



“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.

Imaging infrarosso per applicazioni a supporto dell'Agricoltura di Precisione

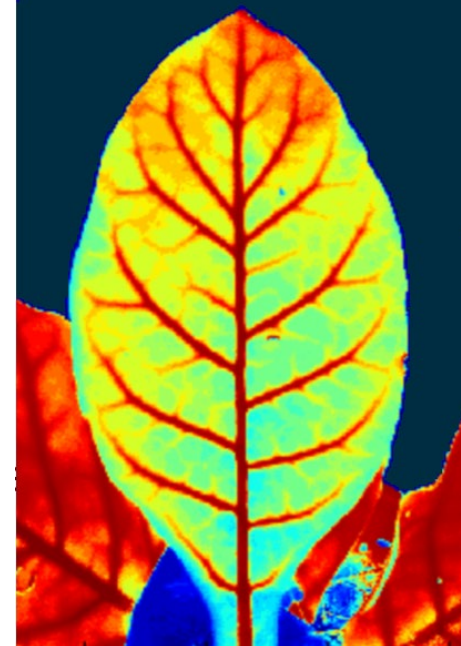
Massimo Rippa, Pasquale Mormile



Science
App

Institute of Applied Sciences
and Intelligent Systems

Istituto di Science 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

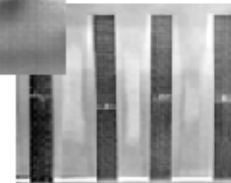
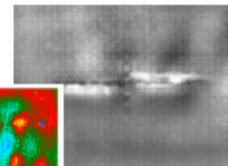
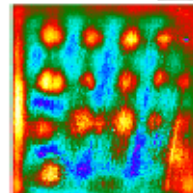
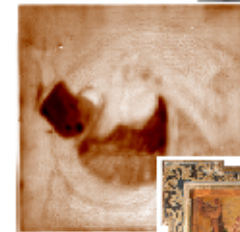
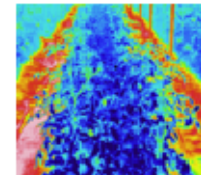
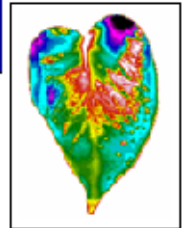
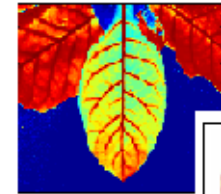


APPLICATIONS

- Agriculture
- Cultural Heritage
- NDT



Home-made Matlab code



- Introduzione all'Imaging Infrarosso
- Imaging Infrarosso ed Agricoltura di Precisione
- Esempi di applicazioni sviluppate dall'ISASI-CNR
- Contributo e ruolo dell'ISASI-CNR in BIO&BIO

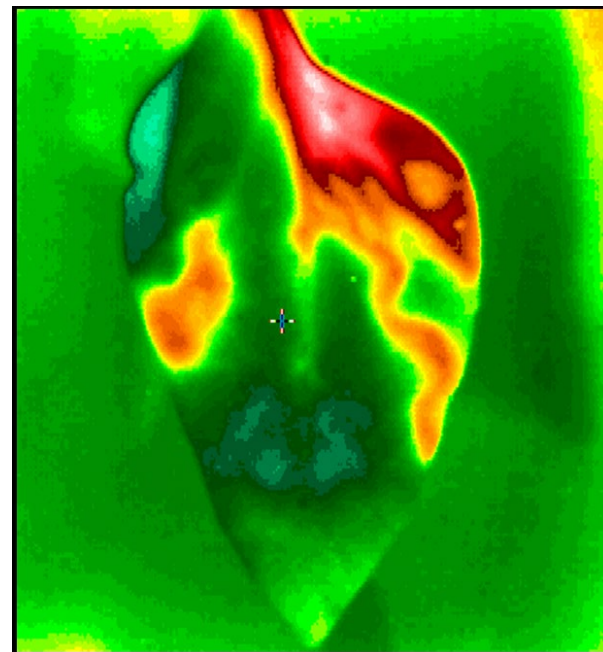
IMAGING INFRAROSSO E TERMOGRAFIA

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

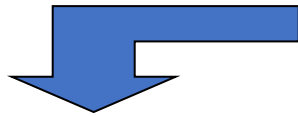
ULTERIORI VANTAGGI



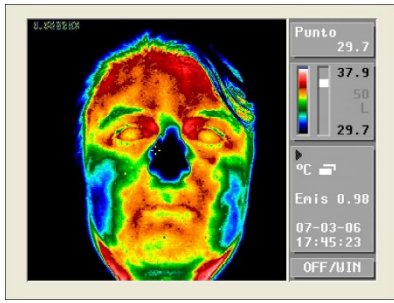
- ANALISI NON INVASIVA
- INVESTIGAZIONE DI GRANDI AREE
- INFORMAZIONI IN TEMPO REALE E IN REMOTO

