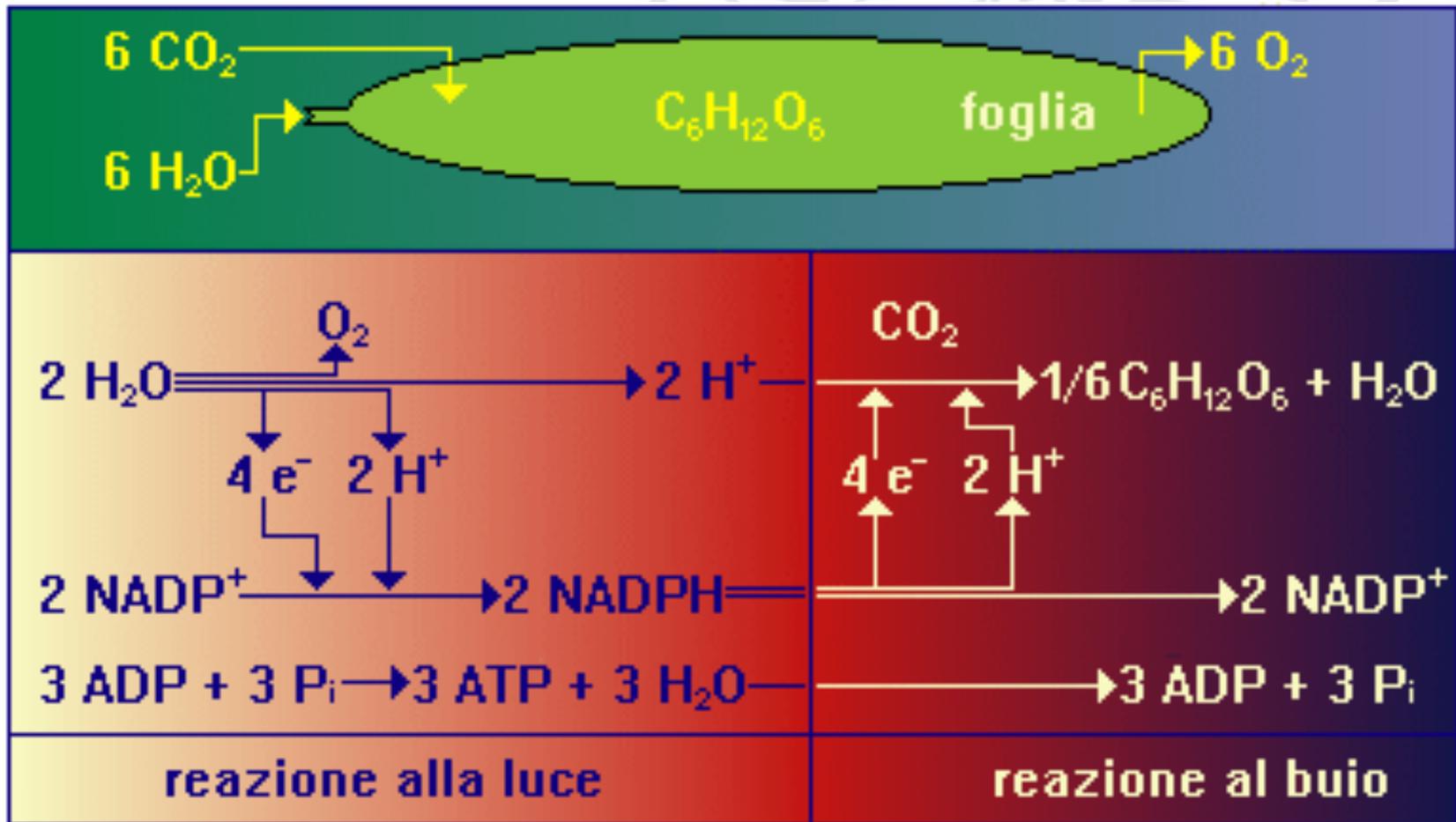


# Ecofisiologia della fotosintesi e comportamento del Sangiovese nei confronti degli stress ambientali

Giovan Battista Mattii



# Fotosintesi



# Fotosintesi

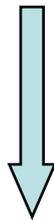
Riduzione di CO<sub>2</sub> atmosferica



*Energia luminosa*

**Glucidi**

**1 – Reazione di Hill o  
fotolisi dell'acqua**



**Riduzione di coenzimi  
e liberazione di O<sub>2</sub>**

**2 - Fosforilazione**



**Energia luminosa  
immagazzinata sotto  
forma di legami P ricchi di  
energia**

# La luce

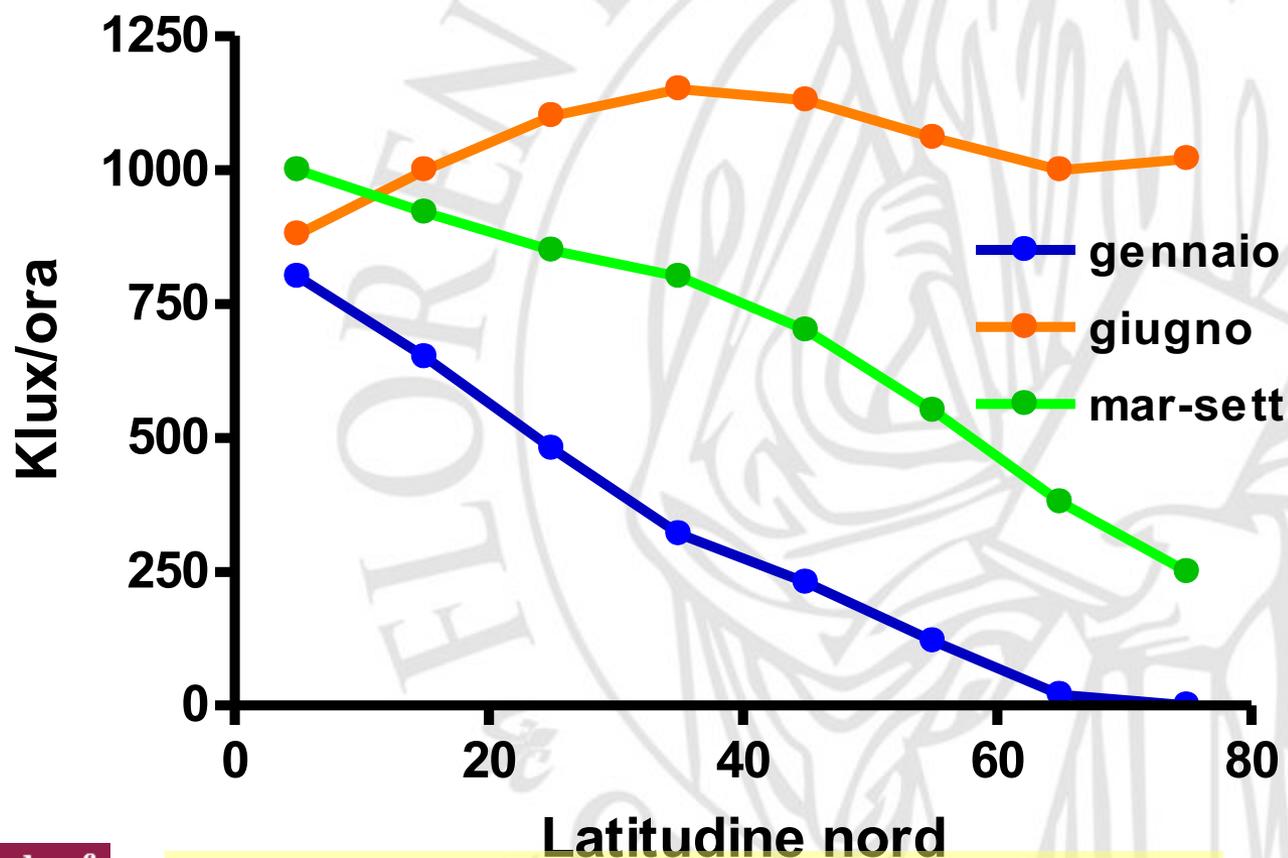
- Nella maggioranza delle regioni viticole del mondo, l'irraggiamento non è mai un fattore limitante

- La più lunga durata del giorno nelle regioni settentrionali compensa la diminuzione dell'intensità luminosa dovuta al maggiore angolo di incidenza dell'irraggiamento sulla terra

# Influenza del clima sulla qualità delle uve

## La luce

Somma giornaliera media dell'irraggiamento solare globale a diverse latitudini dell'emisfero Nord con cielo sereno



G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

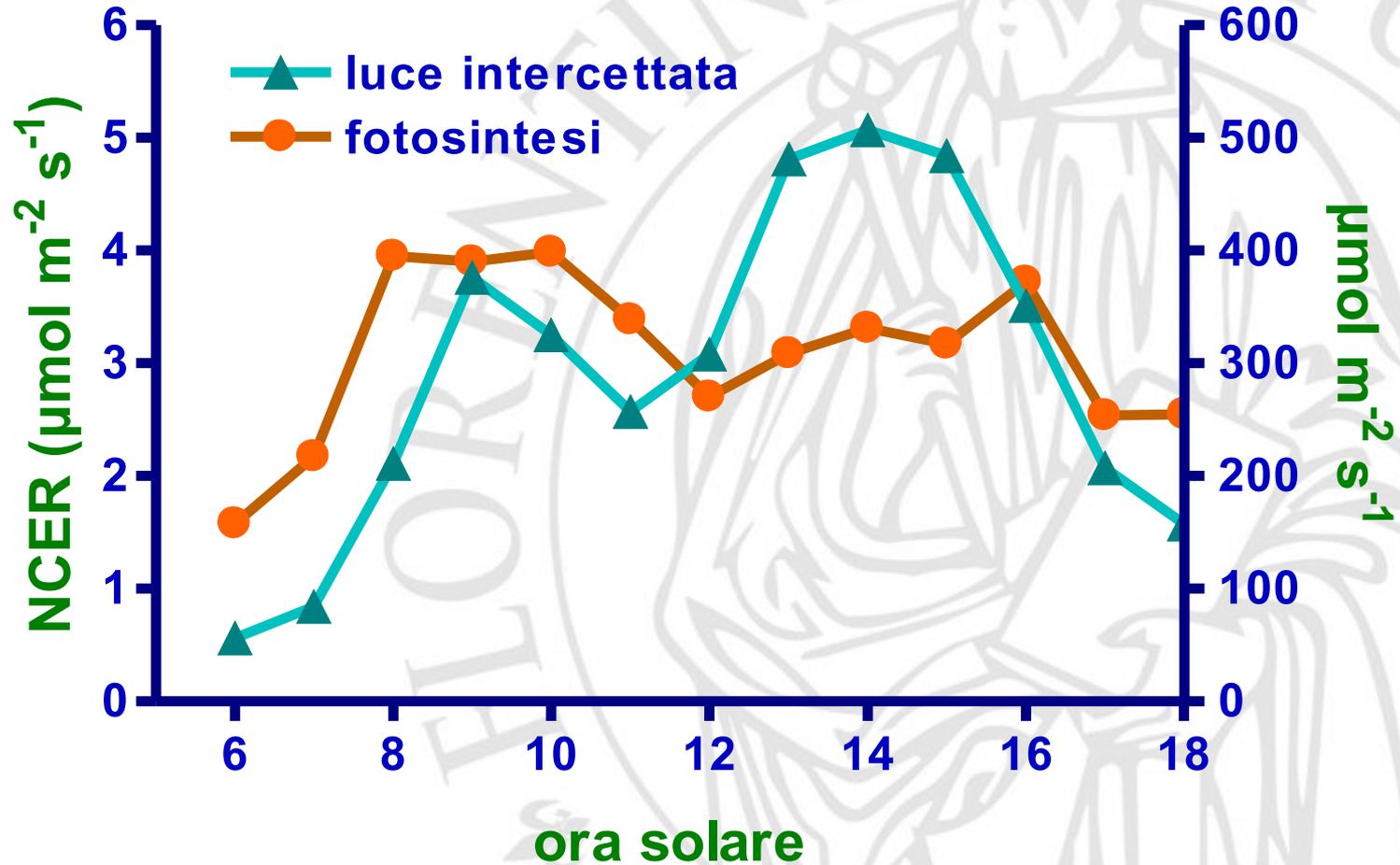
# % di luce intercettata dalla chioma



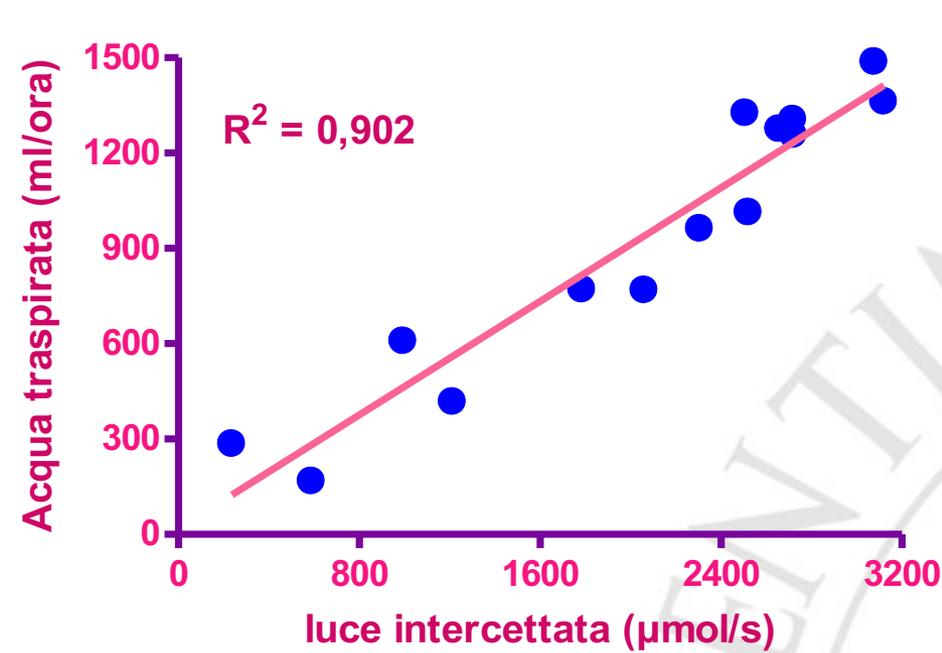
quantità di sostanza secca prodotta

**Una chioma efficiente riesce a garantire, nel corso della stagione, un'elevata capacità di intercettazione della luce incidente**

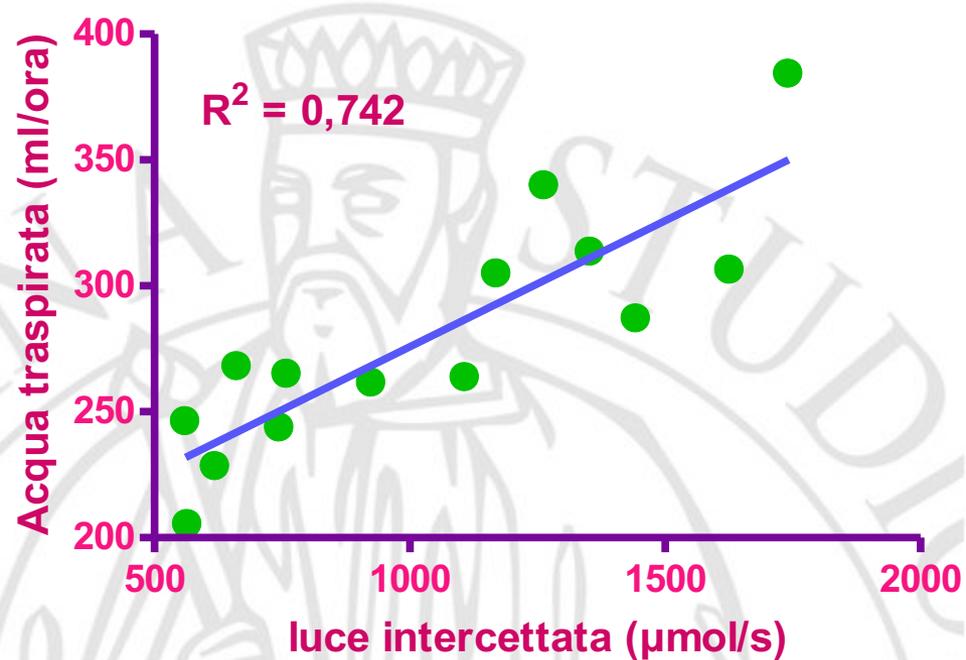
# Luce e fotosintesi



G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

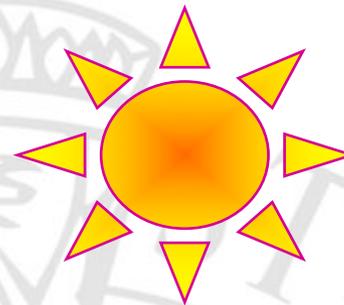
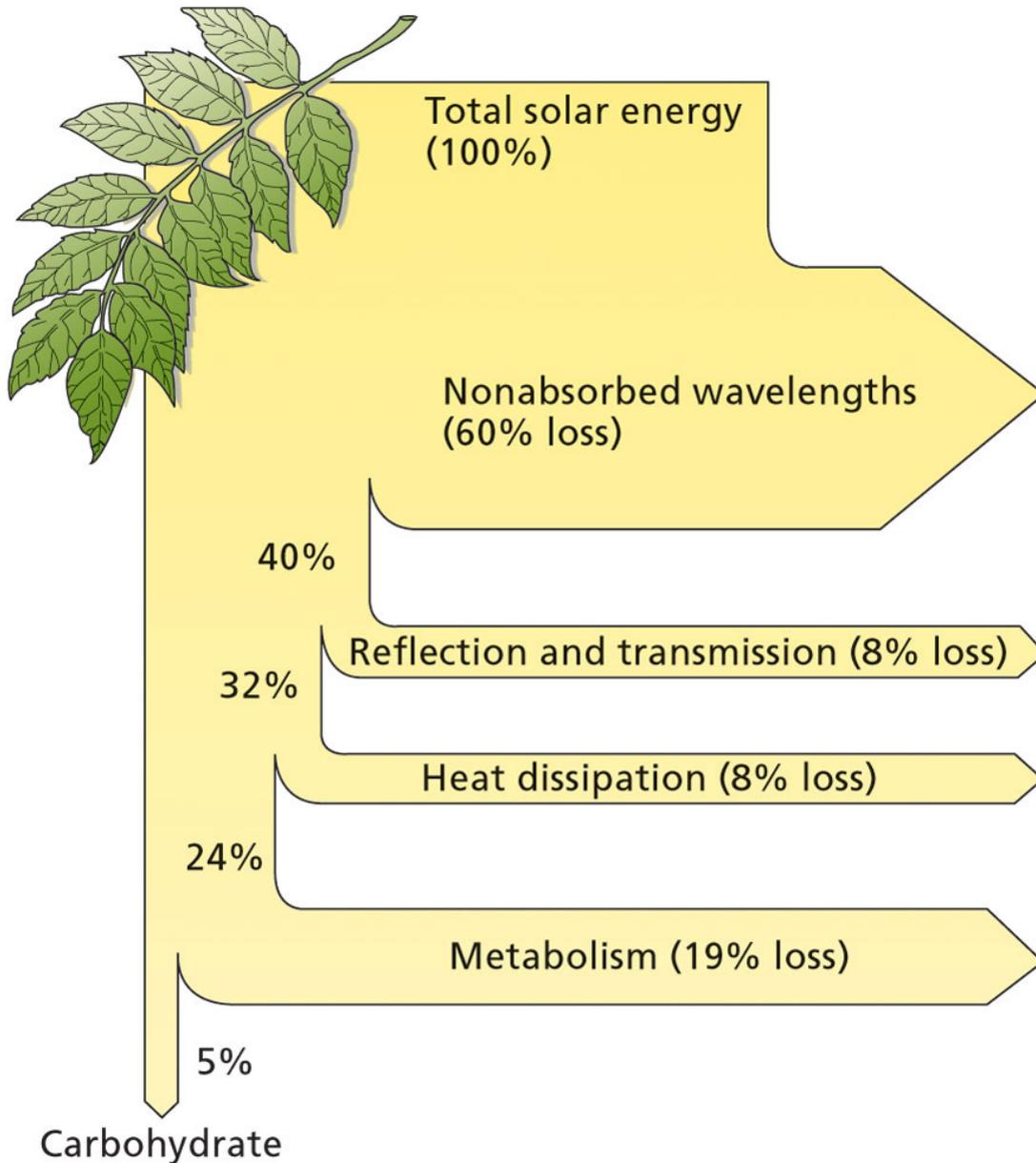


Tendone



Cordone speronato

La luce intercettata e la traspirazione sono correlate



**In un tipico giorno  
di sole**

**$2000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$**

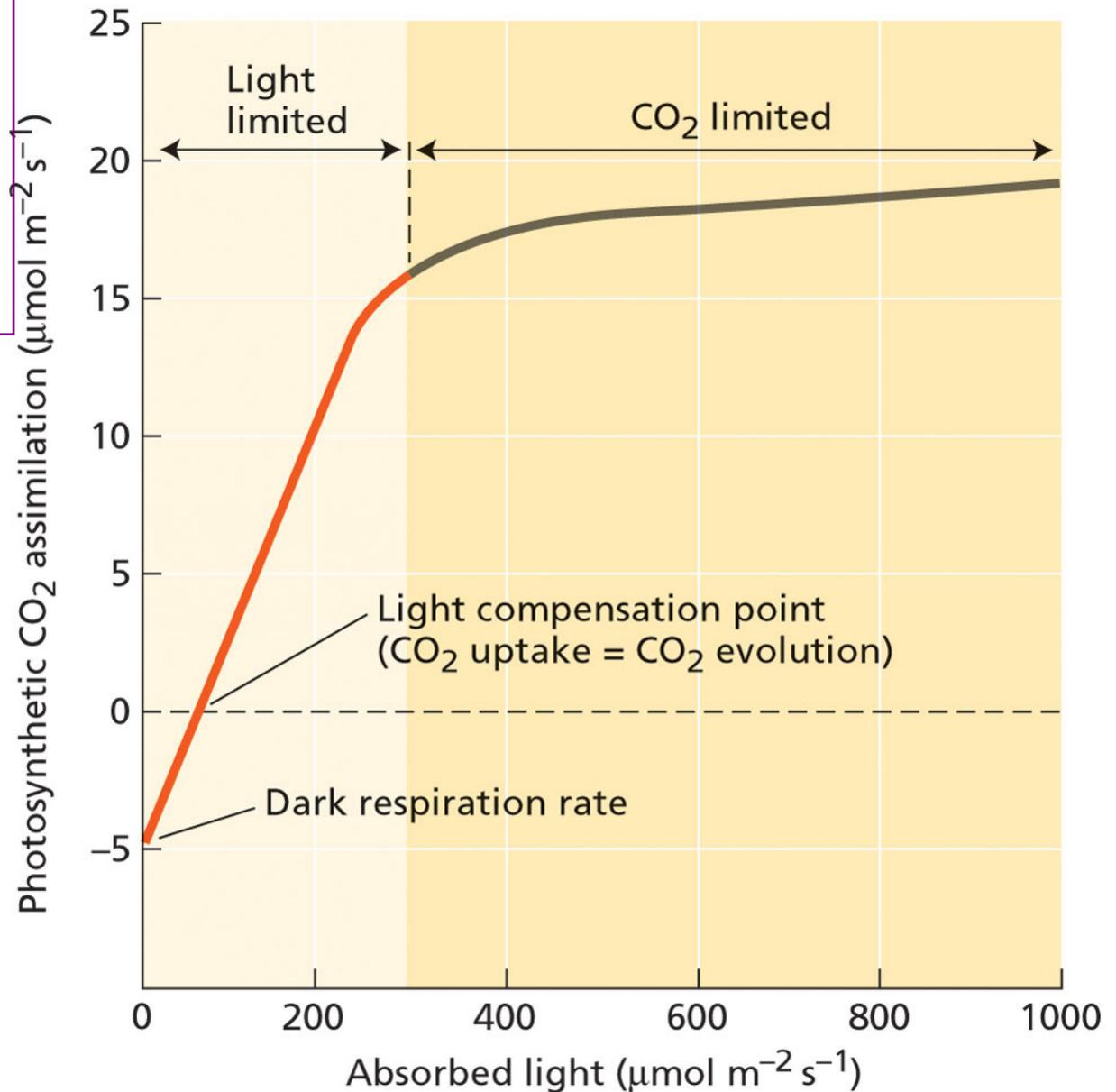
**oppure**

**$850 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$**

PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 9.2 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

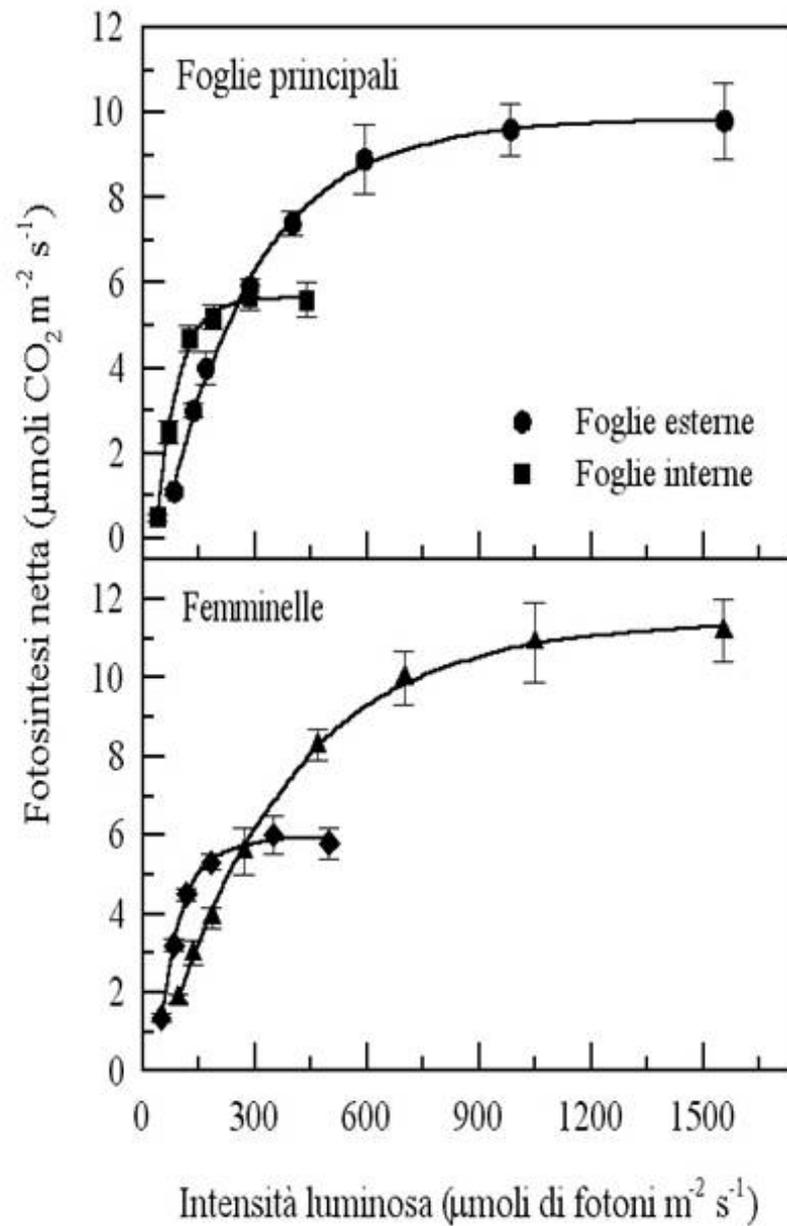
**G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino**

