

# OGM NE ABBIAMO BISOGNO

Il cambiamento climatico renderà sempre più difficile alimentare gli abitanti della Terra. Le sementi bioingegnerizzate avranno un ruolo determinante nel garantirci sufficienti scorte di cibo.

**David Rotman**

In Irlanda, i sintomi della peronospora compaiono improvvisi, ma non inattesi, appena il tempo estivo diventa troppo umido e le folate di spore del micete fitopatogeno percorrono i verdi campi di patate e si depositano sulle foglie intrise di umidità. Nel 2013 ha cominciato a piovere all'inizio di agosto e nel giro di qualche settimana la peronospora aveva già colpito un piccolo appezzamento localizzato in un angolo dell'ordinata griglia di seminagioni sperimentali nel quartier generale dell'agenzia irlandese per l'agricoltura, Teagasc, a Carlow.

Dal momento della visita di MIT Technology Review alla piantagione è passato più di un mese prima che si presentassero le avvisaglie della malattia e mancavano poche settimane dal raccolto. La grande casa colonica che ospita gli uffici della Teagasc sovrasta gli orti sperimentali. Una fila di azzimati funzionari irlandesi ed europei entra ed esce dalla struttura. Il corpo principale dell'esteso edificio risale al XIX secolo, negli anni della peggiore delle carestie provocate dalla peronospora che aveva devastato il raccolto delle patate in Irlanda. Quelle carestie sono lontane nel tempo, ma la malattia della pianta continua a rappresentare un dispendioso cruccio per gli agricoltori irlandesi, costretti a ricorrere a frequenti irrorazioni a base di fungicidi. Nel quadro del progetto dell'UE denominato *Amiga*, rivolto allo studio dell'impatto delle piante geneticamente modificate (GM), un ricercatore della Teagasc, Ewen Mullins, sta testando alcune varietà di patate bioingegnerizzate per resistere alla peronospora (sul sito della nostra rivista è disponibile un video dedicato a Mullins e alle sue patate).

C'è una forte brezza e benché l'estate sia ormai finita, il clima è caldo e umido. «Le condizioni perfette per la peronospora», osserva Mullins. Chino sulle piante cresciute dalle normali varietà del tubero, l'esperto sradica gli steli e le foglie avvizzite per mostrare come le patate siano già ricoperte di macchie nerastre. Poi afferra la foglia ancora verde di una delle piante bioingegnerizzate, modificate grazie al gene resistente alla peronospora di un tipo di patata selvatica che cresce in Sud America. Le difese della pianta hanno respinto le spore, rendendole innocue. Ecco una pianta che per Mullins «si è comportata alla grande».

Siamo al secondo dei tre anni previsti per questi test sul campo. Per altro, Teagasc non avrebbe intenzione di consentire agli agricoltori di utilizzare questa varietà sviluppata dai ricercatori dell'Università di Wageningen in Olanda, nemmeno qualora i risultati del prossimo anno dovessero rivelarsi altrettanto incoraggianti. In Europa le

piante geneticamente ingegnerizzate restano una questione controversa e nell'Unione solo due di esse possono venire utilizzate per la semina. Per quanto Mullins e colleghi siano molto interessati a osservare gli effetti della peronospora sulle patate GM e l'impatto delle loro piante sulla flora batterica del suolo, di distribuire piante modificate in Irlanda non si discute neppure.

Nondimeno, gli orti di Carlow offrono un quadro elettrizzante della funzione che piante geneticamente modificate potrebbero svolgere nel salvaguardare le scorte alimentari del pianeta. Le patate resistenti alla peronospora sarebbero una delle prime fonti alimentari primarie importanti geneticamente alterate in modo da offrire una barriera integrata contro malattie delle piante che ogni anno distruggono il 15 per cento dei raccolti a livello mondiale. Malgrado l'intenso impiego di fungicidi, la peronospora e altri agenti mandano in rovina quasi un quinto delle patate (un cibo coltivato su scala sempre maggiore in India e Cina) prodotte dall'intero pianeta. La ruggine nera, una malattia fungina che colpisce il grano, si è propagata in buona parte dei territori dell'Africa e della Penisola Arabica e oggi sta minacciando le vaste regioni agricole dell'Asia centrale e meridionale, da dove proviene il 20 per cento del frumento prodotto dal mondo. La banana, fonte primaria di alimentazione in nazioni come l'Uganda, viene spesso distrutta da fenomeni di appassimento come la malattia di Panama. In tutti questi casi, l'ingegneria genetica potrebbe forse intervenire, aiutandoci a sviluppare varietà maggiormente in grado di resistere ai vari flagelli.

