



## Le tecniche ottiche per il monitoraggio dello stato idrico del vigneto

### Introduzione

Per produrre un vino di qualità entrano in gioco diversi fattori, alcuni più controllabili (fasi di cantina) e altri meno controllabili che riguardano per lo più le fasi di campo tra cui parametri come lo stress idrico della pianta.

Per affrontare il tema dello stress idrico è opportuno ricordare alcuni concetti legati al potenziale idrico della pianta e come la mancanza di acqua potrebbe creare effetti negativi sulla vita della pianta stessa.

La traspirazione è il processo secondo cui l'acqua presente nei tessuti delle piante passa dallo stato liquido allo stato di vapore e viene così immessa in atmosfera attraverso le aperture stomatiche delle foglie. Quindi durante la traspirazione la pianta perde acqua e tale perdita viene compensata con l'assunzione di nuova acqua da parte delle radici, agevolando quindi anche l'assorbimento dei sali minerali. La traspirazione, inoltre, regola la temperatura delle piante mantenendole fresche evitando che i tessuti raggiungano temperature troppo elevate. L'evaporazione è il processo secondo cui l'acqua presente su una qualsiasi superficie passa dallo stato liquido allo stato di vapore e viene così rimossa dalla superficie stessa. Con il termine evapotraspirazione, invece, si intende la combinazione tra l'evaporazione dal suolo e la traspirazione delle piante e descrive la perdita totale di acqua di una coltura. I fattori che influenzano tali processi sono la radiazione solare, la temperatura, l'umidità dell'aria e la velocità del vento. Tali fattori sono in stretta relazione con lo stress idrico della pianta.

In particolare, la vite è abituata a sopportare gli stress idrici, ma se troppo drastici creano danni alla pianta e quindi al frutto. Per esempio, il forte stress idrico induce la pianta a chiudere gli stomi in modo da conservare le preziose riserve idriche causando però la diminuzione o l'annullamento di assimilazione, con effetti negativi sulla crescita della pianta e sulla maturazione del frutto. Di contro però, un eccesso d'acqua determina una maggiore crescita vegetativa e di produttività, mentre i parametri qualitativi come il contenuto di zucchero, l'acidità, la formazione di pigmenti, e quindi la maturazione del frutto, peggiorano comportando così conseguenze negative anche sul vino prodotto da quelle uve. Quindi l'acqua è un fattore importante che incide sulla produzione qualitativa della vite. E' per questi motivi che è importante il monitoraggio dello stress idrico direttamente in campo e in modo sistematico.

### Obiettivi specifici

E' in atto negli ultimi anni un sostanziale cambiamento nelle metodologie di misura, sostituendo o affiancando alle tecniche classiche di indagine nuove metodiche basate prevalentemente su approcci fisici di rapida esecuzione, di limitata invasività, dall'elevata sostenibilità ambientale. Fra le diverse tecniche disponibili, la spettroscopia nel visibile e vicino infrarosso (vis/NIR) si è affermata nel settore agro-alimentare come valido strumento di analisi. In particolare, la ricerca si è concentrata negli ultimi anni su studi di fattibilità e simulazioni di sistemi semplificati di ridotte dimensioni basati sull'analisi dell'informazione contenuta negli spettri vis/NIR dei campioni (figura 1). Questi studi risultano propedeutici alla progettazione di dispositivi di misura dedicati a singole



tipologie di prodotto, di dimensioni ridotte e dal costo contenuto che, in prospettiva, potranno integrare i sensori di temperatura dell'aria e potenziale idrico nel suolo ai fini del controllo degli interventi irrigui.

L'obiettivo specifico è pertanto quello di applicare tecniche ottiche (spettroscopia nel visibile e vicino infrarosso) per la valutazione rapida e precoce del potenziale idrico della pianta, soprattutto al verificarsi di condizioni di stress idrico o termico. Verranno, infatti, elaborati modelli per la stima del potenziale idrico fogliare basati sull'elaborazione di misure speditive con sensori ottici.

