

**PROGETTO ARTE – ARmonia e TE di compost:
Utilizzo di tè di compost on-farm aerato e tè di compost arricchito con
microrganismi per produzioni di actinidia, agrumi e IV gamma ad elevata
sostenibilità**

Il ruolo dei droni nel monitoraggio delle colture

Elèna Grobler
PhD Student

egrobler@unisa.it

Perché utilizzare i droni in agricoltura?

I sistemi aerei a pilotaggio remoto, o droni, rappresentano uno strumento chiave dell'agricoltura di precisione, offrendo dati georeferenziati e ad alta risoluzione per ottimizzare la gestione agronomica.

Monitoraggio

- Rapido e su grandi superfici
- Preciso: alta risoluzione spaziale (2–20 cm/pixel)
- Dinamico
- Non invasivo

Identificazione di stress

- Idrico
- Nutrizionale
- Fitosanitario

Supporto alla gestione

- Irrigazione
- Potatura
- Fertilizzazione
- Trattamenti fitosanitari



**Dati oggettivi,
decisioni
migliori,
agricoltura più
sostenibile.**



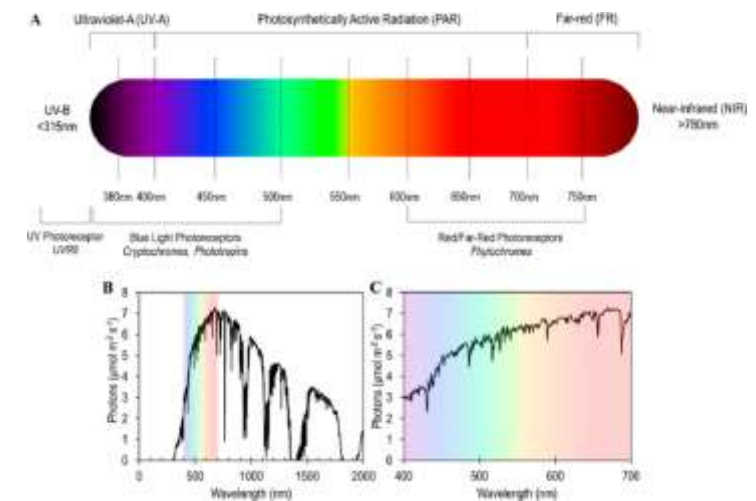
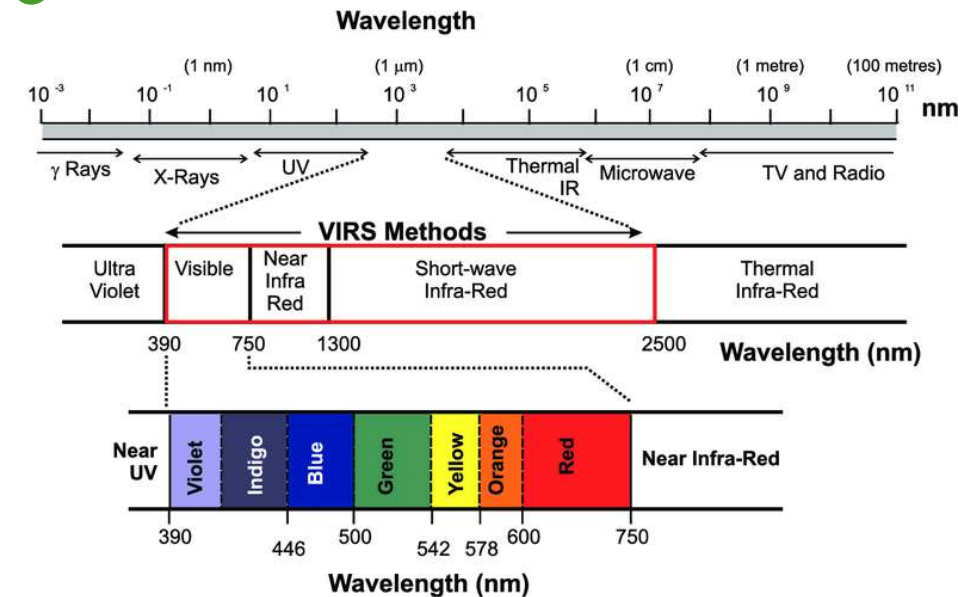
Droni e spettro elettromagnetico: come interpretiamo lo stato delle colture

Quando la luce solare colpisce una foglia, può avere tre diversi comportamenti:

- **Assorbimento:** le bande blu (~430-475 nm) e rossa (~620-700 nm) vengono fortemente assorbite dalla clorofilla per la fotosintesi. L'assorbimento in queste lunghezze d'onda è indicativo dell'attività fotosintetica.

