

IL MONITORAGGIO METEOROLOGICO COME STRUMENTO PER LA GESTIONE DELLA VARIABILITÀ CLIMATICA IN FRANCIACORTA

Paolo Carnevali ⁽¹⁾, Luigi Mariani ⁽¹⁾, Osvaldo Failla ⁽¹⁾, Lucio Brancadoro ⁽¹⁾,
Monica Faccincani ⁽²⁾

⁽¹⁾ Di.Pro.Ve., Università degli Studi di Milano
Via Celoria 2, Milano, Italia
paolo.carnevali@unimi.it

⁽²⁾ Consorzio per la Tutela del Franciacorta
Via G. Verdi 53, Erbusco (BS), Italia
ufficiotecnico@franciacorta.net

RIASSUNTO

Nel 2007 è stata avviata una ricerca nell'areale di produzione del Franciacorta DOCG che ha riguardato un ampio numero di vigneti di Chardonnay con riferimento ai quali sono stati acquisite le serie storiche dal 2001 relative a (i) decorso delle epoche fenologiche, (ii) curve di maturazione e (iii) dati prodotti dalla rete meteorologica consortile. Tali dati hanno permesso di produrre un modello empirico agrofenologico relativo allo Chardonnay nell'areale considerato e di calibrare e validare un modello meccanicistico di simulazione della produttività primaria, chiamato SIM_PP.

PAROLE CHIAVE

Chardonnay – Franciacorta – variabilità climatica – modelli di simulazione – accumulo zuccherino

ABSTRACT

In 2007 a research was started on an high number of vineyards in the Franciacorta AOC area. From 2001 to 2009, phenological stages records and ripening kinetics data were collected. Starting from phenological data, an empiric agrophenological model was build, in order to estimate principal stages by using daily cumulated temperature. Furthermore, ripening kinetics were compared to mechanicistic model simulations (SIM_PP, Mariani and Maugeri, 2002). Starting from air daily temperatures, SIM_PP simulates the Net Primary Production, allocation dynamics in sink organs and the sugars storage in berries, using a mechanism based on transpiration and mass transport flux.

The comparison between real in-field situation and gathered simulations allowed to evaluate mechanicistic and empirical models performance.

KEYWORDS

Chardonnay – Franciacorta – climatic variability – models – sugar storage

INTRODUZIONE

Molti studi sono stati incentrati sulle relazioni intercorrenti tra clima, fenologia della vite, composizione delle bacche, quantità e qualità delle produzioni (Jones, Davis, 2000). Le sottili differenze climatiche, che si hanno tra località anche molto prossime fra loro, determinano degli effetti sulla fenologia e sulla composizione chimica delle uve, oltre a determinare ritardi o anticipi di maturazione e differenze sostanziali nei parametri qualitativi alla vendemmia, che si riflettono sulla qualità dei vini prodotti (Conradie *et al.*, 2002).

Le fasi fenologiche avvengono come effetto diretto del clima (Jones, Davis, 2000) ed influiscono sui processi legati alla crescita dei differenti organi delle piante, all'entità delle

produzioni ed alle *performance* qualitative della coltura (Nendel, 2010): è facilmente comprensibile come l'applicazione di modelli di crescita in *Vitis vinifera* L. sia una condizione necessaria affinché possano essere applicati degli studi di simulazione dinamica riguardanti la nutrizione idrica o l'influenza del clima sulle produzioni.

La composizione e la concentrazione dei composti chimici nelle bacche variano durante lo sviluppo e sono influenzate da molti fattori, sia endogeni che esogeni (Coombe, 1992): tra questi ultimi figurano i fattori ambientali e le pratiche agronomiche. Nonostante l'effetto della disponibilità di assimilati e di acqua sullo sviluppo dei frutti non sia ancora stato perfettamente chiarito, soprattutto per quanto concerne il bilancio idrico e carbonioso delle bacche, il monitoraggio delle variabili meteorologiche risulta essere fondamentale per la determinazione delle risposte produttive (Cola *et al.*, 2009):

Nell'ambito dei modelli di produzione le variabili fisiche atmosferiche ricoprono un ruolo chiave nel determinare il comportamento dei sistemi esaminati (Mariani e Failla, 2008): si ha una riprova di ciò considerando, ad esempio, l'influenza della radiazione solare sulle risposte fisiologiche della vite e quella del cosiddetto tempo termico (Scott, 2003) sul decorso fenologico.

