



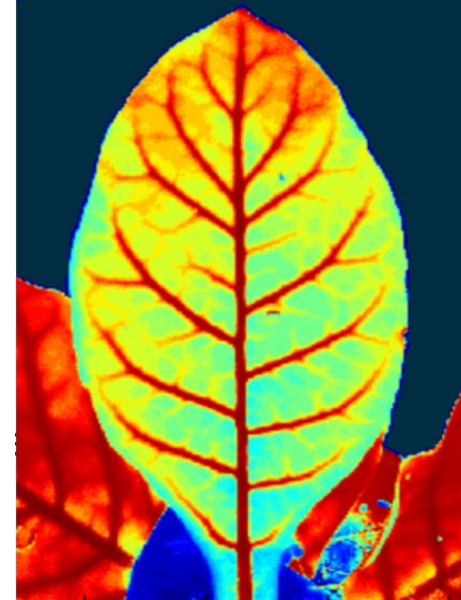
“Valorizzazione della BIODiversità cerealicola in regime BIOlogico” (BIO&BIO),
programma di Sviluppo Rurale Regione Campania 2014/2020 GAL ALTO TAMMARO -
GAL TITERNO Misura 16, Sottomisura 16.1.1.2.

Stato di Salute delle Coltivazioni di Cereali mediante Monitoraggio Termico

Massimo Rippa, Rossella Curcio, Pasquale Mormile



Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti 'E. Caianiello'
ISASI CNR – Pozzuoli (Na)



Una nostra breve introduzione...



ISASI - CNR

Pozzuoli (Na)



THERMOGRAPHY AND IR – IMAGING LAB

IR CAMERA



**PASSIVE AND
ACTIVE APPROACHES**

- LOCK-IN
- PT
- PPT
- DAC
- PCT

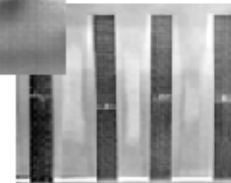
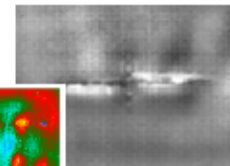
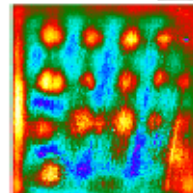
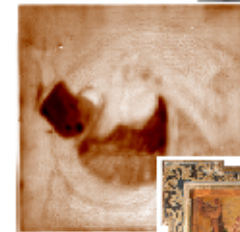
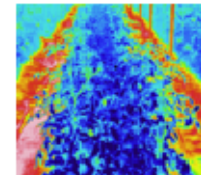
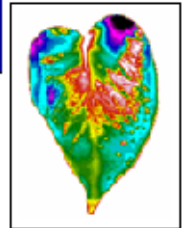
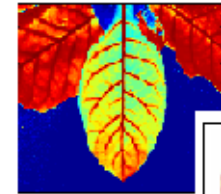


APPLICATIONS

- Agriculture
- Cultural Heritage
- NDT



Home-made Matlab code



- Introduzione all'Imaging Infrarosso
- Imaging Infrarosso ed Agricoltura di Precisione
- Contributo e ruolo dell'ISASI-CNR in BIO&BIO
- Conclusioni

