



**La risposta fenologica della vite ai cambiamenti climatici.  
Il "proxy" di Conegliano**

*Dr. Diego Tomasi, Dr. Lorenzo Lovat*

*Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura  
Centro di ricerca per la viticoltura - Conegliano(TV)*



## **1 - Introduzione**

E' importante verificare gli effetti dei cambiamenti climatici e riscontrare le conseguenze che essi hanno sulla viticoltura in quanto è ampiamente conosciuto che la vite e il suo vino sono entrambi strettamente collegati con il clima (Calò et al. 1994, Jones, 2006, Rochard et al. 2006, Seguin and Garcia de Cortazar 2005). Dobbiamo inoltre cercare non solo di ridurre i rischi legati ai cambiamenti climatici, ma anche di usare a nostro vantaggio, gli effetti positivi che possono derivare dalle nuove situazioni meteo, vedi ad esempio una maggior distribuzione varietale (Stock et al. 2005).

A livello viticolo l'aumento delle temperature nell'emisfero Nord implicherebbe un probabile spostamento verso Nord delle coltivazioni con introduzione di varietà medio-tardive sino alle latitudini maggiori (50 °N). Rochard et al. (2006) hanno calcolato che la vendemmia in Francia negli ultimi 50 si è fatta più precoce di un mese; Jones et al. (2005) hanno evidenziato che la vendemmia in Europa avviene 17 giorni prima. Webb et al. (2007) usando il modello (VineLOGIC) prevede che nella regione della Coonawarra (Australia) nel 2050 la stagione vegetative sarà più corta di 37 giorni e con minor sensibilità delle varietà precoci. Ramos et al. (2008) in Spagna prevedono che l'invasatura della varietà Parellada si anticiperà di 4.1 giorni per ogni °C di incremento della temperature minima rispetto alla media attuale.

L'incremento termico è inoltre accompagnato da alcune alterazioni delle altre componenti del clima (vedi precipitazioni) e nella frequenza del manifestarsi di alcuni fenomeni come: ondate di calore, periodi siccitosi, nubifragi etc. (Easterling 2000, Brunetti et al. 2002, Klein Tank and Können 2003, Bartolini et al. 2008).

Lo scopo della presente ricerca è quello di verificare il comportamento fenologico di un pool di varietà, coltivate tutte nello stesso ambiente, in seguito all'incremento termico. Si è voluto verificare l'effetto del riscaldamento globale sul manifestarsi delle epoche fenologiche e sulla lunghezza degli intervalli. Inoltre: l'incremento termico sta accorciando il ciclo annuale della vite oppure sta anticipando il suo manifestarsi senza ridurre il numero dei giorni? Gli intervalli tra epoche fenologiche sono influenzati tutti allo stesso modo dalla temperatura?

Come ricordato in apertura, vi è quindi un grande interesse su questo argomento, ma molto spesso le informazioni e i dati cui attingere, hanno una scarsa attendibilità. Ciò comporta una scarsa affidabilità dei modelli previsionali e una riduzione della qualità delle informazioni desunte. Nel presente elaborato si è quindi fatto uso di dati certi e scientificamente rilevati, che compongono una lunga serie storica di informazioni fenologiche per un consistente pool di varietà. Le osservazioni e le conclusioni si basano solo su dati rilevati, senza l'impiego di modelli previsionali, ben consapevoli che i fenomeni di adattamento della vite possono invalidare anche i modelli più accurati.

## **2 - Materiali e metodi**

Presso la collezione di Susegana (TV) sono presenti quasi 2500 accessioni, con 5 piante ognuna, delle quali quasi 2000 di V. vinifera e le rimanenti di specie diverse e loro ibridi. Le viti sono allevate a Sylvoz con sesto di impianto di 3 m tra le file e 1.5 tra le viti.

L'identità di tutti i materiali è controllata ampelograficamente e per una buona parte di essi anche dal punto di vista molecolare (analisi isoenzimatiche e del DNA).

