Attendibilità di un metodo di stima indiretta della superficie fogliare di chiome di vite

Reliability of an indirect estimation method of whole plant leaf area in grape vines

F. Iacono

Istituto Agrario - Dipartimento di Produzione Agricola - Via E. Mach, 1 - 38010 S. Michele all'Adige - Trento - Italia - Tel. +39 (461) 615285 - Fax +39 (461) 650956 - e-mail Francesco.Iacono@ismaa.it

(ricevuto il 05.03.98, accettato il 04.05.98)

Riassunto

La superficie fogliare per pianta (SFP) e l'indice di area fogliare (LAI) sono stati misurati per due anni, su piante di due cultivar di *Vitis vinifera* (Cabernet S. e Chardonnay) allevate con due sistemi di allevamento (pergola semplice e cordone speronato). SFP è stato misurato direttamente con un campionamento distruttivo e LAI indirettamente con lo strumento CI100.

I dati così raccolti sono stati posti in correlazione al fine di calcolare una retta regressione che rendesse possibile la stima di SFP direttamente dai dati di LAI. I dati si sono distribuiti in modo differente in funzione del sistema di allevamento mentre l'anno di coltivazione e la varietà non sono apparsi modificare la relazione LAI-SFP. I valori stimati di SFP tramite la conoscenza del LAI hanno consentito di studiare accuratamente i ritmi di crescita vegetativa e le differenze in termini di sviluppo vegetativo dovute all'anno e alla varietà. Lo strumento può essere utilmente applicato in programmi di assistenza tecnica che prevedono, necessariamente, la misura della superficie fogliare totale delle viti.

Summary

Leaf area index (LAI) of vines was measured indirectly from light transmission measurements using the CI-100 instrument. Leaf area per plant (SPF) was measured directly by destructive leaf sampling. The data were collected for two years on two *Vitis vinifera* cultivars (Cabernet S. and Chardonnay) trained with two different systems, onearmed pergola and spur cordon and compared to establish a regression line to estimate SFP from LAI values. Two linear regressions fitted the data related to the two training systems whilst year and cultivar did not affect the LAI-SFP relationship. Estimated SPF by LAI values allowed to accurately define canopy growth rate throughout the season as well as the differences between year and cultivar. The instrument can be usefully applied in technical extension programs based on the evaluation of plant leaf surface.

Parole chiave: Indice di area fogliare, superficie fogliare per pianta.
Key words: leaf area index, plant leaf surface.

Introduzione

La misura della superficie fogliare per pianta (SFP) e del suo ritmo di sviluppo durante la stagione vegetativa sono importanti per poter caratterizzare la chioma delle viti. Dalla sua entità per unità di volume è possibile valutare la densità di vegetazione e quindi la penetrazione dell'energia solare nella chioma. Sulla base di dati storici è, inoltre, possibile confrontare decorsi vegetativi differenziati ed ottimizzare interventi colturali quali potatura a verde, concimazione ed irrigazione. Dall'entità del suo sviluppo è anche possibile ottenere indicazioni sul livello di fotosintesi globale della pianta.

Conoscendo il carico produttivo delle viti è più agevole sviluppare modelli di intervento colturali – sfogliature, cimature e diradamento dei grappoli – finalizzati agli obiettivi qualitativi prefissati. L'importanza della conoscenza dell'entità dello sviluppo fogliare è stata recentemente dibattuta in numerosi lavori sperimentali tesi ad enfatizzare il ruolo del rapporto vegetazione/produzione nella definizione delle potenzialità qualitative del vigneto (Bertamini *et al.*, 1991; Buttrose, 1968; Edson *et al.*, 1993; Hunter e Wisser, 1988; Iacono *et al.*, 1995a, 1995b; Kliewer e Antcliff,1970; Smart *et al.*, 1985).

Una stima diretta della SFP può essere ottenuta rimuovendo tutte le foglie e misurando la loro area con planimetri o attraverso il rapporto area/peso. Altri metodi diretti prevedono la misura delle dimensioni delle foglie su determinati germogli e la conta del numero totale di germogli per vite per calcolare la SFP (Carbonneau, 1983; Iacono *et al.*, 1995b). I metodi diretti, seppur precisi, sono molto laboriosi, in alcuni casi distruttivi e richiedono comunque molto tempo, in campagna ed in laboratorio, per la loro esecuzione.