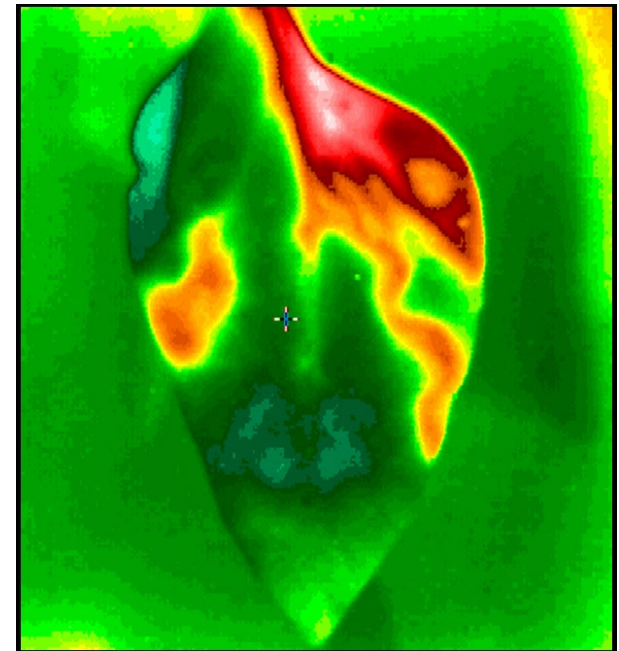
IMAGING INFRAROSSO E TERMOGRAFIA

REGISTRAZIONE DELLA **RADIAZIONE TERMICA** EMESSA IN MODO NATURALE DAI CORPI (CALORE) IMPIEGANDO CAMERE INFRAROSSE



INFORMAZIONI DIRETTE

MAPPA DELLA DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA DELLA SUPERFICIE DEL CAMPIONE SOTTO INDAGINE



ANALISI ED ELABORAZIONI DELLE IMMAGINI

CONDIZIONI DELLA SUPERFICIE E DEGLI STRATI SUB-SUPERFICIALI



INDIVIDUAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DI AREE ANOMALE

MONITORAGGIO SOTTO NATURALI CONDIZIONI AMBIENTALI O QUANDO SOGGETTO A STIMOLI TERMICI ESTERNI



ANALISI DELLA RISPOSTA FUNZIONALE: STATO DI SALUTE

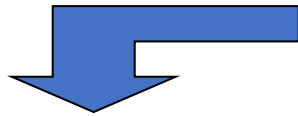
ULTERIORI VANTAGGI



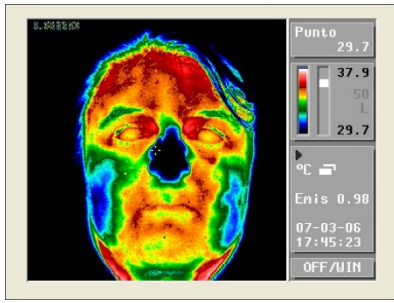
- ANALISI NON INVASIVA
- INVESTIGAZIONE DI GRANDI AREE
- INFORMAZIONI IN TEMPO REALE E IN REMOTO

IMAGING INFRAROSSO

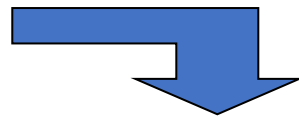
PASSIVO



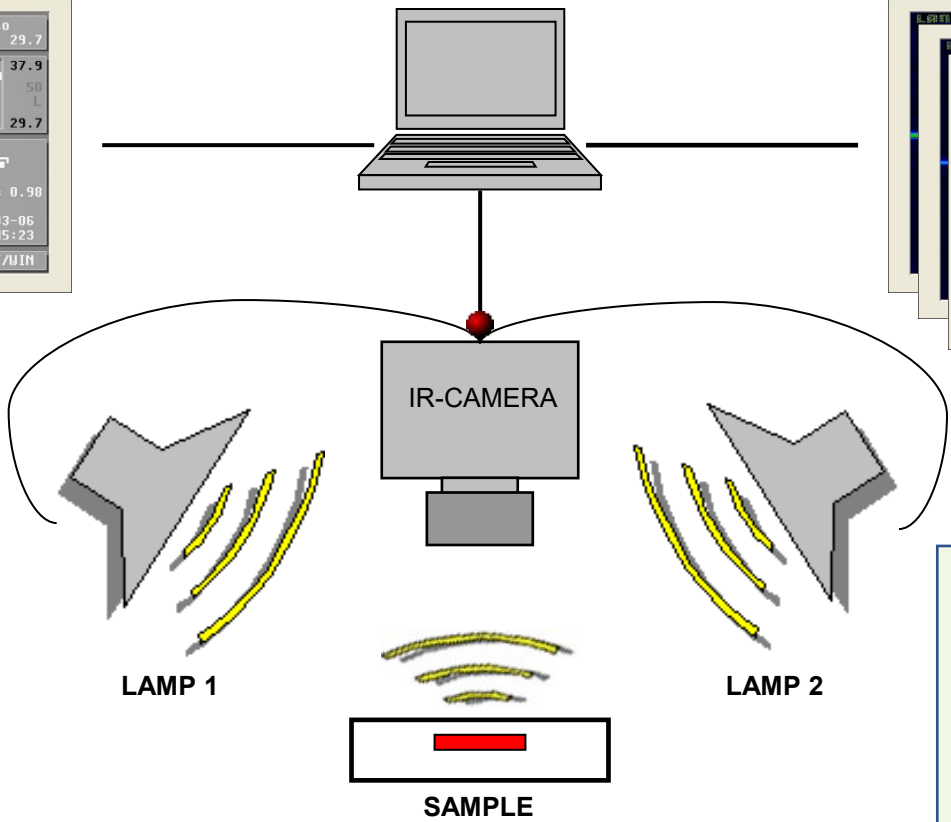
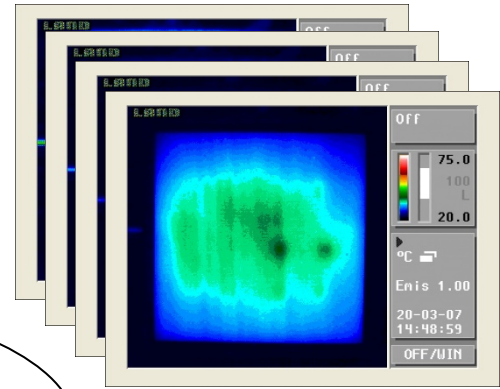
REGISTRAZIONE DI IMMAGINI TERMICHE SOTTO CONDIZIONI NATURALI, SENZA ECCITAZIONE ESTERNA



