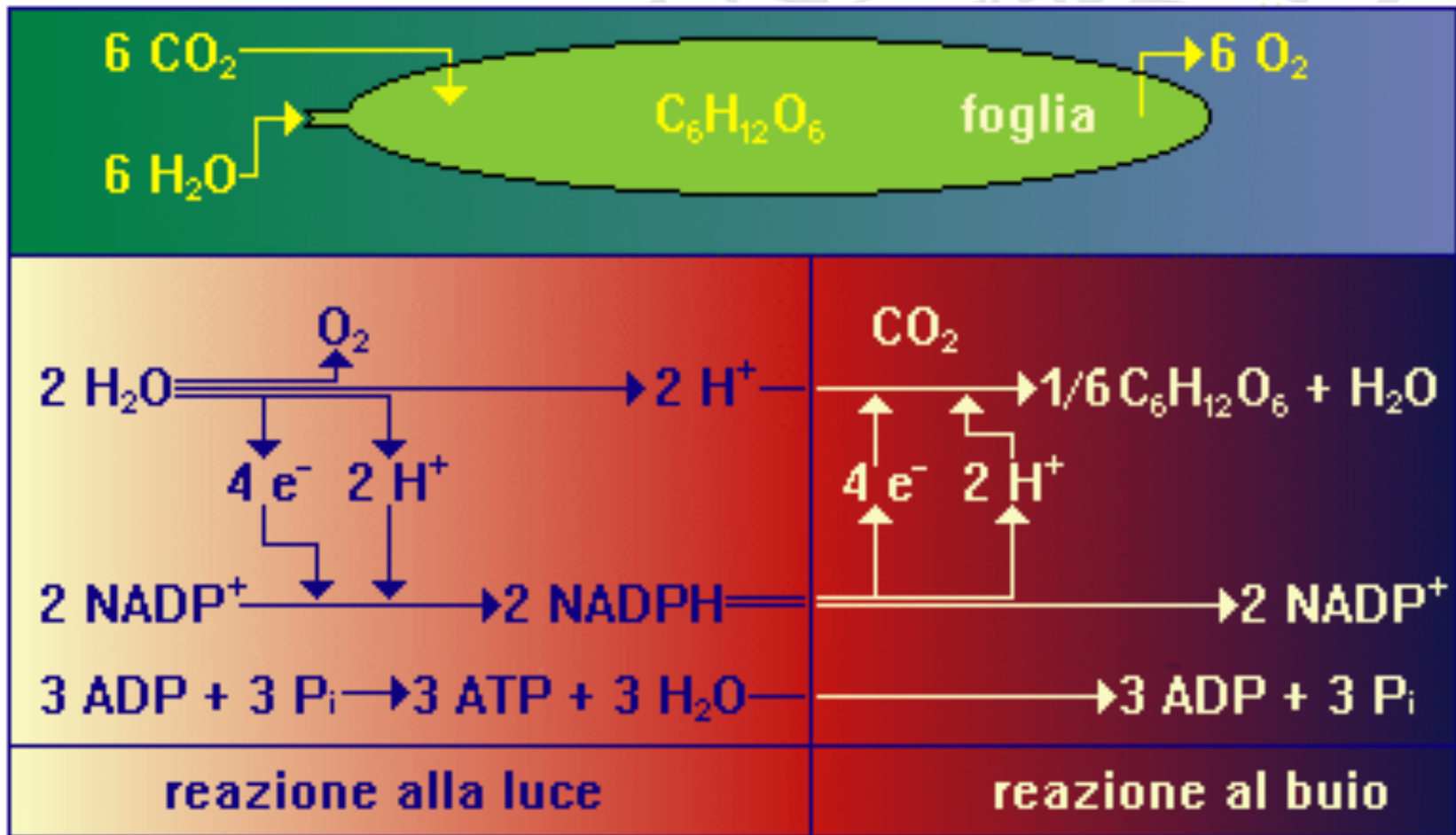


Ecofisiologia della fotosintesi e comportamento del Sangiovese nei confronti degli stress ambientali

Giovan Battista Mattii

Fotosintesi



Fotosintesi

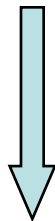
Riduzione di CO₂ atmosferica



Energia luminosa

Glucidi

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



**Riduzione di coenzimi
e liberazione di O₂**

2 - Fosforilazione



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

La luce

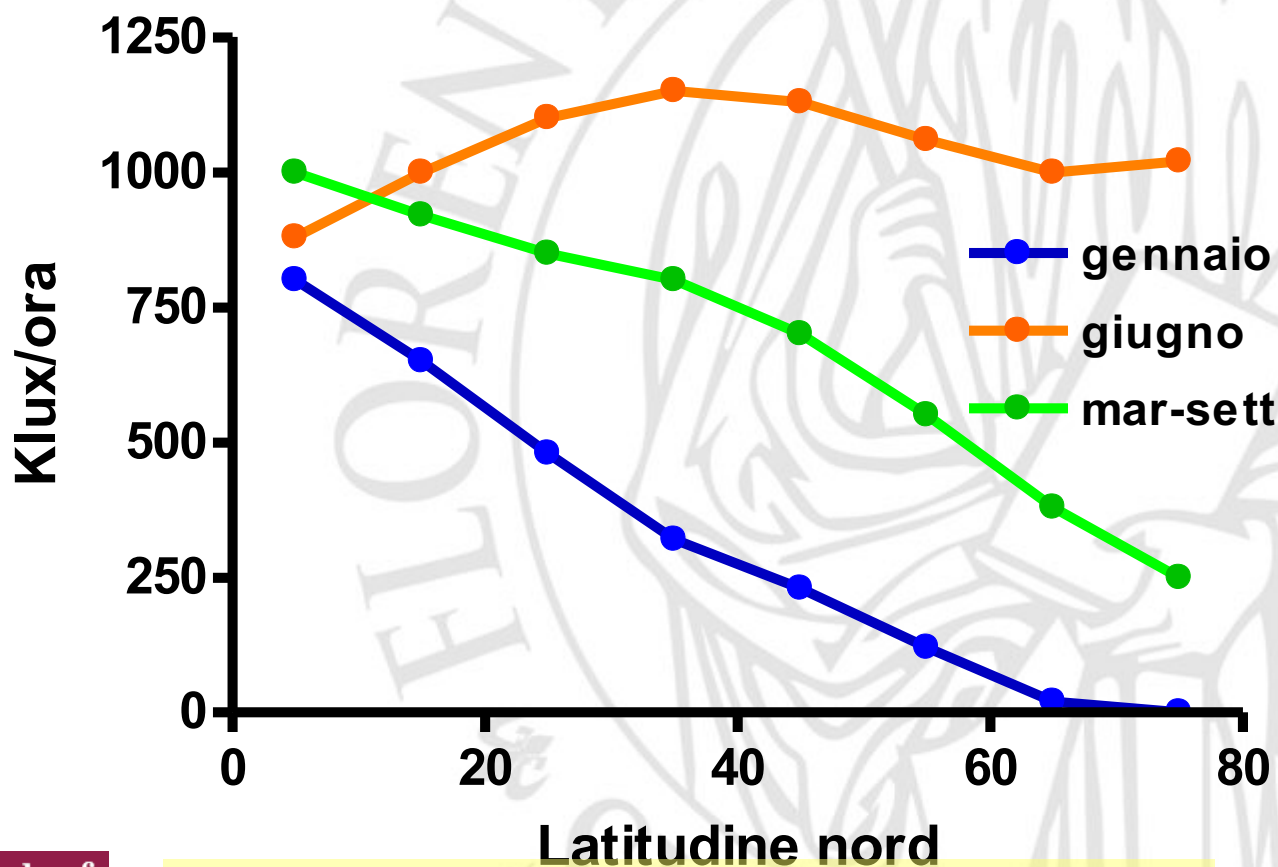
- Nella maggioranza delle regioni viticole del mondo, l'irraggiamento non è mai un fattore limitante

- 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

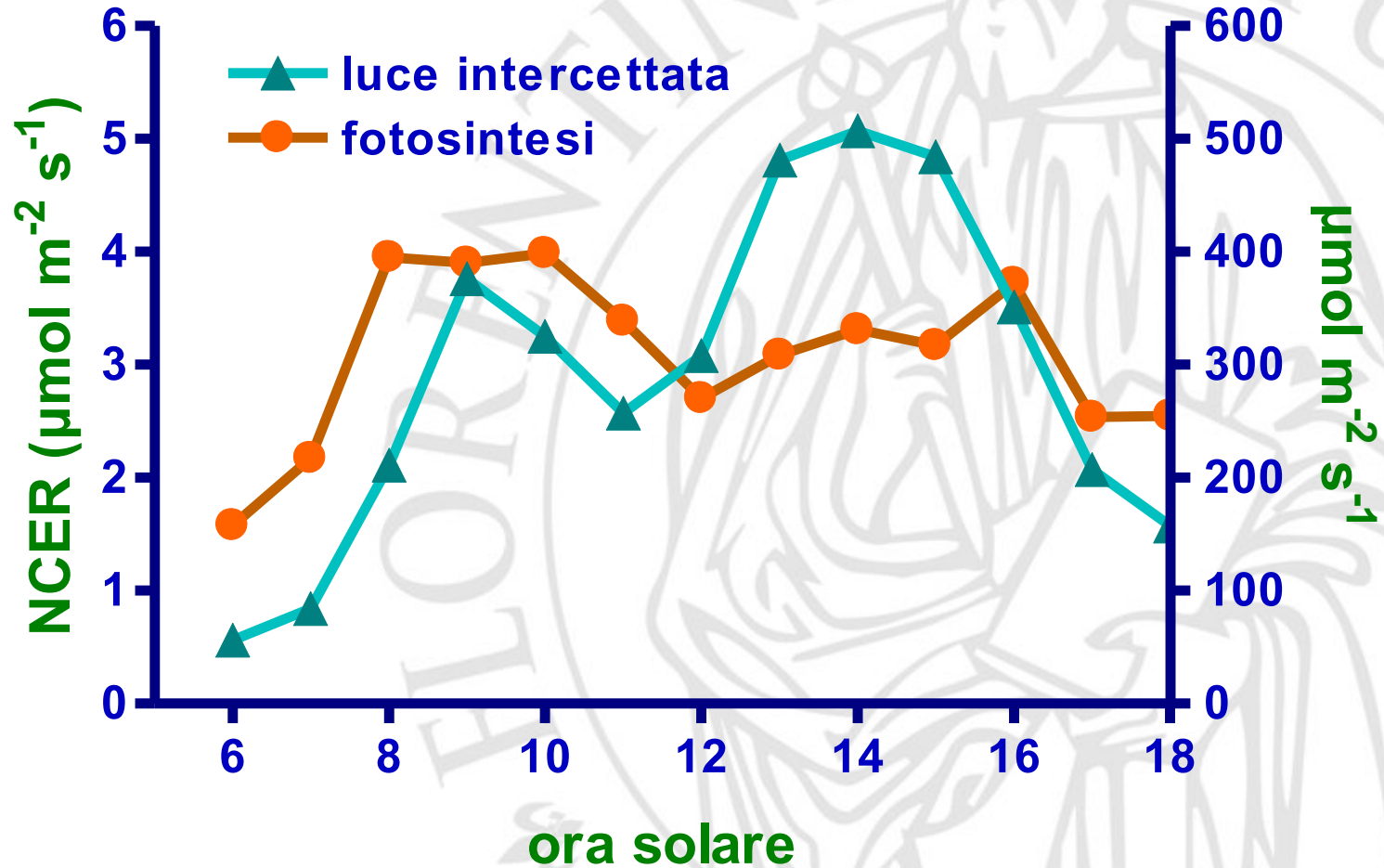
% di luce intercettata dalla chioma

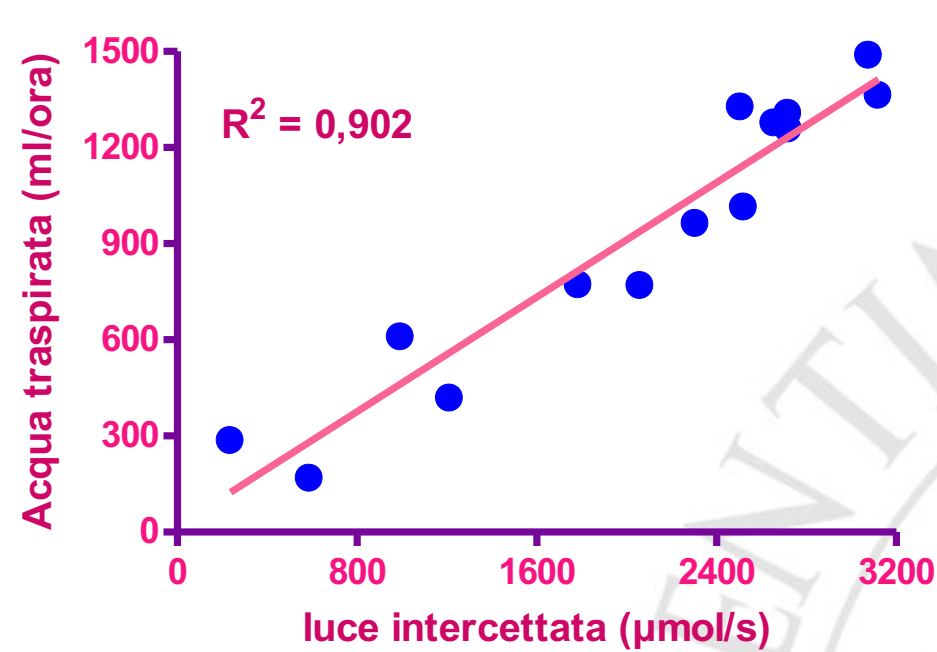


quantità di sostanza secca prodotta

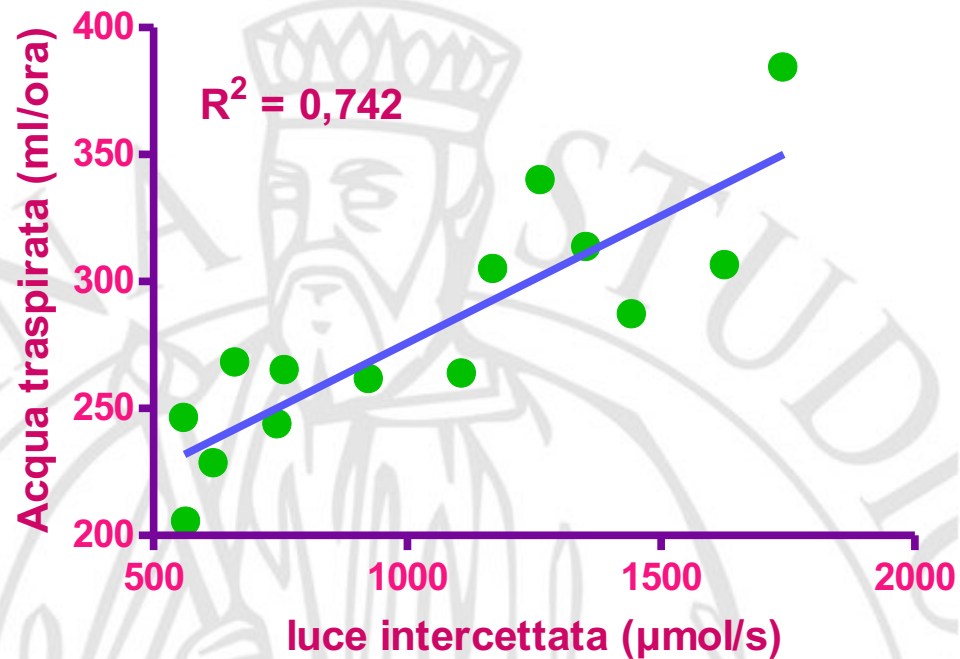
Una chioma efficiente riesce a garantire, nel corso della stagione, un'elevata capacità di intercettazione della luce incidente

Luce e fotosintesi



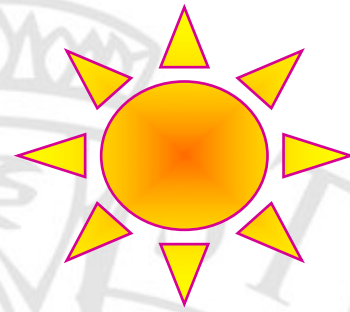
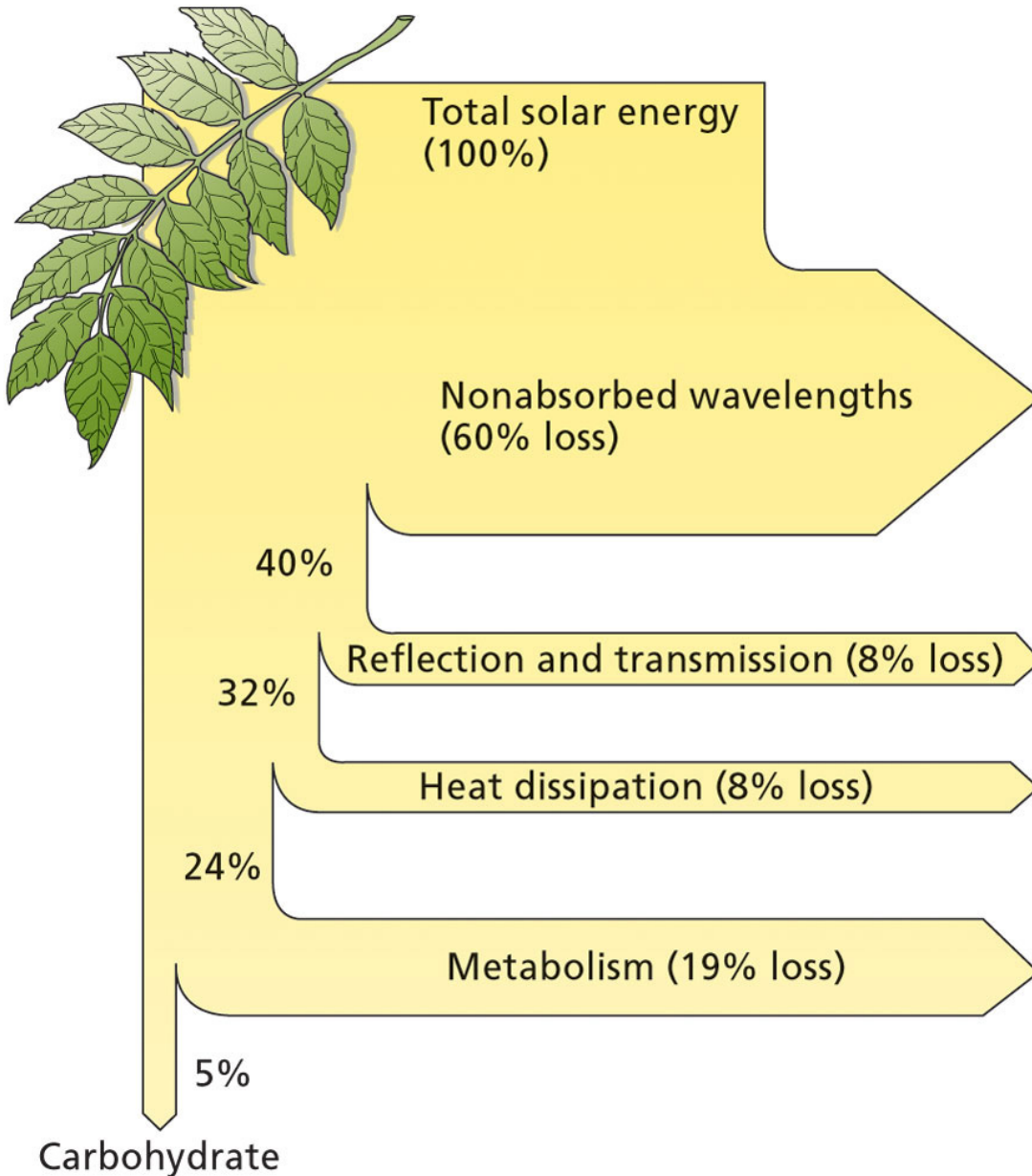


