

STIMA DELL'ALBEDO DI UN FRUTTETO MEDIANTE UN RADIOMETRO NETTO

F. Nerozzi⁽¹⁾, F. Rossi⁽²⁾, O. Facini⁽²⁾ e T. Georgiadis⁽³⁾

⁽¹⁾ Servizio Meteorologico Regionale - ARPA, Bologna

⁽²⁾ Ist. di Ecofisiologia delle Piante Arboree da frutto, CNR, Bologna

⁽³⁾ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e dell'Oceano, CNR, Bologna

Indirizzo per la corrispondenza: F. Nerozzi, ARPA-SMR, V.le Silvani, 6 - 40122 Bologna tel. 051284592 – fax 051284664, e-mail f.nerozzi@smr.arpa.emr.it

Riassunto

L'albedo di un frutteto è una grandezza che varia lungo diverse scale temporali: ad esempio abbiamo una variabilità giornaliera, dovuta sia all'elevazione dell'angolo solare che al contenuto idrico della vegetazione ed una variabilità stagionale legata alla crescita della biomassa fogliare. La dipendenza dall'angolo di elevazione solare è molto debole durante il giorno, tranne che nelle prime ore del mattino e nel tardo pomeriggio. E' evidente un'isteresi giornaliera dei valori di albedo che nel pomeriggio sono più alti rispetto a quelli osservati nel mattino, ragionevolmente legata alla traspirazione delle piante. A parziale conferma di questo sono presentati alcuni spettri di riflettanza di foglie lasciate progressivamente essiccare. La diminuzione dell'albedo in relazione all'accrescimento della biomassa fogliare durante la stagione vegetativa è consistente, circa il 50%.

Abstract

The albedo of an orchard shows a variability along different time scales: a daily variability, due both to solar elevation angle and water content of leaves and a seasonal variability related to the biomass increase. The solar elevation angle influence is very weak along the daytime, except in early morning and in late afternoon. A hysteresis is evident between morning and afternoon values, which is reasonably related to the transpiration activity of the biomass. In order to partially justify this fact, the reflectance spectra of progressively dehydrated leaves are shown. The decrease of albedo

in relation to the increase of biomass, occurred between the leaf emergency and the harvest period, is relatively marked, around 50%.

1. Introduzione

L'albedo, o coefficiente di riflessione, è definito come il rapporto tra la radiazione solare emessa e quella assorbita da una data superficie in una determinata banda spettrale (Monteith e Unsworth, 1990). La radiazione solare è una delle variabili ambientali indispensabili per sostenere il ciclo biogeochimico del carbonio e dell'acqua tra atmosfera, oceano e suolo, senza il quale la vita sulla Terra sarebbe insostenibile, e l'albedo del suolo influisce direttamente sulla quantità di energia rilasciata dalla superficie terrestre, sia in forma radiante che di calore sensibile e latente. Charney per primo descrisse un meccanismo di feedback tra l'aumento del valore di albedo, la perdita di radiazione netta e la diminuzione della nuvolosità e delle precipitazioni. Successivamente è stato messo in evidenza che, nei modelli di circolazione atmosferica globale (GCM), la parametrizzazione della vegetazione con un valore di albedo del suolo relativamente basso è positivamente correlata con l'aumento delle precipitazioni previste (Eckardt, 1991).

In questo lavoro si è cercato di ottenere una stima del valore del coefficiente di riflessione di un frutteto durante la stagione di crescita, mediante le misure effettuate con un radiometro netto. La scelta di un radiometro netto, e non di un albedometro, è stata dettata principalmente da un principio di economia nell'utilizzo della strumentazione in campo. Infatti, una stazione di rilevamento micrometeorologica, comprendente anche un radiometro netto, era già predisposta e funzionante nel frutteto per potere determinare gli scambi di calore sensibile e latente tra il frutteto e l'atmosfera, al fine di un bilancio energetico. In particolare si è tenuto conto degli andamenti diurni delle due componenti della radiazione (verso l'alto e verso il basso) rilevate del radiometro netto e si sono studiate le relazioni che intercorrono tra l'albedo del frutteto, l'angolo di elevazione solare e l'indice di area fogliare (leaf area index, LAI).

