

SISTEMI PER IL MONITORAGGIO E LA PREVISIONE DELLE PRODUZIONI DI FRUMENTO DURO

Francesca Orlando^{1*}, Federico Guasconi¹, Marco Mancini², Anna Dalla Marta¹, Ray Motha³, John Qu³, Simone Orlandini^{2*}

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, del Suolo e dell'Ambiente Agroforestale – Università degli Studi di Firenze, Italy

² Centro Interdipartimentale di Bioclimatologia – Università degli Studi di Firenze, Italy

³ Environmental Science and Technology Center – George Mason University, USA

* francesca.orlando@unifi.it

Riassunto

In risposta all'esigenza del settore cerealicolo di minimizzare l'impatto della variabilità meteo-climatica sui raccolti, l'analisi del potere previsionale delle informazioni agrometeorologiche assume un ruolo chiave. Lo studio mira ad analizzare le dinamiche di crescita, sviluppo e produzione del frumento duro in relazione agli andamenti meteo-climatici e a vagliare il potere previsionale delle informazioni registrate in ciascuna fenofase. Gli indici meteorologici, descrittivi della disponibilità idrica durante la fase di accestimento e sviluppo fogliare in marzo, risultano altamente correlati alle rese finali e l' R^2 raddoppia introducendo, come seconda variabile indipendente, in un'analisi multiregressiva, il valore LAI raggiunto nella prima metà di aprile. I risultati suggeriscono la possibilità di strutturare un sistema di monitoraggio e previsionale, capace di guidare tempestive e mirate operazioni agronomiche, basato sull'implementazione di un indice predittivo dei raccolti mediante informazioni meteorologiche e agronomiche registrate nel corso della prima parte del ciclo culturale.

Parole chiave: frumento duro, rese, modelli agrometeorologici, clima, indici previsionali.

Introduzione

Per sostenere la competitività del settore agricolo, risulta sempre più importante supportare gli agricoltori con sistemi in grado di monitorare l'andamento della coltura e prevederne le produzioni. Telerilevamento, monitoraggio a terra e modellistica agrometeorologica rappresentano sicuramente strumenti di supporto per la messa a punto di sistemi atti a soddisfare tale esigenza. Questo lavoro rappresenta uno studio preliminare per la messa a punto di un sistema previsionale delle produzioni di frumento duro atto ad orientare le scelte agronomiche al fine di minimizzare l'impatto della variabilità meteo-climatica sui raccolti.

Materiali e Metodi

Lo studio è stato condotto in Val d'Orcia, area rurale della Toscana dove il grano duro rappresenta una delle principali produzioni per l'industria pastaria regionale. La cultivar di frumento duro 'Claudio', di ampia diffusione a livello locale, è stata presa in esame e le informazioni relative, derivate sia da attività sperimentali che di monitoraggio aziendale, sono state utilizzate per calibrare e validare il modello agrometeorologico DSSAT-CERES-Wheat (Versione 4.0), atto alla simulazione degli effetti di clima e sistema agronomico sullo sviluppo, la crescita e la produzione della coltura (Jones *et al.*, 2003). Dati culturali e gestionali sono stati forniti dal Consorzio Agrario di Siena, dal Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura e dal Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, del Suolo e dell'Ambiente Agroforestale (Università di Firenze), per un totale di 25 campi e 11 anni (2009-2011). In accordo con la mappa del suolo, è stato impostato per la simulazione il profilo pedologico più comune nell'area di studio sui terreni a seminativo (Typic Ustorthents fine, mixed, calcareous, mesic); i dati meteorologici giornalieri di temperatura massima, minima e pioggia sono stati ottenuti per gli anni 1955-2011 dalla media di sei stazioni a terra site nel distretto rurale. Il modello è stato calibrato e validato sugli anni 2009-2011; le rese simulate sono state messe

