

ANTIDOTE – FRAMEWORK FOR MONITORING DETECTION AND FORECASTING FOR XYLELLA

MODELLO_FENOLOGICO_OLEA_EUROPAEA.XLSX

**FOGLIO DI CALCOLO
PER LA SIMULAZIONE DELLA FENOLOGIA DELL'ULIVO**

MANUALE D'USO

Sommario

Introduzione	3
Eventi fenologici simulati	3
Come usare il foglio di calcolo	4
APPENDICE I - Informazioni utili per l'implementazione del modello fenologico in ambiente di calcolo numerico diverso da Excel.....	5

Introduzione

La seguente documentazione illustra come utilizzare il foglio di calcolo *Modello_Fenologico_Olea_europaea.xlsx* per ottenere delle simulazioni su alcuni eventi fenologici della pianta di olivo a partire da uno specifico andamento delle temperature giornaliere. Lo scopo generale del foglio di calcolo qui presentato è quello di permettere a utenti non esperti di fenologia, analisi dati e/o modellistica, di avere un tool semplice per effettuare delle simulazioni fenologiche in maniera del tutto autonoma. Tuttavia, per i lettori interessati, si riportano in **Appendice I** la metodologia e le equazioni per poter riprodurre il modello in un ambiente di calcolo numerico diverso da excel (e.g. R, Python, Matlab, fogli Google etc.).

Il modello fenologico per l'*Olea europaea* è un modello calibrato a livello di specie da dati provenienti da diversi siti sperimentali dislocati sulla penisola italiana, quindi non ascrivibile a nessuna varietà colturale (*cultivar*), e funzionale alla riproduzione della fenologia delle piante di olivo unicamente nella penisola italiana. Tale livello di generalizzazione consente il vantaggio di avere un modello utilizzabile in diversi siti e per diverse cultivar ma implica inevitabilmente che le possibili divergenze nei tempi di sviluppo fenologico tra diverse cultivar non siano identificate dal modello. Al contrario, le divergenze nei tempi di sviluppo saranno facilmente identificate da simulazioni con diverso input di temperature (ad esempio perché provenienti da siti o anni solari differenti). In generale il modello ha un errore medio di circa 7 giorni.

Come illustrato successivamente in dettaglio, la simulazione della fenologia tramite foglio di calcolo richiede solamente due input: 1) la data del risveglio vegetativo della pianta, determinato dall'evento di risveglio delle gemme ascellari inferiori al 5%. Tale evento avviene solitamente in concomitanza o appena dopo il risveglio delle gemme apicali; 2) Il vettore delle temperature medie giornaliere a partire dal giorno del risveglio vegetativo ottenute dalla stazione meteorologica più vicina al sito di interesse. Inserendo opportunamente questi input come illustrato nel paragrafo *Come utilizzare il foglio di calcolo* sarà possibile vedere se l'evento di inizio fioritura, indurimento del nocciolo e maturazione sia già avvenuto (in tal caso verrà fornita la data). In alternativa verrà visualizzata la percentuale di completamento dell'evento.

