

**ETICA E AMBIENTE  
GLI OGM, DALL'IDEOLOGIA ALL'ETICA E  
ALLA RICERCA SCIENTIFICA**

Atti del convegno  
Fondazione Lombardia per l'Ambiente  
Milano, 26 novembre 2004

a cura di  
Antonio Ballarin Denti  
Elio Sindoni

in collaborazione con



**I Quaderni dei convegni della Fondazione Lombardia per l'Ambiente**

**N. 3**

**Antonio Ballarin Denti**, laureato in Fisica, è Direttore del Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia. Ha svolto attività di ricerca prima nel CNR poi nell'università nei settori della biofisica e biochimica vegetale, nutrizione minerale delle piante, uso e riciclo delle biomasse. Negli ultimi anni si è occupato degli effetti degli inquinanti atmosferici e del suolo sui sistemi agroforestali. È stato *Visiting professor* alla Yale University (Stati Uniti) con cui tuttora collabora. Dopo aver svolto per anni attività di Coordinatore scientifico della Fondazione Lombardia per l'Ambiente, è attualmente consulente scientifico della stessa.

**Elio Sindoni**, Professore Ordinario di Fisica Generale presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca, dal 2003 è consulente scientifico della Fondazione Lombardia per l'Ambiente. Ha trascorso lunghi periodi presso la Princeton University (USA), occupandosi di fusione nucleare. Dal 1991 presso il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca, si occupa di problemi di fisica ambientale, in particolare di inquinamento e di clima acustico. Autore di una sessantina di lavori scientifici pubblicati su riviste internazionali, ha scritto diversi libri e articoli di carattere divulgativo su argomenti interdisciplinari riguardanti i rapporti tra scienza, etica, società, informazione. Dal 1984 è Presidente del "Piero Caldirola International Centre for the promotion of Science". Dal 2005 è Direttore del Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio.





**Etica e ambiente**  
**Gli OGM, dall'ideologia all'etica**  
**e alla ricerca scientifica**

Atti del convegno  
Fondazione Lombardia per l'Ambiente  
Milano, 26 novembre 2004

A cura di  
Antonio Ballarin Denti  
Elio Sindoni

Fondazione Lombardia per l'Ambiente

Piazza Diaz 7 – 20123 Milano

tel. +3902806161.1

fax +3902806161.80

flanel@flanel.org

www.flanel.org

### **Consiglio di Amministrazione**

*Presidente:* Giovanni Bottari

*Vicepresidente:* Paolo Colombani

*Presidente Comitato scientifico:* Achille Cutrera

*Consiglieri:* Giulio Ballio, Andrea Beltrani, Marcello Fontanesi, Clemente Galbiati, Paolo Mantegazza, Lorenzo Ornaghi, Daniele Massimo Petrucci, Roberto Schmid, Cesare Spreafico

*Consulenti scientifici:* Antonio Ballarin Denti, Elio Sindoni

*Segreteria di redazione:* Tania Feltrin

*Progettazione e impaginazione:* Tania Feltrin

*Stampa:* Scuola Grafica Salesiana, Milano

© 2005 Fondazione Lombardia per l'Ambiente

Proprietà letteraria riservata

Nessuna parte di questo volume può essere riprodotta o utilizzata sotto nessuna forma, senza permesso scritto, tranne che per brevi passaggi in sede di recensione e comunque citando la fonte.

## Indice

<b>Presentazione</b>	<b>pag.</b> 7
<b>Comitato scientifico del convegno</b>	10
<b>Gli interventi</b>	
<u>Le biotecnologie e gli OGM come naturale sviluppo delle tecnologie in agricoltura</u> <i>Maurizio Cocucci</i>	13
<u>Gli OGM: la ricerca necessaria, la precauzione indispensabile</u> <i>Francesco Ferrante</i>	37
<u>Criteri di valutazione etica sull'uso delle biotecnologie in agricoltura</u> <i>Gianni Piana</i>	43
<u>Piante GM: rischi del fare e del non fare</u> <i>Francesco Sala</i>	51

<u>Tecnologie avanzate, OGM, Genomi e Ricerca Ambientale</u>	61
<i>Francesco Salamini</i>	
<u>Le biotecnologie in agricoltura: l'approccio della Regione Lombardia</u>	67
<i>Daniele Bassi</i>	
<u>Tiriamo le conclusioni</u>	73
<i>Antonio Ballarin Denti e Elio Sindoni</i>	



## Presentazione

Le implicazioni di carattere etico sollevate dai problemi ambientali sono estremamente complesse, e coinvolgono aspetti materiali, sociali, scientifici, educativi, culturali. Il ciclo di convegni *Etica e Ambiente*, promosso dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente e dalla Fondazione Ambrosianeum, si snoda secondo un percorso culturale dedicato a diversi temi di attualità che richiedono una riflessione attenta sugli aspetti etici applicati all'ambiente. Il presente volume contiene gli Atti di una tavola rotonda in cui è stata promossa una discussione sugli organismi geneticamente modificati (OGM). L'argomento è oggetto da molti anni di un ampio dibattito per quanto riguarda gli aspetti della bioetica applicata all'uomo, mentre, al di fuori degli addetti ai lavori, sono meno conosciute le implicazioni che coinvolgono l'ambiente. Gli OGM in agricoltura costituiscono un'applicazione controversa delle biotecnologie, probabilmente più per un fatto culturale legato all'alto valore simbolico che viene attribuito al "cibo" dell'uomo che per una documentata pericolosità. Tuttavia, è innegabile che questa resistenza culturale, molto forte in Italia e in Europa, abbia condizionato la politica economica e gli investimenti nella ricerca di settore, proprio quando l'Europa vuol acquisire un ruolo primario nella competizione scientifica e tecnologica a livello mondiale.

Nel volume trovano quindi spazio gli interventi di autorevoli esperti del settore, provenienti da svariati contesti, che mostrano come anche tra gli addetti ai lavori esistano posizioni differenti. Se da un lato il mondo ambientalista, rappresentato da **Francesco Ferrante** di Legambiente, chiede con forza la massima cautela nel settore della sperimentazione biotecnologica in agricoltura, dall'al-

tro alcuni ricercatori (per esempio **Maurizio Cocucci** dell'Università di Milano) ritengono che l'uso degli OGM in agricoltura sia nient'altro che una naturale evoluzione tecnologica di quanto si è fatto finora in agricoltura. **Daniele Bassi** presenta una iniziativa della Regione Lombardia, che ha istituito sul tema un apposito comitato tecnico di valutazione, il Consiglio Scientifico per le Biotecnologie Agrarie; in questi primi anni di attività, il CSBA della Lombardia ha guadagnato una posizione di notevole autorevolezza nel panorama italiano ed europeo. **Gianni Piana**, dell'Università degli Studi di Urbino, presenta una interessante riflessione sui criteri che è necessario adottare per valutare da un punto di vista etico l'utilizzo delle biotecnologie in agricoltura, traendone importanti conclusioni che tracciano un percorso verso una corretta gestione del problema. **Francesco Sala**, dell'Università di Milano, riprende il tema della sicurezza dei prodotti geneticamente modificati, proponendo una riflessione sul rapporto rischi/benefici della sperimentazione biotecnologica in agricoltura. Chiude infine il volume l'intervento di **Francesco Salamini**, che prende in esame i vantaggi in termini ambientali dell'utilizzo delle modificazioni genetiche in agricoltura.

Le riflessioni proposte in questo volume non hanno la pretesa di esaurire il dibattito sull'utilizzo degli OGM in agricoltura, che resta certamente ancora aperto; emerge tuttavia con forza la necessità di una reale conoscenza del tema nel dibattito pubblico, che rischia altrimenti di vedere le parti ferme sulle proprie ingiustificate posizioni estremistiche. Solo facendo convergere attorno al tavolo di discussione le necessarie competenze scientifiche, etiche e politiche in un'ottica di trasparenza, rispetto e imparzialità si potranno ottenere fattivi risultati in termini di controllo dello sviluppo degli OGM.

Giovanni Bottari

Presidente

*Fondazione Lombardia per l'Ambiente*



## **Comitato scientifico del convegno**

Achille Cutrera (Presidente Comitato scientifico Fondazione Lombardia per l' Ambiente)

Marco Garzonio (Presidente Fondazione Culturale Ambrosianum)

Antonio Ballarin Denti (Fondazione Lombardia per l' Ambiente)

Giulio Giorello (Università degli Studi di Milano)

Bruno Rindone (Università degli Studi Milano-Bicocca)

Elio Sindoni (Fondazione Lombardia per l' Ambiente)

Mariachiara Tallacchini (Università Cattolica del Sacro Cuore)

Giuseppe Volta (CRASL – Università Cattolica del Sacro Cuore)

## **Gli interventi**



**L**e biotecnologie innovative sono le tecnologie che derivano dalle conoscenze relative alla struttura e funzione delle molecole informative (il DNA) e dell'apparato fisiologico che mette in pratica tali informazioni determinandone l'espressione e trasformandole in strutture e funzioni (proteine).

Le conoscenze acquisite dalla scienza nel campo dell'informazione genetica possono adesso venire messe in pratica al pari di altre conoscenze scientifiche che sono state utilizzate nel passato per il miglioramento della produzione agraria. Questo processo è iniziato con la rivoluzione industriale e ha visto l'utilizzo progressivo delle conoscenze scientifiche acquisite. L'utilizzo di queste conoscenze ha provocato talvolta perplessità e valutazioni critiche, tuttavia attualmente queste sono utilizzate largamente nei Paesi industrializzati e credo che nessuno potrebbe immaginare un ritorno a una società diversa, meno dipendente dalle conoscenze scientifiche, in particolare in agricoltura, senza la consapevolezza di dover pagare un tale comportamento con una drastica riduzione della disponibilità di prodotti agricoli, alimentari e non, capace di innescare tensioni planetarie con un'involuzione del tenore e della qualità della vita, ponendo in forse la stessa sopravvivenza della specie umana.

Sull'uso delle biotecnologie innovative si è aperto recentemente un acceso dibattito, senza precedenti, rispetto a quanto accaduto con l'introduzione nel passato delle altre tecnologie. Questo acceso criticismo deriva probabilmente da una situazione sociale meno esasperata dall'indigenza, rispetto alle precedenti introduzioni di innovazione. L'attuale situazione di fatto è caratterizzata da una maggiore possibilità di operare delle scelte, in quanto esiste una elevata disponibilità di prodotti.

Inoltre, l'allargamento della base culturale apre a sempre maggiori frange di popolazione la volontà di partecipare alle scelte da effettuare. Infine, parte della criticità dell'opinione pubblica deri-

**Le biotecnologie  
e gli OGM come  
naturale sviluppo  
delle tecnologie  
in agricoltura**

va da un'insufficiente e spesso scorretta conoscenza del problema.

Cercherò brevemente di sviluppare il tema cercando di focalizzare l'attenzione sul fatto che le tecnologie innovative non rappresentano uno iato ma una continuità di sviluppo dell'introduzione delle conoscenze scientifiche e quindi delle tecnologie in agricoltura.

È interessante osservare come cambiamenti fenotipici utili possano essere ottenuti mediante metodi tradizionali quali, per esempio, la mutazione e la selezione o tramite la manipolazione a livello molecolare dei geni. Per esempio, i diversi colori dei fiori, come nell'ipomea, possono essere ottenuti per mutazioni e selezione tradizionale oppure mediante l'introduzione di un gene. Nel primo caso si può modificare la sintesi delle molecole colorate, i pigmenti, nel secondo la semplice introduzione di un trasportatore sodio/potassio sulla membrana vacuolare provoca un cambiamento del pH nel vacuolo e quindi un cambiamento del colore dei pigmenti in esso contenuti. I due sistemi producono un simile effetto ma con modalità diverse e con profonde differenze metaboliche che mostrano aspetti negativi e positivi che vanno in ambedue i casi valutati dettagliatamente.

### **La produttività agricola**

#### *La produzione agricola e le conseguenze sociali*

La produzione agricola si è incrementata fortemente dalla nascita della civiltà dell'uomo a tutt'oggi. Dall'introduzione dell'agricoltura fino a circa due secoli fa la produzione agricola aumenta in modo modesto, seppure con fluttuazioni (*figura 1*). Queste fluttuazioni dipendono da vari fattori ambientali e antropici: cambiamenti climatici, diffusione di malattie delle colture, eventi politici, errate tecniche colturali. Questi cambiamenti di produttività hanno condizionato lo sviluppo della civiltà dell'uomo: scomparsa di civiltà e eventi migratori possono essere messi in relazione con drastici cambiamenti della disponibilità di nutrienti e, quindi, con la produttività agricola.

Successivamente la produttività incrementa in modo esponenzia-



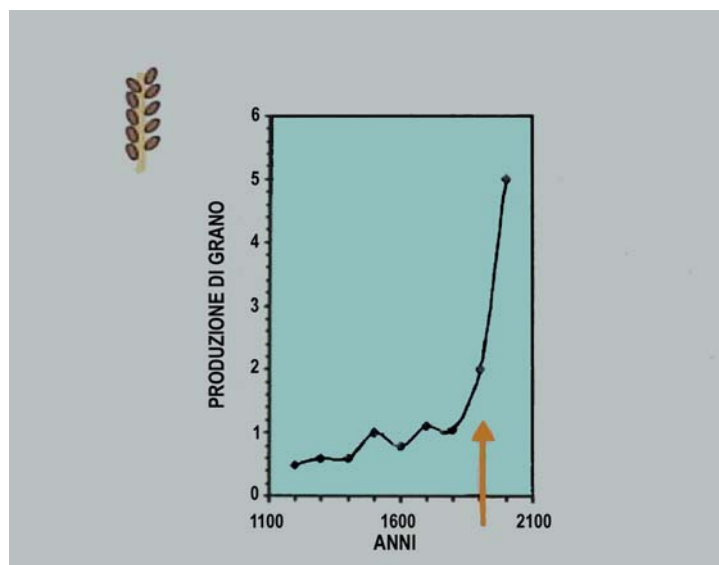


Figura 1 - *Evoluzione della produttività agricola nell'ultimo millennio.*

le fino ai giorni nostri e le fluttuazioni nella produttività sono drasticamente ridotte.

Analizzando più dettagliatamente l'andamento di alcuni parametri negli ultimi centocinquant'anni (*figure 2.1, 2.2 e 2.3*) si assiste a un'evoluzione dei consumi alimentari, misurata come calorie assunte, che dagli anni cinquanta a ora incrementa più del 30%. Inoltre è opportuno osservare che questi consumi diventano più ricchi in alimenti di origine animale, che sono più efficaci per l'alimentazione umana.

Molto interessante risulta l'analisi dell'incidenza della spesa per i consumi alimentari sul totale del reddito. Tale spesa assorbe fino agli anni cinquanta più del 50% del reddito. Negli ultimi cinquant'anni tale spesa si riduce drasticamente e progressivamente fino a un valore inferiore al 15%.

Anche l'impiego della popolazione attiva vede una simile evoluzione nel senso che i maggiori cambiamenti avvengono negli ulti-

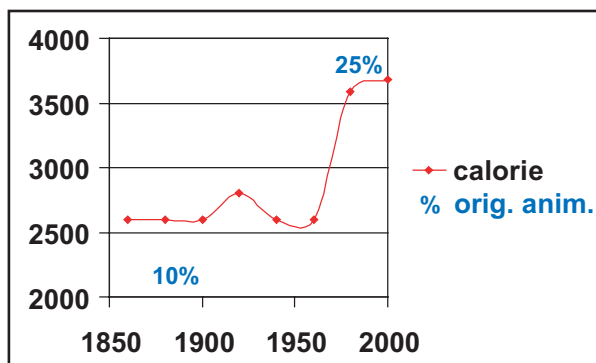


Figura 2.1 –  
Evoluzione dei  
consumi  
alimentari.

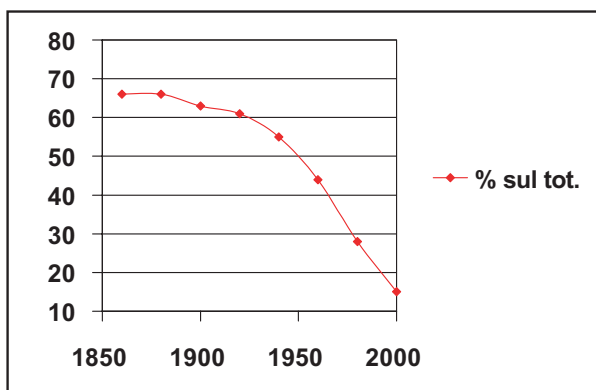


Figura 2.2 –  
Incidenza della  
spesa per consumi  
alimentari sul  
reddito.

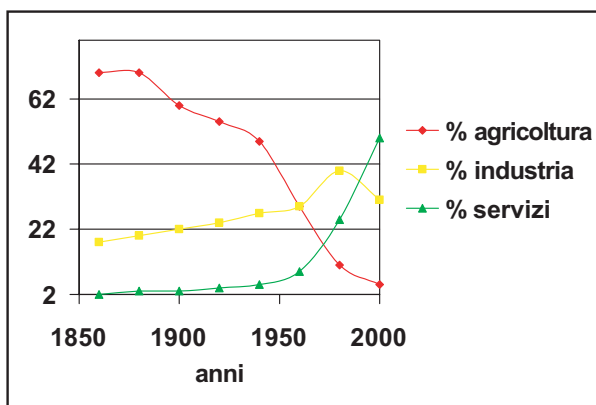


Figura 2.3 –  
Popolazione attiva  
per settore.

mi cinquant'anni. La popolazione impiegata nel comparto industriale subisce un lento e progressivo incremento, mentre la popolazione impiegata nell'agricoltura si riduce drasticamente scendendo da un valore del 60% all'inizio del secolo diciannovesimo a meno del 10 % ai giorni nostri. Contemporaneamente aumenta la popolazione impiegata nei servizi.

Questi imponenti cambiamenti prodotti dall'incremento della produzione agricola hanno indotto importanti cambiamenti sociali. Tra questi, di particolare importanza risultano essere: la drastica diminuzione della mortalità infantile e l'incremento della aspettativa di vita. In sostanza l'affrancamento dallo spettro della fame e della malnutrizione.

Inoltre la riduzione della quota di reddito e di impegno di manodopera per soddisfare le esigenze primarie lascia spazio a una migliore qualità della vita con la possibilità di coltivare soddisfazioni psicologiche anche alimentari, quali la ricerca di alimenti costosi e raffinati.

### **L'incremento della produzione agricola**

L'incremento della produzione agricola, che negli ultimi anni ha preso anche il nome di "**rivoluzione verde**", è essenzialmente dovuto alla riduzione della differenza tra rendimento termodinamico teorico del processo di trasformazione dell'energia elettromagnetica luminosa in energia chimica e resa di prodotto utilizzabile.

