

L'analisi della funzionalità fogliare

Fotosintesi e **respirazione** sono due processi intimamente legati ed entrambi importanti nel determinare la quantità di biomassa prodotta in un certo periodo di tempo

Entrambe dipendono da:

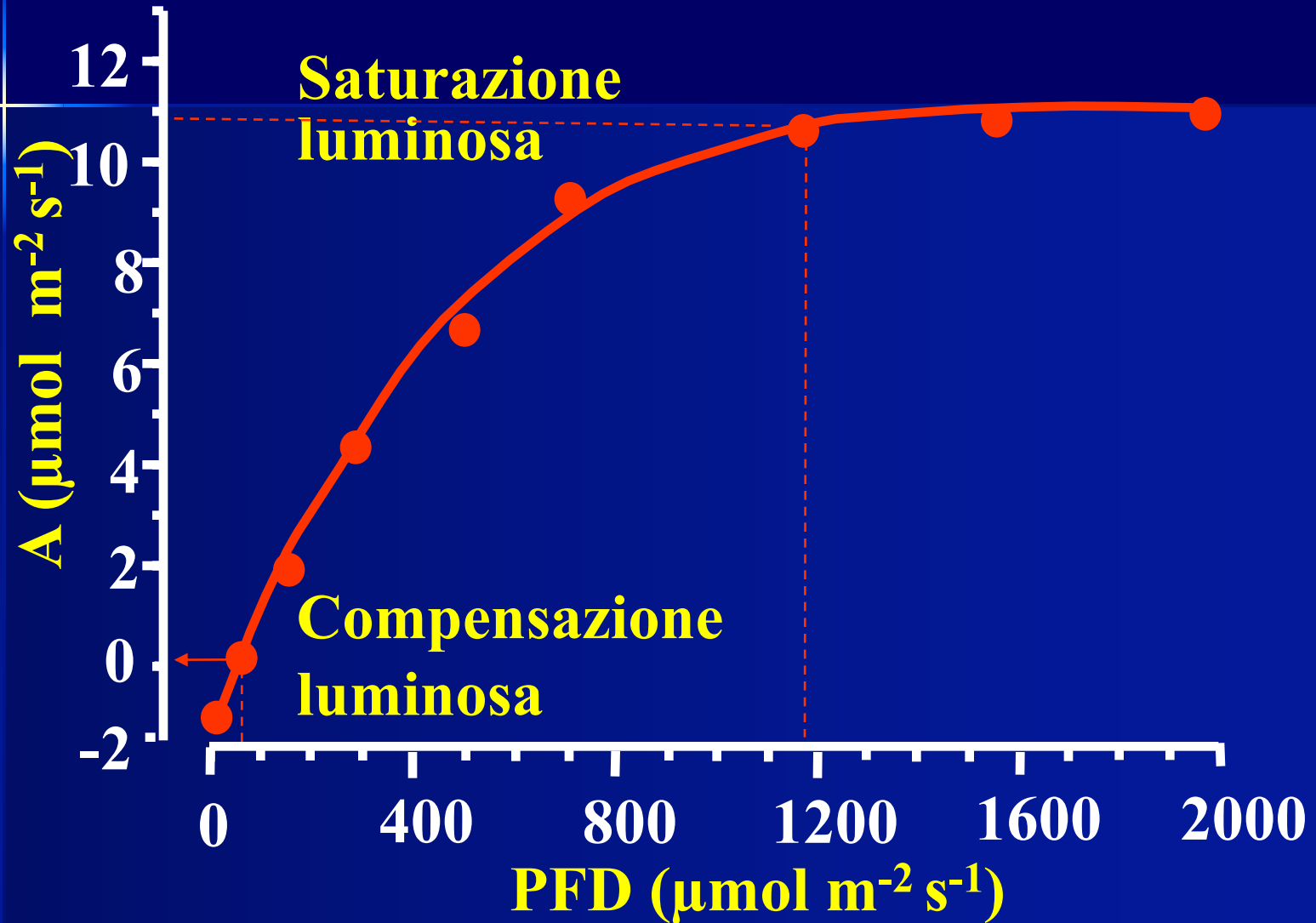
- Luce
- Temperatura
- Stadio fenologico
- Età della foglia
- Stato idrico
- Disponibilità elementi minerali

FOTOSINTESI E LUCE

Radiazione

- **Curve di saturazione luminosa**
- **Condizioni di illuminazione durante lo sviluppo della foglia**
- **Condizioni di illuminazione dopo lo sviluppo della foglia**

Assimilazione fotosintetica (A) di foglie adulte a diverse intensità luminose (photon flux density PFD)



45- 50 $\mu\text{moli di fotoni m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Punto di compensazione luminosa

700- 1000 $\mu\text{moli di fotoni m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Punto di saturazione luminosa

Massima attività fotosintetica (P_n)

10- 12 $\mu\text{moli CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Massima capacità fotoassimilativa in condizioni ottimali

1,5 - 2,5 $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$

6% riflessa

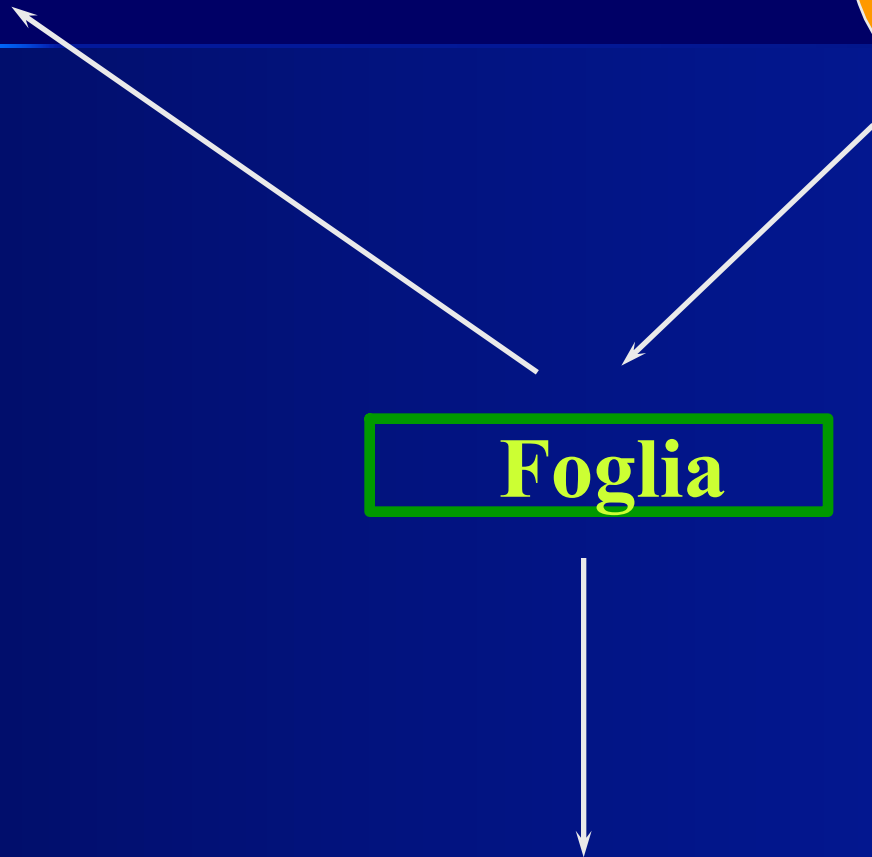


**100 %
Incidente**

Foglia

85% assorbita

9% trasmessa





Piena luce solare

Luce incidente totale

10 %
Riflessa

84 % assorbita
6 % trasmessa

← 1° strato fogliare

16 % della luce incidente totale

1,6 %
Riflessa

13,4 % assorbita
1 % trasmessa

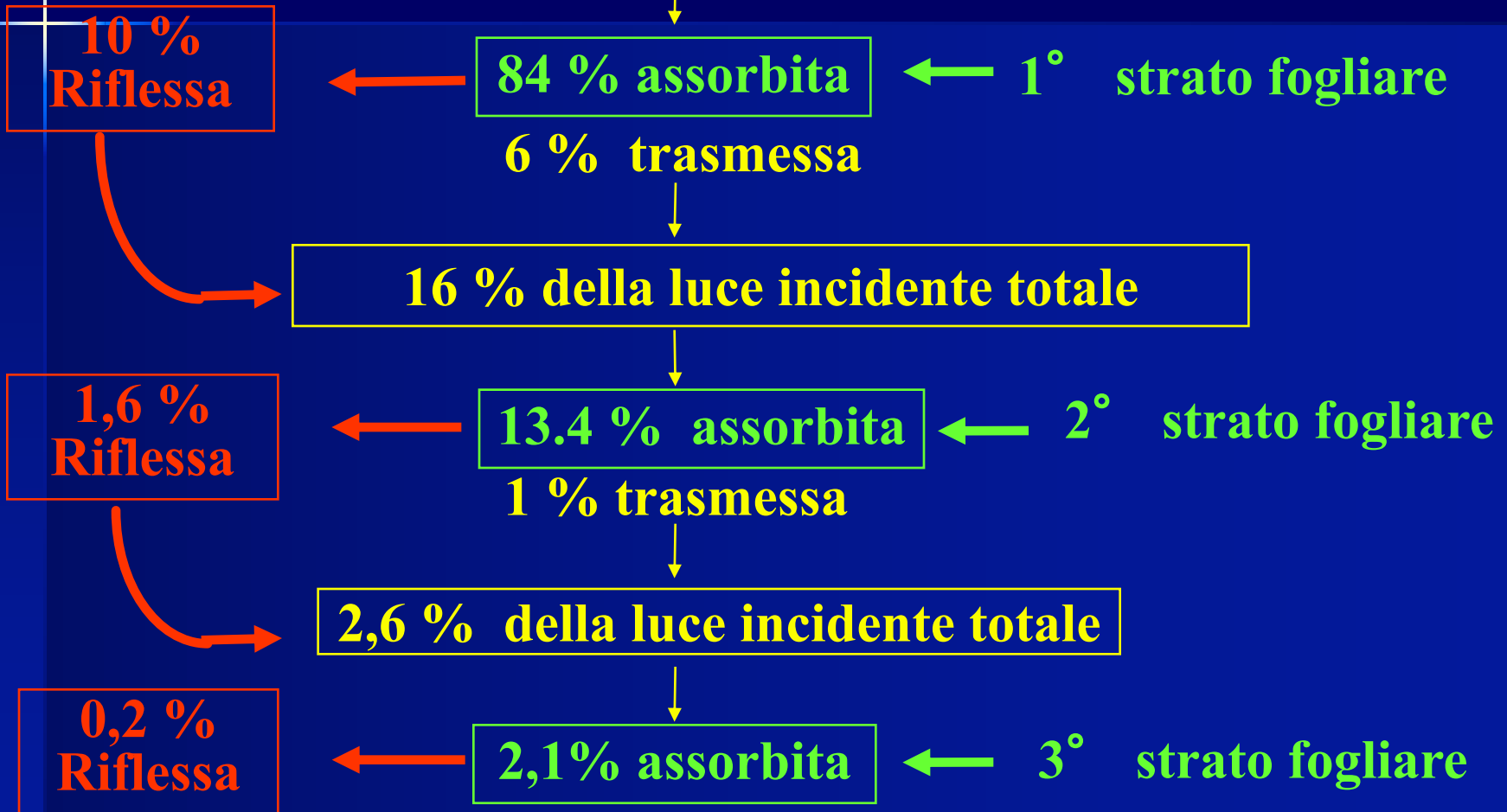
← 2° strato fogliare

2,6 % della luce incidente totale

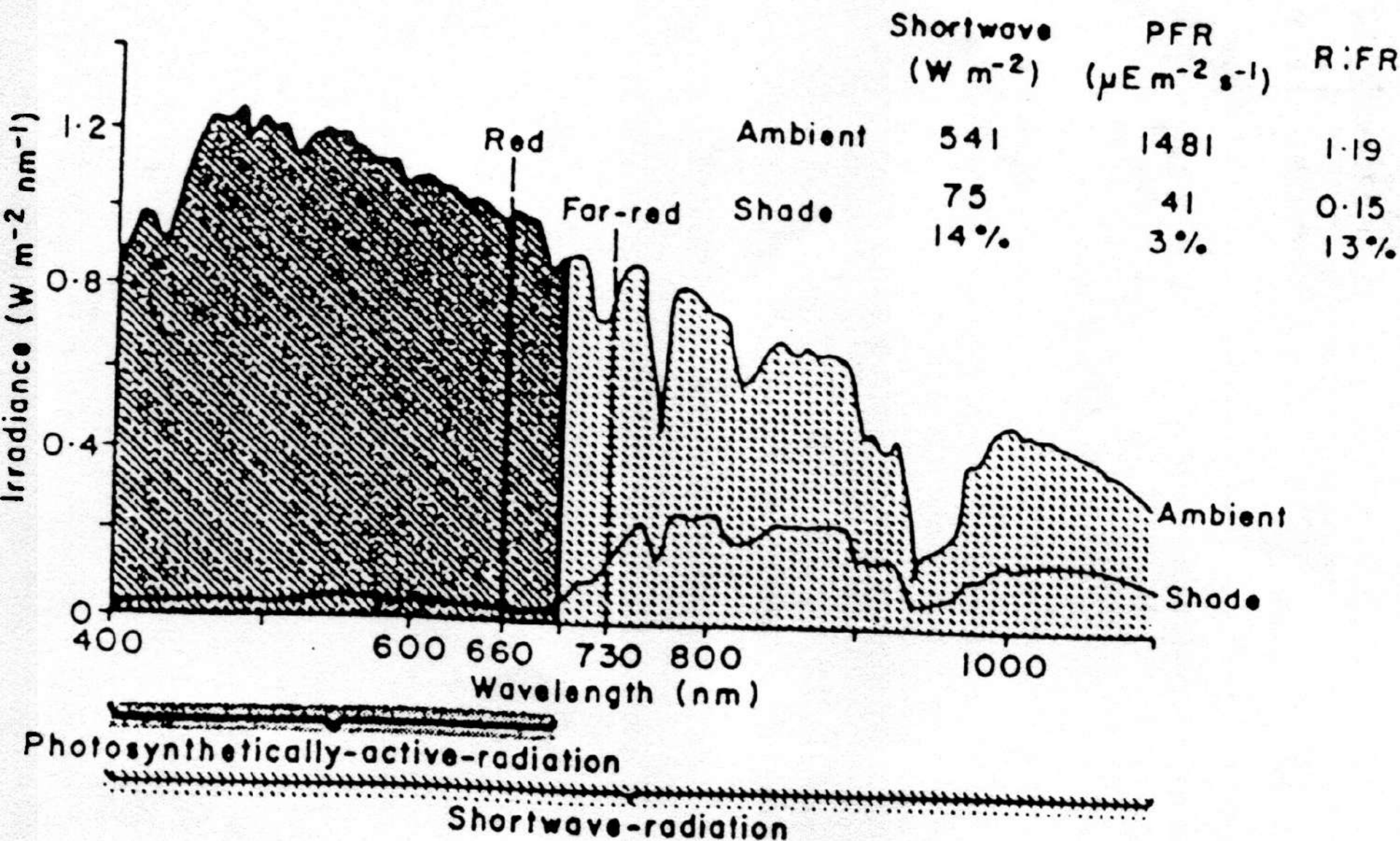
0,2 %
Riflessa

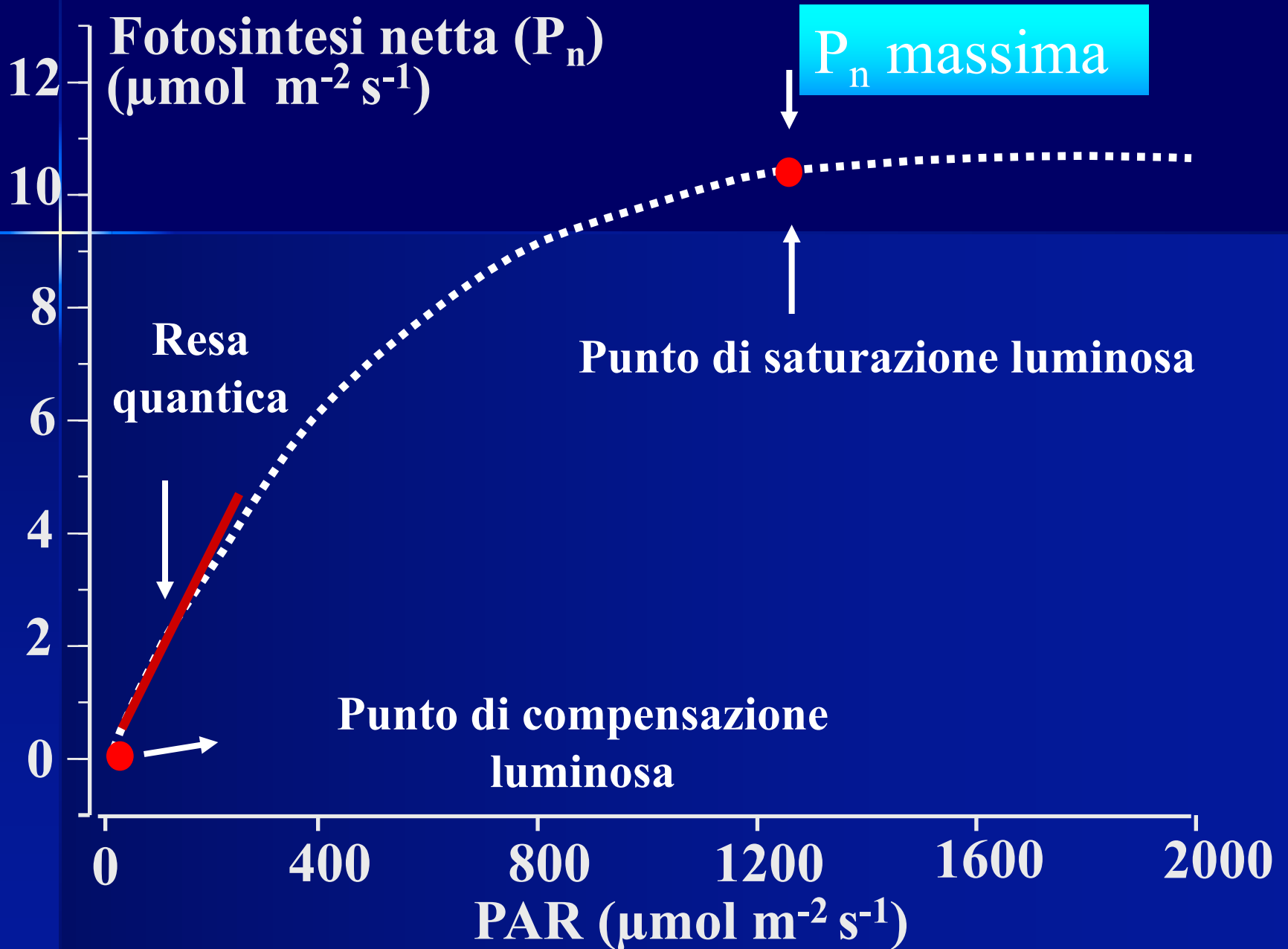
2,1% assorbita

← 3° strato fogliare

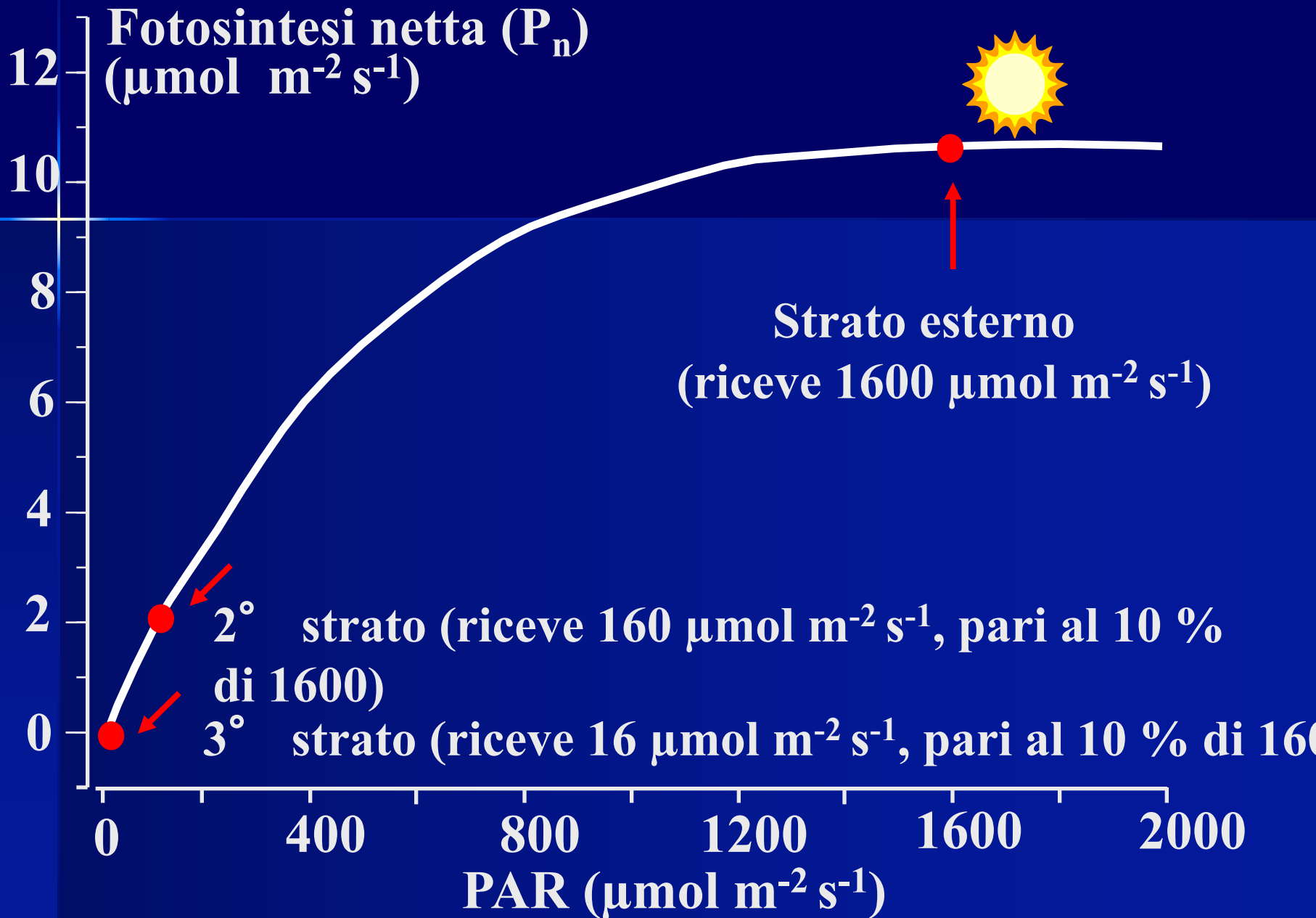


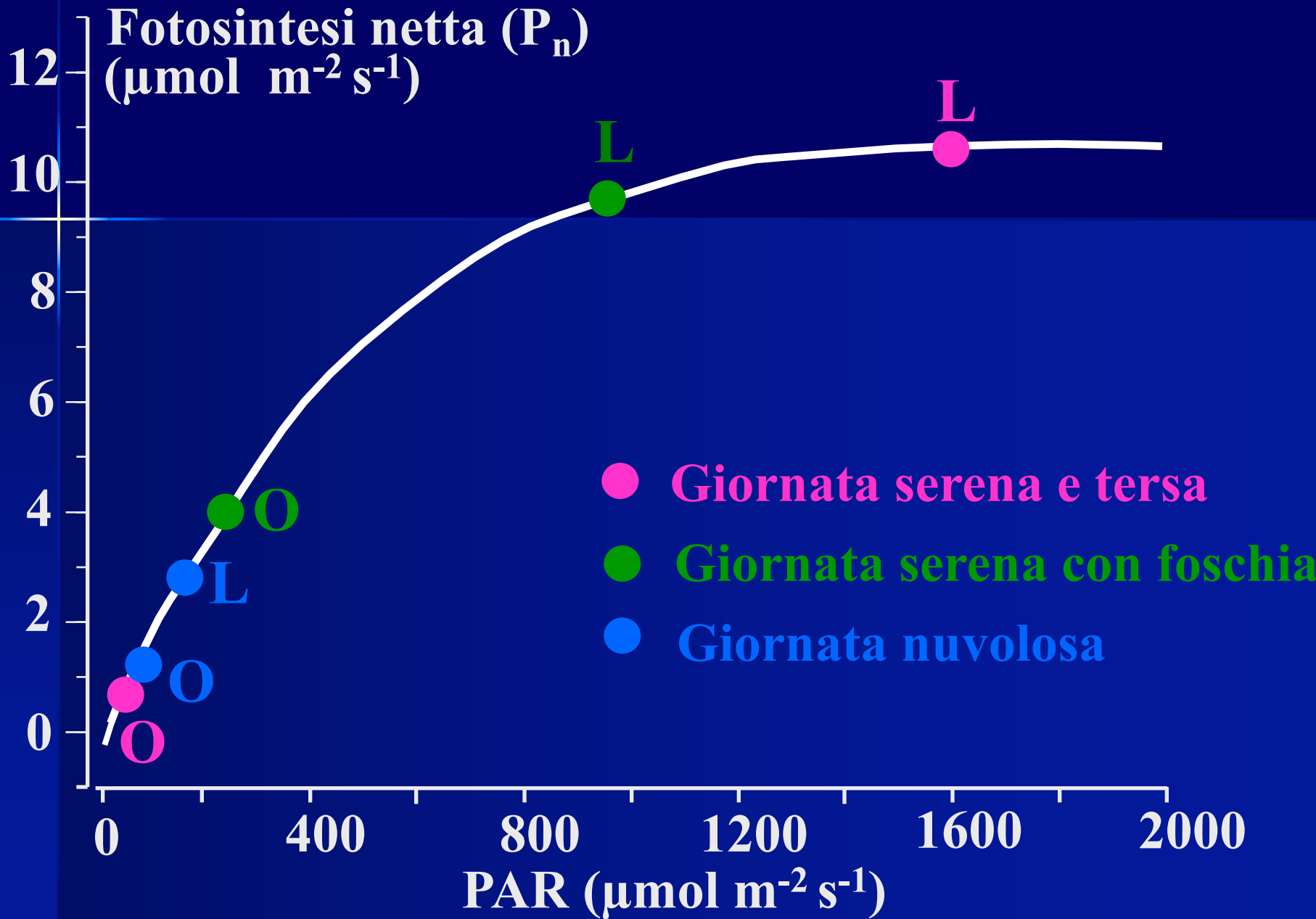
Reduction of sunlight by transmission through two grapevine leaves.



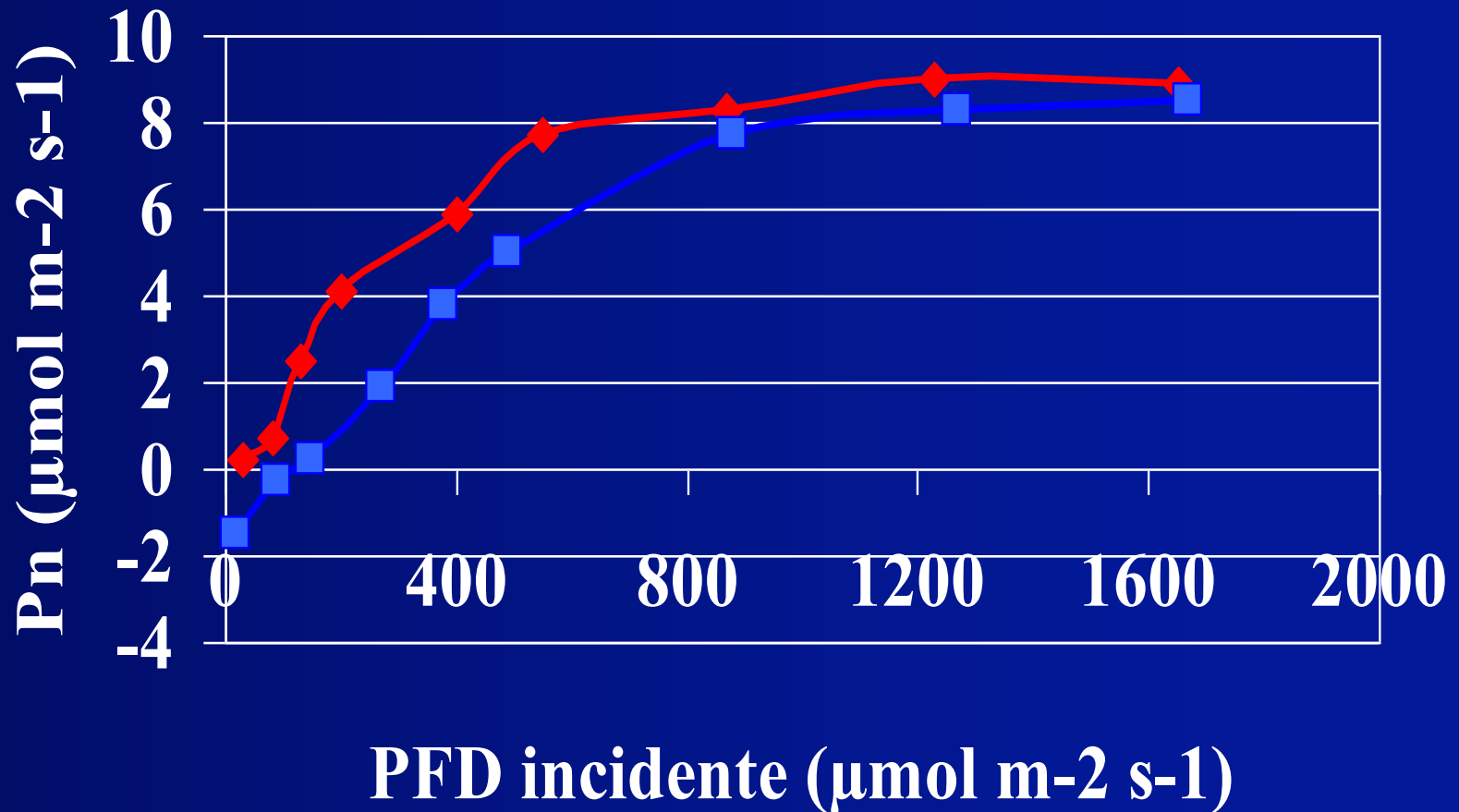


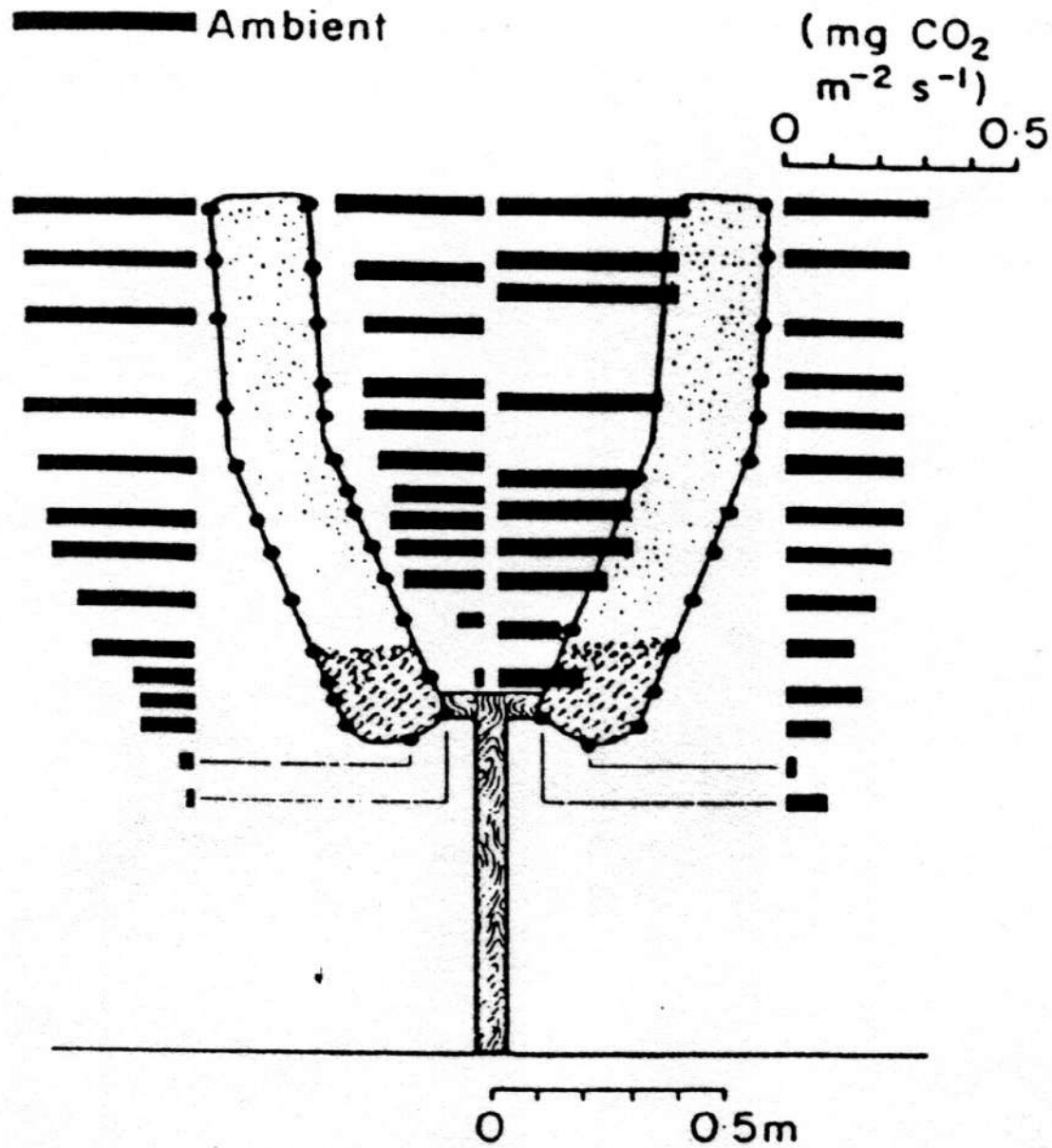
- **se consideriamo il comportamento fotosintetico dell'intera chioma di una pianta, raramente verificiamo livelli di saturazione per la fotosintesi**
- **questo perché all'interno di una chioma (o di una copertura) le foglie si fanno ombra reciprocamente e dispongono quindi di livelli di radianza sotto-saturanti**





◆ Illuminazione pagina sup.
■ Illuminazione pagina inf.





Estimated daily average values of photosynthetic rate for leaves at the canopy exterior based on PAR measurements. Note that leaves at the bottom of the canopy show low rates due to shading. From Smart (1985).

