

**La traspirazione: male inevitabile e motore
dell'ascesa dell'acqua**

Table 2.2.1. Water use and resources acquisition (CO_2 in plants and O_2 in animals) at 20°C and 50% relative humidity and taking into account the diffusability of gases which depends on their molecular weight. A human with a body temperature of 36.6°C acts as an example for the animal kingdom

	Plants		Human	
	CO_2	H_2O	O_2	H_2O
Concentration (ppm)				
– in the atmosphere	350	12 000	210 000	12 000
– in the mesophyll or in breathed air	250	24 000	160 000	62 000
Gradient	100	12 000	50 000	50 000
Relationship between $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ or $\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2$	192		1.3	

Traspirazione + Evaporazione → Evapotraspirazione

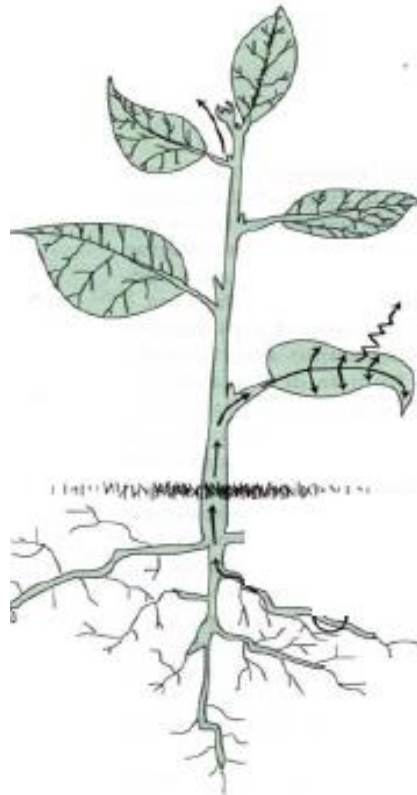
atmosfera



pianta



suolo



H_2O_{vapore}



H_2O

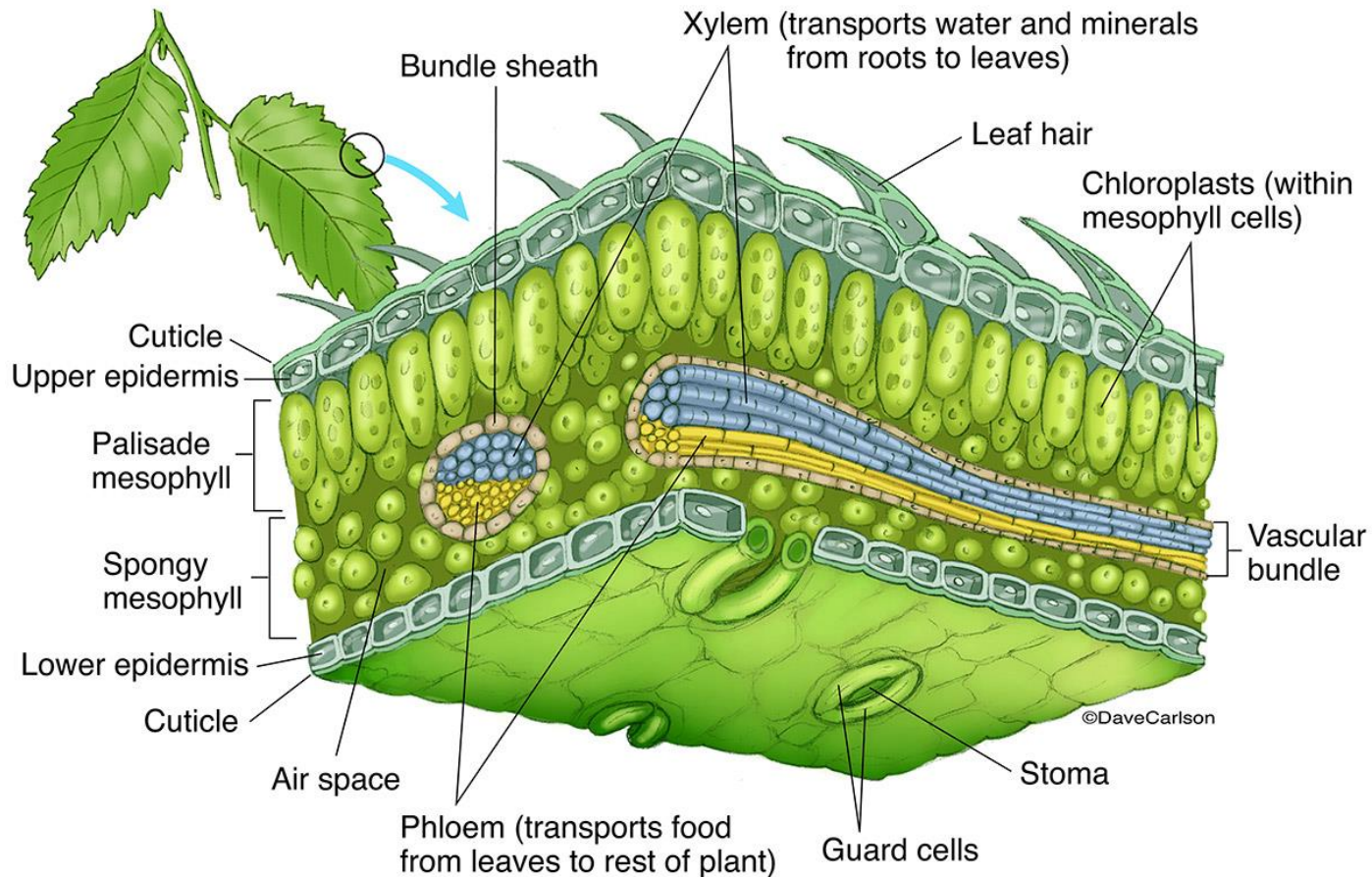
La traspirazione consiste:

nell'evaporazione dell'acqua a livello delle superfici acqua-aria dei tessuti vegetali

e nel successivo movimento delle molecole di vapore acqueo dagli spazi intercellulari all'esterno

Il 95% della traspirazione avviene a livello degli **STOMI**

Solo il restante 5% attraverso la cuticola



Qual è la forza motrice della traspirazione?

E' il gradiente di concentrazione del vapor d'acqua tra la foglia e l'aria

$$[C_{wv(\text{foglia})} - C_{wv(\text{aria})}]$$

L'acqua che evapora dalla superficie delle cellule negli spazi aeriferi esce dalla foglia per

diffusione

$$t_{c=1/2} = \frac{d^2}{D_w} \rightarrow \frac{(10^{-3} \text{ m})^2}{2.4 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}} = 0.042 \text{ s}$$

D_w= coefficiente di diffusione del vapore d'acqua

Possiamo anche definire la forza motrice della traspirazione in termini di differenza di pressione parziale di vapore tra interno ed esterno della foglia

VPD: Vapour Pressure Deficit

$$VPD = (P_{v_i} - P_{v_o}) / P_{atm}$$

Nota: la pressione parziale del vapore acqueo in una massa d'aria a una certa temperatura è proporzionale alla sua concentrazione.

$$[C_{wv(\text{foglia})} - C_{wv(\text{aria})}]$$

$C_{wv(\text{foglia})}$ viene stimata assumendo che negli spazi aeriferi il potenziale idrico sia in equilibrio con quello delle superfici dalle quali l'acqua evapora

Potenziale idrico dell'aria

$$\Psi = \frac{RT}{V_w} \ln(RH)$$

RH umidità relativa dell'aria

$$RH = \frac{C_{wv}}{C_{wv(sat.)}}$$

$$0 < RH < 1$$

TABELLA S4.1.

Relazione fra concentrazione di vapor acqueo (c_{wv}), pressione di vapor acqueo (p_{wv}), umidità relativa (RH) e potenziale idrico (Ψ_w)

c_{wv} (mol m ⁻³)	p_{wv} (kPa)	RH	Ψ_w (MPa) ^d
0,961	2,34	1,000	0,00
0,957	2,33	0,996	-0,54
0,951	2,32	0,990	-1,36
0,923	2,25	0,960	-5,51
0,865	2,11	0,900	-14,20
0,480	1,17	0,500	-93,60
0,000	0,000	0,000	-infinito

TABLE 4.2

Representative values for relative humidity, absolute water vapor concentration, and water potential for four points in the pathway of water loss from a leaf

Location	Relative humidity	Water vapor	
		Concentration (mol m ⁻³)	Potential (MPa) ^a
Inner air spaces (25°C)	0.99	1.27	-1.38
Just inside stomatal pore (25°C)	0.95	1.21	-7.04
Just outside stomatal pore (25°C)	0.47	0.60	-103.7
Bulk air (20°C)	0.50	0.50	-93.6