In altre parole la "rivoluzione verde" ha condotto a una crescita di quantità di prodotto utilizzabile per uno stesso input di energia solare. Di fatto, la pianta può essere vista come un sistema di conversione dell'energia in cui l'energia che entra nel processo è la luce ( $h\nu$ ) e quella che ne esce è costituita da molecole con elevato contenuto di energia utilizzabile ( $\Delta G$ ) (*figura 3*).

La riduzione di tale divario dipende da molteplici fattori fisiologici strettamente legati al miglioramento colturale imputabile a conoscenze di tipo scientifico e culturale. In realtà quello che è successo è che le conoscenze scientifiche progressivamente acquisite

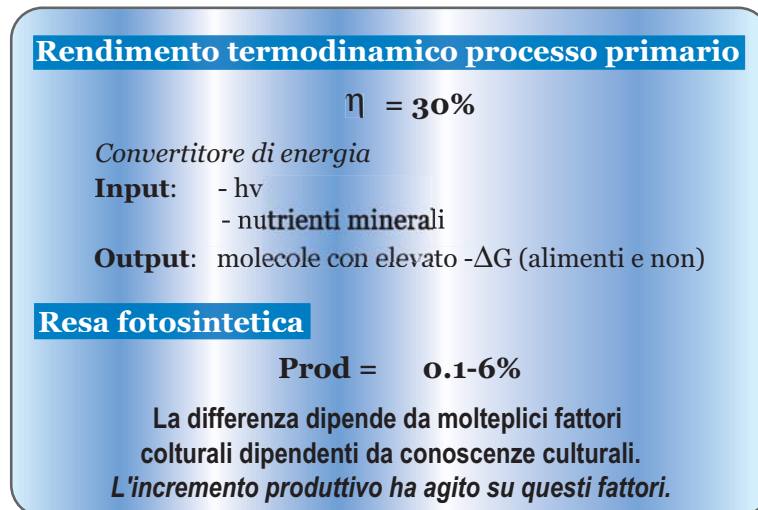


Figura 3 – Fattori fisiologici nell'incremento della produttività agricola.

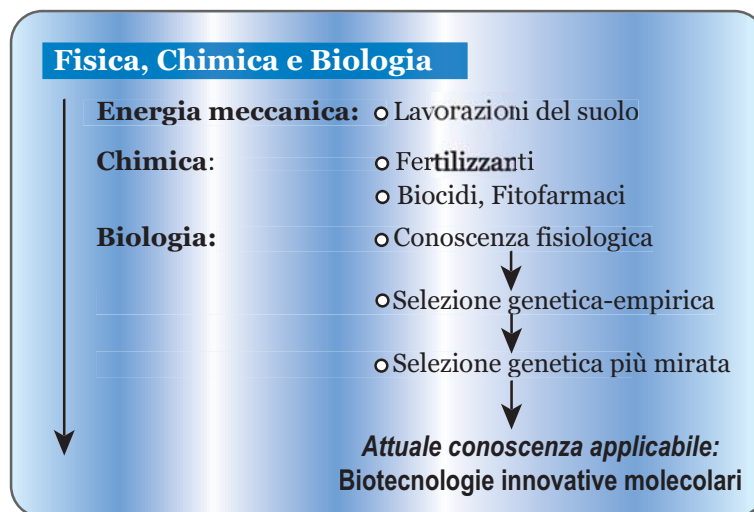


Figura 4 – Ruolo delle conoscenze scientifiche e conseguenti applicazioni tecnologiche nella produzione agricola.

venivano man mano applicate alle produzioni agricole (*figura 4*). L'invenzione delle macchine ha consentito l'impiego dell'energia in agricoltura con lavorazioni sempre più intense e importanti. La conoscenza della chimica ha consentito la sintesi chimica, impiegando energia esterna, e la produzione di fertilizzanti. Indispensabile, per esempio, è la continua immissione di azoto utilizzabile da parte delle piante per compensare le perdite che si producono nel ciclo dell'azoto e che non sono compensabili naturalmente solo con la fissazione dell'azoto atmosferico da parte di microrganismi simbiotici o non simbiotici.

Con il progredire delle conoscenze chimiche si è potuto effettuare la sintesi di molecole complesse con azione di difesa delle colture contro batteri, funghi, artropodi ed erbe infestanti.

Lo straordinario sviluppo delle conoscenze in fisiologia ha permesso di ottimizzare la gestione delle colture individuando punti critici e fattori limitanti la produttività e mettendo a punto sistemi colturali ottimizzati per il prodotto da ottenere. Inoltre la conoscenza della chimica fine ha consentito lo sviluppo di molecole capaci di agire sullo sviluppo delle piante. Agendo sullo sviluppo è possibile interagire sui processi di differenziamento, organogenesi e in ultima analisi sulla formazione del prodotto.

La nascita della genetica ha consentito di sviluppare un miglioramento basato sulla possibilità di incrociare tra loro organismi diversi di specie compatibili sessualmente che sono riusciti, utilizzando procedimenti di incrocio e selezione operata dall'uomo, a migliorare enormemente la qualità degli organismi che costituiscono le colture, adattandoli anche alle condizioni ambientali in cui era necessario inserirli per la produzione. La selezione genetica è divenuta di fatto sempre più mirata costruendo organismi con particolari caratteristiche. A questo scopo, utilizzando l'incrocio, si sono riunite nello stesso organismo caratteristiche appartenenti a varietà che per origine e caratteristiche non avrebbero mai potuto incontrarsi in riproduzione sessuata.

La conoscenza sempre più accurata dei meccanismi genetici bio-

chimici e fisiologici che sono alla base della conservazione, della trasmissione dell'informazione genetica e della sua espressione nelle proteine ha aperto la possibilità di ulteriori straordinarie applicazioni. La più importante innovazione consiste nell'aver trasferito la conoscenza a livello molecolare. Inoltre, lo sviluppo dell'informatica ha consentito di sviluppare sistemi capaci di trattare contemporaneamente molte migliaia di risultati e di valutare la loro interazione con strumenti matematici e statistici importanti.

Nascono così le così dette -omiche, ovvero lo sviluppo di valutazione globali di molti dati, anche migliaia. La genomica tratta dei geni, la genomica funzionale tratta dell'espressione dei geni, la proteomica delle proteine e delle loro funzioni e, infine, la metabolomica dei metaboliti. Un approccio tanto riduzionista non consente tuttavia di avere una completa valutazione della situazione funzionale di un organismo e, quindi, viene anche valorizzata la *system biology*, che prevede un'interpretazione integrata di tali conoscenze.

Le biotecnologie innovative portano quindi allo sviluppo di potenti tecniche molecolari capaci di valutare caratteristiche informazionali e funzionali delle molecole che di per sé hanno costituito lo sviluppo di tecnologie che hanno affiancato quelle tradizionali. Forse l'esempio più importante di questo processo è lo sviluppo dei marcatori molecolari, la selezione assistita da questi e l'individuazione dei polimorfismi da singolo nucleotide che hanno portato a dare una ragione molecolare alle differenze che caratterizzano gli individui nell'ambito della specie.

Lo sviluppo delle biotecnologie innovative ha anche consentito di mettere a punto tecniche capaci di trasferire geni da un organismo all'altro e quindi produrre nuovi organismi. Questi organismi possono essere molto differenti tra loro in dipendenza del tipo di modifica del patrimonio genetico. Quelli che presentano una maggiore potenzialità attualmente sono quelli ottenuti con il trasferimento di geni di organismi diversi. Questi sono particolarmente interessanti in quanto consentono di superare la difficoltà di mette-

re assieme patrimoni genici di organismi che non sono compatibili sessualmente e che quindi non possono produrre incroci. È opportuno chiarire, quindi, che gli OGM non sono un insieme omogeneo ma devono essere trattati come singole varietà, studiate e valutate così come sono stati studiati e valutati nuovi organismi conosciuti con l'esplorazione geografica al momento del loro impiego antropico. L'esempio più importante di questo processo svolto negli ultimi secoli è costituito dall'impiego delle solanacee.



Figura 5 – Effetti indesiderati ambientali dipendenti dall'incremento della produzione agricola: costo ambientale necessario.

### L'incremento della produzione e i suoi costi

L'incremento della produttività agricola si è sviluppato non senza costi, prevalentemente a spese dell'ambiente. (figura 5).

#### *Erosione*

L'uso estensivo di lavorazioni agricole sempre più aggressive e profonde può portare all'erosione dei suoli con la distruzione della sua matrice e tessitura.

### *Contaminazione chimica*

L'uso di sostanze chimiche ha portato a un eccesso di introduzione nell'ambiente di nutrienti che, dilavando, hanno spesso provocato contaminazione delle falde acquifere, eutrofizzazione dei fiumi, laghi e mari. L'uso estensivo di nutrienti di origine naturale ha portato alla dispersione di metalli tossici. Un tipico esempio è costituito dal cadmio, componente naturale dei fertilizzanti fosfatici.

L'uso di biocidi e fitofarmaci per proteggere le colture ha portato alla contaminazione dell'ambiente con molecole xenobiotiche tossiche, talvolta a elevata permanenza nell'ambiente.

### *Problemi metabolici e genetici*

La selezione genetica degli organismi e il non perfetto controllo delle caratteristiche fisiologiche ha portato allo sviluppo di piante che potenzialmente possono produrre maggiore inquinamento. Per esempio la selezione per elevata produttività ha condotto all'utilizzo di piante con scarsa capacità di assumere nutrienti quando questi si trovano a basse disponibilità nell'ambiente. In questo modo la pianta così ottenuta cresce e produce di più, ma solo utilizzando livelli più elevati di nutrienti, la maggior parte dei quali finisce per contaminare l'ambiente ed eutrofizzarlo.

L'uso di talune tecniche per produrre ibridi altamente produttivi ha portato allo sviluppo di piante molto sensibili all'attacco di alcuni patogeni. Un esempio tipico è costituito dalla suscettibilità all'azione di un fungo, *l'Helminthosporium maydis*. Alcuni anni fa l'intera produzione del mais di una stagione è stata perduta a causa della suscettibilità all'attacco di questo patogeno dipendente da un carattere non desiderato che è stato inconsapevolmente trascinato. Infine la riduzione della biodiversità è una caratteristica conseguente all'utilizzo di colture sempre più specializzate ed efficienti. Tuttavia non si può fare a meno di osservare che la riduzione della biodiversità nasce con l'agricoltura e con l'azione antropica sulla sopravvivenza e diffusione delle specie.

### *Il bilancio costi-benefici*

Queste azioni così enunciate potrebbero essere interpretate come



un aspetto altamente negativo, tuttavia non bisogna dimenticare che è sempre opportuno fare una precisa valutazione dei costi/benefici di una azione. Se è vero che vi sono stati aspetti negativi è anche vero che, grazie a queste tecnologie, la produttività è aumentata al punto da consentire, nei Paesi industrializzati, di superare lo spettro della fame, portando effetti positivi sulla civiltà dell'uomo. È opportuno osservare che, se possiamo permetterci di discorrere di queste cose, ciò è solo dovuto al fatto che attualmente gli alimenti e il valore nutrizionale di questi sono in eccesso. Probabilmente questa è la causa principale che attualmente ci consente di cercare di valutare cosa si possa fare per migliorare la sostenibilità delle colture, ma certo non è pensabile ridurre la produttività. Una tale eventualità sarebbe pagata a caro prezzo con crisi economiche e sociali. La storia dell'uomo è piena di esempi di questo tipo: la scomparsa di intere civiltà, grandi migrazioni di popolazioni sono state innescate da riduzioni della produttività agricola.

### **La produttività agricola nel futuro**

#### *Caratteristiche dell'incremento produttivo*

L'enorme incremento della produttività agricola, dovuto essenzialmente alla forte implementazione di conoscenze scientifiche, è un processo irreversibile. Non è possibile immaginare di poter tornare a vecchi sistemi colturali. È vero che attualmente prende sempre più piede lo sviluppo di prodotti da colture di tipo biologico, ma, considerato che il loro costo supera i costi dei prodotti di tipo convenzionale, non è difficile immaginare uno scenario in cui la riduzione delle risorse disponibili in generale obblighi a fare scelte meno selettive pur di superare l'indigenza. Tuttavia ben vengano sistemi colturali che sviluppino culture capaci di richiamare maggiori risorse per sostenere il settore agricolo, un settore che rischia di non riuscire, nei Paesi industrializzati, a trovare le risorse per finanziare ulteriore progresso. Considerato anche che la rivoluzione verde ha già prodotto enormi vantaggi produttivi, ulteriori miglioramenti necessitano di sempre maggiori risorse per essere prodotti.

È impossibile tornare a vecchi sistemi produttivi nei Paesi industrializzati in quanto il ritorno, con la riduzione della produzione, potrebbe scatenare eventi politico sociali insostenibili per una moderna società. Inoltre vi sono valide ragioni che suggeriscono la necessità di un ulteriore incremento produttivo.

La richiesta e l'uso di prodotti alimentari e non alimentari aumenta fortemente. È opportuno valutare che certamente sarà necessario incrementare la produzione di questi prodotti: infatti la popolazione mondiale aumenta e, con questa, la necessità dei prodotti alimentari. Inoltre, l'uso di questi prodotti aumenta nelle popolazioni che attualmente si trovano in condizioni vicine all'indigenza e che necessariamente vogliono raggiungere gli stessi standard di vita dei Paesi industrializzati. In conclusione, l'uso dei prodotti alimentari cresce addirittura più di quanto prevedibile anche con l'incremento della popolazione.

Appare quindi indispensabile aumentare ulteriormente l'efficienza di conversione della energia luminosa in energia chimica; in altre parole è indispensabile incrementare ulteriormente la resa fotosintetica avvicinandola sempre di più al rendimento termodinamico del processo primario della fotosintesi.

Inoltre appare sempre più opportuno stabilizzare il processo primario della fotosintesi, stabilizzando la produzione e riducendo quindi i rischi di mancanza di prodotti da cause ambientali, climatiche o epidemiologiche.

Questo effetto si può ottenere incrementando ulteriormente il ruolo delle conoscenze scientifiche, producendo innovazione e trasferendo queste conoscenze nei processi produttivi così come del resto è successo in passato. Bisogna introdurre nuove conoscenze rivisitando quanto già è stato fatto in modo empirico. È soprattutto un problema di metodo: non è più possibile accontentarsi dei risultati pratici, come è accaduto negli anni passati, ma è indispensabile conoscere dettagliatamente il sistema in modo da non incorrere in caratteri indesiderati di trascinarsi. La responsabilità di un tale modo di operare non è dovuta a una superficialità di

azione ma piuttosto è stata guidata da impellenti necessità di miglioramento del sistema produttivo. In altre parole, in una situazione in cui si è pressati dalla mancanza di alimenti, e quindi dalla fame, non ci si preoccupa certo di problematiche di carattere ambientale: soltanto quando questo spettro si allontana si può dedicare risorse e tempo anche a problematiche che sono essenziali ma che perdono la loro incisività quando altri problemi più impellenti sono presenti.

Le nuove biotecnologie innovative, che indirizzano le loro conoscenze a livello molecolare, possono costituire il fondamento culturale innovativo per produrre questa nuova rivoluzione nel campo della produzione agraria, che non sarà più una rivoluzione verde ma una rivoluzione culturale di elevati contenuti scientifici che può essere definita rivoluzione molecolare.

*Differenze tra selezione tradizionale e varietà OGM*

Il miglioramento ottenuto con la rivoluzione verde è stato prodotto sia dalla introduzione nel sistema agricolo di conoscenze di altri settori, sia dalla genetica tradizionale, che è stata capace di produrre varietà a elevata produttività. Questo processo si basa essenzialmente su meccanismi di incroci e selezione ed è limitato essenzialmente dalla possibilità di produrre incroci ovvero dalla compatibilità genetica degli organismi della stessa specie che devono essere incrociati così da poter produrre progenie. Inoltre, la possibilità di arrivare a un reale miglioramento è condizionata dalla variabilità genetica della specie, cioè dalla diversità che caratterizza la specie. In questo modo è possibile rimescolare il patrimonio genetico di organismi per ottenere fenotipi che più si adattano a esigenze produttive. Pertanto, bisogna mettere assieme due necessità antitetiche: la possibilità di generare incroci e la diversità. Per questo motivo spesso sono stati condotti incroci tra organismi che sono sì compatibili sessualmente ma che posseggono differenze elevate prodotte da separazioni fisiche avvenute in epoche tanto remote da consentire alla pressione selettiva di generare diversità. Quindi si sono prodotti organismi ibridi innaturali che de-

rivano dall'incrocio innaturale di organismi che non avrebbero mai potuto giungere in contatto se non con l'intervento dell'uomo.

Le varietà OGM sono ottenute mettendo assieme caratteri molto distanti filogeneticamente tra loro con un intervento diretto sul patrimonio ereditario, superando di fatto la limitazione dovuta alla compatibilità genetica di produrre un incrocio. In realtà viene estremizzato un aspetto già cercato nella selezione naturale ma che doveva sottostare alla possibilità di produrre incroci.

Un'altra importante differenza tra le due tecniche è legata al fatto che la selezione tradizionale si basa sulla riproduzione sessuata, la quale mescola tra loro migliaia di geni. È soprattutto importante il rimescolamento di quelli che vengono monitorati in modo da produrre assortimenti utili per le caratteristiche volute. Assieme a questi assortimenti utili possono essere trascinati caratteri non monitorati capaci di produrre organismi non positivi. I già menzionati esempi relativi alla riduzione della efficacia di assorbire il nitrato nel mais e la sensibilità alla tossina dell'*Helminthosporium maidis* rappresentano due esempi classici di un tale comportamento.

Le nuove tecnologie possono ridurre i rischi di tali fenomeni mediante l'uso della Selezione Assistita Molecolarmente. Tuttavia il controllo totale del rimescolamento genico che avviene durante la riproduzione sessuata non sarà mai possibile a causa dell'elevato numero di geni in gioco.

Le varietà OGM non presentano questi rischi in quanto gli eventi che sono prodotti coinvolgono un numero estremamente limitato di geni, addirittura uno soltanto, e inoltre ben conosciuto, il cui destino può quindi essere rigorosamente monitorato. Questo tipo di tecnologia mette quindi al sicuro da effetti di trascinamento indesiderati.

Quello che accomuna comunque le due tecniche è che l'immissione di organismi deve essere soggetta ad accurate indagini e valutazioni per verificare dettagliatamente le caratteristiche fisiologiche, che devono essere tali da non produrre effetti indesiderati sia per quanto riguarda le caratteristiche dei prodotti sia per quanto riguarda la compatibilità e sostenibilità ambientale.