Effetti dei fattori ambientali, fisiologici e colturali sulla fotosintesi della vite

Aspetti metodologici ed unità di misura

- **Stadio fenologico al momento della misura**
- **Condizioni ambientali al momento della misura**
- **Strumentazione disponibile**
- **Unità di misura del tasso fotosintetico**
($1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} = 0,63 \text{ CO}_2 \text{ mg dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$)

L'analisi della funzionalità fogliare

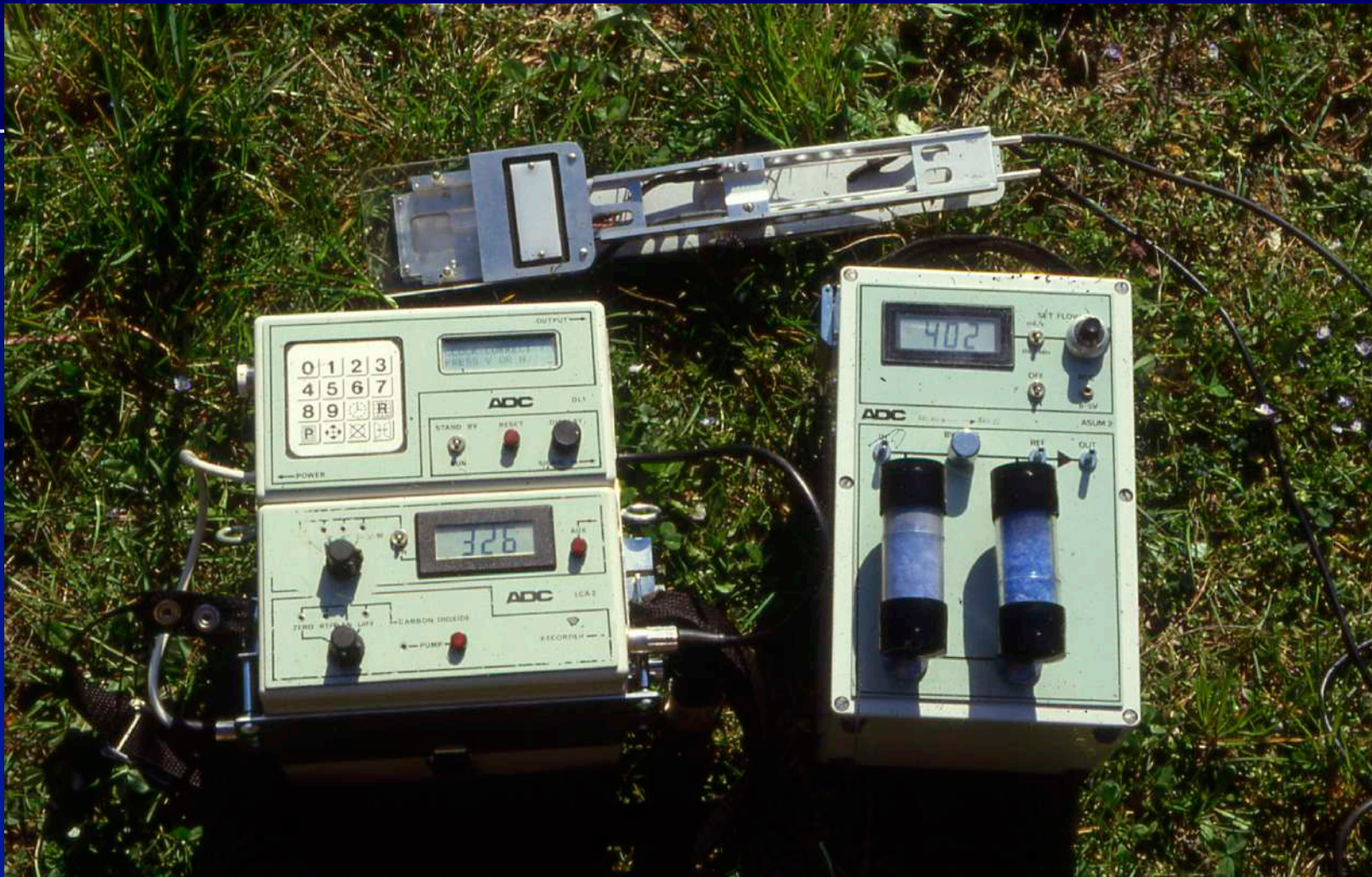
dalla foglia singola alla
pianta intera: il metodo
dei palloni





I rilievementsi su foglie singole









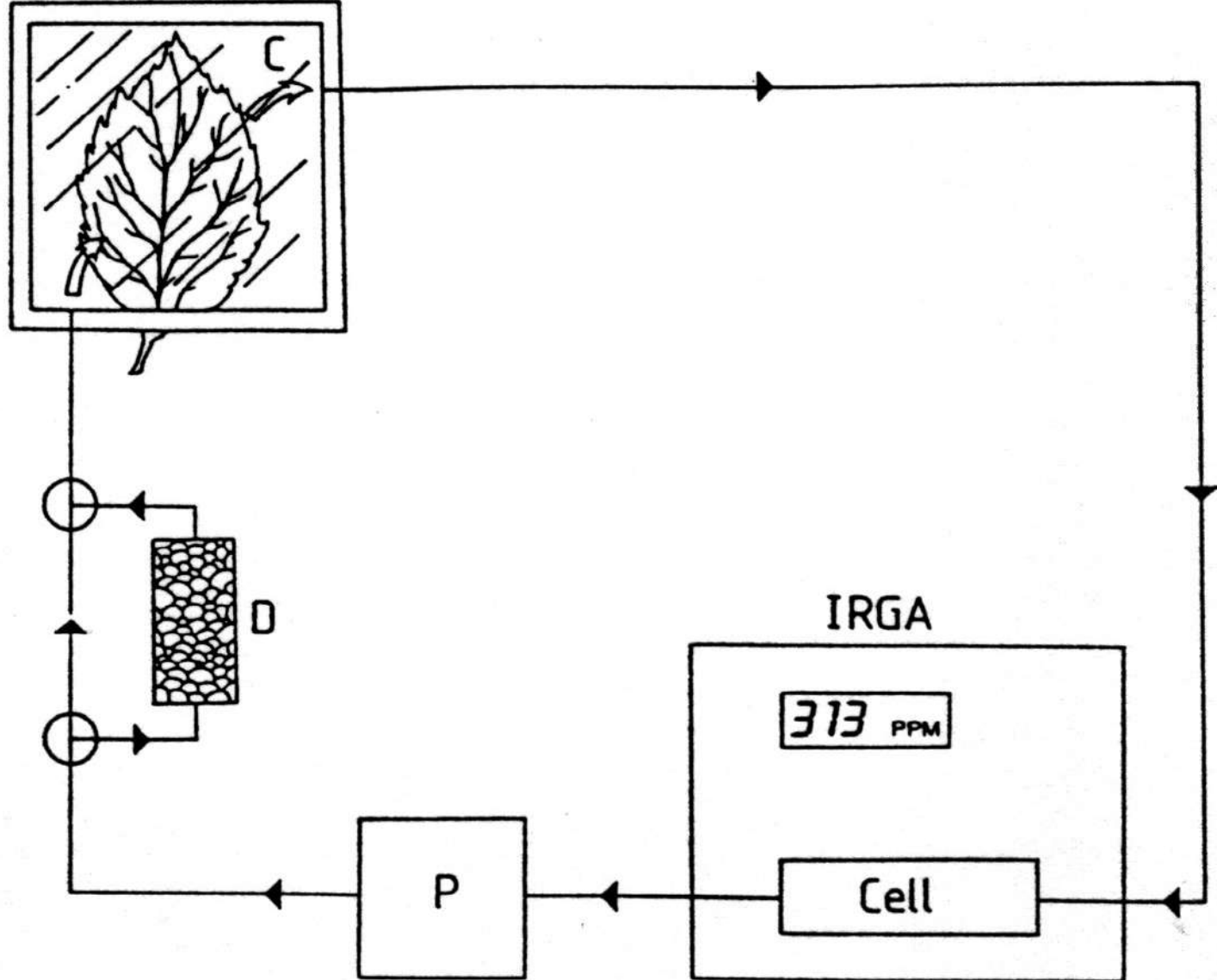
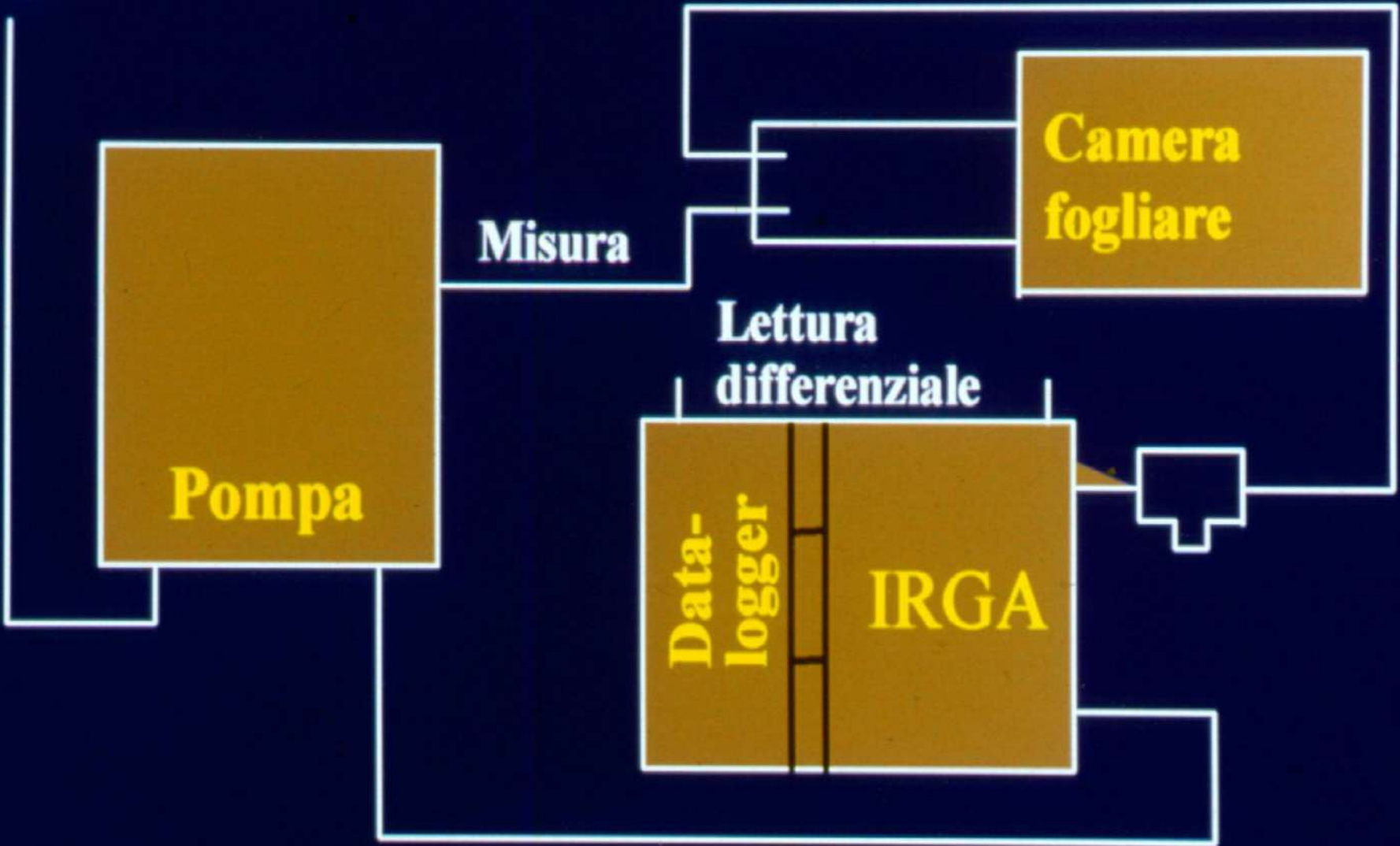


Fig.6.1. Diagram illustrating air flow in a simple *closed system*. C = leaf enclosure chamber, D = drier by-pass, IRGA = infra-red gas analyser and P = pump.

Aria

Campione



Riferimento

I rilevamenti su piante intere: la tecnica dei “palloni”



$$P = (f \times \Delta\text{CO}_2) / A$$

P = assimilazione

F = flusso di aria nella cuvetta (mL/min)

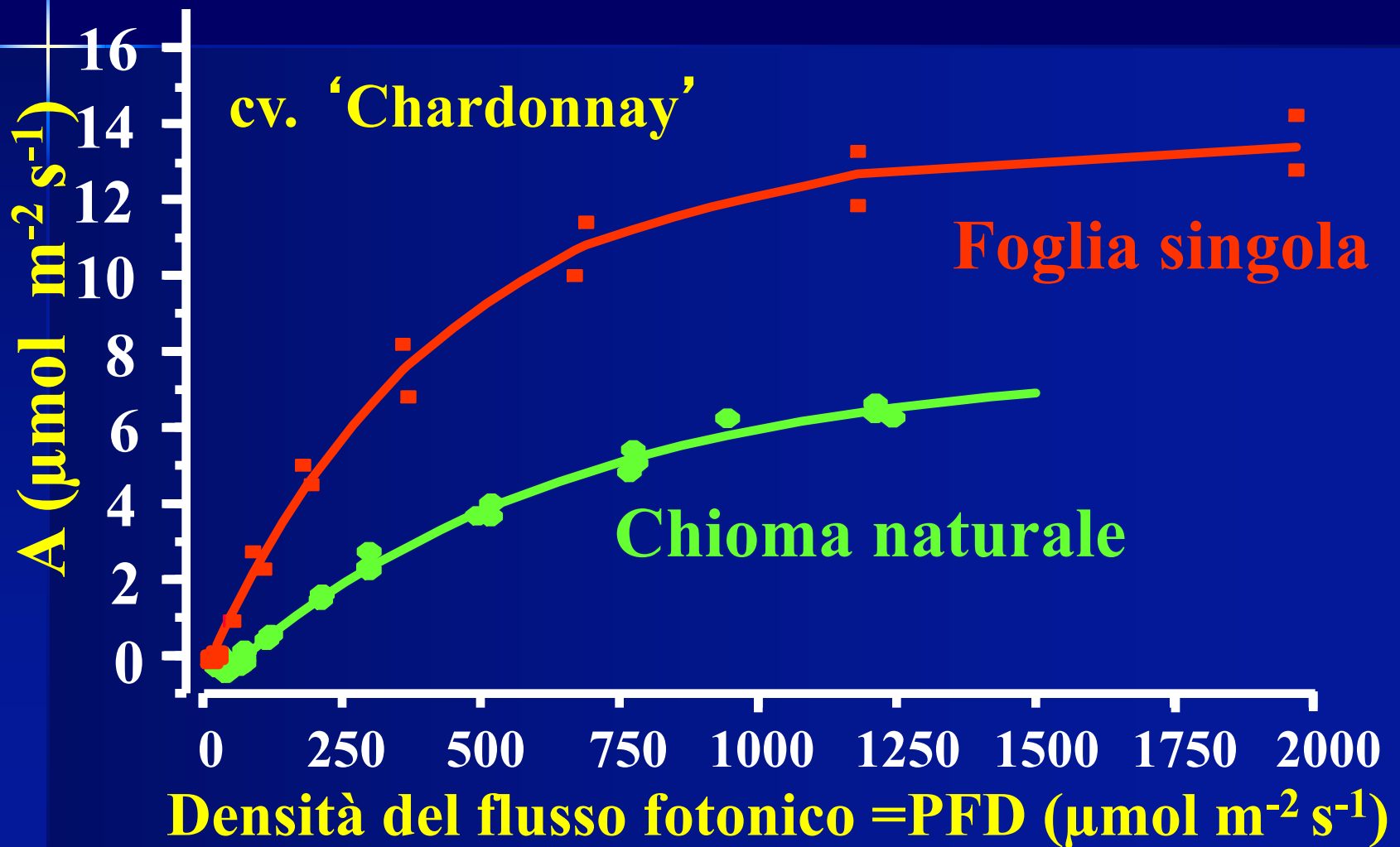
ΔCO_2 = differenza conc. in uscita e in entrata

A = area fogliare

Confronti funzionali tra i rilievi su foglie singole e su piante intere



Risposta fotosintetica (A) al variare dell'intensità luminosa (PFD) di una singola foglia e di una chioma in condizioni naturali



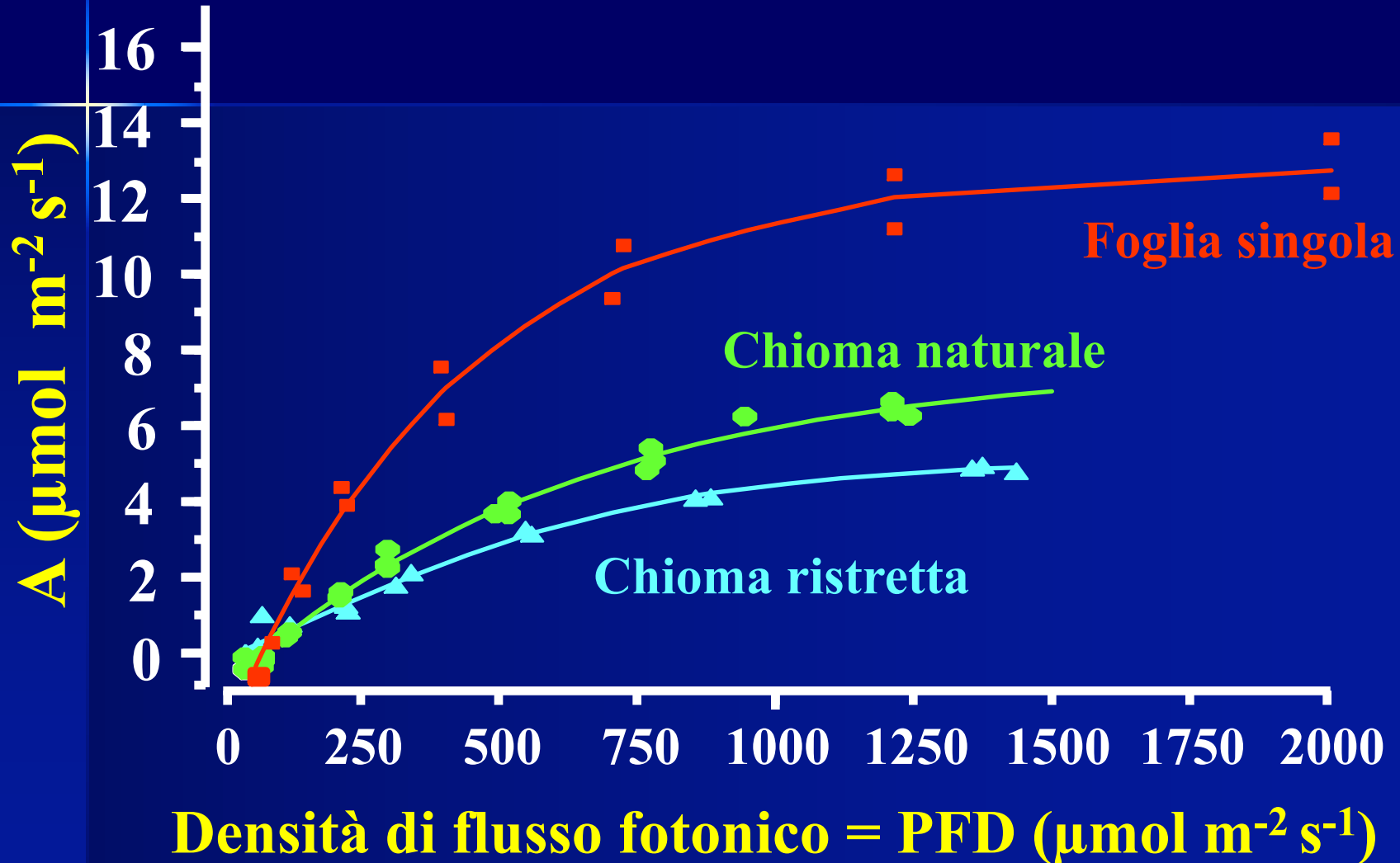
Modifiche della struttura e della geometria della chioma



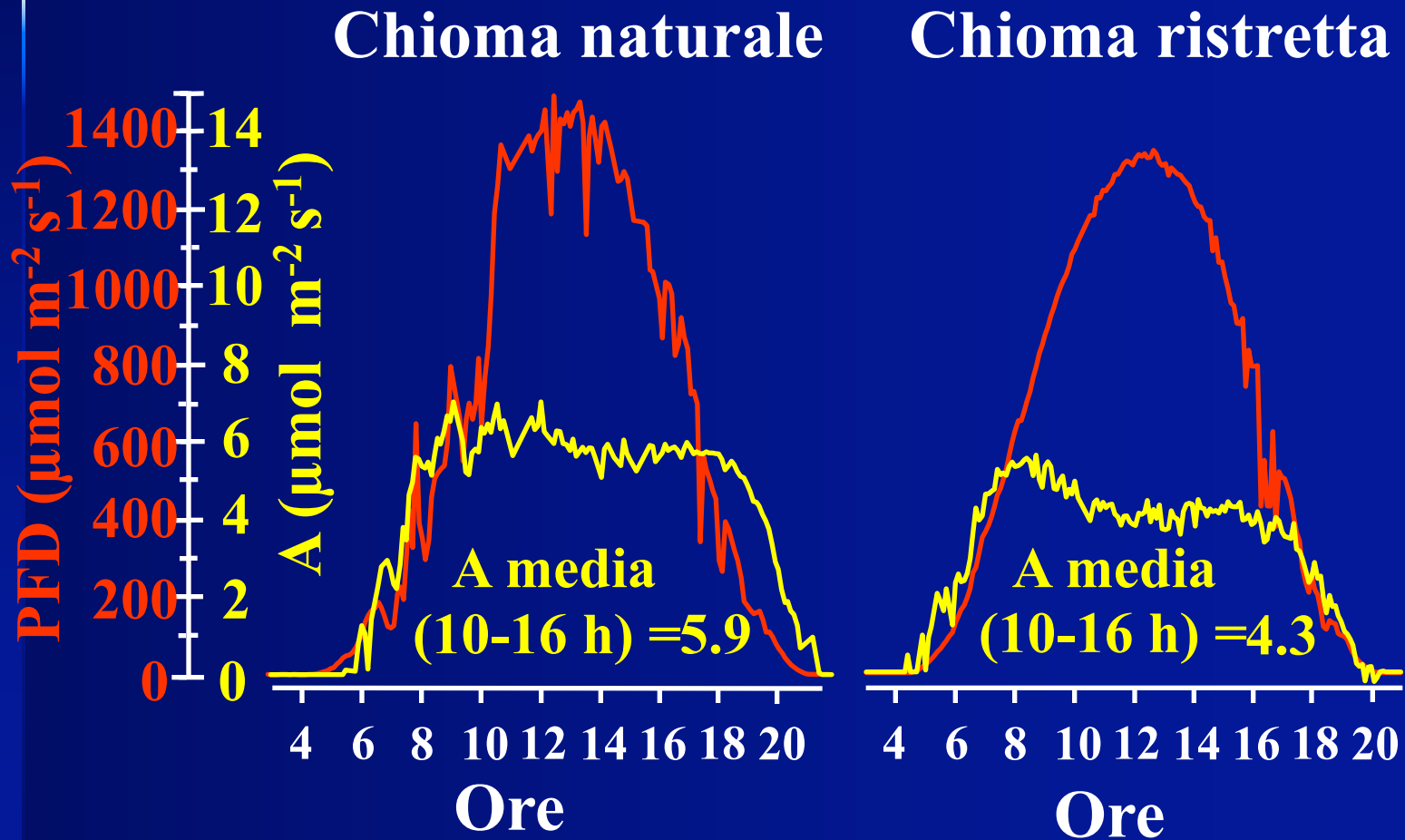
Restrizione della chioma



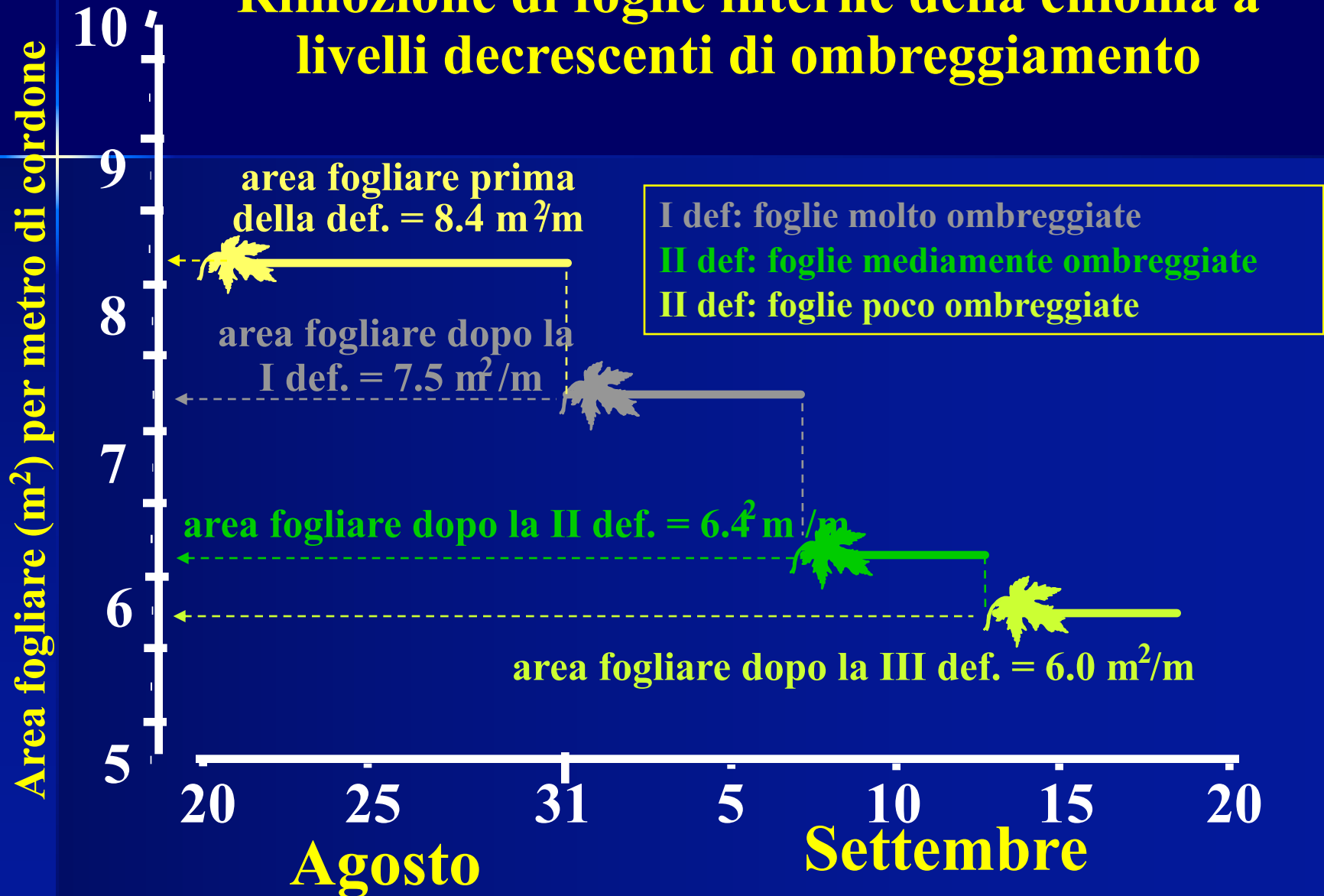
Risposta fotosintetica (A) al variare dell'intensità luminosa (PFD) di una singola foglia e di una chioma in condizioni naturali e ristretta



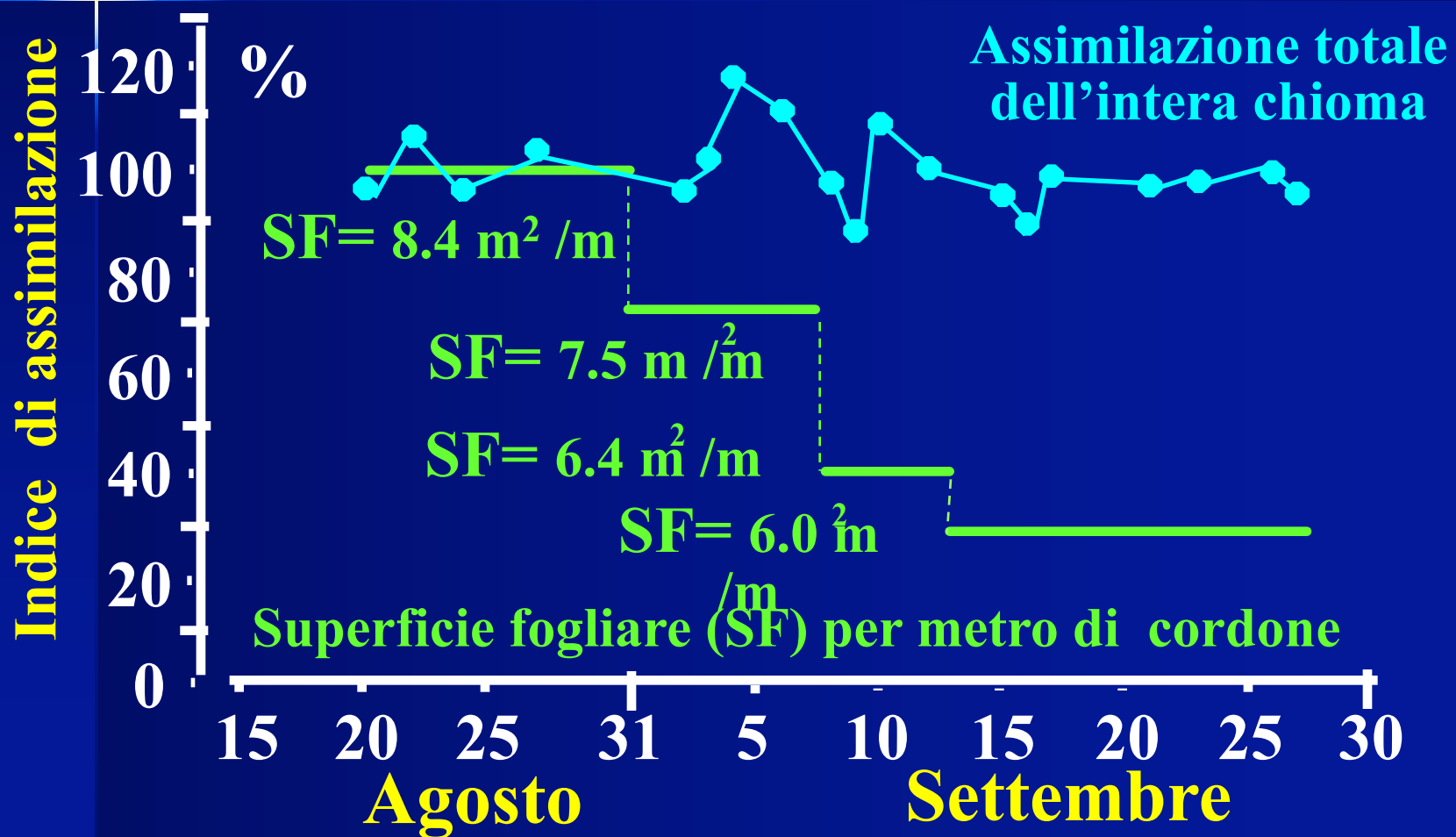
Cv. 'Chardonnay'. Variazioni di PFD e andamento giornaliero della assimilazione (A) di un'intera chioma



Cv. 'Sangiovese'. Cordone a chiome ristrette. Rimozione di foglie interne della chioma a livelli decrescenti di ombreggiamento

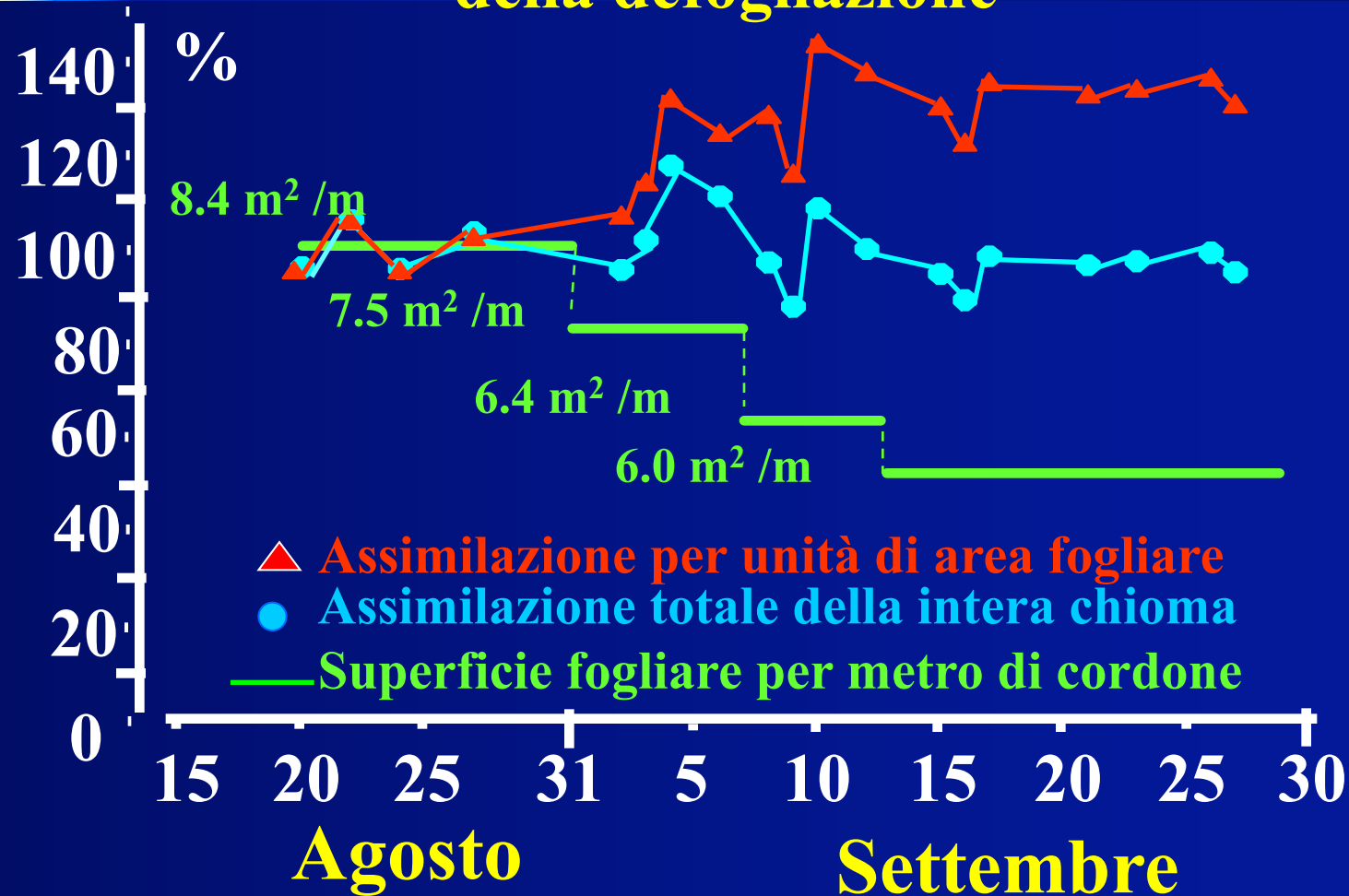


Cv. 'Sangiovese'. Effetti della rimozione di foglie interne ombreggiate sulla assimilazione fotosintetica della chioma intera. I dati sono riportati in % della assimilazione media registrata prima della defogliazione



Cv. 'Sangiovese'. Effetti della rimozione di foglie interne ombreggiate sulla assimilazione fotosintetica della chioma intera e per unità di area fogliare. I dati sono riportati in % della assimilazione media registrata prima della defogliazione

Indice di assimilazione



Raffronto tra i tassi di assimilazione specifica misurati su foglie singole (A_f) e su chiome intere (A_c) nel corso di una giornata serena e per intervalli di tempo corrispondenti.

	SF (m ²)	A_f ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		A_c ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
		Matt.	Pom.	Matt.	Pom.
Vite 1	1,20	9,3 ± 1,3	8,7 ± 0,8	4,5 ± 0,1	4,0 ± 0,1
Vite 2	1,34	8,3 ± 0,7	8,0 ± 0,7	4,1 ± 0,1	3,8 ± 0,1

Foglie in buone condizioni vegetative e di pari età hanno tutte la stessa capacità fotosintetica?

