



Agrometeorologia

- Evapotraspirazione (1) -



Variabili agrometeorologiche

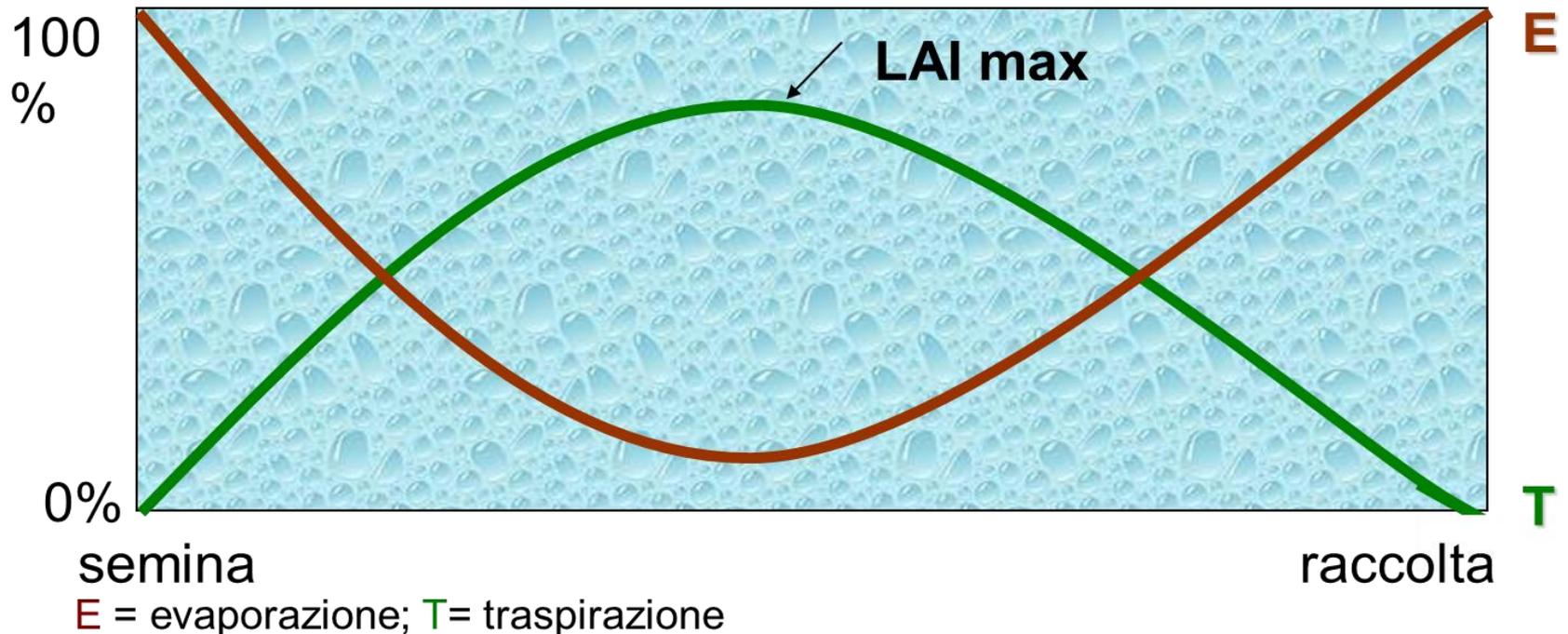
L'evapotraspirazione

Agronomia

Rappresenta i **consumi idrici di una coltura**.

E' data dalla somma di:

- Evaporazione dal suolo (massima in assenza di coltura e nelle prime fasi)
- Traspirazione (massima quando il LAI è massimo)

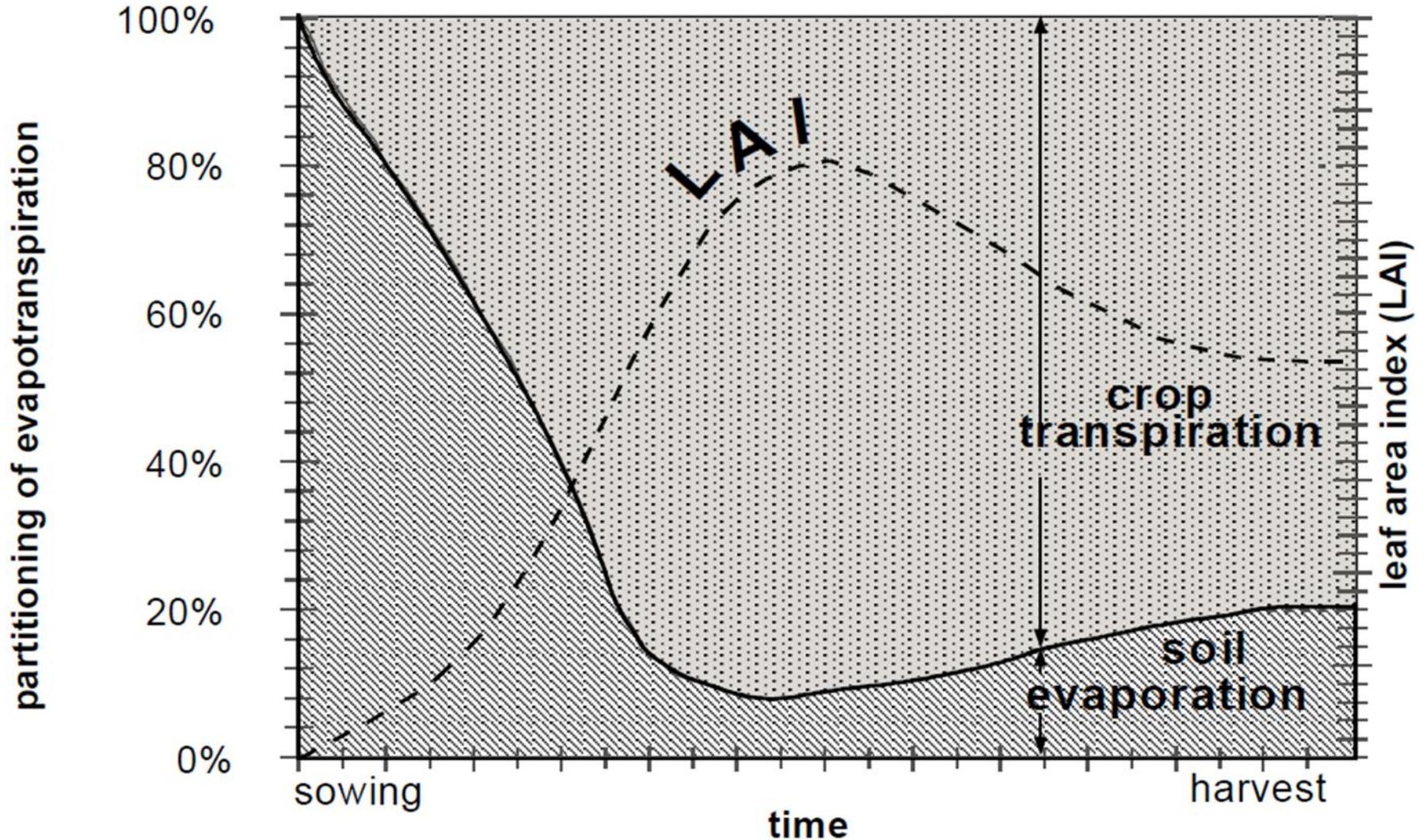




Variabili agrometeorologiche

L'evapotraspirazione

Agronomia

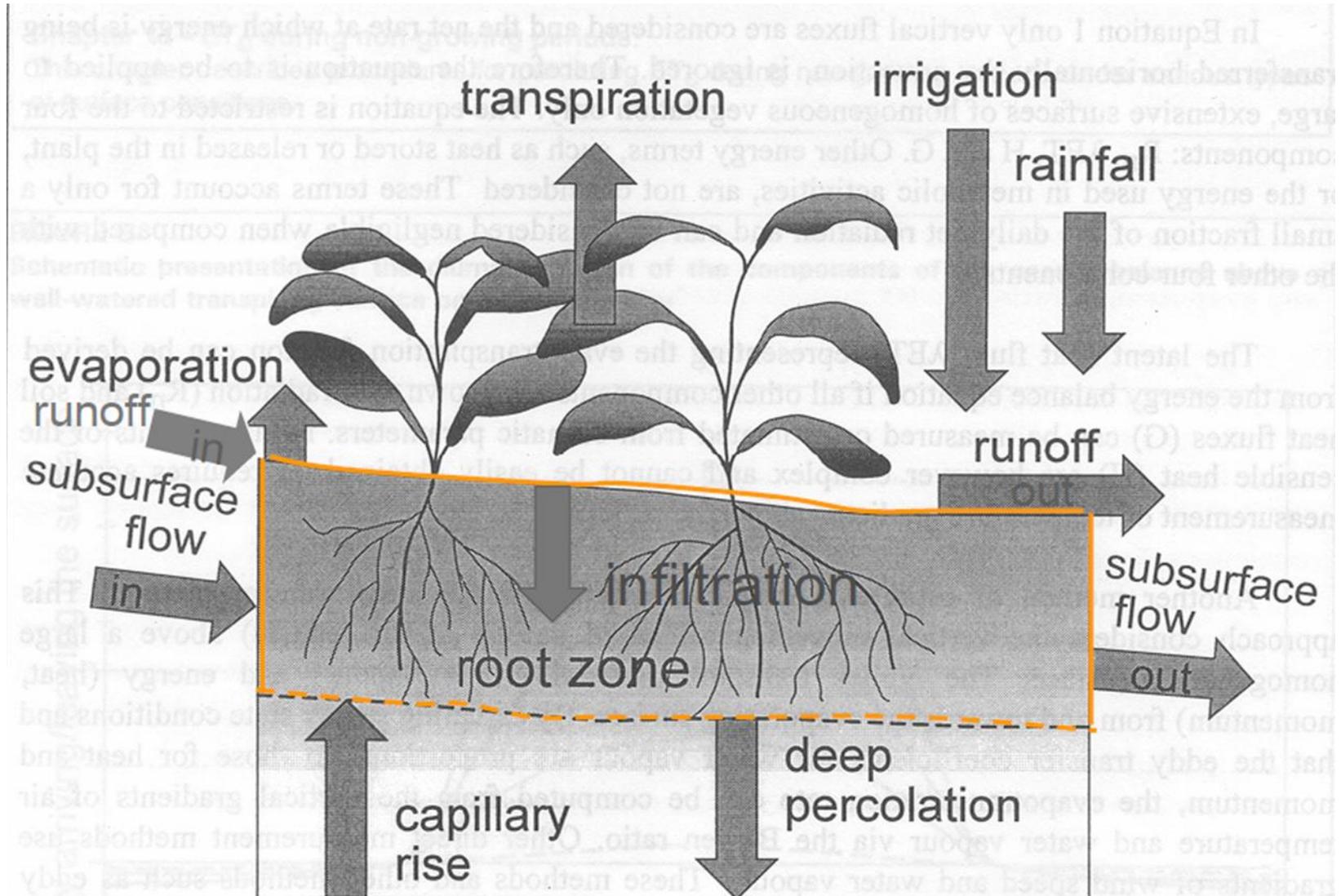




Variabili agrometeorologiche

L'evapotraspirazione: bilancio idrico

Agronomia





Variabili agrometeorologiche

L'evapotraspirazione (ET): bilancio idrico

Agronomia

- L'ET è la voce negativa principale del bilancio idrico
 - ✓ Pioggia
 - ✓ Irrigazione
 - ✓ Ruscellamento
 - ✓ Risalita capillare (falda)
 - ✓ Evapotraspirazione
 - ✓ Ruscellamento (max in terreni argillosi e in pendio)
 - ✓ Infiltrazione negli strati profondi (max nei terreni sabbiosi in piano)
- Indispensabile conoscerla per
 - ✓ adattabilità delle colture a diversi ambienti
 - ✓ programmazione irrigua
 - ✓ stime di produttività a scala territoriale



Variabili agrometeorologiche

L'evapotraspirazione (ET): unità di misura

Agronomia

- Si esprime in **quantità** di acqua **per unità di superficie per unità di tempo**.
 - ✓ Generalmente in mm giorno^{-1} , mm anno^{-1}
- Sapendo che:

1 mm

=

1 L m⁻²

=

10 m³ ha⁻¹

(1 L = 1 dm³)

1 mm / m² = 0.01 dm x 10 dm x 10 dm = 1 dm³ m⁻²

1 L * 10.000 m² = 10.000 L ha⁻¹

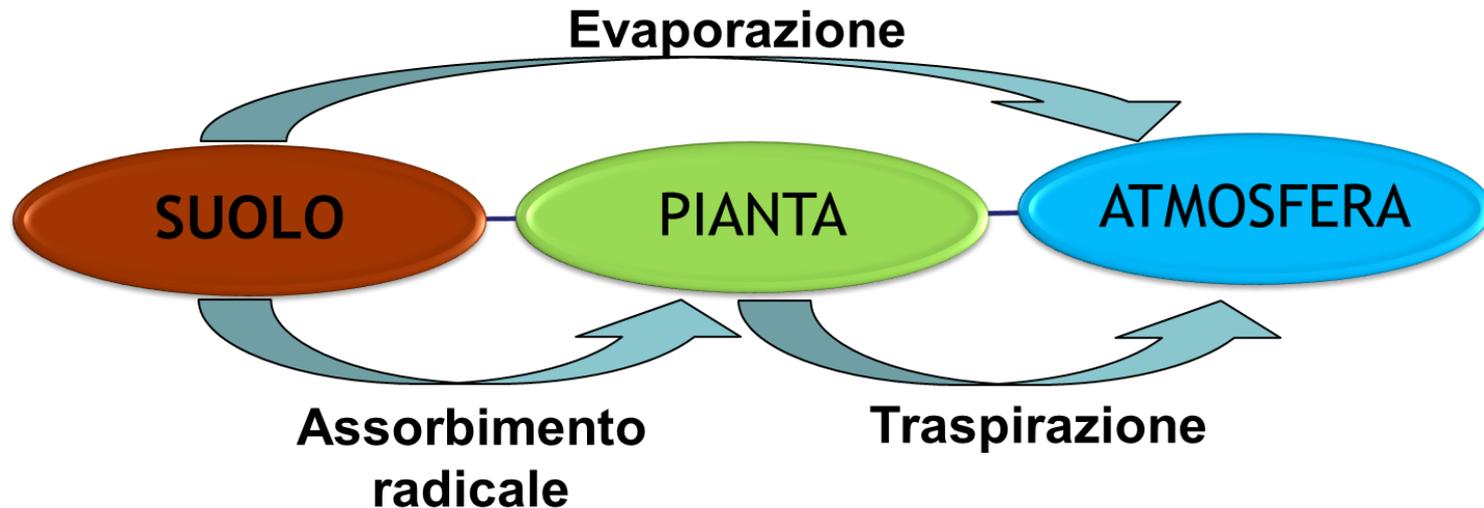


Variabili agrometeorologiche

ET: sistema pianta-suolo-atmosfera

Agronomia

- L'evapotraspirazione è una **componente** del **flusso idrico** nel sistema:



- **Come tutti i flussi** (movimento di materiale attraverso un sistema), anche l'ET è regolata dalla **legge generale del trasporto** (analogo alla **legge di Ohm**):

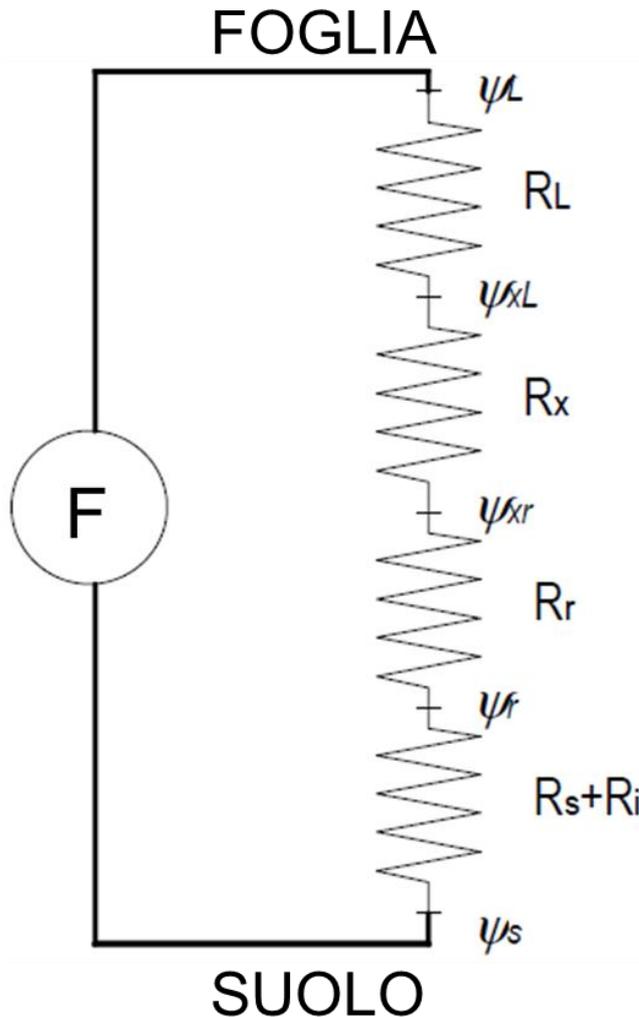
$$F_{1 \rightarrow 2} = (\Psi_2 - \Psi_1) / \text{Resistenza} \quad (\psi \text{ è il potenziale})$$



Variabili agrometeorologiche

ET: sistema pianta-suolo-atmosfera

Agronomia



- F = flusso (idrico)
- Ψ_s = potenziale suolo
- Ψ_r = potenziale radice
- Ψ_{xr} = potenziale radice-xilema
- Ψ_{xL} = potenziale xilema-foglia
- Ψ_L = potenziale foglia
- R_s = resistenza del suolo
- R_i = resistenza interfaccia suolo-radice
- R_r = resistenza endodermica radici
- R_x = resistenza xilema e stelo
- R_L = resistenza idraulica foglia

In condizioni di **buona disponibilità idrica** le **resistenze più influenti** sono R_L e R_r .
Le resistenze del **suolo** e dell'**interfaccia suolo-radice** sono **ininfluenti** in **suoli umidi**, ma diventano **importanti** quando il suolo incomincia ad **asciugarsi**.

$$F = (\Psi_L - \Psi_s) / (R_L + R_r)$$

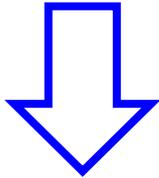


Variabili agrometeorologiche

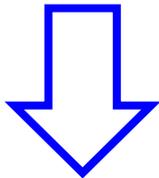
Il potenziale idrico

Agronomia

- E' la **forza** con cui l'**acqua** è **trattenuta**



- La **pressione** (**negativa**, o **suzione**) che si deve applicare **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)

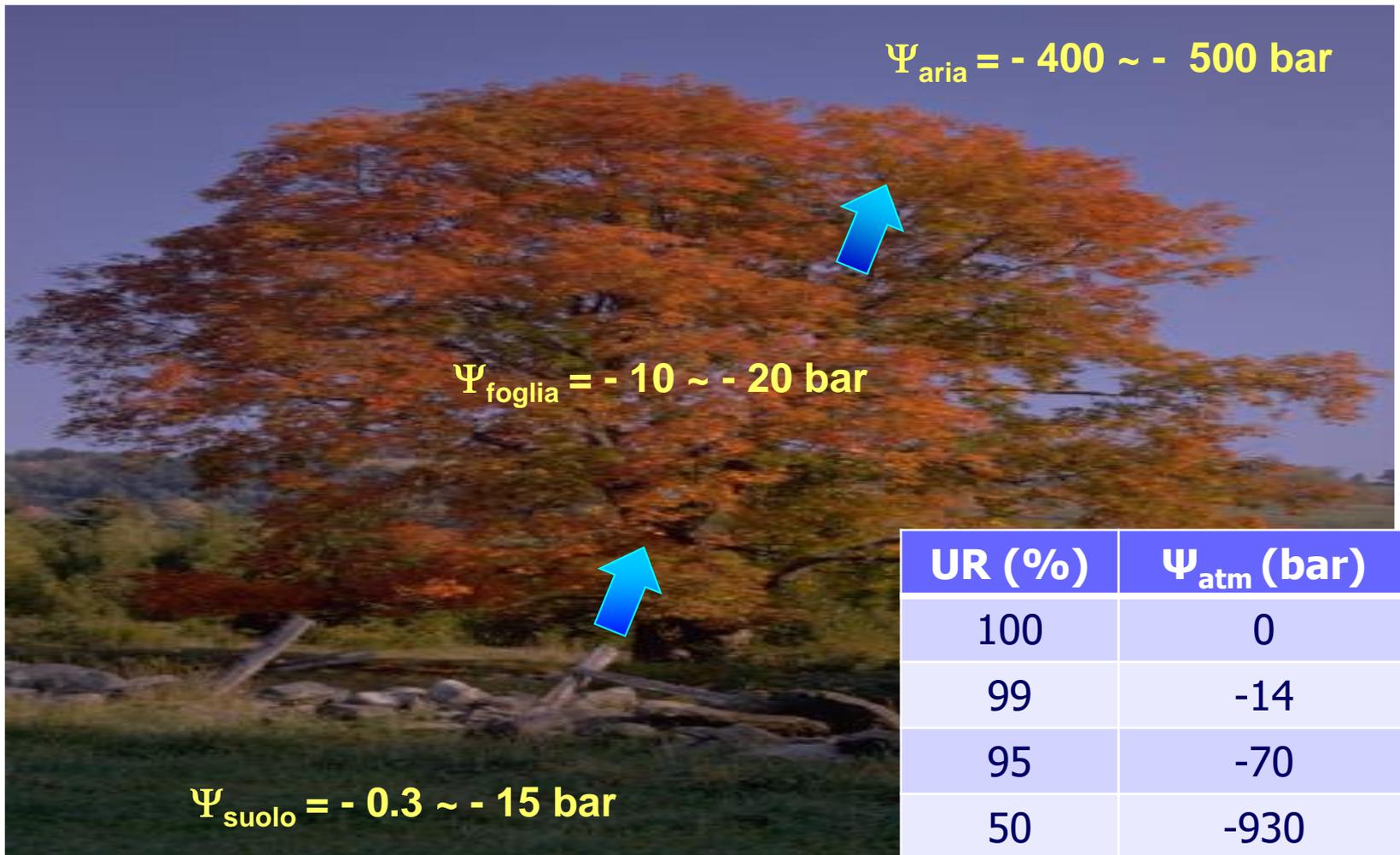


Variabili agrometeorologiche

Il potenziale idrico

Agronomia

Le **differenze di potenziale** sono il **motore** del flusso evapotraspirativo!





Variabili agrometeorologiche

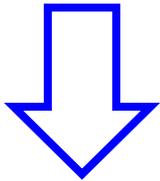
Strategie della pianta per ridurre il flusso idrico

Agronomia

Ricordando che

IL FLUSSO E' REGOLATO DALLA **LEGGE GENERALE DEL TRASPORTO**

$$F_{1 \rightarrow 2} = (\Psi_2 - \Psi_1) / R$$



Per **ridurre il flusso**:

- **Riduce** la differenza di potenziale (**$\Psi_2 - \Psi_1$**)
- **Aumenta** le resistenze (**R**)

...con **differenti strategie**...



Variabili agrometeorologiche

Strategie della pianta per ridurre il flusso idrico

Agronomia

Adattamento delle piante alla domanda evapotraspirativa

- AUMENTO DEL FLUSSO IN INGRESSO: assorbimento radicale
 - ✓ aumento **potere assorbente** delle radici (abbassamento potenziale radicale) **VELOCE**
 - ✓ aumento della **superficie assorbente** delle radici (sviluppo apparati radicali) **LENTO**
- RIDUZIONE DEL FLUSSO IN USCITA: traspirazione
 - ✓ aumento della resistenza verso l'atmosfera
 - con **variazioni morfologiche** (peli, cuticola,...) **LENTO**
 - con **chiusura stomatica** **VELOCE**
 - ✓ riducendo la differenza $\psi_{aria} - \psi_{foglia}$, abbassando il ψ_{foglia} con un **aumento della concentrazione osmotica** **VELOCE**



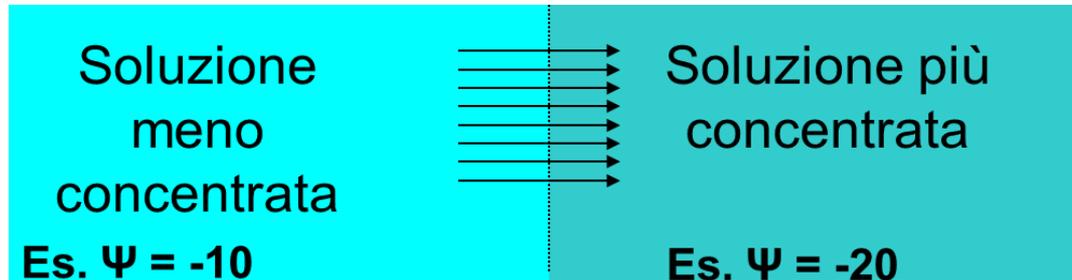
Variabili agrometeorologiche

Strategie della pianta per ridurre il flusso idrico

Agronomia

Meccanismo osmotico:

- TENSIONE OSMOTICA = pressione negativa (suzione) cui è sottoposta l'acqua separata da una soluzione più concentrata da una membrana semipermeabile.



- POTENZIALE OSMOTICO (generato dalla tensione) = componente negativa (tanto più negativa quanto più concentrata) del Ψ totale.

$$\Psi_{\text{totale}} = \Psi_{\text{matriciale}} + \Psi_{\text{osmotico}} + \Psi_{\text{pressione turgore}}$$

↑ Interno della cellula ↑ costante ↓ (circled in red) ↑ La priorità della pianta è mantenerlo costante



Variabili agrometeorologiche

Strategie della pianta per ridurre il flusso idrico

Agronomia

Oltre un certo limite (specifico: $-15 \sim -20$ bar) si abbassa anche Ψ_p
→ **perdita di turgore e appassimento.**

Ψ_p si avvicina a zero con perdite di volume di appena il 10-15%.



La pianta riduce il **potenziale osmotico** (aumenta la negatività del potenziale es. da -15 a -20 bar) **umentando l'ingresso** nelle cellule **di K^+** (pompe protoniche).



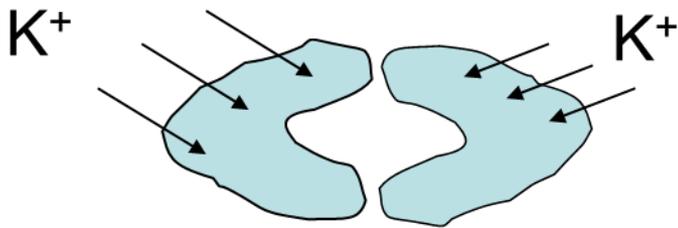
Variabili agrometeorologiche

Strategie della pianta per ridurre il flusso idrico

Agronomia

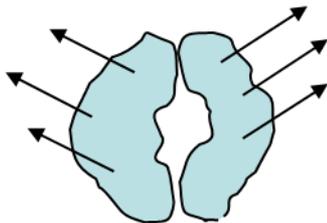
Meccanismo stomatico:

- **Riducendo l'apertura** stomatica, **aumenta la resistenza** (Ohm)
- **Cellule guardia meno turgide** → **stomi più chiusi**



1. Aumenta $[K^+]$
2. Diminuisce Ψ (più negativo es. -20 bar)
3. Aumenta flusso in ingresso nelle c. guardia
4. Aumenta turgore
5. Aumenta apertura

Stress idrico



1. Diminuisce $[K^+]$
2. Aumenta Ψ (meno negativo es. -10 bar)
3. Aumenta flusso in uscita dalle c. guardia
4. Diminuisce turgore
5. Diminuisce apertura



Variabili agrometeorologiche

L'evapotraspirazione

Agronomia

Definizioni:

- ET_{max} o ET_c (crop) = EVAPOTRASPIRAZIONE MASSIMA DELLA COLTURA (in assenza di fattori limitanti)
- ET_r (reale) o ET_a (actual) o ET_e (effettiva) = ET della coltura in esame nelle condizioni reali (è sempre $\leq ET_{max}$)
- ET_0 (zero) o ET_p (Potenziale) o ET_r (reference) = ET di riferimento (di un prato di festuca alto 12 cm, cresciuto senza fattori limitanti)

$$ET_{max} = ET_0 \times Kc$$

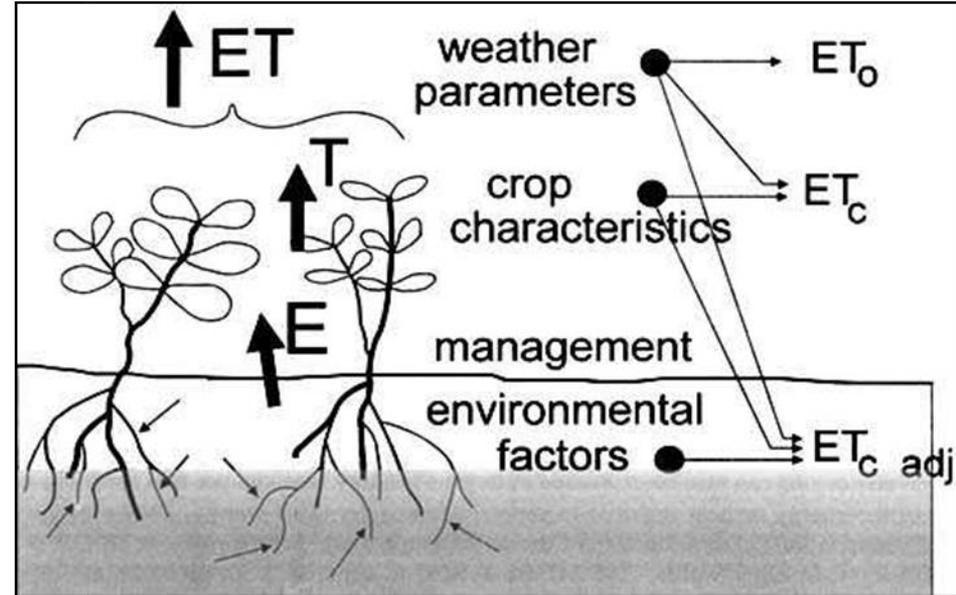
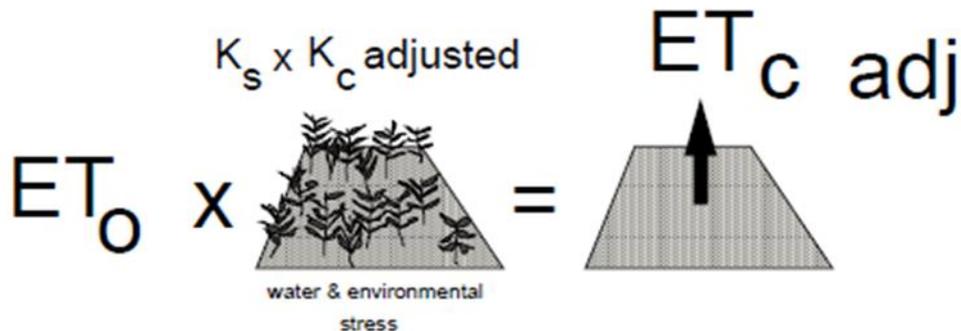
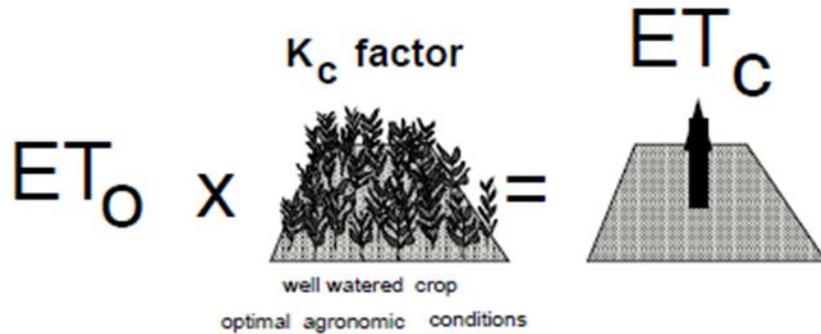
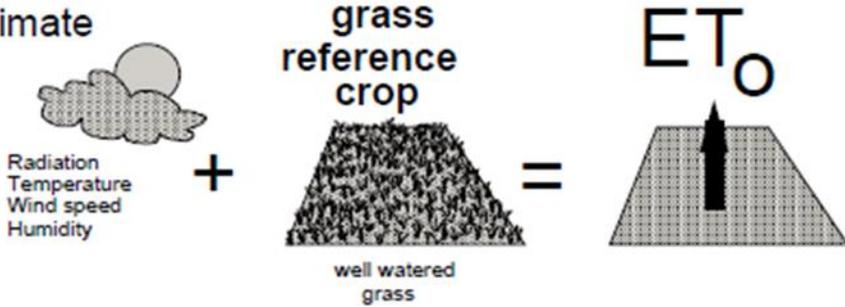
- Kc = coefficiente colturale (rapporto tra l'ET della nostra coltura e quella del prato di riferimento)



Variabili agrometeorologiche

L'evapotraspirazione

Agronomia





Variabili agrometeorologiche

Evapotraspirazione di riferimento

Agronomia

- **Si preferisce partire** da una **richiesta di acqua dell'atmosfera** a un sistema terreno-pianta, a cui il sistema risponde con un'effettiva evapotraspirazione di acqua.
- Questa richiesta si chiama **evapotraspirazione di riferimento**.
- Fa **referimento** ad una **situazione specifica, standard**:
 - ✓ prato uniforme di *Festuca arundinacea* (copre il terreno per gran parte dell'anno in diversi climi, vegeta bene sia a alte sia a basse T)
 - ✓ in condizioni di rifornimento idrico ottimale
 - ✓ tenuto ad un'altezza tra 7 e 14 cm
 - ✓ sufficientemente esteso da evitare effetto oasi
 - ✓ esente da fitopatie





Variabili agrometeorologiche

Evapotraspirazione di riferimento

Agronomia

Può essere:

- **Direttamente misurata:**

- ✓ in **lisimetri a pesata**, dove in un cassone cresce la coltura di riferimento e viene pesato con frequenza giornaliera
 - è difficile e oneroso, limitato ad alcuni centri di ricerca
- ✓ oppure con **bilancio idrico (tecniche recenti: eddy covariance)**

- **Stimata** a partire da dati meteorologici

- ✓ dipende infatti principalmente
 - dalla **radiazione netta** (apporto di energia per l'evaporazione dell'acqua) e
 - dal **gradiente di pressione di vapore** tra **foglia** e **ambiente** (umidità relativa e vento)