

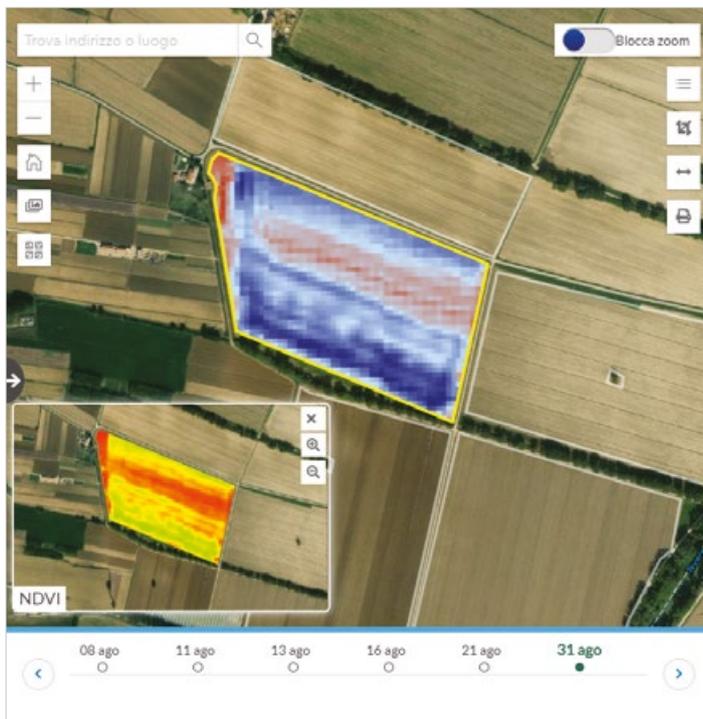
# I SATELLITI A SERVIZIO DELL'AGRICOLTURA 4.0

I SATELLITI OFFRONO IMPORTANTI VANTAGGI NEL MONITORAGGIO DELLE COLTURE DA REMOTO. GLI INDICI DI VEGETAZIONE PERMETTONO DI DESCRIVERE ASPETTI DIVERSI DELLE COLTURE, PER GESTIRE AL MEGLIO APPEZZAMENTI OMOGENEI NELL'IRRIGAZIONE O NELLA CONCIMAZIONE. L'ESEMPIO DI ALCUNI SERVIZI FORNITI DA AGRICOLUS.

**L**e sfide da affrontare per l'agricoltura e il settore agroalimentare sono sempre più urgenti e complesse. La crescita attesa della popolazione nei prossimi anni, la scarsità di risorse fondamentali come il suolo e l'acqua, la perdita di biodiversità e i cambiamenti climatici a cui siamo esposti impongono di incrementare la produzione di cibo in maniera sostenibile. Lo scenario più plausibile per far fronte a queste sfide è l'utilizzo di tecnologie innovative in grado di rinnovare non solo i prodotti, ma anche i processi in agricoltura. Il settore primario ha subito profonde trasformazioni nel corso del XX secolo, fino ad arrivare a un modello oggi noto come *Agricoltura 4.0*. Tra gli strumenti innovativi giocano un ruolo fondamentale i satelliti, la cui applicazione permette di monitorare le colture anche da remoto e intervenire in modo mirato ed efficace.

FIG. 1  
INDICI DI VEGETAZIONE

Confronto fra indici di vegetazione (Ndvi, indice di vigoria e NDMI, indice di stress idrico) dello stesso appezzamento.



## Satelliti e indici di vegetazione

Il satellite è il mezzo più utilizzato per effettuare il *remote sensing*, o telerilevamento, per il monitoraggio delle colture da remoto. Per parlare di *remote sensing* è importante introdurre prima il concetto di *indice di vegetazione*.

Il sole emette radiazioni con differenti lunghezze d'onda e frequenze. La vegetazione assorbe la radiazione solare in diverse bande, cioè in diversi intervalli di frequenza e lunghezze d'onda, e ne riemette una percentuale differente. La percentuale di radiazione riemessa in bande specifiche (riflettanza) varia in base allo stato di salute della pianta.

