

## MODELLI E CARTE FENOLOGICHE NAZIONALI: VALIDAZIONE DEL MODELLO FENOLOGICO DEL SAMBUCO

Roberta Alilla\*, Chiara Epifani, Giovanni Dal Monte

CRA-CMA– Unità di ricerca per la climatologia e la meteorologia applicate all'agricoltura, via del Caravita, 7/A, Roma  
\*roberta.alilla@entecra.it

### Riassunto

Nell'ambito del progetto Agrosценari, è stato realizzato un ambiente di analisi e previsione fenologica multi-modello per la produzione di carte fenologiche a livello nazionale. Il sistema, inserito nel Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN) del MiPAAF, al momento produce carte fenologiche di analisi e previsione per 8 tipi di colture (mais precoce e tardivo, girasole, soia, barbabietola da zucchero, orzo, frumento duro e tenero) e per il sambuco, come specie guida. Nelle carte fenologiche di analisi si utilizzano come input dati meteorologici stimati, tramite Analisi Oggettiva, ai nodi di una griglia di 10 km di lato, a partire dai dati rilevati dalle reti RAN e AM, mentre le carte previsionali fino al sesto giorno successivo alla data di elaborazione si basano sui dati meteorologici previsti dal modello DALAM3; le carte di previsione per i giorni successivi, fino al termine della stagione vegetativa, utilizzano come input i dati climatici spazializzati sulla medesima griglia. Vengono presentati gli esiti dei test di validazione effettuati confrontando i dati del modello del sambuco, (realizzato nell'ambito del progetto IPHEN) con i dati osservati presenti nella sezione FENOLOGIA della Banca Dati Agrometeorologica Nazionale, al fine di stimare il grado di accuratezza e robustezza del modello impiegato.

**Parole chiave:** fenologia, modelli, ore normali di caldo, sambuco, giardini fenologici.

### Introduzione

Il sambuco (*Sambucus nigra* L.) figura tra le specie dei Giardini Fenologici Internazionali (IPG) e dei Giardini Fenologici Italiani (GF). La specie è largamente diffusa sul territorio italiano e il suo ritmo fenologico può essere correlato a quello di altre specie spontanee e coltivate, quali il mais ad esempio (Chiesura Lorenzoni, 2002). Per tali ragioni il sambuco è monitorato anche nell'ambito del progetto IPHEN, tramite un modello appositamente sviluppato. Nell'ambito del progetto Agrosценari, è stato realizzato, all'interno del SIAN, un ambiente di analisi e previsione fenologica multi-modello per la produzione di carte fenologiche a livello nazionale. In questa sede vengono presentati, per il modello fenologico IPHEN per il sambuco implementato nel SIAN, gli esiti dei test di validazione, effettuati confrontando i dati prodotti dal modello con i dati osservativi presenti nella sezione FENOLOGIA della Banca Dati Agrometeorologica Nazionale, al fine di stimare il grado di accuratezza e robustezza del modello impiegato.

### Materiali e Metodi

Nel SIAN sono operativi modelli fenologici relativi a: mais precoce e tardivo, girasole, soia, barbabietola da zucchero, orzo, frumento duro e tenero. Nell'ambito del Progetto Agrosценari, è stato introdotto nel SIAN il modello fenologico del sambuco, sviluppato per il progetto IPHEN dal Dipartimento di Produzioni Vegetali dell'Università di Milano (Mariani *et al.*, 2012). I modelli utilizzano come input le temperature massime e minime giornaliere stimate con metodi di Analisi Oggettiva (Libertà e Girolamo, 1991), attualmente su griglia di 10 km di lato.

Il modello del sambuco opera accumulando le ore normali di caldo (Normal Heat Hours-NHH), seguendo la curva beta di (Wang and Engel, 1998) e calcola, secondo la scala BBCH (Meier, 2001), la fase di sviluppo raggiunta dalla pianta.

I dati fenologici utilizzati per la validazione del modello pro-

vengono dai GF di San Pietro Capofiume, Molinella (BO) e di Sant'Apollinare, Marsciano (PG), appartenenti alla Rete dei Giardini Fenologici Italiani. I rilievi considerati sono stati eseguiti settimanalmente nel periodo 1999-2011. Gli esemplari di sambuco presenti in detti GF sono cloni tra loro, tutti provenienti dalla propagazione delle piante di S. Pietro Capofiume, giardino che è stato avviato nel 1983 ed iscritto come primo, tra quelli italiani, nella rete IPG.

