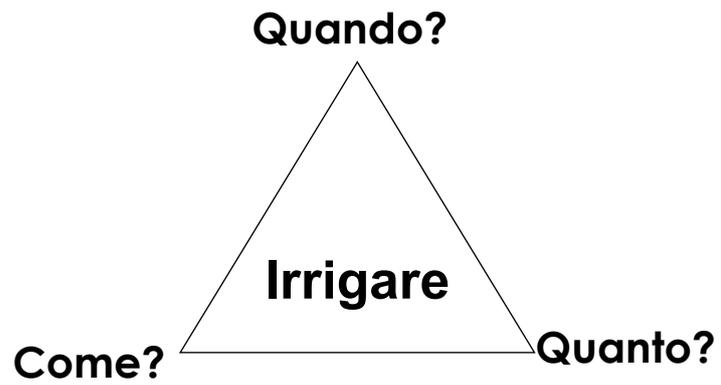


Efficienza di adacquamento



1

QUANDO IRRIGARE ?

2

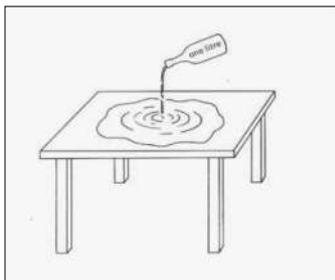
• **Epoca dell'intervento irriguo**

- **Metodi basati su osservazioni o misure condotte sul terreno**
- **Metodi basati su osservazioni o misure condotte sulla pianta (camera a pressione, steam balance, heat pulse, granier)**
- **Metodi basati sull'analisi di dati ambientali (ETP)**
- empirismo

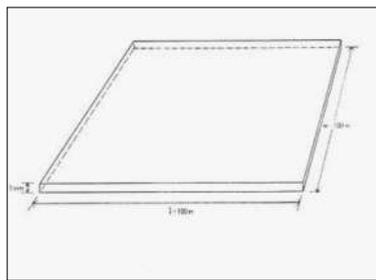
➔ Irrigazione turnata e alla domanda

3

MISURARE L'ACQUA nel suolo



1 L su 1 m² ⇔ 1mm



1 mm su 1 ha ⇔ 10 m³

SE PIOVUTO 3mm QUANTI m³ SU 4000 m² ?

3 mm su 1 ha ⇔ 30m³

Su 4000m² = 30m³/10000m² x 4000m² = 12m³

4

Misurare l'umidità del terreno:

- METODO GRAVIMETRICO
- TENSIOMETRO (resistenza a blocco di gesso)
- TDR (Time Domain Refractometry)
- LISIMETRO
- SENSORI A NEUTRONI

5

METODO GRAVIMETRICO

contenuto d'acqua per unità di suolo secco

Umidità gravimetrica (θ_g)



Differenza tra peso del campione umido e
peso del campione seccato in stufa a 105°C

Contenuto volumetrico $\longrightarrow \theta = \theta_g \times \phi$

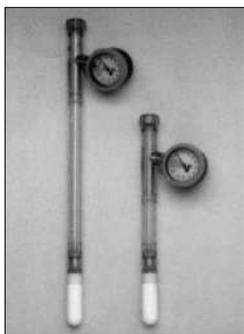
6

TENSIOMETRI

Strumento in materiale plastico dotato di manometro e con puntale costituito da una ampolla in materiale poroso.

Infisso nel terreno (con puntale a 30-60 cm di profondità per evitare discontinuità fra terreno e ceramica) e riempito di acqua ->

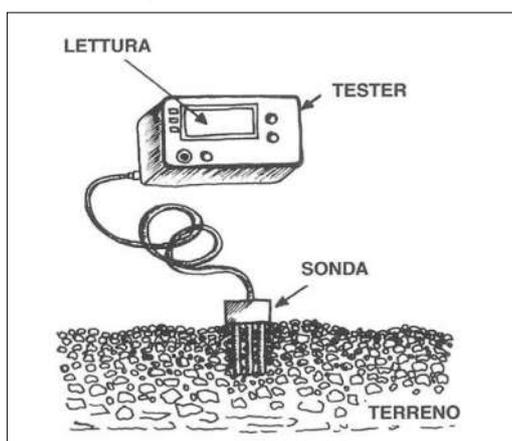
- il livello non cala in terreni saturi
- il livello cala in terreni insaturi con calo funzione dell'energia (suzione) con cui il terreno attira l'acqua -> tale energia si misura con il manometro.



Misurano la tensione dell'acqua cioè la forza con cui è trattenuta dalle particelle del suolo (potenziale matriciale). valori limite per la vite fino a -100kpa/-400kpa

7

TDR (Riflettometria nel Dominio del Tempo)



Emissione di onde elettromagnetiche ad alta frequenza.

8



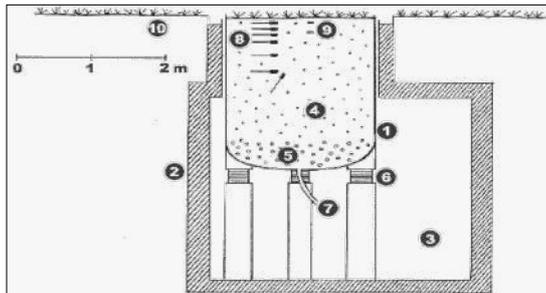
**Segnale riflesso
dall'estremita' delle
guide d'onda e ritorna
al ricevitore**

**La velocita'di
propagazione dipende
dalla costante dielettrica
del mezzo (acqua=80;
suolo=4; aria=1)**



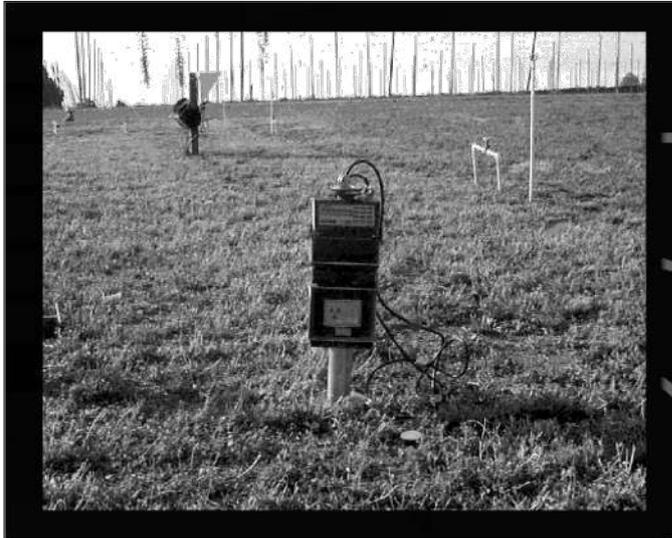
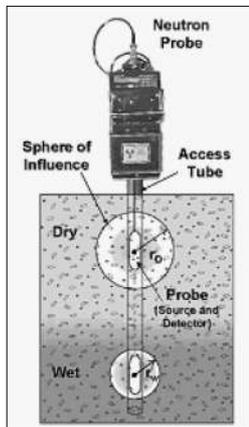
9

LISIMETRO



10

Sonde A NEUTRONI



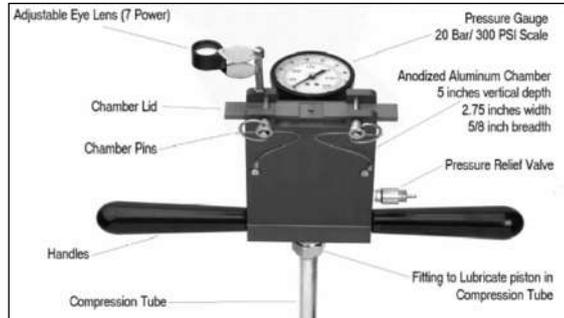
11

MISURA DELLO STATO IDRICO DELLA PIANTA

- Camera a pressione
- Dendrometro
- Termometri a raggi infrarossi
- porometro
- Flussometro di linfa

