

# Analisi multitemporale delle relazioni tra parametri produttivi e indice di vegetazione in viticoltura

## *Multitemporal analysis of the relationships between reproductive parameters and vegetation index in viticulture*

T.Santangelo<sup>\*a</sup>, R. Di Lorenzo<sup>a</sup>, F. Capraro<sup>b</sup>, G. La Loggia<sup>c</sup>, A.Maltese<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali – Università degli Studi di Palermo, Ed. 4 Viale delle Scienze Palermo;

<sup>b</sup>Istituto Regionale del Vino e dell'Olio – IRVO – Regione Siciliana, Assessorato Regionale dell'Agricoltura, dello Sviluppo Rurale e della Pesca Mediterranea, Palermo, Via Libertà n. 66;

<sup>c</sup>Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale e dei Materiali- DICAM – Ed. 8 Viale delle Scienze Palermo, Università degli Studi di Palermo.

[tanino.santangelo@unipa.it](mailto:tanino.santangelo@unipa.it)

### *Abstract*

The use and timing of many agronomical practices such as the scheduling of irrigation and harvesting are dependent on accurate vineyard sampling of qualitative and reproductive parameters. This manuscript summarizes the last two years of precision viticulture in Sicily (Italy); agronomic campaigns were carried out in 2012 and 2013 within the “Tenute Rapitalà” and “Donnafugata” farms. Normalized Difference Vegetation Index derived from satellite images (RapidEye) acquired at berry set, pre- veraison and ripening phenological stages (occurred at June, July and August respectively) have been related to production parameters (sugar and anthocyanins contents) at harvesting of a selected red autochthonous cultivar (Nero D'Avola). The research aims to assess how robust are prediction models based on simple linear regression analysis, in particular: 1) whether there is a suitable period for acquiring the remote sensing image to evaluate these parameters at harvesting, when their knowledge is required; 2) if these relationships are consistent between years or need to be recalibrated; 3) the models transferability to other vineyard of the same cultivar. The results confirm: the possibility to use images acquired at berry set to forecast production at harvest; the possibility to generalize the relationship between years; and finally, only for sugar parameter, the trasferibility of the relationship in other sites.

Key words: precision viticulture, NDVI, sugar content, total anthocyanins

### *Introduzione*

Vigneti caratterizzati dalla stessa età, varietà, portinnesto, sono generalmente gestiti in modo omogeneo in termini di fertilizzazione, potatura, irrigazione e raccolta. Nell'ambito dello stesso appezzamento possono esistere diversi fattori che determinano variabilità nella chioma e nei frutti. Tale variabilità, determina differenti esigenze manageriali e può essere rilevata e, quindi, gestita attraverso l'applicazione delle relazioni empiriche esistenti tra parametri agronomici e indice di vegetazione. Bramley e Proffitt (1999) evidenziano come elevate differenze in termini di “vigore” sono indicatori di differente produttività e qualità delle uve. Le tecniche di remote sensing possono caratterizzare la variabilità spaziale presente in vigneto all'interno della stessa forma di allevamento (Lamb, 2000) e dunque agevolare l'applicazione differenziata degli interventi agronomici. Di Lorenzo *et al* (2006, 2008, 2010, 2012) riportano le

relazioni tra alcuni parametri produttivi (qualità tecnologica delle uve, produzione per pianta, peso del grappolo e dell'acino) e gli indici di vegetazione. Tali relazioni sono caratterizzate da coefficienti di determinazione ( $r^2$ ) variabili nell'intervallo di 0,6 e 0,9. Hall *et al.* (2011) hanno osservato che chiome con differenti variabilità nella densità di chioma, rilevata con immagini ad alta risoluzione, manifestano relazioni significative con parametri produttivi e della qualità dei frutti soprattutto con la frazione dei polifenoli totali e antocianine ( $r^2 \approx 0,65$ ). Scopo del lavoro è rappresentato dalla calibrazione delle relazioni empiriche tra un parametro della maturità tecnologica (zuccheri) ed uno della maturità fenolica (antociani totali), con l'indice di vegetazione NDVI. Valutare la "robustezza" delle relazioni empiriche come modelli "predittivi" della qualità delle uve e in particolare: 1) se le relazioni empiriche sono consistenti tra i diversi anni di osservazione o necessitano di ricalibrazione annuale; 2) quale è il periodo ottimale per l'acquisizione delle immagini al fine di valutare i risultati alla vendemmia; 3) la possibilità di trasferire le relazioni in vigneti diversi rispetto al vigneto sede della calibrazione.