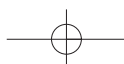
Per il confronto sono stati presi in esame gli output del modello relativi ai nodi della griglia di Analisi Oggettiva più vicini ai siti di rilievo fenologico. L'analisi si è concentrata sulle date di fioritura del sambuco e precisamente ha preso in esame le date di rilievo delle fasi BBCH 61 (inizio fioritura: 10% dei fiori aperti), BBCH 65 (piena fioritura: almeno 50% dei fiori aperti, primi petali caduti) e BBCH 67 (inizio sfioritura: fiori per lo più appassiti).

Gli indici di accuratezza considerati sono il Mean Absolute Error (MAE: ottimo=0); il Root Mean Square Error (RMSE: minimo e ottimo = 0); e il Coefficient of Residual Mass (CRM: ottimo = 0) (Loague and Green, 1991).

### Risultati e Discussione

I grafici di Fig.1 rappresentano i confronti tra le date di fioritura osservate e simulate in entrambi i GF per la fase 61 (in alto), 65 (al centro) e 67 (in basso). L'analisi rivela un accordo maggiore tra date osservate e simulate nel GF di S. Apollinare rispetto a quello di S. Pietro C. Tranne che per i dati di fioritura del 2004, particolarmente posticipata a S. Apollinare sia rispetto alla simulazione che all'andamento medio del periodo in quel sito, i rilevamenti effettuati nel GF di S. Pietro C. presentano una variabilità interannuale maggiore e non adeguatamente rappresentata dalla simulazione.

I boxplot di Fig.2 evidenziano che, per entrambi i GF, la fase 61 è stata rilevata con una maggiore variabilità interannuale rispetto alle fasi successive e con marcata asimmetria. L'asimmetria permane in S. Pietro C. anche per le



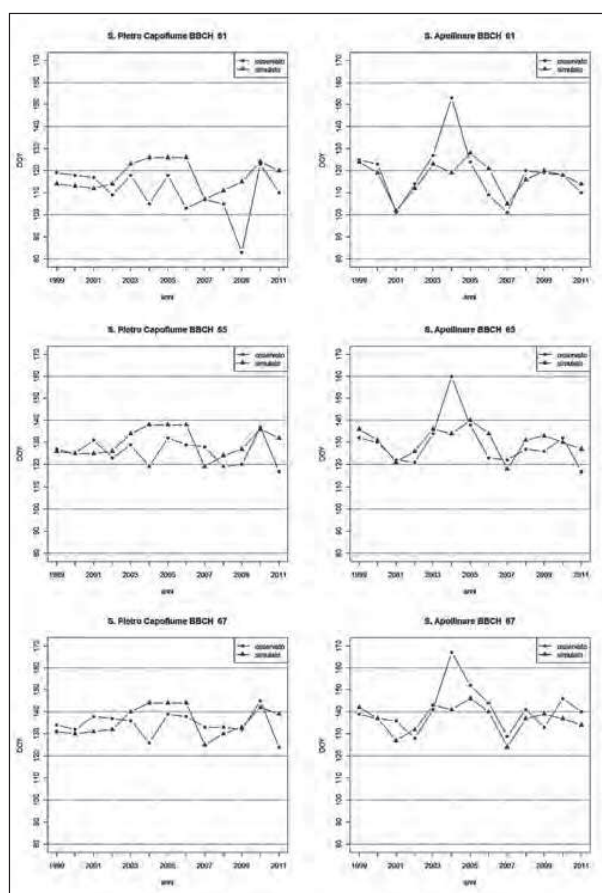


Fig. 1 - Confronto tra l'andamento delle date di rilievo in campo delle fasi di fioritura (BBCH 61, 65, 67) nei due GF e le date simulate dal modello fenologico per il periodo 1999-2011.

