

CAMBIAMENTI DEL CLIMA, IMPATTI SULLA PRODUZIONE E OPZIONI DI ADATTAMENTO: IL CASO DI STUDIO DELLA PRODUZIONE CEREALICOLA IN MAROCCO

Pierpaolo Duce¹, Pierpaolo Zara¹, Martin Dubrovsky², Jürgen Grieser³,
Rachid Dahan⁴, Nasserlehaq Nsarellah⁴

¹ CNR-IBIMET, Istituto di Biometeorologia, Sassari, Italy, P.Duce@ibimet.cnr.it, p.zara@ibimet.cnr.it

² ASCR, Institute of Atmospheric Physics, Prague, Czech Republic, dub@ufa.cas.cz

³ FAO, National Resources Management and Environment Department, Rome, j.grieser@gmx.de

⁴ INRA-CRRA, Centre Régional de la Recherche Agronomique, Settat, Morocco, arido@menara.ma

Abstract

L'impatto dei cambiamenti climatici in agricoltura e l'adozione di opportune strategie di adattamento è una questione aperta e di non facile soluzione. Una delle principali fonti di incertezza è data dalla risoluzione spaziale degli scenari climatici, insufficiente per la scala spaziale dei processi agrometeorologici.

In questo lavoro è illustrata la strategia e sono descritti i modelli utilizzati per stimare l'impatto del clima, presente e futuro, sulla produzione cerealicola del Marocco, nonché il livello di accuratezza di tale stima.

L'analisi è stata realizzata utilizzando serie climatiche e di produzione dei cereali, gli scenari climatici A1B e A2 dell'Hadley Center, e una procedura di *downscaling* statistico. Pur nell'incertezza insita in proiezioni nel futuro, lo studio ha consentito di stimare i possibili impatti sulla produzione evidenziando alcuni limiti che la metodologia mostra nella stima dei valori estremi.

Introduzione

Il dibattito scientifico sugli impatti dei cambiamenti climatici è ormai incentrato sull'accuratezza degli scenari previsti e sulle possibili strategie di adattamento e mitigazione. Le conoscenze e le tecnologie necessarie per determinare gli effetti dei cambiamenti climatici in agricoltura e individuare le più realistiche strategie di adattamento richiedono una sufficiente conoscenza della variabilità del clima attuale e di quello futuro. Inoltre, sono necessari dati e informazioni diffusi sul territorio e di alta qualità sia sul clima sia sui sistemi agricoli.

Per quanto gli scenari climatici futuri prodotti attraverso i modelli di circolazione globale (GCM) siano stati nel tempo perfezionati, non sembrano fornire, in caso di applicazione alle condizioni locali, dati con un grado di accuratezza utile per gli studi agrometeorologici. Tuttavia, è opinione diffusa che gli scenari climatici siano una previsione realistica di ciò che potrebbe accadere nel futuro in caso di un ulteriore aumento della concentrazione dei gas serra in atmosfera.

I generatori stocastici di dati meteorologici sono spesso usati per studi di impatto in quanto forniscono serie sintetiche, del clima attuale o futuro (Dubrovsky *et al.*, 2000; Trnka *et al.*, 2004), da utilizzare come input dei modelli di simulazione (modelli di crescita delle colture, modelli idrologici, ecc).

In questo lavoro è illustrata la strategia e sono descritti i modelli utilizzati per stimare l'impatto del clima, presente e futuro, sulle rese del frumento nelle aree a vocazione cerealicola del Marocco. Alla presentazione dei risultati segue una breve discussione sul livello di accuratezza di tali proiezioni e sui futuri approfondimenti.

Materiali e metodi

È stata analizzata la relazione fra la variabilità interannuale del clima di 16 località ubicate nelle principali aree cerealicole del Marocco e la variabilità interannuale delle rese del frumento. I dati, relativi al periodo 1980-2006, sono stati forniti dalla *Direction de la Météorologie Nationale* e dal *Ministère de l'Agriculture* del Marocco. È stato utilizzato un approccio simile a quello di precedenti lavori (ad es. Grieser *et al.*, 2007) finalizzati a previsioni precoci delle rese stagionali. La relazione tra osservazioni/variabilità meteorologica e osservazioni/variabilità nelle rese del frumento (*weather-yield function*) è stata calcolata utilizzando il software AgrometShell (Hoefsloot, 2004).