Da alcuni anni sono stati proposti alcuni metodi indiretti per la stima della SFP con lo scopo di fornire ai tecnici ed ai ricercatori delle metodologie rapide e nel tempo stesso affidabili. Essi sono basati sull'uso della frequenza dei contatti di un'asta inserita nella vegetazione (point quadrat, Warren Wilson e Reeve,1959) o sulla penetrazione dei raggi del sole attraverso la chioma delle piante (fotografia emisferica, Bonhomme e Chartier, 1972).

Più recentemente sono state sviluppate tecniche rapide di stima dell'indice di area fogliare (LAI) attraverso le frazioni degli spazi vuoti (gap fraction) della chioma (Normann e Campbell,1989) dove per frazione dei gap di una chioma si intende la frazione della luce solare che raggiunge il suolo ad un determinato angolo. È stato dimostrato che le frazioni dei gap misurate a diversi angoli di radiazione incidente sono correlate all'area fogliare delle piante (Lang *et al.*, 1985; Lang, 1986; Perry *et al.*, 1988).

Commercialmente oggi sono disponibili diversi strumenti, che si distinguono per la loro sensibilità di misura e per le proprietà dei software che gestiscono le immagini catturate. Recentemente Sommer e Lang (1994) hanno verificato che i risultati ottenuti comparando le misure eseguite con stima diretta ed indiretta del LAI (LAI2000 e del DEMON) sono soddisfacenti.

L'obiettivo del presente studio è stato quello di accertare la precisione della stima di SFP a partire da misure indirette di LAI, comparando questo dato con quello derivante da stime distruttive della dimensione della chioma. Il lavoro è stato eseguito utilizzando uno strumento di fabbricazione americana CID 100 dotato di un software di elaborazione dell'immagine che implementa notevolmente le caratteristiche della lente grandangolare che esegue la fotografia della chioma. Al fine di rendere di risultato attendibile lo strumento è stato utilizzato in diverse situazioni agronomiche in grado di rappresentare un'ampia variabilità di situazioni pratiche.

Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto nel corso delle stagioni vegetative 1996 e 1997, su 2 vigneti allevati a pergola semplice e cordone speronato impiantati con le varietà Chardonnay e Cabernet S. Le due varietà sono state scelte per le caratteristiche fillometriche e di crescita che le distinguono: la prima con foglie di colore verde tenue, leggermente più lunghe che larghe, con seno peziolare profondo e con germogli flessibili, le seconda con foglie di colore verde scuro, profondamente lobate e con germogli con crescita assurgente.

Le distanze di impianto per la pergola semplice erano di 3.0x1.0 m e per il cordone speronato di 2.0x1.0 m. Ogni rilievo è stato eseguito su 4 viti per varietà, scelte in maniera randomizzata nei vigneti.

I rilievi sono stati eseguiti nel mese di maggio, giugno e luglio di entrambi gli anni.

Stima indiretta

La stima del LAI è stata eseguita con il CI-100 (CID, Inc. Vancouver, WA U.S.A.). ed i valori espressi in m^2 di foglie x m^{-2} di suolo.

Il CI-100 consiste in un'unità di cattura di immagine con lente grandangolare con un software contenuto nel suo interno che digitalizza, manipola l'immagine catturata, e calcola il coefficiente di trasmissione dell'energia solare sotto la chioma. Per determinare l'indice LAI il CI-100 fa uso della procedura di inversione della frazione dei gap (Normann e Campbell, 1989). Lo strumento è inoltre supportato da un software abbastanza sofisticato che permette di visualizzare sullo schermo di un computer l'immagine registrata e la sua eventuale elaborazione al fine di depurare la stessa da eventuali imprecisioni o disturbi, quali ombre indesiderate (fig. 1).

Le misure con il CI-100 sono state eseguite in giornate nuvolose o in quelle limpide prima che la luce diretta del sole potesse interessare la zona di rilievo, ponendo il sensore sotto il filare, a metà della distanza fra le viti e ad un'altezza di circa 30 cm dal suolo per evitare che le erbe infestanti eventualmente presenti nel vigneto potessero alterare l'immagine registrata dallo strumento. La misura del LAI è stata eseguita prima e dopo la totale defogliazione delle viti selezionate. Per ogni pianta sono state eseguite tre catture di immagine ma solo una di queste è stata utilizzata nell'elaborazione dei dati.