- **Riflettanza:** la banda verde (~490-550 nm) è poco assorbita, per questo le foglie appaiono verdi. Inoltre, nel vicino infrarosso (NIR, 700–1300 nm), la foglia riflette molta luce a causa della struttura spugnosa del mesofillo. Una pianta in buono stato riflette fortemente in questa regione.

- **Trasmissione:** una parte della radiazione, soprattutto nel NIR, attraversa la foglia e viene trasmessa verso il basso. Questo valore è minore ma significativo per il bilancio energetico della pianta.



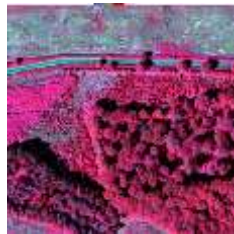
Tipologie di sensori ottici



Camera
RGB



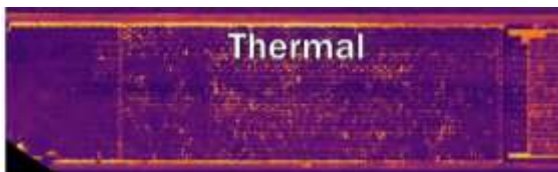
Camera
Multispettrale



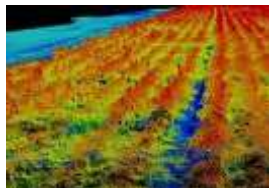
Camera
Iperspettrale



Camera
Termica



LiDAR



Sensori RGB

Immagini RGB ad alta risoluzione

Utili per: indagini preliminari, conteggio piante/frutti, rilievo danni.



Sensori multispettrali

Bande: Green, Red, Blue, Red-Edge, NIR

Applicazioni: vigoria, stress idrico, mappe prescrittive.

Sensori iperspettrali

Decine/centinaia di bande

Applicazioni avanzate: stress iniziale, analisi pigmenti, senescenza, identificazione varietale.

Sensori termici

Misura temperatura superficiale della chioma

Rilevazione stress idrico, termico

LiDAR

Rilievo 3D basato su impulsi laser

Applicazioni: potatura, biomassa, calibrazione modelli di crescita



Pianificazione del volo

Definizione dell'obiettivo del rilievo



Parametri di volo



Quota di volo: in funzione della risoluzione richiesta
(*GCP - Ground Sampling Distance*)

Overlap: almeno 70% longitudinale, 70/80% trasversale

Condizioni meteo: vento < 8–10 m/s, assenza di pioggia/nebbia

Condizioni di luce: (± 2 h dalle 12:00)

Preparazione operativa



Pannello di calibrazione: correzione riflettanza

Stato del drone: batterie, GNSS, bussola, memorie

Percorso di sicurezza: decollo e atterraggio

Georeferenziazione



Posizionamento e impostazione dei *Ground Sampling Point* (GCP)



Workflow di elaborazione delle immagini



Allineamento fotogrammi

Generazione ortomosaico e DSM/DTM

Estrazione mappe di riflettanza

Calcolo indici spettrali

Indici

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Indice classico di vigoria vegetativa. Usato per stimare la biomassa verde e la salute delle colture.

GNDVI – Green Normalized Difference Vegetation Index

$$GNDVI = \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$$

Variante dell'NDVI che sostituisce la banda rossa con la verde. Risulta più sensibile al contenuto di clorofilla.

TGI – Triangular Greenness Index

$$TGI = -0.5 * [(670-550)*(Red-Green) - (670-480) * (Blue - Green)]$$

Indice basato sulle bande RGB che stima il contenuto di clorofilla simulando un “triangolo spettrale”. Molto sensibile a variazioni di vigoria e stress.

SAVI – Soil Adjusted Vegetation Index

Parametro L: valore empirico che corregge l'effetto del suolo nudo.

$$SAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} \times (1 + L)$$

Indice utile in condizioni di vegetazione rada o suoli esposti.

Riduce l'influenza del suolo sul segnale spettrale.