Le patate GM potrebbero portare a una nuova generazione di alimenti *biotech* da vendere direttamente ai consumatori. Se negli Stati Uniti e in poche altre grandi nazioni agricole, Brasile e Canada incluse, le varietà di mais, soia e cotone transgenici, modificate per resistere agli insetti e agli erbicidi, vengono seminate su larga scala già a partire dalla fine degli anni Novanta, i raccolti di mais e soia sono principalmente destinati all'alimentazione animale, ai combustibili da biomassa e agli olii per cottura. Nessuna varietà modificata del riso, del frumento o delle patate viene coltivata su larga scala, sia perché l'opposizione nei confronti di alimenti di questo tipo ha scoraggiato gli investimenti necessari al loro sviluppo, sia perché le aziende specializzate in sementi non hanno ancora trovato il modo di trarne lo stesso profitto ottenuto modificando geneticamente il mais e la soia.

Davanti a una stima di crescita della popolazione a 9 miliardi di individui nel 2050, presto il pianeta potrebbe aver fame di queste

piante. Malgrado il drastico aumento della produttività agricola nel corso dell'ultimo mezzo secolo, gli economisti temono che i margini di miglioramento abbiano cominciato a ridursi proprio nel momento in cui si prevede che la richiesta di cibo, trascinata da censimenti sempre più cospicui e dal crescente appetito di una popolazione sempre più abbiente, possa aumentare in misura compresa tra il 70 e il 100 per cento da qui alla metà del secolo. In particolare, il rapido aumento della produzione di riso e frumento, che ha contribuito a nutrire il mondo negli ultimi decenni, sta mostrando segni di rallentamento e la produzione di cereali nel 2050 dovrà essere più che raddoppiata per reggere alla domanda. Se le tendenze proseguiranno, la produttività agricola potrebbe non essere più in grado di soddisfare le richieste, a meno di non impegnare quantità assai più significativi di terreno, fertilizzanti e acqua.

I mutamenti climatici sono probabilmente destinati a complicare ulteriormente il problema, portando a temperature più elevate e, in molte regioni, a condizioni ancora più umide, allargando così ad aree prima non infestate la propagazione di malattie e insetti. Siccità, ondate di maltempo e giornate caldissime stanno già incidendo negativamente sui raccolti e la frequenza di tali eventi è prevista in un vertiginoso aumento mano a mano che il clima si surriscalda. Per gli agricoltori, gli effetti delle trasformazioni climatiche si traducono in una semplice constatazione: il tempo diventa sempre più imprevedibile e le condizioni estreme sempre più all'ordine del giorno.

Gli altipiani centrali del Messico, per esempio, hanno sperimentato nel 2011 e 2012 due annate record per siccità e umidità. Lo afferma Matthew Reynolds, fisiologo del frumento in forza all'International Maize and Wheat Improvement Center di El Batán, secondo cui queste variazioni sono «molto preoccupanti e dannose per l'agricoltura. «Produrre sementi adatte a queste condizioni è davvero sfidante. Quando il clima è relativamente stabile, possiamo selezionare sementi il cui profilo genetico sia in grado di seguire un determinato profilo per temperature e livelli di precipitazioni. Quando ti trovi in una situazione più fluida, diventa difficile sapere quali tratti privilegiare».

Uno dei vantaggi dell'ingegneria genetica nel facilitare l'adattamento delle varietà vegetali ai repentini cambiamenti risiede nella possibilità di produrre varietà nuove in tempi molto rapidi. Ottenere un nuovo tipo di patata attraverso i normali processi di selezione può richiedere una quindicina d'anni; ma bastano meno di sei mesi se si va a modificarne i geni. Le modifiche genetiche consentono al selezionatore di ottenere mutamenti più mirati attingendo a una più ampia varietà di geni ricavati dai parenti selvatici di una pianta o da organismi diversi. I botanici stanno attenti a sottolineare che non esistono geni «magici» da inserire in un seme per rendere la pianta più resistente alla siccità, o più produttiva e che anche l'immunità dalle malattie richiede una molteplicità di alterazioni genetiche. Molti di loro affermano però che la bioingegneria è una tecnica versatile e fondamentale.

«Si tratta di gran lunga della cosa più logica da farsi», riconosce Jonathan Jones, ricercatore presso il Sainsbury Laboratory britannico e uno dei maggiori esperti mondiali sulle patologie delle piante. L'imminente pressione sulla produzione agricola «è un fattore reale e influirà sui destini di milioni di persone nelle nazioni più povere. Rifiutarsi di ricorrere agli strumenti della bioingegneria sarebbe una perversione».

## Siccità, devastazioni da maltempo e picchi di calore stanno avendo un impatto significativo sui raccolti.

La sua è un'opinione ampiamente condivisa tra chi ha la responsabilità di sviluppare le future varietà di sementi. Ai livelli di produttività attuali le coltivazioni sono in grado di nutrire il pianeta, calcola Eduardo Blumwald, botanico dell'Università della California, a Davis. Ma «cosa accadrà quando la popolazione mondiale raggiungerà i nove miliardi?», si chiede. «A quel punto sarà molto dura».

### Promesse mancate

La promessa di nutrire il mondo con le sementi geneticamente modificate risale alle prime varietà di semi transgenici commercializzate a metà degli anni Novanta. Le grandi aziende che hanno trasformato l'industria dei semi bioingegnerizzati in un affare di svariati miliardi di dollari, inclusi i grossi gruppi chimici come Monsanto, Bayer e DuPont, promuovevano la loro tecnologia inserendola nel contesto di una rivoluzione biotecnologica che avrebbe moltiplicato i livelli di produzione di beni alimentari. Finora, per una ragione o per l'altra, questa è stata una promessa in parte mancata.

