



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Agricoltura di precisione e *remote sensing*: valutazione dell'affidabilità di tecniche a differente scala spaziale per il monitoraggio di colture perenni (*Vitis vinifera L.*) e di pieno campo (*Solanum tuberosum L.*)

*Strumenti per una coltivazione sostenibile
e di precisione*



Riccardo Rossi

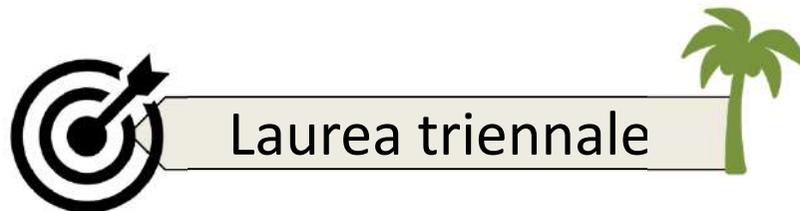
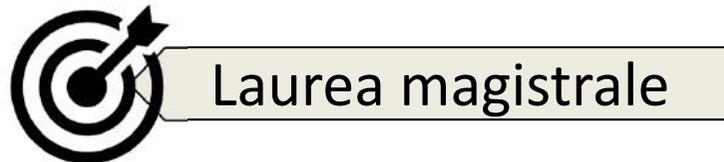
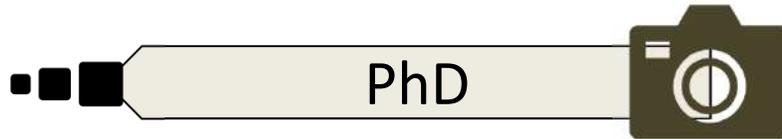
(+39) 349 5538377

r.rossi@unifi.it

Firenze, 07/06/2019



Presentiamoci



Drone vs satellite per
il monitoraggio di vite
e patata



Agricoltura di precisione



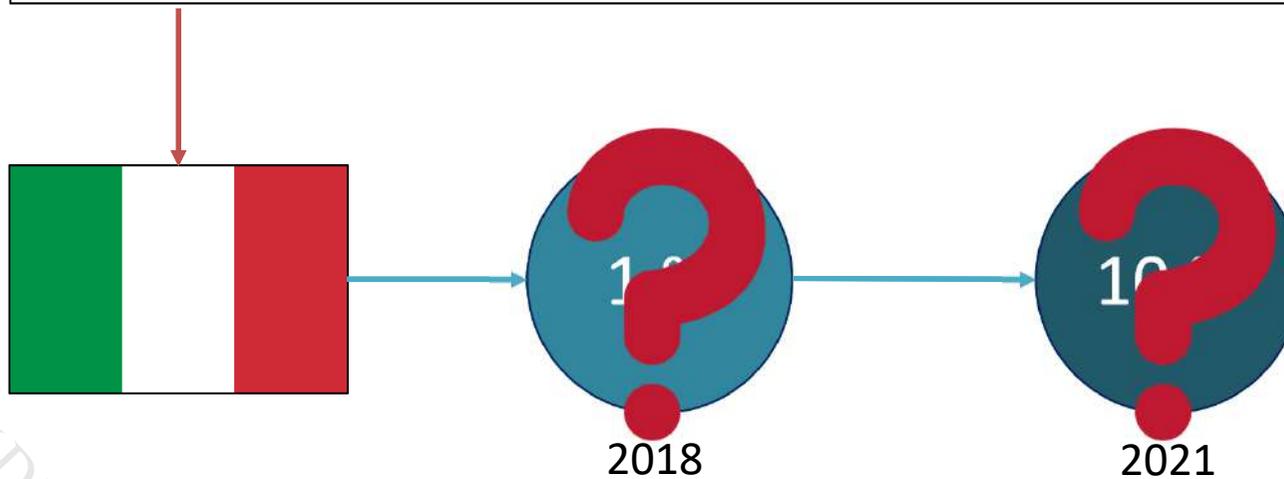
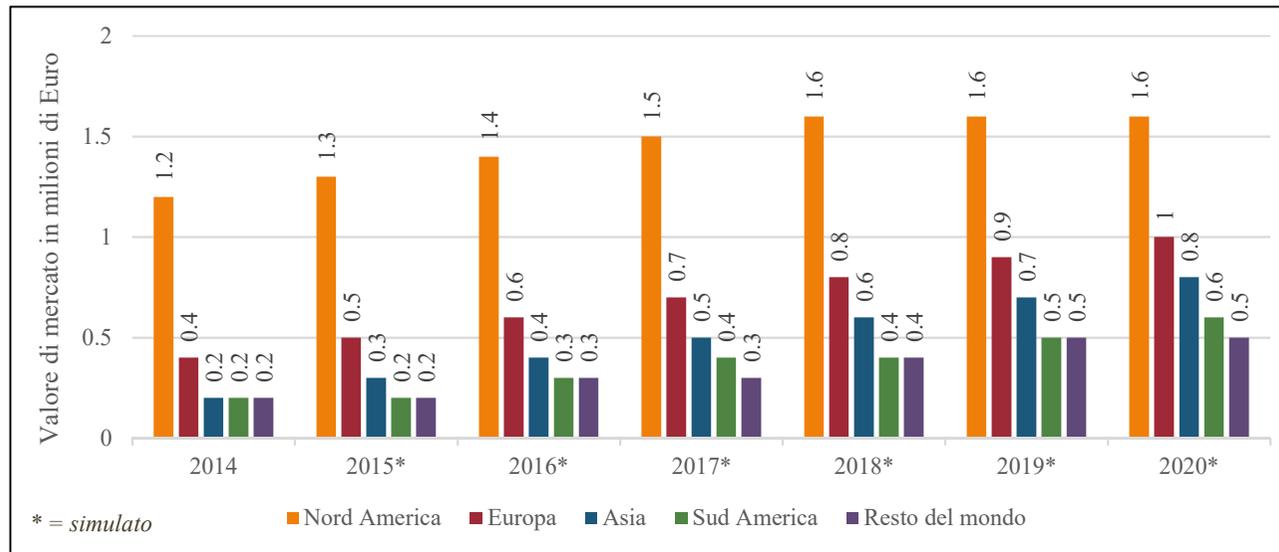
- Approccio gestionale del processo produttivo agricolo grazie a tecnologie che consentono di «fare la cosa giusta al momento giusto»

GOALS

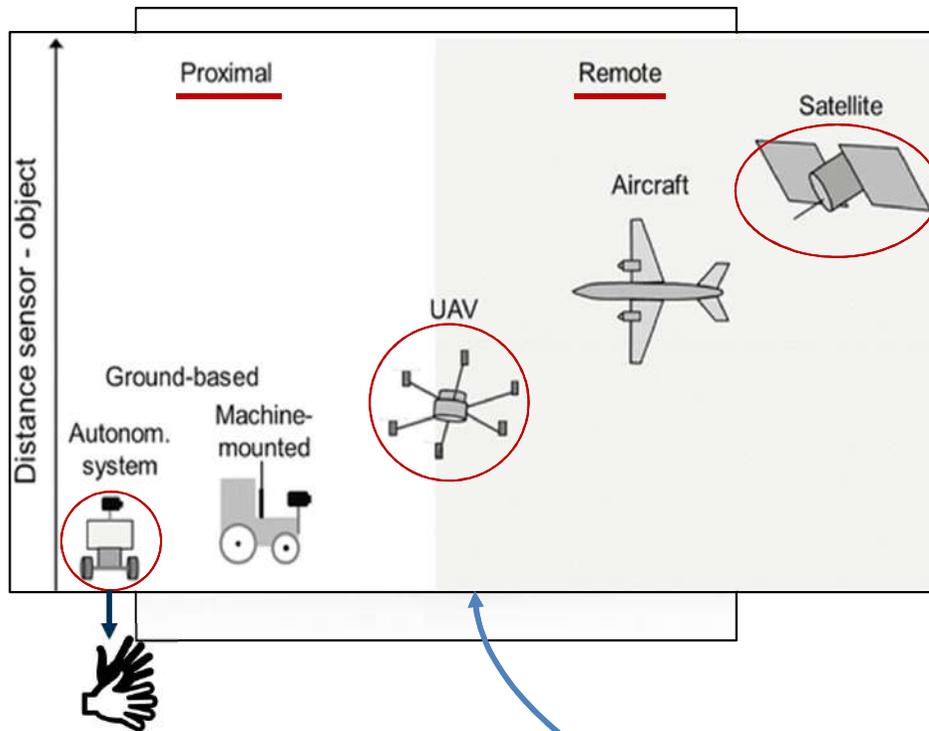
1. Ottimizzazione input
2. Incremento/costanza rese
3. Ecologia / salute



Agricoltura di precisione: un po' di numeri



Telerilevamento



- Acquisizione, dall'atmosfera o dallo spazio di dati riguardanti la superficie terrestre e insieme con tecniche per l'elaborazione e l'interpretazione (Tomarasca, 2004)