2. Materiali e metodi

Le misure sono state effettuate da aprile a luglio in un frutteto di pesco situato a Molinella (BO), le cui piante, distanziate 4 m sulla fila, erano allevate a palmetta in filari orientati N-S. L'altezza delle piante, statisticamente omogenea, era 4.5 m ed è stata mantenuta pressoché invariata nel corso della stagione tramite tagli della cima. Il terreno tra i filari, distanziati 5 m, era inerbito naturalmente. L'impianto non era sottoposto ad un'irrigazione sistematica e le piante beneficiavano solamente delle piogge e dell'irrigazione di soccorso praticata in alcuni momenti di marcata siccità estiva.

Nel corso della stagione di crescita, dall'inizio dell'emergenza delle foglie fino al completo sviluppo della biomassa, è stata misurata direttamente, a cadenza bisettimanale, l'estensione dell'area fogliare. Successivamente, si è calcolato il LAI come rapporto tra l'area della superficie fogliare e l'area ottenuta dal prodotto tra le distanze tra le piante lungo il filare e tra i filari (20 m^2).

Due radiometri netti (Schenk 8110), uno posizionato al di sopra di un filare, ad una altezza di 5 m, e l'altro al centro dell'interfilare a 1 m di altezza, sono stati impiegati per misurare rispettivamente l'albedo della chioma e del suolo. Le misure sono state effettuate continuamente per tutta la stagione e i dati acquisiti ogni minuto e memorizzati come medie di 15 min in un datalogger CR10 (Campbell Sci. Ltd, UK).

È importante sottolineare che la definizione di albedo tiene conto solo della radiazione solare (radiazione ad onda corta), mentre questi strumenti hanno una visione spettrale nella banda tra 0.3 e 60 μm e possono misurare quindi sia il contributo dovuto alla radiazione solare (in onda corta) che alla radiazione termica (in onda lunga) emessa dall'atmosfera e dalla superficie terrestre. I radiometri netti hanno due opposte superfici riceventi che rispettivamente misurano:

$$R_{n1} = S + L_d - L';$$

$$R_{n2} = \alpha S + L_u - L';$$

dove S è la radiazione a onda corta, L_d la radiazione incidente in onda lunga ed L' la radiazione in onda lunga in uscita dalle due superfici del radiometro. Nella seconda equazione, relativa alla superficie di ricezione rivolta verso il basso, α è il valore effettivo

dell'albedo, mentre L_u è la radiazione in onda lunga uscente dalla superficie vegetale. Dalle due equazioni viene calcolato α' , come rapporto:

$$\alpha' = \frac{\alpha S + L_u - L'}{S + L_d - L'}$$

Ponendo:

$$\varepsilon_d = \frac{L_d - L'}{S};$$

$$\varepsilon_u = \frac{L_u - L'}{S};$$

si ottiene:

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1 + \varepsilon_d} + \frac{\varepsilon_u}{1 + \varepsilon_d}$$

Affinché α' sia accurato rispetto ad α , occorre che si verifichino le seguenti due condizioni:

- 1) $L_d - L' \ll S$ ossia $\varepsilon_d \rightarrow 0$
- 2) $L_u - L' \ll S$ ossia $\varepsilon_u \rightarrow 0$

che, in generale, sono vere durante il giorno, quando S diventa maggiore di 200 W/m^2 .

La riflettanza delle singole foglie è stata misurata con uno spettroradiometro (LiCor 1800, LiCor Nebraska, USA) con capacità di scansione tra 300 e 1100 nm collegato, tramite fibra ottica, a una sfera integratrice Li 1800-12. Le misure sono state effettuate su 5 foglie campione ad intervalli di 2 nm, su una porzione della lamina superiore sulla quale non erano presenti nervature. Le misure di riflettanza sono state effettuate a partire da 400 nm, non essendo la fibra ottica in grado di misurare accuratamente nella banda dell'ultravioletto. I dati sono stati corretti per il valore di riflettanza spettrale del solfato di bario ricoprente le pareti interne della sfera integratrice. Le 5 foglie, che nella prima lettura erano state appena raccolte dalla pianta, sono state progressivamente lasciate disidratate fino a ridurre il loro contenuto di acqua dal 72% (percentuale di acqua presente in foglie in condizioni ottimali) a circa il 6%,

corrispondente ad una condizione di appassimento. Il contenuto d'acqua è stato determinato pesando le foglie singolarmente con bilancia di precisione immediatamente prima e dopo ogni misura e pesandole infine dopo averle sottoposte a trattamento in stufa a 60°C per 24 ore. Quest'ultimo dato costituisce il valore di sostanza secca della foglia ed è stato usato come riferimento per il calcolo delle percentuali di idratazione.

