

# AGRICOLTURA: RICERCA E INNOVAZIONE

## SEGNALI DAL CLIMA IN FVG 2024

### AGRICOLTURA: RICERCA E INNOVAZIONE

IL CENTRO NAZIONALE AGRITECH: SCIENZA, INNOVAZIONE E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO PER UNA AGRICOLTURA SOSTENIBILE	159
UN MESSAGGIO DI RESILIENZA NELLA RISCOPERTA DELLE ORIGINI GENETICHE DELLA NOSTRA AGRICOLTURA	161
RESILIENZA E SOSTENIBILITÀ IN AGRICOLTURA: IL RUOLO DELLE RADICI	167
INNOVAZIONI COLLABORATIVE PER L'ADATTAMENTO DELLE AZIENDE AGRICOLE A UN CLIMA CHE CAMBIA	173
STRATEGIE DI GESTIONE DEL SUOLO PER IL VIGNETO: UNO STUDIO PLURIENNALE SU COVER CROPS E MONITORAGGIO DELLO STATO IDRICO DELLE PIANTE	177
ALLEVAMENTI ANIMALI E CAMBIAMENTI CLIMATICI	181
ROBOTICA PER L'AGRICOLTURA 4.0: MONITORAGGIO DELLE CHIOME E DEL SUOLO	185

“Segnali dal Clima in FVG” è realizzato da:

ARPA FVG - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia nell'ambito dell'attività di coordinamento e segreteria del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” istituito dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia con Decreto DC Difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, n. 2137 del 04/05/2022

Coordinamento editoriale:  
Federica Flapp, Fulvio Stel

Elaborazione grafica:  
Michela Mauro

“Segnali dal Clima in FVG” ospita articoli firmati da vari autori: ciascun autore è responsabile per i contenuti (testi, dati e immagini) dei propri articoli ed esclusivamente di essi.

ARPA FVG, gli altri enti del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” e i singoli autori non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

Ove non diversamente specificato, le immagini sono state fornite dagli autori dei diversi contributi, che se ne assumono la responsabilità, o sono tratte da:

<https://pixabay.com/it/>

<https://www.google.com/maps>

<https://climatevisual.org>

<https://unsplash.com/it>

<https://www.pexels.com/it-it/>

<https://www.flickr.com>

<https://pxhere.com/it>

La foto in copertina è di Federica Flapp

ARPA FVG

Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)

Tel +39 0432 922 611 - Fax +39 0432 922 626

[www.arpa.fvg.it](http://www.arpa.fvg.it)

<https://x.com/arpafvg>

Questo prodotto è rilasciato con licenza Creative Commons - Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0):

Può essere quindi utilizzato citando la fonte, nel rispetto delle condizioni qui specificate:

informazioni generali <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it>

licenza <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it>



# Segnali dal Clima

*Segnali dal Clima in FVG* è una pubblicazione divulgativa che racconta i cambiamenti climatici partendo da un'ottica locale e regionale e affronta questo grande tema da tre prospettive: CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI.

Nasce dall'impegno del Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG e dalla convinzione che le sfide che i cambiamenti climatici pongono alla nostra società si possano affrontare efficacemente solo se allo sviluppo scientifico e tecnologico si accompagnano una crescita della conoscenza e una consapevolezza sempre più diffusa sul tema da parte di tutta la popolazione.

*Segnali dal Clima* illustra diversi aspetti dei cambiamenti climatici partendo dal racconto di eventi e situazioni che hanno riguardato di recente il Friuli Venezia Giulia e attingendo alle attività e ricerche svolte dagli enti del Gruppo Clima FVG. Cerca però anche di collegare la dimensione locale con quella globale, attraverso alcuni articoli che ci consentono di allargare lo sguardo a ciò che accade su scala più ampia.

Un filo rosso – CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI - unisce i diversi articoli, i nostri “segnali dal clima”, collegando i cambiamenti in atto con i loro effetti sull'ambiente e sulle attività umane, ma anche con le azioni che possiamo mettere in campo sia per limitare il riscaldamento globale e i cambiamenti del clima (mitigazione) che per ridurre gli impatti che ne conseguono (adattamento).

Il 2023 è stato il terzo anno più caldo mai registrato in Friuli Venezia Giulia: atmosfera e mare hanno raggiunto temperature per molti mesi superiori alla media ed eventi estremi di notevole intensità hanno colpito diverse aree della regione. Da qui comincia quest'anno il racconto dei segnali di cambiamento climatico che rileviamo nel nostro territorio e che si traducono in effetti diversificati sui diversi sistemi naturali

e settori produttivi, chiamandoci ad “agire per il clima”. Esperti dei diversi campi – climatologi, geologi, oceanografi, biologi, agronomi, economisti, ingegneri, architetti, professionisti dell'ambiente, della pubblica amministrazione e della salute – ci accompagnano in un percorso di conoscenza che parte dalle nostre montagne e si snoda seguendo idealmente il fluire delle acque attraverso la pianura, per arrivare alla laguna e al mare. Tornando sulla terraferma esploriamo gli effetti dei cambiamenti climatici su piante e animali, sia negli ecosistemi allo stato naturale che nel settore agricolo, scoprendo quali ricerche gli enti del *GdL Clima FVG* svolgono per analizzare i fenomeni e individuare soluzioni innovative per fronteggiarli. Nella nuova sezione “NOI E IL CLIMA”, guardiamo agli effetti che i cambiamenti climatici hanno anche sulla nostra sfera personale, dal punto di vista fisico, etico e psicologico. Concludiamo anche questa edizione con alcuni esempi di azioni intraprese dagli enti pubblici per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici in FVG.

Alcuni temi attraversano diverse sezioni e collegano più articoli, come quello dei servizi ecosistemici. Emerge con forza anche l'importanza della partecipazione, della formazione e della condivisione di esperienze per far fronte alle sfide del clima che cambia con nuove forme di sviluppo, sia in montagna, che in agricoltura che nella pianificazione regionale.

*Segnali dal Clima in FVG* non è quindi un report sullo “stato del clima” in Friuli Venezia Giulia: non ha l'obiettivo di fornire un quadro completo ed esaustivo della tematica, non ne esplora tutti gli aspetti e i settori ambientali e socioeconomici coinvolti, non passa in rassegna tutte le conoscenze disponibili. È però, appunto, un segnale: un segnale di cosa sta accadendo, di quanto sia importante prenderne coscienza e agire, di come la società, la pubblica amministrazione e il mondo scientifico si stiano già attivando.

*Il gruppo di lavoro tecnico-scientifico  
Clima FVG*

## L'ABC DEL CLIMA

Per rendere gli argomenti accessibili a tutti, negli articoli sono inseriti alcuni box a sfondo arancione pensati per avvicinare al pubblico alcuni termini e concetti tecnico-scientifici a cui è necessario fare riferimento quando si spiegano argomenti e fenomeni collegati ai cambiamenti climatici

## DAL LOCALE AL GLOBALE

Con uno sfondo grigio sono evidenziati gli articoli che riportano notizie e informazioni relative a realtà extra-regionali e che ci consentono di ampliare la nostra visione, collegando ciò che avviene in Friuli Venezia Giulia con conoscenze generali e con fenomeni a scala più ampia.

# GRUPPO DI LAVORO TECNICO-SCIENTIFICO CLIMA FVG

Il gruppo di lavoro tecnico-scientifico “Clima FVG” istituito dalla Regione autonoma Friuli Venezia Giulia nel 2022 riunisce le eccellenze tecniche e scientifiche presenti in FVG, in grado di fornire all’amministrazione regionale e a tutti gli enti e soggetti del FVG le conoscenze più aggiornate per affrontare i cambiamenti climatici sul nostro territorio.

Ad ARPA FVG è stato affidato il coordinamento del team, che è composto da esperti di ICTP, OGS, CNR, delle Università di Udine e di Trieste e della stessa Regione: gli stessi che avevano elaborato e pubblicato, nel 2018, il primo **Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia**.

Il Gruppo di lavoro Clima FVG innanzitutto facilita la condivisione e la collaborazione tra i soggetti esperti che in regione producono conoscenze tecnico-scientifiche sui cambiamenti climatici e sui loro effetti.

Fornisce quindi un **orientamento** e un **supporto consultivo alla pianificazione** regionale delle azioni per il clima e in particolare per **l’adattamento ai cambiamenti climatici**.

L’attività del gruppo Clima FVG favorisce poi il **trasferimento delle conoscenze** scientifiche ai tecnici che le applicheranno sul territorio.

E infine, tutti i componenti del gruppo di lavoro credono che sia indispensabile divulgare queste **conoscenze alla cittadinanza**, promuovendo quella che si chiama “climate literacy” ovvero **l’alfabetizzazione climatica** che mette ciascuno di noi in condizione di comprendere la propria influenza sul clima e l’influenza del clima su ciascuna persona e sulla società.

La redazione di “Segnali dal Clima in FVG” è un primo passo per dare concretezza a questo fondamentale obiettivo.

## GLI ENTI E LE PERSONE



ARPA FVG – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente



CNR - Istituto di Scienze Marine di Trieste



CNR - Istituto di Scienze Polari



ICTP - International Centre for Theoretical Physics di Trieste



OGS - Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale di Trieste



Regione autonoma Friuli Venezia Giulia



Università degli Studi di Trieste



Università degli Studi di Udine



Fulvio Stel (coordinatore) e Federica Flapp



Fabio Raicich



Renato Colucci



Filippo Giorgi



Cosimo Solidoro



Silvia Stefanelli



Giovanni Bacaro



Alessandro Peressotti

# AGRICOLTURA: RICERCA E INNOVAZIONE

estratto da

# SEGNALI DAL CLIMA FVG

CAMBIAMENTI  
IMPATTI  
AZIONI

notizie dal

GRUPPO DI LAVORO TECNICO SCIENTIFICO CLIMA FVG

luglio 2024

# AGRICOLTURA: RICERCA E INNOVAZIONE

## **Nuove analisi e soluzioni per la mitigazione e per l'adattamento**

L'agricoltura è uno dei settori produttivi più esposti ai cambiamenti del clima, ma anche uno di quelli con maggiori potenzialità di adattamento alle nuove condizioni. È al contempo un settore che genera emissioni di gas climalteranti, ma anche su questo fronte è possibile intervenire, riducendo le emissioni di gas serra attraverso importanti azioni di mitigazione.