Tendone



Cordone speronato

La luce intercettata e la traspirazione sono correlate



**In un tipico giorno
di sole**

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

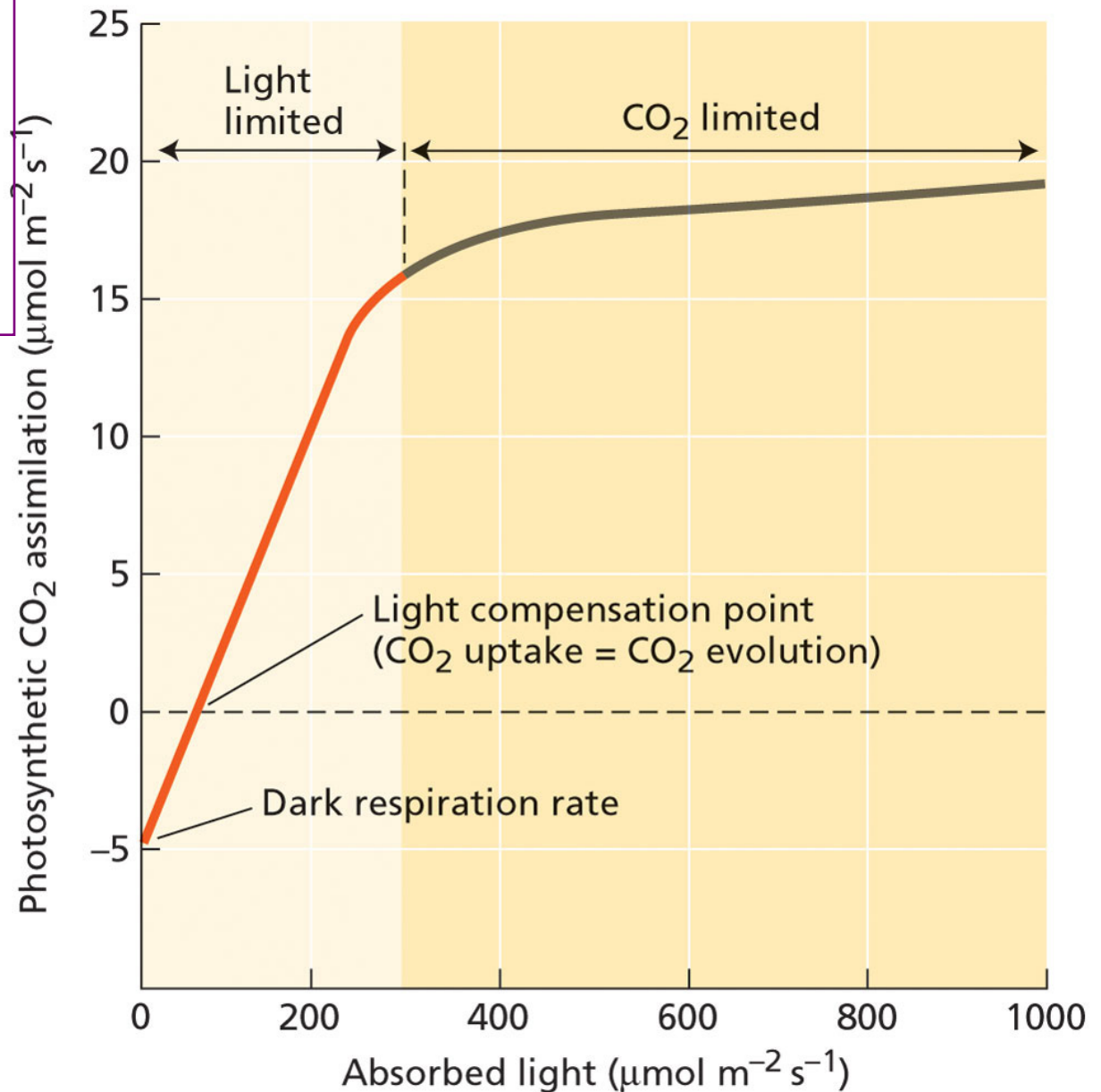
oppure

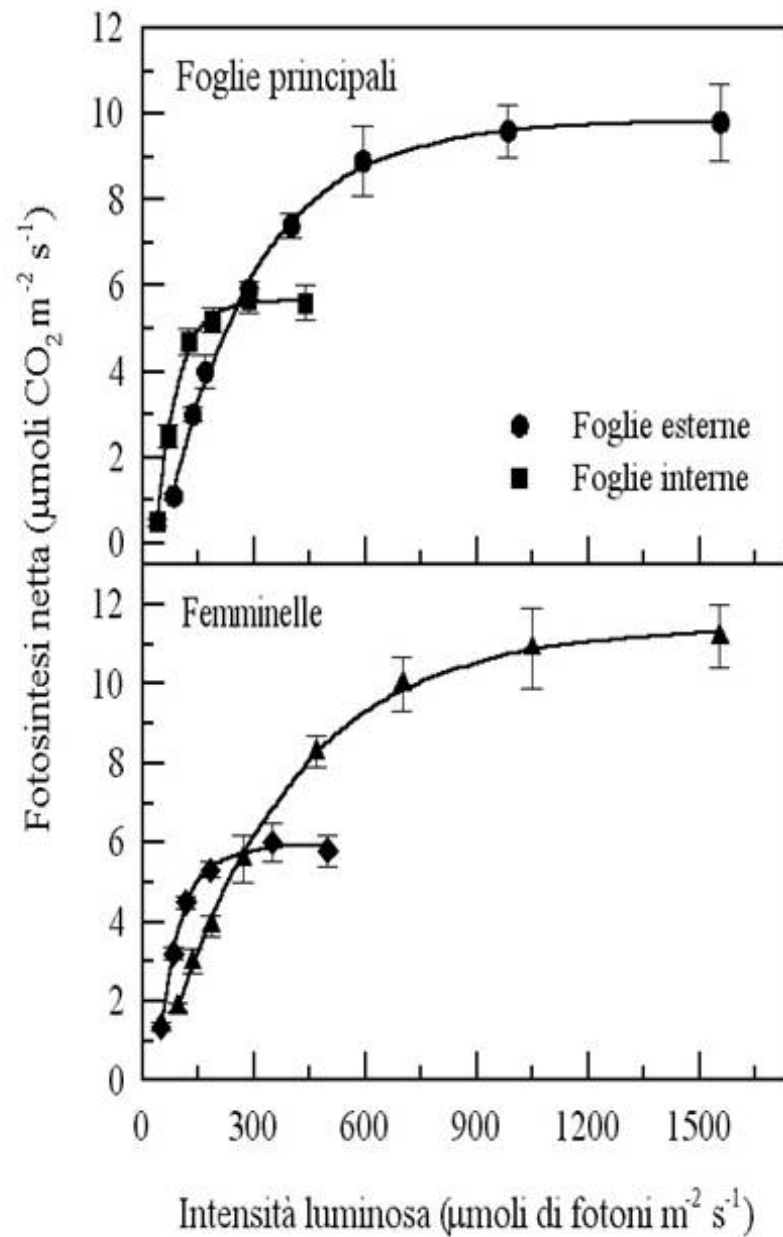
850 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

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

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

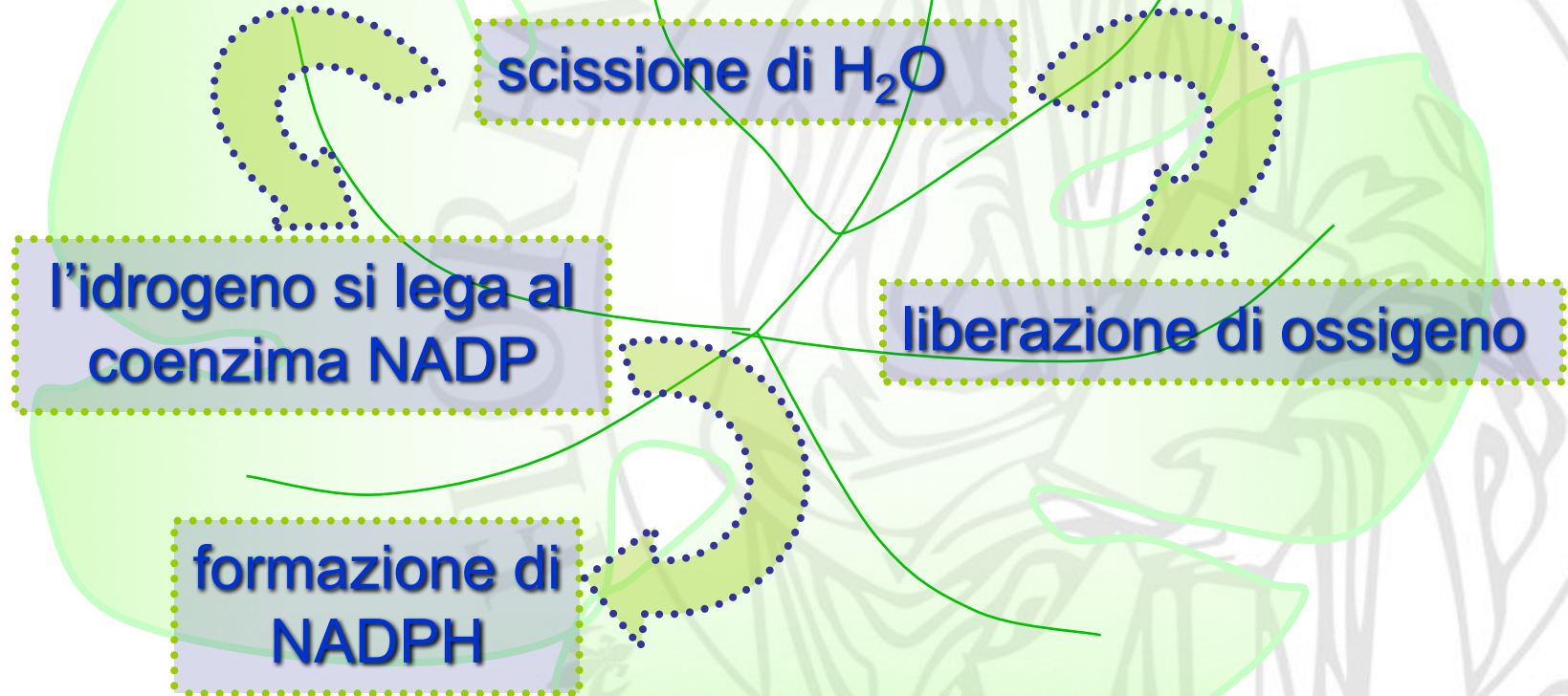
Il passaggio dalla saturazione luminosa alla saturazione di CO₂ nelle piante C3





La fotosintesi

Al livello dei pigmenti l'energia luminosa è trasformata in energia chimica con la fotolisi (l'Ossigeno non proviene dalla CO_2 assorbita)



La fotosintesi

La CO_2 si unisce ad un composto a 5 atomi di carbonio (ribulosio-1-5-bifosfato) che è l'accettore della 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

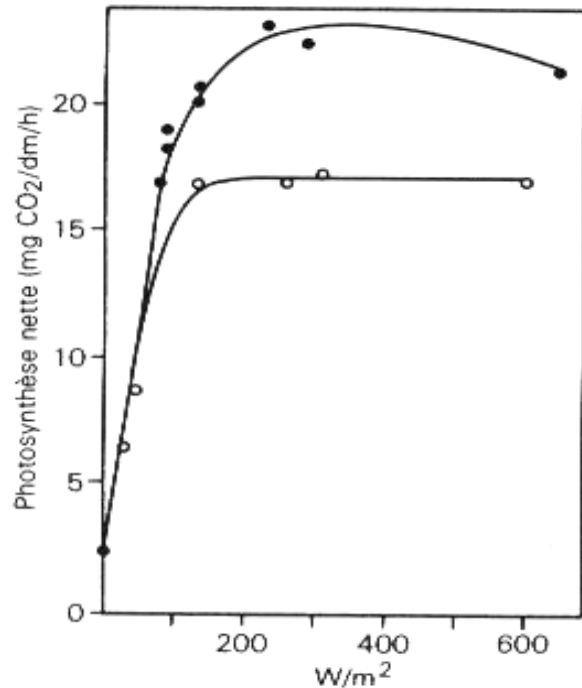


Figure 3 ■ Effet de l'intensité de l'éclairage sur la photosynthèse (d'après Kriedemann et Smart, 1971).

● = sultanine, ○ = syrah. 250 W/m² ≈ 45 000 lux.

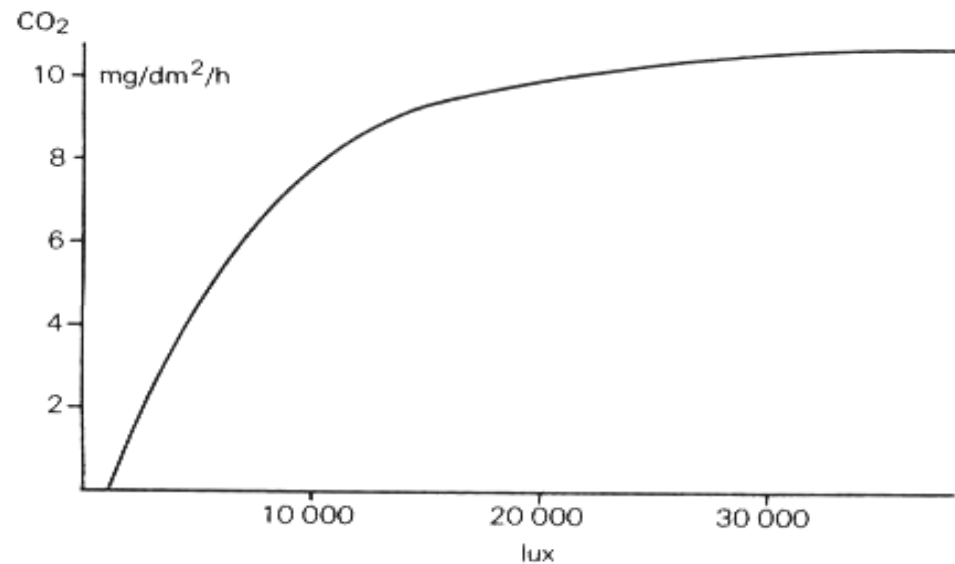


Figure 4 ■ Relations entre la lumière et la photosynthèse du cépage cabernet-sauvignon à une température de 20 °C (d'après Stoev et Slavtcheva, 1982).

La fotosintesi

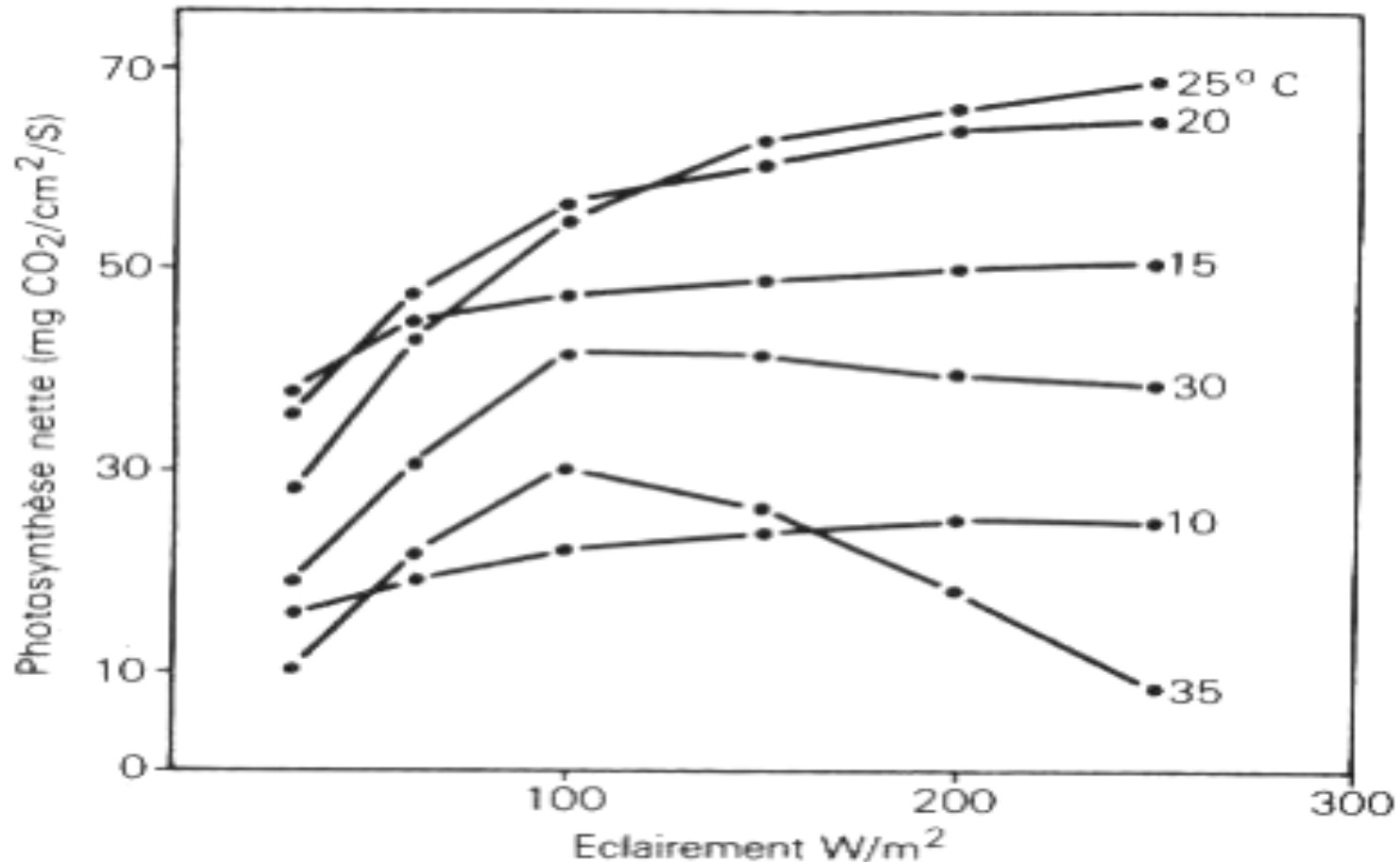
Nel vigneto le foglie si presentano tuttavia in tutte le posizioni possibili in rapporto ai raggi luminosi

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 $500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

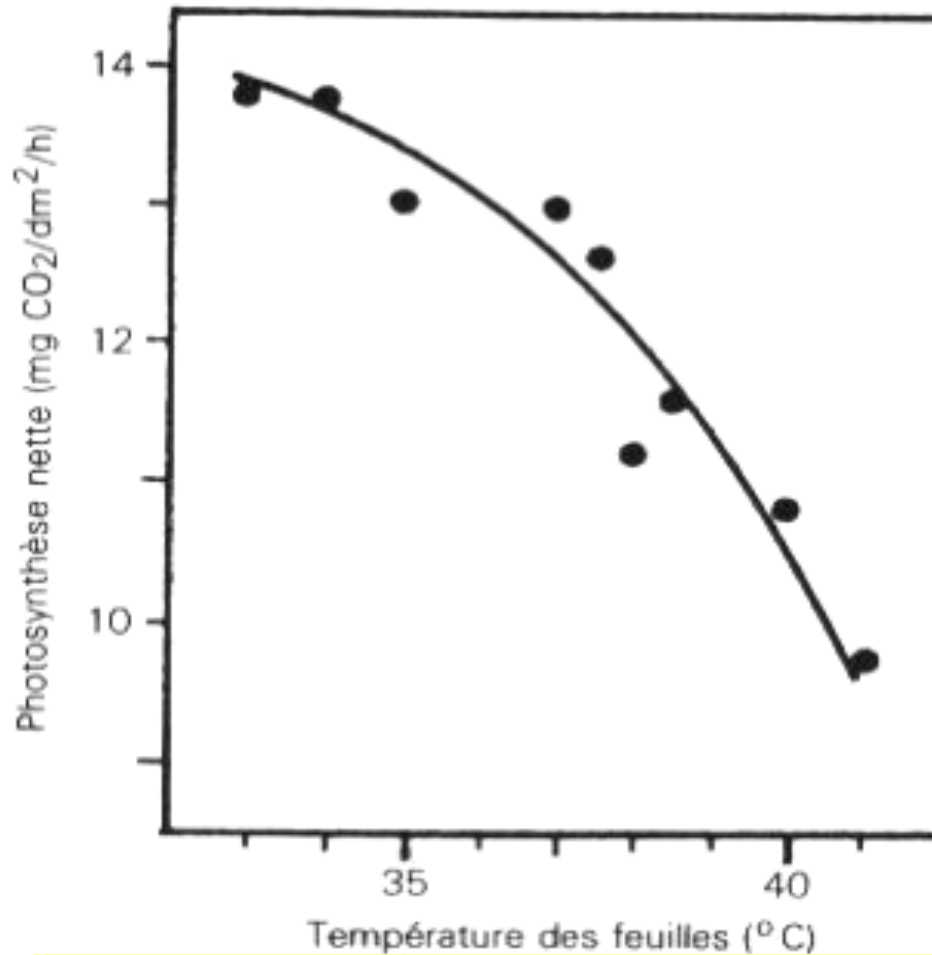
La fotosintesi

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

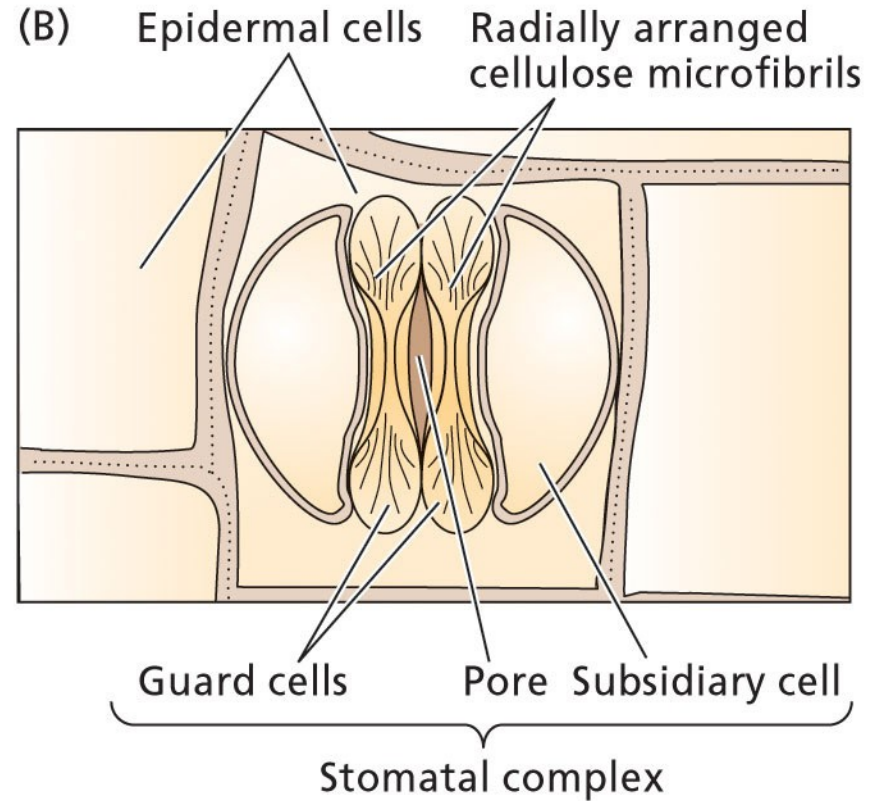
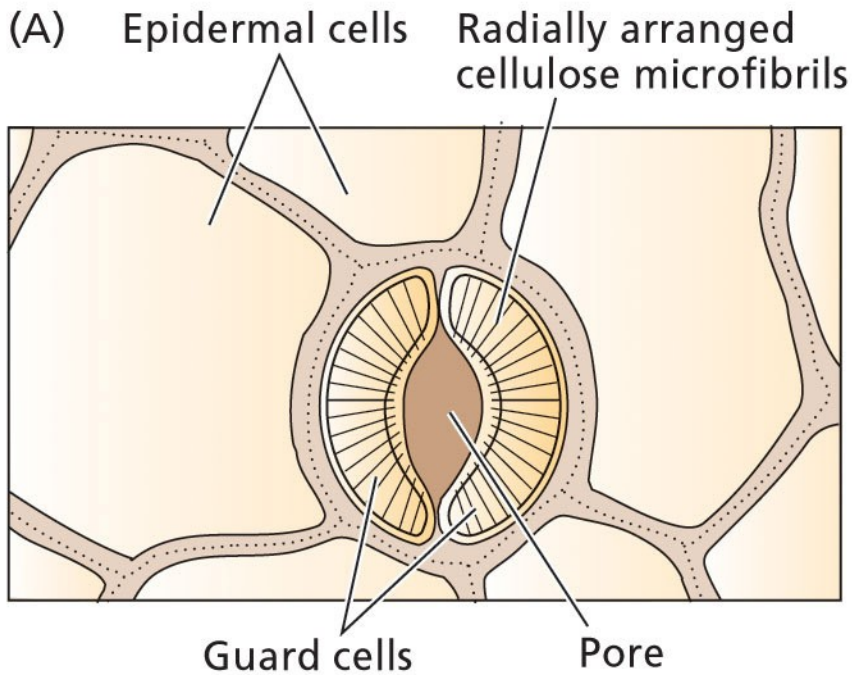
zona calda: 1951-2220 - Inzolia, Catarratto, Nero d'Avola, Primitivo, Aglianico

zona molto calda: > 2220 - Graciano, Tauriga national

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino



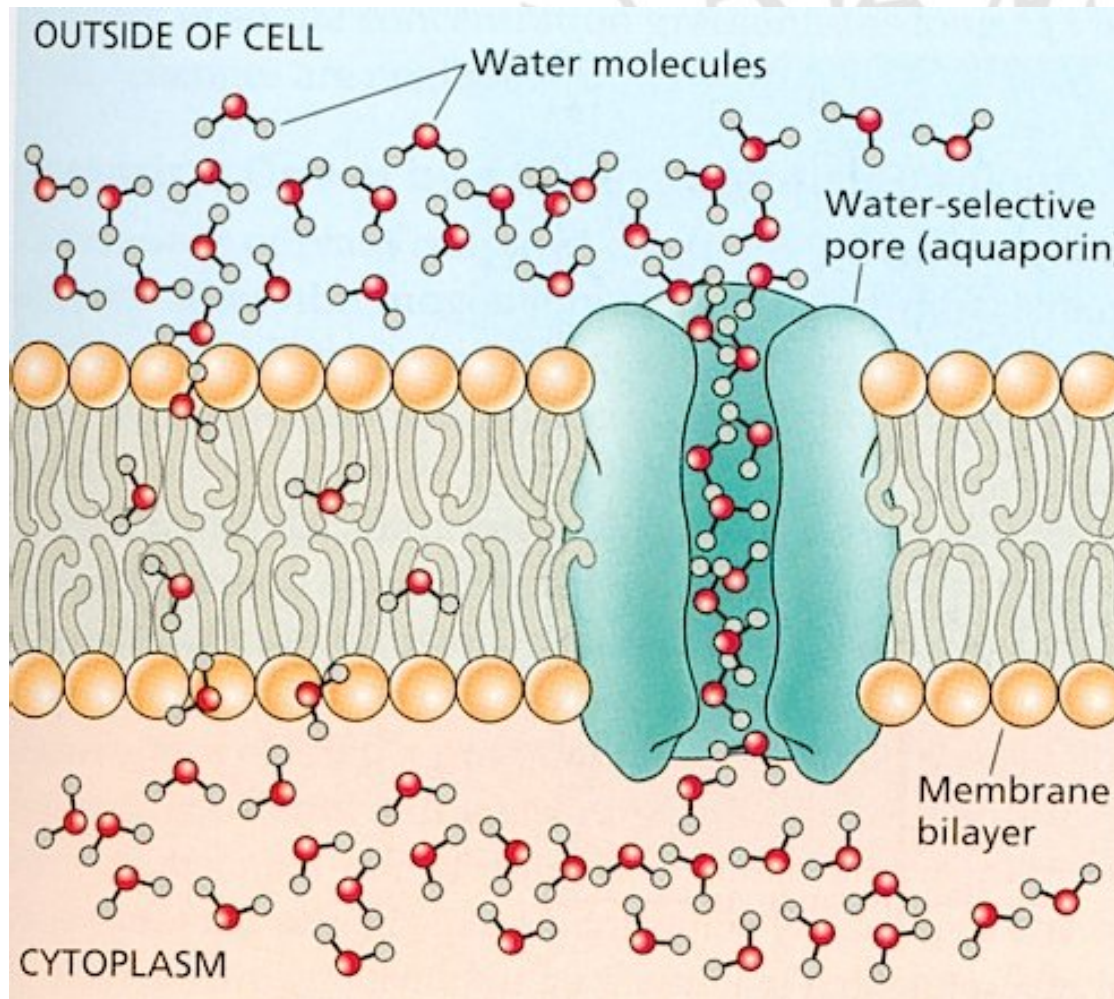
G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino



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

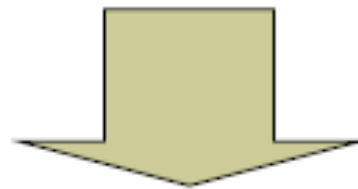


POTENZIALE IDRICO

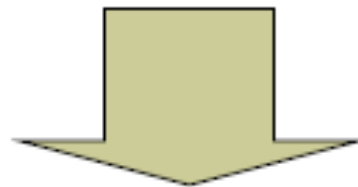


Potenziale idrico

IL POTENZIALE IDRICO È LA FORZA CON CUI L'ACQUA È TRATTENUTA



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

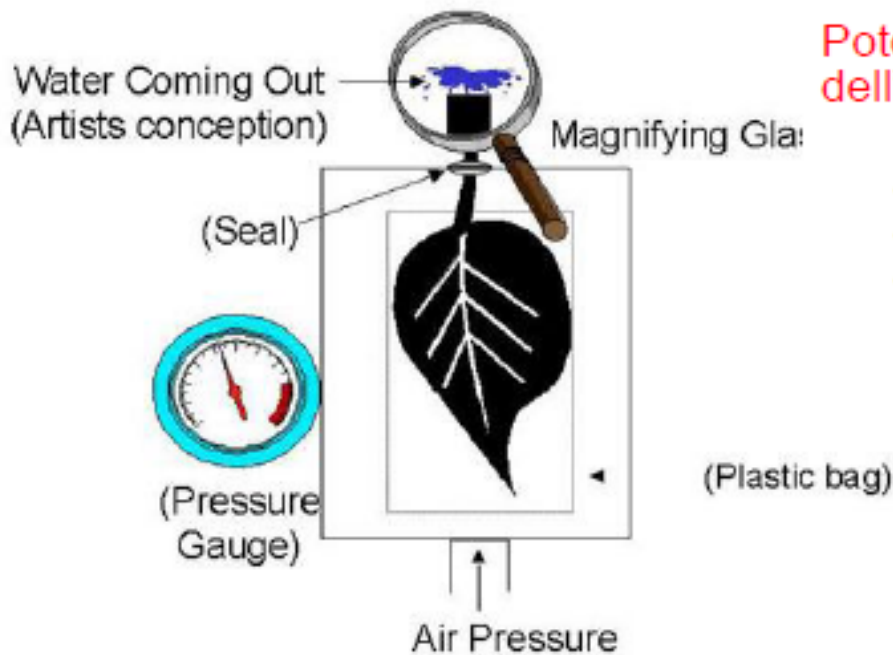


L'ACQUA si muove da un punto con Ψ più alto (MENO NEGATIVO: es -20) ad uno con Ψ più basso (PIU' NEGATIVO: es -100)

Potenziale idrico

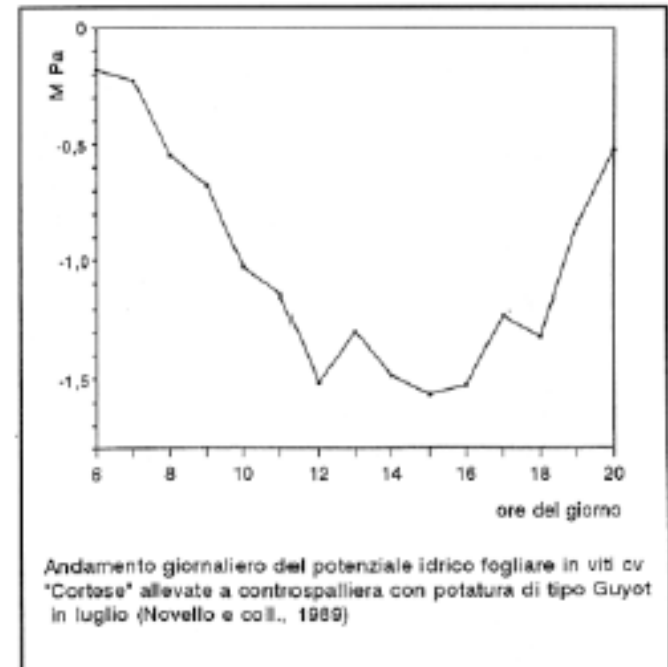
Il **Potenziale idrico** (Ψ) descrive lo stato idrico delle piante.

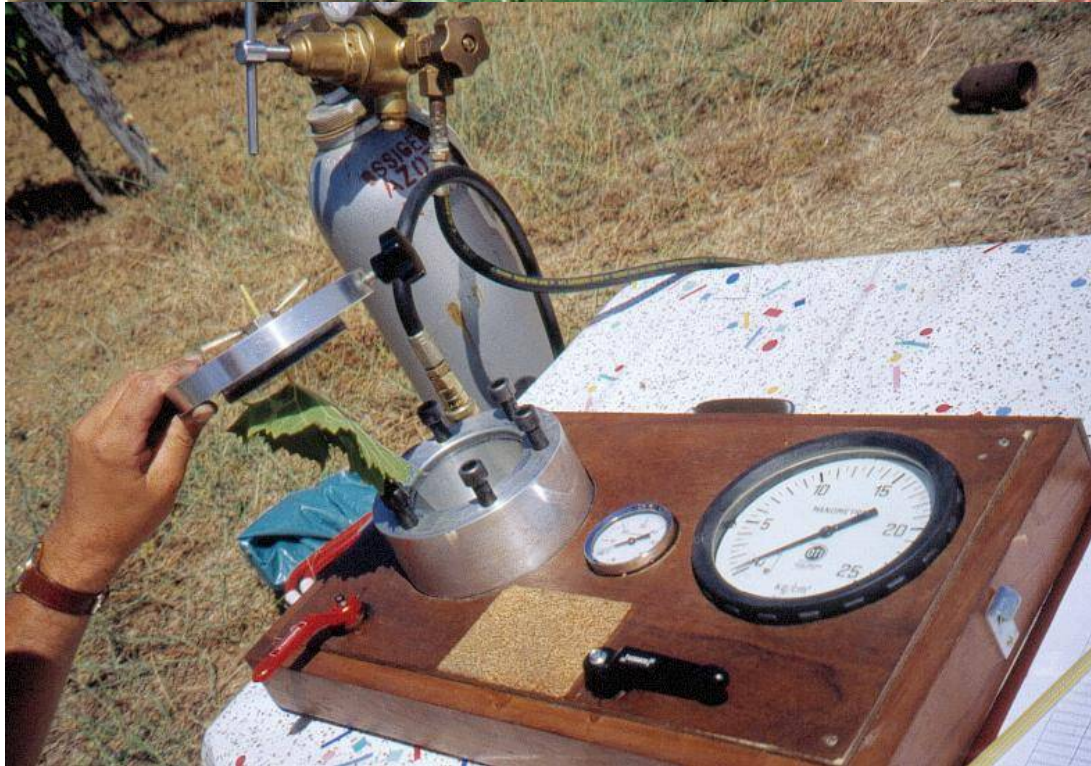
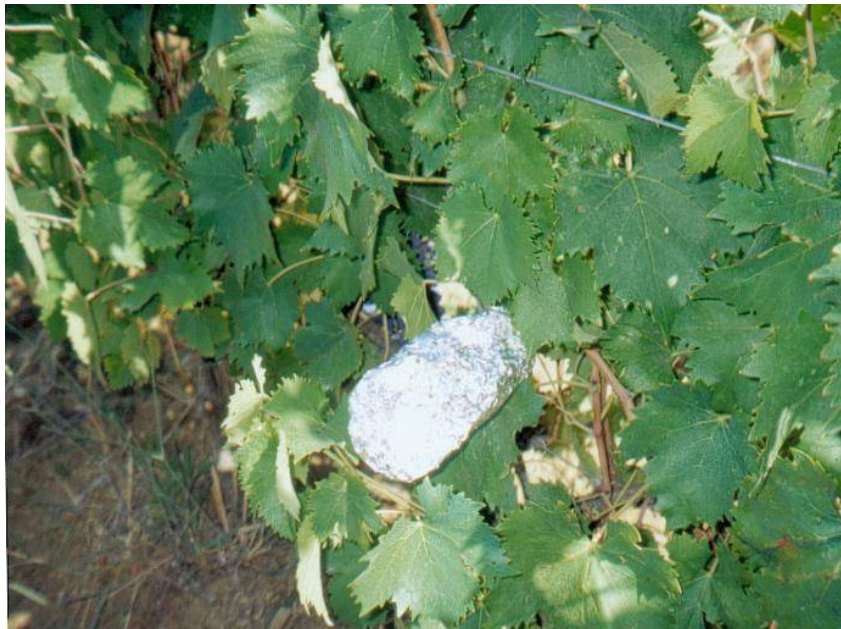
- Il potenziale idrico è la misura del contenuto di energia libera dell'acqua.
- I potenziali idrici sono la differenza tra lo stato energetico dell'acqua libera pura e dell'acqua considerata nella pianta.
- Indica il lavoro richiesto per muovere l'acqua da dove si trova nella pianta per arrivare allo 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 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

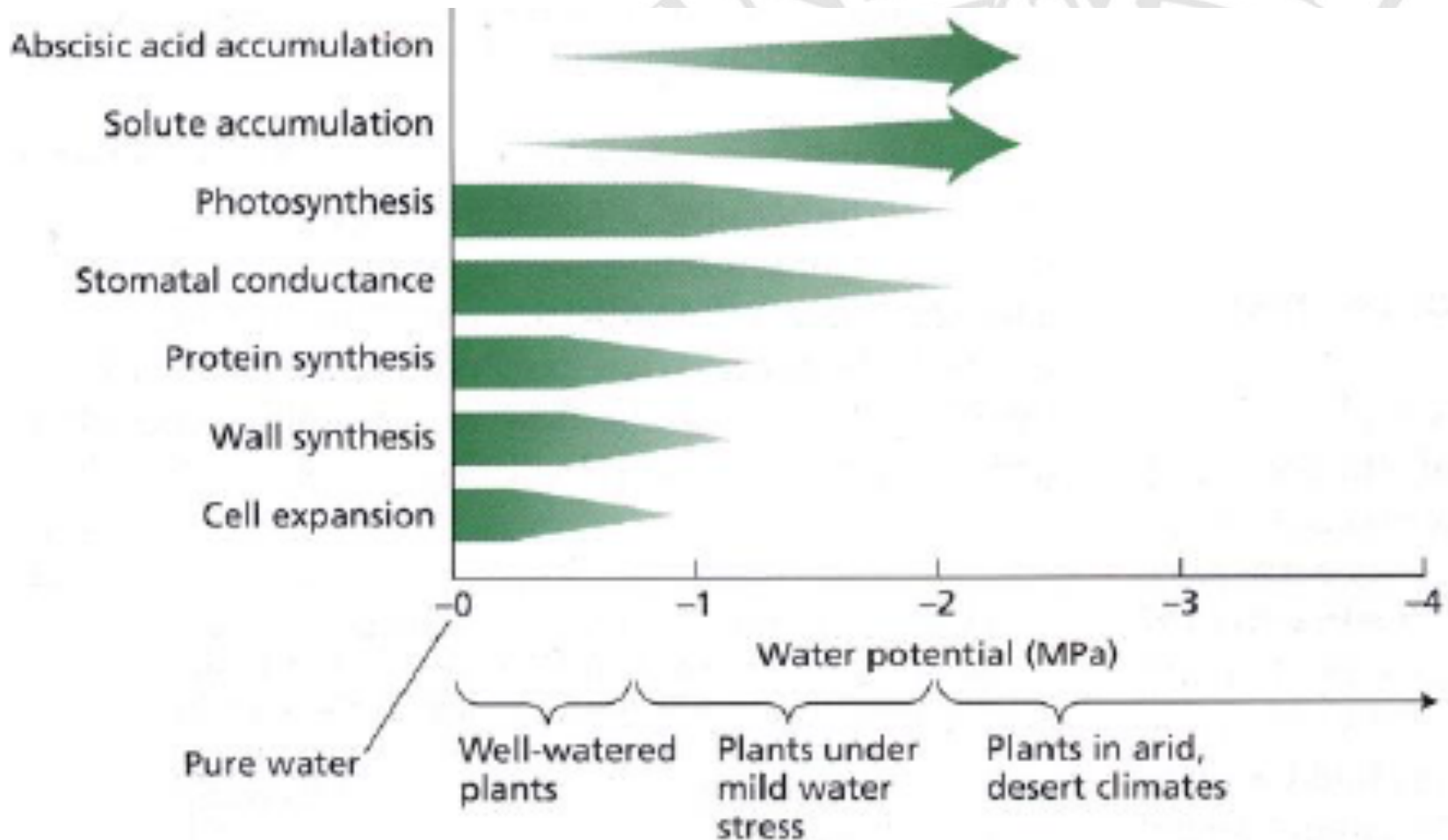
Nelle piante **isoidriche** il potenziale fogliare decresce sensibilmente all'aumentare della domanda evaporativa durante la giornata, ed è minore nelle piante stressate rispetto a quelle con un adeguato rifornimento idrico.

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
$0 \text{ MPa} > PD\Psi_w > -0,2 \text{ MPa}$	Nessun stress idrico
$-0,2 \text{ MPa} > PD\Psi_w > -0,4 \text{ MPa}$	Stress idrico da leggero a medio
$-0,4 \text{ MPa} > PD\Psi_w > -0,6 \text{ MPa}$	Stress idrico da medio a elevato
$-0,6 \text{ MPa} > PD\Psi_w$	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

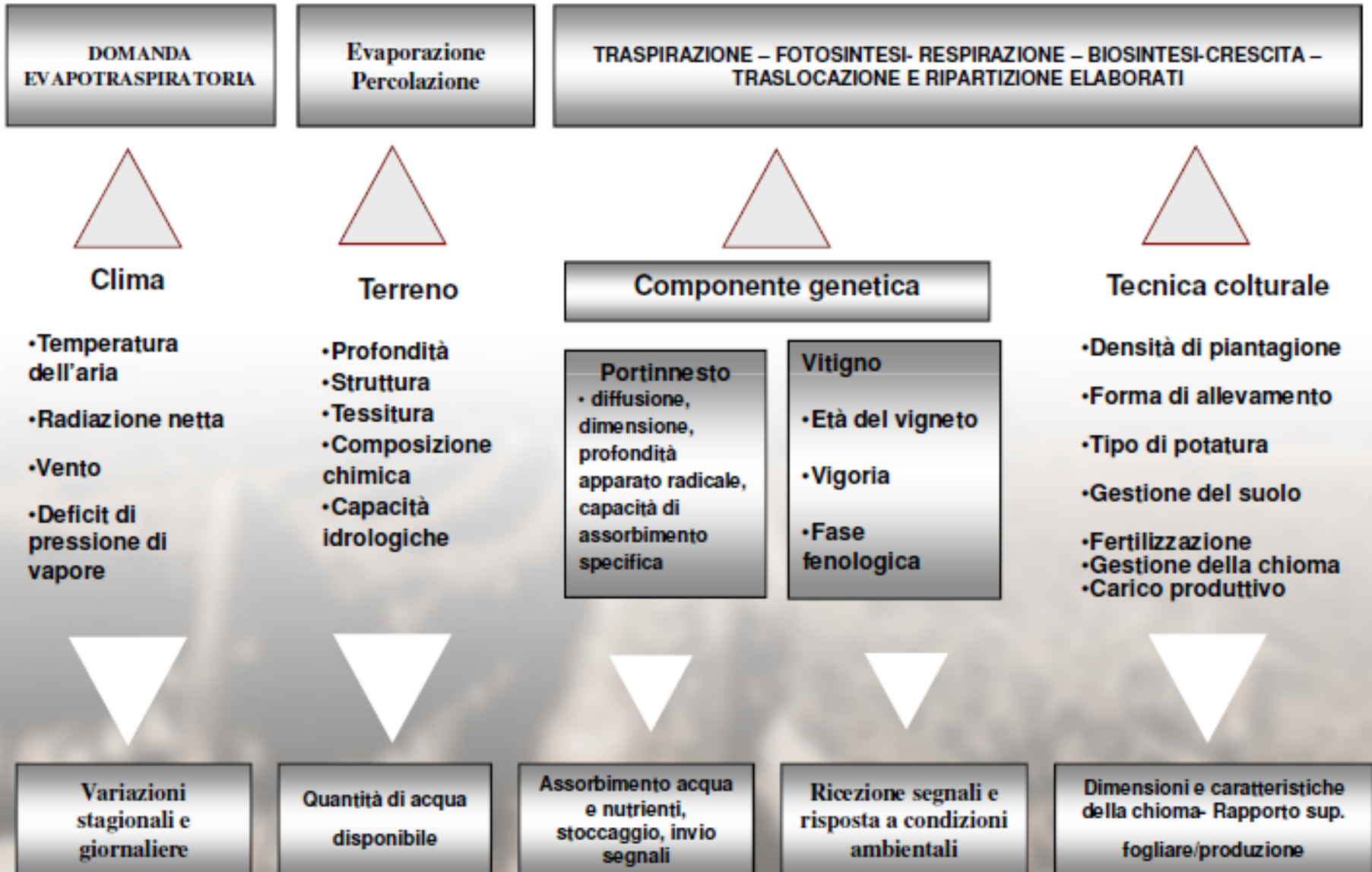
DETERMINAZIONE DELLO STATO IDRICO DELLA PIANTA

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'evapotraspirazio
ne 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 ??



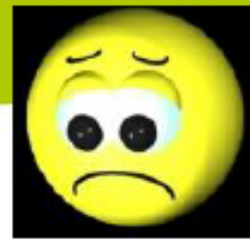
Tocai rosso

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**

Palliotti, 2013

DANNI DA STRESS ESTIVI

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

MULTIPLI

Interazioni

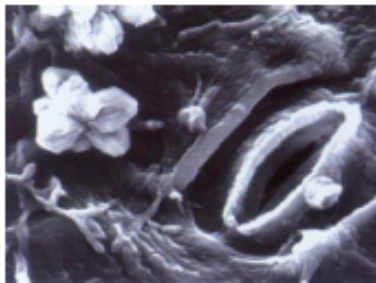


- EFFETTI SULLA PARTE VEGETATIVA:** ridotto accrescimento dei germogli, scarsa fogliosità, colore chiaro del fogliame
- EFFETTI SULLA PARTE PRODUTTIVA:** riduzione del peso degli acini e dei grappoli, diminuzione dell'allegagione, riduzione della fertilità delle gemme, peggioramento qualitativo (maturità 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 CO₂ ed il turgore cellulare
Termoregolazione

1 g di H₂O
assorbe 590
calorie

Palliotti, 2013

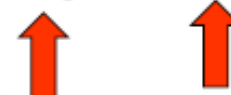
1

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 femminelle 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 H₂O m⁻² s⁻¹

- ✓ Limitazioni temporanee della fotosintesi
- ✓ Pieno recupero a seguito del ripristino dell'H₂O
- ✓ Nessuna conseguenza negativa sulla resa d'uva
- ✓ Effetti positivi sulla qualità dell'uva

Palliotti, 2013

SICCITÀ MEDIA

Traspirazione: 2 - 1 mmoli H₂O m⁻² s⁻¹

- ✓ 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

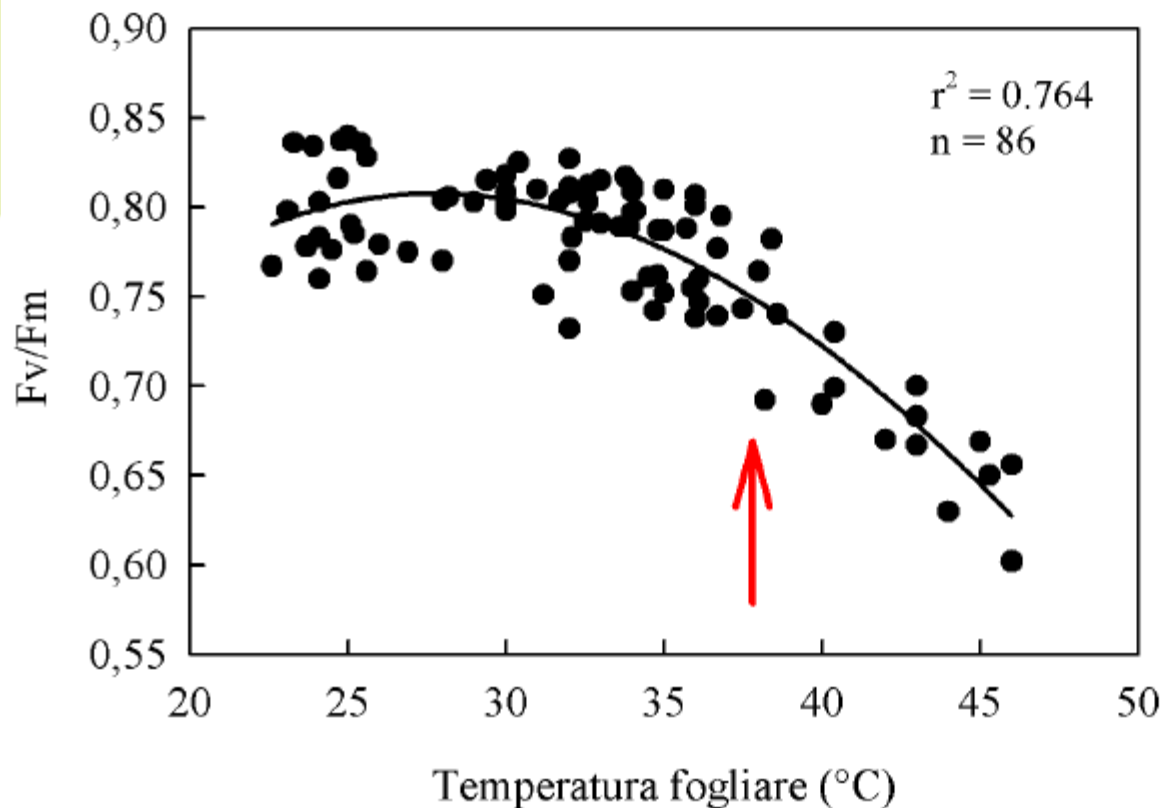
Palliotti, 2013

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° 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>
Foglie BASALI (ore 13.00-14.00)			
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>
Foglie MEDIANE			
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]
Sangiovese (Pallioti <i>et al.</i> 2007 e 2009)	Montepulciano (Pallioti <i>et al.</i> 2007 e 2009)
Grechetto G109 (Orvieto) (Pallioti <i>et al.</i> 2007)	Grechetto G5 (di Todì) (Pallioti <i>et al.</i> 2007)
Cabernet Sauv. (Williams e Baeza 2007)	Syrah (Schultze 1996)
Merlot (Williams e Baeza, 2007)	Tempranillo (Medrano <i>et al.</i> 2003)
Riesling (Lovisolò <i>et al.</i> 2010)	Viognier (Shellie e Glenn 2008)
Castelão (de Souza <i>et al.</i> 2005)	Moscato (de Souza <i>et al.</i> 2005)
Airen (Chouzouri e Schultz 1996)	Sylvaner (Chouzouri e Schultz 1996)
Chardonnay (Tyerman 2007)	Grenache (Schultz 1996)
Falanghina (Giorio <i>et al.</i> 2007)	Lambrusco (Poni <i>et al.</i> 2009)
Semillon (Rogiers <i>et al.</i> 2009)	Manto Negro (Medrano <i>et al.</i> 2003)
Nero d'Avola ?? Pecorino ??	Moscato bianco ??

