

Dario Bressanini

OGM tra leggende e realtà

Chi ha paura degli organismi geneticamente modificati?

Chiavi di lettura a cura di
Federico Tibone e Lisa Vozza

CHIAVI DI LETTURA **ZANICHELLI**

indice

<i>Introduzione</i>	5
1. Le leggi della natura e quelle dell'uomo	9
2. Come si producono le piante OGM	35
3. A che cosa servono le piante OGM	59
4. Altri OGM che usiamo senza saperlo	85
5. L'agricoltura transgenica nel mondo	97
6. L'incidenza dei pesticidi	111
7. Chi ci ha guadagnato finora?	123
8. Gli OGM nei Paesi in via di sviluppo	131
9. Il salvataggio dei prodotti tipici	145
10. Il caso della patata: gli OGM sono fritti?	155
11. Perché ancora tanta opposizione agli OGM?	163
12. Uno sguardo al futuro	177
Brevetti: i pro e i contro	185
<i>Per saperne di più</i>	204
28 miti da sfatare	208
<i>Indice analitico</i>	217

Introduzione

a Paola, Gabriele e Simone

Il Novecento è stato un secolo di progressi scientifici e tecnologici senza precedenti per l'umanità.

Dapprima la scoperta e lo studio del fenomeno della radioattività hanno portato all'«era atomica», che ha prodotto terribili ordigni nucleari ma anche centrali per produrre energia e nuovi sistemi per diagnosticare e combattere le malattie.

In seguito l'invenzione del transistor ha inaugurato l'«era elettronica»; oggi i computer influenzano ogni aspetto della nostra vita quotidiana e il nostro modo di comunicare si è trasformato grazie a strumenti come i telefoni cellulari e Internet.

Questi sviluppi sono ben noti a tutti. Ma c'è un'altra rivoluzione scientifica e tecnologica che è iniziata negli ultimi decenni e di cui il grande pubblico è ancora poco consapevole: è l'«era biotecnologica».

Il termine *biotecnologia* indica ogni applicazione tecnologica che si serve dei sistemi biologici, degli organismi viventi o di derivati di questi per produrre o modificare prodotti o processi per un fine specifico.

Questa definizione, tratta da un documento delle Nazioni Unite, fa capire che le biotecnologie non sono in realtà un'esclusiva del nostro tempo: da mil-

lenni infatti ci nutriamo con alimenti – il pane, i formaggi, la birra, il vino – che produciamo sfruttando il metabolismo spontaneo di microrganismi come lieviti e batteri.

Di recente però alle «biotecnologie antiche» si è sostituito qualcosa di molto diverso e più potente: grazie alle conoscenze che abbiamo acquisito sul *genoma*, ossia sul corredo ereditario che caratterizza ciascuna specie vivente, oggi siamo in grado di trasferire singoli *geni*, ossia pezzi di DNA*, da una specie a un'altra.

Con queste tecniche di «ingegneria genetica», chiamate anche *DNA ricombinante*, i biotecnologi sono in grado di creare i cosiddetti *organismi geneticamente modificati* (OGM) o *organismi transgenici*.

Con le biotecnologie moderne possiamo insomma dotare un organismo di alcune caratteristiche nuove inserendo nel suo DNA – in modo mirato – geni di altri esseri viventi che già possiedono quelle caratteristiche.

Nei laboratori di varie parti del mondo si sta studiando la possibilità di creare animali OGM da allevamento; ma per lo più si tratta di ricerche ancora in fase sperimentale.

* Il DNA, acido desossiribonucleico, è una lunga molecola organica che funge da «manuale di istruzioni» biologico: contiene le informazioni necessarie per il funzionamento di un organismo, registrate chimicamente mediante un *codice genetico* universale. Ogni cellula del nostro corpo contiene nel proprio nucleo centrale una copia del nostro DNA.

I vegetali OGM invece sono tra noi già da tempo: la prima pianta geneticamente modificata risale a più di 20 anni fa, e da oltre un decennio gli OGM sono utilizzati in agricoltura in molti Paesi del mondo.

In questo libro perciò non parleremo di ipotesi futuristiche ma ci concentreremo sul presente, analizzando gli effetti di questa rivoluzione biotecnologica che sono visibili *già oggi*, perché gli OGM fanno ormai parte della nostra catena alimentare.

Oltre a spiegare come si possono creare piante geneticamente modificate, vedremo *quali* piante sono state prodotte sinora, *dove* sono state coltivate, *perché* sono state adottate e se qualcuno, alla fine, ci ha guadagnato o ci ha perso.

Vorremmo insomma chiarire in questo libro che cosa sia *realmente* oggi l'agricoltura OGM.

Cercheremo di farlo con un linguaggio semplice ma curando al tempo stesso la correttezza e il rigore scientifico, diversamente da quanto spesso accade (per necessità di concisione o per disinformazione bella e buona) nelle notizie «urlate» dai mezzi di comunicazione di massa.

Raggiungeremo l'obiettivo se questa lettura vi aiuterà, quando sentite parlare di OGM, a distinguere i dati di fatto dalle leggende infondate che – come vedremo – in questo settore non mancano certo.

Le leggi della natura e quelle dell'uomo

Pochi sviluppi tecnologici incontrano nell'opinione pubblica una opposizione eterogenea e variegata come gli OGM, gli organismi geneticamente modificati.