La ricerca e la sperimentazione di soluzioni innovative sono fondamentali per supportare queste due linee di azione, anche grazie alla grande opportunità rappresentata dal Centro Nazionale Agritech, a cui l'Università di Udine partecipa con diverse iniziative di ricerca e di trasferimento tecnologico.

# IL CENTRO NAZIONALE AGRITECH: SCIENZA, INNOVAZIONE E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO PER UNA AGRICOLTURA SOSTENIBILE

A stylized graphic of a leaf, composed of a circular outline and a vertical stem with several horizontal veins. The color transitions from a light green at the top to a yellow-green at the bottom.

Dopo 18 mesi di attività nel Centro Nazionale Agritech l'ateneo di Udine descrive le attività e i primi risultati delle iniziative di ricerca e trasferimento tecnologico. Quale membro fondatore, UNIUD partecipa alle attività della quarta delle 9 sottounità che compongono il centro, con l'obiettivo di studiare e implementare innovazioni sostenibili e resilienti ai cambiamenti climatici anche considerando il potenziale contributo dell'agricoltura alla mitigazione dell'effetto serra.

Il Centro Nazionale Agritech ([agritechcenter.it/](http://agritechcenter.it/)) raggruppa e coordina le più importanti realtà impegnate nella ricerca agricola del paese, con il compito di assicurare produzioni sane e sostenibili, mantenere o incrementare la circolarità e la diversità del sistema agroalimentare. I primi progetti, promossi con un importante finanziamento proveniente dal PNRR, hanno avuto inizio nel settembre 2022 e hanno permesso a UNIUD di reclutare numerosi giovani ricercatori, sviluppare nuove infrastrutture e reti di ricerca oltre a consentire di intraprendere specifiche attività di ricerca e trasferimento tecnologico.



Banner del progetto AGRITECH

In questo numero di Segnali dal clima il Rettore dell'Università di Udine e il responsabile AGRITECH di Udine hanno scelto di presentare le attività di ricerca e innovazione che UNIUD sta sviluppando in un ampio ambito di competenze presenti in gruppi di ricerca di tre diversi dipartimenti dell'ateneo. In particolare, le linee di ricerca riguardano:

- le attività di selezione genetica assistita finalizzate a individuare nuove varietà coltivate più adatte al clima futuro;
- lo studio dei meccanismi e delle pratiche atte a generare una migliore resilienza ed efficienza degli apparati radicali delle piante coltivate;
- lo studio della gestione irrigua e dell'inerbimento dei vigneti;
- gli aspetti connessi agli allevamenti animali e ai cambiamenti climatici;
- il ruolo delle aziende agricole nella tutela della diversità dei pronubi;
- le applicazioni della robotica e della intelligenza artificiale nel monitoraggio e nella gestione delle coltivazioni;
- la messa in pratica di innovazione e ricerca attraverso i *Living Labs* ovvero attraverso il coinvolgimento diretto delle aziende agricole nelle attività di ricerca agronomica.



Per tutti gli articoli di questa sezione vale la seguente indicazione relativa alla fonte di finanziamento.

Fundings: Work supported by: Agritech National Research Center that received funding from the European Union Next-GenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 – D.D. 1032 17/06/ 2022, CN00000022).

Alessandro Peressotti  
Roberto Pinton  
Università degli Studi di Udine

# UN MESSAGGIO DI RESILIENZA NELLA RISCOPERTA DELLE ORIGINI GENETICHE DELLA NOSTRA AGRICOLTURA

Foto: Hans da Pixabay

**Il cambiamento climatico pone evidenti criticità al settore agroalimentare e alle sue tipicità, ma per sviluppare un'agricoltura resiliente dobbiamo superare una narrazione storicamente e scientificamente imprecisa del nostro sviluppo agricolo. Per accogliere l'urgente bisogno di innovazione varietale dobbiamo riconoscere nei prodotti della nostra tradizione alimentare il frutto di una rielaborazione continua delle risorse genetiche disponibili e della conoscenza e tecnologia sviluppata dalla nostra comunità scientifica.**

“Eravamo navigatori!” Questa è, in un noto film d'animazione dello scorso decennio, l'esclamazione entusiasta di una ragazzina polinesiana che scopre di discendere da un popolo di antichi naviganti e capisce così di avere nei propri geni la spiegazione alla propria inquietudine e intraprendenza. Spinta dal desiderio di salvare il suo popolo da una crisi ambientale che sta consumando la loro isola, la giovane navigatrice autodidatta si imbarcherà contro il volere del padre protettivo in un viaggio epico attraverso l'oceano, affrontando creature gigantesche e ostacoli spaventosi. Ritournerà a casa non prima di aver posto rimedio alla causa scatenante il male che affligge il suo mondo, ma – dettaglio non trascurabile – non mancherà nemmeno di reinsegnare alla propria gente l'arte dimenticata del navigare, affinché riprenda l'instancabile ricerca di nuovi lidi e di migliorarsi.

## LE REAZIONI DELLA SOCIETÀ AL CAMBIAMENTO

Al di là della fantasia e utopia di una piccola opera d'arte dell'animazione contemporanea, gli autori sembrano animare con personaggi fittizi alcune **dinamiche psicologiche e sociali** che trovano importanti analogie nella reazione che le nostre società locali manifestano ai primi segnali inequivocabili di un cambiamento climatico in atto e che palpiano, come ricercatori nell'ambito agrario, nelle interazioni con il territorio e con l'opinione pubblica in generale. Una di queste reazioni è l'**inerzia**, o un esagerato **attaccamento allo status quo** oppure, nelle peggiori situazioni, l'**effetto del "coniglio abbagliato dai fari"**, incapace di muoversi o reagire rapidamente alla minaccia imminente.

## UNA CRISI IDENTITARIA PER L'AGRICOLTURA

L'Italia vanta una grande diversità di **prodotti agricoli di alta qualità**, molti dei quali sono **legati a specifiche aree geografiche e condizioni climatiche**. Il cambiamento climatico, e con esso i raccolti decimati dalla siccità, il germogliamento fuorviato dalle anticipate temperature primaverili, il ritiro delle colture in campo aperto verso

altitudini più elevate, minacciano questa diversità agricola, mettendo a rischio denominazioni di origine protette e produzioni tipiche. In una frase, **viene meno il legame creduto indissolubile tra produzione e territorio**, che trova una delle sue più note realizzazioni pratiche e culturali nel concetto di *terroir* in viticoltura ma che si può applicare in senso lato ad altre specialità.

Tutto ciò pone una sfida che a ben vedere ha gli elementi di una **crisi identitaria** perché incrina la profonda relazione reciproca e interdipendente tra gli esseri umani, l'ambiente in cui vivono – seppur antropizzato – e la loro cultura. La **cultura del cibo**, in particolare, in un paese come il nostro che ha fatto dell'agroalimentare un marchio di rilevanza planetaria, gioca un ruolo essenziale nell'accettazione o rifiuto del cambiamento nel contesto agricolo. Il Paese – va ricordato – si avvale significativamente di prodotti importati per soddisfare le esigenze del proprio mercato interno ma sovente il sentore di crisi, sia essa climatica o politica (vedi conflitti internazionali), è capace di sovralimentare sentimenti di orgoglio domestico.

Danni su gemme di vite da vino causati dalla gelata primaverile verificatasi in Friuli Venezia Giulia nell'aprile 2021 (cortesia della Prof.ssa Rachele Falchi e della Dott.ssa Valeria De Rosa del Dipartimento di Scienze Agroalimentari, Ambientali e Animali dell'Università degli Studi di Udine).





Foto: mstrand de Pixabay

Il frumento duro offre esempi di sviluppo varietale di successo che nel nostro Paese hanno tratto vantaggio da risorse genetiche nostrane ed esotiche così come dall'applicazione di tecniche di incrocio e di mutagenesi tradizionale.

## OLTRE AL SEME, CONTA IL KNOW-HOW

Ma chi scrive pensa che questo orgoglio sia mal riposto se si concentra più sul seme che sulla capacità, spesso dimenticata, di generarlo (il know-how). In una riscrittura della storia scientifica del nostro Paese tendiamo a mitizzare indubbe **eccellenze agroalimentari** dell'altro ieri, dimenticando però che sono state il risultato di ricerca e di applicazione di metodologie e approcci innovativi per l'epoca, a partire da **materiali genetici di diversa provenienza**.

Esempio assoluto di ciò è il **frumento Senatore Cappelli**, campione incontrastato della cerealicoltura italiana dai primi anni del secolo scorso fino agli anni '60, tuttora sinonimo di qualità quasi per antonomasia. Ma chi ricorda gli incroci con cui il genetista Nazareno Strampelli lo produsse attorno al 1915 a partire da varietà nord africane? O pensando al **frumento Creso**, che lo soppiantò nell'industria pastificatoria degli anni 70' essendo più adatto alle tecnologie di diserbo e fertilizzazione potenziate dopo il secondo dopoguerra,

quanto spesso accade di soffermarsi sulla ricerca dell'ENEA (all'epoca CNEN) nel campo della mutagenesi e sull'apporto genetico da varietà mesicane da cui ha avuto origine?

Sono solo due esempi illustri di un processo in realtà molto ricorrente, in cui **apporti esotici di diversità genetica e tecnologia nostrana** hanno contribuito in maniera essenziale alla ricetta per l'innovazione agroalimentare, anche in quelle insospettabili situazioni in cui l'innovazione si è tramutata rapidamente, cioè nell'arco di due sole generazioni, in orgogliosa tradizione nazionale.

Non dovrebbe essere necessario ricordare che in Italia la ricerca nel campo del miglioramento genetico è stata e continua a essere forte nonostante un'opinione pubblica non sempre propensa ad apprezzarne l'importanza. L'interesse crescente di cittadini, media e *stakeholder* per le prime applicazioni ufficiali delle Nuove Tecniche Genomiche, che hanno valso il Premio Nobel alle ricercatrici Jennifer Doudna ed Emmanuelle Charpentier nel 2020, è in qualche modo rigenerante e promettente.