Attraverso il generatore stocastico di dati meteorologici (*Weather Generator*, WG) M&Rfi, sviluppato e perfezionato da Dubrovsky (2005, 2007) e basato su tecniche di *pattern scaling* (modelli di scala), sono stati determinati i parametri statistici del clima per le 16 località e sono state prodotte serie climatiche sintetiche al fine di verificare l'accuratezza del WG nel simulare il clima attuale.

M&Rfi è stato quindi utilizzato per produrre serie climatiche sintetiche future per le stesse località (*downscaling* statistico con proiezioni sino al 2100) a partire dagli output del GCM dell'Hadley Center v.3 (HadCM3) per gli scenari climatici A1B e A2 (IPCC, 2007).

Infine, l'impatto degli scenari climatici sulla resa del frumento in Marocco è stato determinato tramite le *weather-yield functions* già calcolate sui dati storici e utilizzando in input le proiezioni climatiche future a scala locale prodotte da M&Rfi.

Risultati e Conclusioni

La strategia utilizzata in questo lavoro ha consentito di ottenere una buona modellazione della variabilità interannuale delle rese del frumento nelle aree cerealicole del Marocco, come evidenziato nella Tabella 1 e nella Figura 1, in cui sono confrontati i risultati ottenuti per 7 aree agro-climatiche. Nel periodo esaminato (1980-2006), la resa del frumento nelle 16 aree cerealicole indagate è stata pari a 1.25 t ha^{-1} , (range = $0.30 - 2.99 \text{ t ha}^{-1}$) con un valore della deviazione standard pari a 0.55 t ha^{-1} . La variabilità interannuale delle condizioni meteorologiche e il conseguente uso delle *weather-yield functions* consentono di spiegare con buona approssimazione ($R^2 = 0.46$, con un valore del *root mean square error* di circa 0.40 t ha^{-1}), sia con i dati osservati sia con i dati sintetici generati dal WG, la variabilità interannuale delle rese medie, per quanto risulti limitata la capacità previsionale dei valori estremi.

Tab.1 – Rese (media, R_x , e deviazione standard, R_σ) del frumento osservate (oss) e stimate utilizzando dati osservati e *weather-yield functions* (stim) e dati sintetici e *weather-yield functions* (sint). I valori, in t ha^{-1} , si riferiscono al periodo 1980-2006 e a 7 aree agro-climatiche (da C1 a C7).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
R_x	oss	1.58	1.24	1.53	0.91	0.78	1.43	0.98
	stim	1.55	1.27	1.53	0.89	0.77	1.41	0.98
	sint	1.52	1.27	1.46	0.84	0.65	1.34	0.91
R_σ	oss	0.65	0.32	0.54	0.35	0.33	0.61	0.33
	stim	0.32	0.18	0.17	0.26	0.18	0.43	0.22
	sint	0.29	0.19	0.15	0.23	0.12	0.38	0.19

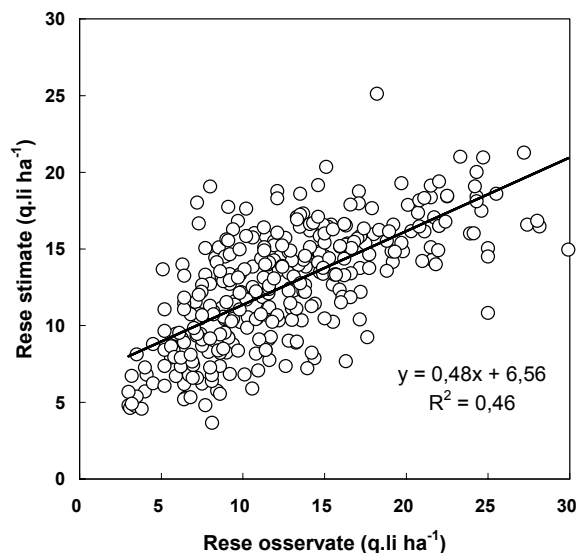


Fig.1 – Confronto fra le rese del frumento stimate e osservate durante il periodo 1980-2006 nelle 16 aree cerealicole del Marocco indagate.