ATTIVO






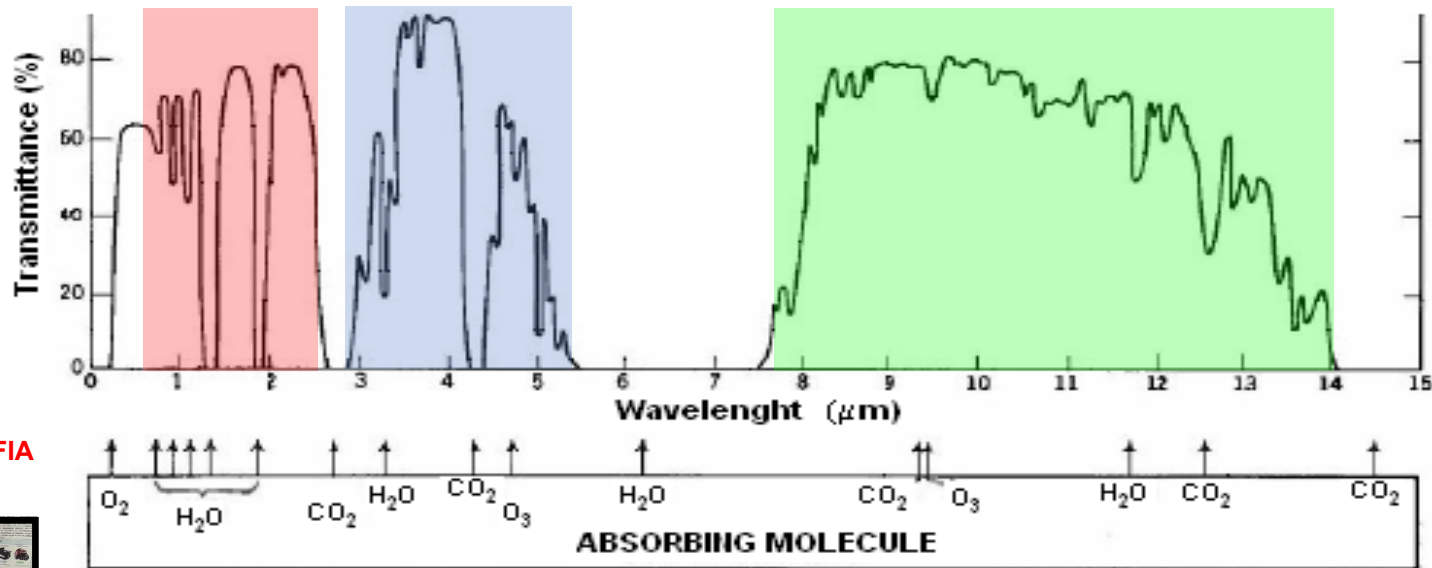
REGISTRAZIONE DI SEQUENZE DI IMMAGINI TERMICHE DURANTE E DOPO L'APPLICAZIONE DI UNO STIMOLO TERMICO ESTERNO



QUANDO UN ONDA TERMICA, CHE SI PROPAGA IN UN CAMPIONE, INCONTRA UNA DISOMOGENEITA' UNA PARTE DI ESSA VIENE RIFLESSA INDIETRO E VA A MODIFICARE LA TEMPERATURA DELLA SUPERFICIE SOVRASTANTE

TRASMITTANZA ATMOSFERICA

 NIR
 MWIR
 LWIR



LABORATORIO DI TERMOGRAFIA ED IMAGING INFRAROSSO



Xeva 320



FLIR X6580 sc



Avio TVS 500



Sensor

InGaAs – FPA 320X256

InSb – FPA 640X512

Microbolometer – FPA 320X240

Temperature Resolution

-

0.02 °C

0.05 °C

Image Resolution

12 bit

14 bit

14 bit

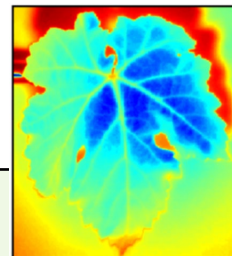
Max Frame Rate

12 kHz

130 Hz

60 Hz

IMAGING INFRAROSSO IN AGRICOLTURA.....



**MONITORAGGIO DELLO STATO DI STRESS DI
PIANTE E COLTURE**



- IRRIGAZIONE INSUFFICIENTE
- PRESENZA DI AGENTI PATOGENI (FUNGHI, VIRUS, ETC..)
- FATTORI BIOTICI E ABIOTICI

**INTERAZIONE CON DIVERSE SORGENTI
LUMINOSE (UV-VIS-NIR)**



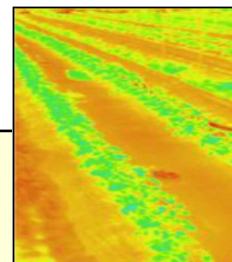
- UVA/UVB/UVC, VIS, NIR

UTILIZZO DA REMOTO



- MONITORAGGIO DI SERRE E CAMPI A DISTANZA
- IMPIEGO CON DRONI (SAPR, UAV)

AGRICOLTURA DI PRECISIONE & AGRICOLTURA 4.0



STRATEGIA

**IMPIEGO DI TECNOLOGIE PER
ACQUISIRE DATI CHE PORTINO A
DECISIONI FINALIZZATE ALLA
BUONA PRODUZIONE AGRICOLA**



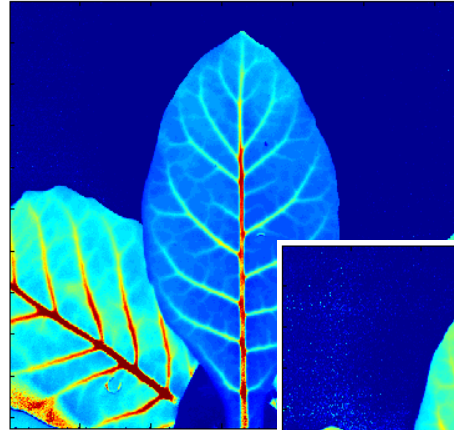
OBIETTIVI

- UTILIZZO MIRATO DEI PRINCIPALI FATTORI DELLA PRODUZIONE (ACQUA, FERTILIZZANTI, FITOFARMACI)
- MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DELLO STATO DI SALUTE DELLE COLTURE (CONTROLLO DELL'INSORGENZA DI FITOPATOGENI O DI CONDIZIONI AMBIENTALI SFAVOREVOLI)