Il passaggio dalla saturazione luminosa alla saturazione di CO<sub>2</sub> nelle piante C3



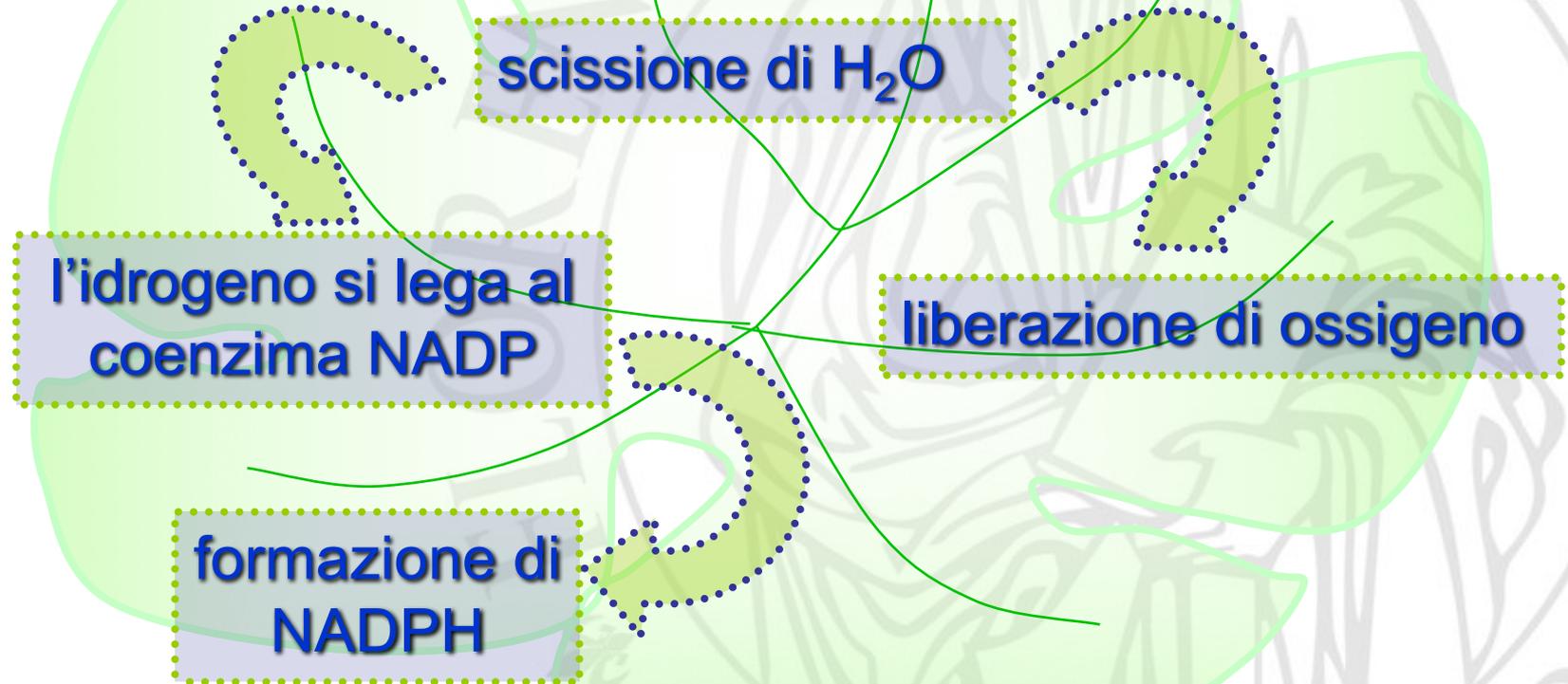
PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 9.8 © 20

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino



# La fotosintesi

Al livello dei pigmenti l'energia luminosa è trasformata in energia chimica con la fotolisi (l'Ossigeno non proviene dalla  $\text{CO}_2$  assorbita)



# La fotosintesi

La  $\text{CO}_2$  si unisce ad un composto a 5 atomi di carbonio (ribulosio-1-5-bifosfato) che è l'accettore della  $\text{CO}_2$  e che darà un composto intermedio a 6 atomi di carbonio

I composti in C6 vengono scissi (Rubis CO) in due molecole di fosfoglicerato con 3 atomi di C; questi sono ridotti in trioso-fosfati, che sono esportati dal cloroplasto al citoplasma, dove vengono utilizzati per la sintesi degli zuccheri e per altre funzioni del metabolismo cellulare

# La fotosintesi

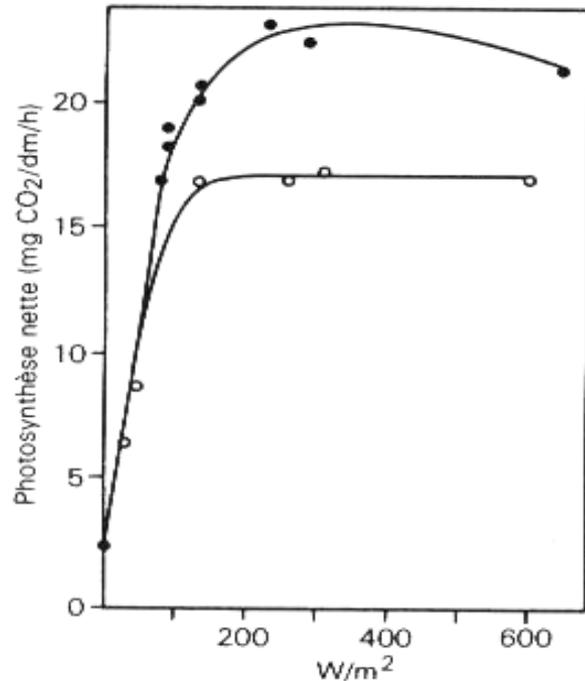


Figure 3 ■ Effet de l'intensité de l'éclairage sur la photosynthèse (d'après Kriedemann et Smart, 1971).

● = sultanine, ○ = syrah. 250 W/m<sup>2</sup> ≈ 45 000 lux.

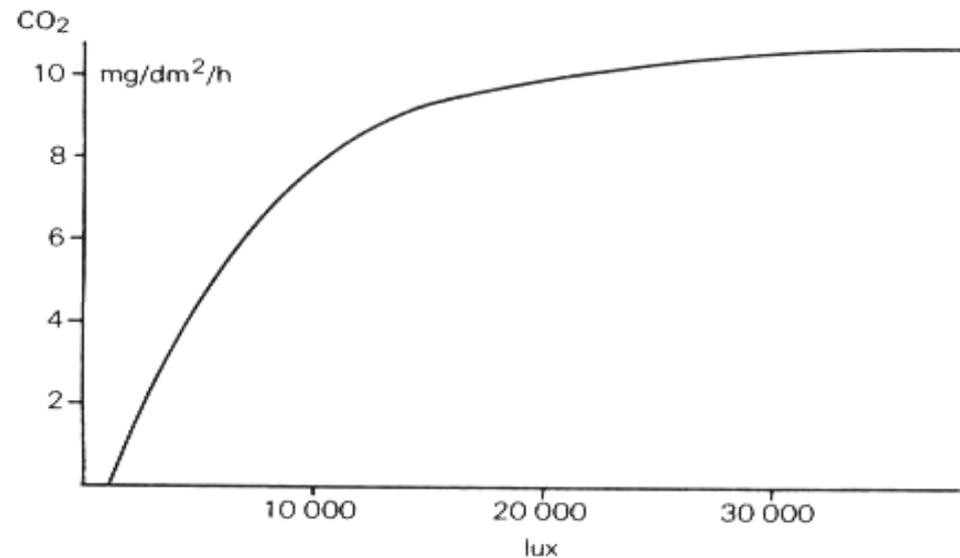


Figure 4 ■ Relations entre la lumière et la photosynthèse du cépage cabernet-sauvignon à une température de 20 °C (d'après Stoev et Slavtcheva, 1982).

# La fotosintesi

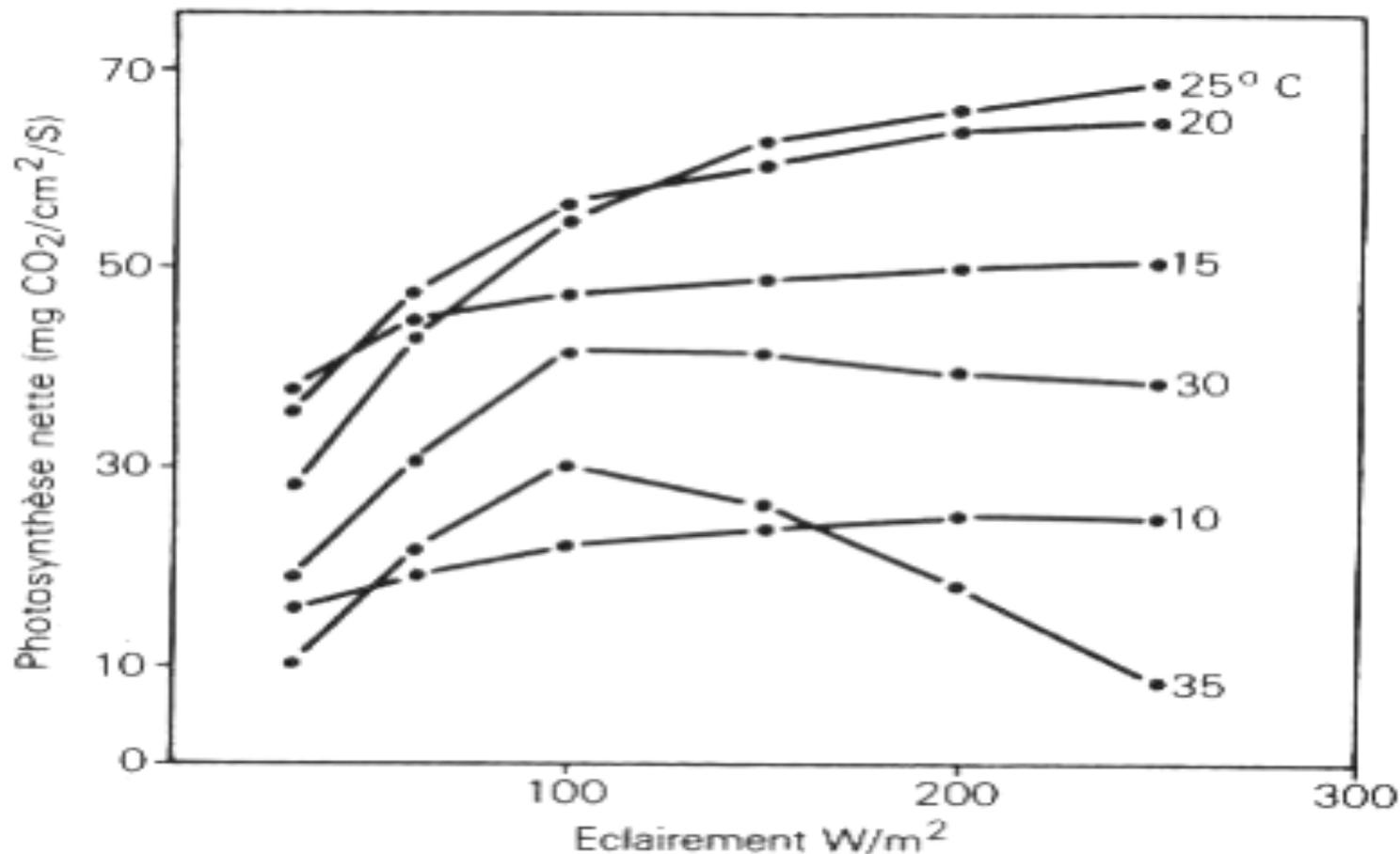
Nel vigneto le foglie si presentano tuttavia in tutte le posizioni possibili in rapporto ai raggi luminosi

In queste condizioni l'angolo di incidenza dei raggi sulla superficie fogliare influenza molto l'efficacia dell'illuminazione e quindi la fotosintesi

In funzione dell'addensamento fogliare, una parte importante delle foglie può trovarsi in condizioni di luminosità sfavorevoli (per es. inferiori a  $500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )

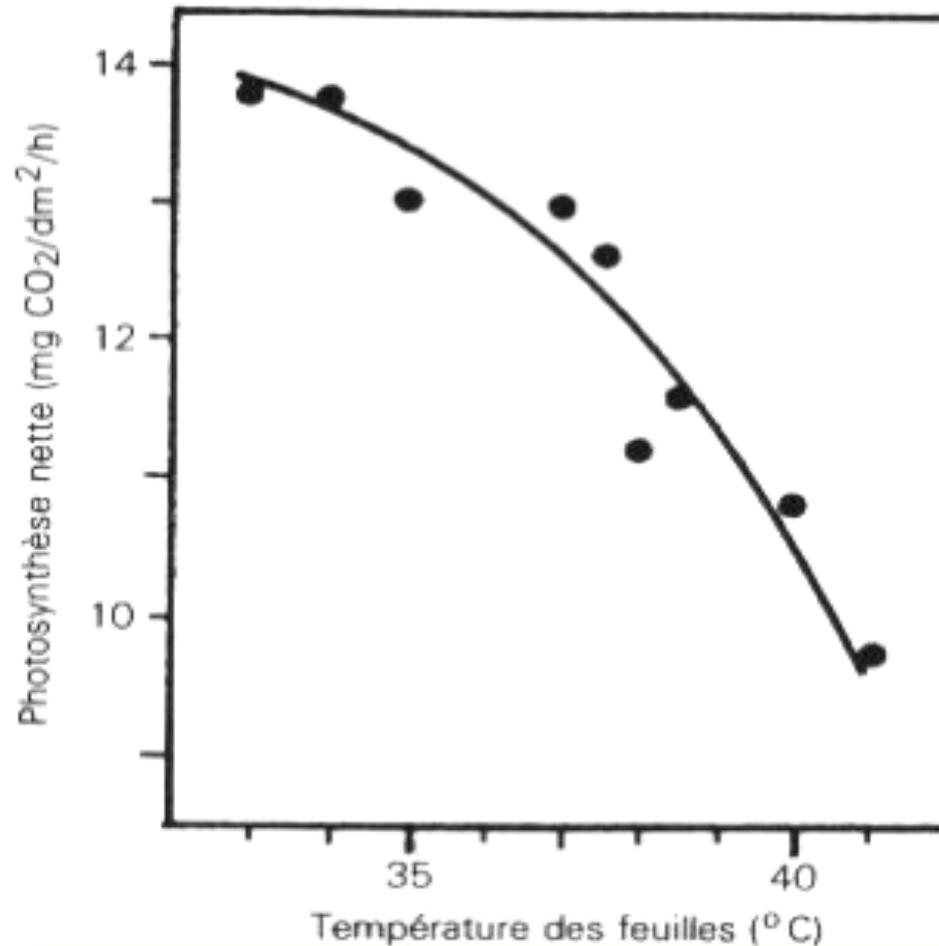
# La fotosintesi

Interazioni tra luce e temperatura sulla fotosintesi della foglia di vite



# La fotosintesi

Influenza della temperatura sulla fotosintesi della foglia di vite



G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

# La fotosintesi

I risultati ottenuti indicano che la temperatura ottimale per la fotosintesi è di circa 25 °C

Questa soglia di temperatura non è costante lungo il periodo vegetativo:

- a maggio, giugno e luglio varia fra 25-32° C
- a partire da settembre varia fra 20-25 °C

# La temperatura

La distribuzione delle differenti specie del genere Vitis e delle varietà di Vitis vinifera spp. al mondo dipende dalla temperatura

I fabbisogni termici specifici dei vitigni sono l'elemento più importante per la loro distribuzione nelle regioni viticole

E' possibile classificare i vigneti mondiali in 5 zone mediante gli indici di

Winkler

e

Huglin

# La temperatura

GRADI-GIORNO (WINKLER, 1978)

$$I = \sum (t \text{ media} - 10^\circ)$$

temperature medie giornaliere  
nel periodo 1° aprile - 31 ottobre  
(nell'emisfero Nord)

Trentino

$I < 1390$

Trapani

$I > 2200$

# Influenza del clima sulla qualità del vino

## La temperatura

INDICE ELIOTERMICO MODIFICATO  
(HUGLIN, 1978)

$$I = \frac{(T \text{ media} - 10) + (T \text{ massima} - 10)}{2} \cdot K$$

a partire dal 1° aprile al 30 settembre k varia con la latitudine

da 1,02 (40° N) → a 1,06 (50°N)

Reims I = 1500

Cordoba I = 31

# La temperatura

## Indice WINKLER

A queste zone caratterizzate da specifiche potenzialità termiche, corrispondono specifici vitigni che in quelle aree possono raggiungere una soddisfacente maturazione:

**zona temperata fresca:** < 1390 - Sauvignon, Chardonnay, Gewürtztraminer, Müller Thurgau, Gamay, Pinot nero

**zona temperata:** 1391-1670 - Chenin blanc, Riesling, Malvasie, Cabernet franc, Merlot, Syrah

**zona temperato-calda:** 1671-1950 - Trebbiano toscano, Sangiovese, Cabernet Sauvignon

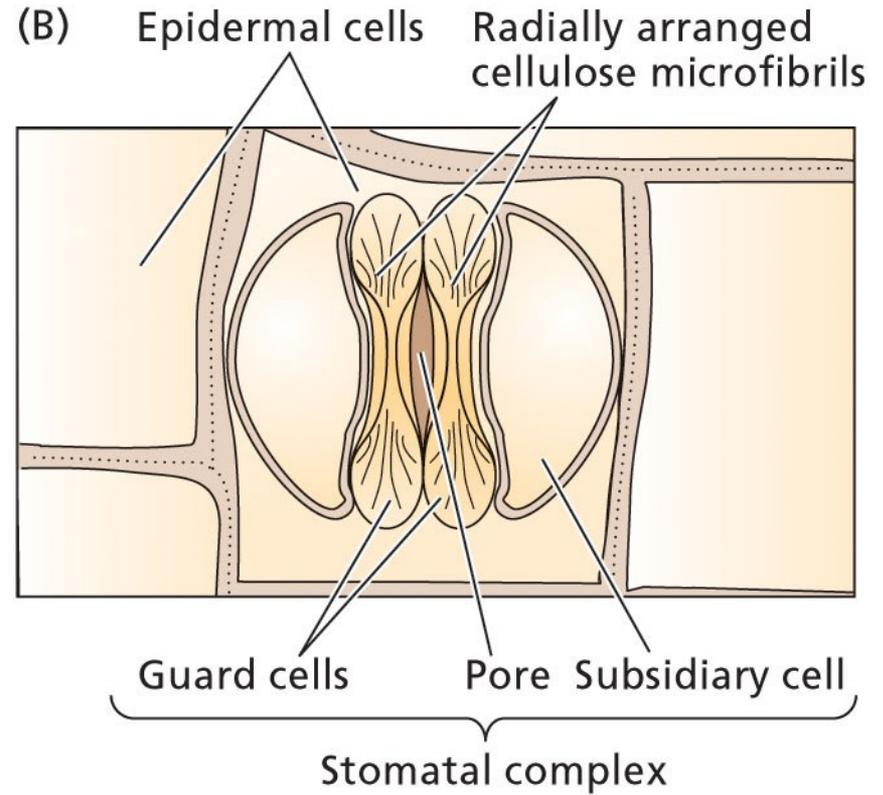
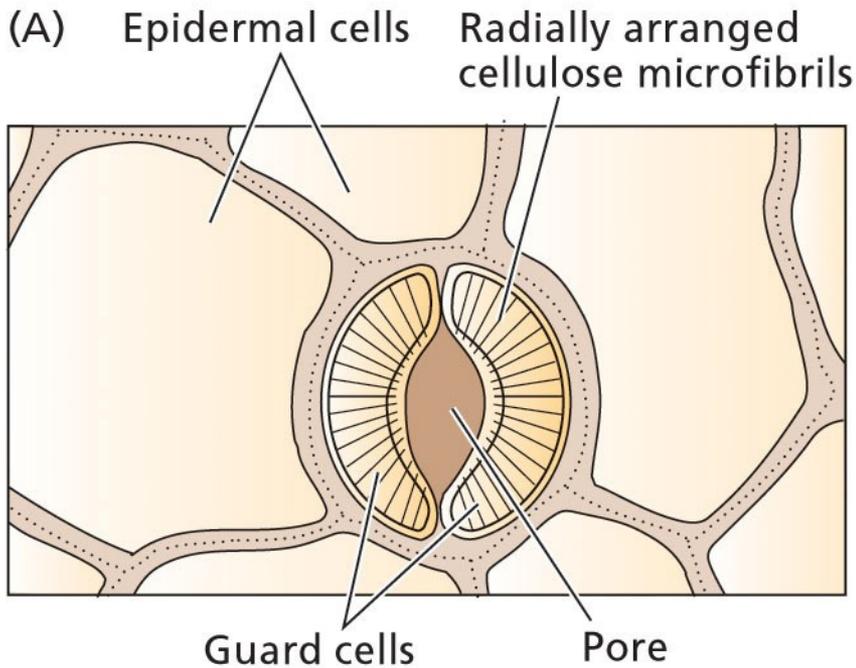
**zona calda:** 1951-2220 - Inzolia, Catarratto, Nero d'Avola, Primitivo, Aglianico

**zona molto calda:** > 2220 - Graciano, Tauriga national

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino



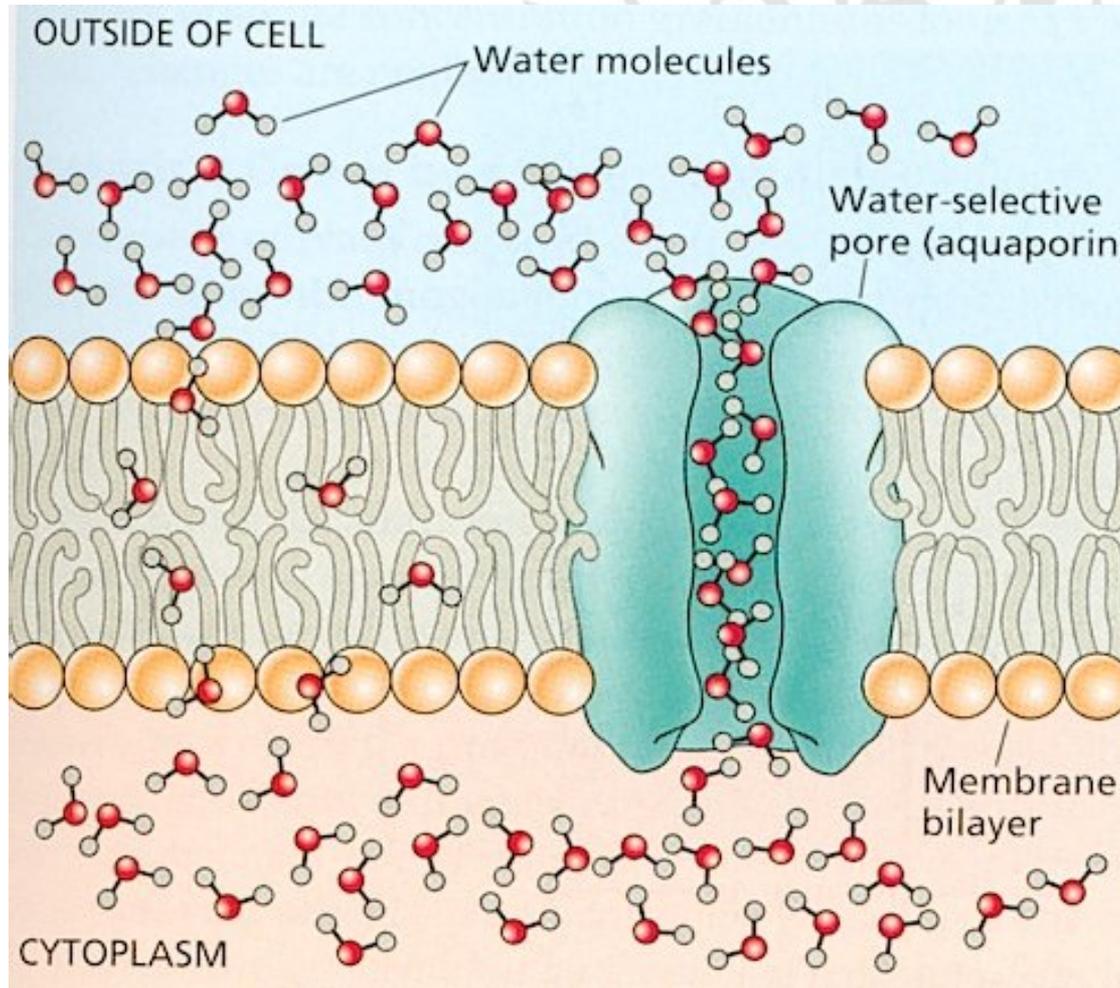
G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 4.15 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

L'apertura e la chiusura degli stomi è determinata dai cambiamenti nel turgore delle cellule di guardia

# Movimento dell'acqua attraverso le membrane cellulari



# acqua

**Ruolo cruciale nella vita della pianta**

**500 g/g ss prodotta (wue)**

**Presenza della parete cellulare**

**Elevata pressione idrostatica interna (pressione di turgore)**

**Crescita cellulare, scambi gassosi, trasporto floematico, trasporti transmembrana, rigidità e stabilità meccanica dei tessuti non lignificati**

**Piccoli sbilanci di questo flusso possono provocare deficit idrici e malfunzionamenti in molti processi cellulari**



# Ruolo dell'acqua nella pianta

- L'acqua è il costituente principale delle piante e molte funzioni vitali dipendono dalla sua presenza. Il contenuto in acqua delle cellule vegetali può variare dal 10% nei semi secchi al 95% in alcuni frutti e nelle giovani foglie.
- Le funzioni dell'acqua nella pianta sono molteplici, e tra queste è:
  - componente principale delle reazioni biochimiche che caratterizzano i processi fotosintetici e traspirativi
  - responsabile della pressione di turgore all'interno della cellula vegetale
  - regolatrice dell'apertura e della chiusura degli stomi
  - responsabile della riduzione della temperatura (soprattutto durante i periodi caldi: circa il 99% dell'acqua traspirata svolge tale funzione. È noto come la superficie dalla quale l'acqua evapora tenda a raffreddarsi. In questo modo, la pianta controlla la temperatura dei propri tessuti).
  - solvente per i gas, i minerali e le sostanze nutritive che si muovono all'interno della pianta

# Stato idrico di un vegetale difficile da caratterizzare



Energia necessaria per estrarre  
l'acqua da un certo organo

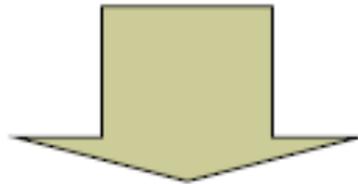


**POTENZIALE IDRICO**

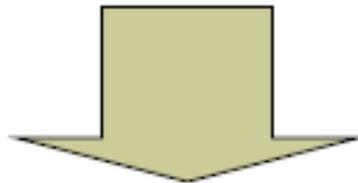


# Potenziale idrico

IL POTENZIALE IDRICO É LA FORZA CON CUI L'ACQUA E' TRATTENUTA



LA PRESSIONE (negativa, o SUZIONE) CHE SERVE PER ALLONTANARE L'ACQUA

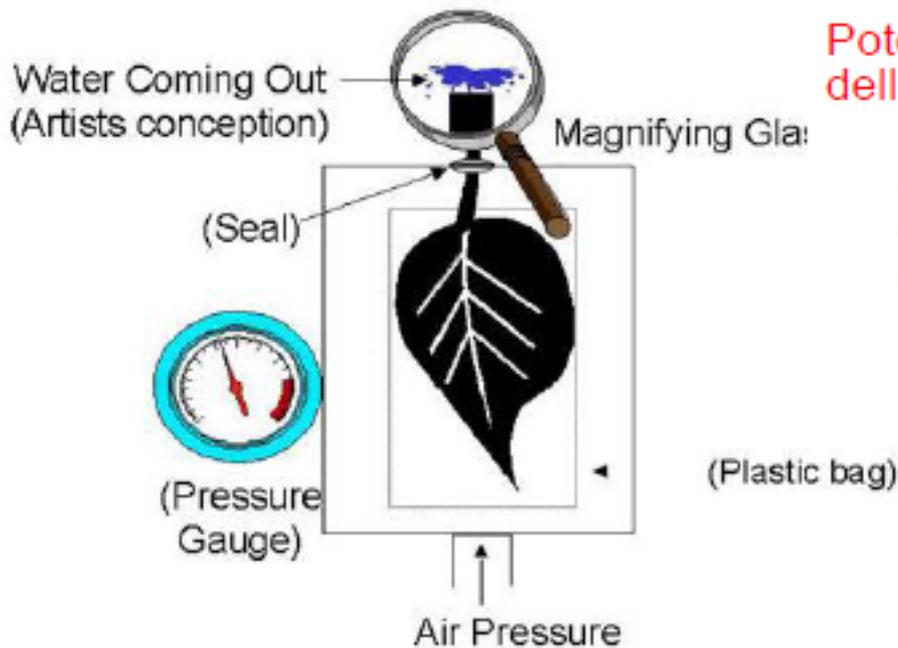


L'ACQUA si muove da un punto con  $\Psi$  più alto (MENO NEGATIVO: es  $-20$ ) ad uno con  $\Psi$  più basso (PIU' NEGATIVO: es  $-100$ )

# Potenziale idrico

Il **Potenziale idrico** ( $\Psi$ ) descrive lo stato idrico delle piante.