Prima di esaminare gli aspetti scientifici ed economici delle moderne tecniche di produzione di questi organismi, cosa che faremo nei prossimi capitoli, è bene affrontare subito una diffusa obiezione agli OGM che si può definire «di principio».

C'è infatti chi ritiene che modificare il genoma degli organismi viventi sia semplicemente sbagliato e inaccettabile, per ragioni etiche o religiose. Il principe Carlo d'Inghilterra per esempio ha dichiarato:

Credo che abbiamo raggiunto uno spartiacque morale ed etico oltre il quale ci si avventura in regni che appartengono a Dio, e a Dio solo.

Più laicamente altri si appellano alla Natura con la N maiuscola, sostenendo che l'uomo non ha il diritto di modificarla.

Gli OGM sono innaturali?

Tutti abbiamo un'idea istintiva di che cosa è naturale e che cosa artificiale, ossia prodotto dall'uomo. E molti di noi tendono ad apprezzare ciò che è naturale

e a sospettare di ciò che è artificiale. Il marketing cerca di sfruttare questo «desiderio di naturalità», come dimostra la recente diffusione di prodotti «biologici» e «naturali» per la cosmesi, l'igiene e persino l'edilizia.

Usiamo ogni giorno oggetti costruiti dall'uomo, come il libro che avete in mano o il computer che l'autore ha usato per scriverlo. E siamo altrettanto abituati agli interventi dell'uomo sull'ambiente naturale: abbiamo costruito dighe, scavato canali, prosciugato paludi e disboscato foreste. Non tutti gli interventi umani sono stati benefici, ma non vi è generalmente una opposizione di principio verso questi interventi.

Se invece si tratta di intervenire con l'ingegneria genetica sul DNA – anche «soltanto» quello di una pianta – molte persone si sentono a disagio.

Gli OGM sono percepiti come innaturali, e dunque da rifiutare.

Dopo tutto, che cosa c'è di più naturale di una pianta? Avete mai visto in natura un incrocio tra un cactus e una fragola? È *ovvio* che modificare geneticamente una fragola per dotarla di un gene del cactus sarebbe «innaturale», no?

Ebbene no, non è ovvio. Forse è giunto il momento di mettere in discussione la nostra idea istintiva di «naturalità», che ha origini psicologiche, culturali, filosofiche e persino religiose, ma non ha un solido fondamento scientifico.

Perché, come ora vedremo, in natura non mancano esempi di modificazioni genetiche che a prima vista potrebbero apparire «innaturali», per esempio il passaggio di geni da una specie vegetale a un'altra.

E nella definizione stessa di che cosa costituisca una *specie*, a ben vedere, non mancano le ambiguità.

Forse anche per queste ragioni i legislatori fanno parecchia confusione in materia: a fine capitolo scopriremo infatti che le nostre leggi attuali non considerano «OGM» tutti gli organismi il cui genoma è stato modificato dall'intervento umano, ma soltanto una parte di essi scelta in modo piuttosto arbitrario.

Da Aristotele a Darwin

Più di duemila anni fa il filosofo greco Aristotele, sviluppando le idee di Platone, sosteneva che ogni cosa, e in particolare ogni essere vivente, ha due tipi di proprietà: ci sono proprietà *essenziali*, senza cui un organismo non potrebbe essere quello che è, e proprietà *accidentali*, che possono invece variare senza cambiare la sua natura.

Il pelo di un gatto per esempio può essere bianco, nero o di altri colori: si tratta di una proprietà accidentale. Ma l'«essenza del gatto» è la stessa in tutti i gatti: sono tutti realizzazioni di una *gattitudine* che esisterebbe immutabile ed eterna; il vostro micio è soltanto una realizzazione particolare di quell'essenza.

Per chi ragiona come Aristotele dunque le proprietà essenziali sono del tipo «o tutto o niente»: o si è un gatto, oppure no. E non si può quindi essere contemporaneamente un gatto e un cane, o una pianta di frumento e una pianta di segale.

Nel Settecento Linneo (lo svedese Carl Nilsson Linnaeus) introdusse una utile classificazione degli

organismi viventi, riunendo le specie con caratteristiche simili in un gruppo più ampio, gerarchicamente superiore, chiamato *genere*; i generi diversi ma simili in un gruppo ancora più ampio chiamato *famiglia*; e così via fino ad arrivare ai *regni* (batteri, protisti, funghi, piante e animali).

Al tempo di Linneo le specie viventi erano considerate una manifestazione della volontà creatrice di Dio ed erano quindi immutabili e ben separate, ognuna con la sua particolare essenza di tipo aristotelico.

Questo *essenzialismo*, che postula l'esistenza di compartimenti stagni tra i diversi esseri viventi, è molto intuitivo e condiziona ancora oggi, più o meno consciamente, il nostro modo di pensare.

Altrettanto intuitiva sembra essere la conclusione che gli OGM sono pericolosi, perché mescolano quelle ipotetiche «proprietà essenziali» che la natura, immaginata come dotata di coscienza, vorrebbe invece tenere ben distinte.

Ma seguendo l'intuito a volte si commettono errori. Da centocinquanta anni ormai, dopo il lavoro di Charles Darwin, la scienza infatti ha scoperto che il pregiudizio di Aristotele è infondato.