*Caratteristiche e accettabilità delle varietà OGM*

Uno dei maggiori problemi delle varietà OGM è legato alla loro accettabilità. L'uso di tecnologie per mettere insieme caratteristiche di organismi che non sono in grado di riunire il loro patrimonio genetico produce reazioni di inaccettabilità. Inoltre a questo si aggiunge la contrapposizione con le varietà tradizionali.

Bisogna chiaramente osservare che la tradizione non costituisce la garanzia di un certo prodotto. Il fatto che un alimento, e più in generale un prodotto, sia tradizionalmente utilizzato non permette di annoverarlo tra quelli che necessariamente sono innocui e salubri. Questo per diversi tipi di considerazioni. Tra queste va annoverato il fatto che i mezzi di indagine delle caratteristiche del sistema sono enormemente incrementati, mettendo in evidenza aspetti che in passato possono essere stati tralasciati. Basta pensare ai contenuti di molecole tossiche intrinseche negli organismi, la cui valutazione può essere fatta solo adesso grazie alle moderne tecniche analitiche e tossicologiche, ma bisogna anche valutare aspetti non considerati (per esempio negli alimenti) che solo adesso, grazie alla maggiore conoscenza della fisiologia, possono essere realmente valutati. Per esempio può essere valutata la cosiddetta sindrome glicemica che viene prodotta da alimenti in grado di provocare picchi di glicemia capaci di produrre a lungo andare malattie metaboliche.

Un'altra considerazione importante viene dall'osservazione che le caratteristiche generali del sistema sono enormemente cambiate. Il cambiamento più appariscente è rappresentato dall'incremento dell'aspettativa di vita. Questi cambiamenti stanno producendo imponenti mutamenti delle esigenze, prima tra tutte quelle alimentari.

Infine, un altro aspetto da tener presente dipende dalle possibili interazioni tra organismi e sistemi: disastri di tipo ecologico sono stati prodotti dall'introduzione in certi ambienti di organismi diversi che sono riusciti ad alterare le caratteristiche ambientali.

*L'uso di geni eterologhi nelle varietà OGM*

Da un punto di vista strettamente biologico la riunione dei geni e dei loro prodotti, che normalmente sono compartimentati in specie diverse, non costituisce un problema importante. Molte proteine metaboliche sono molto simili in specie molto distanti filogeneticamente, soprattutto per quanto riguarda proteine coinvolte in funzioni fondamentali degli organismi. Un tipico esempio è rappresentato dal citocromo c. La conservazione di una proteina dipende dalla sua funzione e dalla pressione selettiva cui è sottoposto l'organismo in base alla funzione della stessa. Non vi sono motivi a priori per immaginare che la riunione di proteine separate da diverse scelte evolutive degli organismi che le possiedono debbano essere dannose.

Resta comunque la necessità di valutarne dettagliatamente le caratteristiche. Ma questo aspetto deve essere tenuto nella massima considerazione per tutti gli organismi: tradizionali e OGM.

Da quando l'uomo ha inventato l'agricoltura e ha quindi incominciato ad agire sulle colture sconvolgendone le caratteristiche e influenzandone la selezione, ha sostanzialmente modificato lo sviluppo di queste introducendo fattori esterni di condizionamento. L'utilizzo da parte dell'uomo di questi organismi può creare dei problemi all'uomo stesso. Ma non si può certo non osservare che lo sviluppo delle piante certamente non risponde a esigenze antropiche. La spinta evolutiva e selettiva è mirata alla sopravvivenza della specie considerata e non certo a quella dell'uomo. Non ci si può quindi meravigliare che le esigenze della sopravvivenza delle piante non coincida con la sopravvivenza dell'uomo. L'uomo agisce sulla natura per adattarla alle proprie esigenze. Ma l'uomo è parte della natura e quindi la sua azione si può considerare naturale.

**Le Biotecnologie e l'ambiente**

Le biotecnologie, sia nel loro uso tradizionale, sia nella costruzione di OGM possono costituire un'importante base per il miglioramento dell'ambiente. Esse possono essere utilizzate per migliona-

re l'ambiente, sia indirettamente riducendo l'impatto ambientale delle colture, sia direttamente utilizzando cioè le piante per il risanamento ambientale.

*Azione indiretta delle biotecnologie*

L'incremento della produzione è stato ottenuto nel corso degli anni senza tenere in conto molte caratteristiche importanti per la sostenibilità ambientale: gli aspetti più rilevanti riguardano sicuramente la protezione delle piante da agenti patogeni, procarioti, eucarioti: funghi, artropodi e infestanti. La difesa delle colture obbliga all'uso e alla conseguente dispersione nell'ambiente di prodotti chimici, fitofarmaci e biocidi. Molto è stato fatto mettendo a punto varietà OGM che possono produrre molecole, insetticidi naturali capaci di impedire l'attacco dei patogeni. Le varietà *Bt* di alcune piante coltivate si riferiscono a queste caratteristiche. Anche alcune resistenze ai diserbanti sono state sviluppate per difendere le colture dalle infestanti. Queste varietà già utilizzate da molti anni sono ormai largamente validate nel loro uso. Tuttavia, una strategia alternativa prevede il potenziamento di alcune caratteristiche già possedute dalle piante che consentono loro di difendersi, sia dalle infezioni localizzate, sia per resistenze generalizzate a tutta la pianta.

Lo schema di quanto vi è di conosciuto nel settore è delineato nella *figura 6*: come si può osservare la complessità del sistema non può non prevedere interventi complessi. Questa possibilità, che non è remota, potrà essere sviluppata solo con un'accurata conoscenza del sistema e intervenendo in maniera estremamente mirata. Le biotecnologie potranno fornire gli strumenti per tali interventi.

Un altro aspetto molto importante è rappresentato dalla nutrizione minerale. Le attuali piante riescono a utilizzare una frazione molto limitata dei nutrienti che sono presenti nei terreni. Il fatto è che le caratteristiche delle funzioni preposte a questo scopo non sono in grado di intercettare ed energizzare i nutrienti in modo efficace. Di questo argomento si è già fatto menzione relativamen-

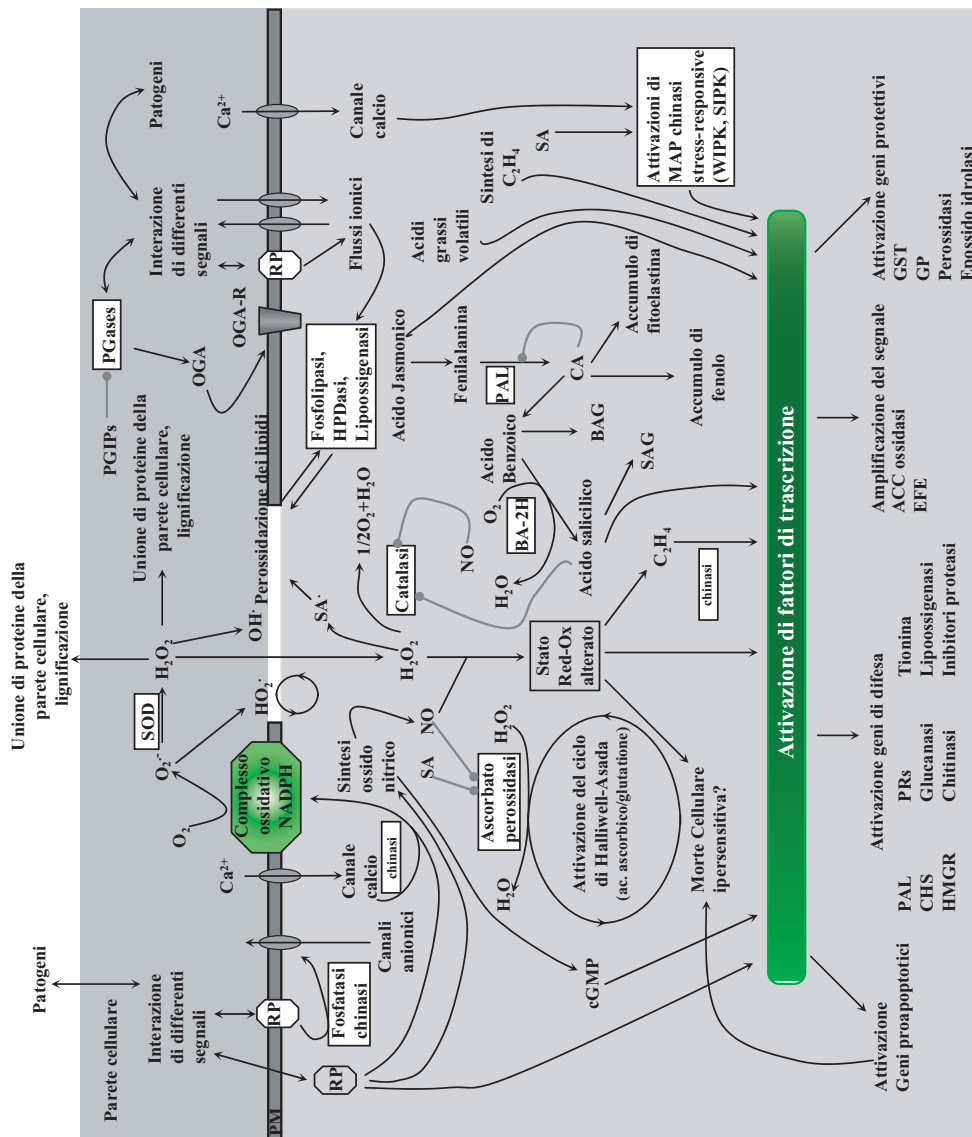


Figura 6 – Schema semplificato delle risposte cellulari che una pianta attua contro l'attacco di patogeni. Notare le numerose attività.



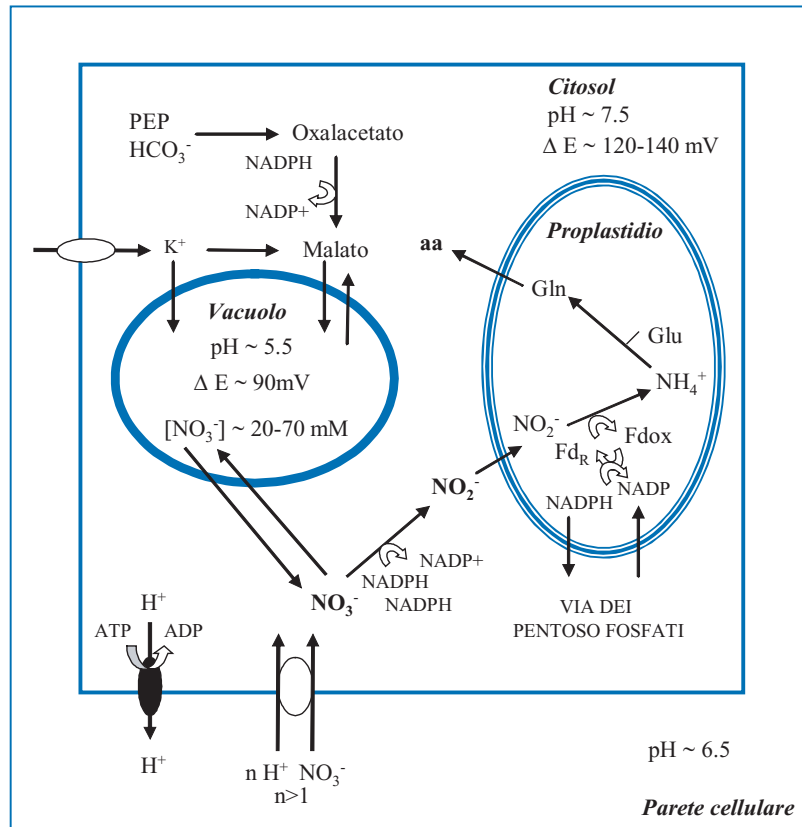


Figura 7 – L'assorbimento e l'assimilazione del nitrato coinvolgono un elevato numero di attività e funzioni cellulari che sono realizzate oltre che dalle attività catalitiche delle reazioni biochimiche, anche da numerose attività di proteine regolatrici sia dei processi sia delle funzioni fisiologiche. È interessante osservare il coinvolgimento del potenziale elettrico di membrana ( $\Delta E$ ), del pH dei vari compartimenti cellulari e delle concentrazioni di molecole con ruolo di osmoliti che controllano la componente di soluto del potenziale idrico.

te alla selezione di colture ad alta produttività ma con scarsa capacità di procurarsi i nitrati. La nutrizione minerale è una funzione complessa che coinvolge molte attività cellulari e sistemiche

(figura 7). Il miglioramento dell'efficacia e il coordinamento di queste può portare a sostanziali miglioramenti dell'efficienza dell'approvvigionamento dei nutrienti, con due sostanziali vantaggi: il primo consente di ridurre la somministrazione di nutrienti con la fertilizzazione producendo sostanziali riduzioni dei costi, il secondo, più importante in una ottica di tipo ambientale, consente di ridurre sostanzialmente i residui di nutrienti non assorbiti dalle piante che possono accumularsi e dilavare provocando ingenti danni ambientali. Anche in questo caso la complessità del sistema prospetta un intervento sicuramente di difficile attuazione, sia per l'individuazione delle funzioni su cui agire, sia su come agire. Tuttavia, le moderne biotecnologie sono in grado di fornire gli strumenti sia conoscitivi sia operativi per produrre questi miglioramenti.

In questi due ultimi esempi, brevemente descritti, gli organismi che si intendono sviluppare non presentano più problemi di accettabilità da parte dell'opinione pubblica in quanto la presenza di molecole eterologhe non è più necessaria.

#### *Azione diretta delle biotecnologie*

Le piante possono anche essere utilizzate per ridurre o eliminare contaminanti dispersi nell'ambiente. Le piante sono organismi straordinari che posseggono al loro interno molte e differenziate vie metaboliche capaci di interagire con molte molecole organiche xenobiotiche e no; inoltre le piante, avendo dovuto superare con l'evoluzione condizioni ambientali senza potersi sottrarre, essendo specie fisse, hanno sviluppato meccanismi di detossificazione che coinvolgono sia molecole organiche sia elementi.

La presenza di contaminanti pericolosi sia di origine naturale sia antropica è un pericolo importante per l'attuale ambiente. Basta ricordare l'incidente avvenuto a Seveso nel 1976 che ha causato la dispersione della diossina o la contaminazione ambientale da idrocarburi nei siti che hanno ospitato raffinerie, da molecole organiche aromatiche nei siti che hanno ospitato industrie chimiche o, ancora, la contaminazione da metalli pesanti nei siti che

hanno ospitato industrie metallurgiche o galvaniche. Possono essere comunque fatti numerosi altri esempi accuratamente documentabili.

Il risanamento di questi siti costituisce un importante problema e può essere affrontato, sia con tecniche tradizionali, sia con tecniche che utilizzano organismi viventi come, in particolare, microrganismi (quali funghi e batteri), organismi superiori (come le piante) o anche l'insieme di questi. Si può valutare che l'uso di organismi consente un risparmio che va dal 70 al 95 % dei costi necessari per una decontaminazione con tecnologie tradizionali.

Si possono utilizzare organismi non modificati, ma gli organismi modificati, che sovraesprimono quelle attività connesse con la detossificazione da inquinanti, hanno un'efficienza molto superiore e quindi il loro impiego potrebbe portare dei vantaggi molto importanti.

#### *Metalli pesanti*

I metalli pesanti possono essere assorbiti dalle piante, accumulati e compartimentati nei vacuoli delle cellule in modo da essere detossificati. Esiste quindi la necessità di assorbirli, chelarli con molecole prodotte dalla pianta e quindi trasferirli nei vacuoli in modo che non esplicino più la loro azione tossica. Una volta assorbiti, accumulati nei vacuoli e compartimentati possono essere asportati ed eliminati.

Le piante possono essere modificate per aumentarne l'efficienza, sia incrementando la capacità di assorbire i metalli pesanti, sia nella loro chelazione e traslocazione nei vacuoli che costituisce la reale possibilità di detossificare.

Particolarmente interessante è risultato il potenziamento della via metabolica del metabolismo dello zolfo che porta alla sintesi di piccoli peptici non proteici, le fitochelatine, che sono proprio le molecole capaci di chelare i metalli pesanti. È stato dimostrato che organismi modificati geneticamente, capaci di sovraesprimere attività legate alla sintesi delle fitochelatine, mostrano una notevole maggiore capacità di assorbire metalli pesanti.

### *Molecole organiche*

Le molecole organiche che possono essere decontaminate da piante sono di diversa e varia natura. In particolare sono stati analizzati idrocarburi, composti clorurati, esplosivi, insetticidi e surfattanti. Molti miglioramenti delle piante sono stati ottenuti potenziando l'espressione di una proteina collocata sulle membrane chiamata p450, che è un citocromo capace di reagire su classi molto vaste di molecole modificandole in modo che siano riconoscibili dal metabolismo cellulare e che grazie a questa modificazione possano essere o compartimentate o addirittura demolite. L'incremento dell'espressione di questa proteina permette di aumentare l'eliminazione del tricloroetano in piante di tabacco.

Analoghi risultati sono stati ottenuti per l'eliminazione del trinitrotoluene utilizzando geni di *Enterobacter cloache*. Le piante così trasformate (*Arabodopsis*) sono capaci di sopravvivere a elevate concentrazioni di toluene e, quindi, di eliminarlo.

Un altro interessante esempio è l'utilizzo di un endofita nella pianta di lupino. Un endofita è un organismo, un battere cioè, capace di vivere all'interno della pianta stessa. La presenza di questo battere endofita consente alla pianta di eliminare il toluene.

### *Bioindicatori*

I bioindicatori sono organismi capaci di mettere in evidenza contaminanti ambientali. Risulta particolarmente elegante quanto è stato fatto per mettere in evidenza la radioattività. Un tempo veniva utilizzata la mutagenesi per mettere in evidenza la radioattività misurando le aberrazioni cromosomiche.

Attualmente è stata messa a punto una pianta geneticamente modificata che, quando avviene un evento di ricombinazione, attiva la sintesi di un enzima capace di produrre una colorazione blu nella pianta stessa. Poiché gli eventi di ricombinazione sono più frequenti quando vi sono radiazioni, la presenza di radiazioni incrementa le macchie blu che si formano sulla pianta. Questo è un sistema a basso costo e molto efficiente per mettere in evidenza la presenza di radiazioni ionizzanti.