IMAGING INFRAROSSO

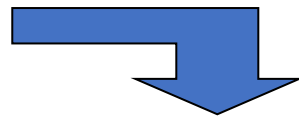
PASSIVO



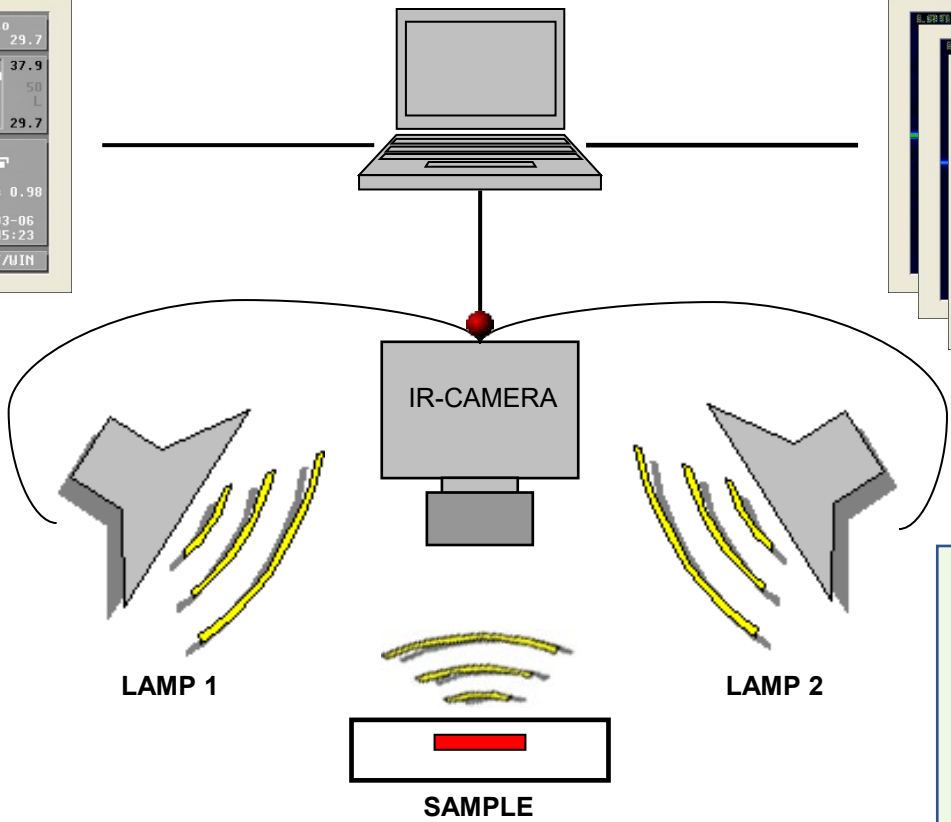
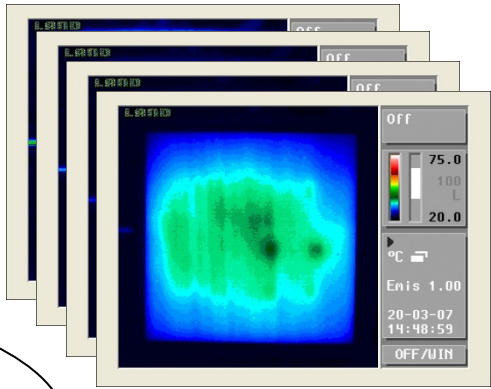
REGISTRAZIONE DI IMMAGINI TERMICHE SOTTO CONDIZIONI NATURALI, SENZA ECCITAZIONE ESTERNA