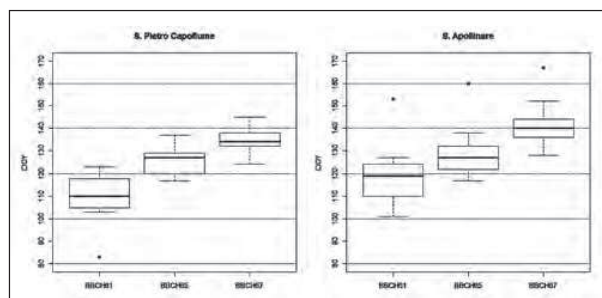


Fig. 2 - Boxplot delle date di rilevamento delle fasi BBCH 61, 65, 67 di entrambi i GF.

fasi 65 e 67, mentre le date di rilevamento delle stesse fasi in S. Apollinare hanno una distribuzione più simmetrica. Nei 13 anni analizzati, il valore mediano della fase 61 si è osservato a S. Pietro Capofiume il 20 Aprile (DOY=110) e con circa 20 giorni di ritardo in S. Apollinare (DOY=119), mentre la mediana della fase 65 risulta la stessa per entrambi i GF (DOY=127), e la fase 67 infine torna ad essere osservata con un ritardo di 6 giorni in S. Apollinare (DOY-mediana=134 e 140). Dai grafici si osserva inoltre la presenza di alcuni dati anomali, come il precoce inizio della

Tab. 1 - Valori degli indici di accuratezza calcolati per ciascuna fase ( $n$  = numero di confronti).

	S. Pietro Capofiume			S. Apollinare		
	61	65	67	61	65	67
fasi	61	65	67	61	65	67
$n$	12	13	13	12	12	12
MAE [g]	7.8	6.6	6.1	3.4	4.4	4.8
RMSE	10.4	8.5	7.8	4.5	5.5	5.4
CRM	-0.13	-0.03	-0.01	-0.01	-0.03	0.02

fioritura presso S. Pietro Capofiume nel 2009 (DOY=83), e il ritardo con cui sono state osservate le tre fasi nel 2004 (rispettivamente DOY= 153, 160 e 167) a S. Apollinare. L'analisi eseguita autorizza a eliminare nel corso della successiva validazione questi ultimi dati, essendo risultati fuori scala (outlier). Nella Tab.1 sono presentati gli esiti dei test di validazione effettuati mediante l'uso di tre differenti indici di accuratezza: il MAE, l'RMSE e il CRM. I primi due indici confermano quanto evidenziato dai grafici e cioè che il modello di simulazione rappresenta meglio l'andamento fenologico rilevato in S. Apollinare, in cui valori di MAE per le tre fasi sono inferiori a 5 giorni, quindi al di sotto dell'intervallo temporale di rilievo. In S. Pietro C. i valori di MAE sono superiori, in media pari a 6.8 [g] e indicano un minor accordo tra dato osservato e simulato, probabilmente legato alla maggiore variabilità interannuale riscontrata. I valori di CRM prossimi allo zero (valore ottimale) indicano una sovrastima (in quanto negativi in 5 casi su 6) da parte del modello dei dati rilevati in campo e quindi un ritardo.

Le analisi esposte sono da considerarsi preliminari, in quanto si basano su un numero limitato di siti di monitoraggio e le serie storiche analizzate sono piuttosto brevi (13 anni). Si intende a tale proposito proseguire l'analisi aggiungendo i siti di rilievo del sambuco della rete IPHEN e possibilmente estenderla a serie più lunghe.

## Bibliografia

- Chiesura Lorenzoni F., 2002. Specie guida fenologicamente predittive del comportamento delle colture. In: Atti del convegno: Phenagri - Fenologia per l'agricoltura, 143-155.
- Libertà A., Girolamo A., 1991. Geostatistical analysis of the average temperature fields in North Italy in the period 1961 to 1985. Séminaire CFSG sur la Géostatistique, June 1989. Science de la Terre Sér. Inf. Nancy, 1-36.
- Loague K.M., Green R.E., 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. J. Contam. Hydrol. 7, 51-73.
- Mariani L., Alilla R., Cola G., Dal Monte G., Epifani C., Puppi G., Failla O., 2012. IPHEN - a real time network for phenological monitoring and modelling in Italy. (sottoposto alla rivista International Journal of Biometeorology).
- Meier U., 2001. Growth stages of mono - and dicotyledonous plants. BBCH. Monograph, 517 2d Edition. Federal Biological Research Centre of Agriculture, Germany.
- Wang E., Engel T., 1998. Simulation of phenological development of weath crops. Agricultural systems 58 (1): 1-24.