Contemporaneamente al LAI il CI-100 stima anche alcuni altri parametri quali l'angolo medio di inclinazione delle foglie ed il coefficiente di penetrazione luminosa nella chioma. Questi, però, non sono apparsi correttamente applicabili ad una chioma discontinua e differentemente sviluppata nello spazio come quella delle viti. Essendo le chiome sufficientemente omogenee non è stato necessario elaborare le immagini (fig. 1) per diversi angoli azimutali (settori circolari) e zenitali (corone circolari). Solo nel caso del cordone speronato (fig. 1), è stato necessario analizzare le immagini escludendo la corona circolare più esterna che racchiudeva la proiezione delle viti dei due filari adiacenti a quello di rilievo.

Stima diretta

Dopo completa defogliazione delle viti, il campione fogliare è stato pesato. Su un campione randomizzato di foglie è stato calcolato il valore del rapporto area fogliare/peso fogliare e quindi da questo calcolata l'entità della superficie fogliare totale per vite (SFP). I dati raccolti in questo modo sono stati espressi in m^2 di foglie.

L'applicazione ai valori di LAI delle equazioni lineari riscontrate correlando la SFP con il LAI, ha consentito di calcolare il valore di SFP stimato (SFP-ST). I valori di SFP e SFP-ST sono stati successivamente comparati al fine di verificare l'efficacia

Tabella 1: Comparazione fra i valori stagionali medi di superficie fogliare misurata direttamente con un metodo distruttivo (SFP) e stimata attraverso i valori di LAI (SFP-ST) nei due anni di sperimentazione in funzione del sistema di allevamento e della varietà. La separazione delle medie è stata eseguita con il test di Sheffe (p=0.05). Gradi di libertà=96.

Table 1: Comparison between mean seasonal plant leaf area directly and destructively measured (SFP) and estimated by LAI (SFP-ST) in the two years of the experiment, related to training system and variety. Means separation by Sheffe test (p=0.005). Degrees of freedom=96.

Forma di allevamento *Training system*	Varietà *Cultivar*	Anno *Year*	SFP (m^2)	SFP-ST (m^2)
Pergola semplice / *One-armed pergola*	Chardonnay	1996	3.8 b	4.1 AB
		1997	4.4 ab	3.9 B
	Cabernet S.	1996	3.1 b	3.2 B
		1997	5.3 a	4.8 A
Cordone speronato / *Spur cordon*	Chardonnay	1996	1.8 c	1.7 C
		1997	2.1 c	2.5 BC
	Cabernet S.	1996	2.0 c	2.0 C
		1997	2.1 c	2.2 C

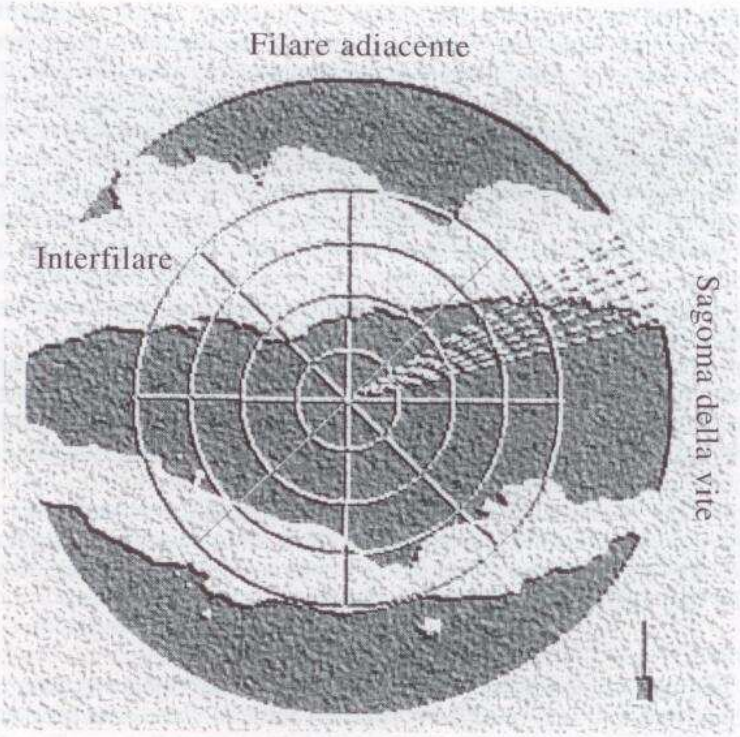

Fig. 1: Immagine registrata dal CI-100 e visualizzata nello schermo di un PC. L'immagine può essere analizzata in parti differenti.