a confronto con le rese registrate al fine di stimare l'affidabilità e l'accuratezza del modello. Sono stati pertanto calcolati l' R^2 (intercetta = 0), il Root-Mean-Square Error (RMSE) (Fox, 1981), il Relative Root-Mean-Squared Error (RRMSE) (Jørgensen *et al.*, 1986), il Modelling Efficiency (EF) (Nash and Sutcliffe, 1970) ed il Coefficient of Residual Mass (CRM) (Loague and Green, 1991). Il modello è stato utilizzato per compiere un'analisi di lungo periodo su 56 anni (1956-2011) sulla variabilità delle rese in funzione dell'andamento climatico. Al fine di evidenziare l'impatto dovuto alle condizioni meteorologiche, il modello ha mantenuto invariata negli anni la tecnica colturale impiegando il protocollo di maggior diffusione per la zona (es. 300 kg/ha di semente e 140 kg/ha di N distribuiti in 3 concimazioni) e adottando le opzioni di ottimizzazione per ciò che concerne la simulazione dell'epoca di semina (tra novembre e dicembre) e raccolto (tra giugno e luglio). È stato analizzato il trend delle rese simulate ed effettuata l'analisi dei quartili. Per i mesi di marzo, aprile e maggio, corrispondenti rispettivamente agli stadi fenologici di 'accestimento e sviluppo fogliare', 'levata, botticella e spigatura' e 'riempimento della granella', sono stati calcolati i seguenti indici meteorologici: temperatura massima media giornaliera (MTMAX), temperatura minima media giornaliera (MTMIN), somma delle precipitazioni mensili (TP), numero di giorni con temperature massime superiori alla media mensile calcolata sugli anni 1956-2011 (WT), numero di giorni con precipitazioni inferiori ai 5 mm (DP). La regressione lineare è stata calcolata tra rese, indici meteorologici e LAI simulato, al fine di studiare le dinamiche di crescita e sviluppo del frumento duro in relazione ai fattori climatici e vagliare il potere previsionale delle informazioni agrometeorologiche.

Risultati e Discussione

Il modello calibrato e validato ha mostrato buoni risultati con una correlazione altamente significativa tra rese (kg/ha s.s.) simulate e misurate ($R^2=0.97$) (Fig. 1) ed un eccellente

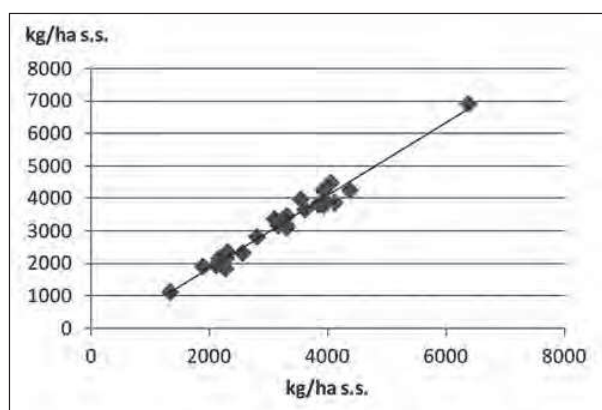


Fig. 1 - Regressione lineare tra rese di grano duro registrate e simulate su un totale di 25 campi.

Tab. 1 - Correlazioni positive (+) o negative (-) tra indici meteorologici e rese simulate nei mesi di marzo (Mar.), aprile (Apr.) e maggio (Mag.). Legenda: non significativo = ns, significatività per $P \leq 0.05 = *$ e per $P \leq 0.001 = ***$; temperatura massima media giornaliera (TMAX), temperatura minima media giornaliera (TMIN), somma delle precipitazioni mensili (TP), numero di giorni con temperature massime superiori alla media mensile (WT), numero di giorni con precipitazioni inferiori ai 5 mm (DP).