Eventi fenologici simulati

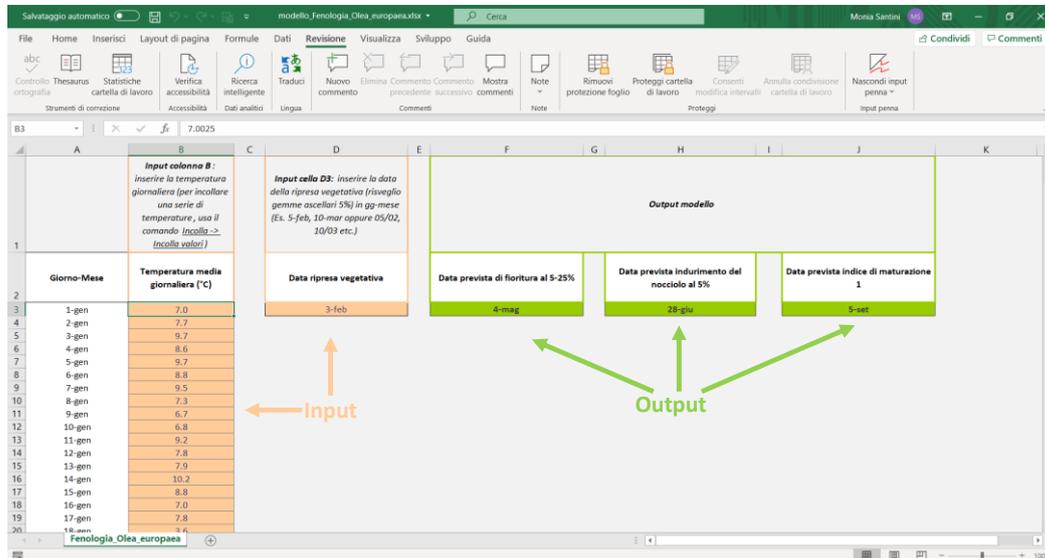
La Tabella 1 riassume gli eventi che definiscono le fasi fenologiche (fenofasi) simulate dal foglio di calcolo *Modello_Fenologico_olea_europaea.xlsx*. In particolare, il foglio di calcolo restituirà come output la data in cui si manifesteranno gli *eventi finali* di Tabella 1, oppure, nel caso in cui gli eventi finali non siano ancora raggiunti, la percentuale di completamento delle fenofasi.

Tabella 1 - Fenofasi simulate dal modello *Olea europaea*;

Evento di partenza	Evento finale
Risveglio gemme ascellari <5%	Fioritura 5-25%
Risveglio gemme ascellari <5%	Indurimento nocciolo <5%
Fioritura 5-25%	Indice di maturazione 1

Come usare il foglio di calcolo

Gli input richiesti dal foglio di calcolo *Modello_Fenologico_olea_europaea.xlsx* vanno inserite nelle opportune **celle di Input** evidenziate dal foglio di calcolo tramite sfondo rosa-pompelmo, mentre i risultati del modello sono stampati all'interno delle **celle di output** evidenziate tramite sfondo verde (Figura 1).



Per lo svolgimento delle simulazioni l'utente deve unicamente inserire due input:

1) la data del risveglio vegetativo della pianta, determinato dall'evento di risveglio delle gemme ascellari inferiori al 5%. Tale input deve essere inserito manualmente nella **cella di input D3** nella forma *dd-mm* oppure *dd/mm* (Figura 1). Se non si conosce la data esatta del risveglio vegetativo suggeriamo di fare diverse simulazioni ipotizzando date scalari di ripresa vegetativa, ad esempio cadenzate con frequenza settimanale nei primi tre mesi dell'anno, per avere un'idea dell'effetto finale sulla data dell'evento fenologico simulato.

2) Il vettore delle temperature medie giornaliere a partire dal 1° Gennaio dell'anno di interesse o, al limite, dal giorno del risveglio vegetativo ottenute dalla stazione meteorologica più vicina al sito di interesse. I valori di temperatura vanno inseriti nella **colonna di input B** nel range di celle corrispondenti alle date (colonna A) di cui si dispone il dato.

Se ad esempio si dispone delle temperature medie giornaliere dal 5 Gennaio al 10 Luglio, le celle di input da utilizzare per la temperatura saranno quelle nel range B7-B193.

I valori di temperatura possono essere inseriti manualmente o copiati tramite comando *Incolla* → *Incolla valori* per non perdere la formattazione delle celle. Le corrispondenze tra i valori di temperatura inseriti nella colonna B e le date riportate nella colonna A devono essere esatte, altrimenti non si avrà il funzionamento corretto del modello. Eventuali valori di temperatura mancanti (celle vuote) sono ignorate dal modello, tuttavia esse comportano un aumento dell'errore nell'output del modello. Suggeriamo di colmare eventuali lacune di temperature reperendo dati da altre stazioni meteorologiche o, nel caso in cui i valori mancanti interessino solamente uno o due giorni, applicando la media aritmetica tra il giorno precedente e quello successivo al valore mancante.

Una volta inseriti correttamente gli input richiesti è possibile vedere nelle **celle di output F3, H3, e J3** la data in cui si sono manifestati gli eventi fenologici simulati (*eventi finali* di Tabella 1) se già avvenuti o, in alternativa, la percentuale di completamento.

APPENDICE I - Informazioni utili per l'implementazione del modello fenologico in ambiente di calcolo numerico diverso da Excel

Le Funzioni Tasso Di Sviluppo (equazioni del modello)

Il tasso di sviluppo di una data fenofase può essere espresso, con ragionevole approssimazione, da una funzione lineare della temperatura (Chuine, 2000):

$$DR[T] = a + bT \quad (1)$$

dove

- DR [giorni⁻¹] è il tasso di sviluppo di una determinata fenofase, ovvero il reciproco della durata della fenofase;
- T [°C] è la temperatura media dell'aria sperimentata durante la fenofase;
- a [giorni⁻¹] e b [°C⁻¹ giorni⁻¹] sono rispettivamente l'intercetta e la pendenza della funzione lineare.

L'intersezione della funzione lineare con l'asse delle ascisse fornisce il valore della *Temperatura Base* T_0 [°C] (Slafer and Savin, 1991), ovvero la temperatura critica al di sotto della quale il tasso di sviluppo è supposto nullo (poiché i tassi di sviluppo assumerebbero valori negativi):

$$T_0 = -a/b \quad (2)$$

La disponibilità di osservazioni fenologiche, ovvero di dati sulla durata temporale di una specifica fenofase e la temperatura media dell'aria sperimentata durante tale fenofase, permette di verificare se i tassi di sviluppo della fenofase sono realmente approssimabili ad una funzione lineare della temperatura e, in caso affermativo, di stimare i parametri delle Eqs. (1-2) tramite una semplice regressione lineare.

Usare le Funzioni Tassi di Sviluppo per simulare lo sviluppo fenologico della pianta

Stimati i parametri " a ", " b " e " T_0 " delle Eqs. (1-2), la previsione di uno specifico evento fenologico, ovvero il numero di giorni (S) per completare una determinata fenofase, può essere calcolata attraverso la somma dei tassi giornalieri a partire dalla data di inizio della fase fenologica fino al giorno in cui la somma dei tassi raggiunge 1:

$$\sum_{j=1}^S DR_j[T_j] = 1 \quad (3)$$

Dove T_j è la temperatura media giornaliera dell'aria [°C] del giorno j . Nel caso in cui la temperatura media giornaliera è inferiore alla Temperatura Base il tasso giornaliero assume valore nullo:

$$DR_j = a + bT_j \text{ (if } T_j > T_0 \text{)} \quad (4)$$

$$DR_j = 0 \text{ (if } T_j \leq T_0 \text{)} \quad (5)$$

Quando la somma dei tassi giornalieri raggiunge 1, la fenofase è completata (Angus et al., 1981). La procedura riassunta dalle Eqs. (3-5) può essere implementata in qualsiasi ambiente di calcolo numerico per ottenere la simulazione degli eventi riportati in Tabella 1 usando i relativi parametri a , b , e T_0 riportati in Tabella A1.

Tabella A1 - Calibrazione delle funzioni tasso di sviluppo (DRs).

Evento di partenza	evento finale	DR = a + bT		
		a	b	T ₀
risveglio gemme ascellari <5%	fioritura 5-25%	-0,0318	0,0035	9,1
risveglio gemme ascellari <5%	Indurimento nocciolo <5%	-0,0045	0,0008	5,7
fioritura 5-25%	Indice di maturazione 1	-0,0218	0,0013	16,9

Riferimenti bibliografici

Chaine, I. (2000). A unified model for budburst of trees. *Journal of theoretical biology*, 207(3), 337-347.

Angus, J. F., Mackenzie, D., Morton, R., & Schafer, C. A. (1981). Phasic development in field crops II. Thermal and photoperiodic responses of spring wheat. *Field crops research*, 4, 269-283.

Slafer, G. A., & Savin, R. (1991). Developmental base temperature in different phenological phases of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Experimental Botany*, 42(8), 1077-1082.

Contatti: Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), Divisione [Impacts on Agriculture, Forests and Ecosystem Services](#)

Dr. Arianna Di Paola: adipal82@gmail.com

Dr. Monia Santini: monia.santini@cmcc.it