L'adozione di modelli empirici e meccanicistici su ampi comprensori vitati permette di considerare tutte le componenti climatiche (macro, meso e microclima) ed offre la possibilità di studiare alle diverse scale di interesse l'influenza delle variabili meteorologiche sul decorso fenologico e maturativo della vite: a tal fine, nell'ambito del progetto SmaCH promosso dalla Regione Lombardia e dal Consorzio per la Tutela del Franciacorta, è stato valutato l'andamento delle fasi fenologiche e del decorso maturativo nell'areale franciacortino, sono stati sviluppati modelli agrofenologici in grado di descrivere l'andamento del ciclo annuale della vite in relazione al decorso meteorologico e, infine, sono stati utilizzati tali modelli come ausilio nella determinazione dell'opportuno momento di vendemmia.

MATERIALI E METODI

In prima istanza, al fine di predisporre una rete di rilievo agro-fenologico, è stato creato un sistema capillare di stazioni meteorologiche consortili che, unitamente alla già esistente rete provinciale, permette di ottenere informazioni relative alle principali variabili meteorologiche su tutto il territorio della DOCG; nello specifico, sono state installate 4 nuove stazioni nei comuni di Adro, Erbusco, Passirano e Paderno Franciacorta e, nelle preesistenti capannine di Capriolo e Cortefranca, sono stati aggiunti ulteriori sensori di radiazione solare e di velocità e direzione del vento.

Nel corso del primo anno di sperimentazione sono stati selezionati 20 vigneti di Chardonnay tra quelli utilizzati dal Consorzio per la Tutela del Franciacorta nella determinazione delle cinetiche di maturazione: i criteri con cui è stata effettuata la scelta dei vigneti sono stati la rappresentatività all'interno delle 6 Unità Vocazionali in cui è suddivisa la Franciacorta e l'uniforme distribuzione delle parcelle vitate all'interno della DOCG. A cadenza settimanale sono stati eseguiti rilievi fenologici, dal germogliamento all'invasatura, e, a partire da quest'ultima, sono stati raccolti campioni di uve destinati ad analisi dei principali parametri tecnologici (zuccheri, pH, acidità titolabile, contenuti in acido malico e tartarico).

I rilievi fenologici sono stati eseguiti su 3 germogli di 10 piante rappresentative di ciascun vigneto, determinando la fase raggiunta in base alla scala BBCH, mentre le misure delle cinetiche di maturazione sono state effettuate mediante campionamenti randomizzati all'interno delle parcelle individuate nei vigneti guida.

I dati fenologici sono stati utilizzati per la creazione di un modello empirico di simulazione della fase raggiunta a partire dalle Ore Normali di Caldo (NHH): per fare ciò è stata utilizzata

una funzione matematica per la conversione della temperatura media oraria nella corrispondente ora normale di caldo, come riportato in Fig.1.

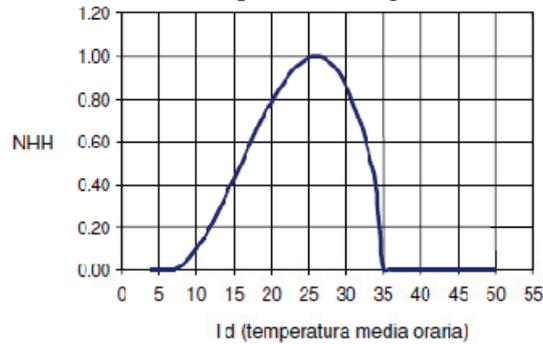


Fig. 1: Grafico della funzione matematica utilizzata per convertire la temperatura media oraria in ore normali di caldo.

Inoltre, al fine di rendere lineare la scala BBCH, è stata utilizzata una scala di comodo, con un range di valori da 0 (dormienza) a 49 (maturità tecnologica).

I dati meteorologici disponibili dal 2006 sono stati inoltre applicati ad un modello meccanicistico chiamato SIM_PP – SIMulazione della Produttività Primaria (Mariani, Maugeri, 2002): è un modello di simulazione dinamica che stima le produzioni giornaliere delle colture ad una scala di campo sulla base dei valori giornalieri di temperatura dell’aria (Tx e Tn) e dai dati di acqua disponibile nel terreno.