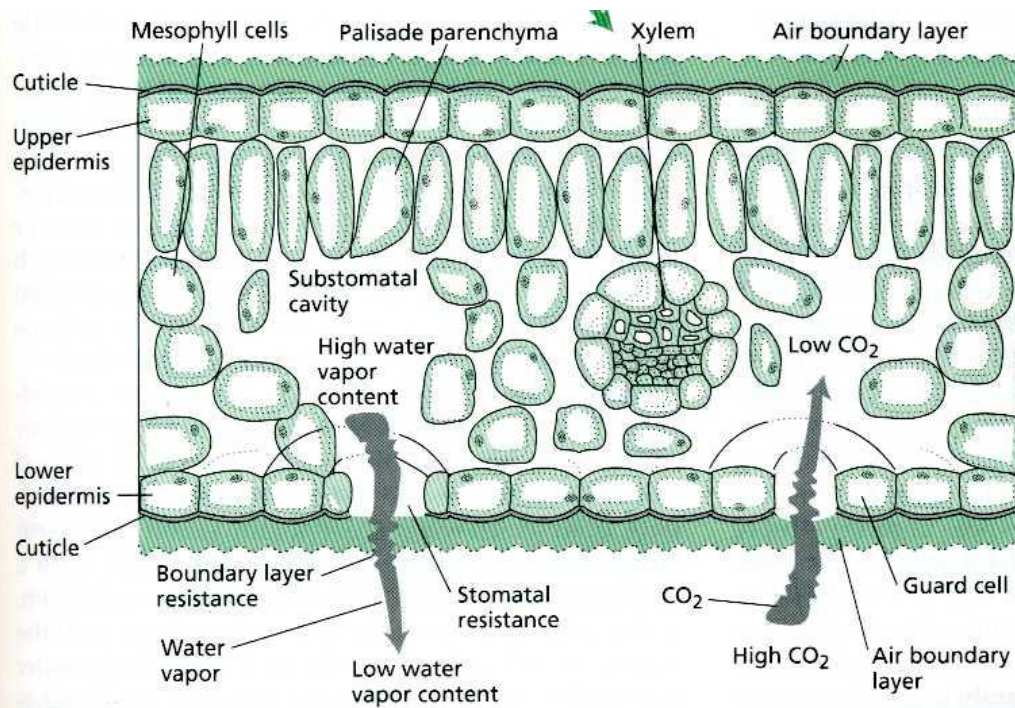


TABELLA S4.1.
Relazione fra concentrazione di vapore acqueo (c_{wv}), pressione di vapore acqueo (p_{wv}), umidità relativa (RH) e potenziale idrico (Ψ_w)

c_{wv} (mol m ⁻³)	p_{wv} (kPa)	RH	Ψ_w (MPa) ⁴
0,961	2,34	1,000	0,00
0,957	2,33	0,996	-0,54
0,951	2,32	0,990	-1,36
0,923	2,25	0,960	-5,51
0,865	2,11	0,900	-14,20
0,480	1,17	0,500	-93,60
0,000	0,000	0,000	-infinito

$$E = g_L \times VPD$$

dove

E = velocità (tasso) di traspirazione
(mmol m⁻² s⁻¹)

g_L = conduttanza fogliare al vapore acqueo
(mmol m⁻² s⁻¹)

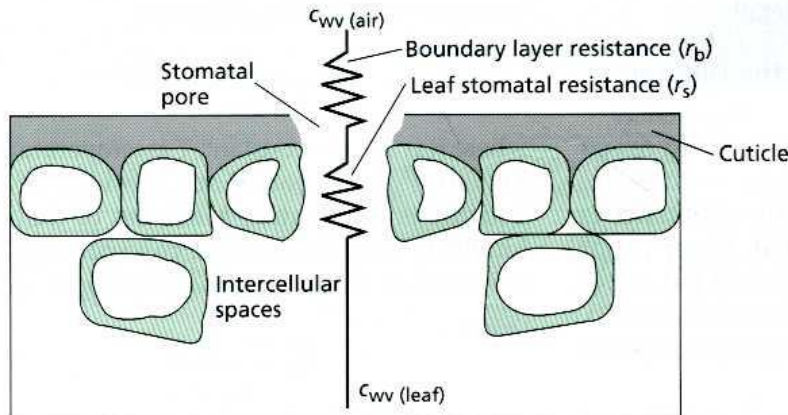
VPD = deficit di pressione di vapore d'acqua,
($P_{wvi} - P_{wvo}$)/ P_{atm}