ATTIVO






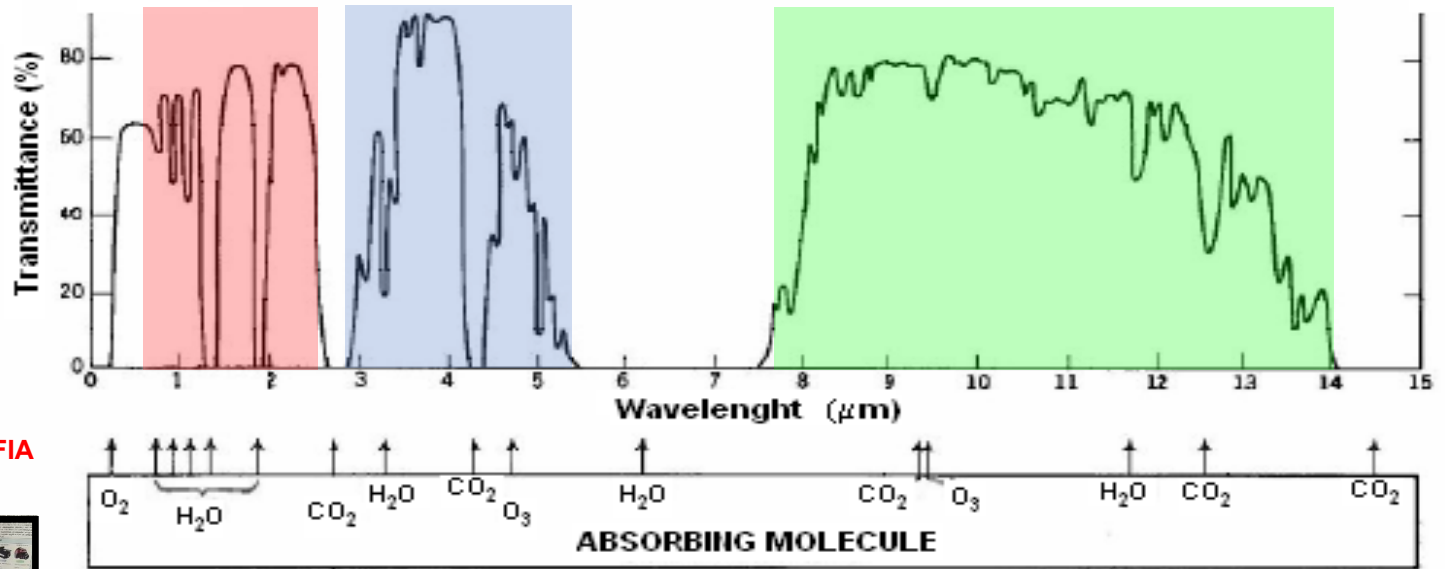
REGISTRAZIONE DI SEQUENZE DI IMMAGINI TERMICHE DURANTE E DOPO L'APPLICAZIONE DI UNO STIMOLO TERMICO ESTERNO



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

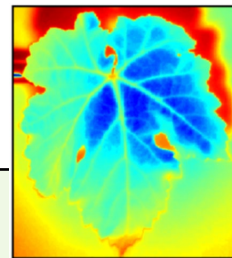
Max Frame Rate

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)**



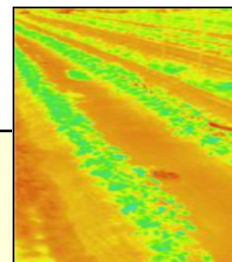
- UVA/UVB/UVC, VIS, NIR

UTILIZZO DA REMOTO



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

AGRICOLTURA DI PRECISIONE & AGRICOLTURA 4.0



STRATEGIA

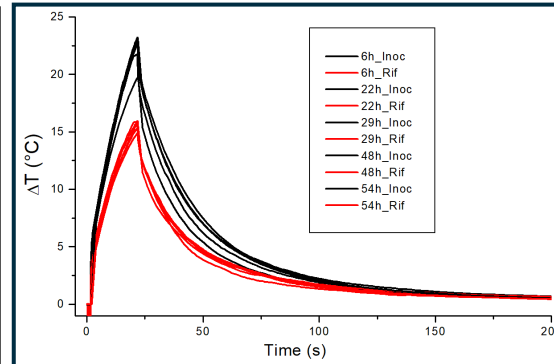
**IMPIEGO DI TECNOLOGIE PER
ACQUISIRE DATI CHE PORTINO A
DECISIONI FINALIZZATE ALLA
BUONA PRODUZIONE AGRICOLA**



OBIETTIVI

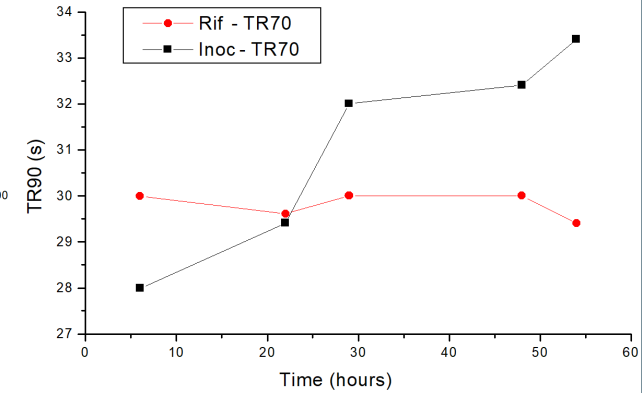
- UTILIZZO MIRATO DEI PRINCIPALI FATTORI DELLA PRODUZIONE (ACQUA, FERTILIZZANTI, FITOFARMACI)
- MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DELLO STATO DI SALUTE DELLE COLTURE (CONTROLLO DELL'INSORGENZA DI FITOPATOGENI O DI CONDIZIONI AMBIENTALI SFAVOREVOLI)

Monitoraggio di piante inoculate con Botrytis C.



