

Innovazione nelle colture geneticamente modificate

Dalle nuove tecnologie genomiche soluzioni concrete per resilienza, qualità e sicurezza alimentare.

DOI 10.12910/EAI2025-060

di Alessia Fiore, Olivia Costantina Demurtas, Paola Ferrante, Maria Grazia Petrillo – Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Laboratorio Biotecnologie GREEN – ENEA

L'agricoltura contemporanea è chiamata a fronteggiare sfide di rilevante complessità, strettamente correlate ai cambiamenti climatici in atto a livello globale.

L'incremento delle temperature medie¹, le variazioni nella distribuzione e intensità delle precipitazioni, nonché l'aumento della frequenza di eventi meteorologici estremi quali siccità prolungate, ondate di calore e alluvioni compromettono la stabilità delle produzioni agricole. Tali fenomeni climatici alterano la disponibilità e la qualità delle risorse essenziali per la crescita delle colture, quali acqua e suolo, riducendo la produttività e influenzando negativamente la qualità dei raccolti. Inoltre, il cambiamento climatico modifica gli ecosistemi agroecologici, facilitando la diffusione di patogeni e fitofagi emergenti, con conseguenti ripercussioni sulla salute delle piante e sulla sostenibilità delle pratiche agronomiche. In risposta a queste criticità è necessario sviluppare strategie di adattamento e mitigazione innovative, che integrino approcci biotecnologici, tecniche di gestione sostenibile delle risorse e politiche di supporto, come il *Green Deal* ^[1], per garantire la sicurezza alimentare e la resilienza dei sistemi

agricoli nel lungo termine. In questo panorama, le colture geneticamente modificate, un tempo all'avanguardia nella biotecnologia agricola, stanno rapidamente lasciando il passo alle nuove Tecniche di Evoluzione Assistita (TEA), che oggi si configurano come strumenti strategici per il conseguimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale fissati dall'Unione Europea. Queste metodologie, conosciute nel mondo con il termine inglese di *New Genomic Techniques* (NGT) o *Genome editing* rappresentano un avanzamento significativo rispetto al *breeding* convenzionale (incroci tradizionali) e alle tecniche di mutagenesi finora applicate le quali hanno contribuito alla generazione della maggior parte dei prodotti agricoli attualmente in uso. Le TEA consentono di introdurre modificazioni genetiche in modo mirato, controllato e altamente preciso all'interno del genoma permettendo l'introduzione in una specie di nuovi caratteri desiderati oppure la rimozione di tratti indesiderati o potenzialmente dannosi. Poiché le modifiche vengono introdotte esclusivamente nei punti desiderati, le mutazioni risultanti possono essere di fatto identiche a quelle che potrebbero verificarsi spontaneamente in natura ^[2].

Tra le diverse TEA, una delle più diffuse ed efficaci è la tecnologia CRISPR/Cas9 (Figura 1). In questo sistema, la proteina Cas9, un enzima in grado di tagliare il DNA, è guidata verso un punto prestabilito del genoma da una piccola molecola chiamata RNA guida (sgRNA: *small guide RNA*), progettata in laboratorio e specifica per la sequenza che si vuole modificare. Una volta effettuato il taglio, la cellula ripara naturalmente il DNA: durante questo processo possono verificarsi piccole modifiche (inserzioni o delezioni di basi nucleotidiche) che determinano la comparsa o la scomparsa del carattere genetico d'interesse. Versioni successive della proteina Cas9 permettono di modificare specificatamente un singolo nucleotide (*base editing*) o più di uno (*prime editing*). Inoltre, è possibile introdurre o sostituire con precisione sequenze genetiche della stessa specie o di specie affini (cisgenesi) aggiungendo solo i caratteri desiderati e velocizzando l'introggressione di tratti utili provenienti da specie selvatiche.

Impatto delle TEA nel settore agroalimentare

Grazie alla loro precisione e versatilità, le TEA trovano oggi ampie applicazioni nel settore agroalimentare ^[3]. Si

