

# I MODELLI FENOCLIMATICI: APPROCCI INNOVATIVI E METODOLOGIE OPERATIVE IN SICILIA

A. Drago<sup>1</sup>, G. Fontana<sup>1</sup>, G. Dimino<sup>1</sup>, L. Pasotti<sup>1</sup>, A. Motisi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Regione Siciliana, Assessorato Agricoltura e Foreste, Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS), Palermo

<sup>2</sup> Università degli Studi, Dipartimento di Colture Arboree, Palermo

## Abstract

I modelli fenoclimatici, funzioni matematiche che legano la risposta fenologica della pianta all'andamento stagionale della temperatura dell'aria, permettono di simulare e prevedere il manifestarsi delle diverse fasi del ciclo bio-agronomico, tra cui quelle importanti di fioritura e maturazione. In letteratura sono oggi disponibili numerosi modelli, più o meno recenti e "robusti". Il presente lavoro analizza i principali modelli utilizzati in agrometeorologia, focalizzando l'attenzione sui principali approcci oggi disponibili, che meglio possono rappresentare la particolarità del territorio siciliano, e proponendo alcuni esempi operativi, anche attraverso l'impiego di tecniche GIS.

## Introduzione

La frutticoltura rappresenta per la Sicilia un importante comparto produttivo che può fare leva sulla vocazione produttiva di ampie aree del territorio regionale e sulla ricchezza del patrimonio varietale autoctono che insieme hanno determinato lo sviluppo di poli di eccellenza, caratterizzati da una forte specializzazione: polo delle pesche, dell'uva da tavola, del ficodindia. Di contro i livelli termici disponibili nel diversificato territorio dell'Isola possono costituire un fattore limitante per la produzione di molte specie arboree, a seguito della forte variabilità della distribuzione spaziale e temporale degli elementi meteorologici, temperatura *in primis*.

Il riscaldamento globale previsto dagli scenari di cambiamento climatico potrebbe inoltre avere conseguenze negative significative sul soddisfacimento del fabbisogno in freddo.

Dalle anzidette considerazioni nasce quindi l'esigenza di individuare, tra i modelli fenoclimatici oggi disponibili, quelli in grado di interpretare al meglio la dinamica e la distribuzione territoriale dei livelli termici in Sicilia.

## Materiali e metodi

Durante il periodo autunno-vernino, le unità biometriche più importanti sono le unità di freddo: per superare lo stato di dormienza invernale è necessaria infatti una certa esposizione alle basse temperature che è una costante genetica ed è poco influenzabile da altri fattori ambientali o colturali. Tra i modelli fenoclimatici, per il superamento della endo-dormienza sono qui stati considerati il modello Utah e quello "dinamico" di Fishman et al. (1987).

Il modello Utah è quello che ha trovato maggiore applicazione e per alcune specie (es. pesco) si è rivelato idoneo in situazioni colturali geografiche diverse.

Il modello "dinamico" assume che il completamento dell'uscita dalla dormienza dipende dal livello di uno specifico fattore di promozione, accumulato nelle gemme in due fasi. La prima fase è rappresentata da un processo reversibile di formazione e distruzione di un labile precursore termico. Quando si raggiunge la porzione critica di tale precursore, questo passa irreversibilmente alla seconda fase, ad una porzione di fattore stabile.

Secondo questo modello l'effetto negativo di temperature moderate o alte sulla uscita dalla dormienza non è costante ma dipende dalla successione nel tempo di basse ed alte temperature. A seconda della durata del periodo di alta temperatura è così possibile osservare un effetto negativo, nullo o addirittura positivo. Il modello dinamico è stato validato in numerosi ambienti a clima temperato-caldo o subtropicale nei quali è stata dimostrata una migliore rispondenza rispetto al modello Utah; esso tuttavia non è ancora considerato definitivamente applicabile in quanto l'ipotesi fisiologica su cui si basa non è pienamente dimostrata.

I due modelli sono stati utilizzati per calcolare le unità in freddo, dal 2003 al 2009, in diverse stazioni della rete di stazioni agrometeorologiche del SIAS.