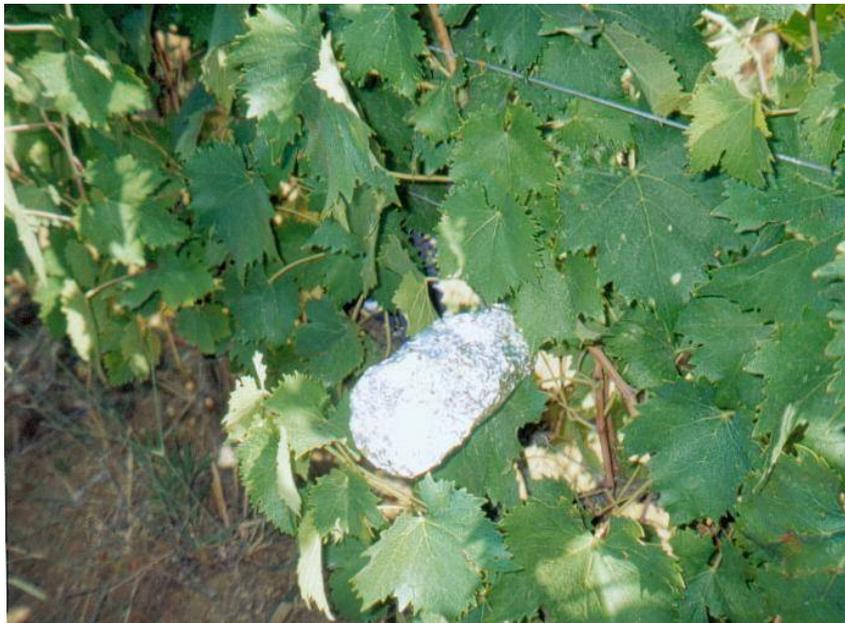
- Il potenziale idrico è la misura del contenuto di energia libera dell'acqua.
- I potenziali idrici sono la differenza tra lo stato energetico dell'acqua libera pura e dell'acqua considerata nella pianta.
- Indica il lavoro richiesto per muovere l'acqua da dove si trova nella pianta per arrivare allo stato libero.
- Si misura in unità di pressione (**MPa = Mega Pascal**)



## Potenziale idrico fogliare misurato prima dell'alba:

- Piante irrigate  $\approx -0,2$  MPa
- Primi sintomi di stress  $\approx -0,4 \div 0,5$  MPa
- Massimo stress osservabile  $\approx -1,8$  MPa





**Misure del  
potenziale idrico  
di foglia e di tralcie**

# L'acqua

La riduzione dell'assimilazione di  $\text{CO}_2$  interviene solo a valori molto bassi di potenziale idrico, verso -12/-15 bar (-1,2/-1,5 MPa)

Questa constatazione è importante perché in alcune varietà la fotosintesi può conservare un livello soddisfacente in condizioni idriche molto deficitarie



# Alcuni effetti dello stress idrico

La prima reazione della pianta ad una condizione di stress idrico consiste nell'aumento della produzione e concentrazione di **ABA** e nella riduzione della conduttanza stomatica.

Le piante possono rispondere al deficit idrico in modi differenti e con varia complessità:

- disidratazione ritardata (abilità a mantenere i tessuti idratati)
- tolleranza alla disidratazione (abilità a funzionare durante la disidratazione),
- piante che riescono a “fuggire alla siccità” compiendo il loro ciclo biologico prima che questa arrivi e cioè durante la stagione umida.

# Piante isoidriche e anisoidriche

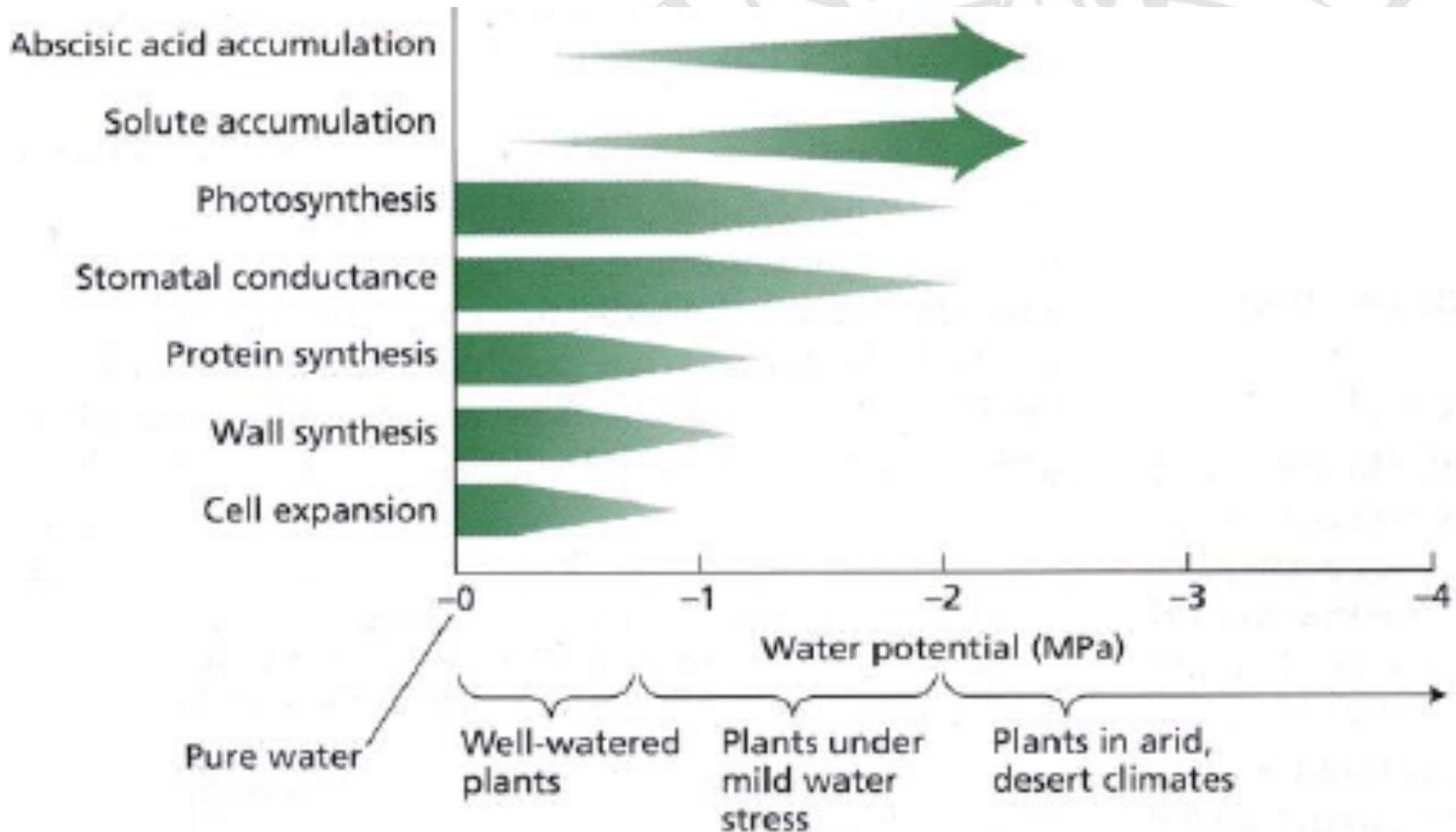
Nelle piante **isoidriche** il potenziale fogliare decresce sensibilmente all'aumentare della domanda evaporativa durante la giornata, ed è minore nelle piante stressate rispetto a quelle con un adeguato rifornimento idrico.

Nelle piante **anisoidriche** il potenziale fogliare si mantiene pressoché costante durante il giorno e lo stato idrico del suolo non esercita su di esse alcuna influenza.

La vite è genericamente classificata come specie **isoidrica**, capace di elevata regolazione stomatica sotto il controllo di segnale ABA, tuttavia esiste una diffusa variabilità varietale.

**[Grenache” ha un comportamento isoidrico e il “Syrah” quasi anisoidrico (Schultz, 2003)].**

# Sensibilità alle variazioni di potenziale idrico



Potenziale idrico fogliare misurato prima dell'alba ( $PD \Psi_w$ )	Stato idrico della vite
0 MPa > $PD\Psi_w$ > -0,2 MPa	Nessun stress idrico
-0,2 MPa > $PD\Psi_w$ > -0,4 MPa	Stress idrico da leggero a medio
-0,4 MPa > $PD\Psi_w$ > -0,6 MPa	Stress idrico da medio a elevato
-0,6 MPa > $PD\Psi_w$	Stress idrico elevato

Carbonneau, 1998

# Meccanismi per evitare lo stress idrico

- Evitare la perdita eccessiva di acqua da parte dei tessuti
  - ↘ Area fogliare
  - Orientamento e ombreggiatura foglie
  - Foglie piccole
  - ↗ resistenza stomatica
  - ↗ potenziali idrici
- Aumentare l'assorbimento idrico
- Accrescimento rapido dell'apparato radicale
- Aumentare il rapporto radici/germogli

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

# Stima dello stato idrico della pianta

La determinazione dello stato idrico della pianta può essere effettuata per mezzo di indicatori di tipo fisiologico o fisico:

## Indicatori fisiologici

*Caratterizzano direttamente o indirettamente lo stato idrico della pianta:*

- ✓ Potenziale idrico fogliare
- ✓ Contenuto idrico relativo
- ✓ Conduttanza stomatica
- ✓ Temperatura fogliare
- ✓ Variazione di diametro degli organi vegetali
- ✓ Emissione acustica dello xilema (cavitazione)

## Indicatori fisici

*Fattori dell'ambiente che influenzano l'equilibrio idrico delle piante:*

- ✓ Domanda evaporativa dell'ambiente
- ✓ Contenuto idrico del terreno
- ✓ Potenziale idrico della zona radicale

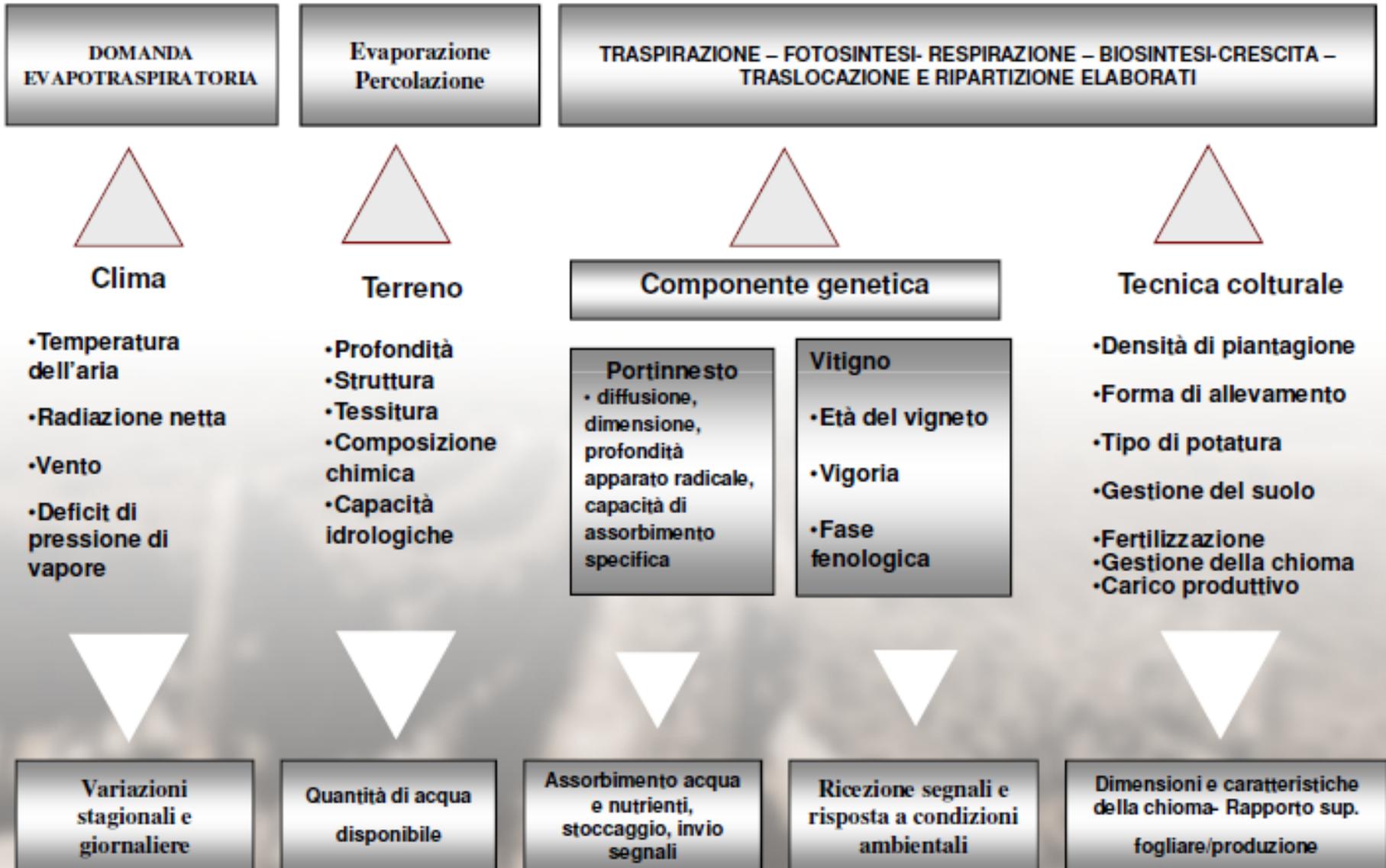
# DETERMINAZIONE DELLO STATO IDRICO DELLA PIANTA

**Indicatori fisiologici indiretti:** descrivono i fenomeni provocati dal cambiamento dello stato idrico della pianta:

- Conduttanza stomatica (Katerji et al., 1988; Harrison et al., 1989; Sellés e Berger, 1990; Tan e Layne, 1991)



# Consumo idrico della vite



**In GENERALE → LEGGERO STRESS IDRICO DURANTE LA MATURAZIONE MIGLIORA LA FASE DI ACCUMULO E LA COMPOSIZIONE DELL'UVA**

**ASSENZA DI STRESS → VINO CON SENTORI VEGETALI, ALTA ACIDITÀ**



**STRESS MODERATO (fino al 20% di perdita di peso) → VINO CON SENTORI DI FRUTTI ROSSI, EQUILIBRATO**



**STRESS ELEVATO (perdita di peso in pianta > 30%) → VINO CON SENTORI DI CONFETTURE, SQUILIBRATO**





**Acini normali**



**Acini vinificabili,  
ma:**

- **Bassa acidità**
- **Elevato pH**
- **Scarso colore**
- **Assenza di profumi**



**Non vinificabili**



**Fino al 20-25% di perdita di peso in pianta → concentrazione dei metaboliti sia primari che secondari**

**Oltre il 30% di perdita di peso → collassamento delle pareti cellulari, perdita di funzionalità delle membrane, metabolismo ossidativo e degradativo**

**Atti Conferenza  
sui cambiamenti  
climatici del 2007**

**1906-2005 → + 0,74 °C (pianeta)**

**1906-2005 → + 0,94 °C (Europa)**

**1906-2005 → + 0,94 °C (Italia)**

**In 27 aree viticole sparse in tutti i continenti → +1,3 °C  
negli ultimi 50 anni (Jones et al. 2005) → +2°C 2000-2050**

**Dal 1950 ad oggi, ogni 10 anni → -14,8 mm di piogge**

Le aree aride e semi-aride hanno un rapporto tra le precipitazioni annuali e l'evapotraspirazione potenziale compreso tra 0,05 e 0,65 (Adams et al. 1999)



N.U. → il 5% del territorio italiano è interessato a fenomeni di desertificazione ed il 20% è addirittura a rischio (bassa capacità di ritenzione idrica per carenza di S.O.)

**Palliotti, 2013**

# Intensificazione dei fenomeni meteo estremi

**NUOVO SCENARIO - 2003, 2005, 2007, 2008, 2009, 2011 e 2012**



**Sangiovese**



**Trebbiano**



**Grechetto**

**PRODUTTIVITÀ E QUALITÀ ??**



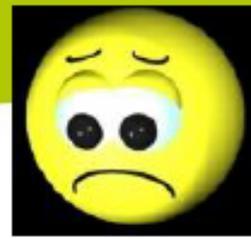
**Tocai rosso**

**Palliotti, 2013**

**Ciliegiolo**



# ALCUNE REALTÁ EMERGENTI LEGATE AL CAMBIAMENTO CLIMATICO.....



**1) Anticipo delle fasi fenologiche**

**2) Disallineamento tra la maturità tecnologica, sempre più accelerata, e quella fenolica**

**3) Accelerazione della maturazione dell'uva:**

**> 15% alcool  
NO VINO**



- **Eccessivo accumulo di zuccheri → alta alcolicità dei vini**
- **Bassa acidità → negativo soprattutto per i vini bianchi**
- **Elevato pH → instabilità microbiologica e deficit di colore**
- **Sapori e aromi atipici sia nelle uve che nei vini**

**4) Aumento dei fenomeni di disidratazione dell'uva e danni da scottature**

**Pallioti, 2013**

# DANNI DA STRESS ESTIVI

- 1. CARENZA IDRICA**
- 2. ECCESSO TERMICO-LUMINOSO**
- 3. VENTI CALDI**

**MULTIPLI**

Interazioni



- EFFETTI SULLA PARTE VEGETATIVA:** ridotto accrescimento dei germogli, scarsa fogliosità, colore chiaro del fogliame
- EFFETTI SULLA PARTE PRODUTTIVA:** riduzione del peso degli acini e dei grappoli, diminuzione dell'allegagione, riduzione della fertilità delle gemme, peggioramento qualitativo (maturità tecnologica, fenolica ed aromatica)

**STRESS IDRICO + TERMICO-LUMINOSO → aumento del potenziale idrico fogliare → chiusura degli stomi (acido abscissico) → riduzione della traspirazione fogliare → caduta dell'assimilazione (fotoinibizione)**



## TRASPIRAZIONE



Assorbimento, trasporto dei soluti e fitoregolatori, facilita l'entrata della CO<sub>2</sub> ed il turgore cellulare  
Termoregolazione

1 g di H<sub>2</sub>O  
assorbe 590  
calorie

**Palliotti, 2013**

1

## STRESS PRECOCE →

fase di crescita +  
meccanismi adattativi  
strutturali (morfo-  
anatomico), oltre che  
metabolici e fisiologici



Sang. Mont. Sang. Mont.



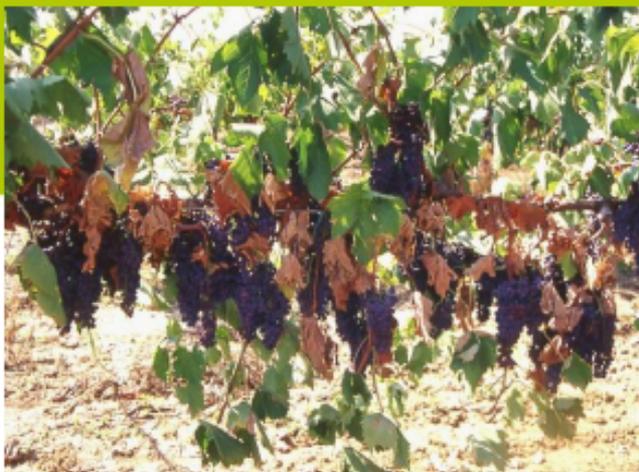
2

## STRESS MEDIO-TARDIVO

→ sviluppo ultimato +  
meccanismi adattativi non  
strutturali (fisiologici e  
metabolici)



Palliotti, 2013



Riduzione antociani

## **STRESS IDRICO TARDIVO**

- 1) Germogli e femmine normali**
- 2) Clorosi e necrosi, soprattutto foglie basali;**
- 3) penalizzazione a carico della qualità dell'uva**

**Palliotti, 2013**

# INTENSITÀ DEGLI STRESS ESTIVI

## SICCITÀ LIEVE

Traspirazione: 2,0 - 2,5 mmoli H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

- ✓ Limitazioni temporanee della fotosintesi
- ✓ Pieno recupero a seguito del ripristino dell'H<sub>2</sub>O
- ✓ Nessuna conseguenza negativa sulla resa d'uva
- ✓ Effetti positivi sulla qualità dell'uva

Palliotti, 2013

## SICCITÀ MEDIA

Traspirazione: 2 - 1 mmoli H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

- ✓ Limitazioni importanti a carico della fotosintesi
- ✓ Riduzione della crescita (radici, germogli, femminelle, acini)
- ✓ Aumento della T° delle foglie → Fotoinibizioni: clorosi e necrosi (soprattutto foglie basali)
- ✓ Lieve calo della produzione
- ✓ Nessun effetto sulla produzione dell'annata successiva
- ✓ Scarsa influenza sulla maturità fenolica, riduzione dell'acidità, aumenti del pH e ridotto quadro aromatico

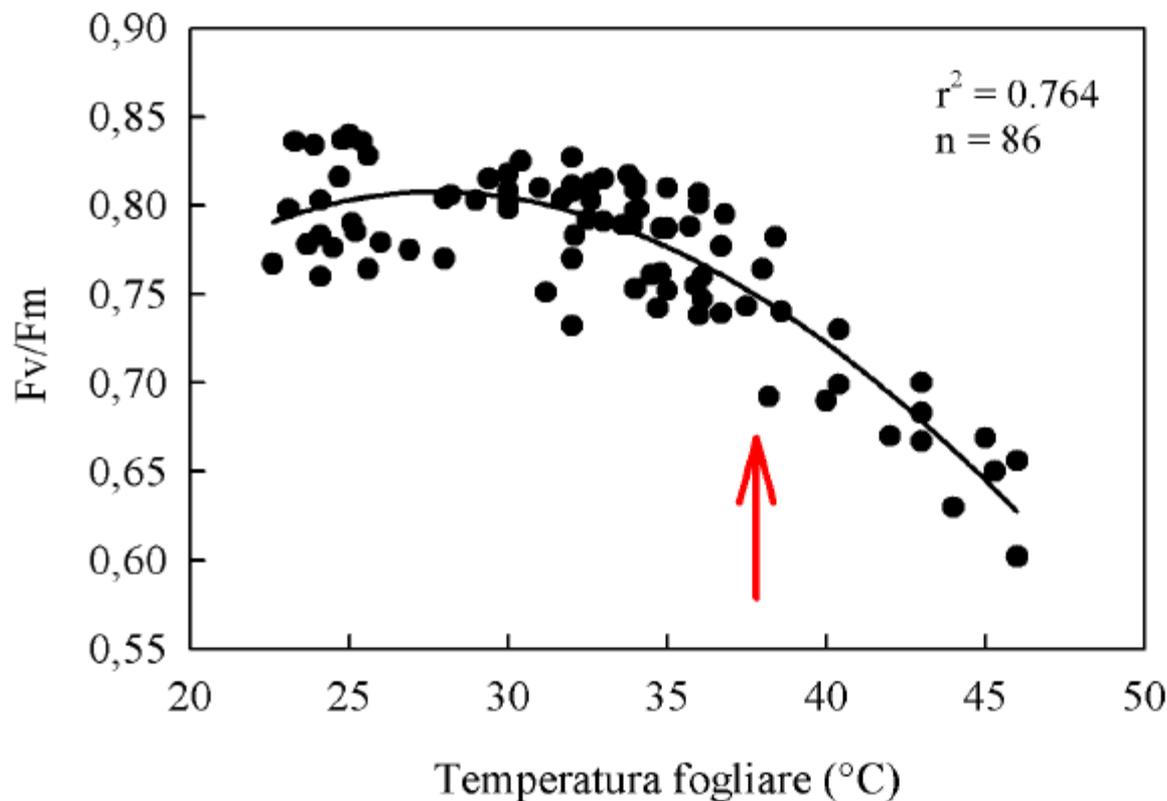
Palliotti, 2013

## **SICCITÀ GRAVE (metabolismo deviato)**

Traspirazione  $< 1 \text{ mmole H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

- ✓ **Blocco della crescita**
- ✓ **Blocco della fotosintesi (specie nelle ore più calde: Respir.)**
- ✓ **Aumento della T° delle foglie anche di 8-10°C (drastiche fotoinibizioni → clorosi e necrosi anche foglie mediane)**
- ✓ **Forte calo della produzione**
- ✓ **Possibili effetti negativi sulla produzione dell'anno successivo**
- ✓ **Effetti negativi maturità fenolica (< antociani), eccessiva riduzione dell'acidità, aumenti rilevanti a carico del pH e azzeramento aromi primari (terpeni, norisoprenoidi, metossipirazine, ecc.)**
- ✓ **Rischi per la sopravvivenza delle piante**

**Palliotti, 2013**



**Con temperature fogliari > 37-38°C iniziano i fenomeni di fotoinibizione; a 42-43°C si ha fotoinibizione cronica o irreversibile (denaturazione proteina D1 dei centri di reazione del PSII)**

**Palliotti, 2013**

## SANGIOVESE



## MONTEPULCIANO



SITUAZIONE OTTIMALE ?

