

# ANALISI DELL'IMPATTO DELLA VARIABILITÀ CLIMATICA SUL FRUMENTO DURO ATTRAVERSO IL MODELLO DI SIMULAZIONE CERES-WHEAT

Carla Cesaraccio<sup>1</sup>, Pierpaolo Duce<sup>1</sup>, Marco Dettori<sup>2</sup>, Andrea Motroni<sup>3</sup>, Donatella Spano<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Istituto di Biometeorologia, CNR-IBIMET, Sassari, [cesaraccio@ibimet.cnr.it](mailto:cesaraccio@ibimet.cnr.it), [duce@ibimet.cnr.it](mailto:duce@ibimet.cnr.it)

<sup>2</sup> AGRIS Sardegna, Dip. per la Ricerca nelle Produzioni Vegetali, Cagliari, [mdettori@agrisricerca.it](mailto:mdettori@agrisricerca.it)

<sup>3</sup> ARPA Sardegna - Dipartimento Specialistico Regionale Idrometeorologico, Sassari, [amotroni@arpa.sardegna.it](mailto:amotroni@arpa.sardegna.it)

<sup>4</sup> Dipartimento di Economia e Sistemi Arborei, Università di Sassari, [spano@uniss.it](mailto:spano@uniss.it)

## Abstract

I modelli di simulazione colturali sono applicati largamente come strumento operativo per la simulazione dei processi di crescita e sviluppo delle colture agrarie in condizioni pedo-climatiche e di coltivazione differenti. In questo lavoro il modello CERES-Wheat (DSSAT 4.0.2) è stato applicato per la valutazione del potenziale impatto dei cambiamenti climatici sulla produttività del frumento duro in un'area del Mediterraneo. Sono state analizzate serie storiche trentennali di dati climatici e colturali di diverse località. I risultati mostrano correlazioni significative tra valori osservati e simulati. È stata evidenziata una graduale riduzione della produttività e un accorciamento del ciclo fenologico per scenari caratterizzati da temperature crescenti e precipitazioni decrescenti. Le ottime prestazioni ottenute indicano l'utilità e la validità del modello nell'individuazione delle diverse strategie di adattamento ai cambiamenti climatici in area mediterranea.

## Introduzione

Le future proiezioni climatiche previste nelle prossime decenni per l'area Mediterranea riportano un incremento dei valori medi della temperatura dell'aria e una riduzione della quantità totale di precipitazione annua (IPCC, 2007). I modelli colturali costituiscono uno strumento spesso utilizzato per l'analisi delle possibili risposte delle colture agrarie ai cambiamenti climatici, e per valutare quali possano essere le più appropriate azioni per mitigare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici ed elaborare possibili strategie per l'adattamento (Tubiello *et al.*, 2000; Ludwig e Asseng, 2006).

In questo lavoro, è riportato un esempio di applicazione del modello di simulazione colturale *CERES-Wheat* per l'analisi di un data-set trentennale di dati climatici e colturali del frumento duro in un'area nel sud della Sardegna, con l'obiettivo finale di determinare l'impatto della variabilità climatica sulla produzione e resa finale del frumento.

## Materiali e metodi

Il modello *CERES-Wheat* è stato calibrato applicando una procedura iterativa al fine di minimizzare le differenze tra valori osservati e valori simulati di resa, data di fioritura e peso unitario della cariosside. L'errore di stima è stato valutato per tre cultivar (Creso, Duilio e Simeto) e due siti sperimentali, attraverso il calcolo di diversi indici statistici. Inoltre, sono stati utilizzati un totale di 48 scenari climatici, calcolati, per la temperatura dell'aria e le precipitazioni, come variazioni assolute o percentuali dei valori medi registrati nelle serie storiche (1973-2004). In particolare, per la temperatura sono stati elaborati scenari incrementali (da 1°C a 6°C), mentre per le precipitazioni decrementi percentuali (dal 5% al 30%). Per ciascun sito e per ciascuna varietà sono stati determinati gli effetti degli scenari climatici applicati sulla resa finale, sulla data di fioritura e sul peso unitario della cariosside.

## Risultati

L'analisi dei risultati ha evidenziato una buona capacità del modello di previsione dei valori osservati, sia nella fase di calibrazione sia in quella di validazione (Tabella 1). L'analisi di regressione ha evidenziato valori dei coefficienti di correlazione ( $r$ ) altamente significativi sia per la data di fioritura sia per la resa. I valori negativi ottenuti nel calcolo del *Coefficient of Residual Mass* (CRM) indicano che il modello ha una leggera tendenza a sovrastimare i valori reali. I valori positivi del *modeling Efficiency Index* (EF) danno una chiara indicazione di come il modello utilizzato sia un predittore superiore alla media dei valori misurati, specialmente per la data di fioritura. Inoltre, i valori contenuti di *Root Mean Square Error* (RMSE) indicano un basso livello nell'errore sistematico e una buona prestazione del modello stesso (Tabella 1).

Per quanto riguarda gli effetti degli scenari climatici futuri, la risposta alle variazioni incrementali nei valori della temperatura ha mostrato una graduale riduzione della resa finale, per tutti i siti e le varietà in osservazione. La varietà Simeto ha mostrato di essere particolarmente sensibile, mostrando i maggiori livelli di decremento nella resa per scenari caratterizzati da temperature progressivamente crescenti e condizioni sempre più siccitose (scenari combinati) (Figura 1). Per quanto riguarda le altre varietà, la riduzione di resa ha variato, negli scenari combinati, da un minimo di -2.2% fino a un massimo di -38.3% rispetto al valore medio osservato (Tabella 2).