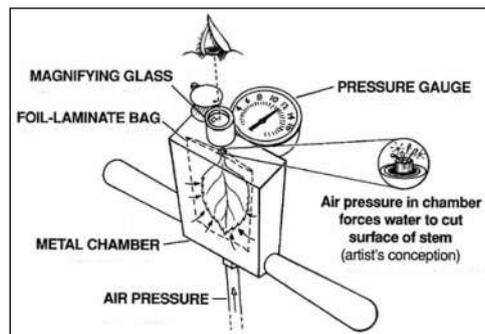
12

Camera a pressione



13

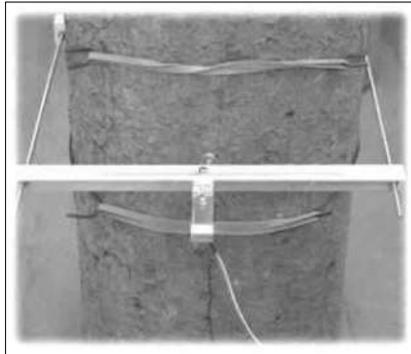
Alla comparsa della goccia d'acqua nell'area di taglio del picciolo si effettua la lettura della relativa pressione



Per scopi irrigui vengono utilizzate foglie il cui valore del potenziale e' stato messo in equilibrio con quello xilematico.

14

Dendrometro: misura in continuo le variazioni di diametro del tronco il quale sotto stress tende a restringersi



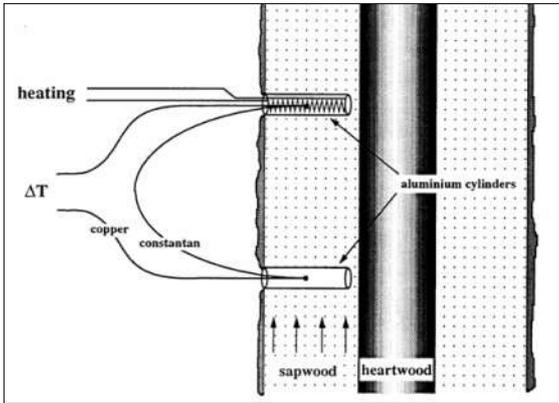
15

Flussometri di linfa

- Granier
- Steam balance
- Heat pulse



16



- Variabile adimensionale $K = (dT_m - dT) / dT$
- Velocita' $V = 0.000119 * K^{1.231}$ (m/s)
- Moltiplico Area della sezione conduttrice (A) per la velocita' e ottengo il volume del flusso

Sapflow = A * V

17

POROMETRO



18

METODI EMPIRICI

- Stato degli apici
- Temperatura delle foglie

19

Reconnaitre les catégories d'apex

| Les apex en pleine croissance | Les apex en croissance ralentie | Les apex en croissance arrêtée |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| Lorsque les deux dernières feuilles étalées sont repliées le long de l'axe du rameau, celles-ci ne recouvrent pas l'apex. | Lorsque les deux dernières feuilles étalées sont repliées le long de l'axe du rameau, celles-ci recouvrent l'apex. | L'apex est sec ou a chu. |



ApeX Vigne
Montpellier Supagro - AgroTIC - Affari
PEGI 3
X Logo non compatibile con nessuno dei tuoi dispositivi.
Aggiungi alla lista desideri

20

TERMOMETRI InfraRossi



21

COME IRRIGARE?

22

**IL SISTEMA DI IRRIGAZIONE DEVE SODDISFARE
PRINCIPALMENTE I SEGUENTI REQUISITI:**

- **MASSIMA UNIFORMITA' ED EFFICIENZA DI
DISTRIBUZIONE**
- **MINIMA INTERFERENZA CON LE OPERAZIONI
COLTRALI**
- **FACILITA' DI AUTOMAZIONE**
- **ELEVATA AFFIDABILITA'**

23

Sistemi irrigui

- **Sommersione**
- **Solchi**
- **Sovrachioma (impianti fissi)**
- **Sottochioma e microjet**
- **Goccia e subirrigazione**
- **Usi speciali dell'irrigazione**

24

SOMMERSIONE



SOLCHI



25

SOVRACHIOMA



26

SOTTOCHIOMA E MICROJET



Misting
irrigazione antibrina



27

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>L'irrigazione a goccia è stata adottata soprattutto in Sardegna e Trentino-Alto Adige, dove riguarda oltre l'80% della superficie vitata irrigata.</p> |
|  | <p>L'irrigazione per aspersione si trova principalmente in Lombardia, Marche e Veneto.</p> |

28

A GOCCIA: struttura impianto

- TESTATA DI CONTROLLO



- FILTRAZIONE
- SISTEMA INIEZIONE FERTILIZZANTI
- RETE DI DISTRIBUZIONE
 - tubazioni principali
 - tubazioni secondarie
 - ali gocciolanti
 - erogatori



29

Impianti a goccia con tubo sospeso. Tubo a terra obbliga al diserbo sotto fila con elevato rischio danneggiamento

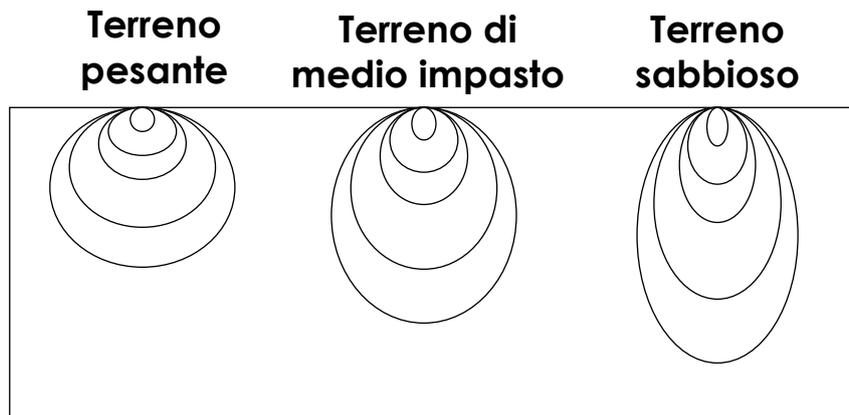
Ali gocciolanti in PVC e ugelli preformati a distanza 40cm-1m, a seconda del tipo di terreno, e portata variabile

Ala gocciolante con possibilità di autocompensazione (portata costante al variare della pressione) e sistema CNL (contemporaneo inizio di gocciolamento per tutti i gocciolatori della stessa linea). Erogazione dell'acqua a portata fissa o variabile in funzione delle singole esigenze.



30

FORMA DELLA "BOLLA" DI ACQUA SOTTO IL GOCCIOLATORE NEI DIVERSI TIPI DI TERRENO



31

MICROIRRIGAZIONE: vantaggi

1) Localizzazione acqua vicino alla pianta

- **Distribuzione acqua e fertilizzante in posizione ottimale rispetto alle radici**
- **Riduzione perdite per evaporazione dal terreno**
- **Assenza di contatto tra parti aeree ed acqua con riduzione dello sviluppo di funghi parassiti**
- **Ingresso in campo delle macchine anche subito dopo l'irrigazione**

2) Alta frequenza delle irrigazioni

- **Mantenimento nel terreno del giusto grado di umidità**
- **Utilizzo di fonti idriche di modesta portata**
- **Penetrazione acqua anche nei terreni più impermeabili**

32

MICROIRRIGAZIONE: svantaggi

- **Gli erogatori sono caratterizzati da piccoli fori di passaggio dell'acqua e tendono, pertanto, ad intasarsi. Assolutamente necessario filtrare l'acqua.**
- **Occorre stabilire il numero di erogatori e la loro posizione soprattutto in funzione delle caratteristiche del terreno**
- **Ogni pianta è strettamente dipendente dall'erogatore pertanto la scelta del tipo più adatto è importantissima all'atto dell'impianto del vigneto**

33

SCELTA DEI GOCCIOLATORI

L'acqua passa all'interno di una serie di passaggi molto stretti

Portate: 2-4-8 L/h

Pressioni min di esercizio: 1-1,5 atm



G. comuni cambiano la loro portata al cambiare della pressione; di conseguenza non sono impiegabili in linee molto lunghe e su linee in pendenza

G. autocompensanti sono dotati di una membrana interna che consente di mantenere costante la loro portata al variare della pressione

34

Impiego impianto microirriguo per la distribuzione di fertilizzanti con notevole precisione sia come tempestività che come quantità erogata

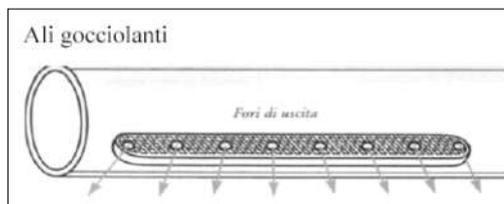
Apparecchiature che sfruttano :

l'energia dell'acqua **→** **Fertirrigatori**
proprie fonti di energia **→** **Elettropompe dosatrici**

35

IRRIGAZIONE A GOCCIA INTERRATA (subsurface drip irrigation SDI)

Lo sviluppo della subirrigazione è stato reso possibile grazie alle ali gocciolanti con gocciolatori integrati al loro interno che ha permesso la meccanizzazione dell'interramento



36



L'interramento si realizza mediante un vomere al quale viene saldato un tubo-guida che canalizza le tubature e permette il loro interrimento in profondità

37

Caratteristiche dei gocciolatori di ultima generazione per la subirrigazione:

- **Barriere fisiche di difesa contro intrusioni radicali**
- **Meccanismi anti suzione(antitifone) che impediscono l'assorbimento di particelle dall'esterno verso l'interno del labirinto del gocciolatore**
- **Sistemi di filtrazione dell'acqua all'entrata del gocciolatore più ampi possibili**
- **Autocompensazione con meccanismo di autopulizia**
- **Meccanismo antidrenaggio che evita problemi di asfissia radicale**

38

SUBIRRIGAZIONE: vantaggi

- **Ottimizzazione e risparmio nella gestione dell'acqua per eliminazione o minimizzazione della superficie umida del terreno e di conseguenza delle perdite per evaporazione**
- **Minor incidenza della crescita delle infestanti**
- **Eliminazione dei problemi di ruscellamento dell'acqua in zone collinari e di conseguenza maggiore uniformità di distribuzione dell'acqua**
- **Miglior distribuzione di elementi poco mobili come fosforo e potassio nella zona esplorata dalle radici**

39

SUBIRRIGAZIONE: svantaggi

- **mancato controllo visivo del corretto funzionamento dei gocciolatori**
- **Difficoltà di sostituzione di gocciolatori otturati o malfunzionanti**
- **solo materiale di elevata qualità**

40

QUANTO IRRIGARE ?

41

Effetti dell'irrigazione

- Il concetto di irrigazione “fisiologica”
- Applicazione della tecnica di “stress idrico controllato” in viticoltura

42

TIPI DI IRRIGAZIONE E ORGANIZZAZIONE IRRIGUA

Irrigazione autonoma o individuale (pozzo, fontanile, derivazione libera da fiume o canale)

Irrigazione collettiva (consorzio irriguo)

turnata (turno e quantità sono prestabilite)

alla domanda (in funzione dell'esigenza della coltura)

43

VOLUMI D'ACQUA

LUNGHEZZA DEL TURNO IRRIGUO

INTERVALLI TRA I TURNI

44

• Turni troppo brevi e volumi troppo ridotti possono vanificare in parte l'irrigazione, sia perché una parte rilevante dell'acqua somministrata è persa per evaporazione, sia perché quella che migra lungo il profilo del suolo potrebbe non raggiungere le radici più profonde;

Ad es. per un vigneto con 4000 viti/ettaro conviene fornire molto indicativamente :

in terreni piuttosto pesanti il corrispettivo di almeno 8-10 mm di pioggia (\approx 20-25 litri di acqua per pianta)

in terreni sabbiosi circa la metà (in questo caso con intervalli più ravvicinati).

45

• Intervalli troppo lunghi tra un turno e l'altro rischiano di mandare la pianta in stress eccessivo, con effetti in qualche caso senza ritorno (ad esempio ingiallimento e caduta delle foglie);

• Turni irrigui troppo lunghi e volumi eccessivi comportano spreco di acqua, soprattutto per drenaggio in profondità;

• Intervalli troppo ravvicinati possono ridurre troppo o annullare il deficit idrico, a scapito dell'obiettivo qualitativo. Di solito si aspettano 7-10 giorni prima di ripetere l'irrigazione.

46

Volume di adacquamento

- Calcolo in pratica (note le caratteristiche del terreno e della pianta e il metodo irriguo):
- esempio:

Volume specifico di adacquamento e bilancio idrico

Esempio calcolo v:

Umidità attuale : 22% peso

Capacità di campo : 36% peso

Densità apparente : 1,3 t/m³

Profondità suolo da bagnare : 0,4 m

$v = (36-22)\% * 1,3 \text{ t/m}^3 * 0,4 \text{ m} * 10.000 \text{ m}^2/\text{ha} = 728 \text{ m}^3/\text{ha}$

v piccoli (20 mm)

suoli sabbiosi

radici superficiali

turni frequenti

v grandi (60 mm)

suoli pesanti

radici profonde

turni distanti

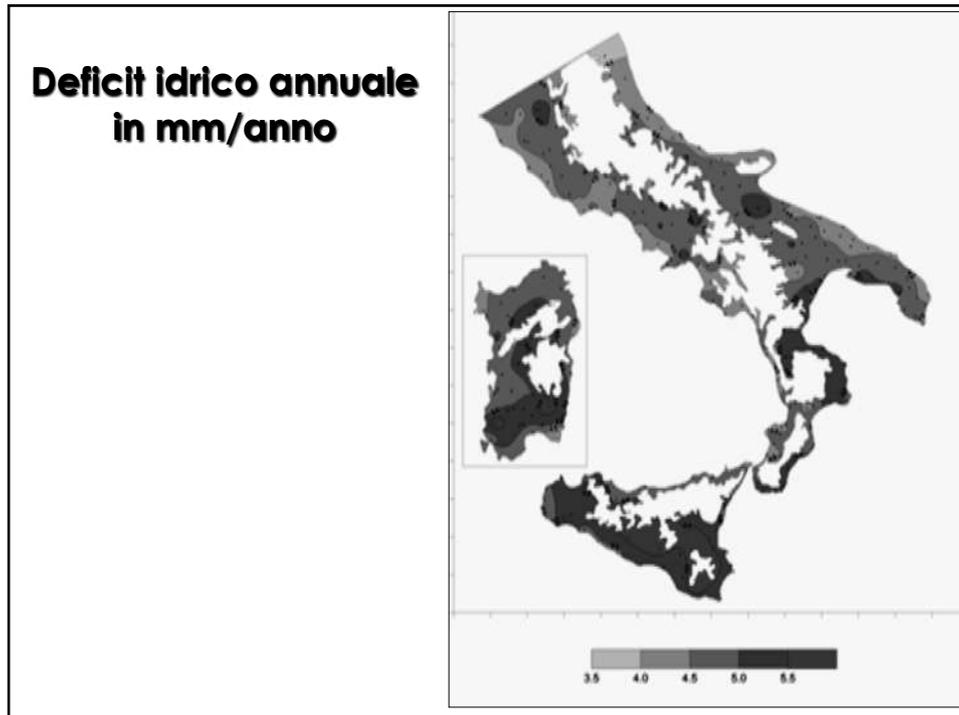
47

- Nel caso di impianti di sub-irrigazione turni più brevi e più frequenti, perché non c'è evaporazione superficiale,

volumi complessivi di acqua ridotti

- Nel caso di irrigazione a goccia su barbatelle si riducono i volumi e si ravvicinano i turni (complessivamente la richiesta di acqua potrebbe essere anche superiore a quella di un vigneto in produzione).

48



49

- **Nelle regioni del Centro-Nord**
20-30 mm/ha (200-300m³/ha) fino a 60-80 mm/ha in annate con scarse o nulle precipitazioni
- **Nelle regioni Centro – Sud e Isole**
60-80 mm/ha minimo fino a 100-120 mm/ha

Questi valori sono riferiti ad una restituzione idrica mediante impianti a goccia

50

RDI “Regulated Deficit Irrigation” o DEFICIT IDRICO CONTROLLATO

Alla base di questa sigla c'è il concetto che per produrre vini di qualità non bisogna annullare del tutto lo stress idrico estivo della vite, ma solo limitarlo ad un livello ottimale

IRRIGAZIONE DI QUALITA'

51

Germogliamento-fioritura

Rare le situazioni di carenza idrica. Mantenimento di un potenziale idrico del suolo non inferiore a -0.3 bar. In alcuni casi il vero problema di questa sottofase è costituito da ristagno che occorre prevenire con adeguate scelte di tecnica culturale

Fioritura - allegagione

Mantenimento del potenziale idrico dell'unità di suolo in cui è localizzata la maggioranza dell'apparato radicale intorno a -0.1 bar.

Allegagione - invaiatura

Il potenziale può essere lasciato scendere fino a -0,8 bar (limite tensiometrico). Se questo limite viene superato, riportate con intervento irriguo ad un potenziale di - 0.1 bar almeno il 25% della rizosfera.

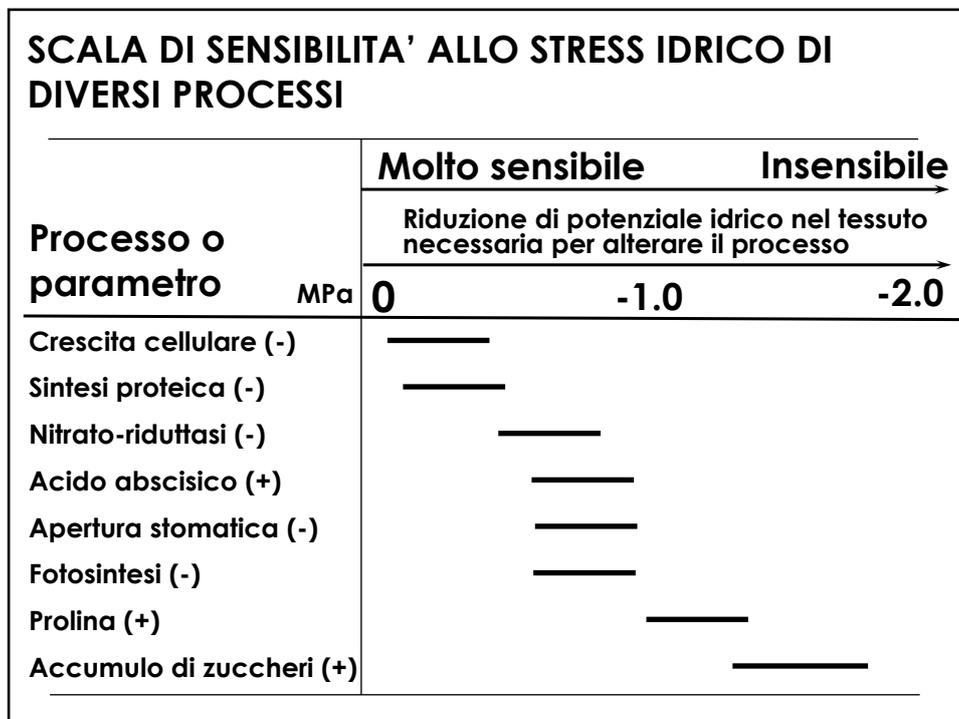
Invaiatura - vendemmia

Consigliato il mantenimento di un potenziale idrico del suolo intorno a - 0.8 bar. Se l'approvvigionamento idrico è difficile, si può consentire al potenziale di diminuire ulteriormente fino a -2 bar.

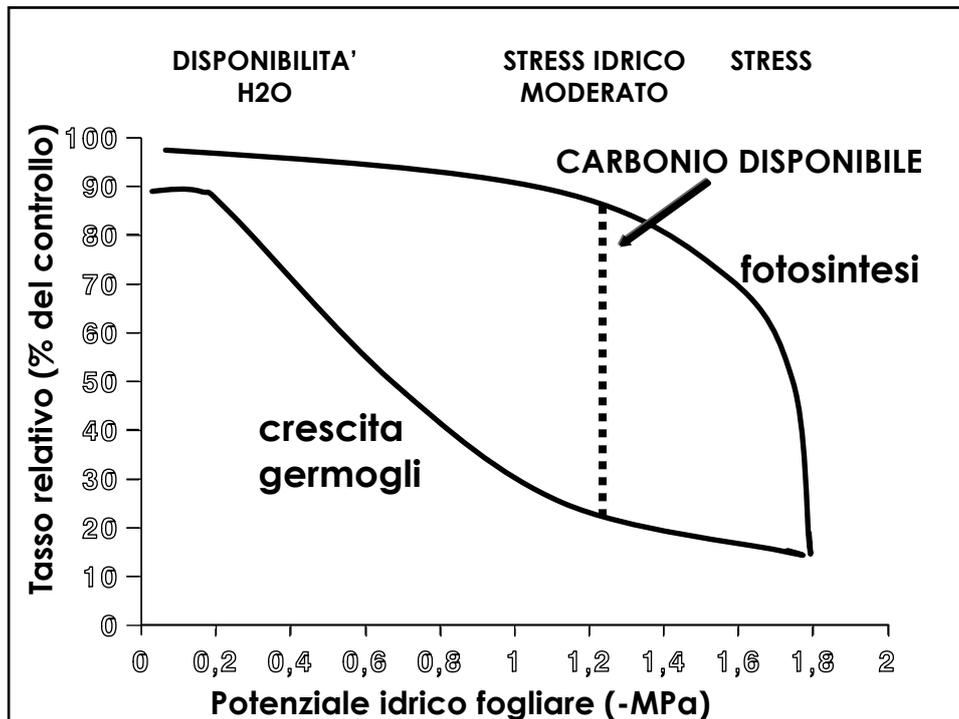
52

| | STRESS CONTROLLATO=QUALITÀ | STRESS ECCESSIVO | POSSIBILE ECCESSO D'ACQUA |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| fioritura/allegagione | apici in accrescimento, foglie distese, germogli lunghi 1-1,5 m | arresto della crescita | germogli oltre 2m, foglie grandi, molte femminelle |
| invaiaatura | arresto della crescita apicale (viti non cimato), che si estende progressivamente agli apici delle femminelle; il viticcio distale tende a seccare; foglie basali verdi; invaiatura regolare; dimensione dell'acino medio-piccola | apici troncati; foglie basali clorotiche, che cominciano a cadere; invaiatura irregolare; acino piccolo; presenza di acinellatura verde; le foglie sono calde al tatto. | apici ancora in crescita, foglie sempre distese; ritardo di invaiatura, acino grande |
| maturazione | le foglie più vecchie cominciano ad arrossare o ingiallire (soprattutto in climi temperati con notti fresche) ma non cadono ancora; acino medio-piccolo; ottimale maturazione. | abbondante caduta di foglie, a partire dalle basali; acino piccolo e raggrinzito; squilibri compositivi, colore scarso, vinaccioli non maturi. | foglie apicali verde chiaro e tenere; viticci distali verdi; acino grande; grappolo compatto; ritardo di maturazione. |
| suolo dopo irrigazione | ombra più scura sotto il punto di gocciolamento | | pozza fangosa |

53



54



55

Lo STRESS IDRICO MODERATO e' definibile come lo stato idrico della pianta nel quale vi e' il massimo differenziale fra la fotosintesi (carbonio organicato) e il calo di vigore. A questo stato corrisponde un aumento della disponibilita' di fotosintetati per il grappolo fino alla caduta della fotosintesi indotta da uno stress idrico eccessivo

56

RDI di breve durata e' praticato in variet  rosse dopo l'allegagione con scopo di controllare le dimensioni della bacca e la crescita vegetativa

In alcune situazioni un breve periodo di stress idrico puo' rendersi necessario anche dopo l'invaiaatura per migliorare l'accumulo di antociani.

57

Il DEFICIT IDRICO influenza la CONDUTTANZA STOMATICA e la parziale chiusura degli stomi puo' condurre a una diminuzione della traspirazione e un possibile aumento dell'efficienza della traspirazione stessa.



Massime efficienza d'uso dell'acqua

58

EFFICIENZA D'USO DELL'ACQUA (WUE)
***Acqua utilizzata per unità di sostanza secca
assimilata***

- Significato Agronomico

Evapotraspirazione (mm)

**—————
produzione utile (kg)**

– **cambia a seconda che si consideri T o ET**

- Significato fisiologico (mg/g o moli/moli)

Assimilazione netta CO₂ (mg)

**—————
acqua traspirata (g)**

59

Efficienza d'uso dell'acqua

- In pratica
 - P è subottimale con max WUE
 - stomi semi-chiusi, minore accesso per CO₂
 - il significato agronomico dipende dall'obiettivo

60

Efficienza d'uso dell'acqua

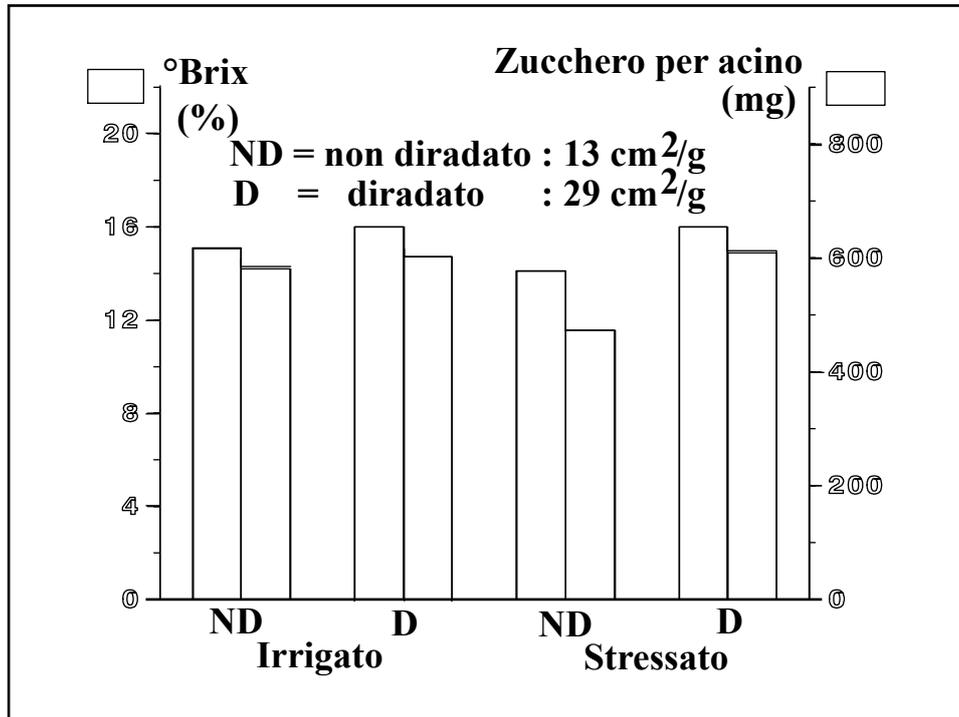
- **Come aumentarla**
 - **Miglioramento genetico**
 - **incremento di resa in condizioni limitanti: adattamento e produzione**
 - **caratteri morfologici**
 - cuticola spessa
 - apparato radicale profondo
 - **caratteri fisiologici**
 - stomi a risposta rapida
 - aggiustamenti osmotici
 - tolleranza alla disidratazione
 - **indicatori per screening**
 - nelle C3: $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (assimilazione seleziona ^{12}C)
 - indicatori di stress (prolina, ABA etc.)
 - marcatori molecolari
 - trasferibilità dei risultati da lab a campo

61

Efficienza d'uso dell'acqua

- **Come aumentarla**
 - **Tecniche colturali**
 - **tecniche di aridocoltura**
 - in ambiente mediterraneo evaporazione incide molto sui consumi idrici totali
 - Irrigazioni climatizzanti
 - **Aumento CO₂ atmosferica**
 - **Costi dell'adattamento**
 - **investimento in apparato radicale a scapito della parte aerea**
 - **aggiustamenti osmotici, stomi veloci e cuticola spessa sono meno costosi**

62



63

Applicazioni pratiche del RDI

64

MODELLO RDI (Regulated Deficit Irrigation)

ANALISI SISTEMA SUOLO-RADICI:

Natura suolo capacita' di ritenzione idrica e drenaggio, forma e diametro della bolla di acqua sotto il gocciolatore

Distribuzione radicale lungo il profilo del suolo

CALCOLO DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE (ETm) utilizzando un coefficiente colturale specifico per l'RDI che tiene conto dell'esigenza di colmare solo una parte del deficit ($\approx 0,25$ nel periodo pre-chiusura/pre-raccolta).

65

In sintesi, e semplificando, la quantità di acqua da somministrare sarà pari ai mm di pioggia persi per ETm in un certo periodo di tempo, meno i mm di pioggia utile caduti nello stesso periodo, il tutto moltiplicato per 0,25, o altro coefficiente prescelto sulla base delle variabili considerate.



misurazione indiretta di ETm attraverso modelli matematici che elaborano alcuni parametri rilevati in una stazione meteorologica elettronica, e, in particolare, temperatura, umidità relativa, radiazione solare e velocità del vento.

66

Quindi, per una buona gestione dell'irrigazione RDI, è opportuno disporre di una centralina in grado di rilevare questi parametri. Attualmente, per la misura dell'evapotraspirazione, sono allo studio nuovi sensori piuttosto semplici da applicare sopra chioma, basati sul principio dell'equazione di bilancio energetico (*surface renewal*)

67

il livello di traspirazione di un vigneto è fortemente influenzato dalla SUPERFICIE FOGLIARE ESPOSTA alla luce e al vento che può variare da ≈ 10.000 a 20.000 mq in funzione:

- dell'altezza dei filari
- della distanza tra gli stessi
- della forma di allevamento



di forme di allevamento a chioma assurgente, ottimali per climi temperati, ma non sempre consigliabili in climi aridi, dove forme come l'alberello e il cordone libero (basso) possono essere preferibili perché limitano la traspirazione.

68

Metodo PRD (Partial Root Drying)
**Disidratazione Parziale della Zona
Radicale**

69

**Realizzazione di zone bagnate e zone asciutte
separate mediante una combinazione di
irrigatori alla giusta distanza**

**Parte del sistema radicale della vite viene
lentamente disidratato e le radici rimanenti
rimangono ben idratate**

**Separazione delle risposte biochimiche allo
stress idrico dagli effetti fisici di una ridotta
disponibilità idrica**

70

Effetti:

- **Produzioni di segnali chimici nelle radici in via di essiccazione in grado di ridurre l'apertura stomatica**
- **Diminuzione del potenziale idrico fogliare**
- **Riduzione della fotosintesi**
- **Inibizione allungamento dei germogli**
- **Aumento dell'efficienza d'uso dell'acqua (WUE)**

71

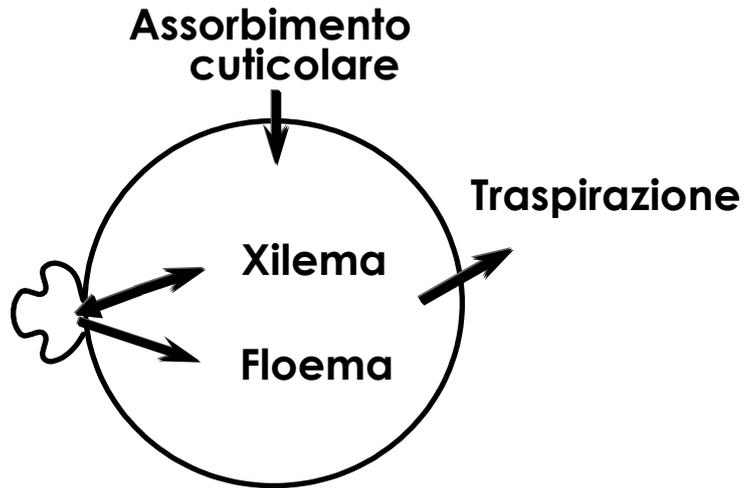
EFFETTO TRANSITORIO: importanza dell'alternanza dell'irrigazione nella PRD

Le diminuzione dell'apertura stomatica subisce inversione se i lati asciutto e bagnato non vengono alternati

La frequenza dell'alternanza viene determinata secondo il tipo di suolo, la piovosità e la temperatura