**FOTOINIBIZIONE  
IRREVERSIBILE**  
( $F_v/F_m < 0,5$ )

50-60% delle  
foglie basali con  
clorosi e necrosi

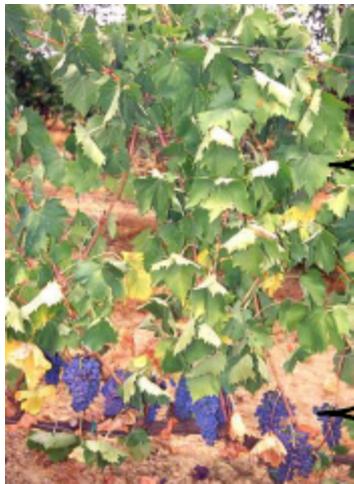
19 Agosto 2003

Ore 13.00-14.00 →

- ✓  $T^\circ$  dell'aria  $> 42^\circ\text{C}$
- ✓ Radiazione totale  $> 25\text{ MJ m}^{-2}\text{ giorno}^{-1}$
- ✓ PAR  $> 2.000\ \mu\text{moli fotoni m}^{-2}\text{ s}^{-1}$
- ✓ VPD  $> 3,5\text{-}4\text{ kPa}$

**NO  
FOTOINIBIZIONE  
IRREVERSIBILE**  
( $F_v/F_m > 0,70$ )

Palliotti, 2013



Parte distale = foglie funzionali

Parte basale = foglie con clorosi e necrosi



**SANGIOVESE**

**MONTEPULCIANO**

	Sangiovese	Montepulciano	<i>t-test</i>
<b>Foglie BASALI (ore 13.00-14.00)</b>			
Fotosintesi netta ( $\mu\text{moli CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	0,6	0,4	<i>ns</i>
Conduttanza stomatica ( $\text{mmoli H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	38	26	<i>ns</i>
<i>WUEi</i> ( $\mu\text{moli CO}_2/\text{moli H}_2\text{O}$ )	16	15	<i>ns</i>
<b>Foglie MEDIANE</b>			
Fotosintesi netta ( $\mu\text{moli CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	4,6	0,9	*
Conduttanza stomatica ( $\text{mmoli H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	92	36	*
<i>WUEi</i> ( $\mu\text{moli CO}_2/\text{moli H}_2\text{O}$ )	50	25	*

**Pallioti, 2013**



## **MONTEPULCIANO e PIGNOLETTO**

Comportamento analogo di tutte le foglie della chioma indipendentemente dall'età e dalla posizione → "Down-regulation" fotoassimilativi omogenei su tutta la chioma, di natura prevalentemente stomatica



## **SANGIOVESE e GRECHETTO**

Comportamento differenziato delle foglie in funzione dell'età e della posizione nella chioma → "Down-regulation" fotassimilativi solo nelle foglie basali, di natura non stomatica

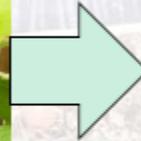
**Palliotti, 2013**

Vitigni apparentemente sensibili “genotipi sfuggenti o elusivi” [Anisoidrici]	Vitigni apparentemente tolleranti “genotipi .....” [Isoidrici]
<b>Sangiovese</b> (Pallioti <i>et al.</i> 2007 e 2009)	<b>Montepulciano</b> (Pallioti <i>et al.</i> 2007 e 2009)
<b>Grechetto G109</b> (Orvieto) (Pallioti <i>et al.</i> 2007)	<b>Grechetto G5</b> (di Todì) (Pallioti <i>et al.</i> 2007)
<b>Cabernet Sauv.</b> (Williams e Baeza 2007)	<b>Syrah</b> (Schultze 1996)
<b>Merlot</b> (Williams e Baeza, 2007)	<b>Tempranillo</b> (Medrano <i>et al.</i> 2003)
<b>Riesling</b> (Lovisolò <i>et al.</i> 2010)	<b>Viognier</b> (Shellie e Glenn 2008)
<b>Castelão</b> (de Souza <i>et al.</i> 2005)	<b>Moscato</b> (de Souza <i>et al.</i> 2005)
<b>Airen</b> (Chouzouri e Schultz 1996)	<b>Sylvaner</b> (Chouzouri e Schultz 1996)
<b>Chardonnay</b> (Tyerman 2007)	<b>Grenache</b> (Schultz 1996)
<b>Falanghina</b> (Giorio <i>et al.</i> 2007)	<b>Lambrusco</b> (Poni <i>et al.</i> 2009)
<b>Semillon</b> (Rogiers <i>et al.</i> 2009)	<b>Manto Negro</b> (Medrano <i>et al.</i> 2003)
<b>Nero d'Avola ?? Pecorino ??</b>	<b>Moscato bianco ??</b>

N.B. → COLLOCAZIONE RAZIONALE DEI VITIGNI NEI TERRITORI IN FUNZIONE  
DELLE RISORSE NATURALI

Pallioti, 2013

# SANGIOVESE 2011



**Parte del grappolo  
esposto al sole (acini  
quasi tutti disidratati)**

**Parte del grappolo  
esposto all'ombra (acini  
perfettamente turgidi)**

**Palliotti, 2013**



**Grappoli ombreggiati  
dalle foglie → INTEGRI**

**Grappoli esposti alla  
piena luce →  
DISIDRATAZIONE ACINI  
ESTERNI**

**Pallotti, 2013**

# Relazioni idriche tra bacche, organi della pianta e stato idrico del suolo

## Allegagione- Invaiatura



Bacche in fase di rapida crescita, per processi di divisione e distensione cellulare; manifestano **evidente sensibilità** di questi processi (bacca e germogli) nei **confronti della carenza idrica**. Si ha infatti una **oscillazione giornaliera del diametro degli organi**



## Post-invaiatura

Il **legame fra lo stato idrico della pianta** ed il livello di idratazione della bacca diventa più labile, si ritiene che la **bacca acquisisca** una certa **tolleranza alla disidratazione**

## Effetti dello stress idrico sull'attività vegeto-produttiva della vite:

- **Differente sensibilità nelle diverse fasi fenologiche**
  - Lo stress idrico influenza in modo più marcato la crescita dei germogli piuttosto che la produzione di carboidrati
    - Tra allegagione e invaiatura l'irrigazione è un valido strumento per controllare la crescita dei germogli (moderati stress idrici)
- **La produzione è fortemente penalizzata da:**
  - Stress idrici nella fase pre-allegagione e durante l'allegagione
  - Forti stress idrici tra allegagione e invaiatura
- **Dopo l'invaiatura moderati stress idrici favoriscono la qualità della produzione**
  - In questa fase gli acini sono meno sensibili al deficit idrico a causa di una ridotta funzionalità xilematica
    - Aumenta la concentrazione di zuccheri, di sostanze fenoliche ed antocianiche

# Effetti del deficit idrico controllato sulla qualità: Antociani

La restrizione idrica precoce (a partire dall'allegagione) tende ad aumentare maggiormente il contenuto di antociani rispetto a quella tardiva (dopo l'invaiaura) soprattutto per effetto di diluizione dei componenti (Matthews et al. 1988, Ferreyra, et al. 2004; Ojeda et al. 2002)

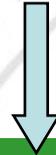
Non si esclude tuttavia una maggiore biosintesi conseguente l'attivazione dell'enzima PAL per effetto del microclima luminoso.

Il più elevato rapporto buccia/polpa ottenibile con stress moderati prima o dopo l'invaiaura può determinare un più elevato livello di antociani nel vino (Sipiora et al.1998; Peterlunger et al. 2004, grazie al probabile incremento dei fenomeni di copigmentazione riscontrabili nel vino nella fase di affinamento (Boulton, 1991).

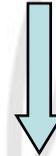
In questi casi si può beneficiare dell'effetto favorevole indotto dal moderato stress con una macerazione più prolungata (Peterlunger et al. 2004).

# Effetti dello stato idrico sulla fisiologia della vite

**Funzioni legate alla crescita sono molto sensibili**



**distensione cellulare e sintesi proteica**



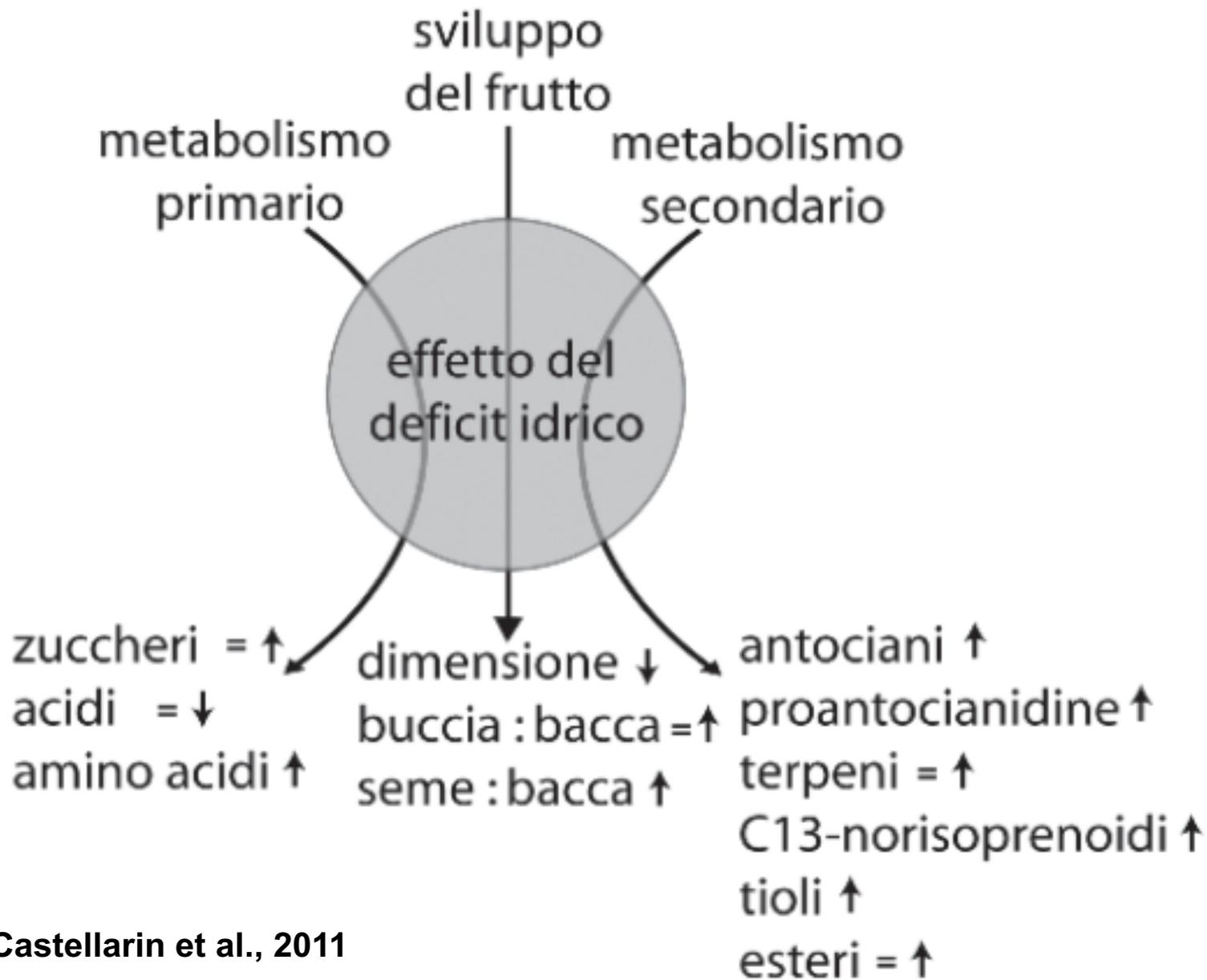
**Prime funzioni ad essere inibite dalla diminuzione del turgore**

# Effetti dello stato idrico sulla fisiologia della vite

**La moltiplicazione cellulare e l'organogenesi sono meno esigenti**

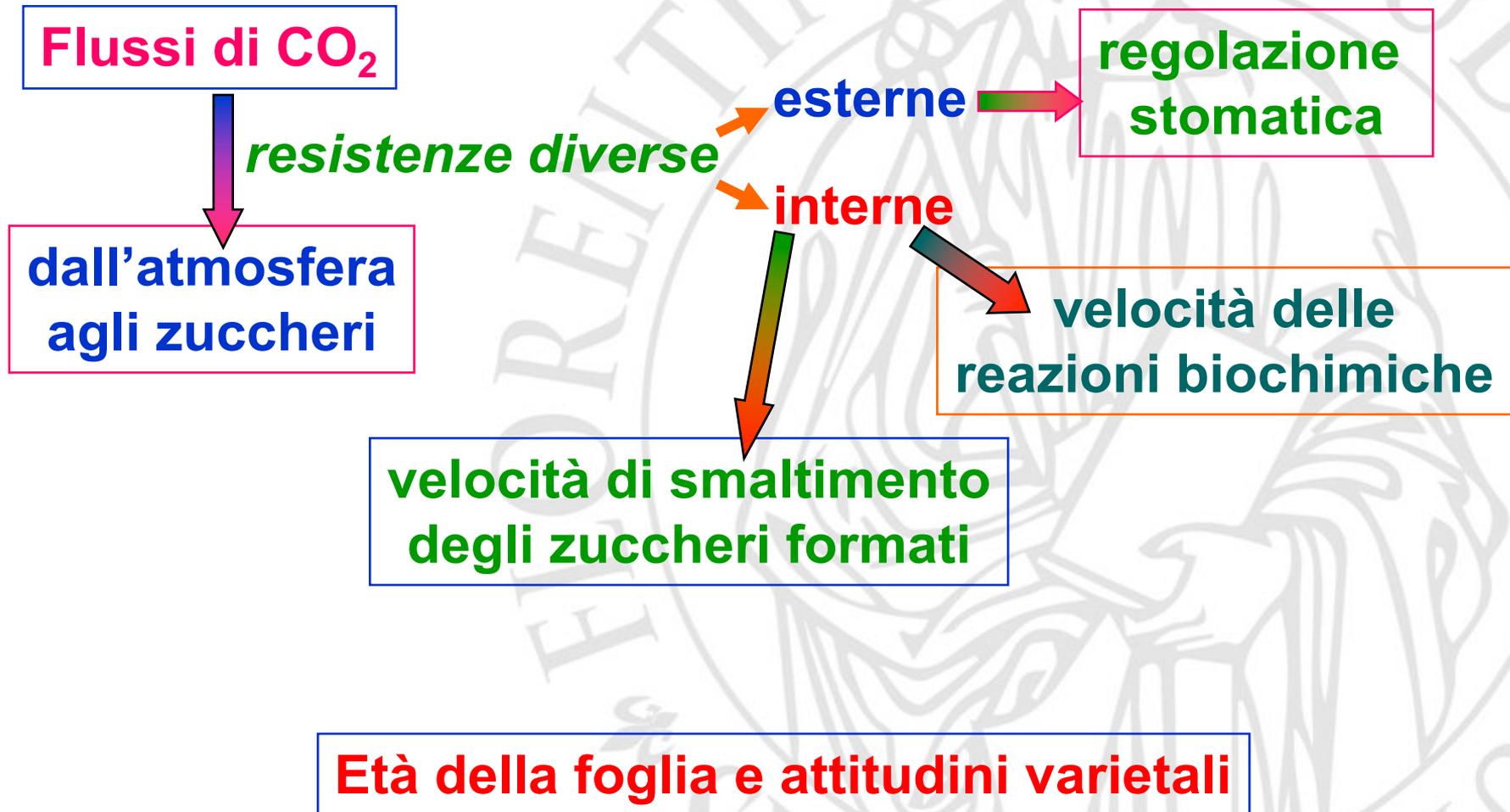
**La fotosintesi e l'accumulo di zuccheri sono le funzioni che si mantengono più a lungo all'aumentare dello stress idrico**

**La respirazione e l'accumulo di zuccheri e prolina persistono fin quasi alla morte del vegetale**



Castellarin et al., 2011

# Effetto di fattori biologici sulla fotosintesi



# L'età delle foglie

La fluttuazione della fotosintesi di una foglia può essere dovuta a dei meccanismi fisiologici senza rapporto diretto con i fattori climatici

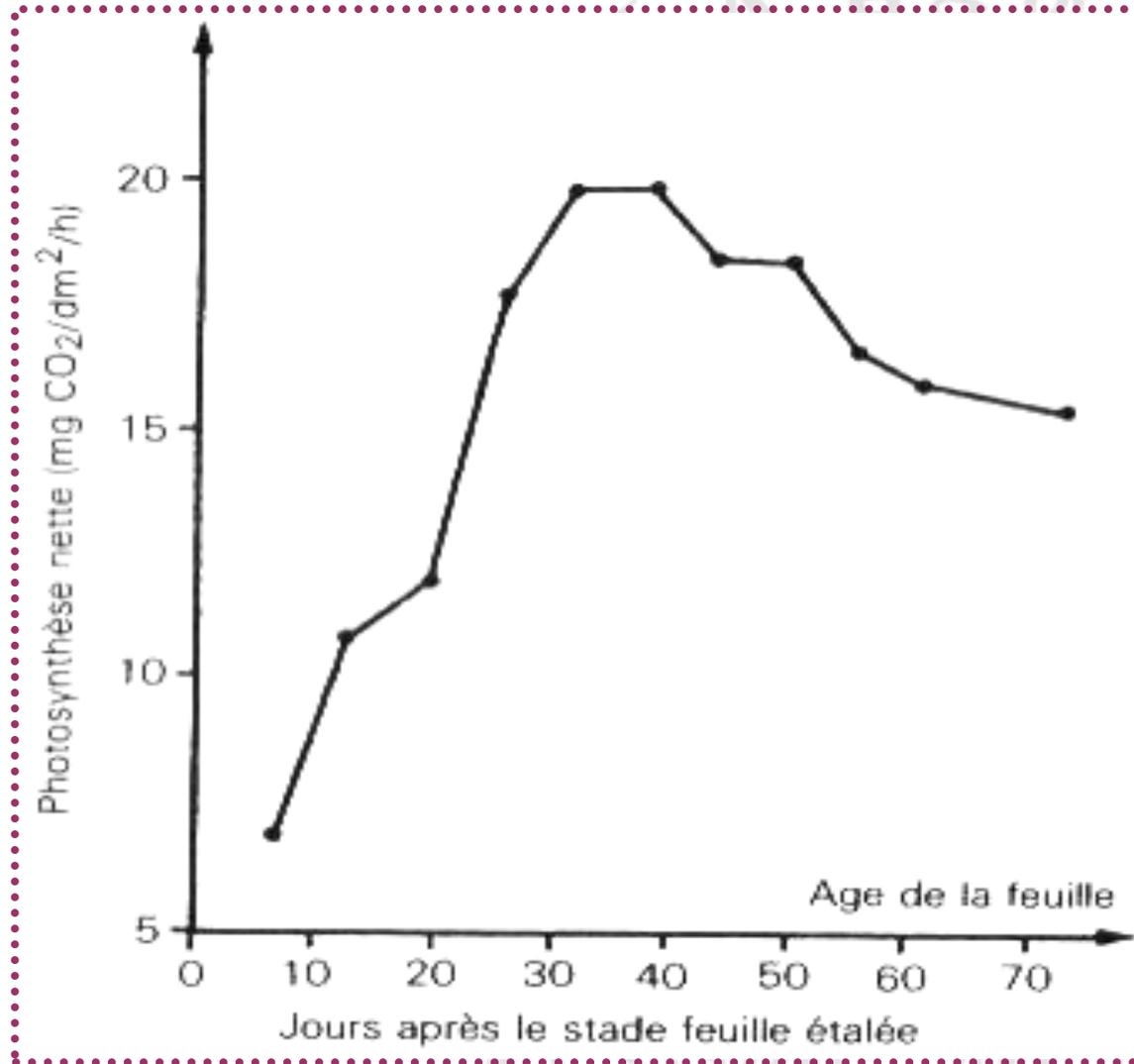
L'età delle foglie gioca un ruolo importante

L'assimilazione di  $\text{CO}_2$  d'una foglia aumenta rapidamente ed è al massimo quando la foglia raggiunge la sua dimensione definitiva, circa 30-40 giorni dopo la sua emissione