## VARIETÀ LOCALI E APPORTI GENETICI ESOTICI PER ADATTARSI AL CLIMA CHE CAMBIA

Calando queste considerazioni nelle realtà regionali del nostro Paese, come quella del FVG o delle regioni limitrofe, potrebbe essere necessaria la presa d'atto che le **varietà locali** e le banche del germoplasma che rappresentano fonti preziose di caratteri selezionati dall'agricoltura locale possano fornire ingredienti genetici di qualità per un'agricoltura rinnovata ma a condizione di essere disposti a contaminarle con **apporti genetici** di varietà estranee al territorio ma portatrici di **caratteri di resilienza e di adattamento** alle condizioni climatiche che raggiungeranno le nostre latitudini in un futuro quanto mai prossimo. Ciò può essere fatto con tecniche di **incrocio e trasferimento genico all'interno della stessa specie o tra specie affini**, potenziate dalle capacità predittive dell'analisi del DNA di cui siamo provvisti al giorno d'oggi.

## UN PROGETTO PER VITI PIÙ RESILIENTI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Una specifica iniziativa che mi fa piacere menzionare in questo contesto è una delle diverse collaborazioni tra le Università di Udine e di Padova create all'interno del Centro Nazionale per le Tecnologie dell'Agricoltura AGRITECH. In questo progetto, finalizzato al **rafforzamento della vite da vino rispetto alle sfide climatiche**, miriamo a creare un'ampia popolazione d'incrocio tra cultivar di vite rappresentative di diversi contesti ambientali e ampelografici dell'Italia e in generale del Mediterraneo. La progenie prevista, di circa duemila piante individualmente dotate di una combinazione di geni unica, fungerà da popolazione di studio pluriennale secondo il metodo della Selezione Genomica **in due ambienti e climi diversi** in FVG e nel Mezzogiorno, con il coinvolgimento di aziende vitivinicole locali. L'informazione letta nel DNA di ciascuna pianta, confrontata con le proprietà agronomiche e organolettiche registrate negli anni a venire, permetterà di creare un modello statistico utile a velocizzare la generazione di nuove varietà mirando contemporaneamente a più caratteristiche desiderabili e ampliando quindi le possibilità già esplorate con la cosiddetta



Dettaglio della popolazione di training per la Selezione Genomica della vite da vino in fase di semenzale presso le strutture dei Vivai Cooperativi di Rauscedo (responsabili scientifici: prof. Emanuele De Paoli (UNIUD) e prof. Alessandro Vannozzi (UNIPD), progetto nazionale AGRITECH). Popolazioni di questo tipo richiedono anni per essere installate e sfruttate a fini scientifici ma il loro utilizzo si sviluppa nel tempo aumentando di valore informativo a ogni stagione produttiva.

Selezione Assistita da Marcatori (MAS, di cui la Selezione Genomica rappresenta una versione significativamente più potente).

## PAROLE D'ORDINE: CONTAMINAZIONE E PARTECIPAZIONE

La parola d'ordine dunque è **contaminazione**, **quella buona**, portatrice di diversità, di nuove combinazioni di caratteri che coniugano qualità con rusticità; ma anche **tecnologia di analisi genetica**, come protagonista sostanziale sebbene in ombra della nostra storia alimentare. Sotto il controllo attento della comunità scientifica, ma meglio ancora se in collaborazione con il setto-

re privato e la partecipazione degli agricoltori in azioni di **miglioramento genetico** detto appunto “**partecipato**” è possibile pensare a una progettualità che ci faccia di nuovo “navigare”, riscoprendo prima di tutto la capacità di saperlo fare e trovando rassicurazione sul fatto che la tradizione non è uno statico museo delle cere, pronto a sciogliersi al primo sole anomalo, ma è tradizione del saper fare che deve essere continuamente alimentata e rinnovata.

**Emanuele De Paoli**

Università degli Studi di Udine

## LE TECNICHE DI SELEZIONE GENOMICA E LE TECNICHE DI EVOLUZIONE ASSISTITA (TEA): METODI DIVERSI PER SCOPI COMPLEMENTARI

La selezione operata dal genere umano utilizza la diversità presente nelle specie viventi per identificare, riprodurre e utilizzare razze di animali da allevamento e varietà di piante agrarie. Tradizionalmente, le piante venivano selezionate basandosi esclusivamente sulle caratteristiche visibili, un processo chiamato “selezione fenotipica”. Oggi, grazie alla capacità di leggere il genoma (ovvero il DNA), è possibile prevedere le caratteristiche future di una pianta già allo stadio sementale, attraverso la “selezione genomica”. Questo metodo consente di identificare le piante più promettenti fin dalle fasi giovanili e utilizza le tecniche genomiche moderne solo per leggere il DNA, non per modificarlo. Non rientra quindi né nell'ambito OGM né in quello delle TEA.

Il meccanismo che genera diversità genetica mediante incrocio è simile al mescolamento di mazzi di carte, dove le carte rappresentano elementi di DNA. Incrociando varietà diverse, si cerca di otte-

nerne nella progenie la combinazione di caratteristiche desiderata (la mano con le carte migliori), tra tante di scarso interesse. Quando invece una mano di carte contiene già carte eccellenti tranne una, si vorrebbe poter cambiare solo quella carta anziché ripartire con una mano nuova che potrebbe essere complessivamente peggiore. Le due situazioni rappresentano fuori di metafora il caso in cui si adotti un approccio di incrocio e selezione, potenziato dalla capacità di LEGGERE il DNA (cioè di vedere le carte della propria mano e decidere di passare il turno), e il caso in cui si applichi le TEA, che consentono di MODIFICARE il DNA (ovvero di cambiare una singola carta in una mano complessivamente già molto buona).

L'incrocio-selezione e le TEA non sono quindi ideologie alternative, ma metodi complementari. L'incrocio-selezione è particolarmente adatto per migliorare caratteristiche complesse regolate da molti geni, come la resilienza a condizioni ambientali avverse. Invece, le TEA sono più efficaci per migliorare caratteristiche determinate da pochi geni, come la resistenza a malattie batteriche e fungine. Un approccio che combina entrambe le metodologie offre una cassetta degli attrezzi completa per il miglioramento genetico delle piante.

## PAROLE CHIAVE

### AMPELOGRAFIA

prende il nome dalle parole greche “ampelos” (vite) e “grafia” (descrizione). È una disciplina dedicata allo studio, all’identificazione e alla classificazione delle varietà di vite. Questo processo si basa sull’analisi delle caratteristiche morfologiche delle piante di vite e, quando possibile, sulla loro associazione con la zona di origine.

### BANCHE DEL GERMOPLASMA

sono strutture o istituzioni dedicate alla conservazione e alla gestione delle risorse genetiche vegetali. Questi centri raccolgono, catalogano e mantengono campioni di semi, tessuti o altre parti di piante che contengono il materiale genetico di diverse specie e varietà. Lo scopo principale delle banche del germoplasma è preservare la biodiversità agricola e forestale, garantendo che le risorse genetiche siano disponibili per la ricerca scientifica, il miglioramento delle colture, la conservazione delle specie e il ripristino degli ecosistemi. Questi istituti giocano un ruolo cruciale nella sicurezza alimentare e nella sostenibilità ambientale.

### MIGLIORAMENTO GENETICO

è il processo scientifico attraverso il quale si selezionano e incrociano individui con caratteristiche desiderabili per sviluppare nuove varietà o razze di piante e animali. L’obiettivo è migliorare aspetti come la resa, la resistenza a malattie, la qualità dei prodotti e l’adattabilità ambientale. Questo processo utilizza tecniche tradizionali di selezione e incrocio, nonché moderne biotecnologie come l’ingegneria genetica. Il miglioramento genetico contribuisce alla sicurezza alimentare e alla sostenibilità agricola odierna ma ha origini antichissime nella società umana.

### MUTAGENESI

nel miglioramento genetico la mutagenesi è una tecnica che induce mutazioni nel DNA delle piante o degli animali per creare nuove varianti con caratteristiche desiderabili, come una maggiore resistenza alle malattie o una resa migliorata. Queste mutazioni possono essere provocate tramite agenti chimici o radiazioni e in tal caso rientrano nella classificazione delle tecniche non OGM, già in uso prima dell’introduzione della normativa dell’Unione Europea del 2001. Altre tecnologie moderne di mutagenesi, come il genome editing, non sono al momento incluse tra le tecniche esentate dalla regolamentazione OGM.

### SELEZIONE GENOMICA

Metodo di selezione di razze e varietà di animali da allevamento e piante agrarie per l’approvvigionamento di cibo e materiali basato sull’utilizzo dell’informazione genetica contenuta nella molecola di DNA anziché sull’osservazione delle caratteristiche visibili o altrimenti misurabili. L’informazione genetica coinvolta in tali procedure viene solo interpretata ma non modificata mediante mutagenesi o tecniche di ingegneria genetica.

### NUOVE TECNICHE GENOMICHE (NTG) o TECNICHE DI EVOLUZIONE ASSISTITA (TEA)

Le nuove tecniche genomiche (NTG), soprannominate tecniche di evoluzione assistita (TEA) in Italia, sono avanzate metodologie di ingegneria genetica che permettono modifiche precise e mirate del DNA degli organismi senza l’introduzione di materiale genetico esogeno come nel caso degli organismi geneticamente modificati in senso stretto (OGM). Tra queste, il genome editing con il metodo CRISPR-Cas9 è la più nota, consentendo l’inserimento, la rimozione o la sostituzione di specifiche sequenze genetiche. Queste tecniche offrono opportunità avanzate per il miglioramento delle piante e degli animali, aumentando l’efficienza e la precisione rispetto ai metodi tradizionali di mutagenesi e selezione.

# RESILIENZA E SOSTENIBILITÀ IN AGRICOLTURA: IL RUOLO DELLE RADICI

Le piante, non potendosi spostare, completano il loro ciclo biologico nel luogo dove germinano, che può presentare condizioni avverse alla loro crescita e sviluppo. Esse però hanno un'elevata capacità di adattamento agli stress e capacità di modificare le caratteristiche fisico-chimiche e biologiche dell'ambiente che le circonda. La selezione di linee in funzione della loro maggiore capacità adattativa agli stress può essere un'azione efficace per ottenere un'agricoltura a bassi input di sintesi e, quindi, più sostenibile.

Foto: Università di Udine

Sperimentazione in tunnel di piante di vite cresciute a diverso regime idrico, azotato e potassico presso l'Azienda Agraria "A. Servadei" (Di4A, Università degli Studi di Udine, Udine).