Gli indici di vegetazione sono ottenuti da un calcolo algebrico sulle riflettanze in diverse bande. Esistono svariati tipi di indici che descrivono aspetti diversi della vegetazione. Gli indici di vigoria, come l'Ndvi, sono influenzati sia dallo sviluppo delle piante, in termini di biomassa verde, sia dalla *greenness*, ossia

dal colore verde della pianta. Un'area del campo in cui si rileva Ndvi basso può essere affetta da clorosi, oppure può presentare problemi di emergenza (se si tratta di colture erbacee) o uno sviluppo vegetativo stentato. Gli indici di clorofilla sono influenzati soltanto dalla presenza di clorofilla e non tengono conto dello sviluppo della pianta in termini di copertura vegetale: sono quindi utili a identificare la presenza di aree clorotiche. Gli indici di stress idrico sono invece influenzati dallo stress idrico della pianta o dal contenuto d'acqua del suolo nudo. (figura 1). Tra questi, quelli più utilizzati sono:

- Ndvi (*Normalized difference vegetation index*): descrive il livello di vigoria della coltura ed è senza dubbio l'indice più utilizzato in agricoltura. I suoi valori variano tra -1 e 1 e la loro interpretazione è altamente informativa, poiché permette di riconoscere immediatamente le zone dell'azienda o del campo che presentano problemi di sviluppo

- NDMI (*Normalized difference moisture index*): descrive il livello di stress idrico della coltura ed è un indice ancora poco utilizzato in agricoltura. Può assumere valori tra -1 e 1: un valore di NDMI uguale a -1 indica un alto livello di stress idrico della vegetazione, oppure una vegetazione molto poco sviluppata o assente. Al contrario, un valore di NDMI alto (intorno a 1) indica una vegetazione ben sviluppata, con basso stress idrico - Tcari/Osavi: è un indice di clorofilla piuttosto complesso ed è correlato con la percentuale di clorofilla presente nei tessuti delle piante. È pertanto un indice utile a identificare le zone tendenti alla clorosi, ossia allo scolorimento delle foglie. Questo sintomo è utile a riconoscere zone del campo con possibili carenze nutrizionali o attacchi di patogeni.

Gli indici di vegetazione hanno funzioni diverse: ciascuno descrive un particolare fenomeno tipico delle condizioni della vegetazione, ma tutti hanno un vantaggio

comune: individuare aree all'interno del campo, omogenee per aspetti vegetativi e produttivi, allo scopo di gestire gli appezzamenti in maniera differenziata. Ad esempio, l'identificazione delle aree del campo maggiormente soggette a stress idrico permette di applicare l'irrigazione di precisione, differenziando la quantità d'acqua nelle diverse zone. In modo simile, l'indice di vigoria può essere l'input per effettuare la concimazione a rateo variabile. Infatti, le zone soggette a stress vegetativo, in assenza di patologie o stress idrico, sono quelle che presentano maggiori carenze d'azoto, pertanto possono essere concimate di più di quelle con alto Ndvi, per uniformare la resa.

## Il satellite Sentinel 2

Esistono numerosi satelliti che acquisiscono immagini multispettrali dallo spazio. Uno dei più importanti è il Sentinel 2. Le immagini ottenute da questo satellite hanno una risoluzione spaziale di 10 metri e una risoluzione temporale di 3/5 giorni (a seconda delle zone).

La frequenza di passaggio regolare del satellite determina una disponibilità del dato in più fasi della stagione culturale, anche se bisogna ricordare che nei giorni di transito in cui l'area in esame è coperta da nuvole il dato non è utilizzabile. Sentinel-2 acquisisce 12 bande spettrali che permettono di calcolare non solo gli indici di vigoria, ma anche quelli di stress idrico e di clorofilla (figura 2).

## Mappe di prescrizione e concimazione a rateo-variabile

Le mappe di prescrizione sono uno strumento dell'agricoltura di precisione che permette di eseguire concimazioni a rateo variabile: ciò significa ottimizzare la dose di concime, associando a ciascuna zona del campo la quantità più adatta. Questo è particolarmente importante quando si parla di concimazione azotata: la carenza di azoto, infatti, determina una riduzione di resa e di qualità, mentre un eccesso comporta rischi di inquinamento e un costo inutile per le aziende agricole. La costruzione delle mappe di prescrizione prevede 3 fasi:

- identificazione delle zone omogenee del campo in cui somministrare la stessa dose di azoto
- identificazione della strategia di concimazione
- identificazione della corretta dose di