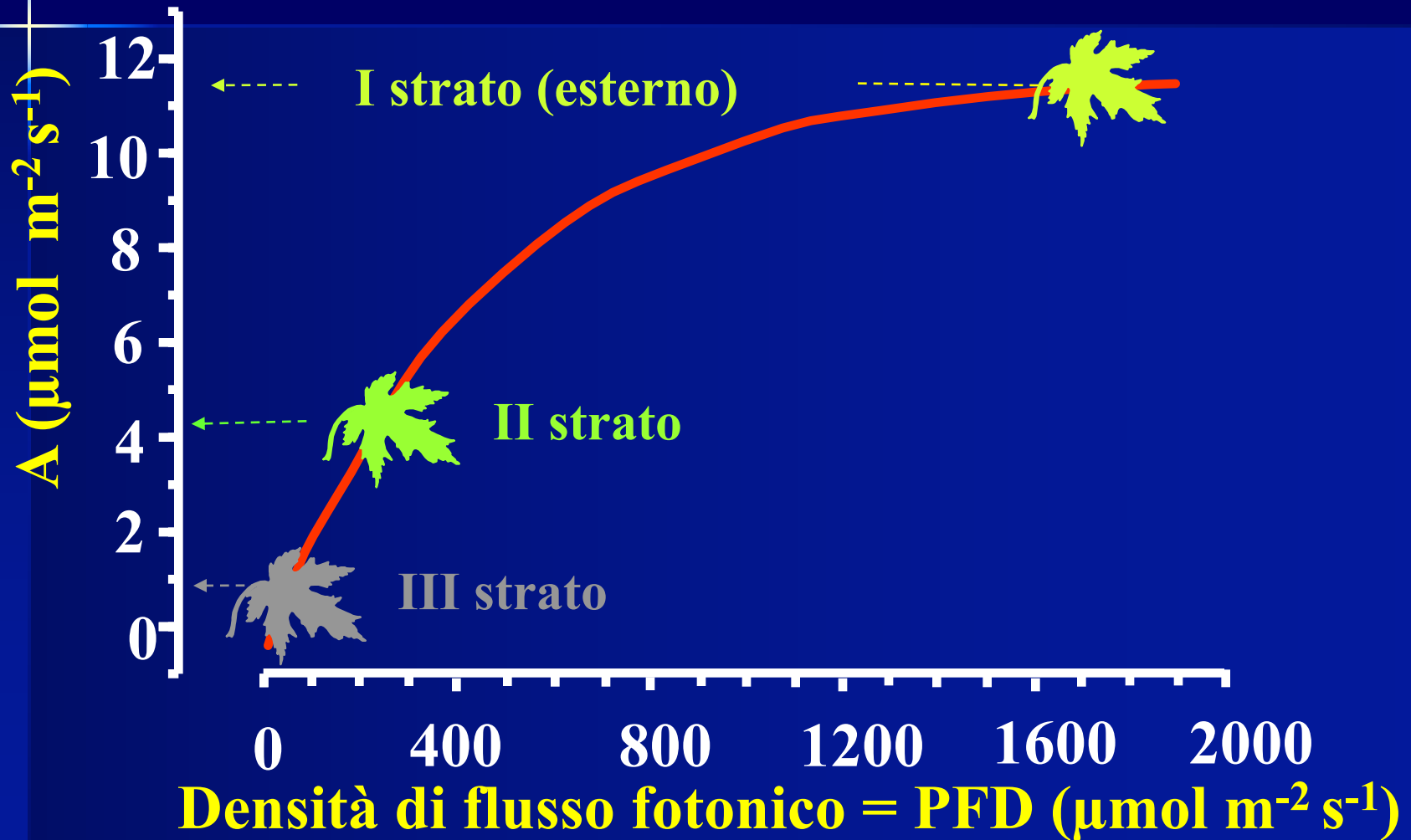
- la formazione delle “foglie da luce”
- la formazione delle “foglie da ombra”





Piena luce solare

Assimilazione fotosintetica (A) di foglie adulte al I, II e III strato della chioma

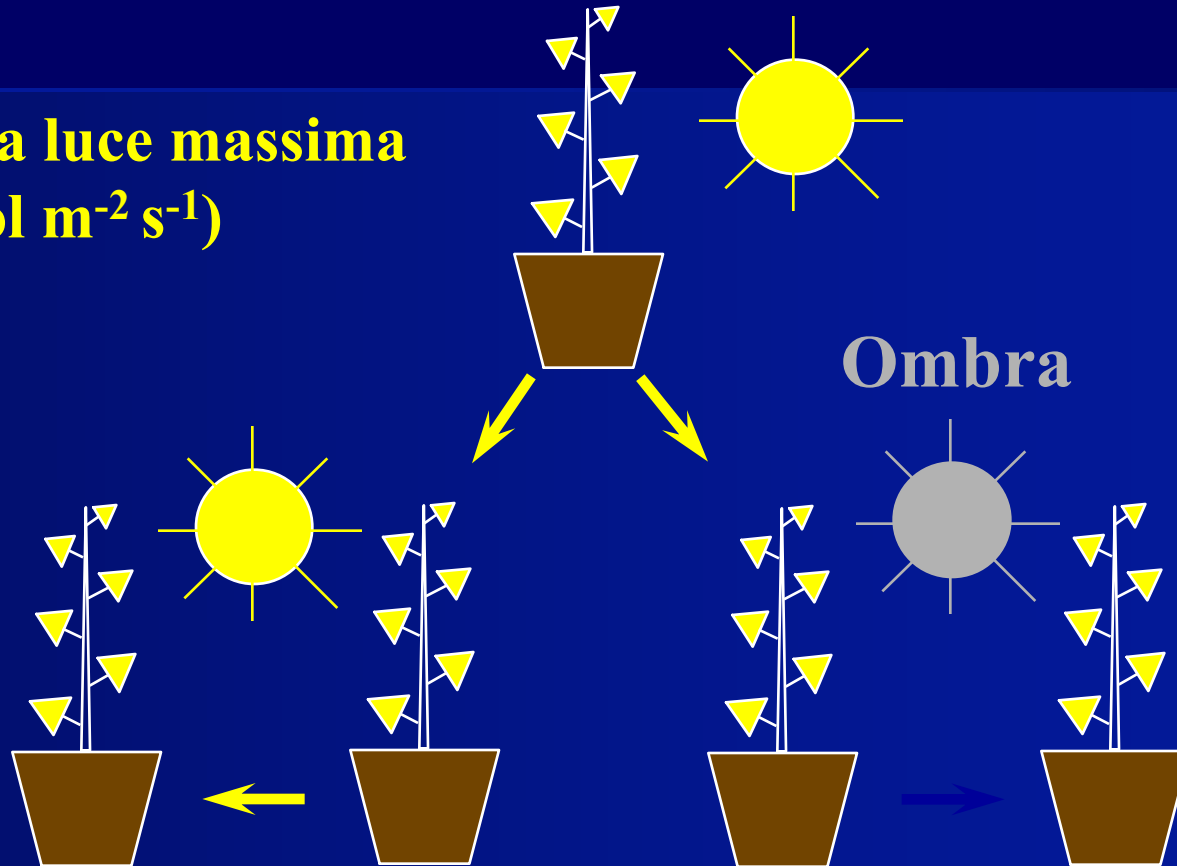




Cv. 'Sangiovese'. "Foglie da luce"

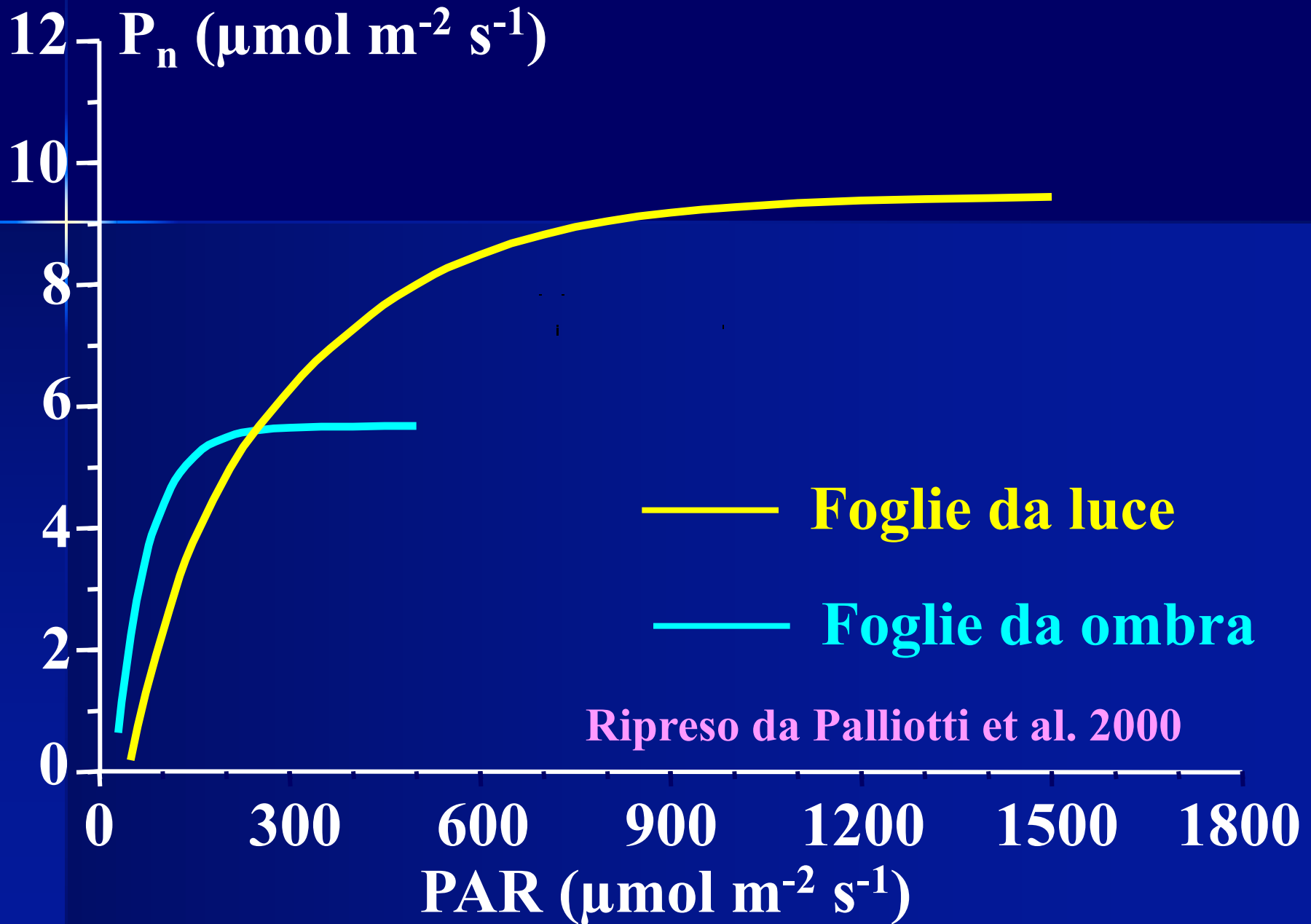
(esposte durante l'espansione della lamina)

90% della luce massima
($1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)



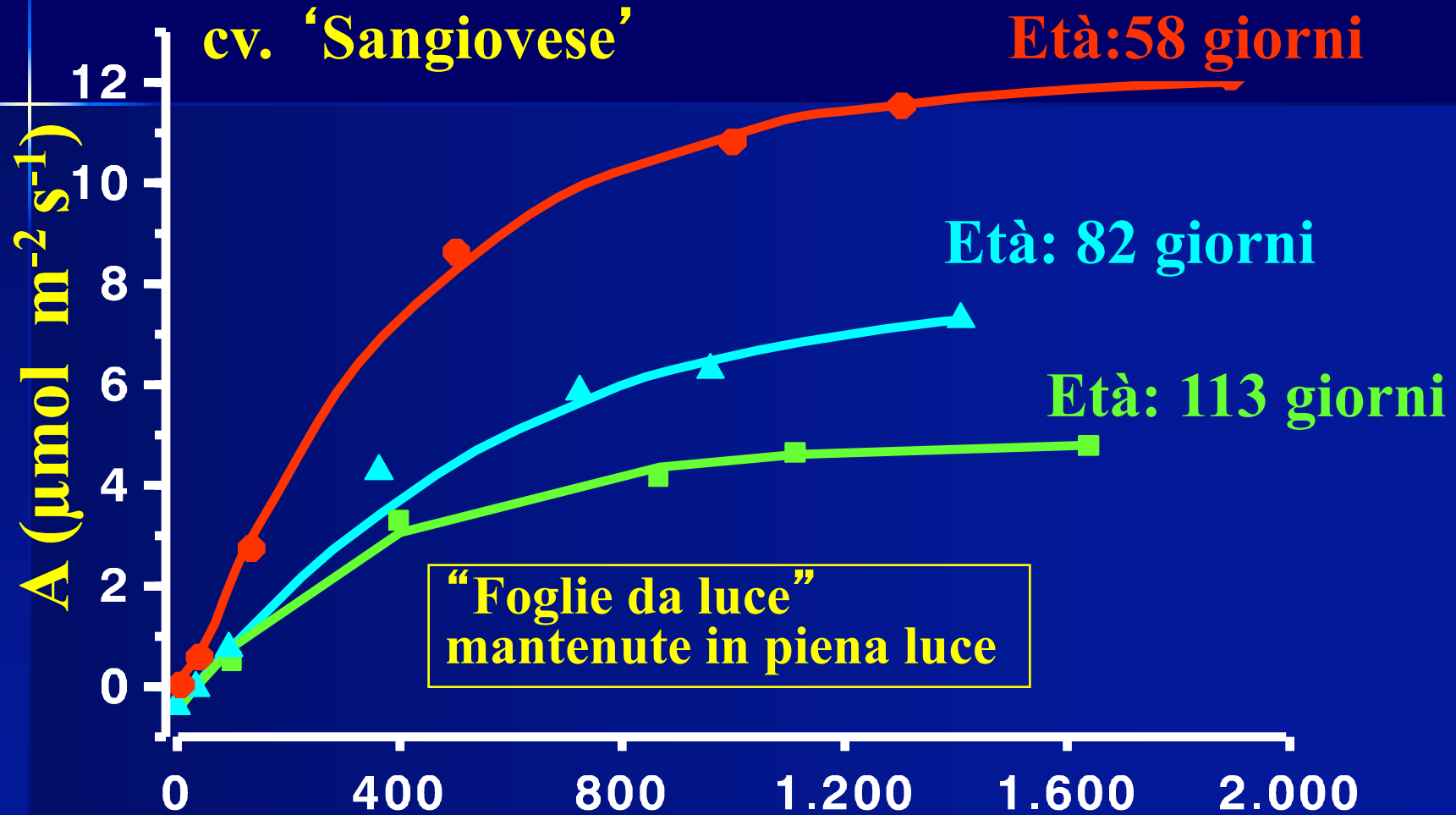
90% della luce massima
($1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

8% della luce massima
($150-200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)



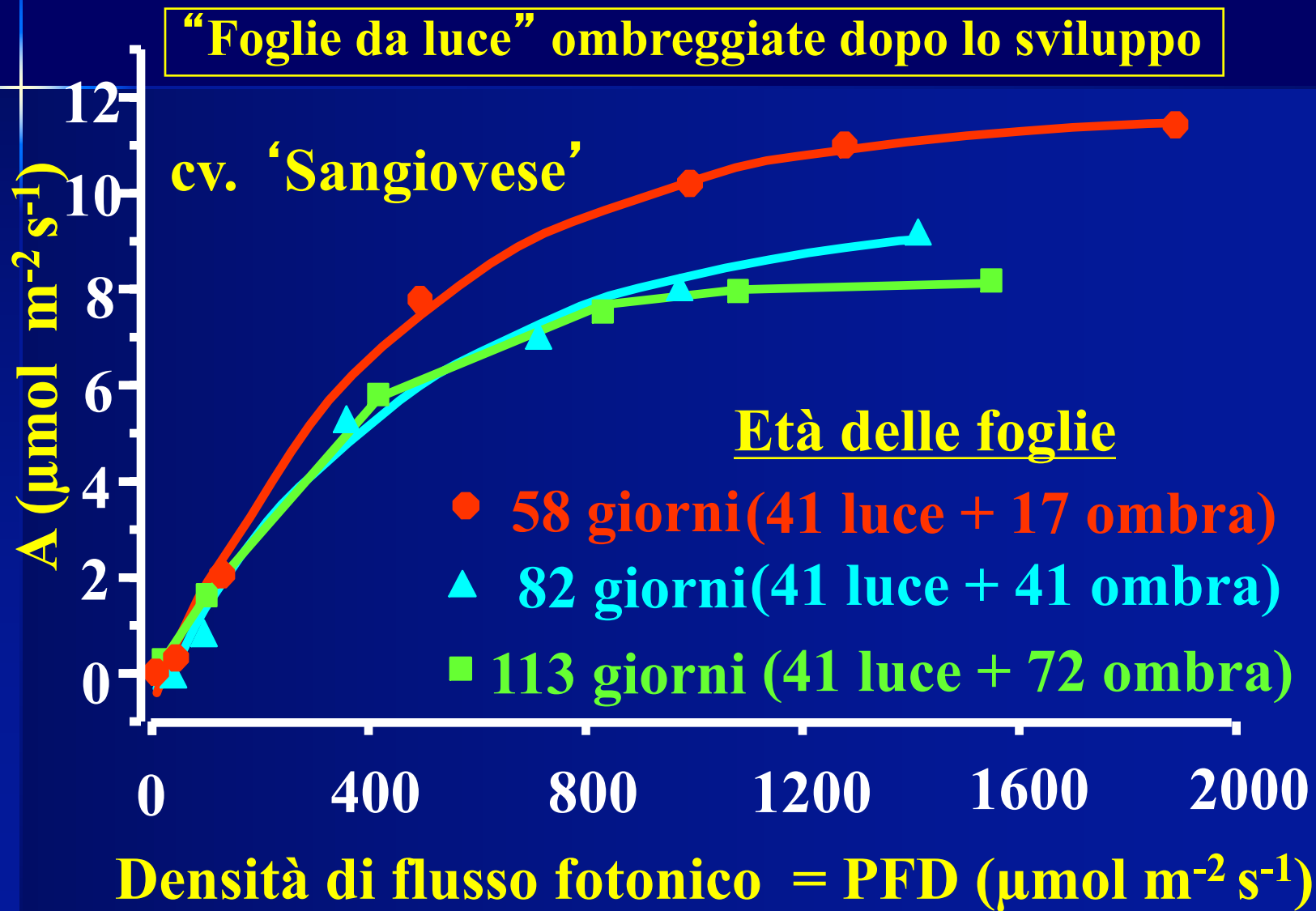
Ripreso da Palliotti et al. 2000

Risposta fotosintetica (A) di foglie adulte di varia età a diverse intensità luminose (PFD)



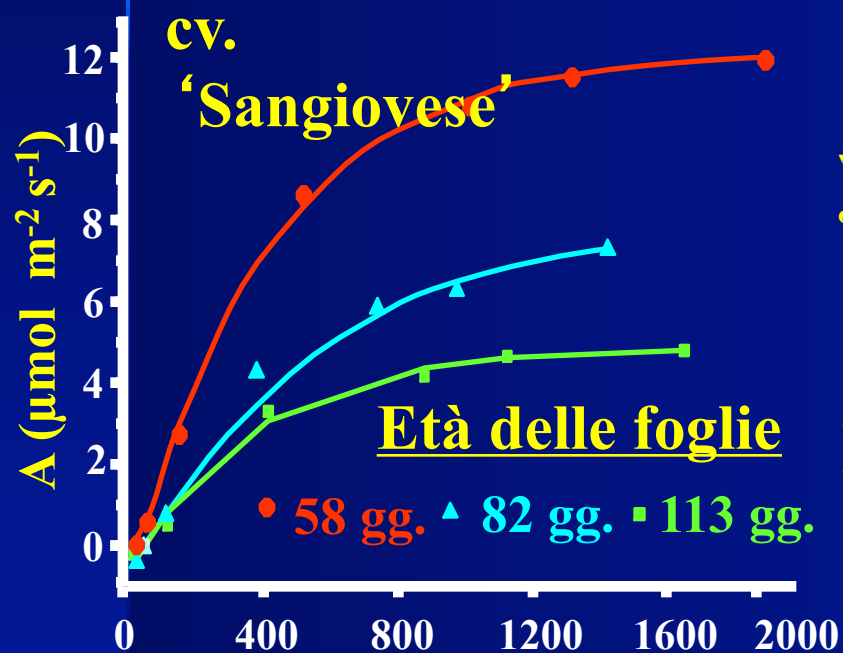
Densità di flusso fotonico = PFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Risposta fotosintetica (A) di foglie adulte di varia età a diverse intensità luminose (PFD)

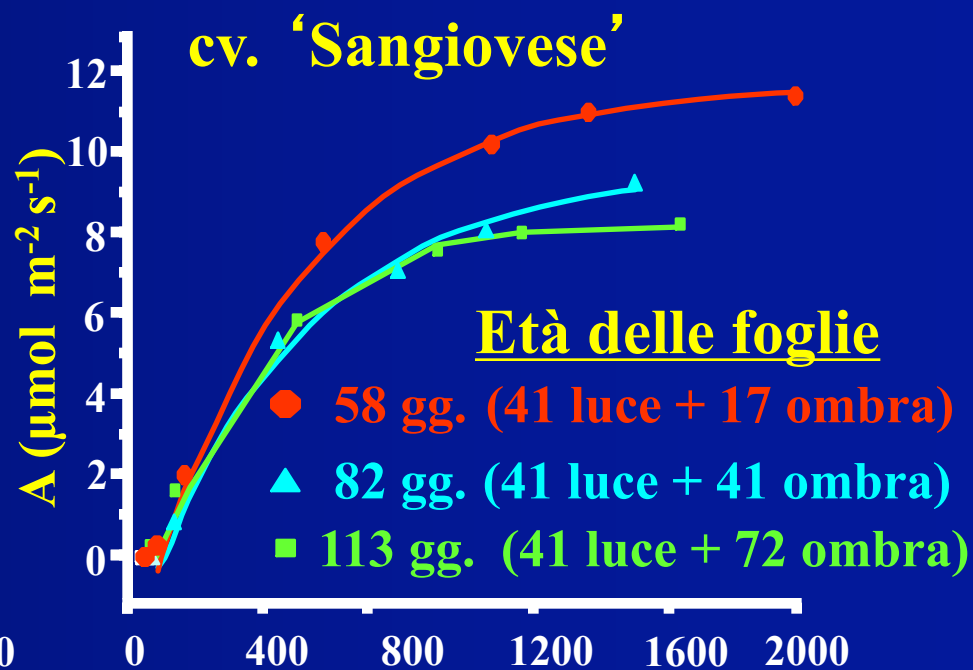


Risposta fotosintetica (A) di foglie adulte di varia età a diverse intensità luminose (PFD)

“Foglie da luce”
mantenute in piena luce



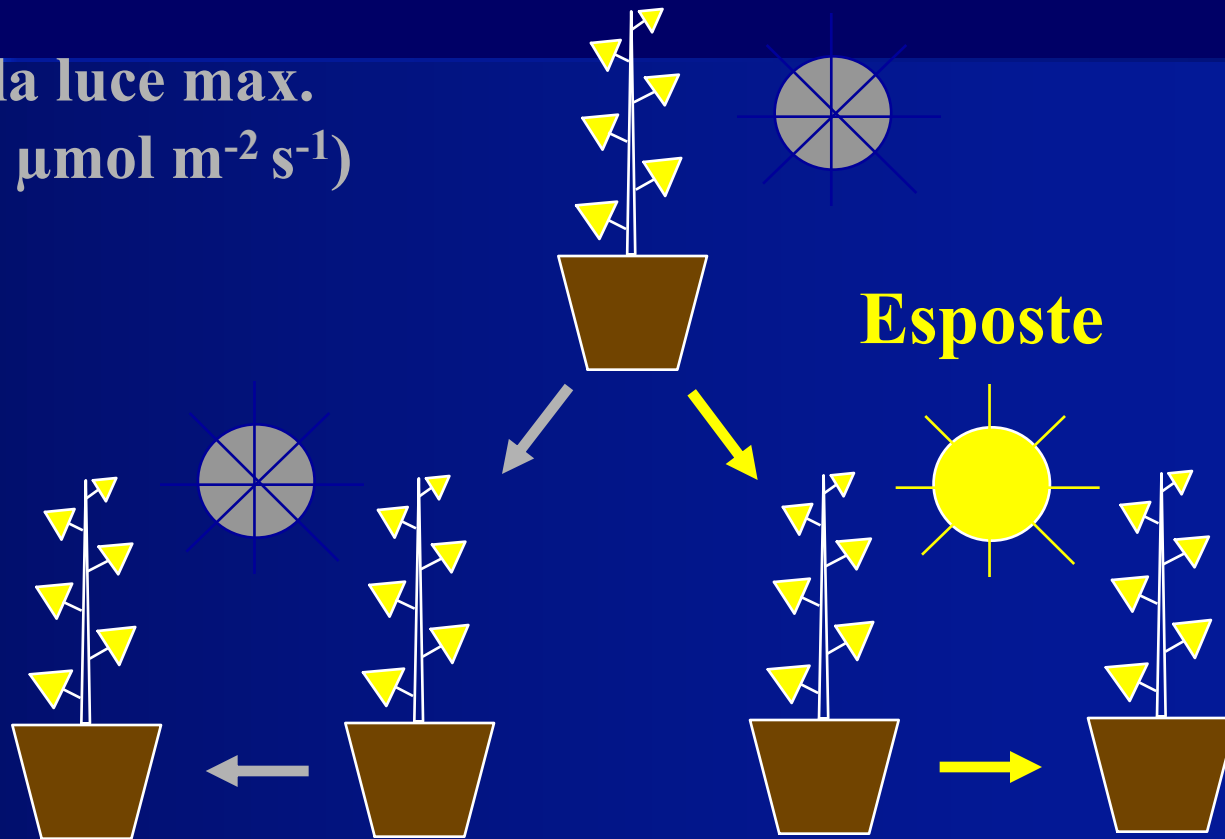
“Foglie da luce” ombreggiate
dopo lo sviluppo



Cv. 'Sangiovese'. "Foglie da ombra"

(ombreggiamento durante l'espansione della lamina)

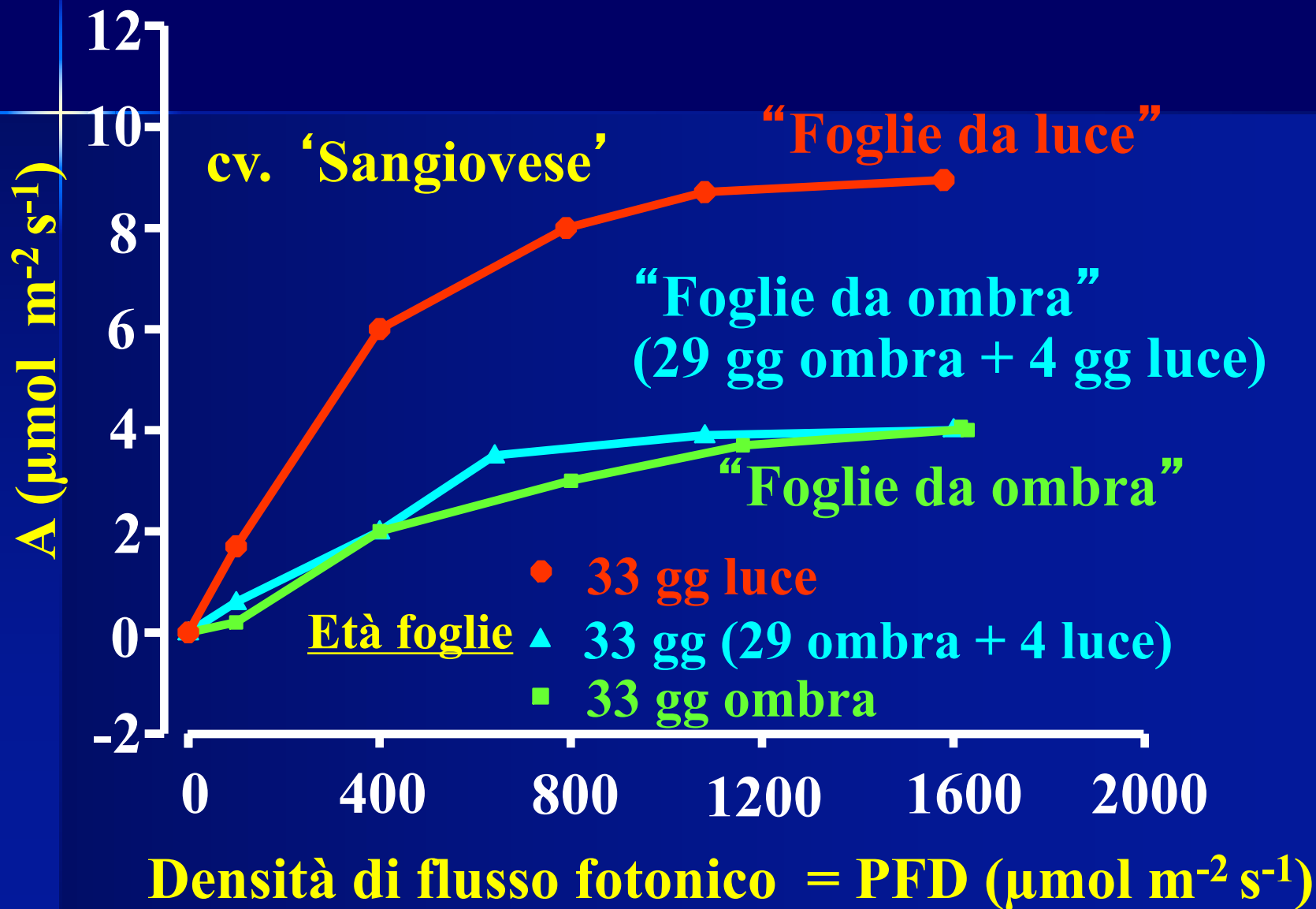
8% della luce max.
(150-200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)



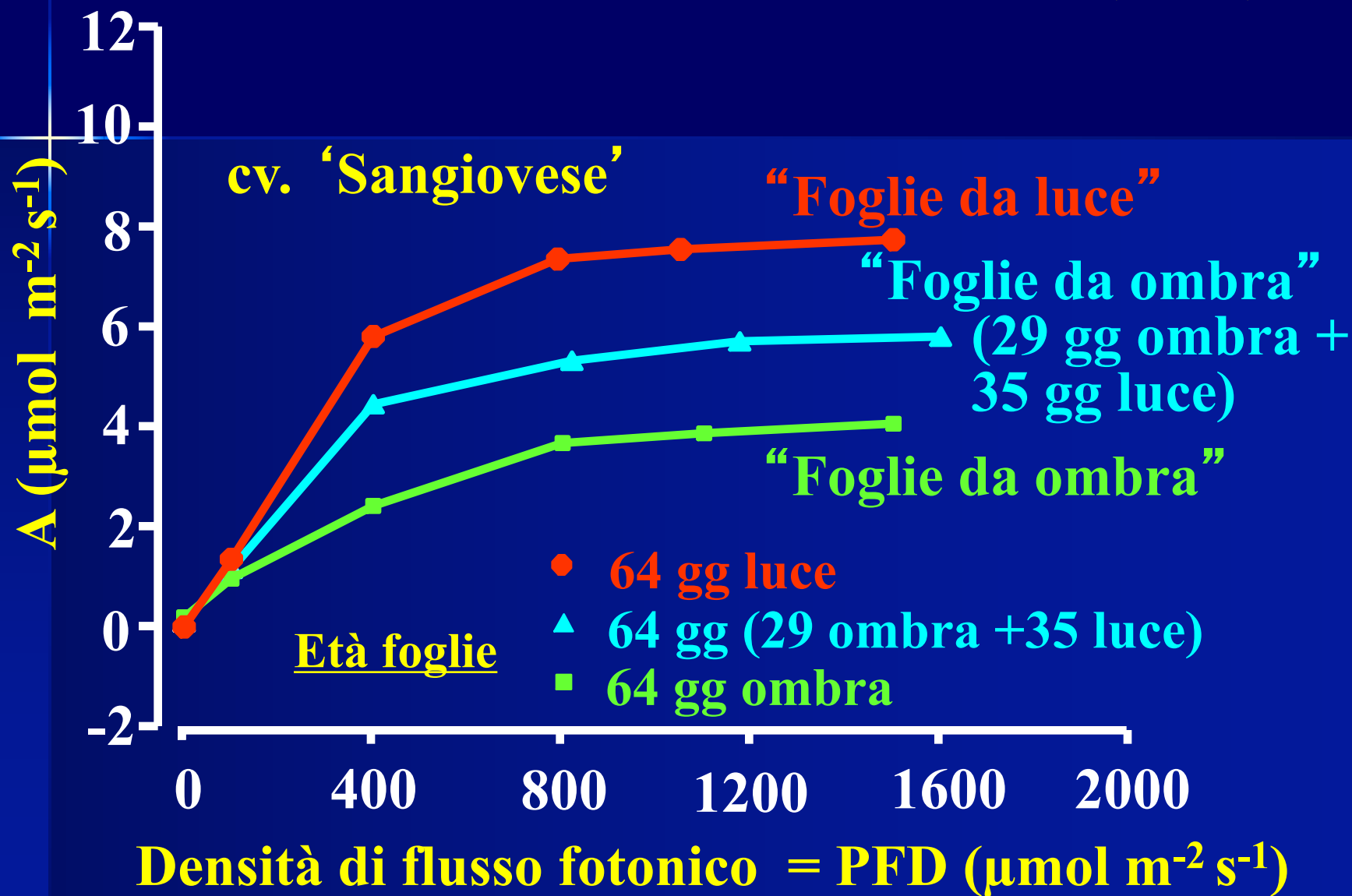
8% della luce max
(150-200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

90% della luce max.
(1600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

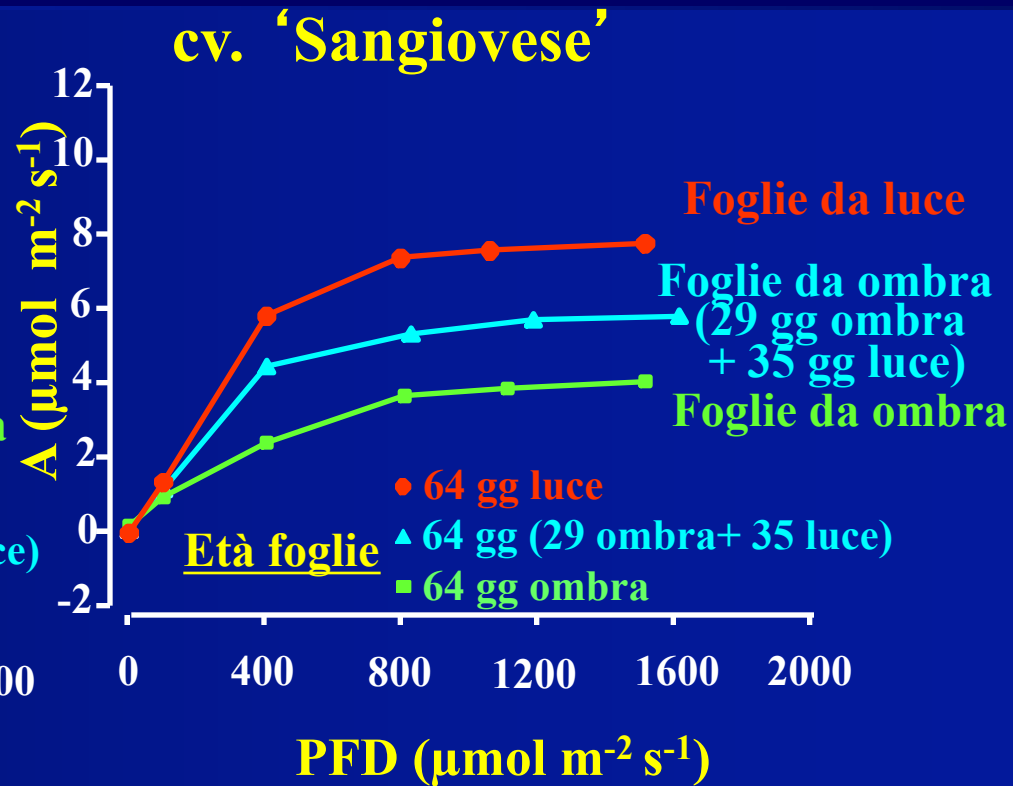
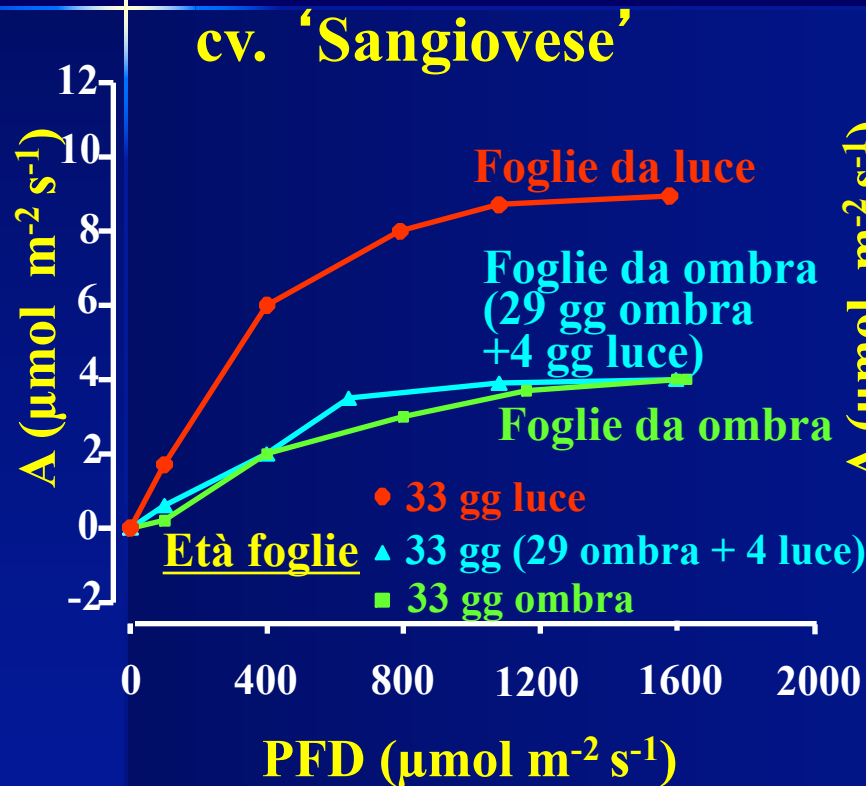
Risposta fotosintetica (A) di foglie adulte di varia età a diverse intensità luminose (PFD)

