

SIMULAZIONE DELLA MICROMETEOROLOGIA E DEI SISTEMI CULTURALI IN AREE COLLINARI

Acutis M.¹, Richter G.², Rana G.³, Laudato M.¹, Trevisiol P.¹, Bechini L.¹, Gentile A.¹

¹Dipartimento di Produzioni Vegetali, Università di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano, Italy

²Rothamsted Research, Harpenden, Hertfordshire, AL5 2JQ, United Kingdom

³Istituto Sperimentale Agronomico, Via Celso Ulpiani 5, 70125 Bari, Italy

Abstract

I terreni arativi in aree collinari possono essere soggetti a stress abiotici aggiuntivi rispetto ai terreni non in pendio. Nel progetto STAMINA (STABILITY and MITIGATION of Arable crops in hilly terrain) è stato inserito un modulo micrometeorologico (scala di bacino) in grado di descrivere gli effetti topografici sulle variabili meteorologiche e, conseguentemente, sulla crescita culturale. Lo scopo è predire i rischi connessi alla stabilità dei sistemi culturali in pendio per scenari presenti e futuri. Il modulo di micrometeorologia (MM) stima le componenti del bilancio idrico ed energetico in pendio in riferimento alle variabili atmosferiche rilevate in piano, alle caratteristiche topografiche e alle colture. Un modulo di crescita culturale (CGM) è connesso a MM e simula la crescita delle colture.

Per due scenari di simulazione, in nord e sud Europa, sono stati quantificati gli effetti della topografia (esposizione e pendenza) sulle variabili meteorologiche e sulla produzione delle colture. Il modello ha confermato che gli effetti delle variabili topografiche sono maggiori nel nord Europa. Gli effetti della topografia sulla produttività sono spazialmente differenti: mentre le esposizioni Sud sono migliori per il frumento vernino negli anni umidi nel nord Europa, le stesse esposizioni hanno un impatto negativo, negli anni secchi, nel Sud Europa.

Introduzione

In area mediterranea si assiste al progressivo abbandono delle attività agricole degli ambienti collinari. Le colture in pendio evidenziano una perdita di produttività imputabile a stress abiotici (Godwin and Miller, 2003), tra cui, l'erosione del suolo e la perdita di fertilità dovuti al run-off, e le difficoltà nelle lavorazioni e negli interventi di fertilizzazione. La variabilità pedologica lungo il pendio crea differenti disponibilità di acqua e nutrienti (Malhi et al., 2004), mentre le condizioni meteorologiche sono la prima causa di variabilità spaziale delle rese. Ad esempio, radiazione e temperatura risultano più elevate nelle esposizioni a sud, incidendo sull'evapotraspirazione e sulla fenologia della coltura. Ad oggi, nessun modello è in grado di simulare gli effetti di pendenza ed esposizione sulle rese culturali. Per ovviare a questa mancanza è stato sviluppato, nell'ambito del progetto STAMINA (STABILITY and MITIGATION of Arable system in hilly landscape), un modello di simulazione che ha lo specifico obiettivo di simulare la crescita delle colture a scala di bacino (da 100 a 1000 ha). Il modello integrato comprende più moduli: micrometeorologico (MM), idrologico (SWB), culturale (CGM). La finalità di questa esposizione è la descrizione dei componenti del modello STAMINA e la loro valutazione.

Materiali e metodi

I moduli che compongono il modello simulano le variabili micrometeorologiche, di bilancio idrico nel suolo, di crescita e sviluppo culturale e, infine, elaborano un set di indicatori di rischio agro-ecologici. Il time step del modulo MM può essere impostato dalla mezz'ora alle 6 ore. Il modulo CGM utilizza lo stesso time step scelto per il modulo MM per simulare il processo di

fotosintesi, mentre simula sviluppo e crescita della coltura con un time step giornaliero.

Nel modulo SWB sono presenti due metodologie alternative di calcolo del bilancio idrico del suolo: prognostica o a serbatoi con travel time. Gli indicatori sono distinti in giornalieri e di raccolta. Il modello integrato STAMINA è sviluppato in linguaggio orientato agli oggetti (OOP) per assicurare modularità, manutenibilità e riusabilità dei componenti.