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**

Palliotti, 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).

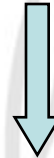
In questi casi si può beneficiare dell'effetto favorevole indotto dal moderato stress con una macerazione più prolungata (Peterlunger et al. 2004).

Effetti dello stato idrico sulla fisiologia della vite

Funzioni legate alla crescita sono molto sensibili



distensione cellulare e sintesi proteica



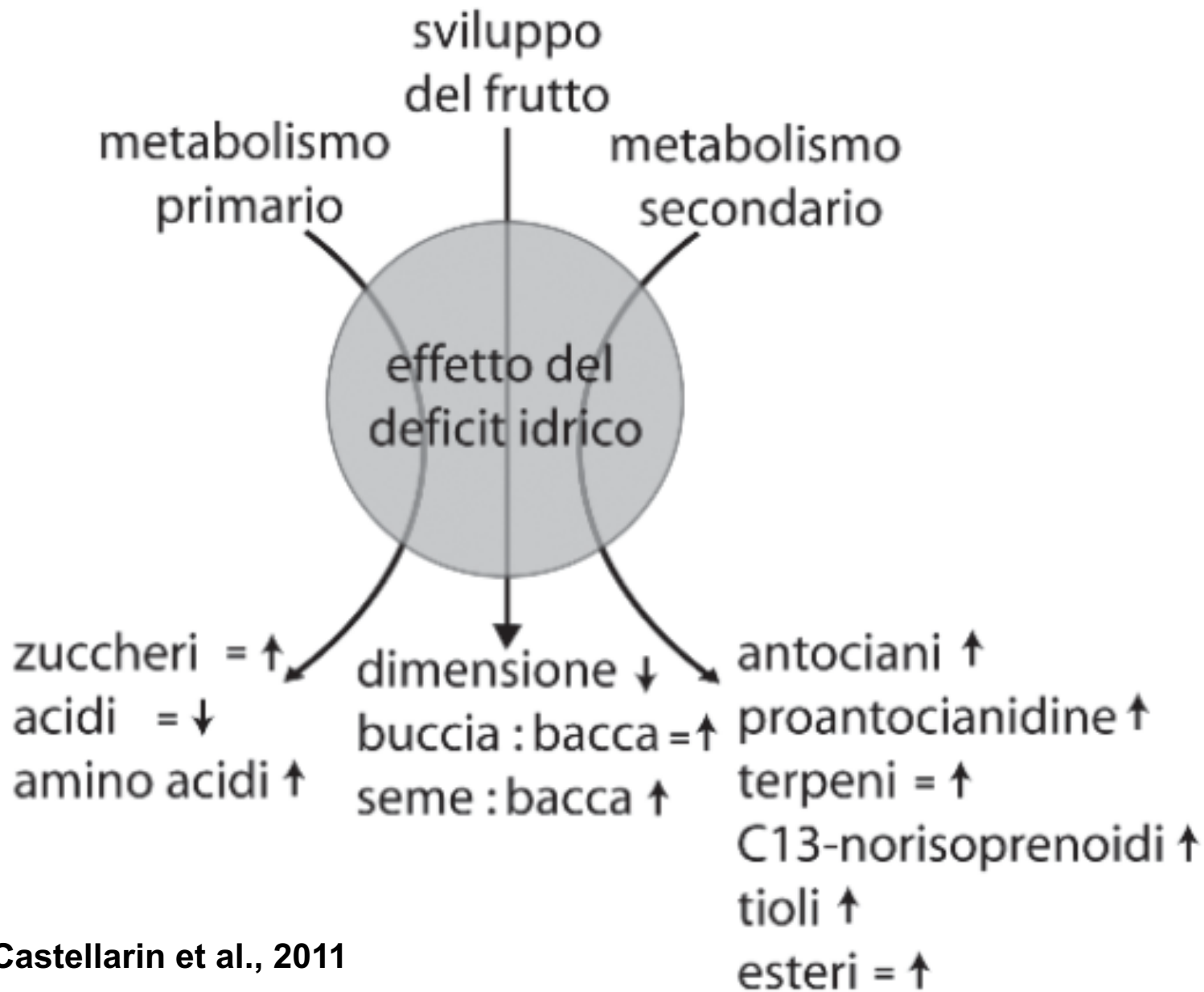
Prime funzioni ad essere inibite dalla diminuzione del turgore

Effetti dello stato idrico sulla fisiologia della vite

La moltiplicazione cellulare e l'organogenesi sono meno esigenti

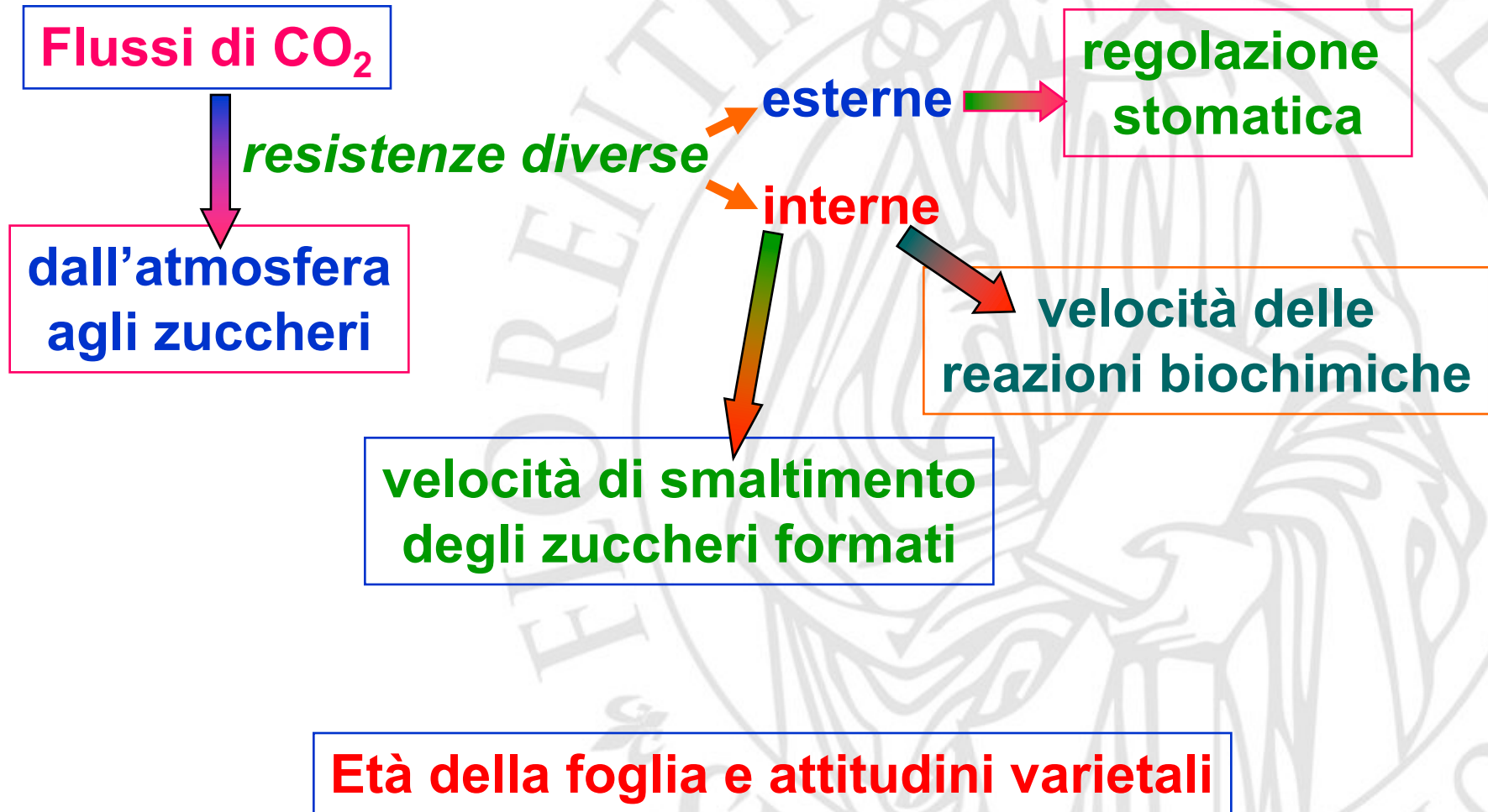
La fotosintesi e l'accumulo di zuccheri sono le funzioni che si mantengono più a lungo all'aumentare dello stress idrico

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

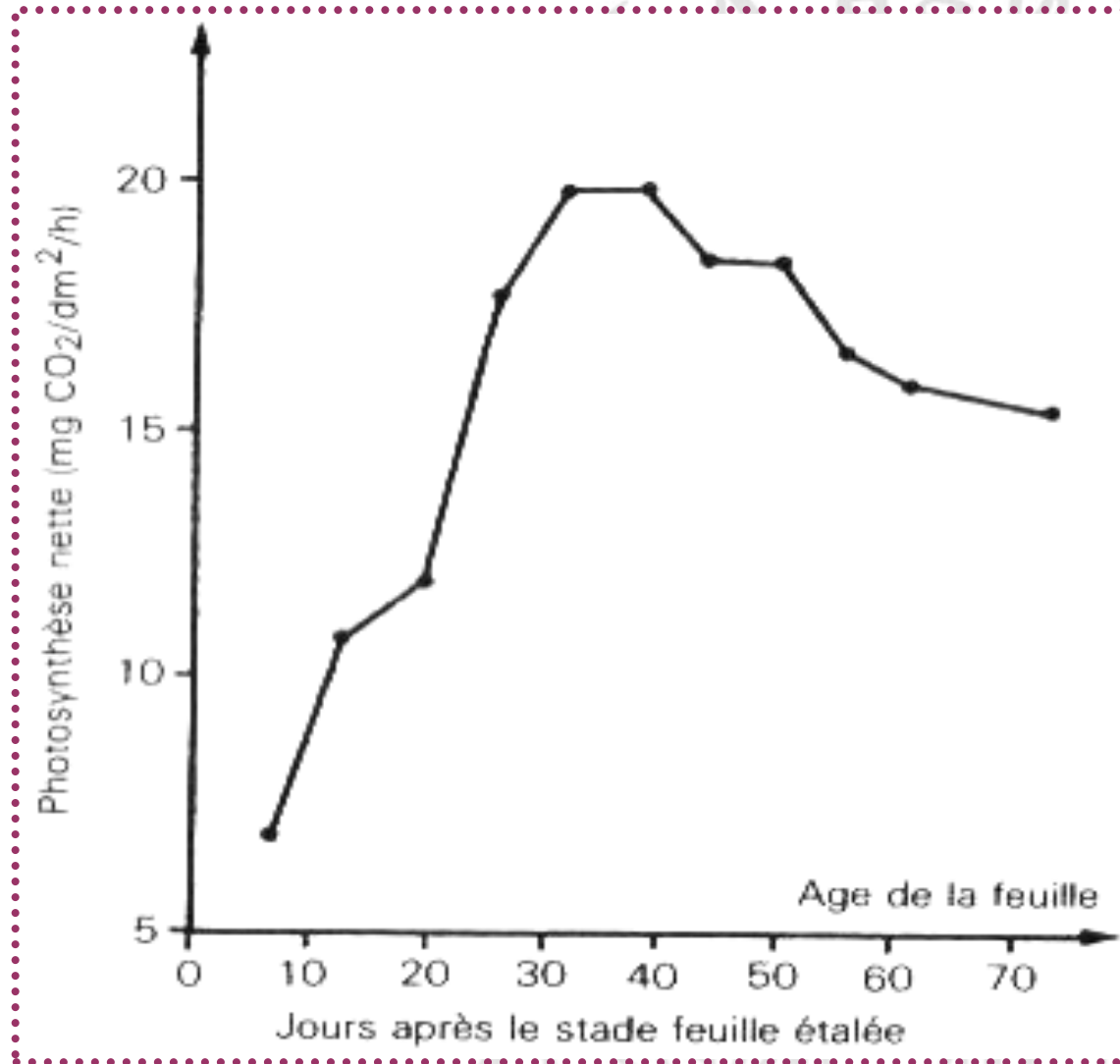
L'età delle foglie gioca un ruolo importante

L'assimilazione di 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

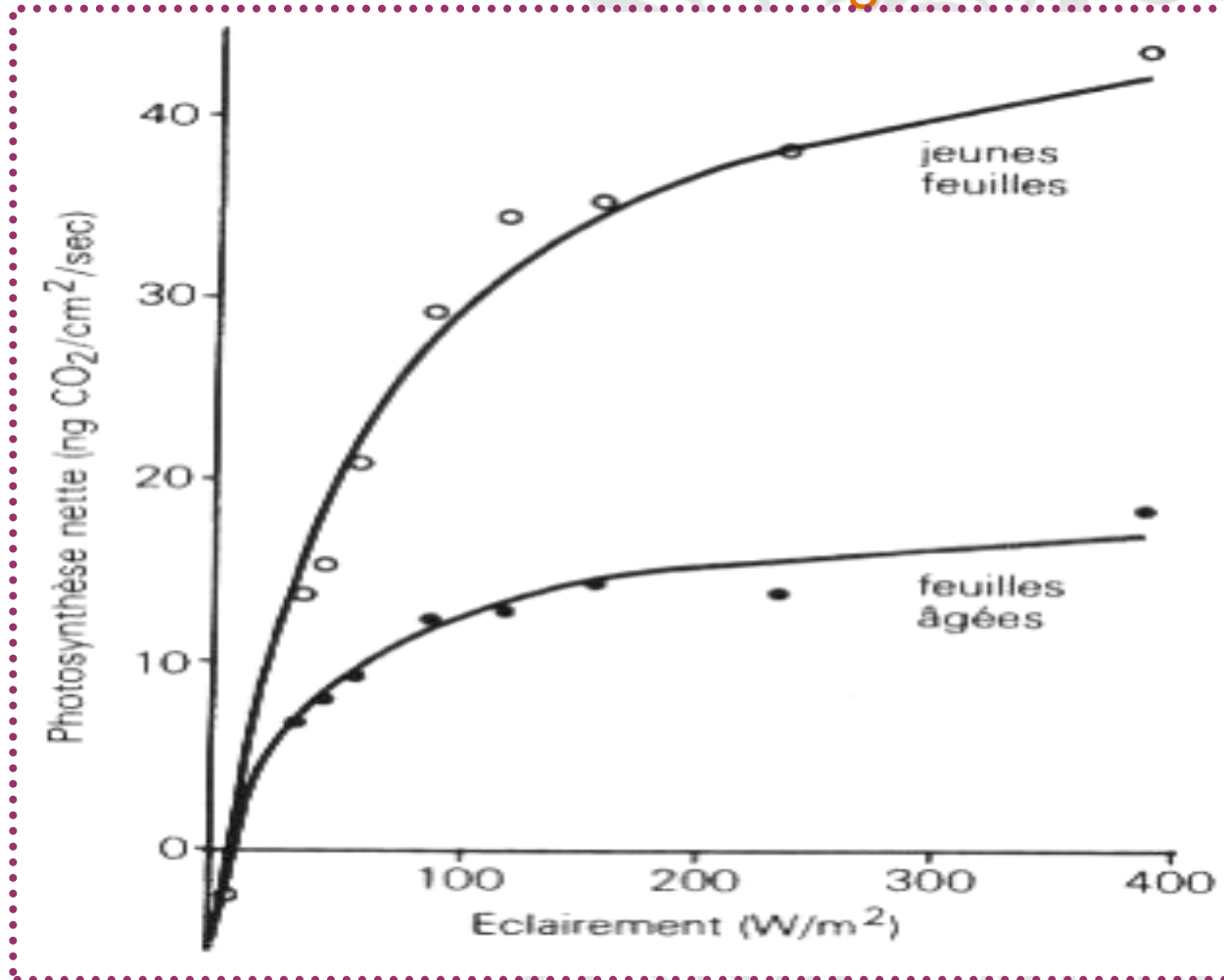
L'età delle foglie

Relazione fra la fotosintesi e l'età delle foglie



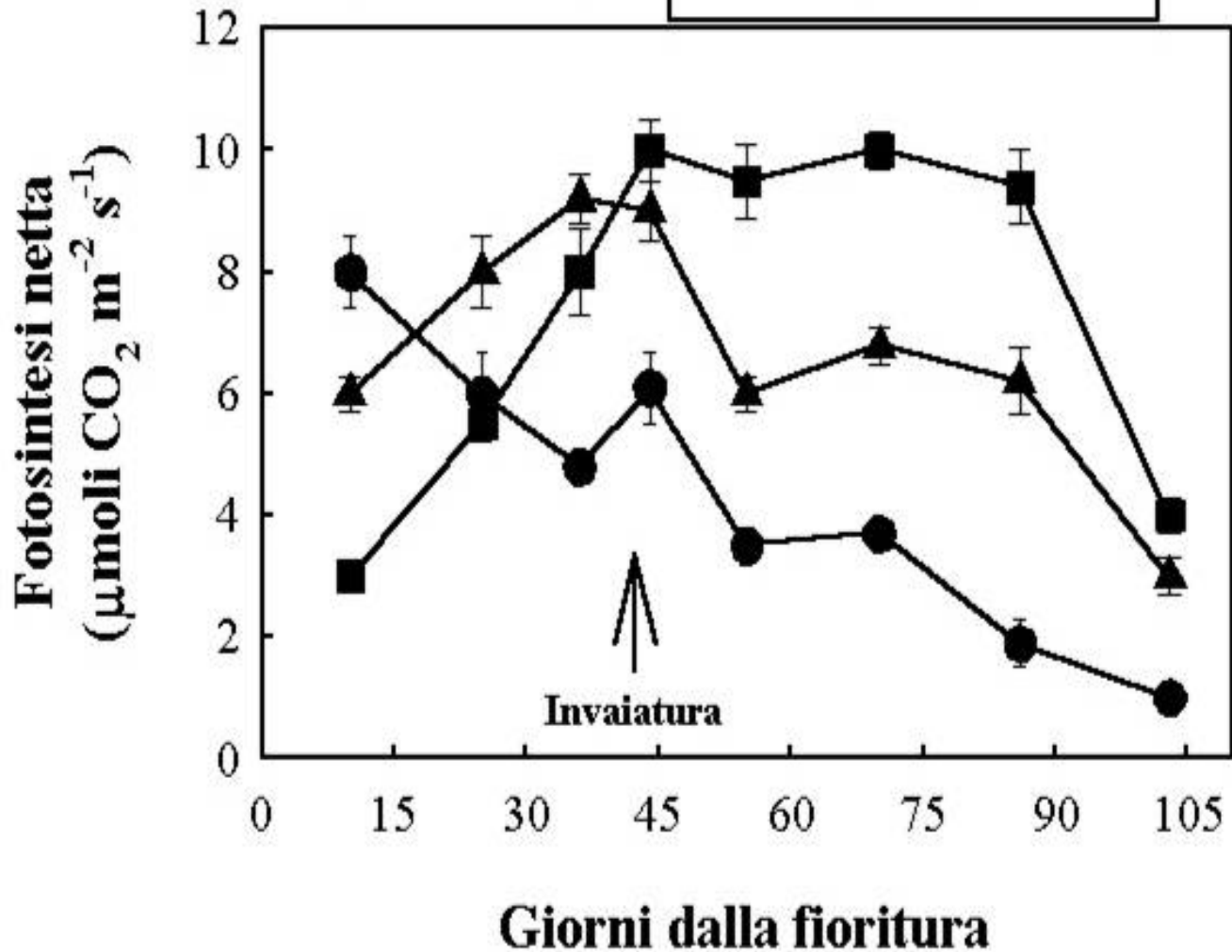
L'età delle foglie

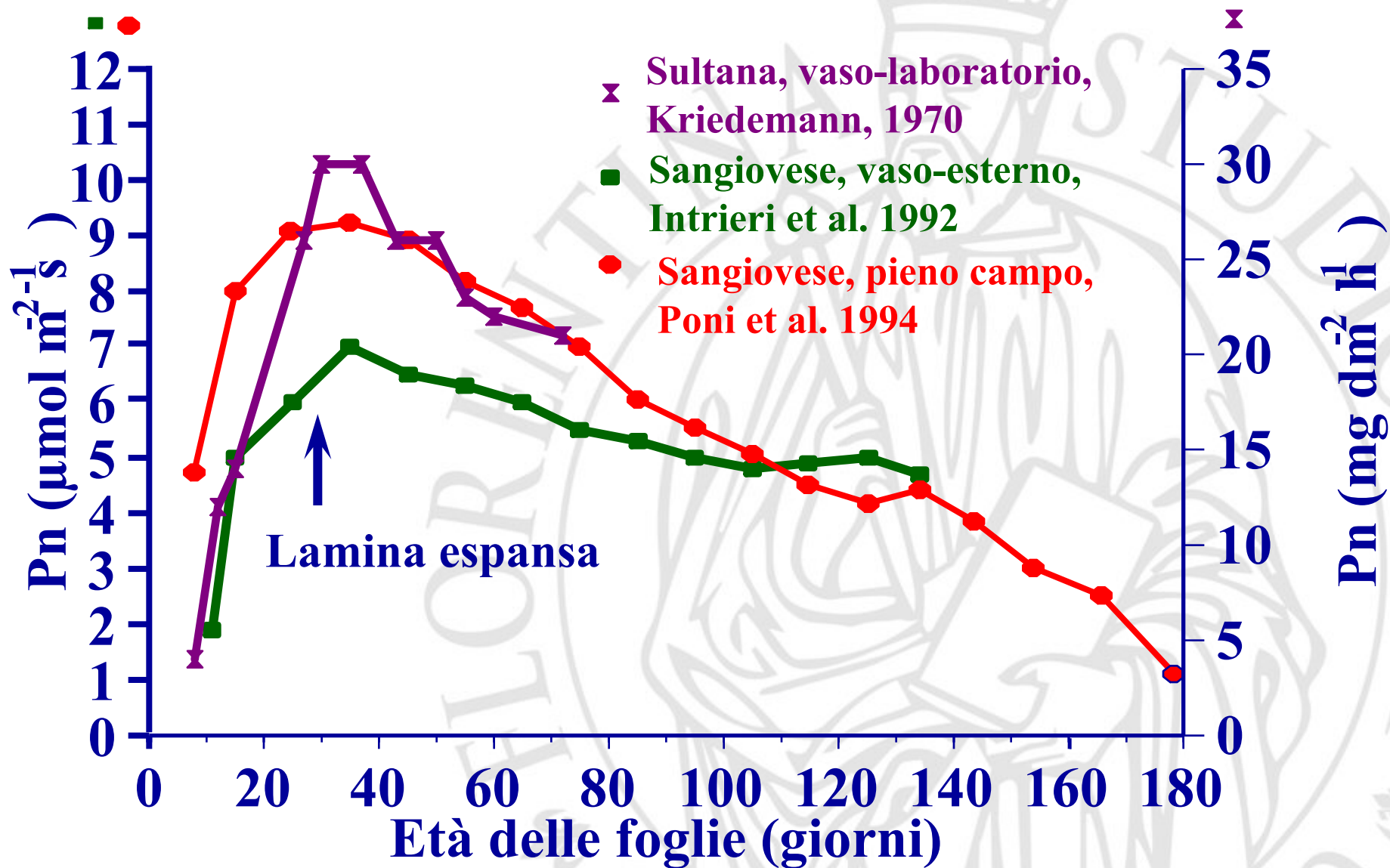
Risposta all'intensità luminosa di una foglia adulta e una giovane