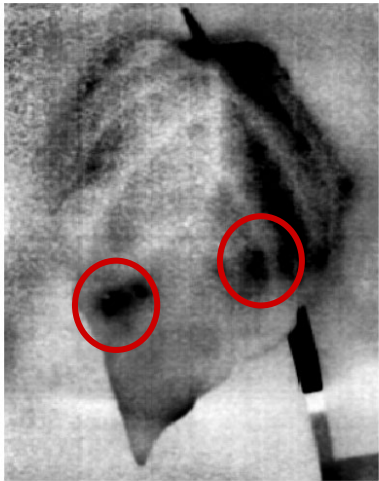
Recovery time trend →

← Temporal response

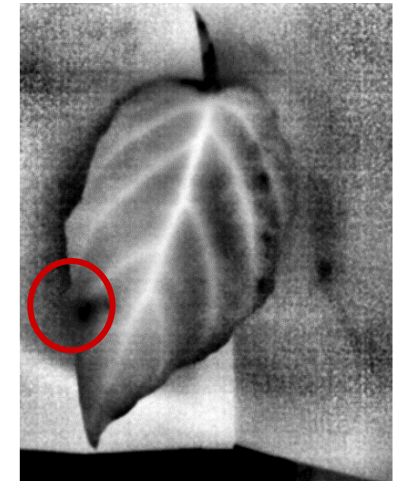
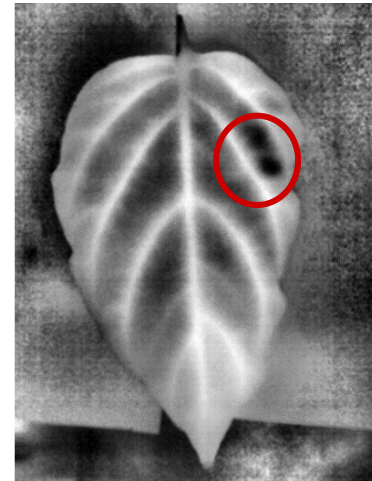


Thermal image

Visible image



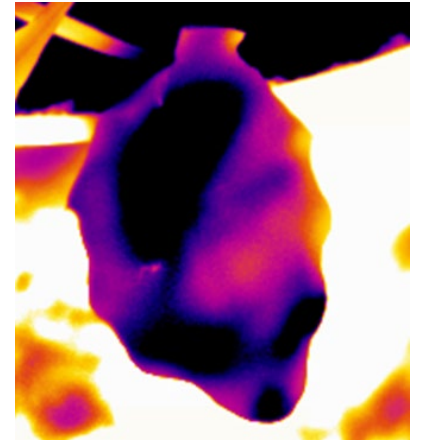
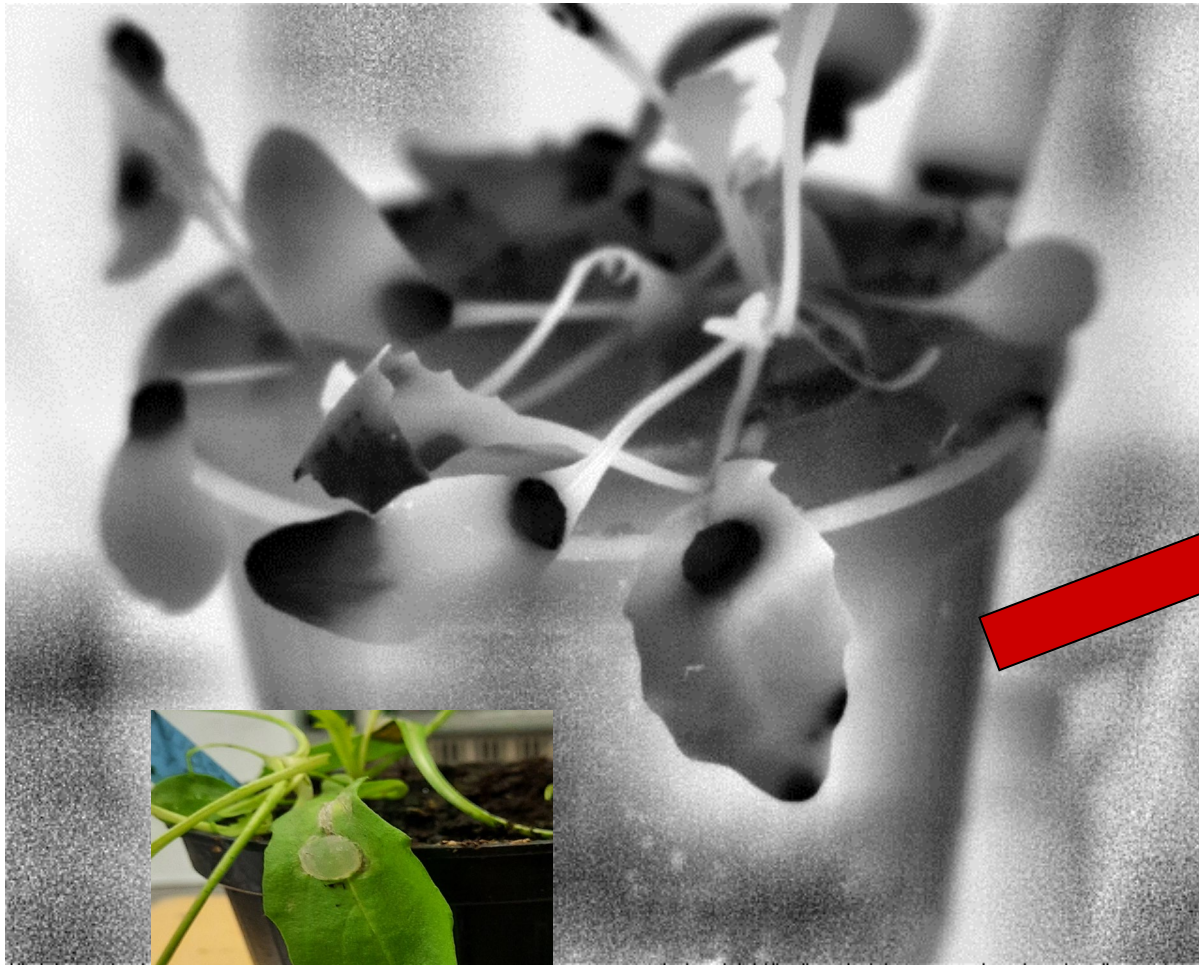
Thermal images