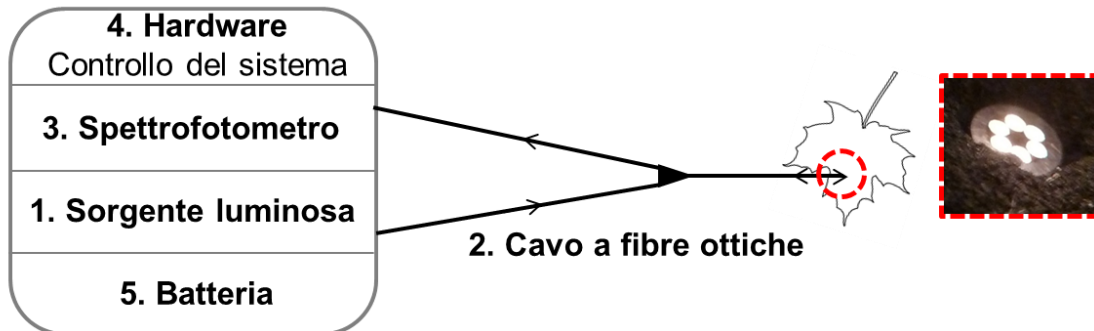


Figura 1. Schema di funzionamento di uno spettrofotometro a fibre ottiche. Nel riquadro rosso è rappresentato il particolare delle fibre ottiche che illuminano il campione mentre la fibra centrale veicola la radiazione di ritorno allo spettrofotometro dopo l'interazione con le foglie.

Per la messa a punto dei modelli saranno effettuate misure di riferimento del potenziale fogliare con la camera a pressione di Scholander in contemporanea con le misure ottiche sulle stesse foglie, ripetendole per diverse condizioni di stress idrico e termico. L'analisi della correlazione tra le misure ottiche e quelle di riferimento fornirà elementi utili per la calibrazione dei modelli, nella prospettiva di mettere a punto un indice spettrale per il monitoraggio di campo veloce ed economico dello stato idrico della coltura. Qualora i risultati fossero positivi si aprirà la possibilità di utilizzare sensori ottici in modo integrato con quelli di potenziale idrico del suolo e di temperatura dell'aria per il controllo adattivo degli interventi irrigui che tenga conto delle condizioni idriche sia del suolo che della pianta e dello stato termico dell'aria.

Uno degli obiettivi trasversali è inoltre quello di far crescere la consapevolezza della validità delle metodologie non distruttive applicate in fase pre-raccolta, dimostrando ai viticoltori come tali tecnologie, applicate alle loro produzioni, possano realmente essere di supporto alle fasi decisionali.

## Il dispositivo utilizzato

Durante la campagna sperimentale del primo anno di progetto è stato utilizzato un sistema spettrofotometrico NIR portatile (sistema AuroraNIR di GrainIT, figura 2), operante nell'intervallo 950-1600 nm, ovvero nella regione del vicino infrarosso. Il principio di funzionamento del sistema è analogo a quello di un normale spettrofotometro: i campioni vengono investiti dalla radiazione luminosa prodotta da un sistema di illuminazione e la componente riflessa viene misurata dallo



spettrofotometro integrato, visualizzata sul touch screen e registrata tramite un software di gestione dello strumento.

### Analisi statistica dei dati

La complessità di un sistema, come ad esempio un prodotto ortofrutticolo o una foglia, si ripercuote necessariamente sulla complessità intrinsecamente contenuta nei dati relativi alle caratteristiche chimico/fisiche del sistema stesso. I metodi statistici definiti come 'chemiometrici' cercano di separare il contenuto di informazione utile da quanto altro è contenuto nei dati: la presenza di rumore sperimentale, di informazione ridondante dovuta ad effetti di correlazione tra le variabili, la presenza di informazione di buona qualità, ma non direttamente interessante per il problema studiato. Per estrarre dagli spettri registrati con lo strumento l'informazione utile in essi contenuta è necessario ricorrere a questa specifica elaborazione statistica dei dati, i quali sarebbero altrimenti di difficile interpretazione.