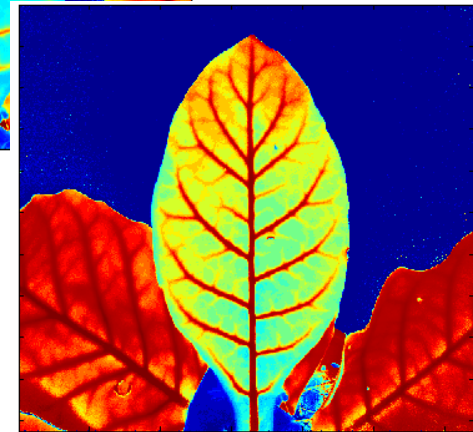
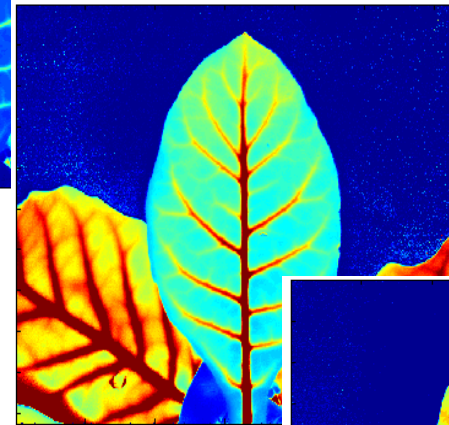
Analisi Morfologica e Funzionale di foglie di vario genere



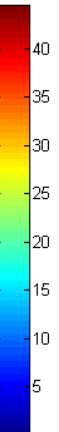
**Analisi
Morfologica**



**Analisi del
contenuto
locale di acqua**



**Tempo di
recupero (s)**



**tempo
(s)**

Obiettivo

APPROFONDIMENTO SCIENTIFICO SUGLI EFFETTI
PROVOCATI SULLA FUNZIONALITA' DELLE PIANTE
DA AGENTI PATOGENI O CODIZIONI DI STRESS DI
VARIO GENERE

Progetto BIO&BIO

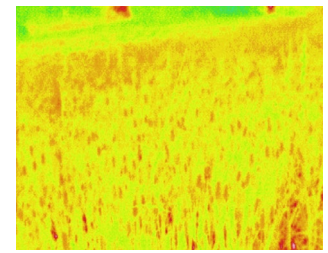


“Valorizzazione della BIOdiversità cerealicola in regime BIOlogico” **BIO&BIO** PSR Campania 2014-2020 - Misura 16 Sottomisura 16.1.1.2.



Obiettivo principale

Confrontare e **selezionare** le migliori qualità di cereali storici e le loro miscele che meglio si adattano alle condizioni microclimatiche delle aree rurali della Regione Campania oggetto del progetto (Sannio)



CNR- ISASI ➔ **WP3: Analisi infrarosse sulle diverse coltivazioni**

Campagne di Monitoraggio delle coltivazioni di cereali presenti nelle aziende coinvolte nel progetto



2-3 giorni



ogni 20-25 giorni



Durante l'intero periodo di coltivazione

Registrazione immagini Termiche

- In diversi momenti della giornata
- In diverse condizioni micro-climatiche
- In diversi momenti della crescita
- In diversi range spettrali