#### *Materiale e metodo*

Le attività sono state condotte in vigneti della cultivar Nero D'Avola allevati a contropalliera con vegetazione condizionata in due aziende della Sicilia occidentale ossia "Tenute Rapitalà" e "Donnafugata". I vigneti, in regime colturale irriguo, gestiti dal punto di vista agronomico in modo uniforme, presentano entrambi una densità di 4440 piante/ha e filari orientati N-S. I dati agronomici sono stati acquisiti durante il corso della maturazione delle uve in entrambi gli anni 2012 e 2013. In particolare sono stati determinati i parametri della maturità tecnologica e fenolica, quest'ultima determinata in laboratorio con seguendo la metodologia Di stefano *et al.* (1989), su uve campionate su piante scelte in base alla variabilità rilevata nell'istogramma della prima immagine di NDVI. I risultati analitici sulle uve e, in particolare, zuccheri ( $^{\circ}$ Brix) e antociani totali (mg/kg) alla raccolta sono stati messi in relazione con l'NDVI di immagini acquisite all'allegagione (2013), in preinvaiatura (2013) e alla raccolta (2012-2013). Le relazioni tra parametri qualitativi e NDVI sono rappresentate da regressioni lineari, la loro significatività è stata definita in base ai valori del coefficiente di determinazione ( $r^2$ ).

#### *Risultati e discussioni*

I risultati mostrano le regressioni lineari "robuste" espresse tra gli zuccheri alla raccolta e NDVI (Fig.1). Il contenuto zuccherino alla raccolta dipende dalle condizioni di vigore in modo inversamente proporzionale (Fig. 1 pannello di sinistra). Tale risultato è in linea con i rapporti *source-sink* che si manifestano tra parte vegetativa e produzione soprattutto durante la fase di maturazione. La variabilità nell'indice di vegetazione rilevato nelle prime immagini, allegagione del 2013, si è mantenuta fino alla raccolta (Fig. 1 pannello centrale) a significare che tale variabilità presente nei vigneti è di origine strutturale e non causata da diversa gestione della parcella durante la stagione vegetativa del 2013 (immagini non riportate). Quanto detto si traduce nella possibilità, dopo opportune verifiche sull'origine della variabilità presente in campo, di utilizzare la regressione con l'indice di vegetazione acquisito all'allegagione per stimare il risultato produttivo alla raccolta, tenendo presente però che fattori di "disturbo", come ad esempio filloptosi causate da eccessivo stress idrico, possono modificare in termini assoluti i valori dell'indice di vegetazione e quindi le relazioni. Il confronto tra le relazioni alla raccolta negli anni 2012 e 2013 (Fig. 1 pannello di sinistra), conferma la proporzionalità inversa tra il contenuto in zuccheri ed il "vigore" espresso come indice di vegetazione e l'effetto "anno" sulla diversa dislocazione delle relazioni, ma consente,

altresi, la possibilità di esprimere con un coefficiente di determinazione pari a 0,75 una funzione di regressione unica per entrambe le annate. Tale relazione risulta essere verificata rispetto all'effettivo contenuto in zuccheri rilevato con campionamento in un vigneto sito in altro ambito territoriale (Fig. 2).