A partire dagli anni '60 per ognuna delle accessioni è iniziato il rilevamento sistematico, e secondo le moderne metodologie, delle caratteristiche fenologiche (epoca di germogliamento, fioritura, invaiatura e maturazione) e produttive (fertilità delle gemme, peso medio del grappolo, produzione per ceppo, composizione chimica dell'uva, incidenza delle principali malattie, ecc.) per un totale di oltre 20 parametri. Per il germogliamento, fioritura e invaiatura si è seguita la scala fenologica del Baggiolini (1952), (punti D ed I rispettivamente per germogliamento e fioritura, per l'invaiatura non vi sono riferimenti), e rilevando il fenomeno quando avvenuto al 50%. Per la maturazione ci si è basati sull'aspetto visivo del grappolo, sul suo stato sanitario e sul grado zuccherino eseguito con rifrattometro direttamente in campo.

I risultati dei rilievi sono stati archiviati in un database di tipo relazionale e successivamente elaborati.

Nella presente indagine si sono utilizzati i dati relativi ad un campione di 25 vitigni di *V. vinifera* L. rappresentativi del panorama varietale del Veneto. I rilievi si riferiscono ad un periodo di 46 anni (1964/09) ed i corrispondenti dati meteorologici sono stati adottati al fine di valutare sia l'andamento generale del clima e della fenologia sia le eventuali correlazioni esistenti tra i due fenomeni.

Assumendo che in molte serie di dati esiste almeno un "**punto di discontinuità**" (break point), dove **il valore medio del dato** passa in modo significativo da un valore ad un altro (Chu 1996, Bai 2003, Mariani 2006), per analizzare le serie storiche dei dati fenologici ed individuare quando e l'entità di tale cambiamento, è stato utilizzato il "Package strucchange" versione 1.3-7 (Zeileis 2009).

Le varietà utilizzate sono riportate in tabella 1. Le stesse sono state suddivise in precoci e tardive in funzione della loro data di invaiatura sottoponendo quindi i due set varietali ad un reciproco confronto.

