

MODELLIZZAZIONE DELL'ALLETAMENTO DEI CEREALI A PAGLIA

M. Acutis¹, R. Confalonieri², M. Donatelli², G. Rana³

¹Università di Milano, Dipartimento di Produzione Vegetale, via Celoria 2, 20133 Milano, marco.acutis@unimi.it

²European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen, Agriculture Unit, Agri4cast Action, via Fermi 2749, 21027 Ispra (VA).

³Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura, unità di Ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti Caldo-Aridi, via C. Ulpani, 5 70125 Bari.

Abstract

Il lavoro presenta un approccio fisico-empirico alla modellazione dell'allettamento dei cereali. Il principale fattore meteorologico che causa l'allettamento è la velocità istantanea del vento. La pianta viene assimilata a un pendolo, del quale viene calcolata la frequenza naturale, in funzione dell'altezza del suo centro di gravità. Il vento esercita un momento flettente agendo sulla spiga (o pannocchia) e dipendente dalla superficie e dal Cx della spiga stessa, che si esercita alla base della pianta. In funzione del numero di piante e culmi, della loro resistenza meccanica, delle dimensioni della piattaforma di accostamento e della coesività del suolo l'applicazione del momento di flettente può portare alla rottura del culmo o allo sradicamento della pianta stessa. Semplici funzioni empiriche sono state utilizzate per rappresentare l'effetto della biomassa presente sulla frequenza naturale di oscillazione del sistema, che dipenderebbe invece solo dalla posizione del centro di gravità. Le stesse funzioni sono utilizzate anche per considerare l'incremento di peso delle piante in presenza di pioggia. L'algoritmo proposto è implementato come Dll per l'ambiente .Com e .Net.

Introduzione

L'allettamento delle colture cerealicole è uno dei fattori abiotici che possono comportare elevati danni qualitativi e quantitativi, fino a compromettere totalmente il risultato produttivo. (Gent e Kiyomoto, 1998). Una stima dell'effetto dell'allettamento è di una perdita produttiva dello 0.5% per ogni punto percentuale di superficie allettata (Stapper e Fischer, 1990). L'allettamento può consistere nella semplice piegatura dei culmi, o in sradicamento delle piante dal suolo. Il fenomeno è collegato a molte caratteristiche della coltura in atto, come altezza, biomassa aerea, densità colturale in termini di piante e culmi e caratteristiche meccaniche dei culmi stessi. L'agente meteorologico a causa dell'allettamento è il vento, che esercita una forza flettente sulle piante stesse, dipendente dalla sua velocità (Baker et al. 1998). Un rilevante contributo è dato anche dalla pioggia, che sicuramente favorisce l'allettamento dovuto al sradicamento, aumentando il contenuto idrico del terreno e conseguentemente riducendone la coesione (Berry et al., 2004), ma che può anche appesantire la pianta stessa, spostando verso l'alto il centro di gravità e favorendone la flessione. L'allettamento non è mai stato considerato nei modelli di crescita delle colture, (generalmente carenti negli aspetti relativi a stress diversi da quelli dovuti a acqua e azoto), sostanzialmente perché legato a fenomeni istantanei di velocità di raffica del vento, raramente acquisita dalla strumentazione agrometeorologica, e caratterizzata da alta variabilità nello spazio, e alla necessità di conoscere diverse grandezze della coltura di non facile acquisizione. Di conseguenza a fronte di un campo allettato parzialmente, e in parte no, appare impossibile correlare caratteristiche della coltura e evento meteorologico. Tuttavia, anche se in maniera largamente approssimativa, data la sua importanza, è necessario stimare, almeno grossolanamente, il rischio di

allettamento per migliorare l'applicabilità territoriale dei modelli di simulazione. In questa ottica, un approccio con base fisica e parametri misurabili può costituire un importante contributo. Data la necessità di inserire la modellazione del fenomeno in ambienti software di elevata complessità, è anche necessario predisporre il modulo in maniera da poterlo riutilizzare in altri contesti e di poterlo parametrizzare secondo le specifiche necessità. L'obiettivo di questo lavoro è quindi la realizzazione di un modulo software che implementa un approccio fisico al problema, con possibilità di variarne i parametri da parte dell'utente e di essere utilizzabile in ambienti di programmazione .Com e .NET.