L'analisi ha poi riguardato gli effetti possibili dei cambiamenti climatici sulla lunghezza del ciclo vegetativo e riproduttivo. In generale, l'incremento delle temperature determina una contrazione del ciclo di produzione. Come ci si aspettava, la riduzione delle precipitazioni non ha un effetto significativo nel modificare il calendario delle date della fase di fioritura dato che il modello *CERES-Wheat* calcola il tasso di sviluppo come funzione della temperatura dell'aria (Figura 2). Le simulazioni hanno

mostrato un anticipo della data di fioritura tra i 2.5 e 12 giorni rispetto al valore medio osservato (Tabella 2). Infine, il modello ha mostrato una bassa accuratezza nella previsione della variabile peso unitario del seme, con una leggera tendenza alla sovrastima per scenari caratterizzati da temperature progressivamente crescenti e riduzioni via via maggiori delle precipitazioni. Questa tendenza è stata confermata per tutte le varietà e siti (dati non mostrati).

Tab. - 1 Risultati della calibrazione e della validazione per la data di fioritura (dap, days after planting) e la resa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) per le varietà Creso, Simeto e Duilio e per i siti Benatzu e Ussana (Sardegna meridionale). Sono riportati i valori del coefficiente di determinazione ( $R^2$ ), del coefficiente di correlazione ( $r$ ), del Root Mean Square Error (RMSE), del modeling Efficiency Index (EF), e del Coefficient of Residual Mass (CRM).

	Fioritura (dap)	Resa ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
<b>CALIBRAZIONE</b>		
$R^2$	0.84	0.62
RMSE	5	802
<b>VALIDAZIONE</b>		
$r$	0.80 ( $p < 0.001$ )	0.80 ( $p < 0.001$ )
RMSE	9	894
EF	0.98	0.63
CRM	-0.03	-0.05

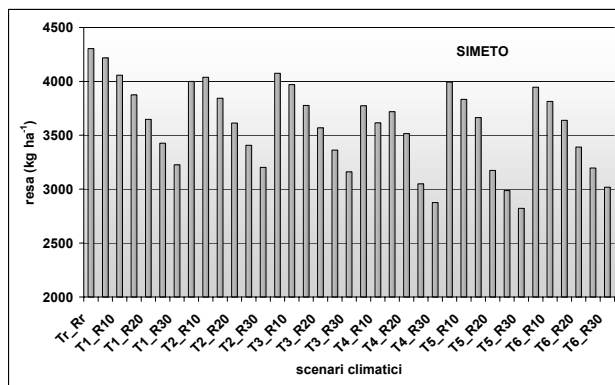


Fig. - 1 Effetto degli scenari climatici sulla resa della varietà Simeto nel sito di Benatzu.

## Conclusioni

L'analisi riportata in questo lavoro ha mostrato che l'applicazione dei modelli di simulazione colturale costituisce uno strumento utile ed efficiente per la previsione delle rese e delle risposte del ciclo fenologico del grano duro ai cambiamenti climatici. La loro applicazione in ambiente mediterraneo costituisce un valido supporto per l'elaborazione di possibili strategie di adattamento.

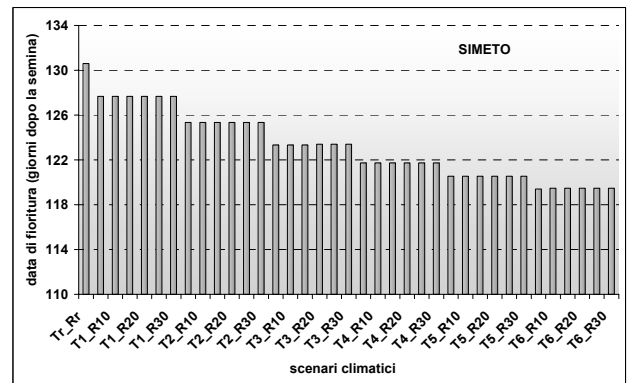


Fig. - 2 Effetto degli scenari climatici sulla data di fioritura della varietà Simeto nel sito di Benatzu.

Tab. - 2 Effetti degli scenari climatici simulati sulla resa e sulla data di fioritura per le varietà Creso, Duilio e Simeto. Sono riportati i valori massimi e minimi delle variazioni rispetto al dato medio osservato per la resa (percentuale) e per la data di fioritura (numero di giorni).

	RESA (%)		FIORITURA (giorni)	
	Benatzu	Ussana	Benatzu	Ussana
CRESO	-2.2 /	-2.6 /	-2.5 /	-2.9 /
	-27.2	-29.3	-7.6	-9.0
DUILIO	-2.6 /	-3.3 /	-2.9 /	-3.0 /
	-26.0	-25.0	-11.7	-12.4
SIMETO	-2.0 /	-6.7 /	-2.9 /	-3.1 /
	-34.4	-38.3	-11.2	-12.5

## Ringraziamenti

Questo lavoro è stato parzialmente cofinanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna (L.R. n. 19/96, "Norme in materia di cooperazione con i Paesi in via di sviluppo e di collaborazione internazionale") nell'ambito del progetto di cooperazione internazionale CLIMED – *Operational tools to assess climatic risk of Mediterranean agricultural areas*.

## Bibliografia

- IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report*.
- Ludwig F., Asseng S., 2006. *Climate change impacts on wheat production in a Mediterranean environment in Western Australia. Agric. Syst., 90:159-179.*
- Tubiello F.N., Donatelli M., Rosenzweig C., Stöckle C.O. 2000. *Effects of climate change and elevated CO<sub>2</sub> on cropping systems: model predictions at two Italian locations. Eur. J. Agron., 13:179-189.*