Stesse considerazioni possono essere espresse per le relazioni tra parametro "antociani totali" e NDVI alla raccolta (Fig. 3). Considerando però la maggiore sensibilità del parametro alle diverse condizioni micrometeorologiche che possono verificarsi all'interno della chioma. Per tale parametro risultano essere verificate: la proporzionalità inversa al "vigore", la prevedibilità della relazione con l'acquisizione all'allegagione e la possibilità di esprimere con una regressione unica entrambe le annate.

### Conclusioni

L'analisi mostra che l'NDVI può essere usato per caratterizzare il "vigore" e alcuni parametri produttivi all'interno del vigneto sin da immagini acquisite all'allegagione. Restano comunque valide le precauzioni all'utilizzo predittivo delle relazioni soprattutto legate alle diverse annate o a tecniche agronomiche differenziate all'interno del vigneto. Il lavoro ha dimostrato che per alcuni parametri, ad esempio gli zuccheri, le relazioni non sono sito specifiche e possono essere applicate in vigneti con simile caratteristiche.

### Bibliografia

BRAMLEY R.G.V., PROFFITT A.P.B., (1999) *Managing variability in viticultural production*. The Australian Grapegrower and Winemaker, 427(1), 11-16.

Di Lorenzo R., ecc.....

DI STEFANO R., CRAVERO M.C., GENTILINI N., (1989) "Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini," *L'enotecnico* 5(1), 83-89.

HALL A., LAMB D.W., HOLZAPFEL B.P., LOUIS, J.P. (2011) *Within-season temporal variation in correlations between vineyard canopy and winegrape composition and yield*. Precision Agric. 12(1) 103-117 (2011).

LAMB D.W., (2000) *The use of qualitative airborne multispectral imaging for managing agricultural crops - a case study in southeastern Australia*. Australian Journal of Experimental Agriculture, 40(1), 725-738.

Figure

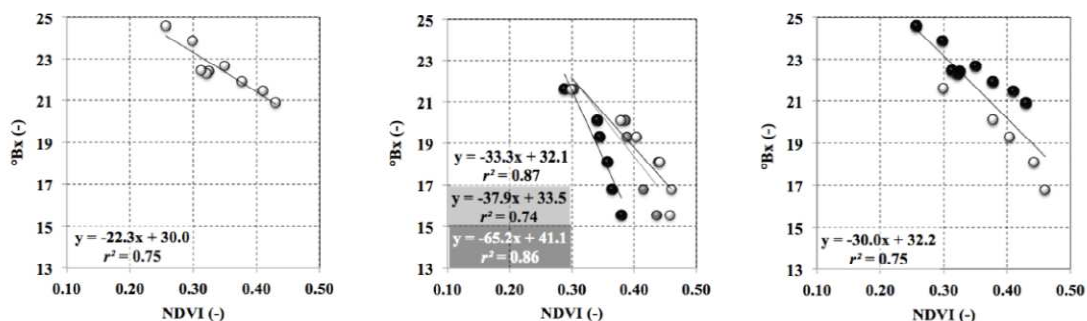


Figura 1: regressioni tra: zuccheri (°Brix) alla raccolta e NDVI alla raccolta (pannello di sinistra, 2012); all'allegagione (pannello centrale (punti neri), preinvaiaura (punti grigi) e alla raccolta (punti bianchi); e, alla raccolta per due consecutive stagioni (pannello di destra, 2012 punti in nero e 2013 punti in bianco)

Figure 1: Regressions between sugar content ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) at harvesting and NDVI at ripening (left panel, vintage 2012); at berry set (central in nero e panel, black dots, vintage 2013), post-veraison (grey dots) and ripening (white dots); and, at ripening for two consecutive seasons (right panel, 2012 in black and 2013 in white dots).