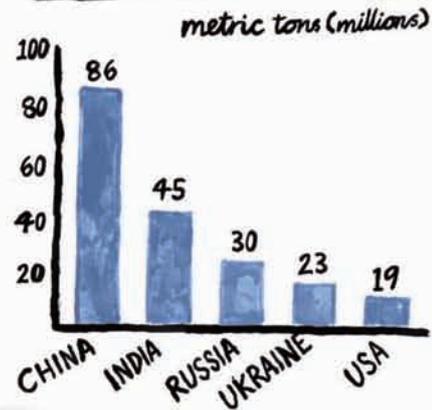
Sul piano commerciale, in alcune nazioni le sementi bioingegnerizzate rappresentano davvero un grosso successo. L'idea è semplice, ma molto suggestiva: inserendo nel mais un gene derivato da un batterio, la pianta riceverà un tratto specifico che non avrebbe mai posseduto altrimenti. Secondo alcune stime sarebbero più di 170 milioni in tutto il mondo gli ettari attualmente coltivati con sementi transgeniche. Negli Stati Uniti la maggior parte del mais, della soia e del cotone seminati è stata ingegnerizzata con un gene prelevato da un batterio che vive nel terreno, il *Bacillus thuringensis* o Bt, che assicura una protezione contro gli insetti, o con un altro gene batterico che invece resiste agli erbicidi. A livello mondiale l'81 per cento della soia e il 35 per cento del mais coltivati appartengono a varietà bioingegnerizzate. In India il cotone Bt è stato autorizzato oltre dieci anni fa e oggi rappresenta il 96 per cento del cotone coltivato in quella nazione.

Ciò nonostante, non è chiaro se questo boom delle sementi transgeniche si sia mai tradotto in una maggior produttività alimentare o in prezzi più convenienti per i consumatori. Prendiamo per esempio il mais. Negli Stati Uniti, il 76 per cento del seminato ha subito modifiche genetiche per resistere agli insetti e l'85 per cento tollera meglio le irrorazioni con diserbante. Un mais siffatto è evidentemente una pacchia per gli agricoltori, che hanno potuto ridurre la quantità di pesticidi e incrementare il raccolto. Ma solo una piccola percentuale del mais prodotto negli Stati Uniti viene utilizzata per alimentazione umana; il 4 per cento circa finisce in sciroppi ad alto tenore di fruttosio e un altro 1,8 per cento nelle confezioni di cereali e altri alimenti. Mais e soia geneticamente modificati sono talmente convenienti che molti agricoltori americani li hanno sostituiti alle normali coltivazioni di grano: nel 2012, 56 milioni di acri sono stati seminati a frumento, contro i 62 milioni del 2000. Al ridursi dell'offerta, il prezzo di uno staio americano (circa 28 kg) di frumento ha quasi toccato gli 8 dollari nel 2012, contro i 2 e mezzo nel 2000.

## La patata

Le patate sono un alimento fondamentale per milioni di persone in tutto il mondo e nelle regioni più povere rappresentano una varietà sempre più diffusa.

### TOP GROWING COUNTRIES (2012)



### TRANSGENIC POTATOES

**863** The number of U.S. permits and notifications for testing since 1985

**0** The number of commercial varieties

**POTENTIAL TRAITS:**  
Blight resistance, reduced degradation during storage, reduced bruising

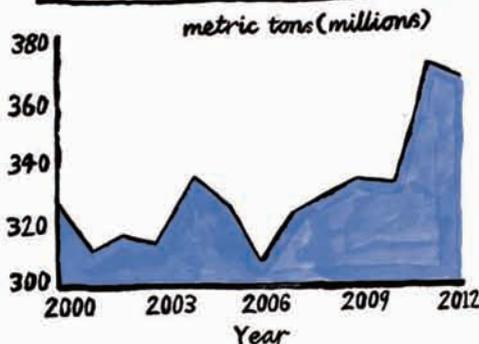


**\$6.2 BILLION**

The annual cost of damage and controls associated with late blight. \$1 billion is spent on fungicides alone.

**LATE BLIGHT IS AN OOMYCETE, A TYPE OF WATER MOLD**

### GLOBAL POTATO PRODUCTION



### CLIMATE CHANGE BOTTOM LINE

Potatoes are vulnerable to high temperatures. Hotter days and higher humidity could increase the risk of late blight in some areas.