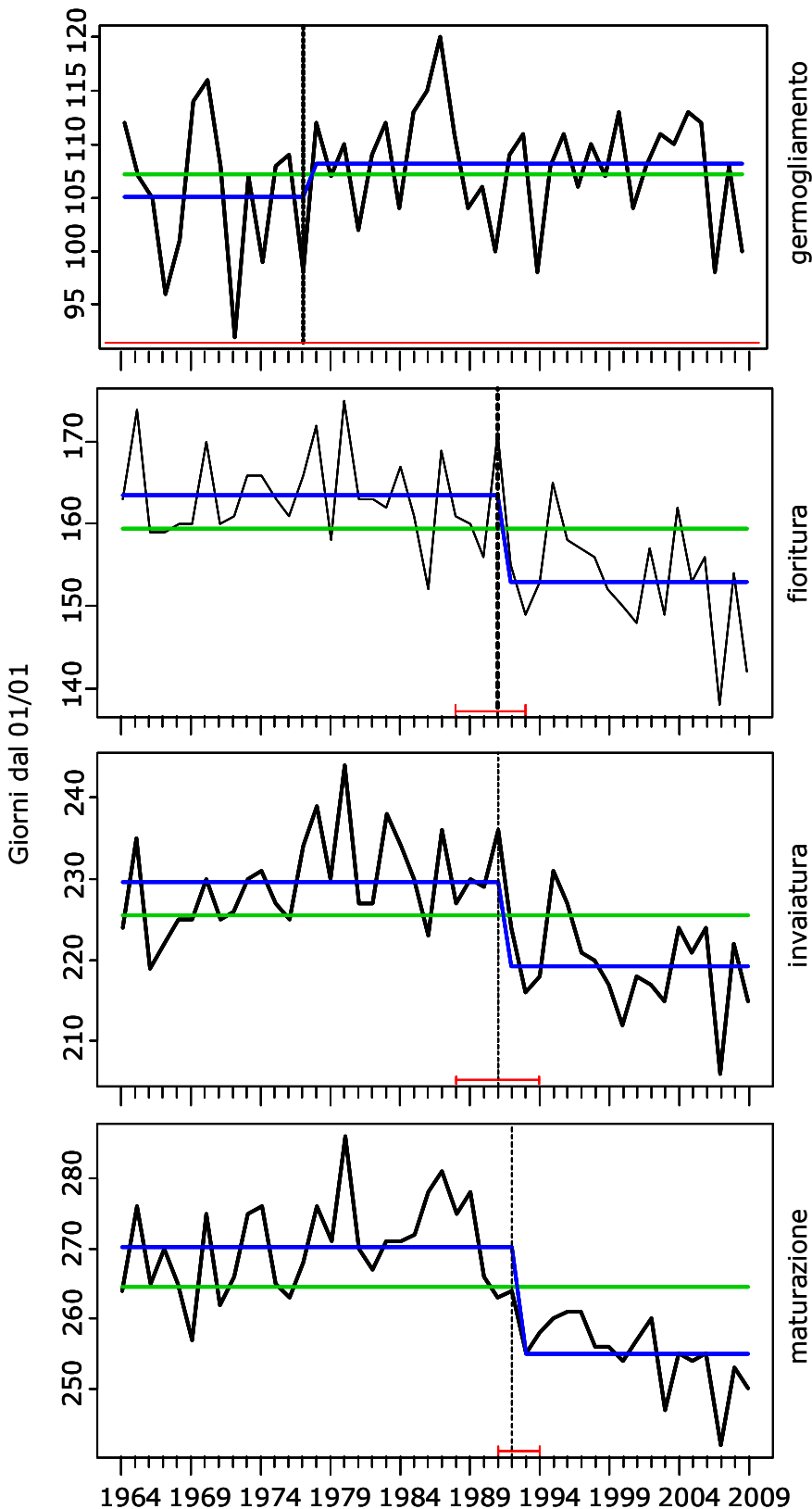
**Tab. 1** elenco varietà indagate e suddivisione per classe di precocità

Var. bacca bianca		Var. bacca nera	
Tocai	T	Merlot	P
Prosecco	T	Cabernet sauv.	T
Pinot grigio	P	Cabernet franc	T
Pinot bianco	P	Carmenere	T
Verduzzo	T	Pinot nero	P
Chardonnay	P	Corvina	T
Traminer	P	Molinara	T
Sauvignon	P	Rondinella	T
Riesling it	P	Malbec	P
Manzoni 6 0 13	P	Franconia	T
Trebbiano tosc.	T	Refosco	T
Moscato giallo	T	Marzemino	T
Garganega	T		

p: precoce t: tardiva

### 3 - Analisi dei break point fenologici

Con questa tecnica di analisi statistica si è voluto individuare il momento in cui le serie storiche de dati di rilevazione fenologica hanno subito un cambio nei valori medi, ovvero si analizzerà il punto di discontinuità nel percorso storico fenologico della vite.



La figura 12 rappresenta l'output grafico del test per le diverse fasi del ciclo.

