiglie che hanno diviso l'eccedenza fra vicini, amici e parenti o hanno incrementato il loro salario del 14% vendendola.

Anche l'integrazione dei pesci nelle risaie non ha portato alcun riscontro significativo in termini di diminuzione della resa, e in alcuni casi ha migliorato i raccolti. I proventi netti venuti dalla vendita del pesce hanno avuto una resa media di Tk 7 354 (\$ 147 dollari) per contadino a stagione, più della rendita venuta dal riso. Come nel caso degli ortaggi, i coltivatori di ri-

so e pesce hanno mangiato il pesce più spesso e ne hanno donato molto al loro entourage.

La biodiversità del suolo ha un ruolo determinante nel promuovere la produttività dell'agricoltura sostenibile, e la pratica organica la incrementa [174]. Il concime naturale organico, applicato con giudizio alla superficie di terra degradata e incrostata nella regione Saheliana di Burkina Faso, ha innescato l'attività della termite favorendo il recupero e la riabilitazione del suolo degradato.

Le termiti, nutrendo o trasportando la materia organica posta sulla superficie del terreno, hanno migliorato la struttura del suolo e l'infiltrazione dell'acqua aumentando il rilascio di sostanze nutritive. La crescita e il raccolto del *Vicia Sinensis* (un tipo di fagiolo) sono risultate migliori negli appezzamenti di terreno in cui erano presenti le termiti. In India, i fertilizzanti organici e i lombrichi, applicati fra filari di piante di thé, ne hanno aumentato i raccolti dal 76 al 239% rispetto alla fertilizzazione non-organica, incrementando di pari passo le entrate economiche.

SOSTENIBILITÀ ECONOMICA ED AMBIENTALE

Produzione sostenibile

Uno studio fatto a Washington dal 1994 al 1999 e pubblicato su *Nature* ha valutato la sostenibilità della produzione di mele biologiche tradizionale ed integrata (combinando i due metodi) [175, 176]. Il sistema organico era classificato al primo posto per un criterio di sostenibilità ambientale ed economica, quello integrato era al secondo posto e quello tradizionale all'ultimo.

I parametri usati erano la qualità del suolo, la produttività (orticola), il guadagno venuto dalla vendita delle mele, la qualità dell'ambiente e l'efficienza energetica.

La qualità del suolo stimata nel 1998 e nel 1999 per i sistemi integrato ed organico era nettamente superiore rispetto a quella del sistema tradizionale, per via dell'aggiunta di concime naturale. Tutt'e tre i sistemi hanno prodotto raccolti paragonabili senza differenze rilevanti per quanto concerne il danno psicologico e quello inferto dai parassiti e dalle malattie. Ci sono stati per tutti livelli soddisfacenti di elementi nutritivi. Un test fatto sui consumatori ha provato che le mele biologiche erano meno aspre appena raccolte e più dolci di quelle tradizionali dopo essere state immagazzinate per sei mesi. Le mele biologiche erano inoltre più remunerative per via dei prezzi di vendita più alti e avevano un ritorno economico più rapido. Nonostante le entrate siano rimaste basse per i primi tre anni a causa del tempo speso a convertire le colture in organiche, i prezzi nei successivi tre anni sono stati maggiorati del 50%. E a lungo termine la produzione organica ha recuperato i costi più rapidamente. Lo studio prevedeva che il sistema organico avrebbe pareggiato i costi nel giro di 9 anni, il sistema tradizionale in 15 anni e quello integrato in 17.

L'impatto sull'ambiente è stato determinato da un indice che valutava l'effetto negativo dei pesticidi e degli insetti che si nutrono di frutta: più alto

l'indice, più forte l'impatto negativo. L'indice per il sistema tradizionale era 6.2 volte maggiore rispetto a quello del sistema organico. Nonostante la necessità di una maggiore manodopera, il sistema organico utilizzava meno energia per fertilizzare, per controllare la crescita delle erbacce e dei parassiti dimostrandosi più efficiente dal punto di vista del consumo energetico.

Un altro studio ha valutato la sostenibilità finanziaria e quella ambientale dei sistemi di coltivazione organica, integrata e convenzionale applicando un progetto economico-ambientale di contabilità integrata a tre fattorie in Toscana, Italia [177]. In termini di quadratura finanziaria, i margini beneficiari delle coltivazioni organiche si sono dimostrati migliori rispetto a quelli delle coltivazioni tradizionali. Rispetto ai sistemi integrati e a quelli convenzionali i sistemi organici hanno subito minori perdite di azoto, ed hanno un rischio inferiore di inquinamento dovuto ai pesticidi, e inoltre un riscontro positivo nei confronti della biodiversità e della maggior parte degli altri indicatori ambientali. I risultati hanno provato che la coltivazione organica aumenta potenzialmente l'efficienza di molti fattori ambientali ed economici. Pur non essendo completamente irrefutabile che l'agricoltura organica sia più sostenibile, l'efficienza dei sistemi di coltura organica si è mostrata migliore di quella tradizionale.

Sostenibilità ambientale

Uno studio realizzato in tutta Europa ha accertato l'impatto dell'agricoltura biologica sull'ambiente e l'uso delle risorse paragonandoli a quelli dell'agricoltura tradizionale [178]. Lo studio ha mostrato che l'agricoltura organica si comporta meglio di quella tradizionale secondo la maggioranza degli indicatori ambientali. In nessuna categoria l'agricoltura organica è risultata peggiore di quella tradizionale.

Per esempio, l'agricoltura organica è più efficiente per quanto riguarda la diversità della flora e della fauna, la conservazione della vita selvatica e la

diversità dell'habitat. Essa inoltre preserva la fertilità del suolo e la stabilità del sistema meglio di quella tradizionale. In più, lo studio ha mostrato che la coltivazione organica porta a minore o analoga lisciviazione del nitrato rispetto a quella integrata o convenzionale, e che non pone nessun rischio d'inquinamento dell'acqua all'interno del suolo e in superficie causato dai pesticidi sintetici.

Il rapporto della FAO [133] ha enunciato: "In conclusione si può stabilire che l'agricoltura organica, ben applicata, porta a condizioni ambientali più favorevoli a *tutti i livelli*" (il corsivo è aggiunto, p.62). Gli accertamenti hanno mostrato che il contenuto della materia organica è di solito maggiore nel suolo trattato biologicamente indicando altresì maggiore fertilità, stabilità e capacità di ritenzione idrica, fattore che riduce il rischio di erosione e desertificazione. I terreni organici hanno un'attività biologica nettamente superiore e una massa maggiore di micro-organismi rendendo possibile un riciclaggio più rapido delle sostanze nutritive e migliorando la struttura del suolo.

Lo studio ha scoperto che i pesticidi sintetici nell'agricoltura organica non portano alcun rischio di inquinamento dell'acqua e che i livelli di lisciviazione del nitrato per ettaro sono assolutamente inferiori rispetto a quelli dei sistemi tradizionali. Anche per quanto riguarda il dispendio energetico l'agricoltura organica si dimostra più efficiente di quella tradizionale (vedi la prossima sezione).

Lo studio ha stabilito che le risorse genetiche, inclusi gli insetti e i micro-organismi, aumentano tutti quando la terra è coltivata organicamente, mentre la flora e la fauna selvatica interna ed esterna alle fattorie organiche sono più varie ed abbondanti. Offrendo risorse alimentari e ricovero ad artropodi ed uccelli, l'agricoltura organica contribuisce al controllo naturale dei parassiti e alla conservazione e sopravvivenza degli insetti impollinatori.

MIGLIORARE IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Un uso efficiente ha ridotto il consumo diretto ed indiretto dell'energia

L'agricoltura *Moderna* ha molte spiegazioni da dare riguardo il contributo negativo apportato al cambiamento climatico, che è il problema più grave in cui il genere umano si sia mai imbattuto. Essa ha aumentato le emissioni di ossido d'azoto e di metano, potenti gas responsabili dell'effetto serra; consuma moltissima energia fossile e contribuisce alla perdita di carbone nel suolo [179].

La pratica dell'agricoltura sostenibile può essere d'aiuto per frenare il cambiamento climatico. La FAO ritiene che l'agricoltura biologica abiliti gli ecosistemi ad adeguarsi meglio agli effetti climatici e che potenzialmente sia in grado di ridurre considerevolmente le emissioni gassose dell'effetto serra [133]. Il rapporto conclude che, "L'agricoltura organica in proporzione si comporta meglio di quella tradizionale, sia rispetto al consumo diretto di energia (carburante e olio) che al suo consumo indiretto (fertilizzanti e pesticidi di sintesi)" usando l'energia in maniera altamente efficiente [141].

Gli esperimenti del Rodale Institute hanno riscontrato che il dispendio energetico nei sistemi tradizionali superava del 200% quello di qualsiasi sistema organico [141]. Una ricerca in Finlandia ha mostrato che, mentre la coltivazione organica è costata tempi più lunghi rispetto a quelli dei sistemi tradizionali, per quanto è riguardato il consumo energetico la produzione biologica era sempre in vantaggio [180]. Nei sistemi tradizionali infatti, la manifattura dei pesticidi è responsabile di un dispendio energetico pari ad oltre la metà dell'energia consumata nella produzione di segale.

L'agricoltura organica si è dimostrata più efficiente di quella tradizionale dal punto di vista energetico nei sistemi di produzione di mele [175,

176]. Studi in Danimarca hanno paragonato l'agricoltura organica con quella tradizionale per la produzione di latte e farina d'orzo [181]: l'energia totale usata per produrre un litro di latte è stata inferiore nel sistema organico e, analogamente, è stata inferiore del 35% rispetto al sistema tradizionale anche nella produzione di un ettaro di farina d'orzo nella stessa zona. Per quanto il raccolto organico sia stato inferiore, anche l'energia usata per produrre un chilogrammo di orzo è stata significativamente inferiore nel sistema organico rispetto a quello tradizionale.

È calcolato che in Europa le emissioni di diossido di carbonio (CO₂) siano inferiori del 48-66% per ettaro di terreno nei sistemi di coltivazione organici [133, 178], e ciò è stato attribuito alle caratteristiche dell'agricoltura organica, (leggi: nessuna aggiunta di azoto ad alto consumo energetico per fertilizzare (P, K) ed eliminazione dei pesticidi).

In più, poiché l'agricoltura sostenibile si concentra sul consumo, la distribuzione e la produzione locale, si perde meno energia nel trasporto dei prodotti, specialmente nell'aria. Secondo uno studio fatto nel 2001, le emissioni di gas con effetto serra associate al trasporto di cibo da una fattoria ad un mercato locale erano 650 volte inferiori alle emissioni associate al cibo normalmente venduto nei supermercati [citato nel punto 179].

Un maggiore immagazzinamento delle riserve di carbone

Il suolo è un ricettacolo del CO₂ atmosferico, ma la sua funzione è stata quasi esaurita dall'uso della terra per l'agricoltura tradizionale. L'agricoltura sostenibile, comunque, aiuta a combattere i cambiamenti climatici restaurando il contenuto organico della terra (vedi 'Suoli Migliori'), poiché aumenta il fissaggio del carbone nel terreno. La materia organica è restaurata dall'aggiunta di letame, concime organico, e colture rampicanti.

Pretty e Hine hanno stimato che nei 208 progetti da loro visionati sono state adoperate 55.1 milioni di tonnellate di carbone (C) [130]. Il SAFS

Project ha rilevato che il carbone organico contenuto nel suolo è aumentato sia nei sistemi organici che in quelli integrati, mentre lo studio su 20 fattorie commerciali in California ha appurato che i campi organici avevano il 28% in più di carbone organico [148].