I livelli produttivi richiesti alle piante coltivate sono tali da non poter essere raggiunti se non con **rifornimenti esterni dei nutrienti**, pur in presenza di considerevoli quantità endogene di questi nutrienti nel suolo. Essi, infatti, anche se presenti possono mostrare una scarsa biodisponibilità per le piante, ovvero non risultare prontamente disponibili per l'assorbimento radicale (forme inorganiche scarsamente solubili o organiche non direttamente utilizzabili), e pertanto risulta necessario apportarli/integrarli con fertilizzanti per lo più in forma minerale.

In particolare è importante chiarire i meccanismi di risposta alle fluttuazioni delle forme disponibili dei nutrienti e delle strategie messe in atto dai vegetali per mantenere un rifornimento sufficiente e bilanciato dei nutrienti essenziali per il proprio sviluppo.

## MECCANISMI DI RISPOSTA DELLE RADICI AGLI STRESS NUTRIZIONALI

Una **limitata disponibilità nutrizionale** può impedire una normale crescita dei vegetali, limitare la loro capacità di risposta agli stress e causare consistenti peggioramenti delle caratteristiche quantitative e qualitative delle produzioni agricole.

Per un'attività agricola mirata a un uso efficiente delle risorse disponibili (nutrienti, acqua) e alla diminuzione degli apporti di fertilizzanti, la conoscenza delle **modalità con cui le piante acquisiscono e utilizzano i nutrienti** è cruciale così come gli aspetti regolativi sottesi al coordinamento tra le attività di assorbimento e quelle assimilativa dei nutrienti. È noto che numerose piante rispondono a condizioni di allevamento che prevedono un limitato rifornimento di nutrienti, attivando i meccanismi di assorbimento (trasportatori) dei nutrienti a livello radicale, modificando la crescita dell'apparato radicale e ri-programmando il metabolismo al fine di favorire una ri-mobilizzazione e ri-distribuzione dei nutrienti più limitanti all'interno della pianta.

Misurazione degli scambi gassosi in piante di vite. Tali misure consentono di valutare la velocità di alcuni importanti processi vegetali, quali la fotosintesi e la traspirazione fogliare.



## UN ESEMPIO: RISPOSTA ALLA SCARSITÀ DI FERRO BIODISPONIBILE

Ad esempio, in terreni calcarei e ben areati la quantità di **ferro biodisponibile** per l'assorbimento radicale può risultare assai limitata. Per contrastare tali condizioni avverse, la maggiore parte delle specie vegetali tende a promuovere la solubilità di questo elemento grazie a un'intensa attività di acidificazione nelle aree di suolo a contatto con le radici (rizosfera) e ad aumentare la superficie di suolo esplorata dalle radici mediante proliferazione di peli radicali e di radici secondarie (ramificazione). La **capacità di acidificare la rizosfera e di stimolare lo sviluppo radicale** sono alcuni dei tratti distintivi che maggiormente contraddistinguono le specie a maggiore efficienza di acquisizione dell'elemento. Cercare di individuare tali descrittori e quantificarli nelle diverse linee vegetali è uno degli obiettivi degli studi di fenotipizzazione.

## AGRICOLTURA 4.0: USO RAZIONALE DEI FERTILIZZANTI

Nell'ambito del progetto Agritech, un'attività di ricerca condotta dal Di4A (Dipartimento di Scienze agroalimentari, ambientali e animali dell'Università di Udine) prevede lo studio fenotipico di alcune varietà di vite e di varie specie cerealicole e leguminose (come il lupino) che sono state individuate sulla base della loro rilevanza economica in regione e/o del loro valore nutrizionale.

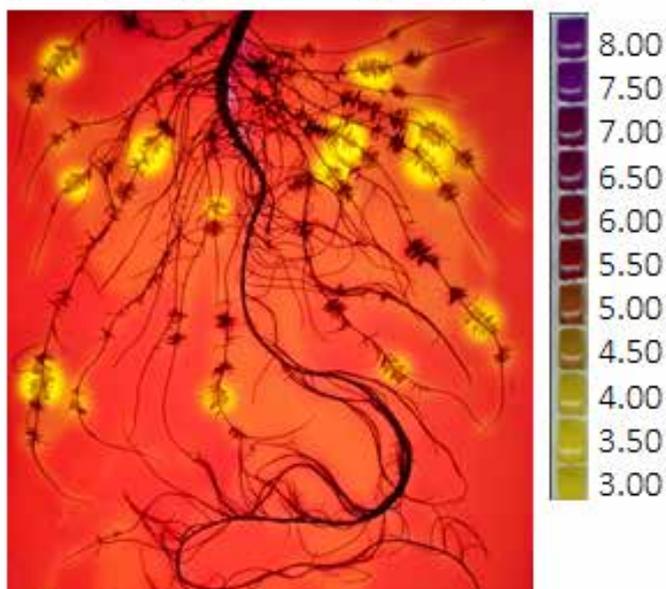
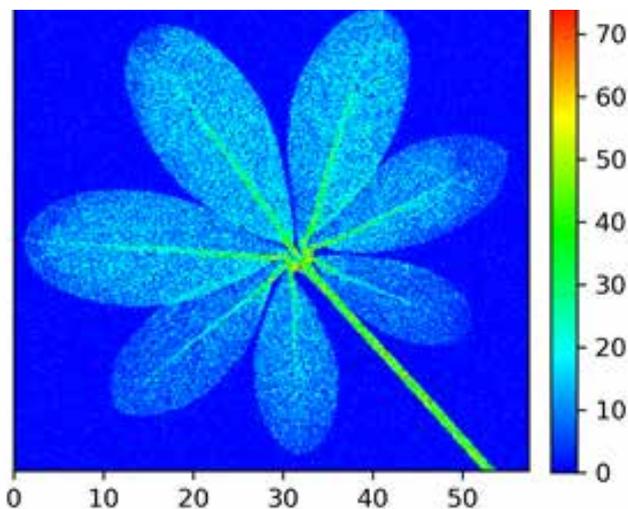
Per una **agricoltura a bassi input**, risulta fondamentale selezionare delle varietà che presentino un'alta efficienza di acquisizione dei nutrienti. Pertanto, la ricerca di UNIUD ha l'obiettivo di fenotipizzare la **risposta vegetale agli stress nutrizionali e idrici**, localizzando il segnale di espressione dei geni maggiormente coinvolti nella regolazione della crescita radicale e nell'acquisizione degli elementi e correlandoli con l'analisi quali-quantitativa degli elementi nei tessuti vegetali.



## I VANTAGGI DELLE TECNICHE INNOVATIVE DI FENOTIPIZZAZIONE

La fenotipizzazione mediante tecniche innovative e non invasive (quale l'analisi iperspettrale), assieme a sistemi sempre più sofisticati per la gestione ed elaborazione dei dati (tecniche di intelligenza artificiale), consente di ridurre i tempi, i costi e la laboriosità delle operazioni analitiche, consentendo anche il monitoraggio dello stesso individuo durante tutto il ciclo biologico. In questo modo si possono individuare **nuovi tratti distintivi dei caratteri di resilienza delle piante agli stress**. La messa a punto di tali tecniche innovative di fe-

notipizzazione oltre ad affiancare le fasi di selezione alla ricerca di specie/linee più resilienti, può rivelarsi importante anche **per identificare le forme più appropriate di fertilizzanti e biostimolanti** che stimolino maggiormente le piante a rispondere in modo pronto ed efficiente a condizioni edafiche avverse. Nel contesto di un'Agricoltura 4.0, tali ricerche promuoveranno lo sviluppo di strumenti per facilitare l'individuazione di segnali di stress nelle colture (usando per esempio delle telecamere iperspettrali, droni o smartphone) fornendo un supporto decisionale per le pratiche agricole (apporto irriguo, fertilizzazioni, trattamenti fitosanitari o altro).



Immagini riferite a piante di lupino bianco cresciute secondo diversi apporti nutrizionali di azoto e fosforo. La foto in alto a sinistra confronta le chiome di piante di lupino in azoto (a sinistra) e di fosforo carenza (a destra). In alto a destra viene riportato il dettaglio di una foto di lupino bianco analizzata mediante raggi-X (immagine acquisita da Prof. Vogel Mikus Katarina, NIB, Lubiana, Slovenia). In basso a sinistra è riportato l'apparato radicale di piante di lupino in fosforo carenza dove si possono apprezzare i cluster roots e i noduli dei batteri azoto fissatori. In basso a destra è fotografato l'apparato radicale di lupino bianco posto su un gel che cambia colore in funzione dell'acidità (indicatore di pH: giallo corrisponde a zone a bassa acidità, rosso-zone a valori di pH neutro, viola-zone a pH alcalino); nell'immagine si evince la capacità di acidificazione di radici di lupino in fosforo carenza, le zone gialle sono porzioni di radice ad alta densità radicale (definite cluster roots) dove avviene una maggiore acidificazione).