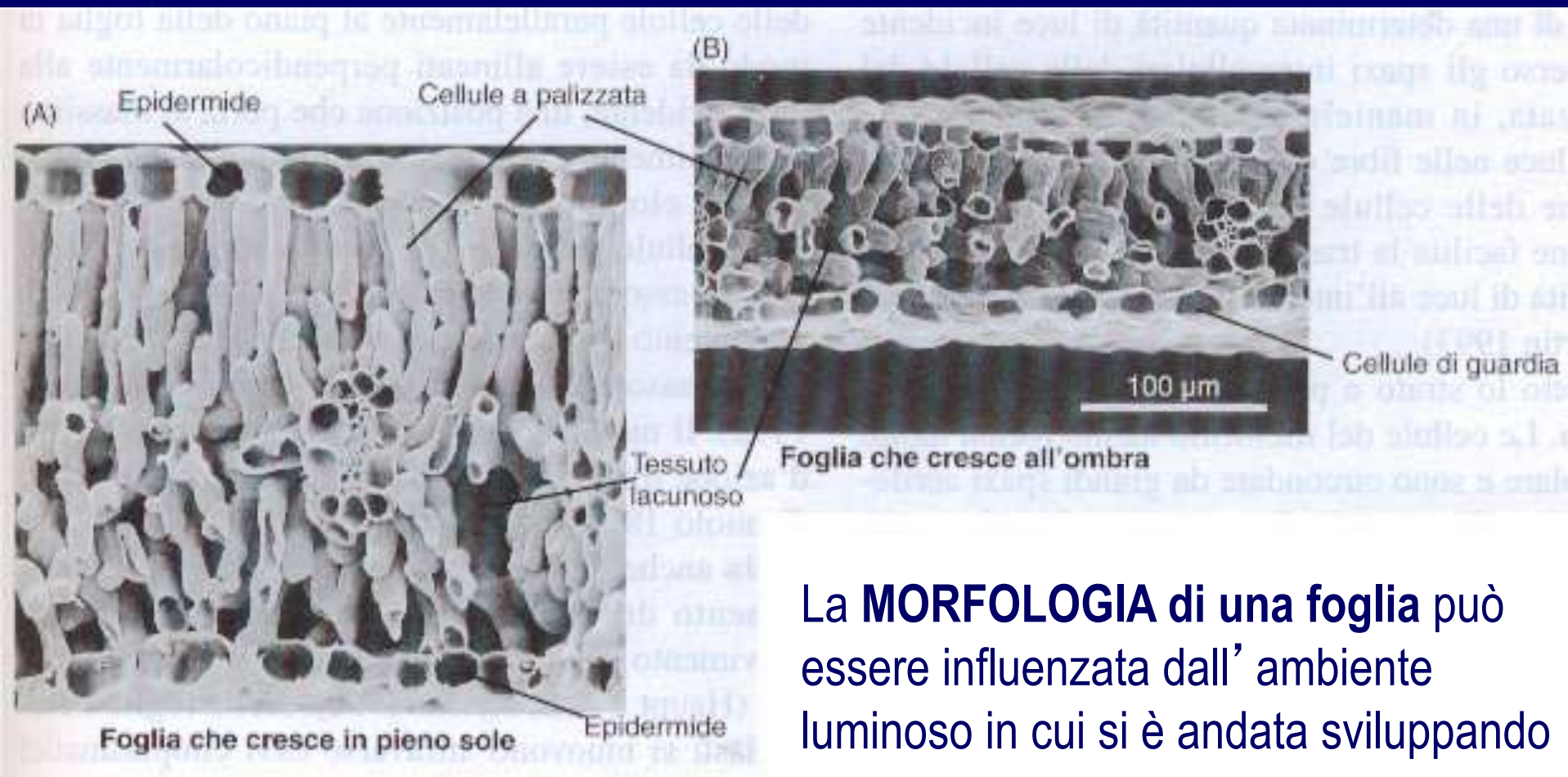


Risposta fotosintetica (A) di foglie adulte di varia età a diverse intensità luminose (PFD)



Risposta fotosintetica (A) di foglie adulte di varia età a diverse intensità luminose (PFD)





La **MORFOLOGIA** di una foglia può essere influenzata dall' ambiente luminoso in cui si è andata sviluppando

La foglia cresciuta in **piena luce** è più spessa di quella sviluppatasi in **ombra**, con le cellule del palizzata ben più allungate rispetto a quelle della foglia in ombra

Nel corso di ogni giornata, le singole foglie “da luce” possono risultare ombreggiate o illuminate per periodi più o meno lunghi.

Qual'è il loro comportamento fotosintetico al variare delle condizioni di luminosità?



Piena luce solare

Luce incidente totale

10 %
Riflessa

84 % assorbita
6 % trasmessa

← 1° strato fogliare

16 % della luce incidente totale

1,6 %
Riflessa

13,4 % assorbita
1 % trasmessa

← 2° strato fogliare

2,6 % della luce incidente totale

0,2 %
Riflessa

2,1% assorbita

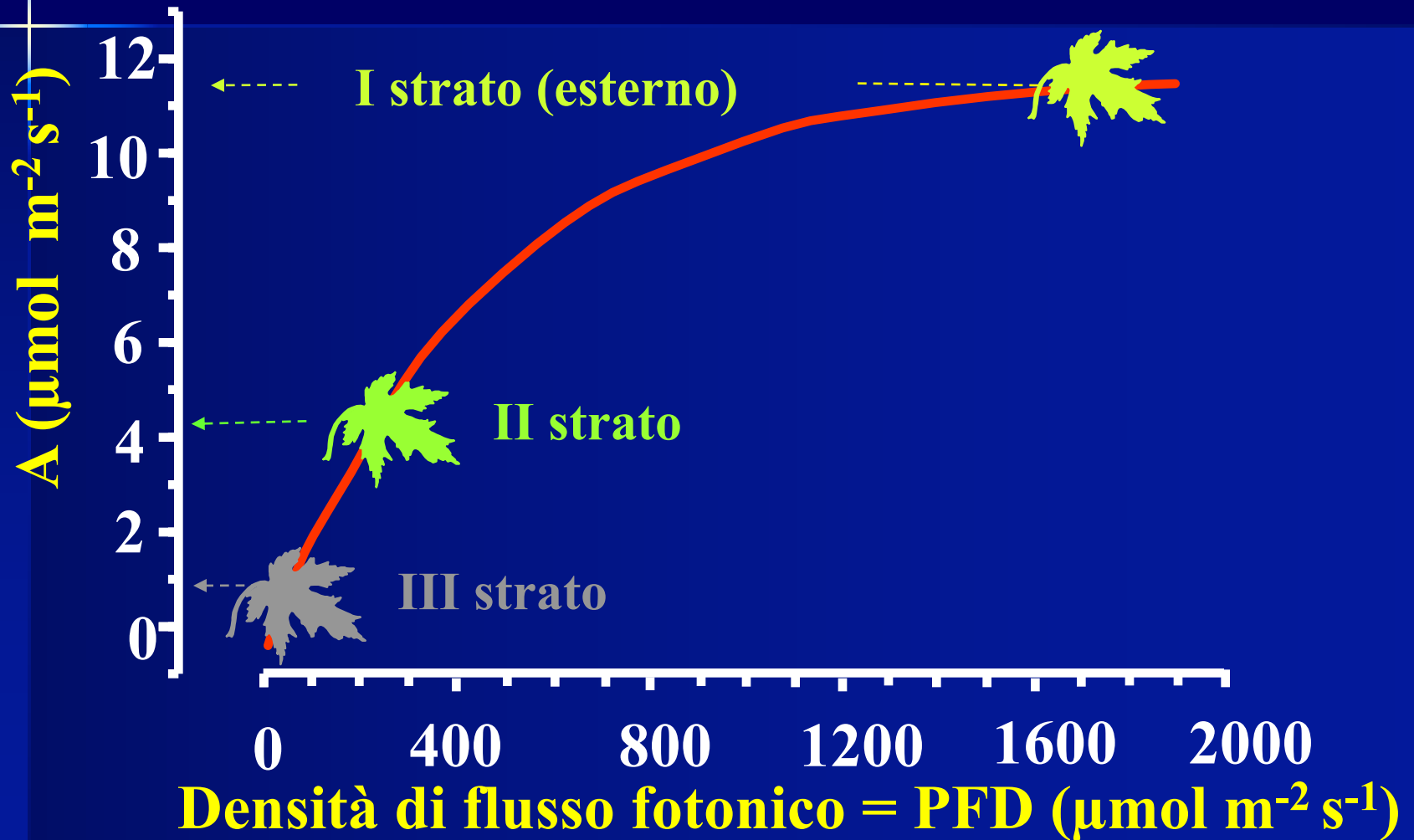
← 3° strato fogliare





Piena luce solare

Assimilazione fotosintetica (A) di foglie adulte al I, II e III strato della chioma



L'alternanza di luce e di ombra: una costante realtà nel vigneto

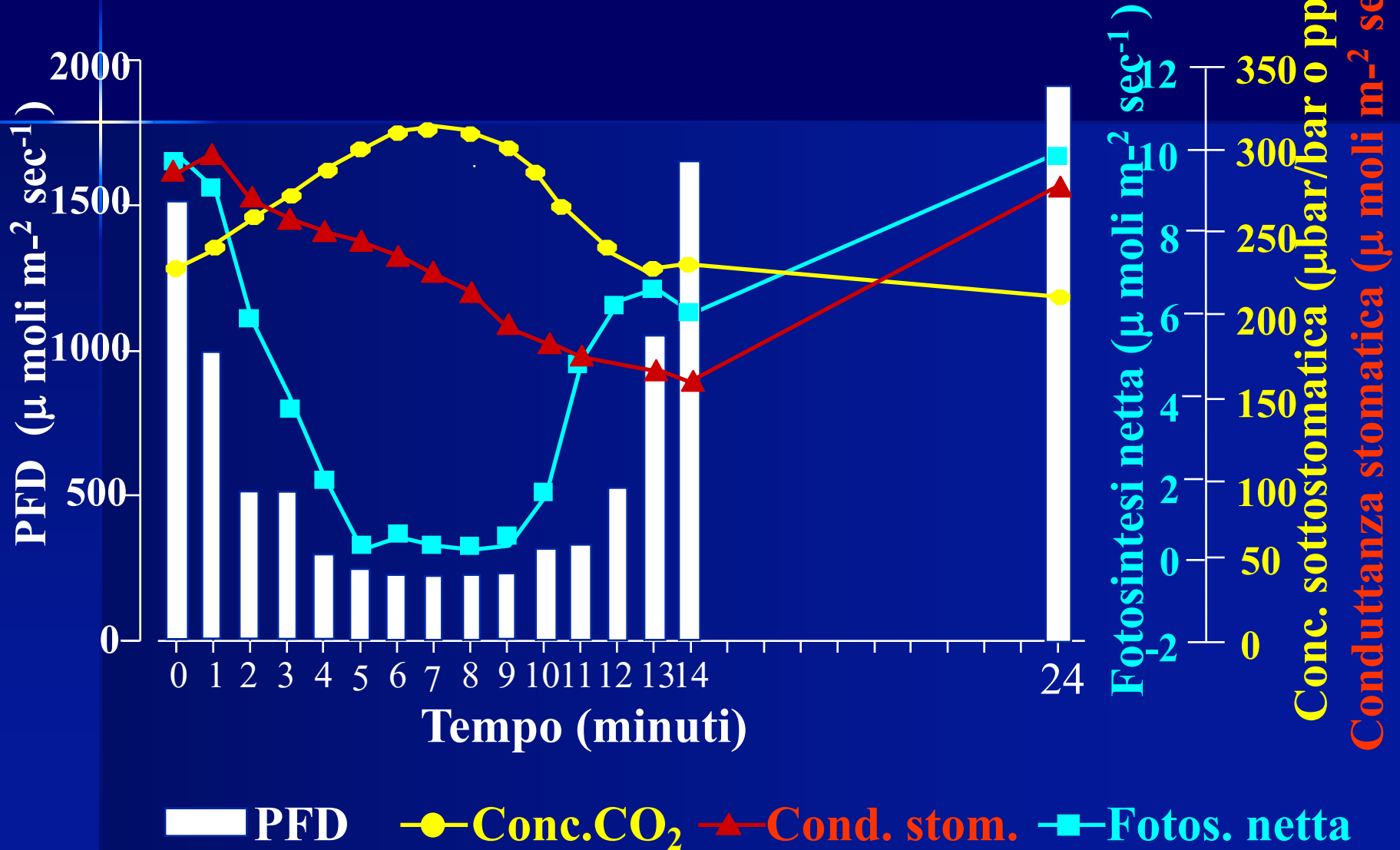


Indagini sulle variazioni dei tempi di ombreggiamento



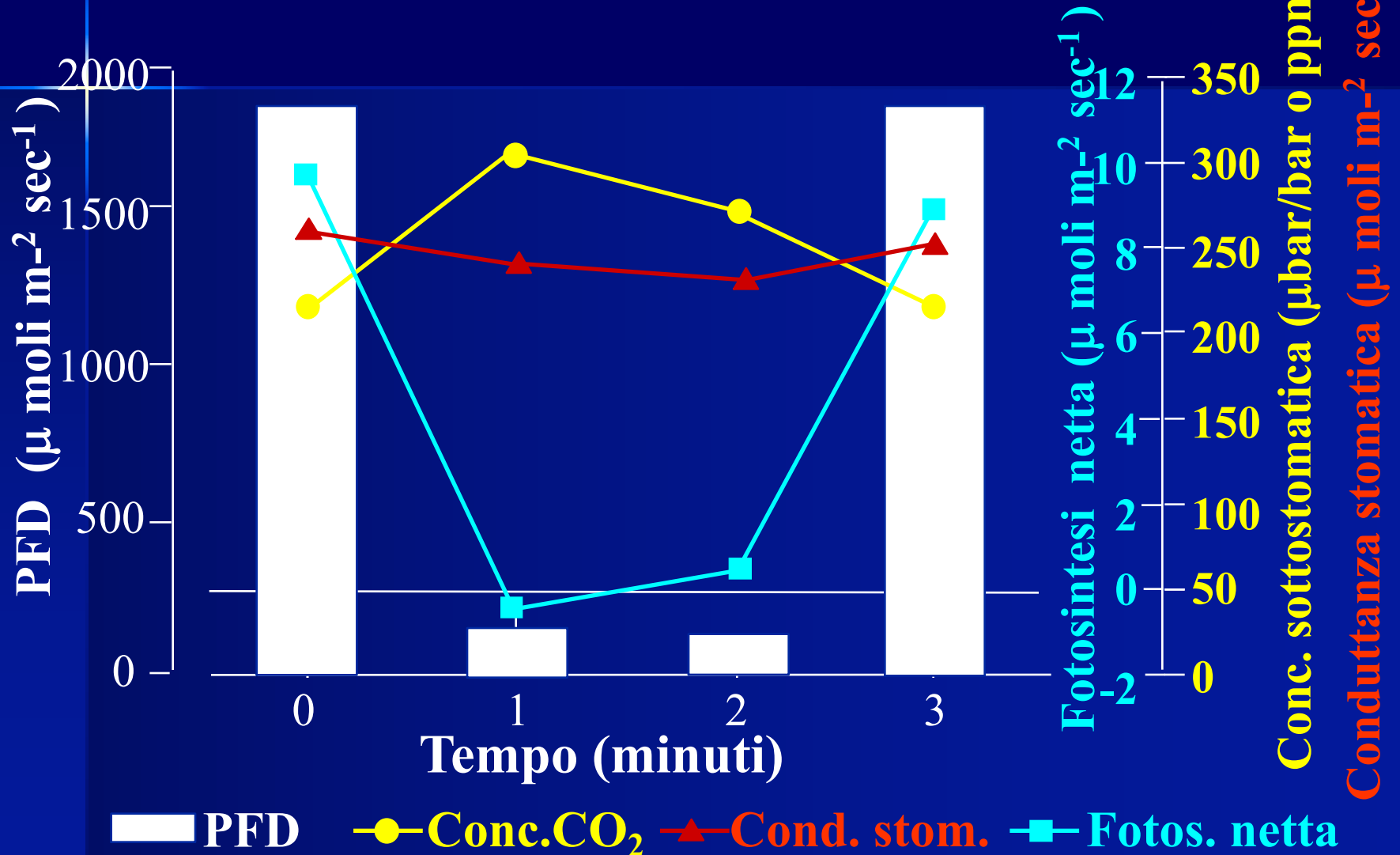
Sangiovese 12 T

Prove di ombreggiamento a tempi lunghi



Sangiovese 12 T

Prove di ombreggiamento a tempi brevi



I colpi di luce in una chioma ristretta



I colpi di luce in una chioma libera



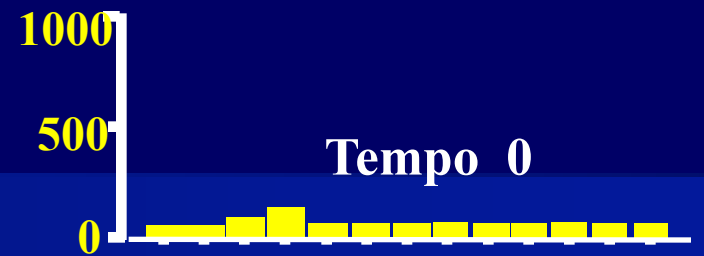
Rilievi analitici sulla presenza e sul significato funzionale dei “colpi di luce”



Chioma ristretta



PFD Velocità del vento 2 -7 m/s



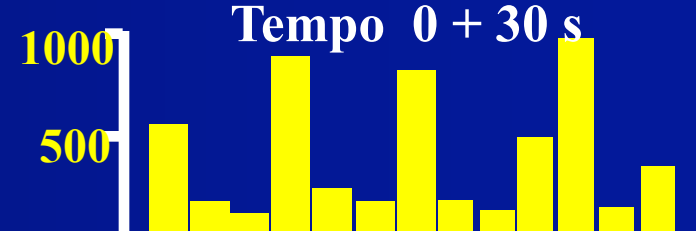
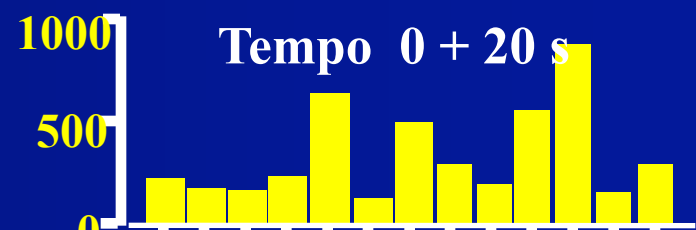
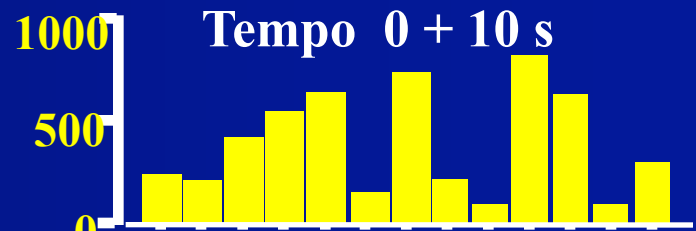
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Posizione dei sensori di PFD

Chioma libera

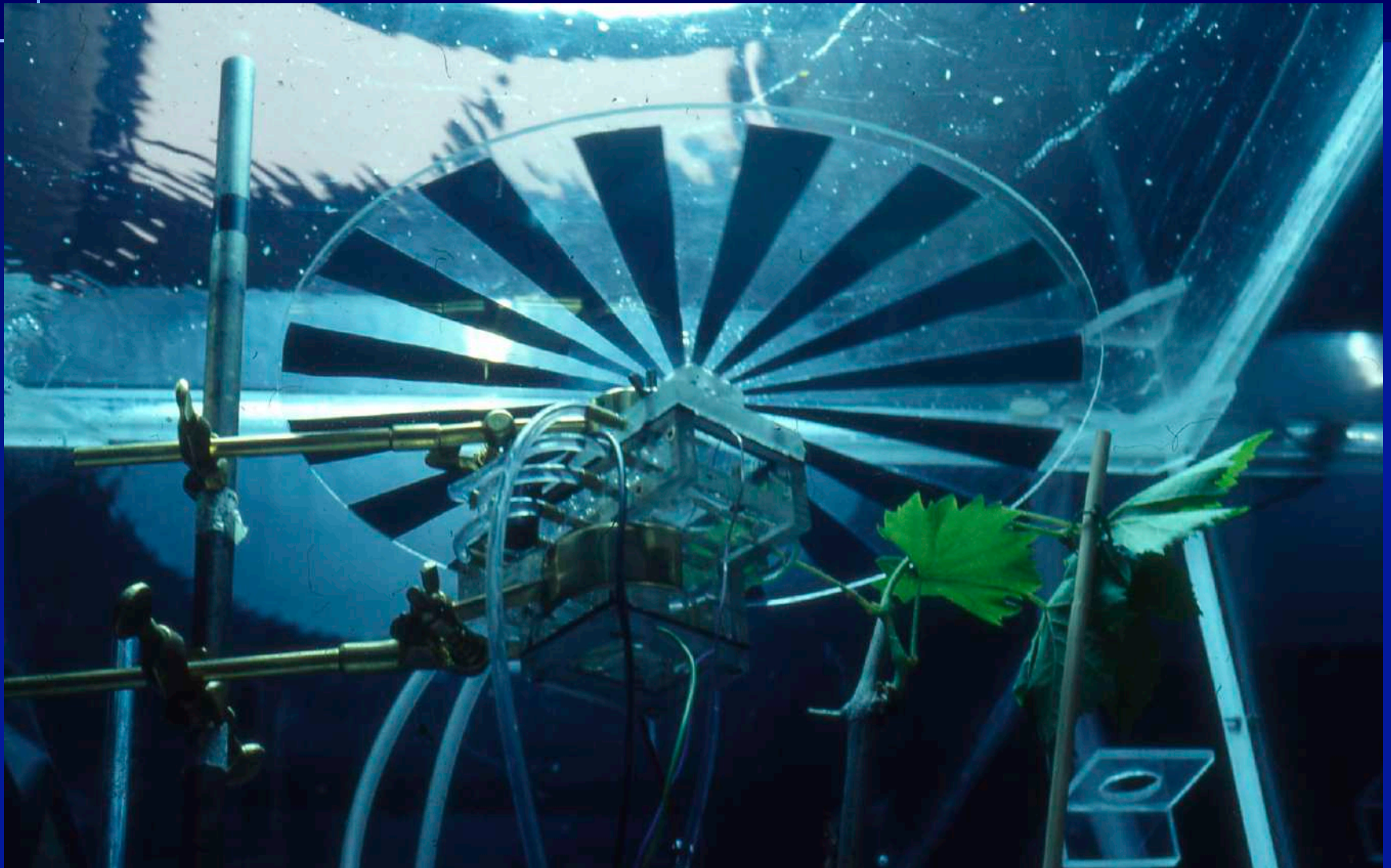


PFD Velocità del vento 2 -7 m/s

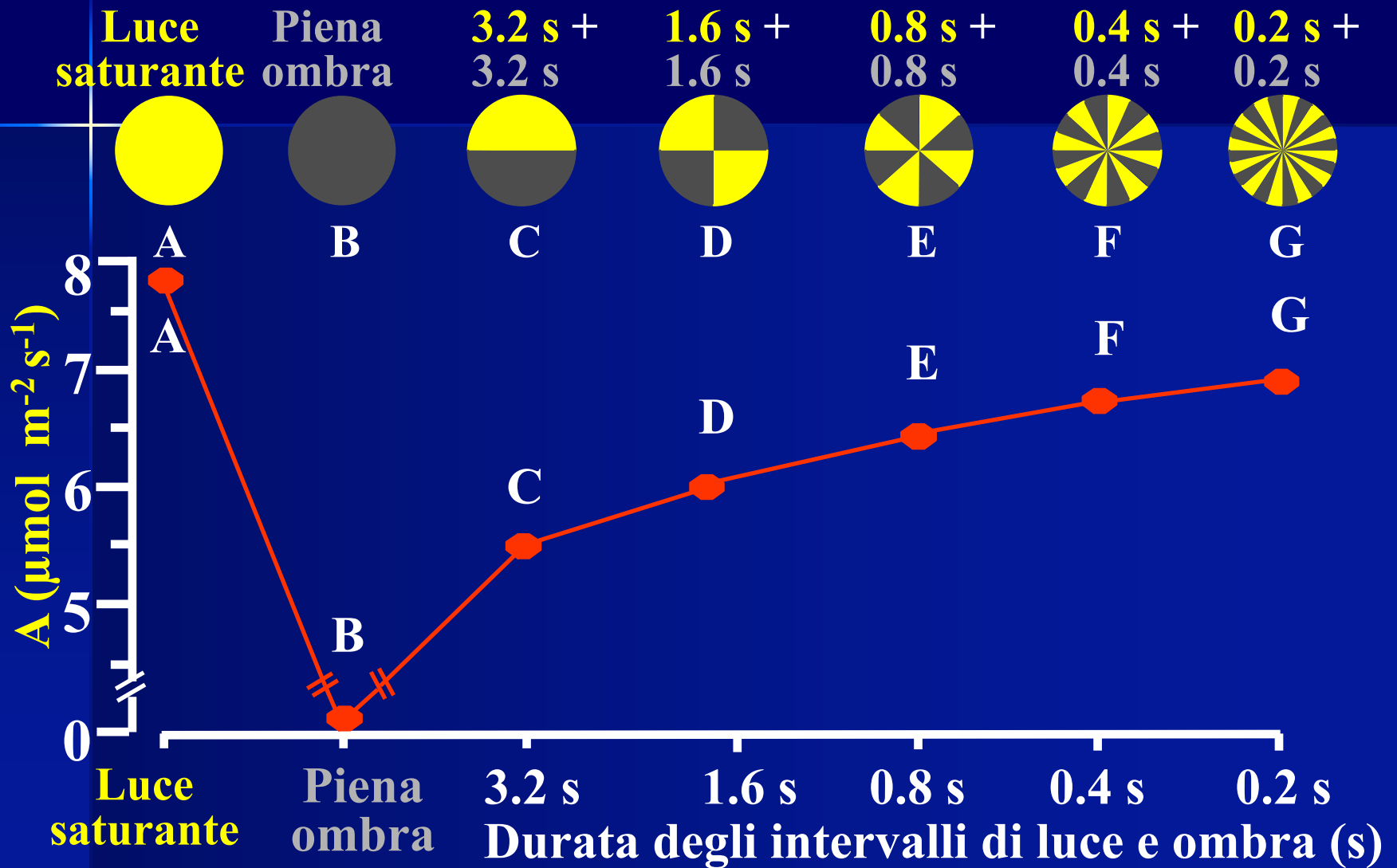


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
Posizione dei sensori di PFD

La risposta fisiologica ai “colpi di luce”