NDWI – Normalized Difference Water Index

$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$

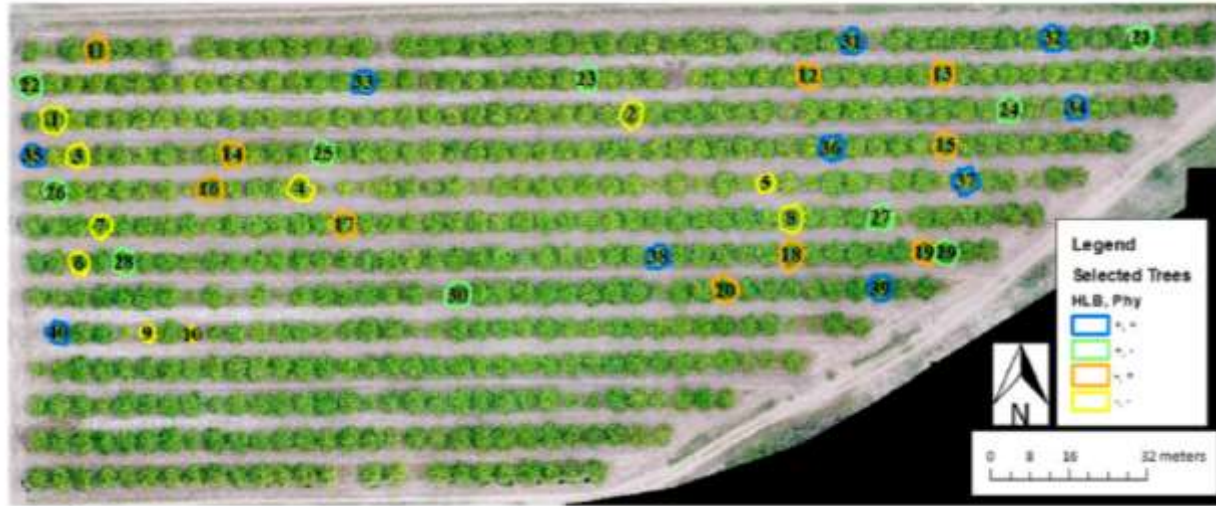
Utilizzato per rilevare stress idrico, contenuto d'acqua nella vegetazione e condizioni di disidratazione.

NDRE – Normalized Difference Red-Edge Index

$$NDRE = \frac{(NIR - RedEdge)}{(NIR + RedEdge)}$$

È uno degli indici più sensibili allo stress precoce, al contenuto di clorofilla e alla nutrizione azotata.

Applicazioni



UAV RGB per la valutazione della salute degli agrumi

Campo con presenza di Greening e *Phytophthora*

Immagini RGB elaborate con indice TGI (*Triangular Greenness Index*)

Capacità di distinguere differenze sottili tra classi sanitarie
(Greening, *Phytophthora*, combinazioni)

Risultato: Monitoraggio precoce e a basso costo di più malattie
tramite sola camera RGB

(Garza et al., 2020) <https://doi.org/10.3390/rs12010170>

Droni multispettrali e termici per la diagnosi precoce in actinidia

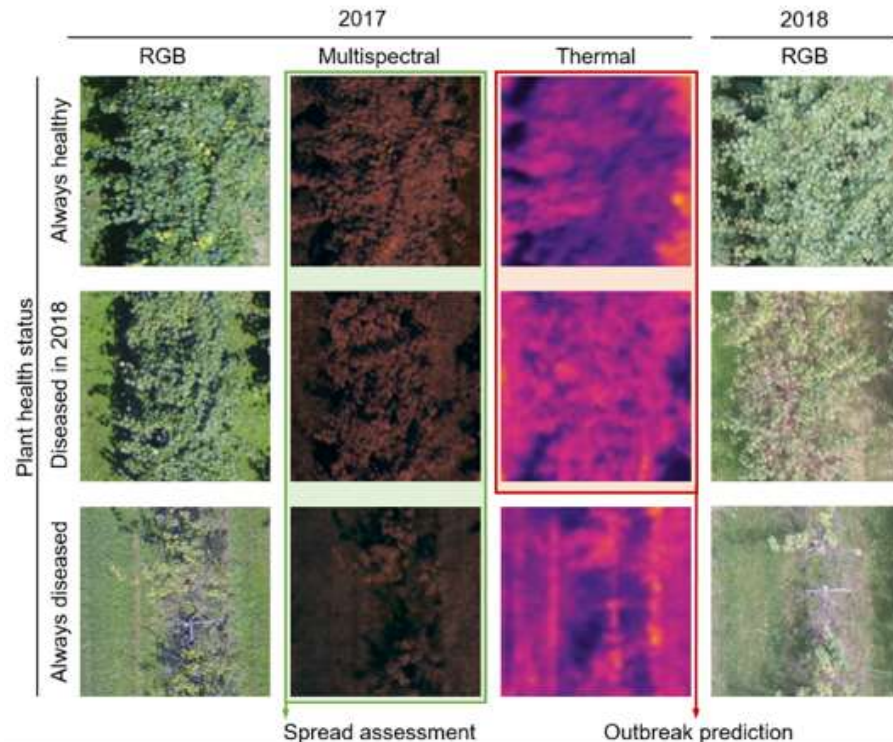
Monitoraggio di un actinidieta colpito da «moria del kiwi»