3. Risultati e discussione

L'andamento della crescita dell'indice di area fogliare durante la stagione vegetativa è mostrato in Figura 1. Fino ai primi giorni di maggio la crescita della biomassa è stata relativamente lenta, raggiungendo il valore unitario soltanto un mese dopo l'emergenza fogliare. In seguito, il LAI ha assunto un andamento lineare di crescita fino ai primi di luglio, quando ha raggiunto un valore pari circa a 6. Il rallentamento del tasso di crescita osservato in questo periodo è tipico delle specie da frutto ed è legato alla traslocazione verso i frutti, e non più verso le foglie, degli zuccheri e delle altre sostanze organiche.

Nelle Figure 2 e 3 sono stati riportati gli andamenti giornalieri della radiazione solare incidente in due giornate serene, scelte come rappresentative del periodo iniziale di accrescimento fogliare (giorno 112) e del periodo di avanzata crescita vegetativa (giorno 167). In entrambi i giorni, l'albedo decresceva repentinamente nelle prime ore della mattina, si manteneva pressoché costante nel corso della giornata per poi risalire a pomeriggio inoltrato.

Dalla Figura 4, osservando la variazione dell'albedo della chioma in funzione dell'angolo di elevazione solare nei due giorni presi in esame, risulta evidente un'isteresi di entrambe le curve tra i valori misurati al mattino e al pomeriggio, che sono apparsi più elevati del 5% nel giorno 112 e del 20% nel giorno 167. Appare ragionevole mettere in relazione questa differenza tra i valori del mattino e quelli del pomeriggio con la diminuzione del contenuto d'acqua presente nelle foglie a seguito della traspirazione. A parziale conferma di ciò, si riportano in Figura 5 gli spettri di riflettanza delle singole foglie in relazione al diverso contenuto idrico: pur mancando, per limiti

strumentali, i valori superiori a 1100 nm, dove è massimo l'assorbimento della radiazione da parte dell'acqua, è evidente, al diminuire del contenuto idrico, un aumento della riflettanza sia nel visibile che nell'infrarosso.

Nella Figura 6 si riporta l'andamento dell'albedo della chioma in funzione dell'indice di area fogliare (su scala logaritmica). Risulta evidente un marcato effetto della vegetazione sul coefficiente di riflessione quando il LAI assume valori superiori a 3. In particolare, l'albedo passa da un valore leggermente superiore a 0.2, caratteristico del suolo inerbato all'inizio della stagione, fino al valore di circa 0.1 in corrispondenza del massimo valore del LAI.

Dalle misure condotte con il radiometro posto nel centro dell'interfilare si è calcolato il valore di albedo del suolo. Al di là delle fluttuazioni giornaliere legate alla variabilità dell'umidità del terreno ed allo stato di maggiore o minore idratazione dell'erba, l'albedo del suolo è rimasta relativamente costante durante la stagione.

4. Conclusioni

I valori dell'albedo calcolati dalle misure compiute con il radiometro netto si sono rivelati abbastanza accurati rispetto a quelli riportati in bibliografia, e con una buona approssimazione, possono essere quindi considerati come rappresentativi di un frutteto di pesco.

I valori calcolati durante la stagione di crescita hanno messo in evidenza una variabilità temporale dell'albedo legata a diversi fattori. In accordo con tutte le indicazioni bibliografiche, la dipendenza dall'angolo di elevazione solare è apparsa molto debole a parte le prime ore del mattino e nel tardo pomeriggio. Nei giorni estivi, in cui la traspirazione delle piante è consistente, si registra un'isteresi giornaliera tra i valori di albedo mattutini e quelli pomeridiani. Sebbene non sia stata condotta un'analisi approfondita di questo fenomeno, è ragionevole associare questa isteresi, peraltro già osservata da altri autori (Jones, 1992), alla diminuzione della quantità di acqua nei tessuti fogliari.