Fig. 1: CI-100 recorded image visualized on a PC screen. The image can be analyzed in different parts.

della stima della SFP attraverso i valori di LAI, relativamente alle diverse variabili imposte sperimentalmente. Le medie di SFP e SFP-ST calcolate e stimate per le due forme di allevamento e le due varietà nei due anni di prova sono state comparate con il test di Sheffe (p=0.05).

Risultati

Confrontando i dati raccolti per via indiretta prima della completa defogliazione e diretta, globalmente per le due annate, le due varietà ed i due sistemi di allevamento, è emersa una correlazione positiva e significativa fra SFP e LAI, con andamenti tuttavia differenti per i due sistemi di allevamento (fig. 2). In particolare, a valori corrispondenti di LAI la SFP è apparsa più elevata nella pergola rispetto al cordone speronato. Le due varietà, con diverso comportamento vegetativo, non sono apparse modificare le relazioni generali.

I valori di LAI ottenuti prima della defogliazione totale delle piante sottratti di quelli ottenuti dopo la defogliazione (LAI corretto) hanno presentato simile relazione con i valori di SFP (fig. 3).

Per entrambe le forme di allevamento e le varietà oggetto di studio, nel 1997 lo

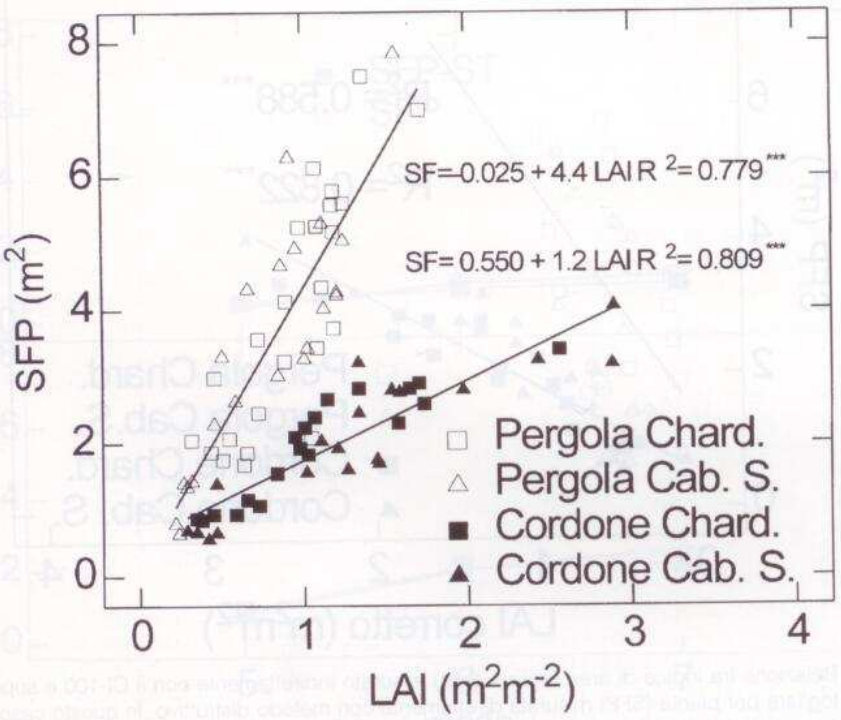

Fig. 2: Relazione fra indice di area fogliare (LAI) stimato indirettamente con il CI-100 e superficie fogliare per pianta (SFP) misurata direttamente con metodo distruttivo. La relazione è varia in funzione della forma di allevamento.