**Conclusioni**

Le biotecnologie rappresentano certamente l'ulteriore sviluppo dell'introduzione in agricoltura di nuove conoscenze scientifiche. Questo processo non è dissimile da quanto già accaduto negli ultimi due secoli. In questo periodo la ricerca scientifica ha modificato sostanzialmente le tecnologie di produzione incrementandone enormemente l'efficienza. Contrariamente a quanto è generalmente accettato, e cioè che l'agricoltura rappresenta la tradizione, è opportuno osservare che l'agricoltura è uno dei settori ove l'innovazione tecnologica è stata introdotta con maggiore incisività. Le biotecnologie in generale, come pure la trasformazione delle piante, non rappresentano che una tecnologia attuale di un processo di modificazione delle piante che è iniziato molto tempo fa. Dalla nascita dell'agricoltura e fino a pochi anni fa in modo inconsapevole, l'uomo è riuscito con incroci a modificare le piante adattandole alle proprie esigenze: ne è stata modificata la distribuzione, sono stati messi a contatto organismi che geograficamente non avevano alcuna possibilità di incrociarsi, è stata ridotta la biodiversità per favorire lo sviluppo delle specie più utili, con maggiori rendimenti. Le biotecnologie costituiscono uno strumento più controllabile, perché più conosciuto, per un ulteriore miglioramento dell'agricoltura. Non credo che l'uomo possa permettersi di non utilizzare questo strumento se vuole migliorare ulteriormente e in modo più diffuso la qualità della vita. Sarebbe comunque un errore immaginare che questo processo sia innaturale perché l'uomo fa parte della natura.

Le ragioni per cui attualmente vi è molta diffidenza nell'uso delle biotecnologie, soprattutto nella trasformazione, ritengo che risieda in considerazioni che riguardano vari aspetti. La prima è che in aree dove ormai è stata sconfitta l'indigenza non appare necessario utilizzare ulteriori tecnologie per aumentare la produzione, addirittura cercando di ritornare a sistemi di produzione anacronistici e non più proponibili. Il secondo e forse più importante è rappresentato dalla scarsa informazione e dall'estremamente diffusa volontà di

dare giudizi anche su materie non conosciute. Voglio comunque concludere con l'osservazione che la considerazione più importante da fare è che queste materie devono essere affrontate con serenità, con rigore scientifico e metodologico e non devono essere contaminate da prese di posizione aprioristiche e ideologiche.

**S**e parliamo di etica parliamo di principi e, quindi, di valori. Io credo che uno dei principi fondanti della nostra società, della parte migliore della nostra cultura, sia proprio la libertà di pensiero e, insieme alla libertà di pensiero, la libertà di ricerca. Su questo però è necessario introdurre un elemento importante: **la cautela**, quella cautela che è alla base del principio di precauzione, ma che non deve diventare mai “paralisi”. Noi vogliamo la libertà della ricerca, la libertà di poter ricercare e, soprattutto, la libertà di dibattere sui temi nuovi, controversi, sui quali è necessario costruire con lo scambio di opinioni, di ricerche, di esperimenti, di teorie e di pratiche un pensiero in qualche maniera condiviso.

**Gli OGM:  
la ricerca necessaria,  
la precauzione  
indispensabile**

La questione degli OGM è oggi un tema che solleva molte passioni perché ha a che fare con cose fondamentali per la nostra vita, dal cibo alle questioni filosofiche. Molti criticano gli scienziati perché “pensano di potersi sostituire a Dio”. Si è detto anche questo, parlando di biotecnologia, magari non in agricoltura ma in altri campi della ricerca biotecnologica. Questa passione, a volte, mi sembra faccia perdere degli elementi di razionalità che, invece, sono assolutamente necessari per potersi formare un’opinione. Vorrei fare un esempio che agli ambientalisti è molto caro e che riguarda i cambiamenti climatici.

Non secoli fa, ma appena pochi anni fa, ai tempi della Convenzione di Rio (1992), il dibattito nel mondo scientifico sul fatto se ci fosse o meno una connessione fra l’effetto serra dovuto alle attività antropiche e i possibili cambiamenti climatici era un dibattito molto acceso. Non c’era affatto unanimità nel mondo scientifico. Ricordo le polemiche, anche molto forti, di chi sosteneva che questa relazione di causa e effetto non c’era e andava contestata. Nel 2004, appena dodici anni dopo (e dodici anni sono un attimo, un niente), possiamo dire che il mondo scientifico ha stabilito nella sua stragrande maggioranza (penso all’ONU, all’Intergovern-

mental Panel on Climate Change ecc.) che questa connessione esiste, che c'è una relazione di causa e effetto tra l'effetto serra dovuto alle attività antropiche e i cambiamenti climatici, che non sono più un rischio ma una realtà. Come si è arrivati a questa condivisione nel mondo scientifico? Attraverso il libero dibattito e per passaggi successivi. Allora, se questo è il modello di crescita della consapevolezza, della Conoscenza che io riconosco essere quello più interessante e importante, invito tutti ad avere quanto meno lo stesso approccio anche sulla questione degli OGM.

Su questo tema invidio coloro che mostrano una sicurezza che francamente non trovo giustificata. C'è chi sostiene che il mais Mon-810 sia un ingrediente sicuro e che non comporti alcun effetto sull'ambiente e sulla salute perché già da otto o nove anni viene utilizzato in altri Paesi, nella fattispecie gli Stati Uniti. Molti epidemiologi ritengono, in realtà, che un periodo di otto, nove, dieci anni sia un periodo assolutamente insufficiente per poterlo stabilire con certezza. Io credo, infatti, che non sempre sia possibile ottenere nell'immediato delle risposte precise a temi come questo poichè, vista la complessità dell'argomento, per elaborare delle risposte adeguate occorre maggior tempo e più studi.

Inoltre, ritengo necessario fare notare che il luogo dove si usano e quindi si consumano da più tempo i cibi OGM sono gli Stati Uniti d'America, dove non c'è alcun obbligo nell'etichettatura e non c'è bisogno di dichiarare se quel cibo sia o non sia OGM. È francamente difficile allora, in questo contesto, andare a fare studi epidemiologici seri per capire se vi sia qualche pericolo – così come è normale fare in qualsiasi studio scientifico – e se vi siano differenze tra chi si nutre con organismi geneticamente modificati e tra chi, invece, lo fa con cibo convenzionale. Vi è anche chi sostiene – e molto si dibatte su questa questione – che il mais transgenico sarebbe meno attaccato dalle aflatossine. Alcuni ricercatori su questo hanno condotto ricerche che, ovviamente, non voglio assolutamente mettere in dubbio. Vorrei tuttavia riportare che cosa scrive, invece, il professor Amedeo Reyneri, docente ordinario presso



l'Università di Torino che, tra l'altro, è anche responsabile del progetto microtossine per la regione Piemonte. Egli ha anche un ruolo istituzionale da ben dieci anni e credo quindi che meriti di essere preso in considerazione.

Il professor Reyneri, riferendosi a una dichiarazione del professor Veronesi, scrive:

“tracce di aflatossina nel latte si possono trovare saltuariamente ma è chiaro che l'origine di questa tossina non dipende dal mais ma è prevalentemente legata a prodotti diversi impiegati nell'alimentazione: derivati di arachidi, semi di cotone e altri elementi, sempre di origine extraeuropea, [...]” E in più aggiunge che la piralide è una delle cause dell'insorgenza dell'aflatossina, ma una delle tante e nemmeno la più significativa. E fa riferimento ad altre cause, per esempio al fatto che questa si sviluppa nei silos. Sempre secondo il professor Reyneri, non c'è alcuna differenza di percentuale tra mais OGM e mais biologico per quanto riguarda l'attacco della piralide. Cito questo studio non per sostenere – badate bene – che questa è la realtà e che quindi, come qualcuno fa, mostrare le immagini dei due tipi di mais, uno molto bello e rigoglioso perché OGM, e l'altro brutto e misero perché naturale, sia un'operazione falsa. No, in realtà sto solo dicendo che in questo settore abbiamo tanti studi e ricerche diversi che ci portano anche a conclusioni in qualche maniera opposte, sulle quali torno a invocare il **principio di precauzione**. Ma del principio di precauzione non dobbiamo fare una rappresentazione “caricaturale”. Esasperando il principio di precauzione, infatti, potrei dire che nessuno di noi dovrebbe uscire da questa sala perché uscire per le strade di Milano è una sorta di suicidio, poiché il rischio di essere investiti da un'automobile è altissimo. Evidentemente non è questo il punto. Il principio di precauzione, quando è correttamente inteso, a fronte di risultati diversi, spinge a riflettere con più attenzione e a sperimentare, a capire come possiamo aumentare il livello di ricerca per avere qualche informazione in più senza compromettere intanto la possibilità futura di imboccare una strada

piuttosto che un'altra. È questo il punto. Io non contesto il fatto che molti autorevoli scienziati sostengano giustamente che per progredire sarebbe necessario disporre di più soldi per la ricerca. Contesto però che questo ragionamento si faccia attraverso un collegamento e una connessione col **Decreto sulla coesistenza**.

Tale Decreto sulla coesistenza serve proprio a garantire quella libertà cui accennavo all'inizio, perché noi dobbiamo prima di tutto capire e decidere se in agricoltura vanno utilizzati gli OGM oppure no e, nel caso si decidesse di sì, quali OGM sperimentare. Alcuni ricercatori sottolineano l'esigenza di dichiarare che non tutti gli OGM sono uguali. Bisogna capire quali possono essere utili e quali no, quali possono essere rischiosi e quali no. Nel decidere tutto questo dobbiamo evitare di fare scelte irreversibili che impedirebbero un'altra strada. Allora, credo che sulla necessità di garantire che gli organismi geneticamente modificati non contaminino tutto il resto della produzione dovremmo tutti quanti essere d'accordo, anche chi è impegnato nella ricerca biotecnologica.

È mia opinione che, sul fatto che non ci debbano essere scelte irreversibili, tutti i ricercatori dovrebbero essere d'accordo con coloro che sostengono la necessità di fare attenzione. Oggi noi non siamo in grado di stabilire delle modalità di confinamento, di bioconfinamento. E questo non lo diciamo noi ambientalisti preoccupati, bensì lo sostiene la National Academy of Science americana che, a conclusione di uno studio "pro OGM" (nel senso che è stato realizzato da tutti i ricercatori che su questo sono impegnati), dice: "ad oggi noi non siamo in grado di mantenere gli OGM in un determinato campo senza che questi possano contaminare altre colture".

E allora è questo il punto su cui voglio insistere. Sul fatto che non possiamo autorizzare scelte irreversibili in agricoltura prima di avere delle certezze. Certezze che non possono che costruirsi attraverso il dibattito e lo scambio di informazioni, senza rigidità nel pensare di possedere la verità assoluta. Se affrontiamo le cose in questo modo, allora forse possiamo dire qualcosa sul problema

del rapporto tra etica e principio di precauzione. Fino ad ora ho parlato di metodo, ora entro nel merito. Vorrei approfondire di più alcune biotecnologie rispetto ad altre. Da alcuni ricercatori viene fatto l'esempio del gene che è presente nel melo selvatico e che, se trasferito nel melo coltivato, potrebbe affrontare un certo problema: trovo che questa, senza tema di pentirmi, sia una biotecnologia buona, da studiare e, se possibile, una volta provata, da applicare.

Ma qui si evidenzia la grande differenza – che a noi preoccupa – fra ciò che la scienza può fare avvenire accelerando dei tempi che in natura sarebbero solo più lunghi e quello che, invece, non potrebbe mai avvenire. Cerco di spiegarmi: l'agricoltura da 10.000 anni consiste nelle modifiche da parte dell'uomo di ciò che succede in natura. Ci sono gli innesti, ci sono gli incroci, ci sono tante cose che sono state tentate a volte con successo, a volte con fallimento. Alcune tecniche hanno richiesto anni. Oggi forse siamo in grado, in laboratorio, di accelerare enormemente alcuni processi come, per l'appunto, quello del gene del melo selvatico che va nel melo coltivato, che possono comportare dei risultati molto positivi, molto interessanti. Mi piacerebbe molto capire, per esempio, come alcune biotecnologie che vengono applicate alla decontaminazione dei metalli pesanti in particolare potrebbero essere utili. Quello che preoccupa è invece ciò che può succedere quando si tratta di realizzare un passaggio da una specie a un'altra; passaggio che, a oggi, mi sembra che ancora non siamo in grado di controllare. Non sappiamo quali possano essere le risposte future e – insisto – gli otto o nove anni non sono certo un tempo sufficiente per dare quella risposta. A questa tutela io mi riferisco. Credo, per sintetizzare con una battuta, che la possibilità di fare ricerche biotecnologiche ci debba essere, che persino una qualche applicazione di biotecnologia in agricoltura nel futuro sia possibile.

Mi chiedo, tuttavia, se questo dibattito non sia anche un po' "corrotto" dal fatto che le varietà biotecnologiche attualmente presenti sul mercato, oltre a essere di tre sole multinazionali e quindi a

non essere un modello straordinario dal punto di vista della democrazia, non siano anche inutili per il modello alimentare o il modello di agricoltura che noi vogliamo per il nostro futuro.

Il professor Salamini sostiene giustamente di fare attenzione al fatto che le modifiche dei modelli alimentari che si stanno facendo nei Paesi del Sud del mondo cambieranno le cose e che noi dobbiamo affrontarle. Una tale affermazione mi trova d'accordo ma, invece di rassegnarci al fatto che anche loro debbano fare gli stessi errori che abbiamo fatto noi, dovremmo provare a indirizzarli verso qualcosa di più sostenibile e più compatibile. In tal modo forse faremmo il nostro dovere di uomini e donne più fortunati perché viventi nella parte più sviluppata e più ricca di questo nostro pianeta.

L'uso delle biotecnologie in agricoltura suscita nell'opinione pubblica odierna reazioni contrastanti: vi è infatti chi ne fa l'esaltazione, ritenendo che esse rappresentino la via obbligata per risolvere l'annosa questione della fame nel mondo, e chi lo demonizza, enfatizzando drammaticamente i pericoli che da esse possono derivare per la salute dell'uomo e per l'integrità dell'ambiente. In ambedue i casi la valutazione è spesso condizionata, oltre che da pregiudizi di origine emotiva – le novità suscitano sempre reazioni di entusiasmo e di paura – dalla presenza di atteggiamenti fondamentalisti di carattere fortemente ideologico, che precludono la possibilità di un giudizio oggettivo. Non si allude qui soltanto alla rigidità di alcune posizioni dei movimenti ecologisti (soprattutto di quelli più radicali) che, in nome di una sorta di "religione" (o di "mistica") della natura rifiutano a priori qualsiasi intervento di tipo manipolativo, ma anche alla ostentata sicurezza di posizioni (altrettanto fondamentaliste) come quelle che, ispirandosi all'ideologia del progresso indefinito di matrice illuminista e giudicando pertanto eticamente legittimo tutto ciò che è tecnicamente possibile, considerano accettabile ogni intervento manipolativo.

La definizione del modo corretto secondo il quale accostarsi a questioni di grande portata che, oltre a presentare evidenti caratteri di complessità, sono contrassegnate da indubbi sospetti di ambivalenza, riveste un'importanza fondamentale. L'assunzione di un atteggiamento critico (ispirato cioè a un costante impegno di discernimento) è la premessa necessaria per evitare tanto preclusioni irrazionali quanto illusorie fughe in avanti. L'intervento manipolativo nel settore qui preso in esame può infatti, a seconda dei casi, innescare un processo di avanzamento positivo, nel senso di un vero miglioramento della situazione, o produrre effetti devastanti che ci riportano indietro per le gravi alterazioni degli equilibri umani e ambientali. Si tratta di sapere distinguere, di volta in

**Criteri di valutazione  
etica sull'uso  
delle biotecnologie  
in agricoltura**

volta, ciò che può (deve) essere fatto da ciò che va invece accuratamente evitato. Il che comporta l'individuazione di criteri etici che consentano di valutare adeguatamente le sperimentazioni in corso, tenendo seriamente in considerazione anche gli eventuali riflessi sul futuro.

A questo compito sono dedicate le seguenti note che, dopo aver illustrato il modello etico da privilegiare nell'approccio alle biotecnologie applicate all'agricoltura e dopo aver fornito una precisa criteriologia in base alla quale giudicarne l'uso (*paragrafo 1*), evidenziano l'importanza del ricorso al **principio di precauzione**, in ragione soprattutto della situazione di sempre maggiore rischio connaturata all'attuale stato di complessità (*paragrafo 2*), e riservano una particolare attenzione a un aspetto eticamente assai rilevante, quello di ordine sociale che chiama in causa i poteri in gioco, nonché le finalità che presiedono alle loro decisioni (*paragrafo 3*).

### **1. Il modello etico teleologico e la sua concreta applicazione**

La valutazione delle questioni qui in discussione può avvenire soltanto facendo riferimento a un modello che rapporti tra loro benefici e costi (naturalmente non solo di ordine economico ma più radicalmente umano): un modello che viene definito in termini tecnici **teleologico** (da *télos* = fine), basato cioè sulla misurazione del rapporto esistente tra il fine che persegue (che ha ovviamente il primato) e gli effetti negativi derivanti dal mezzo (o dai mezzi) usato per perseguirlo. Si tratta, in altre parole, di un metodo che tende a bilanciare le conseguenze positive e negative delle azioni (nel caso nostro degli interventi manipolativi), affermando la loro legittimità quando le conseguenze positive sono maggiori di quelle negative e dichiarandole illegittime in caso contrario (**conseguenzialismo**); o, secondo un'altra formulazione, di un metodo che si propone di verificare la proporzionalità esistente tra la bontà del fine perseguito e gli effetti negativi provocati dal mezzo adottato per raggiungerlo (**proporzionalismo**).

