

Varietà più resilienti con l'Intelligenza artificiale

di Federico Martinelli

La selezione di varietà più produttive e adattate all'ambiente di coltivazione rappresenta una grande possibilità al fine di rendere l'attività agricola più sostenibile per la salute umana e l'ambiente. Ciò è particolarmente vero in un'ottica di forti e rapidi cambiamenti climatici che sempre più spesso sono la causa di eventi improvvisi di stress abiotici, come siccità, temperature estreme, asfissia da allagamento, aumento dell'esposizione agli ultravioletti, forte concentrazione di agenti inquinanti nell'aria e nell'acqua. Tutte queste conseguenze dei cambiamenti climatici minacciano la produttività agraria e generano insicurezza alimentare nelle aree colpite. Questi cambiamenti fanno sì che gli approcci che hanno reso tale la Rivoluzione verde del secolo scorso, sia pur indiscutibilmente innovativi per quel momento storico, oggi non siano più sufficienti. Metodi culturali innovativi, che tengano conto della sostenibilità ambientale, oltre che della produttività, sono quindi necessari per soddisfare gli attuali bisogni alimentari della generazione presente, senza compromettere le possibilità delle generazioni future.

La Climate Smart Agriculture (CSA), un approccio promosso dalla Fao a partire dal 2010, va proprio in questa direzione. Essa si basa su tre obiettivi essenziali:

- accrescere in maniera sostenibile la produttività agricola e il relativo profitto economico;
- sviluppare colture più resilienti e adattate al cambiamento climatico;
- ridurre o rimuovere la dipendenza dagli input antropici e quindi le emissioni di gas serra.

L'obiettivo di questo approccio è quello di **creare condizioni tecniche e politiche per investimenti favorevoli a uno sviluppo agricolo sostenibile, che affrontino i problemi legati ai cambiamenti climatici, ma contemporaneamente garantiscano la sicurezza alimentare.**

I nuovi metodi dell'Intelligenza artificiale basati sull'apprendimento automatico possono aiutarci a identificare geni e processi molecolari alla base del miglioramento di caratteri agronomici importanti per un'agricoltura resiliente ai cambiamenti climatici



L'IA in agricoltura

L'agricoltura, come ogni attività produttiva di oggi, ha necessità di automatizzare il processo per renderlo più economico, sfruttando i rapidi progressi di discipline come l'informatica, la robotica, le scienze omiche (discipline che utilizzano tecnologie di analisi che consentono la produzione di dati, in numero molto elevato e nello stesso intervallo di tempo, utili per la descrizione e l'interpretazione del sistema biologico studiato). Le tecnologie dell'informazione unite a quelle dell'Intelligenza artificiale (IA) e della genomica permettono di praticare efficacemente l'agricoltura di precisione. Tale approccio mira ad aumentare sia la resa che la qualità delle colture attraverso una serie di interventi agronomici mirati alla riduzione dell'utilizzo di input chimici (fertilizzanti, pesticidi), idrici ed energetici (ad esempio, utilizzando lavorazione del suolo a minor richiesta energetica).

Anche nel settore prettamente agrario, così come in quello agroalimentare, nasce il bisogno di ottimizzare il processo in questione attraverso la

padronanza dei cosiddetti «big data». Sia che si tratti di predire come il prodotto appena raccolto si mantenga in fase di post-raccolta negli scaffali di un supermercato sia che riguardi la necessità di ridurre gli input idrici o chimici di una coltura. **Un metodo che permetta di analizzare velocemente e accuratamente come un organismo biologico reagisca all'ambiente circostante è fondamentale per aumentare la sostenibilità del processo.** Ed ecco quindi che gli algoritmi dell'apprendimento automatico e i modelli da essi derivati possono rappresentare un valido dispositivo per migliorare il processo decisionale alleviando il lavoro dell'operatore umano. Le applicazioni dell'IA nel settore agroalimentare possono quindi estrarre o sfruttare informazioni importanti su come una pianta o un organo di essa reagisca all'ambiente in modo da rendere i prodotti sempre più salubri e a minor costo di produzione.

Modelli che simulano la crescita delle piante

Un progetto di ricerca triennale (iniziato a settembre del 2020 e terminato

nello stesso mese del 2024) della Wageningen University, denominato «Virtual tomato crops», mira a sviluppare un modello di simulazione che predice la crescita delle piante di pomodoro in 3D. Il modello simula la resa delle colture, l'assorbimento e l'utilizzo di CO₂, di nutrienti, energia e acqua, nonché profitto e impatto ambientale.

Le simulazioni si basano su misurazioni in tempo reale di piante di pomodoro e delle loro condizioni di crescita in serra per sviluppare modelli che facilitino la strategia di gestione delle colture e l'identificazione di geni coinvolti in tratti vegetali migliorati (wur.nl/en/project/virtual-tomato-crops-1.htm).

IA nel miglioramento genetico

Il miglioramento genetico e la selezione delle colture consistono in quel mix di attività artigianale e scientifica che serve per la selezione delle piante a beneficio dell'umanità. Lo sfruttamento di tecnologie all'avanguardia per migliorare la produttività delle colture è un obiettivo fondamentale nel miglioramento genetico vegetale attuale.

Nell'equazione del miglioratore genetico ($R = Sh^2$), la risposta alla selezione (R), cioè la misura dell'aumento della produttività delle colture nel tempo, dipende non solo dalla variabilità genetica additiva a disposizione (h^2), ma anche dall'accuratezza e intensità della selezione (S).