Il modulo MM simula il bilancio energetico (flusso di calore sensibile e latente, radiazione netta e flusso di calore dal suolo) e le variabili agrometeorologiche (temperatura dell'aria, temperatura superficiale, radiazione globale e velocità del vento) nel centro di ogni cella del bacino, elaborando i dati meteorologici misurati in una stazione di riferimento. Altri input al modulo MM sono alcuni output dei moduli CGM e SWB. Ogni cella del bacino è descritta, dal punto di vista topografico, dalla pendenza, dall'esposizione e dalla differenza di altitudine rispetto alla stazione di riferimento.

Il modulo CGM è stato sviluppato sulla base del modello SUCROS2 (Goudriaan and van Laar, 1994). Gli originali algoritmi di SUCROS2 sono stati modificati per permettere l'interfacciamento tra CGM e MM e adattare la simulazione ai processi in ambiente collinare. Alcune delle modifiche principali apportate riguardano lo sviluppo culturale, il processo di fotosintesi e il rapporto tra la coltura e la disponibilità idrica. Il modulo CGM comprende, inoltre, un modulo originale che simula i processi di germinazione ed emergenza. Il sistema integrato STAMINA calcola degli indicatori sintetici utili a rappresentare la relazione clima-cultura. Sono stati definiti 6 indicatori: indice di produttività (PI), indice di maturazione (CMI), efficienza di uso dell'acqua (WUE), indice di stress termico (TSI), indice di deficit idrico (SMD), indice di stress idrico della coltura (CWSI).

Calibrazione e simulazione di scenari

Il modello è stato calibrato utilizzando i dati meteorologici di due differenti bacini, localizzati in sud Italia (41°46' N 15°17' E) e in Gran Bretagna (52°00' N 00°25' W). I parametri colturali sono stati calibrati utilizzando data set relativi a produzioni di frumento duro ottenute a Müncheberg (D). I parametri idrologici sono stati stimati utilizzando il modello HYPRES (Wosten et al., 1999), partendo da data set originali relativi ad un suolo franco sabbioso. Il modello calibrato è stato applicato in due differenti località, Müncheberg (52°52'N 6°15'E) dal 1992 al 1997 e Bari (41°07'N 16°15'E) dal 1982 al 1987. All'interno di ogni bacino sono state considerate sette celle caratterizzate da differenti esposizioni (piano, nord, sud) e pendenze (11.5° 5.7° 2.9°), situate ad un'altezza di 50 m dal punto di riferimento, posto nel piano.

Risultati

La tabella 1 riassume alcuni output del modello (radiazione globale, evapotraspirazione e produzione) per differenti pendenze ed esposizioni in Müncheberg. In media la radiazione globale è più alta di 300 – 600 MJ m⁻² nelle celle esposte a sud rispetto al piano e a quelle esposte a nord. L'evapotraspirazione simulata risulta simile in tutte le celle. Il valore medio della produzione è minore nelle celle in pendenza rispetto al piano e i valori minori si riscontrano in quelle esposte a nord. Al crescere della pendenza nelle celle esposte a nord le produzioni decrescono, mentre crescono nelle celle esposte a sud; al crescere della pendenza, infatti, nelle celle esposte a nord la radiazione cumulata decresce, mentre cresce nelle celle esposte a sud.

Pendenza (gradi)	Radiazione globale cumulata (MJ m ⁻²) (±dev.st)		ET reale cumulata (mm) (±dev.st)		Produzione (t DM ha ⁻¹) (±dev.st)	
	Nord	Sud	Nord	Sud	Nord	Sud
11.5	2578 (± 122)	3194 (± 158)	726 (± 308)	737 (± 307)	7.26 (± 1.20)	8.21 (± 1.36)
5.7	2669 (± 127)	3015 (± 147)	728 (± 308)	734 (± 307)	7.47 (± 1.25)	7.99 (± 1.39)
2.9	2730 (± 130)	2919 (± 141)	728 (± 308)	731 (± 308)	7.53 (± 1.23)	7.95 (± 1.42)
0 (piano)	2601 (± 173)		726 (± 310)		8.22 (± 0.65)	

