

Una startup ha creato **pioppi Ogm** capaci di assorbire il 27% in più di **anidride carbonica**. È una strategia efficace per combattere i **gas serra**?

di Vito Tartamella

# CARBON TREE



#### GEMELLI DIVERSI

I pioppi coltivati dalla startup Living Carbon: a parità di tempo, quelli ingegnerizzati (le due piante a sinistra) sono cresciuti più di quelli naturali (alla destra).

## ESPERIMENTI

Un biologo dell'Australian National University, che ha aperto un laboratorio di ricerca per potenziare la resa della fotosintesi. Sotto, piccole piante ingegnerizzate: sono messe in condizioni di luce crescente, in modo da stimolarle a crescere in modo più rigoglioso.



**G**li agronomi scaricano i cartoni dal camion. Estraggono i giovani germogli di pioppo e ne interrano con cura le radici. Quando cresceranno diventeranno più alti e rigogliosi rispetto ai pioppi comuni: nel loro Dna, infatti, sono stati inseriti geni di zucca e di alghe verdi che consentono loro di assorbire fino al 27% in più di CO<sub>2</sub>. Sono piante transgeniche, create per aiutare la Terra a rimuovere più velocemente questo gas serra e rallentare il riscaldamento globale.

Questi alberi ingegnerizzati potranno davvero aiutarci a salvare il Pianeta? E sono sicuri per l'ambiente? L'azienda che li ha creati, Living Carbon, una startup di San Francisco, ci crede. I suoi pioppi, definiti retoricamente "la Tesla degli alberi", in realtà devono ancora superare la sfida più cruciale: sopravvivere nella natura dopo essere stati coltivati in serra. Un passaggio tutt'altro che scontato, ma il mercato ci crede. L'azienda ha già raccolto 36 milioni di dollari di finanziamento: il suo obiettivo è vendere il carbonio stoccato nella loro legna come compensazioni di carbonio alle compagnie che non riducono le emissioni. Non è l'unico progetto del genere ad attrarre investimenti a 8 cifre. Nel mondo, infatti, si è aperta una corsa per cercare di migliorare ("ingegnerizzare") la resa della fotosintesi attraverso la manipolazione genetica: a questo puntano le ricerche dell'Innovative Genomics Institute di Berkeley (finanziato con 11 milioni di dollari), della "Harnessing Plant Initiative" dell'Istituto Salk di San Diego (35 milioni), il progetto Ripe (Realizing Increased Photosynthetic Efficiency) guidato dall'Università dell'Illinois (83 milioni di dollari). E anche l'Europa ci crede: ha investito 60 milioni di euro sul progetto "Photosynthesis 2.0" guidato dall'università olandese di Wageningen.

Che cosa sta accadendo? Sono i primi passi della nuova "Rivoluzione verde". L'agricoltura del terzo Millennio punta a vincere tre sfide del nostro tempo: rimuovere i gas serra in modo efficace, produrre più cibo senza aumentare il consumo di suolo e ricavare carburanti senza attingere a fonti fossili. Rendere più produttiva la fotosintesi risolverebbe le tre emergenze in un sol colpo. «Dal Dopoguerra alla fine degli anni '70», ricorda Piero



Morandini, docente di fisiologia vegetale all'Università di Milano, «gli scienziati si sono impegnati per soddisfare le sempre più crescenti esigenze alimentari del Pianeta. La "Rivoluzione verde" ha incrementato la resa dell'agricoltura puntando su varietà geneticamente selezionate, fertilizzanti e fitofarmaci. Così oggi il mais produce in media 100 quintali di semi per ettaro coltivato contro i 20 dei nostri nonni».

### UN PROCESSO POCO EFFICIENTE

Ma oggi, in un mondo popolato da 8 miliardi di persone, nella morsa del cambio climatico e della crisi dei combustibili fossili, occorre spingersi ancora oltre. In quale direzione? Da tempo i biologi hanno identificato un aspetto migliorabile, almeno in teoria, nella resa agricola: la fotosintesi. La biochimica degli organismi vegetali, che producono zuccheri assorbendo la CO<sub>2</sub>, è un piccolo miracolo, ma non per un ingegnere: equiparata a 100 l'energia del Sole che colpisce le foglie, solo il 4,6% è trasformato in zuccheri. L'efficienza sale al 6% nelle piante C4, più comuni nelle zone tropicali (v. riquadro fra due pagine).

Insomma, anche se la natura ha impiegato centinaia di milioni di anni per evolvere questo sistema biochimico, la fotosintesi è

## I 4 MODI PER MODIFICARE IL DNA DELLE PIANTE

Come modificare il codice genetico (e quindi le caratteristiche) delle piante? Sono utilizzati 4 metodi, e tutti hanno un corrispettivo (diverso nei dettagli, simile nei risultati) anche in natura. I cosiddetti organismi "geneticamente modificati" in senso ristretto (ovvero, ottenuti inserendo geni esterni) si ottengono con transgenesi (3) ed editing del genoma (4), ma in realtà tutti e 4 i

metodi di fatto vanno a modificare i geni e a creare organismi con nuove combinazioni di caratteri, cioè a modificarli geneticamente. Werner Arber, premio Nobel e uno dei padri dell'ingegneria genetica diceva: «Sia le strategie seguite nell'ingegneria genetica sia la quantità di sequenze di Dna coinvolte sono identiche, o almeno molto paragonabili a quelle coinvolte

nella creazione di varianti genetiche naturali». Se poi le piante con patrimonio genetico alterato siano dannose o meno per l'organismo umano, è un'altra questione, da verificare caso per caso, ma questo vale sia per le modifiche avvenute spontaneamente sia per quelle indotte con i diversi metodi (come la mutagenesi indotta).

1) MIGLIORAMENTO GENETICO	2) MUTAGENESI INDOTTA	3) TRANSGENESI	4) EDITING DEL GENOMA
da migliaia d'anni	dagli anni '20	dagli anni '80	dagli anni 2000
Si incrociano due piante per riunire le caratteristiche desiderabili di entrambe in un solo individuo.	Si induce una serie di mutazioni casuali sottoponendo la pianta a radiazioni, agenti chimici o biologici.	Si usa un batterio per trasferire nella pianta i geni desiderati (che però si inseriscono in modo casuale).	Si induce una rottura del Dna in un punto specifico del genoma. La rottura può essere riparata: 1) cambiando una o poche basi, 2) portando all'eliminazione di un pezzo anche grande di Dna, 3) inserendo frammenti forniti dall'esterno.
Processo lento e casuale. Funziona solo fra individui della stessa specie.	Processo casuale e imprevedibile ma relativamente rapido.	Inserimento casuale di geni (anche estranei).	Consente di inserire geni desiderati con precisione e in modo prevedibile.

## Gli scienziati tentano di "hackerare" la fotosintesi per avere più raccolti e rimuovere più CO<sub>2</sub> dall'atmosfera

decisamente poco efficiente: spreca troppa energia. L'uomo è riuscito a fare di meglio: i più moderni pannelli fotovoltaici hanno un'efficienza quadrupla, poco superiore al 20%.

Perché allora non cercare di rendere più efficiente questo processo, riducendo le perdite d'energia? Riuscirci avrebbe ricadute benefiche su tutti i fronti: consentirebbe di avere piante rigogliose, che accumulano più biomassa, ovvero più cibo per uomini e animali, o più biocarburanti di origine vegetale. E anche più carbonio rimosso dall'atmosfera. L'Intergovernmental Panel on Climate Change (Ipcc) stima che il sequestro del carbonio da parte dell'agricoltura potrebbe rimuovere circa 3,8 gigatonnellate di carbonio dall'atmosfera in un solo anno, circa il 10% di tutte le emissioni. Sarebbe un bel colpo, anche se buona parte della CO<sub>2</sub> rimossa con l'agricoltura rientra nell'ambiente quando ne consumiamo i prodotti: stoccare il carbonio nella legna delle foreste, invece, è un modo più duraturo di rimuoverlo.

### TABACCO SUPER

Ecco perché biotecnologi e agronomi, grazie a diverse tecniche che modificano il corredo genetico (v. tabella sopra), stanno cercando da tempo di "hackerare" la fotosintesi per renderla più

efficiente: per esempio, facendo in modo che le piante tipiche dei climi temperati (C3) si comportino come quelle tropicali (C4), evitando di sprecare energia nella fotorespirazione (v. riquadro alla prossima pag.). Le ricadute sarebbero straordinarie anche sul fronte alimentare: «Se riuscissimo a recuperare le calorie perse a causa della fotorespirazione, solo nel Midwest degli Stati Uniti (un'area ampia poco meno dell'Arabia Saudita, ndr) potremmo nutrire fino a 200 milioni di persone in più ogni anno», calcola Donald Ort, docente di biologia vegetale all'Illinois Carl R. Woese Institute for Genomic Biology.

Una sfida tutt'altro che semplice: «Le soluzioni metaboliche per migliorare la fotosintesi non sono affatto facili da eseguire», avvertiva nel 2018 su *Plant Science* Arren Bar-Even dell'Istituto Max Planck di fisiologia vegetale di Potsdam. «Ostacoli considerevoli attendono il ricercatore che cercherà di realizzarli nelle piante».

Eppure, solo un anno dopo, proprio il professor Ort, con Paul South e Amanda Cavanagh pubblicavano su *Science* un risultato straordinario: erano riusciti a rendere più efficiente la fotosintesi delle piante di tabacco, accorciando il percorso della fotorespirazione e facendo aumentare la loro biomassa del 40%. ▶

## COME FUNZIONA LA FOTOSINTESI...

La fotosintesi è il processo chimico con cui i vegetali producono zuccheri sfruttando la luce del Sole, l'anidride carbonica e l'acqua. Il processo avviene nei cloroplasti (1), dove l'energia della luce solare è usata per strappare gli elettroni alle molecole d'acqua e aggiungerli alla CO<sub>2</sub> trasformandola in glucosio.

Il processo è avviato da un enzima, Rubisco, che però, soprattutto se fa caldo, nel 20% delle volte coinvolge l'ossigeno invece della CO<sub>2</sub>, consumando zuccheri e producendo fosfoglicolato, un composto

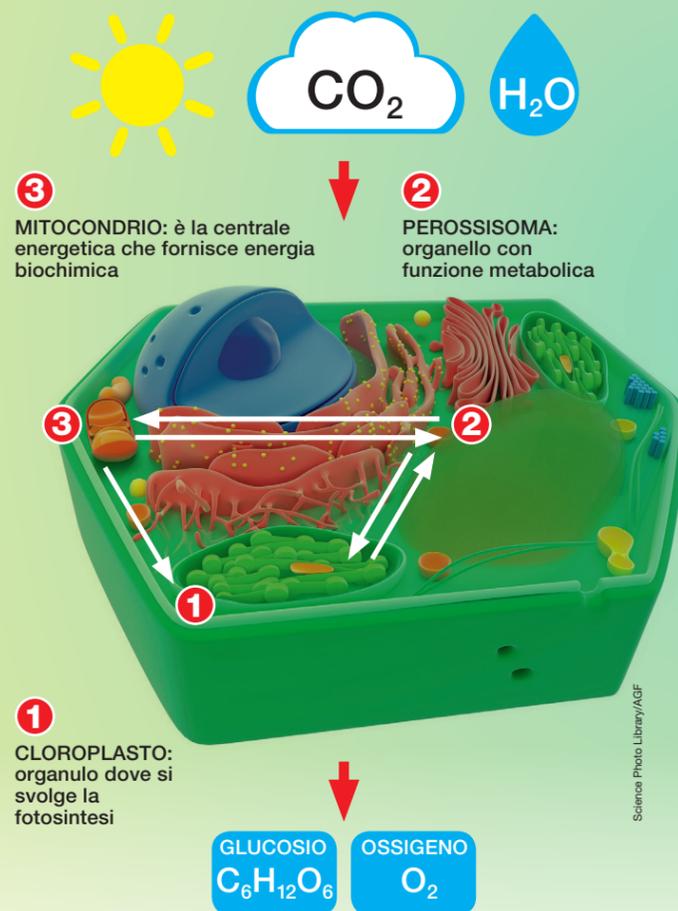
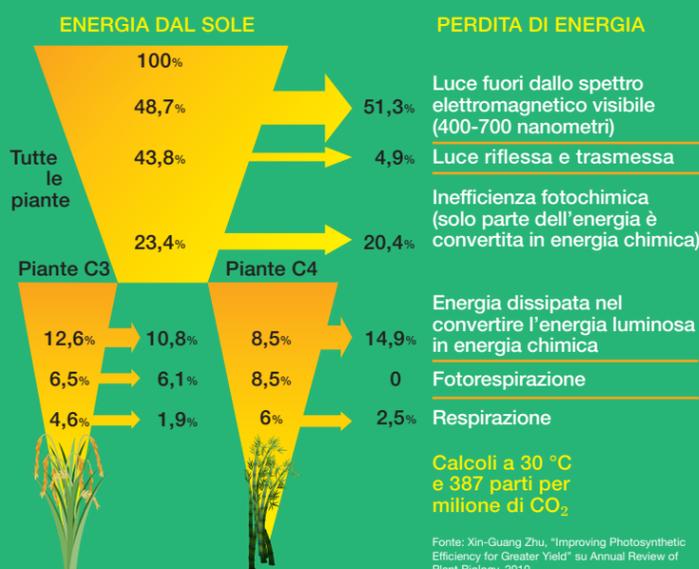
potenzialmente tossico per le piante. Per questo, le piante devono riconvertire il fosfoglicolato in zuccheri attraverso un processo chiamato "fotorespirazione": le molecole passano attraverso due altri organelli (perossisoma, 2, e mitocondrio 3) ma il processo consuma energia e produce CO<sub>2</sub> e acqua ossigenata. La fotorespirazione comporta un consumo ulteriore di energia e quindi una perdita di efficienza della fotosintesi, che si traduce in una minor crescita delle piante.