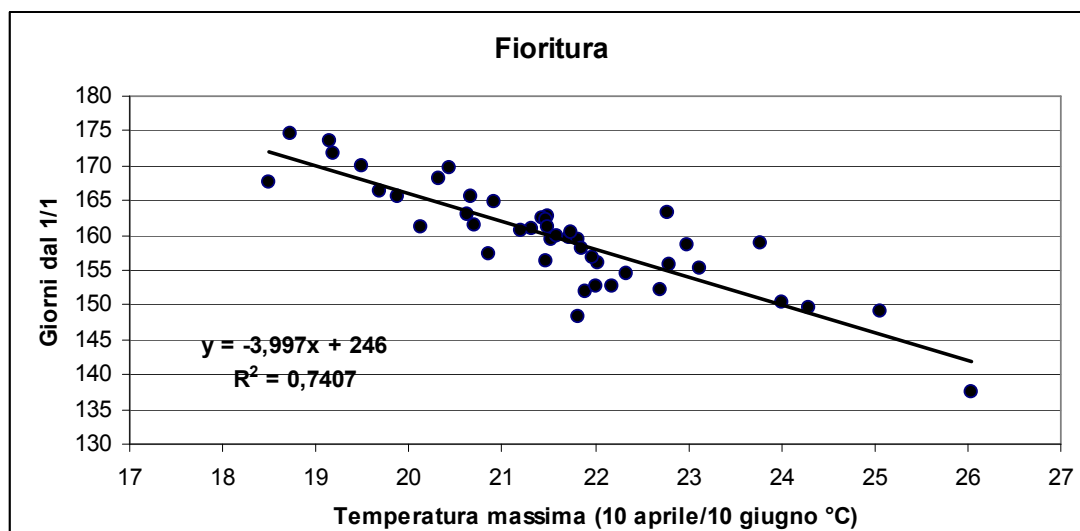
Per il **germogliamento** come era da attendersi l'applicazione del test non ha rilevato nessun punto di discontinuità.

Per la **fioritura** la "discontinuità" è invece netta: la linea continua nera mostra i valori puntuali, la linea verde rappresenta la media del periodo (159), la linea tratteggiata normale all'anno 1991 individua un punto di discontinuità nella serie distinguendo una media precedente di 164 e una successiva di 154 (linea blu) con un anticipo della fioritura di 11 giorni.

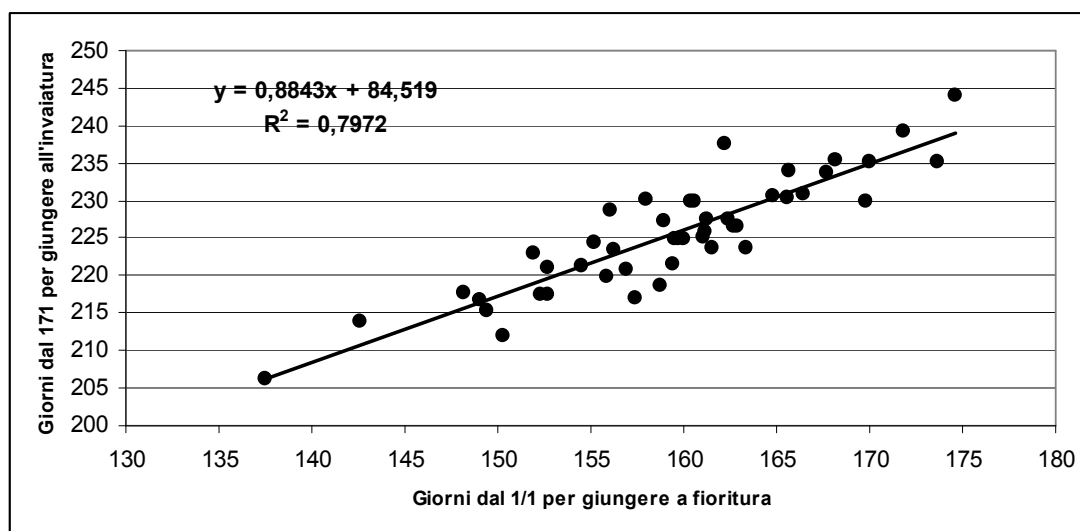
Per l'**invaiatura** il break point è ancora relativo all'anno 1991 con 10 giorni di anticipo, mentre per la **maturazione/raccolta** il punto di passaggio tra i due periodi storici è il 1992.

**Fig. 12** Analisi dei punti di rottura (break point) per le diverse fasi fenologiche, analizzate su un ciclo di 46 anni di rilievi.

A conferma della forte sensibilità della fioritura alle condizioni climatiche, si riporta la regressione significativa fra le temperature massime di maggio e giugno e la data di fioritura (fig.13); simili conclusioni sono state date in precedenti lavori (Tomasi D. et al. 1994, Calò A. et al. 1994). Ulteriormente stretta è la relazione tra fioritura e invaiatura, in fig. 14 si riporta l'elevato grado di correlazione che esiste tra esse.