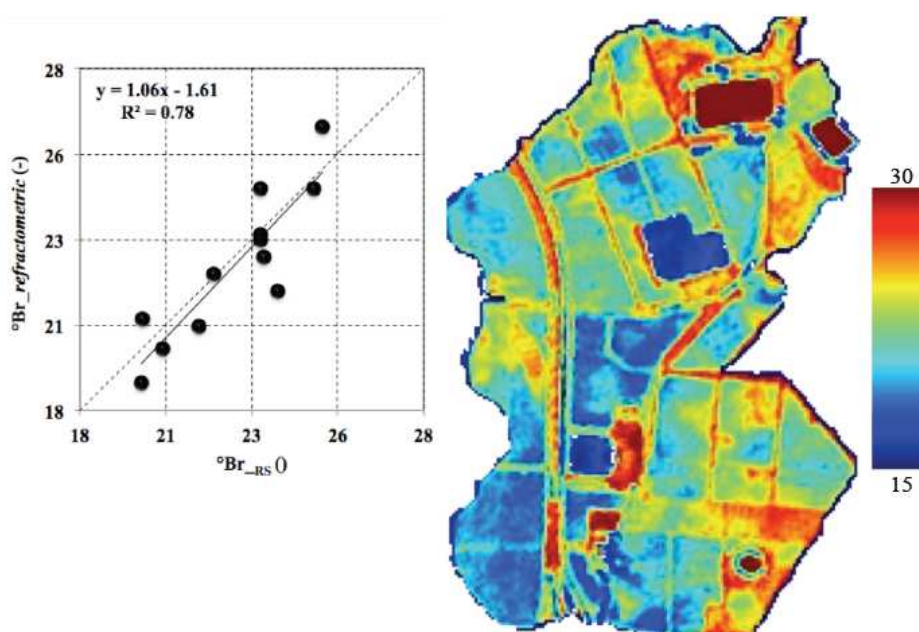


Figura 2: Validazione della relazione zuccheri 2012-2013 con dati di pieno campo in un vigneto in diverso sito (Donnafugata) e distribuzione parziale  
 Figure 2: Validation of the 2012-2013 sugar content relationship with in field data sampling in a site different vineyard (Donnafugata) and its spatial distribution.

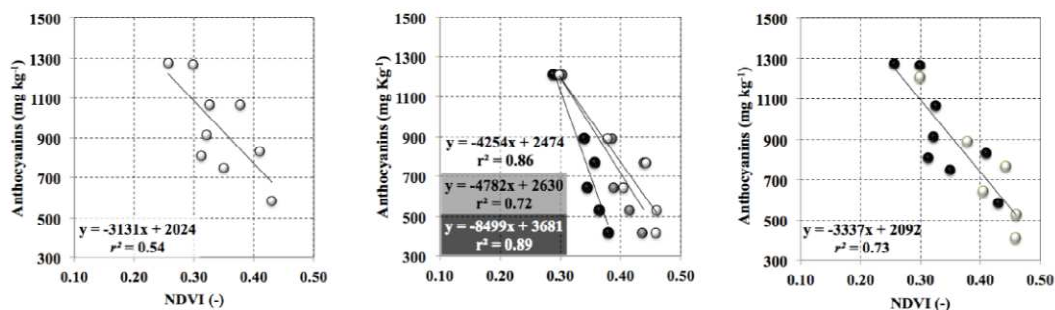


Figura 3: regressioni tra: antociani totali ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) alla raccolta e NDVI alla raccolta (pannello di sinistra, 2012); all'allegagione (pannello centrale (punti neri), preinvaiatura (punti grigi) e alla raccolta (punti bianchi); e, alla raccolta per due consecutive stagioni (pannello di destra, 2012 punti in nero e 2013 punti in bianco)

*Figure 3: Regressions between total anthocyanin ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) at harvesting and NDVI at ripening (left panel, vintage 2012); at berry set (central in nero e panel, black dots, vintage 2013), post-veraison (grey dots) and ripening (white dots); and, at ripening for two consecutive seasons (right panel, 2012 in black and 2013 in white dots).*