Figura 2. Sistema AuroraNIR di GrainIT e particolare di una misura notturna su foglia di vite.

L'utilizzo di software specifici permette di trasformare i dati spettrali in una misura strumentale della caratteristica in esame. Questo è possibile tramite l'utilizzo di tecniche di regressione multivariata che consentono di creare dei modelli di regressione in grado di stimare l'attributo qualitativo, ovvero i diversi parametri di qualità dei frutti.

I modelli statistici vengono elaborati attraverso l'utilizzo di sofisticate tecniche di regressione (Partial Least Square, PLS) che permettono di estrarre la massima informazione presente nei dati correlando gli spettri registrati dallo strumento con le proprietà chimico-fisiche dei campioni.



### Cosa si intende per calibrazione e validazione?

Durante la fase di calibrazione dei modelli statistici, viene elaborata la correlazione tra le proprietà ottiche del campione registrate (lo spettro) e i valori dei diversi parametri rilevati con le classiche analisi di riferimento (stress idrico delle foglie di vite). I modelli statistici vengono elaborati in questa fase attraverso l'utilizzo di sofisticate tecniche di regressione che permettono di estrarre la massima informazione presente nei dati. Una volta calibrato il modello ne vanno verificate le capacità di stima e questo viene effettuato attraverso la fase di validazione del modello predittivo. In questa fase viene simulato l'utilizzo del modello in un contesto reale valutandone l'accuratezza e la robustezza. La bontà dei modelli elaborati viene valutata attraverso parametri come il coefficiente di correlazione ( $r$ ) o di determinazione ( $R^2$ ), che deve avvicinarsi il più possibile all'unità (correlazione perfetta tra dato stimato e dato di riferimento) e l'errore standard della stima (SEC o SEP) che deve essere, invece, il più basso possibile.

### Sviluppi futuri della sensoristica

Partendo dall'applicazione della spettroscopia vis/NIR e utilizzando opportuni metodi di selezione delle variabili, può essere ipotizzata una successiva fase di sviluppo tecnico che preveda la creazione di un prototipo di strumento semplificato basato su tecnologia LED e poche lunghezze d'onda altamente informative (figura 3).

L'obiettivo futuro sarà quello di mettere a punto strumenti adeguati e customizzati per ottimizzare le tecniche produttive e i sistemi di controllo realtime orientati alla qualità del prodotto e alla gestione sostenibile delle risorse.

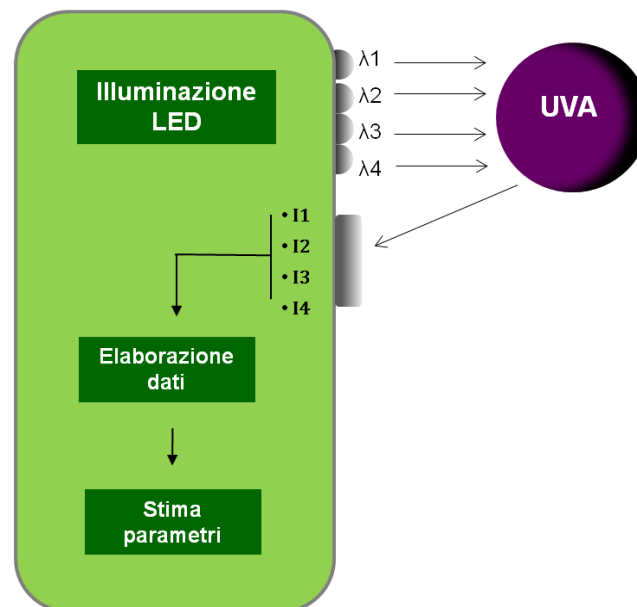


Figura 3. Schema di un potenziale sistema semplificato portatile basato su poche lunghezze d'onda ( $\lambda_1$ -  $\lambda_4$ ). I1-I4 indicano le intensità del segnale alle 4 ipotetiche lunghezze d'onda selezionate.