## Solo pochissime grandi aziende possono accollarsi le spese e i rischi della commercializzazione di OGM.

Finora il breve elenco di sementi transgeniche utilizzate dall'industria alimentare include una varietà di papaya virus-resistente, coltivata nelle Hawaii, il mais dolce Bt da poco messo in commercio da Monsanto negli Stati Uniti e alcune varietà di zucche capaci di resistere a determinati virus. L'elenco tuttavia potrebbe aumentare. L'Agenzia agricola indonesiana conta entro breve di approvare una patata resistente alla peronospora e la J.R. Simplot, azienda di agroforniture di Boise, nell'Idaho, spera di riuscire a commercializzarne una varietà prima del 2017. Monsanto, che nel 2004 aveva abbandonato il tentativo di sviluppare un frumento transgenico, ha rilevato nel 2009 un'azienda di sementi cerealicole e ha ripreso le ricerche in materia. Inoltre i ricercatori della Cornell University stanno collaborando con gli scienziati di India, Bangladesh e Filippine, nazioni dove la melanzana è un alimento di importanza primaria, per mettere a disposizione dei contadini una varietà resistente ai parassiti.

Le versioni bioingegnerizzate di alcune delle piante alimentari più importanti del pianeta potrebbero aiutare a realizzare le iniziali promesse degli Organismi Geneticamente Modificati, o OGM. Ma contribuiranno anche a surriscaldare il dibattito sull'uso di queste tecnologie. Gli oppositori temono che inserire geni estranei al normale patrimonio di un seme possa rendere la pianta pericolosa o allergica, benché oltre 15 anni di esperienza con sementi transgeniche non abbiano ancora rivelato rischi per la salute. Ma i detrattori sostengono anche, con maggiore credibilità, che la tecnologia risponde a un preciso piano delle grandi imprese, in particolare Monsanto, per vendere più erbicidi, esercitare il loro dominio sulle catene di fornitura alimentari e rendere gli agricoltori sempre più dipendenti da sementi transgeniche vendute a caro prezzo. L'argomento più persuasivo, tuttavia, riguarda semplicemente lo scarsissimo contributo che le sementi transgeniche oggi in commercio rappresentano per il futuro delle scorte alimentari minacciate dai mutamenti climatici e dall'aumento della popolazione.

La prima generazione di semi resistenti agli insetti e agli erbicidi, osserva Margaret Smith, docente di selezione e genetica botanica presso la Cornell University, non manifesta molti nuovi tratti, come la resistenza alla siccità e alle patologie, che potrebbero aiutare le piante ad adattarsi ai cambiamenti nella meteorologia e nella diffusione dei parassiti. Tuttavia, aggiunge, non c'è motivo di respingere queste tecnologie mentre gli scienziati continuano a perseguire i loro obiettivi di aumento della produttività delle semine. Secondo la Smith questi ricercatori «devono affrontare una immane sfida nella selezione di nuove varietà vegetali. Avremo bisogno di una seconda generazione di sementi transgeniche. Sarebbe un errore escludere l'uso di questi strumenti perché quello che abbiamo ottenuto nella prima fase non ha risolto le questioni più importanti».

Sviluppare piante realmente capaci di resistere al cambiamento climatico non sarà facile. Gli scienziati dovranno imparare a ingegnerizzare tratti genetici molto complessi che coinvolgono una molteplicità di geni. Una durevole resistenza alle malattie richiede una serie di

trasformazioni genetiche e una dettagliata conoscenza delle strategie di attacco da parte degli agenti patogeni delle piante. Tratti come la resistenza alla siccità e al calore sono ancora più complessi perché possono richiedere una radicale alterazione della fisiologia vegetale.

L'ingegneria genetica è all'altezza del compito? Nessuno lo sa, ma alcune recenti progressi maturati nel campo della genomica sono incoraggianti. Gli scienziati hanno ricostruito la sequenza del genoma di piante come il riso, le patate, le banane e il frumento. I passi avanti mossi dalla biologia molecolare ci consentono di rimuovere, modificare e inserire i geni con precisione sempre maggiore. In particolare, novità maturate sul fronte degli "utensili" di ingegnerizzazione del genoma come Talens e Crispr consentono ai genetisti di "riscrivere" il DNA delle piante, andando a modificarne i cromosomi esattamente nei punti desiderati.

### Interventi mirati

L'officina adiacente alla filiera di serre che delimita il campus della Cornell a Ithaca, New York, odora di muffa e umidità a causa dei grandi contenitori per le patate. Siamo a poco più di un chilometro dai laboratori di biologia molecolare della stessa università, ma la scena che abbiamo di fronte è costellata da nastri trasportatori in legno, zanzariere metalliche e tubi per irrigazione. Walter De Jong sta smistando e ordinando per pezzatura le patate raccolte nell'ambito di una ricerca pluriennale di migliori varietà del tubero destinato agli agricoltori della regione. Le patate, alcune piccole e tonde, altre grosse e irregolari, riempiono una serie di scatole. A chi gli domanda quali tratti siano considerati importanti dai consumatori, risponde sorridendo: «l'aspetto esteriore, l'aspetto esteriore e l'aspetto esteriore».