Tale modello è suddiviso in diversi moduli: un preprocessore meteorologico, che utilizzando come variabili input le precipitazioni giornaliere, la temperatura massima e la minima genera i valori giornalieri di radiazione solare, umidità relativa minima e massima, velocità del vento e copertura nuvolosa; un modulo fenologico; il nucleo del modello (Fig.2), che simula la produzione giornaliera in vite; il modulo “VACUOLO” che simula l’accumulo zuccherino nelle bacche.

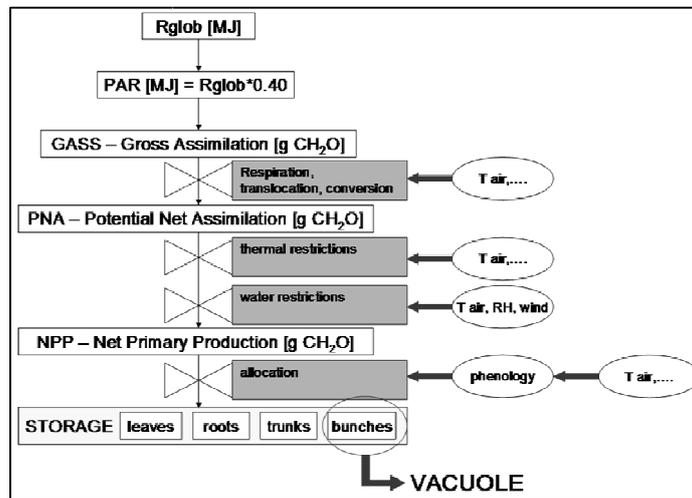


Fig. 2: Schema di funzionamento del nucleo principale del modello SIM_PP.

Partendo dalla radiazione globale stimata (Rglob) si ottiene una PAR (Radiazione Fotosinteticamente Attiva) e da questa una Assimilazione Lorda (GASS); l’assimilazione netta potenziale (PNA) è ottenuta considerando la GASS al netto delle perdite imputabili ai processi respiratori, traslocativi e di conversione degli assimilati. La produzione primaria netta (NPP) è calcolata applicando delle restrizioni dovute agli stress idrici e termici.

Tale NPP viene allocata ai differenti organi della pianta, in funzione della fase fenologica in cui ci si trova: a partire dall'invaiaitura, una quota consistente è destinata ai grappoli, a livello dei quali il modulo VACUOLO simula l'accumulo, basandosi su alcuni presupposti, quali: il trasporto degli zuccheri nelle bacche avviene per via floematica (Coombe e McCarthy, 2000); dall'invaiaitura la bacca va incontro ad una prima fase di rammollimento dei tessuti ed una seconda di espansione; il saccarosio entra nelle bacche per flusso di massa ad una concentrazione di circa il 20% e viene compartimentato nei vacuoli; il movimento di acqua nelle bacche è legato a meccanismi di traspirazione a livello della buccia (Coombe e McCarthy, 2000).

Il modello è stato validato ricorrendo ad elaborati grafici e ad opportuni indici di fitting.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Il modello agrofenologico empirico è stato ricavato attraverso una regressione logaritmica tra la fenofase individuata in ogni vigneto e le relative ore normali di caldo cumulate, ricavate dalle temperature medie orarie delle stazioni corrispondenti (Fig. 3).

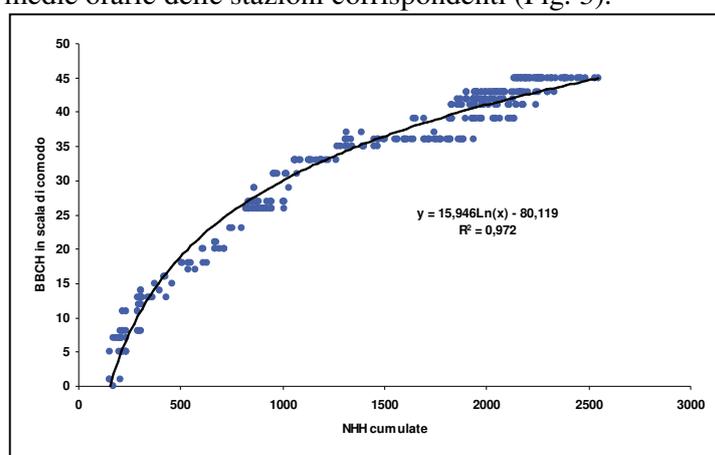


Fig. 3: Regressione logaritmica tra fenofase e NHH cumulate.