Le specie non sono immutabili: l'animale che chiamiamo gatto *non è sempre esistito*, e lo stesso dicasi per il grano con cui facciamo il pane. Inoltre se due specie viventi oggi sono diverse tra loro, non è detto che lo siano sempre state.

La vita sulla Terra ha avuto inizio probabilmente a partire da qualche batterio primordiale e si è evoluta lentamente. Ci sono voluti miliardi di anni pri-

ma che apparissero forme di vita come quelle che conosciamo oggi, e durante questa evoluzione la natura non si è certo fatta scrupolo di tenere separato il materiale genetico dei diversi organismi.

Le cellule delle piante odierne per esempio possono fare la fotosintesi grazie a organelli chiamati *cloroplasti*, e altri organelli chiamati *mitocondri* sono indispensabili fornitori di energia per le cellule sia vegetali sia animali. Ebbene si ritiene che i cloroplasti e i mitocondri in origine fossero organismi unicellulari autonomi, che a un certo punto dell'evoluzione sono stati inglobati interamente in organismi più complessi (entrambi gli organelli tra l'altro sono dotati ancora oggi di un proprio DNA).

La natura opera riassortimenti incessanti e continui anche all'interno del patrimonio ereditario delle specie più diverse. I batteri per esempio talvolta sopravvivono agli antibiotici perché hanno sviluppato resistenze dovute a *mutazioni genetiche* favorevoli: l'alterazione casuale di qualche loro gene li rende cioè capaci di sfuggire all'azione delle nostre medicine.

I virus dell'influenza cambiano di continuo aspetto, pescando e miscelando frammenti di geni che si trovano nell'immenso serbatoio animale che infettano, e in questo modo si presentano al nostro organismo con sembianze sempre diverse, capaci di sfuggire ai sistemi di sorveglianza del sistema immunitario. Non solo, ma ogni volta che un virus ci infetta lascia qualche traccia dei propri geni nel nostro DNA.

A rigore dovremmo dunque considerare organismi geneticamente modificati gran parte dei virus e

dei batteri che ci circondano; e anche noi stessi, dal momento che all'interno del nostro patrimonio genetico portiamo il ricordo delle infezioni subite da noi e dai nostri progenitori. Pensate che sequenziando il genoma umano sono state trovate decine di geni appartenenti originariamente a batteri.

A che cosa sono dovute le modifiche casuali del genoma? Nell'ambiente in cui viviamo molte sostanze chimiche possono indurre mutazioni nei viventi, e lo stesso vale per agenti fisici quali le radiazioni energetiche, come vedremo meglio più avanti.

La natura ha evoluto sistemi capaci di proteggere il patrimonio genetico dall'azione di queste forze e di correggere le mutazioni. Questi sistemi tuttavia non sono mai efficaci al 100%, e paradossalmente il lasciare la porta aperta a un certo numero di errori può produrre, oltre a qualche danno, anche qualche prezioso beneficio che sarebbe uno spreco non cogliere.

Per via della loro origine comune, le piante e gli animali che vivono oggi condividono alcuni geni fondamentali che risalgono a centinaia di milioni di anni fa. Sono sequenze di DNA contenenti le istruzioni che le cellule usano per assemblare proteine che regolano i processi fondamentali della vita: metabolismo, crescita, riproduzione.

Le specie più strettamente imparentate tra loro, per esempio quelle appartenenti alla classe dei mammiferi, condividono poi la maggior parte del genoma di un antenato comune da cui hanno avuto origine decine o centinaia di milioni di anni fa. Per esempio

tra il DNA umano e quello di uno scimpanzé c'è meno del 2% di differenza, e con i topi abbiamo in comune più del 90% del DNA. Ma perfino con le piante – chi l'avrebbe detto? – condividiamo oltre il 50% dei geni. E che dire del comune lievito, con cui condividiamo il 30% dei geni? Se siete essenzialisti non potrete sfuggire alla conclusione che, ogni volta che addentate un panino, state compiendo un atto di cannibalismo. Per lo meno per il 30%.

Purezza e contaminazione

Spesso si sente parlare di *gene della fragola*, come se ciascun gene possedesse un certificato di identità che lo associa a una specie e non a un'altra. Dal punto di vista scientifico la cosa non ha molto senso: come abbiamo visto, ogni specie condivide gran parte del suo DNA con altre specie. Inoltre ciascun gene specifica soltanto la struttura e la funzione di una particolare proteina, non «l'essenza» della fragola.

Quando si sente parlare di «contaminazione» genetica di una specie attraverso un gene proveniente da un'altra, si sta presumendo che le specie siano dotate di una *essenza* che, se disturbata da un gene *estraneo*, porta inevitabilmente alla corruzione della *purezza genetica*. Spesso anche gli OGM sono trattati come una categoria unica, come se fossero dotati di una «essenza OGM» e in qualche modo possano «contaminare» le altre colture.

Se inserissi un gene prelevato da un cactus nel genoma di una fragola avrei quasi certamente ancora

una fragola, né più né meno, capace però di produrre una proteina in più rispetto a prima, per svolgere una certa funzione. Soltanto il caso e la selezione naturale hanno fatto sì che quella proteina fosse presente nel cactus e non nella fragola.