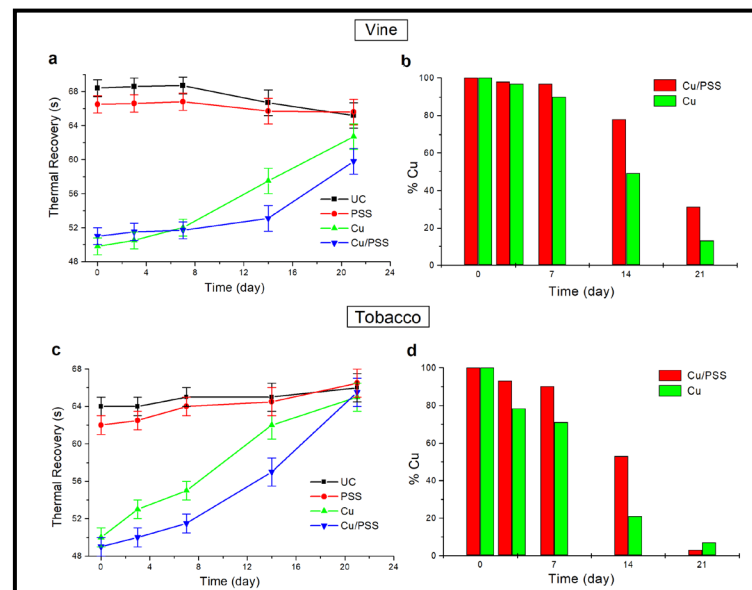
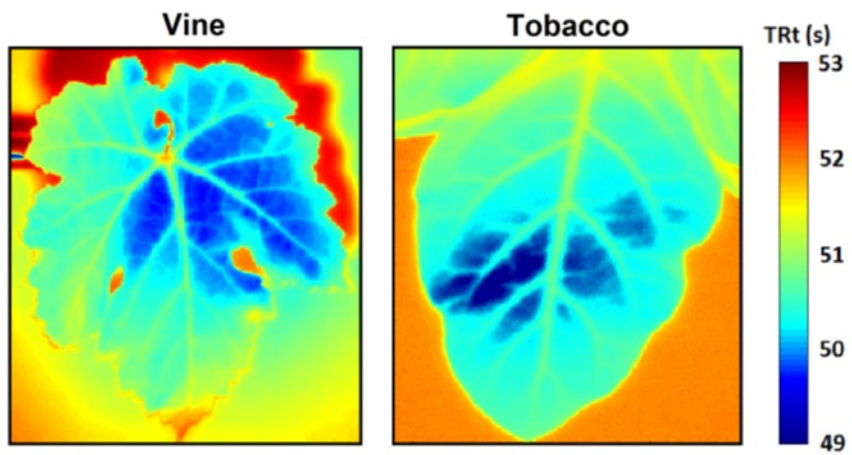
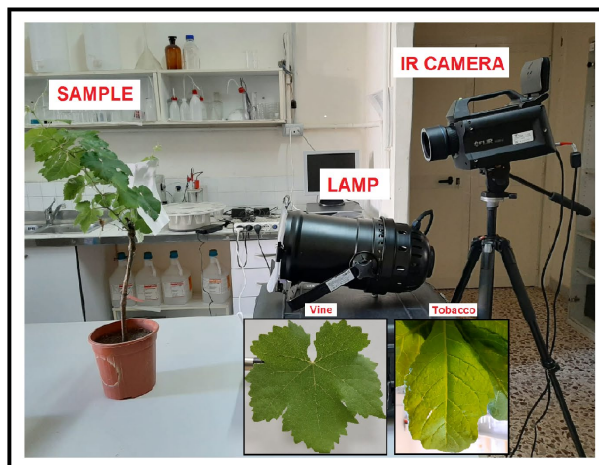
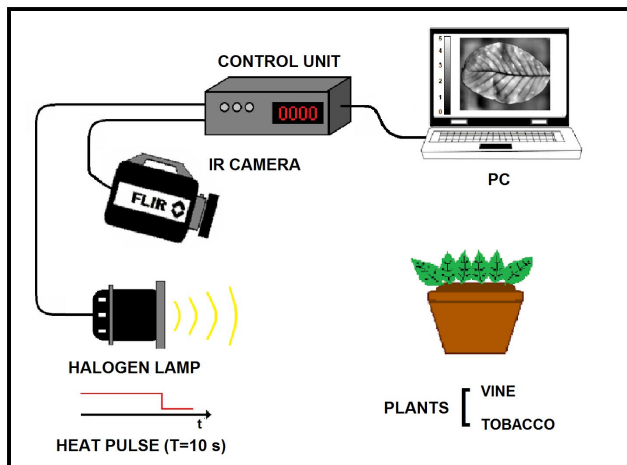
Monitoraggio di piante di rucola inoculate con Sclerotinia