È stata così ricavata una funzione che è stata utilizzata nella stima della piena fioritura, dell'invaiaitura e della maturità tecnologica per il 2008, il 2009 e per la serie storica 1951-2009. Ciò ha permesso di ricavare una serie di mappe fenologiche (in Fig. 4 si riportano le mappe relative ai giorni di raggiungimento della maturazione tecnologica simulata per le due annate e per la serie storica).

Si può notare come le due annate considerate abbiano registrato un anticipo di maturazione di 10-15 giorni in linea con quanto riscontrato negli ultimi anni, avendo assistito al graduale spostamento della data di vendemmia dalla prima metà di settembre alla seconda metà di agosto.

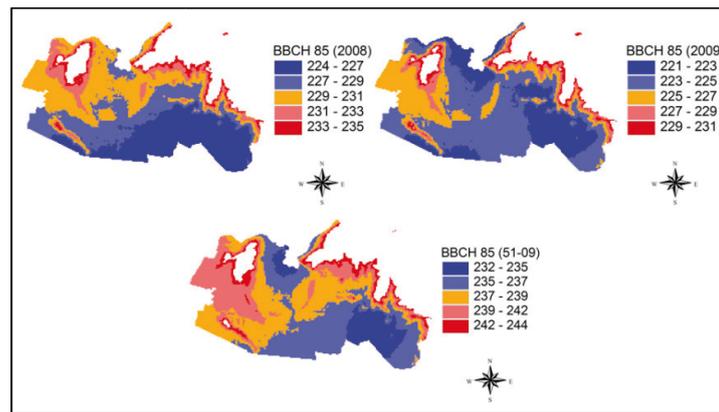


Fig. 4: Mappa dei giorni di raggiungimento della maturità tecnologica simulata (BBCH 85).

Dall'applicazione del modello SIM_PP ai dati meteorologici della Franciacorta è stato ottenuto un confronto grafico fra le curve di accumulo zuccherino simulato e le cinetiche di maturazione misurate nei corrispondenti vigneti (Fig. 5).

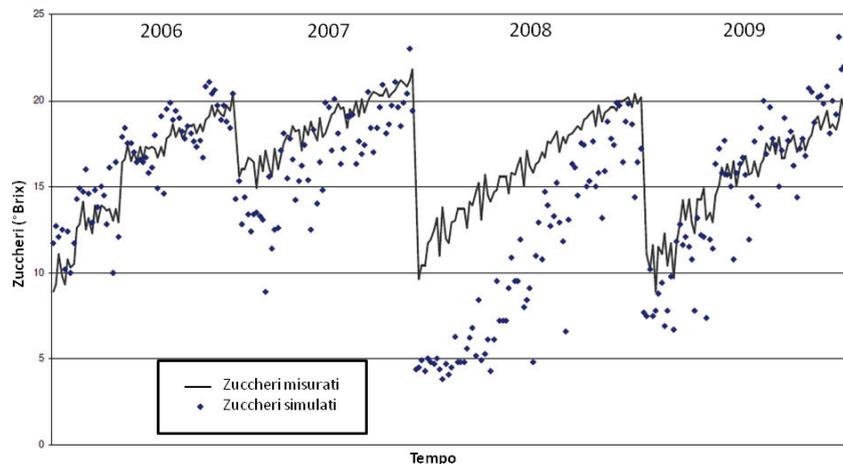


Fig. 5: Confronto fra zuccheri simulati dal modello SIM_PP e misurati in vigneto dal 2006 al 2009.

Da tale preliminare analisi si può osservare come il modello descriva con sufficiente accuratezza gli accumuli zuccherini, ad eccezione del 2008, anno per il quale è stata riscontrata un'anomalia nelle analisi di laboratorio svolte sui campioni di mosto raccolti: per tale motivo, nella successiva analisi, l'anno in questione non è stato considerato. Inoltre, si può notare come nel 2007 SIM_PP tenda a sottostimare gli accumuli mentre nel 2009 vi sia una sottostima iniziale ed una leggera sovrastima in conclusione di maturazione.