Fig. 2: Relationship between leaf area index (LAI) indirectly measured by CI-100 and plant leaf area (SFP) destructively measured. Different relationships were foundfor the two training systems.

sviluppo fogliare è risultato maggiore rispetto a quello registrato nel 1996 (tab. 1). Per entrambi i sistemi di allevamento gli andamenti di sviluppo vegetativo durante il corso della stagione valutati attraverso SFP-ST, sono stati molto simili a quelli registrati con SFP (fig. 4). Nel caso della pergola da maggio a giugno si è verificato un aumento di circa 160 e 140% della SFP e SFP-ST rispettivamente, mentre l'incremento è sceso a circa 40 e 20% da giugno a luglio. Nel caso del cordone speronato da maggio a giugno si è verificato un aumento di circa 160 e 95% della SFP e SFP-ST rispettivamente, mentre l'incremento è sceso a circa 28 e 12% da giugno a luglio. Oltre agli andamenti di SFP ed SFP-ST, anche i valori delle deviazioni standard – dati non riportati – sono apparsi simili per entrambi i parametri dimostrando che non solo i dati medi ma anche il range di variazione dei dati è apparso comparabile.

Discussione e conclusioni

I risultati ottenuti con l'uso del CI-100 sono apparsi abbastanza soddisfacenti. La presenza dei germogli e dei tralci poteva essere considerata una possibile fonte

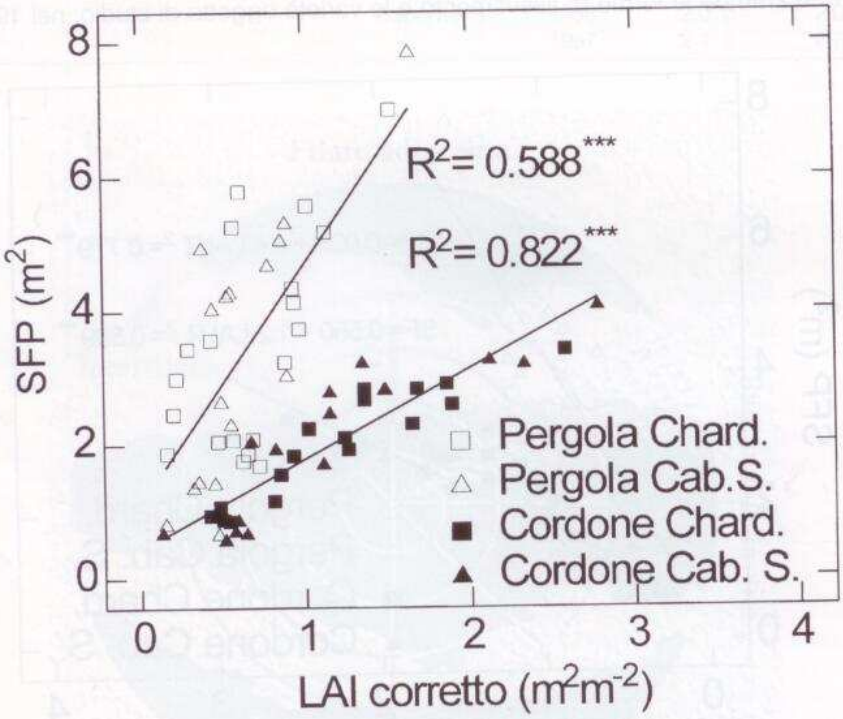

Fig. 3: Relazione fra indice di area fogliare (LAI) misurato indirettamente con il CI-100 e superficie fogliare per pianta (SFP) misurata direttamente con metodo distruttivo. In questo caso il LAI (corretto) è la differenza dei valori registrati dallo strumento prima e dopo la totale defogliazione delle piante. La relazione è varia in funzione della forma di allevamento.

Fig. 3: Relationship between leaf area index (LAI) indirectly measured by CI-100 andplant leaf area (SFP) destructively measured. Corrected LAI is the difference between values recorded by the instrument before and after total plant defoliation. Different relationships were foundfor the two training systems.

di errore nella stima del LAI, ma il confronto dei dati rilevati prima e dopo la defogliazione completa delle viti ha escluso questo rischio che avrebbe ridimensionato i vantaggi dell'uso dello strumento. Nel caso del cordone speronato, infatti, i valori di SFP sono apparsi altamente correlati con entrambe le misure di LAI eseguite l'una prima della defogliazione delle piante e l'altra corretta con i valori registrati dopo. Nel caso della pergola, invece, dove la quantità di legno vecchio portante i tralci dell'anno è fortemente legata alla diversa sensibilità del potatore, i valori di SFP sono apparsi maggiormente correlati al valore di LAI registrato prima della defogliazione. La quantità di legno vecchio, quindi, è stata fonte di una variabilità fra le piante nel valore di LAI corretto non esistente a livello di sviluppo vegetativo.