- **Effetto dell'azione del patogeno sulla pianta**





Monitoraggio della persistenza del Rame sulle foglie

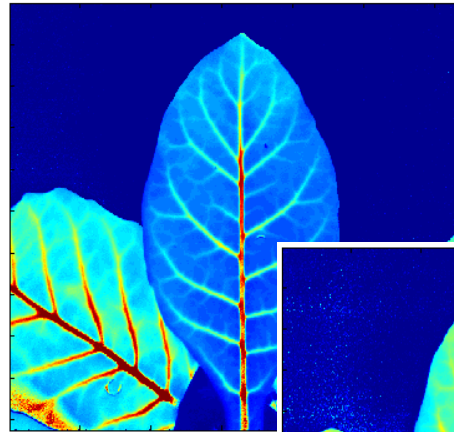


DI.BIO “Riduzione di input di ordine extra-aziendale per la Difesa delle coltivazioni BIOlogiche” - WP 5 “Strategie alternative all’uso del Rame in viticoltura in funzione dei cambiamenti climatici” – finanziato dal Mipaaf con D.M. 3400 del 28/12/2018.

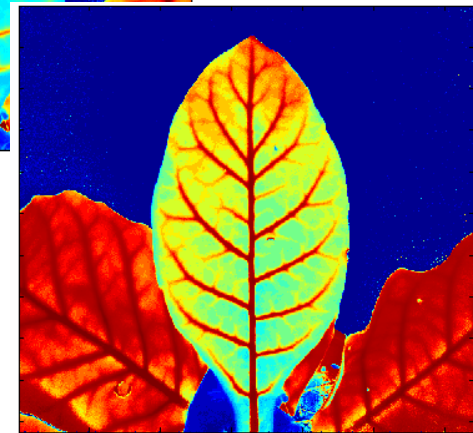
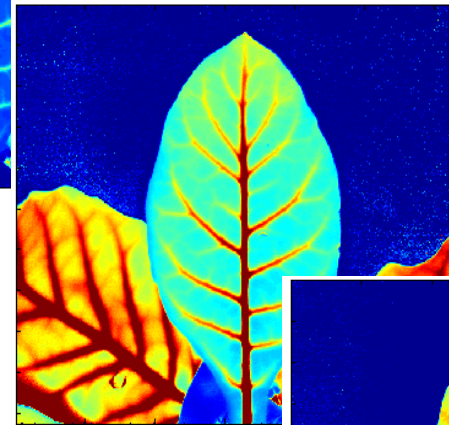
Analisi Morfologica e Funzionale di foglie di vario genere



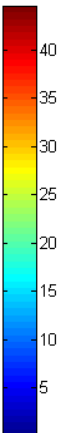
**Analisi
Morfologica**



**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

Analisi in tempo reale della risposta delle Piante alla radiazione UV-B

UV-B - Piante (280-320 nm)