Le successive fasi fenologiche, fino alla maturazione, sono condizionate dalle "unità di caldo". L'effetto della temperatura viene in genere calcolato attraverso sommatorie termiche ed il valore in corrispondenza del quale si verifica il germogliamento o la fioritura è indicato con il termine di fabbisogno in caldo. I modelli che fanno riferimento alle sommatorie termiche considerano sempre una soglia minima di sviluppo, mentre solo in alcuni casi viene considerata anche una soglia massima, con possibilità di annullare l'accumulo marginale, o anche di decurtare l'accumulo, qualora si superi tale soglia.

Negli ultimi anni tuttavia, si stanno sempre più affermando le applicazioni che considerano, sembra più correttamente dal punto di vista del rapporto fra fisiologia e ambiente termico, l'evoluzione oraria della temperatura e quindi i cosiddetti modelli gradi-ora (GDH). In tale direzione, in particolare, negli ultimissimi anni si tende a privilegiare ancora più correttamente i modelli che prevedono il calcolo di Unità di Sviluppo, o Development Units (DU). In questo caso, il presupposto di base è quello di considerare il valore dell'unità di sviluppo variabile tra 0 e 1, in funzione di valori termici più o meno distanti, ovvero all'interno, dei *range* di valori ottimali per ciascuna specie (DU pari 1) o sub-ottimali (DU inferiori a 1, fino a zero).

A seguito di tali considerazioni e dopo attente analisi per una particolare elaborazione sugli agrumi si è scelto di

utilizzare il metodo Development Units, utilizzando diversi dataset meteorologici e agrofologici disponibili per numerosi siti del territorio regionale e calcolando le DU con un modello di tipo “Bell-shaped”, caratterizzato dai seguenti parametri: soglia minima 12,8 °C, range ottimale 24-30 °C, soglia critica superiore 37 °C. In tabella 1 sono presentate le DU necessarie per l'avvio della maturazione per alcune cultivar di agrumi.

Una fase fondamentale di questi studi applicativi ha poi riguardato la rappresentazione cartografica degli accumuli di DU. Si è scelta in tal caso una procedura articolata ma metodologicamente robusta, che prevede l'elaborazione in ambiente GIS e con criteri topoclimatici delle carte di base per ciascuna variabile meteorologica (temperatura massima, minima, ecc.) e successivamente l'impiego delle carte di base per il calcolo dell'indice considerato.

In tal caso, particolarmente impegnativa e interessante è stata la messa a punto di un processo che consentisse di conservare l'evidente “dinamismo” delle elaborazioni di cui trattiamo, nell'ambiente GIS, tipicamente orientato a rappresentare la variabilità spaziale dei fenomeni, piuttosto che quella temporale. La soluzione adottata, che consiste concettualmente nella produzione di carte che “fotografano” la situazione termica oraria territoriale, è basata sulla segmentazione della dinamica giornaliera, ma attraverso delle semplificazioni in fasce triorarie su base mensile, che permettono un notevole miglioramento degli aspetti computazionali delle elaborazioni GIS.

Tab.1 – Unità di sviluppo (DU) necessarie per l'avvio della maturazione di alcune cultivar di agrumi.

SPECIE/IBRIDO	CULTIVAR	DU
Satsuma	Varie	3000
Mandarino	Marisol	3200
Mandarino	Bellezza	3300
Clementine	Comune	3400
Arancio	Navelina ISA 315	3500
Arancio	Navelina Comune	3600
Arancio	Washington Navel	3800
Mandarino	Avana	3800
Arancio	Tarocco	3850
Mandarino	Tardivo di Ciaculli	3900
Arancio	Ovale	4100
Arancio	Valencia	4200
Limone	Femminello/Verdelli	2000
Limone	Femminello/Primofiore	3000
Limone	Femminello/Invernali	3700
Limone	Femminello/Bianchetti	4000

## Risultati

I risultati del calcolo delle unità in freddo, hanno mostrato che entrambi i modelli, Utah e dinamico, riescono a cogliere bene la diversificazione dei livelli termici presenti nelle stazioni meteorologiche considerate. Inoltre hanno bene evidenziato la particolare situazione termica del 2003 e del 2007, in cui le temperature miti invernali hanno provocato un mancato soddisfacimento del fabbisogno in freddo di alcune specie, con ripercussioni negativi sulla produzione.