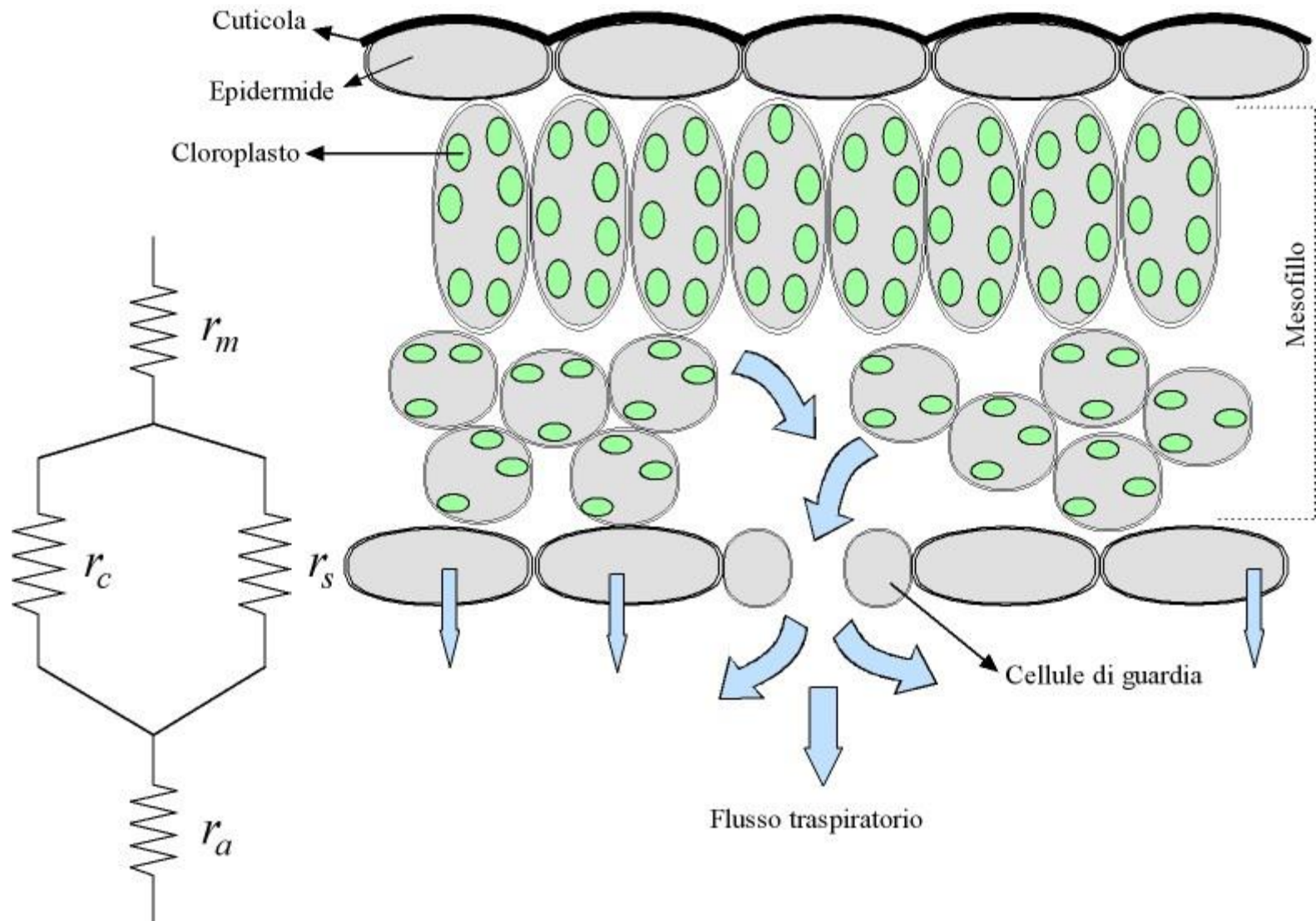
$$g_L = 1/r_L$$

dove

r_L = resistenza fogliare al vapore acqueo
(s m² mmol⁻¹)

(B)



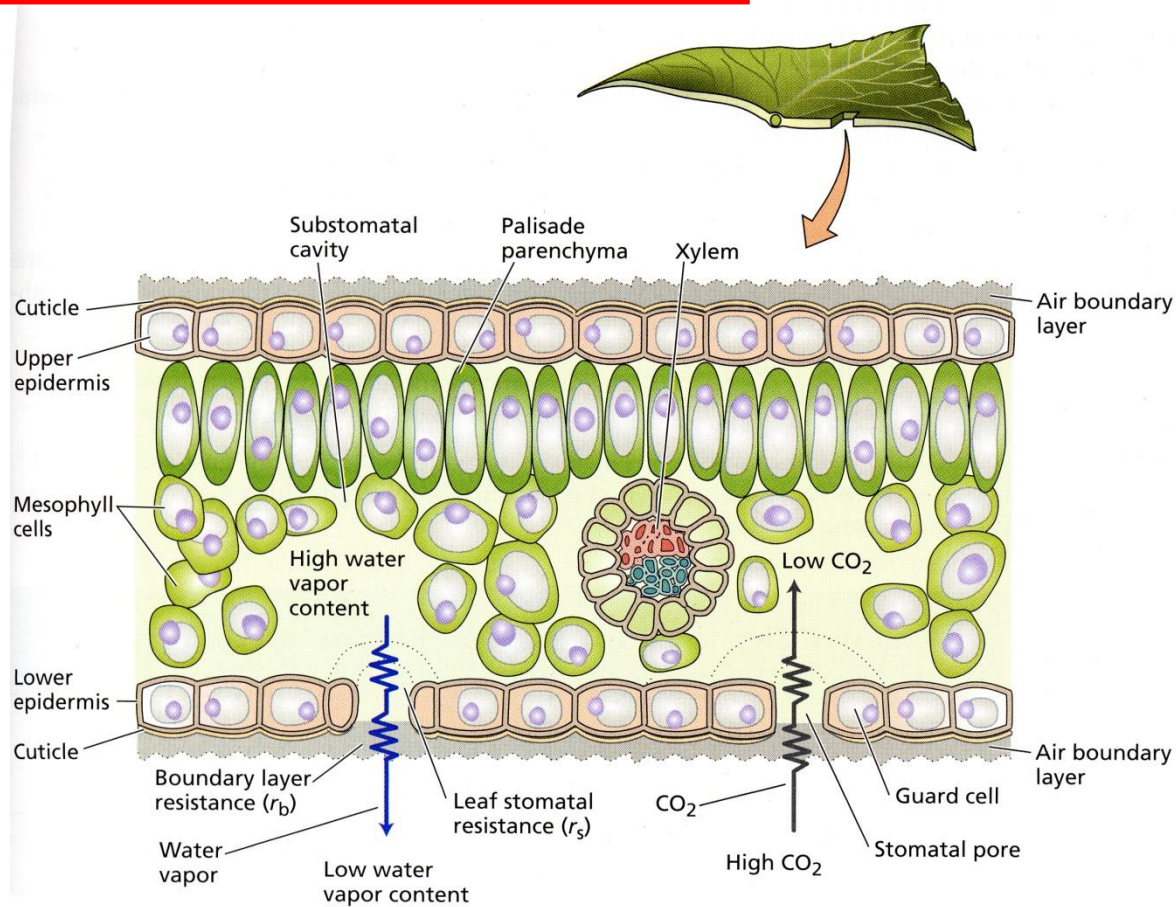


Resistenza alla diffusione del vapore d'acqua



Resistenza dello strato limite (r_b)

Resistenza stomatica (r_s)



Fattori **ambientali** che influenzano la traspirazione:

- Umidità relativa
- Temperatura
- Vento

Effetto dell'umidità relativa

TABELLA 11.2 Alcuni valori di potenziale idrico² in fase vapore (Ψ_{wv}) in funzione dell'umidità relativa percentuale (UR%) a 20 °C

UR (%)	Ψ_{wv} (MPa)
100	0
95	-6,9
90	-14,2
50	-93,5
20	-217,1

² Il potenziale idrico in fase vapore è calcolato in base alla relazione:

$$\Psi_{wv} = \frac{RT}{V_g} \cdot \ln \left(\frac{UR\%}{100} \right)$$

Effetto della temperatura

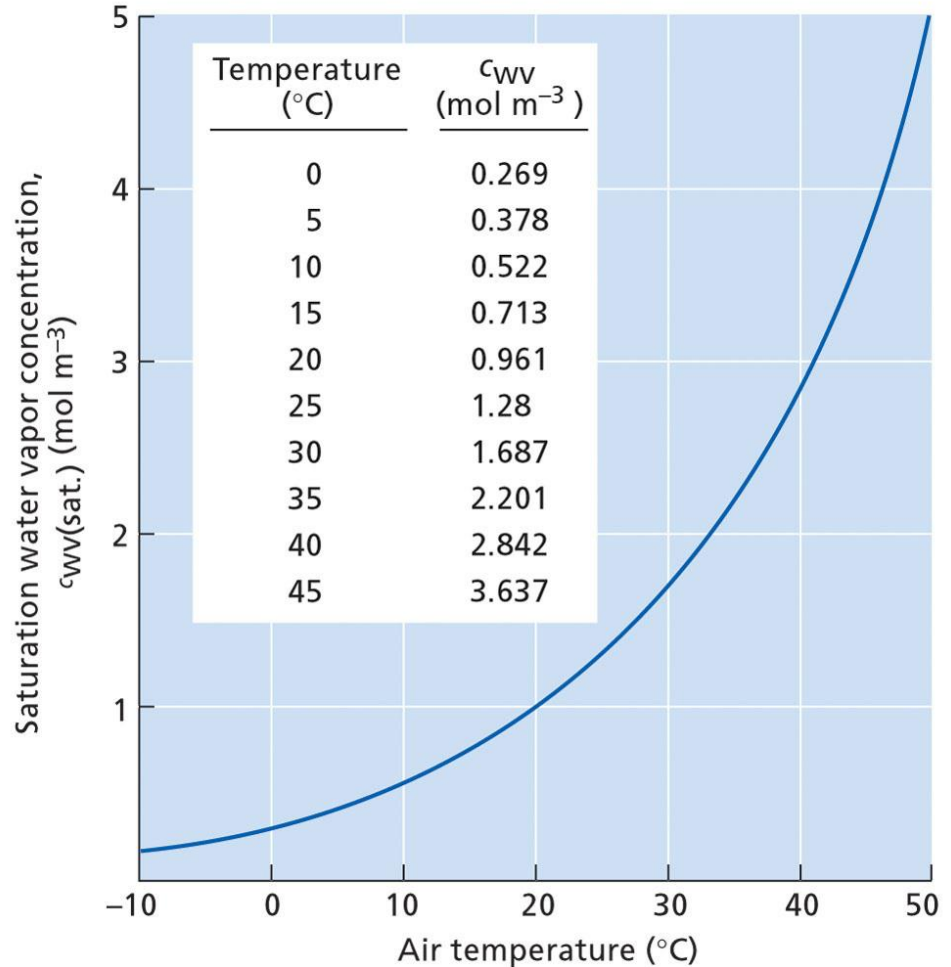
$$RH = \frac{C_{wv}}{C_{wv(\text{sat.})}}$$

$C_{wv(\text{sat.})}$ varia al variare della T

un aumento di T
determina la
diminuzione di RH



diminuisce Ψ e altra acqua
evaporerà dalla superficie
fogliare



Effetto della temperatura

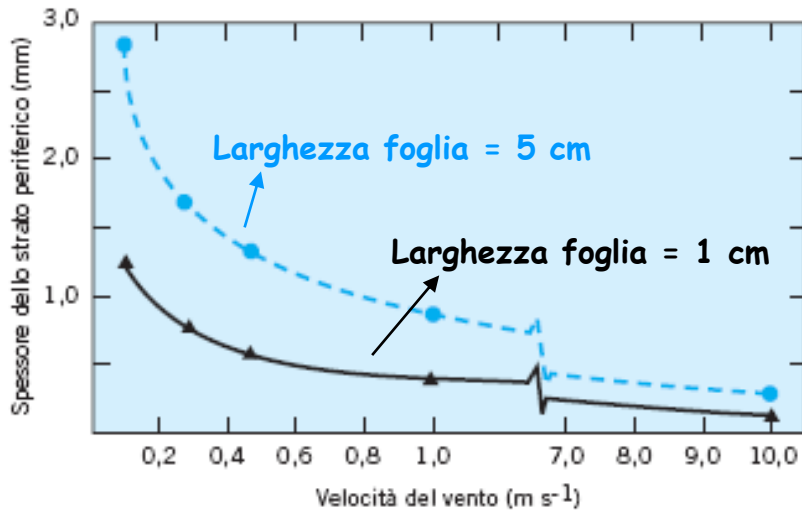
TABELLA 11.3 Effetto della temperatura e dell'umidità relativa sul gradiente di pressione di vapore tra foglia e aria. In questi esempi si assume che il contenuto d'acqua dell'atmosfera rimanga costante

Foglia	Atmosfera	$P_{w \text{ foglia}} - P_{w \text{ aria}}$
(A)		
$T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$	$T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$	
$P_w = 1,23 \text{ kPa}$	$e = 0,61 \text{ kPa}$	0,61 kPa
RH = 100%	RH = 50%	
(B)		
$T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	
$P_w = 2,34 \text{ kPa}$	$e = 0,61 \text{ kPa}$	1,73 kPa
RH = 100%	RH = 26%	
(C)		
$T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$	$T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	
$P_w = 4,24 \text{ kPa}$	$e = 0,61 \text{ kPa}$	3,63 kPa
RH = 100%	RH = 26%	

x3

x6

3- Effetto del vento



Lo **spessore dello strato limite** aumenta la lunghezza del cammino di diffusione (Δx)

Descrizione quantitativa del processo di diffusione:
Prima legge di Fick

$$F = -D A \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

↓
maggiore spessore -> minore velocità di diffusione (e quindi di traspirazione)

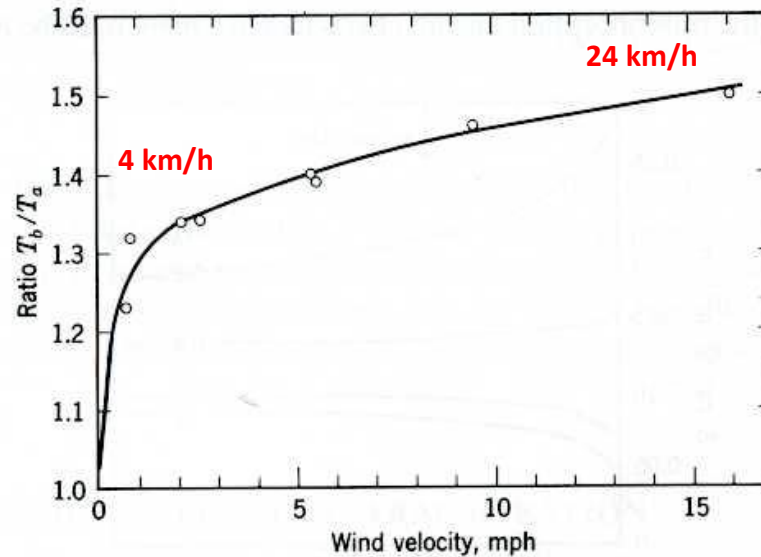
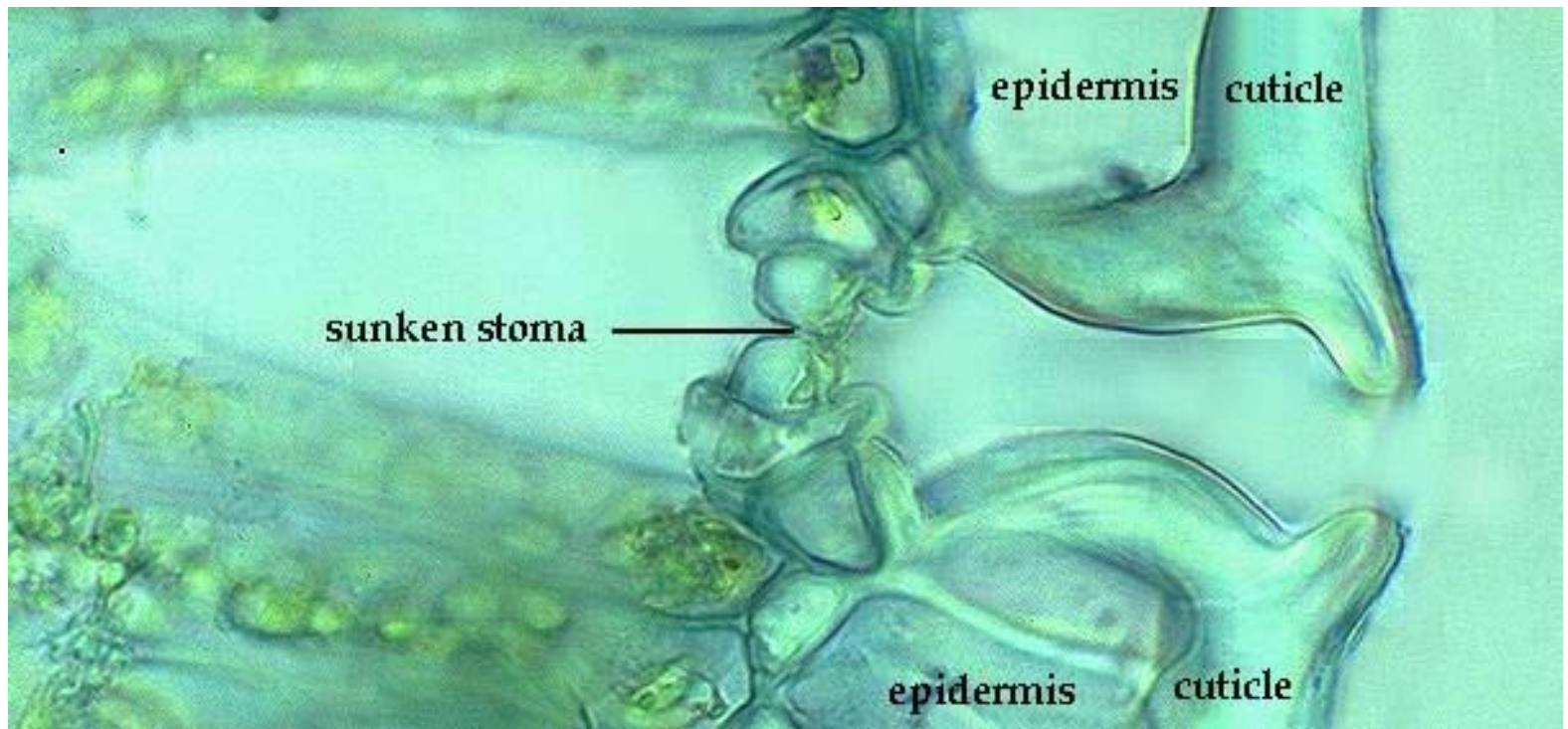


Fig. 11.4. Effect of increasing velocity of air movement on the transpiration rate of potted sunflowers growing in a sunny greenhouse. Ordinate is the ratio of rate of plants exposed to wind (T_b) to the rate of plants in quiet air (T_a). Most of the effect occurs at velocities of less than 2 mph. A velocity of 1 mph equals 44.69 cm/s. (After Martin and Clements, 1935; from Kramer and Kozlowski, 1979, by permission of Academic Press.)



I movimenti stomatici

STOMI

cellule di guardia a manubrio

cellule di guardia reniformi

complesso dello stoma

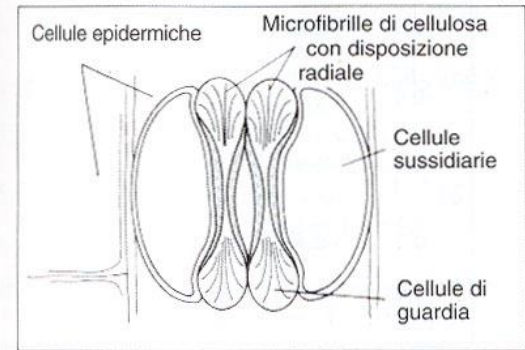
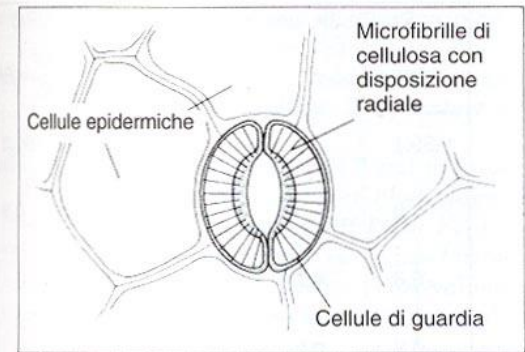
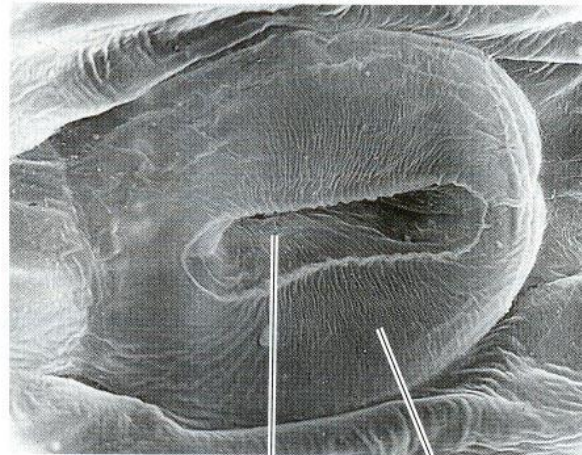
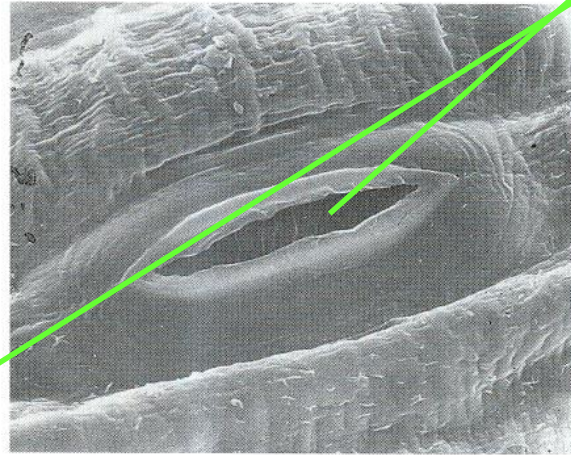
rima stomatica

Cytosol and vacuole

cellule
sussidiarie

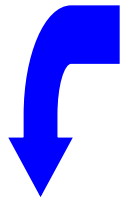
Pore

Heavily thickened
guard cell wall



cellule di guardia
reniformi

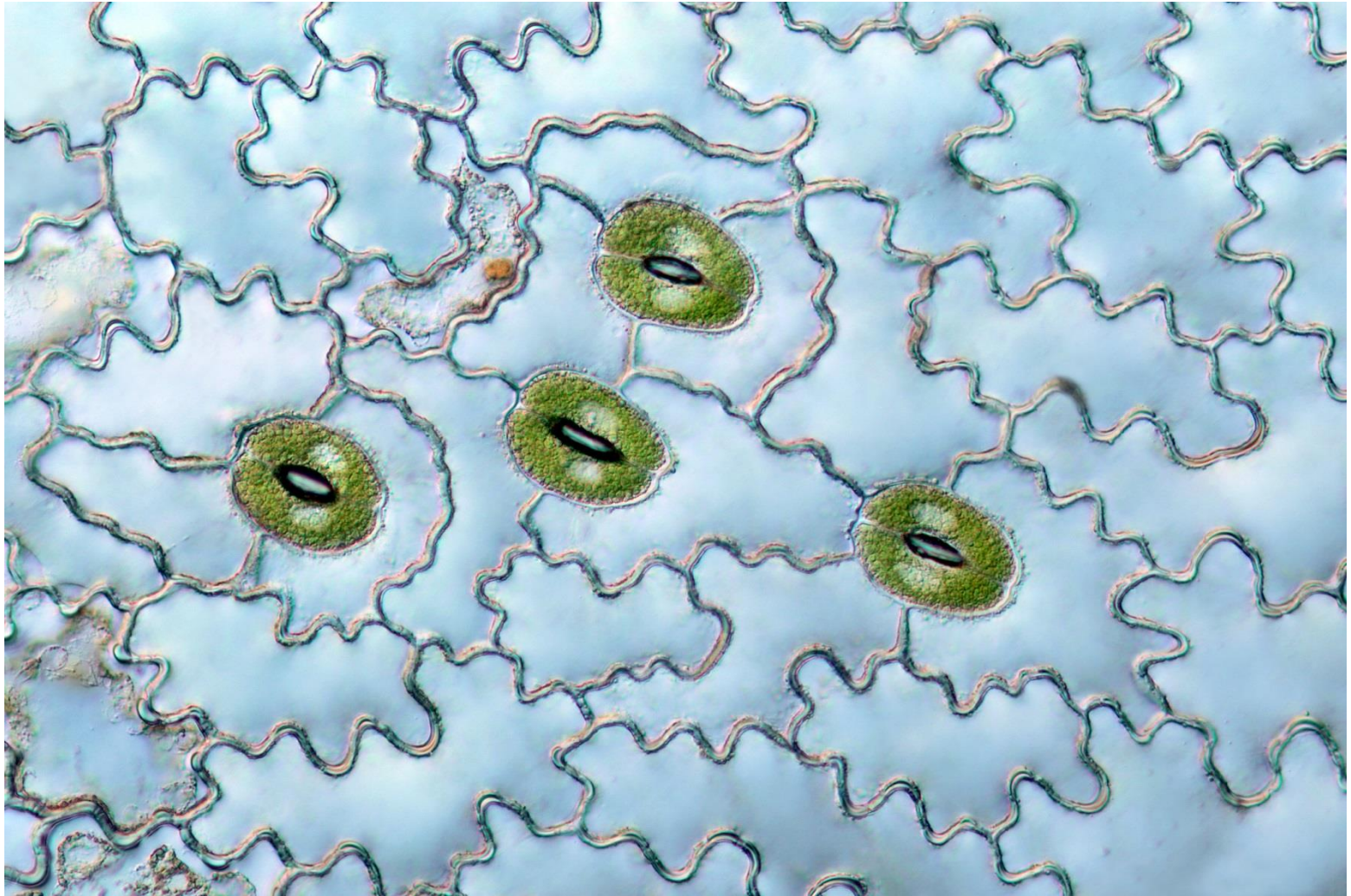
cellule di guardia a
manubrio



presenti nelle graminacee e
in poche altre monocotiledoni



presenti nelle dicotiledoni e
nelle altre monocotiledoni



Peculiarità citologiche delle cellule di guardia:

- Assenza di plasmodesmi con cellule epidermiche circostanti
- Presenza di cloroplasti differenziati
- Pareti irregolarmente ispessite (porzioni più rigide e porzioni più elastiche)
- Peculiare disposizione delle microfibrille di cellulosa della parete (micellazione)

TABELLA 5.1 Frequenze stomatiche sulla superficie superiore e su quella inferiore di foglie

Genere	Numero di stomi mm ⁻²		
	Superficie superiore	Superficie inferiore	
<i>Monocoryledonae</i>			
<i>Allium</i> (cipolla)	175	175	
<i>Hordeum</i> (orzo)	70	85	
<i>Triticum</i> (grano)	50	40	Foglie anfistomatiche
<i>Dicoryledonae</i>			
<i>Specie erbacee</i>			
<i>Helianthus</i> (girasole)	120	175	
<i>Medicago</i> (erba medica)	169	188	
<i>Pelargonium</i> (geranio)	29	179	
<i>Specie legnose</i>			
<i>Aesculus</i> (ippocastano)	–	210	
<i>Quercus</i> (quercia)	–	340	
<i>Tilia</i> (tiglio)	–	370	Foglie ipostomatiche

Dati da Meidner e Mansfield, 1968.

Densità stomatiche tipicamente comprese tra 20 e 400 stomi mm⁻²

Valori massimi di 1000 stomi mm⁻²