Ciò è valso anche per lo studio del Rodale Institute durato 15 anni, in cui i livelli di carbone nei due sistemi organici sono aumentati, a differenza di quanto accaduto nel sistema tradizionale [141]. I ricercatori hanno concluso che i sistemi organici hanno dimostrato un'eccellente capacità di assorbire e trattenere il carbone aumentando la possibilità che l'agricoltura sostenibile possa aiutare a ridurre l'impatto del riscaldamento della terra.

Meno emissioni di protossido d'azoto

La FAO ha anche stimato che l'agricoltura organica genera minori emissioni di protossido d'azoto (N₂O) [133], un altro importante gas serra che è anche una delle cause dell'esaurimento dell'ozono nella stratosfera. Ciò è dovuto ad una più bassa densità di bestiame e dunque ad una produzione inferiore di letame, cosa che porta ad una disponibilità inferiore di azoto nel suolo come sorgente di denitrificazione, a una maggiore quantità di C/N di concime organico e ad un'assimilazione migliore dell'azoto mobile nel suolo per via dei rampicanti.

UNA PRODUZIONE EFFICIENTE E REDDITIZIA

L'aumento della produttività

Qualsiasi diminuzione dei raccolti nell'agricoltura organica è più che compensata dal suo guadagno in termini ecologici e di efficienza della produttività, nonché dai costi inferiori, cosa che la rende un'impresa remunerativa. Uno studio svizzero condotto nell'arco di un periodo di 21 anni, ha scoperto che l'uso dei fertilizzanti e il dispendio energetico è stato ridotto del 34-53% e che l'immissione dei pesticidi è diminuita del 97% mentre i raccolti poco produttivi sono diminuiti appena del 20% mostrando una grande efficienza nella produzione e nell'uso delle risorse [149, 150]. L'approccio organico a lungo andare si è rivelato più proficuo commercialmente producendo una maggiore quantità di cibo o risorse per unità energetica.

I dati mostrano che le fattorie più piccole producono molto più per unità di terra coltivata rispetto a quelle grandi (caratteristiche monoculture tradizionali) [136]. Nonostante il raccolto di una coltura possa essere inferiore in una piccola fattoria rispetto a una grande monocultura, il prodotto totale per unità, spesso composto da più di una dozzina di raccolti e vari prodotti animali, è nettamente superiore. Anche le piccole fattorie sono più efficienti di quelle grandi in termini di utilizzo del territorio e del 'fattore di produttività totale': un'efficienza media di tutti i diversi fattori che rientrano nella produzione, inclusa la terra, il lavoro, le entrate, il capitale, ecc.

Studi in Bolivia mostrano che, nonostante i raccolti siano superiori nelle piantagioni di patate fertilizzate chimicamente e trattate artificialmente, i costi energetici sono più alti e i benefici economici netti più bassi rispetto a quelli in cui le varietà native di legumi sono state utilizzate come colture a rotazione [135]. I sondaggi indicano che i contadini pre-

feriscono quest'ultimo sistema alternativo in quanto ottimizza l'uso delle scarse risorse, il lavoro e il capitale disponibile, ed è accessibile anche a produttori indigenti.

Costi minori, profitti maggiori

Due esperimenti in Minnesota hanno valutato l'uso di quattro tipi di strategie (a immissione nulla, bassa, alta ed organica) su una coltura rotativa biennale di semi di soia/mais/frumento erba medica-erba medica [182]. I rendimenti medi dei raccolti di grano e dei semi di soia nell'arco di sette anni, dal 1993 al 1999, sono variati rispettivamente del 91 e 93% nel periodo quadriennale di strategia organica e dell'81 e 84% nel periodo biennale di strategia integrata. Comunque, i raccolti di avena erano simili sia nella coltura organica che in quella integrata. Nei due periodi testati i raccolti di erba medica nella strategia organica quadriennale arrivavano al 92% rispetto a quelli coltivati con alta immissione di input nel primo test, ed erano uguali nel secondo.

Nonostante la riduzione minima nei raccolti di mais e soia, i sistemi organici avevano minori costi di produzione rispetto a quelli con alta immissione di input. Di conseguenza, i profitti netti, senza considerare i prezzi più alti dei prodotti organici, erano equivalenti in entrambe le strategie. Pertanto gli scienziati ritengono che i sistemi di produzione organica possano competere con quelli tradizionali.

Un'analisi generale dei molti studi comparati sulla produzione di grano e soia condotta a partire dal 1978 da sei università statunitensi del Midwest, ha riscontrato che in linea di massima la produzione organica era equivalente che in alcuni casi superava quella tradizionale [183]. I sistemi organici davano raccolti superiori rispetto a quelli tradizionali che presentavano una produzione continua (leggi, nessuna rotazione delle colture), e raccolti pari o inferiori rispetto ai sistemi tradizionali che includevano le col-

ture a rotazione. In climi secchi i sistemi organici producevano raccolti superiori poiché erano più resistenti alla siccità.

Secondo metà degli studi, considerando i prezzi di vendita superiori, i sistemi organici sono sempre stati economicamente più convenienti. Ciò è stato attribuito ai costi inferiori di produzione e alla capacità dei sistemi organici di superare il rendimento delle colture tradizionali nelle zone secche e nei periodi di siccità. L'autore ha concluso: “i sistemi di produzione organica sono in competizione con i più comuni sistemi di produzione tradizionali”, ritenendo che, “se i contadini ottengono dei vantaggi commerciali per il grano e la soia organici, la loro produzione di solito porta profitti più alti rispetto alla produzione di grano e soia non organici.” (p.2).

I risultati di una ricerca condotta per 15 anni dal Rodal Institute hanno dimostrato che, dopo un periodo di transizione con raccolti più esigui, i sistemi organici sono diventati economicamente più competitivi nei confronti di quelli tradizionali [141]. Mentre i costi dell'operazione hanno influito per alcuni anni sul quadrante finanziario generale della produzione, i profitti sono variati da un corrispettivo leggermente inferiore ad uno sostanzialmente superiore rispetto ai sistemi tradizionali, nonostante l'analisi economica non abbia compreso i prezzi più alti dei prodotti organici. I profitti superiori delle fattorie organiche sono stati prodotti in gran parte dai maggiori raccolti di mais, quasi raddoppiati dopo un periodo di transizione. Quando i prezzi o i raccolti sono stati inferiori, ciò ha inciso meno sulle fattorie organiche rispetto a quelle tradizionali poiché hanno avuto meno fluttuazioni nelle entrate economiche sfruttando, oltre alla vendita del mais, anche la diversità delle colture. Le spese nelle fattorie organiche sono state nettamente inferiori in confronto a quelle sostenute dalle fattorie tradizionali – queste ultime hanno speso il 95% in più in fertilizzanti e pesticidi. I costi di produzione complessivi nelle fattorie organiche sono risultati inferiori del 26%.

IL MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA ALIMENTARE E I BENEFICI PER LE COMUNITÀ LOCALI

L'aumento della produzione alimentare locale

Nonostante la produzione globale di cibo sia adeguata, c'è ancora molta fame nel mondo in quanto aumentare le risorse alimentari non significa garantire automaticamente la sicurezza alimentare. L'importante è considerare chi produce il cibo, chi ha accesso alla tecnologia e ne conosce la produzione, e chi ha il potere d'acquisto [130]. I contadini poveri non possono permettersi l'acquisto di moderni strumenti tecnologici che, in teoria, aumentano la resa dei raccolti.

Molti contadini mostrano una produttività lenta, non perché non posseggano dei semi miracolosi che contengono il loro stesso insetticida o perché siano tolleranti a massicce dosi di erbicida, ma perché sono stati piazzati erroneamente in terre marginali nutrite dalla pioggia e fronteggiano strutture e regole macroeconomiche costruite su ineguaglianze storiche e sempre più avverse alla produzione alimentare delle piccole fattorie [184].

Perciò questo tipo di agricoltura è meglio caratterizzata come “complessa, diversa ed esposta al rischio” [185], ed i contadini hanno strutturato delle tecnologie agricole compatibilmente con le circostanze variabili ma uniche determinate dal clima locale, dalla topografia, dal suolo, dalla biodiversità, dai sistemi di raccolta, dalle risorse, ecc. Proprio queste fattorie, già esposte a rischi, si prestano ad essere più esposte all'eventualità di una contaminazione delle colture GM [184].

I metodi dell'agricoltura sostenibile permettono ai contadini di migliorare la produzione locale di cibo a basso costo, utilizzando le tecnologie disponibili senza causare danni ambientali. Ed è proprio di questo che si sono occupati Pretty ed Hine [130]. La maggior parte dei progetti dell'agricoltura sostenibile ha registrato cospicui aumenti nella produzione di cibo

per unità familiare – alcuni con aumenti dei raccolti, altri con incrementi della densità dei concimi organici o della diversificazione dei prodotti.

Le prove hanno mostrato che:

- La produzione media di cibo per famiglia è cresciuta di 1.71 tonnellate l'anno (fino al 73%) per 4.42 milioni di contadini su 3.58 milioni di ettari.
- Un aumento della produzione di cibo di 17 tonnellate l'anno (un incremento del 150%) per 146000 contadini su 542000 ettari di terreno con coltivazioni di patate, patate dolci e manioca.
- La produzione totale è aumentata di 150 tonnellate per unità familiare (con un incremento del 46%) per le fattorie più grandi in America Latina (misura media: 90 ettari).

Lo studio ha scoperto che, con l'aumento delle riserve alimentari, è aumentato anche il loro consumo domestico con benefici immediati per la salute, specialmente quella delle donne e dei bambini. In più, l'88% dei 208 progetti hanno consentito un uso migliore delle risorse locali disponibili, ed hanno incrementato del 92% il rendimento della manodopera attraverso programmi di apprendimento. In più della metà dei progetti, la gente ha cooperato.

Apprendere dai contadini

L'agricoltura sostenibile riconosce il valore della conoscenza tradizionale e indigena, dell'esperienza e dell'innovazione dei contadini. L'importanza e il valore dell'apprendimento e della partecipazione attiva dei contadini alla ricerca agricola è ben espressa da concetti quali 'il contadino viene per primo' [185, 186].

Studi di casi ed esperienze innovative di successo provenienti da progetti agroecologici in Africa, America Latina e Asia [187] hanno fornito prove che l'agricoltura a conduzione familiare, usando tecniche agro-biologiche, potrebbe dare un contributo importante all'alimentazione mondiale nei

prossimi 30-50 anni. Affidandosi principalmente alle risorse e alla conoscenza locale, i contadini sono in grado di aumentare sostanzialmente i raccolti, talvolta raddoppiandoli o triplicandoli.

Per fare un esempio, nella zona del Mali Saheliano, le pratiche di conservazione del suolo e dell'acqua e della foresta hanno aumentato i raccolti di cereali, in alcuni casi da 300 kg/ha a 1700 kg/ha, circa il doppio del necessario per soddisfare i fabbisogni alimentari primari. È stata evidenziata anche l'importanza di preservare le varietà tradizionali di semi e la biodiversità attraverso una valutazione improntata sui piccoli agricoltori, sulla comunità e sulla banca dei geni locale.

Lo studio della FAO ha messo in evidenza l'importante contributo delle risorse dei contadini poveri nel mondo [133]. L'agricoltura organica non certificata praticata da milioni di indigeni, paesani e piccoli coltivatori di terre a dimensione familiare, danno un contributo importante alla sicurezza alimentare regionale: in America Latina essi sono fautori di più del 50% della produzione di mais, fagioli, manioca e patate; in Africa della maggior parte della produzione dei cereali, delle radici e dei tuberi; in Asia, della maggior parte della produzione del riso.

