



Monitoraggio dell'effetto dei biostimolanti attraverso strumentazione a diversa scala spaziale

A cura di Giancarlo Pagnani¹, Marika Pellegrini², Domenico Ronga³,

Nicola D'Ascenzo^{4,5,6} & Michele Pisante¹

- ¹Dipartimento Di Bioscienze e Tecnologie Agro-alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Teramo.
- ²Dipartimento di Medicina clinica, sanità pubblica, scienze della vita e dell'ambiente, Università degli Studi dell'Aquila.
- ³Dipartimento di Farmacia, Università degli Studi di Salerno.
- ⁴Department of Electronic Engineering and Information Science, University of Science and Technology of China, Hefei, China.
- ⁵School of Life Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China.
- ⁶Dipartimento di Innovazione in Ingegneria e Fisica, Istituto Neurologico Mediterraneo NEUROMED I.R.C.C.S.

Indagini Microscopiche

Microscopio Elettronico a Scansione Zeiss Gemini SEM 500



Lo strumento con sorgente ad emissione di campo è dotato di numerosi detectors e può essere utilizzato con diverse modalità di lavoro in condizione di basso vuoto (Variable Pressure) fino a 500 Pa. È dotato di un modulo Microanalisi EDS, OXFORD EDS Oxford Aztec Live con Detector Ultim Max 100, ce permette la mappatura elementare del campione.

Passaggi per l'osservazione dei campioni mediante il Microscopio Elettronico a Scansione Zeiss Gemini SEM 500.

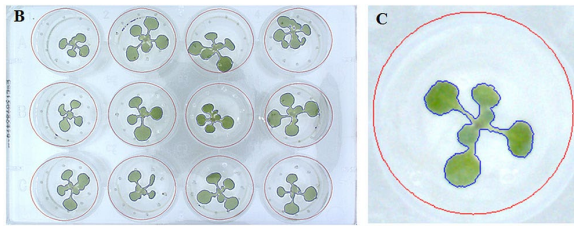
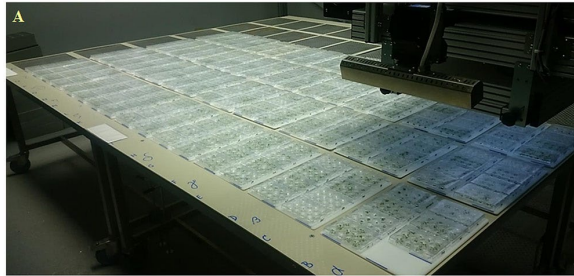
Caricamento campione su piattaforma PELTIER per osservazione di campioni non fissati/metallizzati.



Acquisizione immagini a diverso ingrandimento (es. da 500 a 20.000 X).



Indagini a Piccola e Media Scala



Piattaforma di fenotipizzazione su piccola scala composta da camera di crescita XYZ PlantScreen™ con imaging RGB automatico con vista dall'alto (Photon System Instruments, Czechia) per lo screening di sostanze biostimolanti basate sui cambiamenti della crescita della rosetta di Arabidopsis in piastre multi-pozzetto. (A) PlantScreen™ con imaging rosso-verde-blu (RGB) automatico con vista dall'alto. (B) Immagini RGB di piantine di Arabidopsis 9 giorni dopo la germinazione. (C) Immagine RGB di una singola piastra con il segno di confine blu creato dal software interno per l'analisi.



PlantScreen™ - Phenotyping Systems, progettati per il monitoraggio automatizzato su media scala ad alta processività, e per la quantificazione dell'architettura, della resa e delle prestazioni delle piante in ambiente controllato ad elevata precisione. Include RGB ad alta risoluzione, fluorescenza clorofilliana, immagini termiche e iper-spetttrali sia VNIR che SWIR per la fenotipizzazione digitale ad alta precisione delle piante.

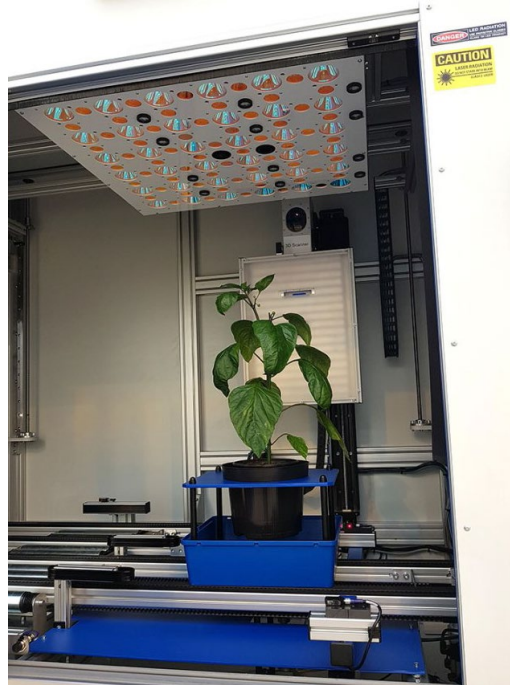
Questa piattaforma può essere configurata per singoli vasi, vasi multipli o vassoi, con un'ampia scelta d'uso con differenti varietà.



Il Modular System PlantScreen™ è una soluzione robotica integrata per la fenotipizzazione digitale ad alta precisione delle piante e la coltivazione di piante più grandi come mais o grano durante l'intero ciclo di vita. Il singolo vaso è posto in un disco di trasporto, che può essere dotato di diversi tipi di supporti per alloggiare vasi di diverse dimensioni.