**Sangiovese
controspalliera
(2015)**

- Foglie basali
- ▲ Foglie intermedie
- Foglie apicali





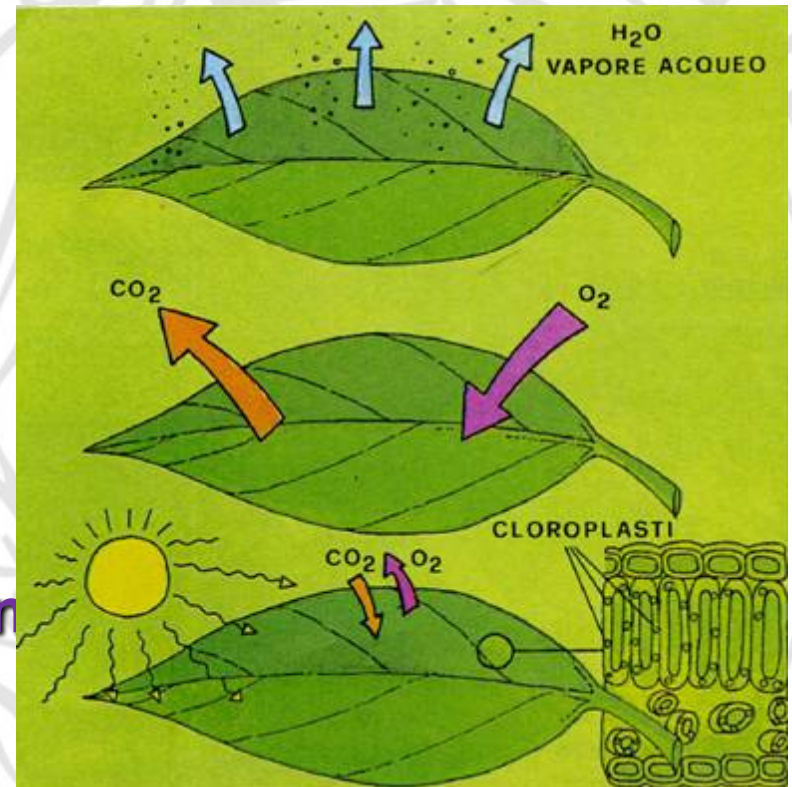
Concentrazione anidride carbonica

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 CO₂

Previsione realistica dell'aumento di 2-4 °C per effetto del raddoppiamento della concentrazione della CO₂

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 CO₂

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**

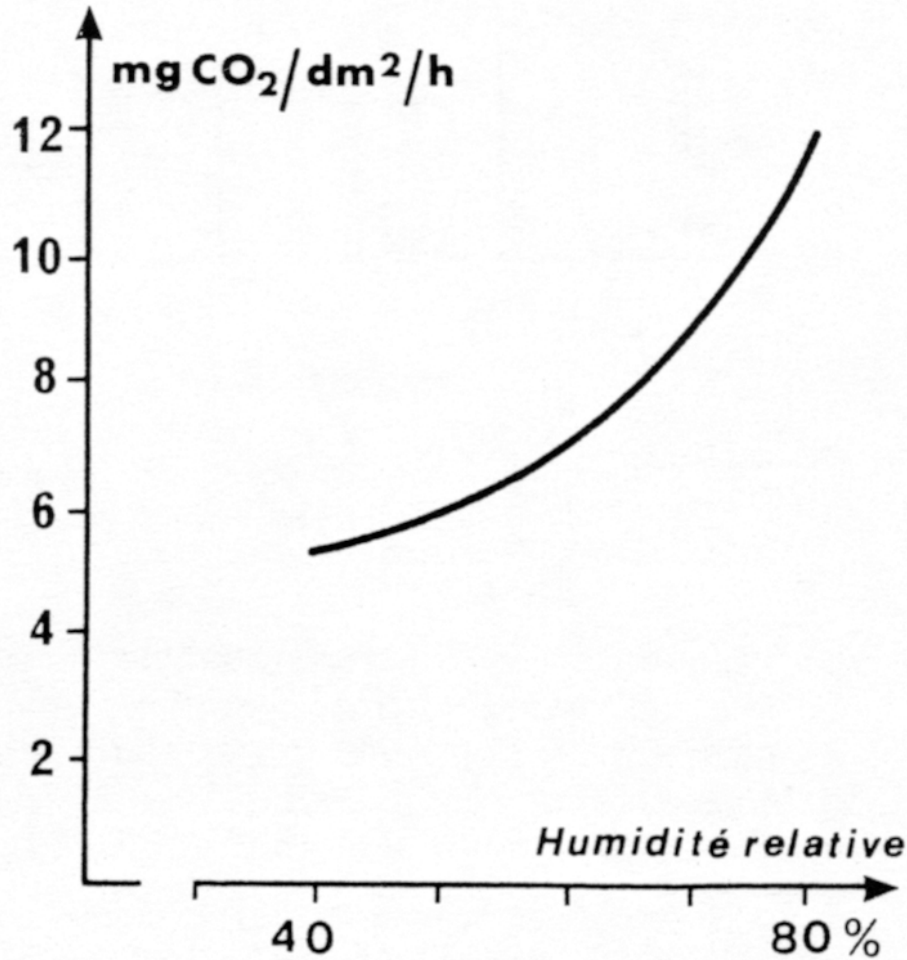


FIGURE 43

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



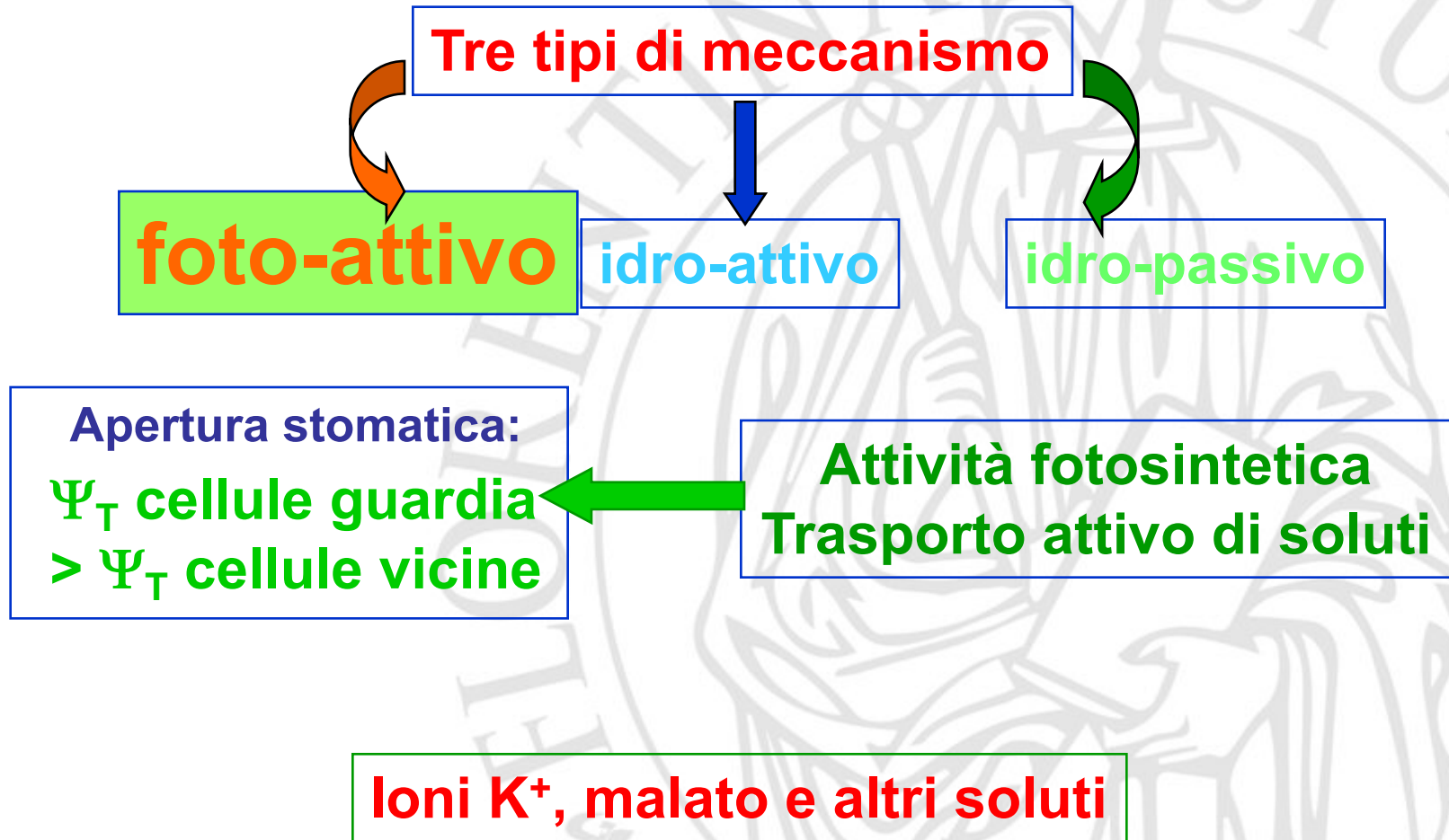
Apertura massima:

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

Situazione molto rara

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

Funzionalità stomatica



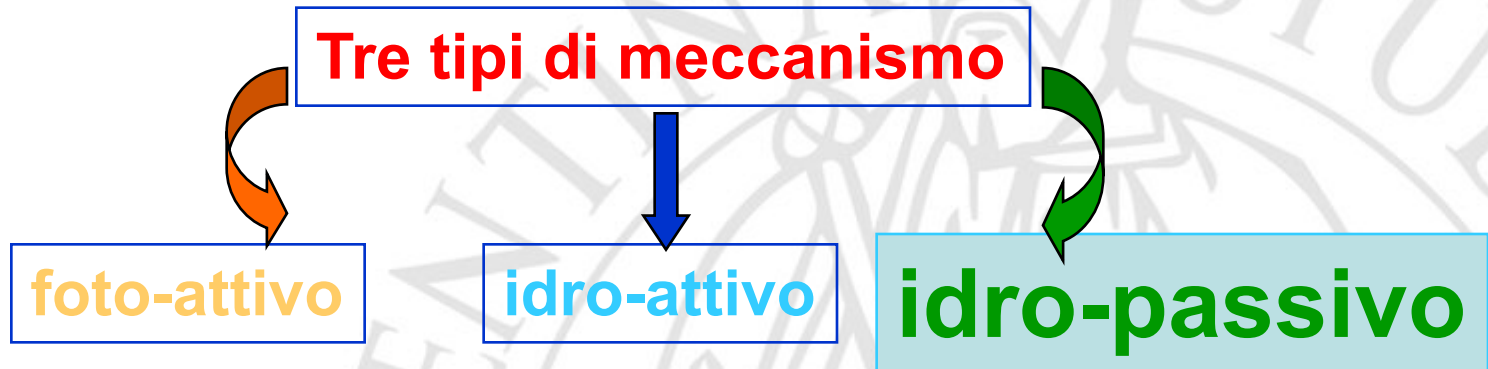
Funzionalità stomatica



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 CO₂ 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

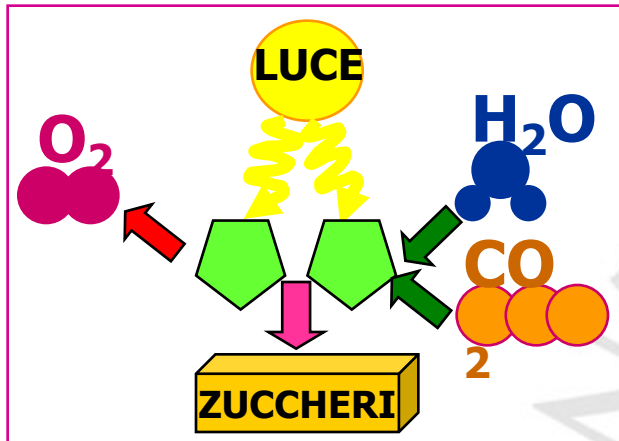
4

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

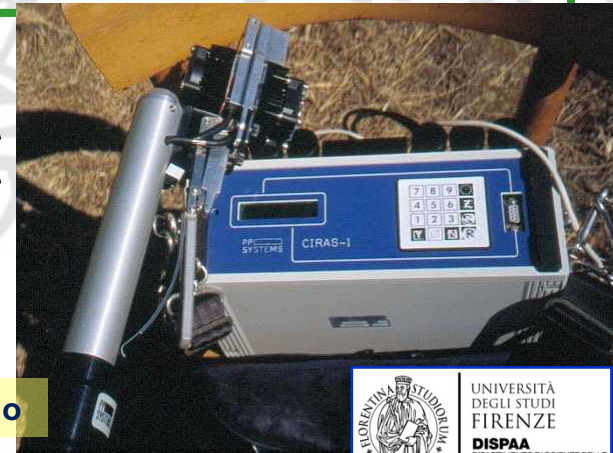
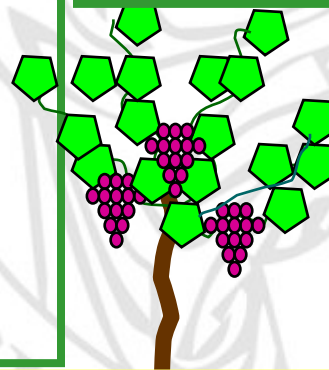


Foglia singola:

- 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 cm²

Ciras 1, PPSsystems



G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

Strumenti per la misura della fotosintesi su foglie singole



CUVETTA

2,5 cm²

Ciras 1, PPSystems



ADC - LCA3





Ciras 1



Ciras 3



ADC Pro



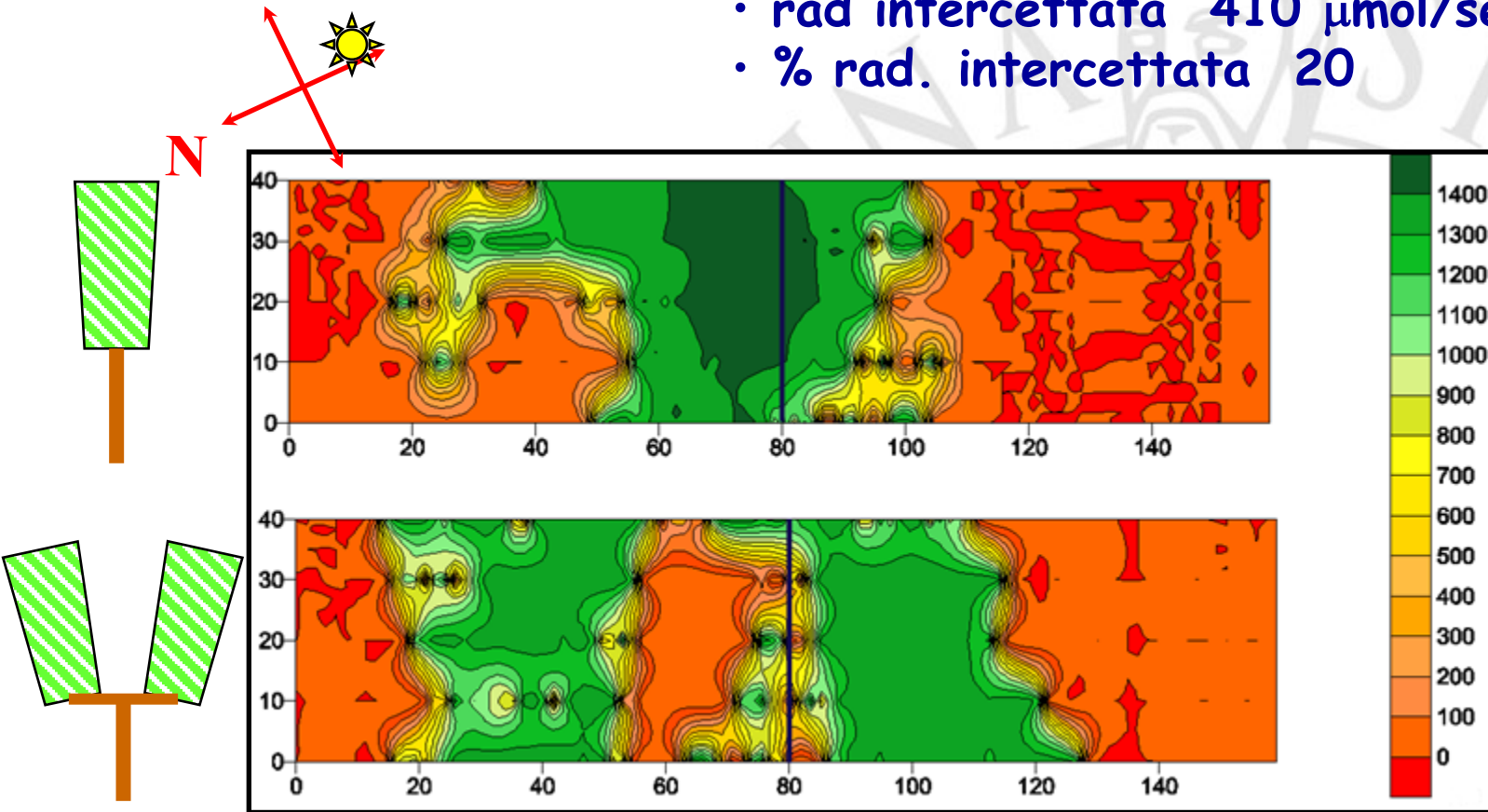
Li-Cor 6400



Intercettazione luminosa

Cordone speronato:

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

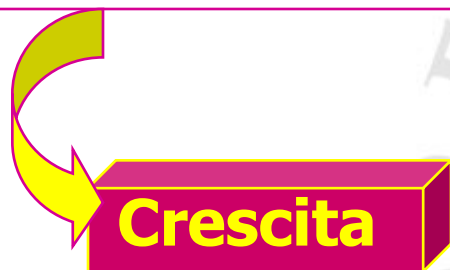
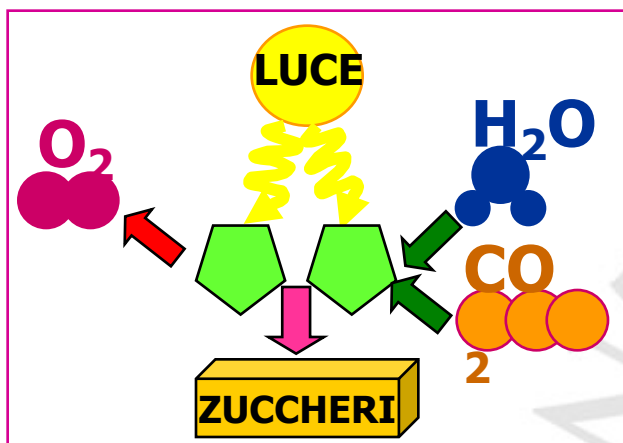


Lira:

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

GG 220 - ore 11.00

MISURE DELLA FOTOSINTESI IN PIENO CAMPO

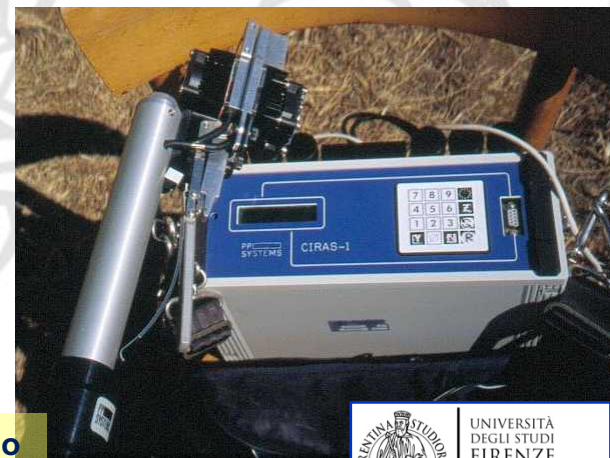
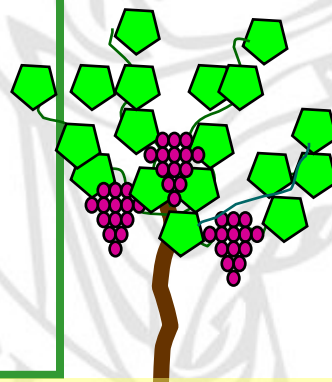


Foglia singola:

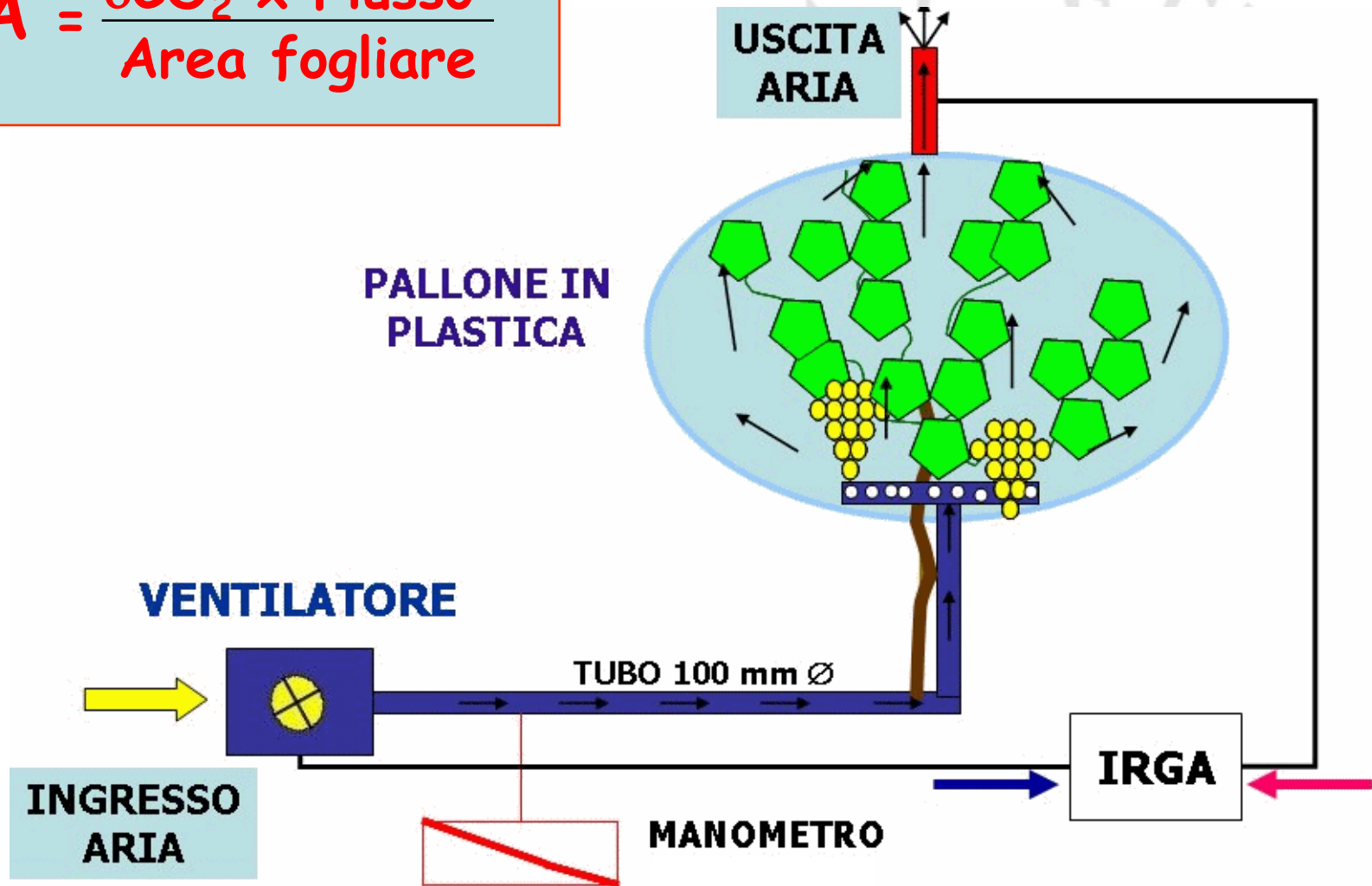
- relativamente semplice
- buon indicatore della risposta della pianta alle condizioni ambientali
- interpretazione dei risultati più affidabile con: area fogliare totale, distribuzione spaziale delle foglie, "demografia" fogliare, ecc.