Alla domanda relativa al proprio stato d'animo nei confronti delle ricerche in materia di patate transgeniche non c'è una risposta altrettanto netta. Non che De Jong possa venire annoverato tra gli avversari dell'ingegneria genetica. Come esperto selezionatore di patate conosce a menadito le tecniche convenzionali utilizzate per introdurre nuovi tratti, ma possiede anche un PhD in patologia vegetale e ha svolto numerose ricerche nel campo della biologia molecolare. Conosce quindi le opportunità che la genetica avanzata potrebbe aprirci. Nel nord-est degli Stati Uniti una varietà di patata viene in genere ottimizzata per aree di coltivazione che si estendono in un raggio di 500 miglia, tenendo conto sia della durata della stagione agricola, sia dello scenario meteorologico per quella zona. I cambiamenti climatici implicano anche la fluttuazione delle aree di coltivazione. La rapidità assicurata dalle tecniche genetiche aiuterebbe parecchio. Ma De Jong accantona subito il discorso: «Non penso di ricorrere a tecnologie transgeniche. Non me lo posso permettere».

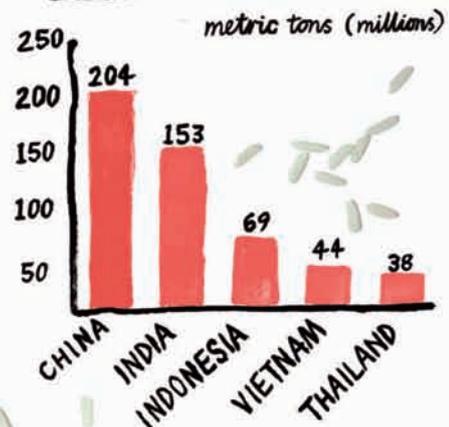
«È una situazione curiosa», afferma. Gli scienziati che appartengono a istituzioni accademiche e pubbliche hanno portato a termine il grosso del lavoro per l'identificazione dei geni e la comprensione dei meccanismi attraverso cui possono influire sulle caratteristiche delle piante. Ma le complessità procedurali nella sperimentazione e negli aspetti regolatori delle sementi geneticamente modificate, combinate con il rischio di rifiuto da parte dei consumatori, implicano che solo un numero molto ristretto di grandissime aziende possa accollarsi l'onere finanziario e il rischio del loro sviluppo.

Appena gli viene chiesto che cosa pensa dei nuovi sistemi per l'ingegnerizzazione del genoma, De Jong si illumina. «Per tutta la mia carriera ho aspettato qualcosa di simile», dice levando le braccia al

## Riso

Oltre il 90 per cento del riso viene coltivato in Asia, ma si tratta di un bene primario per quasi metà della popolazione mondiale.

### TOP GROWING COUNTRIES (2012)



### TRANSGENIC RICE

**286** The number of U.S. permits and notifications for testing since 1985

**0** The number of commercial varieties

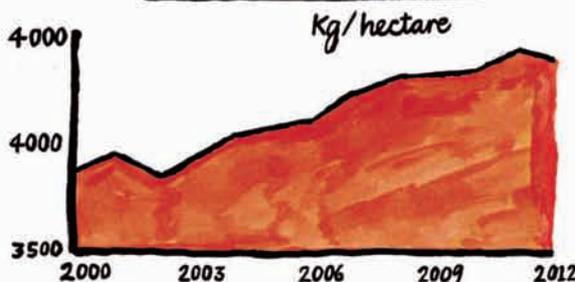
#### POTENTIAL TRAITS:

Drought tolerance, submergence tolerance, heat tolerance, salt tolerance

Rice yields range from less than 1 ton per hectare to more than 10 tons per hectare in temperate, irrigated systems.

MORE THAN **110,000** VARIETIES OF RICE EXIST

### GLOBAL RICE YIELD



### CLIMATE CHANGE BOTTOM LINE

Though it thrives in hot and wet conditions, rice is vulnerable to heat stress, rising seawater, and uncontrolled flooding.

## La produzione agricola dovrà aumentare per nutrire una popolazione in rapida crescita.

cielo. «È da quando faccio ricerche sulle patate che vorrei avere due cose: la sequenza completa del genoma di questo tubero e la possibilità di modificarlo a mio piacimento». All'estremità opposta del campus De Jong dirige anche un laboratorio di biologia molecolare, dove ha identificato la sequenza di DNA responsabile della pigmentazione rossa nei tuberi di patata. Tra breve forse sarà possibile modificare esattamente la sequenza di una cellula di patata e da questa ottenere una nuova pianta: «Se avessi una patata bianca e la volessi trasformare in una rossa, mi basterebbe modificare uno o due nucleotidi per ottenere il colore desiderato». La selezione di una varietà vegetale «non è l'arte di modificare l'ordine dei geni», spiega ancora De Jong. «Fondamentalmente tutte le patate hanno gli stessi geni; a cambiare sono le versioni dei singoli geni, gli alleli, che si differenziano per alcuni nucleotidi. Se potessi modificare questi pochi nucleotidi, perché dovrei perdere tempo a selezionare un determinato tratto? Per la genetica delle piante è come trovare il Sacro Graal».