Come nascono le specie

Il concetto di specie non è definibile in modo del tutto univoco ed è ancora oggetto di dibattito tra i biologi.

Tradizionalmente si definisce una specie come un gruppo di organismi che incrociandosi tra loro generano una prole a sua volta feconda.

Non si può incrociare un gatto con un cane: sono due specie diverse, che non appartengono neppure allo stesso genere. Da secoli peraltro gli uomini hanno modificato il genoma dei gatti e quello dei cani, incrociandoli in modo selettivo per produrre «razze» con caratteristiche ritenute gradevoli o utili.

Invece si può incrociare un asino (*Equus asinus* maschio) con una cavalla (*Equus caballus* femmina), ma si ottiene un mulo che è un ibrido sterile, non in grado di riprodursi: asino e cavallo perciò sono due specie diverse appartenenti allo stesso genere *Equus*.

Parrebbe dunque che la natura ponga limiti invalicabili all'incrocio tra specie diverse, come se fosse una cosa da evitare, «innaturale» come forse avrebbe detto Aristotele.

Gli scienziati che studiano l'evoluzione propongono invece un'interpretazione opposta: non è la natura a porre barriere tra i gruppi di organismi per

preservare l'identità delle specie; al contrario le diverse specie hanno origine proprio dall'isolamento riproduttivo, ossia dall'impossibilità di accoppiarsi, che può essere dovuta ai motivi più svariati.

Per esempio una specie può dare luogo a più specie distinte a causa dell'isolamento geografico. È celebre il caso dei «fringuelli di Darwin», che si sono diversificati in conseguenza della migrazione in isole diverse dell'arcipelago delle Galápagos.

Quando una popolazione vive per molte generazioni separata dal resto della propria specie, tanti piccoli cambiamenti evolutivi – come le mutazioni casuali dall'esito favorevole, che rendono gli organismi più adatti alla sopravvivenza e alla riproduzione in quell'ambiente – si accumulano nel tempo esclusivamente in quella popolazione, rendendola a lungo andare incompatibile dal punto di vista riproduttivo con la specie originaria.

La nuova specie che si è evoluta avrà qualche gene specifico che la caratterizza, anche se per il resto i suoi geni – la quasi totalità del genoma – saranno identici a quelli della specie di partenza.

Differenze genetiche tra piante e animali

La definizione scolastica della specie come gruppo di individui capaci di incrociarsi tra loro generando prole fertile può andare bene, con buona approssimazione, per gli animali. Invece quando si considerano le piante (per non parlare dei batteri) le distinzioni tra le specie diventano più evanescenti.

In particolare non è così facile distinguere le specie vegetali in base alla loro capacità di generare nuovi organismi mediante la riproduzione sessuata. Si tratta di un fatto non molto noto, e ciò forse spiega perché al grande pubblico le tecniche dell'ingegneria genetica, quando sono usate per incrociare specie vegetali diverse, appaiono più rivoluzionarie concettualmente di quanto in effetti siano.

Per capire bene di che si tratta, dobbiamo per prima cosa chiarire che cosa intendono i biologi quando parlano di *poliploidia*.

Quasi tutti gli animali sono *diploidi*, possiedono cioè un corredo cromosomico doppio. In altre parole ogni cromosoma – il lungo filamento attorcigliato di DNA che contiene i geni – è in duplice copia. La nostra specie per esempio ha 23 coppie di cromosomi. I cromosomi di una coppia svolgono le stesse funzioni ma non sono identici: uno proviene dal padre e l'altro dalla madre.

Tutte le cellule del nostro corpo sono diploidi (ossia contengono 46 cromosomi) tranne i *gameti*, le cellule che servono per la riproduzione sessuata: gli spermatozoi nel maschio e le cellule-uovo nella femmina. I gameti sono *aploidi*, cioè hanno un corredo singolo con 23 cromosomi, uno solo per ogni coppia. Durante la fecondazione le cellule sessuali maschili e femminili si fondono dando luogo a una cellula diploide (lo *zigote* da cui si svilupperà l'embrione) che ha di nuovo un corredo completo di 46 cromosomi.

Esistono anche eccezioni: alcune specie di salmone per esempio sono *tetraploidi*, ossia hanno quattro

coppie di ciascun cromosoma. Di solito però negli animali la poliploidia, ossia la presenza di un numero di cromosomi superiore al normale corredo diploide, è fatale. Nei rari casi in cui nella cellula-uovo fecondata sono presenti più di due coppie di ogni cromosoma, la morte dell'embrione è certa.*

Ciò che è fatale negli animali però non lo è necessariamente nelle piante: molti vegetali infatti sono poliploidi, e anzi proprio la poliploidia è uno dei meccanismi che l'evoluzione utilizza per creare nuove specie vegetali.

Il grano: un OGM naturale

Ora possiamo ritornare a esaminare qualcosa che è più vicino alla nostra vita quotidiana.

Una scoperta sorprendente degli anni Novanta è che anche il comune grano coltivato da millenni è il risultato di un incrocio tra due o tre specie diverse. Vediamo perché.

Le varie specie del grano selvatico e domesticato fanno tutte parte del genere *Triticum*, nella famiglia delle graminacee. Per esempio il farro, una delle più antiche forma di frumento coltivate dall'uomo, ha il nome scientifico *Triticum dicoccum*.

