

Rivoira, Giuseppe; Murtas, Antonio Matteo Luigi; Ledda, Luigi (1997) *Effetti fisiologici ed agronomici della ventosità su Zea mais L.* Rivista di agronomia, Vol. 31 (4), p. 945-951. ISSN 0035-6034.

<http://eprints.uniss.it/4134/>

RIVISTA DI

AGRONOMIA

ANNO XXXI - N. 4 - OTTOBRE-DICEMBRE 1997

A cura della Società Italiana di Agronomia
col Contributo finanziario del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Comitato scientifico e direttivo:

ENRICO BONARI	ATTILIO LOVATO
ANGELO CALIANDRO	MARIO MONOTTI
ANDREA CAVALLERO	PAOLO PARRINI
GINO COVARELLI	FERDINANDO PIMPINI
MAURO DEIDDA	GIUSEPPE RESTUCCIA
LUIGI GIARDINI	RICCARDO SARNO
GIUSEPPE LA MALFA	GIOVANNI TODERI
RENZO LANDI	GIANPIETRO VENTURI
FRANCO LORENZETTI	GIUSEPPE ZERBI

Direttore responsabile: PAOLO TALAMUCCI

Segretario di redazione: ROBERTO ANDERLINI



Consiglio Direttivo:

FRANCESCO BONCIARELLI - Presidente
ENRICO BONARI - Vice Presidente
ANGELO CALIANDRO - Membro
ERSILIO DESIDERIO - Membro
GIUSEPPE LA MALFA - Membro
GIULIANO MOSCA - Membro
CARLO FAUSTO CERETI - Segretario tesoriere

© 1997 Edagricole S.p.A.

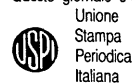
Direzione: Dipartimento di Agronomia e Produzione erbacea dell'Università di Firenze - Piazzale delle Cascine, 18 - 50144 Firenze - Redazione, Pubblicità, Abbonamenti, Amministrazione: Via Emilia Levante, 31 - 40139 Bologna - Tel. 051/49.22.11 (15 linee) - Telefax (051) 493660. Cas. Post. 2157-40139 Bologna - Ufficio di Milano: 20133 - Via Bronzino, 14 - Tel. 02/29.522.864 - Ufficio di Roma: 00187 - Via Boncompagni, 73 - Tel. 06/4288.10.98-4288.12.22.

Internet web site: www.agriline.it/edagri
Internet e-mail: ag@edagricole.agriline.it

Direttore responsabile: Prof. Paolo Talamucci - Reg. Tribunale di Bologna n. 3236 del 12-12-1966 - Spedizione in a.p. - 45% - art. 2 comma 20/b legge 662/96 - Filiale di Bologna. Abbonamenti e prezzi Italia (c/c postale 366401): Abbonamento annuo L. 82.000 - Un numero L. 21.000 - Arretrati e numeri doppi L. 42.000 - Annate arretrate L. 117.000 - Estero: Abbonamento annuo L. 95.000 - Con spedizione via aerea L. 120.000 - Rinnovo abbonamenti Italia: Attendere l'avviso che l'Editore farà pervenire un mese prima della scadenza. Per Enti e Ditte che ne facciano richiesta l'avviso verrà inoltrato tramite preventivo Iva assolta alla fonte dall'Editore ai sensi dell'art. 74, 1 comma, lett. c, D.P.R. 26.10.1972 n. 633 e successive modificazioni ed integrazioni. La ricevuta di pagamento del conto corrente postale è documento idoneo e sufficiente ad ogni effetto contabile.

Tutti i diritti sono riservati: nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata o trasmessa in nessun modo o forma, sia essa elettronica, elettrostatica, fotocopia, ciclostile, senza il permesso scritto dell'Editore.

Questo giornale è associato alla



Stampa: Stabilimento Tipografico «Pliniana»
Selci-Lama (PG)

SOMMARIO

- 917 Analisi della produttività del frumento duro (*Triticum durum* Desf.) in diversi sistemi colturali tipici delle aree interne del Mezzogiorno
Massimo Palumbo, Alfio Spina e Gaetano Boggini
- 925 Ecofisiologia della germinazione ed emergenza dei semi di *Echinochloa crus galli* L.
Stefano Benvenuti, Mario Macchia e Enrico Bonari
- 934 Effetti genetici ed ambientali sul grado di durezza («Hardness») delle cariossidi in varietà di frumento tenero (*Triticum aestivum* L.) coltivate in Italia
Athos Ferraresi, Luciano Mazza, Maurizio Monti, Maria Corbellini e Basilio Borghi
- 945 Effetti fisiologici ed agronomici della ventosità su *Zea mais* L.
Giuseppe Rivoira, Antonio Murtas e Luigi Ledda
- 952 Tolleranza alle basse temperature in ambiente controllato ed in campo in sorgo zuccherino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.)
Cristina Moretti, Sergio Conti e Carla Petrini
- 963 Intercettazione e utilizzazione della luce in due ibridi di mais (*Zea mays* L.)
Antonio Cantele e Andrea Ganis
- 972 Regime irriguo e indicatori fisiologici dello stato idrico del cotone (*Gossypium hirsutum* L.) coltivato in ambiente mediterraneo
Giuseppe Restuccia, Giovanni Mauromicale, Adriana Santoro e Mario Marchese
- 984 Effetti della riduzione degli input di coltivazione sul girasole (*Helianthus annuus* L.) coltivato in diversi ambienti mediterranei
Claudio Leto, Francesco Montemurro, Nicola Losavio, Paolo Bottazzi, Italo Giordano, Gian Franco Marras, Domenico Palazzo e Francesco Sunseri
- 993 Risposta del kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) a tecniche colturali diverse in Pianura Padana
Mario Di Candilo
- 1001 Effetti del regime idrico sulla risposta produttiva e qualitativa del kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) coltivato in ambiente mediterraneo
Nicola Losavio, Domenico Ventrella, Alessandro V. Vonella e Nicola Lamascese
- 1009 Mediche e trifogli annuali autoriseminanti per usi foraggeri e non convenzionali: I. Adattamento e persistenza
Gianfranco Fara, Antonello Franca, Claudio Porqueddu, Salvatore Caredda e Pier Paolo Roggero
- 1019 Introduzione in coltura di nuove specie foraggere: produttività e composizione bromatologica di *Chrysanthemum coronarium* L. (crisantemo) sottoposto a pascolamento simulato
Leonardo Sulas e Salvatore Caredda
- 1027 Modello geometrico-matematico per la stima della fitomassa di arbusti di rovo (*Rubus* sp.), mediante analisi informatica di immagini fotografiche
Stefano Piemontese, Nicolina Staglianò, Andrea Pardini e Giovanni Argenti
- 1035 Indice 1997

