

Analisi delle risposte spettrali delle piante sottoposte a contaminazione, tramite sensori on-ground: acquisizione, analisi ed elaborazione dei dati, ai fini dell'individuazione di stress ambientale

Giulio Tellina¹, Mirco Boschetti¹, Lorenzo Parigi¹, Francesco Tufano², Massimiliano Gargiulo², Sara Parrilli², Marco de Mizio² e Gabriele Candiani¹

¹ Institute for Electromagnetic Sensing of the Environment, National Research Council, 20133 Milan, Italy, tellina.g@irea.cnr.it (G.T.); boschetti.m@irea.cnr.it (M.B.); parigi.l@irea.cnr.it (P.L.); candiani.g@irea.cnr.it (G.C.)

² Italian Aerospace Research Centre, Via Maiorise snc, 81043 Capua (CE) – Italy, F.Tufano@cira.it (F.T); M.Gargiulo@cira.it (M.G.); S.Parrilli@cira.it (S.P.); M.DeMizio@cira.it (M.D.M.)

Abstract. L'assorbimento dei metalli pesanti da parte delle piante, dovuto all'inquinamento del suolo, rappresenta una seria minaccia sia per la qualità delle colture che per la salute umana [2; 4]. Una rapida valutazione dello stress da metalli pesanti nelle colture è quindi essenziale per valutare i rischi ecologici dei siti contaminati [3]. Negli ultimi anni, diversi autori hanno condotto studi per dimostrare il potenziale del telerilevamento nello studio della risposta spettrale della vegetazione sottoposta alla contaminazione del suolo da metalli pesanti (Heavy Metal - HM) e idrocarburi (hydrocarbons - HC). Le elevate correlazioni riscontrate tra gli indici di vegetazione, che sfruttano le lunghezze d'onda correlate ai pigmenti, e il contenuto di metalli nelle foglie, suggeriscono che gli indici di vegetazione ottenuti da immagini satellitari possono aiutare a evidenziare lo stress delle colture e che metodi statistici (i.e. approcci bayesiani) possono essere molto utili per distinguere uno specifico fattore di stress nelle colture incorporandone le caratteristiche temporali-spaziali nell'indice di vegetazione [4].

In questo quadro, il presente lavoro è finalizzato ad individuare un legame statistico tra le variazioni dello spettro elettromagnetico della pianta e le variazioni delle caratteristiche chimiche, fisiologiche e morfologiche dovute alla presenza di inquinanti nel suolo, in ambiente controllato. Questo studio condotto nell'ambito del progetto "STOPP - Strumenti e Tecniche di Osservazione della Terra in Prossimità e Persistenza" finanziato dall'ASI (Agenzia Spaziale Italiana) e coordinato dal CIRA (Centro Italiano di Ricerche Aerospaziali SCpA) presenta l'analisi delle risposte spettrali su piante di mais soggette a contaminazione, misurate attraverso sensori a terra, descrivendo l'acquisizione, l'analisi e l'elaborazione dei dati, ai fini di valutare il potenziale della spettroscopia della vegetazione nel discriminare piante sane da piante contaminate.

Presso l'azienda sperimentale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II a Castel Volturno (CE) è stato condotto un esperimento controllato: le piante di mais sono state seminate in 6 bin e suddivisi in 3 tesi: suolo non contaminato (C1, C2, C3), contaminato con una dose 4 volte superiore i limiti di legge (T1, T2) e contaminato con una dose 3 volte superiore i limiti di legge (T3). Le firme spettrali sono state acquisite tramite lo spettrometro NaturaSpec (Spectral Evolution, Haverhill, MA 01835 USA), misurando spettri di riflettanza compresi tra 400 nm e 2500 nm, sia a livello di foglia, utilizzando un contact probe, che a livello di chioma. Questi dati sono poi stati processati andando a rimuovere eventuali outlier e raggruppando le firme per i 6 bin (C1, C2, C3, T1, T2, T3) e nelle 2 classi controllo (C) e contaminato (T) (fig.1).

Le firme spettrali sono state utilizzate per il calcolo di 20 indici di vegetazione, i cui valori sono stati analizzati per le diverse tesi e per le 2 classi C e T, al fine di verificare quale indice fosse in grado di differenziare statisticamente piante sane da piante contaminate. È stata quindi effettuata un'analisi di varianza (ANOVA) per quantificare la significatività delle differenze evidenziate dagli indici. A livello di foglia, l'analisi ha evidenziato grosse difficoltà nel discriminare i bin controllo da quelli contaminati, in quanto solo le differenze nelle distribuzioni dell'indice PRI2 [1] sono risultate

statisticamente significative. Buoni risultati sono stati invece raggiunti a livello di chioma dove, nella maggior parte dei casi, gli indici testati sono risultati statisticamente significativi nel discriminare il C da T.