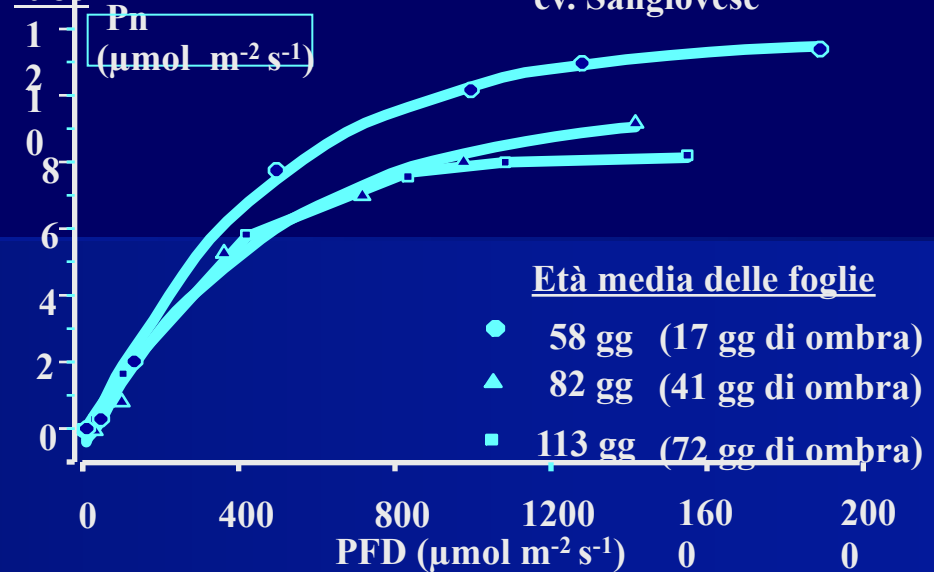


Risposta fotosintetica di una foglia (A) a "colpi di luce" di durata diversa

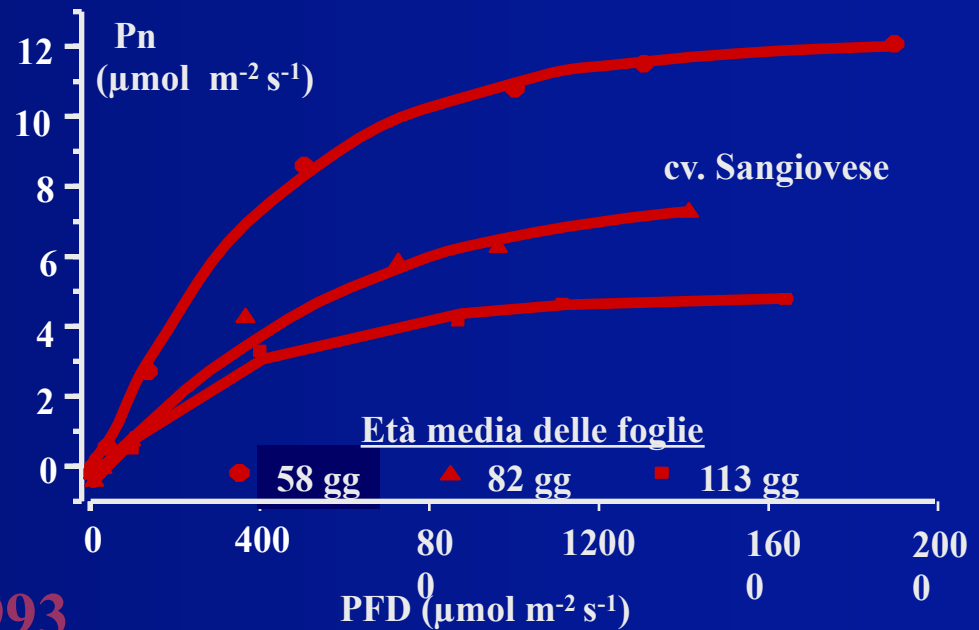




Foglie da "luce", ombreggiate e poi riesposte alla luce



Foglie da "luce" sempre mantenute in luce

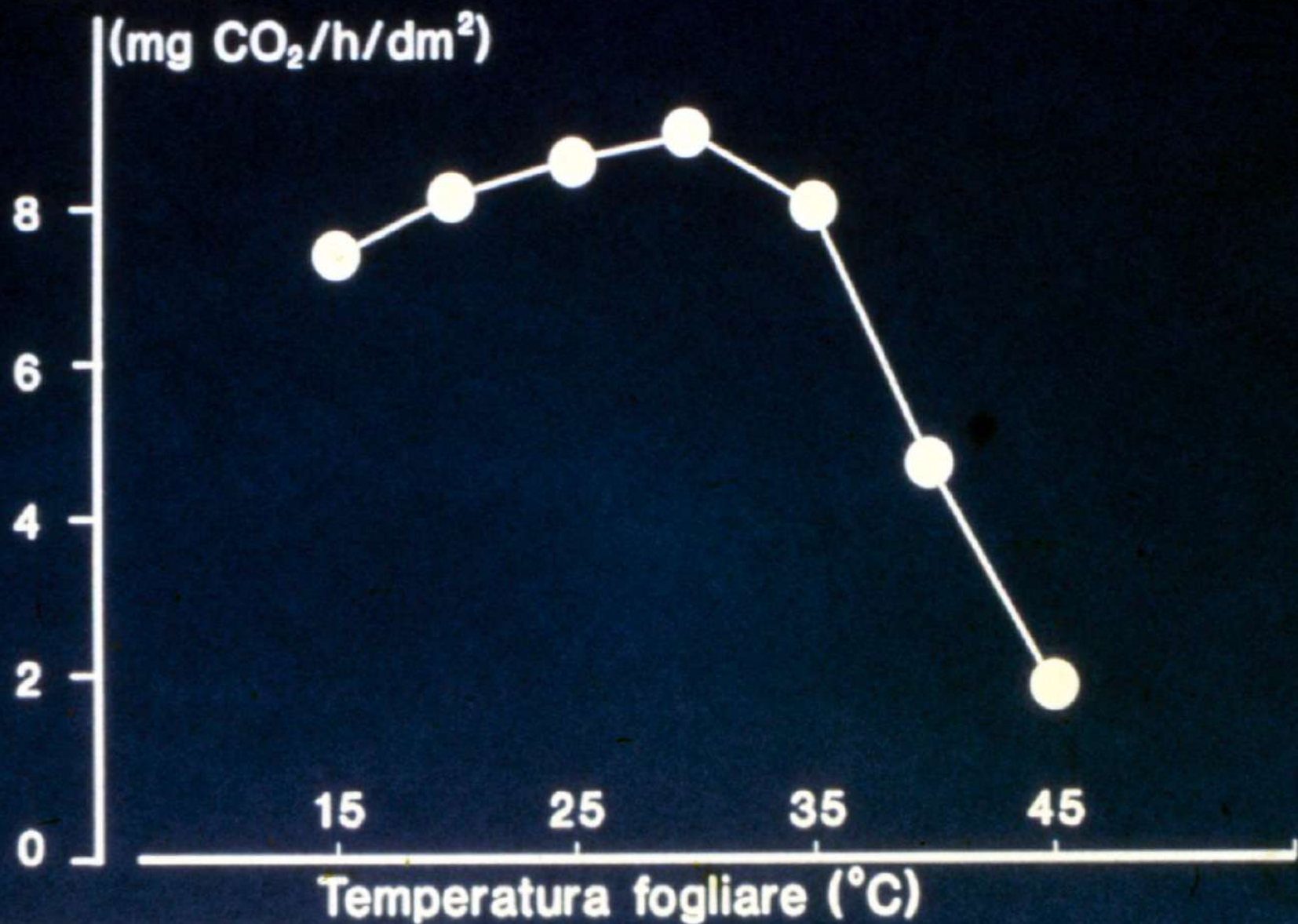


Da Silvestroni et al., 1993

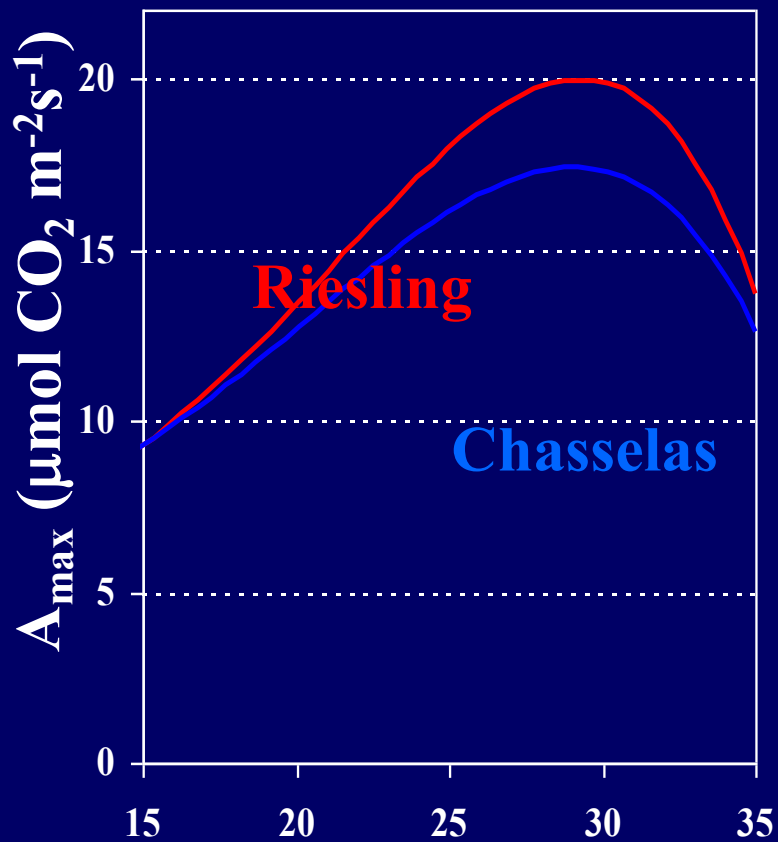
Temperatura e fotosintesi

- Effetti di lungo periodo
- Effetti di breve periodo

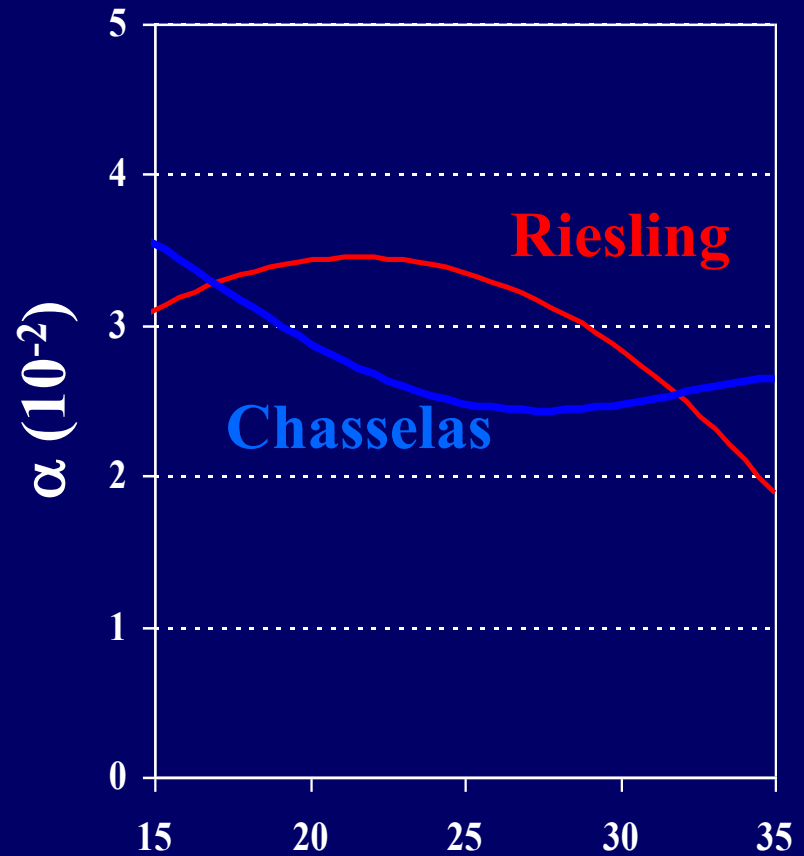
Fotosintesi



Rielaborato da Kriedemann, 1968



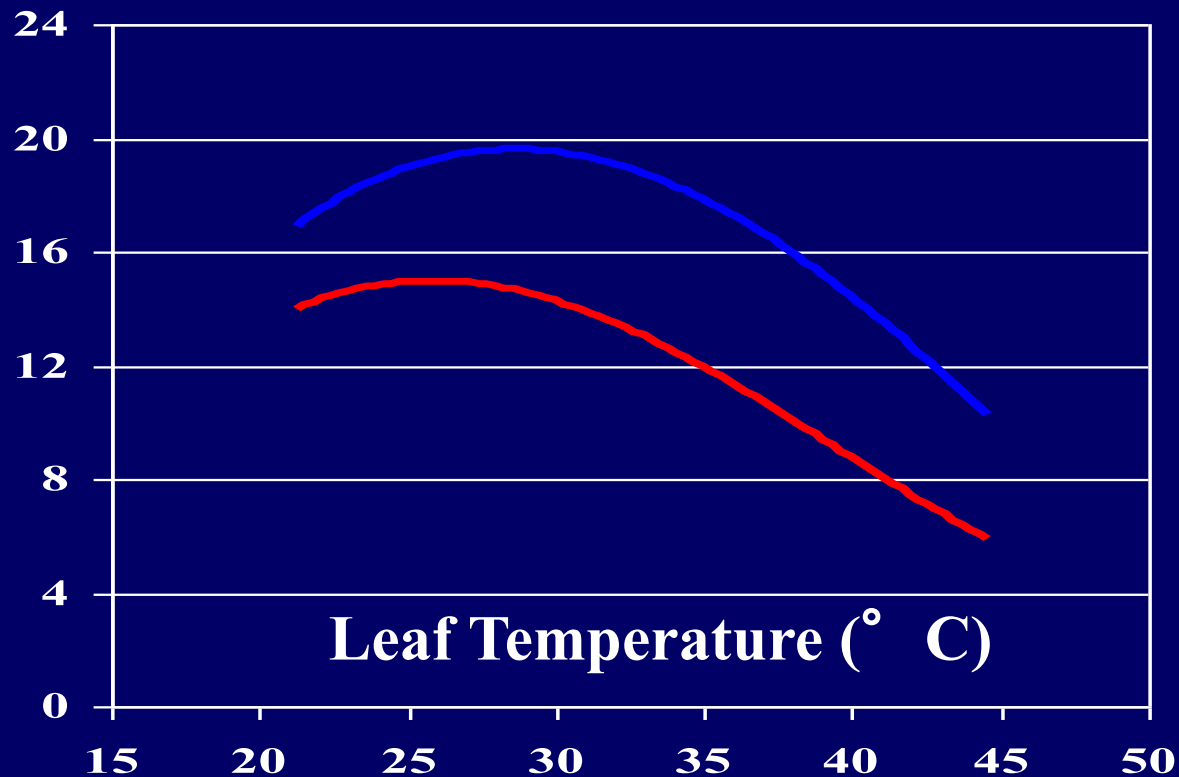
Leaf Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

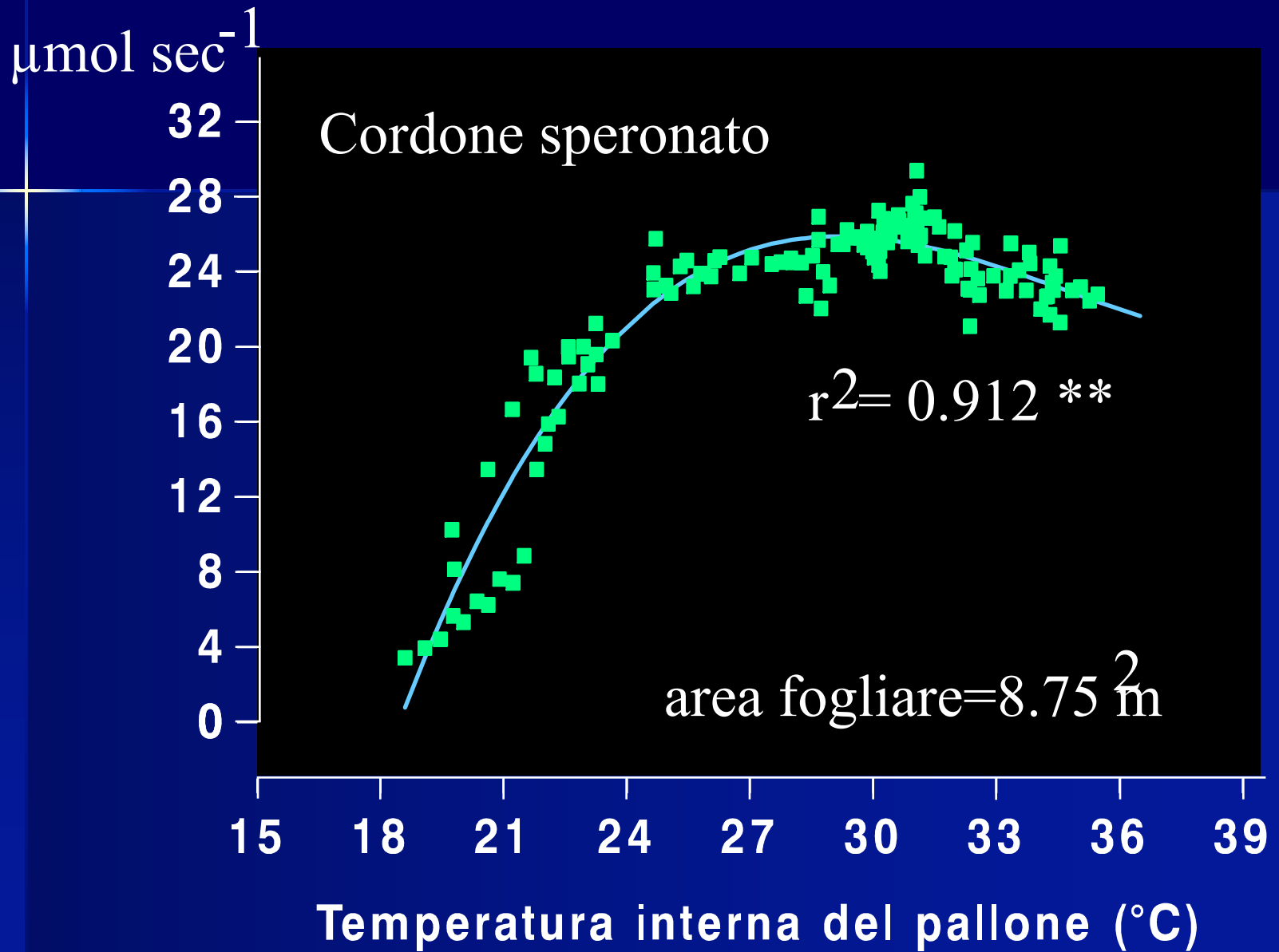


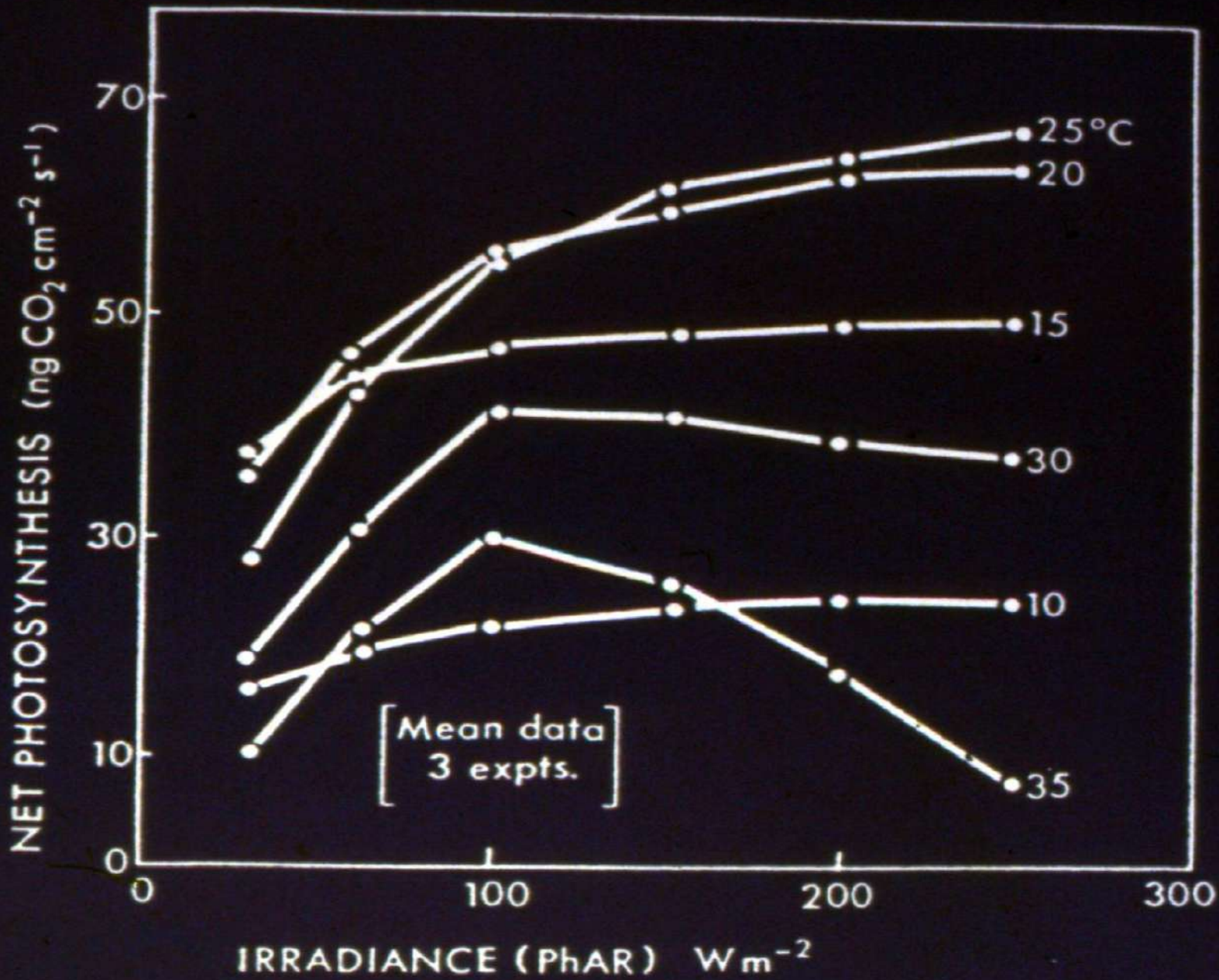
Leaf Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

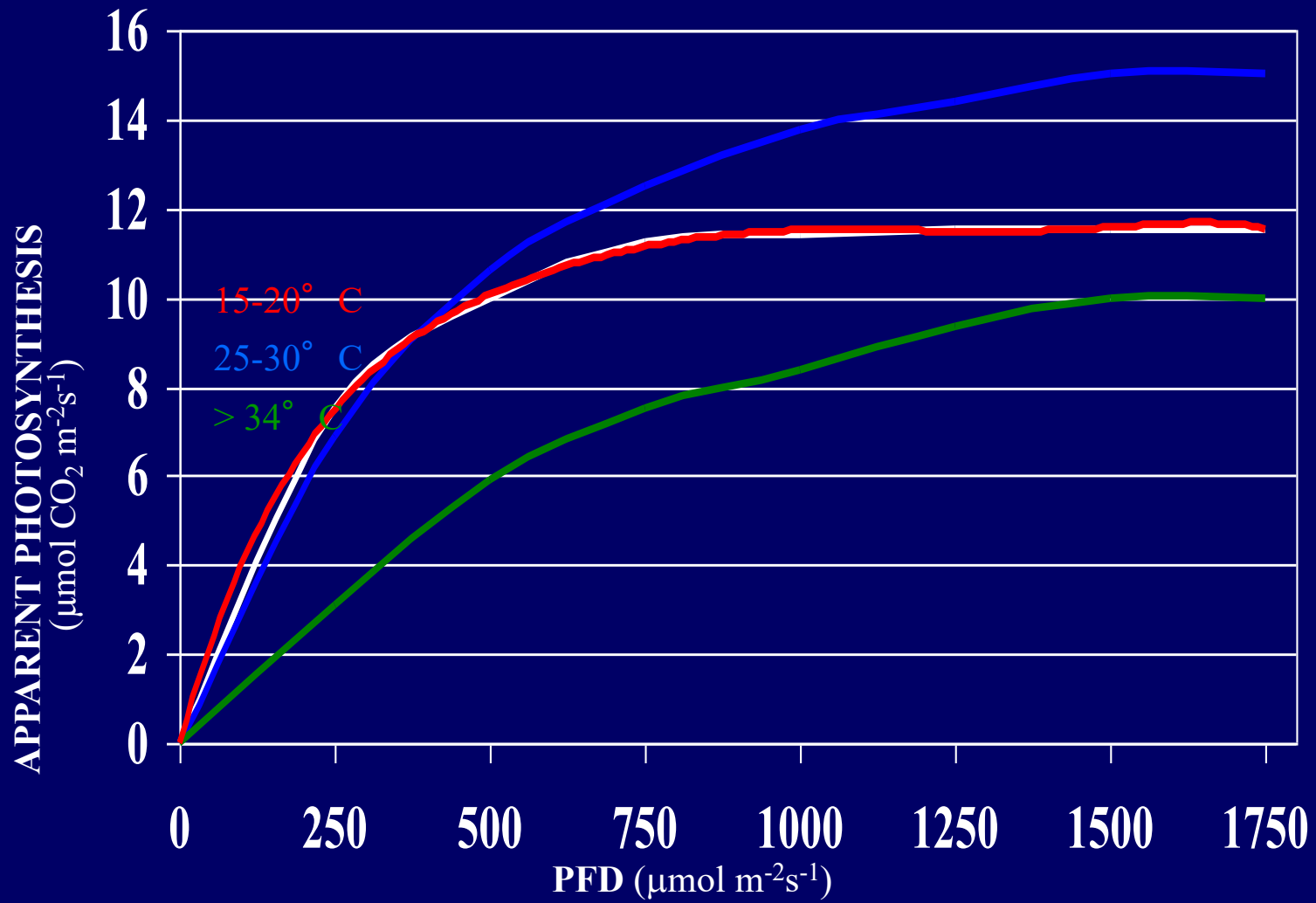
The temperature response curve of net photosynthesis for leaves of field-grown Thompson Seedless grapevines in the San Joaquin Valley of California

Net Photosynthesis
($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$)





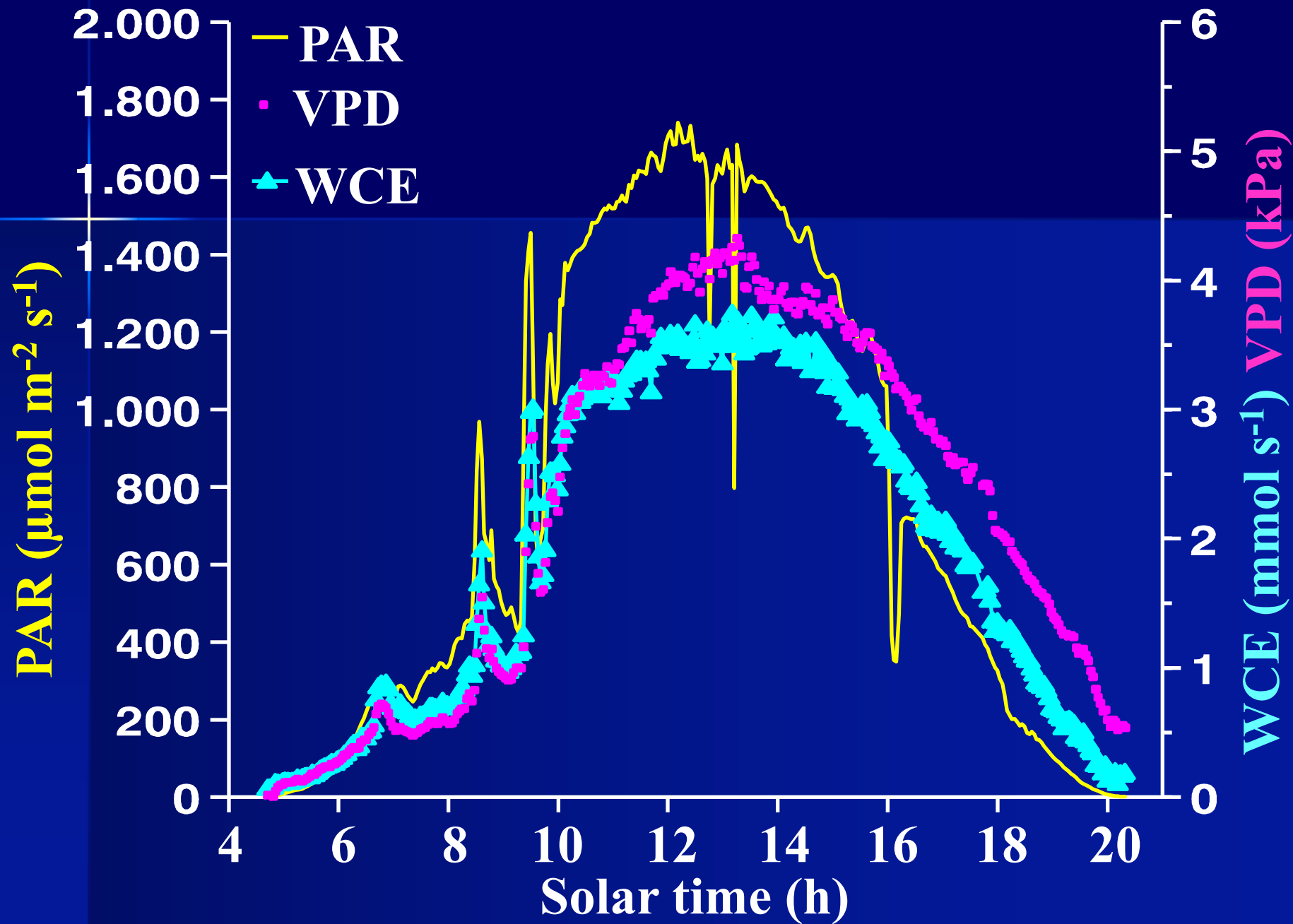


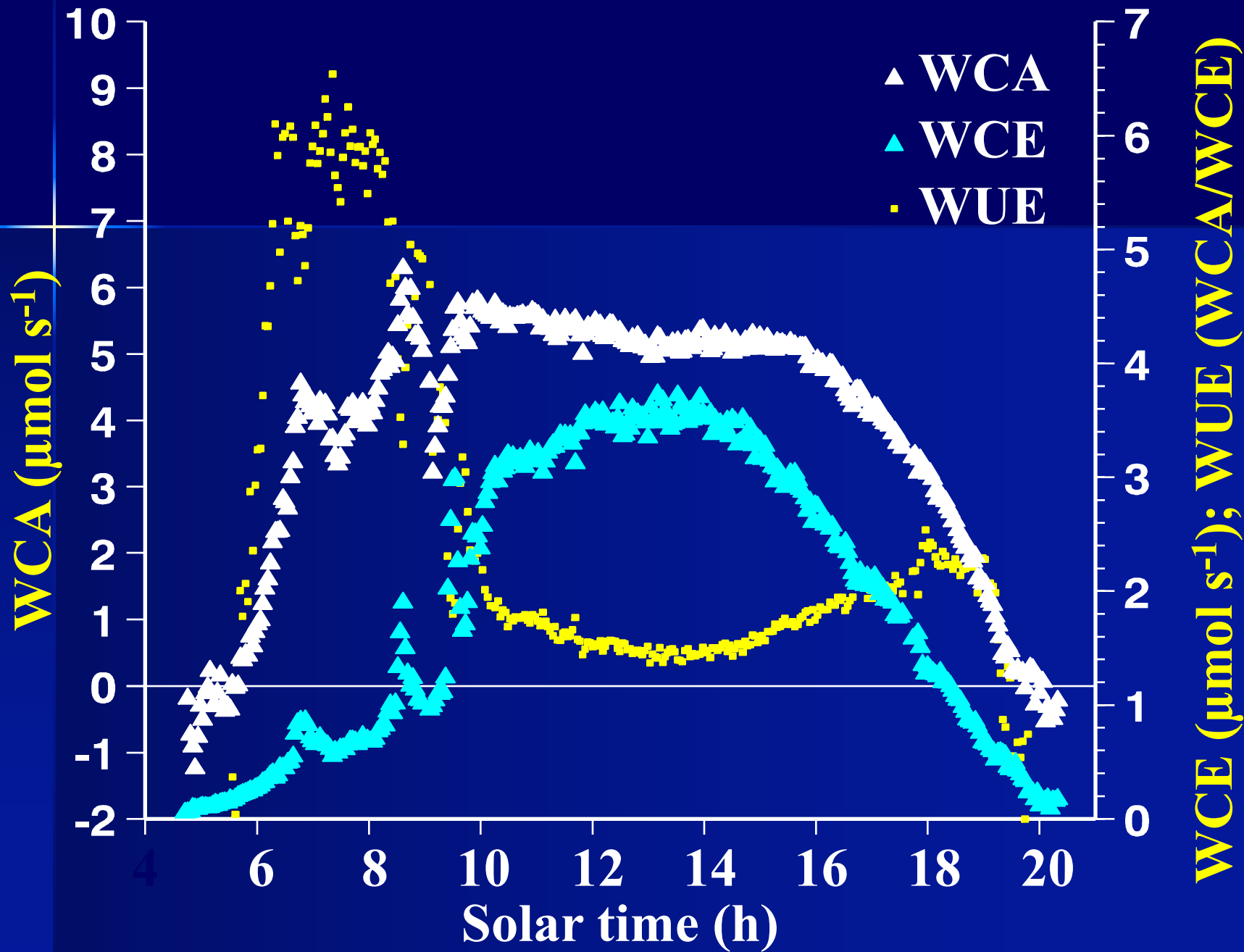


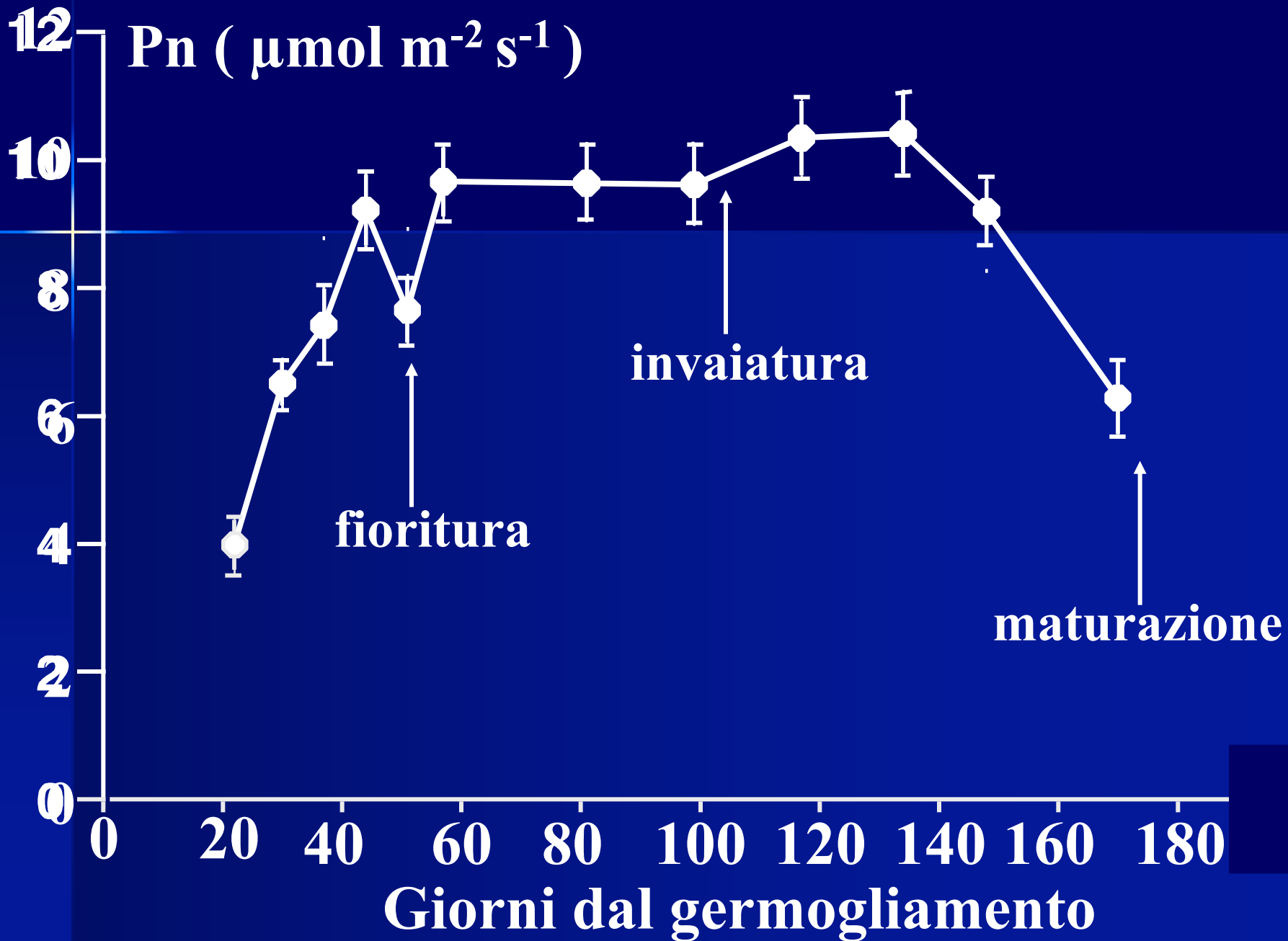
Fattori fisiologici (o endogeni)

- **Variazioni giornaliere**
- **Variazioni stagionali**
- **Età delle foglie**
- **Fenomeni di “compensazione”**
- **Bilancio di “source” e “sink”**



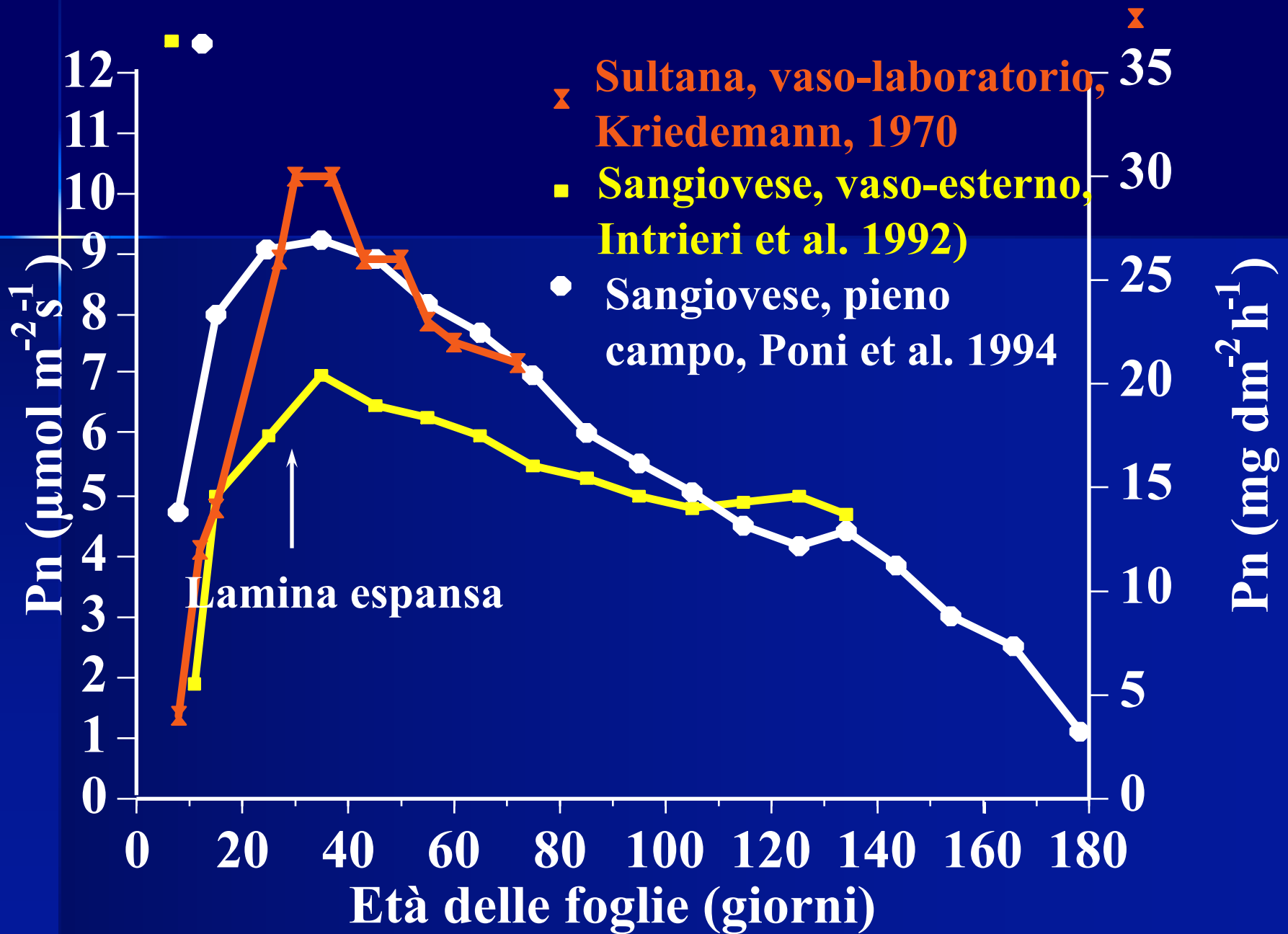




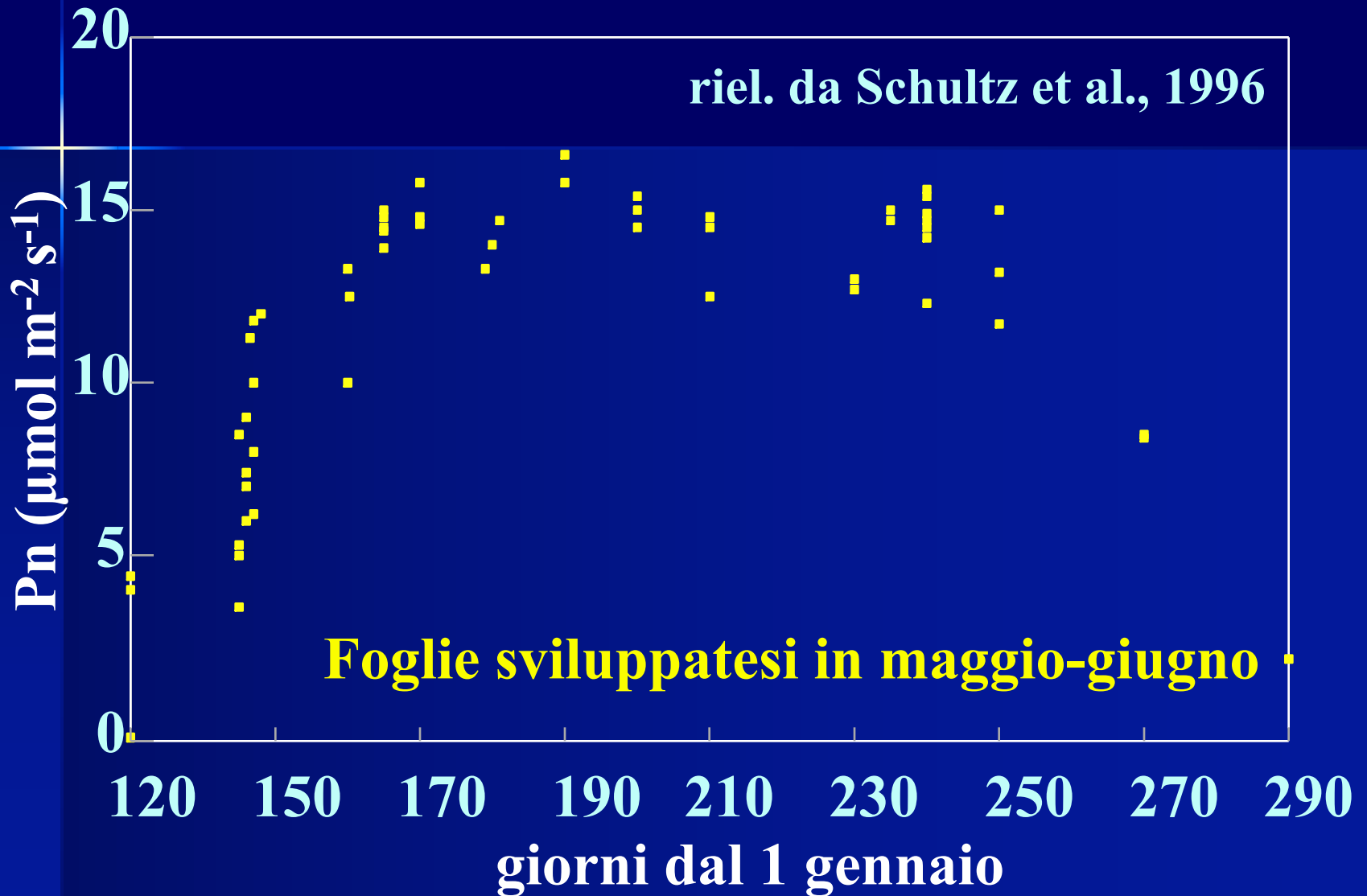




Fotosintesi ed età delle foglie



Cv. Riesling, pieno campo, Geisenheim (Germania)