Effetti fisiologici ed agronomici della ventosità su *Zea mais* L. (1)

Giuseppe Rivoira, Antonio Murtas e Luigi Ledda (2)

Riassunto

La ricerca è stata condotta utilizzando un impianto lisimetrico per colture idroponiche costituito da 8 unità colturali. Nel corso del 1995 si sono realizzate in piena aria due tesi coltivate a mais ibrido «Vitrex 200». Una tesi è stata sottoposta a ventilazione addizionale tramite ventilatori in grado di creare una corrente d'aria alla velocità costante di 4 m s^{-1} . Una seconda tesi è stata opportunamente protetta dal vento ed è risultata quindi caratterizzata da condizioni anemometriche di calma per tutta la durata del ciclo vegetativo del mais. Un misuratore il cui funzionamento utilizza il principio della bottiglia di Mariot ha consentito la quantificazione delle perdite idriche per traspirazione da ciascuna unità colturale con cadenza giornaliera o plurigiornaliera. Le perdite per evaporazione sono state eliminate ricoprendo il substrato con un foglio di plastica. I risultati ottenuti hanno messo in evidenza un accentuato effetto brachizzante del vento. Le piante sottoposte a ventilazione addizionale hanno ridotto significativamente l'altezza di 35 cm. Anche la produzione di granella ha subito a causa della maggiore ventilazione un significativo decremento: da 162 a 147 grammi per pianta; la traspirazione per unità di superficie fogliare (TAF) è risultata significativamente più elevata con la ventilazione addizionale: 2,82 contro 2,50 mm d^{-1} , mentre si è ridotta l'efficienza d'uso dell'acqua traspirata (TWUE): 2,38 grammi di granella secca prodotta per 1000 grammi di acqua traspirata contro 2,68 nella tesi a ridotta ventilazione.

Parole chiave: colture idroponiche, TWUE (efficienza d'uso dell'acqua traspirata), ETp (evapotraspirazione potenziale), TAF (traspirazione per unità d'area fogliare), vento.

Summary

WIND PHYSIOLOGICAL AND AGRONOMICAL EFFECT ON *ZEA MAIS* L.

The research was carried out using an 8 cultural units lisimetric equipment for hydroponic crops. During 1995, two treatments on maize Vitrex 200 hybrid were carried out in the open air. One treatment was subjected to supplementary wind by fans, able to generate a 4 m s^{-1} speed air flux. The second treatment was protected from wind, resulting in anemometric calm conditions during the entire vegetative cycle of maize. The water losses by transpiration were daily or periodically collected on each cultural unit using a Mariot principles meter. The evaporative water losses were eliminated by covering the substrate with a plastic film. The results show a dwarfing effect of the wind. The height of the plants subjected to supplementary wind was significantly reduced by 35 cm and the grain yield was significantly reduced from 162 to 147 g per plant; the transpiration rate per unit leaf area (TAF) was resulted higher: 2.82 vs 2.50 mm d^{-1} ; at the same time, the transpired water use efficiency (TWUE) was lower: 2.38 g of dry grain per 1000 g of transpired water vs 2.68 g collected on the wind protected treatment.

Key words: hydroponic crops, TWUE (transpired water use efficiency), TAF (transpiration per unit leaf area), ETp (potential evapotranspiration), wind.

Introduzione

Numerosi areali agricoli italiani, ubicati soprattutto nelle zone costiere del centro-sud della penisola e delle isole, sono caratterizzati da valori anemometrici medi

elevati. In questi ambienti gli effetti più macroscopici del vento sulla vegetazione sono documentati dalla classica immagine degli alberi a bandiera, molto comuni e frequenti nelle zone mediterranee più esposte ai venti, il cui tronco e relativa chioma risultano profon-

(1) Ricerca eseguita con finanziamento del MURST: Fondo per la ricerca scientifica (60%).

(2) Rispettivamente professore di ruolo prima fascia, professore di ruolo seconda fascia, dottorando di ricerca. Il lavoro è da attribuire in parti uguali ai tre Autori.