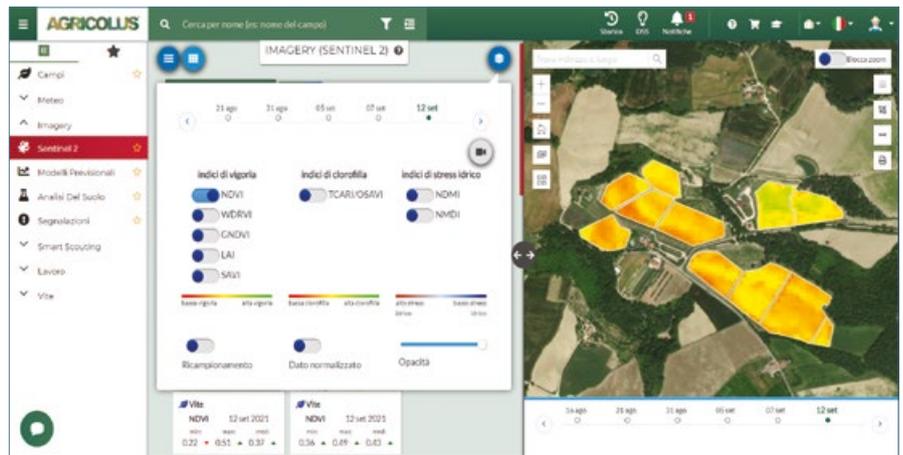


FIG. 2 SENTINEL 2  
indice di vegetazione Ndvi elaborato da immagine Sentinel 2 disponibile sulla piattaforma Agricolus

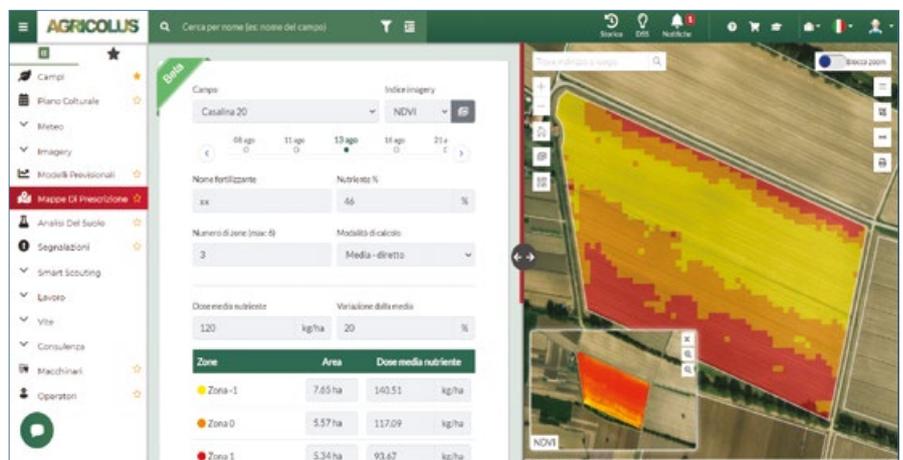


FIG. 3 PIATTAFORMA AGRICOLUS  
Mappa di prescrizione elaborata nella piattaforma Agricolus a partire da un indice di vegetazione (Ndv).

azoto da somministrare in ciascuna zona del campo. La concimazione a rateo variabile si basa sulla suddivisione del campo in zone omogenee a cui somministrare la stessa dose di concime. In questo caso bisogna considerare non solo le caratteristiche dei campi (che possono presentare una variabilità più o meno locale), ma anche i limiti dei macchinari a rateo variabile (Vrt): questi infatti lavorano più agevolmente con zone ampie e omogenee. La definizione delle aree omogenee per la concimazione azotata può essere fatta partendo da dati di input molto diversi, ma molti ricercatori concordano sull'utilizzare gli indici di vigoria calcolati da satellite. Partendo da un indice di vegetazione come l'Ndv, si può individuare un numero adeguato di zone in cui suddividere il campo (figura 3). Ci sono poi due diverse strategie di concimazione: "diretta" e "inversa". La prima prevede di aumentare la dose di concime nelle aree con bassa vigoria, mentre la seconda in quelle a più alta vigoria. La strategia "diretta" assume

che la causa della riduzione di vigoria sia l'azoto e tende a minimizzare le differenze tra le zone omogenee. Al contrario, la strategia "inversa" tende a massimizzarle: quest'ultima infatti assume che il fattore limitante della resa non sia l'azoto, ma altri fattori come suolo o ristagni idrici. Le mappe di prescrizione rispondono alle esigenze di personalizzare le dosi di concimazione per ciascuna zona del campo tramite diverse strategie di applicazione. In questo modo l'agricoltore può ottimizzare il proprio intervento nel pieno rispetto dell'ambiente e delle normative con conseguente risparmio economico.

**Andrea Cruciani<sup>1</sup>, Federica Ferroni<sup>2</sup>**

Agricolus ([www.agricolus.com](http://www.agricolus.com))

1. Ceo
2. Academy Account Manager