La buona accuratezza del modello è infine confortata dai valori assunti dal *Mean Bias Error* (MBE = 0.04), e dall'*Efficiency Index* (EF = 0.99).

I risultati degli scenari di resa del frumento per alcune delle aree agro-ecologiche del Marocco sono infine sintetizzati nella Figura 2.

Nel breve periodo (2025), le minori variazioni sono previste nell'area C1 (da nessuna variazione a -7%), men-

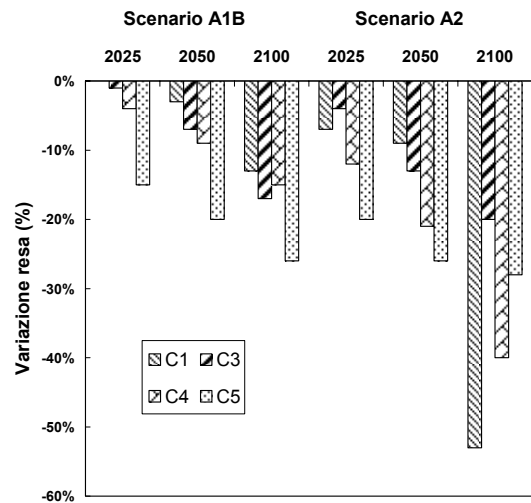


Fig.2 – Variazioni percentuali delle rese del frumento determinate da due scenari climatici in 4 aree agro-ecologiche del Marocco rispetto alle rese osservate nel periodo 1980-2006.

tre l'impatto più importante è previsto nell'area C2 (da -28 a -42%). Nel medio-lungo termine (2050-2100), le sperimentazioni effettuate mostrano una possibile riduzione delle rese oscillante tra il 13 e il 63%, con una riduzione di circa il 10% per ogni $^{\circ}\text{C}$ di aumento delle temperature.

Un ulteriore approfondimento di questa ricerca sarà indirizzato a determinare l'impatto delle innovazioni tecnologiche sulle rese produttive osservate, al fine di meglio discriminare l'impatto del clima. Tale aspetto risulta di cruciale importanza per i Paesi in Via di Sviluppo, in cui l'aumento delle rese dei cereali a partire dagli anni '90 ha raggiunto tassi di crescita particolarmente significativi.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto di cooperazione internazionale CLIMED – *Operational tools to assess climatic risk of Mediterranean agricultural areas*, cofinanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna (L.R. n. 19/96).

Bibliografia

- Dubrovsky, M., Zalud, Z., Stastna, M., 2000. Sensitivity of CERES-Maize yields to statistical structure of daily weather series. *Clim. Change*, 46: 447-472.
- Dubrovsky, M., Nemesova, I., Kalvova, J., 2005. Uncertainties in climate change scenarios for the Czech Republic. *Climate Research*, 29: 139-156.
- Dubrovsky, M., 2007. M&Rfi Weather Generator. <http://www.ufa.cas.cz/dub/wg/marfi/marfi.htm>, 34pp.
- Grieser, J., Gommers, R., Bernardi, M., 2007. From Climate Change to Crop Yield Change. *Geophysical Research Abstracts*, 9: A-09480
- Hoefsloot, P., 2004. Agromet Shell. Available at <http://www.hoefsloot.com/agrometshell.htm>.
- IPCC, 2007. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Cambridge University Press.
- Trnka, M., Dubrovsky, M., Zalud, Z., 2004. Climate change impacts and adaptation strategies in spring barley production in the Czech Republic. *Clim. Change*, 64: 227-255.