La relazione fra SFP e LAI non è apparsa modificata dall'anno di misura, né dalla varietà in oggetto mentre ha subito una variazione sostanziale in funzione della forma di allevamento. La geometria delle due forme di allevamento in esame, infatti, è molto diversa vegetazione quasi orizzontale nella pergola e verticale nel cordone. speronato. In quest'ultimo caso la sovrapposizione di più strati fogliari nello spazio ridotto della proiezione della sagoma della chioma sul terreno comporta un più elevato valore di LAI corrispondente però ad un valore di SFP ridotto rispetto a quanto rilevato nella pergola.

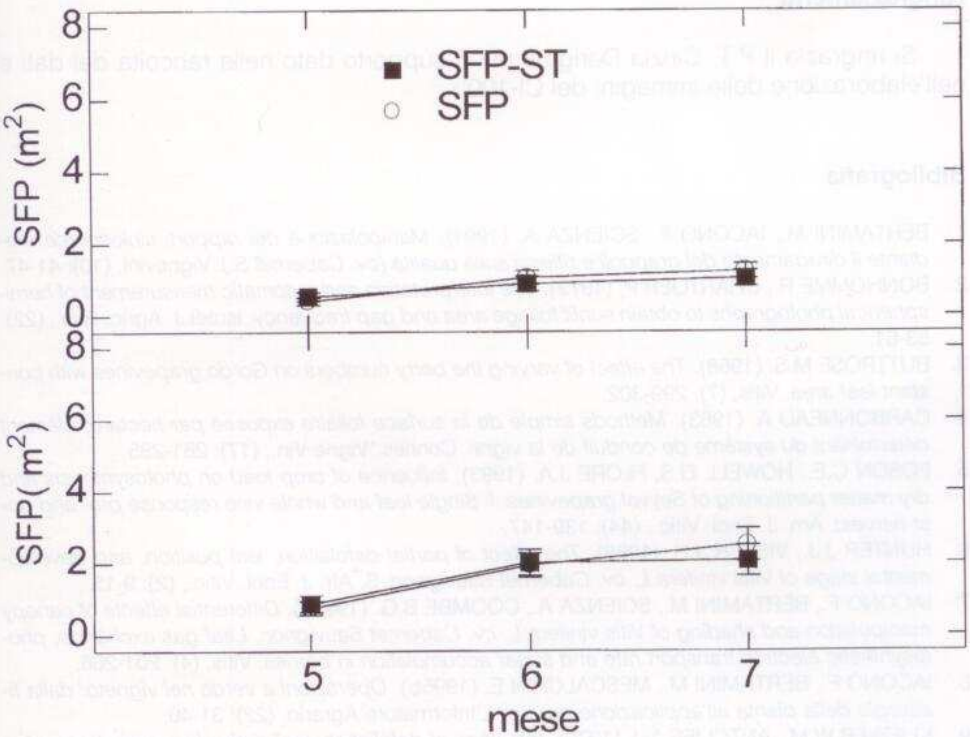

Fig. 4: Sviluppo della superficie fogliare per pianta (SFP) e della superficie fogliare per pianta stimata dai valori di LAI (SFP-ST) in funzione dei due sistemi di allevamento.

Fig. 4 Development of plant leaf area (SFP) and plant leaf surface estimated by LAI (SFP-ST) in relation to the two training systems.

Se si esclude questa inevitabile complicazione relativa alle caratteristiche geometriche intrinseche della vegetazione nelle forme di allevamento utilizzate, che obbliga quindi a studiare la correlazione fra SFP e LAI per ogni singolo sistema di conduzione, la stima della SFP attraverso il CI-100 consente di valutare rapidamente ed efficacemente il ruolo di diverse componenti ambientali ed agronomiche. A risultati comparabili sono pervenuti anche Sommer and Lang (1994) utilizzando strumenti simili a quello oggetto di questo studio.

I dati riportati nel presente contributo consentono di affermare che tramite l'uso del CI-100 può essere rapidamente valutato il ritmo di crescita delle piante, così come le differenze in sviluppo vegetativo dovute ai diversi decorsi climatici stagionali. Anche la diversa vigoria delle varietà può essere facilmente rilevata.