Casi studiati in India, Brasile, Iran, Thailandia e Uganda mostrano come la conoscenza tradizionale, gli approcci innovativi ed agroecologici hanno portato numerosi benefici: aumento della produttività, miglioramento della salute ambientale e della fertilità del suolo, aumento della biodiversità, rientri economici, sicurezza alimentare, aumento delle relazioni sociali all'interno delle comunità, e una rinascita delle tradizionali pratiche dell'agricoltura sostenibile [133].

I contadini in Etiopia stanno prendendo posizione per assicurare la sicurezza alimentare affidandosi alle proprie conoscenze [188]. Ad Ejere i contadini hanno rivendicato la produzione delle loro varietà di frumento locale, il *teff* (uno dei principali cereali etiopi) e di orzo, dopo aver constatato che le cosiddette 'colture moderne ad alto rendimento' in effetti portavano ad una diminuzione dei raccolti e ad ulteriori problemi. Nella zona del-

la Butajira, i contadini stanno dimostrando che è possibile ottenere coltivazioni intensive e sostenibili fornendo una quantità di cibo bastante ad incontrare i fabbisogni della popolazione. Ciò è stato possibile selezionando raccolti indigeni per opporre resistenza alle malattie, alla siccità e a molte altre caratteristiche indesiderabili tramite la gestione integrata del bestiame e la coltivazione intercanalare. A Worabe i contadini mantengono un sistema agricolo complesso, sostenibile ed indigeno che garantisce la sicurezza alimentare. Il sistema è basato sull'*enset*, una coltura indigena ad uso multiplo molto resistente alla siccità.

Più alto il reddito, più alta la sicurezza alimentare

Centinaia di progetti di sviluppo locali mostrano che l'aumento della produttività agricola con la pratica biologica non solo accresce la fornitura alimentare, ma anche le entrate, riducendo perciò la povertà, favorendo l'accesso al cibo, ovviando al problema della malnutrizione e migliorando la vita degli indigenti [189]. I sistemi agroecologici danno livelli più stabili della produzione totale per unità rispetto a quelli ad alta immissione di fertilizzanti chimici, portano un ritorno economico grazie ai prezzi più alti, alimentano l'occupazione e una serie di introiti che migliorano la vita dei piccoli contadini e delle loro famiglie. Essi inoltre assicurano la protezione e la conservazione del suolo, e danno importanza alla biodiversità [190].

I sistemi di produzione integrata e le fattorie diversificate hanno aiutato i contadini del centro e del sud del Cile a raggiungere una sufficiente produttività annuale restaurando al contempo la fertilità della terra [135]. I piccoli sistemi di coltivazione instaurati consistevano in policolture e sequenze rotative di foraggi e colture alimentari, foreste ed alberi da frutta e tutto con l'integrazione del bestiame.

La fertilità del suolo è migliorata e non è sorto alcun problema serio con i parassiti e le malattie. Gli alberi da frutta e le colture di foraggio hanno

portato raccolti superiori alla norma e la produzione di latte e uova hanno oltrepassato ampiamente quelli delle fattorie tradizionali ad alta immissione di trattamenti chimici. Per una famiglia originaria, tali sistemi producevano un'eccedenza di proteine del 250%, di vitamine A e C rispettivamente dell'80 e del 550%, e di calcio del 330%. Se il prodotto lordo di ogni fattoria fosse venduto a prezzo di costo, una famiglia potrebbe ottenere un'entrata netta 1.5 volte superiore allo stipendio minimo in Cile, dedicando solo poche ore a settimana alle coltivazioni. Il tempo risparmiato potrebbe essere usato liberamente per altre attività remunerative.

L'agricoltura organica può aumentare gli stipendi, i profitti e le rendite dei contadini eliminando o riducendo l'uso dei fertilizzanti grazie alla diversificazione (spesso aggiungendo un nuovo elemento produttivo). Essa inoltre ottimizza la produttività, la stabilità e l'aumento della biodiversità all'interno e all'esterno della singola fattoria, permettendo ai coltivatori l'immissione nel mercato di colture a crescita spontanea, favorendo la proliferazione di insetti ed animali, e beneficiando di prezzi di vendita superiori [191]. Un caso studiato in Senegal ha mostrato che i raccolti potevano essere moltiplicati di anno in anno ed erano soggetti a meno cambiamenti con conseguente miglioramento della sicurezza alimentare per la famiglia. Allo stesso modo, in Messico dei coltivatori di caffè che hanno adottato pratiche organiche, hanno fondato una cooperativa equo-solidale che gli ha permesso di superare le difficoltà create dal degrado del suolo e dalla povertà dei raccolti e accedere ad un mercato specializzato.

Generare il denaro per l'economia locale

I soldi finanziati da una cooperativa biologica del Cusgame Organics (UK Regno Unito) hanno mostrato il beneficio per la comunità venuto dagli acquisti locali [192]. L'analisi economica ha seguito le entrate della cooperativa monitorando esattamente dove era stato speso il denaro, quanto

di esso fosse investito per una spesa locale e in che modo esso fosse stato speso. È risultato che per ogni pound speso al Cusgarne Organics venivano generati £2.59 per l'economia locale. Dall'altra parte, secondo uno studio che coinvolgeva le grandi catene di supermercati Asda e Tesco, ogni pound speso in un supermercato fruttava solo £1.40 all'economia locale. Lo studio concludeva: "Le cifre dimostrano che il rientro economico netto per l'economia locale di una spesa al Cusgarne Organics è quasi il doppio rispetto a quello proveniente dalla stessa cifra spesa per l'acquisto di prodotti ordinari a livello nazionale ed internazionale." (p.16).

I PRODOTTI BIOLOGICI FANNO BENE ALLA SALUTE

Meno residui chimici

Il rapporto di una ricerca scientifica della Soil Association ha mostrato che, in media, il cibo organico è migliore di quello non organico [193]. In primo luogo è più sicuro, dal momento che la coltura organica proibisce l'uso di pesticidi ed erbicidi di routine, per cui raramente presenta dei residui chimici. Per contro, il cibo non-organico ha la probabilità di venire contaminato dai residui spesso presenti in combinazioni potenzialmente pericolosi. La British Society for Allergy, Environmental and Nutritional Medicine, commentando il rapporto, asserisce: “Per molto tempo abbiamo creduto che le micro deficienze di sostanze nutritive comuni nei nostri pazienti fossero legate alla perdita di minerali nel suolo dovute all'agricoltura intensiva, e *sospettiamo che le esposizioni ai pesticidi contribuiscano all'aumento allarmante delle allergie ed altre malattie.*” (il corsivo è aggiunto).

Le conseguenze negative dei pesticidi sulla salute includono neurotossicità, malfunzionamento del sistema endocrino, cancerogenicità e soppressione del sistema immunitario (vedi anche ‘Pericoli derivati dagli Erbicidi’).

Non è facile stabilire gli impatti dei pesticidi normalmente usati nelle colture i cui residui contaminano il cibo in profondità e in superficie, ma è necessario prendere precauzioni affinché ciò non avvenga. Nonostante siano stati stabiliti dei livelli di sicurezza raccomandabili nell'uso dei pesticidi, gli stessi test fatti dal governo del Regno Unito hanno mostrato che i livelli dei residui medi sul cibo possono essere stati a torto sottovalutati.

La ricerca ha anche riportato che l'esposizione ai pesticidi ha effetti negativi sulla funzione riproduttiva maschile, quale la riduzione della capacità di riproduzione dello sperma e un basso tasso di fertilità [194]. Al contrario i membri di un'associazione di agricoltori biologici danesi il cui consumo dei prodotti del latte corrispondeva per il 50% a prodotti biologici,

avevano un'alta densità dello sperma [195]. In un altro studio la concentrazione di sperma fra gli uomini che si nutrivano con cibo biologico era superiore del 43.1% [196].

I bambini potevano trarre particolare beneficio dal cibo biologico. Gli scienziati hanno monitorato i bambini in età prescolare a Seattle (Washington), per accertare la loro esposizione al pesticida OP (organofosforo) tramite l'alimentazione [197]. La concentrazione totale del metabolite diméthyle era circa sei volte superiore per i bambini nutriti con alimenti tradizionali rispetto a quelli nutriti con alimenti biologici. Si ritiene che un normale consumo di frutta biologica, vegetali e succo di frutta possa ridurre l'esposizione all'OP assicurando un fattore di rischio minimo o trascurabile. Lo studio ha concluso che il consumo di prodotti organici può essere un modo relativamente semplice per i genitori di ridurre l'esposizione dei bambini ai pesticidi OP.

Più sano e più nutriente

In più, la produzione di cibo biologico vieta l'uso di additivi artificiali del cibo quali i grassi idrogenati, l'acido fosforico, l'aspartame e il glutammato monosodico, che sono stati collegati a vari problemi di salute quali le cardiopatie, l'osteoporosi, l'emicrania e l'iperattività [193].

Inoltre, mentre le piante rilevano dal suolo un'ampia gamma di minerali, i fertilizzanti artificiali sono in grado di rimpiazzare solo pochi minerali principali. A lungo termine c'è un chiaro declino della traccia del – contenuto minerale nella frutta e nei vegetali, e l'influenza delle tecniche di coltivazione va analizzata in maniera più approfondita. Lo studio della Soil Association [193] ha rilevato che di media il cibo organico ha un contenuto più alto di vitamina C, una densità superiore di minerali e fenoli (composti di piante in grado di combattere il cancro – leggi in seguito –) rispetto al cibo tradizionale.

Il prodotto tradizionale tende anche a contenere più acqua rispetto a quello biologico che possiede in media il 20% in più di materia secca [193]. Pertanto, il costo superiore del prodotto biologico fresco è parzialmente compensato dal fatto che i consumatori di prodotti tradizionali pagano il peso extra dell'acqua ottenendo in media solo l'83% degli elementi nutritivi disponibili rispetto alla produzione organica. Inoltre, il maggiore contenuto di acqua tende a diluire il contenuto nutritivo.

Dei test fatti su persone ed animali nutriti con cibo biologico hanno dimostrato che esso fa una gran differenza per la salute e che le terapie alternative per combattere il cancro hanno raggiunto dei buoni risultati grazie all'assunzione esclusiva di cibo organico. Il rapporto [193] cita una recente prova clinica fatta da dottori e nutrizionisti che adoperano terapie alternative per combattere il cancro i quali hanno osservato che una dieta interamente biologica è essenziale per ottenere risultati di successo. Le terapie nutrizionali per curare il cancro evitano il più possibile l'inquinamento e le tossine promuovendo il consumo esclusivo di prodotti biologici che aumentano gli apporti nutritivi. Gli esperimenti sull'alimentazione animale hanno rilevato anche una migliore capacità di riproduzione, di crescita e di guarigione dalle malattie.

Una recensione che prendeva in esame 1240 casi facenti parte di 41 studi [198] ha mostrato statisticamente delle spiccate differenze nel contenuto nutritivo delle colture organiche rispetto a quelle tradizionali. Ciò è stato attribuito in primo luogo alla gestione della fertilità del suolo ed ai suoi effetti sull'ecologia della terra e sul metabolismo delle piante. Le colture organiche contenevano molti più elementi nutritivi – vitamina C, ferro, magnesio e fosforo – e molti meno nitrati (tossici) rispetto alle colture tradizionali. Nelle colture organiche c'era la tendenza alla produzione di una quantità leggermente minore di proteine, che comunque erano qualitativamente migliori e possedevano un contenuto più alto di minerali importanti a livello nutrizionale e una quantità inferiore di metalli pesanti rispetto alle colture tradizionali.