**Fig. 13** Correlazione tra le temperature massime del periodo intercorrente tra il germogliamento e la fioritura e la data di fioritura (dati medi delle 25 varietà studiate e per l'intero periodo analizzato).



**Fig. 14** Correlazione tra la data di fioritura e di invaiatura (dati medi delle 25 varietà studiate e per l'intero periodo analizzato).

#### 4 - Analisi dei cicli fenologici

Dall'analisi della discontinuità si evince che anche per la serie storica di Conegliano, in linea con i dati regionali rappresentati nel precedente paragrafo, i rilievi fenologici 1991-2009 configurano il "clima attuale" mentre la serie 1964-1990 risulta rappresentativa del clima precedente e rispetto al quale è quindi interessante eseguire i confronti quantitativi.

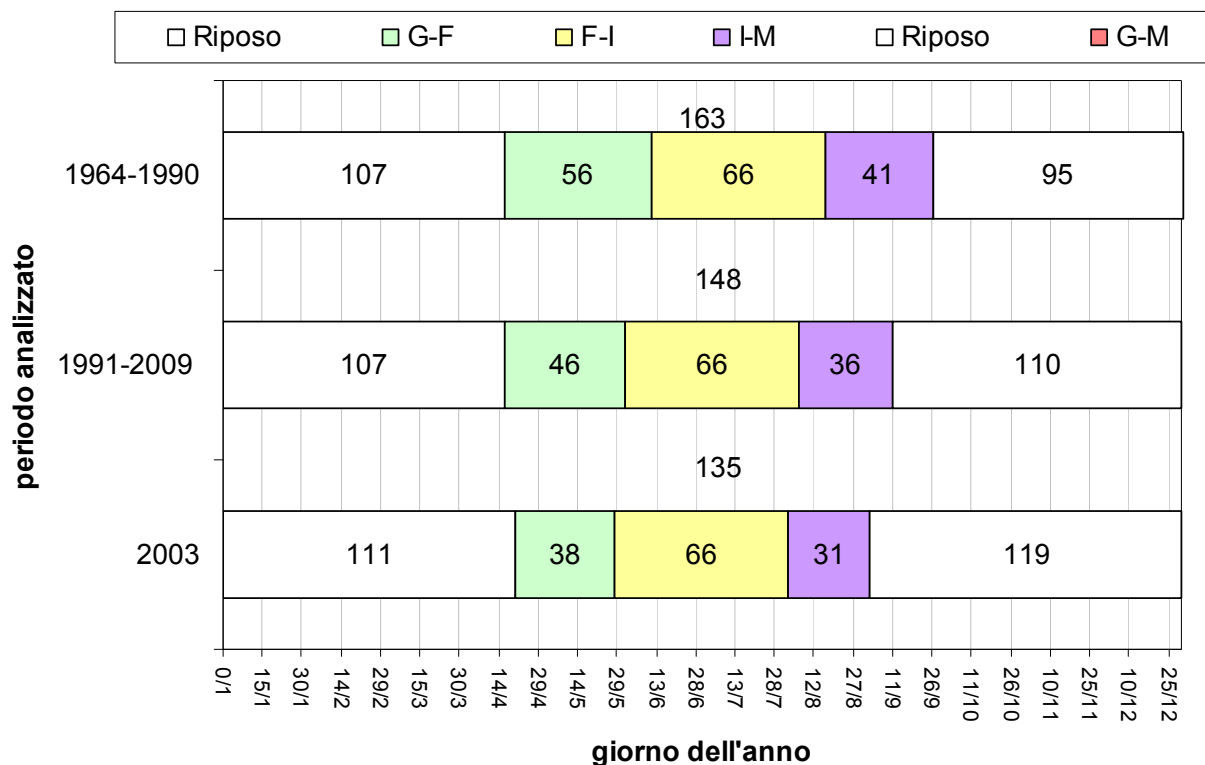
La lunghezza generale media del **ciclo germogliamento-raccolta**, per l'intero periodo esaminato (1964/09) e per tutte le varietà, è risultato essere di 157 giorni. La media del periodo (1964-90) è di 163 giorni mentre la media delle ultime due decenni è di 148 giorni, con un accorciamento quindi di 15 giorni rispetto al primo periodo in esame. Risulta ora interessante capire quale o quali siano gli intervalli tra le epoche fenologiche che hanno reagito alle nuove condizioni climatiche o, in altri termini, quale sia o siano le fasi fenologiche più sensibili al clima.