Anche il farro piccolo o farragine (*Triticum monococcum*) era coltivato già nella preistoria; si sono tro-

* A volte soltanto alcuni cromosomi sono presenti in un numero superiore a due, e questo genera anomalie come la sindrome di Down, che si manifesta quando il cromosoma numero 21 è presente in tre copie (*trisomia 21*).

vati reperti addirittura risalenti al Neolitico, vecchi di circa diecimila anni. Questo cereale è un diploide con 14 cromosomi.

Il farro invece ha 28 cromosomi ed è un tetraploide. Gli scienziati hanno scoperto che contiene il genoma completo diploide di un parente selvatico del farro piccolo, il *Triticum urartu*, unito al genoma completo della cerere, un'erba infestante selvatica del genere *Aegilops* che cresce nei campi.

Non sappiamo come sia avvenuta questa ibridazione tra due specie che non appartengono neppure allo stesso genere. Ma è stato proprio grazie a questa modifica genetica, a questa «rottura della naturale barriera tra specie diverse», che il farro ha potuto diventare un cereale molto popolare nell'antichità, coltivato in modo esteso per esempio nell'Impero romano.

Il farro non può essere impollinato dalle due piante genitrici ed è perciò una nuova specie. Da esso discende il *Triticum durum*, l'amato grano duro con cui prepariamo la pasta. Il pane si prepara invece di solito a partire dal *Triticum aestivum*, il grano tenero, che diversamente dal grano duro è un esaploide e deriva da un ulteriore incrocio «innaturale», tra il farro e un'altra erbaccia che gli ha portato in dote tutto il suo genoma.

Il grano è quindi un «OGM naturale» generato da incroci che secondo una certa visione essentialista della natura non dovrebbero poter avvenire. Ma per nostra fortuna la natura non lo sapeva, e non ha fatto nulla per evitarli.

Una nuova specie creata dall'uomo: il triticale

Uno dei passatempi preferiti dagli appassionati di orticoltura è provare a ottenere incroci tra le specie vegetali più disparate. Di solito le piante prodotte da questi incroci amatoriali portano frutti sterili, l'equivalente botanico del mulo. Tuttavia con molta pazienza, tecnica e fortuna a volte si riesce a produrre un incrocio fertile e con una discendenza stabile: una nuova specie.

Correva l'anno 1875 e il botanico scozzese Steven Wilson illustrava ai colleghi della società botanica di Edimburgo i risultati dei suoi tentativi di incrocio tra il frumento e la segale, due piante che appartengono non soltanto a specie ma anche a generi diversi. Wilson era riuscito per la prima volta a ottenere piante con caratteristiche intermedie tra quelle dei due progenitori. Le piantine tuttavia erano completamente sterili.

Il primo incrocio fertile tra il frumento tenero e la segale fu ottenuto qualche anno dopo, nel 1888, dall'agronomo tedesco Wilhelm Rimpau. Probabilmente Rimpau non si rese conto dell'importanza storica dell'evento: aveva assistito alla creazione di una nuova specie, un *ibrido*, che non esisteva prima in natura.

Questa nuova specie fu chiamata in seguito *triticale* dai nomi dei suoi due progenitori, *Triticum* (il frumento) e *Secale* (la segale). La piantina di Rimpau però era soltanto parzialmente fertile: produsse quindici semi, di cui soltanto dodici riuscirono a germinare.

I tentativi di produrre un incrocio fertile tra il frumento e la segale proseguirono nei successivi de-

cenni con alterne fortune. L'obiettivo degli sperimentatori non era realizzare una curiosità botanica; speravano di riuscire a creare un nuovo cereale che avesse le migliori caratteristiche di entrambi i genitori: la capacità e la versatilità del frumento, utile come alimento in moltissime forme, a partire dal pane, unita alla robustezza della segale, alla sua capacità di crescere in climi aridi e freddi, su suoli difficili o proibitivi per il frumento.

I successori di Rimpau provarono a incrociare con la segale il grano duro anziché quello tenero, e raggiunsero il successo quando nel 1937 si scoprì che la *colchicina*, una sostanza prodotta dal fiore *Crocus*, era in grado di trasformare i semi sterili del triticale in semi fertili e autoimpollinanti.

In effetti la colchicina induce la poliploidia, causando il raddoppio del numero dei cromosomi. Come abbiamo visto negli animali ciò porta alla morte, ma in un vegetale può invece portare a caratteristiche interessanti e addirittura ricercate.

In genere le piante con un numero dispari di copie di cromosomi sono sterili; la pianta del banano che si coltiva per esempio non produce semi perché è un vegetale *triploide***.

** I frutti senza semi – come mandaranci, uva e cocomero – sono ottenuti usando per esempio la colchicina per produrre una pianta tetraploide e incrociandola poi con una normale varietà diploide; il risultato è una pianta triploide, sterile e senza semi. Un effetto collaterale – molto apprezzato dai vivaisti – è che gli agricoltori sono obbligati ad acquistare nuove piante, visto che quelle sterili non si possono riprodurre.

Quando si incrocia il grano duro, che è un tetraploide naturale, con la segale che è un diploide, si ottiene dunque un triploide sterile (triploide e non esaploide, perché nelle cellule sessuali il numero dei cromosomi si dimezza). Qui però viene in soccorso la colchicina che, raddoppiando i cromosomi, genera un esaploide fertile, il triticale appunto.