Aiutare a combattere il cancro

I fenoli (flavonoidi) sono metaboliti secondari delle piante atti a difenderle dagli insetti, dalle infezioni dei batteri e dei funghi e dalla foto-ossidazione. È stato scoperto che questi agenti chimici sono utili nella prevenzione del cancro e delle malattie del cuore, e combattono le disfunzioni neurologiche legate all'età. Un recente trattato scientifico [199, 200] paragona il contenuto totale fenolico di fragole e mais cresciuti nelle colture biologiche (o con altri metodi sostenibili) alle pratiche agricole tradizionali.

Uno studio precedente metteva a confronto i composti antiossidanti nelle pesche e nelle pere organiche e non, stabilendo che i prodotti organici avevano una migliore reazione antiossidante rispetto a quelli tradizionali [201]. Ciò protegge la frutta dai pericoli ai quali è soggetta in assenza di pesticidi. Quindi l'agricoltura organica, eliminando l'uso consueto di pesticidi sintetici e fertilizzanti chimici, può creare condizioni favorevoli alla produzione di fenoli per garantire la salute delle piante.

In Gran Bretagna questi e molti altri benefici del cibo organico sono stati portati all'attenzione del governo [202, 203]. Fra le questioni sollevate ci sono stati i costi di produzione non ufficializzati dell'agricoltura tradizionale, esclusi dal prezzo di vendita. Se fossero state prese in considerazione le spese reali sostenute per produrre il cibo, esso sarebbe risultato più costoso di quello biologico. Per esempio, evitare l'epidemia del BSE ('la sindrome della mucca pazza') avrebbe fatto risparmiare 4.5 bilioni di sterline. Nessun animale nato e cresciuto in una fattoria organica nel Regno Unito ha mai contratto il BSE.

CONCLUSIONE ALLA PARTE 3

L'agricoltura sostenibile può aumentare sostanzialmente la produzione di cibo a basso costo che può essere veicolato economicamente, ambientalmente e socialmente e contribuire al benessere locale migliorando fra l'altro la salute e l'ambiente.

Poiché la vera causa della fame è l'ineguaglianza fra le nazioni e le persone, qualsiasi metodo utilizzato per incrementare la produzione di cibo che renda più netta tale ineguaglianza è destinato a fallire nel ridurre il deficit. Al contrario solo tecnologie che agiscono positivamente sulla distribuzione del benessere, del rientro economico e sulla gestione patrimoniale, possono realmente ridurre la fame [4]. Fortunatamente, tali tecnologie sono caratteristiche dell'agricoltura sostenibile.

L'agroecologia, l'agricoltura sostenibile e le colture biologiche sono funzionali non soltanto per i contadini dei paesi sviluppati, ma anche per quelli dei paesi in via di sviluppo. Come mostra un rapporto della FAO [133], c'è una buona base per costruire e rafforzare la sussistenza dell'agricoltura biologica certificata e di quella non certificata. Le tecnologie e i processi sociali per migliorare la qualità delle colture a livello locale sono sempre più operativi, vengono continuamente testati e stanno già portando a grossi aumenti della produttività.

Gli esempi presi in esame in questa istanza sono solo un assaggio della miriade di prove dell'applicazione locale dell'agricoltura sostenibile. Essi rappresentano le innumerevoli dimostrazioni di talento, creatività e conoscenza scientifica delle comunità rurali [132].

Pertanto c'è un bisogno impellente di concentrare gli sforzi, la ricerca, i fondi e le leggi a favore dell'agroecologia, dell'agricoltura sostenibile e delle coltivazioni organiche, rafforzando in particolare la produzione a livello locale. La sfida è di aumentare e moltiplicare i successi, ed anche di rendere la

pratica organica accessibile ai più. Il modello di agricoltura moderna, così spesso nelle mani di poche grosse compagnie, va sfidato, come pure le colture GM. È necessario tagliare i fondi e gli incentivi concessi per legge per l'acquisto dei prodotti chimici tradizionali e per sostenere le colture GM, ed aumentare le esigue disponibilità finanziarie concesse in favore delle pratiche alternative [4]. C'è anche bisogno di fare in modo che l'agricoltura biologica non venga sopraffatta da interessi di potere e di aiutare tutti i tipi di agricoltura sostenibile, specialmente quella delle piccole realtà rurali.

Note

1. *Lettera aperta degli scienziati dei governi di tutto il mondo per una moratoria sul rilascio di colture geneticamente modificate e il sostegno dell'agricoltura biologica sostenibile*, attualmente firmata da più di 600 scienziati di 72 paesi, con molti riferimenti alla letteratura scientifica www.i-sis.org.uk

STATEMENT OF THE INDEPENDENT SCIENCE PANEL

Launched 10 May 2003, London

L'Independent Science Panel (ISP) è un gruppo di scienziati specializzati in varie discipline, impegnati nel seguente intento:

1. Promuovere la scienza per il bene pubblico, indipendentemente dagli interessi commerciali e di qualsiasi altro genere, o sotto il controllo governativo

Crediamo fermamente che la scienza dovrebbe essere responsabile nei confronti della società civile, che dovrebbe essere accessibile a tutti, senza alcuna differenza fra genere, età, razza, religione o casta; e che tutti i settori della società civile dovrebbero partecipare nel prendere decisioni su ogni problema legato alla scienza, dalla ricerca scientifica, o alle leggi che riguardano la scienza e la tecnologia. Crediamo che il pubblico debba avere accesso diretto a tali specifiche informazioni scientifiche in maniera imparziale e senza censura.

1. Mantenere i più alti standard di integrità e imparzialità scientifica

Sottoscriviamo i principi di onestà, apertura e pluralismo nell'operatività scientifica. Ammettiamo le recensioni di personale competente riguardando

do il lavoro pubblicato e il rispetto e la protezione di chi si adopera nella ricerca sfidando i paradigmi convenzionali e l'opinione della maggioranza. Riteniamo che i disaccordi scientifici debbano essere discussi apertamente e democraticamente. Ci impegnamo a mantenere gli standard più elevati della ricerca scientifica assicurando che i risultati della stessa non siano travisati o distorti per motivazioni di carattere sociale o politico.

3. Sviluppare una scienza che possa aiutare a mantenere il mondo sostenibile, equo, pacifico e migliorare la qualità della vita di tutti gli abitanti

Rispettiamo la santità della vita umana, cerchiamo di produrre il minor rischio possibile per qualsiasi creatura vivente e di proteggere l'ambiente. Riteniamo che la scienza debba contribuire al benessere fisico, sociale e spirituale di chiunque in tutte le società. Ci impegnamo in questo senso da una prospettiva ecologica che tenga conto della complessità, diversità e interdipendenza di tutta la natura.

Sottoscriviamo il principio precauzionale: ove ci sia il sospetto plausibile di un danno serio o irreversibile, la mancanza di consensi da parte degli organismi scientifici competenti non deve essere usata per posporre azioni preventive. Rifiutiamo gli sforzi scientifici a favore di scopi prettamente militari che promuovono l'imperialismo commerciale a scapito della giustizia sociale.

Il gruppo per la modificazione genetica dell'ISP

Il Gruppo per la Modificazione Genetica (GM) dell'ISP è costituito da scienziati che lavorano con la genetica, le bioscienze, la tossicologia e la medicina, ed altri rappresentanti della società civile che si preoccupano delle pericolose conseguenze delle modificazioni genetiche di piante ed animali

e tecnologie correlate e la loro rapida commercializzazione in agricoltura e medicina senza fare le appropriate valutazioni scientifiche e senza consultarsi col pubblico ottenendo il suo consenso.

Riteniamo i seguenti aspetti particolarmente disdicevoli ed inaccettabili:

- La mancanza di informazione pubblica che critica la scienza e la tecnologia GM.
- La mancanza di responsabilità pubblica nella comunità scientifica del GM.
- La mancanza di ricerca scientifica indipendente e disinteressata riguardo i pericoli e la valutazione dei rischi del GM.
- L’atteggiamento partigiano degli organismi competenti e di altri atti a regolare l’informazione pubblica, i quali sembrano maggiormente impegnati a pubblicizzare le corporazioni che a diffondere informazioni importanti.
- Dilaganti conflitti di interessi commerciali a politici sia nella ricerca che nello sviluppo e nella regolazione del GM.
- Messa a tacere e diffamazione delle scoperte di scienziati che cercano di trasmettere al pubblico informazioni ritenute pericolose per l’industria GM.
- Persistente negazione e rifiuto di esaurienti prove scientifiche che constatano i pericoli causati dal GM alla salute e all’ambiente, da parte di chi è a favore della modificazione genetica e di organismi consultivi e di quelli atti a regolare le leggi che dovrebbero essere presumibilmente disinteressati.
- Continue rivendicazioni dei benefici venuti dal GM fatte delle compagnie biotech, ribadite dalle autorità scientifiche di fronte alla cospicua quantità di prove che il GM si è dimostrato fallimentare sia all’atto pratico che negli esperimenti di laboratorio.
- La riluttanza a riconoscere che tutte le scoperte delle ricerche accademiche sul GM stanno già decadendo e che le multinazionali dell’ingegneria genetica (e i loro azionisti), come pure i loro consulenti, si stanno attualmente interrogando sul buon senso di portare avanti ‘l’impresa GM’.

- Negazione generale e condanna di ampie prove che puntano a dimostrare i benefici dei vari sistemi dell'agricoltura sostenibile tesi a salvaguardare la salute e l'ambiente, come pure la sicurezza alimentare e il benessere sociale dei contadini e delle loro comunità locali.

LA LISTA SCIENZIATI DELL'INDEPENDENT SCIENCE PANEL SUGLI OGM

Prof. Miguel Altieri

Professore di Agroecologia, University of California, Berkeley, USA

Dr. Michael Antoniou

Senior Lecturer in Genetica Molecolare, GKT School of Medicine, King's College, London

Dr. Susan Bardocz

Biochimica, già attiva al Rowett Research Institute, Scotland

Prof. David Bellamy OBE

Botanico di fama internazionale, ambientalista, giornalista; insignito di numerosi premi e riconoscimenti; Presidente & Vice Presidente di molte organizzazioni per la conservazione e la tutela ambientale

Dr. Elizabeth Bravo V.

Biologa, ricercatrice e attivista nelle campagne di informazione sui temi della biodiversità e degli OGM; cofondatrice di Acción Ecológica; part-time lecturer alla Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Prof. Joe Cummins

Professor Emeritus di Genetica, University of Western Ontario, London, Ontario, Canada

Dr. Stanley Ewen

Istopatologo presso il Grampian University Hospitals Trust; già Senior Lecturer di Patologia, University of Aberdeen; responsabile dello Scottish Colorectal Cancer Screening Pilot Project

Edward Goldsmith

Ambientalista, insignito di numerosi premi e riconoscimenti, studioso, autore e fondatore di *The Ecologist*

Dr. Brian Goodwin

Studioso attivo a Residence, Schumacher College, England

Dr. Mae-Wan Ho

Cofondatrice e Direttrice dell'Institute of Science in Society; Editore di *Science in Society*; Consulente scientifico per The Third World Network e per the Roster of Experts for the Cartagena Protocol on Biosafety; Visiting Reader, Open University, UK e Visiting Professor di Fisica organica, Università di Catania, Sicilia, Italia

Prof. Malcolm Hooper

Professor Emeritus presso la University of Sunderland; già Professore di Chimica Medica, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Sunderland Polytechnic; Chief Scientific Consultant per i Gulf War Veterans

Dr. Vyvyan Howard

Medico patologo, Developmental Toxicology-Pathology Group, Department of Human Anatomy and Cell Biology, The University of Liverpool; Membro dell'UK Government's Advisory Committee on Pesticides

Dr. Brian John

Studioso di geomorfologia e scienze ambientali; Fondatore e per lungo tempo Presidente del West Wales Eco Centre

Prof. Marijan Jost

Professore di Plant Breeding and Seed Production, Agricultural College Krijevci, Croatia

Lim Li Ching

Ricercatrice, Institute of Science in Society e Third World Network; deputy-editor di Science in Society

Dr. Eva Novotny

Astronoma, attivista in campagne sugli OGM per Scientists for Global Responsibility, SGR

Prof. Bob Orskov OBE

Capo della International Feed Resource Unit in Macaulay Institute, Aberdeen, Scotland; Membro della Royal Society of Edinburgh, FRSE; Membro della Polish Academy of Science

Dr. Michel Pimbert

Ecologo, International Institute for Environment and Development

Dr. Arpad Pusztai

Consulente privato; già Senior Research Fellow al Rowett Research Institute, Aberdeen, Scotland

David Quist

Docente di ecologia microbica, Ecosystem Science Division, Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley, USA

Dr. Peter Rosset

Ecologo ed esperto di sviluppo rurale; Codirettore di the Institute for Food and Development Policy (Food First), Oakland, California, USA

Prof. Peter Saunders

Professore di Matematica Applicata al King's College, London

Dr. Veljko Veljkovic

Virologo, esperto di AIDS, Center for Multidisciplinary Research and Engineering, Institute of Nuclear Sciences, VINCA, Belgrade, Yugoslavia

Roberto Verzola

Philippine Greens; Membro del Board of Trustees, PABINHI (network per un'agricoltura sostenibile), Coordinatore, SRI-Pilipinas

Dr. Gregor Wolbring

Biochimico, University of Calgary, Alberta, Canada; Adjunct Assistant Professor su temi di bioetica, University of Calgary; Adjunct Assistant Professor, University of Alberta; Fondatore e Direttore Esecutivo dell'International Center for Bioethics, Culture and Disability; Fondatore e Coordinatore dell'International Network on Bioethics and Disability

Prof. Oscar B. Zamora

Professore di Agronomia, Department of Agronomy, University of the Philippines Los Banos-College of Agriculture (UPLB-CA), College, Laguna, The Philippines

NOTE

[1] *Lettera aperta degli scienziati dei governi di tutto il mondo* per una moratoria sul rilascio di colture geneticamente modificate e il sostegno dell'agricoltura biologica sostenibile, attualmente firmata da più di 600 scienziati di 72 paesi, con molti riferimenti alla letteratura scientifica, www.i-sis.org.uk

[2] *Agriculture: Towards 2015/30*. FAO Global Perspectives Studies Unit, Luglio 2000.

[3] M.A. Altieri e P. Rosset "Ten reasons why biotechnology will not ensure food security, protect the environment and reduce poverty in the developing world", *AgBioForum*, Volume 2, N. 3 e 4, Estate/Autunno 1999, 155-162.

[4] M.A. Altieri e P. Rosset "Strengthening the case for why biotechnology will not help the developing world: A response to McGloughlin", *AgBioForum*, Volume 2, N. 3 e 4, Estate/Autunno 1999, 226-236.

[5] ActionAid *GM Crops – Going Against the Grain*. 2003. <http://www.actionaid.org/resources/pdfs/gatg.pdf>

[6] <http://www.isaaa.org/>

[7] M. Pimbert, T. Wakeford e P.V. Satheesh. "Citizens' juries on GMOs and farming futures in India", *LEISA Magazine*, Dicembre 2001, 27-30. <http://www.ileia.org/2/17-4/27-30.PDF>

[8] M. Pimbert, T. Wakeford *Prajateerpu: A Citizens Jury/Scenario Workshop on Food and Farming Futures for Andhra Pradesh, India*. IIED & IDS, 2002, <http://www.iied.org/pdf/Prajateerpu.pdf>

[9] M.W. Ho e L.C. Lim "Biotech debacle in four parts. Special briefing for the Prime Minister's Strategy Unit on GM", *ISIS Report*, Agosto 2002, www.i-sis.org.uk

[10] M.W. Ho "The state of the art. The continuing debacle of an industry both financially and scientifically bankrupt", *GeneWatch*, 2003.

[11] "Monsanto investors face catastrophic risk," Greenpeace, Berlino, comunicato stampa, 16 Aprile 2003.

[12] C.M. Benbrook "Evidence of the magnitude and consequences of the Roundup Ready soybean yield drag from university-based varietal trials in 1998", *AgBioTech InfoNet Technical Paper N. 1*, 1999; "Troubled times amid commercial success: Glyphosate efficacy in slip ping and unstable transgenic expression erodes plant defences and yields", *AgBioTech InfoNet Technical Paper N. 4*, 1999, www.bio-tech-info-net/RR_yield_less.html

[13] C. Benbrook “Do GM crops mean less pesticide use?” *Pesticide Outlook*, Ottobre 2001.

[14] L.C. Lim e J. Matthews “GM crops failed on every count”, *Science in Society* 2002, 13/14, 31-33; versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell’ISIS www.i-sis.org.uk

[15] *Seeds of doubt, North American farmers’ experiences of GM crops*. Soil Association, 2002, ISBN 0 905200 89 6.

[16] V. Shiva e A.H. Jafri “Failure of the GMOs in India”. *Research Foundation for Science, Technology and Ecology Report*, 2003; vedi anche M.W. Ho. *Living with the Fluid Genome*, ISIS & TWN, Londra e Penang, 2003. Capitolo 1, Box 1.

[17] H. Finnegan e D. McElroy “Transgene inactivation: plants fight back!”, *Bio/Technology* 1994, 12, 883-8.

[18] M.W. Ho. *Living with the Fluid Genome*, ISIS & TWN, Londra e Penang, 2003. Capitolo 11, Sezione, “Transgenic instability, the best kept open secret”.

[19] M.W. Ho, J. Cummins e A. Ryan *ISIS Reprints on Transgenic Instability 1999-2002*, www.i-sis.org.uk

[20] D. Gahakwa, S.B. Maqbool, X. Fu, D. Sudhakar, P. Christou e A. Kohli “Transgenic rice as a system to study the stability of transgene expression: multiple heterologous transgenes show similar behaviour in diverse genetic backgrounds”, *Theor. Appl. Genet.* 2000, 101, 388-99.

[21] M.W. Ho. “Questionable stability at JIC”, *ISIS News* 9/10, Luglio 2001. ISSN: 1474-1547, ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk, Revisione, rif. 20.

[22] L. Hall, K. Topinka, J. Huffman, L. Davis, e A. Good “Pollen flow between herbicide-resistant *Brassica napus* is the cause of multipleresistant *B. napus* volunteers”, *Weed Science* 2000, 48, 688-94.

[23] J. Orson “Gene stacking in herbicide tolerant oilseed rape: lessons from the North American experience”, *English Nature Research Reports No. 443*. English Nature, Gennaio 2002, ISSN 0967-876X.

[24] M.W. Ho e J. Cummins “What’s wrong with GMOs?”, *Science in Society* 2002, 16, 11-27; versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell’ISIS www.i-sis.org.uk

[25] J. Cummins e M.W. Ho. “Atrazine poisoning worse than suspected”, *Science in Society* 2003, 17, 22-23; versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell’ISIS www.i-sis.org.uk

[26] “Engineered Genes Help Wild Weeds Thrive”, di Cat Lazaroff, *Environmental News Service*, Washington, USA, 9 Agosto 2002.

[27] L.C. Lim. “Environmental and Health Impacts of Bt crops”, *ISIS Report*, Aprile, 2003; contenente 63 riferimenti.

[28] D. Quist e I.H. Chapela “Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca”, Messico. *Nature* 2001, 414, 541-543.

[29] M.W. Ho e J. Cummins “Who’s afraid of horizontal gene transfer?”, *ISIS Report*, 4 Marzo 2002, www.i-sis.org.uk; anche “The GM maize war in three episodes”, *Science in Society* 2002, 15, 12-14.

[30] M.W. Ho. “Worst ever contamination of Mexican landraces”, *ISIS Report*, 29 Aprile 2002, www.i-sis.org.uk; anche “The GM maize war in three episodes”, *Science in Society* 2002, 15, 12-14.

[31] M.W. Ho. “Canadian farmers against corporate serfdom”, *Science in Society* 2002, 16, 5-6.

[32] L. Kietke “Research shows: herbicide tolerance everywhere”, *Manitoba Co-operator*, 1 Agosto 2002; L.F. Friesen, A.F. Nelson e R.C. Van Acker “Evidence of contamination of pedigreed canola (*Brassica napus*) seedlots in Western Canada with genetically engineered herbicide resistance traits”, *Agronomy Journal*.

[33] *GM Crops: What you should know, A guide to both the science and implications of commercialisation of genetically modified crops*, GM Free Cymru, Giugno 2002, www.gm-news.co.uk

[34] P. Meier e W. Wackernagel “Monitoring the spread of recombinant DNA from field plots with transgenic sugar beet plants by PCR and natural transformation of *Pseudomonas stutzeri*”, *Transgenic Research* 2003, 12, 293-304.

[35] P.T. Saunders “Use and abuse of the precautionary principle”, *ISIS News* 6, Settembre 2000, ISSN: 1474-1547, ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk

[36] P.T. Saunders e M.W. Ho “The precautionary principle and scientific evidence”, *ISIS News* 7/8, Febbraio 2001, ISSN: 1474-1547, ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk; anche *TWN Biosafety Briefing Paper*, Dicembre 2002.

[37] P.T. Saunders e M.W. Ho “The precautionary principle is sciencebased”, *ISIS Report*, Aprile 2003, www.i-sis.org.uk

[38] M.W. Ho “FAQs on genetic engineering”, *ISIS Tutorials*, www.isis.org.uk; anche *TWN Biosafety Briefing Paper*, Dicembre 2002.

[39] M.W. Ho e R. Steinbrecher “Fatal flaws in food safety assessment: Critique of the joint FAO/WHO Biotechnology and Food Safety Report”, *Journal of Nutritional and Environmental Interactions* 1998, 2, 51-84.

[40] A.J. Conner “Case study: food safety evaluation of transgenic potato”, in *Application of the Principle of Substantial Equivalence to the Safety Evaluation of*

Foods or Food Components from Plants Derived by Modern Biotechnology, pp. 23-35, WHO/FNU/FOS/95.1. OMS, Ginevra, Svizzera.

[41] B. Martineau *First Fruit*. McGraw-Hill, New York, 2001.

[42] *Greenpeace Business*, Numero 66, Aprile/Maggio 2002.

[43] *Late lessons from early warnings: The precautionary principle 1896-2000*. A cura di: Poul Harremoës, David Gee, Malcolm MacGarvin, Andy Stirling, Jane Keys, Brian Wynne, Sofia Guedes Vaz. Environmental issue report N. 22, 2002, OPOCE (Office for Official Publications of the European Communities).

[44] Replica di Stanley William Barclay Ewen M.B.Ch.B., Ph.D. "F.R.C. Path to Health Committee of Scottish Parliament's Investigation into Health Impact of GM crops", 14 Novembre 2002, <http://www.gmnews.co.uk/gmnews33.html>

[45] N.H. Fares e A.K. El-Sayed "Fine structural changes in the ileum of mice fed on dendotoxin-treated potatoes and transgenic potatoes", *Natural Toxins* 1998, 6, 219-33; anche "Bt is toxic" di Joe Cummins e Mae-Wan Ho, *ISIS News* 7/8, Febbraio 2001, ISSN: 1474-1547, ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk

[46] A. Pusztai "Health impacts of GM crops. Submission of evidence to the Clerk to the Health and Community Care Committee of The Scottish Parliament", 15 Nov. 2002, <http://www.gm-news.co.uk/gmnews33.html>

[47] A. Pusztai, e altri "Expression of the insecticidal bean alpha-amylase inhibitor transgene has minimal detrimental effect on the nutritional value of peas fed to rats at 30% of the diet", *The Journal of Nutrition* 1999, 129, 1597-1603.

[48] S. Ewen e A. Pusztai "Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine", *The Lancet* 1999, 354, 1353-4; per una replica completa di Pusztai ai suoi critici vedi anche <http://plab.ku.dk/tcbh/PusztaiPusztai.htm>

[49] A. Pusztai "Can science give us the tools for recognizing possible health risks of GM food?", *Nutrition and Health* 2002, 16, 73-84.

[50] A. Pusztai "GM food safety: Scientific and institutional issues", *Science as Culture* 2002, 11, 70-92.

[51] A. Pusztai, S. Bardocz e S.W.B. Ewen "Genetically modified foods: Potential human health effects", in *Food Safety: Contaminants and Toxins*, (a cura di J.P.F. D'Mello), Scottish Agricultural College, Edinburgo, CAB International, 2003.

[52] R.I. Vázquez-Padrón, L. Moreno-Fierros, L. Neri-Bazán, G. de la Riva e R. López-Revilla "Intragastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* induce systemic and mucosal antibody responses in mice", *Life Sciences* 1999, 64, 1897-1912.

[53] E. Hernandez, F. Ramisse, T. Cruel, R. le Vagueresse e J.D. Cavallo “*Bacillus thuringiensis* serotype H34 isolated from human and insecticidal strains serotypes 3a3b and H14 can lead to death of immunocompetent mice after pulmonary infection”, *FEMS Immunology and Medical Microbiology* 1999, 24, 43-7.

[54] J. Cummins “Biopesticide and bioweapons”, *ISIS Report*, 23 Ottobre 2001, www.i-sis.org.uk

[55] “Poison pharm crops near you”, di Joe Cummins, *Science in Society* 2002, 15; versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell’ISIS www.i-sis.org.uk

[56] P. Menassa, C. Nguywn, A. Jevnikar e J. Brindle “A self-contained system for the field production of plant recombinant interleukin-10” *Molecular Breeding* 2001, 8, 177-85.

[57] J. Cummins “Pharming cytokines in transgenic crops”, *Science in Society* 2003, 18, versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell’ISIS www.i-sis.org.uk

[58] R. Dantzera “Cytokine-induced sickness behaviour: Mechanisms and implications”, *Annals of the NY Acad. of Sci.* 2001, 933, 222-34.

[59] V. Bocci “Central nervous system toxicity of interferons and other cytokines”, *J. Biol. Regul. Homeost. Agents* 1998, 2, 107-18.

[60] A. Moulinier “Recombinant interferon alpha induced chorea and subcortical dementia”, *Neurology (Correspondence)* 2002, 59, 18-21.

[61] A. Caracenti, L. Gangeri, C. Martini, F. Belli, C. Brunelli, M. Baldini, L. Mascheroni, L. Lenisa e N. Cascinetti “Neurotoxicity of interferon alpha in melanoma therapy”, *Cancer* 1998, 83, 482-9.

[62] A. Valentine, C. Meyers, M.A. Kling, E. Richelson e P. Hauser “Mood and cognitive side effects of interferon alpha”, *Semin. Oncol.* 1998, 25 (suppl 1) 39-47.

[63] M.W. Ho e J. Cummins “SARS and genetic engineering?”, *ISIS Report*, Aprile 2003; *Science in Society* 2003, 18, 10-11; versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell’ISIS www.i-sis.org.uk

[64] T. Tubolya, W. Yub, A. Baileyb, S. Degrandisc, S. Dub, L. Erickson e E.Â. Nagya “Immunogenicity of porcine transmissible gastroenteritis virus spike protein expressed in plants”, *Vaccine* 2000, 18, 2023-8.

[65] M.W. Ho “Bioterrorism and SARS”, *ISIS Report*, Aprile 2003; *Science in Society* 2003, 18; versione versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell’ISIS www.i-sis.org.uk

[66] J. Prljic, N. Veljkovic, T. Doliana, A. Colombatti, E. Johnson, R. Metlas e V. Veljkovic “Identificaion of an active Chi recombinational hot spot within the HIV-

1 envelope gene: Consequences for development of AIDS vaccine”, *Vaccine* 1999; 17: 1462-7.

[67] V. Veljkovic e M.W. Ho “AIDS vaccines or dangerous biological agent?”, *AIDScience*, <http://aidsscience.org/Debates/aidsscience019d.asp>

[68] M.W. Ho. AIDS vaccines trials dangerous. *ISIS News* 11/12, Ottobre 2001, ISSN: 1474-1547, ISSN: 1474-1814 (online), www.i-sis.org.uk

[69] P. Manders e R. Thomas “Immunology of DNA vaccines: CpG motifs and antigen presentation”, *Inflamm. Res.* 2000, 49, 199-205.

[70] S. Gurunathan, D. Klinman e R. Seder “DNA Vaccines”, *Annu. Rev. Immunol.* 2000, 18, 927-74.

[71] G. Deng, A. Nilsson, M. Verdrengh, L. Collins e A. Tarkowski “Intraarticularly located bacteria containing CpG motifs induces arthritis”, *Nature Medicine* 1999, 5, 702-6.

[72] S. Hsu, S. Chung, D. Robertson, L. Ralph, R. Chelvarajan e S. Bondada “CpG oligodeoxynucleotides rescue BKS-2 immature B cell lymphoma from anti-Ig-M-mediated growth inhibition by up-regulating of egr-1” *International Immunology* 1999, 6, 871-9.

[73] L. Rui, C.G. Vinuesa, J. Blasioli e C.C. Goodnow “Resistance to CpG DNA-induced autoimmunity through tolerogenic B cell antigen receptor ERK signaling”, *Nature Immunology* 2003, 4, 594-600.

[74] M.W. Ho e J. Cummins “Chronicle of an ecological disaster foretold”, *ISIS Report*, Marzo 2003, www.i-sis.org.uk; versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell’ISIS www.i-sis.org.uk

[75] M. Hooper “Evidence with special emphasis on the use of glufosinate ammonium (phosphinothricin)”, udienza su granturco (o mais) Chardon LL T25, Maggio 2002, presentato anche all’OMS (con piu’ di 40 riferimenti) e inserito anche sul sito dei soci ISIS, www.i-sis.org.uk

[76] J. Cummins “Glyphosate and glyphosate-tolerant crops. Impacts on health and the environment”, *ISIS Report*, Giugno 2002; presentato anche all’OMS e pubblicato sul sito soci dell’ISIS, www.i-sis.org.uk; aggiornato nell’Aprile 2003.

[77] Canadian Food Inspection Agency Canada Plant Health and Production Division, Plant Biosafety Office 2001, *Decision Document DD95-02: Determination of Environmental Safety of Monsanto Canada Inc.’s Roundup® Herbicide-Tolerant Brassica napus Canola Line GT73*.

[78] E. Schonbrunn, S. Eschenburg, W.A. Shuttleworth, J.V. Schloss, N. Amrhein, J.N.S. Evans e W. Kabsch “Interaction of the herbicide glyphosate with

its target enzyme 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase in atomic detail”, *PNAS* 2001, 98, 1376-80.

[79] <http://www.pan-uk.orgpestnews/actives/glyphosa.htm>, contenente molti altri riferimenti.

[80] “Weed Killer”, *The Progressive*, Luglio 1987, <http://www.naturescountry-store.com/roundup/page3.html>

[81] T. Arbuckle, Z. Lin e L. Mery “An exploratory analysis of the effect of pesticide exposure on the risk of spontaneous abortion in an Ontario farm population”, *Envir. Health Perspectives* 2001, 109, 851-60.

[82] V. Garry, M. Harkins, L. Erickson, S. Long, S. Holland e B. Burroughs “Birth defects, seasons of conception and sex of children born to pesticide applicators living in the red river valley of Minnesota, USA”, *Envir. Health Perspectives* (Suppl. 3) 2002, 110, 441-9.

[83] E. Dallegrave, F. Di Giorgio, R. Coelho, J. Pereira, P. Dalsenter e A. Langeloh “The teratogenic potential of the herbicide glyphosate-Roundup in Wistar rats”, *Toxicology Letters* 2003, 142, 45-52.

[84] L. Walsh, C. McCormick, C. Martin e D. Stocco “Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory protein expression”, *Envir. Health Perspectives* 2000, 108, 769-76.

[85] M. Peluso, A. Munni, C. Bolognisi e S. Parodi “P32-Postlabeling detection of DNA adducts in mice treated with the herbicide roundup”, *Environmental and Mol. Mutagenesis* 1998, 31, 55-9.

[86] M. Lioi, M. Scarfi, A. Santoro, R. Barbeiri, O. Zeni, D. Barardino e M. Ursini “Genotoxicity and oxidative stress induced by pesticide exposure in bovine lymphocyte cultures in vitro”, *Mut. Res.* 1998, 403, 13-20.

[87] J. Szarek, A. Siwicki, A. Andrzejewska, E. Terech-Majeska e T. Banaszkiwicz “Effect of the herbicide roundup on the ultrastructural pattern of hepatocytes in carp”, *Marine Envir. Res.* 2000, 50, 263-66.

[88] C. Grisolia “A comparison between mouse and fish micronucleus test using cyclophosphamide, mitomycin C and various pesticides”, *Mut.Res.* 2002, 400, 474, 1-6.

[89] R. Mann e J. Bidwell “The toxicity of glyphosate and several glyphosate formulations to four species of southwestern Australian frogs” *Archives of Environ. Contam. Toxicol.* 1999, 36, 193-99.

[90] C. Clements, S. Rapph e M. Petras “Genotoxicity of select herbicides in *Rana catesbeiana* tadpoles using the alkaline single-cell gel DNA electrophoresis (comet) assay”, *Env. Mol. Mutagenesis* 29, 277-88.