Indici meteorologici	Analisi su 56 anni			Analisi sugli anni del I e IV quartile		
	Mar.	Apr.	Mag.	Mar.	Apr.	Mag.
TMAX	ns	ns	Ns	ns	ns	
TMIN	ns	ns	- *	ns	ns	- *
TP	+ ***	ns	+ *	+ ***	ns	+ *
WT	ns	ns	- *	ns	ns	- *
DP	- ***	ns	- *	- **	ns	- *

livello di accuratezza descritto da un basso errore generale (RMSE=230.25 and RRMSE=7.14%), da un EF vicino a 1 (EF= 0.94) e da un CRM quasi nullo (CRM=0.00). L'analisi delle rese per gli anni 1956-2011 non ha mostrato trend significativi suggerendo l'assenza di effetti del cambiamento climatico sulle produzioni di grano duro per l'area di studio; risultato confermato dall'analisi climatica di lungo periodo sui 56 anni: nessun trend significativo è stato evidenziato per gli indici meteorologici. L'analisi di correlazione tra le rese e gli indici meteorologici, svolta sia sui 56 anni che per gli anni con produzioni nel I (anni peggiori) e IV quartile (anni migliori), sottolinea l'impatto dell'andamento meteorologico sulle produzioni finali nei mesi critici di Marzo e Maggio (Tab. 1). Le condizioni meteorologiche del mese di Aprile, in cui si verifica il passaggio dalla fase vegetativa alla fase riproduttiva (levata, botticella e spigatura), non risultano avere incidenza significativa sul raccolto. Le produzioni invece sono correlate positivamente con la di-

sponibilità idrica in marzo, quando la coltura determina il numero di foglie per pianta (sviluppo fogliare) e la densità di piante (accestimento), elementi questi che andranno ad influenzare la superficie fotosinteticamente attiva nel corso dei successivi stadi di accrescimento. Inoltre le performance produttive sono significativamente influenzate dalle condizioni meteorologiche durante la fase di riempimento della granella, quando la coltura risulta suscettibile ad alti e anormali regimi termici e a condizioni di siccità, con impatto negativo sulle rese. L'indice maggiormente correlato con le rese risulta DP in marzo; introducendo in aggiunta, in un modello multiregressivo, anche il valore LAI simulato per la prima metà di aprile, l' R^2 raddoppia indicando così un incremento del potere predittivo nella prima parte del ciclo culturale.

Conclusioni

Lo studio condotto suggerisce la possibilità di strutturare un modello previsionale in grado di dare agli agricoltori, nella prima parte del ciclo culturale (da marzo fino a metà aprile), indicazioni sulla tendenza delle performance produttive e fornire così informazioni atte a guidare tempestive e mirate operazioni agronomiche. I risultati prospettano la possibilità di realizzare un indice predittivo attraverso l'integrazione di informazioni meteorologiche, descrittive della disponibilità idrica durante la fase di accestimento in marzo, e informazioni agronomiche legate al grado di copertura vegetale raggiunto nella prima metà di aprile. Per quest'ultimo aspetto, gli indici telerilevati da satellite correlati al LAI della coltura (es. NDVI, EVI) potrebbero assumere un ruolo chiave nella messa a punto di un sistema per il monitoraggio e la previsione dei raccolti di frumento duro.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Fondazione Monte dei Paschi di Siena e il Consorzio Agrario di Siena per il supporto e la collaborazione allo svolgimento delle attività di ricerca.

Bibliografia

- Fox D.G. 1981. Judging air quality model performance: a summary of the AMS Workshop on dispersion model performance. Bull. Am. Meteorol. Soc. 62: 599-609.
- Jones J.W., Hoogenboom G., Porter C.H., Boote K.J., Batchelor W.D., Hunt L.A., Wilkens P.W., Singh U., Gijsman A.J., Ritchie J.T., 2003. The DSSAT cropping system model, Eur. J. Agron. 18. 235-265.
- Jørgensen, S.E., L. Kamp-Nielsen, T. Christensen, J. Windolf-Nielsen, and B. Westergaard. 1986. Validation of a prognosis based upon a eutrophication model. Ecol. Model., 35:165-182.
- Loague K. and Green R.E. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. J. Contam. Hydrol. 7: 51-73.
- Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V. 1970. River Flow Forecasting through Conceptual Model: Part I – A Discussion of Principles, Journal of Hydrol., 10: 282-290.