Si cominciò così a produrre ibridi incrociando la segale con il grano duro e utilizzando anche tecniche (di avanguardia per l'epoca) per la coltura di cellule *in vitro*. Così quei pochi embrioni ottenuti dagli incroci, che non sarebbero mai sopravvissuti in ambiente naturale dopo il trattamento con la colchicina, erano nutriti e fatti crescere in laboratorio.

Il risultato fu la «innaturale» creazione di una nuova specie fertile che conteneva geni (*tutto* il genoma) di due specie preesistenti.

Tecniche analoghe si usano ancora oggi per produrre nuovi vegetali, incrociando specie diverse e alterandole geneticamente con la colchicina o altre sostanze. Paradossalmente, come vedremo a fine capitolo, la legge non impone di chiamare OGM questi vegetali anche se a tutti gli effetti il loro genoma è stato modificato dall'uomo.

Un OGM *ante litteram*

Tra il 1940 e il 1960, grazie allo sviluppo della genetica si riuscì a risolvere diversi problemi di instabilità del triticale, che rendevano difficile coltivarla su larga scala. Tanto che nel 1968 il triticale venne se-

minato commercialmente per la prima volta, su 40000 ettari, in Ungheria. Negli anni immediatamente successivi furono sviluppate e coltivate varietà di triticale adatte ai climi di Canada, Spagna, Messico e altri Paesi.

Oggi il triticale è seminato in tutto il mondo su 3 milioni di ettari, con una produzione annuale che supera i 13 milioni di tonnellate. Questo cereale è adatto ai climi freddi, anzi è stato «progettato» per essi; non stupisce quindi che Polonia e Germania siano i primi due produttori mondiali.

Il triticale è usato principalmente come foraggio. Ha un contenuto di proteine superiore al frumento ma è meno adatto alla panificazione, anche se organismi internazionali come la FAO (Food and Agriculture Organization, l'Organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura delle Nazioni Unite) stanno cercando di incentivare il suo uso per l'alimentazione umana.

Non è esagerato chiamare il triticale un OGM *ante litteram*, anche se è stato ottenuto con tecniche diverse da quelle usate oggi per produrre gli organismi transgenici.

Laddove in un OGM «moderno» si trasferiscono solamente uno o due geni provenienti da una seconda specie, il genoma del triticale contiene interamente sia il genoma del frumento sia quello della segale.

Curiosamente talvolta si può trovare il triticale nei negozi di prodotti «biologici e naturali»: i gestori probabilmente sono ignari del fatto che si tratta di una specie creata dall'uomo con l'ausilio delle biotecnologie.

L'uso delle radiazioni per produrre mutazioni

Le mutazioni spontanee sono uno dei motori principali dell'evoluzione. Da quasi un secolo ormai gli scienziati hanno imparato a indurre mutazioni nei vegetali, nel tentativo di riuscire a selezionare frutta e verdura con caratteristiche migliorate.

Nel 1928 il genetista statunitense Lewis John Stadler compì i primi esperimenti di trattamento dei cereali con radiazioni. All'epoca non si poteva ancora saperlo, ma quando le radiazioni investono la molecola del DNA possono alterarne la struttura chimica inducendo mutazioni. Stadler non ebbe molto successo, ma ormai la via era aperta.

Dopo la Seconda guerra mondiale iniziarono in tutto il mondo i cosiddetti «usi pacifici dell'energia atomica». I ricercatori cominciarono a utilizzare in modo sistematico le radiazioni nucleari per modificare le caratteristiche delle piante esistenti, con lo scopo di migliorare i prodotti agricoli. Le ricerche erano finanziate da istituzioni come l'IAEA (Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica) e la FAO.

All'inizio i risultati furono piuttosto modesti: le radiazioni erano troppo devastanti e uccidevano la stragrande maggioranza delle piante mutate. Poi gradualmente si imparò a dosare le radiazioni domandone la forza distruttiva.

Con queste tecniche negli ultimi settant'anni si sono prodotte più di 2200 varietà mutanti tra cui grano, riso, girasoli, orzo, piselli, cotone, fagioli e patate. Il database FAO/IAEA riporta oltre 48 tipi di frutta tra cui mele, banane, albicocche, pesche e

pere. La varietà di maggior successo commerciale è sicuramente un pompelmo molto conosciuto: lo *Star Ruby* dalla polpa rosata. Già, anche il pompelmo rosa non è sempre esistito!

La prima varietà commerciale di pompelmo rosa fu il *Ruby Red*, derivato da una mutazione spontanea scoperta in Texas nel 1929. Tuttavia il colore rosso sbiadiva all'avanzare della stagione e il succo non aveva un colore gradevole. Così si cercò di ottenere mutazioni in laboratorio, sottoponendo i semi di quel pompelmo a irraggiamento. Risultato di questo esperimento fu lo *Star Ruby*, una varietà senza semi e dalla polpa rossastra. Ulteriormente irradiato, lo *Star Ruby* generò poi la varietà *Rio Red*, con rese migliorate. I frutti di entrambe le varietà mutanti rappresentano oggi i tre quarti della produzione texana di pompelmo.