Oltre alla variazione giornaliera, è stata osservata una variazione stagionale dell'albedo, legata all'aumento dell'area fogliare

complessiva e quindi all'accrescimento della biomassa. Questa variazione stagionale è ancora più consistente di quella giornaliera, poiché il valore del coefficiente di riflessione tende a diminuire del 50%.

Bibliografia

Eckardt M., 1991. *Albedo changes and satellite observation of the Earth*. Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards, Arles/Rhone, France, 4-12 April, 1990.

Jones H.G., 1992. *Plants and microclimate*. Cambridge Univ. Press.

Monteith e Unsworth, 1990. *Principles of Environmental Physics*. 2nd ed. Arnold, London.

Figura 1 - Andamento della crescita dell'indice di area fogliare durante la stagione vegetativa in funzione del giorno dell'anno.

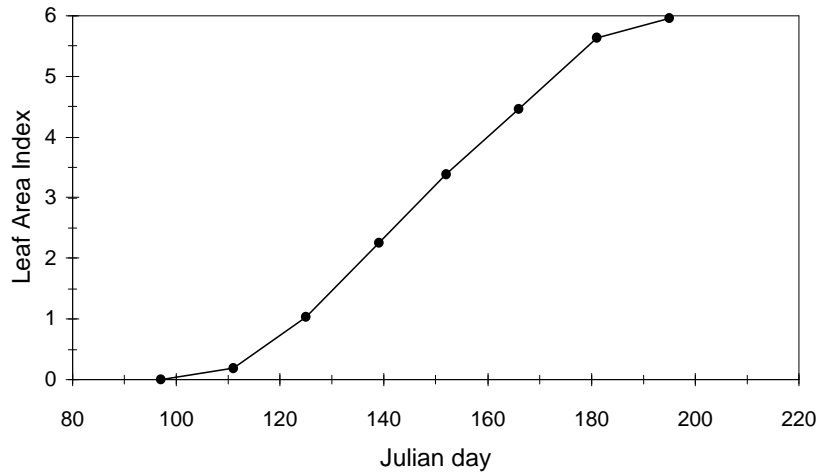


Figura 2 - Andamento giornaliero della radiazione solare incidente (linea solida) e dell'albedo della chioma (linea tratteggiata) in funzione dell'ora solare durante il periodo iniziale di accrescimento fogliare (giorno dell'anno 112).

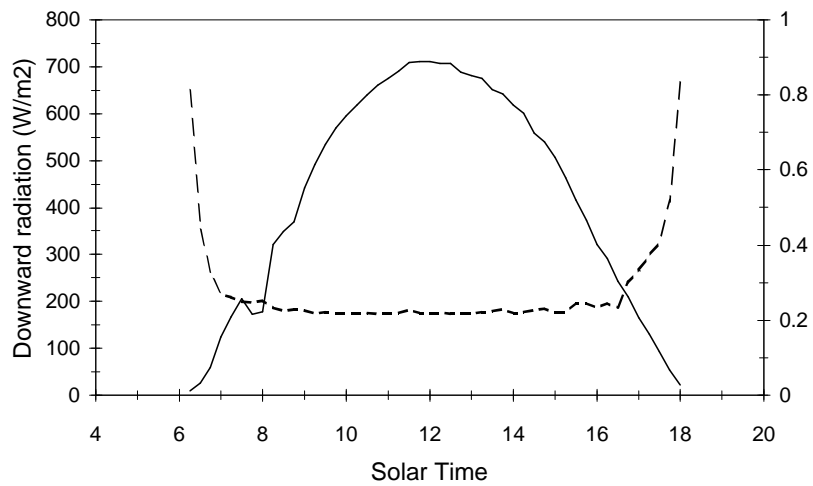


Figura 3 - Andamento giornaliero della radiazione solare incidente (linea solida) e dell'albedo della chioma (linea tratteggiata) in funzione dell'ora solare durante il periodo di avanzata crescita vegetativa (giorno dell'anno 167).