Il primo intervallo da considerare è quello compreso tra il **germogliamento e la fioritura**: da un valore medio generale di 52 giorni e da uno di 56 per l'arco temporale 64/90, si è passati a 46 giorni con una contrazione quindi di 10 gg. Dalle considerazioni precedenti ricordiamo che la data di germogliamento non aveva subito variazioni in nessuno dei due periodi esaminati, si deduce quindi che è la data di fioritura che si è spostata in anticipo, facendo quindi risultare più corto il primo intervallo del ciclo annuale.

La **fase fioritura-invaiatura** (valore medio 1964/09 pari a 66 giorni), è risultata perfettamente identica in tutti e due i periodi con un valore costante di 66 giorni, si riconferma quindi la fissità del periodo fioritura invaiatura.

A questo punto diventa di facile comprensione, dedurre che i giorni mancanti alla somma totale dell'accorciamento del ciclo vegetativo derivano dalla contrazione dell'intervallo **invaiatura-raccolta**. Da un valore medio generale di 39 giorni, si è infatti passati ai 41 del periodo 64/90 e ai 36 del periodo climaticamente più caldo. Quest'ultima fase si è quindi accorciata di 5 gg che sommati ai 10 del periodo germogliamento fioritura danno ragione dei 15 giorni di anticipo medio evidenziato nell'ultimo ventennio.

Per una visione e una comprensione più immediata del fenomeno ora esposto, nella fig. 15 si riportano graficamente i valori commentati.



**Fig. 15** Ciclo fenologico delle viti a Conegliano per i periodi 1964-90 e 1991-09

Vi sono in questa lettura delle importanti constatazioni e conferme.

Il periodo che, pressoché unico, risente di una contrazione è quello fra germogliamento e fioritura, essendo il più soggetto a variazioni. Infatti la conosciuta variabilità del periodo, dimostra la sensibilità della data di fioritura che anticipa, con l'aumento delle temperature e porta di conseguenza ad un accorciamento del ciclo stesso. Il periodo, viceversa, fioritura-invaiaitura è risultato costante scaricando sull'intervallo invaiatura-maturazione i restanti giorni mancanti al calcolo dell'accorciamento del ciclo totale.

Approfondendo l'analisi alle varietà precoci e tardive si è inoltre giunti alle seguenti conclusioni:

Il ciclo vegetativo annuale delle **varietà precoci** è passato da 155 giorni del periodo 64/90 ai 141 giorni del periodo attuale, quindi con 14 giorni di anticipo della data di maturazione vista la fissità del germogliamento. Ancora una volta 10 di questi giorni sono dovuti ad una fioritura più precoce mentre altri 6 giorni di anticipo si sono avuti nel periodo della maturazione (si sono constatati 2 giorni di ritardo nell'invaiaitura).

Le **varietà tardive** avevano invece un ciclo fenologico medio di 169 giorni che passa a 154, con una contrazione anche in questo caso di 15 gg. Le stesse considerazioni di sopra valgono anche in questo caso per le variazioni delle interfasi che compongono la stagione vegetativa e produttiva della vite.

In sintesi possiamo quindi affermare che non si è constatata nessuna differenza nel comportamento delle varietà precoci rispetto a quelle tardive. Anche il confronto tra varietà a bacca rossa e bianca non ha fatto rilevare nessuna differenza di comportamento tra gli anni.

