

PROGETTO FENOVITIS: RISULTATI PRELIMINARI

Amelia Caffarra e Emanuele Eccel

Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige (TN).

Abstract

Il progetto FENOVITIS ha come obiettivo principale la descrizione del ciclo fenologico tipo di *Vitis vinifera* cv. Chardonnay e la calibrazione e validazione di modelli fenologici che permettano la simulazione e predizione dei suoi stadi fenologici chiave. Sette modelli diversi sono stati applicati a serie fenologiche dello Chardonnay, raccolte in quattro siti diversi (di cui tre in Trentino ed uno in Piemonte). I modelli, tutti basati sulle temperature giornaliere, si distinguono però per la forma delle risposte alla temperatura (lineare o sigmoidale) e per i periodi in cui queste agiscono sullo sviluppo della pianta. Il modello che meglio spiega le date di germogliamento nelle 4 località è un modello che considera il "chilling", mentre quello che meglio spiega le date di fioritura ed invaiatura è un modello ad accumulo di calore, in cui le unità forzanti vengono calcolate con una curva sigmoidale a partire dalla fase fenologica precedente.

Introduzione

Lo sviluppo e la validazione di modelli fenologici per la vite è fondamentale sia per la selezione delle cultivar da destinare a diverse zone climatiche che per la pianificazione di interventi agronomici (Orlandini e Mancini, 1999). Inoltre, questi modelli sono di particolare interesse se si considera il riscaldamento climatico che è in atto e che probabilmente si intensificherà nei prossimi anni. (IPCC, 2001). Gli indici bioclimatici che attualmente vengono utilizzati con più frequenza per la modellizzazione delle fenofasi della vite sono quelli di Winkler (Amerine and Winkler, 1944) e Huglin (1978), basati su un'ipotesi di accumulo lineare dei gradi giorno fino al raggiungimento della soglia termica caratterizzante ciascuna fenofase. Tuttavia, i modelli che vengono calibrati utilizzando questo approccio spesso hanno validità solo locale e limitata a un ristretto range di condizioni climatiche, simile a quelle utilizzate per la calibrazione. Inoltre, la scarsa conoscenza dei meccanismi fisiologici che regolano lo sviluppo della vite rende difficile lo sviluppo di modelli fenologici biologicamente realistici (Lavee and May, 1997). L'obiettivo del progetto FENOVITIS è di giungere ad una descrizione del ciclo fenologico tipo di *Vitis vinifera* cv. Chardonnay e alla calibrazione e validazione di modelli fenologici che permettano la simulazione e predizione dei suoi stadi fenologici-chiave.

Materiali e metodi

Le fenofasi oggetto di studio sono 3: germogliamento, fioritura ed invaiatura. L'approccio adottato è quello di calibrare e testare modelli basati su diverse ipotesi usando dati provenienti da siti diversi e selezionare il più adatto e generale a descrivere il raggiungimento di ciascuna delle fenofasi d'interesse. Sette modelli diversi sono stati applicati a serie fenologiche dello Chardonnay, raccolte in quattro siti diversi (di cui tre in Trentino ed uno in Piemonte). Dopo alcune analisi statistiche preliminari (regressione multipla) che hanno indicato scarsa influenza da parte di precipitazioni e radiazione solare sulle fenofasi d'interesse, è stato scelto di basare i modelli unicamente sulle temperature giornaliere. Le risposte alla temperatura si distinguono però per la loro forma (lineare o sigmoidale) e per i periodi in cui queste agiscono sullo sviluppo della pianta. Per il germogliamento sono stati

applicati sia un modello generale che considera il chilling ("Unified model", Chuine, 2000) che modelli basati solamente sull'accumulo di calore secondo una curva sigmoidale, o lineare (gradi Winkler o gradi giorno). La data d'inizio per il calcolo delle unità termiche è stata calibrata o considerata come la fenofase precedente a quella da predire. I modelli sono descritti più in dettaglio in Tab. 1. I siti di rilievo sono S. Michele all'Adige, Mezzocorona, Cembra (tutti in Trentino) e Carpeneto (Centro Sperimentale della Regione Piemonte). Le serie hanno una lunghezza variabile tra gli 11 e i 21 anni. I dati meteorologici di riferimento sono stati ottenuti da stazioni limitrofe ad ogni sito di rilievo. La ricostruzione dei dati mancanti nella serie temporale è stata effettuata mediante tecniche di regressione utilizzando i dati delle stazioni più prossime. I modelli sono stati calibrati alle osservazioni minimizzando la somma degli scarti quadrati tra previsioni e osservazioni utilizzando un algoritmo di *simulated annealing* (Metropolis et al., 1953), già testato per modelli fenologici (Chuine et al., 1988). La qualità dei modelli calibrati è stata determinata usando 3 criteri: il test F di significatività del modello, il mean absolute error (MAE) e la percentuale di varianza addizionale spiegata dal modello rispetto alla media delle osservazioni usata come unico parametro predittivo. Quest'ultimo indice viene considerato come una misura della bontà di adattamento del modello ai dati osservati e chiamato R^2 del modello. Può assumere valori negativi se il modello peggiora le predizioni rispetto alla media.