MWIR camera



LWIR camera



Aprile 2022



Maggio 2022



Giugno 2022



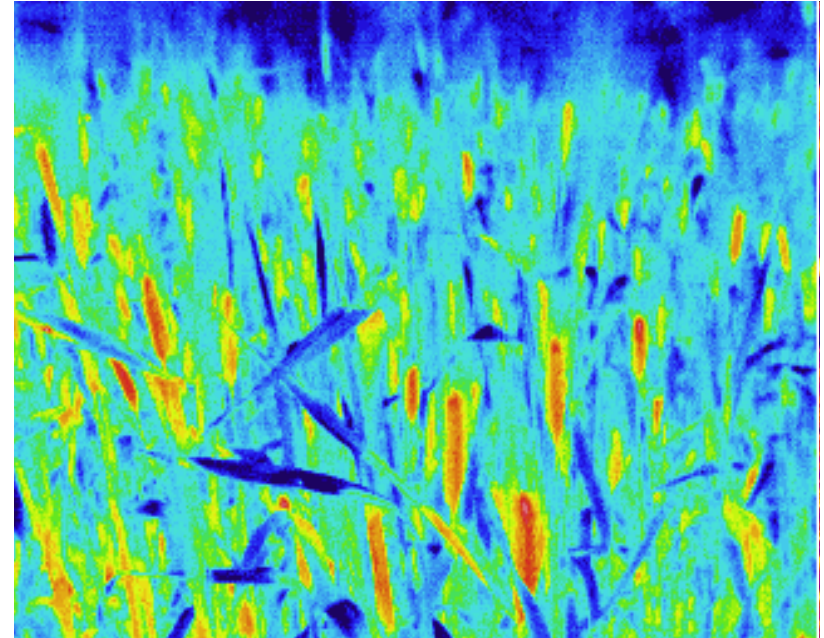
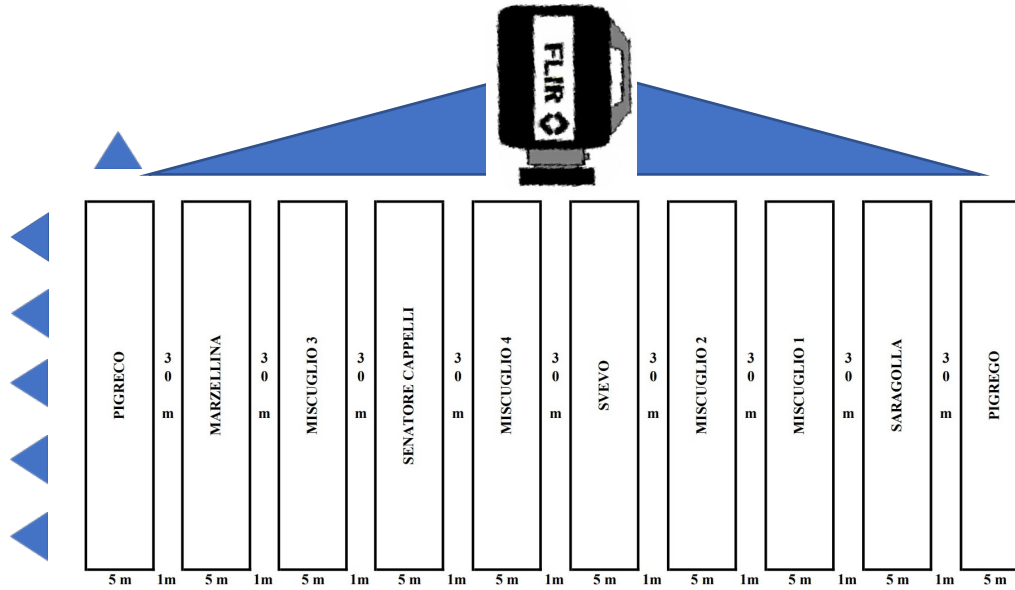
Luglio 2022



Monitoring infrarosso nel Progetto BIO&BIO

Rilevamento Remoto

Rilevamento Prossimale

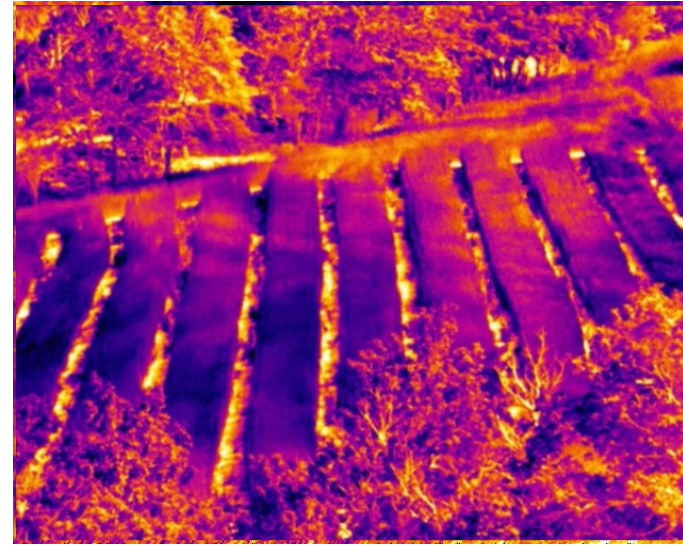


Monitoring infrarosso nel Progetto BIO&BIO

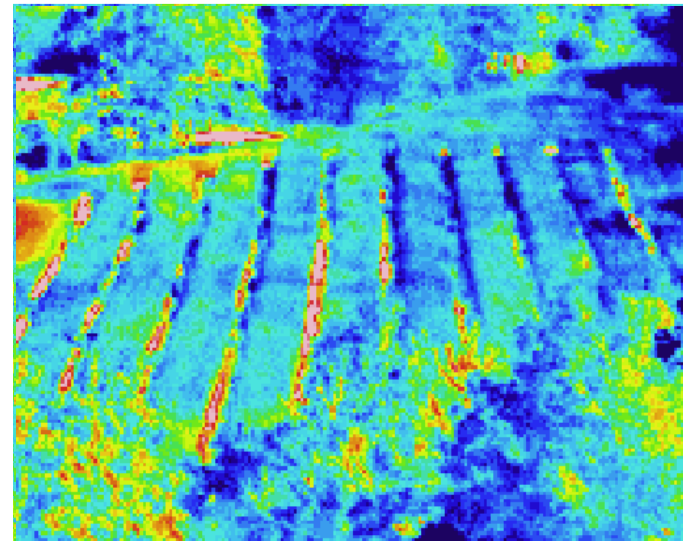
MWIR



Monitoraggio prossimale



LWIR



Obiettivi WP3

- Informazioni relative allo stato di stress delle colture
- Comparazione dello stato di salute e di adattamento tra le varie tipologie di cereali monitorate
- Feedback per una gestione ottimizzata
- Comparare le performance dei range MWIR ed LWIR
- Divulgare i risultati partecipando a conferenze nazionali ed internazionali