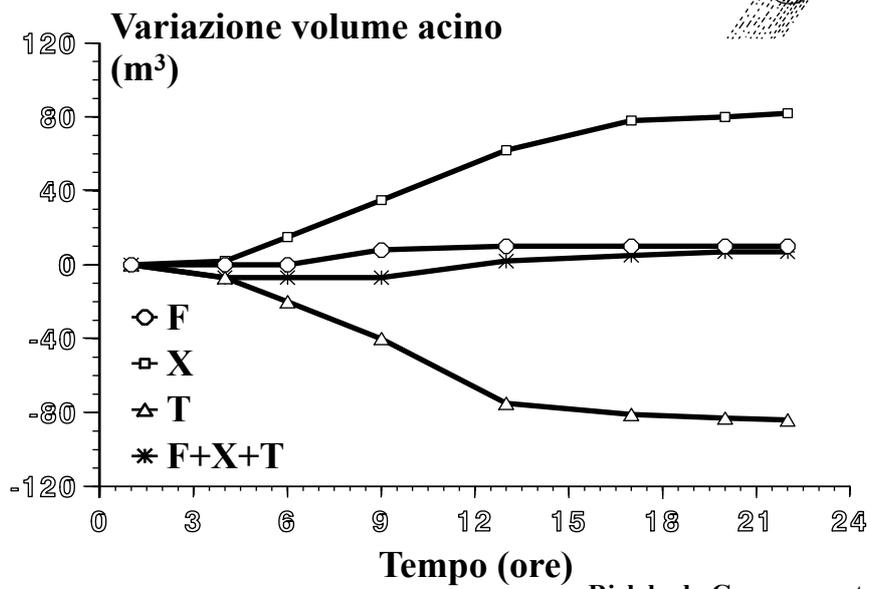
72

**Bilancio idrico dell'acino:
flussi in entrata ed in uscita in pre-invaiaatura**



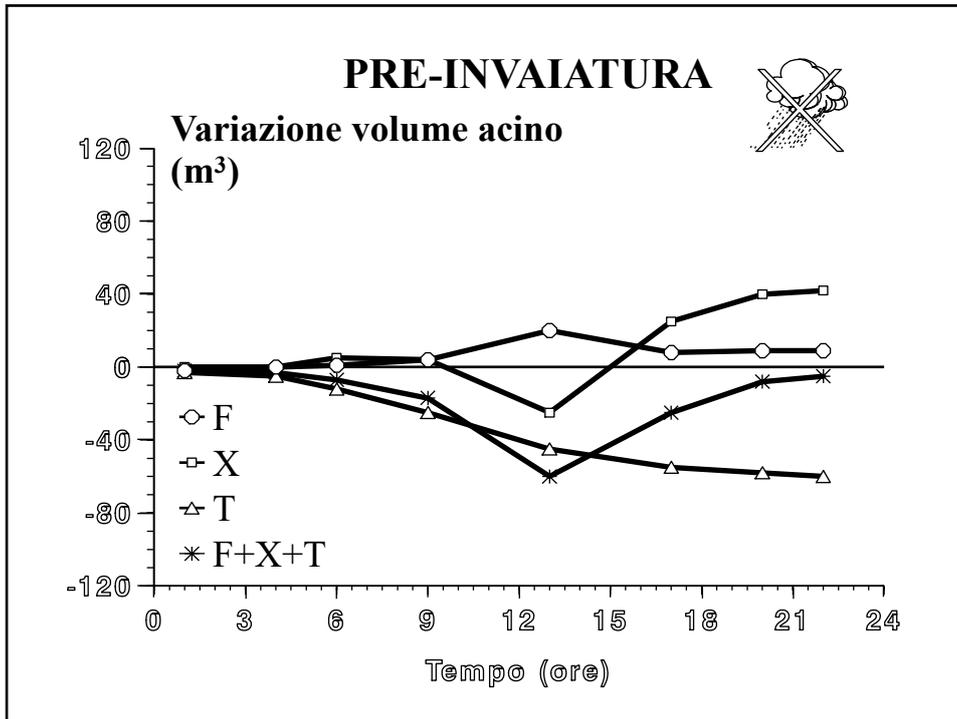
73

PRE-INVAIATURA

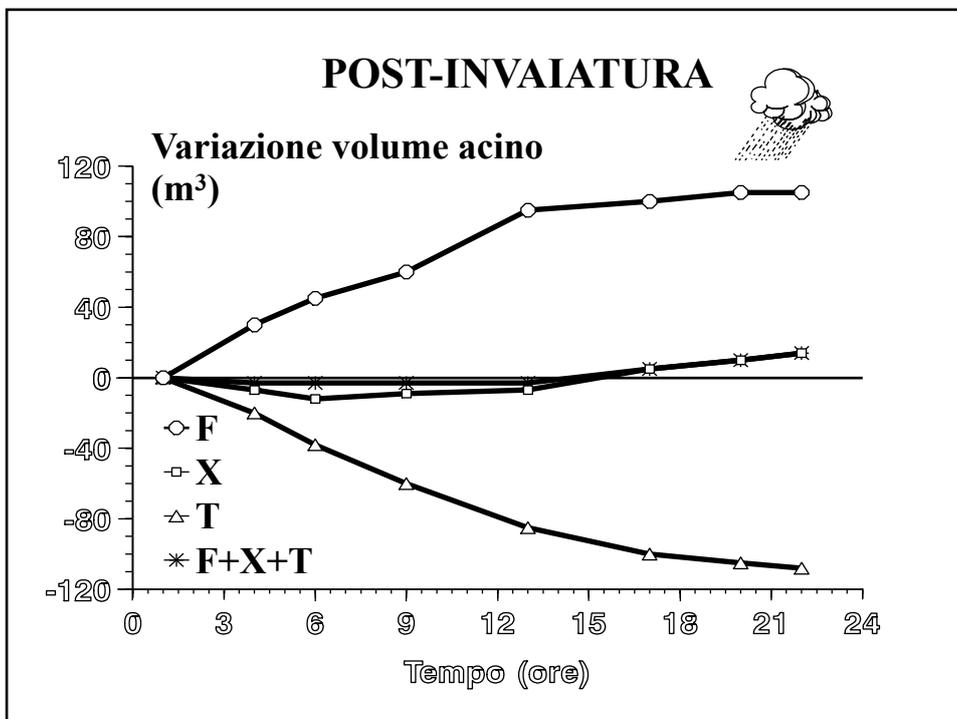


Rielab. da Greenspan et al.,19

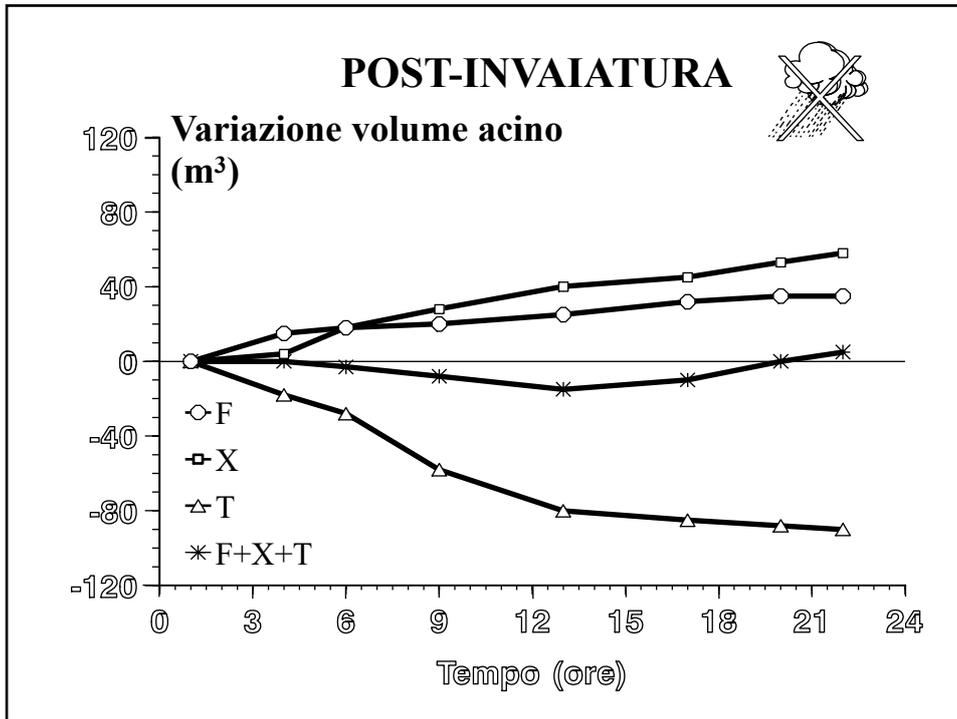
74



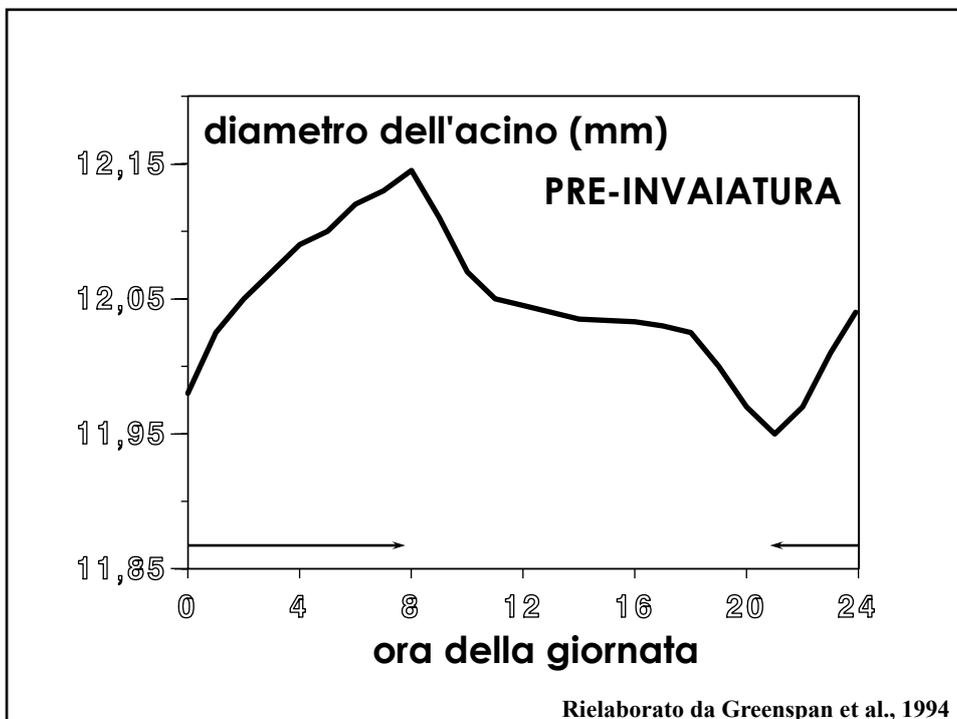
75



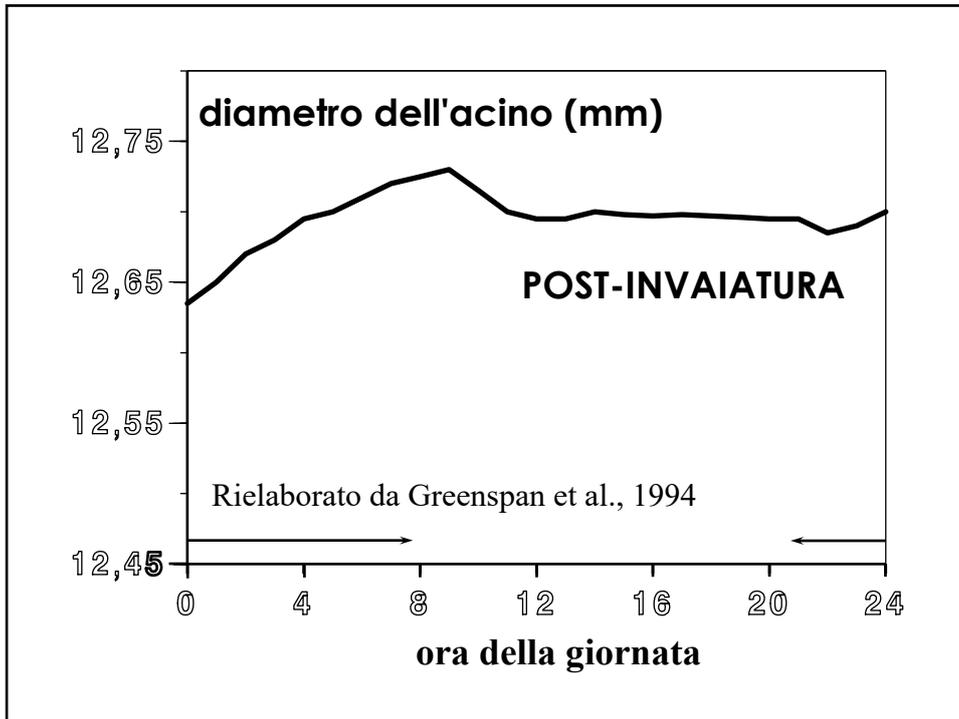
76



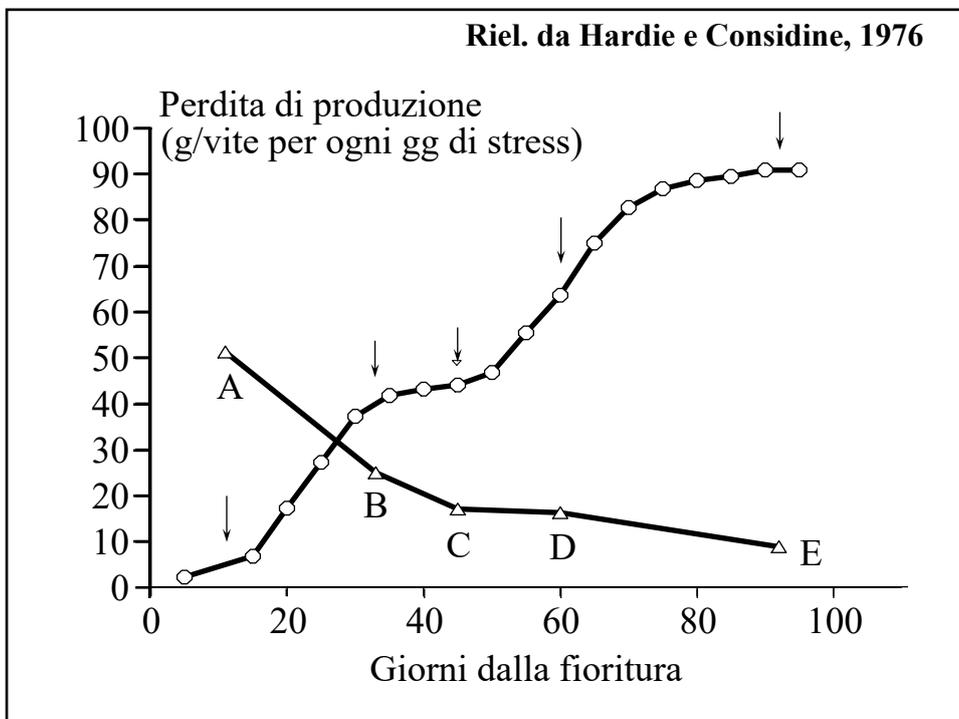
77



78



79



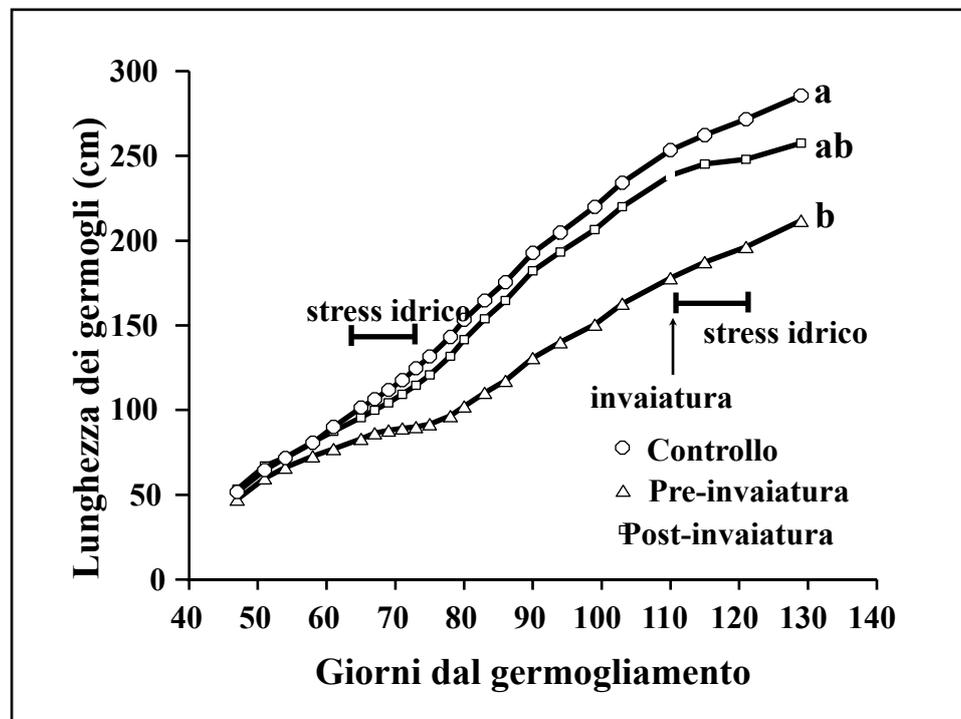
80

Pinot Nero - Rielaborato da Poni et al., 1994

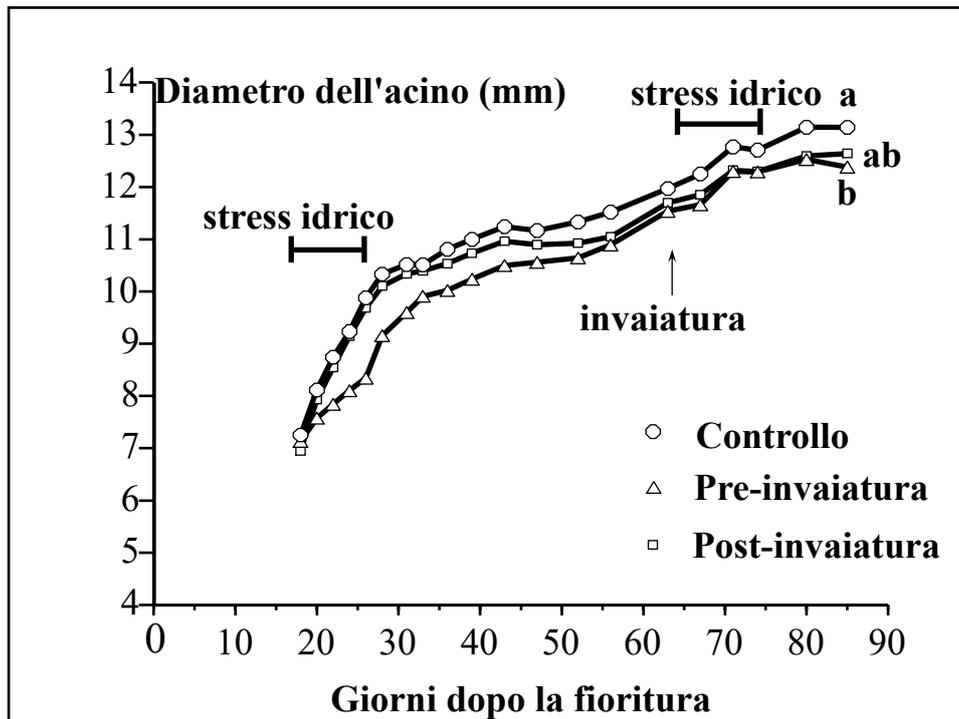
| Epoca di stress idrico | Resa (g) | °Brix | TA (g/100ml) | pH | K ⁺ (g/l) | SF/P* (cm ² /g) |
|------------------------|----------|-------|--------------|---------|----------------------|----------------------------|
| Controllo | 357 a | 17,1 | 0,81 | 3,18 a | 2,467 | 36 |
| Pre-invaiatura | 261 b | 16,5 | 0,87 | 3,26 ab | 2,900 | 42 |
| Post-invaiatura | 347 a | 16,3 | 0,90 | 3,31 b | 2,873 | 27 |

* SF/P = rapporto superficie fogliare/produzione

81



82



83

Qualità dell'acqua

- Effetti sulle viti
- Effetti sul suolo
- Criteri di stima della qualità dell'acqua

84