damente modificati rispetto alla configurazione normale e assumono il classico portamento tipicamente piegato e rivolto in direzione opposta a quella del vento dominante. Gli effetti della ventosità sulla vegetazione sono da attribuire a due componenti fondamentali: la velocità del vento e la durata dell'evento anche in corrispondenza di velocità limitate. Con l'aumentare della velocità oltre determinati limiti si manifestano danni meccanici, evidenziati macroscopicamente, nei casi più gravi, dallo sradicamento di alberi, dalla rottura di parti di pianta, ad es. rami, dal distacco delle foglie o da lesioni alle lamine fogliari, e dalla caduta di fiori o di infiorescenze, da allettamento, da disidratazione di apici fogliari e porzioni apicali dei fusti, con conseguente necrosi dei tessuti o da altri danni meccanici. Per contro, la ventosità, intesa come durata del vento nel tempo, anche a velocità moderata, intorno a valori indicati nella scala di Beaufort come brezze, non causa danni macroscopicamente visibili ma determina ugualmente una serie di effetti negativi a livello metabolico, fisiologico, di crescita e fotosintetico. Dai dati riportati in letteratura è ampiamente documentata l'influenza della ventosità sui processi vegetativi e produttivi delle piante, da attribuire sia agli eccessi della velocità sia al protrarsi della durata della sua azione anche a velocità ridotta. In numerose specie è stato dimostrato che con l'aumentare della velocità diminuisce l'attività fotosintetica (Tranquillini, 1969; Kahn e Tsunoda, 1970; Yabuki e Miyagawa, 1970; Caldwell, 1970; Grace e Thompson, 1973). Come conseguenza della riduzione della attività fotosintetica si verifica un decremento produttivo in termini di peso secco, area fogliare e altezza delle piante (Grace, 1977). Questi elementi possono spiegare i minori livelli di produzione per unità di superficie che si raggiungono nelle aree costiere ventose a clima mediterraneo rispetto ad altre zone agricole anemometricamente più favorite. In sintesi l'influenza del vento sulle piante, ampiamente dimostrata in letteratura (Jacobs, 1954; Grace e Russel, 1977; Retuerto e Woodward, 1992; Puri, *et al.*, 1992; Marler e Zozor, 1992; Marler e Mickelbart, 1992), riguarda: l'effetto brachizzante esercitato sulla vegetazione, la riduzione del numero e delle dimensioni delle foglie e la conseguente minore area fogliare sia per distacco meccanico delle foglie sia per la minore

espansione delle lamine fogliari; per contro come reazione alla azione del vento sulla vegetazione, è stato spesso registrato un aumento del diametro basale dei fusti e degli steli. Secondo Larson (1965) l'influenza negativa del vento sullo sviluppo delle piante è da attribuire ad una più ridotta produzione di sostanze di crescita quali le auxine indotta dalla azione di scuotimento del vento. Infatti una serie di interessanti ricerche finalizzate allo studio e all'approfondimento degli effetti del vento ha dimostrato l'equipollenza fra l'azione diretta del vento sulla vegetazione e la stimolazione meccanica realizzata con scuotimenti artificiali sulla intera pianta, o su rami e foglie (Neel e Harris, 1971; Parkurst e Pearman, 1972; Turgeon e Webb, 1971; Marler e Zozor, l.c.).

Anche dal punto di vista del trofismo idrico è nota l'influenza della ventosità sulla vegetazione tanto che in alcune formule utilizzate per il calcolo della ETp la ventosità assume un ruolo determinante. Se si utilizza la formula di Penman - Monteith (1991), a parità degli altri parametri meteorologici coinvolti (temperatura, umidità relativa, radiazione globale), l'ETp assume valori crescenti come indicato nella figura 1. In generale con l'aumentare della velocità del vento aumenta la traspirazione sia riferita alla superficie fogliare che rapportata alla superficie di coltivazione. Questo andamento è stato verificato su specie diverse fra le quali: *Coffea arabica* L. (Gutierrez, *et al.*, 1994), *Thea sinensis* L. (Fukuda *et al.*, 1993), *Pennisetum glaucum* L. (Banzhaf *et al.*, 1992), *Sinapis alba* L. (Retuerto e Woodward, l.c.). Tuttavia non sempre, ad un aumento della ventosità corrisponde un incremento delle perdite idriche per traspirazione. In alcuni casi (Grace, l.c.), quando l'aumento della velocità del vento determina un abbassamento della temperatura sia dell'aria circostante che della lamina fogliare, l'entità della traspirazione diminuisce. Per contro, in altre condizioni, un aumento della velocità del vento determina aumento della traspirazione in quanto diminuisce la resistenza aerodinamica al flusso traspirativo, aumenta cioè la conduttanza dello strato limite foglia-aria. Inoltre, nei casi di velocità elevata del vento si possono verificare danni alle foglie con abrasioni e rotture della lamina per reciproco attrito, lesioni alle superfici cuticolari e conseguente aumento della traspirazione (Grace,

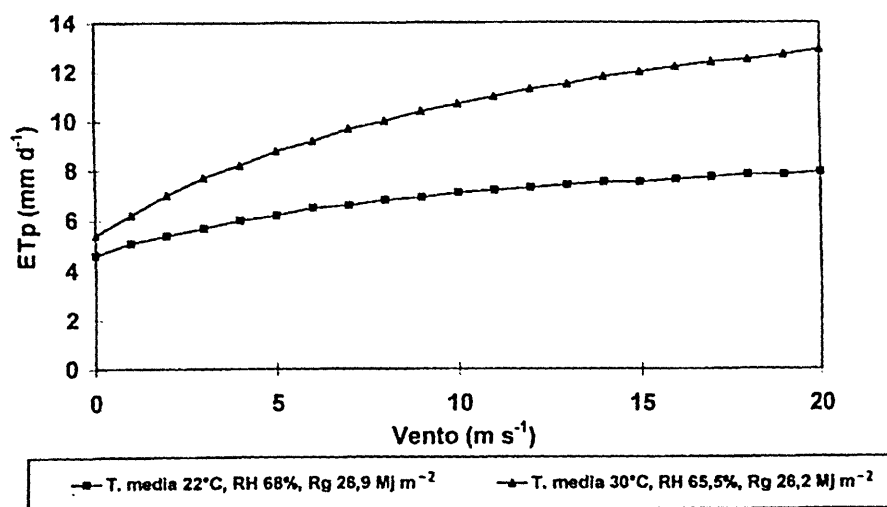


Fig. 1 - Effetto della velocità del vento sulla ETp (secondo Penman - Monteith 1991).