## 5- Conclusioni

Negli ultimi 46 anni la variazione climatica che si è verificata a livello termico a Conegliano, ha provocato cambiamenti di una sicura evidenza nella fenologia della vite. Ciò conferma l'assoluta attendibilità di utilizzare il dato fenologico quale indicatore dei cambiamenti climatici in atto, la vite infatti risponde prontamente anche a piccole variazioni termiche ambientali, annuali o di medio-lungo periodo. Tale proxy data analizzato secondo la tecnica della discontinuità ha confermato il cambio climatico avvenuto alla fine degli anni '80 e le conseguenti modifiche nelle date e nella lunghezza delle fasi fenologiche.

Le modifiche riguardano in particolare:

- **La data di germogliamento** che è rimasta pressoché costante senza segnare nessuna modifica di rilievo. Ciò è stato confermato anche nell'annata calda del 2003, a dimostrazione che questo primo stadio fenologico sottostà ad un complesso di fenomeni di cui la temperatura esterna ne compone solo una parte.

- **Un anticipo della data di fioritura** che ha portato ad un netto accorciamento del primo intervallo del ciclo annuale senza distinzione tra varietà precoci e tardive. La data di fioritura si presenta quindi come vero e proprio *ensore* dell'andamento stagionale potendo muoversi in avanti o indietro in relazione allo stretto legame esistente con le temperature massime. Questo è stato confermato dall'analisi dell'annata 2003 dove gli eccezionali livelli termici hanno ulteriormente anticipato questo stadio.

- **La data di invaiatura** è risultata sempre perfettamente legata a quella di fioritura facendo segnare una lunghezza dell'intervallo fioritura-invaiaitura praticamente imm modificabile; è interessante notare che neanche le condizioni termiche registrate nel 2003 hanno modificato questa lunghezza.

- **La data di maturazione** ha risentito oltre che dell'anticipo di fioritura anche dell'accorciamento dell'intervallo invaiatura-raccolta. Questa data è stata

ulteriormente anticipata nel 2003. Resta quindi, confermata l'importanza del livello termico primaverile per il determinismo della maturazione.

- **Un accorciamento del ciclo fenologico generale**, dal germogliamento alla fioritura, quale conseguenza di una netta diminuzione del periodo germogliamento-fioritura, una costanza dei periodi fioritura-invaiaitura e una diminuzione dell'intervallo invaiatura-maturazione. L'annata 2003 è ovviamente quella con la maggiore accelerazione della stagione di crescita.

- Infine è da ricordare che le **varietà precoci e tardive** hanno reagito praticamente allo stesso modo.

Un'altra constatazione che emerge dall'analisi dei dati e conseguente all'anticipo di maturazione, è **l'allungamento della fase che precede il riposo invernale**. Nella realtà di Conegliano la vite ha quindi a disposizione circa 15 giorni in più per l'accumulo delle sostanze di riserva, per un completamento dell'attività fogliare e di una certa ripresa dell'attività fotosintetica post vendemmia. Tutto questo con positivi effetti sulla ripresa vegetativa della stagione successiva.

Ricerche storiche e modelli di simulazione indicano che le alte temperature che si sono registrate in questi ultimi anni in Europa, si sono già verificate ad esclusione dell'evento assolutamente anomalo occorso nell'estate del 2003. Le alte temperature osservate per esempio negli anni novanta si sono molto probabilmente registrate altre volte dal 1370, non senza effetti sulla fenologia delle vite (Chuine et al. 2004). Storicamente, il clima è sempre stato l'elemento determinante per stabilire le potenzialità viticole di una data regione, oggi però la tecnica ci permette un certo margine d'azione, ad esempio con l'uso di varietà e cloni diversi come sta già accadendo in Austria (Eisenstadt) e Germania (Geisenheim) dove c'è un spostamento della produzione dai bianchi ai rossi (Stock et al. 2005). Ciò non significa che dobbiamo però scordare l'attitudine enologica delle varietà locali, in quanto anche le scelte nella conduzione degli impianti (vedi piani irrigui, gestione della chioma, etc.) possono essere di valido supporto per adattare la coltivazione della vite al cambiamento del clima. Ad ogni modo, l'annata 2003 ci ha insegnato che le aree e le varietà utilizzate, almeno nella nostra regione, possono adattarsi anche ad un innalzamento termico stagionale come quello registrato, l'annata 2003 è infatti da molti ricordata come una ottima annata, soprattutto da chi ha potuto disporre di una sufficiente quantità di acqua.