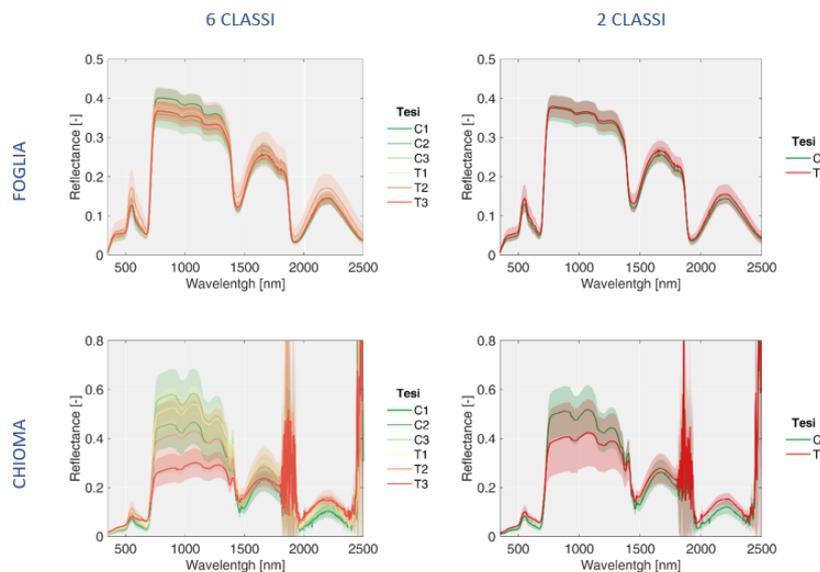


Fig. 1. Misure di riflettanza spettrale a livello di foglia (riga superiore) e di chioma (riga inferiore) per le 6 tesi C1, C2, C3, T1, T2, T3 (colonna di sinistra) e raggruppate per controllo C e contaminato T (colonna di destra).

I risultati di questo studio sono stati applicati ad una immagine iperspettrale ottenuta da drone, acquisita in contemporanea con le misure di firme spettrali. Il calcolo dell'indice di vegetazione PRI2, risultato significativo sia a livello fogliare che di canopy, a partire dall'immagine ottenuta dal sorvolo, ha permesso di discriminare le foglie/piante appartenenti ai bin di controllo da quelli trattati (fig. 2), confermando il potenziale del remote sensing, e della spettroscopia in generale, nel monitoraggio dei siti interessati dalla contaminazione di inquinanti e metalli pesanti.

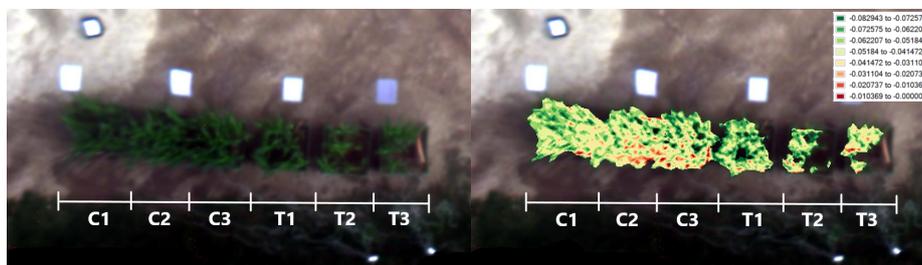


Fig. 2. Immagine iperspettrale dei sei bin ottenuta con drone e sensore Cubert Ultris 5 con 51 bande (sinistra). Applicazione dell'indice di vegetazione PRI2, significativo a livello fogliare nel discriminare i bin controllo da quelli trattati (destra).

Riferimenti bibliografici

1. Gamon, J.A., Peñuelas, J., Field, C.B., 1992. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sens. Environ.* 41, 35–44.
2. Hong, Y., Shen, R., Cheng, H., Chen, Y., Zhang, Y., Liu, Y., ... & Liu, Y. (2019). Estimating lead and zinc concentrations in peri-urban agricultural soils through reflectance spectroscopy: Effects of fractional-order derivative and random forest. *Science of the Total Environment*, 651, 1969-1982.
3. Lassalle, G., Fabre, S., Credo, A., Hédacq, R., Dubucq, D., & Elger, A. (2021). Mapping leaf metal content over industrial brownfields using airborne hyperspectral imaging and optimized vegetation indices. *Scientific Reports*, 11(1), 2.
4. Liu, M., Wang, T., Skidmore, A. K., Liu, X., & Li, M. (2019). Identifying rice stress on a regional scale from multi-temporal satellite images using a Bayesian method. *Environmental Pollution*, 247, 488-498.