Uno dei problemi delle tecniche convenzionali di bioingegnerizzazione risiede nel margine di imprevedibilità genetica, aggiunto al lavoro di selezione. Il gene desiderato viene inserito nella cellula in una capsula di Petri per mezzo di un batterio della pianta o di un "cannone genico" che spara un microscopico proiettile ricoperto di DNA. Appena le molecole penetrano nella cellula, il nuovo gene si inserisce a caso all'interno del cromosoma. La cellula così trasformata viene fatta crescere in un tessuto di coltura per diventare una piantula e infine una pianta adulta. È impossibile controllare il punto in cui viene aggiunto il nuovo gene; a volte finisce in un punto in cui si può esprimere correttamente, altre volte no. Per mirare nel punto giusto e aggiungere i nuovi geni esattamente dove li vogliamo, spegnendo i geni esistenti o modificando solo alcuni specifici nucleotidi, gli scienziati possono oggi ricorrere a vari nuovi utensili.

Talens, uno dei più promettenti tra questi utensili, si ispira a un meccanismo utilizzato da un batterio che infetta le piante. I fitopatologi hanno identificato le proteine che attivano la capacità del batterio di mirare il DNA vegetale e hanno trovato il modo per ingegnerizzare tali proteine ai fini del riconoscimento di una sequenza voluta; poi queste proteine sono state integrate con la nucleasi per spezzare il DNA, ottenendo così un preciso strumento di "montaggio". All'inizio un batterio vegetale o un cannone genico inserisce questo strumento nella cellula della pianta; poi, una volta penetrate, le proteine puntano su una determinata sequenza di DNA. Le proteine a questo punto rilasciano la nucleasi in un punto preciso del cromosoma, praticando una sorta di tacca sul DNA. Riparando il gene spezzato, è possibile inserire nuovi geni, o effettuare altri tipi di modifiche.

Crispr rappresenta invece una versione ancora più recente di questa tecnologia e si serve dell'RNA per focalizzare la propria attenzione sui geni specificati. Grazie a tecniche come Talens e Crispr, i biologi molecolari possono alterare anche i singoli nucleotidi o inserire e rimuovere i geni in un punto voluto sul cromosoma, rendendo il cambiamento molto più prevedibile ed efficace.

Una conseguenza dell'applicazione di questi nuovi strumenti è la possibilità di modificare geneticamente le piante senza aggiungere geni estranei. È ancora presto per giudicare se tutto ciò porterà a qualche cambiamento nella discussione che attualmente riguarda gli OGM, ma almeno negli Stati Uniti gli organismi regolatori lasciano capire che un seme modificato senza l'inserimento di geni estranei non dovrebbe subire lo stesso macchinoso iter di approvazione riservato alle sementi transgeniche. Si potrebbe così pervenire a una sostanziale riduzione dei tempi e della spesa necessari per autorizzare la vendita di nuove tipologie di alimenti geneticamente ingegnerizzati. È anche possibile che chi oggi critica la biotecnologia arrivi ad analoghe conclusioni finendo per tollerare l'uso di sementi modificate purché non siano di tipo transgenico.

Secondo Dan Voytas, direttore del centro di ingegnerizzazione del genoma presso l'Università del Minnesota e coinventore del metodo Talens, una delle maggiori motivazioni è l'imperativo nutrizionale in vista dei due miliardi di persone in più che nasceranno da qui alla metà del secolo. Una delle sue missioni più ambiziose lo vede collaborare con una rete internazionale di ricercatori impegnati a riscrivere la fisiologia del riso. Riso e frumento, come altri cereali, si basano su quella che i botanici chiamano fotosintesi  $C_3$  al posto della più complessa versione  $C_4$ , propria del mais e della canna da zucchero. In quest'ultima, acqua e diossido di carbonio vengono utilizzati in modo molto più efficiente. Se il progetto andrà a buon fine, la produttività del riso e del frumento potrebbe aumentare nelle regioni che per colpa dei mutamenti climatici rischiano di diventare più calde e secche. Riscrivere il modo di funzionare di una pianta non è una impresa banale. Ma Voytas sostiene che Talens potrebbe diventare uno strumento formidabile, sia per identificare i traccianti genetici da modificare, sia per effettuare le stesse modifiche.

L'impulso a risolvere il problema dell'alimentazione di una popolazione mondiale in crescita in un momento in cui il cambiamento climatico riduce la superficie delle aree coltivabili, costituisce «il vero fardello caricato sulle spalle dei fitobiologi», riconosce Voytas, che tuttavia si dice ottimista. Per buona parte degli ultimi 50 anni la produttività delle sementi è più volte aumentata, inizialmente grazie alle sementi ibride, in seguito con le nuove varietà di piante introdotte nella cosiddetta Rivoluzione Verde e «anche grazie alle piante geneticamente modificate». L'introduzione dei nuovi strumenti per la bioingegnerizzazione del genoma «rappresenta un altro punto di svolta». Se Voytas ha ragione, potremmo esserci arrivati giusto in tempo.

### Ondate di caldo

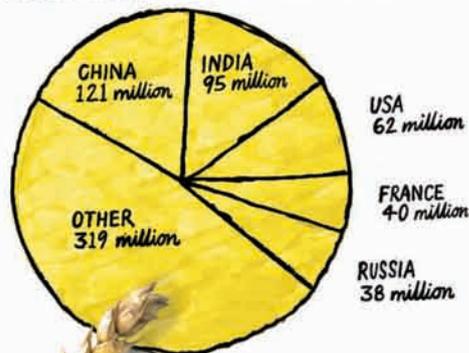
Per agronomi, vivaisti e agricoltori, tutto si riduce al fattore produttività: il raccolto generato da un ettaro di terreno seminato. I notevoli aumenti di questa produttività registrati a partire dalla seconda metà del XX secolo, sono la principale ragione per cui oggi disponiamo di cibo a sufficienza per nutrire una popolazione che nel 1960 raggiungeva i tre miliardi e nel 2011 era arrivata a sette miliardi, solo con un leggero incremento della quantità di terra utilizzata per le coltivazioni. L'evento più celebrato di questa rincorsa, la Rivoluzione Verde lanciata da Norman Borlaug, fitopatologo e genetista dello Iowa, ha portato a un sostanziale aumento della produzione di frumento, mais e riso in molte parti del mondo. Ciò ha funzionato in parte attraverso l'introduzione di varietà più produttive, in Messico prima e in Pakistan, India e altre nazioni poi. Ma almeno negli ultimi dieci anni,

## Frumento

Pianta maggiormente coltivata al mondo, il frumento fornisce il 21 per cento delle nostre calorie.

### TOP GROWING COUNTRIES (2012)

Global total: 675 million metric tons



### TRANSGENIC WHEAT

**461** The number of U.S. permits and notifications for testing since 1985

**0** Number of commercial varieties

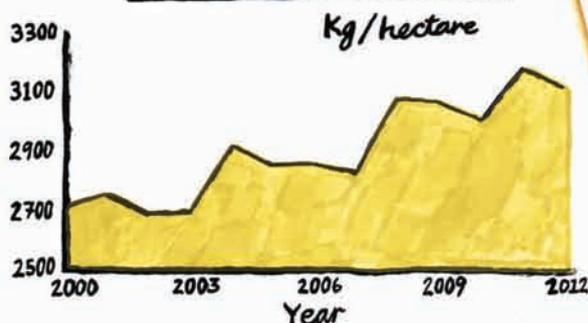
**POTENTIAL TRAITS:**  
Herbicide tolerance,  
drought tolerance,  
disease resistance

The demand for wheat is expected to increase

**60% by 2050**

Wheat is grown on **215 million hectares**, producing **630 million metric tons** annually.

### GLOBAL WHEAT YIELD



### CLIMATE CHANGE BOTTOM LINE

Wheat is extremely heat sensitive. Research shows production of wheat was significantly less from 1980 to 2008 than it would have been without global warming.

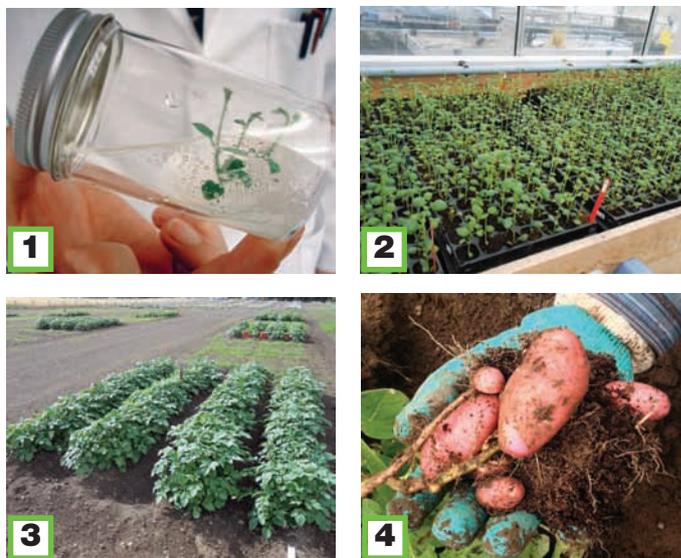
i tassi di crescita relativi a frumento e riso sembrano rallentare. Per il grano la produttività cresce ormai non oltre l'1 per cento all'anno, mentre dovrebbe crescere del 2 per cento per supportare i fabbisogni alimentari a lungo termine. Gli esperti avvertono che la produttività dovrà crescere anche per altri tipi di raccolto se si vuole continuare a nutrire una popolazione che non smette di aumentare, ma è un obiettivo sempre più complicato da raggiungere con l'aumento delle temperature e altri effetti del cambiamento climatico.

David Lobell, docente di Scienza del sistema ambientale terrestre presso la Stanford University, ha un atteggiamento pacato che contraddice l'urgenza del suo messaggio sulle conseguenze già visibili del riscaldamento globale sui raccolti. Solo recentemente Lobell e i suoi collaboratori hanno chiarito ulteriormente le proiezioni degli effetti dei cambiamenti climatici sull'agricoltura, prendendo in esame i dati storici relativi alle condizioni meteo e alla produzione agricola. I ricercatori hanno scoperto che tra il 1980 e il 2008 i mutamenti del clima hanno agito negativamente sulla produttività di frumento e mais; in questo periodo i raccolti sono comunque aumentati, ma nel complesso i volumi generati risulterebbero più bassi di una percentuale del 2/3 per cento rispetto a quanto ci si sarebbe potuto aspettare senza il riscaldamento globale. L'effetto si riscontra in quasi tutte le regioni dove grano e mais vengono coltivati.

La scoperta è inaspettata perché suggerisce che il riscaldamento globale ha già avuto un significativo impatto sulla produzione alimentare e non potrà che pesare ancora di più mano a mano che le alterazioni climatiche si intensificheranno. «Tutto ciò che può determinare un appiattimento delle curve di crescita della produttività è motivo di preoccupazione», afferma Lobell. Anche se nel complesso il raccolto di grano e mais continua ad aumentare, «il cambiamento climatico deve cominciare a preoccuparci prima che le curve diventino negative». Come se non bastasse, insieme al suo collaboratore Wolfram Schlenker, economista della Columbia University, Lobell ha scoperto che nel caso di diverse varietà di raccolto l'effetto negativo del riscaldamento globale si correla con il numero di giornate estremamente calde piuttosto che con l'aumento delle temperature medie nell'arco delle stagioni. Se fosse davvero così, le prime ricerche potrebbero avere gravemente sottostimato l'impatto del cambiamento prendendo in considerazione soltanto le temperature medie.

I calcoli di Schlenker indicano invece un costante incremento nella produttività di mais e soia se la temperatura aumenta da 10 gradi fino oltre la soglia dei 20 gradi, ma intorno ai 29 gradi per il mais e i 30 per la soia i raccolti subiscono un contraccolpo e la produttività diminuisce sensibilmente. Nei lavori successivi, Lobell ha dimostrato che nelle regioni settentrionali dell'India le singole giornate di caldo intenso risultano più dannose per il grano di quanto ci si aspettasse.

Un dettaglio sorprendente e preoccupante di questa ricerca, afferma Schlenker, è che i raccolti e agricoltori non sembrano essersi adattati alla maggiore frequenza di giornate particolarmente calde: «Mi meraviglia, ed è una informazione che dovrebbe guidarci per il futuro, che ci siano stati tanti progressi nella nostra capacità di selezionare le sementi, con la produttività media che è aumentata di tre volte rispetto agli anni Cinquanta. Ma se si guarda alla sensibilità nei confronti del calore estremo, gli andamenti appaiono negativi come sessant'anni fa. Dobbiamo contare su sementi capaci di resistere meglio ai climi caldi». Durante l'ondata di calore che nel 2012 ha investito buona



La coltivazione della patata GM presso la Teagasc comincia dalle plantule geneticamente modificate coltivate su supporti tecnici (1); queste vengono trasferite in serra (2) e infine negli appezzamenti sperimentali (3). I tuberi raccolti hanno un aspetto sano e immune da peronospora.

parte degli Stati Uniti, la produzione di mais è diminuita del 20 per cento e «il 2012 non può venire considerato anomalo se lo si confronta con i nuovi valori medi previsti dai nostri modelli climatici».

È possibile che l'organismo delle piante sia programmato per «spegnersi» quando le temperature superano i 30 gradi. Schlenker non ritiene possibile reingegnerizzare una pianta per adattarla a giornate di calore più frequenti, ma spera che le sue ipotesi siano sbagliate. Lobell dal canto suo conta sulle proprie ricerche per definire meglio quali siano le alterazioni climatiche più dannose e aiutare a indirizzare le modifiche genetiche adeguate. Ma, come Schlenker, non è sicuro che dal fronte dei genetisti possa arrivare una risposta efficace.

Nella Central Valley californiana, una delle aree agricole più produttive del pianeta, dalla sua posizione presso la Università di California, Davis Blumwald riconosce che nessun scienziato ha mai cercato di «selezionare una pianta in funzione di condizioni di stress», come la siccità e il calore. Ma oggi vuole rimediare. Inserendo nel riso e altre piante combinazioni genetiche volte a rafforzare la tolleranza nei confronti di calore, siccità ed elevata salinità del suolo, Blumwald sta creando piante che, specialmente durante il proprio ciclo di crescita, siano più avvantaggiate di altre in condizioni climatiche estreme.

La sfida è quella di riuscire a evitare che i livelli di produttività possano diminuire quando il tempo meteorologico non sia troppo avverso. Blumwald ha quindi identificato una proteina capace di attivare i geni tripartiti solo in condizioni avverse. «Per la siccità non esiste rimedio, se manca l'acqua, la pianta muore. Non sono un mago», ammette. «Cerchiamo solo di ritardare il più a lungo possibile la risposta allo stress per mantenere i livelli di produzione finché tornerà l'acqua». ■

*David Rotman è direttore della edizione americana di MIT Technology Review.*