L'applicazione di tale modello alle biotecnologie in agricoltura comporta che ci si interroghi anzitutto sulla bontà dei fini perse-

guiti e sullo loro reale consistenza. Gli obiettivi di maggiore interesse sono, al riguardo, legati al campo sanitario e a quello alimentare. Nel primo campo – quello sanitario – al di là dell’ovvia bontà del fine, è doveroso ricordare l’importanza dei risultati raggiunti: la bioingegneria genetica ha infatti consentito di migliorare grandemente la produzione di sostanze utili ad affrontare diverse patologie mentre, d’altra parte, si prospettano in un futuro non lontano ulteriori decisivi traguardi. Nel secondo campo – quello alimentare che qui più direttamente ci interessa – le ragioni che spingono verso la diffusione degli OGM sono il miglioramento della rispondenza degli alimenti alle esigenze nutritive di base e l’innalzamento delle difese nei confronti delle malattie, nonché una più elevata protezione dell’ambiente. La bontà delle finalità è fuori discussione. Piuttosto modesti sono tuttavia gli esiti raggiunti: infatti, al di là della produzione di specie che presentano una più consistente resistenza ai parassiti e ai virus, non si riscontrano altri risultati di grande rilievo: la possibilità di risolvere su questo terreno il problema della fame nel mondo appare, almeno per ora, non realistica; mentre assai problematico risulta il perseguimento dei vari obiettivi segnalati, non facilmente tra loro componibili. Attenta considerazione meritano, d’altra parte, le conseguenze derivanti dal mezzo usato, cioè concretamente delle forme di manipolazione che vengono messe in atto. Da questo punto di vista è giusto innanzitutto ricordare che le modificazioni genetiche in campo vegetale non rappresentano di per sé un evento nuovo ed eccezionale: tutte le specie vegetali che attualmente coltiviamo sono frutto di modificazioni genetiche. Da sempre, attraverso gli incroci, l’uomo ha selezionato non solo le piante, ma anche gli animali, con l’obiettivo di ottenere risultati più efficaci, tanto di ordine quantitativo che qualitativo, a livello produttivo. A trasformarsi gradualmente nel tempo è stata la gamma delle metodologie disponibili, con un’*escalation* che ha condotto fino all’attuale svolta, un autentico salto di qualità, consistente nella scoperta delle basi biochimiche dei caratteri ereditari – il cosiddetto DNA – e, di conse-

guenza, nella nascita delle biotecnologie. L'aspetto di maggiore novità sul terreno che ci interessa – quello dell'etica – è costituito dal fatto che, grazie a queste tecniche, è oggi possibile dare vita a piante transgeniche, nel cui genoma sono inseriti geni provenienti da microrganismi o da piante di specie diverse. Questo processo – davvero rivoluzionario – si sviluppa a partire dalla “trasformazione” delle cellule, che vengono poi riprodotte con metodi di coltura simili a quelli che permettono di riprodurre una pianta senza ricorrere al seme (**riproduzione vegetativa**). Il grande significato di questa scoperta non può tuttavia farci dimenticare (o sottovalutare) i pericoli che dall'uso di tali tecnologie possono venire all'impatto ambientale – si pensi alla diminuzione della varietà genetica delle piante coltivate, perciò alla riduzione della biodiversità, che costituisce un importante patrimonio dell'umanità da custodire, e alla caduta dei confini che definiscono l'identità, grazie alla produzione di nuove specie frutto di contaminazione tra patrimoni genetici extraspecifici – ma anche i pericoli che possono derivare all'umanità sul terreno immunitario a causa di una maggiore selezione (e dunque di un inevitabile ridimensionamento) delle specie destinate all'alimentazione, nonché quelli legati alle evidenti difficoltà a mantenere in equilibrio gli ecosistemi. Il giudizio morale, che deve soppesare con attenzione benefici e costi, risulta dunque problematico per l'oggettiva difficoltà di compensare i costi dell'operazione con gli eventuali benefici (al momento ancora limitati).

## **2. La situazione di rischio e il principio di precauzione**

A rendere meno agevole il giudizio è, inoltre, la sempre maggiore difficoltà di valutazione delle conseguenze a causa dell'estrema complessità della situazione, che provoca un incremento quantitativo del rischio. I processi umani e naturali sono sempre più processi globali e strettamente interrelati; hanno carattere sistemico, poiché interagiscono tra loro in modo non lineare e con effetto moltiplicatore. L'enorme potere di trasformazione della realtà derivante dall'uso delle tecnologie consente infatti di dare vita a in-



terventi con ricadute su tempi lunghi e con l'impossibilità di previsioni "esatte" determinabili fin dall'inizio. Le diverse forme di manipolazione nei confronti dell'ambiente si inseriscono nel quadro di un sistema già fortemente manipolato, provocando reazioni a catena difficilmente controllabili e rendendo soprattutto sempre più difficile il controllo del sistema nel suo insieme.

In questa situazione è ovvio che non ci si può limitare alla semplice analisi degli effetti immediati dei processi innescati (effetti che rappresentano una piccola parte di quelli reali); è necessario prendere in considerazione l'eventualità (tutt'altro che improbabile) di effetti dovuti all'intreccio tra il processo manipolativo innescato e il sistema già altamente manipolato e la difficoltà di soppesare in partenza tali effetti, non essendo possibile verificarne la consistenza se non in un arco di tempo molto lungo e non potendo, in ogni caso, controllarne gli sviluppi. Nel caso delle biotecnologie in agricoltura ciò risulta particolarmente evidente, se si considera soprattutto il fenomeno degli incroci delle specie transgeniche con quelle "naturali", e perciò le complesse ricadute sugli equilibri degli ecosistemi.

Il modello teleologico, cui si è fatto riferimento, deve pertanto fare i conti con la necessità di definire, vagliare e gestire il rischio. Di qui l'importanza del **principio di precauzione**, riconosciuto dal diritto internazionale e confermato anche dalla Conferenza dell'ONU sull'ambiente e lo sviluppo di Rio de Janeiro del 1992. In base a tale principio, sussistendo nel caso degli OGM il sospetto di possibili (pesanti) ricadute negative, l'onere della prova spetta a chi intende commercializzarli.

**Le obiezioni** che normalmente si muovono a coloro che tendono, pur senza negare pregiudizialmente e in termini assoluti la possibilità del ricorso a tali organismi, a mettere in guardia da un atteggiamento troppo ottimistico nei confronti del loro impiego sono, da un lato, l'importanza di dare soluzione al già accennato problema della fame, al quale va assegnata un'indubbia priorità – la situazione è infatti oggi drammatica – e, dall'altro, la necessità di

non frenare la ricerca, che potrebbe in futuro condurre al conseguimento di grandi benefici. Alla prima obiezione si può (e si deve) rispondere che il problema della fame non è legato soltanto alla produzione di alimenti, ma anche (e soprattutto) alla loro corretta distribuzione; in altre parole, che la sua soluzione non va primariamente ricercata negli OGM, ma nella creazione di un ordine economicosociale giusto, che corregga le regole distorte di distribuzione attualmente vigenti sui mercati mondiali e che favorisca un'equa ripartizione di ciò che viene prodotto. Quanto al freno posto alla ricerca – è la seconda obiezione – occorre ricordare che il blocco dell'immissione sul mercato degli OGM non implica automaticamente il blocco della ricerca, la quale può tranquillamente proseguire accertando e, se è possibile, contenendo gli effetti negativi, fino ad acquisire garanzie sufficienti per la commercializzazione dei prodotti.

### **3. Il versante sociale: la questione dei brevetti**

Il giudizio etico sull'uso delle biotecnologie in agricoltura non può infine essere dato – è questo un altro importante aspetto della questione che va sottolineato – facendo semplicemente riferimento ai processi manipolativi considerati per se stessi, deve inevitabilmente tenere conto del contesto sociale in cui avvengono e non può pertanto prescindere da un'attenzione particolare ai centri di potere che li gestiscono e agli obiettivi che vengono perseguiti attraverso tale gestione. La questione che suscita, al riguardo, inquietanti interrogativi di ordine morale è quella della brevettabilità. Il sistema attualmente in corso prevede infatti che le società finanziatrici della ricerca e della sperimentazione brevettino i loro prodotti, costringendo chi ne vuole fruire a pagare in modo esoso i diritti di accesso. Nel contesto di un'economia liberista, come quella che si è affermata a livello mondiale a seguito della globalizzazione, ciò ha significato (e significa) accentramento del mercato nelle mani di poche multinazionali che, oltre a incrementare in termini sempre più ingenti i loro guadagni, condizionano profondamente l'opinione pubblica mediante campagne pubblicita-

rie non ispirate a criteri di oggettività, ma guidate dall'interesse all'incremento dei profitti.

**Due condizioni** sembrano allora irrinunciabili se si vuole esercitare una reale influenza sugli sviluppi degli OGM e consentire l'avanzamento della ricerca e la sua positiva applicazione negli ambiti segnalati: **la prima** è il controllo del settore pubblico sulle modalità di gestione dei brevetti; **la seconda** è la trasparenza e la diffusione delle informazioni come garanzia di democraticità dei processi decisionali. L'adempimento di tali condizioni è legato all'affermarsi di un potere politico autorevole, che sappia intervenire con precise direttive anche in campo economico, e alla creazione di un proficuo interfaccia tra scienza e società, tale da rendere possibile la promozione di conoscenze aggiornate e la messa in atto di scelte collettive seriamente ponderate.



Allo stato attuale il problema delle piante transgeniche non coinvolge solo l'aspetto scientifico ma, purtroppo, anche gli aspetti sociali, politici, economici e quelli legati alla bioetica: ciò mi costringe a toccare degli argomenti, che normalmente non fanno parte del mio lavoro scientifico, in difesa dei diritti della scienza e della sua stessa sopravvivenza, poiché questa oggi è un'emergenza, almeno nel nostro Paese. In Italia, infatti, non vengono più stanziati finanziamenti per la ricerca sulle piante transgeniche, ma solo esclusivamente per la ricerca sui rischi che comportano le piante transgeniche. In questo campo l'Italia può essere considerato il Paese della **tolleranza zero**, a differenza di ciò che avviene in tutto il resto del mondo. L'Europa ha delle perplessità sull'uso delle piante OGM, mentre l'America è molto più aperta in questo settore e l'Asia lo sta diventando ancora di più: siamo veramente noi che costituiamo un'eccezione. Cerchiamo di capire che cosa succede nel nostro Paese. La domanda che mi viene posta più frequentemente è: *"Lei mi può assicurare che le piante OGM sono oggi assolutamente esenti da rischi per l'essere umano, per l'ambiente e per l'economia e che continueranno a esserlo nel futuro, anche a lungo termine, anche tra cento anni?"* Un ricercatore responsabile non potrà mai rispondere: *"Sì, ne sono certo"*. La sicurezza assoluta non esiste nella scienza. Io stesso diffido molto dei ricercatori che hanno sicurezze assolute. La scienza, soprattutto grazie ai suoi sviluppi moderni, ci può offrire esaurienti informazioni sulla possibilità di rischio derivante da qualsiasi attività umana, ma non ci potrà mai offrire sicurezze assolute. Ma è molto più rischioso usare altri parametri per giudicare l'efficacia e la sicurezza delle innovazioni scientifiche. Per fare un esempio, l'efficacia della "Cura Di Bella", per la cura delle neoplasie, è stata decisa dal Pretore di Bari e poi da alcune Amministrazioni regionali, in contrasto con i dati scientifici. Questo è quello cui porta la "non-scienza"!

**Piante GM:  
rischi di fare e  
di non fare**

Consideriamo il **principio di precauzione** così tanto invocato con-

tro le piante OGM. Il Principio dice che dobbiamo essere cauti nel prendere le nostre decisioni, ma il concetto è spinto alle sue estreme conseguenze, almeno in Italia, con la richiesta di assoluta certezza di assenza di rischi. E viene aggiunto: *“Se la scienza non dà certezza, è meglio il non fare, è meglio bloccare tutto”*.

Ma pensate a quante volte il non fare può avere conseguenze molto più grandi del fare. Pensate solo a quel pazzo di Pasteur che, a Parigi, nel 1865 aveva sperimentato i suoi vaccini sull'uomo: oggi lo metterebbero in prigione per tanta imprudenza. Invece, assumendosi il rischio di fare qualcosa, ha ottenuto quegli enormi benefici di cui noi tutti godiamo. Proviamo a riflettere anche su un esempio quotidiano: tutti noi andiamo in automobile e conosciamo i grossi rischi che corriamo, però pensiamo che il beneficio di andare in automobile sia preponderante rispetto al rischio. Calcoliamo sempre, anche inconsciamente, il rapporto rischi-benefici. Per le piante transgeniche non è così: ci viene chiesto che siano assolutamente esenti da rischio o altrimenti di lasciar perdere; blocchiamo in questo modo le applicazioni delle conoscenze nel settore agrario al 1983, anno in cui vennero introdotte le metodologie di trasferimento genico. Ricordo che una cosa del genere era già successa nell'Unione Sovietica quando, nel 1935, uno scienziato asservito al potere, Lisenko, rifiutò le scoperte di Mendel, convinse il potere stesso che ciò era politicamente utile e bloccò in tal modo lo sviluppo dell'agricoltura russa fino agli anni Ottanta. Risultato: la stagnazione della ricerca russa nel settore della genetica agraria e conseguente fame per il popolo. Al contrario, durante la “Rivoluzione Culturale”, negli anni 1966-76, i cinesi incoraggiarono sempre la vera scienza, con il risultato di produrre sufficiente cibo per la popolazione. Dunque, il principio di precauzione deve essere inteso nel suo vero senso, che è quello di valutare rischi e benefici e accettare l'innovazione qualora i rischi siano ridotti e i benefici alti.

Il pretendere **rischio zero** ha connotazioni solo demagogiche. Ma come è possibile decidere quando la valutazione del rapporto ri-

schi-benefici di un'innovazione tecnologica offre un rapporto accettabile? Nel caso delle piante OGM questa valutazione è facile: le piante transgeniche sono disegnate per portare vantaggi rispetto alle corrispondenti piante non OGM; dovrebbero competere con le coltivazioni tradizionali o biologiche. Quindi, quello che propone la scienza è di non accettarle tutte indiscriminatamente, ma di valutare caso per caso quando il loro rapporto rischi-benefici è più favorevole rispetto all'attuale situazione agraria. Mais-*Bt* o mais tradizionale? Sia la scienza a dirci quale di queste offerte pone meno rischi per l'ambiente e per la salute. I rischi esistono anche nell'agricoltura tradizionale e in quella biologica: occorre verificare se l'introduzione della pianta OGM è in grado di ridurli. Se abbiamo invece dati che dimostrano un peggioramento della situazione, allora bisogna bloccare la sua introduzione. Abbiamo i mezzi legali per farlo.

Il problema delle piante OGM è molto spesso trattato da eminenti politici che non sanno niente di scienza (e sembra non ne vogliono neanche sapere), ma che traggono la conclusione che sia la scienza a non sapere niente. Essi sostengono che non conosciamo gli effetti degli OGM sull'uomo e sull'ambiente e che, quindi, sia meglio bloccare tutto! Meglio andare avanti incentivando la coltivazione delle "piante naturali". Non emergono mai i principi fondamentali dell'agricoltura moderna, cioè il fatto che tutte le piante oggi coltivate non sono naturali, ma sono il frutto dell'ingegneria genetica dell'uomo applicata negli ultimi cento anni, e in parte ancora prima: incroci, poliploidia, mutagenesi (anche con radiazioni ionizzanti). In passato, abbiamo applicato tutte le metodologie disponibili in ogni momento storico per migliorare le coltivazioni. E siamo riusciti brillantemente, in Italia, con il lavoro dei nostri bravissimi genetisti vegetali, a produrre i nostri attuali prodotti tipici: tipici, ma non assolutamente naturali. Essi sono, piuttosto, il risultato di un ottimo metodo scientifico, applicato nel migliore dei modi. A quel tempo non si usava esigere il controllo preventivo dei rischi. Ci è andata quasi sempre bene: se tuttavia

ogni tanto scopriamo che qualcuna di queste piante che noi oggi mangiamo ha dei difetti, per esempio contiene una sostanza cancerogena o una sostanza comunque tossica, cerchiamo subito di correre ai ripari. Quindi, l'agricoltura tradizionale non è esente da rischi. La novità con le piante transgeniche è che, per legge, i rischi devono essere verificati prima della commercializzazione e non dopo. E ciò è vero in tutto il mondo. In un libro, edito dalla UE, pubblicato nel 2001, sono riassunti i risultati prodotti dalla UE stessa sull'eventuale presenza di rischi nelle piante OGM. Per questa ricerca la UE ha speso 70 milioni di euro, in 15 anni, coinvolgendo 400 gruppi di ricerca pubblici (non privati). Philippe Bousquin, il commissario per la ricerca europea, conclude, nel libro, che l'agricoltura biotecnologica è più sicura dell'agricoltura tradizionale perché è più controllata. Ci sono a proposito anche i dati della ricerca pubblica americana e anche quelli della ricerca pubblica cinese. Perché vengono dimenticati? A chi fa comodo non considerarli?

Nel nostro Paese abbiamo ancora una conoscenza parziale della Cina. Io sono in contatto con alcuni ricercatori del Comitato di Controllo dei rischi in Cina e vi assicuro che sono molto più prudenti degli americani stessi. Il riso transgenico è pronto da ormai diversi anni in Cina ma, quando chiedo ai colleghi cinesi *"Perché non lo distribuite agli agricoltori?"* la risposta è: *"Perché vogliamo concludere le nostre ricerche sui suoi rischi e sui vantaggi rispetto al riso tradizionale"*. Il riso è il principale prodotto agricolo della Cina, ed è quindi importante che non vengano commessi errori di valutazione. Ebbene, dalla stagione agricola 2005 la Cina comincerà quasi certamente a coltivare il riso transgenico, quello di cui ha oggi più bisogno, il riso-*Bt* resistente agli insetti. È prevedibile che seguirà l'India e seguiranno gli altri Paesi asiatici: tre miliardi di persone si ciberanno presto di riso transgenico.

Ma allora le piante transgeniche sono assolutamente sicure? La risposta, lo ribadisco, è no. Non sono e non saranno mai assolutamente sicure. In molti casi, tuttavia, ridurranno drasticamente i



rischi che oggi accettiamo nell'agricoltura tradizionale, ridurranno i rischi per la salute umana e per l'ambiente. Perché non accettarle in questo caso? Perché proibirle in blocco? Vi sono possibilità di controllo delle piante OGM nettamente superiori a quelli che abbiamo per le piante non OGM. Per la prima volta nella storia dell'agricoltura abbiamo introdotto leggi e regolamenti, controlli che ci assicurano un uso corretto degli OGM. Non è così per le piante agricole tradizionali. Tanto per darvi un'idea, si teme che le piante OGM possano interferire con l'ambiente, ma questo è un problema di tutta l'agricoltura. I responsabili del Parco del Ticino, per esempio, vi diranno che hanno un grosso problema: si tratta di un *Prunus*, introdotto alcuni anni fa per la coltivazione del melo nei pressi del Parco. Sembrava una bella idea, ma questa pianta è diventata presto invasiva nel Parco stesso, più invasiva della robinia, e i responsabili del Parco non sanno più come fare per liberarsene. Pensate se fosse stata una pianta OGM! Invece di quella non se ne parla. Questo è un attentato alla biodiversità che purtroppo ogni tanto capita. L'agricoltura non è natura, dobbiamo verificare che non la danneggi eccessivamente. Ma l'unica cosa per non sbagliare è non fare mai niente.

In Italia la cosa strana è che il Ministero dell'Agricoltura (oggi conosciuto come MIPAF) avversa le piante OGM, mentre il Ministero dell'Ambiente si esprime favorevolmente all'uso delle piante transgeniche per migliorare l'ambiente. Bisognerebbe che si parlassero, almeno.