Molte varietà di piante con il genoma modificato tramite radiazioni sono state interamente sviluppate in Italia: per esempio il riso *Fulgente*; le ciliegie *Burlat C1*, o la varietà *Nero II C1*; i piselli *Esedra*, *Navona*, *Trevi*, *Paride*, *Priamo* e *Pirro*; i fagioli *Montalbano* e *Mogano*; le melanzane *Floralba* e *Picentia*; la patata *Desital*.

È stato però il grano *Creso* – con i suoi derivati *Castel del Monte*, *Augusto*, *Castelfusano*, *Castelporziano*, *Febo*, *Giano*, *Peleo* ed *Ulisse* – ad avere il più grande successo commerciale.

Alla fine degli anni Sessanta nei laboratori della Casaccia del CNEN (l'ente oggi chiamato ENEA) il gruppo di Gian Tommaso Scarascia Mugnozza irrag-

giò con fasci di neutroni una gloriosa varietà di grano duro, il *Cappelli*.

La maggior parte dei semi irradiati morì o produsse piante deformi, ma una pianticella sopravvisse e mostrò buone caratteristiche: era più bassa, più resistente e con rese maggiori del *Cappelli*.

Quel mutante fu incrociato con altre varietà di grano, così che ne acquisisse le proprietà interessanti, e nel 1974 è stato registrato il *Creso*. Dieci anni più tardi questa varietà rappresentava già oltre la metà della produzione italiana di grano.

In Cecoslovacchia a partire dal 1965 nella produzione di birra ha popolato il *Diamant*, una varietà di orzo modificato tramite radiazioni. Le piantine erano 15 cm più basse della varietà da cui derivavano e avevano una resa maggiore.

Da allora il gene mutato si è diffuso in oltre 150 varietà di orzo attraverso incroci convenzionali. In Scozia nell'industria della birra e del whisky si è diffusa la varietà *Golden Promise*, anch'essa ottenuta mediante irraggiamento gamma.

È curioso notare come questi prodotti non siano particolarmente avversati dai movimenti anti-OGM. Dal punto di vista strettamente legale – come ora vedremo – non si tratta di OGM, ma indubbiamente il loro genoma è stato modificato dall'uomo.

Tra l'altro queste modifiche genetiche sono avvenute «alla cieca», usando una tecnologia piuttosto grossolana, sicuramente meno raffinata e precisa di quella che si utilizza oggi per produrre gli organismi transgenici.

Che cosa dice la legge

La definizione legale dell'Unione Europea (direttiva 2001/18/CE) recita:

Organismo geneticamente modificato (OGM): un organismo, diverso da un essere umano, il cui materiale genetico è stato modificato in modo diverso da quanto avviene in natura con l'accoppiamento e/o la ricombinazione genetica naturale.

In base a questa definizione parrebbe chiaro che le varietà di piante prodotte artificialmente con l'irraggiamento devono essere considerate OGM, no?

E invece non è così, la legge ha in serbo qualche sorpresa. L'articolo 2 della direttiva prosegue specificando che «una modificazione genetica è ottenuta almeno mediante l'impiego delle tecniche elencate nell'allegato IA, parte 1», che recita:

- 1) tecniche di ricombinazione dell'acido nucleico che comportano la formazione di nuove combinazioni di materiale genetico mediante inserimento in un virus, un plasmide batterico o qualsiasi altro vettore, di molecole di acido nucleico prodotte con qualsiasi mezzo all'esterno di un organismo, nonché la loro incorporazione in un organismo ospite nel quale non compaiono per natura, ma nel quale possono replicarsi in maniera continua;
- 2) tecniche che comportano l'introduzione diretta in un organismo di materiale ereditabile preparato al suo esterno, tra cui la microiniezione, la macroiniezione e il microincapsulamento;
- 3) fusione cellulare (inclusa la fusione di protoplasti) o tecniche di ibridazione per la costruzione di cellule vive, che presentano nuove combinazioni di materiale genetico ereditabile, mediante la fusione di due o più cellule, utilizzando metodi non naturali.

Notate come ci si focalizzi sul *modo* in cui si è ottenuta una data modifica genetica, parlando esplicitamente di «metodi non naturali» (un concetto culturale, non scientifico) e dimenticando che il nostro pane quotidiano è prodotto a partire da un OGM naturale.

In realtà anche un normale incrocio modifica geneticamente la pianta, che non sarà uguale a nessuno dei due genitori. Per non parlare delle mutazioni provocate intenzionalmente con l'irraggiamento (a cui dobbiamo la nostra pasta quotidiana).

In questi casi l'intervento umano è indubbio, ma per qualche ragione il legislatore ha scelto di considerarlo meno invasivo rispetto all'inserimento diretto di un gene tramite la ricombinazione del DNA.

Di fronte a classificazioni così arbitrarie viene alla mente il racconto *L'idioma analitico di John Wilkins* di Jorge Louis Borges. Il grande scrittore argentino narra che secondo una (immaginaria) enciclopedia cinese gli animali si dividono in:

- (a) appartenenti all'Imperatore, (b) imbalsamati, (c) ammaestrati, (d) lattonzoli, (e) sirene, (f) favolosi, (g) cani randagi, (h) inclusi in questa classificazione, (i) che s'agitano come pazzi, (j) innumerevoli, (k) disegnati con un pennello finissimo di pelo di cammello, (l) eccetera, (m) che hanno rotto il vaso, (n) che da lontano sembrano mosche.