L'IA può consentire una più precisa interpretazione dei dati genomici e fisiologici di una coltura e quindi una più accurata identificazione del ruolo di ogni singolo gene coinvolto nella espressione di un determinato tratto agronomico. Per tale motivo **l'IA rappresenta uno strumento formidabile per migliorare la precisione della selezione**, grazie anche alla possibilità di utilizzarla insieme alle altre moderne tecnologie a disposizione, quali selezione genomica, fenotipizzazione ad alta processività, sensoristica e coltivazione in condizioni controllate. Questi moderni approcci applicati al miglioramento genetico vegetale producono una così grande mole di dati che nessun metodo tradizionale basato sull'analisi di operatori umani è in grado di gestire, archiviare e analizzare efficientemente.

Per tale motivo gli strumenti di IA possono aiutare a estrarre in maniera più rapida e meno distorta informazioni uti-

li da questi cosiddetti approcci «omici».

Un esempio è quello ormai famoso dello strumento ChatGPT che funge da potente chatbot in grado di generare testo e immagini intelligenti ponendo dei semplici argomenti o domande. Al di là dell'elaborazione dei testi, c'è un crescente interesse nello sfruttare i modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM, *Large language models*) in tutti gli aspetti della selezione vegetale per accelerare il guadagno genetico.

I dati omici con il loro «diluvio di dati» offrono quindi una base per la creazione di LLM in grado di comprendere i processi fisiologici delle piante (ad esempio, la risposta a stress ambientali), prevedere il comportamento di una pianta in condizioni di ambiente estremamente variabile e nello scoprire varianti genetiche che influenzano caratteristiche agronomiche semplici o complesse.

Il progetto di ricerca «EPI-CATCH»

Le piante, come qualunque organismo vivente, hanno sviluppato complesse reti biochimico-molecolari che consentono di modificare il loro sviluppo e la loro fisiologia in risposta alla percezione di stimoli esterni, inclusi molteplici stress ambientali. Ancora più intrigante è l'occasionale capacità di trasmettere tali adattamenti fisiologici alla generazione successiva attraverso modificazioni epigenetiche che si aggiungono a quelle classiche dovute al loro patrimonio genetico.

I progetti di ricerca in essere mirano quindi a comprendere meccanismi complessi che avvengono nelle piante coltivate, quali la memoria degli stress ambientali e l'adattamento alle mutevoli condizioni climatiche. Le nuove soluzioni dell'IA e dell'apprendimento automatico risultano quindi strumenti formidabili per far luce su tali meccanismi di adattamento e creare nuove varietà di piante più resilienti ai cambiamenti climatici e meno dipendenti dalla chimica di sintesi. Uno di questi progetti finanziato dal programma COST della Unione europea, coordinato dall'Università di Firenze, è denominato «EPI-CATCH». **Il progetto ha riguardato lo studio dei meccanismi molecolari delle piante coltivate alla base della loro resilienza e adattamento agli stress causati dai cambiamenti climatici.**

Oltre alla comprensione dei meccanismi fisiologico-molecolari delle piante in risposta agli stress abiotici

e biotici, gli obiettivi sono stati quelli di contribuire a integrare i metodi di indagine epigenetica con quelli omici e fisiologici e individuare nuovi aspetti di frontiera come quelli che riguardano l'applicazione dell'IA nel miglioramento genetico delle piante. Il consorzio costituito da più di 150 ricercatori di oltre 30 Paesi ha organizzato su questi temi 14 conferenze o workshop internazionali, 6 training schools, 32 missioni tra istituti di ricerca e 6 pubblicazioni scientifiche ad alto impatto.

Le future frontiere

Nuovi progetti di ricerca sono in sviluppo per creare soluzioni innovative e sostenibili che utilizzino IA, scienza dei big data e tecnologie omiche per l'ottenimento di varietà più resilienti ai cambiamenti climatici e meno dipendenti dagli input chimici e idrici. È noto che la tolleranza delle piante agli stress ambientali è una caratteristica agronomica regolata da centinaia di geni, ognuno con un ruolo specifico e non chiaramente definito.

Le analisi omiche ci permettono di indagare l'espressione e le relazioni molecolari dei geni coinvolti in questi processi. Tuttavia, alle interazioni tra geni si somma anche l'azione dei meccanismi epigenetici che rendono ancora più complessa la comprensione di tali meccanismi.

L'IA può rappresentare un valido strumento per decifrare e predire le risposte delle piante all'ambiente, consentendo di poter identificare i geni più «importanti» nell'espressione di tali caratteri. I moderni programmi di selezione integrano sistemi avanzati di selezione genomica con tecniche di analisi fenotipica ad alta processività e sensori che valutano la risposta delle piante alle mutevoli condizioni ambientali. Altro importante aspetto è quello della formazione del personale addetto per rendere il lavoro del miglioramento genetico più facile senza incidere sul tasso di occupazione.

La digitalizzazione dell'agricoltura permetterà, inoltre, la creazione di nuove aziende per lo sviluppo e la produzione di attrezzature intelligenti, la consulenza per il loro appropriato utilizzo e la divulgazione per istruire gli utenti finali sull'uso degli strumenti digitali.

Federico Martinelli

Università di Firenze

Società italiana di genetica agraria

L'INFORMATORE AGRARIO

www.informatoreagrario.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.