Multispettrale: correlazione con vigoria della chioma

Termico: predizione precoce di malattie latenti

Risultato: Individuazione con un anno di anticipo rispetto alla
comparsa dei sintomi della malattia

(Savian et al., 2020) <https://doi.org/10.3390/rs12142194>



Previsione della produzione in mandarino tramite drone con camera iperspettrale

Frutteto di *Citrus unshiu* (Giappone)

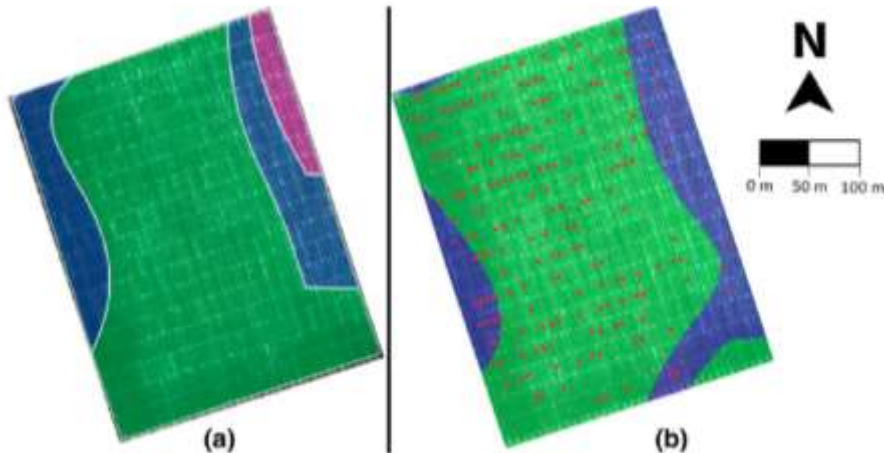
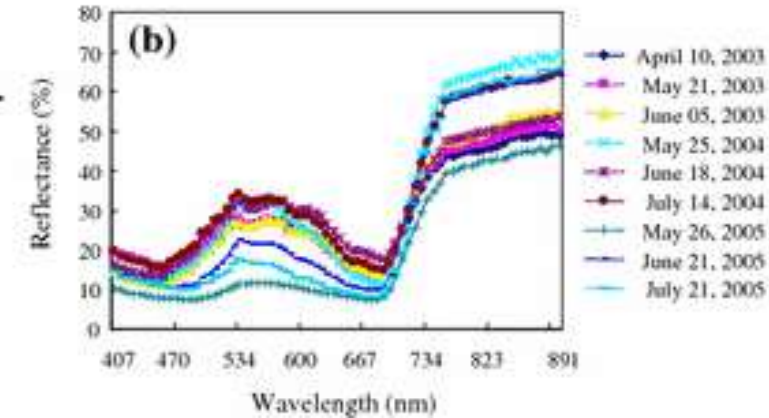
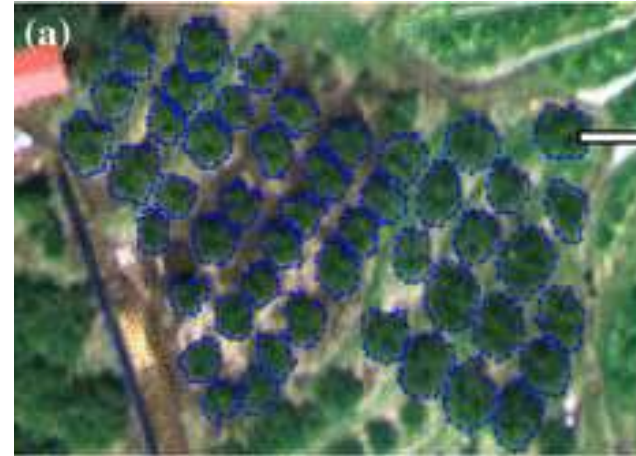
Monitoraggio iperspettrale (Aprile – Luglio)

Confronto tra:

- Indici vegetazionali (NDVI, SR, PRI)
- Regressione PLS (Partial Least Squares)

Risultato: PLS ha predetto con successo la resa con mesi di anticipo.

(Ye et al., 2007) <https://doi.org/10.1007/s11119-007-9032-2>



UAV multispettrale per stimare i nutrienti fogliari

Quattro prove in campo con arancio 'Hamlin' e 'Valencia'

Immagini multispettrali (RGB, Red-edge, NIR)

Macronutrienti stimati con alta precisione

Micronutrienti con precisione moderata

Risultato: metodologia efficiente per mappare lo stato nutrizionale in frutteti commerciali

(Costa et al., 2021) <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09864-1>



Grazie per la vostra attenzione!