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

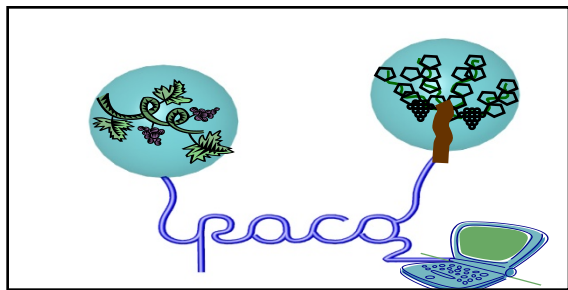




Il sistema P.A.CO₂

(Plant Analyzer for CO₂)

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



G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino



Misure dei vari parametri ogni 12 min.



Efficienza della chioma

Uso dell'acqua



2005

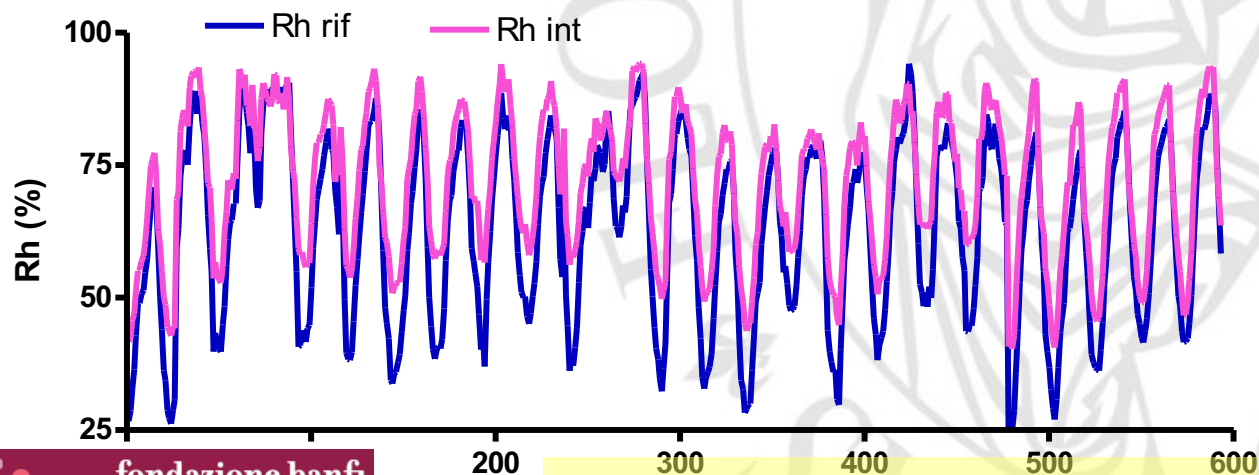
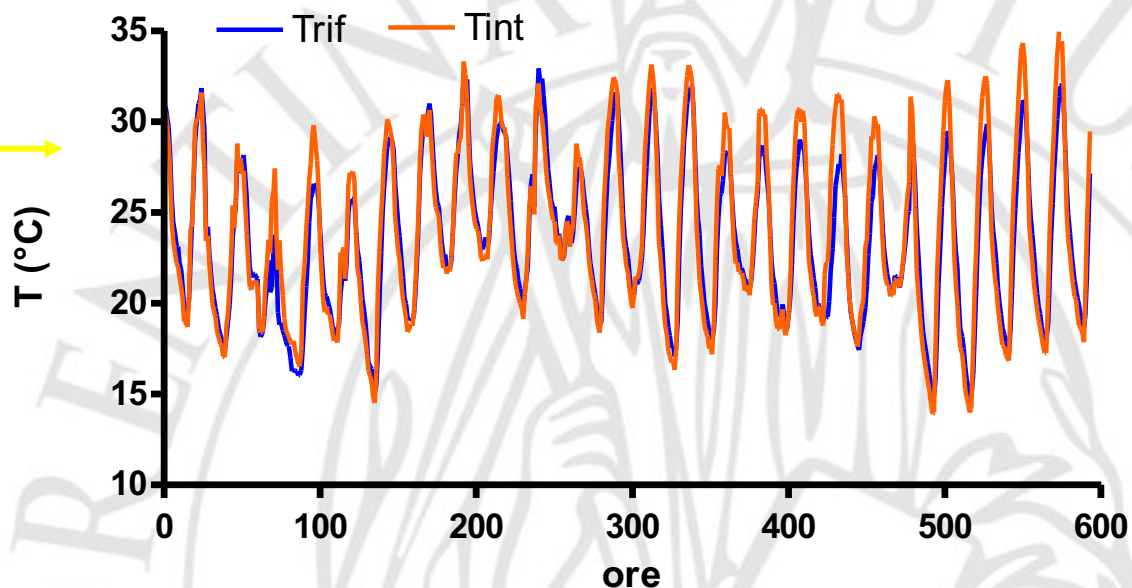


2006

Risultati ottenuti con PACO₂

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.

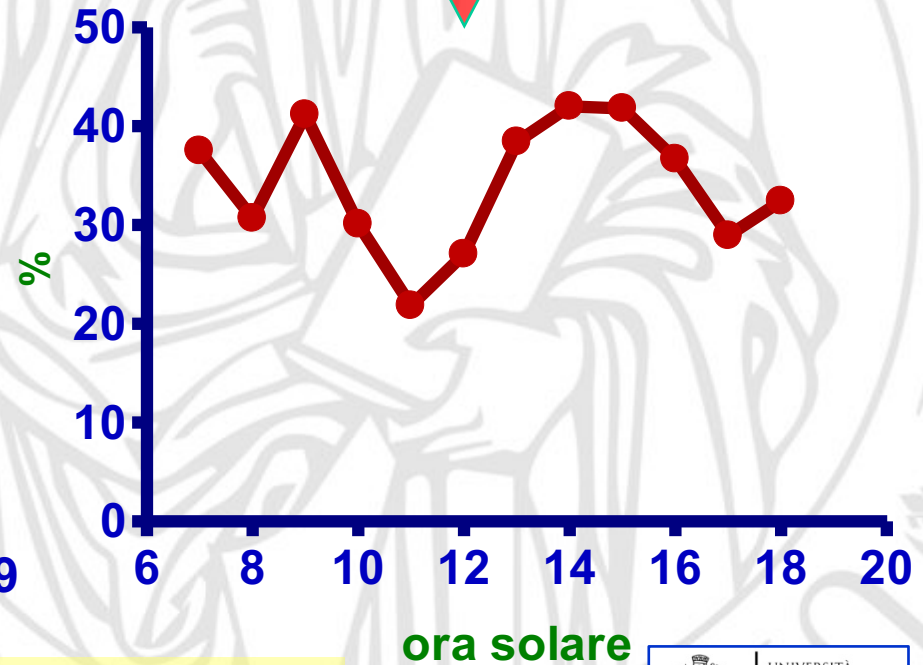
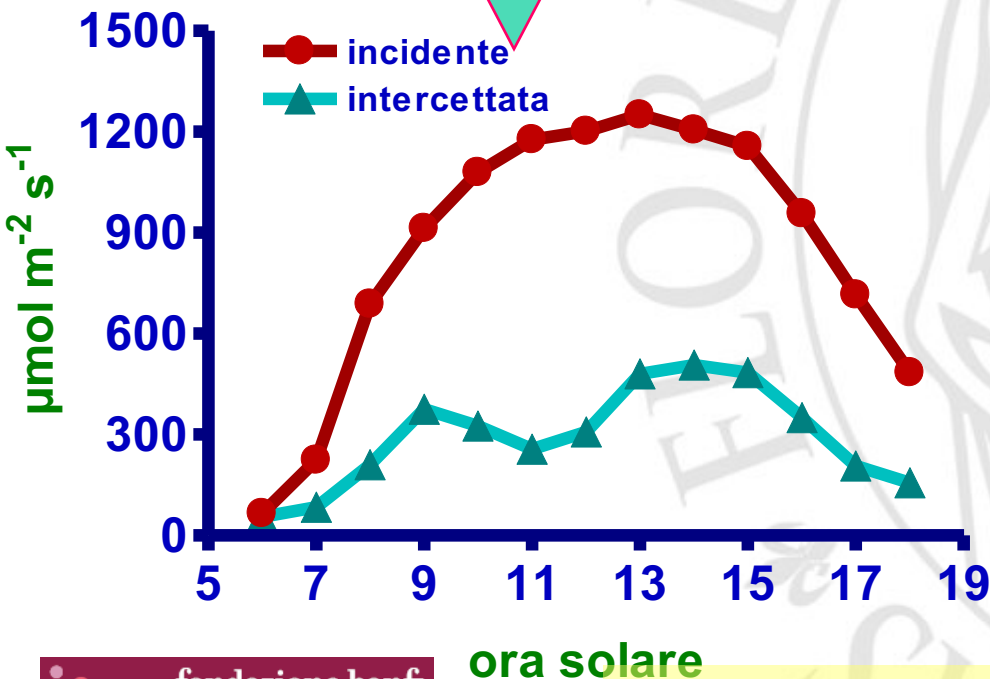


Nelle ore centrali della giornata l'umidità interna è più elevata per la traspirazione delle foglie.

Luce intercettata

Tipico andamento di intercettazione per filari con orientamento N-S

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

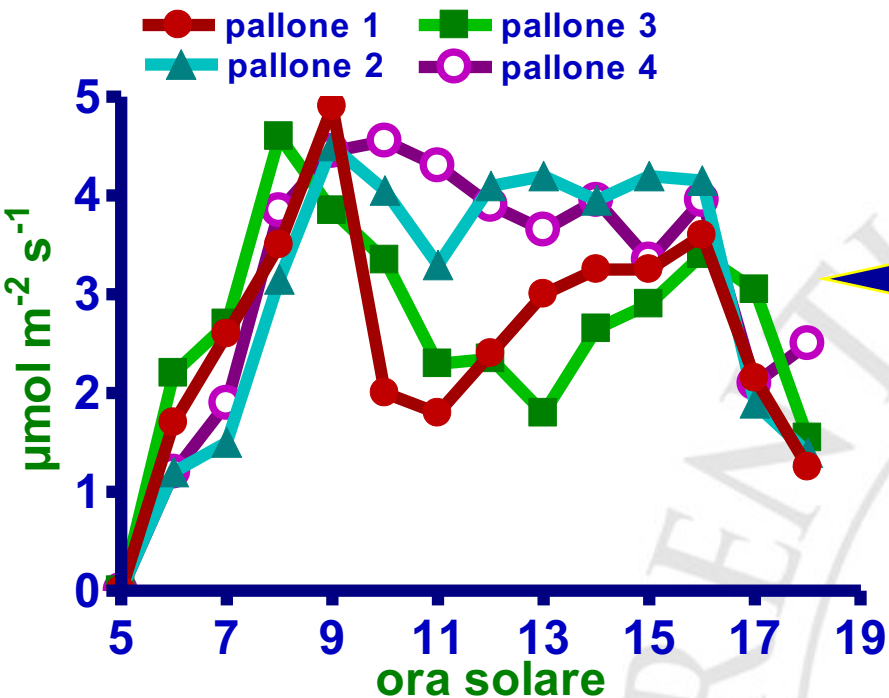


ora solare

ora solare

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

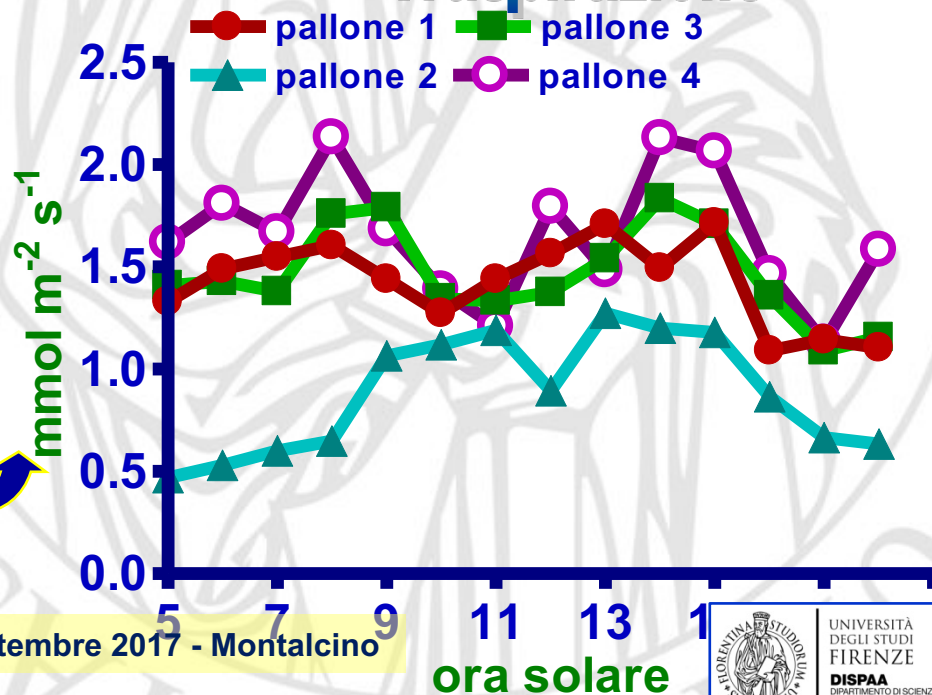
Fotosintesi



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

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

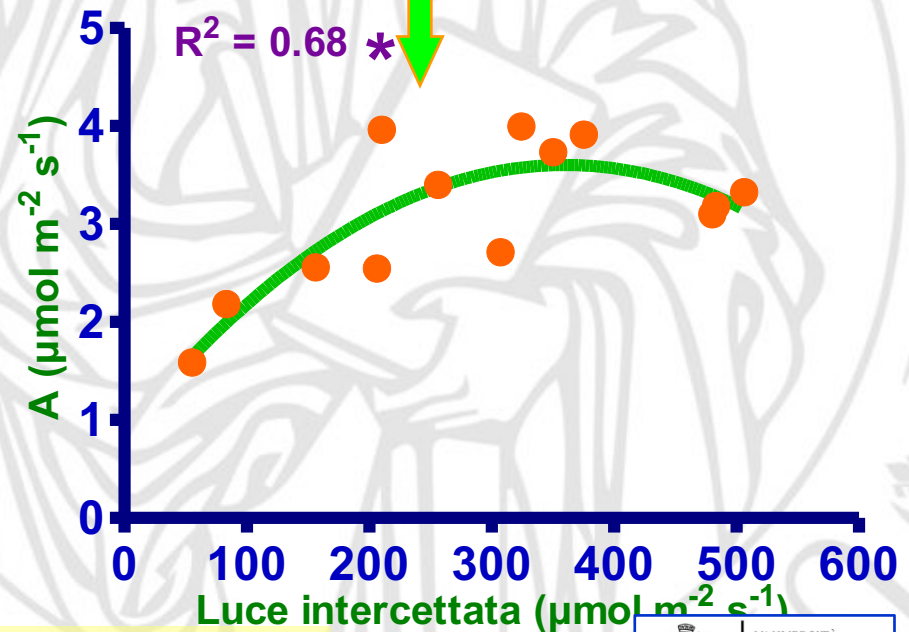
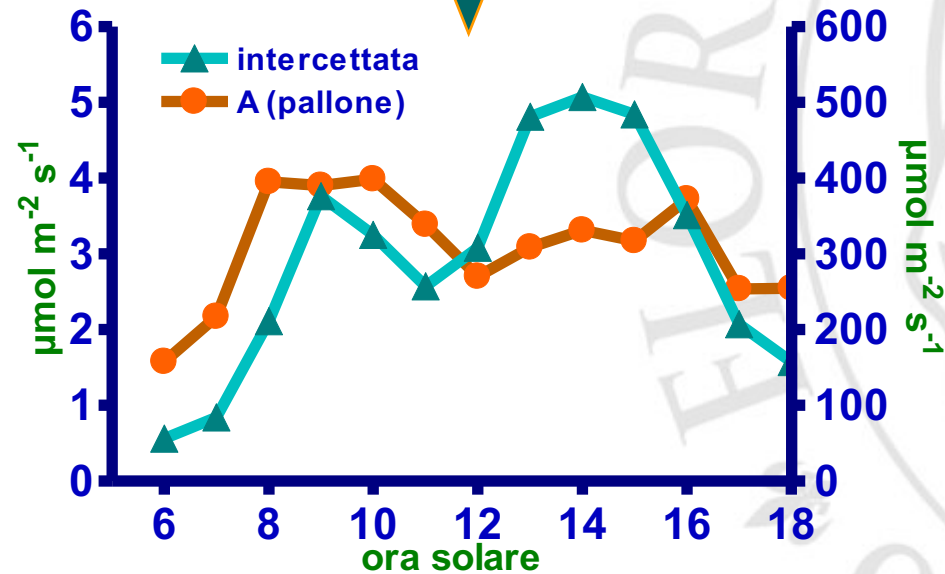
Traspirazione



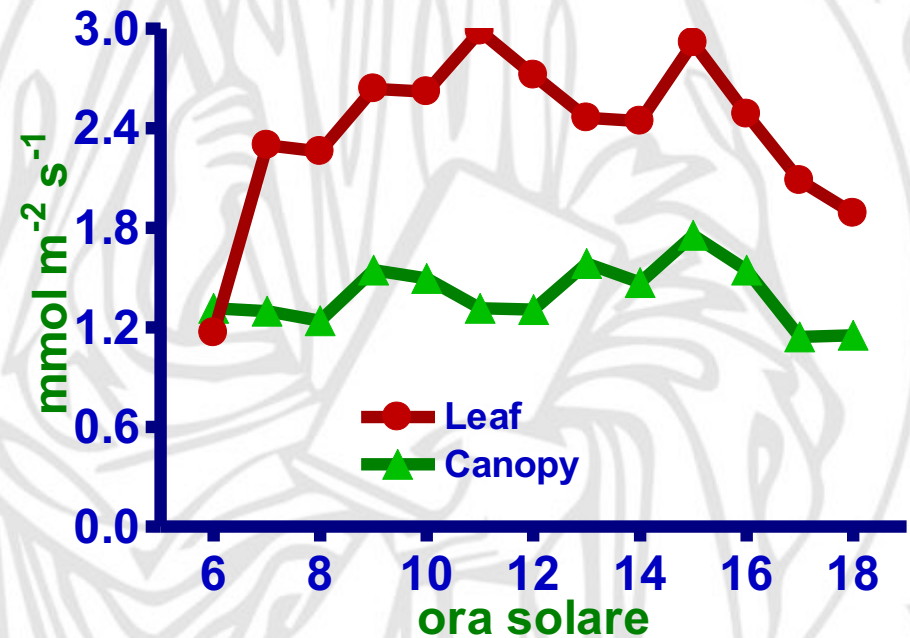
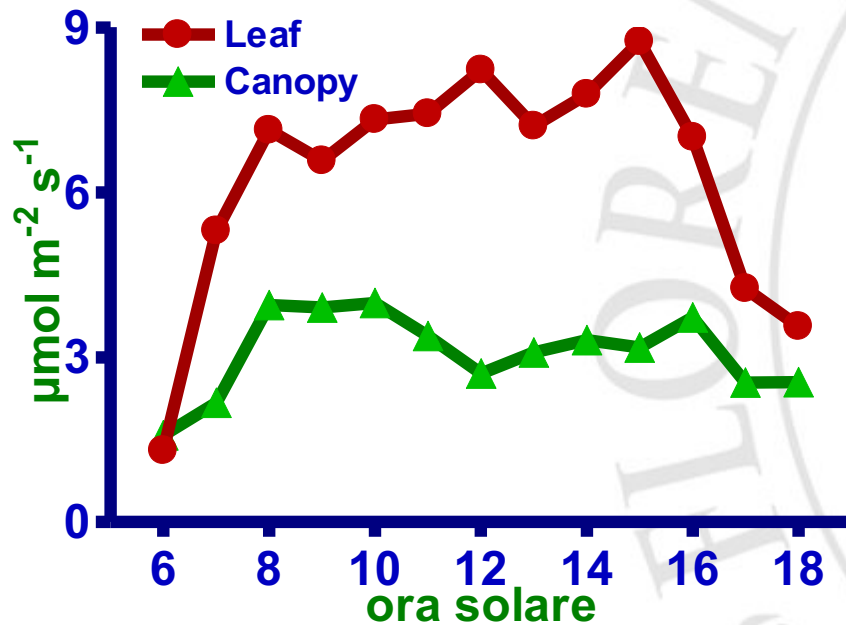
Luce intercettata e fotosintesi