Materiali e metodi

Il nucleo di base della simulazione dell'allettamento riprende l'analisi fisica e gli algoritmi sviluppati da Backer et al. (1998), e la loro successiva integrazione proposta da Berry et al (2004). Lo schema adottato è sintetizzato in figura 1:

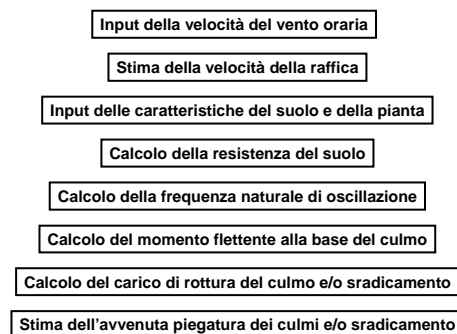


Fig.1 – schema di processo della simulazione dell'allettamento.

Il software è costituito da 2 package, uno per il calcolo vero e proprio, e uno per la stima dei parametri necessari al calcolo. La simulazione dell'allettamento avviene come in Baker et al. (1998), con l'introduzione di un eventuale incremento di peso della parte aerea delle colture dovuto alla contemporanea caduta di pioggia (si pensi che un solo mm di acqua trattenuta sulle foglie corrisponde a 10 t ha⁻¹ di peso supplementivo, localizzato prevalentemente nelle parti alte della pianta) e a una funzione empirica che collega la frequenza naturale di oscillazione alla biomassa della pianta stessa. Nell'approccio citato, il momento flettente B alla base dei culmi è calcolato come:

$$B = \left[1 + \frac{g}{(2\pi)^2 X} \left(1 + e^{-\pi\delta} \frac{\sin \pi/4}{\pi/4} \right) \right] 0.5\delta X A C V^2$$

Dove $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$, n è la frequenza naturale di oscillazione della pianta, X è l'altezza del centro di gravità del culmo, δ è il fattore di smorzamento, A la superficie della spiga (o pannocchia), C è il coefficiente di penetrazione aerodinamica (più noto come C_x), V è la velocità della raffica. B viene confrontato con il momento di rottura del culmo B_s :

$$B_s = \frac{\sigma\pi a^3}{4} \left[1 - \left(\frac{a-t}{t} \right)^4 \right]$$

dove t è lo spessore della parete del culmo, a è il raggio esterno della base del culmo e σ è la resistenza di rottura del materiale costituente il culmo, e con il momento di sradicamento della pianta $B_r = K S d^3$, dove k è una costante, s è la resistenza del suolo allo sradicamento, e d è il diametro della piattaforma di accostamento; in tal modo viene previsto l'eventuale allettamento per sradicamento, piegamento del culmo o entrambi.

Il package di stima dei parametri fa uso del *design pattern "strategy"* attraverso il quale l'utente può scrivere la propria procedura di stima senza necessità di ricompilare la dll. Questo package offre la stima dei parametri delle precedenti equazioni in base informazioni più facilmente disponibili sulla coltura, come altezza, biomassa epigea, numero di piante e culmi, e contiene alcuni data-base su caratteristiche delle colture relativamente a valori di riferimento di diametro dei culmi e della piattaforma di accostamento, C_x e area della spighe o pannocchie, resistenza meccanica dei culmi, purtroppo molto limitato per della carenza di informazioni sperimentali disponibili. Alcune delle procedure di stima, come quello dell'effetto del numero di piante e culmi sullo spessore delle pareti del culmo stesso sono semplici ipotesi di diretta proporzionalità avanzate arbitrariamente dagli autori, altre, come quelle relative alla velocità della raffica, e all'altezza della coltura hanno base fisica o empirica più consistente. Un'analisi di sensibilità è stata condotta per la coltura del riso, con una simulazione basata su un ipercubo latino, utilizzando da 4 a 8 valori per ognuna delle 8 variabili ritenute arbitrariamente le più importanti e calcolando, in oltre 400000 casi, le 2 variabili binarie allettamento per piegamento dei culmi (0-1) e per sradicamento (0-1), e sottoponendo poi questi risultati all'analisi della regressione logistica (package SPSS).