¹ <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>

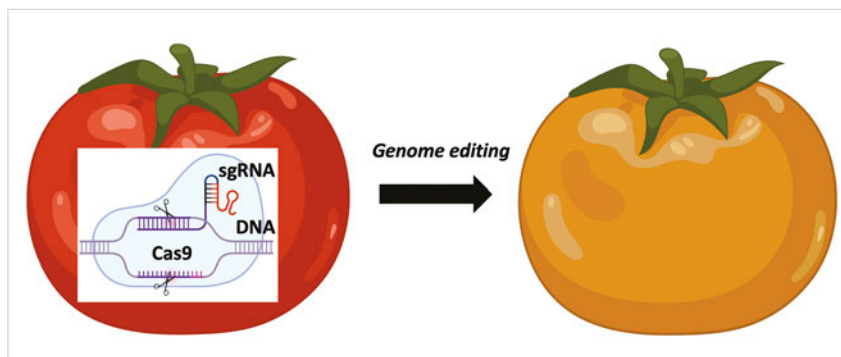


Figura 1 - Rappresentazione schematica del meccanismo di Genome Editing mediato da CRISPR-Cas9. L'enzima Cas9, agendo come delle forbici molecolari, taglia il DNA in una posizione specifica del genoma che è specificata dal piccolo RNA guida (sgRNA: small guide RNA). Al fine di riparare il taglio, interviene il sistema di riparazione del DNA che introduce delle piccole inserzioni o delezioni di basi nucleotidiche. Tale meccanismo di riparo determina la distruzione del gene che può portare all'acquisizione o alla perdita di nuove funzioni come per esempio l'accumulo di specifici carotenoidi o apocarotenoidi che possono modificare il colore del frutto da rosso ad arancione.

Figura creata con il supporto di BioRender (<https://www.biorender.com/>).

elencano qui le principali applicazioni:

- Resistenza ai patogeni (virus, batteri, funghi e parassiti), riducendo l'uso di fitofarmaci e altri prodotti chimici;
- Aumento della produttività e della resilienza delle colture a condizioni climatiche avverse (siccità, alte temperature, salinità);
- Migliore efficienza nell'uso delle risorse naturali (azoto, fosforo, acqua), favorendo la sostenibilità dei suoli agricoli;
- Ottimizzazione delle caratteristiche nutrizionali degli alimenti incrementando il contenuto di vitamine, antiossidanti e altre molecole benefiche per la salute;
- Riduzione di allergeni o sostanze anti-nutrizionali, migliorando la sicurezza e tollerabilità degli alimenti;
- Maggiore conservabilità e qualità post-raccolta dei prodotti agricoli, riducendo le perdite alimentari;

Nel panorama nazionale, il progetto BIOTECH², coordinato dal Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA), rappresenta il primo grande sforzo per applicare le TEA al miglioramen-

to genetico di specie ortofrutticole e cerealicole. Anche l'ENEA partecipa attivamente a questo settore di ricerca. In particolare, le attività dell'Ente si concentrano su due specie di grande rilievo agronomico per l'Italia, il pomodoro e la patata. Per il pomodoro, l'ENEA ha ricevuto finanziamenti dalla Regione Lazio (Progetto NOVIPOM³) per lo sviluppo di nuove varietà tipiche italiane di pomodoro (es. San Marzano, Scatolone, Pantano e Spagnoletta) con caratteristiche agronomiche e qualitative migliorate, con particolare attenzione all'arricchimento in vitamine B9, D e in molecole antiossidanti quali ascorbato e carotenoidi. Altre importanti linee di ricerca in pomodoro sono focalizzate all'ottenimento di piante con maggiore crescita, migliore adattamento (*fitness*) e ridotta presenza di infestanti tramite la modifica di geni coinvolti nella sintesi di apocarotenoidi regolatori, e all'ottenimento di piante in cui le molecole allergeniche e anti-nutrizionali, come i glicocalcoidi sono in quantità minori.

Per quanto riguarda la patata, è in

corso un progetto volto a ottenere piante resistenti ad un importante patogeno virale il PVY (Virus Y della Patata), mediante l'inattivazione o la modifica del gene di suscettibilità *elf4E1*, codificante un fattore d'inizio della traduzione.

Scenario normativo in Italia, Europa e nel Mondo

La normativa sulle TEA in Italia ha compiuto un significativo passo in avanti con l'approvazione del Decreto Siccità (Legge n. 68/2023), che ha autorizzato la sperimentazione in campo aperto. Le prime prove sono state condotte su riso, vite e pomodoro.

A livello europeo, è in corso la revisione del regolamento sugli OGM (Organismi Geneticamente Modificati) con l'obiettivo di includere le TEA nella normativa, che consentirebbe ai singoli Stati membri di permettere o vietarne la coltivazione. Questo significa che attualmente la sperimentazione delle TEA è consentita in Italia, ma il quadro definitivo per la commercializzazione e la coltivazione dipenderà dall'esito della normativa europea e dal suo successivo recepimento nazionale.

La situazione normativa al di fuori dell'Europa è nettamente diversa: in paesi, come USA, Australia e Giappone, le varietà generate con le TEA sono commercializzabili e trattate a livello legislativo come varietà non OGM (Figura 2). Un esempio significativo è quello rappresentato dal Giappone, dove è stato sviluppato un pomodoro denominato "Sicilian Rouge High GABA", che, a seguito della modifica generata con la tecnologia CRISPR-Cas9, accumula alti livelli di GABA (acido γ -amminobutirrico), una sostanza naturalmente presente nei pomodori, nota per le sue proprietà anti-ipertensive e anti-stress.