Infine sono state valutate le performance del modello in base ad una serie di indici di fitting comunemente utilizzati in fase di validazione: *mean absolute error* (MAE), *relative mean squared error* (RMSE), *model efficiency* (EF), *coefficient of residual mass* (CRM), *coefficient of determination* (CD) ed R^2 .

In Tab. 1 sono riportati gli intervalli di ciascun indice utilizzato, i valori ottimali e quelli relativi al modello SIM_PP per le annate 2006, 2007 e 2009 considerate complessivamente.

Tab. 1: Risultati degli indici di fitting per la validazione del modello SIM_PP. (sig. ***, per $p \leq 0.001$).

Parametro	MAE	RMSE	EF	CRM	CD	R^2	Sig.	Media osservata	Media stimata
Min	0.00	0.00	-∞	-∞	0.00	0.00			
Max	+∞	+∞	1.00	+∞	+∞	1.00			
Best	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00			
Calcolato	1.68	13.55	0.64	-0.04	1.40	0.67	***	16.01	16.58

Tale analisi indica come le stime del modello siano dei descrittori leggermente migliori rispetto alla media osservata ($EF > 0$ e quasi prossimo al valore ottimale), pur notando una lieve sovrastima (CRM leggermente negativo); ciononostante, si può indicare un generale buon comportamento delle simulazioni (CD prossimo a 1 e buon valore di R^2).

CONCLUSIONI

Il monitoraggio agrometeorologico è un'attività fondamentale per la moderna viticoltura: esso permette di valutare l'insorgenza di eventuali patologie, determinare i decorsi della maturazione e pianificare le operazioni colturali.

Partendo da tali presupposti, una rete di rilievo agrometeorologico capillare sul territorio risulta essere di primaria importanza sia per il monitoraggio meso e micrometeorologico, sia per i prodotti che da essa possono derivare: le tecniche modellistiche utilizzate nel corso di questo progetto hanno infatti permesso di formulare dei modelli che, a partire dalle variabili meteorologiche, forniscono delle simulazioni precoci del ciclo vegetativo e riproduttivo e del decorso maturativo dello Chardonnay in Franciacorta.

I dati raccolti e simulati dai differenti modelli permettono di pianificare, in relazione alla variabilità climatica della singola azienda e allo specifico decorso meteorologico stagionale, la difesa antiparassitaria e la gestione delle operazioni colturali, come gli interventi al suolo, le irrigazioni e le differenti pratiche di gestione della chioma.

Sempre in funzione dell'andamento meteorologico e della zona di appartenenza di ogni singolo vigneto, è possibile prevedere con un certo anticipo e con una discreta precisione le date di vendemmia ed il potenziale qualitativo delle uve.

BIBLIOGRAFIA

- Cola G. *et al.*, 2009. BerryTone – A simulation model for the daily course of grape berry temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 1215-1228.
- Conradie W.J. *et al.*, 2002. Effect of different environmental factors on the performance of Sauvignon blanc grapevines in the Stellenbosch/Durbanville districts of South Africa. I. Geology, soil, climate, phenology and grape composition. *South African Journal of Enology and Viticulture.*, 23 (2): 78-91.
- Coombe B.G., 1992. Research on development and ripening of the grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture*, 43: 101-110.
- Coombe B.G., McCarthy M.G., 2000. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6:131-135.
- Jones G.V., Davis R.E., 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51 (3): 249-261.
- Mariani L., Failla O., 2008. Le grandezze meteo climatiche come variabili guida per gli ecosistemi agricoli e forestali. *Italian Journal of Agronomy*, 1: 9-16.
- Mariani L., Maugeri M., 2002. Alcune considerazioni di tipo agro-climatico su serie storiche della Sicilia orientale. *In: Atti di AIAM 2002*. Acireale. 84-95.
- Nendel C., 2010. Grapevine bud break prediction for cool climates. *International Journal of Biometeorology*, 54: 231-241.
- Scott P.R., 2003. Phase change and regulation of developmental timing in plants. *Science*, 301: 334-336.