Tabella 1 - Valori medi per alcuni output del modello per simulazioni multistagionali (da 1992/93 a 1996/97) per celle in piano e con tre differenti pendenze per grano duro in Müncheberg

La radiazione globale simulata dal modulo MM in Müncheberg e Bari è sempre maggiore nelle celle esposte a sud rispetto al piano. Non è sempre minore nelle celle esposte a nord poiché la stagione di crescita risulta più corta di due settimane nel piano, dove le temperature sono maggiori. La radiazione globale cumulata è maggiore a Müncheberg (2600 MJ m⁻²) che a Bari (1900 MJ m⁻²), perché la stagione di crescita in Germania è più lunga di 4 settimane. Le caratteristiche topografiche sono più significative, nell'influenzare gli output, in Müncheberg che in Bari. La figura 1 mostra la produzione simulata dal modulo CGM in Müncheberg e Bari in due opposte stagioni di crescita (secca e umida). Si può osservare come in Bari, nella stagione secca, nella

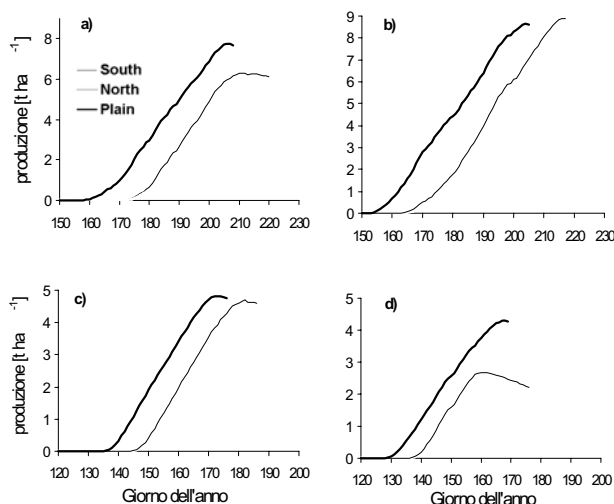


Figura 4 - Accumulo di s.s. (kg ha⁻¹) nella granella di frumento duro in tre celle (esposizioni nord, sud, con pendenza 11.5°, e piano) in Müncheberg (a) anno umido 1993/94, (b) anno secco 1996/97, e in Bari (c) anno umido 1983/84, (d) anno secco 1984/85

cella esposta a nord, la produzione sia più alta, rispetto alla cella esposta a sud, a causa del minore stress idrico e termico. In entrambi i bacini considerati, la stagione di crescita nella cella in piano risulta più breve in ragione della più alta temperatura media.

Conclusioni

È stato presentato un modello integrato che simula l'interazione tra il sistema atmosfera-suolo-coltura e la topografia. L'intercettazione della radiazione è influenzata dalla pendenza più nel nord che nel sud Europa (massimo 600 MJ m⁻²). L'effetto della topografia sulla produttività del frumento duro è anch'esso differente: mentre l'esposizione sud è migliore nelle stagioni umide (+ 2.3 t DM ha⁻¹) in nord Europa, è peggiore nelle stagioni secche in sud Europa.

Ringraziamenti

Il progetto STAMINA è stato finanziato dalla commissione europea (QLK – 5 – CT – 2002 – 01313). Si ringrazia il Biotechnology and Biological Sciences Research Council (UK).

Bibliografia

- Godwin R.J. and Miller P.C.H. 2003. *A Review of the Technologies for Mapping Within-field Variability*. *Biosystems Engineering* 84 (4), 393-407
- Goudriaan, J. and van Laar H., 1994. *Modelling Potential Crop Growth Processes*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands pp 238
- Malhi S.S., Johnston A.M., Gill K.S. and Pennock D.J. 2004. *Landscape position effects on the recovery of 15N-labelled urea applied to wheat on two soils in Saskatchewan, Canada*. *Nut. Cycle in Agroecosyst.*, 68, 85-93.
- Wosten J.H.M., Lilly A., Nemes A. and Le Bas C. 1999. *Development and use of a database of hydraulic properties of European soils*. *Geoderma*, 90 169-185