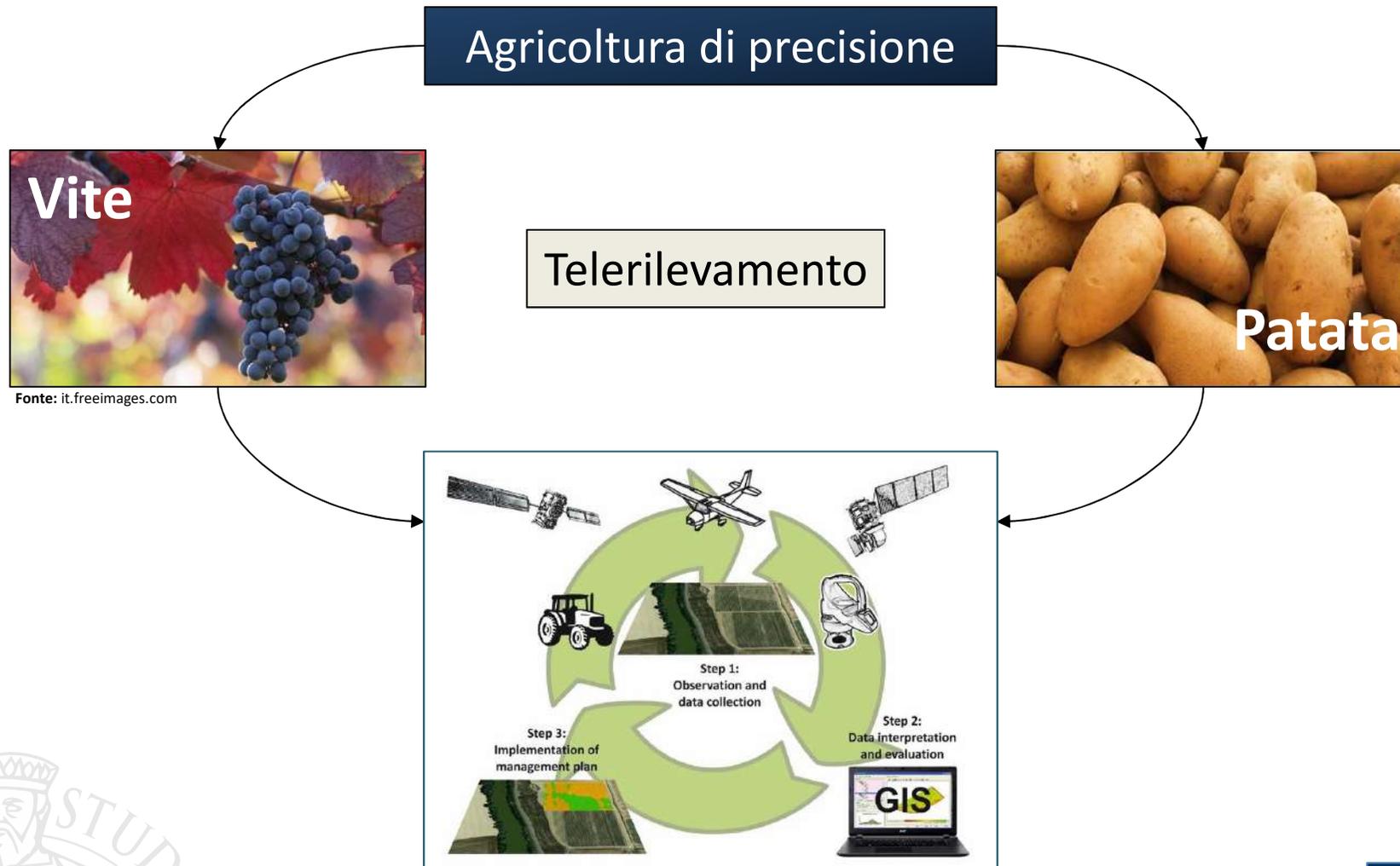
Remote sensing

≠

Proximal sensing

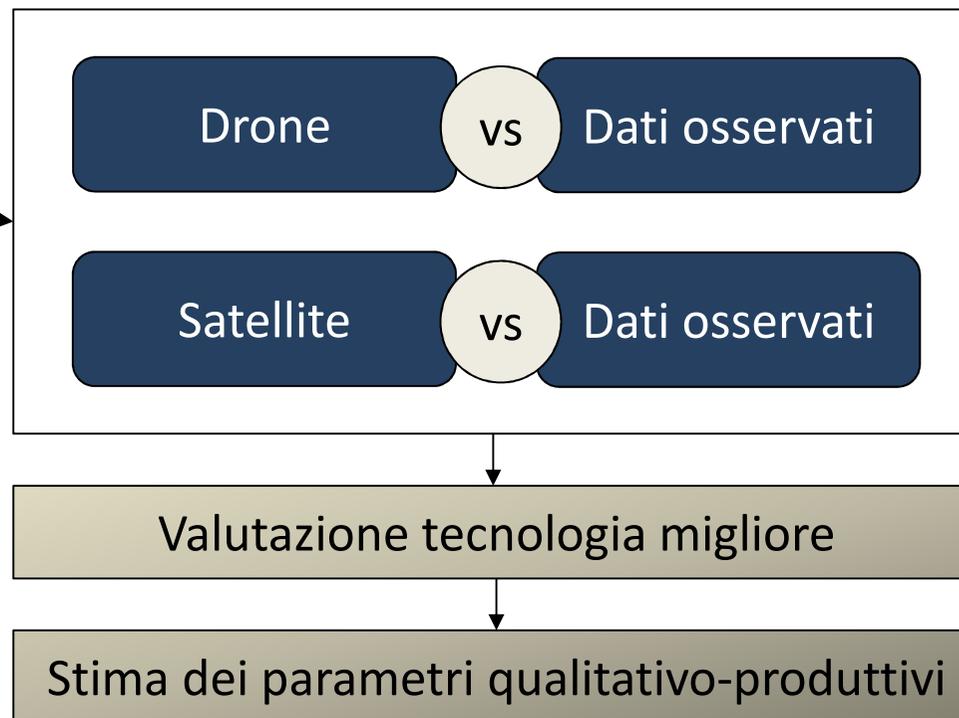


La tecnologia in agricoltura: i casi vite e patata



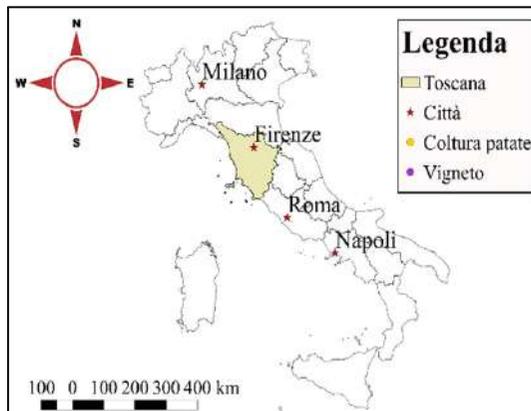


Obiettivo della tesi

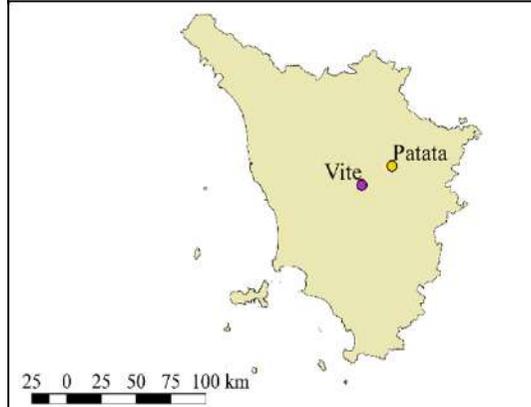




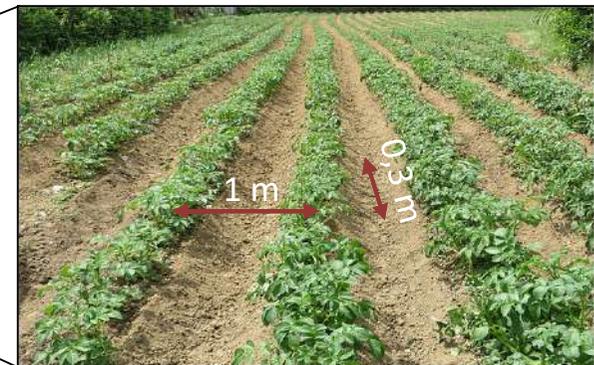
Aree di studio



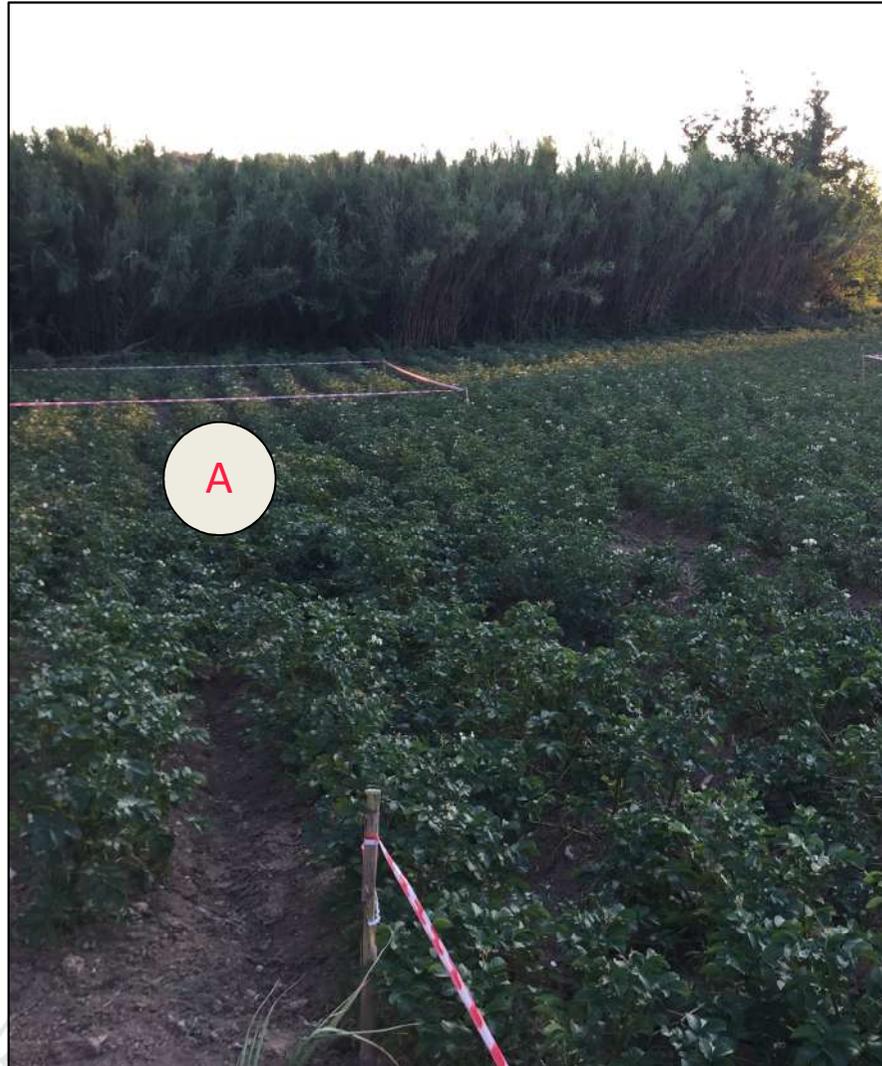
📍 Fonterutoli (SI)



📍 Montevarchi (AR)



Disegno sperimentale



Misure a terra



Accrescimento / fioritura

- Umidità superficiale del suolo
- Altezza
- Sviluppo fogliare
- Attività fotosintetica

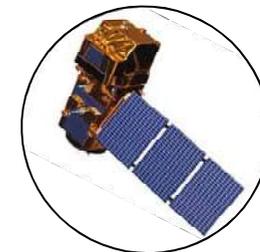


Fonte: it.wikipedia.org



Raccolta

- Grado zuccherino
- Peso fresco grappoli
- Peso fresco tuberi

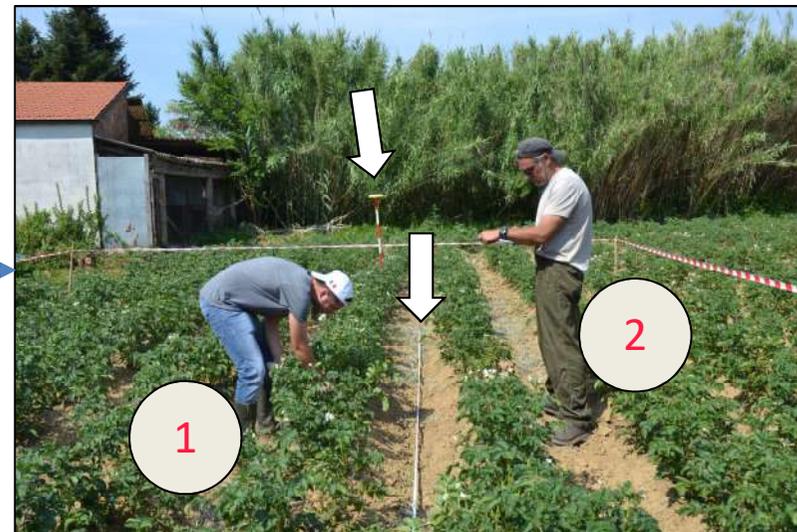


Misure a terra



Accrescimento / fioritura

- Umidità superficiale del suolo 



*Time Domain Reflectometry
(TDR)*

Misure a terra



Accrescimento / fioritura

- Altezza  



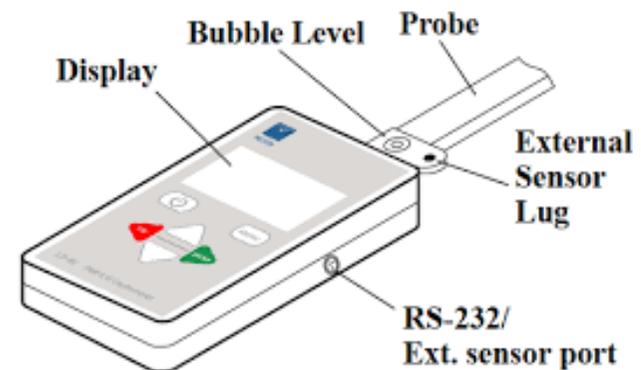
Rotella metrica

Misure a terra



Accrescimento / fioritura

- Sviluppo fogliare (LAI)  
- Radiazione trasmessa  

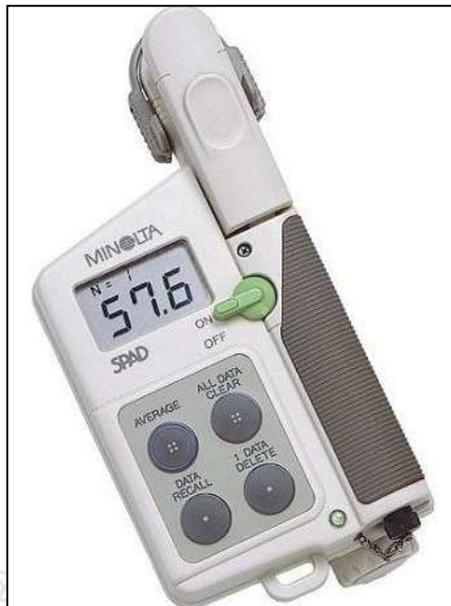


Ceptometro «AccuPAR»

Misure a terra

⌚ Accrescimento / fioritura

- Contenuto in clorofilla (SPAD)
- Radiazione intercettata (fPAR)



«SPAD»

Misure a terra



Accrescimento / fioritura

- Densità di clorofilla (LAI·SPAD)



Septometro «AccuPAR» · «SPAD»

Misure a terra



Accrescimento / fioritura

- Conduttanza stomatica 
- Fotosintesi netta 



*Portable Photosynthesis System (PPS)
«CIRAS-2»*

Misure a terra



Raccolta

- Grado zuccherino 



Rifrattometro

Misure a terra



Raccolta

- Peso fresco grappoli 
- Peso fresco tuberi 



Bilancia di precisione

Dati telerilevati

1)



Accrescimento / fioritura

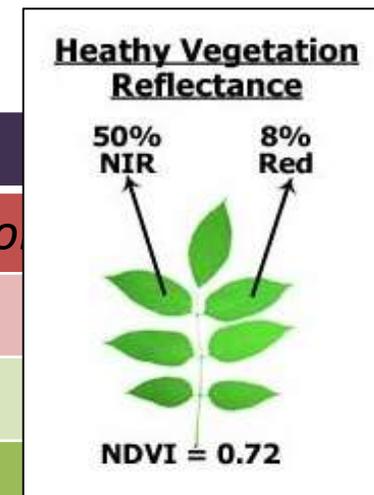
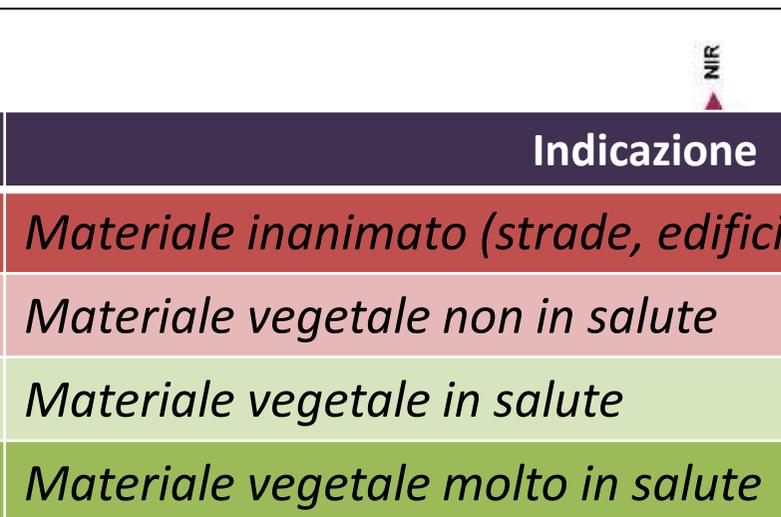
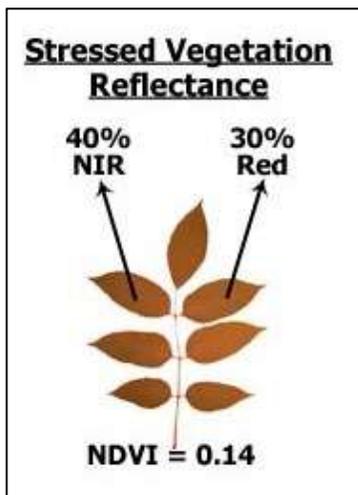
2)



Stagione vegetativa

NDVI

$$\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$



Dati telerilevati

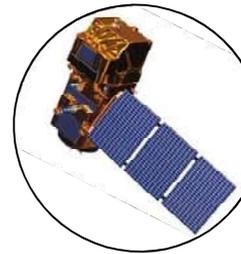
1)



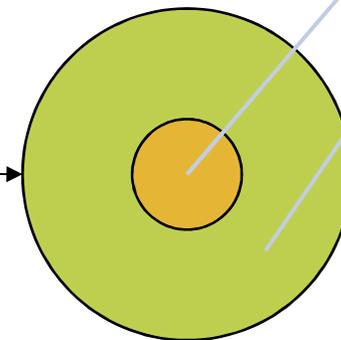
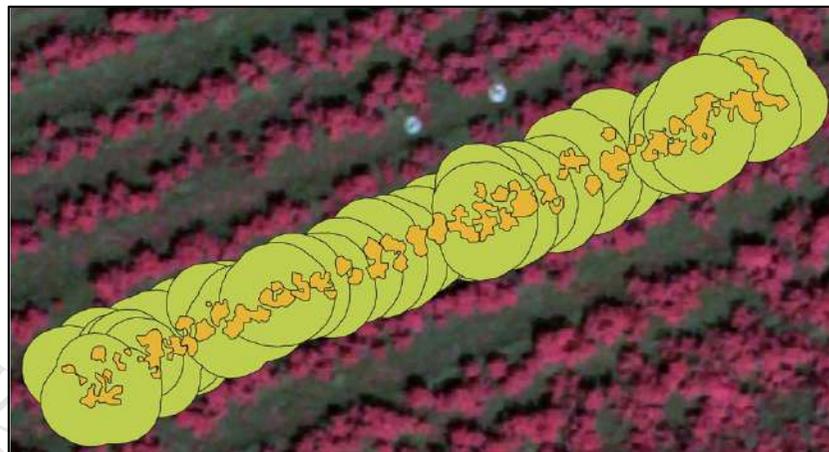
Accrescimento / fioritura



- NDVI_D
- NDVI_B
- NDVI_R
- NDVI_RB
- NDVI_DB



• NDVI_S



NDVI_D

NDVI_B

$r = 50 \text{ cm}$

Dati telerilevati

1)



Accrescimento / fioritura



- NDVI_D
- NDVI_B
- **NDVI_R**
- NDVI_RB
- NDVI_DB



• NDVI_S



NDVI_R

Dati telerilevati

1)



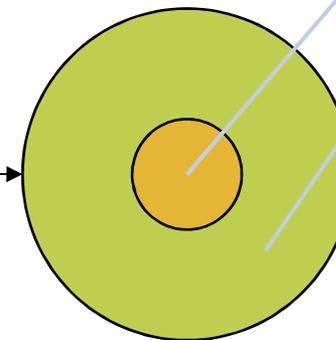
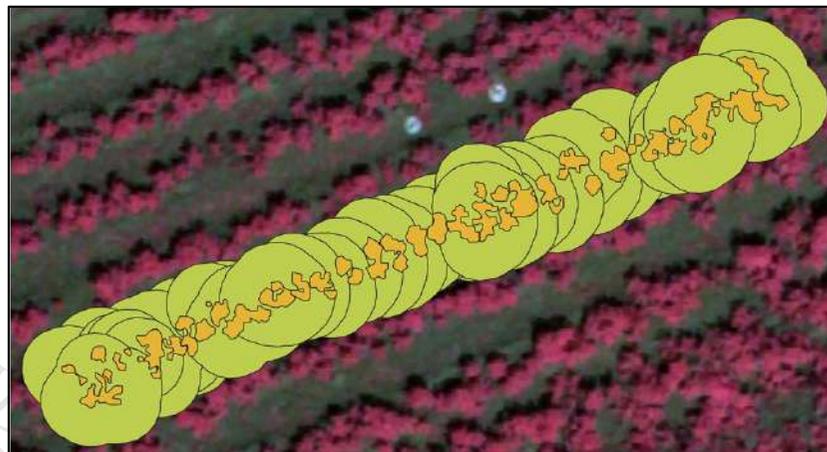
Accrescimento / fioritura



- NDVI_D
- NDVI_B
- NDVI_R
- NDVI_RB
- NDVI_DB



• NDVI_S



NDVI_R

NDVI_RB

$r = 50 \text{ cm}$

Dati telerilevati

1)



Accrescimento / fioritura

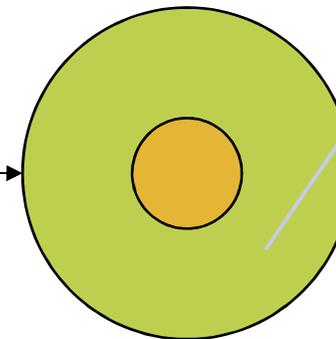
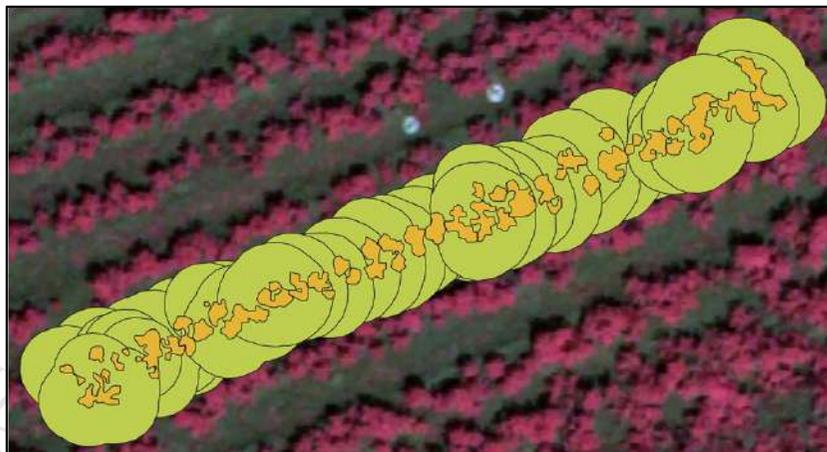


- NDVI_D
- NDVI_B
- NDVI_R
- NDVI_RB
- **NDVI_DB**

$$\frac{(80 - D_{\text{medio}})}{2}$$



• NDVI_S



NDVI_DB

$$\frac{(80 - D_{\text{medio}})}{2}$$

Dati telerilevati

1)

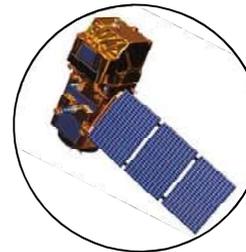


Accrescimento / fioritura

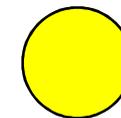
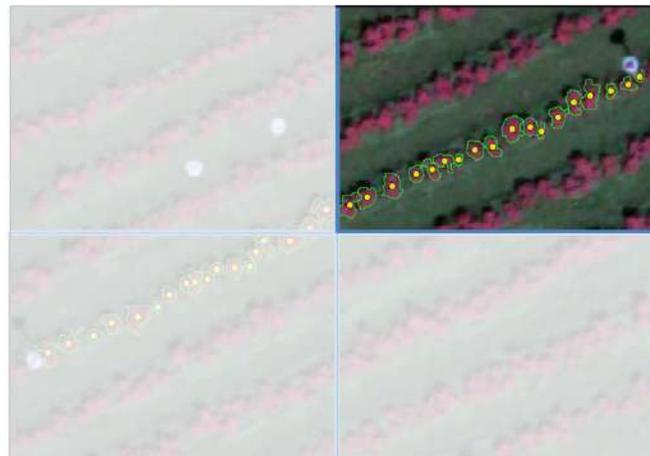


- NDVI_D
- NDVI_B
- NDVI_R
- NDVI_RB
- NDVI_DB

$$\frac{(80 - D_{\text{medio}})}{2}$$



• NDVI_S



NDVI_S/pianta

m x 10 m

Dati telerilevati

1)

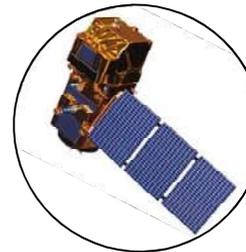


Accrescimento / fioritura



- NDVI_D
- NDVI_B
- NDVI_R
- NDVI_RB
- NDVI_DB

$$\frac{(80 - D_{\text{medio}})}{2}$$



• NDVI_S

2)



Stagione vegetativa



• NDVI_S

Immagini non filtrate

Immagini filtrate



Elaborazione dati

Aggregati



- Umidità superficiale del suolo
- Radiazione trasmessa (Rad_sot)
- Altezza
- Copertura fogliare (LAI)
- Contenuto in clorofilla (SPAD)
- Densità di clorofilla (LAI·SPAD)
- Radiazione intercettata (fPAR)
- Conduttanza stomatica
- Fotosintesi netta



VS



NDVI



r – p -value – AIC – RMSE

Valutazione per variabile



<i>r-p-value</i>	NDVI_S	NDVI_B	NDVI_R	NDVI_DB
Rad_sot	0.93***	0.80***	0.73***	0.70***
LAI	0.80***	0.71***		
LAI·SPAD	0.78***	0.72***		
fPAR	0.84***	0.74***		0.77***



<i>r-p-value</i>	NDVI_S	NDVI_B	NDVI_RB	NDVI_DB
Altezza	0.85***	0.91***		0.90***
Rad_sot	0.88***	0.91***		0.90***
LAI	0.72***	0.80***		0.86***
LAI·SPAD	0.73***	0.82***	0.71***	0.86***
fPAR	0.82***	0.88***	0.71***	0.88***



Valutazione tecnologia migliore

Stima parametri morfo-fisiologici



Numero parametri

Limitazioni:

Tipo di coltura

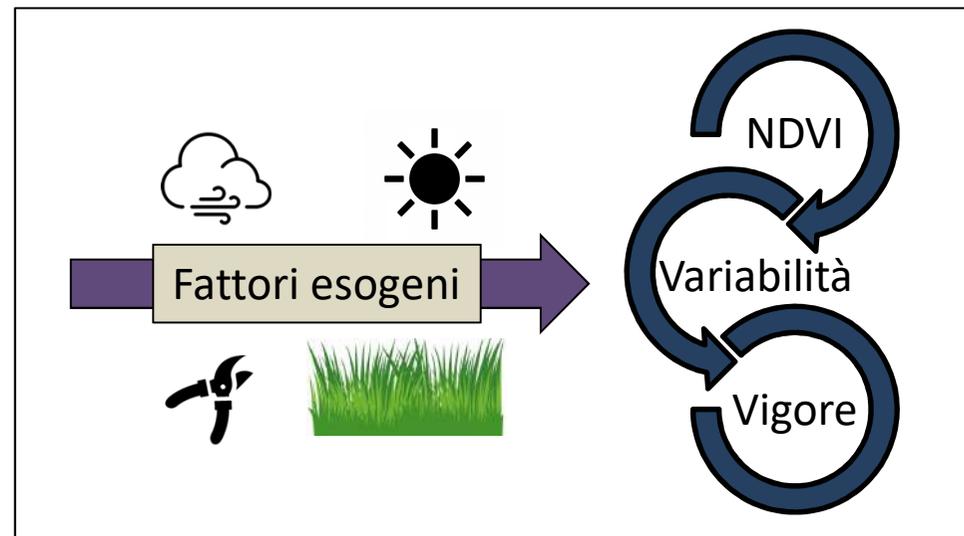
Condizioni specifiche

Disponibilità immagini



Stima parametri qualitativo-produttivi

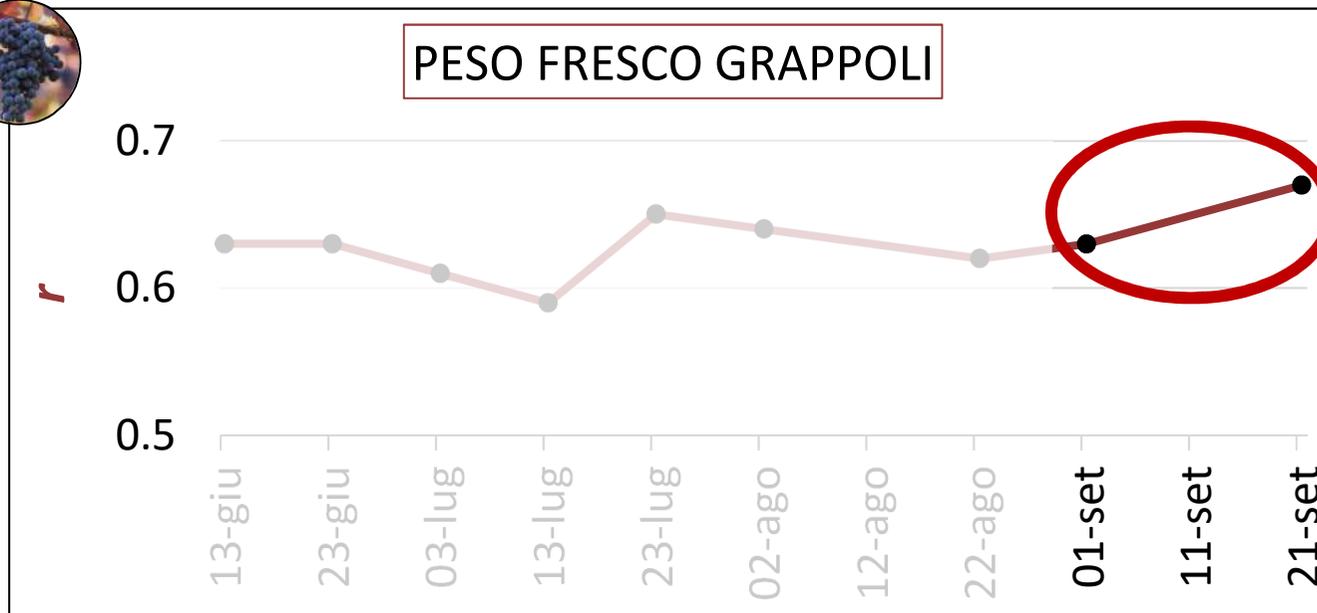
- Grado zuccherino 
 - Peso fresco grappoli 
 - Peso fresco tuberi 
- vs **NDVI_S**
- Immagini non filtrate (NF)
→ Immagini filtrate (F)



Stima parametri qualitativo-produttivi: vite



PESO FRESCO GRAPPOLI



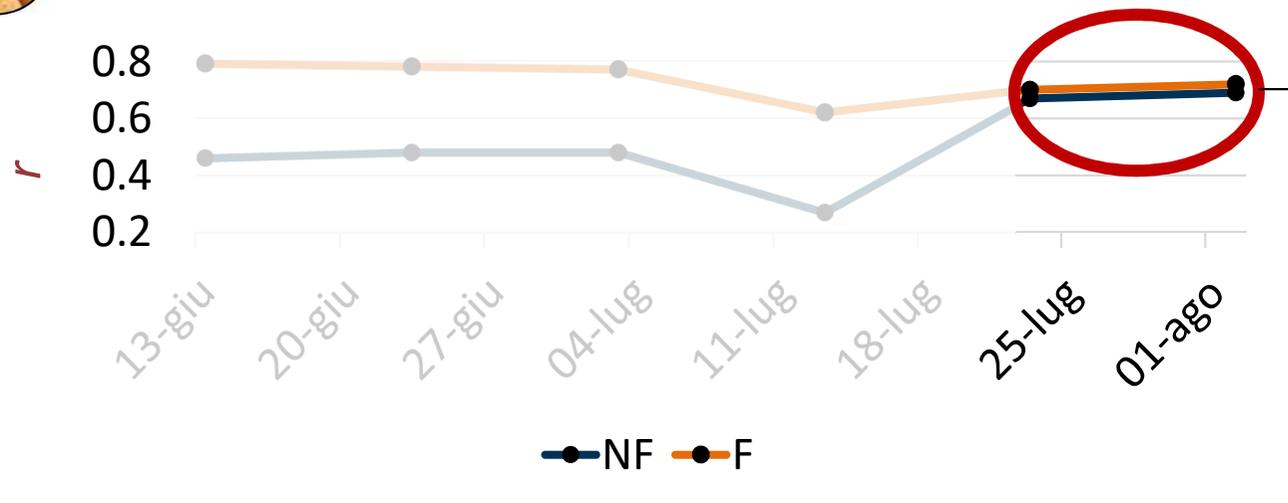
Invaiaura



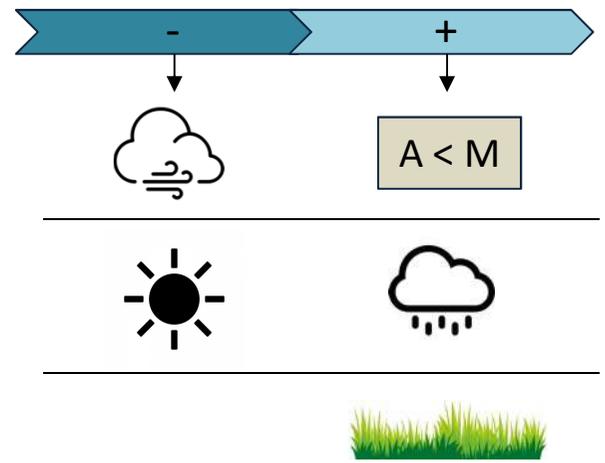
Stima parametri qualitativo-produttivi: patata



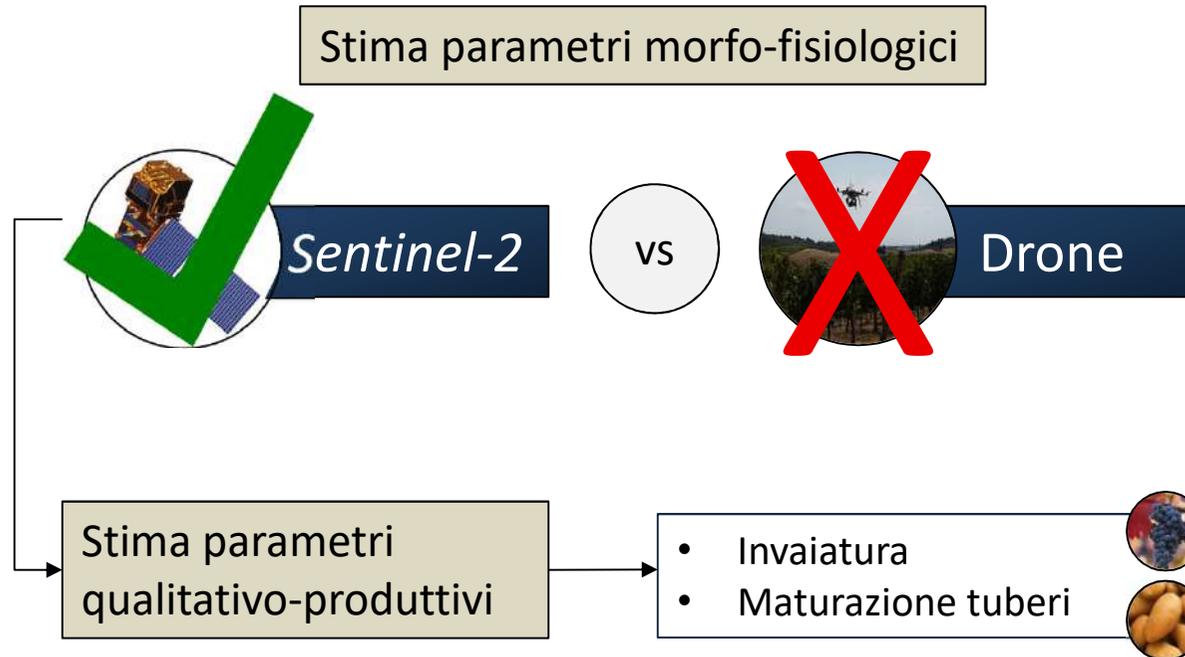
PESO FRESCO TUBERI



Maturazione



Conclusioni



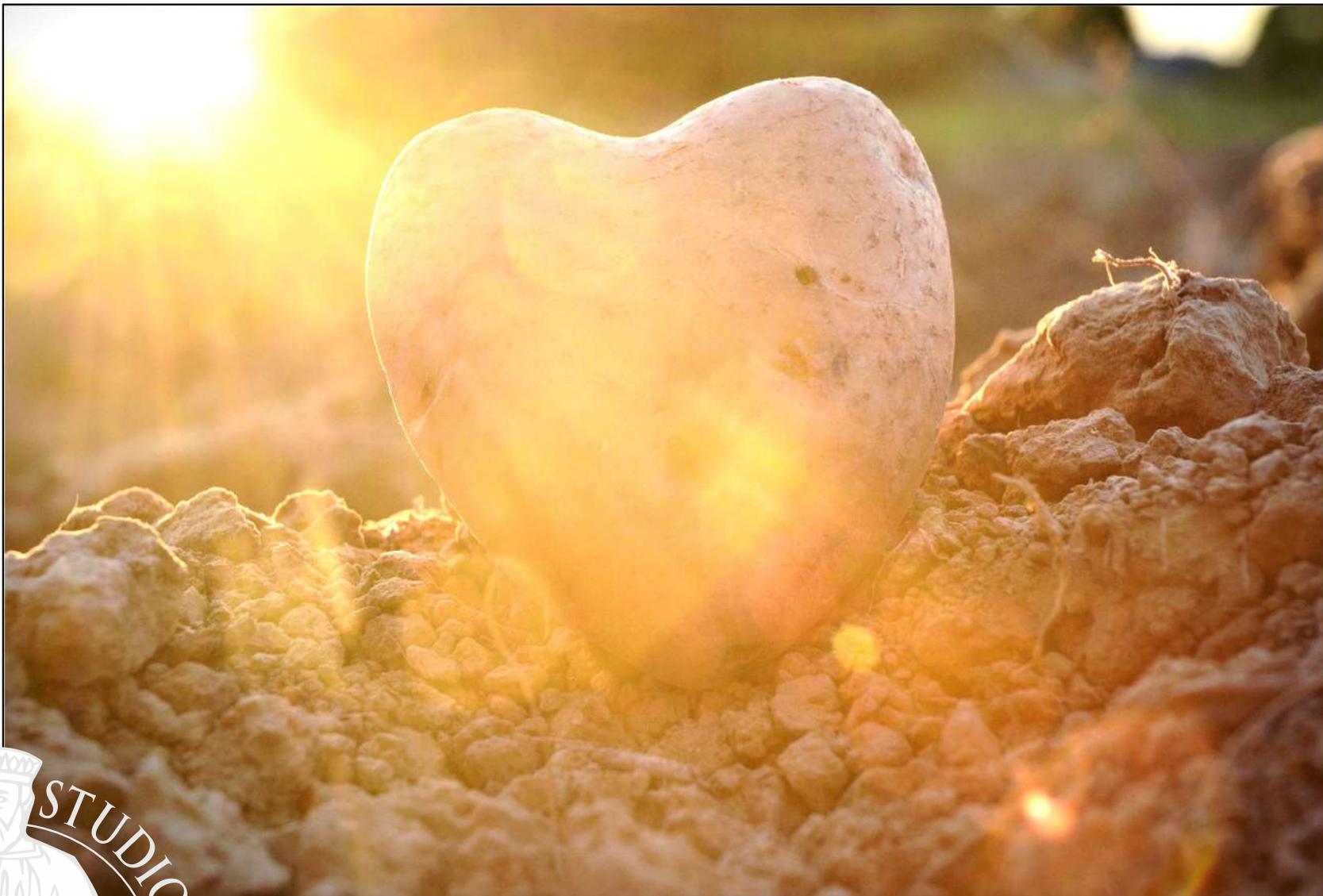
Criticità dello studio

- Saturazione NDVI
- Unico sistema di allevamento
- Unica varietà colturale

Agricoltura di precisione
Cambiamento climatico



Grazie a tutti per l'attenzione





ESERCITAZIONE QGIS



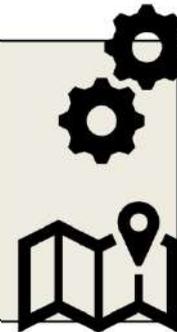
DATI DI PARTENZA

- Cartella: «DATI_RR»

OBIETTIVI



- PROCESSING
- EDITING



1. Estrazione dei valori NDVI da drone e satellite
2. Stima dei parametri morfo-fisiologici osservati
3. Stima produzione
4. Creazione di una mappa



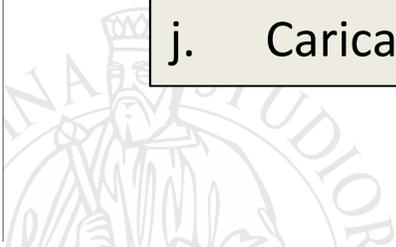


ESERCITAZIONE QGIS



1) ESTRAZIONE NDVI

- a. Caricamento ortofoto
- b. Caricamento mappa di sfondo
- c. Verifica proiezione
- d. Creazione nuovo shape + grafica
- e. Digitalizzazione piante
- f. Calcolo NDVI da drone
- g. Estrazione NDVI da drone per pianta
- h. Creazione buffer ed estrazione NDVI
- i. Creazione ed estrazione NDVI da drone riclassificato
- j. Caricamento NDVI da Sentinel-2





ESERCITAZIONE



2) STIMA PARAMETRI MORFO-FISIOLOGICI 3) STIMA PRODUZIONI

- k. Trasferimento valori NDVI su foglio .xlsx
- l. Correlazioni con parametri morfo-fisiologici
- m. Correlazioni con valori relativi alla produzione

4) CREAZIONE DI UNA MAPPA

- n. Creazione nuova composizione di stampa



Date dei rilievi



- 27 giugno 2017
- 13 settembre 2017



- 14 giugno 2017
- 28 luglio 2017

Fasi fenologiche



<u>DATA</u>	<u>FASE FENOLOGICA</u>
23/05/2017	<i>Inizio fioritura</i>
07/06/2017	<i>Inizio allegagione</i>
19/06/2017	<i>Ingrossamento degli acini</i>
13/07/2017	<i>Chiusura del grappolo</i>
30/07/2017	<i>Invaiatura</i>
10/08/2017	<i>Maturazione</i>

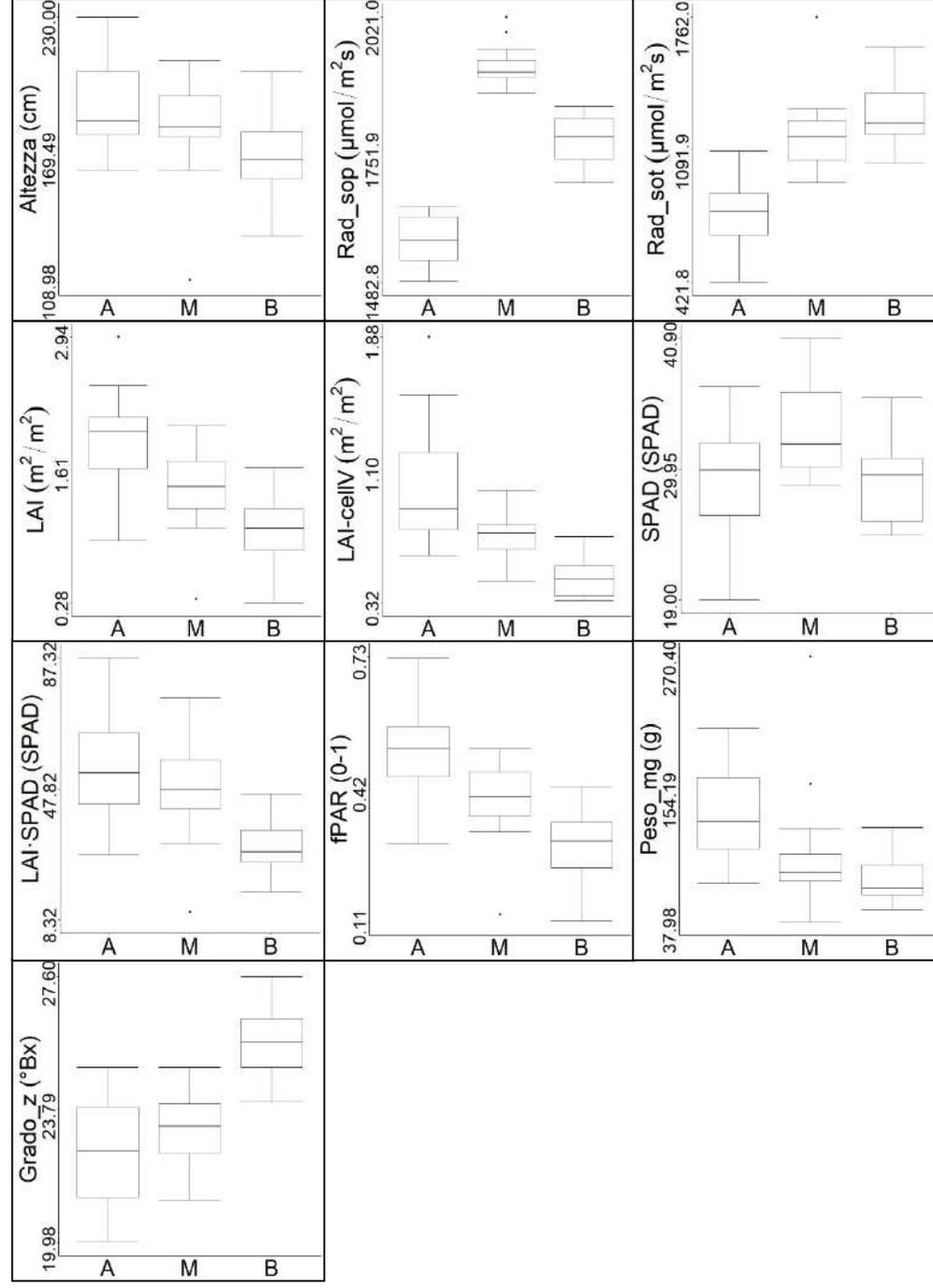


<u>DATA</u>	<u>FASE FENOLOGICA</u>
22/04/2017	<i>Emergenza</i>
28/05/2017	<i>Accrescimento vegetativo</i>
10/05/2017	<i>Chiusura della fila</i>
20/05/2017	<i>Chiusura inter-fila</i>
30/05/2017	<i>Fioritura</i>
20/07/2017	<i>Maturazione</i>

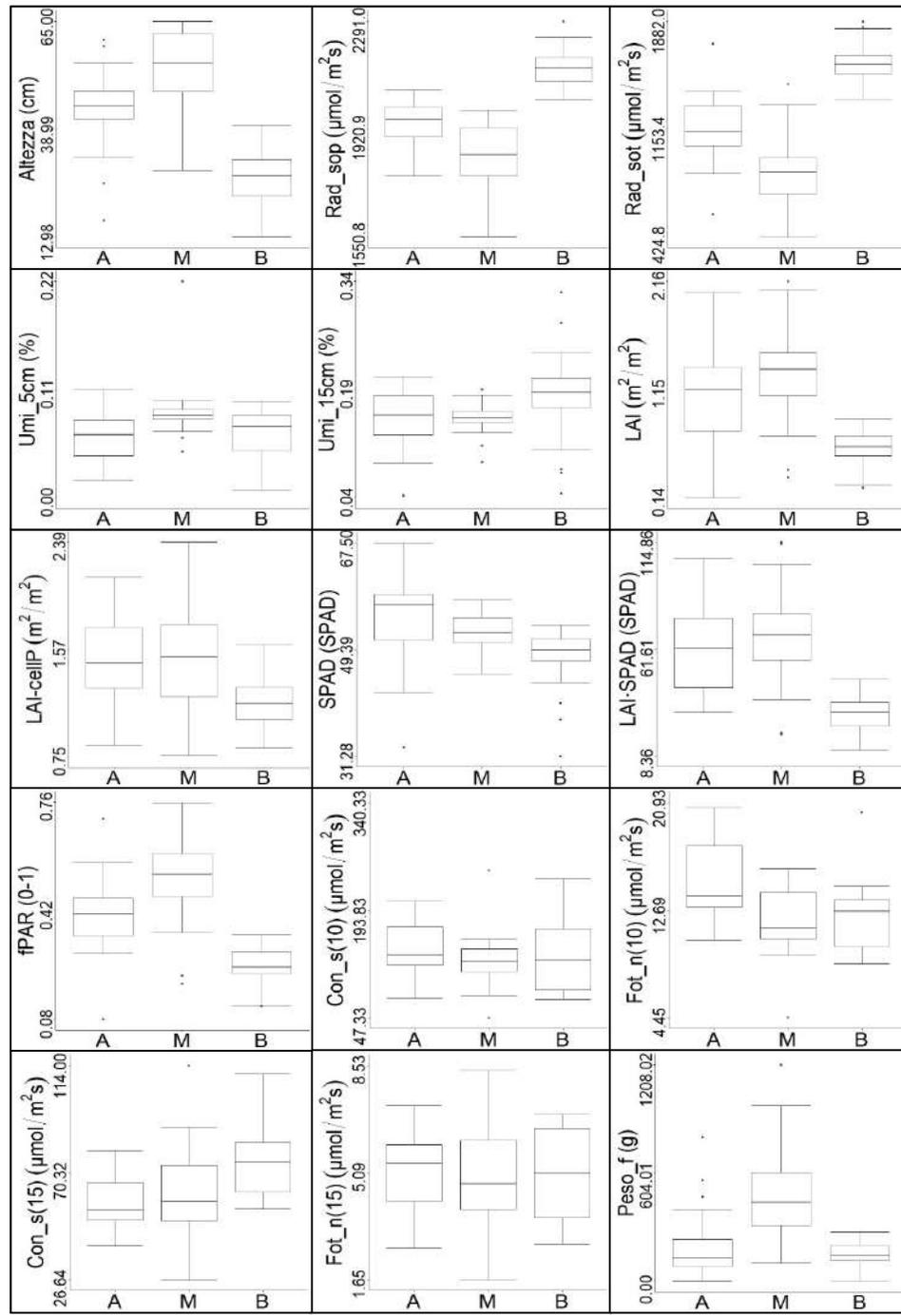
Strumentazione

- Umidità superficiale del suolo: *Time Domain Reflectometry (TDR)*
- Radiazione trasmessa (Rad sot): *Ceptometro "AccuPAR"*
- Altezza: *Rotella metrica*
- Copertura fogliare (LAI): *Ceptometro "AccuPAR"*
- Contenuto in clorofilla (SPAD): *"SPAD"*
- Densità di clorofilla (LAI·SPAD): *Ceptometro "AccuPAR" · "SPAD"*
- Radiazione intercettata (fPAR): *"SPAD"*
- Conduttanza stomatica: *Portable Photosynthesis System (PPS) "CIRAS-2"*
- Fotosintesi netta: *Portable Photosynthesis System (PPS) "CIRAS-2"*

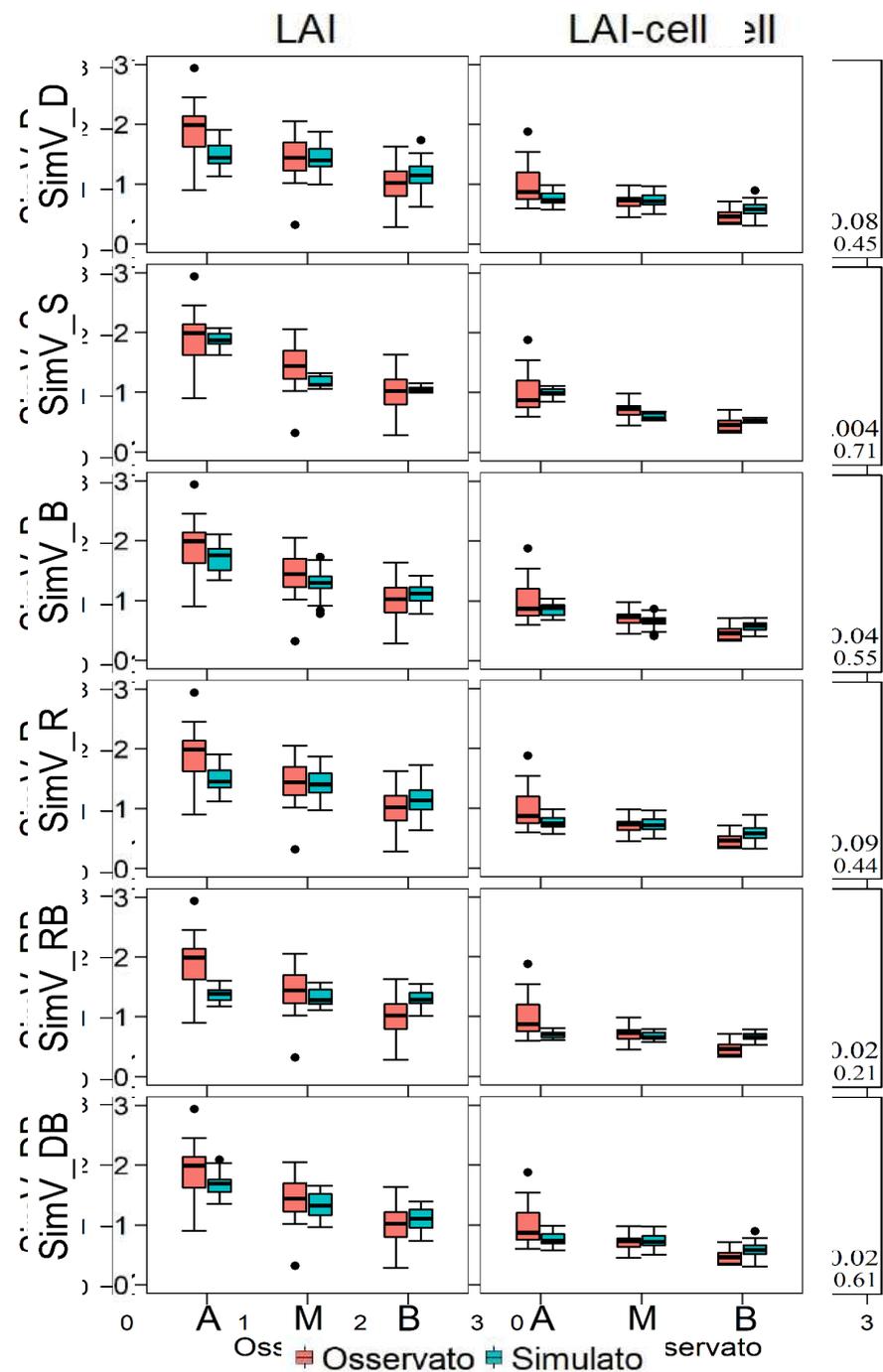
Variabili osservate



Variabili osservate



Variabili osservate e simulate: correlazioni e distribuzione dei valori



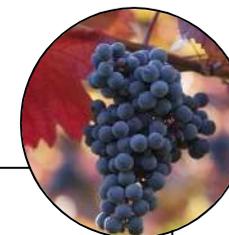
Stima delle produzioni: vite

<u>NDVI</u> <u>SENTINEL-2</u>	<u>GRADO ZUCCHERINO</u>					
	Range: 21.40 – 26.47 (NF)			Range: 21.40 – 26.47 (F)		
	<i>r</i>	AIC	RMSE	<i>r</i>	AIC	RMSE
24/04	0.93***	46.71	23.59	0.91***	50.62	23.59
04/05	0.93***	45.74	23.54	0.91***	50.05	23.55
03/06	0.68***	59.69	23.62	0.65***	56.47	23.62
13/06	0.62***	58.78	23.66	0.65***	57.78	23.66
23/06	0.61***	58.11	23.66	0.64***	57.48	23.65
03/07	0.60***	57.78	23.69	0.60***	54.69	23.69
13/07	0.61***	59.52	23.67	0.62***	58.06	23.66
23/07	0.56***	52.43	23.70	0.57***	48.99	23.70
02/08	0.49***	54.33	23.68	0.55***	54.23	23.68
22/08	0.59***	56.71	23.66	0.62***	56.33	23.65
01/09	0.53***	56.89	23.63	0.51***	53.06	23.62
21/09	0.67***	57.72	23.52	0.66***	52.99	23.52
<u>NDVI</u> <u>SENTINEL-2</u>	<u>PESO MEDIO GRAPPOLI</u>					
	Range: 56.17 – 182.81 (NF)			Range: 56.17 – 182.81 (F)		
	<i>r</i>	AIC	RMSE	<i>r</i>	AIC	RMSE
24/04	0.59***	184.43	105.77	0.59***	184.19	105.77
04/05	0.58***	184.50	105.73	0.58***	184.83	105.73
03/06	0.67***	184.19	105.80	0.66***	183.48	105.79
13/06	0.63***	184.49	105.84	0.57***	185.36	105.83
23/06	0.63***	185.57	105.83	0.60***	185.26	105.82
03/07	0.61***	185.37	105.87	0.59***	185.57	105.86
13/07	0.59***	184.90	105.85	0.56***	185.31	105.84
23/07	0.65***	185.00	105.88	0.64***	184.77	105.87
02/08	0.64***	185.47	105.86	0.56***	184.41	105.86
22/08	0.62***	183.85	105.84	0.54***	185.51	105.83
01/09	0.63***	184.13	105.81	0.65***	185.00	105.80

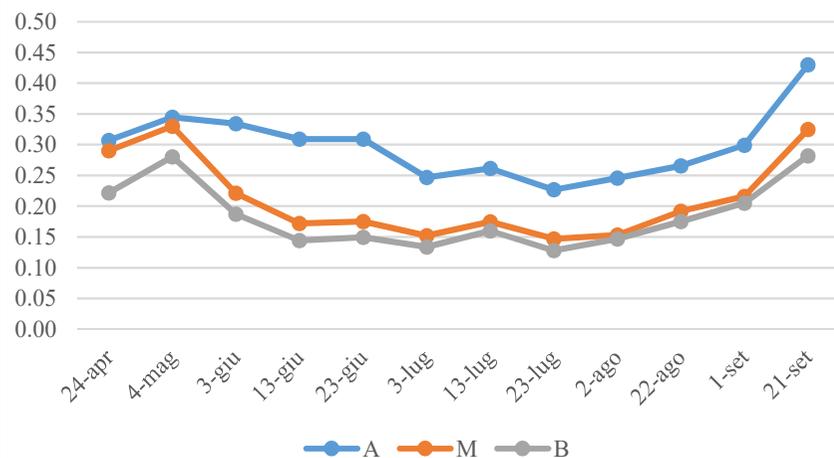
Stima delle produzioni: patata

<u>NDVI</u> <u>SENTINEL-2</u>	<u>PESO FRESCO</u>					
	<i>Range: 76.33 – 682.33 (NF)</i>			<i>Range: 76.33 – 682.33 (F)</i>		
	<i>r</i>	AIC	RMSE	<i>r</i>	AIC	RMSE
24/04	0.72***	364.81	325.88	0.73***	363.84	325.95
04/05	0.68***	366.68	325.84	0.68***	363.08	325.88
03/06	0.70***	365.69	325.66	0.76***	364.13	325.66
13/06	0.46***	366.97	325.70	0.79***	367.40	325.74
23/06	0.48***	366.76	325.73	0.78***	365.84	325.77
03/07	0.48***	367.61	325.73	0.77***	363.18	325.77
13/07	0.27*	370.56	325.82	0.62***	362.88	325.88
23/07	0.67***	367.35	325.83	0.70***	360.96	325.84
02/08	0.69***	367.80	325.87	0.72***	360.65	325.91

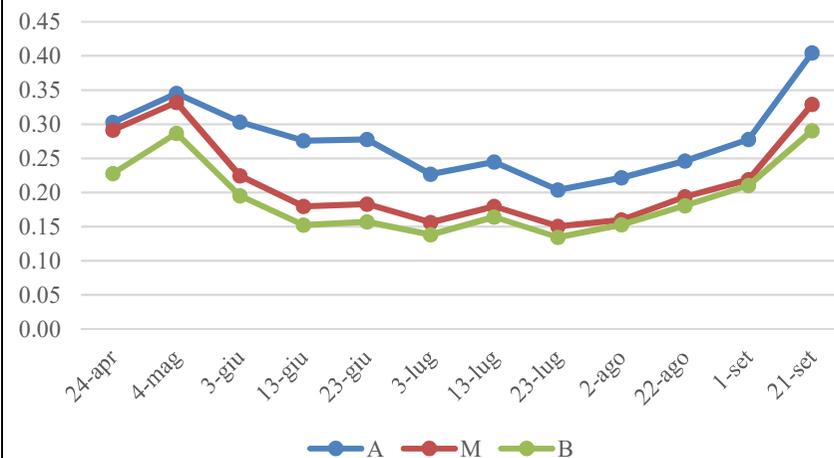
Andamento stagionale NDVI



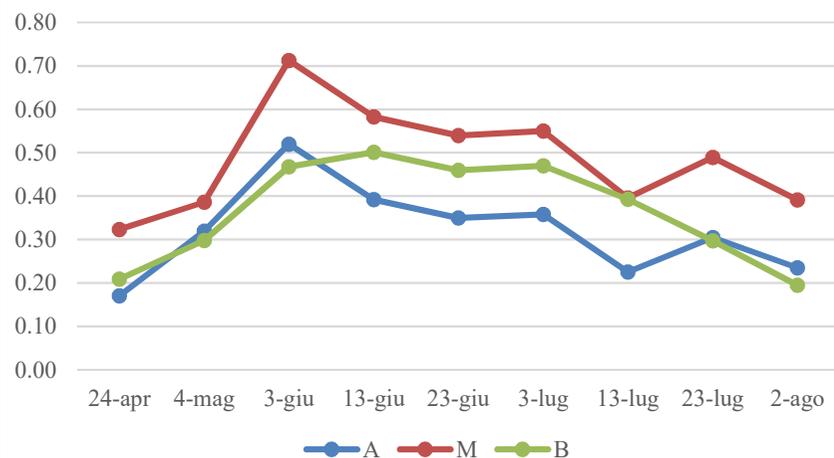
NDVI (NF)



NDVI (F)



NDVI (NF)



NDVI (F)