Fig. 1 - Wind speed effect on ETp (by Penman - Monteith 1991).

l.c.; Thmpson, 1974). È stato dimostrato (Van Gardingen, *et al.*, 1991) che una velocità del vento di 11 ms^{-1} determina su *Picea sitchensis* Bong e su *Pinus sylvestris* L. danni al ricoprimento cuticolare ceroso e rotture alle cellule stomatiche. Per quanto riguarda l'azione protettiva esercitata da fasce frangivento in letteratura si registrano effetti contrastanti. Su cotone Puri *et al.* (l.c.) riportano che l'impiego di fasce frangivento incrementa la produzione dal 4 al 10%, aumenta il numero e l'area delle foglie per pianta e determina maggiore altezza delle piante. Su *Pennisetum glaucum* L., in ambiente tropicale (Brenner, *et al.*, 1995), la protezione con fasce frangivento ha determinato incremento della traspirazione per unità di area fogliare. L'aumentata traspirazione è stata attribuita alla più elevata temperatura sia dell'aria circostante sia delle foglie che si è verificata in seguito alla diminuita ventosità. Sulla base di queste considerazioni, tenendo conto degli elevati livelli anemometrici che caratterizzano alcuni ambienti agricoli mediterranei e con riferimento ad una certa tendenza che si sta affermando in alcuni comprensori agricoli verso l'allargamento delle maglie frangivento attualmente esistenti si è attuata una ricerca su *Zea Mais* L. finalizzata alla quantificazione della traspirazione areica fogliare e alla determinazione dell'efficienza d'uso dell'acqua traspirata in due distinte situazioni anemometriche: una caratterizzata da livelli di ridotta ventilazione ottenuta con reti frangivento a maglia stretta e una ad elevata ventosità realizzata con l'impiego di ventilatori in grado di assicurare velocità del vento tali da non arrecare danni meccanici alla coltura, ma di durata giornaliera di 7 ore. Questa impostazione metodologica ha permesso di realizzare in pieno campo l'isolamento del fattore in studio ventosità a parità degli altri fattori meteorologici coinvolti quali temperatura dell'aria, umidità relativa e radiazione globale.

Situazione anemometrica dell'area di coltura

L'area utilizzata per la conduzione della prova è ubicata nella Sardegna centro occidentale (long $3^{\circ} 50' 00''$ Monte Mario, lat. $39^{\circ} 58' 40''$) a tre Km dal mare e ricade in tipico clima mediterraneo. Al fine di meglio caratterizzare i possibili livelli di ventosità naturalmente presenti in ambienti agricoli mediterranei si è proceduto ad un esame preliminare dei dati

pluriennali relativi ad alcune stazioni meteorologiche. Purtroppo i rilevamenti anemometrici oggi disponibili su base poliennali sono spesso poco utilizzabili ai fini della caratterizzazione di un ambiente dal punto di vista agronomico. Prevale infatti il rilevamento di quei parametri di maggiore interesse per le utenze extra agricole quale il settore aeronautico che gestisce un gran numero di stazioni anemometriche. Ad esempio sono comunemente non rilevati i dati che totalizzano il vento sfilato in km d^{-1} , che per contro riveste grande importanza agronomica. Infatti per caratterizzare un ambiente climatico dal punto di vista anemometrico si può fare riferimento oltre che al così detto indice di ventosità rappresentato dal rapporto $\text{Calme} \times 100 / \text{Totale osservazioni}$, anche al vento sfilato espresso in km d^{-1} .

Nel primo caso, secondo dati elaborati da Pinna (1954), in Sardegna sono presenti areali a elevata ventosità con indici molto bassi, 6%, 8% e aree intermedie con indici fra 15 e 25%.

Qualora la caratterizzazione anemometrica venga effettuata sulla base del vento sfilato giornalmente, sono stati registrati gli andamenti riportati nella figura 2 relativi a tre stazioni meteo, due ubicate nella Sardegna settentrionale (Sassari e Ottava) e una nella Sardegna centrosettentrionale (Oristano).

I tre ambienti presentano fra di loro differenze anemometriche accentuate. Decisamente più ventosa la situazione a Sassari, anche in relazione al fatto che la stazione di rilevamento è collocata in luogo aperto, sopraelevato e all'interno del perimetro urbano e quindi in area soggetta a irregolari turbolenze. È tuttavia utile per dare elementi di confronto rispetto ad altre aree di interesse agrario. Le condizioni di più ridotta ventosità si sono rilevate nella zona di Oristano. In questo caso la stazione di rilevamento è collocata all'interno di un comprensorio irriguo protetto da una maglia frangivento di eucalipto ormai sviluppata e in grado di esercitare un'azione efficace. Intermedie, rispetto a queste due, appaiono le condizioni anemometriche della zona di Ottava.

Le differenze più caratterizzanti riscontrate fra i tre ambienti sono riassunte nella tabella 1.

Dai rilevamenti anemometrici pluriennali disponibili si sono evidenziati valori massimi giornalieri di vento sfilato pari a 800 km d^{-1} e minimi intorno a 50. Con riferimento a valori medi giornalieri e mensili riscontra-

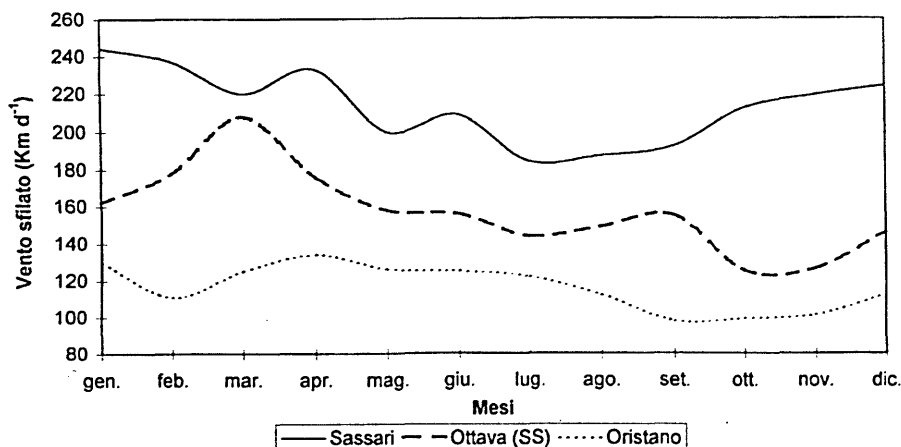


Fig. 2 - Andamento giornaliero del vento sfilato (valori medi mensili) in tre località della Sardegna.

Fig. 2 - Daily total wind trend (monthly averaged values) in three Sardinian sites.