Rimane quindi, una volta creata una retta di calibrazione dello strumento, specifica per forma di allevamento, per la trasformazione del valore di LAI a quello di SFP, la rapidità di esecuzione della misura, stimabile in circa 2 sec.

La ripetibilità della misura e la sua coerenza con il dato estraibile da una stima diretta rende l'applicazione dello strumento estendibile soprattutto in quei programmi di assistenza tecnica che prevedono suggerimenti di gestione a verde del vigneto basati sulla valutazione dello sviluppo vegetativo delle viti.

Ringraziamenti

Si ringrazia il P.T. Cinzia Dorigatti per il supporto dato nella raccolta dei dati e nell'elaborazione delle immagini del CI-100.

Bibliografia

1. BERTAMINI M., IACONO F., SCIENZA A. (1991). *Manipolazione dei rapporti sink-source mediante il diradamento dei grappoli e riflessi sulla qualità (cv. Cabernet S.).* Vignevini, (10): 41-47.
2. BONHOMME R., CHARTOER P. (1972). *The interpretation and automatic measurement of hemispherical photographs to obtain sunlit foliage area and gap frequency.* Israel J. Agric. Res., (22): 53-61.
3. BUTTROSE M.S. (1968). *The effect of varying the berry numbers on Gordo grapevines with constant leaf area.* Vitis, (7): 299-302.
4. CARBONNEAU A. (1983). *Méthods simple de la surface foliaire exposeé par hectare, élément déterminant du système de conduit de la vigne.* Connes. Vigne Vin., (17): 281-285.
5. EDSON C.E., HOWELL G.S, FLORE J.A. (1993). *Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of Seyval grapevines. I. Single leaf and whole vine response pre- and post-harvest.* Am. J. Enol. Vitic., (44): 139-147.
6. HUNTER J.J., VISSER J.H. (1988). *The effect of partial defoliation, leaf position, and developmental stage of Vitis vinifera L. cv. Cabernet Sauvignon.* S. Afr. J. Enol. Vitic., (2): 9-15.
7. IACONO F., BERTAMINI M., SCIENZA A., COOMBE B.G. (1995a). *Differential effects of canopy manipulation and shading of Vitis vinifera L. cv. Cabernet Sauvignon. Leaf gas exchange, photosynthetic electron transport rate and sugar accumulation in berries.* Vitis, (4): 201-206.
8. IACONO F., BERTAMINI M., MESCALCHIN E. (1995b). *Operazioni a verde nel vigneto: dalla fisiologia della pianta all'applicazione pratica.* L'Informatore Agrario, (22): 31-40.
9. KLIEWER W.M., ANTCLIFF A.J. (1970). *Influence of defoliation, leaf darkening, and cluster shading on the growth and composition of Sultana grapes.* Am. J. Enol. Vitic., (21): 26-36.
10. LANG A.R.G., XIANG Y., NORMANN J.M. (1985). *Crop structure and the penetration of direct sunlight.* Agric. Forest Meter., (35): 83-101.
11. LANG A.R.G. (1986). *Leaf area and average leaf angle from transmission of direct sunlight.* Aust. J. Bot., (34): 349-355.

12. NORMAN J.M., CAMPBELL G.S. (1989). *Canopy structure*. In: *Plant physiological ecology: field methods and instrumentation* (Eds R.W. Pearcy, J.R. Ehleringer, H.A. Mooney & P.W. Rundel.), pp. 301-325. Chapman and Hall. London .
13. PERRY S.G., FRASER A.B., THOMPSON D.W., NORMANN J.M. (1988). *Indirect sensing of plant canopy structure with simple radiation measurements*. Agric. Forest Metereol., (42): 255-278.
14. SMART R.E., ROBINSON J.B., DUE G.R., BRIEN C.J. (1985). *Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz.1. Definition of canopy microclimate*. Vitis, (24):119-128.
15. SOMMER K.J., LANG A.R.G. (1994). *Comparative analysis of two indirect methods of measuring leaf area index as applied to minimal and spur pruned grape vines*. Aust. J. Plant Physiol., (21):197-206.
16. WARREN WILSON J., REEVE J.E. (1959). *Analysis of the spatial distribution of foliage by two-dimensional point quadrats*. New Phytol., (58): 92-101.