- [91] M. Morowati “Histochemiccal and histopathological study of the intestine of the earthworm exposed to a field dose of the herbicide glyphosate”, *The Environmentalist* 2000, 20, 105-11.
- [92] E.J. Mark, O. Lorrilon, S. Boulben, D. Hureau, G. Durrand e R. Belle “Pesticide roundup provokes cell cycle dysfunction at the level of CDK1/Cyclin B activation”, *Chem. Res. Toxicol.* 2002, 15, 326-31.
- [93] M.W. Ho “*Living with the Fluid Genome*”, ISIS & TWN, Londra e Penang, 2003, Capitoli 8-10.
- [94] M.W. Ho, T. Traavik, R. Olsvik, B. Tappeser, V. Howard, C. von Weizsacker e G. McGavin “Gene Technology and Gene Ecology of Infectious Diseases”, *Microbial Ecology in Health and Disease* 1998, 10, 33-59.
- [95] M.W. Ho, A. Ryan, J. Cummins e T. Traavik “*Slipping through the regulatory net. ‘Naked’ and ‘free’ nucleic acids*”, TWN Biotechnology & Biosafety Series 5, Third World Network, Penang 2001.
- [96] W.P.C. Stemmer “Molecular breeding of gene, pathways and genomes by DNA shuffling”, *Journal of Molecular Catalysis B:Enzymatic* 2002, 19-20, 2-12.
- [97] M.W. Ho “Death by DNA shuffling”, *ISIS Report*, Aprile 2003; anche *Science in Society* 2003, 18, 9, www.i-sis.org.uk
- [98] M.W. Ho, A. Ryan e J. Cummins “Cauliflower mosaic viral promoter – A recipe for Disaster?” *Microbial Ecology in Health and Disease* 1999, 11, 194-7.
- [99] J. Hodgson “Scientists avert new GMO crisis”, *Nature Biotechnology* 2000, 18, 13.
- [100] J. Cummins, M.W. Ho e A. Ryan “Hazardous CaMV promoter?”, *Nature Biotechnology* 2000, 18, 363.
- [101] R. Hull, S.N. Covey e P. Dale “Genetically modified plants and the 35S promoter: Assessing the risks and enhancing the debate”, *Microbial Ecology in Health and Disease* 2000, 12, 1-5.
- [102] M.W. Ho, A. Ryan e J. Cummins “Hazards of transgenic plants with the cauliflower mosaic viral promoter”, *Microbial Ecology in Health and Disease* 2000, 12, 6-11.
- [103] B. Courtail, F. Fenebach, S. Ebehard, L. Rhomer, H. Chiapello, C. Carilleri e H. Lucas “Tnt 1 transposition events are induced by *in vitro* transformation of *Arabidopsis thaliana*, and transposed copies integrated into genes”, *Mol. Gen. Genomics* 2001, 265, 32-42.
- [104] M.W. Ho, A. Ryan e J. Cummins “CaMV35S promoter fragmentation hotspot confirmed and it is active in animals”, *Microbial Ecology in Health and Disease* 2000, 12, 189.

[105] Il responso del Comitato Consultivo delle Pubblicazioni sull'Ambiente (ACRE's) in merito alle preoccupazioni espresse come dichiarazioni scritte e le proposte presentate in merito all'udienza pubblica su CHARDON LL e le dichiarazioni rilasciate durante l'audienza pubblica della ACRE in merito alle valutazioni sulla sicurezza del mais T25 GM condotte seguendo la direttiva CEE 90/220 www.defra.gov.uk/environment/acre

[106] M. Metz e J. Futterer "Suspect evidence of transgenic contamination", *Nature*, Advance Online Publication, 4 Aprile 2002, www.nature.com; vedi anche M.W. Ho "Astonishing denial of transgenic pollution", *Science in Society* 2002, 15, 13-14; versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell'ISIS www.i-sis.org.uk

[107] J. Bergelson, C.B. Purrington e G. Wichmann "Promiscuity in transgenic plants", *Nature* 1998, 395, 25.

[108] J. De Vries e W. Wackernagel "Detection of nptII (kanamycin resistance) genes in genomes of transgenic plants by marker-rescue transformation", *Mol. Gen. Genet.* 1998, 257, 606-13.

[109] K. Schluter, J. Futterer e I. Potrykus "Horizontal gene-transfer from a transgenic potato line to a bacterial pathogen (*Erwinia chrysanthem*) occurs, if at all, at an extremely low-frequency", *BioTechnology* 1995, 13, 1094-8.

[110] F. Gebhard e K. Smalla "Monitoring field releases of genetically modified sugar beets for persistence of transgenic plant DNA and horizontal gene transfer", *FEMS Microbiol. Ecol.* 1999, 28, 261-72.

[111] D.K. Mercer, K.P. Scott, W.A. Bruce-Johnson, L.A. Glover e H.J. Flint "Fate of free DNA and transformation of the oral bacterium *Streptococcus gordonii* DL1 by plasmid DNA in human saliva", *Applied and Environmental Microbiology* 1999, 65, 6-10.

[112] P.S. Duggan, P.A. Chambers, J. Heritage e J.M. Forbes "Survival of free DNA encoding antibiotic resistance from transgenic maize and the transformation activity of DNA in ovine saliva, ovine rumen fluid and silage effluent", *FEMS Microbiology Letters* 2000, 191, 71-7.

[113] R. Schubbert, D. Rentz, B. Schmitz e W. Döerfler "Foreign (M13) DNA ingested by mice reaches peripheral leukocytes, spleen and liver via the intestinal wall mucosa and can be covalently linked to mouse DNA", *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 1997, 94, 961-6.

[114] W. Döerfler e R. Schubbert "Uptake of foreign DNA from the environment: the gastrointestinal tract and the placenta as portals of entry", *Wien Klin. Wochenschr.* 1998, 110, 40-4.

[115] T. Traavik *Too Early May Be Too Late: Ecological Risks Associated with the Use of Naked DNA as a Biological Tool for Research, Production and Therapy*. Report for the Directorate for Nature Research, Trondheim, 1998.

[116] “Predicted hazards of gene therapy a reality” di Mae-Wan Ho. *ISIS Report*, Ottobre 2002, www.i-sis.org.uk commentando *Science*, News of the Week, 4 Ottobre 2002; Vedi anche M.W. Ho. “Gene therapy’s first Victim”, *Science in Society* 2003, 17, 26-7.

[117] U. Hohlweg e W. Döerfler “On the fate of plant or other foreign genes upon the uptake in food or after intramuscular injection in mice”, *Mol. Genet. Genomics* 2001, 265, 225-33.

[118] E. Willerslev, A.J. Hansen, J. Binladen, T.B. Brand, M.T.P. Gilbert, B. Shapiro, M. Bunce, C. Winf, D.A. Gilichinsky e A. Cooper “Diverse plant and animal genetic records from Holocene and Pleistocene Sediments”, *Scienceexpress Report*, 17 Aprile 2003.

[119] “Fears raised over DNA survival in soil”, *The Dominion Post* (Wellington), Aprile 25, 2003, via GM Watch, <http://www.ngin.org.uk>

[120] T. Netherwood, S.M. Martin-Orue, A.G. O’Donnell, S. Gockling, H.J. Gilbert e J.C. Mathers *Transgenes in genetically modified Soya survive passage through the small bowel but are completely degraded in the colon*. Rapporto tecnico sul progetto G010008 della Food Standards Agency “Evaluating the risks associated with using GMOs in human foods”, Università di Newcastle.

[121] M.W. Ho. “Stacking the odds against finding it”, *Science in Society* 2002, 16, 28; versione completa di tutti i riferimenti disponibile sul sito dell’ISIS www.i-sis.org.uk

[122] G. Ferguson and J. Heinemann “Recent history of trans-kingdom conjugation” in *Horizontal Gene Transfer* 2a ed., Syvanen M and Kado CI. (a cura di), Academic Press, San Diego, 2002.

[123] M.W. Ho. “Averting sense for nonsense in horizontal gene transfer”, *Science in Society* 2002, 16, 29-30.

[124] M.J. Mc Nicol, G.D. Lyon, M.Y. Chen, C. Barrett e E. Cobb, Scottish Crop Research Institute. Contract No RG 0202. “The Possibility of *Agrobacterium* as a Vehicle for Gene Escape”, MAFF. *R&D and Surveillance Report*: 395.

[125] E. Cobb, R. MacNicol e G. Lyon “A risk assessment study of plant genetic transformation using *Agrobacterium* and implication for analysis of transgenic plants”, *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 1997, 19, 135-144.

[126] C. Kado in *Horizontal Gene Transfer* 2a ed., M. Syvanen e CI. Kado (a cura di.), Academic Press, San Diego, 2002.

[127] G. Sengelov, K.J. Kristensen, A.H. Sorensen, N. Kroer e S.J. Sorensen “Effect of genomic location on horizontal transfer of a recombinant gene cassette between *Pseudomonas* strains in the rhizosphere and spermosphere of barley seedlings”, *Current Microbiology* 2001, 42, 160-7.

[128] T. Kunik, T. Tzfira, Y. Kapulnik, Y. Gafni, C. Dingwall e V. Citovsky. “Genetic transformation of HeLa cells by *Agrobacterium*”, *PNAS USA*, 2001, 98, 1871-87; vedi anche “Common plant vector injects genes into human cells”, *ISIS News* 2002, 11/12, 10, www.i-sis.org.uk

[129] M.W. Ho “Recent evidence confirms risks of horizontal gene transfer”, contributo scritto dell’ISIS alla conferenza dell’ACNFP/Food Standards Agency, 13 Novembre 2002, Cambridge, www.i-sis.org.uk

[130] J. Pretty e R. Hine *Reducing food poverty with sustainable agriculture: A summary of new evidence*. Centre for Environment and Society, Essex University, 2001, www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/CESOccasionalPapers/SAFE-repSUBHEADS.htm

[131] N. Parrott e T. Marsden *The real Green Revolution: Organic and agroecological farming in the South*. Greenpeace Environment Trust, Londra, 2002, <http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/4526.pdf>

[132] M.A. Altieri *The case against agricultural biotechnology: Why are transgenic crops incompatible with sustainable agriculture in the Third World?* 2003.

[133] *Organic agriculture, environment and food security* N.E.-H. Scialabba e C. Hattam (a cura di), FAO, Roma, 2002.

[134] L.C. Lim “Organic agriculture fights back”. *Science in Society* 2002, 16, 30-32.

[135] M.A. Altieri, P. Rosset e L.A. Thrupp “The potential of agroecology to combat hunger in the developing world”, 1998, http://www.agroeco.org/fatalharvest/articles/potential_of_agroeco_ch19.pdf

[136] P.M. Rosset “The multiple functions and benefits of small farm agriculture in the context of global trade negotiations”, *Policy Brief N. 4*, Institute for Food and Development Policy, 1999, <http://www.foodfirst.org/pubs/policybs/pb4.html>

[137] “‘Magic bean’ transforms life for poor Jacks of Central America” di Julian Pettifer, *Independent on Sunday*, 10 Giugno 2001.

[138] A.B. Kwabiah, N.C. Stoskopf, C.A. Palm, R.P. Voroney, M.R. Rao e E. Gacheru “Phosphorus availability and maize response to organic and inorganic fertilizer inputs in a short term study in western Kenya”, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2003, 95, 49-59.

[139] “Get the facts straight: organic agriculture yields are good” di Bill Liebhardt, Organic Farming Research Foundation Information Bulletin 10, Estate 2001, <http://www.ofrf.org/publications/news/IB10.pdf>

[140] C. Vasilikiotis *Can Organic Farming “Feed the World”?* 2000, http://www.agroeco.org/fatalharvest/articles/organic_feed_world.pdf

[141] C. Petersen, L.E. Drinkwater e P. Wagoner *The Rodale Institute Farming Systems Trial: The First 15 Years*, The Rodale Institute, 1999

[142] M.S. Clark, W.R. Horwath, C. Shennan, K.M. Scow, W.T. Lantni e H. Ferris “Nitrogen, weeds and water as yield-limiting factors in conventional, low-input, and organic tomato systems” *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1999, 73, 257-270.

[143] M.S. Clark “Crop-yield and economic comparisons of organic, low-input, and conventional farming systems in California’s Sacramento Valley”, *American Journal of Alternative Agriculture* 1999, 14 (3), 109-121; e M.S. Clark “Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices”, *Agronomy Journal* 1998, 90, 662-671. Citato in nota 140.

[144] P.R. Warman e K.A. Havard “Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn”, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1998, 68, 207-216.

[145] F. Pearce “Desert harvest”, *New Scientist*, 27 Ottobre 2001, 44-47.