In seguito l'attività decresce rapidamente

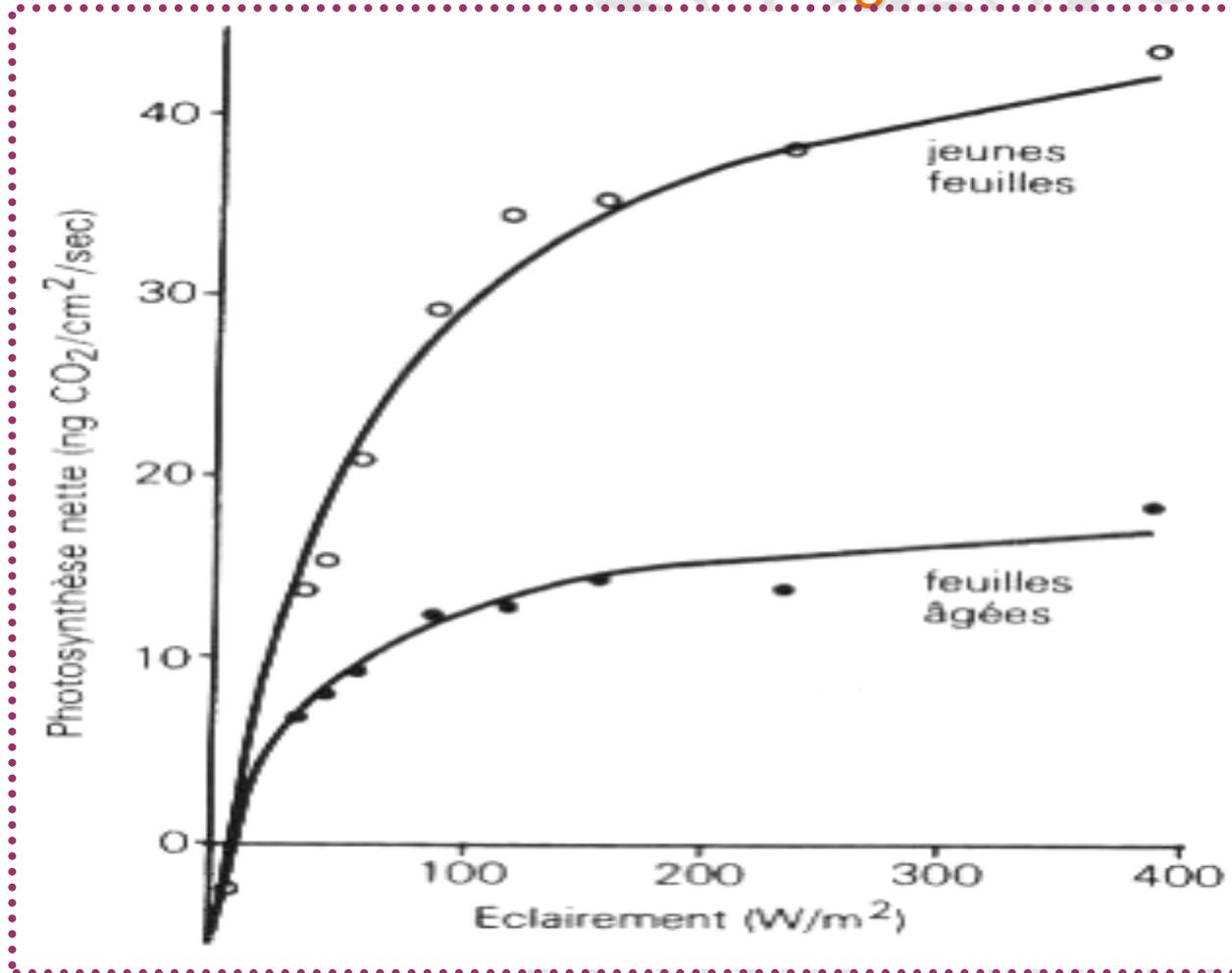
# L'età delle foglie

Relazione fra la fotosintesi e l'età delle foglie



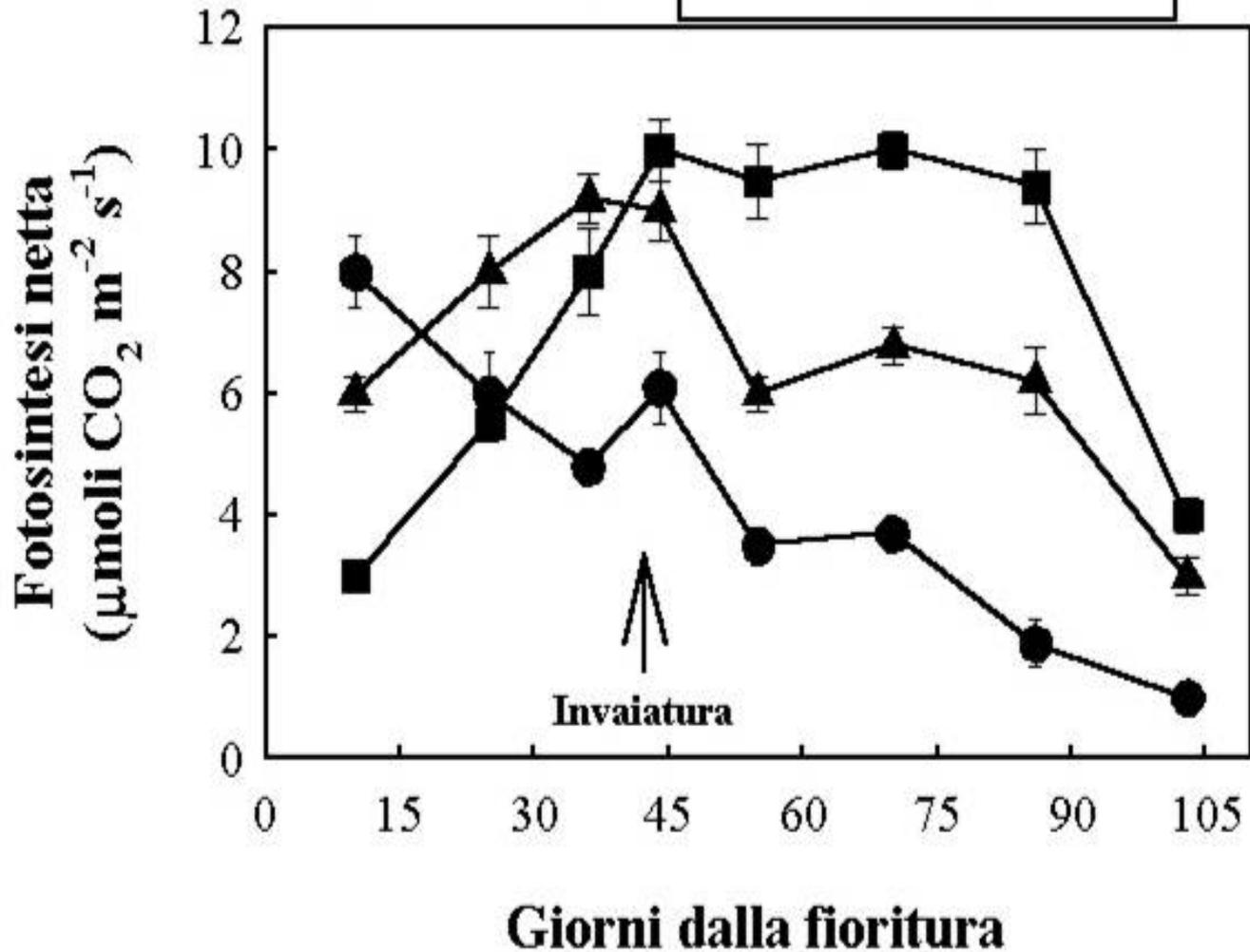
# L'età delle foglie

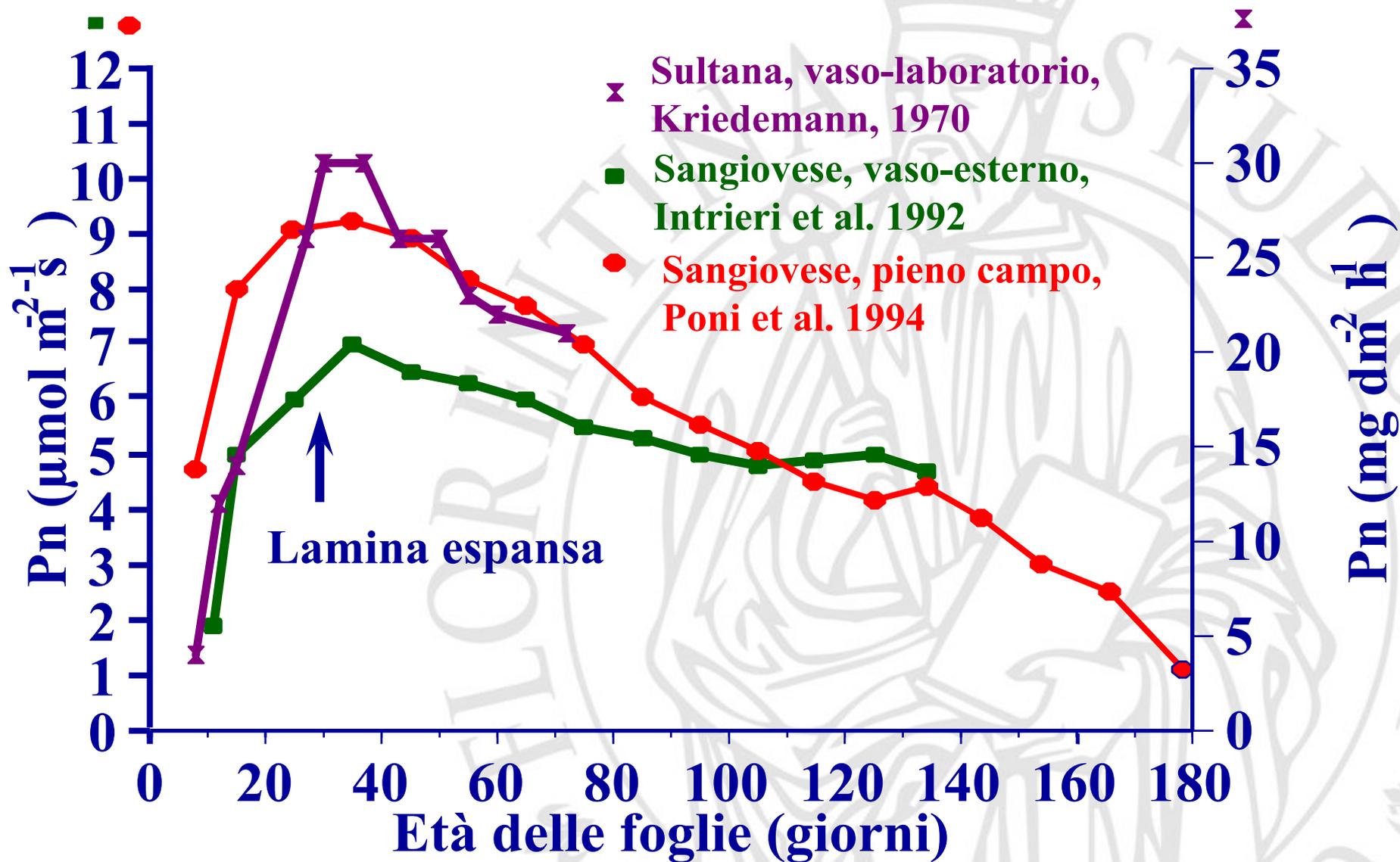
Risposta all'intensità luminosa di una foglia adulta e una giovane



**Sangiovese  
controspalliera  
(2015)**

- Foglie basali
- ▲ Foglie intermedie
- Foglie apicali





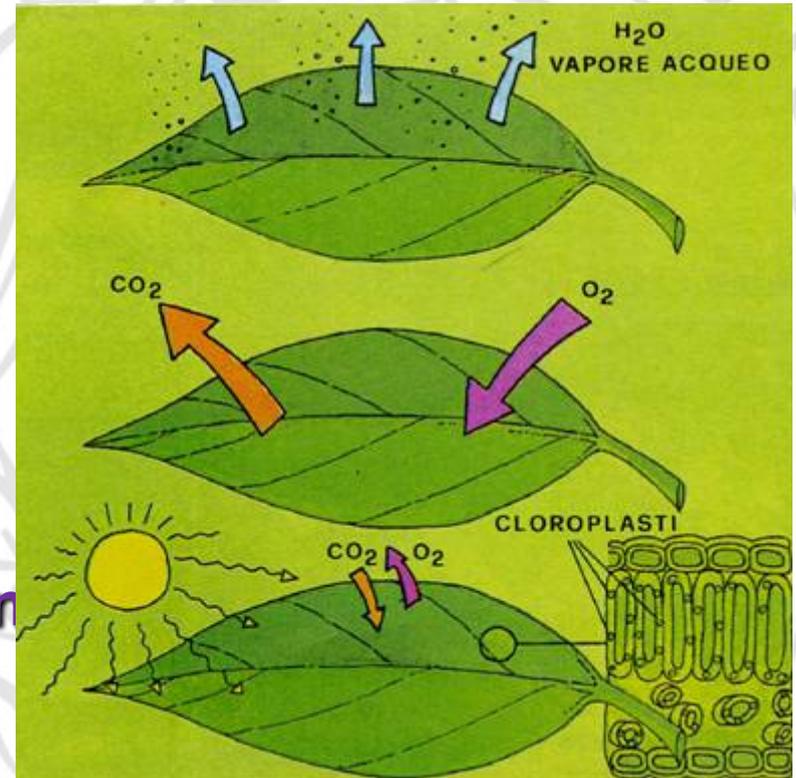
# Concentrazione anidride carbonica

Nel breve periodo → aumento attività fotosintetica.

Tuttavia dipendente da: apertura stomatica – velocità reazioni biochimiche e traslocazione – età foglia

## Orografia ed esposizione

- ✓ Livelli termici
- ✓ Escursioni giorno/notte
- ✓ Ore di sole
- ✓ Inclinazione dei raggi incidenti
- ✓ Movimento masse d'aria



# Conseguenze sulla viticoltura

## Nutrizione idrica

**Maggior richiesta  
evapotraspirativa**

**Minore efficienza di ogni singolo  
evento**

## Efficienza fotosintetica

**Incremento del 30%**

**Limiti per velocità di  
traslocazione, deficit idrico, danni  
da irradiazioni**

# Aumento concentrazione CO<sub>2</sub>

Previsione realistica dell'aumento di 2-4 °C per effetto del raddoppiamento della concentrazione della CO<sub>2</sub>

Riscaldamento superiore dell'emisfero nord rispetto a quello sud

Variabilità della pluviometria ed incremento degli eventi estremi

**Influenze rilevanti sulla viticoltura:**

- **Ciclo vegetativo della vite**
- **Scelte da effettuare in fase di impianto**
- **Modificazione dei fenomeni termo-idrici**
- **Riduzione della dotazione di sostanza organica del terreno**
- **Aumento della pressione da parte dei parassiti**

# Aumento concentrazione CO<sub>2</sub>

## BREVE TERMINE

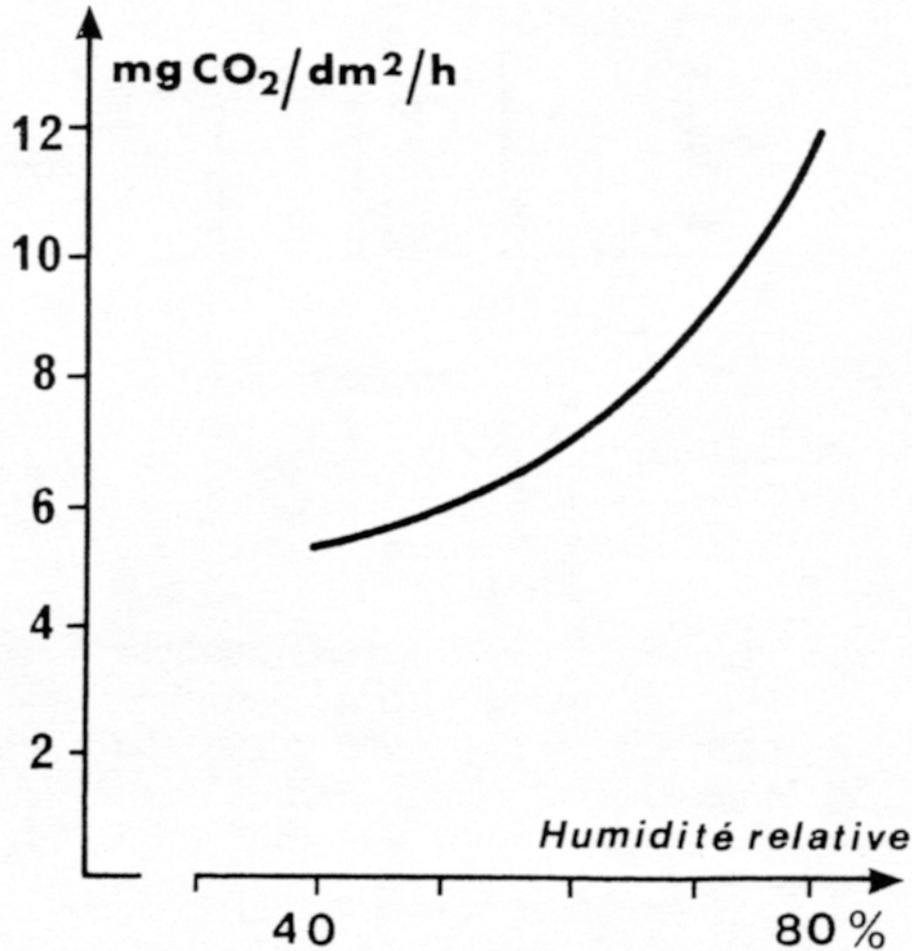
**Cambiamento della tipicità dei vini con modificazione dei patrimoni aromatici e fenolici caratteristici**

## LUNGO TERMINE

**Spostamento dei territori di produzione caratteristici**

## PROSPETTIVE ED ESIGENZE PER IL FUTURO

- ✓ **Aumento dei rischi per la viticoltura**
- ✓ **Agevole adattamento per un incremento di 1-2°C**
- ✓ **Necessari interventi per incrementi > di 3°C**
- ✓ **Evoluzione di tradizioni e disciplinari di produzione**
- ✓ **Adattamento delle tecniche di coltivazione**
- ✓ **Adattamento delle tecniche di vinificazione**



**FIGURE 43**

*Varation de l'intensité photosynthétique en fonction de l'hygrométrie. D'après MOTORINA.*

## Effetto dell'umidità dell'aria

**Si verifica in condizioni limitanti di disponibilità idriche**

# Funzionalità stomatica



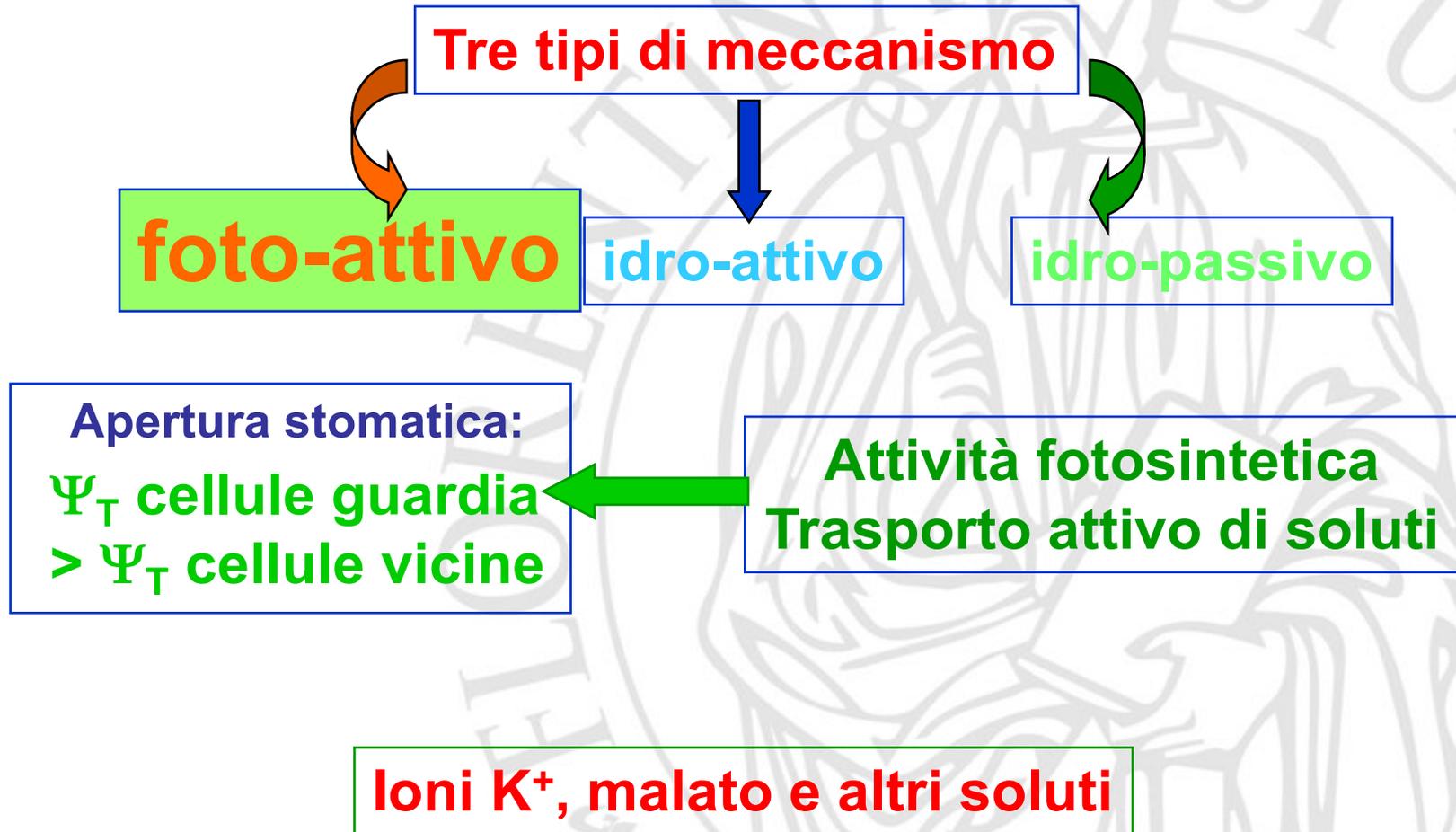
## Apertura massima:

- alimentazione idrica non limitante,
- irraggiamento massimo,
- igrometria elevata

Situazione molto rara

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

# Funzionalità stomatica



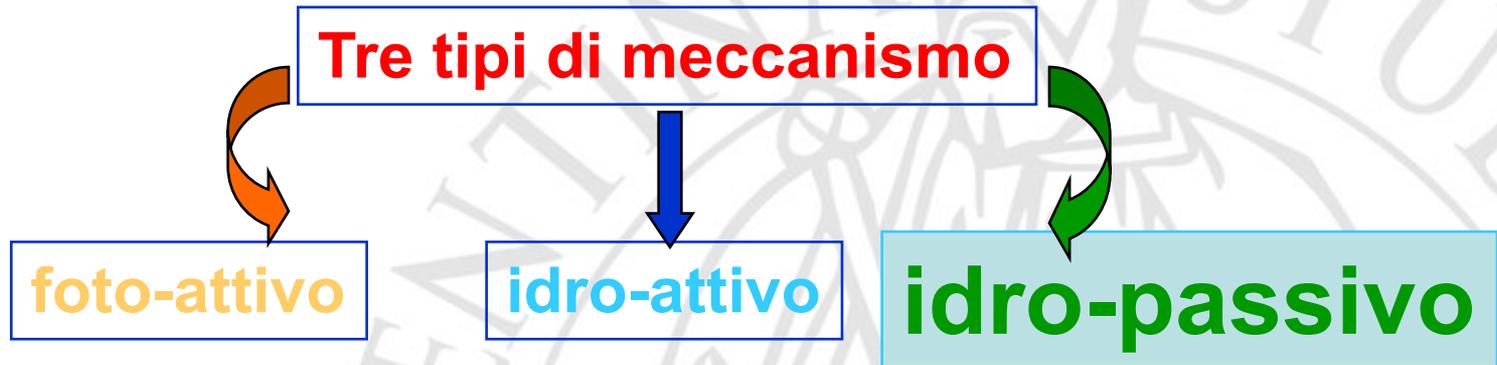
# Funzionalità stomatica



Legato all'alimentazione idrica della pianta

Condizioni non limitanti mantengono il turgore nelle cellule di guardia, consentendo l'apertura

# Funzionalità stomatica



La chiusura stomatica è regolata da fenomeni idro-passivi attraverso un equilibrio ormonale

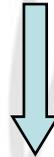
↓ **Citochinine**      ↑ **ABA**

**Blocco del trasporto attivo di K e soluti**

# Regolazione stomatica e fotosintesi

Deficit idrico determina progressiva chiusura stomatica e riduzione di traspirazione

Il flusso di CO<sub>2</sub> non è influenzato finché il potenziale idrico non diventa molto basso



**-12 / -15 bar**

**Immediata e drastica riduzione del potenziale fotosintetico**

# "Efficienza" di una chioma

1

Quantità di energia  
luminosa *disponibile*



2

Quantità di energia  
luminosa  
*intercettata* dalla  
chioma

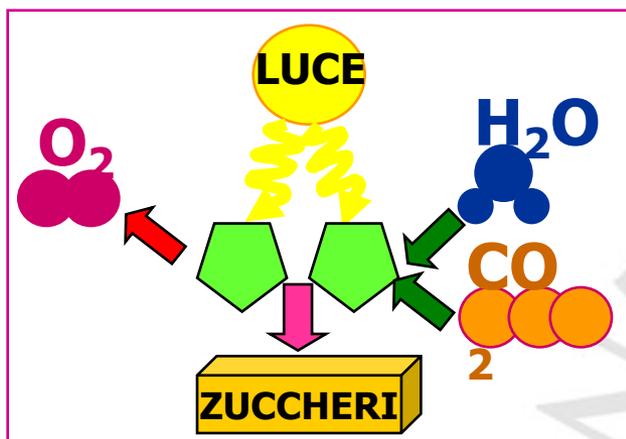
4

Quantità di sostanza  
*convogliata* ai frutti (Poni, 2002)  
(rapporti foglie/frutti)

3

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

# MISURE DELLA FOTOSINTESI IN PIENO CAMPO

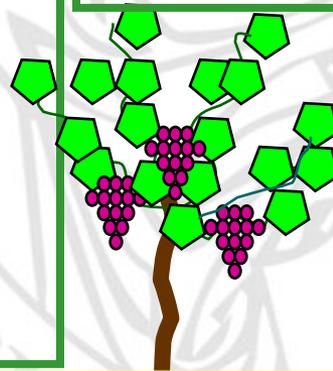


## Foglia singola:

- relativamente semplice
- buon indicatore della risposta della pianta alle condizioni ambientali
- interpretazione dei risultati più affidabile con: area fogliare totale, distribuzione spaziale delle foglie, "demografia" fogliare, ecc.

## Scambi gassosi su pianta intera:

- tecnicamente più complicato
- più affidabile per il funzionamento della pianta
- più informazioni per migliorare la gestione della chioma



# ADC LCA-2



6.25 cmq

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

# Strumenti per la misura della fotosintesi su foglie singole

2,5 cm<sup>2</sup>

Ciras 1, PPSsystems



G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

# Strumenti per la misura della fotosintesi su foglie singole



**CUVETTA**

**2,5 cm<sup>2</sup>**

**Ciras 1, PPSystems**



# ADC - LCA3





**Ciras 1**



**Ciras 3**



**ADC Pro**



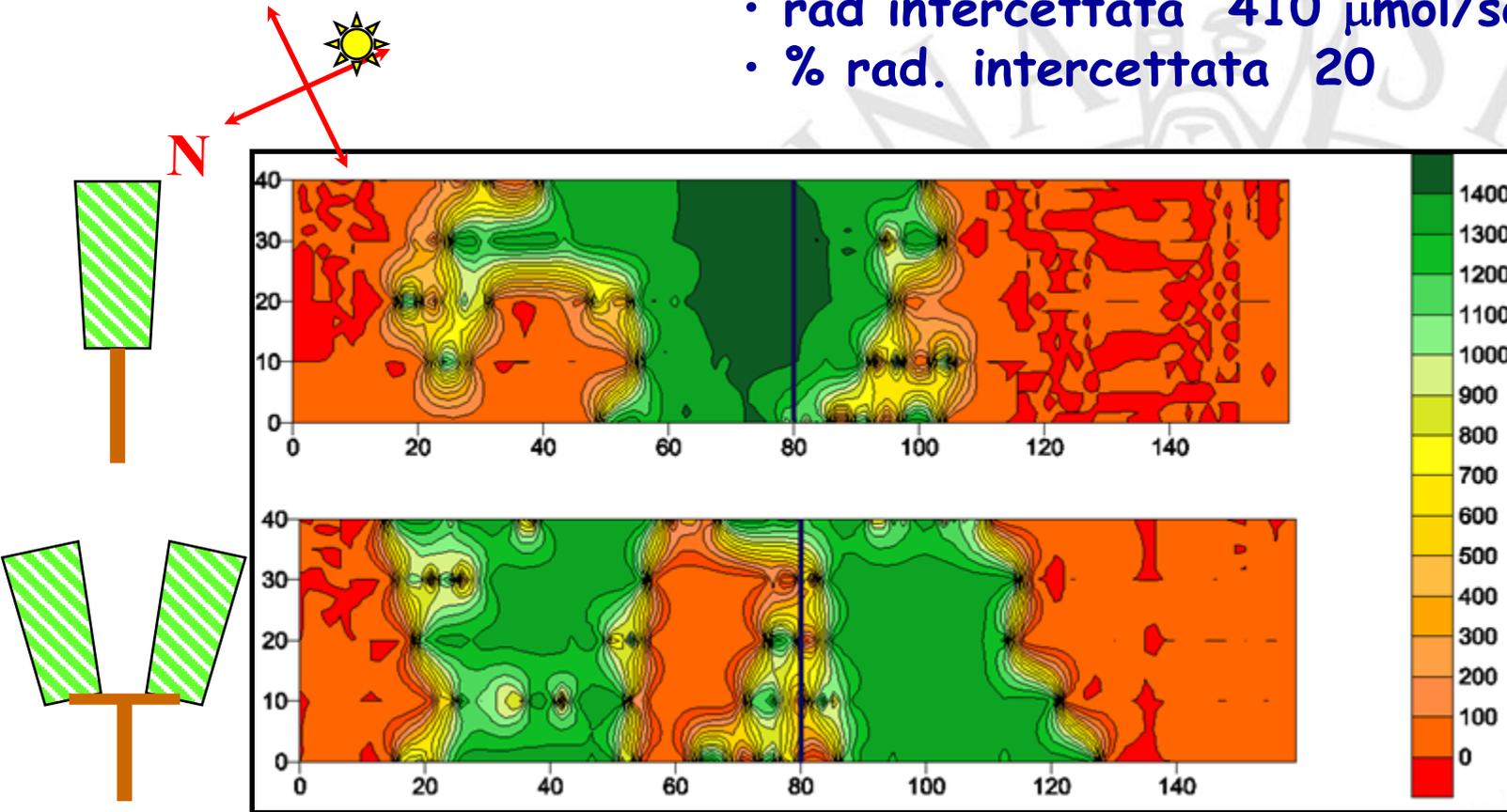
**Li-Cor 6400**



# Intercettazione luminosa

Cordone speronato:

- rad intercettata  $410 \mu\text{mol}/\text{sec}$
- % rad. intercettata 20

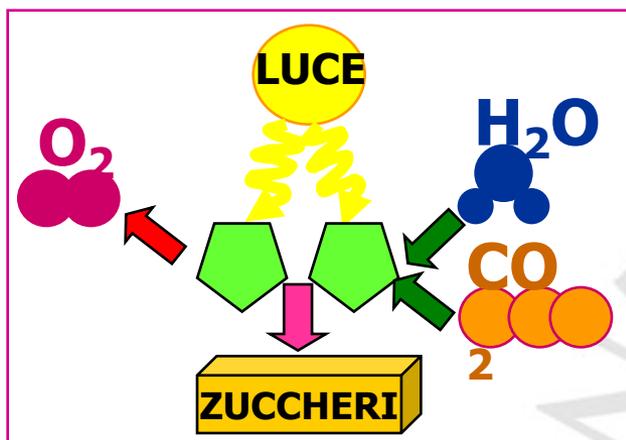


Lira:

- rad intercettata  $511 \mu\text{mol}/\text{sec}$
- % rad. intercettata 24

GG 220 - ore 11.00

# MISURE DELLA FOTOSINTESI IN PIENO CAMPO

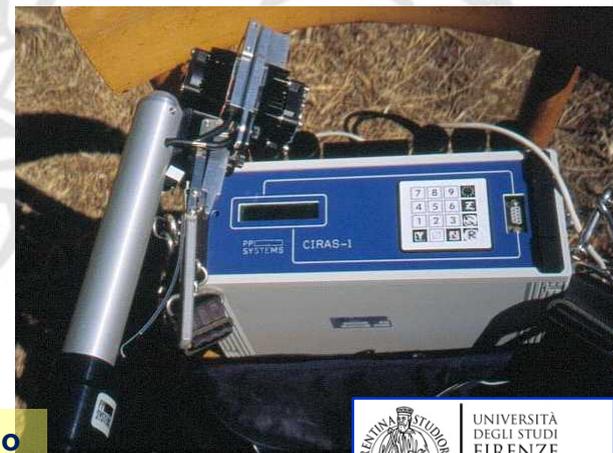
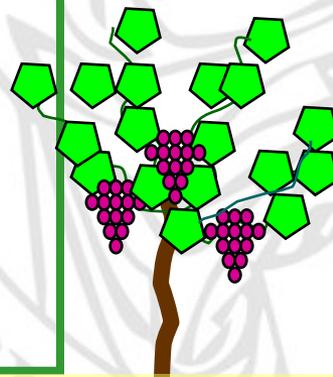


## Foglia singola:

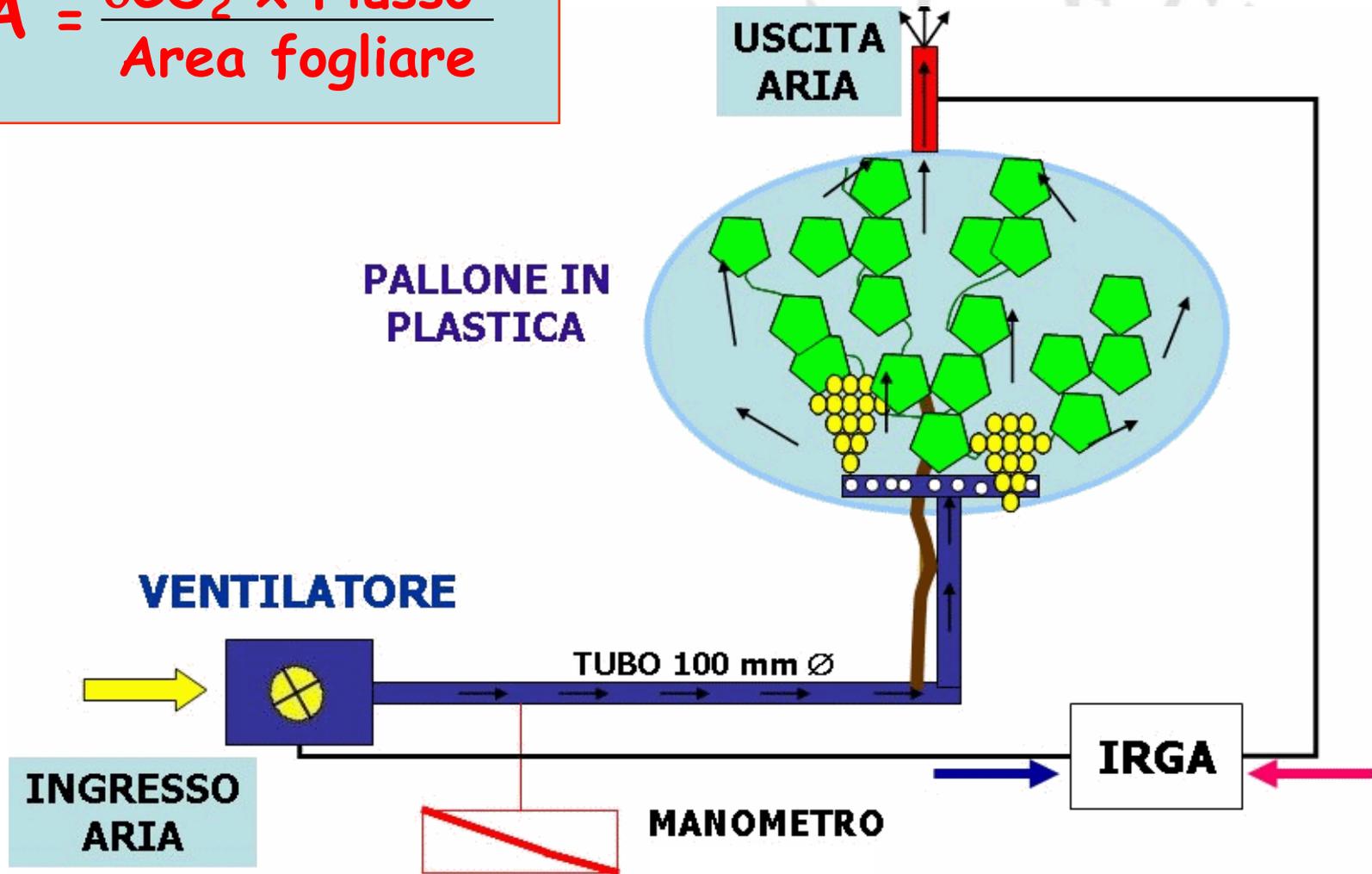
- relativamente semplice
- buon indicatore della risposta della pianta alle condizioni ambientali
- interpretazione dei risultati più affidabile con: area fogliare totale, distribuzione spaziale delle foglie, "demografia" fogliare, ecc.

## Scambi gassosi su pianta intera:

- tecnicamente più complicato
- più affidabile per il funzionamento della pianta
- più informazioni per migliorare la gestione della chioma



$$A = \frac{\delta CO_2 \times \text{Flusso}}{\text{Area fogliare}}$$



# Le camere: involucri di **polietilene** trasparente incolore

**Elevata  
trasparenza  
alla luce**



**Buona capacità di  
rilascio verso  
l'esterno della  
radiazione  
infrarossa**

**Basso grado di  
alterazione dello spettro  
luminoso**

**G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino**

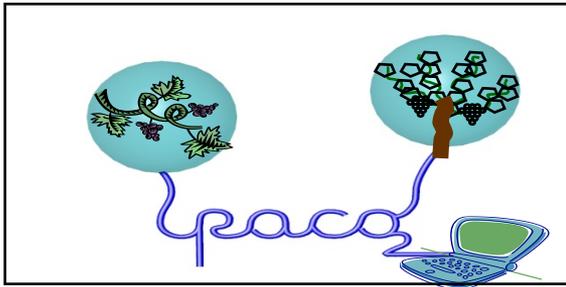




## Il sistema P.A.CO<sub>2</sub>

(Plant Analyzer for CO<sub>2</sub>)

Il sistema gestisce in modo completamente automatizzato 8 palloni (espandibile fino a 24).





Misure dei vari parametri ogni 12 min.



**Efficienza della chioma**

**Uso dell'acqua**



2005

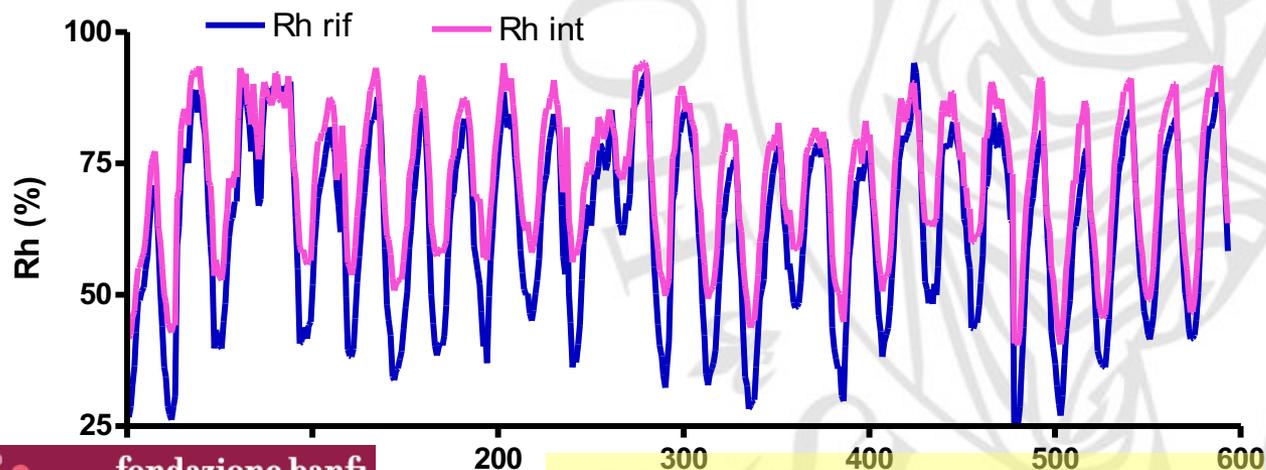
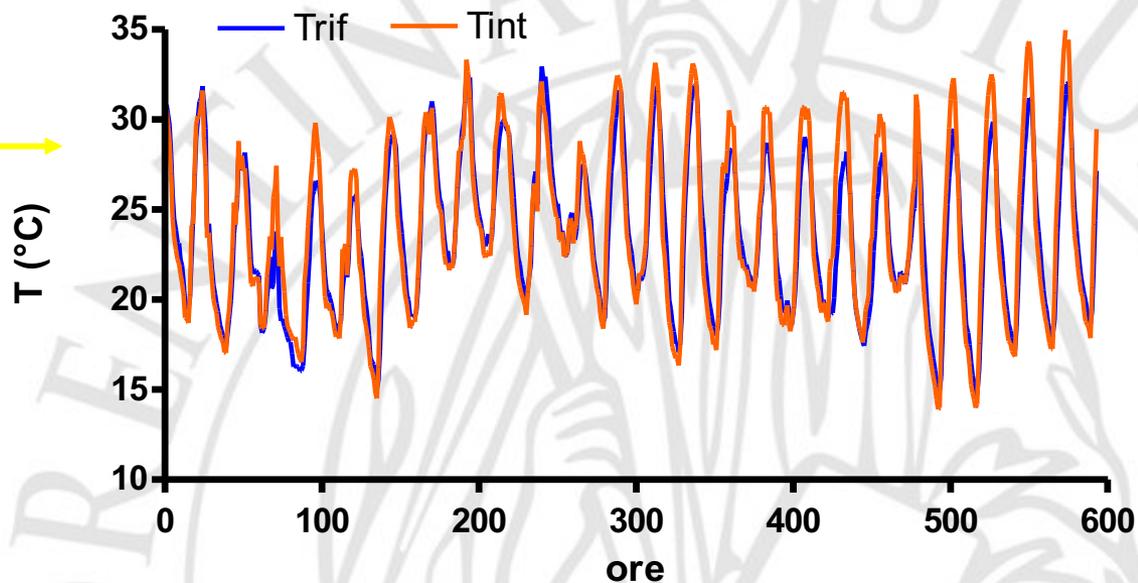


2006

# Risultati ottenuti con PACO<sub>2</sub>

Le rilevazioni automatizzate sono iniziate il 9 agosto e sono proseguite in continuo fino alla prima settimana di settembre

Andamento della temperatura interna al pallone e esterna coincidenti.



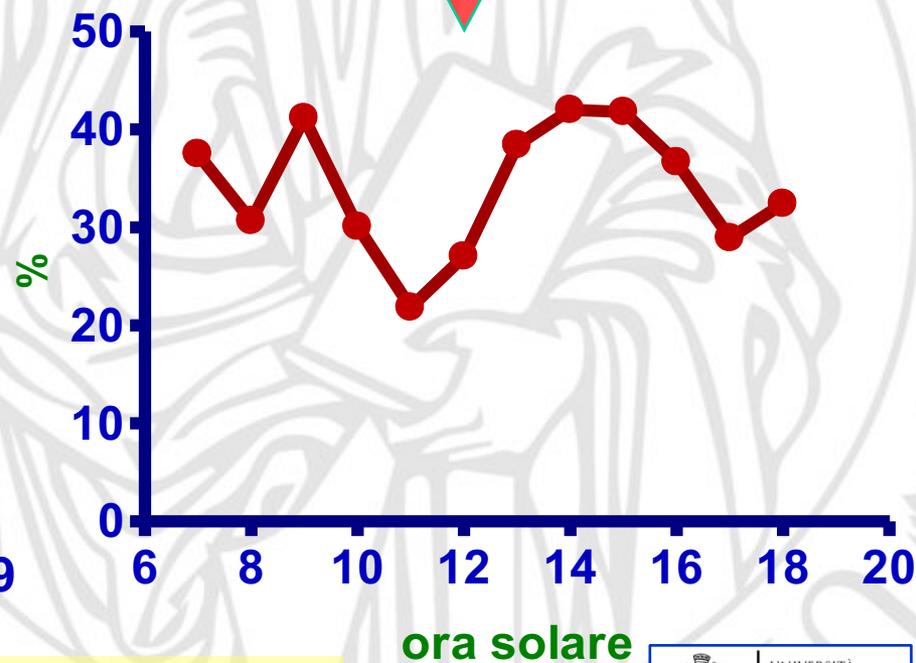
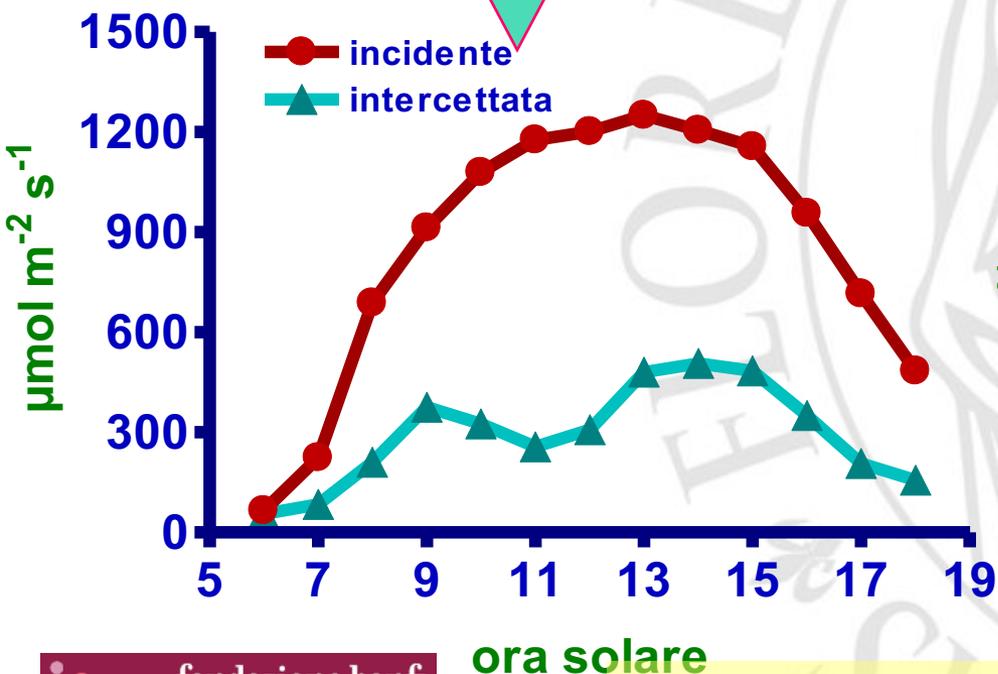
Nelle ore centrali della giornata l'umidità interna è più elevata per la traspirazione delle foglie.

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

# Luce intercettata

Tipico andamento di intercettazione per filari con orientamento N-S

Bassa efficienza del cordone con distanza di 3 m tra le file

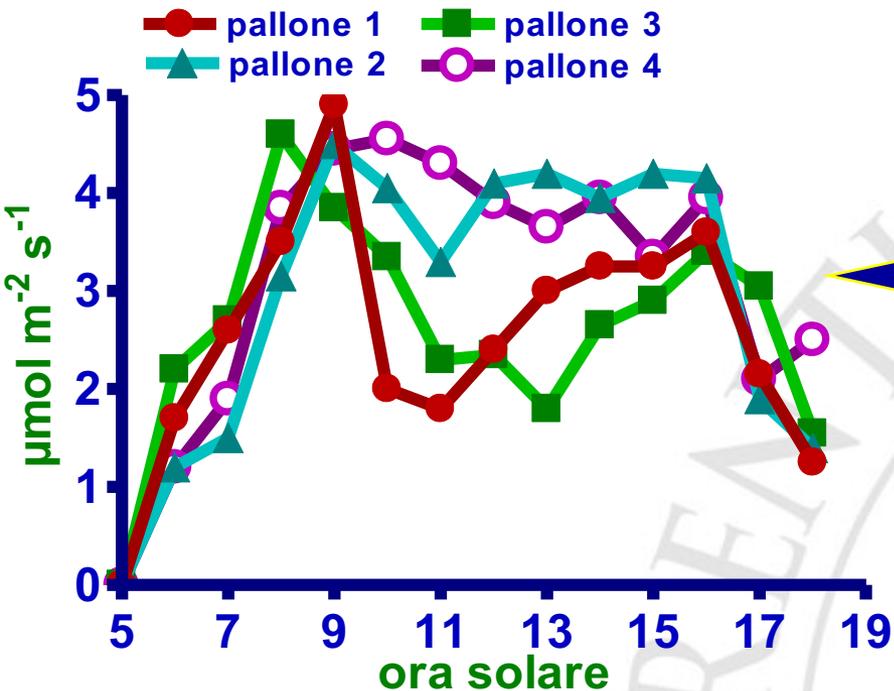


ora solare

ora solare

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

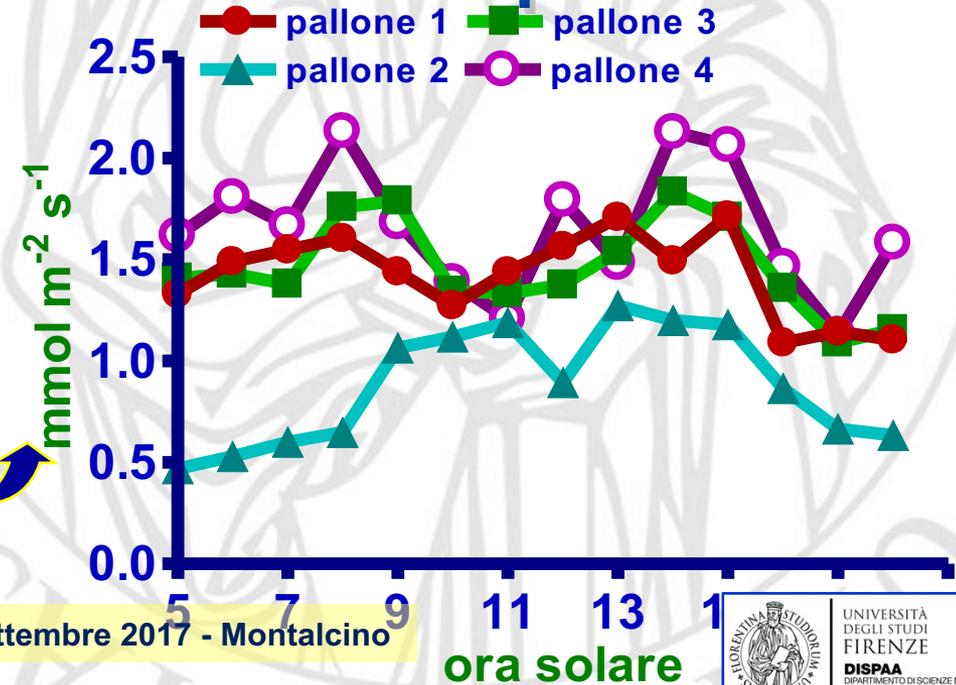
# Fotosintesi



**La fotosintesi della pianta intera segue l'andamento dell'intercettazione luminosa**

**Anche la traspirazione ha una leggera flessione nelle ore centrali del giorno**

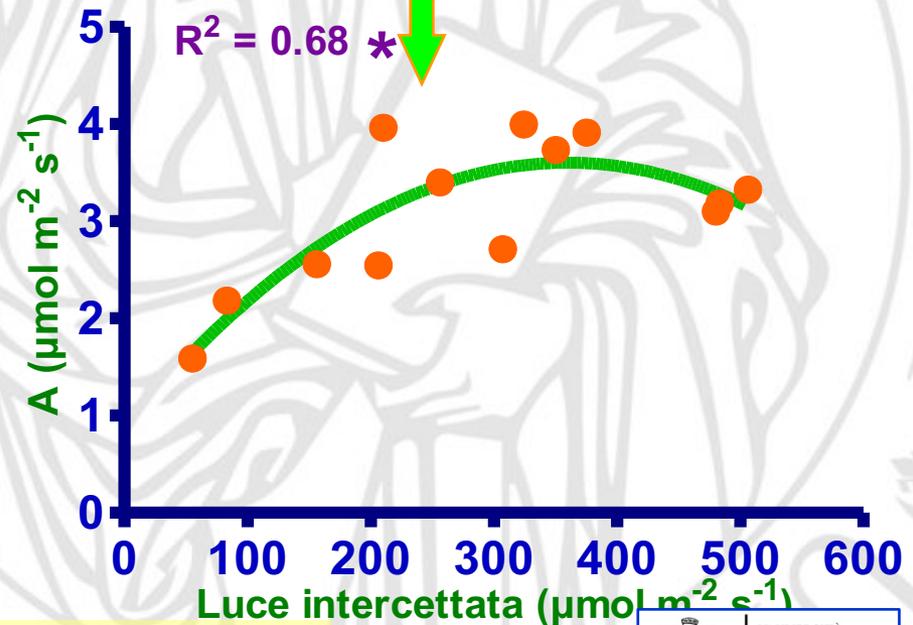
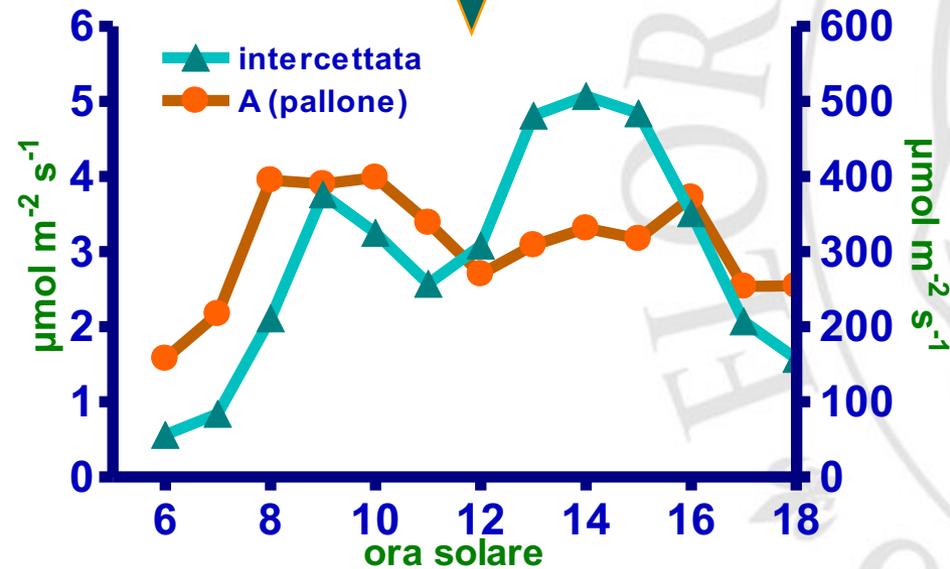
# Traspirazione



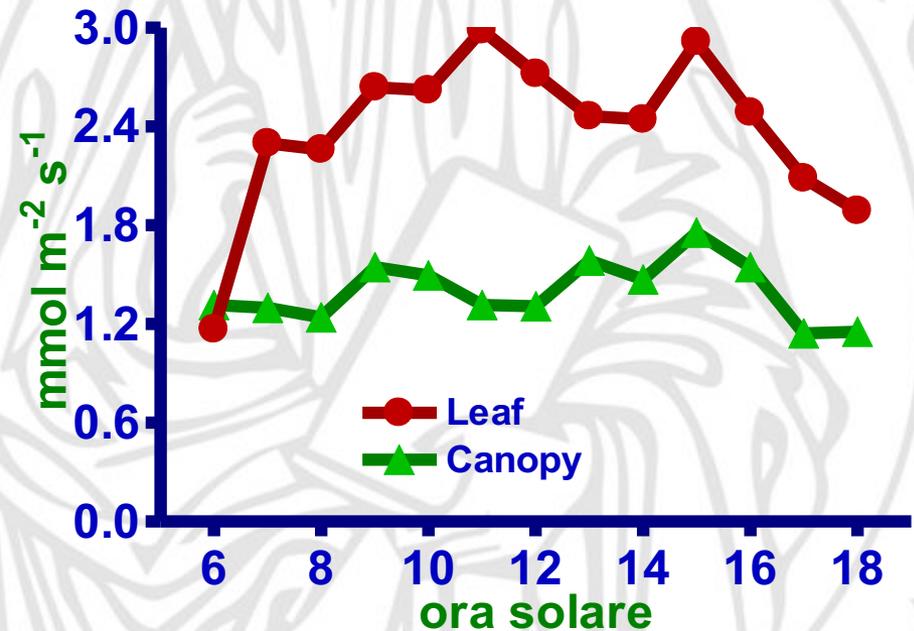
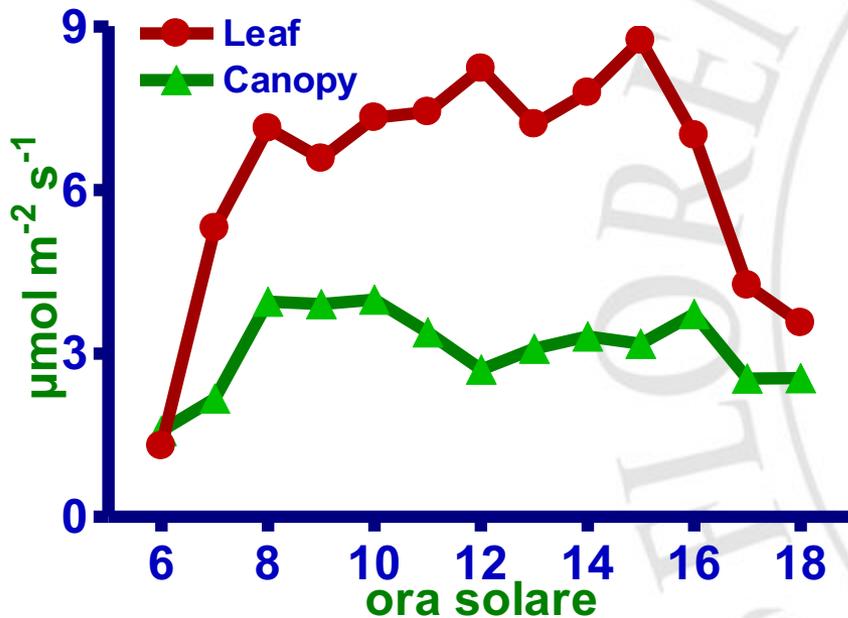
# Luce intercettata e fotosintesi