Non tutte le piante, però, funzionano in questo modo: la fotorespirazione è un

processo tipico delle piante C3 (frumento, orzo, riso), più comuni nei climi temperati: lavorano meglio a 20 °C. Le piante C4, invece (come canna da zucchero e mais), prosperano nei climi caldi (40 °C), con molta luce e con una ridotta quantità d'acqua. Le piante C4 sopprimono la fotorespirazione, perciò svolgono l'intera fotosintesi nei cloroplasti, perché riescono a concentrare la CO<sub>2</sub> e a produrre più biomassa. Anche il ciclo C4 ha un costo energetico, che però viene compensato dalla maggiore disponibilità di luce a cui le piante C4 sono normalmente esposte.

## ... E QUANTO È EFFICIENTE

La fotosintesi? Non è un processo efficiente: fatto 100 il valore dell'energia in arrivo dal Sole, solo una piccola parte è usata per produrre biomassa, ovvero per far crescere la pianta: il 4,6% nelle piante di tipo C3, il 6% in quelle di tipo C4, che non hanno il passaggio della fotorespirazione. La maggior perdita di energia è all'inizio del processo: più di metà (51,3%) non è utilizzabile perché cade fuori dallo spettro visibile. E altra energia si disperde nei vari processi biochimici successivi.



Gli scienziati avevano scelto proprio il tabacco perché il suo genoma è noto e ha un ciclo di vita breve, quindi più controllabile: così hanno inserito nel suo Dna geni prelevati da batteri (*Escherichia coli*), alghe (*Chlamydomonas reinhardtii*) e altre piante (l'arabetta comune e la zucca). Questo ha consentito alle piante di ridurre gli effetti della fotorespirazione limitando gli sprechi d'energia «come avviene nei motori turbo, dove, invece di disperdere i gas di scarico pieni di carburante nell'ambiente, questi vengono reimmessi nel motore fino a consumare i residui di combustibile», spiega il biotecnologo Roberto Defez del

Consiglio Nazionale delle Ricerche (Cnr). La ricerca, che ha già superato i 22mila download, potrebbe segnare l'inizio di una nuova Rivoluzione verde?

L'Innovative Genomics Institute conta di rendere le piante di riso più produttive del 30%. La Harnessing Plant Initiative vuol fare lo stesso con il sorgo, una coltura alimentare diffusa in Africa e in Asia. I ricercatori del progetto Ripe sono riusciti a ingegnerizzare le piante di soia, aumentandone la resa del 20%. Un gruppo di ricercatori dell'Università di Milano, guidati da Paolo Pesaresi, inattivando un gene dell'orzo è riuscito a



**A CIELO APERTO**  
Due agronome di Living Carbon interrano le talee di pioppi Ogm: ne sono stati piantati 10mila esemplari in Oregon. Occorrerà vedere se sopravviveranno.

schiarrarne le foglie, facendo in modo che più luce raggiunga le foglie più basse. Aumentando la densità delle piante si aumenta la biomassa dell'orzo del 20-25%, e questo significa anche più carbonio sequestrato dall'atmosfera.