TABELLA 1 - Vento sfilato in chilometri (valori medi calcolati su dati decennali).

TABLE 1 - Route of wind in km (ten years average).

	Totale annuale	Totale mensile	Totale giornaliero
Sassari	78057	6504	213
Ottava	57439	4786	156
Oristano	42561	3546	116

ti su base poliennale nelle aree climatiche indicate, si è impostato un piano sperimentale con l'obiettivo di differenziare due condizioni di ventosità di cui una caratterizzata da elevato gradiente anemometrico e una da ventosità contenuta.

Materiali e metodi

Nel corso di precedenti ricerche condotte sulla quantificazione della traspirazione per unità di area fogliare traspirante è stata messa a punto una metodologia che utilizzando un impianto lisimetrico idroponico consente la determinazione delle perdite per traspirazione durante l'intera durata del ciclo vegetativo della coltura con un elevatissimo livello di precisione tanto da poter disaggregare l'entità della traspirazione delle ore di luce da quella che si verifica nelle ore di buio (Rivoira e Barros, 1992; Rivoira, 1994).

L'impianto è costituito da singole unità colturali che comprendono:

- una vasca di vegetazione colma di substrato inerte e ricoperta, per tutta la durata del ciclo vegetativo della coltura in studio, da un foglio di plastica al fine di impedire l'evaporazione;
- un deposito della soluzione nutritiva, collocato a livello inferiore rispetto alla vasca di vegetazione ed ermeticamente chiuso per eliminare anche in questo caso perdite per evaporazione;
- elettropompe sommerse di ridotte dimensioni provvedono ad inviare e riciclare la soluzione nutritiva dal serbatoio alla vasca di vegetazione.

Le piante in studio allevate nella vasca di vegetazione emergono attraverso opportuni fori praticati a distanze prefissate nel telo di plastica collocato sul substrato inerte. Il sistema descritto consente di escludere completamente tutte le perdite per evaporazione. Tuttavia per effettuare una verifica e calcolare le eventuali perdite del sistema per evaporazione viene realizzata una prova in bianco costituita da una unità identica a quella descritta ma nella quale dai fori del telo di plastica emergono fusti di materiale inerte (plastica) che simulano la presenza delle piante ma senza determinare perdite per traspirazione.

Le perdite di acqua di ciascuna vasca vengono determinate ripristinando periodicamente il livello idrico nel serbatoio della soluzione nutritiva attraverso un cilindro graduato che funziona sul principio della bottiglia di Mariot. Le letture possono essere effettuate giornalmente o ad intervalli di maggiore durata con una elevata precisione. Con le caratteristiche costruttive dell'impianto utilizzato ad un millimetro di altezza

d'acqua nel cilindro di lettura corrispondono 15 cc di acqua perduta per traspirazione. Se nel corso del ciclo vegetativo della coltura in studio vengono effettuate periodiche misurazioni dell'area fogliare si ha la possibilità di calcolare anche per periodi di un giorno la traspirazione per unità di area fogliare.

Protocollo sperimentale

Sono state realizzate due condizioni differenziate di ventosità. Tre unità colturali sono state protette dalla ventosità naturale sui quattro lati da reti frangivento collocate a distanza tale da non interferire nel corso della intera giornata con l'esposizione ai raggi solari della vegetazione. Altre tre unità colturali sono state collocate in un'area sottoposta a ventilazione artificialmente indotta tramite un ventilatore collocato in posizione tale da assicurare, per un periodo di 7 ore giornaliere (dalle ore 07,00 alle ore 14,00), una ventilazione uniforme e costante (4 ms^{-1}) senza provocare alcun danno alle piante in allevamento. Le perdite di acqua dovute alla sola traspirazione sono state quantificate giornalmente attraverso le letture effettuate negli indicatori di livello dei cilindri di alimentazione idrica di ciascuna unità colturale. Nel corso delle esperienze condotte nel 1995 si è utilizzata quale coltura test il mais (ibrido «Vitrex 200»). La semina nelle vasche di vegetazione è stata effettuata in data 3 luglio 1995 con un investimento pari a 6,6 piante per m^2 . Si è dato inizio alla ventilazione indotta artificialmente a partire dal 1° agosto 1995 e si è sospesa il 30 settembre 1995. Fra i due trattamenti anemometrici in esame si sono rilevati a fine ciclo i seguenti valori espressi in km di vento sfilato nel corso dello intero periodo (1° agosto-30 settembre 1995): 7900 km con ventilazione addizionale e 800 km senza ventilazione addizionale e con protezione frangivento, risultando quindi una differenza complessiva fra i due trattamenti pari ad oltre 7000 km. L'esperienza si è ritenuta conclusa in corrispondenza della maturazione fisiologica della granella di mais.

Risultati

I rilevamenti effettuati nel corso del ciclo vegetativo hanno riguardato:

- 1) consumi idrici giornalieri dovuti alla traspirazione.
- 2) determinazioni ad intervalli di 3-4 giorni della area fogliare per ciascuna unità colturale con metodo non distruttivo. Si è utilizzata la formula proposta da Stickler *et al.*, (1961) per il sorgo:

$$LA = LL \times LW \times 0,75,$$

dove

LA è l'area della lamina fogliare, LL la lunghezza della lamina, LW la larghezza massima della lamina e 0,75 un coefficiente determinato sperimentalmente.

L'applicabilità della formula è stata verificata per l'ibrido «Vitrex 200» impiegato nella ricerca condotta. I dati ottenuti hanno suggerito di modificare il valore del coefficiente indicato da Stickler *et al.*, che è passato da 0,75 a 0,77.

TABELLA 2 - Risultati relativi alle due situazioni anemometriche.

TABLE 2 - Results at two anemometric conditions.