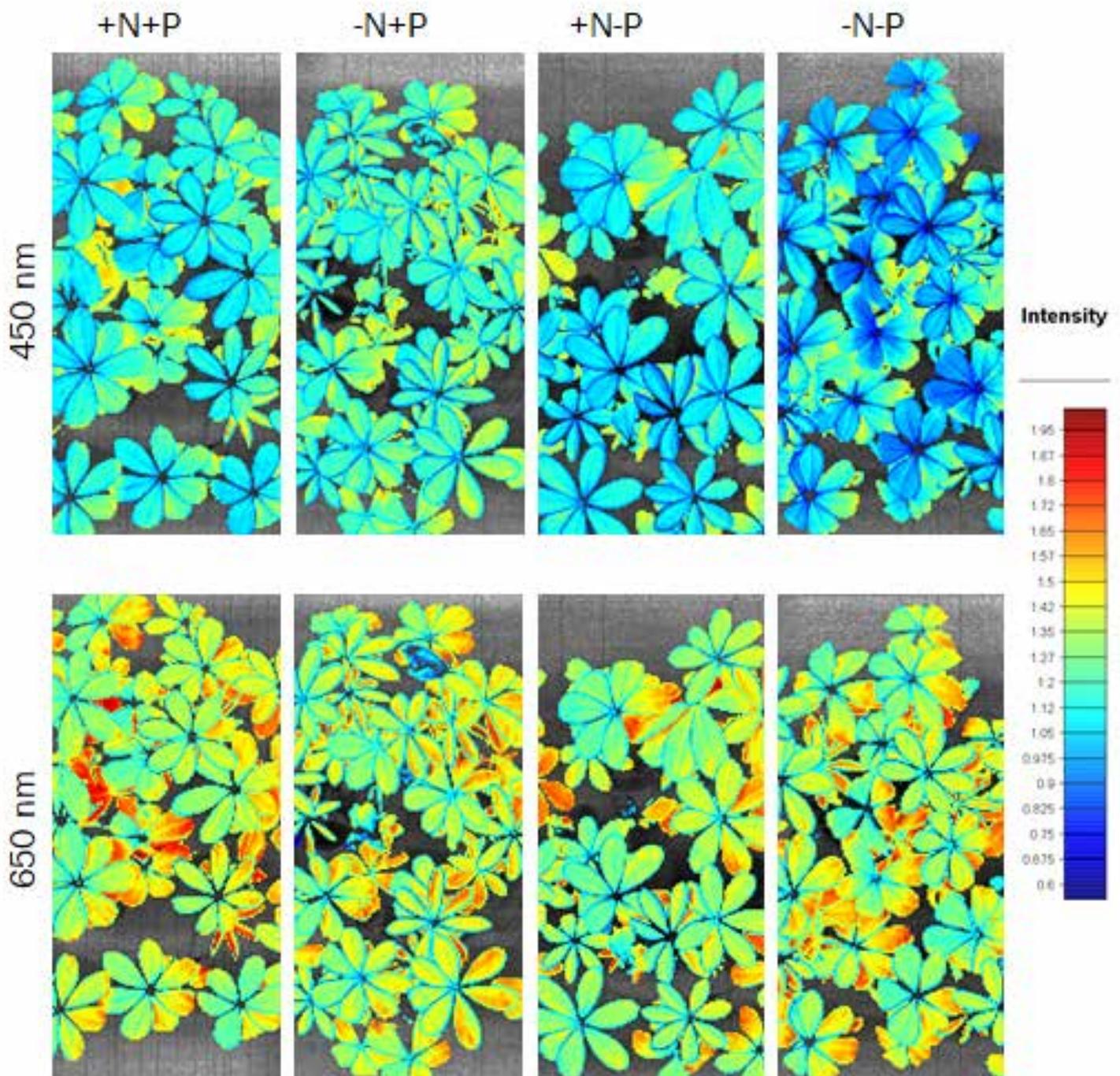


Foto di foglie di lupino bianco acquisite a due lunghezze d'onda (450 e 650 nm) mediante macchina iperspettrale. Piante cresciute con diversi apporti nutrizionali azotati e fosfatici, ovvero piante cresciute in: soluzione nutritiva: completa (+N+P), soluzione nutritiva azoto carente (-N+P), soluzione nutritiva fosforo carente (+N-P), oppure soluzione nutritiva azoto e fosforo carente (-N-P).

## PROSPETTIVE FUTURE

Lo sviluppo di tecniche innovative e non invasive per la fenotipizzazione delle piante coltivate consentirà di selezionare linee ad alta resilienza agli stress ed efficienza di acquisizione di nutrienti tali da consentire un basso apporto di input di sintesi in agricoltura.

Michele Canciani  
Arianna Lodovici  
Nicola Tomasi  
Gabriella Vinci  
Laura Zanin  
Università di Udine

## PAROLE CHIAVE

### **AGRICOLTURA A BASSI INPUT**

un'agricoltura che richiede un utilizzo di sostanze chimiche di sintesi (fertilizzanti, pesticidi...) limitato / ridotto rispetto all'agricoltura intensiva, promuovendo invece l'utilizzo di pratiche agro-ecologiche sostenibili, esempio è l'uso di irrigazione a goccia o inoculo di micorrize.

### **ANALISI IPERSPETTRALE**

insieme di processi capaci di identificare, misurare e rappresentare la riflettanza delle radiazioni magnetiche, consentendo di analizzare aspetti difficili da vedere all'occhio umano. Queste tecniche permettono una rapida, profonda e non invasiva fenotipizzazione delle colture utilizzando diversi indici iperspettrali.

### **BIODISPONIBILITÀ**

la disponibilità nel suolo di un nutriente a essere assorbito dalla pianta attraverso le radici. La biodisponibilità di un nutriente è influenzata dalle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo, le quali determinano la concentrazione di nutrienti nella soluzione del suolo.

### **CONDIZIONI EDAFICHE**

si riferiscono alle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo che influenzano la crescita della pianta. La gestione delle condizioni edafiche è necessaria per mantenere un'ambiente ideale alla crescita delle piante e migliorare l'ecosostenibilità ambientale.

### **FENOTIPIZZAZIONE**

il processo di caratterizzazione di un fenotipo che si origina tra l'interazione di un genotipo e l'ambiente che lo circonda. I tipi di fenotipizzazione possono basarsi su valutazioni della risposta vegetale, ad esempio mediante approcci biochimici, fisiologici, morfologici.

# INNOVAZIONI COLLABORATIVE PER L'ADATTAMENTO DELLE AZIENDE AGRICOLE A UN CLIMA CHE CAMBIA

Le aziende agricole si confrontano quotidianamente con il cambiamento climatico e la produzione primaria affronta problemi quali ondate di calore, siccità e allagamenti. Un approccio collaborativo e partecipativo aiuta a superare le difficoltà che gli agricoltori incontrano nell'applicare le innovazioni e alcune soluzioni per supportare l'adattamento a un clima che cambia. In questo contesto nasce la rete di aziende agricole friulane del progetto Agritech.

Foto: Università di Udine

Danni da grandine su mais in Friuli Venezia-Giulia nell'estate 2023.

Le aziende agricole, qualunque sia il loro indirizzo produttivo, si confrontano quotidianamente con il cambiamento climatico sia per eventi 'estremi' come la siccità, le ondate di calore, gli allagamenti, il gelo o la grandine, in grado di ridurre o azzerare i raccolti, sia per mutate condizioni meteorologiche che impattano sulle modalità e sui tempi delle attività quali le lavorazioni del terreno, la semina delle colture, le fertilizzazioni il controllo delle piante infestanti, nonché la scelta di quali colture impiantare in mancanza o con limitate risorse idriche per gli interventi di irrigazione. Per tutte queste ragioni le aziende agricole cercano di adattarsi al clima che cambia mettendo in atto una serie di azioni specifiche per il proprio sistema produttivo e l'ambiente in cui sono situate.



Visita di parcelle dimostrative di colture di diversificazione presso l'Azienda Sperimentale A. Servadei dell'Università di Udine nel maggio 2023.

## COME LE AZIENDE AGRICOLE SI STANNO ADATTANDO AI CAMBIAMENTI DEL CLIMA

Esistono diverse strategie e innovazioni (*"2021. Climate Resilient Practices: typology and guiding material for climate risk screening"*, FAO Rome 2021) che permettono di migliorare la capacità delle aziende agricole di adattarsi al cambiamento climatico: l'utilizzo di varietà resistenti agli stress idrici o con ciclo colturale più breve, la semina anticipata o ritardata, l'introduzione di colture più adatte e di tecniche di gestione più economiche e sostenibili per le lavorazioni o l'uso più efficiente degli input (irrigazioni, fertilizzanti e fitofarmaci).

Tuttavia, la scelta di quale o quali pratiche innovative adottare, seppur note, non è semplice in quanto spesso comporta dei **cambiamenti, anche significativi, nella gestione aziendale**. Oltre a nuovi investimenti o costi aggiuntivi, sono **richieste nuove conoscenze** che vanno adattate/interpretate nel contesto aziendale in cui si opera, correndo un rischio dovuto all'inesperienza nel loro uso. Infine, si può anche arrivare ad adattamenti nelle filiere di destinazione dei prodotti agricoli abitualmente utilizzate.

## L'IMPORTANZA DELLA CONDIVISIONE DELL'INNOVAZIONE: GLI APPROCCI COLLABORATIVI

In uno studio dell'Università di Wageningen (*"Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy"*, 2016 *Journal of cleaner production*, 112, 9-21.) gli autori hanno sottolineato come per accelerare l'adozione delle innovazioni (soprattutto quelle di sistema) in agricoltura non sia sufficiente identificarle, incentivarle economicamente o parlare dei benefici in riviste o incontri di settore. **Per favorire una stabile e convinta adozione delle innovazioni da parte delle aziende agricole** si propone un approccio collaborativo o partecipativo. Esso si basa sul progettare, testare e adattare l'innovazione insieme alla azienda agricola che potrebbe andare ad adottarla. A livello europeo, gli approcci collaborativi sono stati sviluppati all'interno dei **partenariati per l'innovazione (PEI-AGRI)**, che hanno sponsorizzato i Gruppi Operativi.

- La banca dati dei Gruppi Operativi italiani contiene informazioni su più di 100 gruppi operativi che hanno ideato e testato soluzioni per adattarsi ai cambiamenti climatici ([innovarurale.it/it/pei-agri/gruppi-operativi-italia](http://innovarurale.it/it/pei-agri/gruppi-operativi-italia))

## ESEMPI DI APPROCCI COLLABORATIVI: RETI DI AZIENDE AGRICOLE, LIVING LABS, AZIENDE DIMOSTRATIVE E LIGHTHOUSE

In realtà, non esiste un solo tipo di approccio collaborativo, ma ne esistono diversi specifici per innovazioni, gruppi e situazioni locali diverse.

Ad esempio, per **reti di aziende agricole** (*farmers' network*) si intende un gruppo formato prevalentemente da agricoltori, ma anche da altri attori, che condivide un obiettivo, es. conversione all'agricoltura biologica o conservativa e che si ritrova

periodicamente per discussioni, analisi dei risultati di azioni comuni, visite alle aziende dei membri del gruppo o in altre aziende o gruppi.

Un altro tipo di approccio è quello dei **living labs**. Essi sono dei laboratori a cielo aperto che permettono di progettare e testare azioni, pratiche o sistemi innovativi da poter applicare, se ritenute valide, presso le altre aziende.

Sia all'interno di reti di aziende che dei **living labs** possono esistere **aziende dimostrative** che sono aperte a visite per mostrare un'innovazione su scala aziendale.

- In Europa esiste una rete di aziende dimostrative chiamata **climate farm demo**, che testano soluzioni innovative per l'adattamento al cambiamento climatico ([climatefarmdemo.eu/cfd/en/#/farms](http://climatefarmdemo.eu/cfd/en/#/farms)).