### **I rischi e i benefici**

In Italia si è parlato molto del **mais-Bt**. Il mais tradizionale soffre spesso di infestazioni da parte di un insetto parassita, la piralide, che riduce la produttività e, ancor peggio, apre la strada a infezioni fungine che, frequentemente, producono pericolose tossine. Il mais-Bt produce una sostanza che uccide quell'insetto, e solo quello, non la zanzara, la formica e altri animali. Che cos'è questa sostanza? È il prodotto di un batterio, il *Bacillus thuringiensis*, utilizzato come insetticida in grandissime quantità anche dall'agricol-

tura biologica da ormai cinquant'anni. L'agricoltura biologica la considera un buon insetticida e utilizza per i suoi trattamenti insetticidi la spora, che contiene la proteina. Il biotecnologo ha preso il gene, l'ha messo nella pianta che quindi produce autonomamente l'insetticida. Ma questo non è accettato in Italia! Il risultato dell'uso del mais-*Bt* è: meno insetticidi, meno micotossine. Invito gli attivisti anti-OGM a prendere contatto con i ricercatori e gli economisti del settore per vedere come stanno le cose. Dario Frisio, uno stimatissimo economista agrario dell'Università di Milano, vi può descrivere i vantaggi economici dell'uso del mais-*Bt*. Amedeo Pietri, dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza, vi potrà invece descrivere l'allarmante situazione delle micotossine in mais nella regione Lombardia e nella pianura padana negli ultimi dieci anni. Se non ci fidiamo dei nostri ricercatori pubblici tanto varrebbe licenziarli! Le micotossine di mais producono effetti preoccupanti ma non è definitivamente dimostrato che molte di queste facciano male all'uomo: il principio di precauzione allora qui non vale? Fino a quando non divengono un'emergenza pubblica non li consideriamo? Pietri ha fatto un confronto interessante tra contenuto in micotossine in mais-*Bt* e mais tradizionale in Lombardia: pianta tradizionale e pianta-*Bt* entrambe coltivate in zona Cremona. Ha trovato che il livello di micotossine è sempre sensibilmente più alto nelle piante tradizionali!

Il prodotto biologico occupa il 2,5% della produzione agricola nazionale. È giusto difendere un prodotto di nicchia, ma il 97,5% lo vogliamo buttar via? Mi sembra una cosa folle. La Lombardia soprattutto produce anche prodotti tipici: ha dei buoni vigneti, ha delle zone dove vengono coltivati prodotti biologici. Ma la Lombardia coltiva in grande quantità mais, usato soprattutto per mangime animale (bovini e suini) e in piccola parte destinato al consumo umano. Sono chiari benefici del mais-*Bt*, benefici che non sono solo economici ma anche ambientali. Calcoliamo dunque il rapporto rischi-benefici per la nostra Regione. Tra i benefici vi è la diminuzione dell'uso di insetticidi, poiché il mais si difende da sé

dagli insetti! Ciò contraddice un'altra affermazione degli anti-OGM: *"l'introduzione delle piante transgeniche aumenta l'uso di prodotti chimici in agricoltura"*. I dati presentati da Frisio dicono che, invece, dal '97 ad oggi, il business mondiale dei composti agrochimici in agricoltura è sceso da 30.000 a 26.000 dollari. Si denuncia sempre anche un aumento dell'uso dei diserbanti, soprattutto in seguito all'introduzione di piante OGM che resistono al glifosato. Ma i dati di Friso smentiscono anche questa affermazione: il Business dei diserbanti si è contratto del 20% negli ultimi sei anni, proprio in concomitanza con l'introduzione di piante OGM.

Porterò alcuni esempi a dimostrazione del fatto che le biotecnologie vegetali darebbero grandi vantaggi al prodotto tipico italiano. Iniziamo con il pomodoro San Marzano. La sua produzione costituiva il 35% della produzione nazionale pochi anni fa. Oggi, è scesa sotto il 3%. Il problema? Sensibilità a una virosi. Il fatto è che questa varietà è attaccata da un virus molto aggressivo che può distruggere tutto il raccolto. Con soluzioni tradizionali, i genetisti vegetali non sono riusciti (con la mutagenesi, con incroci o altro) a selezionare linee resistenti. Una soluzione biotecnologica c'è, ed è già stata messa in atto in Italia dalla Metapontum Agrobios, una piccola società biotecnologica di proprietà della Regione Basilicata. Il San Marzano resistente al virus è già stato provato in campo prima del '99 e funziona benissimo, ma non si può usare perché è OGM. Allora l'alternativa qual è? Arrivano le salse di pomodoro cinesi. Perché? Perché noi diventiamo sempre meno competitivi con i nostri prodotti tipici e il mercato viene conquistato da altri. In una recente notizia ANSA ho addirittura appreso che la Cina ha acquistato una ditta conservaturiera in Francia per penetrare nei nostri mercati.

Un altro esempio è il melo della Val d'Aosta. Qui si tratta di mettere un gene insetticida non sul melo, ma nel suo portainnesto, cioè nella pianta che viene usata come radice. La larva si ciba della radice e distrugge le coltivazioni, soprattutto quelle giovani. Ba-

sta inserire un gene *Bt* nel portainnesto e questo diviene resistente. Ma anche questo non è accettato! Un altro esempio ancora riguarda il riso Carnaroli. È già in avanzata fase di elaborazione una ricerca all'Istituto di Agricoltura di Bergamo, che è stata però bloccata dal ministro il 15 novembre 2002 con una lettera che ingiunge: "*Sospendete immediatamente queste ricerche.*"

Questi e molti altri casi sono trattati in un libro che ho pubblicato, con alcuni colleghi, un anno e mezzo fa: *Biotecnologie per salvare il prodotto tipico italiano*. Per esempio, la vite che produce il vino nero d'Avola è attaccata da un virus che provoca gravi problemi. Basterebbe mettere un gene (è una cosa abbastanza facile) antivirale e il problema sarebbe risolto. Ma non se ne può parlare: si tratta di OGM!

Quanto vale in termini economici questa chiusura nei confronti del prodotto tipico italiano? Frisio ha fatto i calcoli e ha rilevato un grande danno economico attuale e potenziale per il futuro.

Un esempio dei rischi del non fare nel mondo è il **Golden Rice**, di cui molto si parla. Il Golden Rice è un riso arricchito in pro-vitamina A, prodotto in Svizzera dal laboratorio di Ingo Potrykus. Le inesattezze inventate per bloccarne l'uso nel mondo sono molte. Tra queste vi è la pretesa che sarebbe necessario mangiarne due chili per ottenere sufficiente vitamina A. Al contrario, con gli ultimi miglioramenti e selezioni, siamo ormai arrivati a 20-40 grammi di Golden Rice al giorno come dose sufficiente per somministrare tutta la vitamina necessaria per evitare la cecità nei bambini africani carenti di questa vitamina. Ingo Potrykus ormai denuncia questi attacchi e i tentativi di bloccarne l'uso come crimini contro l'umanità.

Notevoli invece sono i benefici del fare: in Cina esiste la prima **piantazione commerciale di pioppo** resistente agli insetti nel mondo. Ne sono orgoglioso perché ha visto la mia attiva collaborazione scientifica. Sono 300 ettari, ma ormai in espansione visti i notevoli benefici economici. E per non interferire con la biodiversità dell'insetto parassita, per non determinarne la completa scompar-

sa, abbiamo piantato filari alternati di pioppo transgenico e non transgenico: il transgenico protegge anche il non transgenico, ma lascia sopravvivere un numero non pericoloso di insetti parassiti. Si tratta di un clone di pioppo femmina, in cui i fiori sono sterili, non fanno semi, quindi non c'è neanche il problema della dispersione di polline o di semi OGM! Dunque, anche su richiesta del governo cinese, abbiamo attentamente considerato e risolto i problemi ambientali. A 300 metri vi sono pioppi tradizionali, non OGM: in essi è possibile osservare il danno prodotto dal parassita. Menzioniamo infine il problema dei **vaccini in pianta**. Il principio è semplice: oggi si fanno vaccini OGM in diversi microorganismi e, addirittura, anche in cellula di mammifero coltivate in vitro. È permesso e accettato. Il nostro suggerimento è di mettere lo stesso gene vaccinogeno in pianta. I vantaggi sarebbero enormi, sia per i Paesi ricchi, sia per quelli poveri. Uno dei vantaggi è rappresentato dal costo: un centesimo rispetto a quello dei vaccini attuali. Inoltre, essi non hanno bisogno della catena del freddo. Sarebbero anche il mezzo ideale per combattere il bioterrorismo. Personalmente da tre anni faccio progetti di ricerca in questo settore senza alcun successo: non un euro anche per i vaccini. Si tratta dopotutto, di piante OGM... e come tali devono essere proibite! Concludo dicendo che è sbagliato pensare che l'agricoltura del futuro debba essere tutta transgenica. Come è sbagliato pretendere che non lo sia assolutamente. Utilizziamo invece tutti i mezzi offerti dalla scienza per produrre sempre meglio: se un intervento biotecnologico offrirà benefici, non demonizziamolo.



La pratica agricola ha effetti evidenti sull'ambiente. Quanta più terra è arata, tanto meno è disponibile per gli ecosistemi naturali. In questo contesto appare quanto mai indispensabile affrontare e risolvere positivamente due problemi cardine per l'agricoltura moderna: come evitare effetti ambientali irreversibili determinati dalle agrotecniche correnti e, soprattutto, come bilanciare la necessità da un lato di conservare la biodiversità nei sistemi agricoli, dall'altro di continuare a fornire una quantità di cibo sufficiente per una popolazione mondiale tuttora in crescita. La modalità su come raggiungere questi due obiettivi è tuttora largamente dibattuta.

### **Tecnologie avanzate, OGM, Genomi e Ricerca Ambientale**

#### **Quale modello agricolo sostenibile**

Due sono gli approcci in discussione all'interno della comunità scientifica per la preservazione della biodiversità e dell'ambiente:

- 1) un'agricoltura *wildlife-friendly*; 2) il risparmio della terra.
- 1) L'approccio *wildlife-friendly* punta a ridurre l'impatto dell'agricoltura sull'ambiente attraverso pratiche estensive che minimizzino l'uso e gli effetti di fertilizzanti e pesticidi sugli organismi non target. Questo consentirebbe con piccole perdite di produzione di avere un forte incremento della biodiversità nei terreni agrari.
- 2) Il secondo approccio si basa sull'adozione di pratiche di agricoltura intensiva che permetta di massimizzare le rese dei terreni agrari riducendo in tal modo la necessità di porre a coltura nuovi terreni.

Dati recenti sembrano confermare che anche su campi coltivati non intensivamente siano assenti più della metà delle specie presenti negli habitat selvatici. Questo porta a ritenere che un'agricoltura che intenda preservare l'ambiente debba forzatamente essere intensiva, lasciando quanto più terreno possibile a disposizione degli ecosistemi naturali.

A supporto di questo secondo approccio si aggiungono conside-

razioni anche di altra natura. Per esempio, i dati FAO ci presentano la ripartizione delle terre emerse del nostro pianeta: 4,3 miliardi di ettari di deserto, ghiacciai e montagne; 3,8 miliardi di ettari di foreste e steppe; 3,4 di praterie e 1,5 di terra a uso agricolo. L'attuale miliardo e mezzo di ettari coltivati risponde in larga parte ad agricoltura intensiva che prevede l'uso di input chimici per la fertilizzazione e la protezione da agenti infestanti e parassiti animali, funghi e vegetali. Sempre secondo le stime FAO, per produrre la stessa quantità di cibo senza l'uso della chimica non sarebbero necessari 1,5 miliardi di ettari ma bensì 4 miliardi. Allargando la previsione all'anno 2025, e a una popolazione mondiale stimata in 8 miliardi di persone, la superficie necessaria diverrebbe 5,9 miliardi di ettari con un'agricoltura non intensiva. Questo significherebbe mettere a coltura non solo tutta la superficie a prateria ancora disponibile sul Pianeta, ma anche gran parte delle foreste. Un costo ambientale di non poco conto.

In secondo luogo dovrebbero essere considerati i bilanci biogeochimici dei suoli. Per rendersi conto della rilevanza di tali processi si consideri il caso dell'azoto. Nel mondo vengono fissati ogni anno circa 40 milioni di tonnellate di azoto da parte di piante e batteri azotofissatrici o eventi meteorici. L'industria chimica ne fissa altri 80 milioni di tonnellate. Per la coltivazione delle piante agrarie sono disponibili pertanto 120 milioni di tonnellate di azoto fissato. Di questi, 50 Mt si ritrovano nei raccolti, ma solo 23 Mt nei prodotti lavorati: questo implica consistenti perdite lungo l'intero processo, perdite che superano le 80 Mt su 120 immesse, con un'efficienza di circa il 33%. Perdite che di anno in anno devono essere reintegrate. L'eventuale abbandono della chimica a favore di prodotti azotati di origine naturale (stallatico) implicherebbe non solo il mantenimento, ma l'intensificazione delle produzioni zootecniche, oltre a problemi logistici legati al suo trasporto sui siti agricoli. L'intensificazione delle produzioni zootecniche, d'altra parte, richiederebbe una corrispondente intensificazione agricola. Non va dimenticato infatti che sono richiesti circa 7 chili di



orzo per produrre un chilo di carne bovina. Si ricadrebbe così nuovamente nel problema della sostenibilità di tali sistemi. Tali considerazioni per l'azoto andrebbero estese anche a tutti gli altri componenti della fertilità dei suoli tra cui fosforo, potassio, microelementi ecc.

A latere di questa problematica va sottolineato come il consumo di carne sia in continua crescita soprattutto nei Paesi in via di sviluppo che stanno via via adottando diete occidentali (per esempio la Cina). Si può quindi prevedere che la richiesta di prodotti agricoli aumenterà significativamente. A ciò si dovrà far fronte o con aumentate produzioni o con drastiche inversioni delle abitudini alimentari.

#### **Il ruolo della scienza: tra agricoltura e ambiente**

Il contributo della scienza e delle sue applicazioni tecnologiche all'agricoltura è stato particolarmente significativo soprattutto negli ultimi 60 anni, sia dal punto di vista genetico, sia da quello agrochimico. Ciò ha permesso di incrementare notevolmente le rese utilizzando varietà più efficienti nell'uso delle risorse e resistenti agli stress biotici e abiotici. Questo a sua volta ha permesso di ridurre i problemi alimentari nei Paesi sviluppati e anche in talune aree in via di sviluppo (Sudamerica, Asia). Ciò ha però richiesto l'uso di quantità crescenti di composti agrochimici rilasciati nell'ambiente agrario con conseguenti problematiche di inquinamento ambientale non trascurabili. Questo ha portato, negli ultimi decenni, a un processo di sensibilizzazione sociale verso l'impatto ambientale delle pratiche agricole, con la conseguente messa a punto di composti agrochimici sempre meno tossici e persistenti, che comunque generano tuttora problemi di sostenibilità.

#### **OGM e loro potenzialità**

Se tutti i successi conseguiti nel passato dai genetisti nel miglioramento delle specie agrarie provenivano da osservazioni sperimentali empiriche utilizzate poi per disegnare modelli applicativi, con l'avvento delle biotecnologie si è rivoluzionato questo modo di

affrontare il miglioramento genetico in agricoltura. Il paradigma biotecnologico ha infatti rovesciato tale processo: riuscendo a decodificare il DNA, comprendendo i genomi, i geni, le proteine e le loro interazioni si è in grado di produrre un modello meccanicistico del funzionamento di un determinato programma che sottende a un carattere genetico e quindi giungere a una sua puntuale applicazione. Per esempio, se una pianta viene normalmente uccisa da una sostanza chimica (erbicida), e si conosce un gene, di qualunque origine, in grado di degradarla, l'inserimento di tale gene nella pianta consente di ottenere una pianta resistente a quella sostanza. Pertanto la conoscenza di come si comporta un determinato gene, di come esso riesca a degradare la sostanza erbicida, dove viene espresso e il suo prodotto accumulato, accanto alla possibilità di manipolarlo e trasferirlo alla pianta in condizioni di laboratorio, definisce un modello meccanicistico nello sviluppo di nuove piante agrarie.

L'adozione di tale paradigma è stato reso possibile grazie alla scoperta di un batterio che è in grado di infettare naturalmente le piante e trasferire un frammento di DNA capace di integrarsi nel genoma della pianta e produrre un tumore. I ricercatori sono stati capaci di sostituire i geni che generavano la malattia con geni di interesse, utilizzando quindi il batterio come vettore per la trasformazione della pianta. Queste semplici scoperte hanno aperto potenzialità enormi per il miglioramento mirato delle specie agrarie da un punto di vista agronomico, nutrizionale e ambientale. La tecnologia alla base degli OGM risulta infatti estremamente duttile e si presta a essere applicata a entrambi i paradigmi di preservazione ambientale che sono stati citati in introduzione: 1) un'agricoltura *wildlife-friendly*, in quanto permette di sviluppare varietà autonomamente resistenti agli stress biotici e abiotici, riducendo conseguentemente gli input chimici sia per quantità globale che per tossicità; 2) il risparmio della terra, consentendo di mantenere elevate produzioni di alta qualità.

e le applicazioni oggi disponibili ci indicano solo alcune delle potenzialità di questa tecnologia. Nuove tecniche genomiche consentono di affrontare un'analisi dell'intero patrimonio genetico delle diverse specie offrendo la possibilità di comprendere non soltanto caratteri semplici monogenici, come la resistenza a un erbicida o a un particolare patogeno, ma anche quei set di geni che sono coinvolti in processi complessi e che presentano una variabilità continua, nel caso delle piante caratteri come l'altezza, la produttività ecc. Questi caratteri, interagendo con l'ambiente, determinano un'ampia gamma di fenotipi. Tale variabilità continua rappresenta circa il 90% di tutta la variabilità genetica e la genomica ha permesso di individuarla e studiarla nelle sue componenti costitutive per arrivare a quali e quanti geni sono coinvolti nei diversi processi, consentendone un'analisi e un'interpretazione a livello di singolo gene e del suo ruolo.

Lo spettro degli interventi biotecnologici adottabili nel futuro si presenta dunque molto amplificato dalle conoscenze genomiche che si stanno via via acquisendo. Gli interventi di miglioramento genetico sviluppati tramite l'uso di OGM saranno pertanto molto più mirati e arriveranno a utilizzare modalità di regolazione, tessuto-specifiche e inducibili, dei singoli geni, che consentiranno l'attivazione dei geni di interesse solo in alcuni tessuti della pianta e in particolari fasi della sua vita.

#### **Esempi di applicazioni ambientali dirette e indirette**

L'utilizzo di piante disegnate appositamente per ridurre problematiche a cavallo tra agricoltura e ambiente avrà un notevole impatto sulla sostenibilità ambientale dell'agricoltura e dell'allevamento, consentendo oltre al mantenimento di alti livelli di produttività e a una riduzione nell'uso di composti agrochimici (la produzione di un melo resistente alla ticchiolatura ridurrebbe i trattamenti chimici che oggi oscillano tra i 15 ed i 30 kg/ha), anche un miglioramento delle qualità nutrizionali dei prodotti agricoli per uso zootecnico, ittico e umano. Un caso esemplificativo è costituito dall'allevamento intensivo del salmone. Per la sua crescita

è richiesta la presenza di acidi grassi essenziali omega 3 (acido ekosapentanoico, acido dikosaexanoico). Tali acidi grassi non sono presenti nei prodotti agrari e pertanto nella dieta viene usato circa un 50% di farine di pesce. Grazie alle agrobiotecnologie, le aziende del settore stanno sviluppando varietà di soia ad alto contenuto di omega 3, a partire dall'acido linolenico. Queste farine vegetali potranno sostituire le farine di pesce consentendo così di ridurre la pressione sulle risorse ittiche dalla costa pacifica americana.