	Con ventilazione addizionale	Senza ventilazione addizionale	
Sostanza secca totale: g pianta ⁻¹	458	476	n.s.
Cariossidi: g pianta ⁻¹	147	162	**
Area fogliare ('): cm ² pianta ⁻¹	5015	5693	*
Lunghezza media foglie ('): cm	51	59	*
Larghezza media foglie ('): cm	8,7	9,0	n.s.
Altezza piante: cm	238	273	**
Numero nodi per pianta	14	15,2	n.s.
Lunghezza internodi: cm	12,3	14,6	**
Diametro basale culmi: cm	2,98	2,55	**
Diametro mediano culmi: cm	1,95	1,97	n.s.
Diametro apicale culmi: cm	0,85	0,95	ns
TAF media intero ciclo: mmd ⁻¹	2,53	2,31	*
TAF media mese di agosto: mmd ⁻¹	2,85	2,46	**
LAI (')	3,3	3,8	*
TWUE: g di ss totale/1000 cc di acqua	7,4	7,8	n.s.
TWUE: g di ss granella/1000 cc di acqua	2,38	2,68	*

(') I valori si riferiscono al periodo di massima espansione fogliare. TAF = Traspirazione Areica Fogliare. Si intende l'acqua perduta dalla pianta per unità di superficie fogliare traspirante e ha un valore diverso dalla traspirazione riferita alla superficie di coltivazione. La TAF assume un significato fisiologico e può essere anche considerato un parametro di differenziazione fra genotipi, mentre la traspirazione riferita alla superficie di coltivazione ha solo valore agronomico ai fini del calcolo dei consumi idrici per unità di superficie coltivata e dipende dal valore dal LAI. TWUE = Efficienza d'uso dell'acqua traspirata. n.s.: differenza non significativa
*: differenza significativa allo 0,05
**: differenza significativa allo 0,01

3) altezza delle piante a fine ciclo compresa la infiorescenza maschile.

4) numero internodi per pianta.

5) lunghezza internodi.

6) diametri basali, medi e apicali dei culmi.

7) sostanza secca totale prodotta per pianta e per ciascuna unità culturale.

8) peso cariossidi prodotte per pianta riportato a sostanza secca.

Le determinazioni svolte hanno consentito di calcolare:

9) la traspirazione per unità di area fogliare traspirante (TAF) espressa in mm d⁻¹. I valori della traspirazione areica fogliare sono stati calcolati ad intervalli di tre o quattro giorni e alla fine del periodo vegetativo è stato determinato il valore medio per tutto il ciclo.

10) l'efficienza d'uso dell'acqua traspirata (TWUE) espressa, sia in termini di g di sostanza secca totale prodotta per 1000 g di acqua traspirata, sia di g di granella prodotta per 1000 g di acqua traspirata.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella 2.

Discussione e conclusioni

L'influenza negativa esercitata dall'azione del vento sulle piante di mais coinvolge la maggior parte dei

parametri rilevati o calcolati e appare in accordo con quanto riportato in letteratura per altre specie; tuttavia gli effetti statisticamente significativi si manifestano solo nei riguardi di alcuni di essi. Macroscopicamente evidente e statisticamente significativa è l'azione brachizzante del vento: fra i due trattamenti si è rilevata una differenza nell'altezza delle piante alla maturazione di 35 cm a favore della tesi a ventilazione limitata. La più bassa statura è da imputare sia al minor numero di nodi per pianta ma soprattutto alla minore lunghezza del tratto di culmo compreso fra due nodi; lunghezza che nelle piante sottoposte a ventilazione addizionale è risultata statisticamente inferiore. Alla azione esercitata dal vento sulla parte epigea la pianta reagisce, oltre che riducendo l'altezza e diminuendo significativamente la lunghezza delle foglie, aumentando la resistenza meccanica dei culmi che nella porzione basale si irrobustiscono con un incremento significativo del diametro. Comportamenti analoghi come reattività delle piante alla ventilazione sono stati segnalati su specie forestali (Jacobs, l.c.; Larson, l.c.).

La minore estensione della lamina fogliare causata dal vento ha influenzato il LAI che nella tesi sottoposta a ventilazione addizionale risulta statisticamente inferiore sia con riferimento al valore medio di tutto il periodo vegetativo sia in corrispondenza del periodo di massima espansione fogliare. La traspirazione areica fogliare, in entrambe le situazioni anemometriche in studio, non è risultata influenzata dal LAI come appare dalla figura 3.

La riduzione dello sviluppo generale delle piante sottoposte a ventilazione addizionale è stata attribuita in alcune specie ad una minore presenza di ormoni di crescita, ad esempio auxine (Larson, l.c.) la cui sintesi verrebbe ostacolata dalla continua azione di agitazione provocata dal vento. Nel caso del mais potrebbe essere avanzata l'ipotesi, non verificata nel corso della esperienza condotta, di una minore presenza di giberelline. Detta verifica sarà oggetto di future ricerche.

Anche la produzione è influenzata negativamente dal vento, sia in termini di sostanza secca totale che di granella prodotta, il cui decremento è risultato statisticamente significativo. Il calo produttivo secondo alcuni Autori (Khan e Tsunda, l.c.; Yabuki e Miyagawa, l.c.) è attribuibile ad una riduzione dell'attività fotosintetica indotta dall'azione di scuotimento esercitata dal vento sulle lamine fogliari che determinerebbe una chiusura stomatica con conseguente minore diffusione della CO₂ nel mesofillo fogliare. Questa ipotesi potrebbe apparire antitetica con l'aumento della traspirazione indotto in molti casi dalla maggiore ventilazione. Tuttavia dalla documentazione reperibile in lettura (Grace 1977 l.c., Grace 1981) è possibile mettere in evidenza come l'effetto del vento possa causare in alcune situazioni anche una flessione della traspirazione allorché la ventilazione determina un abbassamento della temperatura sia dell'aria circostante sia della lamina fogliare. Per contro, nel corso delle ricerche condotte, questa situazione non si è verificata e la traspirazione areica fogliare (TAF) è risultata statisticamente più elevata in corrispondenza del livello anemometrico più alto e per tutta la durata dell'intero ciclo evidenziando, inoltre, un'andamento più accentuato della entità della traspirazione nei periodi caratterizzati da più elevato potere evaporante della atmosfera, come può rilevarsi dalla figura 4.