[146] L.C. Lim. “Sustainable agriculture pushing back desert”, *Science in Society* 2002, 15, 29.

[147] D.S. Jenkinson e altri in *Long-term experiments in Agricultural and Ecological Sciences* (a cura di R.A. Leigh e A.E. Johnston), p.117-138, CAB International, Wallingford, UK, 1994. Citato in nota 140.

[148] L.E. Drinkwater e altri “Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California”, *Ecological Applications* 1995, 5 (4), 1098-1112. Citato in nota 140.

[149] P. Mäder, A. Fliebbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried e U. Niggli “Soil fertility and biodiversity in organic farming”, *Science* 2002, 296, 1694-97.

[150] F. Pearce “20-year study backs organic farming”, *New Scientist*, 30 Maggio 2002, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99992351>

[151] “Soil fungi critical to organic success”, USDA Agricultural Research Service, 4 Maggio 2001.

[152] L.R. Bulluck III, M. Brosius, G.K. Evanylo e JB. Ristaino “Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms”, *Applied Soil Ecology* 2002, 19, 147-160.

- [153] A. Ryan “Organics enter the science wars”, *ISIS News* 11/12, Ottobre 2001.
- [154] L.E. Drinkwater, P. Wagoner e M. Sarrantonio “Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses”, *Nature* 1998, 396, 262-265.
- [155] D. Tilman “The greening of the green revolution”. *Nature* 1998, 296, 211-212.
- [156] “100-year drought is no match for organic soybeans”, Rodale Institute, 1999, http://www.rodaleinstitute.org/global/arch_home.html
- [157] D.D. Poudel, W.R. Horwath, W.T. Lanini, S.R. Temple e A.H.C. van Bruggen “Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California”, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2002, 90, 125-137.
- [158] F. Oehl, A. Oberson, H.U. Tagmann, J.M. Besson, D. Dubois, P. Mäder, H.-R. Roth e E. Frossard “Phosphorus budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional farming”, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 2002, 62, 25-35.
- [159] D.K. Letourneau e B. Goldstein “Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California”, *J. Applied Ecology* 2001, 38(3), 557-570.
- [160] F. Pearce “An ordinary miracle”, *New Scientist* 2001, Vol. 169, N. 2276, p. 16.
- [161] M. Barzman e L. Das “Ecologising rice-based systems in Bangladesh”, *ILEIA Newsletter* 2000, 16(4), 16-17, http://www.agroeco.org/fatalharvest/articles/ecologising_rice.pdf
- [162] “Organic rice is twice as nice” di John Bonner, Atti del congresso Internazionale sull’Ecologia, 15 Agosto 2002.
- [163] M.W. Ho. “One bird – ten thousand treasures”, *The Ecologist* 1999, 29(6), 339-340, e *Third World Resurgence* 1999, 110/111, 2-4.
- [164] M. Pimbert “Sustaining the multiple functions of agricultural biodiversity”. Atti preparatori della FAO per la conferenza “Multifunctional Character of Agriculture and Land”, Olanda, Settembre 1999.
- [165] *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*. Proceedings of a satellite event on the occasion of the Ninth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Roma 12-13 Ottobre 2002, FAO, Roma.
- [166] N.E.-H. Scialabba, C. Grandi e C. Henatsch “Organic agriculture and genetic resources for food and agriculture”, in *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*, p. 72-99, 2002, FAO, Roma.

[167] *Organic agriculture and biodiversity: Making the links*. IFOAM, IUCN e BfN, Germania, 2002; vedi anche S. Stolton *Organic Agriculture and Biodiversity*, IFOAM Dossier 2, 2002.

[168] G. Azeez *The biodiversity benefits of organic farming*, Soil Association, Bristol, 2000.

[169] S. Burcher “Herbalert to the rescue”, *Science in Society* 2003, 18, 17.

[170] D. Tilman, P.B. Reich, J. Knops, D. Wedin, T. Mielke e C. Lehman “Diversity and productivity in a long-term grassland experiment”, *Science* 2001, 294, 843-5.

[171] M.W. Ho “Biodiverse systems two to three times more productive than monocultures”, *Science in Society* 2002, 13/14, 36.

[172] Y. Zhu, H. Chen, J. Fan, Y. Wang, Y. Li, J. Chen, J.X. Fan, S. Yang, S. Hu, H. Leung, T.W. Mew, P.S. Teng, Z. Wang e C. Mundt “Genetic diversity and disease control in rice”, *Nature* 2000, 406, 718-722.

[173] “Simple Method Found to Vastly Increase Crop Yields” di Carol Kaesuk Yoon, *New York Times*, 22 Agosto 2000.

[174] D. Bennack, G. Brown, S. Bunning e M.H. de Cunha “Soil biodiversity management for sustainable and productive agriculture: Lessons from case studies” in *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*, p.196-223, 2002, FAO.

[175] J.P. Reganold, J.D. Glover, P.K. Andrews e J.R. Hinman “Sustainability of three apple production systems. *Nature*” 2001, 410, 926-930.

[176] “Organic apples win productivity and taste trials”, 10 August 2001, Pesticide Action Network Updates Service, <http://www.panna.org>

[177] C. Pacini, A. Wossink, G. Giesen, C. Vazzana e R. Huirne “Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis” *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2003, 95, 273-288.

[178] M. Stolze, A. Piorr, A. Häring and S. Dabbert *Environmental and resource use impacts of organic farming in Europe*, Commission of the European Communities, Agriculture and Fisheries (FAIR) specific RTD programme, Fair3-CT96-1794, “Effects of the CAP-reform and possible further development on organic farming in the EU”, 1999.

[179] E. Goldsmith “How to feed people under a regime of climate change” (non pubblicato), 2003.

[180] T. Lötjönen “Machine work and energy consumption in organic farming”, *Ecology and Farming* 2003, 32, 7-8, IFOAM.

[181] T. Dalgaard “On-farm fossil energy use”, *Ecology and Farming* 2003, 32, 9, IFOAM.

[182] P.M. Porter, D.R. Huggins, C.A. Perillo, S.R. Quiring and R.K. Crookston “Organic and other management strategies with two- and four-year crop rotations in Minnesota”, *Agronomy Journal* 2003, 95(2), 233-244.

[183] R. Welsh *The Economics of Organic Grain and Soybean Production in the Midwestern United States*, Henry A. Wallace Institute for Alternative Agriculture, 1999, http://www.agroeco.org/fatalharvest/articles/economics_organic_prod.pdf

[184] P. Rosset “Taking seriously the claim that genetic engineering could end hunger: A critical analysis”, pagg. 81-93 in Britt Bailey e Marc Lappé (a cura di), *Engineering the Farm: Ethical and Social Aspects of Agricultural Biotechnology*, Island Press, Washington DC, 2002.

[185] R. Chambers, A. Pacey and L.A. Thrupp *Farmer First: Farmer Innovation and Agriculture Research*, Intermediate Technology Publications, Londra, 1989.

[186] I. Scoones e J. Thompson *Beyond Farmer First: Rural People’s Knowledge, Agricultural Research and Extension Practice*, Intermediate Technology Publications, Londra, 1994.

[187] *Agroecological Innovations: Increasing Food Production with Participatory Development*. A cura di Norman Uphoff, Earthscan Publications, 2002.

[188] L.C. Lim “Ethiopia’s own agriculture”. *Science in Society* 2003, 17, 7-8.

[189] N. Uphoff and M.A. Altieri. *Alternatives to conventional modern agriculture for meeting world food needs in the next century*. (Resoconto della conferenza “Sustainable Agriculture: Evaluation of New Paradigms and Old Practices”, Bellagio, Italy). Cornell International Institute for Food, Agriculture, and Development, Ithaca, NY, 1999.

[190] J. Pretty. *Regenerating agriculture*. Earthscan, Londra, 1995. Citato in nota 4.

[191] G. Rundgren *Organic Agriculture and Food Security*, IFOAM Dossier 1, 2002.

[192] T. Boyde *Cusgarne Organics local money flows*. New Economics Foundation and The Countryside Agency, Londra, 2001.

[193] S.Heaton *Organic farming, food quality and human health: A review of the evidence*. Soil Association, Bristol, 2001.

INDICE

Prefazione		pag.	5
Sommario.	Perché essere liberi da OGM?	»	7
	Perché un'agricoltura sostenibile?	»	14

PRIMA PARTE: NESSUN FUTURO PER LE COLTIVAZIONI GM

<i>Uno.</i>	Perché no agli OGM?	»	23
<i>Due.</i>	L'aumento dei problemi nelle aziende agricole	»	29

SECONDA PARTE: LE COLTURE GM NON SONO SICURE

<i>Tre.</i>	Scienza e precauzioni	»	39
<i>Quattro.</i>	Test di sicurezza sul cibo GM	»	45
<i>Cinque.</i>	Pericoli del transgenico	»	49
<i>Sei.</i>	Le colture terminator diffondono la sterilità maschile	»	53
<i>Sette.</i>	Pericoli degli erbicidi	»	55
<i>Otto.</i>	Il trasferimento orizzontale del gene	»	61
<i>Nove.</i>	Il promotore CaMV 35S	»	63
<i>Dieci.</i>	Il dna transgenico è più predisposto alla diffusione	»	69
<i>Undici.</i>	Trasferimento orizzontale del dna transgenico	»	73
<i>Dodici.</i>	Pericoli del trasferimento orizzontale del gene	»	81
<i>Tredici.</i>	Conclusioni alle parti 1 & 2	»	83

TERZA PARTE: I MOLTEPLICI BENEFICI DELL'AGRICOLTURA SOSTENIBILE

<i>Quattordici.</i>	Perché volere un'agricoltura sostenibile?	»	89
<i>Quindici.</i>	Raccolti altrettanto o maggiormente produttivi	»	93

<i>Sedici.</i>	Terreni migliori	pag. 101
<i>Diciassette.</i>	Un ambiente più pulito	» 107
<i>Diciotto.</i>	La riduzione dei pesticidi senza aumento di parassiti	» 109
<i>Diciannove.</i>	Sostenere la biodiversità è usare la diversità	» 113
<i>Venti.</i>	Sostenibilità economica ed ambientale	» 121
<i>Ventuno.</i>	Migliorare il cambiamento climatico	» 125
<i>Ventidue.</i>	Una produzione efficiente e redditizia	» 129
<i>Ventitré.</i>	Il miglioramento della sicurezza alimentare e i benefici per le comunità locali	» 133
<i>Ventiquattro.</i>	I prodotti biologici fanno bene alla salute	» 139
<i>Venticinque.</i>	Conclusione alla parte 3	» 143
<i>Note</i>	Statement of the Independent Science Panel	» 145
	La lista scienziati dell'Independent Science Panel	» 148
<i>Note</i>		» 153

Copertina: Monica Mazzitelli
Design: ab&c - Roma 06 68308613 - studio@ab-c.it
Impaginazione: Top Colors srl - Pomezia - 06 9107235

Alberto Gaffi editore aderisce all'appello di GREENPEACE Italia
"Scrittori per le foreste" e utilizza carta proveniente da fonti sostenibili
come quelle certificate dal Foresty Stewardship Council (FSC).

*Questo libro è stato finito di stampare nell'aprile 2005 su carta Pigna-Ricarta
da 100 grammi, una carta riciclata di alta qualità che utilizza nella produzione
maceri di diversa estrazione e, non avendo sbiancamento al cloro,
non garantisce la continuità di tinta.*

Stampa: Società Tipografica Romana - Via Carpi 19 - Pomezia - 06 91251177