### **Conclusioni**

Si è discusso delle conoscenze e in parte anche delle responsabilità e degli obiettivi dello scienziato che opera nel settore biotecnologico. Va rilevato però che la tecnologia non è l'unico attore coinvolto nel processo che vede protagonisti anche i pianificatori ambientali e, in senso più generale, i politici. Questi attori avranno un ruolo decisivo nel consentire o meno a queste nuove tecnologie di dare il loro contributo per aumentare la sostenibilità ambientale dell'agricoltura.

### **Bibliografia Essenziale**

- Green RE et al (2005) Farming and the fate of wild nature. *Science* 307:550-555  
FAOStat. <http://faostat.fao.org/>  
Consiglio Scientifico per le Biotecnologie in Agricoltura (2004) OGM in agricoltura: le risposte alle domande più frequenti. Regione Lombardia, Quaderno della Ricerca n.38 [http://www.siga.unina.it/circolari/Fascicolo\\_OGM.pdf](http://www.siga.unina.it/circolari/Fascicolo_OGM.pdf)  
Maggiore T, Salamini F (2004) Innovazione in agricoltura. Produzioni Vegetali. *Informatore Fitopatologico* 12/2004:7-15  
Belfanti E et al (2004) The *HcrVf2* gene from a wild apple confers scab resistance to a transgenic cultivated variety. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 101(3): 886-890

All'inizio del 2002 è stato costituito il Consiglio Scientifico per le Biotecnologie in Agricoltura (CSBA) della Regione Lombardia in base a un accordo di collaborazione tra la Regione Lombardia e la Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Milano, al fine di creare un organismo che fungesse da consulente scientifico per le iniziative della Regione rispetto all'applicazione in agricoltura delle biotecnologie. I nominativi dei componenti in carica nel 2004 e 2005 sono indicati nell'*allegato 1*.

### **Le biotecnologie in agricoltura: l'approccio della Regione Lombardia**

Il CSBA si avvale anche di due collaboratori permanenti, cioè membri che non fanno parte costituzionalmente del Consiglio, ma che forniscono consulenze a seconda di specifici argomenti che il Consiglio ritiene di affrontare. Il primo è il prof. **Norman Borlaug**; premio Nobel per la pace a motivo della sua attività nel campo del miglioramento genetico vegetale, è considerato il padre della cosiddetta "rivoluzione verde", che negli anni '60 e '70 ha portato a un incremento formidabile nelle produzioni agricole, consentendo a molti Paesi di diventare autosufficienti rispetto alle produzioni alimentari di base. Il secondo è il prof. **Bruce Ames**, tossicologo dell'Università della California noto in tutto il mondo per avere messo a punto il test della salmonella, utilizzato per valutare il grado di mutagenicità delle sostanze chimiche.

Il Consiglio è assistito da una segreteria tecnica.

#### **L'attività del CSBA**

Tra le finalità specifiche del Consiglio vanno ricordate:

- a) produzione di documenti di studio che offrono alla Regione Lombardia i presupposti scientifici per varie attività (informative e normative), di competenza regionale, sull'applicazione in agricoltura delle biotecnologie;
- b) proposta di argomenti ritenuti di interesse pubblico e, quindi, materia di discussione dal punto di vista politico regionale;
- c) attività rivolta direttamente al pubblico, in accordo con la Direzione Agricoltura (DA) della Regione Lombardia rispetto ai soggetti

“portatori di interesse”: sindacati, produttori agricoli, associazioni di consumatori, associazioni ambientaliste ecc.

### **Il funzionamento del CSBA**

Il funzionamento del Consiglio è regolato da un protocollo ben definito: normalmente l’iniziativa parte dalla Direzione Agricoltura (DA) che pone un quesito alla segreteria tecnica del CSBA. La segreteria coadiuva il presidente nella produzione di una prima bozza di risposta al quesito, normalmente in una settimana; tale bozza viene inviata a tutti i membri del Consiglio e, per conoscenza, alla DA. I membri del Consiglio hanno a disposizione due settimane per valutare la bozza e introdurre miglioramenti. Sulla base dei commenti pervenuti, la segreteria redige un documento di sintesi che viene inviato per l’approvazione definitiva a tutti i membri del Consiglio. Alla fine della quinta settimana si ha l’approvazione definitiva e l’invio del documento alla DA. Normalmente tali documenti sono utilizzati solo come strumenti di lavoro dalla DA, ma alcuni possono essere pubblicati sul sito internet della Regione.

Nel caso di richieste urgenti, come per esempio per le richieste alle Regioni da parte del Ministero dell’Agricoltura al fine di esprimere un parere su una certa materia, la Segreteria del Consiglio risponde entro 48 ore.

L’attività è iniziata nei primi mesi del 2002 sulle materie più svariate, tutte concernenti l’utilizzo degli OGM in agricoltura. Nell’*allegato 2* è riportato l’elenco dei documenti prodotti.

### **Un caso di studio**

Come esempio della metodologia di lavoro del CSBA, si può analizzare la procedura seguita rispetto all’emergenza mais-OGM occorsa nell’estate del 2003. Le analisi di controllo, che vengono normalmente eseguite sulle partite di seme che provengono dall’estero (in Italia non si produce quasi più seme di mais), avevano evidenziato la presenza di OGM in alcune partite: ma a motivo del ritardo tra campionatura, analisi e diffusione dei risultati, il mais non solo era stato seminato, bensì era già fiorito e la distruzione di quel mais non avrebbe avuto nessun senso (il polline era già stato emesso, e

con esso la potenziale diffusione di granuli contenenti il transgene, che poteva aver fecondato altre piante). Quali sono stati i criteri che il CSBA ha fornito alla DA come modalità d'azione? Si è partiti dal fatto che l'evento transgenico che era stato rinvenuto dalle analisi era "Mon 810", un brevetto Monsanto che conferisce resistenza alla piralide (una farfallina le cui larve si nutrono appunto della pianta e della cariosside del mais). Si trattava di un OGM di cui è nota la innocuità per gli animali a sangue caldo (e quindi anche per l'uomo) e che da anni è utilizzato in altri Paesi senza nessun problema per la salute e per l'ambiente. Il primo avvertimento che è stato fornito è che si trattava dunque di un OGM non pericoloso. Il secondo avvertimento è stato che, siccome il polline era già stato emesso, non era il caso di distruggere le piante. La terza osservazione è stata che i livelli di presenza di OGM nelle partite di semi erano molto bassi, tra lo 0,02% e lo 0,11%. Livelli talmente bassi che analoghi risultati nell'anno precedente, cioè nel 2002, non erano stati oggetto di interventi da parte del Ministero dell'Agricoltura. Tutto questo faceva ritenere che il prodotto che si sarebbe ottenuto da queste piante di mais sarebbe stato vendibile anche sul mercato nazionale. Il piano d'azione che la Giunta Regionale lombarda ha concordato con i diretti interessati è stato di lasciare agli agricoltori la libertà di scegliere tra due opzioni: o distruggere (con rimborso da parte dell'Ente pubblico, e quattro produttori hanno scelto questa strada), o di raccogliere il prodotto e utilizzarlo per attività non legate all'uso alimentare, né umano, né zootecnico (fino al 2003 era attivo il "Decreto Amato" che aveva escluso per uso alimentare umano quattro OGM, tra cui era compreso l'evento Mon 810; inoltre, una circolare successiva del Ministero dell'Agricoltura aveva esteso anche ai mangimi il divieto precauzionale di utilizzare il mais OGM). Per tutti questi motivi normativi il prodotto raccolto nel 2003 è stato avviato a uso non alimentare (distillazione o produzione di energia). Da questo mais sono stati prelevati alcuni campioni e analizzati per verificare che cosa fosse successo alle piante che erano state ottenute da sementi che avevano un grado di presenza di

OGM dallo 0,02 allo 0,11%. Le analisi, nella quasi totalità, hanno fatto riscontrare presenza di OGM inferiore allo 0,1% e solo in pochissimi casi si è arrivati allo 0,2%. Successivamente all'estate 2003, è uscito un regolamento dell'Unione Europea che ha fissato il limite di tolleranza per la non etichettabilità dei prodotti contenenti OGM allo 0,9%. Questo significa che tutto il mais ottenuto da questa semente (su cui era stata rinvenuta una presenza accidentale di OGM), conteneva una quantità di OGM inferiore allo 0,9, quindi sarebbe stato utilizzabile sia per uso umano, sia per uso zootecnico.

*Allegato 1*

**Elenco dei componenti del Consiglio Scientifico per le Biotecnologie in Agricoltura (CSBA) della regione Lombardia.**

Presidente:

- prof. Francesco Salamini, docente alla Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Milano e direttore scientifico del Parco Tecnologico Padano che sta sorgendo a Lodi;

Componenti:

- prof. Daniele Bassi, docente di Coltivazioni arboree della medesima Facoltà, responsabile del coordinamento scientifico;
- prof. Giuseppe Succi e prof.ssa Franca Sciaraffia, docenti di zootecnia presso la medesima Facoltà;
- prof. Maurizio Cocucci, docente di fisiologia vegetale della medesima Facoltà;
- prof. Dario Frisio, economista che si occupa di applicazione delle biotecnologie in agricoltura, stessa Facoltà;
- dott. Piero Marandini, biochimico del Dipartimento di Biologia vegetale dell'Università degli Studi di Milano;
- prof. Angelo Ramina, docente di fisiologia vegetale dell'Università degli Studi di Padova;
- prof. Cesare Gessler, patologo vegetale dell'Istituto di Tecnologia di Zurigo;
- prof. Roberto Colombo, docente della genetica umana dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano, consulente per gli aspetti etici.



*Allegato 2*

**Elenco dei documenti prodotti dal Consiglio Scientifico per le Biotecnologie in Agricoltura (CSBA) della regione Lombardia.**

**2004**

- Gennaio 2004. Osservazioni sulla lettera di Asseme 19 Dicembre 2003. A cura della Segreteria del Consiglio scientifico.
- Febbraio 2004. Commenti alla bozza di decreto del MiPAF sui movimenti transfrontalieri.
- Marzo 2004. Osservazioni sullo Studio: “Impacts of Genetically Engineered Crops on Pesticide Use in the United States: The First Eight Years” di Charles Benbrook. A cura della Segreteria del Consiglio scientifico
- Aprile 2004. Commenti alla bozza di decreto del MiPAF sui movimenti transfrontalieri. A cura della Segreteria del Consiglio scientifico.
- Aprile 2004. Osservazioni sul progetto quadro “OGM in agricoltura” MiPAf 2003. A cura della Segreteria del Consiglio scientifico.
- Aprile 2004. Osservazioni sull’Allegato al DLgs 224/2003 (Recepimento Italiano alla Direttiva 2001/18) relativo alle “Prescrizioni per la valutazione del rischio per l’agrobiodiversità, i sistemi agrari e la filiera agroalimentare relativamente alle attività di rilascio deliberato nell’ambiente di OGM per qualsiasi fine diverso dall’immissione sul mercato”.
- Maggio 2004. Osservazioni sulle Motivazioni della Legge di Recepimento Tedesca della Direttiva 2001/18. A cura della Segreteria del Consiglio.
- Luglio 2004. OGM in Agricoltura: le risposte alle domande più frequenti.
- Novembre 2004. Settimo programma quadro e agrobiotecnologie: indicazioni del Consiglio Scientifico. A cura della Segreteria del Consiglio scientifico.
- Dicembre 2004. Osservazioni sullo schema di decreto legge recante “Disposizioni urgenti per la coesistenza tra le colture transgeniche e biologiche” audizione alla Camera dei Deputati del Presidente del Consiglio Scientifico.

**2003**

- Gennaio 2003. Campagna di Semina 2003. Proposta Operativa per la

Gestione della Presenza Accidentale di OGM.

- Gennaio 2003. Bozza di intervento per audizione Senato.
- Gennaio 2003. Analisi del recepimento italiano della direttiva Ue 2001/18 (Dlgs 224/2003).
- Febbraio 2003. “Le Biotecnologie Vegetali e le Varietà OGM 2003”. Rapporto della Commissione Congiunta delle Accademie Nazionali dei Lincei e delle Scienze.
- Marzo 2003. Osservazioni al documento del Joint Research Center “Review of GMOs under research and development and in the pipeline in Europe”.
- Luglio 2003. Presenza Accidentale di OGM Nei Lotti di Mais per la Semina 2003 in Lombardia – Piano di Azione.
- Ottobre 2003. Osservazioni sulla bozza di decreto “Disposizioni per la coesistenza tra le colture transgeniche, convenzionali e biologiche”.
- Novembre 2003. Piano di gestione per la presenza di volontari di mais.
- Dicembre 2003. Osservazioni sullo Studio “Farm Scale Evaluation of Spring Sown Crops (FSE)”.

#### **2002**

- Maggio 2002. Osservazioni alla direttiva 2002/11/CE “relativa alla commercializzazione dei materiali di moltiplicazione vegetativa della vite”.
- Settembre 2002. Workshop: Nota informativa sulla prossima campagna di semina in relazione alla presenza accidentale di OGM.
- Ottobre 2002. Osservazioni al documento del MiPAF “Organismi transgenici e agricoltura: il tempo delle scelte”.
- Ottobre 2002. Osservazioni riguardo alla delega del Governo in materia di protezione giuridica delle invenzioni biotecnologiche.

Tra gli ultimi documenti prodotti, quello intitolato *OGM in agricoltura: le risposte alle domande più frequenti* può essere ottenuto collegandosi al seguente indirizzo: [http://www.cedab.it/mediaroom/note/Documento\\_FAQ\\_a\\_colori\\_14-09-04.pdf](http://www.cedab.it/mediaroom/note/Documento_FAQ_a_colori_14-09-04.pdf)

Al seguente indirizzo si possono leggere i documenti del CSBA che la DA della Regione Lombardia ritiene di interesse pubblico:

[http://www.agricoltura.regione.lombardia.it/sito/tmpl\\_action.asp?DocumentoId=545&SezioneId=2301000000&action=Documento](http://www.agricoltura.regione.lombardia.it/sito/tmpl_action.asp?DocumentoId=545&SezioneId=2301000000&action=Documento)

Un elemento che oggi vizia il dibattito sugli OGM risiede nel fatto che gli interlocutori in campo non sono spesso consapevoli che la questione OGM è una questione solo per alcuni aspetti scientifica, ma per altri legata a scelte di altra natura. Bisogna quindi che ci si metta prima di tutto d'accordo su ciò che va affidato alla scienza (e ai suoi metodi di valutazione e giudizio) e ciò che va affrontato, con altrettanta legittimità, in riferimento a scelte di valore (etico, sociale, politico ecc.).

### **Tiriamo le conclusioni**

Io credo che la natura del problema OGM sia effettivamente duale: solo una parte rientra nel dominio su cui può e deve pronunciarsi la comunità scientifica (certamente in modo trasparente e controllabile da tutti); ma c'è un'altra parte che va affrontata su piani diversi: su quello della politica, delle strategie economico-sociali, delle scelte etiche, a loro volta interagenti con visioni religiose o filosofiche del mondo e dell'uomo. Nel fare delle scelte, a volte impegnative, è pertanto naturale che, oltre alle ragioni della scienza, ci si basi su altre ragioni che vanno comprese e rispettate. Occorre però che si proceda con cartesiana chiarezza. Il problema va cioè appunto scomposto nelle sue componenti parziali senza però confondere i piani del dibattito: non invadendo, per esempio, con ragioni politiche il campo valutativo della scienza né pretendendo che i risultati della scienza dettino regole di comportamento individuale o scelte di natura sociale.

Detto questo si possono allora tracciare alcune (parziali) conclusioni dal dibattito.

Partiamo dal piano della scienza, con una premessa specifica. La scienza procede per tentativi ed errori; le sue teorie non costituiscono certezze assolute; tutte le sue ipotesi di lavoro possono essere falsificate. Detto questo però c'è una logica euristica che deve guidare la scienza e condurre ad affermazioni di "verità" per sostenere decisioni operative. Quando una tesi (per entrare nel vivo, per esempio, il grado di rischio dell'impiego di un OGM) è sostenuta dalla grande maggioranza della comunità scientifica inter-

nazionale, quando viene più volte pubblicata da autorevoli giornali, quando supera il vaglio di ripetuti confronti in sede di congressi, allora possiamo ragionevolmente adottare quella tesi come paradigma anche nelle scelte operative.

Tanto per fare chiarezza su una questione che rischia di essere più filosofica che scientifica, Maurizio Cocucci ha definito con rigore ciò che, nella questione OGM, possiamo chiamare naturale e innaturale. Gli OGM non sono entità “nuove” ma, come dice il loro nome, organismi “modificati”. E alla base di queste modifiche ci sono caratteri genetici e fisiologici già presenti in natura, seppure in organismi diversi rispetto a quello che si vuol modificare. Interventi “innaturali” (se vogliamo così chiamare l’introduzione in organismo di caratteristiche che spontaneamente non sarebbero mai emerse) sono da sempre stati compiuti dall’uomo con tecniche di selezione genetica “tradizionale”, che hanno portato alle varietà colturali oggi impiegate nell’agricoltura moderna. E quando si afferma (giustamente) che non sono ancora ben noti tutti i possibili meccanismi di risposta molecolare conseguenti all’introduzione di un gene, ciò vale anche, a maggior ragione, per le vecchie ibridazioni che hanno di fatto portato, senza esserne consapevoli, all’espressione di caratteri indesiderati accanto a quelli che si intendeva ottenere. La relazioni di Francesco Sala e Francesco Salamini hanno presentato con rigore e ricchezza di esempi questo punto.

Restando sempre nel campo della scienza, Daniele Bassi ha bene illustrato un modo di procedere da parte degli organismi tecnico-scientifici di controllo sulle sperimentazioni e l’impiego controllato di OGM. Questo rappresenta un importante contributo che la scienza può e deve dare al decisore politico e Bassi ha parlato di un buon esempio di “science for policy”. L’Unione Europea su questa materia si muove con maggiore “precauzione” e trasparenza verso i cittadini-consumatori di quanto facciano gli Stati Uniti. I regolamenti europei sono molto rigorosi, coinvolgono vari livelli decisionali, interpellano sistematicamente la comunità scien-

tifica, coinvolgono il pubblico generale, informano su tutti i passaggi della filiera OGM. Ciò non solo contribuisce a ridurre il tasso di rischio, ma rende possibile una consapevole partecipazione del cittadino: senza separare la scienza dall'applicazione dei suoi risultati.