Andamento simile

Buona correlazione tra le due grandezze

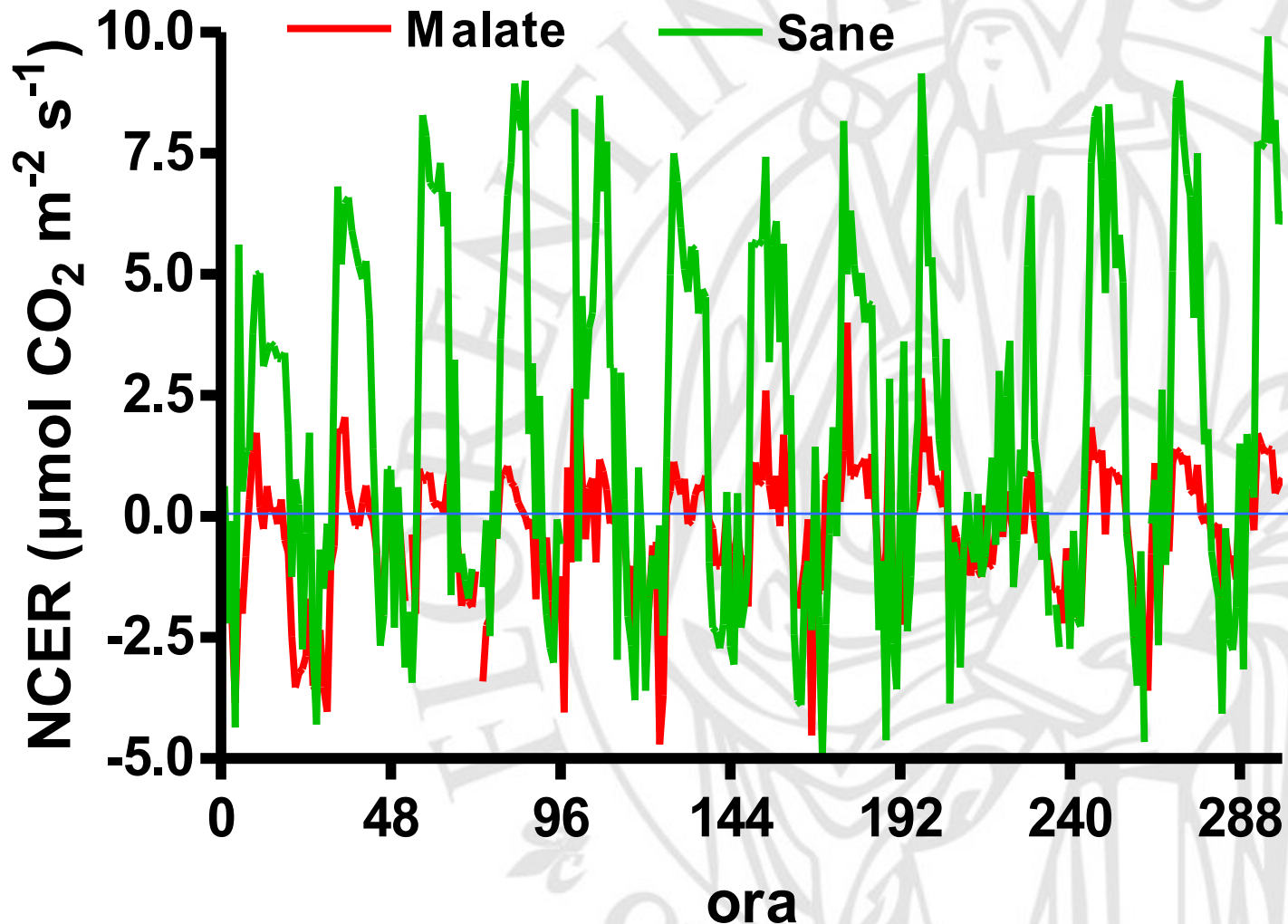


Il confronto tra foglia singola e chioma intera deve essere integrato dalle misure di intercettazione luminosa

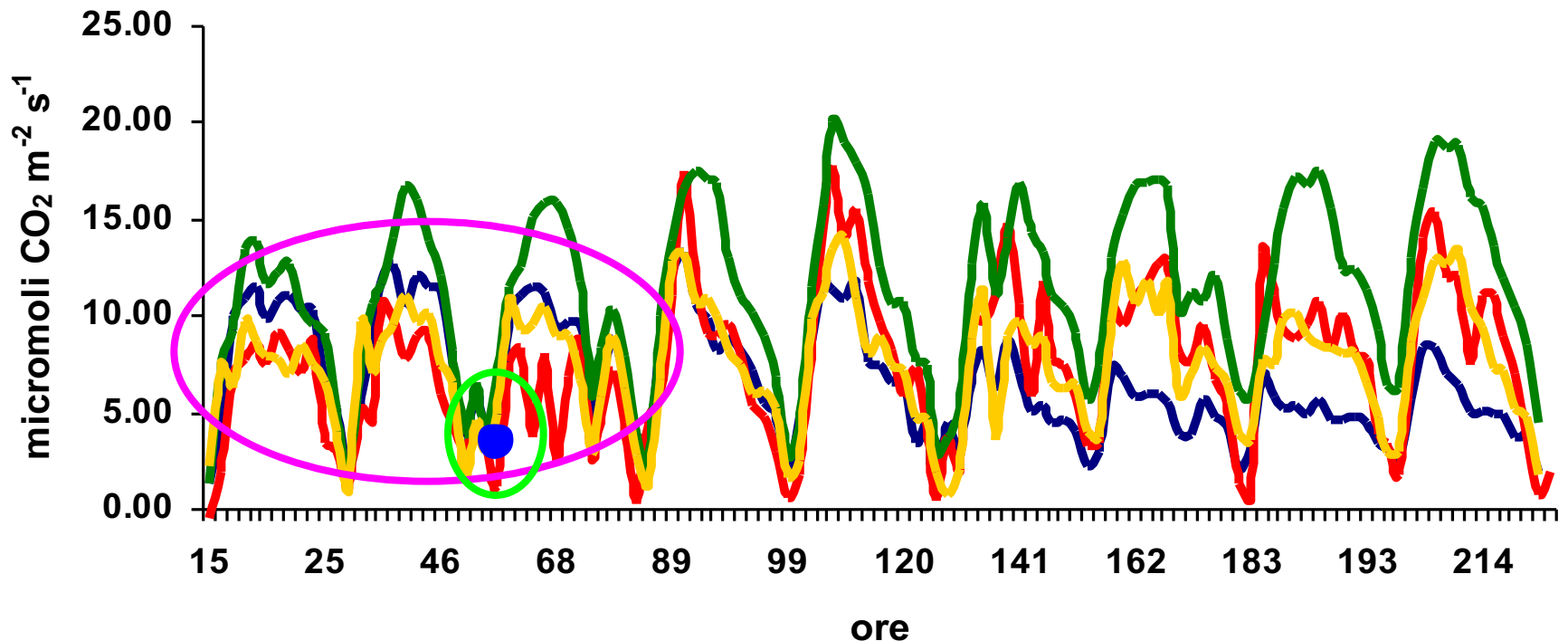


Effetto dei sintomi di mal dell'esca

Fotosintesi effettiva malate-sane



Fotosintesi

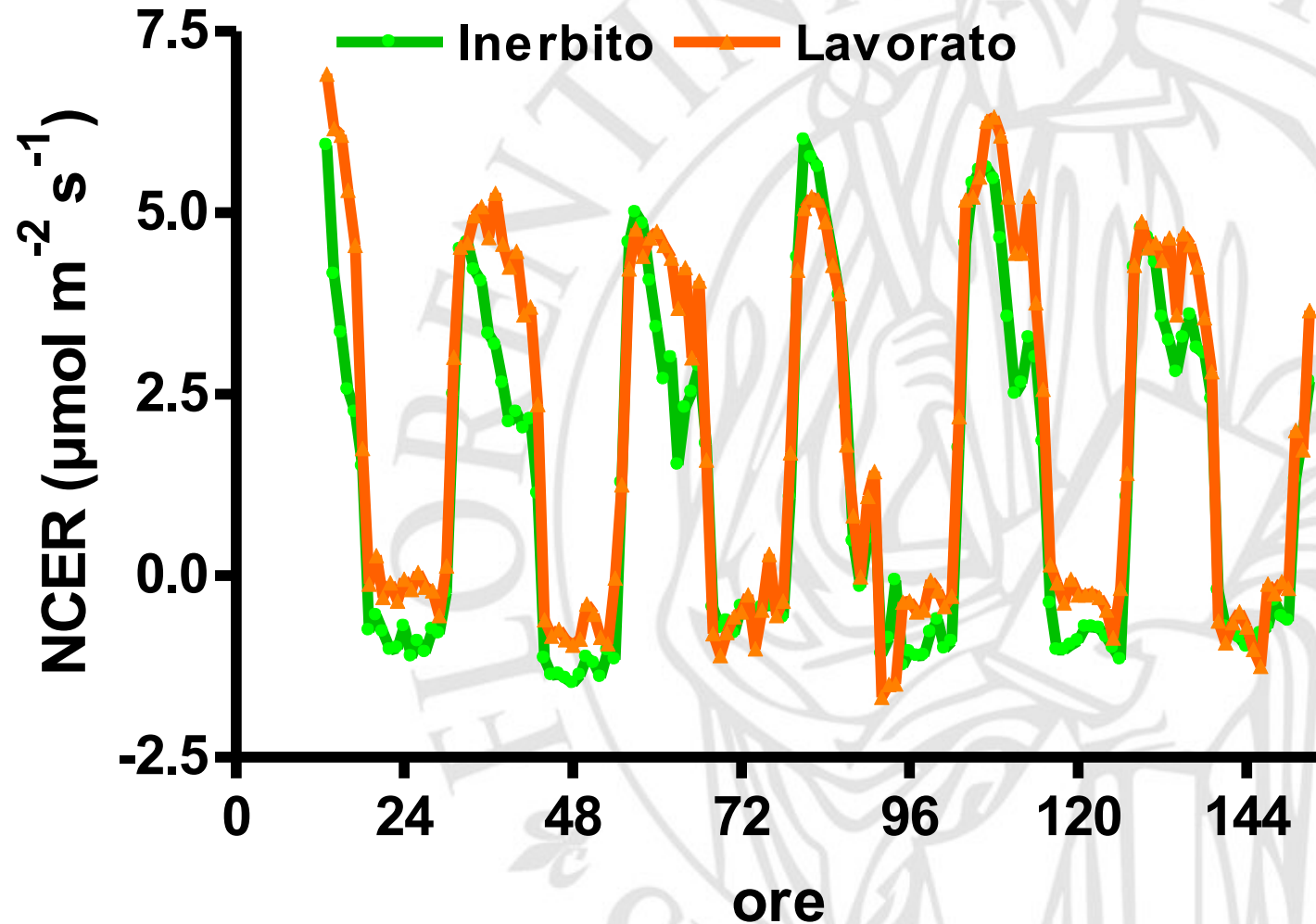


— P1 sintomi dal 18/06 — P2 sintomatica — P3 asintomatica — P4 sintomatica

Comparsa dei sintomi

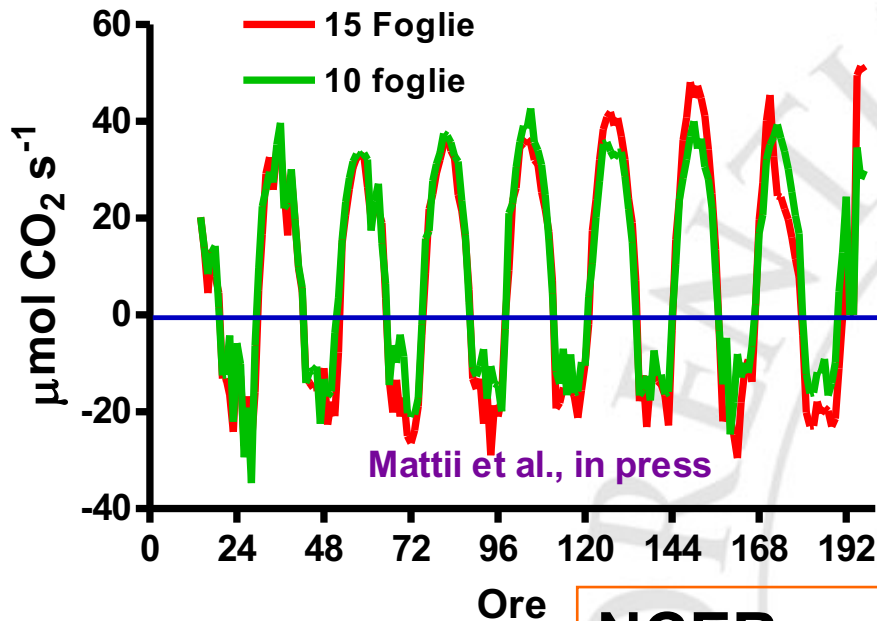
Forte diminuzione in
corrispondenza
dell'aggravarsi dei
sintomi

Effetto della tecnica colturale del terreno

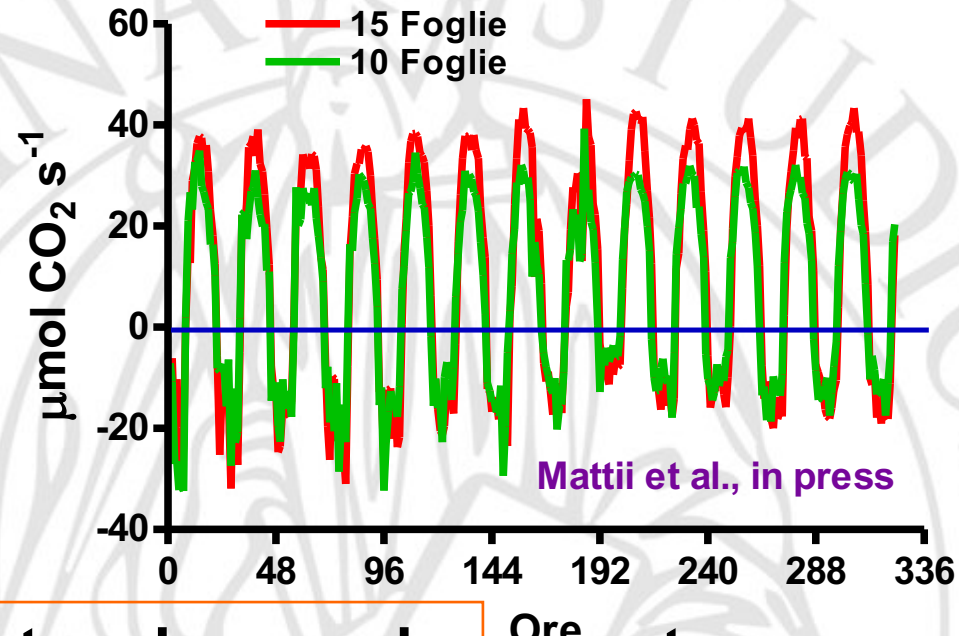


NCER/vite

Giugno



Luglio



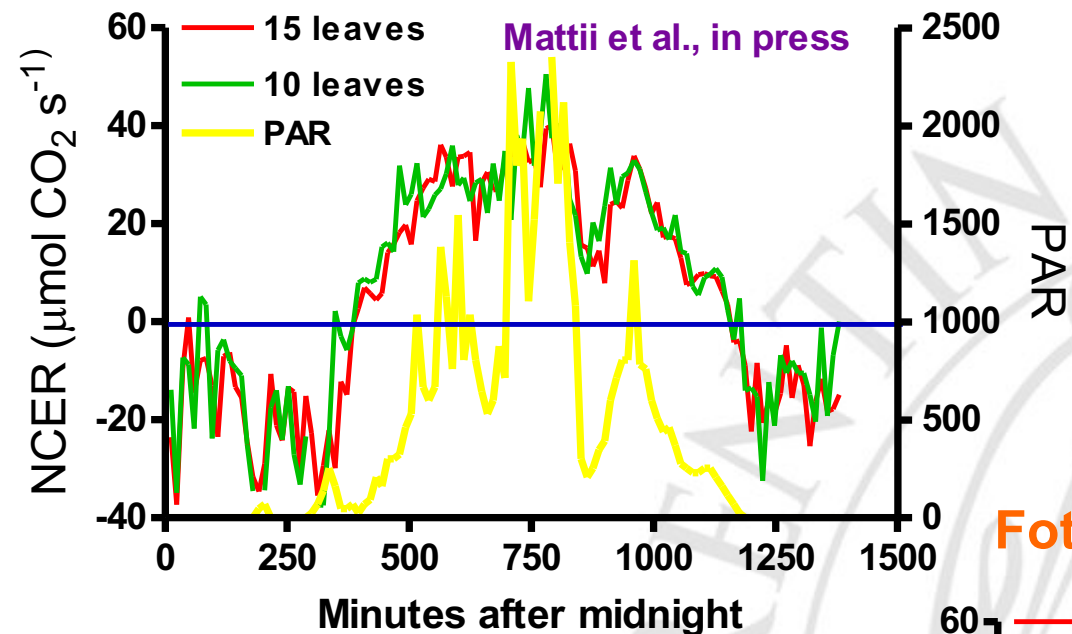
NCER = net carbon exchange rate

Le foglie più giovani nella chioma più alta diminuiscono la fotosintesi

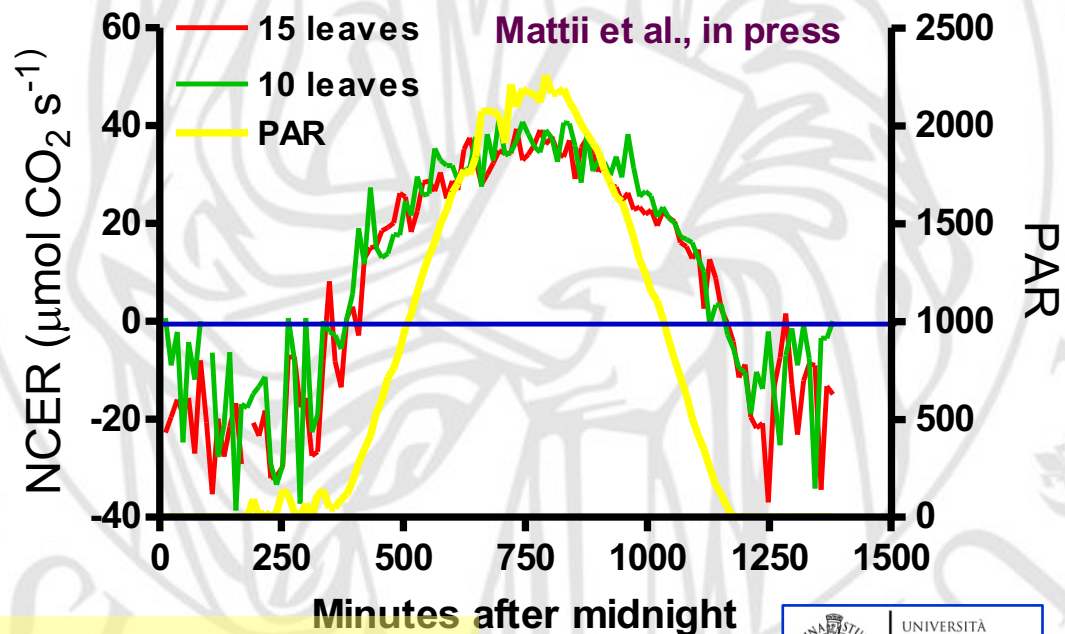
Effetto dell'invecchiamento fogliare durante le misure