## **Bibliografia**

Baggiolini, M., 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique, Rev. Romande d'Agriculture de Viticulture et d'Arboriculture, 8, 4-6.

Bai J., Perron P., 2003. Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models, Journal of Applied Econometrics, 18, 1-22.

Bartolini G., Morabito M., Crisci A., Grifoni D., Torrigiani T., Petralli M., Maracchi G., Orlandini S., 2008. Recent trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes. Int. J. Climatol., 13: 1751-1760.

Brunetti M., Maugeri M., Nanni T., Navarra A.. 2002. Droughts and extreme events in regional daily Italian precipitation series. Int. J. Climatol. 22:543-558.



Chu C.-S. J., Stinchcombe M., and White H., 1996. Monitoring structural change. *Econometrica*, 64 (5):1045–1065.

Chuine I, Yiou P, Viovy N, Seguin B, Daux V e E Le Roy Ladurie, 2004. Grape Ripening as a Past Climate Indicator. *Nature* 432: 289-290.

Del Río S., Fraile R., Herrero L., Penas A., 2007. Analysis of recent trends in mean maximum and minimum temperatures in a region of the NW of Spain (Castilla y León). *Theor. Appl. Climatol.* 90, 1-12

Easterling DR., Meehl GA., Parmensan C., Chagnon SA., Karl T., Mearns LO., 2000. Climate extremes: observation, modelling and impacts. *Science* 289:2068–2074

Jones GV., Duchene E., Tomasi D., Yuste J., Braslavska O., Schultz S., Martinez C., Boso S., Langellier F., Perruchot C., Guimberteau G., 2005. Changes in European winegrape phenology and relationships with climate'. Proceedings for the XIVth GESCO Viticulture Congress. Vol. 1, pp. 55-61. H.R. Schulz el al. (eds). Geisenheim, Germany. 23-27 August.

Jones GV, 2006. Climate change and wine: Obsevation, impacts and future implications. *Wine Industry Journal* 21:21-26.

Kenny GJ e PA Harrison, 1992. The effects of climate variability and its effects on grape suitability in Europe. *Journal of Wine Research* 3: 163-183.

Klein Tank AMG, Konnen GP., 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-1999. *J Clim* 16: 3665–3680.

Mariani L., 2006. Alcuni metodi per l'analisi delle serie storiche in agrometeorologia. *Rivista Italiana di Agrometeorologia* 48 – 56 (2).

Ramos M. C., Jones G.V., Martinez-CasasnovasJ.A., 2008. Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain. *Inter-Research* 38:1-15.

Rochard J., Clement JR., Srdiyeri A., 2006. The evolution of grape harvest dates in relation to climate change. In: Sixth International Cool Climate Symposium for Viticulture and Oenology, Christchurch, New Zeland p. 178.

Seguin B. and Garcia de Cortazar I., 2005. Climate Warming: Consequences for Viticulture and the Notion of 'Terroirs' in Europe. Proc. VIIth IS on Grapevine Ed. L.E. Williams Acta Hort. 689, ISHS.

Stock, M., Gerstengarbe, F.W., Kartschall, T. and Werner, P.C., 2005. Reliability of climate change impact assessments for viticulture. *Acta Hort.* (ISHS) 689:29-40.

Zeileis A., Leisch F., Hansen B., Hornik K., Kleiber C., 2009. Testing, Monitoring and Dating Structural Changes'. Achim Zeileis [Achim.Zeileis@R-project.org](mailto:Achim.Zeileis@R-project.org)