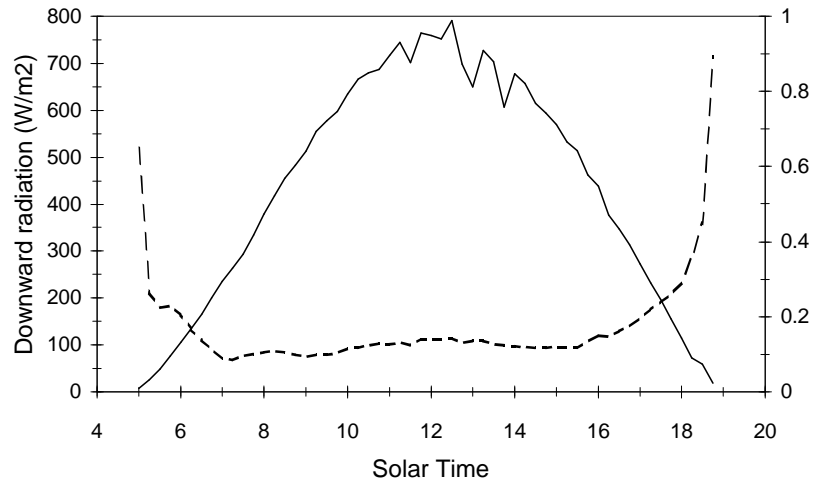


Figura 4 - Variazione dell'albedo della chioma in funzione dell'angolo di elevazione solare nei due giorni presi in esame (cerchi pieni per il giorno 112 e cerchi vuoti per il giorno 167).

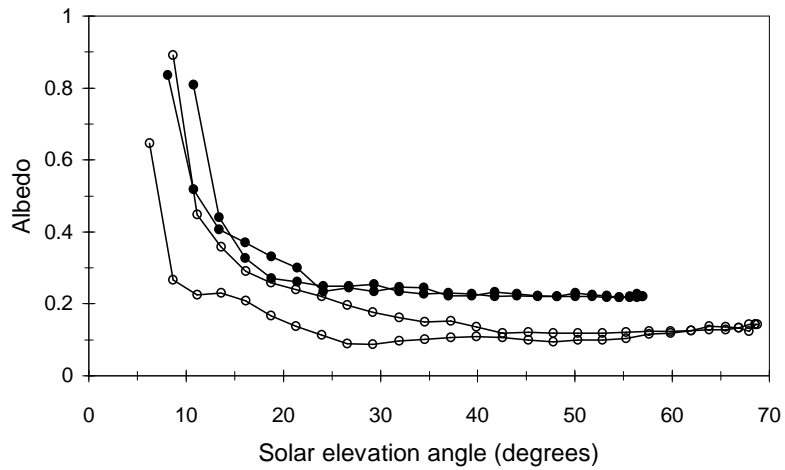


Figura 5 - Spettri di riflettanza delle singole foglie in relazione al diverso contenuto idrico.

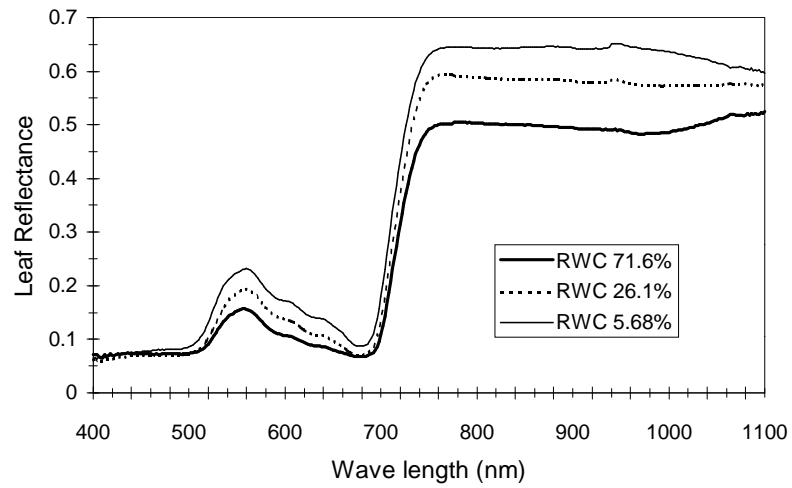


Figura 6 - Andamento dell'albedo della chioma in funzione dell'indice di area fogliare durante la stagione vegetativa.