Risultati

Gli R^2 dei modelli applicati alle serie fenologiche variano tra il 94% (modello 1 per il germogliamento a Carpeneto) a meno dello 0% (modello 5 a San Michele e Mezzocorona per fioritura e invaiatura). Nella Tab. 2 sono riportati i modelli che hanno fornito R^2 significativamente migliori degli altri (F test) nel descrivere le osservazioni delle 3 diverse fasi fenologiche prese in considerazione, per ogni sito. Il modello che meglio spiega le date di germogliamento nelle diverse località è un modello che considera il "chilling" (unified model, Chuine, 2000). Per la fioritura e l'invaiatura il miglior modello cambia a

Tabella 1. Modelli applicati alle serie fenologiche in studio. Ccrit: numero critico di unità di chilling per l'espletamento del fabbisogno di freddo. Fcrit: numero critico di unità termiche per il raggiungimento della fenofase. Tmed: temperatura media giornaliera. a, b, c, d, e, t₀ e tSoglia: parametri da calibrare.

| Modello | Nome | Nr. Param. | Equazione | Germ. | Fior. | Inv. |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|
| 1 | Unified Model for Budburst (Chuine, 2000) | 9 | $C_{crit} = \sum \frac{1}{1 + e^{\frac{a(T_{med}-c)}{b(T_{med}-c)+d(T_{med}-c)}}}$ $F_{crit} = \sum \frac{1}{1 + e^{\frac{d(T_{med}-c)}{a(T_{med}-c)}}}$ | x | | |
| 2 | Unità termiche sigmoidali da t ₀ (giorno d'inizio dell'accumulo di unità termiche, da calibrare) | 4 | $F_{crit} = \sum \frac{1}{1 + e^{-d(t-t_0)}}$ | x | x | x |
| 3 | Unità termiche sigmoidali da fenofase precedente | 3 | $F_{crit} = \sum \frac{1}{1 + e^{-d(t-t_0)}}$ | | x | x |
| 4 | Gradi Winkler da t ₀ (giorno d'inizio dell'accumulo di unità termiche, da calibrare) | 2 | $F_{crit} = \sum T_{med} - 10$ | x | | |
| 5 | Gradi Winkler da fenofase precedente | 1 | $F_{crit} = \sum T_{med} - 10$ | | x | x |
| 6 | Gradi giorno da fenofase precedente (soglia termica da calibrare) | 2 | $F_{crit} = \sum T_{med} - T_{soglia}$ | | x | x |
| 7 | Gradi giorno da t ₀ (soglia termica da calibrare) | 3 | $F_{crit} = \sum T_{med} - T_{soglia}$ | x | x | x |

seconda della località considerata. Tuttavia, l'utilizzo di curve sigmoidali sembra più adatto a descrivere l'accumulo di unità termiche rispetto ai più semplici gradi giorno o Winkler. Infatti, per entrambe le fenofasi i modelli migliori sono il 3 o il 2 (con l'eccezione di Mezzocorona per la fioritura e Carpeneto per l'invaiaitura).

Tabella 2. Modelli che meglio spiegano la varianza nelle osservazioni per ciascuna fenofase e sito. NA: non applicabile a causa della mancanza di dati.

| Fasi | Mezzocorona | San Michele | Cembra | Carpeneto |
|-------|-------------|-------------|--------|-----------|
| Germ. | 1 | 1 | NA | 1 |
| Fior. | 7 | 2 | 3 | 3 |
| Inv. | 3 | 3 | 3 | 7 |

Un confronto tra stazioni descritte dallo stesso modello rivela disomogeneità nei valori calibrati sui parametri (risultati non presentati), suggerendo che tali valori non fornirebbero predizioni esterne accurate quanto quelle "interne".

Conclusioni

Questi risultati di carattere preliminare danno un'indicazione sulla scelta dei modelli su cui concentrare lo studio. Questi dovrebbero tenere in considerazione il chilling per la predizione del germogliamento e un accumulo sigmoidale di unità termiche per fioritura ed invaiaitura. Il fatto che gli R² siano così eterogenei tra stazioni anche per la stessa fenofase suggerisce che sia avvenuto overfitting. Questo accade quando si hanno molti parametri in un modello e poca informazione (in questo caso variabilità climatica) per calibrare

correttamente le risposte. Una possibile soluzione sarebbe limitare il range numerico del valore dei parametri entro limiti biologicamente realistici, ma attualmente sono disponibili pochi studi quantitativi sulle risposte dello sviluppo fenologico dello chardonnay alle temperature dell'aria in condizioni controllate. Si potrebbero inoltre unire diverse stazioni con climi eterogenei per fornire più informazioni per la calibrazione del modello.

Ringraziamenti

Il progetto FENOVITIS è stato finanziato da CARITRO. Si ringraziano C. Dalsant e A. Patton (FEM) ed E. Paravidino di tenuta Cannona (Centro Sperimentale Vitivinicolo della Regione Piemonte).

Bibliografia

- Amerine, M.A., Winkler, A.J., 1944. *Composition and quality of must and wines of California grapes*. Hilgardia: 493-675.
- Chuine I., 2000. A unified model for budburst of trees. *Journal of Theor. Biol.*, 207: 337-347
- Chuine I., Cour P., Rousseau D. D., 1998. Fitting models predicting the dates of flowering of temperate-zone tree species using simulating annealing. *Plant Cell Environ.*, 21 : 455-466.
- Huglin P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu. *Viticole. Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture*: 117-126.
- IPCC, 2001. *Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Working Group 2. Third Assessment Report. Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Lavee, S., May P., 1997. Dormancy of grapevine buds—facts and speculation. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 3:31–46
- Metropolis N., Rosenbluth A., Rosenbluth M., Teller A., Teller E., 1953. Equation of state calculations by fast computing machines. *J. Chem. Phys.*, 21:1087-1092.
- Orlandini S., Mancini M., 1999. Studio preliminare sulla microzonazione bioclimatica condotto in un'area viticola collinare, in "Atti del convegno Territorio e Vino", Siena, 20-24 maggio 1998: 417-429.