² <https://www.crea.gov.it/-/biotech>

³ <https://sostenibilita.enea.it/projects/novipom>

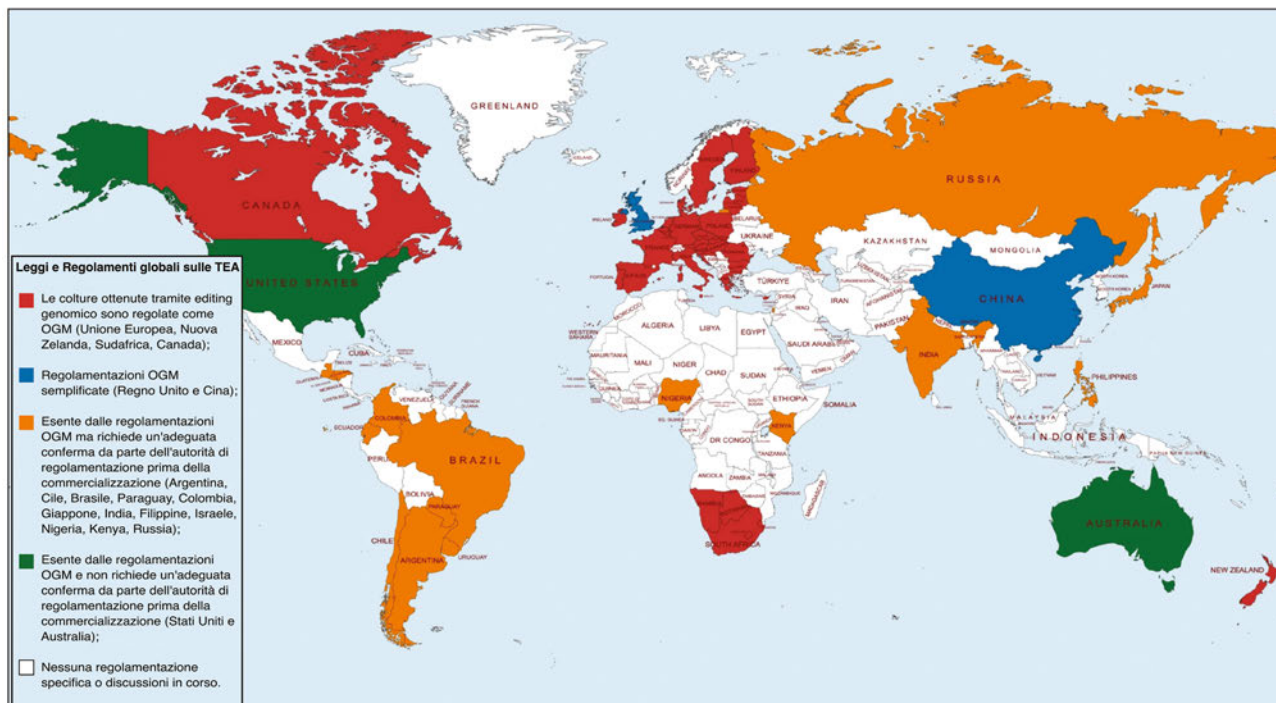


Figura 2 - Stato attuale della legislazione mondiale sulle Tecnologie di Evoluzione Assistita (Aggiornamento: settembre 2023). Immagine adattata da Vora Z, et al. "The evolving landscape of global regulations on genome-edited crops".

In questo scenario è chiaro che l'evoluzione normativa dovrà essere accompagnata da una partecipazione attiva al dibattito pubblico da parte dei cittadini, agricoltori e consumatori rispetto ai rischi e benefici delle TEA. Un confronto aperto e traspa-

rente con l'opinione pubblica è essenziale, soprattutto alla luce degli episodi di vandalismo effettuati sui campi sperimentali di piante ottenute tramite le TEA⁴. Promuovere un dibattito informato e inclusivo è di fondamentale importanza per costruire

la fiducia, favorire una comprensione più profonda delle TEA e supportare le scelte strategiche per un futuro agricolo sostenibile.

per info: alessia.fiore@enea.it

Riferimenti bibliografici

1. European Commission: Joint Research Centre, Delivering the EU Green Deal – Progress towards targets, Publications Office of the European Union, 2025, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/3105205>
2. Zsögön, Agustin, et al. (2018) "De novo domestication of wild tomato using genome editing." *Nature biotechnology* 36.12 (2018): 1211-1216. <https://doi.org/10.1038/nbt.4272>
3. Tuncel et al. (2025), "CRISPR-Cas applications in agriculture and plant research." *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. Jun;26(6): 419-441. doi: 10.1038/s41580-025-00834-3

⁴ <https://www.sibv.eu/scienza-e-societa/news/atti-vandalici-portano-alla-distruzione-del-campo-sperimentale-di-piante-di-riso-migliorate-con-le-tea>