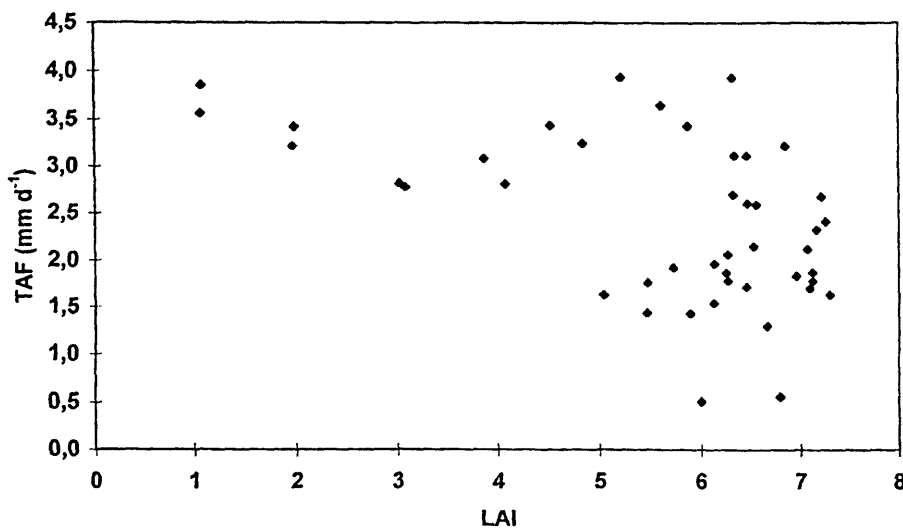


Fig. 3 - Indipendenza fra la traspirazione areica fogliare (TAF) e il LAI.

Fig. 3 - Independence between transpiration per unit leaf area (TAF) and LAI.

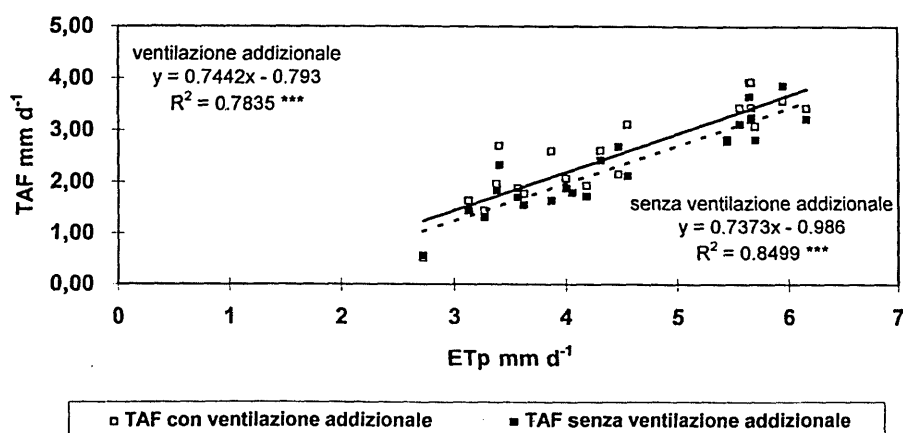


Fig. 4 - Correlazione fra traspirazione areica fogliare (TAF) ed ETp ai due livelli anemometrici.

Fig. 4 - Correlation between transpiration per unit leaf area (TAF) and ETp at two anemometric levels.

Come conseguenza della maggiore traspirazione areica fogliare (TAF), anche l'efficienza d'uso dell'acqua traspirata (TWUE) risulta influenzata dalla ventosità. In particolare il valore di TWUE si riduce in termini di sostanza secca totale prodotta ma il decremento dovuto alle più accentuate condizioni di ventosità risulta statisticamente significativo solo se riferito ai grammi di granella secca prodotta per 1000 grammi di acqua traspirata. Dal comportamento descritto potrebbe dedursi che il mais è più sensibile alla azione del vento nella fase finale di maturazione cioè al momento della traslocazione degli elaborati verso le cariossidi e meno sensibile nelle altre fasi vegetative del ciclo.

Nel corso della ricerca condotta è stata dimostrata l'influenza negativa che il vento esercita sullo sviluppo, la produzione e i consumi idrici di una coltura di grande diffusione come il mais. In realtà nella caratterizzazione di un ambiente climatico, sia nell'esercizio di quotidiane e normali attività agricole, sia nel campo della progettazione, quanto nell'ambito della ricerca e sperimentazione di pieno campo, spesso si trascura e sottovaluta la componente anemometrica rispetto agli altri tradizionali parametri climatici quali piovosità, temperatura, umidità relativa e radiazione. Questa tendenza può essere frequentemente attribuibile alla limitata disponibilità di dati sulla ventosità e soprattutto alla carente elaborazione dei dati anemometrici che spesso

sono rilevati in funzione di utenze extra agricole, ad es. civili e aeronautiche che non soddisfano le esigenze dell'agronomo. È difficile ad es. reperire dati poliennali con registrazione continua della velocità del vento ripartita in classi di durata (n. di ore su 100 ore o su 24 ore alle diverse velocità registrate). Si ha infatti ragione di ritenere che ai fini della influenza del vento sulla vegetazione sia determinante la durata, nell'arco della giornata, del mese o dell'anno dei diversi gradienti di velocità. Un vento che spira per 24 ore alla velocità di $0,1 \text{ ms}^{-1}$ indubbiamente eserciterà un effetto diverso sulla vegetazione rispetto ad una situazione anemometrica caratterizzata da durata inferiore, esempio 5-10 ore ma a velocità superiore, ad esempio di 4 ms^{-1} . Ugualmente di difficile reperibilità sono i dati sul vento sfilato in kmd^{-1} . Questo parametro è da considerare utilissimo per caratterizzare un ambiente dal punto di vista degli effetti sulla vegetazione in mancanza di dati sulla velocità e durata della ventosità; anche in questo caso non è facile reperire dati poliennali se non nell'ambito di rielaborazioni su serie storiche di diagrammi.