Risultati

I risultati presentati sono del tutto preliminari e consistono prevalentemente nella realizzazione del software, che

rende disponibili una serie di algoritmi non banali, peraltro da tempo disponibili, ma mai incorporati in modelli di sistemi colturali, in un formato che ne consente l'applicazione in diversi contesti modellistici. L'analisi di sensibilità per la risaia ha permesso di identificare, per entrambi i tipi di allettamento, come fattori maggiormente influenti, nell'ordine, la velocità oraria del vento, il numero di piante m⁻², l'altezza della coltura, il numero di culmi m⁻², la biomassa epigea, e l'altezza dell'acqua. Essendo in risaia il terreno allagato, la resistenza allo sradicamento è stata considerata costante. I tre fattori più rilevanti sull'allettamento dovuto a piegatura dei culmi vengono presentati in forma di grafico 3d, in figura 2 dalle quali si evince per lo meno un risultato coerente alle esperienze degli autori e da quanto riportato in letteratura.

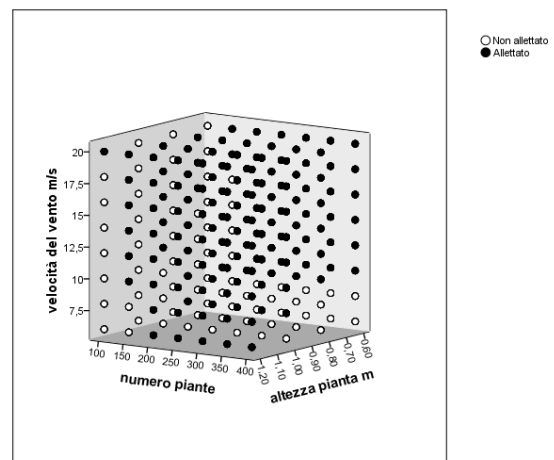


Fig.2 – Effetto delle tre principali variabili sull'allettamento per la coltura del riso

Conclusioni

Il sistema sviluppato, attraverso la sua struttura software modulare e riutilizzabile, è uno strumento utile per colmare il gap esistente tra le conoscenze scientifiche e la loro implementazione in modelli di simulazione dei sistemi colturali, essendo l'allettamento un problema di notevole importanza nella riduzione della produttività e della qualità dei cereali, finora trascurato nella modellistica, come peraltro gran parte delle avversità abiotiche. Il modulo offre un background scientifico in base al quale raccogliere nuovi dati, sia meteorologici sia di proprietà delle colture, del suolo e del materiale vegetale inquadrandoli in un framework unitario di approccio al problema.

Bibliografia

- Baker, C.J., Berry, P.M., Spink, J.H., Sylvester-Bradley, R., Griffin, J., Scott, R.K., Clare, R., 1998. A method for the assessment of the risk of wheat lodging. *J. Theor. Biol.* 194, 587–603.
- Berry, P.M., Sterling M., Baker C.J., Spink J., Sparkes D.L., 2004. A calibrated model of wheat lodging compared with field measurements. *Agric. For. Met.* 119, 167–180.
- Gent, M.P.N., Kiyomoto, R.K., 1998. Physiological and agronomic consequences of Rht gene in wheat. *J. Crop Prod.* 1, 27–46.
- Stapper, M., Fischer, R.A., 1990. Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in Southern New South Wales. I. Potential yields and optimum flowering dates. *Aust. J. Agric. Res.* 41, 1043–1056.