Il sistema può essere integrato in serra esistente o in ambiente semi-controllato. I vasi singoli sono in dischi di trasporto trasportati dall'area di coltivazione verso le unità di imaging e le stazioni di irrigazione. Il formato del disco interno è modulare e offre flessibilità d'uso con numerose specie diverse o con una singola specie durante tutto il suo ciclo di crescita. I dati digitali multisensoriali vengono acquisiti tipicamente dalle viste dall'alto e laterali.



Il sistema Robin PSI PlantScreen™ è un dispositivo autonomo e può essere utilizzato per "fenotipizzare" digitalmente singole piante in vasi fino a 50 cm di altezza o in vassoi con max. 20 piccole piante, ad esempio Arabidopsis per una serie di caratteri. Il Robin PSI può essere facilmente trasferito in una camera climatica o in un compartimento della serra, per consentire un facile accesso dagli esperimenti in corso. Il Robin PSI è dotato di tre sensori:

- Un'unità di imaging a fluorescenza clorofilliana (CF) per misurazioni dell'efficienza del foto-sistema II adattato al buio (PSII).
- Un'unità di imaging RGB, con opzioni di visualizzazione dall'alto e multiple per la visualizzazione laterale.
- Un'unità di scansione a triangolazione laser 3D per la ricostruzione di immagini 3D.

Indagini in Pieno Campo



I Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR) sono dei complessi sistemi di acquisizione dati. Per quanto riguarda l'Agricoltura di Precisione, i sistemi maggiormente diffusi sono ad elica e si suddividono in ala fissa e multirottore. Le applicazioni di telerilevamento utilizzando SAPR si basano principalmente su tecniche di spettroscopia, che utilizza sensori a diversa radiazione elettromagnetica a diverse lunghezze d'onda, in particolare nel visibile (400-700 nm), NIR (700-1300 nm) e infrarosso termico (7500-15000 nm).

I sistemi satellitari



- Sentinel-2 è una missione sviluppata dall' Agenzia Spaziale Europea nell'ambito del programma Copernicus per monitorare le aree verdi del pianeta e fornire supporto nella gestione di disastri naturali. Si costituisce di due satelliti identici, Sentinel-2A e Sentinel-2B.
- Landsat 8, satellite americano per l'osservazione della Terra lanciato l'11 febbraio 2013.
- Prisma è un satellite italiano per l'osservazione della Terra lanciato il 22 marzo del 2019.

Negli ultimi anni, lo sviluppo e la disponibilità di immagini satellitari ad alta risoluzione da satelliti a bassa orbita hanno offerto un'ulteriore opportunità per le applicazioni di fenotipizzazione. Le applicazioni delle immagini satellitari nella produzione agricola e nella fenotipizzazione delle colture aiutano a comprendere meglio le caratteristiche delle piante che possono essere valutate utilizzando immagini satellitari ad alta risoluzione.

Le agenzie spaziali governative e società private, gestiscono missioni spesso costituite da più satelliti dello stesso tipo le cosiddette costellazioni. Ogni satellite ha a bordo un carico (payload) costituito da uno o più sensori. I dati trasmessi dal satellite vengono ricevuti da stazioni a terra ed elaborati per correggere le principali distorsioni del dato (es. distorsioni geometriche, effetti dell'atmosfera sulla trasmissione delle onde elettromagnetiche, ecc.). Le immagini così prodotte vengono fornite agli utenti anche attraverso soluzioni web che mettono a disposizione i dati online, gratuitamente o tramite servizi a pagamento. Tali dati possono perciò essere automaticamente elaborati mediante l'impiego di specifici algoritmi per ottenere ad esempio indici di vigore vegetativo, stima dei parametri biofisici della coltura o loro ulteriori elaborazioni.

Verso il future: indagini attraverso la Tomografia ad Emissione di Positroni (PET)

- La tomografia ad emissione di positroni (PET) è una tecnologia di imaging che misura quantitativamente e in modo non distruttivo la distribuzione spaziale 3D e la cinetica delle biomolecole radiomarcate in un soggetto vivente. I radionuclidi emettitori di positroni comunemente usati includono ^{11}C , ^{18}F e ^{15}O , che sono elementi essenziali per la crescita delle piante. Combinando le tecniche del radio-tracciante con la PET, questa capacità di imaging molecolare *in vivo* offre agli agronomi e/o ai biologi delle piante un potente strumento per la ricerca sulla fenotipizzazione molecolare.



Bibliografia e Sitografia

- Centro di Microscopie, Università degli Studi dell'Aquila.
https://microscopie.univaq.it/index.php?id=2775&no_cache=1
- D'Ascenzo N., Xie Q., Antonecchia E., Ciardiello M., Pagnani G., Pisante M. (2022) - Kinetically consistent data assimilation for plant PET sparse Time Activity Curve signals. *Frontiers in Plant Science*, 2266.
- De Diego N., Fürst T., Humplík J.F., Ugena L., Podlešáková K., Spíchal L. (2017) - An automated method for high-throughput screening of Arabidopsis rosette growth in multi-well plates and its validation in stress conditions. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1702.
- IBF Servizi, “Agricoltura di Precisione, I Manuali”, www.ibfservizi.it
- Photon Systems Instruments, <https://psi.cz/>
- Rouphael Y., Spíchal L., Panzarová K., Casa R., Colla G. (2018) - High-throughput plant phenotyping for developing novel biostimulants: from lab to field or from field to lab? *Frontiers in Plant Science*, 9, 1197.