Oltre alle aziende dimostrative possono essere presenti anche delle **aziende pilota**, dette anche

Il Licor710, uno strumento per la misura diretta dell'evapotraspirazione, viene testato dall'autunno 2023 presso l'azienda A. Servadei dell'Università di Udine nell'ambito del progetto Agritech.



*lighthouse farms*: queste rappresentano aziende che nell'adottare una innovazione hanno raggiunto risultati particolarmente rilevanti che le rendono quindi esempi di buone pratiche che possano essere portati da esempio per azioni non solo dimostrative ma anche di comunicazione e di supporto alla formazione. A livello mondiale esiste una rete di *lighthouse farms* ([lighthousefarm-network.com/lighthouse-farms](https://lighthousefarm-network.com/lighthouse-farms)). La collaborazione tra il mondo della ricerca, dei servizi tecnici e gli agricoltori, anche attraverso l'uso delle nuove tecnologie permette di creare soluzioni sempre più adattate alle esigenze degli agricoltori.

- Negli Stati Uniti esistono gruppi di agricoltori che gestiscono sperimentazioni in azienda agricola e hanno a disposizione degli strumenti per poter facilmente analizzare i dati dei loro esperimenti, traendone le conclusioni più utili per la loro attività. Un esempio di questi strumenti è il FarmStat sviluppato dalla University of Nebraska Lincoln ([cropwatch.unl.edu/farm-stat](https://cropwatch.unl.edu/farm-stat)).



Le aziende agricole interessate a partecipare alle attività del progetto Agritech possono contattare gli autori di questo articolo

## LA RETE DI AZIENDE AGRICOLE DEL PROGETTO AGRITECH IN FVG

Nell'ambito del progetto Agritech, finanziato dal PNRR, il DI4A dell'Università degli Studi di Udine sta coordinando una rete di aziende agricole friulane. Il progetto, in collaborazione con le università di Padova, Bolzano, Torino e il CNR, si concentra in particolare sulla **gestione di tre risorse chiave per l'adattamento** al cambiamento climatico: **l'acqua, il carbonio e l'energia**. Nella nostra regione, sono in particolare coinvolte in questo progetto venti aziende a seminativo, zootecniche da latte e viticole. Le attività della rete di aziende, in questa fase iniziale, prevedono la realizzazione di sperimentazioni sia presso l'azienda "A. Servadei" dell'Università di Udine che presso aziende partner, la realizzazione di giornate dimostrative e di incontri, ad esempio su nuove tecniche colturali o nuovi strumenti e sensori per una gestione più efficiente delle risorse.

**Elisa Marraccini**  
**Gabriela Alandia Robles**  
**Gemini Delle Vedove**  
 Università degli Studi di Udine



# STRATEGIE DI GESTIONE DEL SUOLO PER IL VIGNETO: UNO STUDIO PLURIENNALE SU *COVER CROPS* E MONITORAGGIO DELLO STATO IDRICO DELLE PIANTE

Foto: Reinhard da Pixabay

La gestione delle coperture vegetali all'interno dei vigneti può rappresentare una strategia per fornire soluzioni in risposta alle sfide del cambiamento climatico nell'ambito della viticoltura. In un progetto coordinato da UniUD che coinvolge tre regioni italiane, l'effetto di diverse gestioni del suolo sullo stato idrico delle piante di vite è monitorato tramite sensori innovativi: essi forniranno dati importanti per determinare le migliori pratiche agricole per mitigare la scarsità idrica nel nostro Paese.

In ambienti mediterranei, i suoli viticoli sono estremamente sensibili alla degradazione causata dalle condizioni ambientali. La moderna pratica viticola lascia una considerevole porzione della superficie del terreno non coltivata, necessaria per garantire un adeguato rifornimento idrico e nutrizionale alle viti, e consentire il passaggio delle attrezzature agricole anche a seguito di eventi di pioggia. Questa area è particolarmente vulnerabile alla perdita di fertilità e alla erosione, le pratiche di conservazione del suolo sono quindi diventate fondamentali per mitigare la degradazione di suolo nei vigneti.



Foto: Alexander Vollmer da Pixabay

## I SERVIZI ECOSISTEMICI DELLE COLTIVAZIONI DI COPERTURA

Una delle tecniche più comuni per contrastare questo fenomeno è l'uso delle colture di copertura, che consiste nella semina di piante erbacee che crescono insieme alla coltura principale, offrendo una serie di benefici chiamati “servizi ecosistemici”. Tra questi servizi vi è il miglioramento della struttura del suolo, un aumento della ritenzione idrica, una riduzione della crescita delle erbe infestanti, la promozione della biodiversità e un contributo al sequestro del carbonio. Inoltre, la competizione creata dalle colture di copertura permette di ridurre lo sviluppo vegetativo della vite nelle fasi iniziali di crescita permettendo a questa di sopportare meglio le eventuali condizioni di stress idrico estivo.

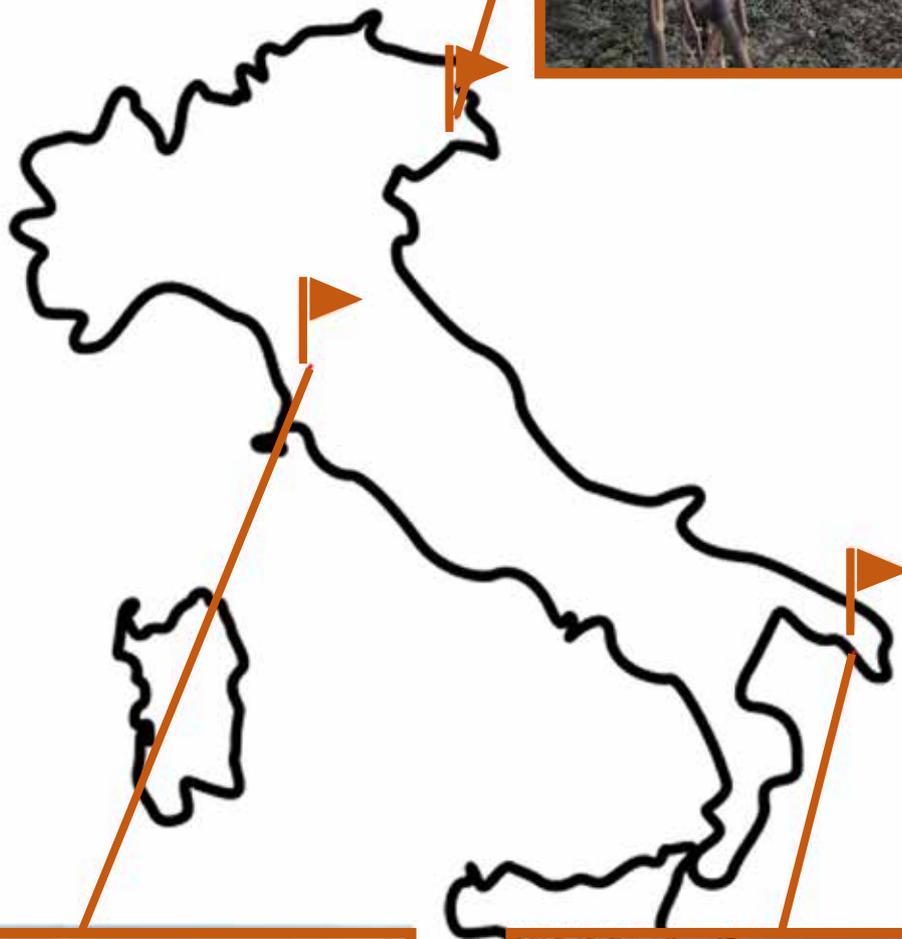
## NUOVE ATTIVITÀ DI RICERCA AGRITECH

Il progetto finanziato dai fondi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) Agritech nel task 4.2.2 ha come focus principale la mitigazione dell'impatto negativo del cambiamento climatico sui suoli viticoli italiani, attraverso l'uso di colture di copertura.

Le attività di questa task di progetto sono coordinate dal Dipartimento di Scienze agroalimentari, ambientali e animali della Università degli studi di Udine, che opera su **tre aziende distribuite sul territorio nazionale**: Azienda Agricola Specogna (Corno di Rosazzo, UD, Friuli-Venezia Giulia), Azienda Agricola La Vite (Cenaia – Crespina, PI, Toscana), e Azienda agricola Villani Miglietta (Carmiano, LE, Puglia). Nelle tre aziende sono messe a confronto

tre diverse colture di copertura seminate nell'interfilare dei vigneti: Favino chiaro (leguminosa), Segale (graminacea) e un mix di Segale e Favino; le colture seminate sono confrontate con un controllo lavorato negli interfilari, ossia una situazione in cui il terreno tra i filari di vite è mantenuto privo di vegetazione.

#### SPERIMENTAZIONI CON LE COLTURE DI COPERTURA SEMINATE NEGLI INTERFILARI



Distribuzione sul territorio italiano dei tre vigneti soggetti alle prove sperimentali con le colture di copertura seminate negli interfilari.

## NUOVI DATI DA SENSORI INNOVATIVI

L'effetto delle quattro gestioni di suolo sullo stato idrico delle piante di vite è monitorato in continuo grazie alla installazione di sensori Tree Talker su 36 viti per ogni sito sperimentale. Con questi sensori possiamo registrare il flusso idrico nei fusti di ogni pianta, e la disponibilità idrica a livello radicale, fornendo dati innovativi sulla disponibilità idrica in campo.

Le colture di copertura seminate nel vigneto avranno un diverso impatto sulla disponibilità idrica e sulla competizione radicale con la vite: la sensoristica installata in questi tre vigneti fornirà dati importanti per determinare le migliori pratiche agricole per mitigare la scarsità idrica nel nostro paese.

Altri servizi ecosistemici di queste colture di copertura saranno valutati nel corso di questo progetto, come: l'accumulo di carbonio nel suolo, la respirazione del suolo, e l'effetto di queste colture sulla biodiversità vegetale. Questi dati raccolti a tre latitudini distinte rappresentano una grande opportunità per comprendere l'effetto di queste pratiche agricole sui suoli di diverse realtà italiane.



Sensoristica installata nel vigneto della azienda agricola Specogna (Corno di Rosazzo, UD). I sensori in foto misurano il flusso idrico della pianta e la disponibilità idrica a livello radicale.