In tutti i casi gli aspetti riferiti all'effetto vento su specie agrarie di grande coltura risultano ancora poco studiati, mentre i risultati ottenuti dalle ricerche condotte hanno evidenziato l'influenza determinante esercitata dalla ventosità sui processi produttivi, tanto da

poter ipotizzare che le differenze che si riscontrano fra le produzioni areiche di alcune zone agricole possano essere attribuite non solo, come spesso accade, a generiche cause climatiche, ma più specificatamente a ben documentabili diversificate situazioni anemometriche.

Si è del parere che una più approfondita conoscenza circa l'influenza del vento sulle specie agrarie più estesamente coltivate possa contribuire anche ad orientare la ricerca genetica verso la individuazione di genotipi più idonei alle aree di coltivazione caratterizzate da condizioni di maggiore ventosità.

Ricevuto il 6.3.1997

Bibliografia

- BANZHAF, J., LEIHNER, D., BUERKERT, A., SERAFINI, P., 1992. *Soil tillage and windbreak effects on millet and cowpea. Wind speed, evaporation and wind erosion*. Agron. J., vol. 84, n. 5, pp. 1056-1060.
- BRENNER, A., JARVIS, P., VAN DENBELDT, R., 1995. *Windbreak crop interactions in the Sahel. Growth response of millet in shelter*. Agricultural and forestry meteorology, vol. 75, n. 4, pp. 235-262.
- CALDWELL, M.N., 1970. *Plant gas exchange at high wind speed*. Plant Physiology, 46, 535-537.
- FUKUNDA, A., YAMATANI, S., KOBATA, T., IMAKI, T., 1993. *Degrease of leaf water potential and leaf injury of tea plants (Thea sinensis L.) subjected to cold winter wind in Sanin region of Japan*. Japan. J. of crop Science. vol. 62, n. 2, pp. 193-198.
- GRACE, J., 1977. *Plant response to wind*. Academic Press, London.
- GRACE, J., 1981. *Some effects of wind on plants*. In Grace, J., Ford, E.D. and Jarvis, P.S. (eds.): *Plants and their atmosphere environment*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, pp. 32-56.
- GRACE, J., RUSSELL, G.R., 1977. *J. Exp. Bot.*, 28, 268-274.
- GRACE, J., THOMPSON, J.R., 1973. *Physiologia Pl.*, 28, 541-547.
- GUTIERREZ, M., MEINZER, F., GRANTZ, O., 1994. *Regulation of transpiration in coffee hedgerows covariation of environmental variables and apparent responses of stomata to wind and humidity*. Plant cell and environmental, vol. 17, n. 12, pp. 1305-1313.
- JACOBS, M.R., 1954. *Austr. J. Bot.*, vol. 2, pp. 35-51.
- KHAN, M.A., TSUNODA, S., 1970. *Jap J. Breed.*, 20, 305-312.
- LARSON, P.R., 1965. *Stem form of young Larix as influenced by wind and pruning*. Forest Science, 11, 412-424.
- MARLER, T., ZOZOR, Y., 1992. *Carambola growth and leaf gas exchange responses to seismic or wind stress*. Hortscience, vol. 27, n. 8, pp. 913-915.
- MARLER, T., MICKELBART, M., 1992. *Repeated mechanical-stress from leaf cuvette influences leaf gas exchange*. Hortscience, vol. 27, n. 5, pp. 432-434.
- NEEL, P.L., HARRIS, R.W., 1971. *Motion-induced inhibition of elongation and induction of dormancy*, in *Liquidambar*. Science 173, 58-59.
- PARKURST, D.F., PEARMAN, G.I., 1972. *Science*, 175, 918.
- PENMANN-MONTEITH, 1991. In Verhoef, A. and Feddes, R.A., (eds.): *Preliminary review of revised FAO radiation and temperature methods*. FAO Roma.
- PINNA, M., 1954. *Il clima della Sardegna*. Ed Libreria goliardica. Pisa.
- PURI, S. SINGH, S., KHARA, A., 1992. *Effect of windbreak on the yield of cotton crop in semiarid regions of Haryana*. Agroforestry Systems, vol. 18, n. 3, pp. 183-195.
- RETUERTO, R., WOODWARD, F., 1992. *Effects of windspeed on the growth and biomass allocation of white mustard (Sinapis alba L.)*. Oecologia, vol. 92, n. 1, pp. 113-123.
- RIVOIRA, G., 1994. *Transpiration rate at increasing salt concentration*. Proc. 3rd ESA Congress, Abano-Padova, pp. 226-227.
- RIVOIRA, G., BARROS, J., 1992. *Determination of net transpiration rate with solilites lysimeters*. Proc. 8th ISOSC Congr., Hunter Rest, South Africa, 1992.
- STICKLER, F.C., WEARDENS and PAULI, A.W., 1961. *Leaf area determination grain sorghum*. Agron. J., 53, 187-188.
- THOMPSON, J.R., 1974. *The effect of wind on grasses II. Mechanical damage in Festuca arundinacea Schreb*. J. of Experimental Botany, 25, 965-972.
- TRANQUILLINI, W., 1969. *Photosintese und Transpiration einiger Holzarten bei verschieden starken Wind*. Zentralblatt für das gesamte forstwesen, 81, 35-48.
- TURGEON, R., WEBB, J.A., 1971, *Science*, 174, 961-962.
- VAN GARDINGEN, P., GRACE, J., 1991. *Plants and wind*. Advances in Botanical Research, vol. 18, pp 189-253.
- VAN GARDINGEN, P., GRACE, J., JEFFREE, C., 1991. *Abrasive damage by wind to the needle surfaces of Picea sitchensis (Borg) Carr. and Pinus sylvestris L*. Plant cell and environment, vol. 2, pp. 185-193.
- YABUKI, K., MIYAGAWA, H., 1970. *J. Agric. Met. Tokyo*, 26, 137-141.