Per quanto riguarda il fabbisogno in caldo, in tabella 1 si riportano i valori di DU calcolati per diverse cultivar di agrumi. Per le relative applicazioni cartografiche, gli

accumuli di DU sull'intero territorio regionale sono stati calcolati dal primo gennaio a tre date convenzionali (20 ottobre, 20 novembre e 20 dicembre).

L'analisi delle diverse mappe permette di discriminare bene, con un dettaglio alla toposcala, le aree in cui si raggiungono gli accumuli necessari alle singole varietà.

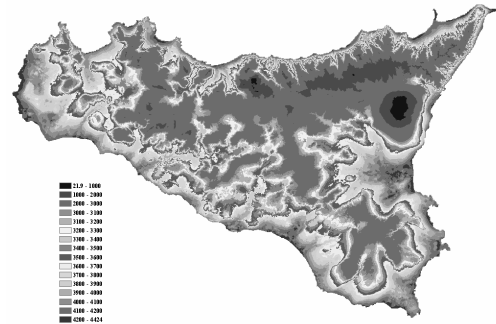


Fig.1 – Accumulo di DU al 20 dicembre.

## Conclusioni

I modelli fenoclimatici presi in esame sono risultati in grado di interpretare bene la dinamica e la distribuzione temporale e territoriale dei livelli termici in Sicilia, sia per il fabbisogno in freddo che per le unità di sviluppo.

L'approccio cartografico seguito consente inoltre una dettagliata descrizione del territorio, permettendo la realizzazione di mappe alla toposcala di grande utilità, sia dal punto di vista climatologico, che agrometeorologico. Nel primo caso, guardando ai ben noti concetti di vocazionalità territoriale, nel secondo caso, ad esempio, per conoscere con un certo anticipo l'evoluzione del processo di maturazione dei frutti durante la singola annata agraria, permettendo di organizzare meglio e tempestivamente le fasi raccolta e commercializzazione del prodotto.

## Bibliografia

- Ashcroft G.E., Richardson E.A., Seeley S.D., 1977. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 76: 682-692
- Lombard P., Richardson E.A., 1979. Physical principles involved in controlling phenological development, p. 429-440. In: B.J.Barfield and J.F. Gerber (eds.). *Modifications of the aerial environment on plants. Amer. Soc. Agr. Eng. Monograph No. 2, St. Joseph, Mich*
- Richardson E.A., Seeley S.D., Walker D.R., 1974. A model for estimating the completion of rest for “Redhaven” and “Elberta” peach trees. *HortScience* 9(4)
- Young E., Werner D.J., 1985. Chill unit and growing degree hour requirements for vegetative budbreak in six apple rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 411-413
- Andersen, T.B. 1992. A simulation study in dynamic “Utah”-models. *Acta Horticulturae*, 313:315-324.
- Anderson, J.L., E.A. Richardson, C.D. Kesner. 1986. Validation of chill unit and flower bud phenology models for ‘Montmorency’ sour cherry. *Acta Horticulturae*, 184:71-75.
- Hanninen, H. 1990. Modelling bud dormancy release in trees from cool and temperate regions. *Acta Forestalia Fennica no. 213.*
- Ebert A., Bender R.J., Braga h.J., Petri J.L., 1987. First experiences with chill-unit models in southern Brazil. *Acta Hort.* 184: 79-86.
- Fishman, S., A. Erez, G.A. Couvillon. 1987. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: computer simulation of processes studied under controlled temperatures. *J. Theor. Biol.*, 126:309-321.
- Erez, A., S. Fishman, Z. Gat, G.A. Couvillon. 1988. Evaluation of winter climate for breaking bud rest using the dynamic model. *Acta Horticulturae*, 232:76-89.