**Mirko Sodini**  
**Paolo Sivilotti**

Università degli Studi di Udine



# ALLEVAMENTI ANIMALI E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Foto: lilla79 da Pixabay

L'allevamento degli animali, soprattutto dei ruminanti, è responsabile di rilevanti emissioni di gas climalteranti, ma una sua gestione sostenibile può apportare benefici ambientali e sociali attraverso diversi servizi ecosistemici. Questi subiscono gli effetti del clima che cambia, come è evidente anche nel settore apistico: una riduzione della salute degli insetti impollinatori come le api si ripercuote su quella degli ecosistemi.

A questi aspetti sono dedicate specifiche attività di monitoraggio e ricerca di UniUD.

Un recente studio della Banca Mondiale (2021, *Moving Towards Sustainability: The Livestock Sector and the World Bank*) indica che il settore agricolo contribuisce per circa il 11% a tutte le **emissioni di gas serra**. La maggior parte derivano dall'allevamento del bestiame. Tra queste, le emissioni enteriche (**soprattutto di metano**) dei bovini corrispondono a più del 4% del totale delle emissioni di gas serra. Considerando che 1,3 miliardi di persone dipendono dall'allevamento del bestiame risulta chiaro il ruolo chiave dell'allevamento animale sulle future dinamiche riguardanti il riscaldamento globale, ma anche sulla fornitura di altri servizi ecosistemici.



Foto: Leopictures da Pixabay

## I SERVIZI ECOSISTEMICI DEGLI ALLEVAMENTI SOSTENIBILI

I ruminanti possono **convertire il foraggio** proveniente dalle praterie (questi ecosistemi ricoprono il 30% delle terre emerse prive di ghiacci), **in alimenti a elevato valore nutrizionale** quali carne e latte. I prodotti di origine animale, e la carne in particolare, hanno un elevato valore biologico della proteina, sono ricchi di composti bioattivi e sono importanti per l'alimentazione anche per l'apporto di micronutrienti.

La gestione sostenibile delle aziende zootecniche può avere un ruolo importante nella definizione della piacevolezza scenica del **paesaggio**, nel mantenimento della **biodiversità**, nella riduzione del **rischio idrogeologico e/o di incendi**, nel mantenimento di **tradizioni**, ma ha anche la capacità di influire sull'attività degli **impollinatori**.

## VALUTARE LA SOSTENIBILITÀ DELLE AZIENDE ZOOTECHNICHE

Dunque, valutare la sostenibilità delle produzioni zootecniche solamente in base alla loro **impronta carbonica** (uno studio condotto in alcune aziende regionali riporta emissioni di 1,1–1,4 kg CO<sub>2</sub>-eq per ogni kg di latte) risulta riduttivo poiché non considera l'insieme degli altri servizi ecosistemici.

Attraverso le attività del Centro Nazionale Agri-tech, continuano i monitoraggi e le valutazioni necessarie ai fini della **riduzione delle emissioni**

**del comparto zootecnico**, ma queste dovranno essere collegate al monitoraggio degli altri servizi ecosistemici che queste aziende sono in grado di erogare se consapevoli e opportunamente gestite. Dunque la sostenibilità dell'allevamento bovino deve essere contestualizzata **nell'insieme dei servizi ecosistemici** che sono parte fondamentale della sostenibilità sia ambientale sia sociale dell'azienda. Le sfide riguardano la remunerazione dei servizi ecosistemici che attualmente non hanno un mercato e sono di difficile identificazione e quantificazione. Le attività future si concentreranno nel determinare le emissioni di gas serra delle aziende zootecniche nel modo più preciso possibile e nell'individuare le **azioni di mitigazione** quali il miglioramento dell'efficienza produttiva o riproduttiva della mandria e nell'individuare, valorizzare e aumentare la fornitura di servizi ecosistemici.

## L'ATTIVITÀ APISTICA

Fra gli allevamenti animali, l'attività apistica contribuendo al fondamentale servizio ecosistemico dell'**impollinazione**, svolge un ruolo cruciale sia negli ambienti naturali che in quelli agricoli. Di conseguenza, qualsiasi fattore negativo per le api può produrre **effetti sfavorevoli a cascata** sull'ambiente, sull'economia e sull'intera società, come vediamo nel box di approfondimento e anche nell'articolo di Francesco Nazzi sulle api selvatiche **[API E CAMBIAMENTI CLIMATICI: LA GOCCIA CHE FA TRABOCCARE IL VASO](#)** a pag. 145.

## LE API DOMESTICHE E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

L'ape da miele (*Apis mellifera*) è un insetto sociale che vive in famiglie numerose, composte da migliaia di individui. Oltre a produrre il miele, l'ape svolge da sempre un insostituibile servizio di impollinazione delle piante coltivate, che si riflette in produzioni agricole quantitativamente e qualitativamente più elevate, e delle piante spontanee, preservando la biodiversità vegetale dei nostri ambienti. Si stima infatti che il 85% delle piante con fiore dipenda dall'impollinazione animale, che viene garantita principalmente dalle api.

Purtroppo, negli ultimi anni sono state registrate gravi e diffuse morie di alveari, attribuite a fattori di natura biotica (ad esempio parassiti e patogeni) e abiotica (ad esempio pesticidi e scarsità di risorse), talora interconnessi fra loro. A queste problematiche, si aggiungono i cambiamenti climatici, che possono condizionare il benessere e la sopravvivenza degli alveari, intensificando l'effetto negativo dei fattori di stress appena menzionati.

Cosa può accadere alle api se aumentano le temperature?

Normalmente, nei climi temperati, una colonia d'api avvia la propria attività in primavera, quando iniziano le prime fioriture e il conseguente allevamento di covata, che porta allo sviluppo di famiglie che presentano fino a 50.000 individui a inizio estate.

Tuttavia, l'incremento del numero di api nella colonia coincide con l'incremento della popolazione di un pericoloso acaro parassita (*Varroa destructor*), che si riproduce proprio nelle cellette di covata, raddoppiando di numero ogni tre settimane.

Inverni miti, come quello appena trascorso (a gennaio 2024, nella pianura friulana, la temperatura media mensile si è attestata intorno a 4-5 °C, risultando di circa 1 °C più calda rispetto all'ultimo trentennio - ARPA FVG, (Meteo FVG Report, Gennaio 2024, [https://www.meteo.fvg.it/pubblicazioni/meteo-fvg//2024/meteo.fvg\\_2024-1\\_it.pdf](https://www.meteo.fvg.it/pubblicazioni/meteo-fvg//2024/meteo.fvg_2024-1_it.pdf)), inducono le api ad allevare precocemente covata; di conseguenza, a inizio estate, il numero di parassiti raggiunge valori insostenibili dalla colonia che, se non trattata tempestivamente dall'apicoltore, soccombe. Peraltro, l'incremento della popolazione di *Varroa* nelle colonie favorisce la diffusione e la proliferazione di un patogeno letale per le api, ovvero il Virus delle Ali Deformi, con esiti conseguentemente nefasti.

Cosa possiamo fare per ridurre gli effetti negativi del cambiamento climatico?

Fortunatamente, le api possiedono un sistema immunitario che, se adeguatamente alimentato, può contrastare efficacemente i parassiti e i patogeni. Infatti, è stato osservato che le api nutrite con polline presentano infezioni virali moderate rispetto a quelle malnutrite.

Ognuno di noi, dunque, può contribuire al benessere delle api garantendo loro un pascolo adeguato nei momenti più critici, ovvero in estate, quando *Varroa* e virus proliferano negli alveari e le fioriture scarseggiano.

Tale azione benefica, ad esempio, si concretizza limitando gli sfalci nei nostri giardini e lasciando andare in fiore le specie spontanee, oppure seminando degli spazi dedicati alle api, utilizzando apposite miscele di sementi in commercio.

Ulteriori effetti avversi dei cambiamenti climatici su questi preziosi insetti pronubi e sul conseguente impatto sul servizio ecosistemico dell'impollinazione sono attualmente allo studio, per comprenderne appieno le ripercussioni a livello di individuo e di colonia, al fine di adottare le più opportune contromisure di mitigazione.



Foto: Simon Oberthaler da Pixabay

## PAROLE CHIAVE

### **IMPOLLINAZIONE**

trasporto di granelli di polline da una pianta all'altra, per favorirne la fecondazione incrociata.

### **FATTORI BIOTICI**

organismi viventi che agiscono su determinati processi.

### **FATTORI ABIOTICI**

caratteristiche ambientali non direttamente dipendenti dagli esseri viventi (radiazione, temperatura, processi geologici, ecc).

### **PARASSITA**

organismo che vive a spese e come ospite di un altro essere vivente.

### **PATOGENO**

microrganismo responsabile dell'insorgenza di una malattia.

### **PRONUBO**

animale che favorisce l'impollinazione delle piante.

**Mirco Corazzin**  
**Desiderato Annoscia**  
Università degli Studi di Udine



# ROBOTICA PER L'AGRICOLTURA 4.0: MONITORAGGIO DELLE CHIOME E DEL SUOLO

Foto: PIR0 da Pixabay

L'utilizzo di sistemi robotici autonomi è una frontiera innovativa nel settore agricolo, specialmente per il monitoraggio della vegetazione e del suolo. Robot mobili con avanzate capacità di rilevamento consentono un controllo preciso delle condizioni di colture e terreno. È un approccio mirato ed efficiente per ottimizzare la gestione delle risorse, migliorare la qualità delle colture e massimizzare la produttività agricola, promuovendo una produzione alimentare più sostenibile e resiliente al cambiamento climatico in atto.

L'agricoltura ha da sempre un impatto significativo sull'ambiente in termini di utilizzo delle risorse naturali (acqua *in primis*), inquinamento, emissioni di gas serra e perdita di biodiversità a scala locale e globale.

La sfida per il futuro è proprio quella di rendere le pratiche agricole più sostenibili nonostante la produzione agricola debba essere raddoppiata nel 2050 rispetto al 2009 per soddisfare la domanda di una popolazione umana in costante crescita.

## LA STRATEGIA EUROPEA PER LA TRANSIZIONE AGRICOLA

In questo contesto, l'Unione Europea ha sviluppato un piano decennale per guidare la transizione agricola verso **un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente** (la strategia *Farm to Fork*). Infatti, tale strategia mira ad accelerare la transizione verso un sistema alimentare sostenibile, riducendo la dipendenza dai pesticidi, diminuendo l'eccesso di fertilizzazione e proteggendo il suolo, l'acqua, l'aria, la salute delle piante e degli animali. Tutti gli attori della catena alimentare devono quindi contribuire all'attuazione di questo piano, a partire dalla trasformazione dei metodi di produzione che possono beneficiare di nuove soluzioni tecnologiche e digitali per fornire migliori risultati ambientali e climatici.

## NUOVI SISTEMI PER MONITORARE COLTURE, SUOLO E MICROCLIMA

Il **monitoraggio automatizzato** del *continuum* suolo-pianta-atmosfera ad alta risoluzione spazio temporale è fondamentale per trasformare gli attuali sistemi di coltivazione attraverso un più consapevole processo decisionale degli agricoltori e consentendo ai ricercatori di rispondere a domande scientifiche chiave per i nostri sistemi agricoli.

Negli ultimi due decenni si è registrato, in particolare per quanto riguarda il monitoraggio delle colture, del suolo e del microclima, un costante sviluppo di **applicazioni Internet of Things (IoT)** in agricoltura così come lo sviluppo e l'utilizzo di sistemi autonomi e robotici con spiccate capacità computazionali e logiche. In particolare, **la robotica può fornire notevoli benefici** non solo in termini di produzione delle colture e di ottimizzazione dell'uso delle risorse, ma anche di riduzione dell'uso di pesticidi chimici, **migliorando la sostenibilità e le prestazioni climatiche** attraverso un modello più orientato ai risultati, basato sull'uso di dati e analisi aggiornati. Per questi motivi, l'implementazione di soluzioni robotiche autonome, insieme a tecniche di monitoraggio

avanzate, sta diventando di fondamentale importanza nell'ottica di un'agricoltura resiliente e sostenibile. Le **soluzioni robotiche**, infatti, possono acquisire dati da colture e piante a distanza ravvicinata e da diversi punti di vista, sono meno dipendenti dalle condizioni atmosferiche rispetto alle piattaforme aeree, non sono soggette a rigidi regolamenti legislativi e hanno un carico utile per il trasporto di sensori superiore rispetto ai veicoli aerei senza pilota (UAV).

## IL PROTOTIPO DI UNIUD PER LA MAPPATURA 3D

Presso l'Università degli Studi di Udine è attualmente in fase di sviluppo un prototipo di robot mobile per la mappatura 3D in agricoltura, con **un'interessante combinazione di caratteristiche**:

- è in grado di navigare su terreni difficili e passaggi stretti ed è quindi particolarmente adatto a monitorare vigneti e frutteti;
- ha una notevole capacità di calcolo;
- ha un'ottima percezione dell'ambiente e della struttura della vegetazione;
- è in grado di descrivere lo stato di salute della vegetazione per poterlo collegare a determinate caratteristiche delle piante.

Robot mobile Agile-X dell'Università degli Studi di Udine.



## LE CARATTERISTICHE TECNICHE DEL ROBOT DI UNIUD

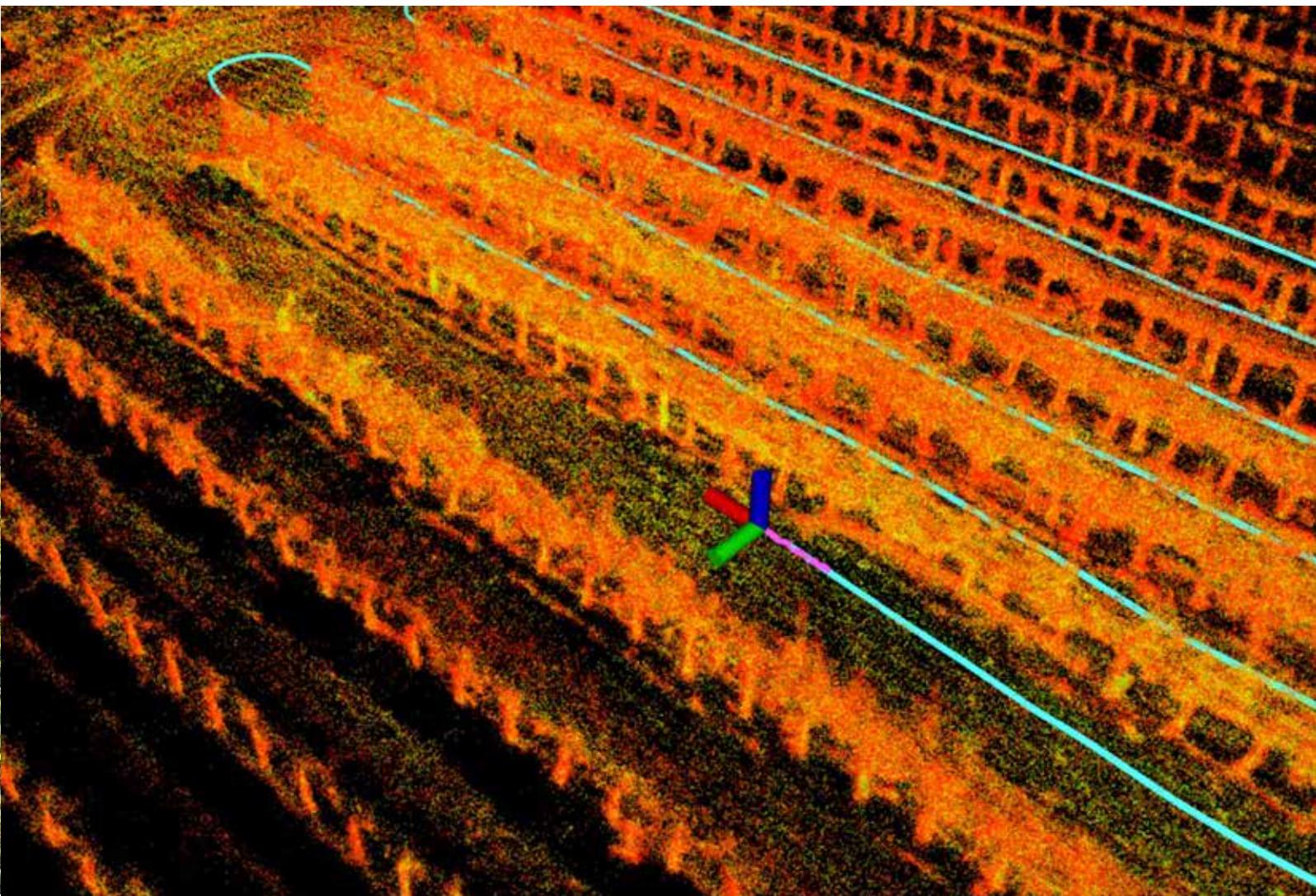
Il prototipo di robot mobile è basato su una piattaforma Agile-X Robotics Scout 2.0. Il robot è in grado di navigare su terreni difficili e passaggi stretti grazie alle quattro ruote motrici e alla cinematica differenziale. Si tratta quindi di una soluzione ottimale soprattutto per il monitoraggio di colture permanenti (per esempio, vigneti e frutteti). La piattaforma è dotata di un ricevitore GNSS a basso costo e di un sensore inerziale (IMU) come sistemi di georeferenziazione diretta. Inoltre, presenta una notevole capacità di calcolo grazie alla scheda NVIDIA Jetson AGX Xavier, sviluppata per sfruttare gli algoritmi di intelligenza artificiale anche nei sistemi embedded. La percezione dell'ambiente è garantita da un sensore LiDAR per il rilievo 3D della struttura della vegetazione e da una telecamera RGB-D. Inoltre, al fine della fenotipizzazione, il robot mobile è dotato di una camera multispettrale per l'acquisizione di immagini multispettrali per la stima degli indici di vegetazione utili per descrivere lo stato di salute della vegetazione.

## UN'APPLICAZIONE PRATICA PER I VIGNETI

Recentemente, il prototipo sviluppato dall'Università di Udine è stato utilizzato per effettuare un'analisi degli **effetti del regime idrico** sullo stato della chioma della vite. In particolare, i dati provenienti dal robot a terra sono combinati con quelli

ottenuti con un UAV per ottenere sia dati riguardanti gli indici vegetativi che la ricostruzione 3D della chioma. Per ricostruire la nuvola di punti 3D, è stato adottato un approccio basato sulla localizzazione e la mappatura simultanea (SLAM). Dalla nuvola di punti 3D si ottengono poi i dati relativi al volume, alla superficie e all'area proiettata delle piante.

Esempio di ricostruzione 3D di un vigneto.



## MONITORARE LE EMISSIONI DI GAS SERRA IN AGRICOLTURA

La robotica può anche essere estremamente utile per migliorare i sistemi di monitoraggio e rendicontazione delle riduzioni delle emissioni di gas a effetto serra **a seguito di diverse strategie gestionali in campo agricolo**.

Attualmente, le emissioni possono essere quantificate attraverso l'utilizzo di modelli oppure attraverso misure in campo. Per quanto riguarda i **modelli**, essi possono presentare notevoli incertezze nelle stime a causa della mancanza di una accurata e completa comprensione del processo che si va a simulare, di un'inadeguata parametrizzazione e di una limitazione associata alla quantità di dati di input richiesti. Per quanto riguarda, invece, le **misure dirette in campo**, molti sistemi di monitoraggio non consentono di avere un'adeguata risoluzione spaziale (per esempio, i sistemi basati su camerette per la misura delle emissioni dal suolo consentono misure puntuali e non distribuite su tutta l'area di interesse) oppure possono essere utilizzati solo in contesti con particolari caratteristiche fisiche (terreni pianeggianti e colture estremamente omogenee come nel caso di tecniche micrometeorologiche come la correlazione turbolenta). Al contrario, **robot mobili dotati di analizzatori di gas** potrebbero consentire un monitoraggio continuo e spazializzato delle emissioni fornendo importanti dati per la validazione di modelli anche complessi.

## UN FUTURO DI INNOVAZIONE E SPERANZA

Nei prossimi anni quindi assisteremo a grandi progressi della robotica mobile applicata all'agricoltura di precisione, dai sensori alle piattaforme mobili, dagli algoritmi di localizzazione ai metodi di intelligenza artificiale, con la speranza che queste innovazioni possano contribuire in modo efficace alla **transizione verso un sistema alimentare più sostenibile**, sano e rispettoso dell'ambiente.

**Scarica tutti i “Segnali dal clima in FVG”:**

<https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/sezioni-principali/cambiamenti-climatici/segnali-dal-clima-in-fvg/>