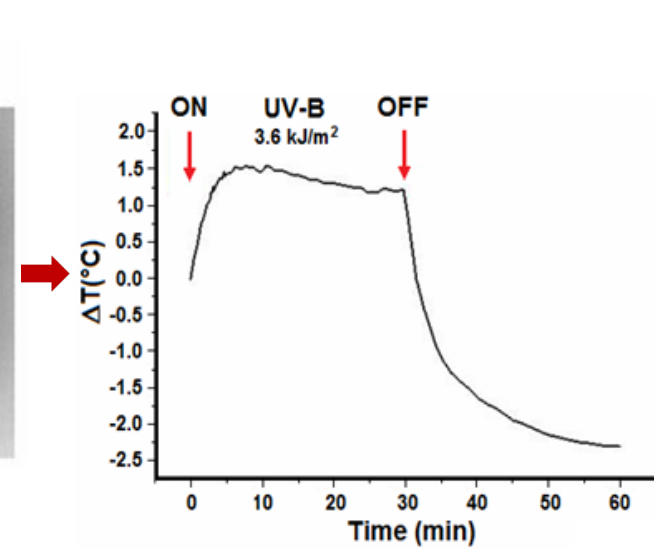
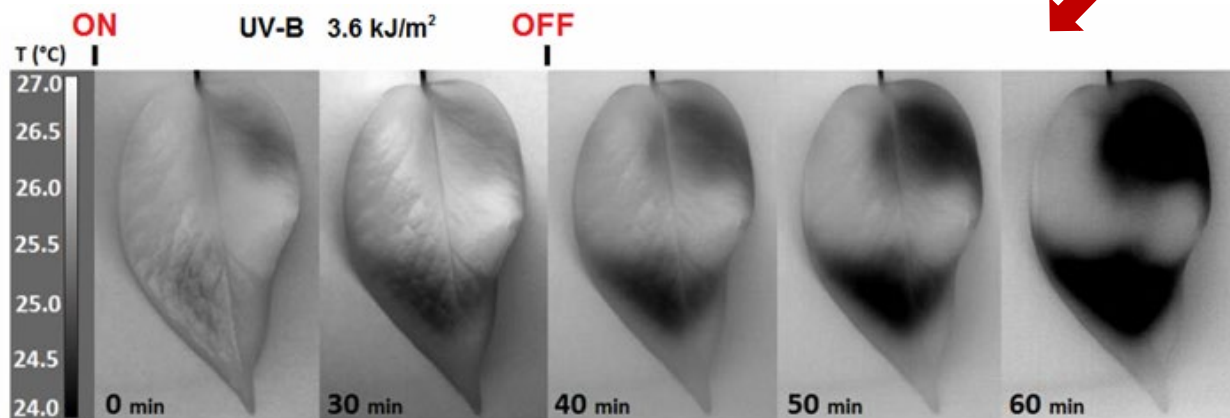
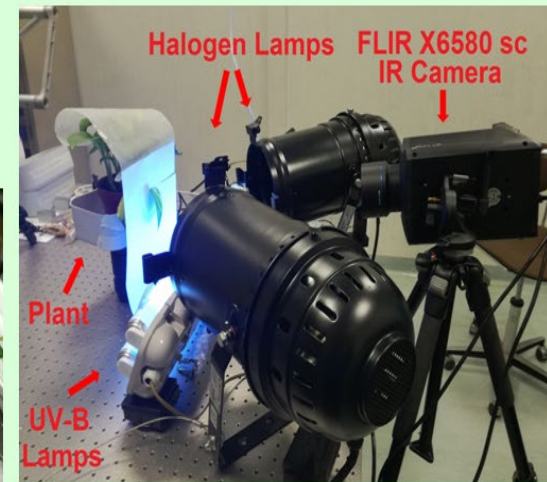


**Incremento dei
metaboliti secondari**
(Carotenoidi, Antociani, Composti
fenolici, Vitamina D, etc...)

- M. Schreiner et al. *Optik&Photonik*, 9 (2014), pp. 34–37.
- V.P. Singh et al. *John Wiley & Sons Ltd*, 2017.
- P. Mormile et al. *Sci Food Agric* 2019; **99**: 6931–6936