### PREOCCUPAZIONI ECOLOGICHE

Il sistema, insomma, è promettente anche per scopi ecologici oltre a quelli alimentari. Così Living Carbon ha applicato il metodo di Ort e colleghi alle piante di pioppo, un albero resistente, adattabile e capace di crescere rapidamente. Con risultati analoghi: hanno sviluppato il 53% in più di biomassa e catturato il 27% in più di carbonio rispetto agli esemplari non transgenici. La startup, che collabora con l'Oregon State University, ha già piantato oltre 10mila alberi su terreni abbandonati (soprattutto ex miniere) in Georgia e in Pennsylvania: l'obiettivo è arrivare a coltivare 4-5 milioni di piante di qui a un anno.

Ma è presto per cantar vittoria: «Non sappiamo ancora se questi pioppi saranno efficaci nel rimuovere il carbonio sul lungo periodo», ha commentato la Cavanagh. «Sono stati raccolti dopo soli 5 mesi, ma la vita di un pioppo arriva fino a 50 anni: in un periodo tanto lungo, quegli alberi potrebbero rallentare il loro tasso di crescita, oppure potrebbero ammalarsi e morire».

Chi vivrà vedrà. Finora, peraltro, la ricerca di Living Carbon non è ancora stata pubblicata su una rivista scientifica a revisione paritaria. I suoi unici risultati pubblici provengono da una sperimentazione in serra che è durata solo pochi mesi.

Ma non è pericoloso immettere nella natura organismi vegetali ingegnerizzati? «Abbiamo piantato i nostri pioppi in miniere abbandonate in Oregon e Pennsylvania», risponde Maddie Hall, ceo di Living Carbon. «Sono tutti femmine, quindi non produrranno polline. Ed è molto improbabile che possano essere fecondate dai pioppi selvatici».

Il Global Justice Ecology Project, un'associazione ecologista, non è però dello stesso avviso: «I rischi a lungo termine di questi alberi geneticamente modificati, del loro polline o semi per le foreste, la fauna selvatica o la salute umana sono sconosciuti. Gli alberi geneticamente modificati non sono la soluzione al problema del cambiamento climatico. La scienza è chiara sul fatto che fermare la distruzione delle foreste è uno dei mezzi più efficaci, comprovati e disponibili per rimuovere il carbonio dall'atmosfera, e che le foreste indisturbate con diverse specie, i suoli ricchi e intatti e il legno morto immagazzinano molto più carbonio rispetto alle piantagioni di alberi industriali».

### RAMI, TRONCHI E PARASSITI

«I timori sugli organismi transgenici sono frutto di una conoscenza inadeguata di queste tecnologie», ribatte il professor Morandini. «La transgenesi è uno dei modi con cui anche la natura si evolve, seppur con frequenze diverse. E le piante transgeniche sono ormai una realtà nell'agricoltura mondiale: l'Italia importa 4 milioni di tonnellate l'anno di soia transgenica (tollerante agli erbicidi) da Brasile, Argentina e Usa soprattutto per alimenti animali. E senza alcun problema, da oltre 20 anni».

Ma, preoccupazioni a parte, i superalberi ingegnerizzati sono la soluzione più efficace per assorbire CO<sub>2</sub>? «Si può agire in molti altri modi», aggiunge Morandini. «Con la mutagenesi o gli incroci classici fra diverse varietà di una coltura si possono ottenere radici più lunghe, crescita più veloci, ramificazioni più alte, tronchi più dritti, tutti fattori che modificano la loro capacità di assorbimento della CO<sub>2</sub>. E rendere le piante più resistenti a parassiti e insetti ridurrebbe le perdite di raccolto: equivarrebbe a produrre il 20% in più. Le foreste, poi, sono fondamentali ma a patto che siano gestite con cura, sia quelle esistenti sia, soprattutto, quelle nuove. Non può esserci una sola soluzione al problema della CO<sub>2</sub>, occorre una strategia su più fronti». Senza dimenticare la riduzione delle emissioni di gas serra: altrimenti gli alberi, ingegnerizzati o no, rischiano di non bastare. **F**

**Gli ecologisti: «Non conosciamo i rischi, meglio tutelare le foreste»**