Rilevamento da Remoto



Rilevamento **Prossimale**



Monitoraggio livelli di stress **Grano tenero**: indice NRST

Steam elongation

Heading begins

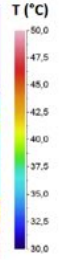
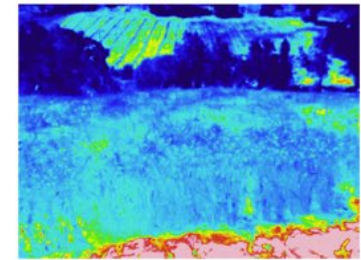
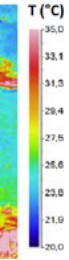
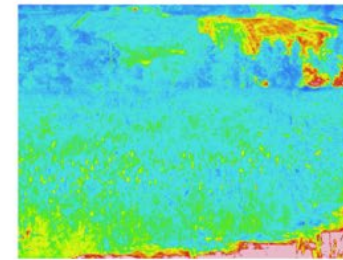
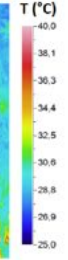
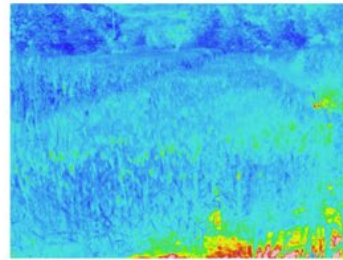
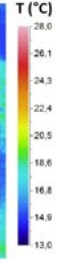
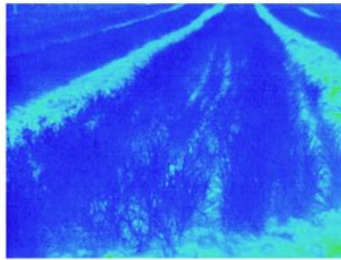
Milky-waxy ripening

Full ripening

Visible Images

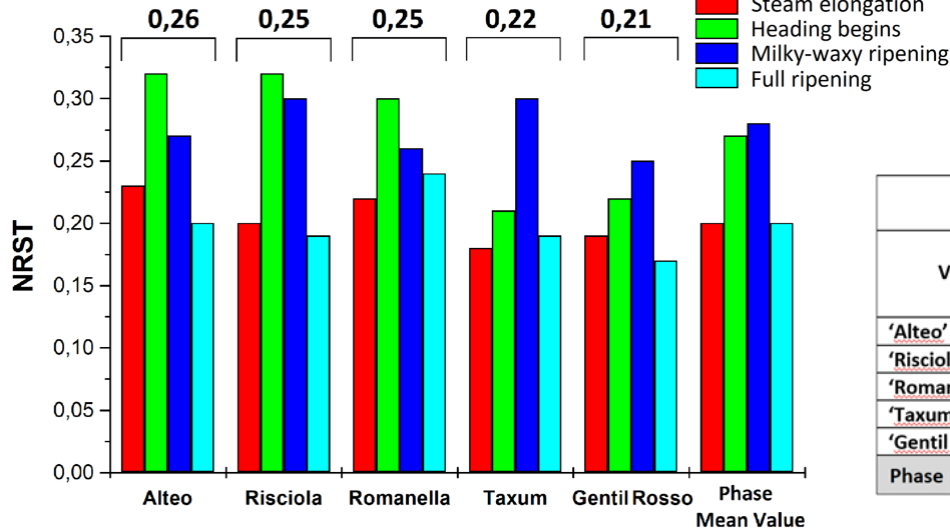


Thermal Images



VARIETY MEAN VALUES

Phenological phases



Normalized Relative Soil Temperature (NRST)

$$NRST = (T_{MS} - T_{MW}) / T_{MS}$$

Variety	NRST Index				Variety mean value
	Phenological phases				
	Steam elongation	Heading begins	Milky-waxy ripening	Full ripening	
'Alteo'	0.23	0.32	0.27	0.20	0.26
'Risciola'	0.20	0.32	0.30	0.19	0.25
'Romanella'	0.22	0.30	0.26	0.24	0.25
'Taxum'	0.18	0.21	0.30	0.19	0.22
'Gentil Rosso'	0.19	0.22	0.25	0.17	0.21
Phase Mean Value	0.20	0.27	0.28	0.20	

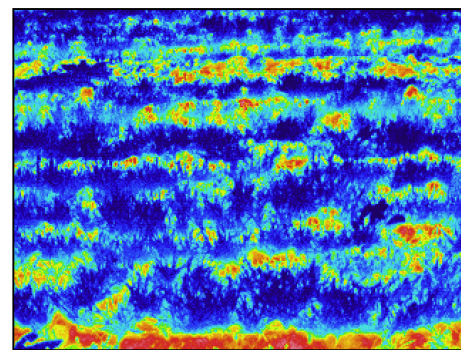
Valutazione del ricoprimento del suolo delle varietà di **Grano duro**

Cereal Coverage Estimation

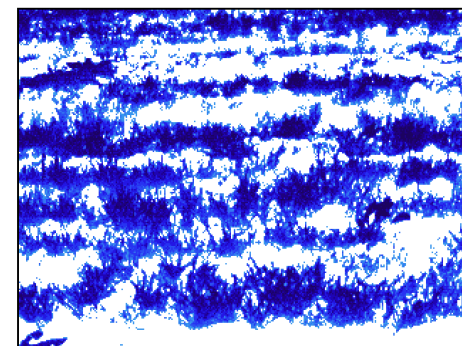
a Visible Image



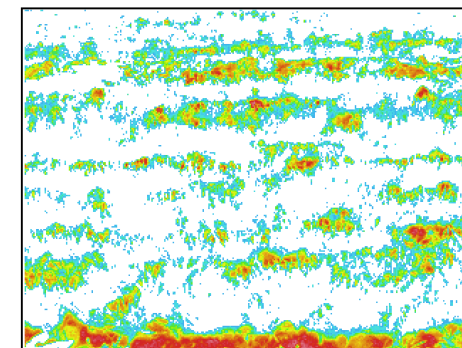
b Thermal Image



c T < T_{TH}



d T > T_{TH}

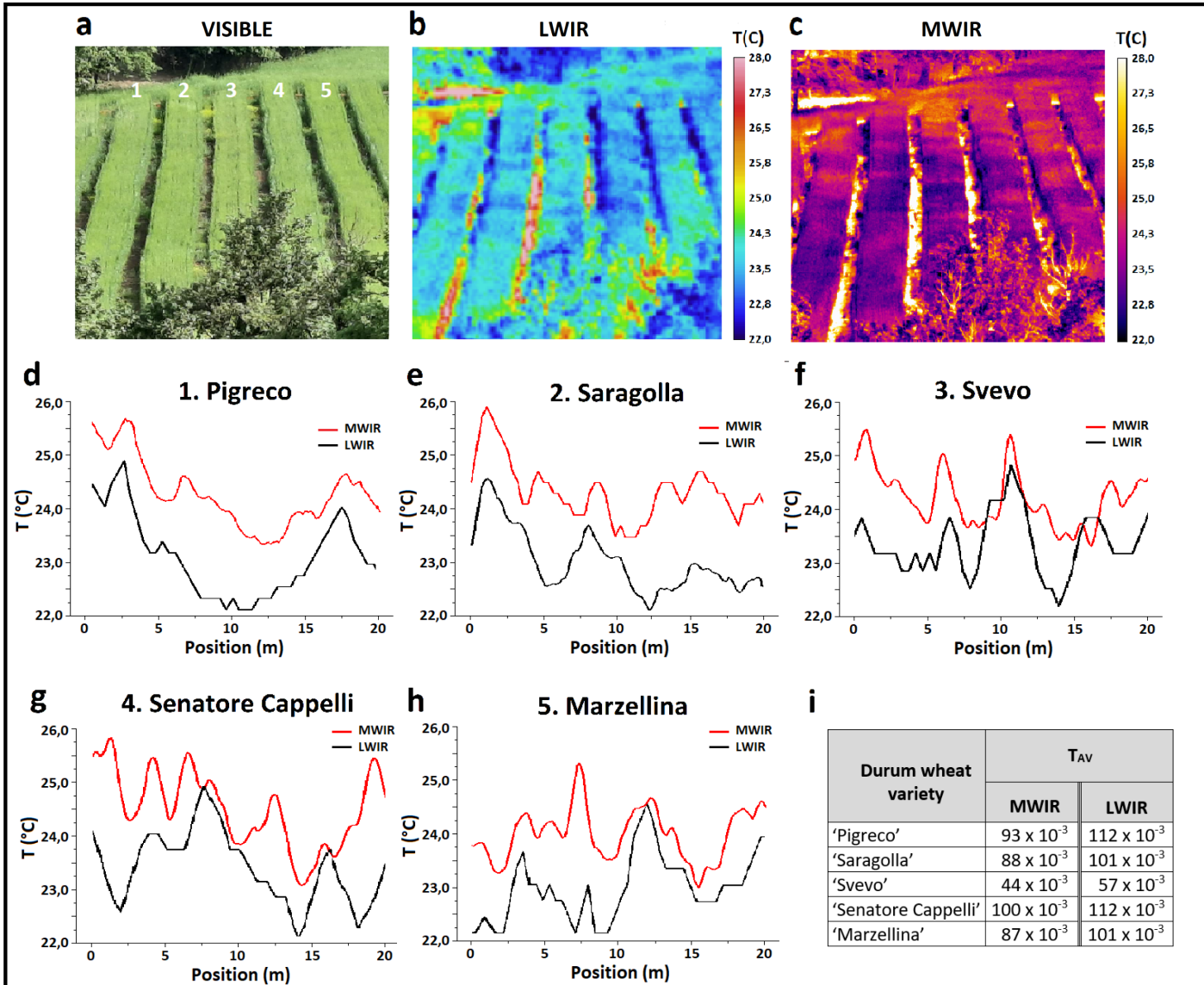


$$\% W_C = \frac{N_v}{N_v + N_s} \times 100$$

Durum wheat variety	%W _C	Common wheat variety	%W _C
'Pigreco'	83	'Alteo'	85
'Saragolla'	91	'Risciola'	86
'Svevo'	92	'Romanella'	88
'Senatore Cappelli'	93	'Taxum'	83
'Marzellina'	89	'Gentil Rosso'	93



Confronto dei risultati acquisiti nei range spettrali MWIR ed LWIR



BERLIN - September 2022



SPIE. Event: SPIE Remote Sensing, 2022, Berlin, Germany

Infrared Multispectral Monitoring of Cereal Crops

Massimo Rippa^{*,1}, Rossella Curcio¹, Ida Di Mola², Lucia Ottaiano³, Eugenio Cozzolino², Mauro Mori³, Pasquale Mormile⁴