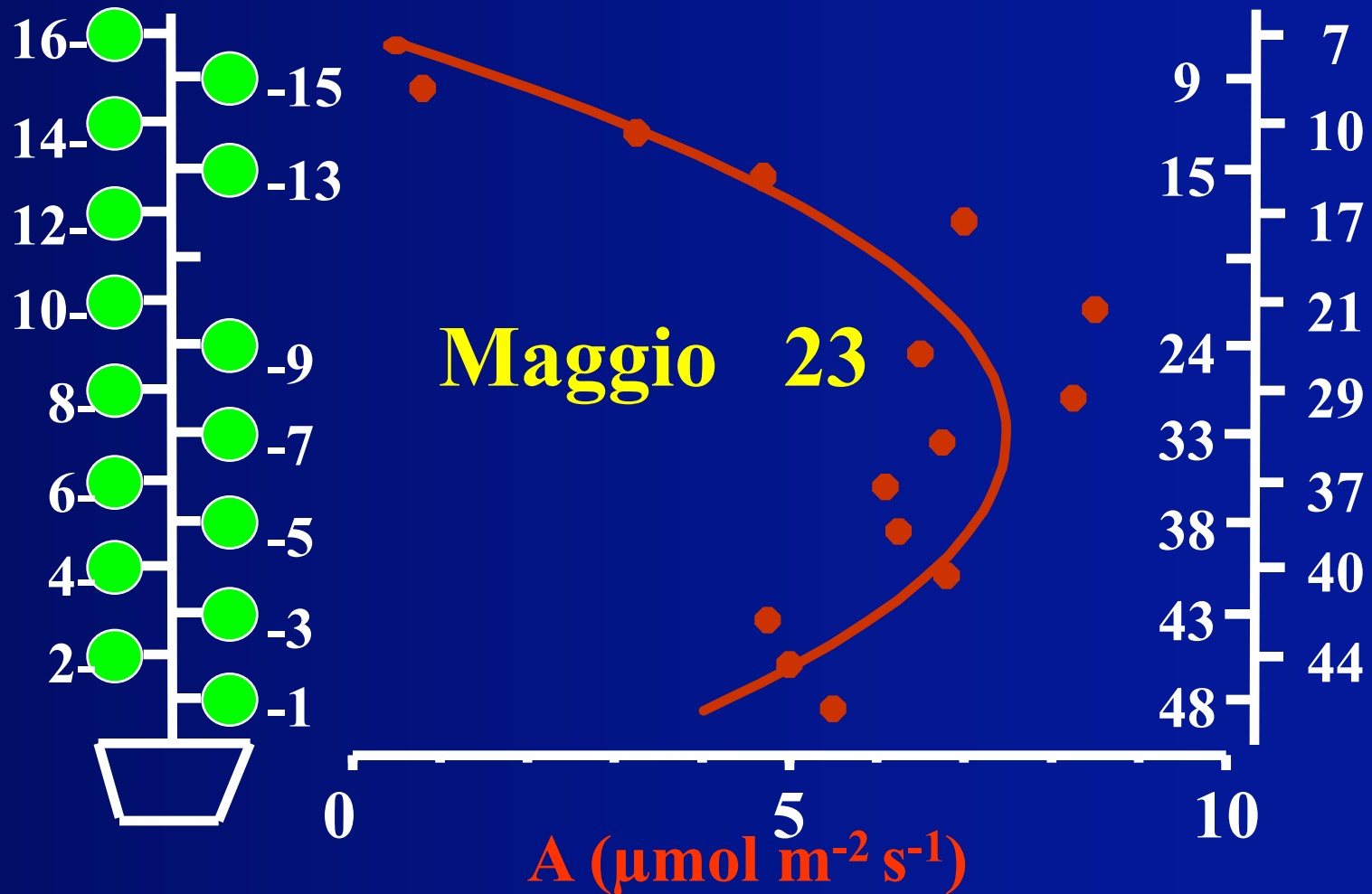




Cv. 'Sangiovese' : posizione delle foglie e assimilazione fotosintetica (A) rilevata su foglie esposte a luce saturante

Posizione fogliare (N.)

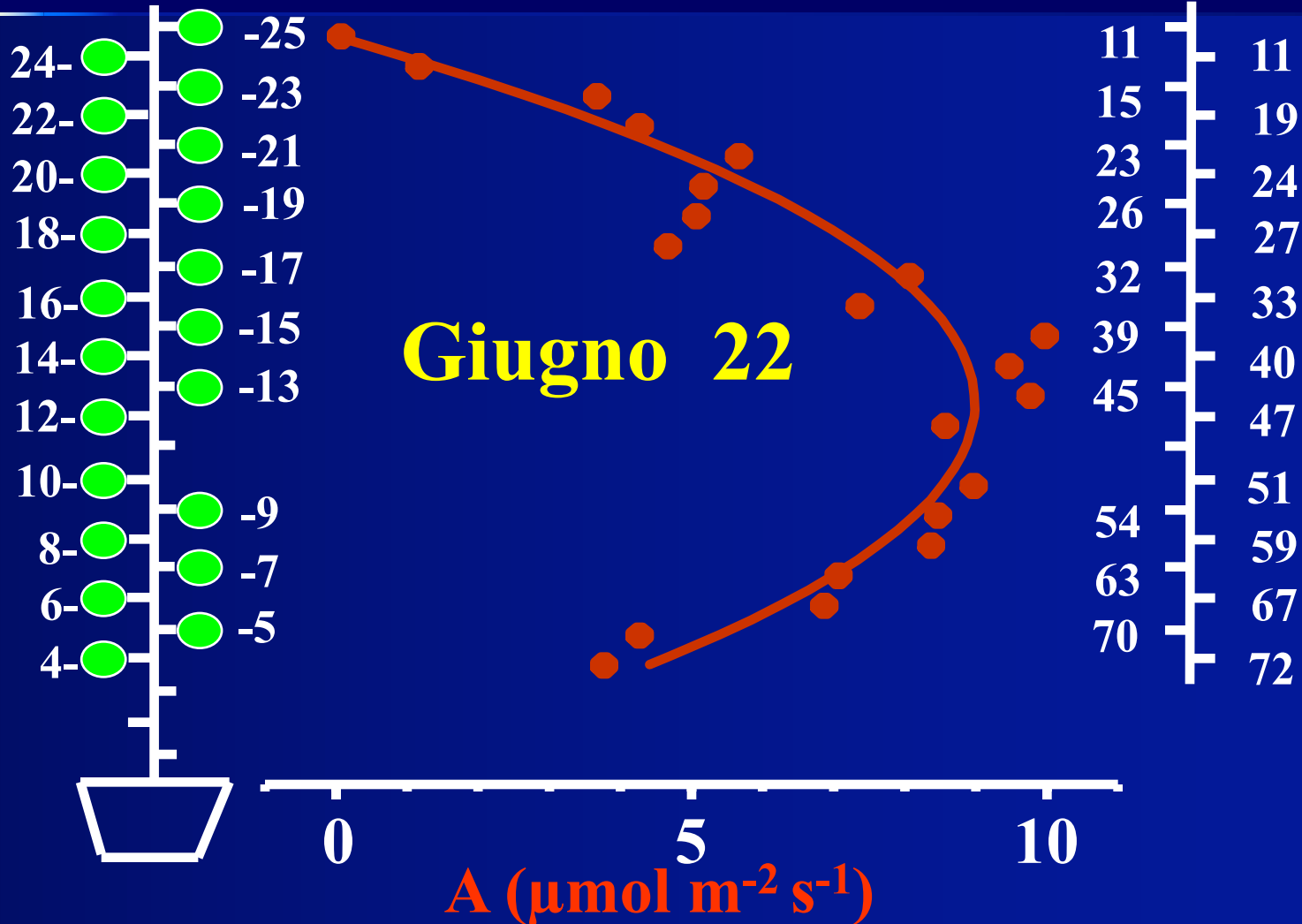
Età foglie (giorni)



Cv. 'Sangiovese' : posizione delle foglie e assimilazione fotosintetica (A) rilevata su foglie esposte a luce saturante

Posizione fogliare (N.)

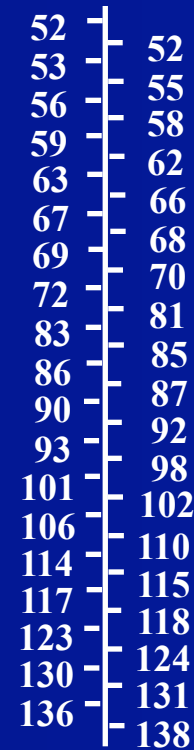
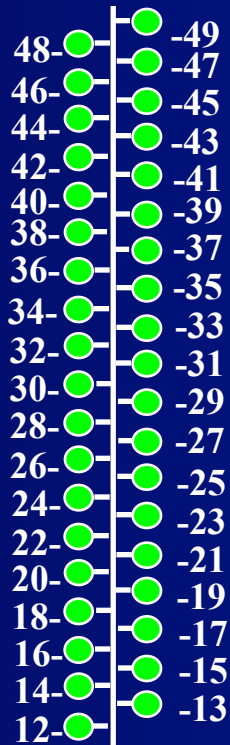
Età foglie (giorni)



Cv. 'Sangiovese' : posizione delle foglie e assimilazione fotosintetica (A) rilevata su foglie esposte a luce saturante

Posizione fogliare (N.)

Età foglie (giorni)

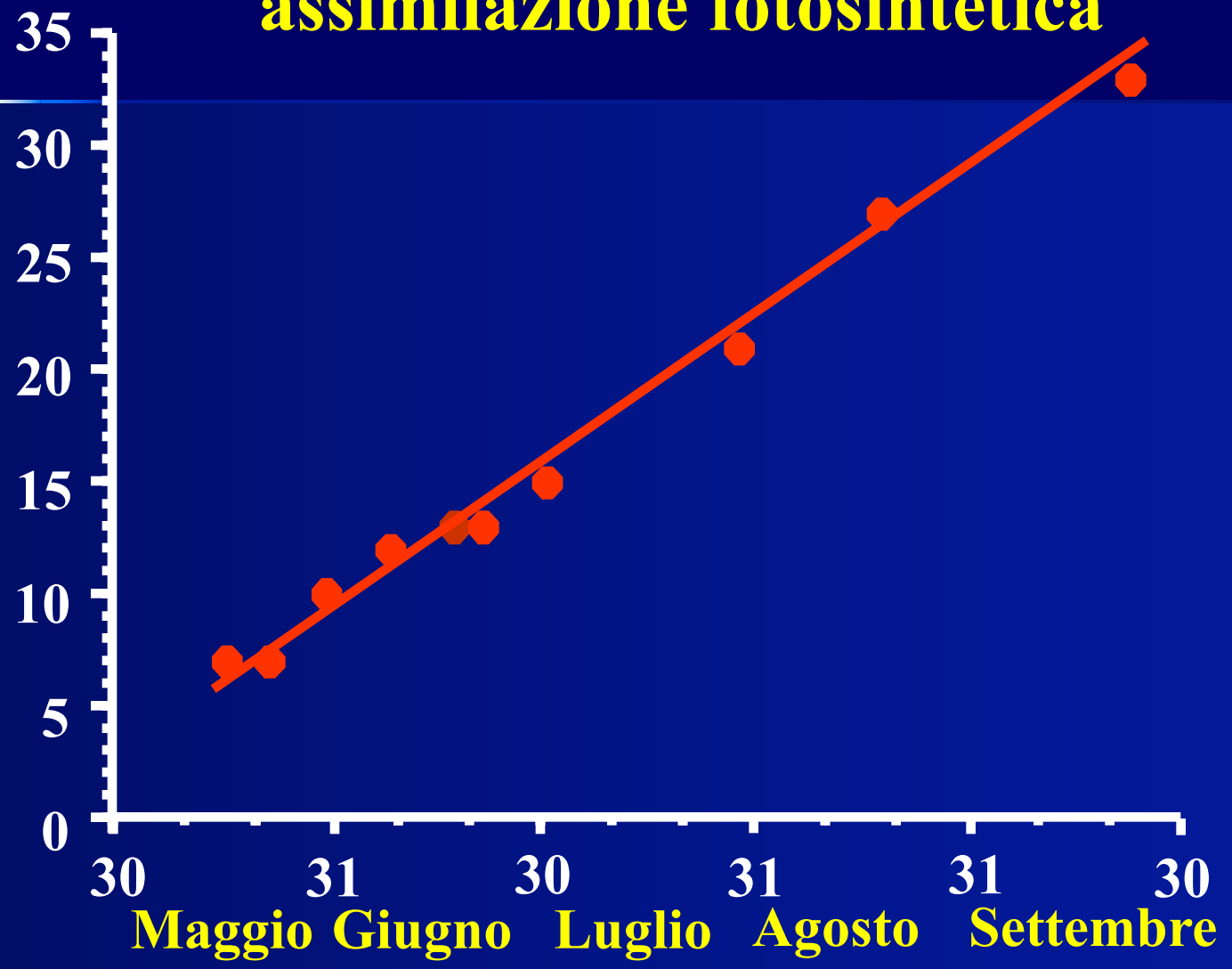


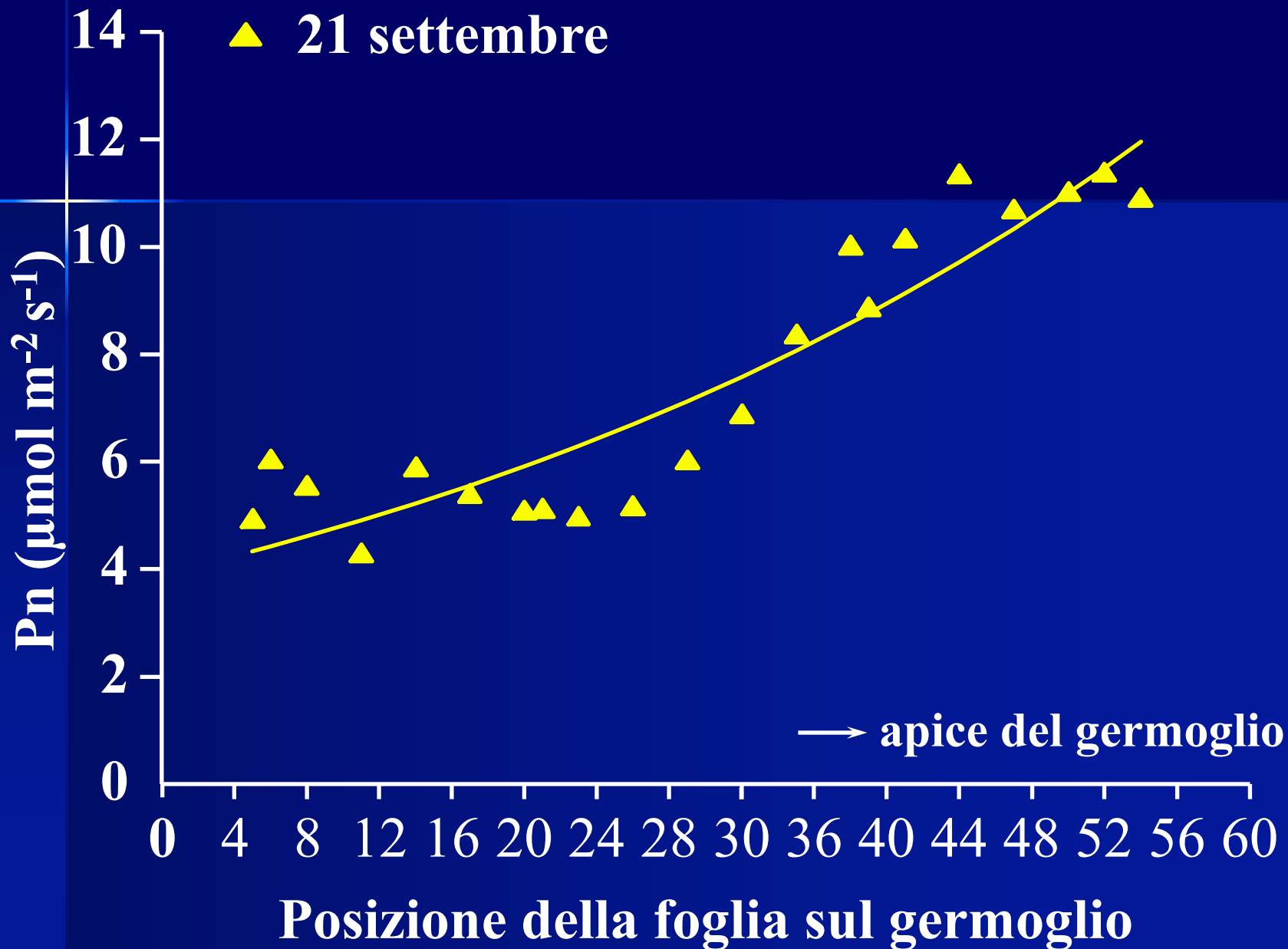
Settembre 19

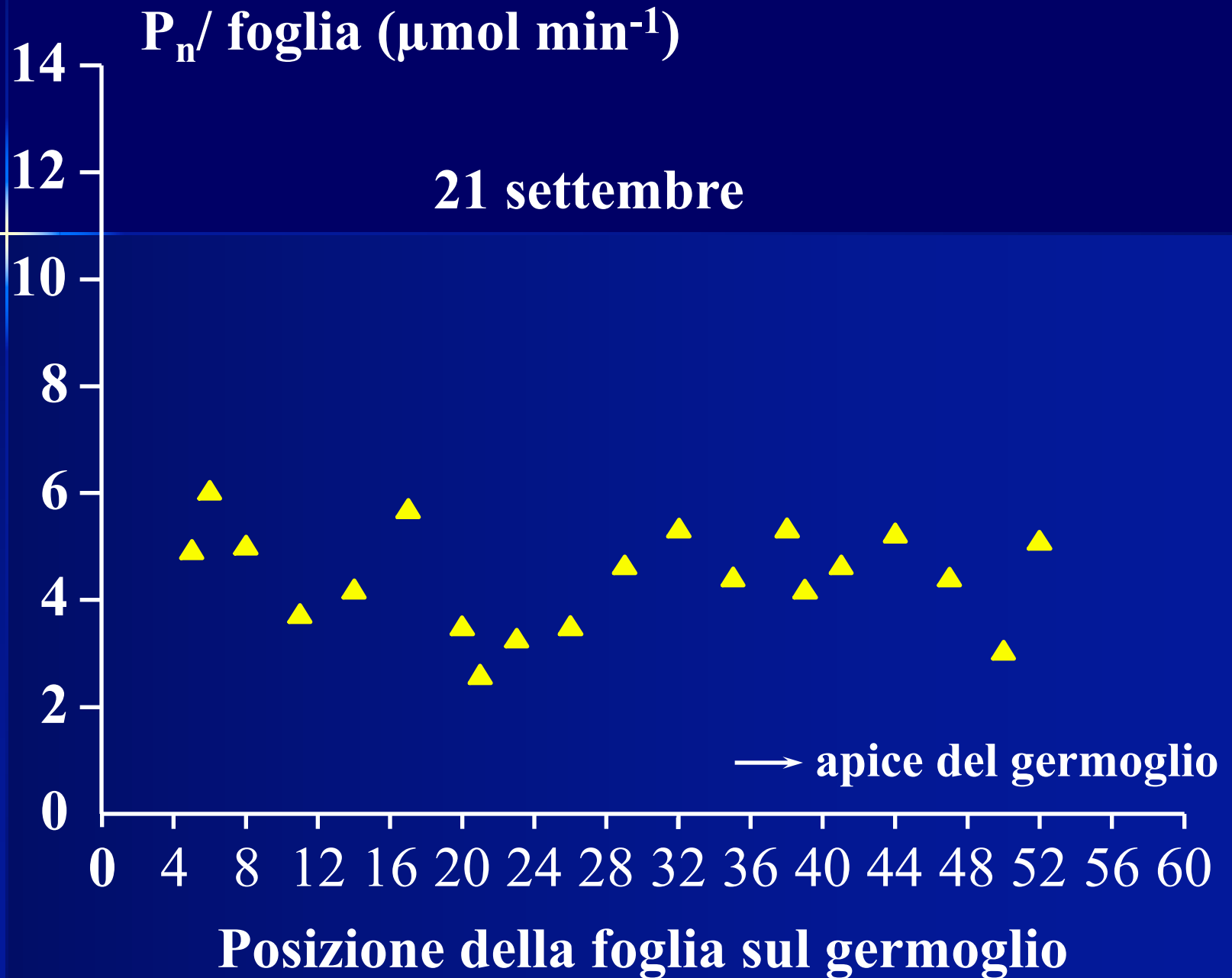


Cv. 'Sangiovese'. Posizione della foglia (N. del nodo) che presenta la massima assimilazione fotosintetica

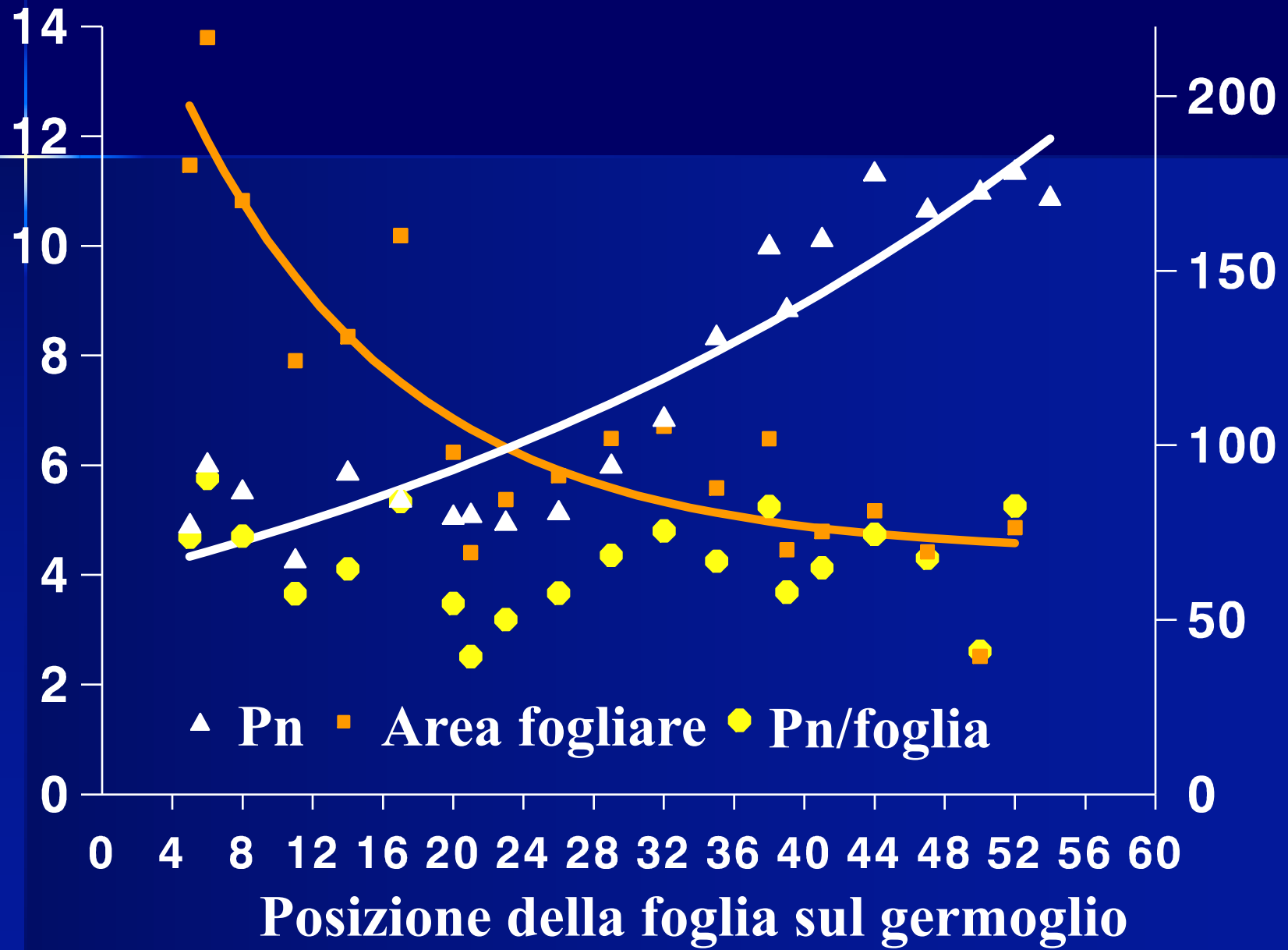
Posizione della foglia sul germoglio





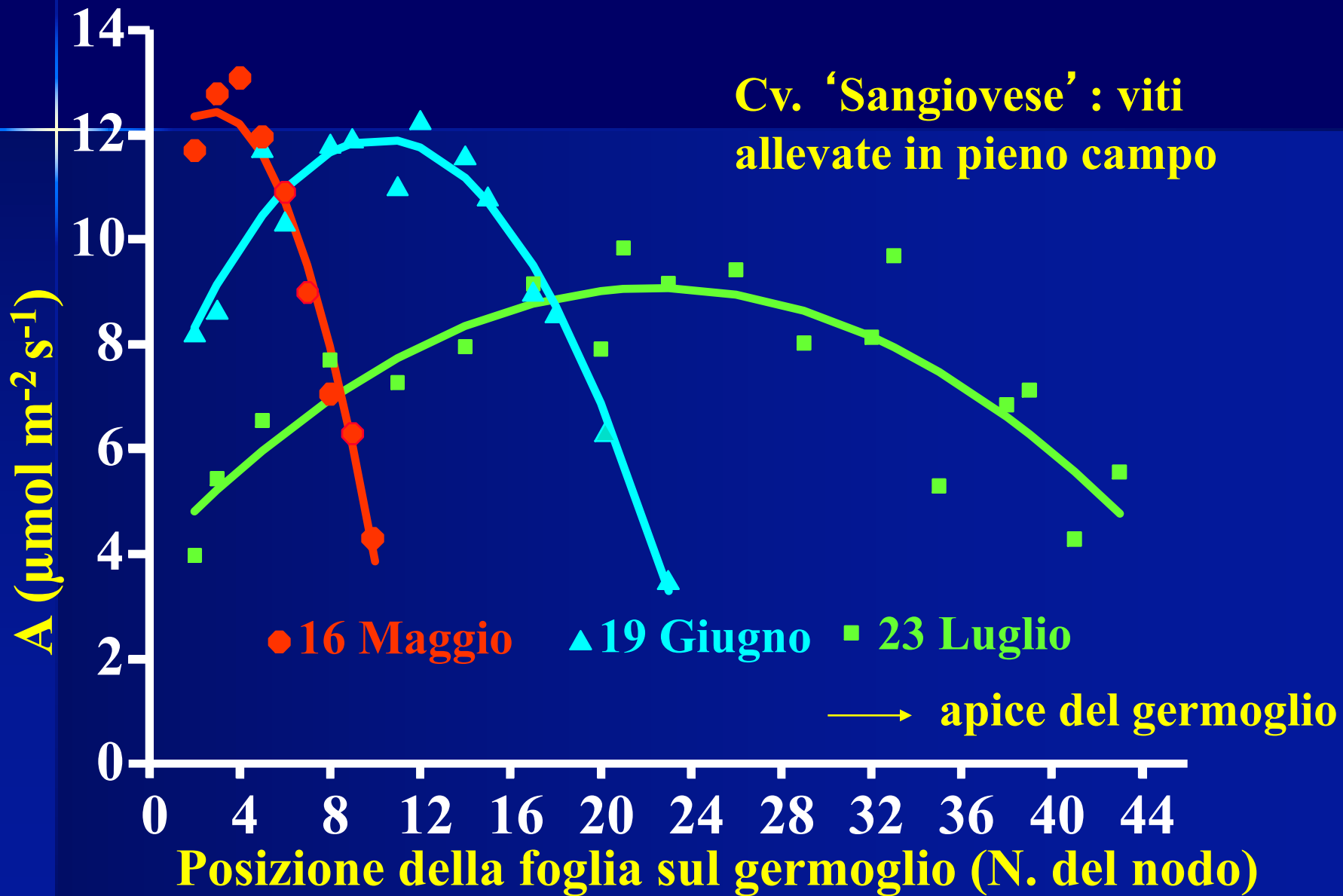


P_n ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; $\mu\text{mol s}^{-1}$) Area fogliare (cm^2)



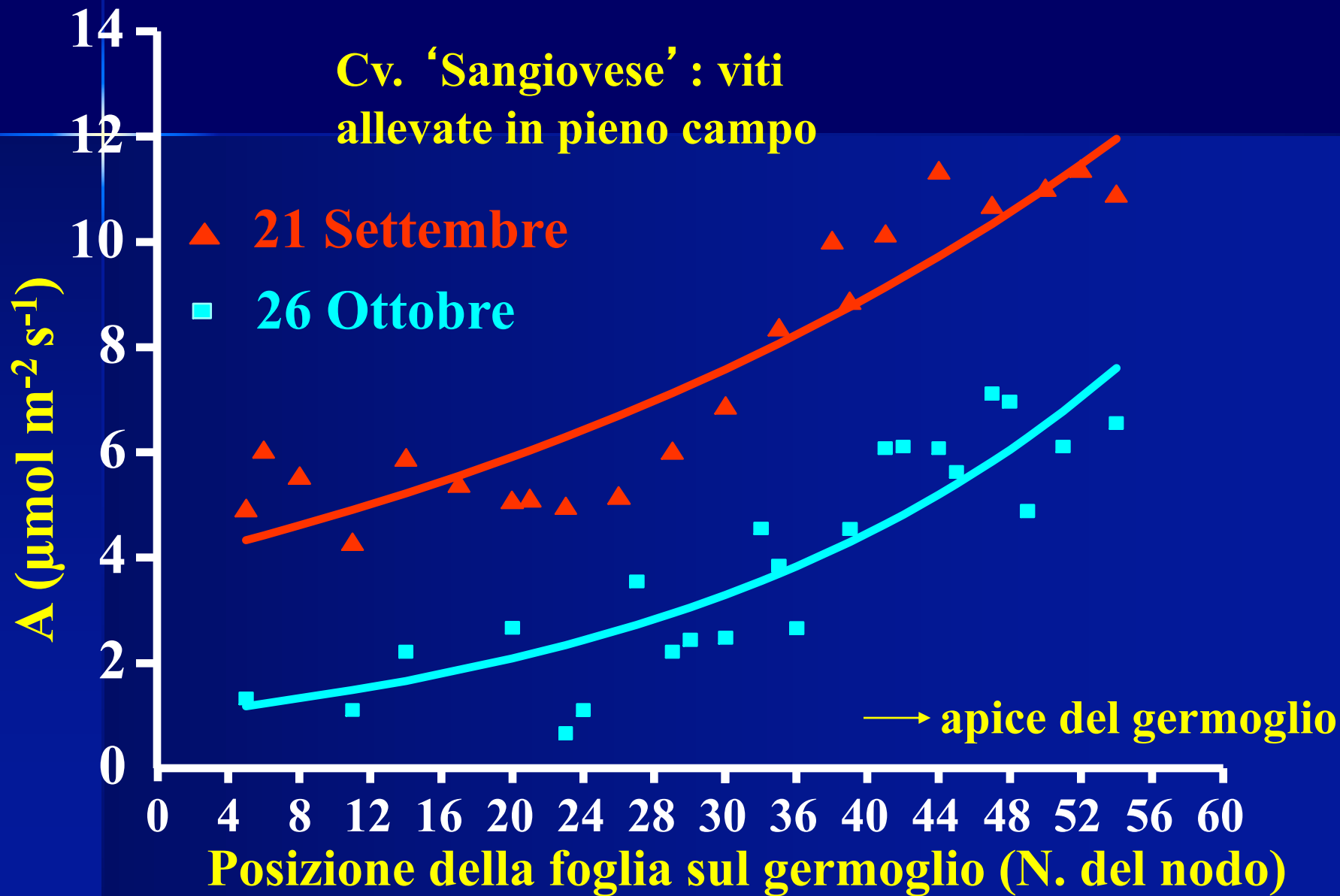
Assimilazione fotosintetica (A) rilevata su foglie esposte a luce saturante

Cv. 'Sangiovese' : viti allevate in pieno campo

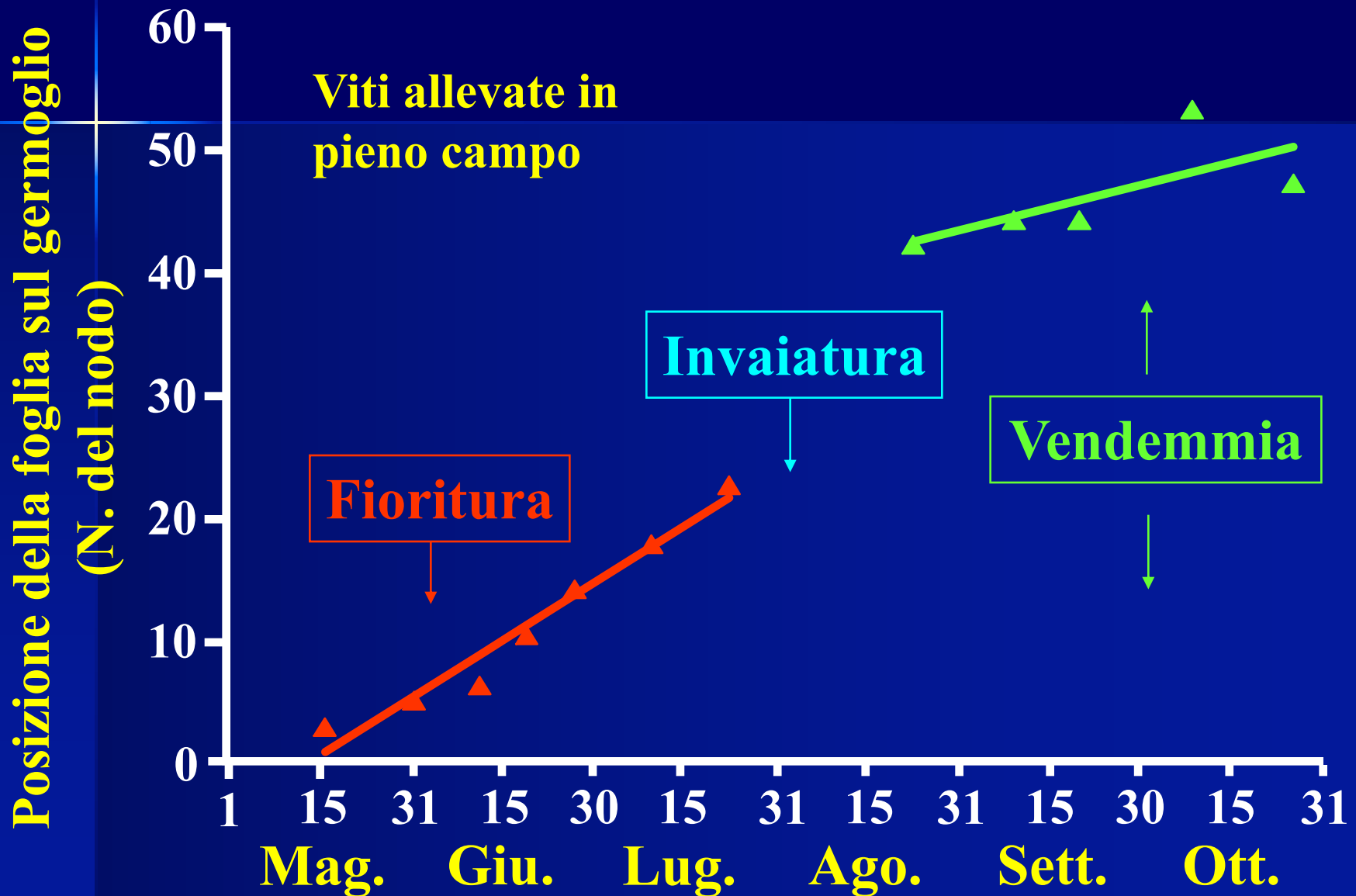


Assimilazione fotosintetica (A) rilevata su foglie esposte a luce saturante

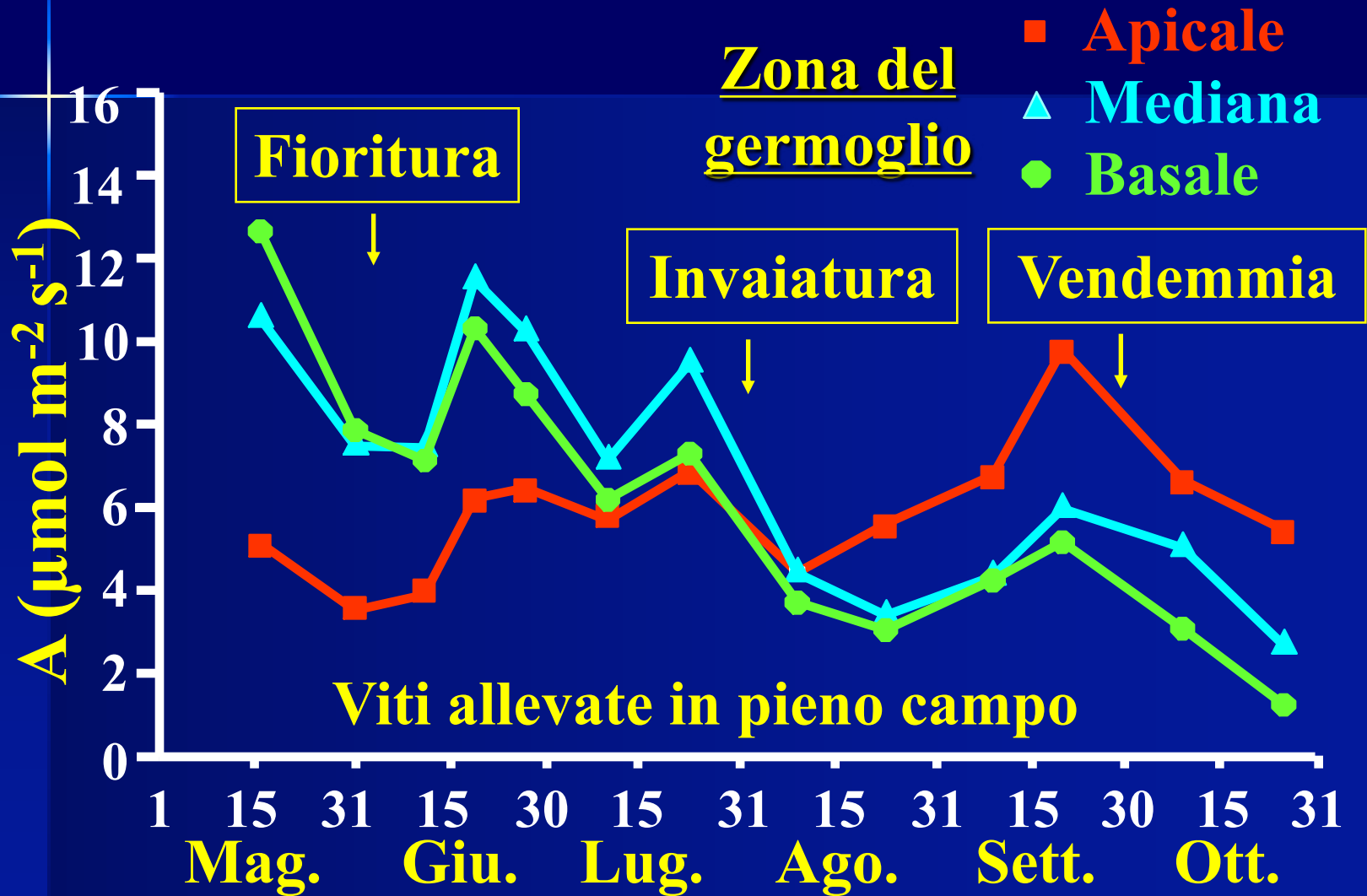
Cv. 'Sangiovese' : viti allevate in pieno campo

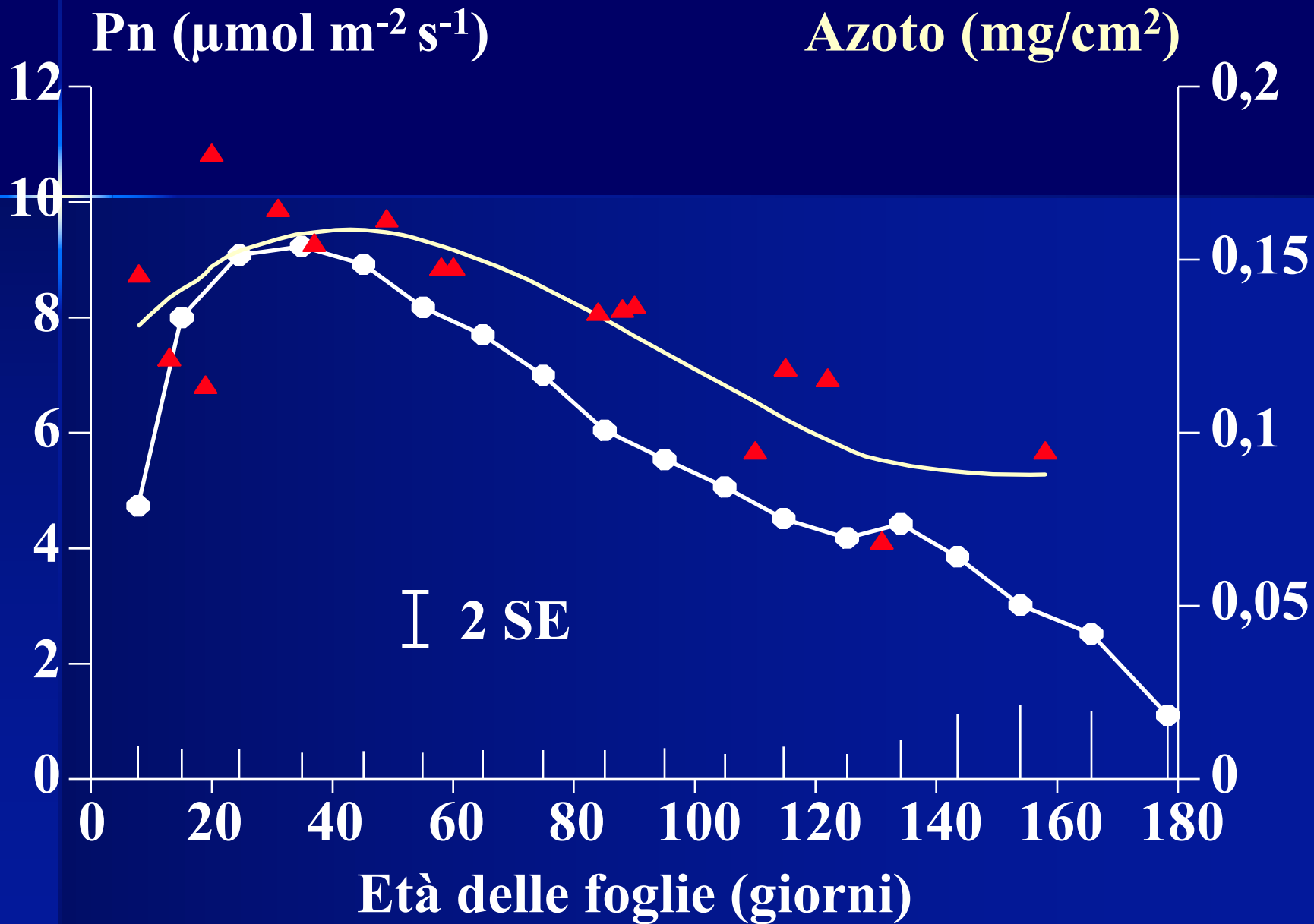


Cv. 'Sangiovese'. Posizione della foglia (N. nodo) che presenta la massima assimilazione



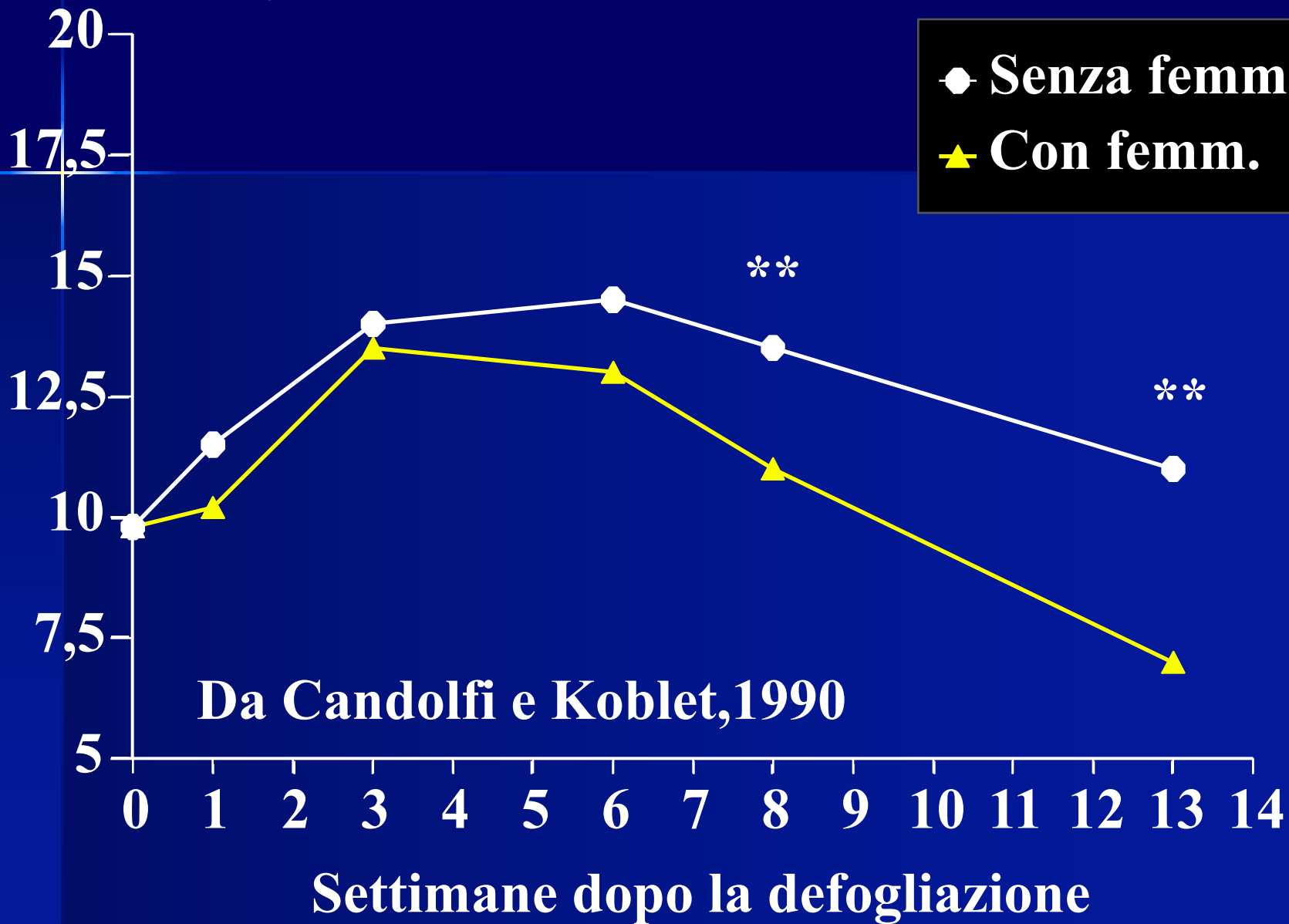
Cv. 'Sangiovese'. Zona del germoglio e assimilazione fotosintetica (A) rilevata su foglie espanse a luce saturante





FENOMENI DI COMPENSAZIONE

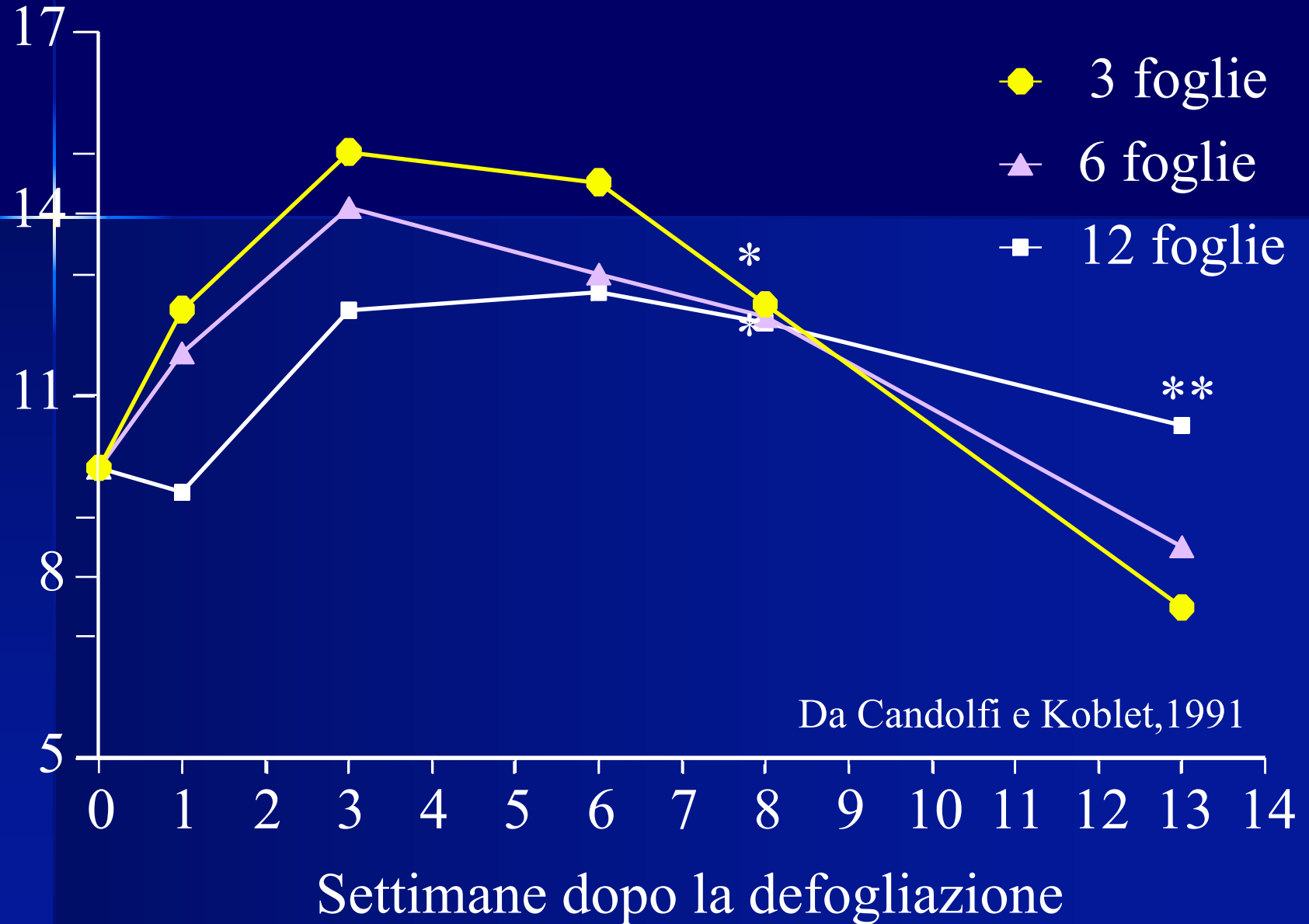
P_n ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)



Plants bearing only main leaves compensated for the absence of laterals by delaying leaf senescence and abscission

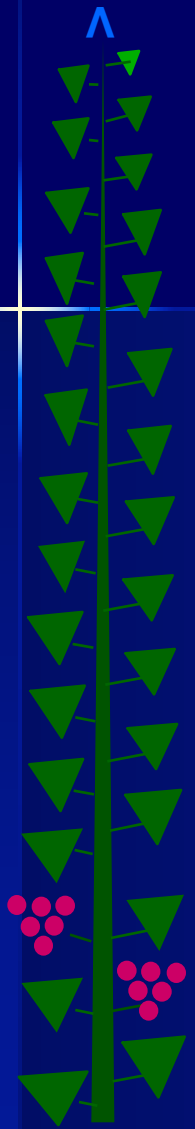
P_n ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

“Compensazione”

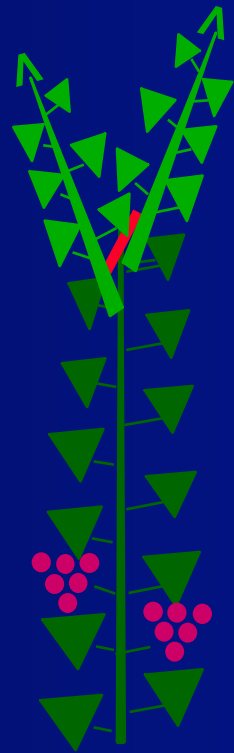


Grapevines have a strong capacity of compensation by increasing leaf area and we had evidence of an increment of the physiological efficiency of the leaves on defoliated plants.

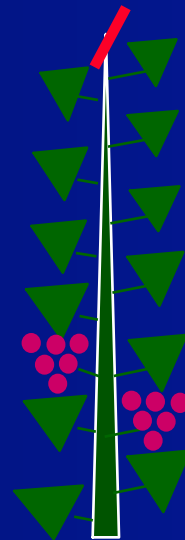
Cabernet Sauvignon - cimatura germogli tesi a confronto



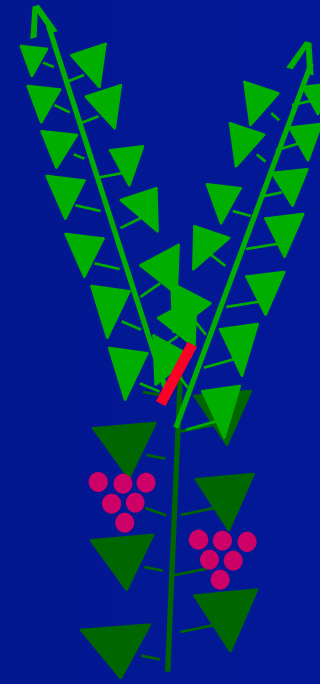
Controllo



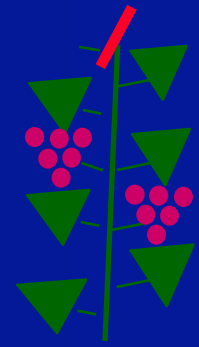
C12CF



C12SF



C6CF



C6SF

	<u>Pre-trimming - Main</u>			<u>Post-trimming - Main</u>		
	A ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)	g_s ($\text{mmol}/\text{m}^2\text{s}$)	age (days)	A ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)	g_s ($\text{mmol}/\text{m}^2\text{s}$)	age (days)
Untrimmed	8.7	106 b	21	7.1 b	74 d	49 c
T12WL	7.1	80 b	20	7.6 b	117 c	70 b
T12NL	9.2	136 a	19	11.7 a	153 b	69 b
T6WL	8.5	105 b	20	10.4 a	166 b	78 a
T6NL	8.6	101 b	20	11.1 a	203 a	78 a
Sig.	ns	*	ns	*	*	*

Mean separation within columns by SNK test, 5% level. ns = non significant; * significant at $p < 0.05$.

	Post-trimming - Laterals		
	A ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)	g_s ($\text{mmol}/\text{m}^2\text{s}$)	age (days)
Untrimmed	5.9 c	58	57 a
T12WL	8.9 b	147	56 a
T12NL	-	-	-
T6WL	12.8 a	216	47 b
T6NL	-	-	-
Sig.	*	*	*

Mean separation within columns by SNK test, 5% level. ns = non significant; * significant at $p < 0.05$. TCA = total canopy assimilation estimated from single-leaf readings and final total leaf area.

Bilancio di “source” e “sink”

- **Momento prescelto per la misura**
- **Modello vegetale oggetto di misura**
- **Interazione con fattori di stress ambientale**
- **Caratteristiche del “sink”**
- **Posizione delle foglie rilevate**

“Efficienza” di una chioma di vite

1

Quantità di energia
luminosa
disponibile



2

Quantità di energia
luminosa
intercettata dalla
chioma

4

Quantità di sostanza
convogliata ai grappoli
(rapporti foglie/frutti)

3

Quantità di energia
luminosa *convertita* in
sostanza secca ($P_n - R$)

Radiazione intercettata

è il parametro più direttamente correlato alla quantità di sostanza secca prodotta nell'arco della stagione

- Altezza, spessore e densità fogliare
- Distanza tra le file, orientamento e/o esposizione dei filari
- Presenza di chiome a parete singola o sdoppiata
- Dinamica di formazione della superficie fogliare sulla chioma e sua demografia



Le forme di allevamento a sviluppo orizzontale, presentano una chioma di tipo continuo che già dalla fioritura può raggiungere livelli di intercettazione luminosa prossimi al 100% della radiazione incidente



Nelle forme di allevamento a controspalliera, la parete vegetativa produce una copertura del suolo di tipo discontinuo. Una quota di radiazione incidente è perduta direttamente a terra e la sua intercettazione varia dal 50 al 70%

Esposizione e Orientamento

Nord-Sud



Simmetria di illuminazione per i due lati del filare

Est-Ovest



Il lato Sud è sempre esposto alla luce, quello Nord sempre in ombra

Esigenze pratiche:

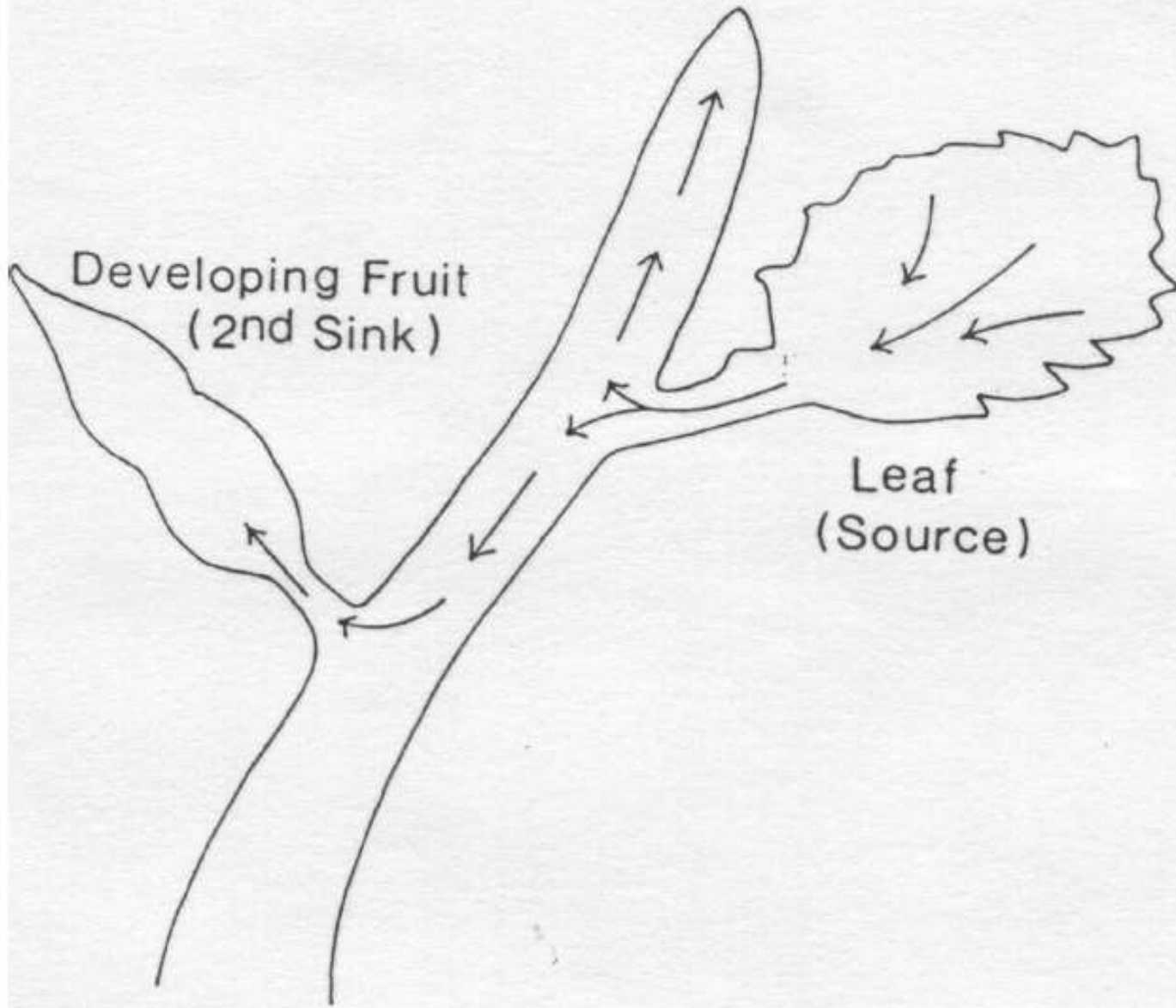
Facilitare transito e operatività delle macchine

Contenere i fattori erosivi

Growing Tip
(1st Sink)

Developing Fruit
(2nd Sink)

Leaf
(Source)



Fonti di carboidrati

A) Fotosintesi

- fogliare
- di altri organi

B) Riserve

Adattato da Schultz (1991)

	Fotosintesi (mmol g ⁻¹)		Respirazione (mmol n ⁻¹)		Bilancio (mmol 24 h ⁻¹)	
	Esp.	Omr.	Esp.	Omr.	Esp.	Omr.
Età della foglia						
Giovane	165	59	26	16	139	43
Adulta	361	48	9	3	352	45

Tutti i dati espressi per m² di superficie fogliare

Accumulo e ripartizione dei carboidrati nella pianta intera

A) Ciclo annuale

- crescita dei germogli
- crescita delle strutture permanenti epigee
- crescita dell'apparato radicale
- crescita dei grappoli

B) Rapporti di “source”-”sink”

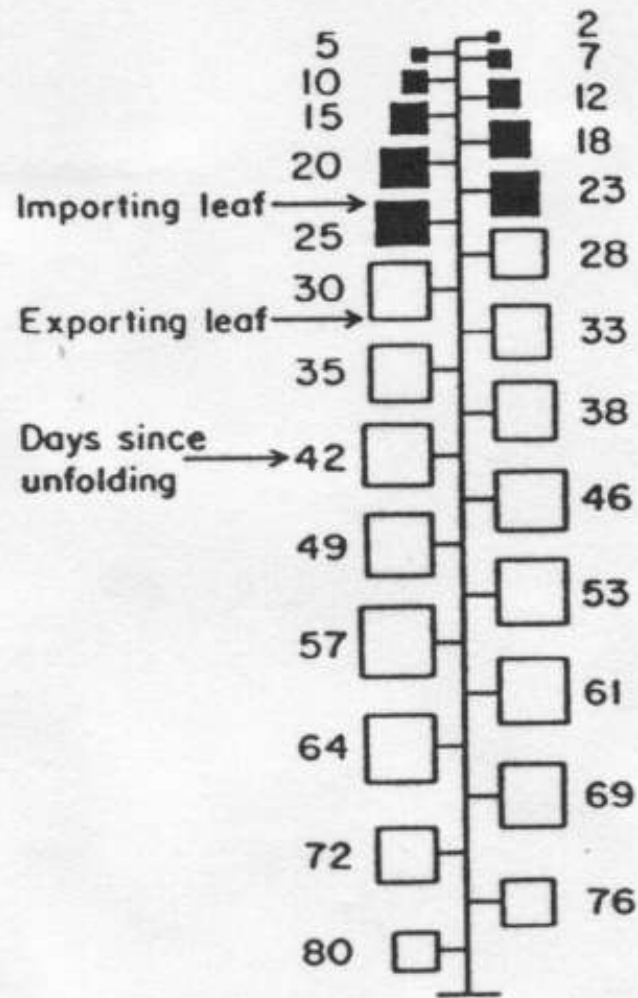
- il sink “grappolo”
- variazioni stagionali dei rapporti di “source”-”sink”
- perdite respiratorie

Effetti delle dimensioni fogliari

- ◆ **Funzionalità delle foglie in rapporto al bilancio complessivo del carbonio della pianta**
- ◆ **Concetto di fase "passiva" e fase "attiva"**



VINE SHOOT GROWTH 10 Dec.



Schematic diagram of a grapevine shoot showing relative leaf areas, whether the leaves import or export products of photosynthesis, and their age. Variety Shiraz, Griffith, NSW, sampled 10 December. (Smart, unpublished data).

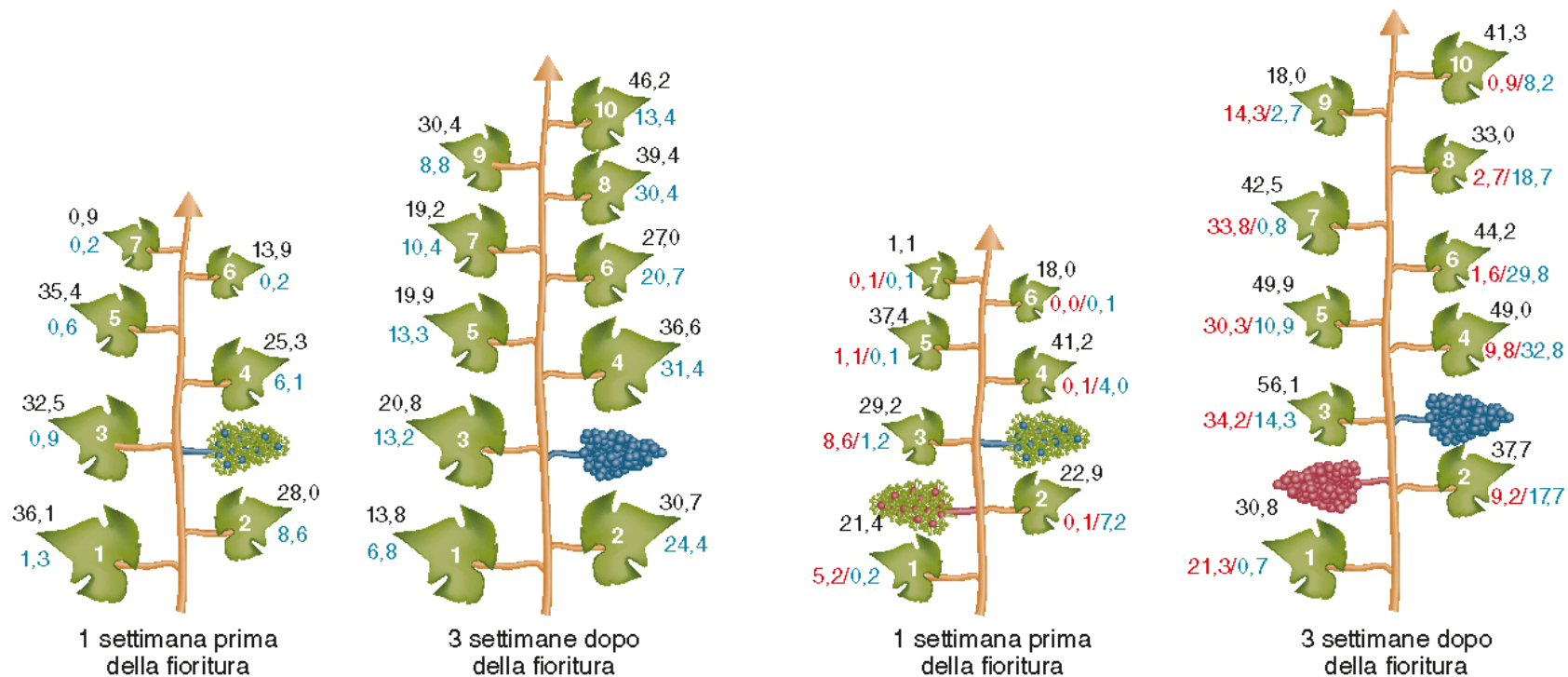


Figura 3.8

Quantità totale di carbonio esportato dalle singole foglie e quota indirizzata verso i grappoli in pre-fioritura e tre settimane dopo la fioritura in germogli con uno (a) e due (b) grappoli della varietà Delaware (*Vitis labrusca*). In nero è riportata la percentuale totale di carbonio esportato da ogni singola foglia, in blu la percentuale esportata verso il grappolo (a) e in rosso ed in blu (b) la percentuale esportata rispettivamente verso il grappolo del lato sinistro e destro del germoglio. In bianco il numero della foglia secondo l'ordine di filotassi. Dati rielaborati da Motomura (1990).