Passiamo ad altra considerazione, questa volta sul piano dell'etica. Anche se in molte visioni etiche appaiono valori cosiddetti assoluti, nella gran parte delle scelte etiche "operative" vale il principio del bene maggiore (o, se ci piace di più, del male minore), come ha bene argomentato il prof. Piana dando significato etico alla metodologia del rapporto benefici/costi. Per tornare al problema degli OGM, qualora fosse prevedibile un certo grado di rischio nel loro impiego (il rischio zero in qualunque impresa scientifica o tecnologica non esiste), questo va confrontato con altri rischi connessi al loro non-impiego. Se nelle società opulente occidentali, dove per la maggior parte della popolazione non vi è il problema del fabbisogno alimentare, può essere anche assunta una scelta di stili di vita "naturalistici" (per esempio a base di prodotti biologici), ciò non è immaginabile in molti Paesi in via di sviluppo dove la malnutrizione decresce l'aspettativa di vita, incrementa la diffusione di malattie, impedisce lo sviluppo sociale. In questo caso l'impiego di OGM con migliore potere nutrizionale, con capacità di prevenire malattie e costi inferiori appare spostare decisamente quel bilancio rischi-benefici che da noi può anche apparire controverso. Va anche tenuto presente l'incremento demografico, che, se attualmente ha minor impatto nel Mondo Occidentale, costituisce ancora una vera e propria "bomba" nei Paesi in via di sviluppo. Potrà il Pianeta, senza l'utilizzo di tecniche OGM, riuscire a nutrire un'umanità che si avvia al traguardo degli otto miliardi di individui? Attualmente enormi quantità di alimenti, per fare un esempio pomodori e agrumi, marciscono prima di poter essere consumati: con tecniche OGM sarebbe possibile preservarli per tempi più lunghi e farli pervenire dove ce ne sarebbe enorme necessità. Gli ultimi dati sono impressionanti: ogni anno cinque mi-

lioni di bambini muoiono di fame. Credo che di fronte a questa strage si debba meditare prima di invocare il principio di precauzione per l'utilizzo di tecniche OGM.

Ci sono poi campi in cui, sia sotto il profilo etico sia sotto quello dell'analisi rischi-benefici, l'impiego di OGM non sembra presentare dubbi. È il caso della produzione farmacologica da ceppi batterici geneticamente modificati o della bonifica di acque e suoli inquinati impiegando microrganismi o piante in grado di degradare o rimuovere gli agenti inquinanti con costi più contenuti e con virtuale assenza di "effetti collaterali" sull'ambiente.

Portiamoci sul piano del controllo dei processi economici e della politica. Molte delle critiche che si rivolgono all'impiego degli OGM riguardano l'assenza di controllo del loro impiego che resta nella mani di potenti multinazionali che agiscono in situazione di sostanziale monopolio e in posizione ricattatoria verso Paesi e utenti "deboli". Ciò è indubbiamente vero e il problema va posto correttamente in questa sede senza confondere il rischio "economico-politico" con il rischio tecnologico. Francesco Ferrante ha bene presentato questi aspetti distinguendo il campo delle sperimentazioni da quello delle scelte trasparenti e condivise.

Le organizzazioni politiche e gli organismi tecnici internazionali devono certamente fare molto di più per regolamentare e controllare l'azione di gruppi multinazionali in settori delicati come la brevettazione, produzione e commercializzazione di farmaci o, nel nostro campo, la sperimentazione e vendita di prodotti OGM. In assenza di adeguate garanzie è naturale che i cittadini e i consumatori facciano prevalere un "principio di precauzione" che, in questo caso, appare ancor più un "principio di responsabilità" o, meglio, di omessa responsabilità.

In conclusione occorre che tutti gli *stakeholder* coinvolti nella questione OGM non rinuncino a lunghi e seri confronti, ognuno nel rispetto delle competenze e delle esigenze altrui. Ciò vale per gli scienziati (le cui affermazioni scientifiche possono essere solo giudicate da altri membri competenti della comunità scientifica); per

---

i decisori politici che devono affrontare con chiarezza e trasparenza il problema delle procedure di controllo e valutazione di tutta la filiera OGM, inclusa quella commerciale; per i portatori di interessi etico-sociali che devono valutare con equilibrio i benefici e l'accettabilità di tutte le scelte.

Occorre infine che acquistino coscienza della rilevanza e sensibilità del problema OGM due altri attori sociali fondamentali. Da un lato gli educatori, e per primi gli insegnanti, affinché si pongano il problema di una corretta formazione e informazione sulla materia, a partire dalle necessarie conoscenze scientifiche (molte delle quali impartibili già a livello della scuola media superiore). Dall'altro i comunicatori sociali (a partire dai giornalisti) che spesso hanno confuso, per dare più visibilità al loro messaggio, aspetti emozionali e ideologici con considerazioni scientifiche o di natura etico-sociale.





## **Libri pubblicati dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente**

- 1.** *Banca Dati dell'Ambiente '94. Quali ricerche, chi e dove: il catalogo dei progetti*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1995.
- 2.** A. Capria e L. Martinelli, *Ricerca Ambientale. Indirizzi della ricerca ambientale: legislazione e politiche pubbliche*, Milano 1995.
- 3.** G. Cordini, *Diritto Ambientale. Elementi giuridici comparati della protezione ambientale*, edito con CEDAM, Milano 1995.
- 4.** *Incenerimento. Il ruolo dell'incenerimento nello smaltimento dei rifiuti. Atti del convegno internazionale Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri". Milano, 25-26 ottobre 1994*, a cura di R. Fanelli, E. Benfenati e A. Ballarin Denti, Milano 1995.
- 5.** *Dottori Ambientali. Le pagine gialle dei dottori ambientali, anno accademico 1993/94*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1995.
- 6.** *Acta '94. Rapporto dell'attività scientifica 1994*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1995.
- 7.** *Rifiuti. Rifiuti da attività industriali. Atti del convegno nazionale. Milano, 16 dicembre 1994*, a cura di V. Ragaini, Milano 1995.
- 8.** S. Carboni, *Riciclare. Riciclare il vetro*, Milano 1995.
- 9.** K. F. Bernar, G. La Franca e P. Tamai, *Parco Trotter. Un'idea per il Parco Trotter. Il ciclo dell'acqua e l'ambiente urbano*, Milano 1995.
- 10.** G. Rasario, *Riciclare. Riciclare la plastica. I contenitori per liquidi*, Milano 1995.
- 11.** T. Bonomi, *Gestire le acque sotterranee. SIT per la valutazione del bilancio del sistema idrogeologico milanese*, Milano 1995.
- 12.** G. Chiellino, *Nitrati nelle acque. Contaminazione da nitrati negli acquiferi del vicentino*, Milano 1995.
- 13.** E. Lux, *Val d'Ossola. L'impatto ambientale in ambiente alpino*, Milano 1995.
- 14.** B. Neto, *Inquinamento transfrontaliero. L'inquinamento atmosferico a lunga distanza nel diritto internazionale*, Milano 1996.

15. E. Dal Lago, *Carbon-tax. Tasse ambientali e l'introduzione della carbon-tax*, Milano 1996.
16. *Acta '95. Rapporto dell'attività scientifica 1995*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1996.
17. L. Lazzati, *Contaminazione da fitofarmaci. Individuazione di aree a rischio. Il caso del Parco Sud a Milano*, Milano 1996.
18. G. Giannerini e G. Stagni, *Raccolta differenziata. Finanziamenti per la raccolta differenziata dei rifiuti. Il caso del Frisl (Fondo Ricostituzione Infrastrutture Sociali Lombardia)*, Milano 1996.
19. *Tesinbreve. Acqua, aria, recupero ambientale, rifiuti*, Milano 1996.
20. *Termoutilizzazione. Termoutilizzazione nello smaltimento dei rifiuti*, a cura di R. Fanelli, E. Benfenati e A. Ballarin Denti, Milano 1996.
21. *La tossicità dei fanghi di depurazione. Presenza di xenobiotici organici*, a cura di P. L. Genevini, Milano 1996.
22. G. Cordini, *Diritto ambientale comparato*, edito con CEDAM, Milano 1996.
23. W. Epis, *Rifiuti solidi urbani. Raccogliere e smaltire i rifiuti a Milano*, Milano 1996.
24. A. Camba, *Formazione ambientale. Analisi comparativa dei corsi post-universitari*, Milano 1996.
25. C. Testori, *Bosco delle Querce. Seveso: un progetto per il Bosco delle Querce*, Milano 1996.
26. *Banca dati dell'Ambiente '97. Nomi e ricerche per l'ambiente italiano: il catalogo dei progetti*, Milano 1997.
27. *I dottori ambientali dalla A alla Z, anno accademico 1994/95*, Milano 1997.
  - *Ecolo '97: il CD-ROM globale*, contenente la Banca dati dell'Ambiente '97 e I dottori ambientali dalla A alla Z, anno accademico 1994/95, Milano 1997.
28. *Acta '96. Rapporto dell'attività scientifica 1996*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1997.

- 29.** *L'inquinamento da ozono. Diagnosi e terapie per lo smog del Duemila*, a cura di A. Ballarin Denti, Rocca San Giovanni (CH) 1997.
- 30.** *1.000 giorni di ricerca in Lombardia. Relazioni finali delle borse di formazione 1994/96*, a cura di E. Tromellini, Milano 1997.
- *Ricerche & Risultati – Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/97*, contenente *Individuazione, caratterizzazione e campionamento di ammassi abusivi di rifiuti pericolosi; Criteri per la valutazione della qualità dei suoli; Criteri per la realizzazione di impianti di stoccaggio di rifiuti residuali*, a cura di D. Pitea, A. L. De Cesaris e G. Marchetti (confezione in cofanetto), Milano 1998.
  - *Ricerche & Risultati – Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/97*, contenente *Dati di inquinamento atmosferico dell'area metropolitana milanese e metodologie per la gestione della qualità dell'aria; Il benzene e altri composti aromatici: monitoraggio e rischi per l'uomo; Le emissioni industriali in atmosfera: inventario e trattamento*, a cura di B. Rindone, P. Beltrame e A. L. De Cesaris (confezione in cofanetto), Milano 1998.
  - *Ricerche & Risultati – Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/97*, contenente *Bioindicatori ambientali; Compost e agricoltura; Monitoraggio delle foreste sotto stress ambientale*, a cura di A. Ballarin Denti, S. M. Cocucci, P. L. Genevini e F. Sartori (confezione in cofanetto), Milano 1998.
  - *Ricerche & Risultati – Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/97. Idrogeomorfologia e insediamenti a rischio ambientale. Il caso della pianura dell'Oltrepò Pavese e del relativo margine collinare*, a cura di G. Marchetti, F. Cavanna e P. L. Vercesi, Milano 1998.
- 31.** *La Direttiva Seveso 2 – Incidenti da sostanze pericolose e normativa italiana*, a cura di S. Nespor e A. L. De Cesaris, Milano 1998.
- 32.** *Seveso vent'anni dopo – Dall'incidente al Bosco delle Querce*, a cura di M. Ramondetta e A. Repossi, Milano 1998.
- 33.** *Seveso 20 years after – From dioxin to the Oak Wood*, a cura di M. Ramondetta e A. Repossi, Milano 1998.

- 34.** M. Chiappa, *Ecologia umana. Dalla possibile ecocatastrofe all'ecologia umana*, Milano 1998.
- 35.** *I dottori ambientali dalla A alla Z, anno accademico 1995/96*, Milano 1998.
- *Ecolo '98: il CD-ROM globale*, contenente la *Banca dati dell'Ambiente '98* e *I dottori ambientali dalla A alla Z, anno accademico 1995/96*, Milano 1998.
- 36.** *Acta '97. Rapporto dell'attività scientifica 1997*, Milano 1998.
- 37.** *Tesinbreve. Reinventiamo l'Italia. Sette lavori un unico obiettivo: investire in territori di qualità*, a cura di A. Foti e S. Gaiara, Milano 1998.
- 38.** M. N. Larocca, *Sentieri didattici. Aspetti geografici dell'educazione ambientale*, Milano 1999.
- 39.** *Inquinamento da ozono nella Valle Padana. Atti del convegno Fondazione Lombardia per l'Ambiente – Regione Lombardia. Milano, 25-26 giugno 1997*, a cura di L. Bonini, Milano 1999.
- *Guida europea all'Agenda 21 Locale. La sostenibilità ambientale: linee guida per l'azione locale*, a cura di Stefano Pareglio, edito con ICLEI, Milano 1999.
  - *Il "Chi è" della ricerca ambientale in Italia. Valutazione statistica della produzione scientifica italiana nel settore ambientale*, a cura di M. Gatto, G. De Leo, G. Paris, Milano 1999.
- 40.** *Acta '98. Profilo e attività scientifica della Fondazione Lombardia per l'Ambiente*, Milano 1999.
- *Chemistry, Man and Environment. The Seveso accident 20 years on: monitoring, epidemiology and remediation*, a cura di A. Ballarin Denti, P. A. Bertazzi, S. Facchetti, R. Fanelli e P. Mocarelli, edito con Elsevier, Amsterdam 1999.
- 41.** *Guida al trasporto di sostanze pericolose. Come prevenire e gestire le emergenze nel trasporto su strada*, a cura di R. Fanelli e R. Carrara, Roma 1999.
- M. Grasso, *Effetti ambientali degli investimenti pubblici. Una guida sintetica alla valutazione economica*, Milano 2000.

- 42.** *L'educazione ambientale nella scuola secondaria superiore. L'esperienza del corso di formazione per docenti: "Gli indicatori di qualità della vita urbana"*, a cura di S. Michelagnoli, A. Amati, P. Agostini, L. Xodo e R. Gloria, Milano 2000.
- 43.** *Acta '99. Profilo e attività scientifica della Fondazione Lombardia per l'Ambiente*, a cura di R. Gloria, Milano 2000.
- 44.** *Qualità delle acque lacustri della Lombardia alle soglie del 2000*, a cura di G. Tartari, A. Marchetto e D. Copetti, Milano 2000.
- 45.** *Acta 2000. Profilo e attività scientifica della Fondazione Lombardia per l'Ambiente*, a cura di R. Gloria, Milano 2001.
- 46.** *I Parchi Locali di Interesse Sovracomunale in Lombardia*, a cura di M. Di Fidio, A. Ferrari e O. Lazzeri, Milano 2001.
- *Per una cartografia tematica lombarda. Metodologie di raccolta, elaborazione e rappresentazione di dati ambientali territoriali*, a cura di F. Sartori, Macherio (MI) 2001.
- 47.** *Biodiversità animale in ambiente urbano*, a cura di V. Giordano, M. Lazzarini e G. Bogliani, Milano 2002.
- 48.** *Carta Naturalistica della Lombardia*, a cura di M. G. Mariotti e C. Margiocco, Milano 2002.
- 49.** *Applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) al sistema idrografico del Fiume Ticino*, Milano 2002.
- *Biodiversità: la sfida, i pericoli. Dalle proposte di Rio alle verifiche di Johannesburg pensando all'Europa. Atti del convegno Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Milano 25 ottobre 2002*, a cura di G. Matteo Crovetto e Salvatore Giannella, Milano 2003.1.
  - *Etica e ambiente. Discipline a confronto per uno sviluppo sostenibile, Milano 18 giugno 2003*, a cura di Antonio Ballarin Denti e Elio Sindoni, Milano 2004.2.
  - *Rapporto sullo stato dell'ambiente del Comune di Arese*, a cura di Stefano Pareglio, Anna Crimella, Paolo Ruiu, Mirko Valente, Tiziana Casa, Gianluca Vitali, Chiara Vona, Milano 2004.
  - *Cambiare aria*, a cura di G. Matteo Crovetto e Riccardo Falco, Milano 2004.

- *Guida europea all'Agenda 21 Locale. La sostenibilità ambientale: linee guida per l'azione locale, seconda edizione*, a cura di Stefano Pareglio, edito con ICLEI, Milano 2004.
- Autori vari, *Osservatorio dei laghi lombardi. Qualità delle acque lacustri in Lombardia. 1° Rapporto OLL - 2004, CD-ROM allegato*, Milano 2005.
- *Educare alla sostenibilità ambientale*, Milano 2005.

*Finito di stampare presso "Scuola Grafica Salesiana"  
di Milano nel mese di novembre 2005.*

*Questo volume è stato stampato su carta ecologica riciclata  
Freelife Vellum delle Cartiere Fedrigoni & C. S.p.A.*

La *Fondazione Lombardia per l'Ambiente*, costituita il 22 maggio 1986 dalla Regione Lombardia e riconosciuta con DPGR n. 14/R/86 del 26 agosto 1986, è persona giuridica privata senza scopo di lucro. La Fondazione ha come compito statutario lo svolgimento di attività di studi e ricerche volte a tutelare l'ambiente e la salute dell'uomo, con particolare attenzione agli aspetti relativi all'impatto di sostanze inquinanti. A tal fine collabora, nei propri programmi di ricerca e formazione, con le Università lombarde e qualificati Enti e Istituti di ricerca nazionali e internazionali.

*Le implicazioni di carattere etico sollevate dai problemi ambientali sono estremamente complesse e coinvolgono aspetti materiali, sociali, scientifici, educativi e culturali. Il ciclo di convegni Etica e Ambiente, promosso dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente e dalla Fondazione Ambrosianeum, si snoda secondo un percorso culturale dedicato a diversi temi di attualità che richiedono una riflessione attenta agli aspetti etici applicati all'ambiente. Avviata nel 2003 con un convegno dedicato al tema specifico Discipline a confronto per uno sviluppo sostenibile, l'iniziativa è proseguita con un convegno sugli Organismi Geneticamente Modificati (OGM), di cui il presente volume costituisce gli atti.*

*Gli OGM hanno suscitato un ampio dibattito per quanto riguarda gli aspetti della bioetica applicata all'uomo, ma sono meno conosciute le implicazioni che riguardano l'ambiente. Gli OGM in agricoltura costituiscono un'applicazione controversa delle biotecnologie, probabilmente più per un fatto culturale legato all'alto valore simbolico che viene attribuito al "cibo" dell'uomo, che per una documentata pericolosità. Tuttavia, è innegabile che questa resistenza culturale, molto forte in Italia e in Europa, abbia condizionato la politica economica e gli investimenti nella ricerca di settore, proprio quando l'Europa vuol acquisire un ruolo primario nella competizione scientifica e tecnologica a livello mondiale.*

COPIA NON COMMERCIBILE  
E IN DISTRIBUZIONE GRATUITA

ISBN 88 – 8134 – 088 – 7