Andamento simile

Buona correlazione tra le due grandezze

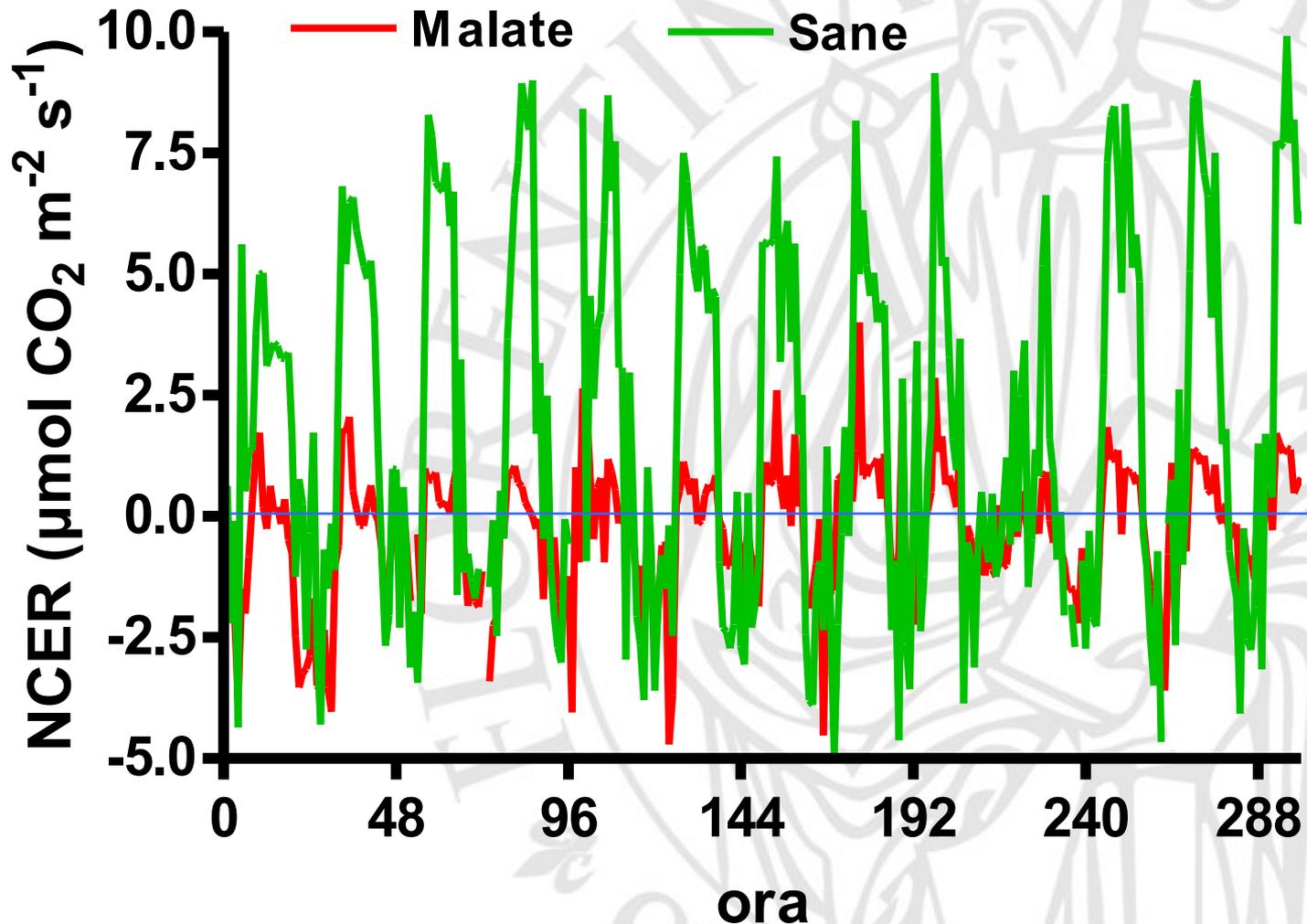


# Il confronto tra foglia singola e chioma intera deve essere integrato dalle misure di intercettazione luminosa

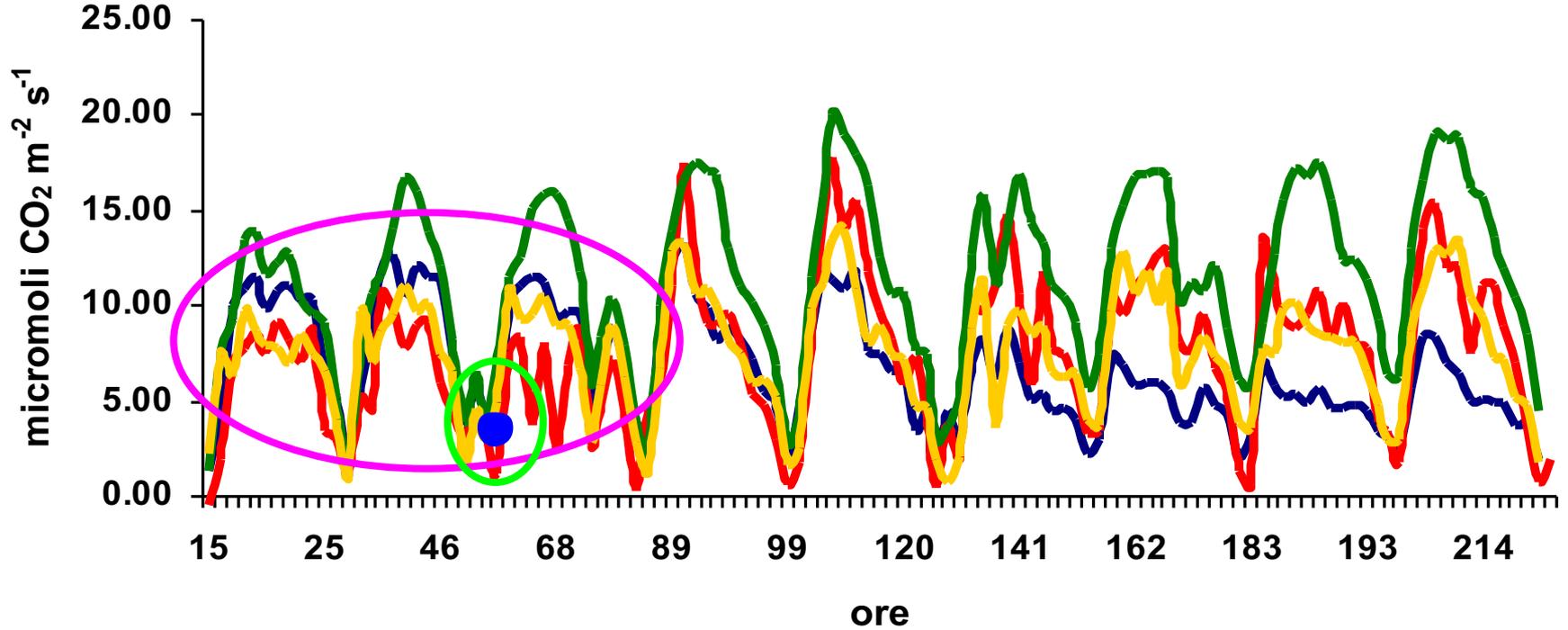


# Effetto dei sintomi di mal dell'esca

## Fotosintesi effettiva malate-sane



# Fotosintesi

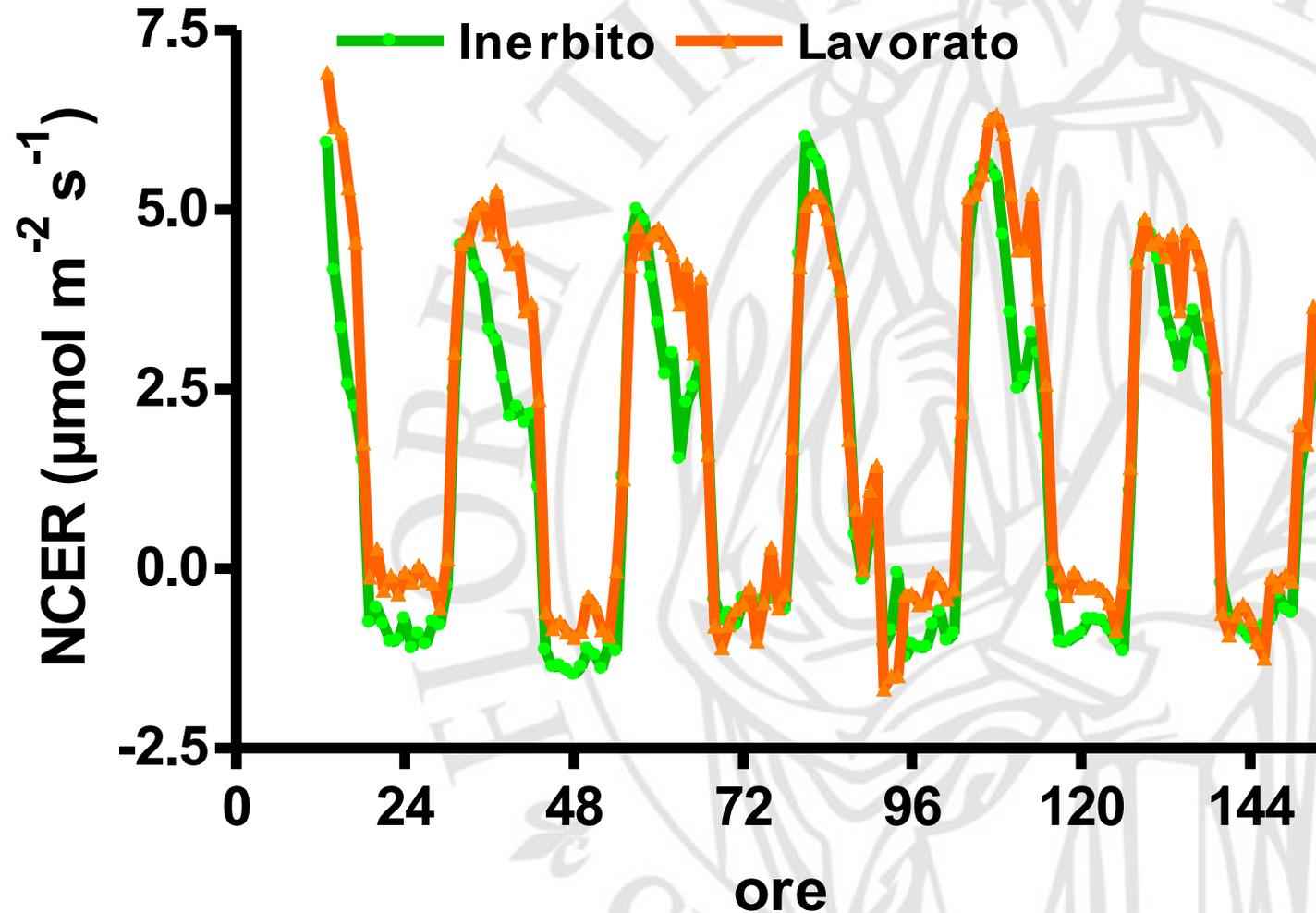


— P1 sintomi dal 18/06 — P2 sintomatica — P3 asintomatica — P4 sintomatica

Comparsa dei sintomi

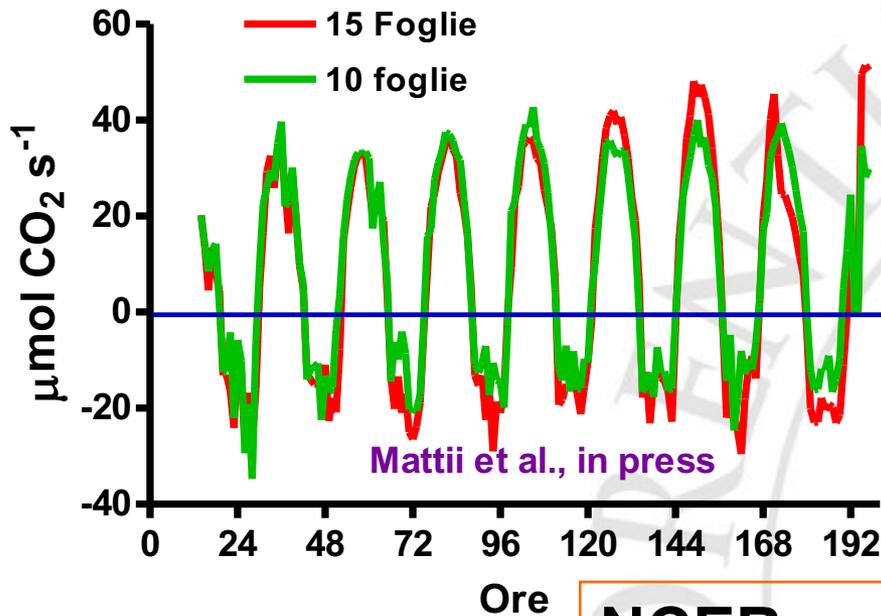
Forte diminuzione in corrispondenza dell'aggravarsi dei sintomi

# Effetto della tecnica colturale del terreno

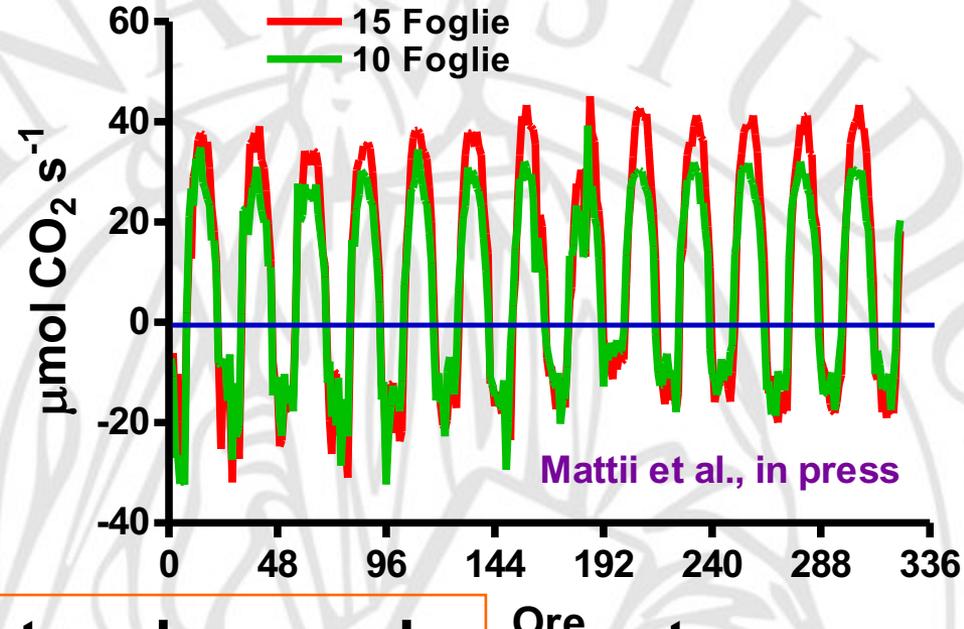


# NCER/vite

Giugno



Luglio



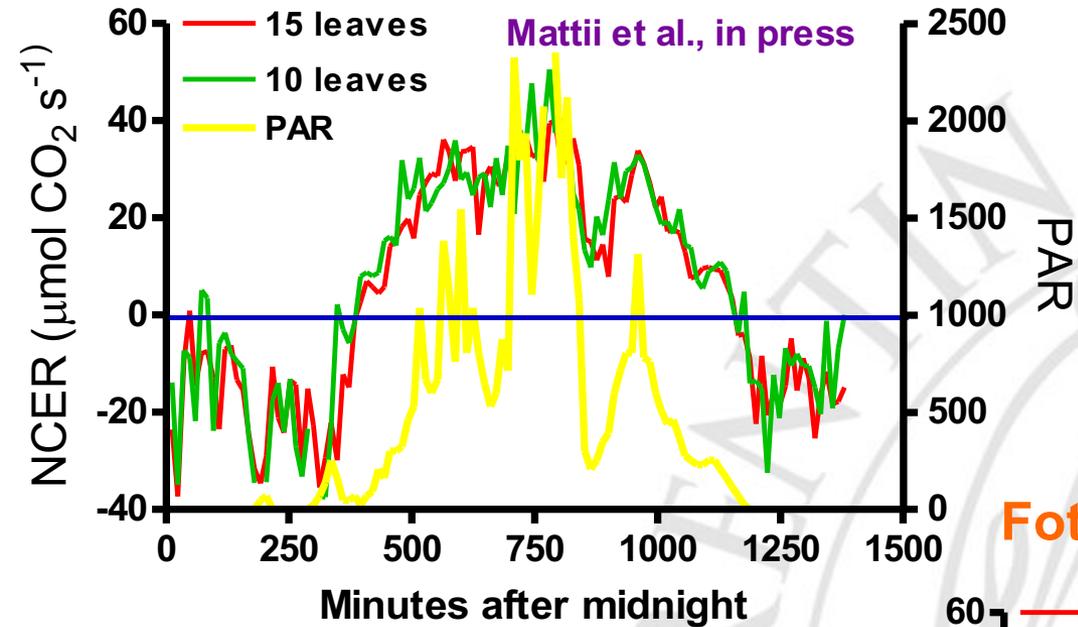
**NCER = net carbon exchange rate**

Le foglie più giovani nella chioma più alta diminuiscono la fotosintesi

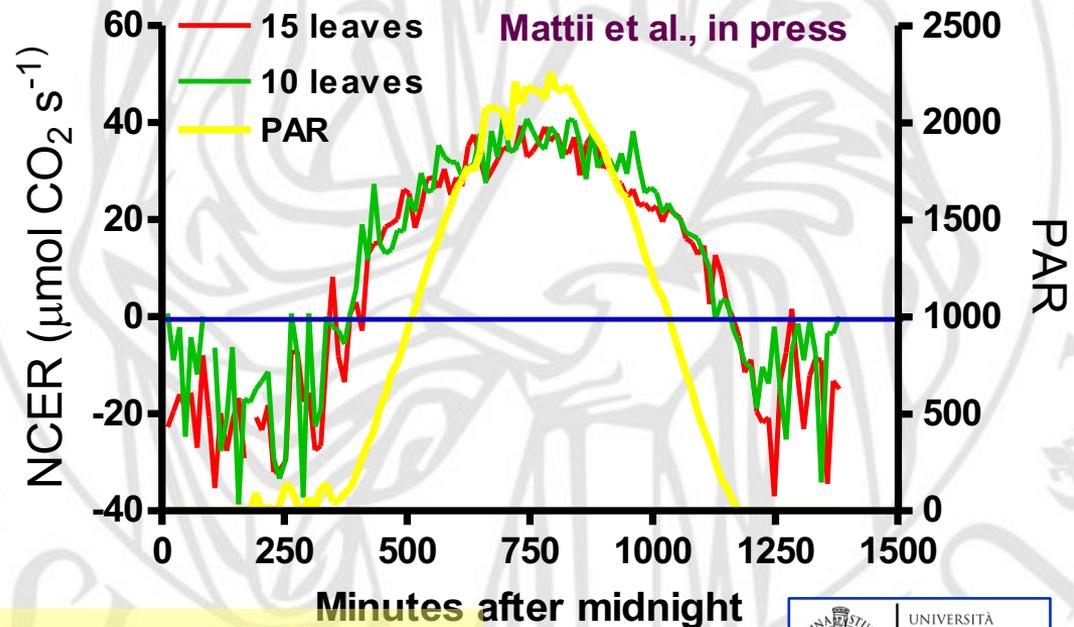
Effetto dell'invecchiamento fogliare durante le misure

La maggiore area nella chioma più alta fa aumentare la fotosintesi grazie all'efficienza delle foglie distali

## Fotosintesi in una giornata nuvolosa

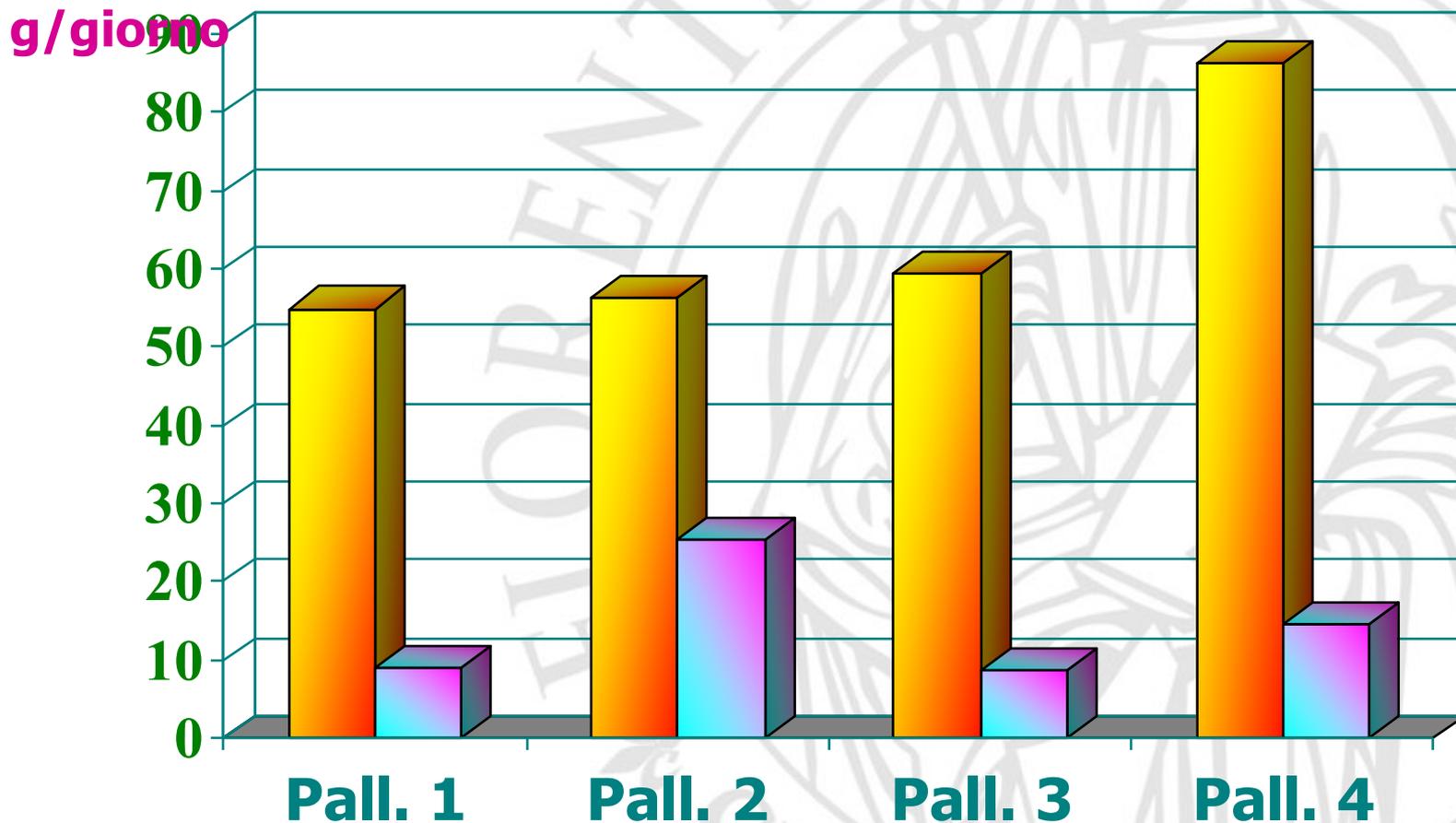


## Fotosintesi in un giorno sereno



# Sostanza secca prodotta da ogni pianta

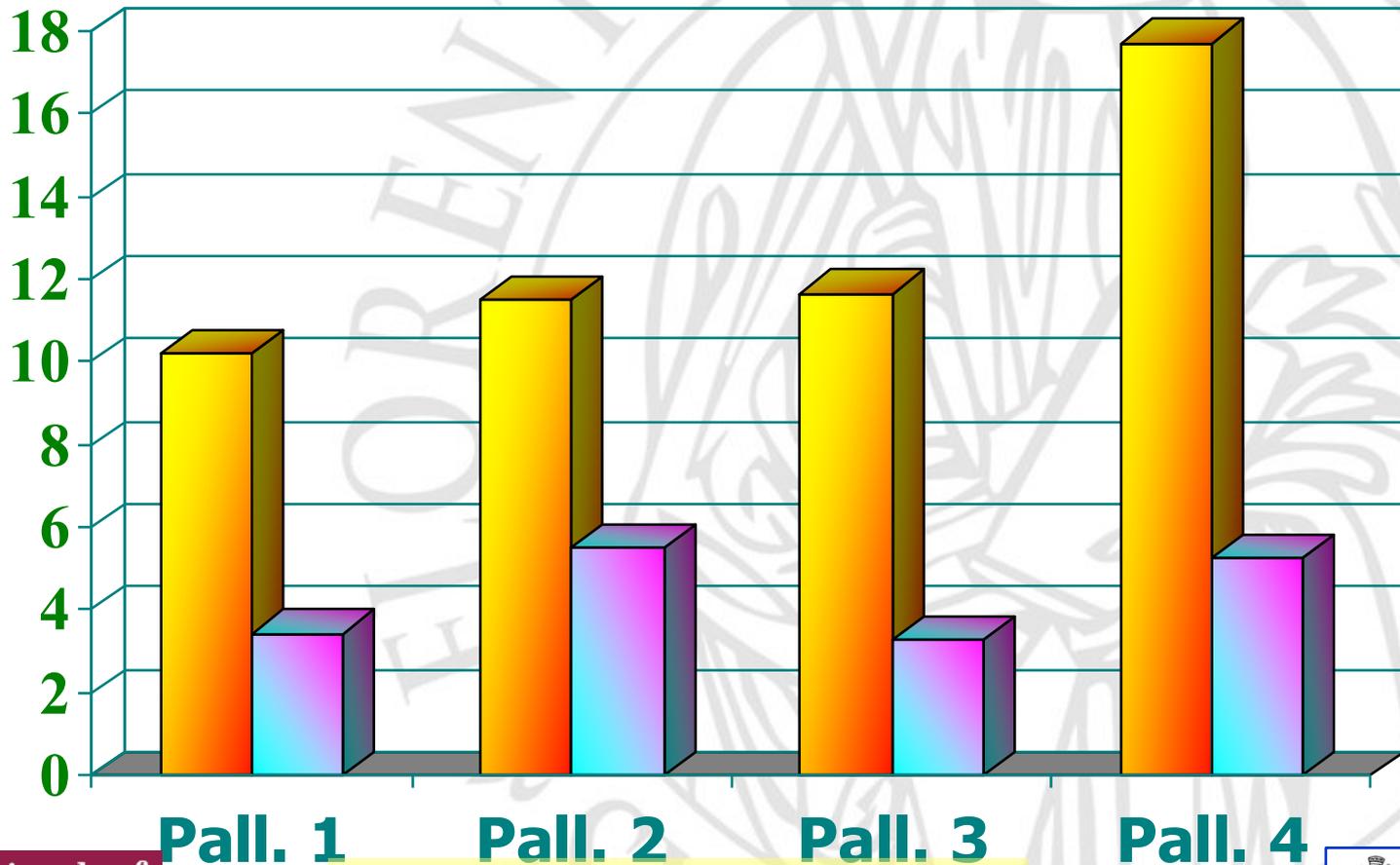
■ Tendone ■ Controspalliera



# Acqua traspirata da ogni pianta

■ **Tendone** ■ **Controspalliera**

litri/giorno



**Pall. 1**

**Pall. 2**

**Pall. 3**

**Pall. 4**

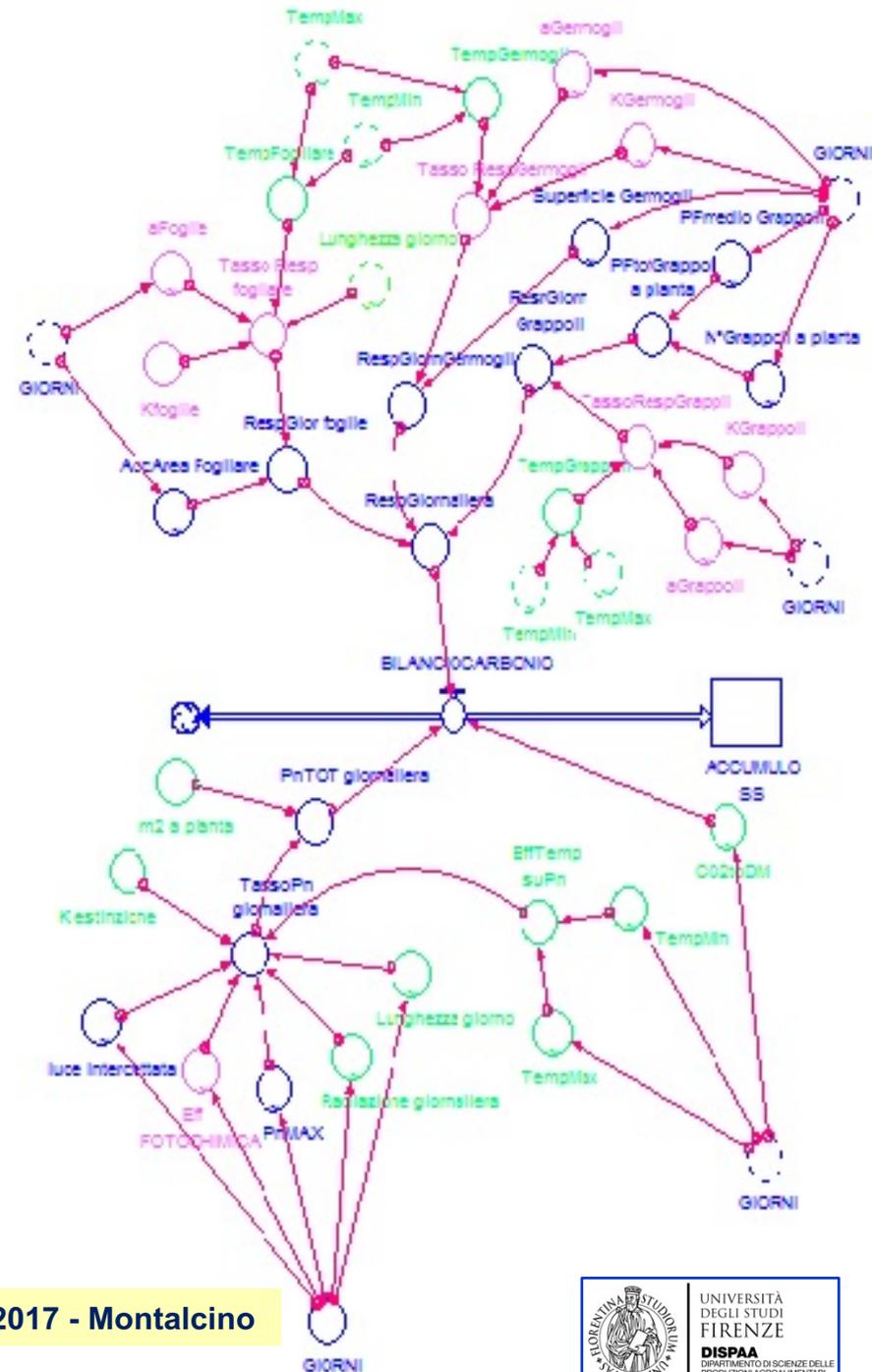
G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