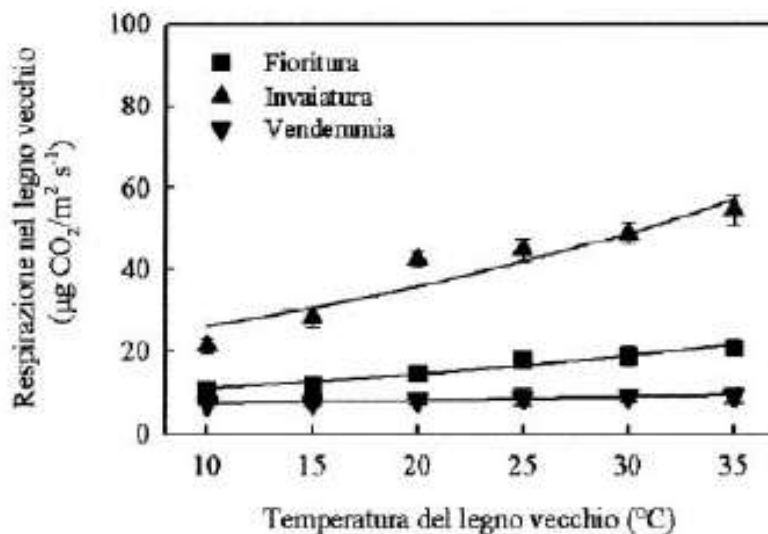
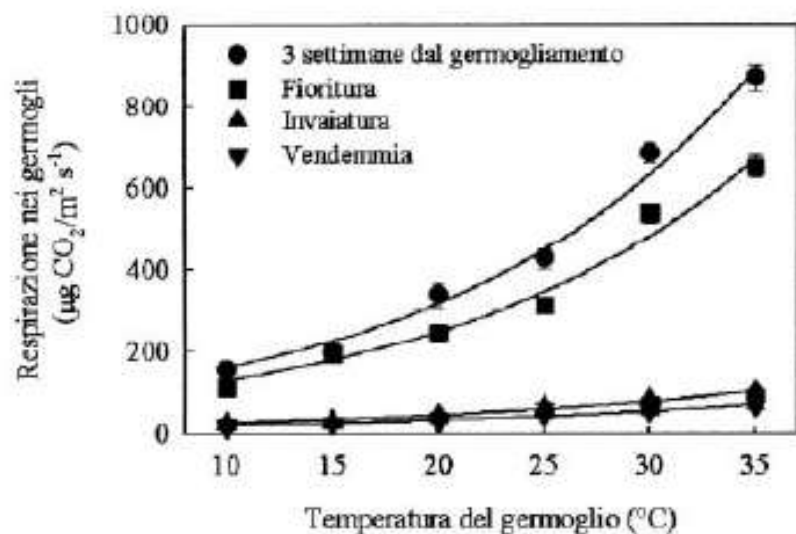
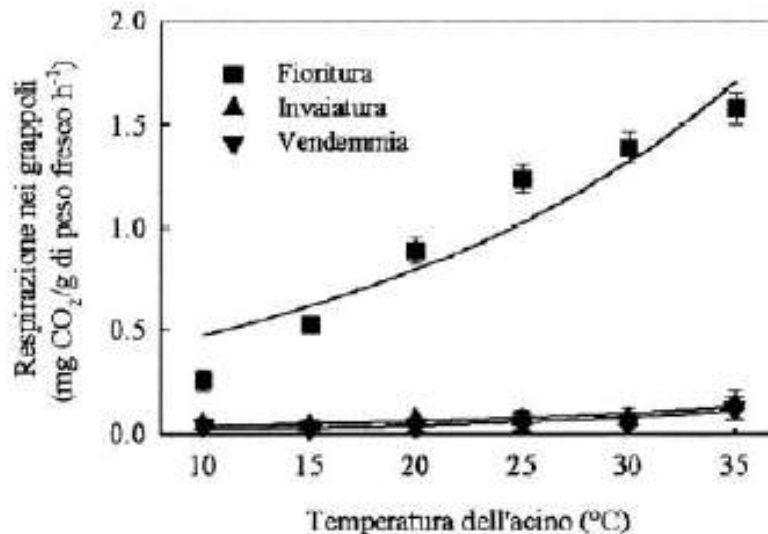
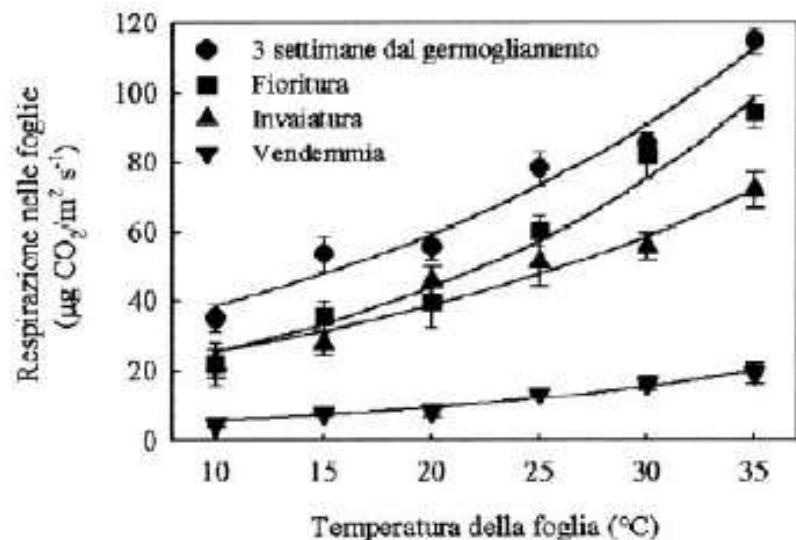
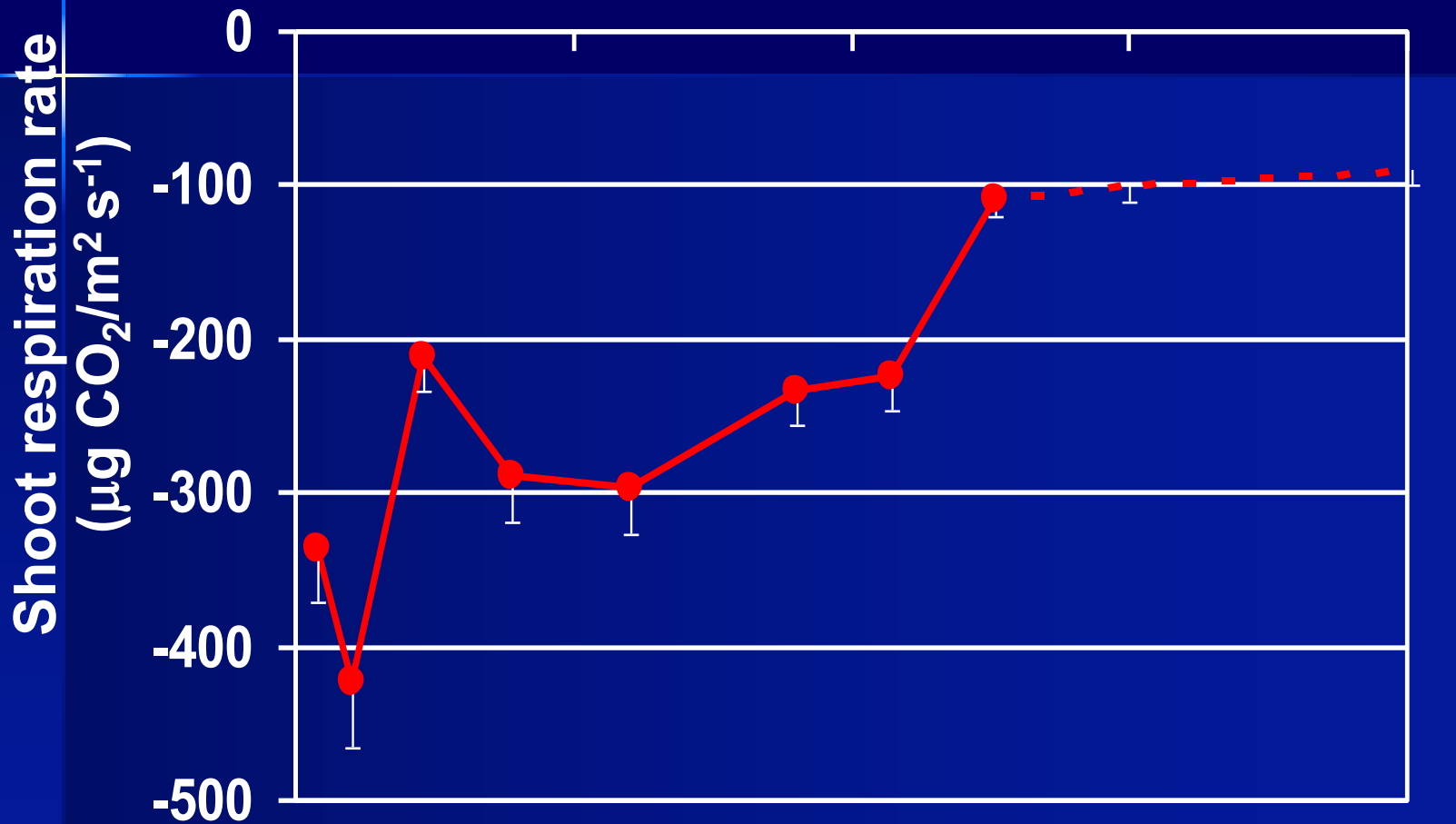


Fig. 1 - Variazione dei tassi di respirazione in funzione della temperatura e della fase fenologica delle foglie, dei grappoli, nell'asse dei germogli e nel legno con più di 1 anno di età rilevate in viti di 'Sangiovese'/'Kober 5BB' di 4 anni allevate in contenitori da 40 L.

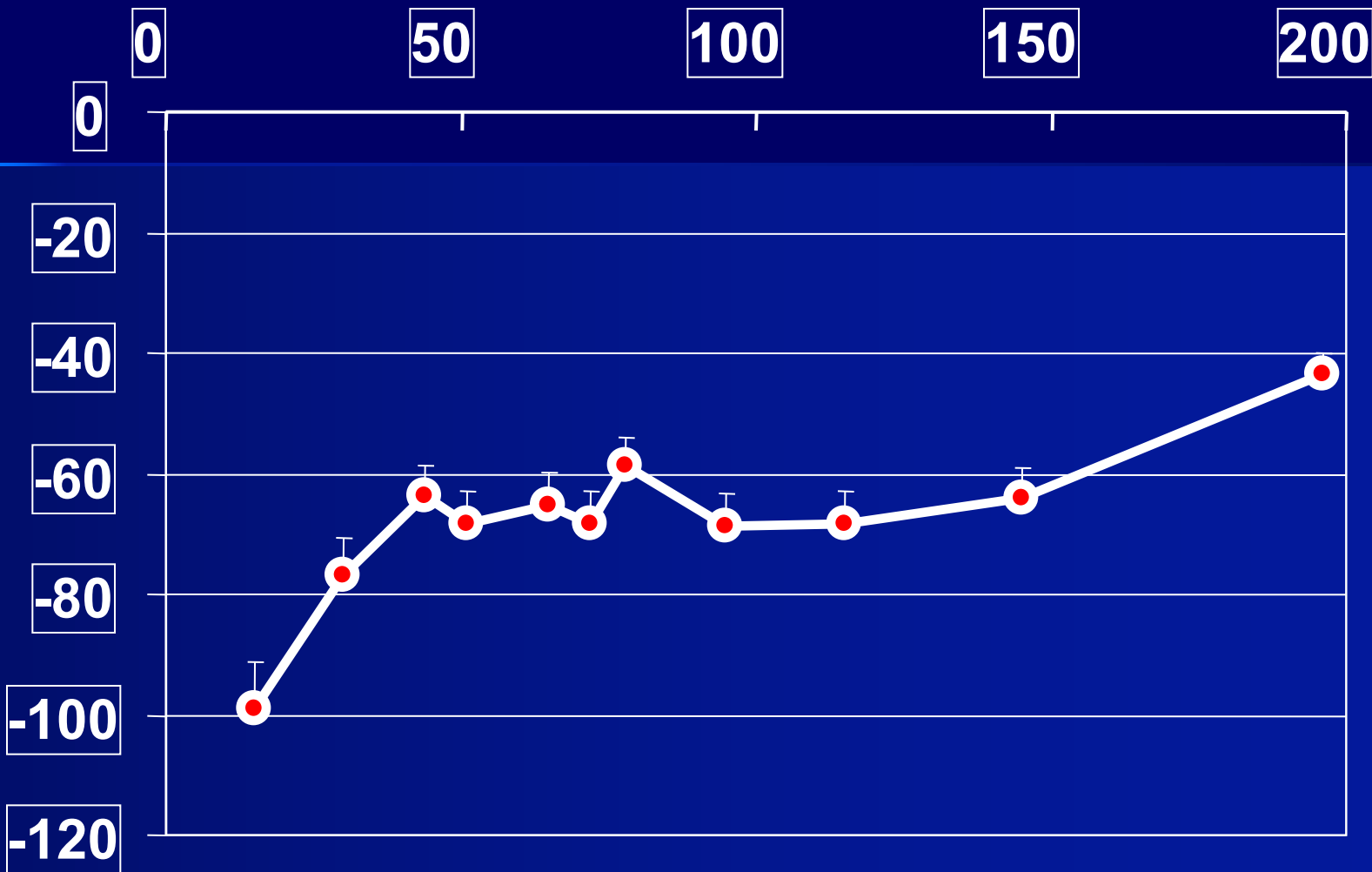
Days after bud burst



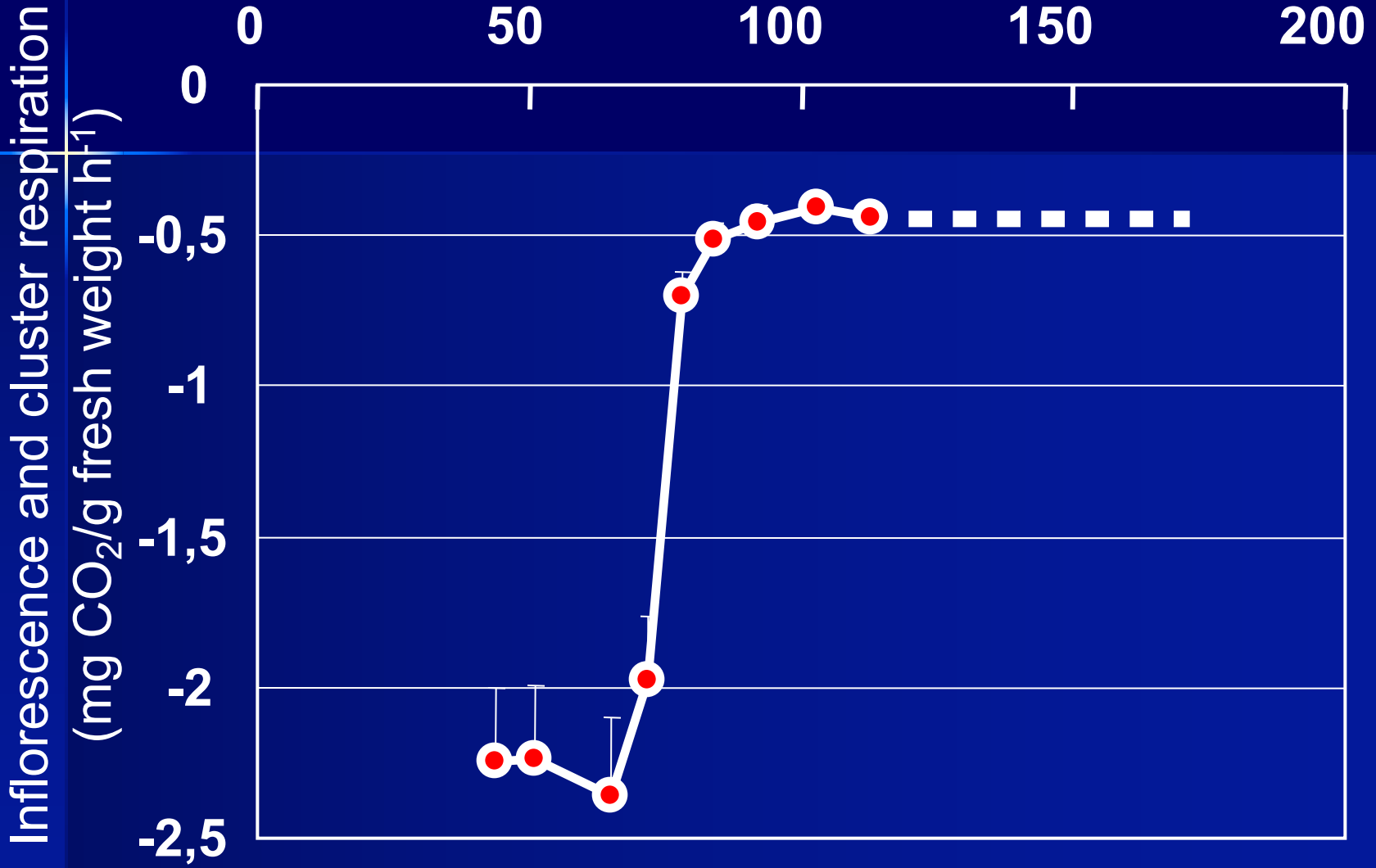
Leaf respiration rate

(mg CO₂/m² s⁻¹)

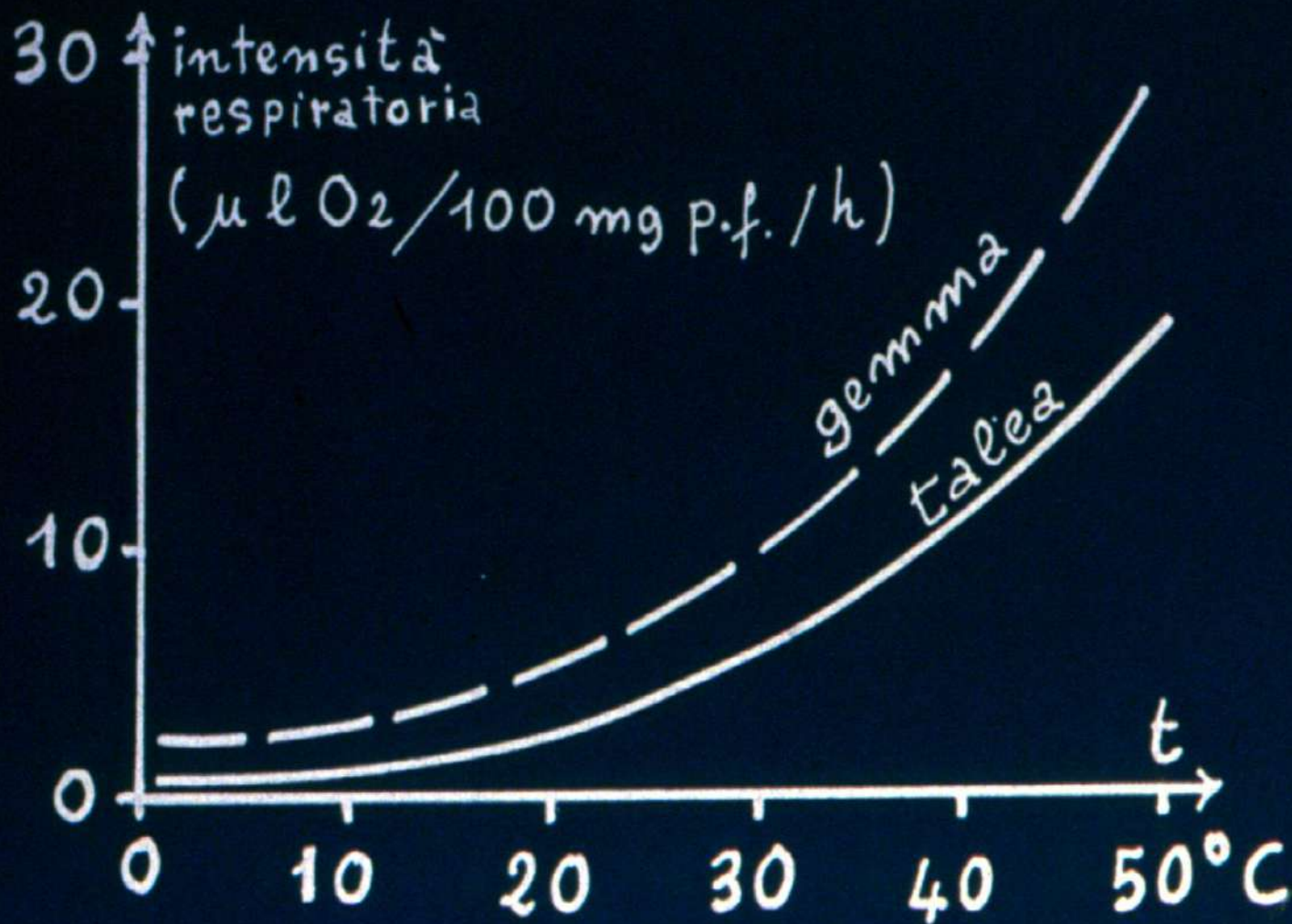
Days after bud burst



Days after bud burst



Intensità respiratoria di organi diversi in rapporto alla temperatura



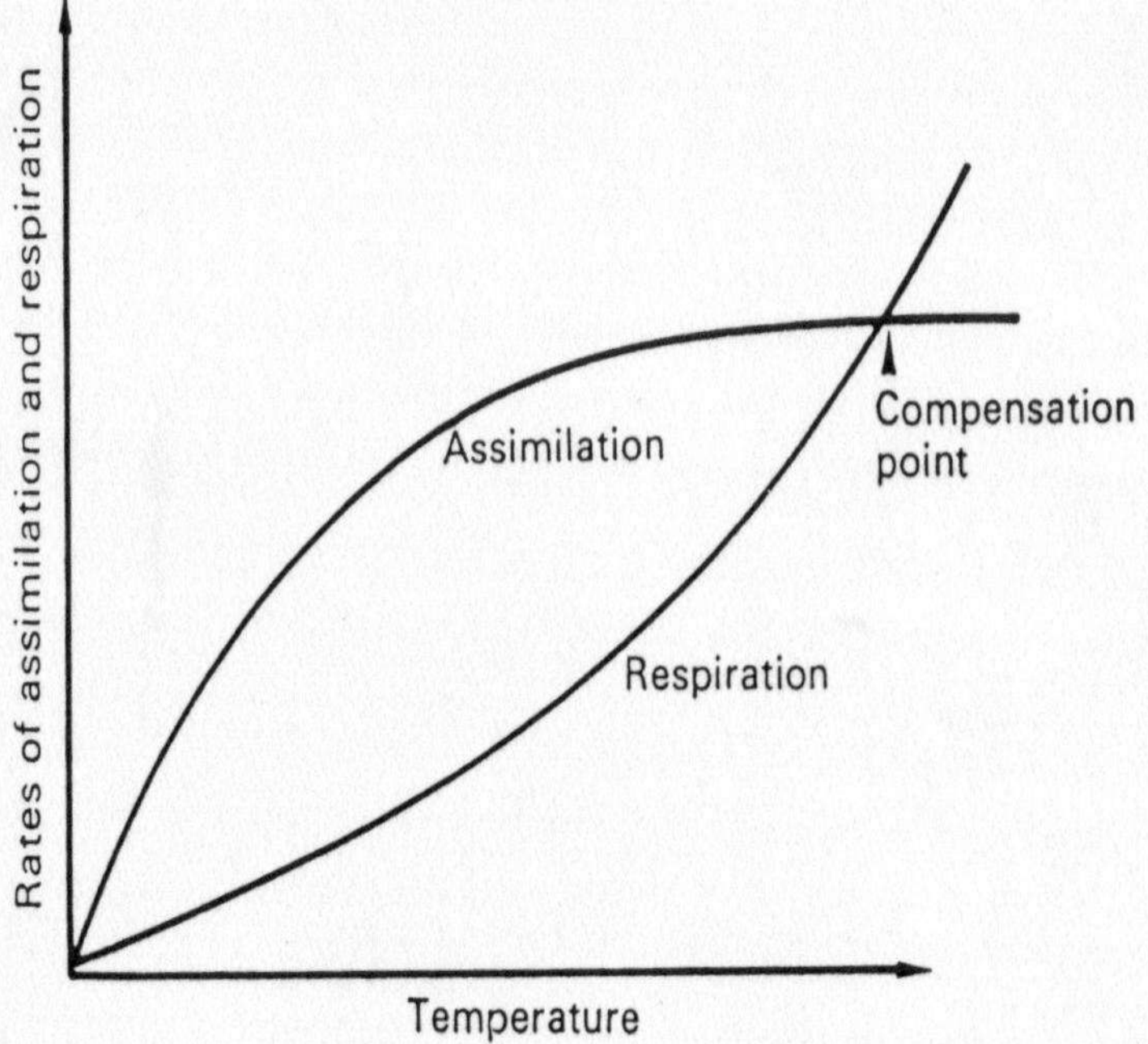
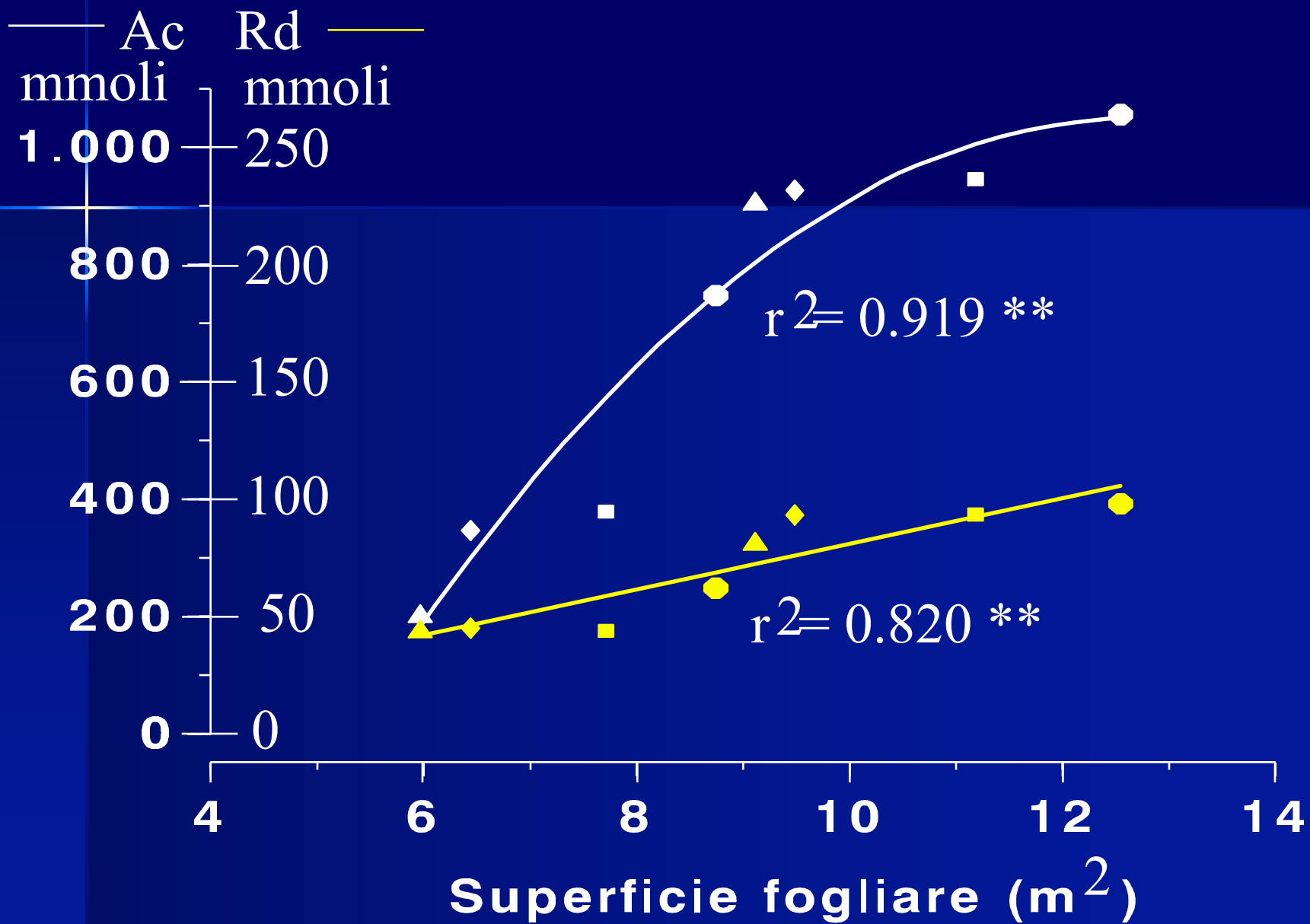
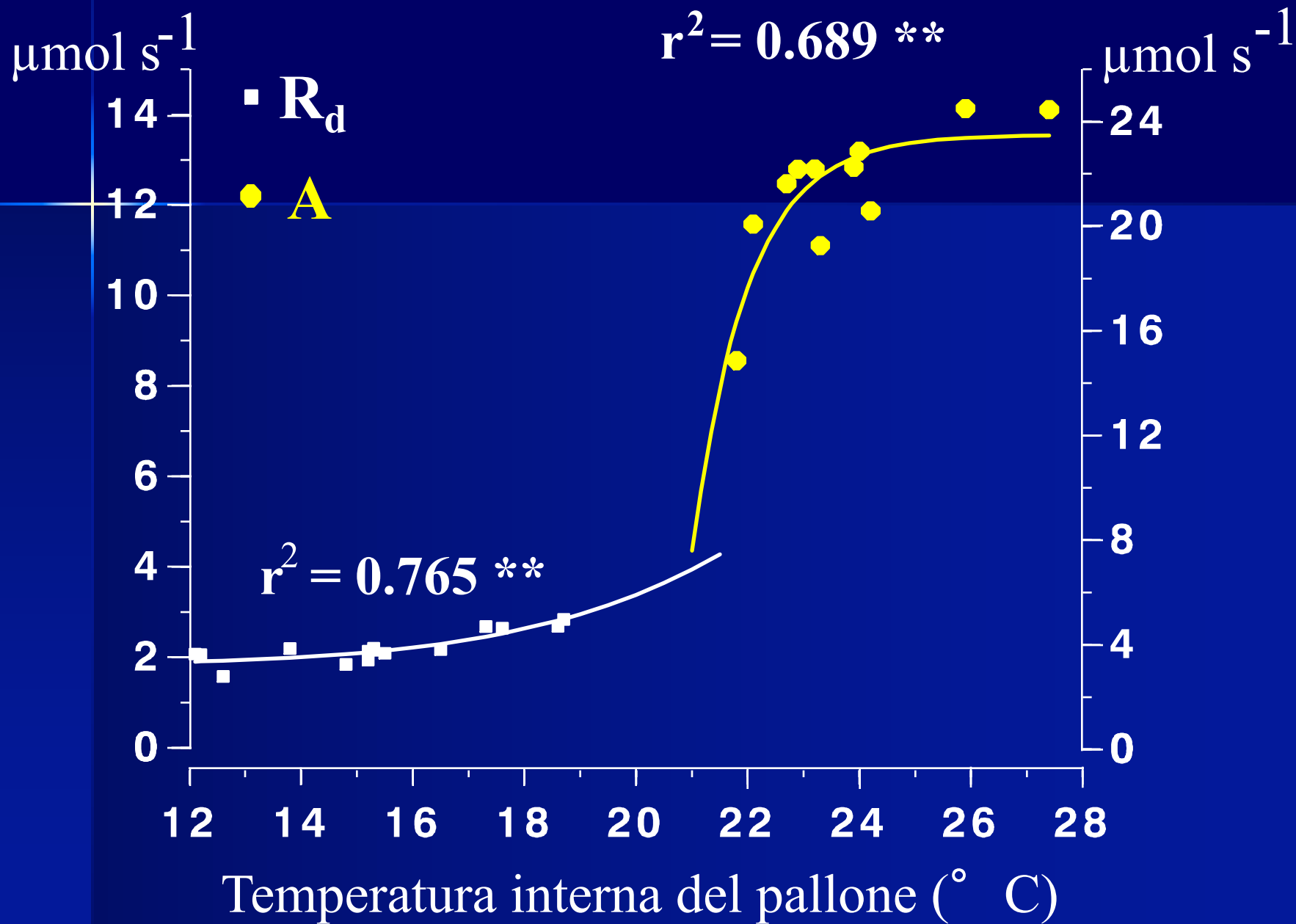
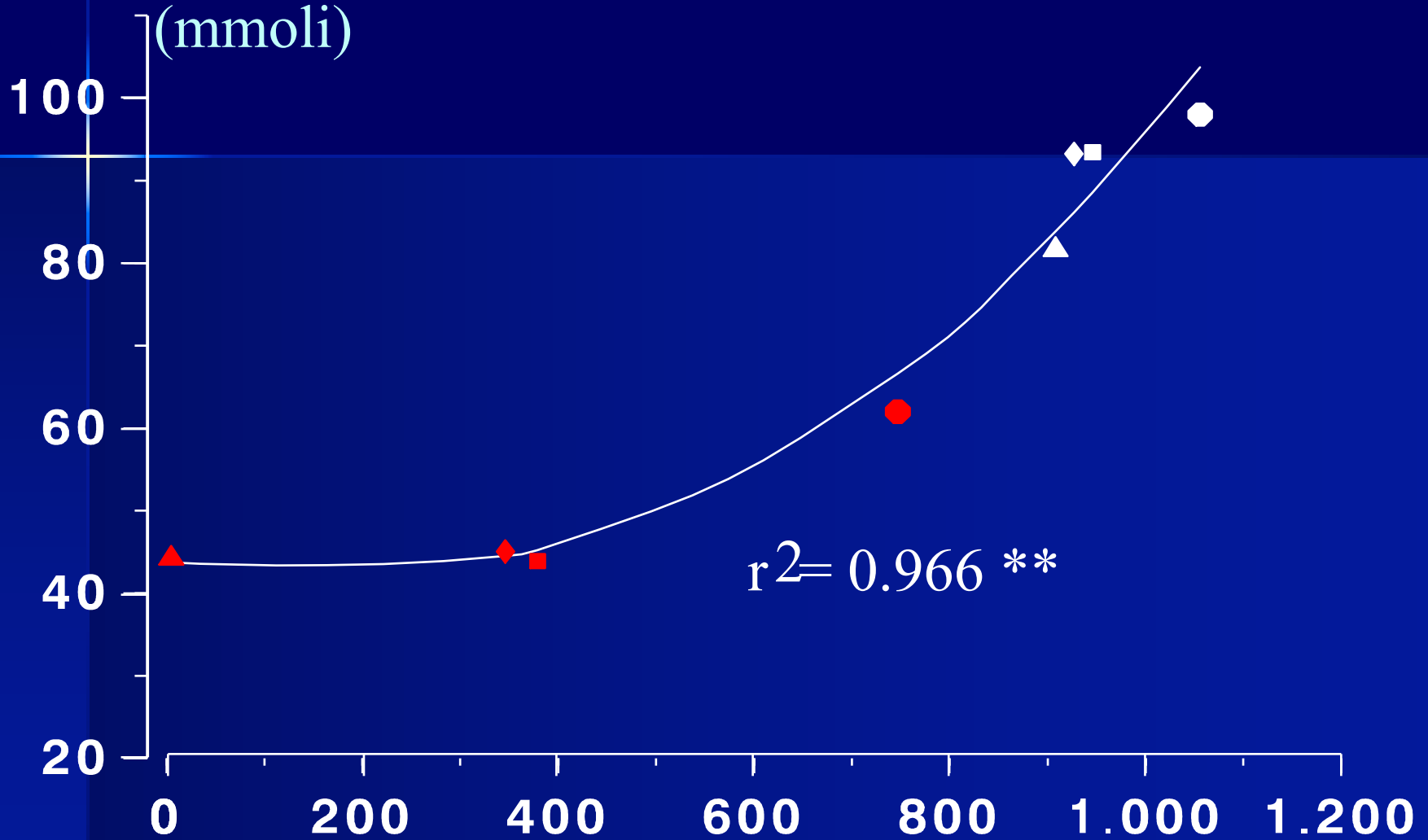


Fig. 5.6 Rates of CO₂ assimilation and respiration in relation to temperature.





CO₂ prodotta nel periodo di buio
(mmoli)



CO₂ consumata nel periodo di luce (mmoli)