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

Fotosintesi in una giornata nuvolosa

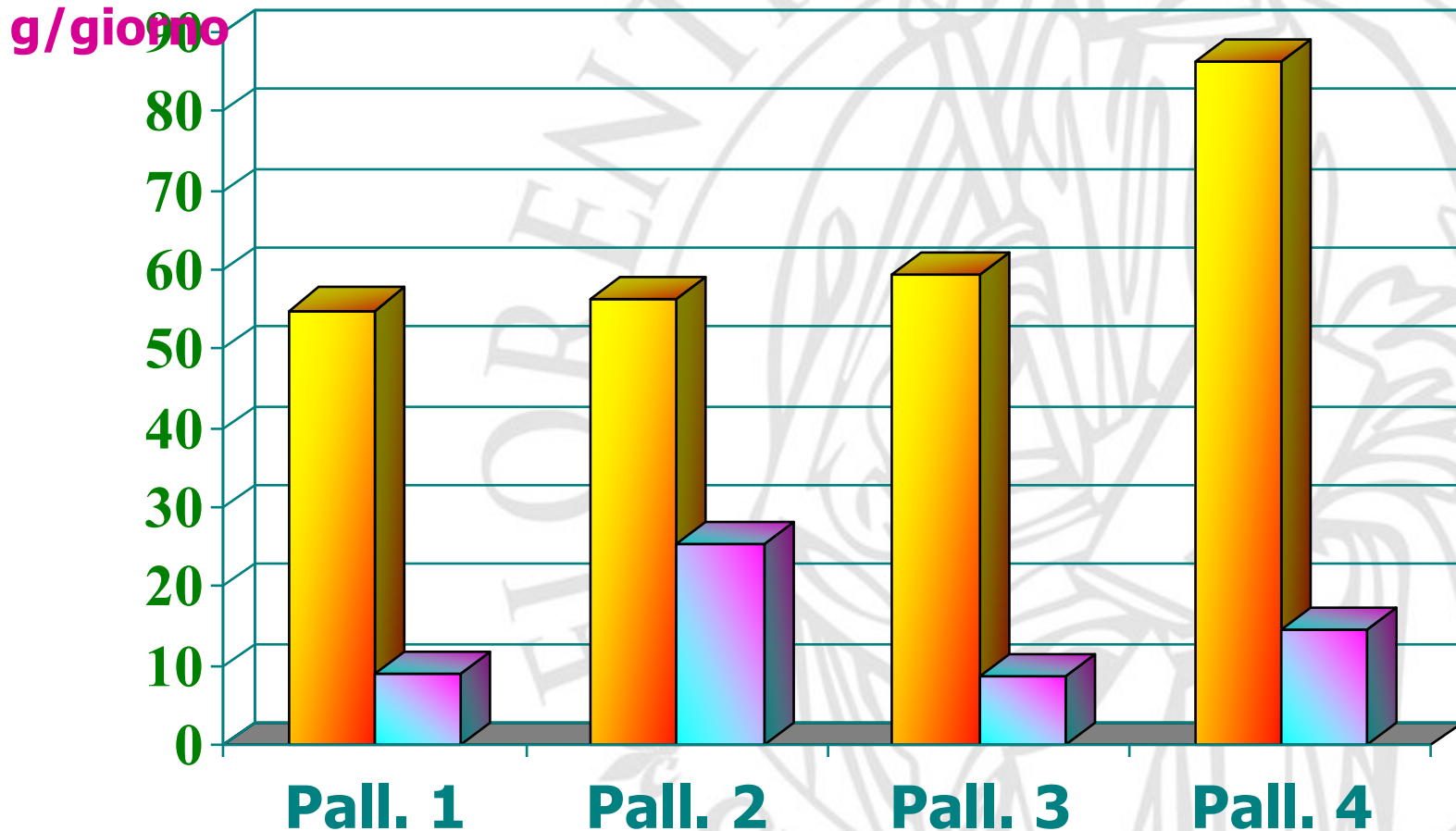


Fotosintesi in un giorno sereno



Sostanza secca prodotta da ogni pianta

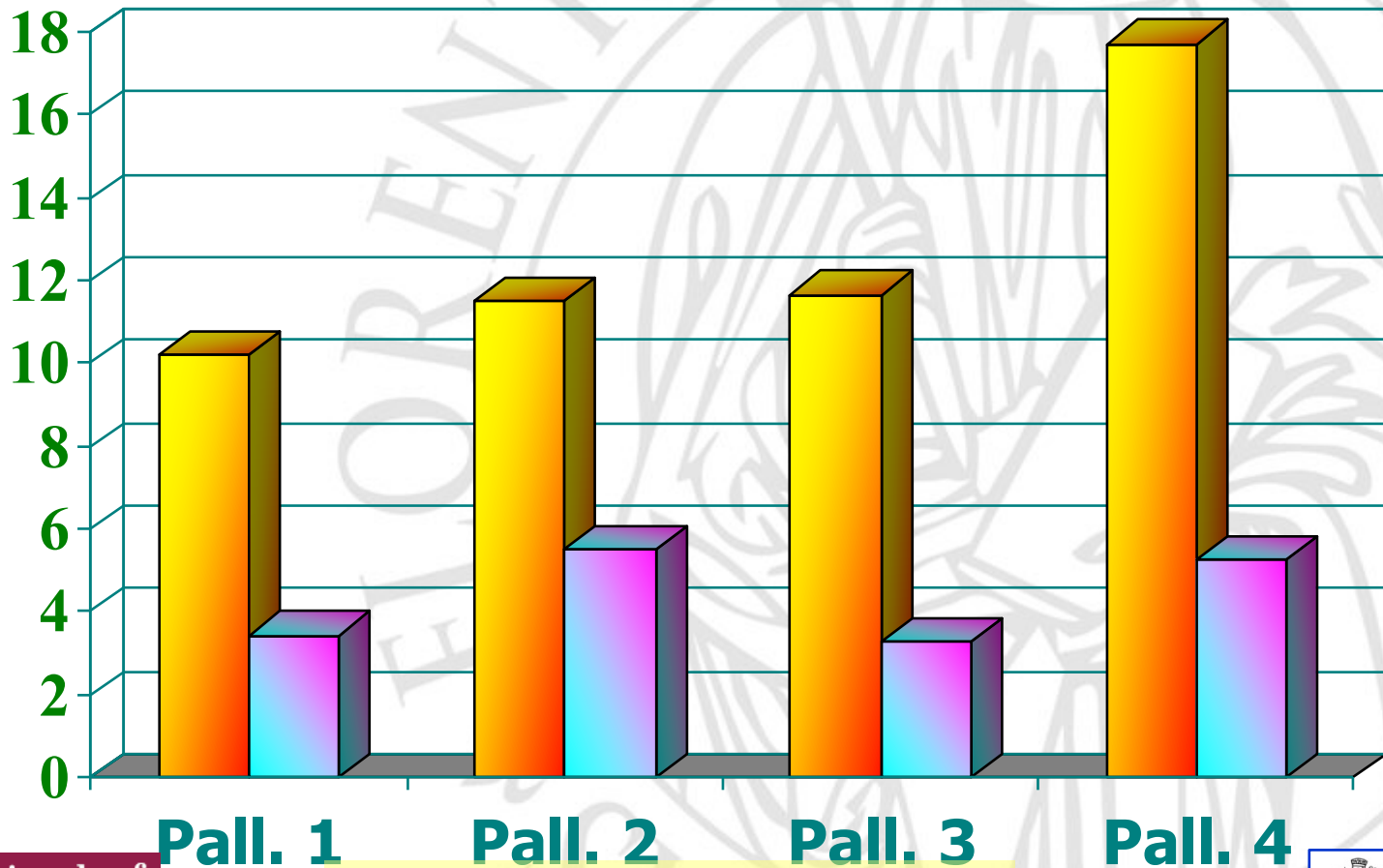
■ Tendone ■ Controspalliera



Acqua traspirata da ogni pianta

■ **Tendone** ■ **Controspalliera**

litri/giorno



Pall. 1

Pall. 2

Pall. 3

Pall. 4

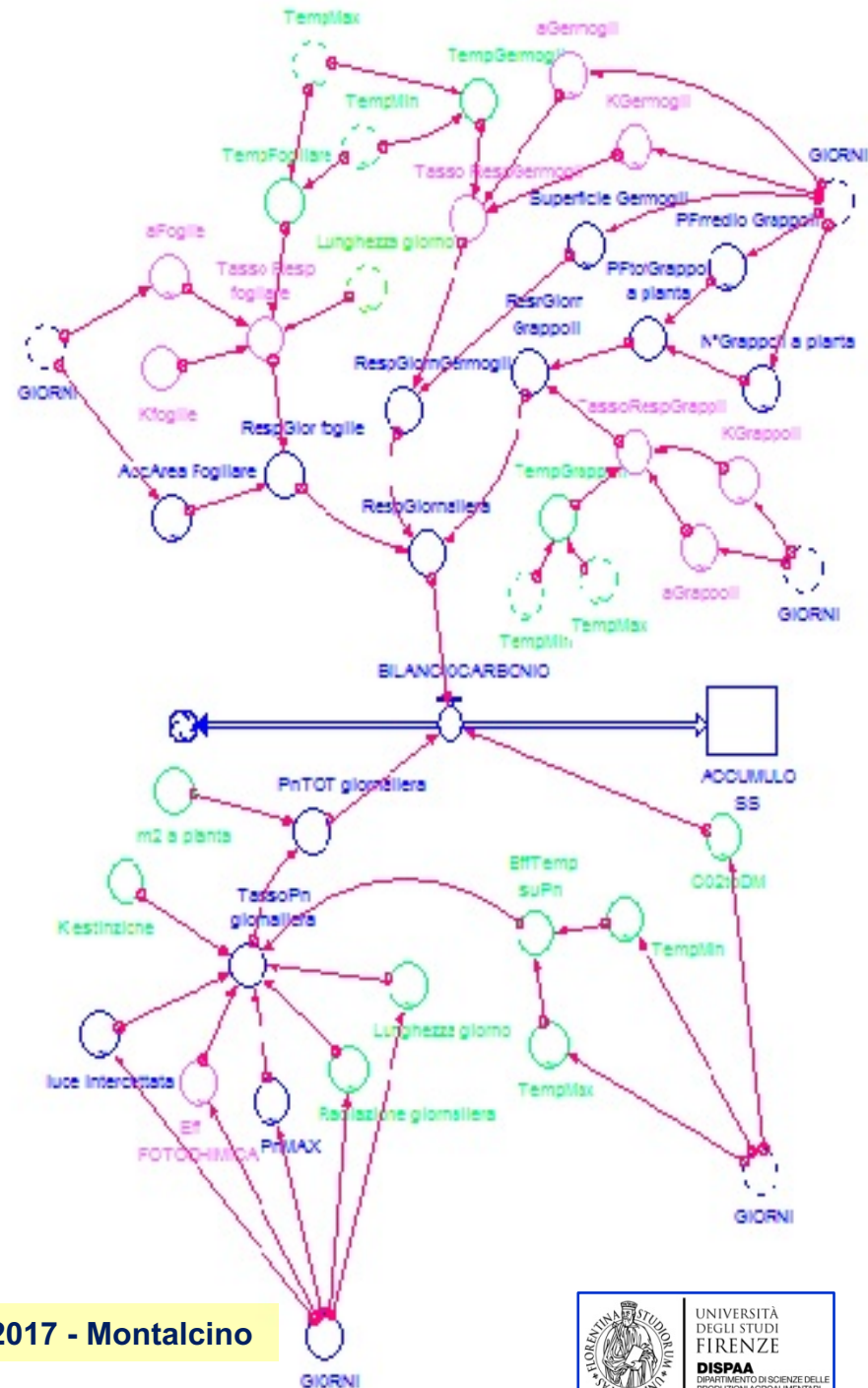
G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

- 2 Submodelli : Respirazione e Fotosintesi

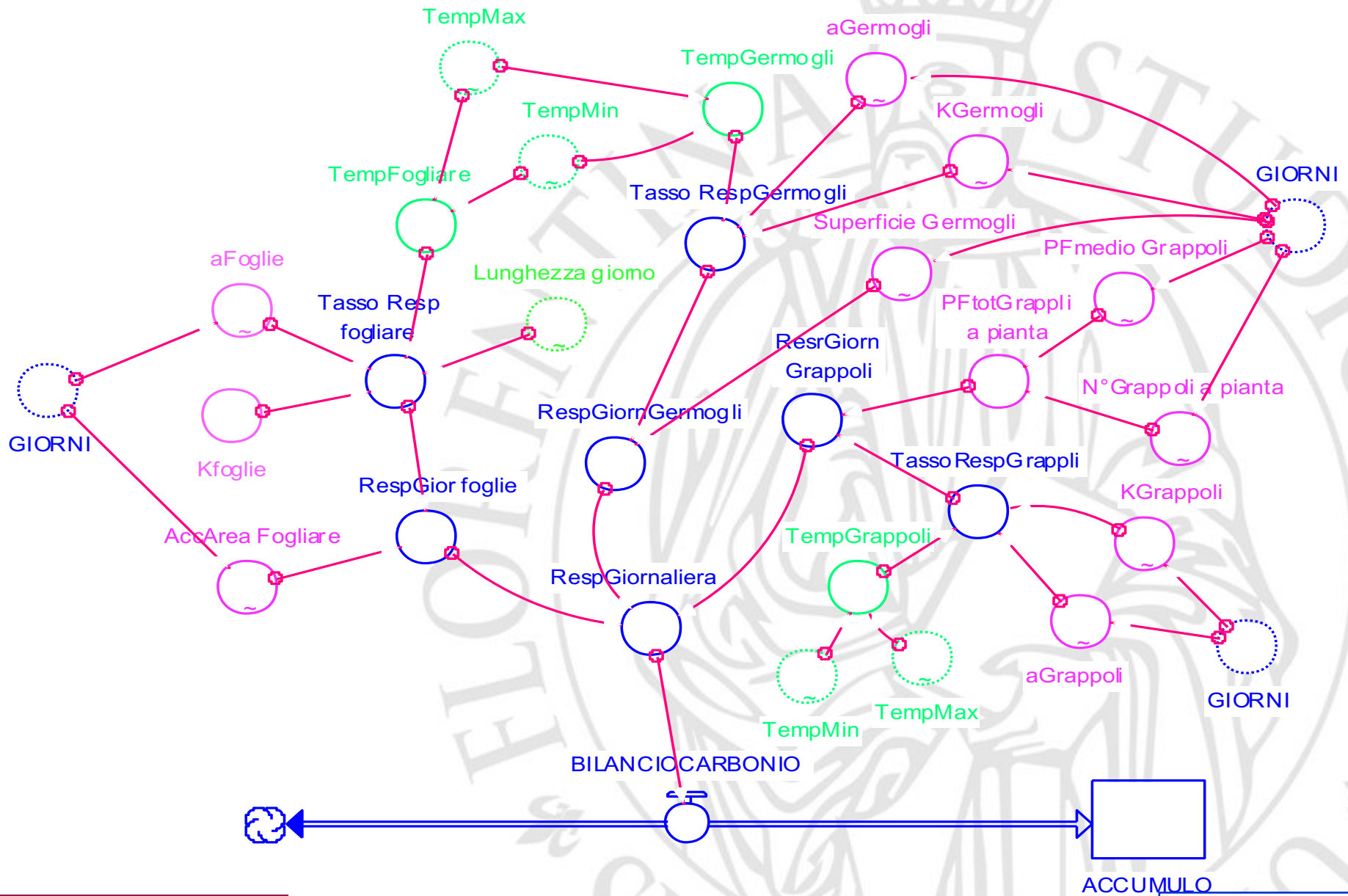
- Input :

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

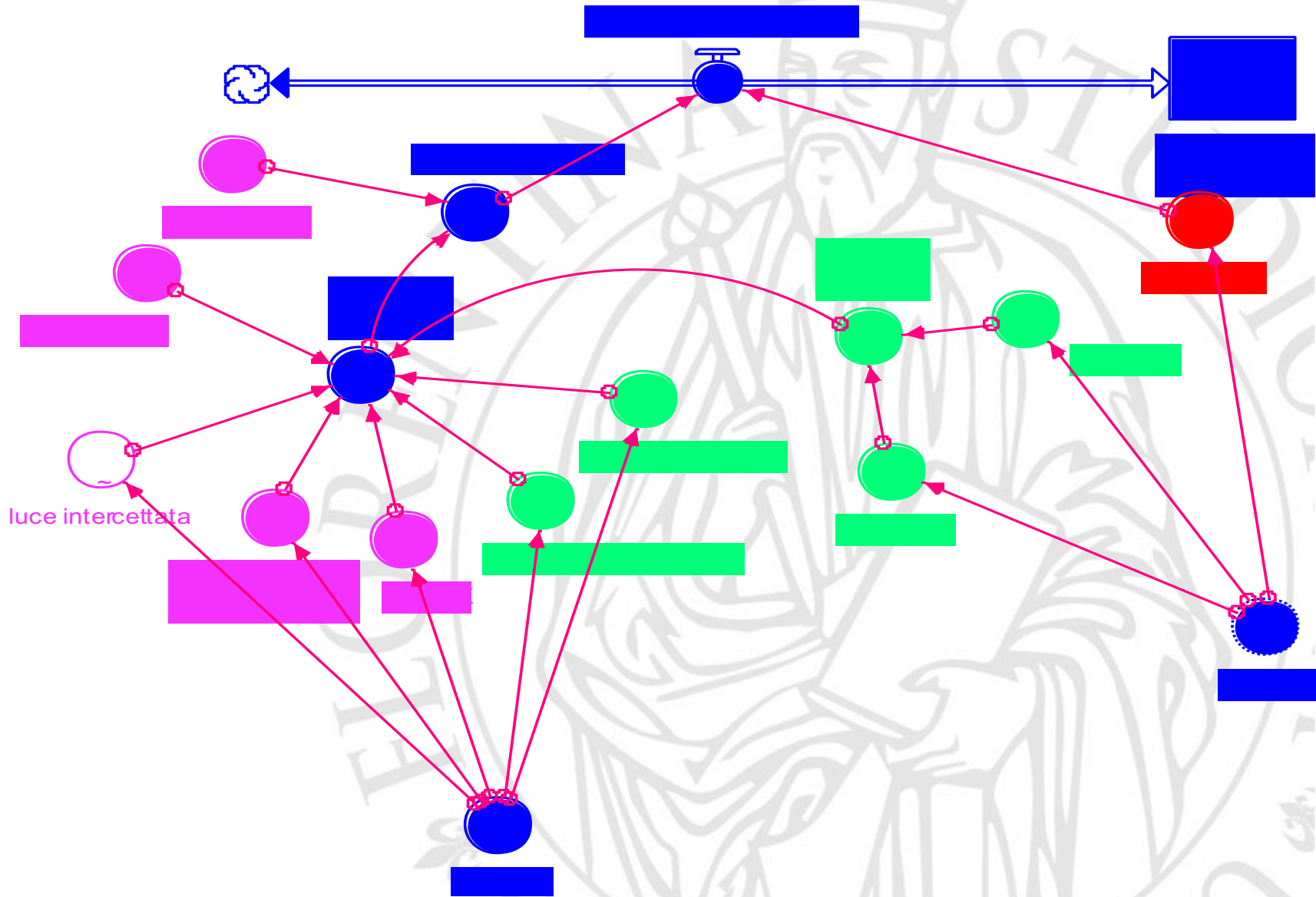
- Output : **Accumulo di sostanza secca**



Submodello respirazione



Submodello fotosintesi



luce intercettata

G.B. Mattii – 27 settembre 2017 - Montalcino

Modalità di inserimento dei dati

The interface shows a data entry window with a grid on the left and a table on the right. The grid has a header row for 'GIORNI' and 'N°Grappoli a pianta'. The table on the right contains the following data:

GIORNI	N°Grappoli a pianta
165.00	9.000
176.00	9.000
187.00	9.000
198.00	9.000
209.00	9.000
220.00	9.000
231.00	9.000
242.00	9.000
253.00	9.000
264.00	9.000
275.00	9.000

Annotations and controls:

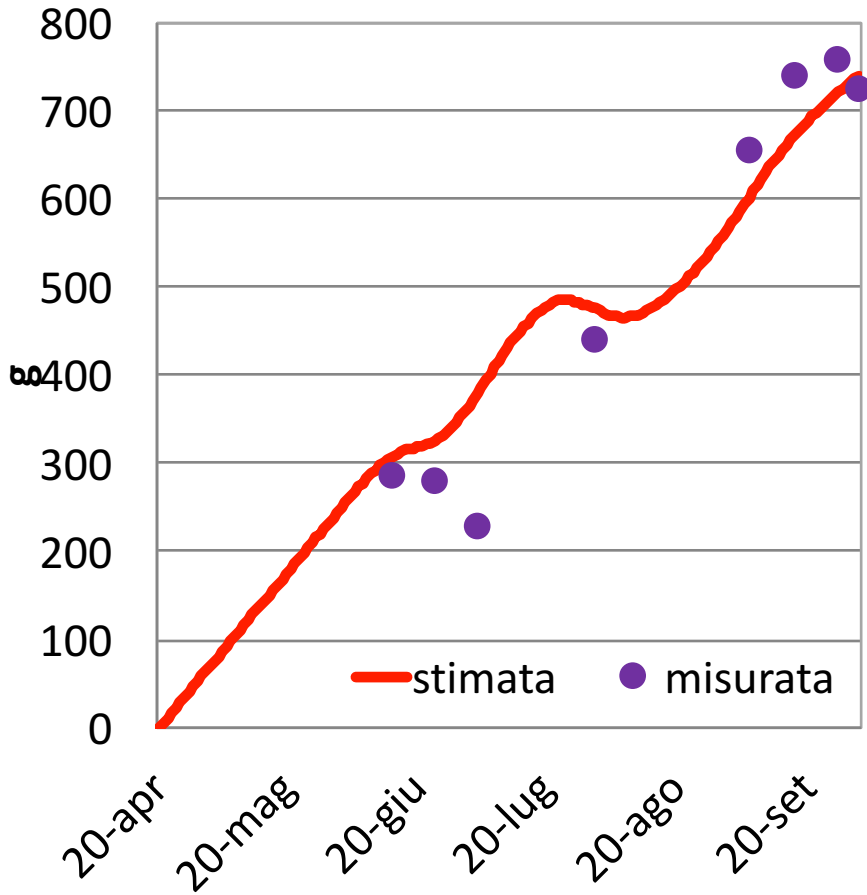
- n° di grappoli per pianta misurati durante la stagione**: Points to the 'N°Grappoli a pianta' column in the table.
- Date dei rilievi in campo (calendario Giuliano)**: Points to the 'GIORNI' column in the table.
- Data del primo rilievo in campo (14 giugno)**: Points to the value '165.00' in the 'GIORNI' column.
- Data dell'ultimo rilievo in campo (vendemmia 2 ottobre)**: Points to the value '275.00' in the 'GIORNI' column.

Control panel details:

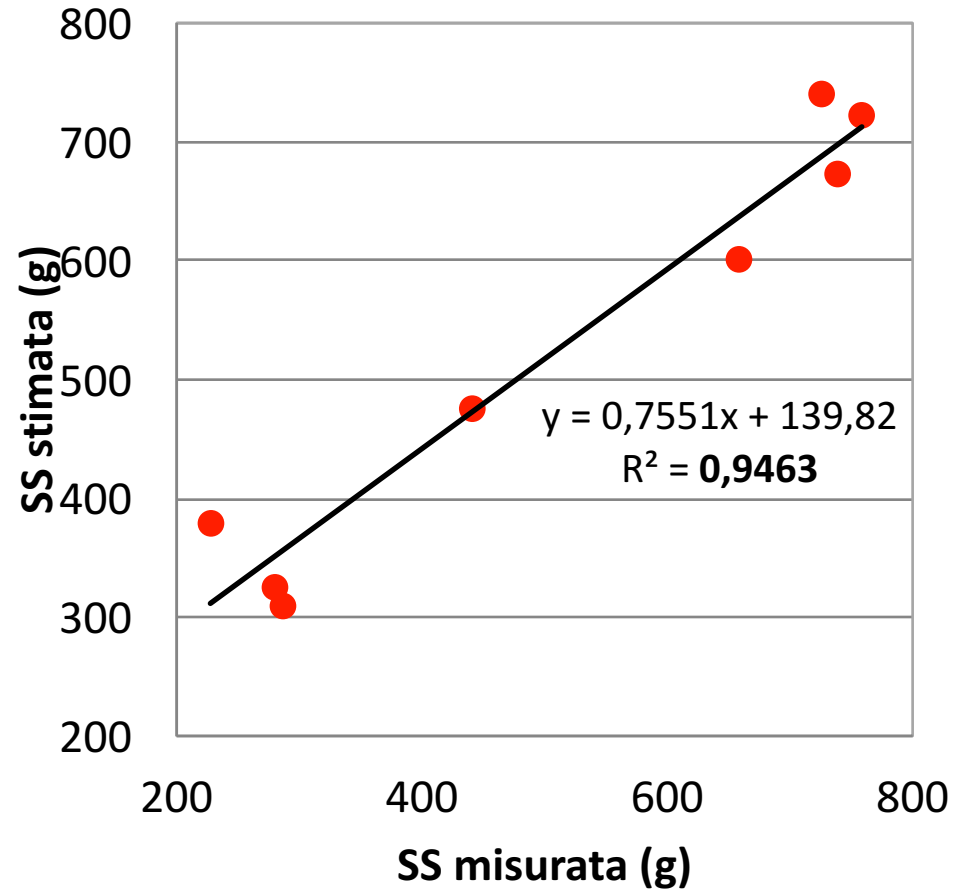
- Buttons: **To Equation**, **Delete Graph**, **Cancel**, **OK**
- Fields: **Data Points:** 11, **Edit Output:** (empty)

Correlazioni sostanza secca stimata-misurata

Sostanza secca stimata-misurata Cortina semplice



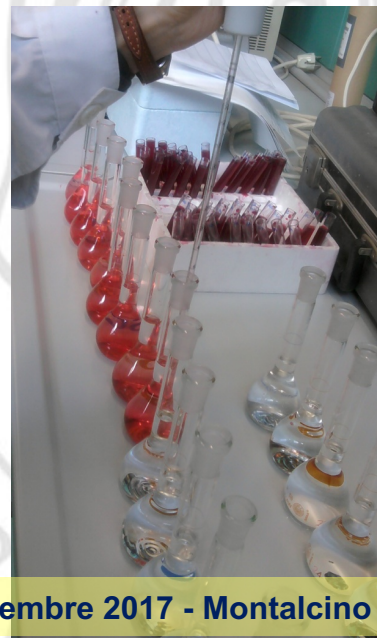
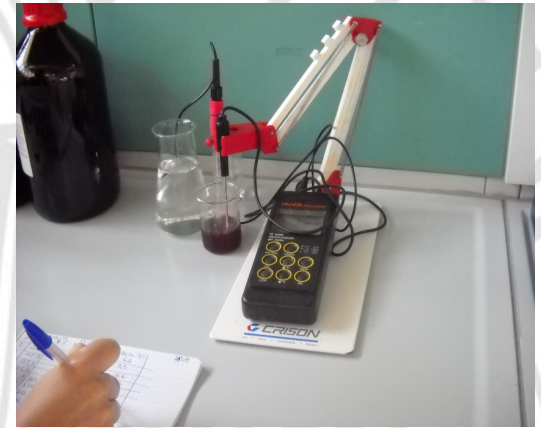
Sostanza secca stimata-misurata Cortina semplice



Analisi quanti-qualitativa del prodotto

Dal vigneto..

..al laboratorio



Monitoraggio processi fisiologici della pianta