^{*}Institute of Applied Sciences and Intelligent Systems “E. Caianiello” of CNR, via Campi Flegrei 34, 80072 Pozzuoli (Na), Italy

¹Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Portici, 80055, Italy

⁴Council for Agricultural Research and Economics (CREA)—Research Center for Cereal and Industrial Crops, Caserta, 81100, Italy

*m.rippa@issai.cnr.it, phone +390818675334, <https://www.issai.cnr.it/en/image-sensing-for-agricultural-cultural-heritage-and-adt-applications/>

ABSTRACT

Plants are subjected to a wide range of stresses which reduces the productivity of agricultural crops. In the case of cereal cultivations, climate change impacts on their production mainly through abiotic and biotic stress due for example to heat and water stress but also to pathogens such as bacteria, fungi, nematodes and others. The area under cereal cultivation is increasing worldwide, but, due to these problems, the current rates of yield growth and overall production are not enough to satisfy future demand. For this motivation, there is the needs to monitor and to control the cultivations, also developing new technological solutions useful to better optimize the management strategies, increasing both the quality of products and the quantity of the annual cereal harvest. Infrared imaging is a well-known non-invasive and non-contact technique that represents an outstanding approach of analysis applied in many fields: engineering, medicine, veterinary, cultural heritage and others. In recent years it has been gaining great interest in agriculture as it is well suited to the emerging needs of the precision agriculture management strategies. In this work, we performed an in-field multispectral infrared monitoring of different cereal crops (durum wheat and common wheat) through the use of both LWIR and MWIR cameras. The monitoring carried out made it possible to identify, among the crops analyzed, those subject to higher stress levels and their response to the different spectral ranges used. The results obtained open to the possibility of identifying new figures of merit useful for an effective monitoring of cereal crops and measurable through remote instrumentation.

Keywords: Thermography, Digital Agriculture, Precision Agriculture, Cereals, Infrared Imaging, Plant Stress

CONFERENCE

Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology

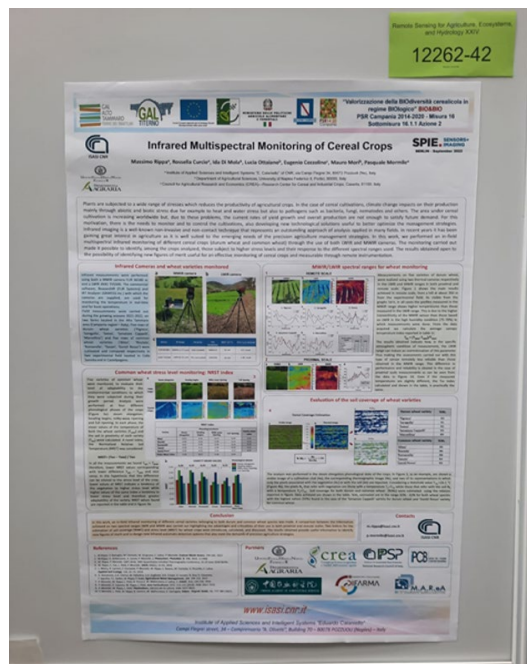


Poster **BIO&BIO**

ESTREL CONGRESS CENTER (ECC)



Aula dove si sono tenute brevi presentazioni orali del Poster



Collaborazioni



Riferimenti

1. M. Rippa, V. Pagliarulo, A. Lanzillo, et. al. **J. Nondestruct Eval.** 2021, 40 (1).
2. I. Papa, D. Mocerino, V. Pagliarulo, M. Rippa, A. Langella. **J. Compos. Mater.** First published August 24, 2021.
3. M. Rippa, A. Ambrosone, A. Leone, P. Mormile. **J. Photochem. Photobiol. B**, 208, 2020, 111900.
4. C. Yun, E. Liu, M. Rippa, P. Mormile, D. Sun, C. Yan, Q. Liu. **Sustainability** 2020, 12(23), 9833.
5. P. Mormile, M. Rippa, G. Graziani, A. Ritieni. **J Sci Food Agric.** 2019 Dec;99(15):6931-6936.
6. V. Pagliarulo, M. Rippa, A. Lanzillo, G. Fatigati, P. Rossi, M. Grilli, P. Mormile, P. Ferraro. **Proc. SPIE 11785**, 20 June 2021.
7. M. Rippa, P. Mormile. **QIRT 2018**, 14th Quantitative InfraRed Thermography Conference, 25-29 June 2018 Berlin.
8. L. Morra, R. Carrieri, F. Fornasier, P. Mormile, M. Rippa, S. Baiano, M. Cermola, G. Piccirillo, E. Lahoz. **Appl. Soil Ecol.**, 126, 65-74, 2018.
9. G. Bonanomi, G.B. Chirico, M. Palladino, S.A. Gaglione, D.G. Crispo, U. Lazzaro, B. Sica, G. Cesarano, F. Ippolito, T.C. Sarker, M. Rippa, F. Scala. **Agricultural Water Management**, 184, 104-113, 2017.
10. P. Mormile, L. Petti, M. Rippa, B. Immirzi, M. Malinconico, G. Santagata. **Polym. Degrad. Stabil.**, 92, 777-784 (2007).

Contatti

m.rippa@isasi.cnr.it

p.mormile@isasi.cnr.it

**Grazie per la
vostra attenzione !**

*“Quando gli elefanti combattono è l'erba a soffrire”
(proverbio africano)*