Epipremnum
aureum plant

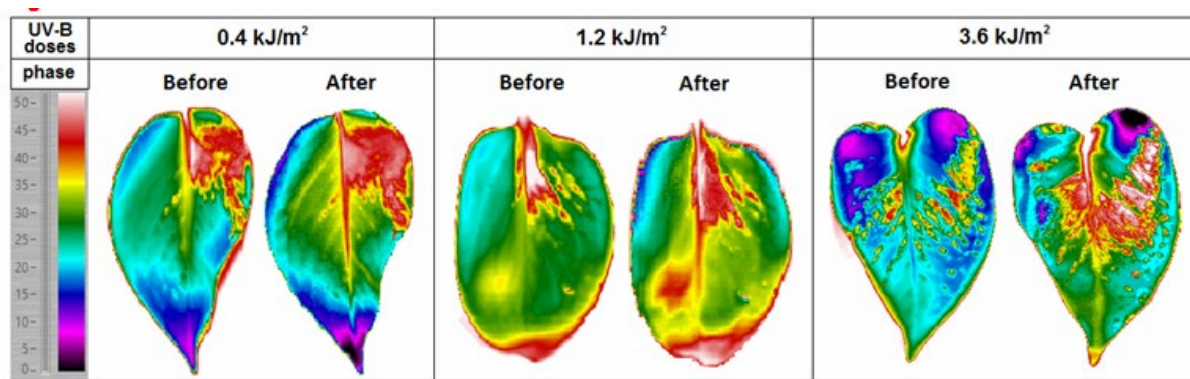
Experimental
set-up →



UVB innesca un **effetto di raffreddamento**

Analisi in tempo reale della risposta delle Piante alla radiazione UV-B

Lock-in Thermography: Immagini di Fase



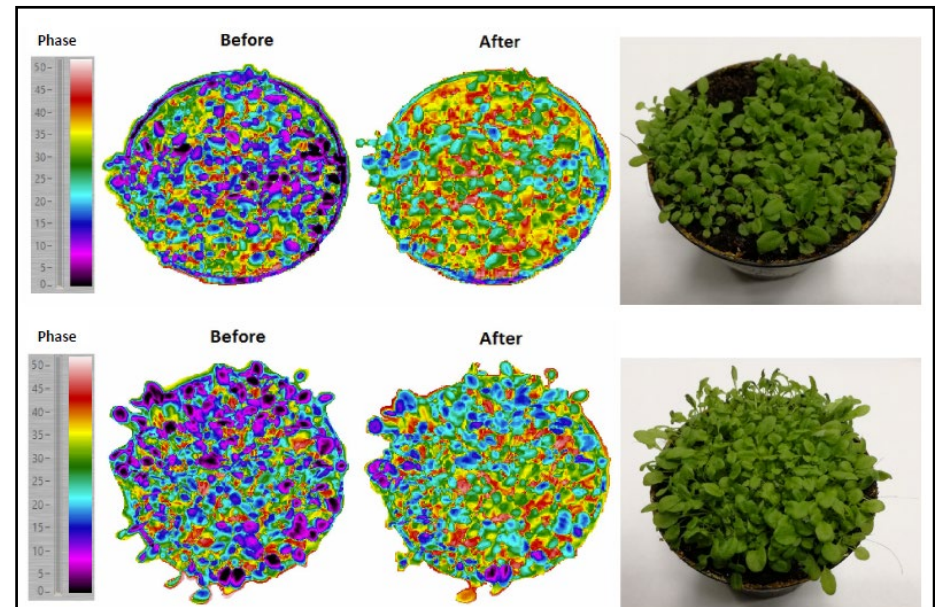
Epipremnum aureum

Fase proporzionale al **Contenuto d'Acqua Locale (LWC)**

UVB su *Arabidopsis thaliana*: organism modello



Risposta all'UVB come segnale di **Sensing**



Contributo ISASI – CNR al progetto

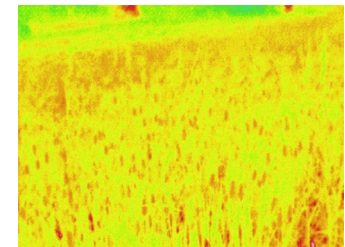


“Valorizzazione della BIOdiversità cerealicola in regime BIOlogico” **BIO&BIO** PSR Campania 2014-2020 - Misura 16 Sottomisura 16.1.1.2.



WP: Analisi infrarosse sulle diverse coltivazioni

Responsabile: M. Rippa – ISASI CNR



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



2-3 giorni



ogni 20-25 giorni



durante tutto il periodo di coltivazione

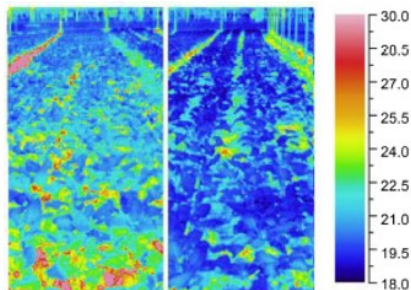
Prelievo di immagini infrarosse



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



- Obiettivi**
- 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
 - Divulgare i risultati partecipando a conferenze nazionali ed internazionali



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)*