NIR Hyperspectral imaging for the detection of *Halyomorpha halys* punctures on pears

V. Ferrari1\*, R. Calvini1, C. Menozzi1, L. Maistrello1, A. Ulrici1

1 Department of Life Sciences, University of Modena and Reggio Emilia. Pad. Besta, Via Amendola, 2, 42122, Reggio Emilia, Italy

\*Corresponding author: veronica.ferrari@unimore.it

In the last decades, *Halyomorpha halys* emerged as a highly invasive pest causing serious damages to several agricultural crops making products unmarketable. Emilia-Romagna region was one of the areas of first occurrence of this pest in Europe. This region is also one of the most important for fruit production, accounting for 70% of pear cultivation in Italy. Since its discovery, *H. halys* caused severe economic losses to pear orchards, where in some cases more than 50% of harvested fruits presented damages due to punctures of this bug (Maistrello et al., 2017).

Near infrared hyperspectral imaging (NIR-HSI) can be suitable to identify damaged fruits during postharvest sorting to preserve pears quality. To this aim, hyperspectral images of punctured pears and control fruits were acquired in the 1156-1674 nm range at six subsequent times.

A preliminary image exploratory analysis step was performed using Principal Component Analysis (PCA) to point out the differences between sound and punctured areas. Nevertheless, the identification of Regions of Interest (ROIs) ascribable to the punctured regions resulted difficult, due to their strongly irregular shapes and blurred edges between sound and damaged areas.

To overcome this issue, a supervised annotation of punctured regions based on data dimensionality reduction methods was carried out, using the hyperspectrograms approach and spatial feature selection (Ferrari et al., 2013).

The conversion of the hyperspectral images into hyperspectrograms allowed to perform image-level classification between sound and punctured fruits, and to select relevant spatial features ascribable to the presence of punctures using interval Partial Least Squares Discriminant Analysis algorithm (iPLS-DA) (Ferrari et al., 2015). The features of interest were then visualized back into the original image domain, allowing an automatic selection of ROIs corresponding to punctured areas.

**Keywords**: Pests damage detection, pears, data dimensionality reduction, hyperspectral imaging, variable selection, multivariate classification

**Acknowledgements**: Study developed in the frame of HALY.ID project, which is part of ERA-NET Cofund ICT-AGRI-FOOD, with funding provided by national sources (Ministero delle politiche agricole e forestali, MIPAAF) and co-funding by the European Union’s Horizon 2020 research and innovation program, Grant Agreement number 862671.

**REFERENCES**

Ferrari, C., Foca, G., Calvini, R., Ulrici, A., 2015. Fast exploration and classification of large hyperspectral image datasets for early bruise detection on apples. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 146, 108–119. https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2015.05.016

Ferrari, C., Foca, G., Ulrici, A., 2013. Handling large datasets of hyperspectral images: Reducing data size without loss of useful information. Analytica Chimica Acta 802, 29–39. https://doi.org/10.1016/j.aca.2013.10.009

Maistrello, L., Vaccari, G., Caruso, S., Costi, E., Bortolini, S., Macavei, L., Foca, G., Ulrici, A., Bortolotti, P.P., Nannini, R., Casoli, L., Fornaciari, M., Mazzoli, G.L., Dioli, P., 2017. Monitoring of the invasive Halyomorpha halys, a new key pest of fruit orchards in northern Italy. Journal of Pest Science 90, 1231–1244. https://doi.org/10.1007/s10340-017-0896-2

Applicazione dell’Imaging iperspettrale nel vicino infrarosso per l’identificazione di danni causati da *Halyomorpha halys* su pere

V. Ferrari1\*, R. Calvini1, C. Menozzi1, L. Maistrello1, A. Ulrici1

1 Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia. Pad. Besta, Via Amendola, 2, 42122, Reggio Emilia, Italia

\*Corresponding author: veronica.ferrari@unimore.it

Negli ultimi decenni l’introduzione di specie aliene invasive come *Halyomorpha halys* ha compromesso la produzione agroalimentare, causando ingenti danni economici. Una delle prime regioni a segnalare la presenza di *H. halys* è stata l’Emilia-Romagna, area geografica tra le più significative per la produzione frutticola a livello nazionale, in particolare per la produzione di pere. *H. halys* ha causato notevoli danni economici nei frutteti di pere, dove in alcuni casi il danno alla raccolta ha superato il 50% (Maistrello et al., 2017). Al fine di implementare sistemi di smistamento in post-raccolta, l'imaging iperspettrale nel vicino infrarosso offre potenzialità promettenti per la rilevazione dei danni inflitti da *H. halys*. A questo scopo sono state acquisite immagini iperspettrali nel range 1156-1674 nm di pere punte e pere di controllo in sei tempi successivi.

Le immagini sono state inizialmente elaborate mediante PCA per visualizzare le differenze fra aree danneggiate e sane. Tuttavia, la chiara identificazione di ROIs (*Regions of Interest*) relative alle aree punte risulta piuttosto difficile a causa della forma irregolare del danno causato dalle punture e dai margini poco definiti tra aree sane ed aree danneggiate. Per superare questo problema è stato implementato un metodo per la selezione automatica delle zone danneggiate basato sull’utilizzo degli iperspettrogrammi per ridurre la dimensionalità dei dati e sull’applicazione di metodi di selezione di variabili per identificare *features* spaziali riconducibili alle punture (Ferrari et al., 2015, 2013). In particolare, le immagini iperspettrali sono state convertite nei corrispondenti iperspettrogrammi e questi segnali sono stati quindi impiegati per calcolare dei modelli di classificazione mediante l’applicazione dell’algoritmo interval Partial Least Squares-Discriminant Analysis (iPLS-DA), il quale ha permesso anche di identificare le *features* più rilevanti ai fini della classificazione. Le variabili così selezionate sono state ricostruite nel dominio originale delle immagini, permettendo la selezione automatica delle ROIs corrispondenti alle aree punte da *H. halys*.

**Parole chiave**: rilevazione danni da infestanti, pere, data dimensionality reduction, imaging iperspettrale, selezione di variabili, classificazione multivariata

**Ringraziamenti**: Studio elaborato nell’ambito del progetto HALY.ID, ERA-NET Cofund ICT-AGRI-FOOD, finanziato dal Ministero delle politiche agricole e forestali, MIPAAF e co-finanziato dal programma di ricerca e innovazione dell’Unione Europea Horizon 2020, Grant Agreement number 862671.

**Riferimenti bibliografici**:

Ferrari, C., Foca, G., Calvini, R., Ulrici, A., 2015. Fast exploration and classification of large hyperspectral image datasets for early bruise detection on apples. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 146, 108–119. https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2015.05.016

Ferrari, C., Foca, G., Ulrici, A., 2013. Handling large datasets of hyperspectral images: Reducing data size without loss of useful information. Analytica Chimica Acta 802, 29–39. https://doi.org/10.1016/j.aca.2013.10.009

Maistrello, L., Vaccari, G., Caruso, S., Costi, E., Bortolini, S., Macavei, L., Foca, G., Ulrici, A., Bortolotti, P.P., Nannini, R., Casoli, L., Fornaciari, M., Mazzoli, G.L., Dioli, P., 2017. Monitoring of the invasive Halyomorpha halys, a new key pest of fruit orchards in northern Italy. Journal of Pest Science 90, 1231–1244. https://doi.org/10.1007/s10340-017-0896-2