[da *Altre inquisizioni*, Feltrinelli 2002, traduzione di F. Tentori Montalto]

Nello sforzo di trovare una definizione di modifica genetica che escludesse gli incroci tradizionali, il legislatore europeo ha escogitato una classificazione altrettanto arbitraria.

Prosegue infatti l'articolo della direttiva europea:

Le tecniche elencate di seguito non sono considerate tecniche che hanno per effetto una modificazione genetica:

- 1) fecondazione in vitro;
- 2) processi naturali, quali la coniugazione, la trasduzione e la trasformazione;
- 3) induzione della poliploidia.

Ecco che ritroviamo la poliploidia. *Dobbiamo* ritrovarla nell'elenco, altrimenti non soltanto il triticale ma anche l'uva e l'anguria senza semi (e un elenco lunghissimo di altri vegetali) dovrebbero portare l'etichetta OGM.

Il che dal punto di vista scientifico sarebbe assolutamente corretto.

Notate l'assurdo logico: *per legge* si stabilisce che queste tecniche biotecnologiche non modificano geneticamente l'organismo, anche se *nei fatti* lo modificano, e anche piuttosto pesantemente. Basti ricordare che nel caso del triticale invece di un solo gene si è trasferito un intero genoma: se non è «modificazione genetica» questa!

E come se non bastasse, dopo che all'articolo 2 si è stabilito per legge che cosa è una modificazione genetica e che cosa no, all'articolo 3 (con relativo allegato) si introducono immediatamente alcune deroghe:

La presente direttiva non si applica agli organismi ottenuti con le tecniche di modificazione genetica di cui all'allegato:

1. la mutagenesi;
2. la fusione cellulare (inclusa la fusione di protoplasti) di cellule vegetali di organismi che possono scambiare materiale genetico anche con metodi di riproduzione tradizionali.

Già: senza la deroga relativa alla mutagenesi una buona parte della pasta, della birra e di altre produzioni europee – quelle che derivano da prodotti modificati geneticamente tramite radiazioni o con la colchicina – dovrebbe portare l'etichetta OGM!

La quadratura del cerchio

Secondo un detto popolare l'oca, per la sua versatilità gastronomica, è «un maiale a due zampe». Ora immaginate una legge che imponesse di chiamare maiale l'oca: tutti la considererebbero assurda.

La legislazione europea sugli OGM appare meno assurda soltanto perché tutti sappiamo distinguere un'oca da un maiale, ma il grande pubblico – compresi evidentemente i nostri legislatori a Bruxelles – non ha ben presente che cosa sia una modifica genetica.

D'altronde è difficile aspettarsi che la politica guidi con responsabilità e saggezza lo sviluppo scientifico. Emblematico rimane il caso avvenuto nel 1897 negli Stati Uniti: in un impareggiabile tentativo di ridefinire per legge i dati di fatto scientifici, un deputato dello Stato dell'Indiana presentò una proposta di legge per modificare il valore di π , così da rendere possibile la quadratura del cerchio e semplificare le misure di superficie ***.

*** *Pi greco*, il rapporto tra la lunghezza della circonferenza e quella del diametro, è una costante che per qualsiasi cerchio vale 3,141592... L'impossibilità di quadrare il cerchio con riga e compasso, congetturata fin dall'antichità, è stata dimostrata nel 1882 dal matematico tedesco Ferdinand von Lindemann.

La legge fu approvata in prima lettura ma per fortuna non entrò mai in vigore, grazie all'intervento di un professore di matematica che casualmente la lesse prima che fosse approvata definitivamente.

Che ci piaccia o no, la politica più che guidare *segue*: annusa l'umore dell'opinione pubblica e lo interpreta, a proprio uso e consumo. E lo stesso fanno i giornali e le televisioni.

Se però le persone si convincono con i fatti che l'evoluzione naturale della vita è una storia di rimescolamento dei geni (avvenuto anche di recente, e anche tra specie diverse), che la produzione di OGM da parte dell'uomo non è una novità (oggi si usano soltanto tecniche diverse e più mirate che in passato per produrli) e soprattutto che gli OGM possono rappresentare una formidabile opportunità per l'alimentazione, la salute e l'ambiente, allora anche la politica seguirà il nuovo umore e (forse) produrrà leggi meno confuse e imprecise.

Come si producono le piante OGM

È giunto il momento di parlare in modo più specifico degli OGM vegetali.

Come abbiamo già visto, le modifiche genetiche non sono in realtà qualcosa di estraneo all'agricoltura o alla natura stessa. Per millenni l'uomo ha alterato il genoma delle piante selvatiche, domesticandole per renderle adatte al consumo umano e alla coltivazione.

Avete mai visto un peperone, un pomodoro o del mais selvatico? Se anche vi capitasse, camminando in un bosco o in un prato, di trovare qualche parente selvatico degli ortaggi cui siamo abituati, rischiereste di non riconoscerlo, tanto è stato modificato dall'intervento umano.



Lo sapevate che il riso coltivato e quello selvatico sono diversi tra loro quasi quanto il bianco e il nero?