- 2 Submodelli : Respirazione e Fotosintesi

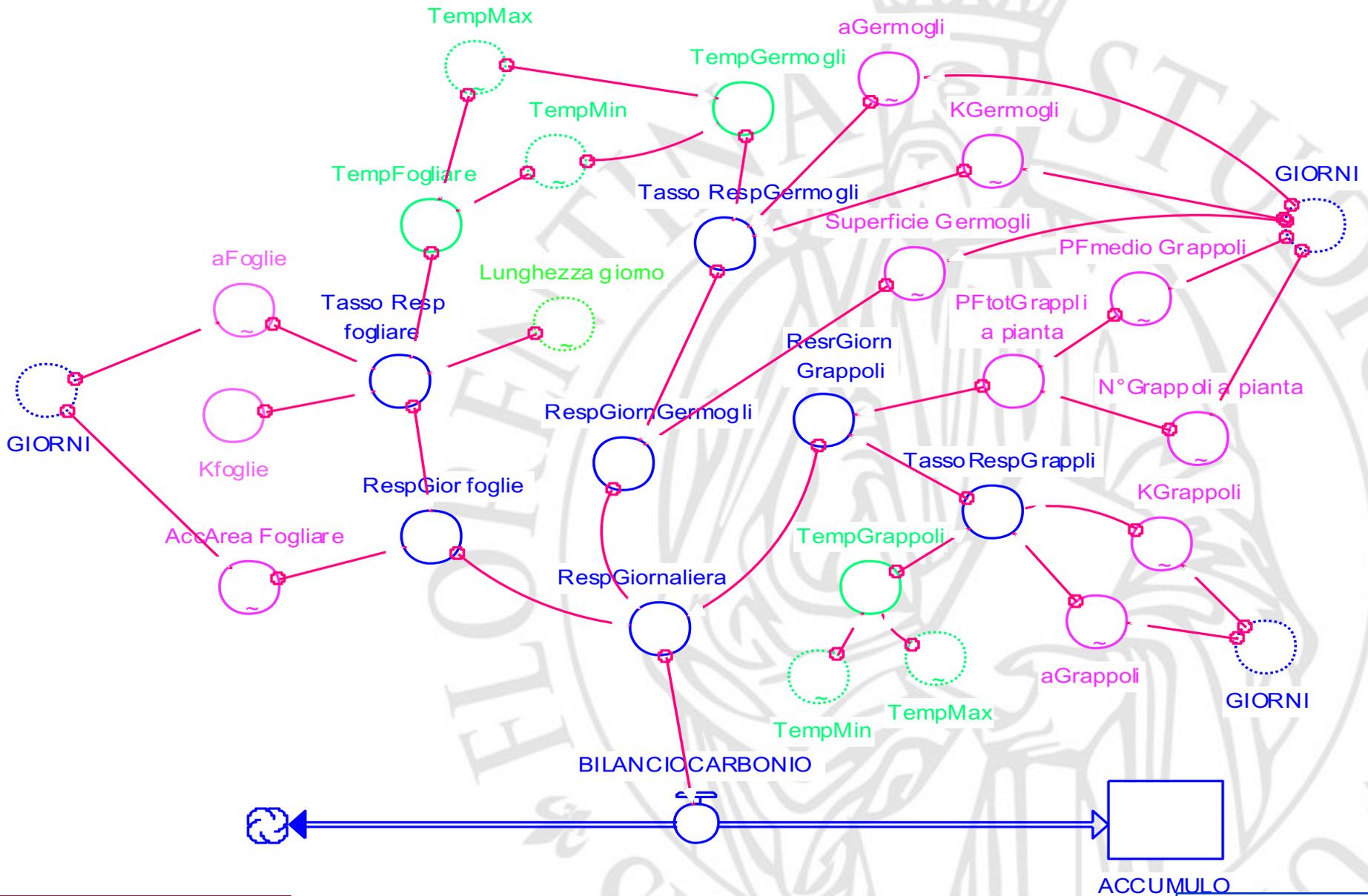
• Input :

- Fisiologici (n° di grappoli, area fogliare totale etc.)
- Climatici (temperatura, radiazione giornaliera etc.)
- Variabili e parametri che dipendono dagli input fisiologici e climatici

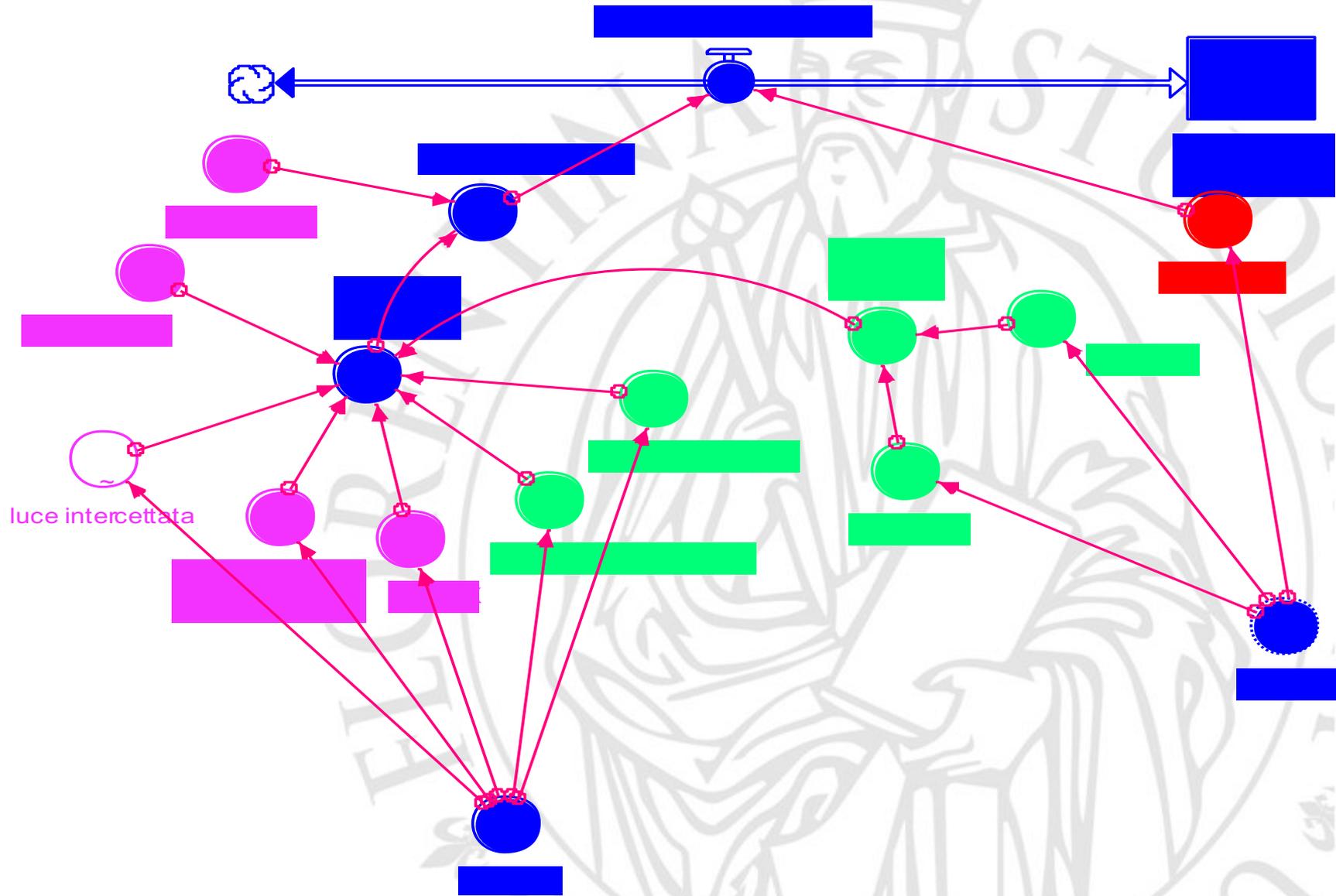
- Output : **Accumulo di sostanza secca**



# Submodello respirazione



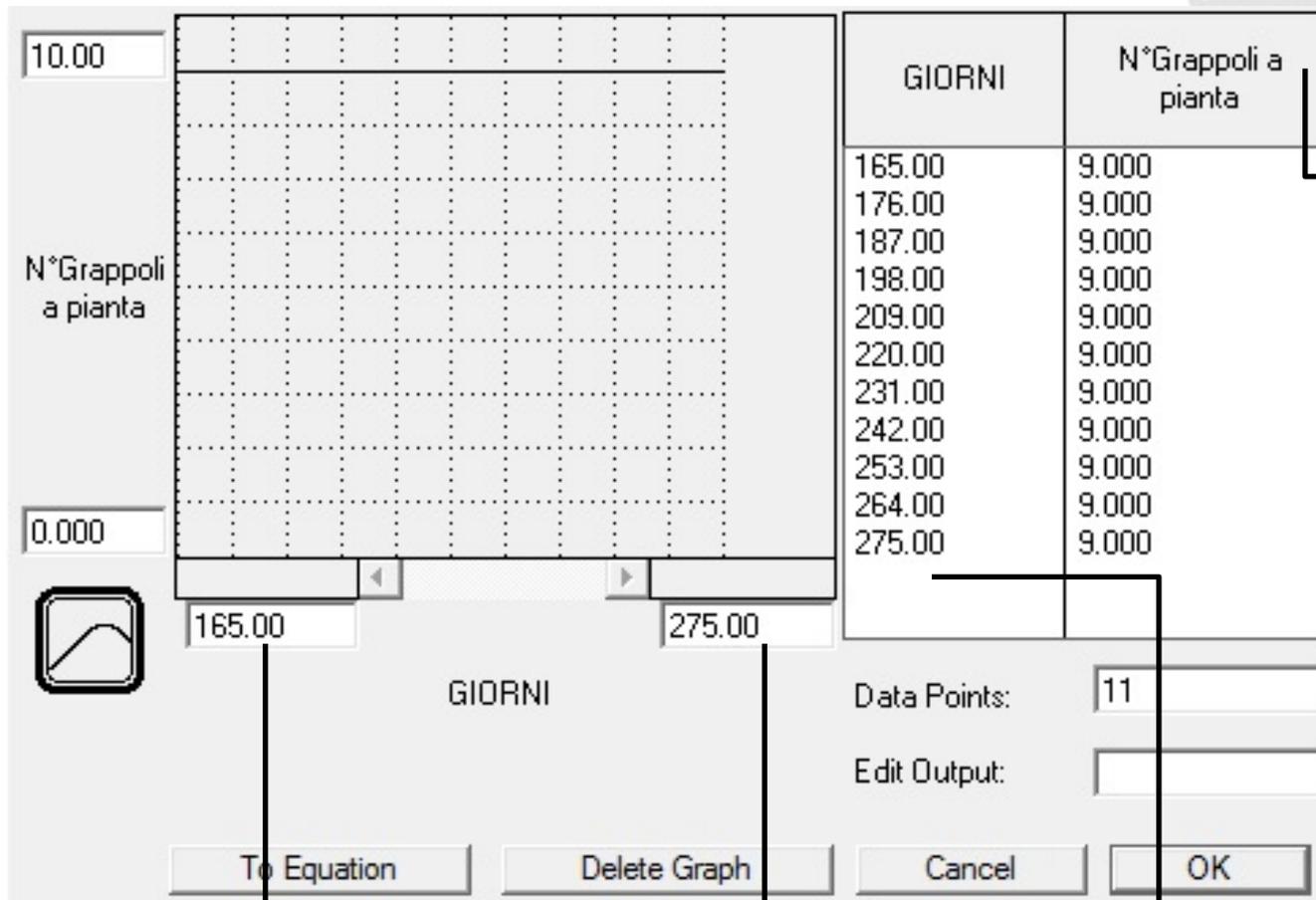
# Submodello fotosintesi



luce intercettata

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

# Modalità di inserimento dei dati



**n° di grappoli per pianta misurati durante la stagione**

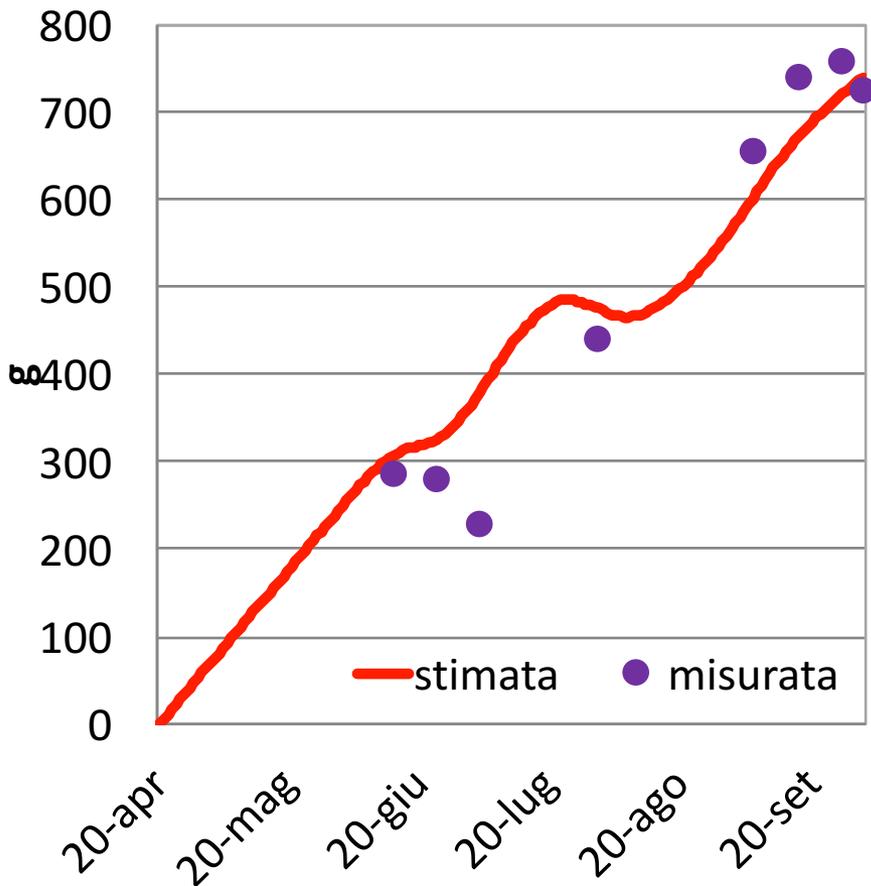
**Date dei rilievi in campo (calendario Giuliano)**

Data del primo rilievo in campo (14 giugno)

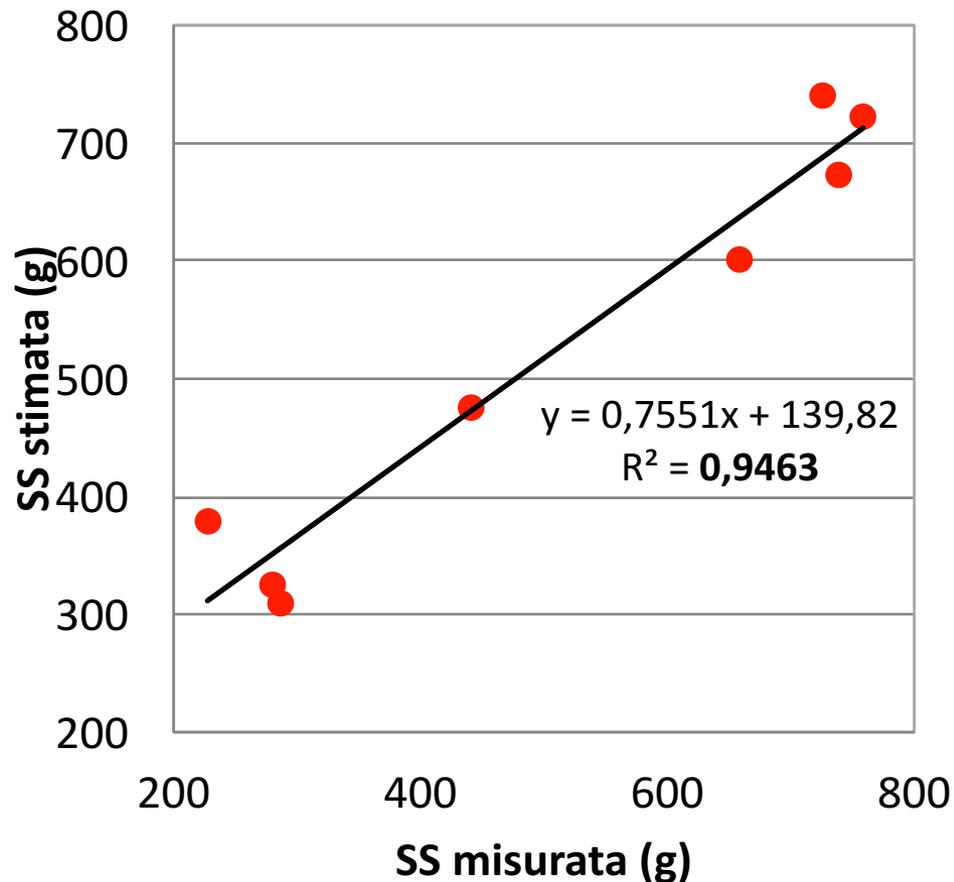
Data dell'ultimo rilievo in campo (vendemmia 2 ottobre)

# Correlazioni sostanza secca stimata-misurata

## Sostanza secca stimata-misurata Cortina semplice



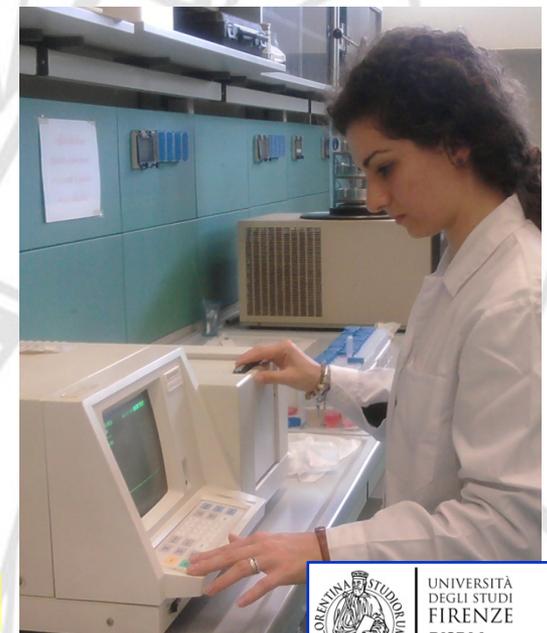
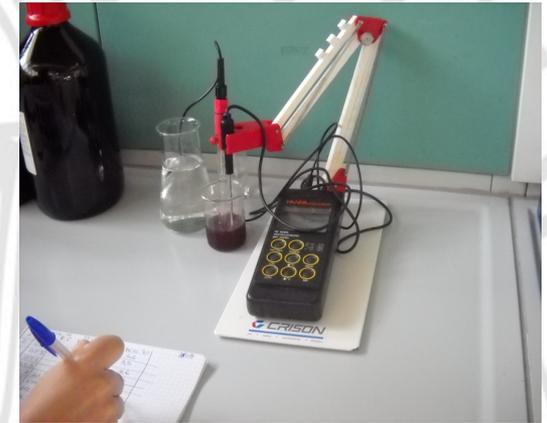
## Sostanza secca stimata-misurata Cortina semplice



# Analisi quanti-qualitativa del prodotto

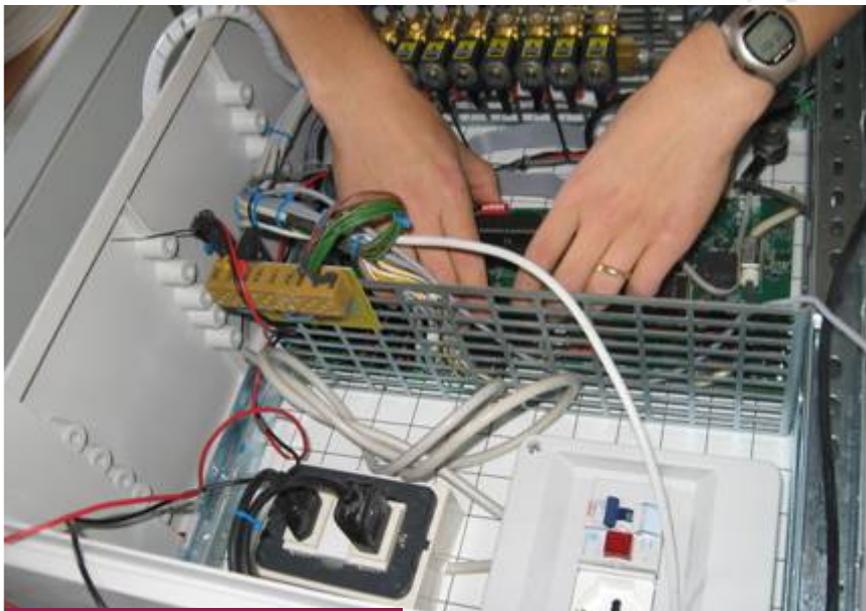
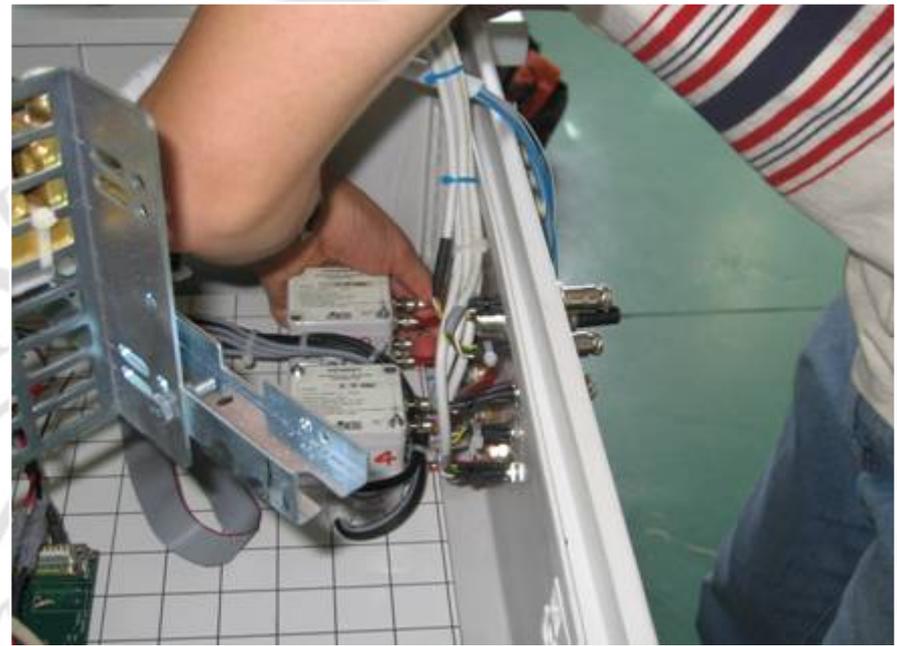
Dal vigneto..

..al laboratorio



# Monitoraggio processi fisiologici della pianta







G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino