

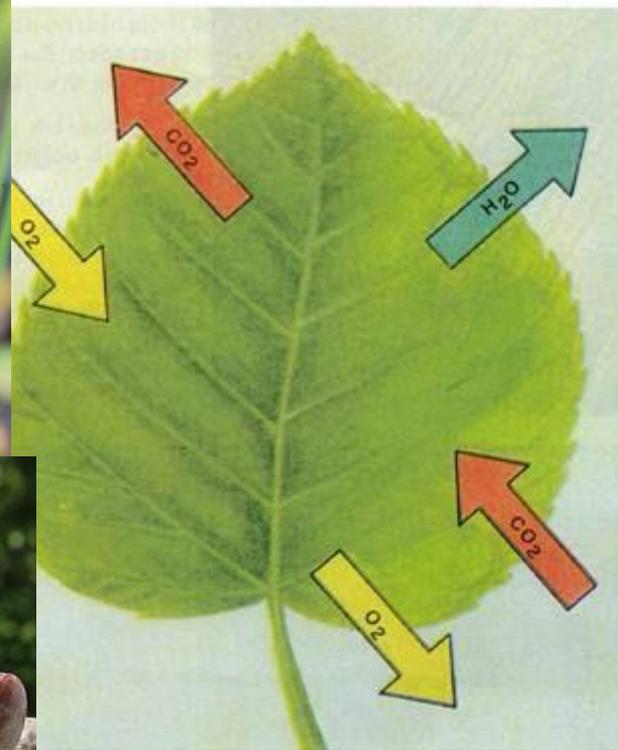
# ANATOMIA DELLA FOGLIA





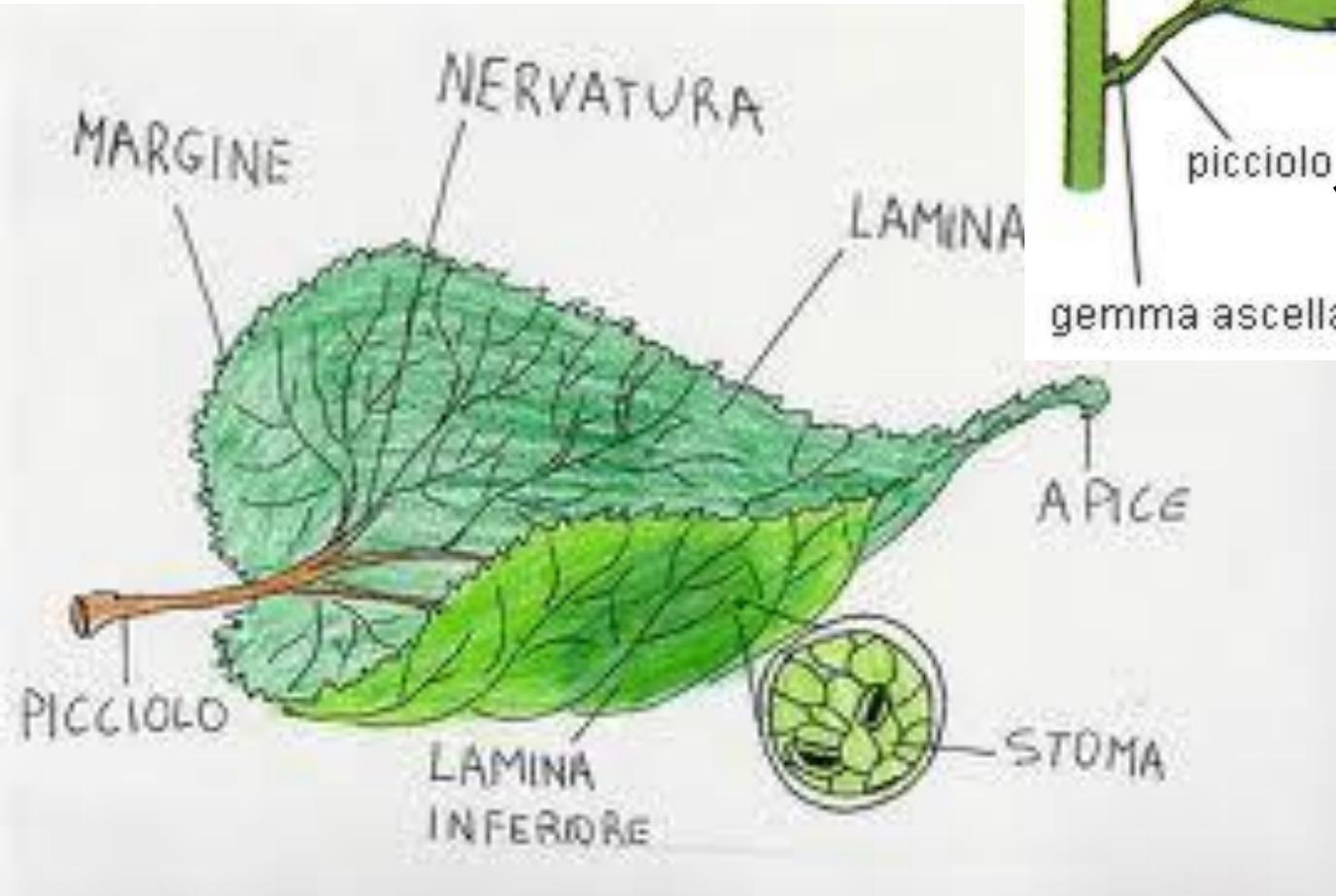
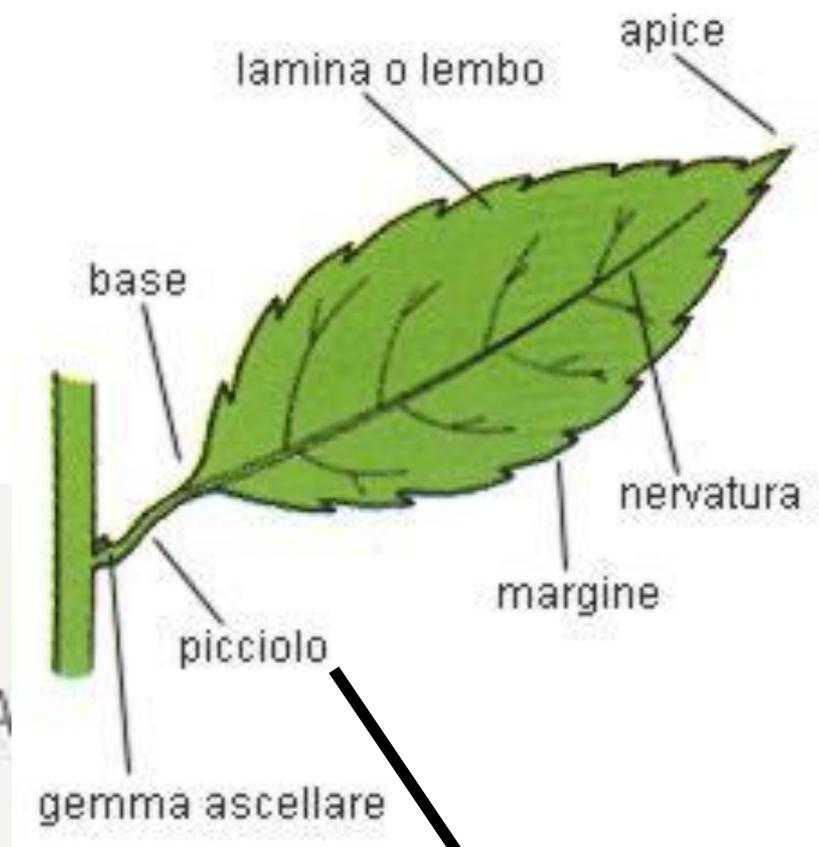
**FOTOSINTESI &  
traspirazione**

Nomofilli: f(x) clorofilliana



## Foglia LAMINARE

Forma più efficace per la fotosintesi e la regolazione della traspirazione

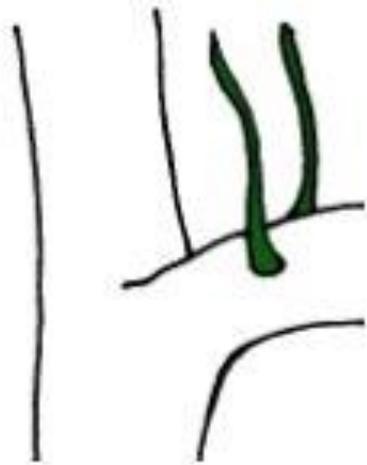


**Foglie picciolate**  
Ipotesi: il picciolo favorisce la mobilità fogliare.

# Stipole



Espansioni squamiformi  
alla base del picciolo



Foglie **sessili** -> sprovviste di picciolo

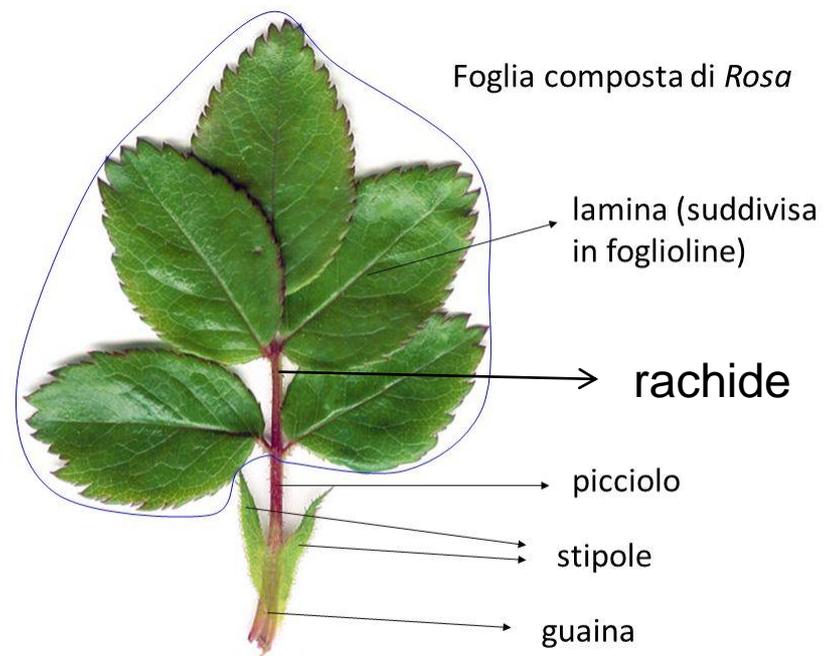


# Foglie semplici vs foglie composte

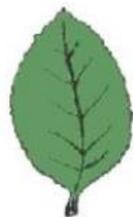
Semplice



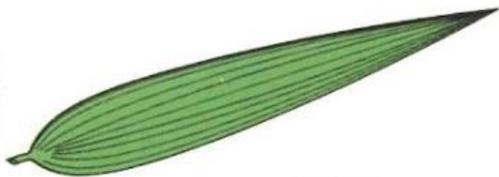
Composta



[commons.wikimedia.org/wiki/Image:Rose\\_Leaf.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Rose_Leaf.jpg)



penninervia



parallelinervia



palminervia



paripennata



imparipennata



biternata



bipennata

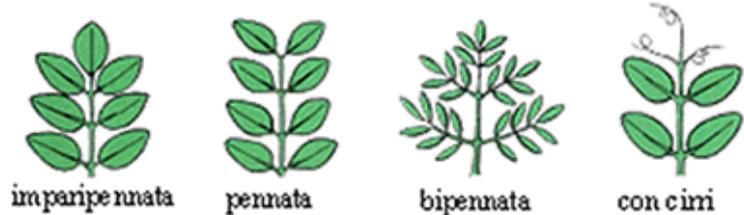
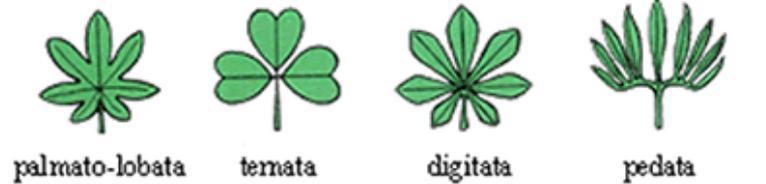
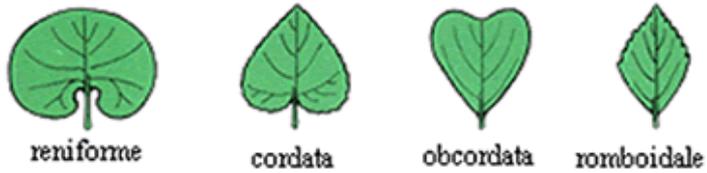
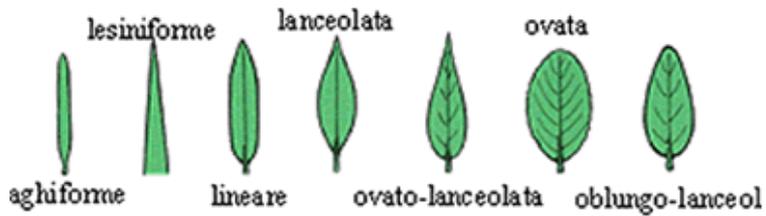


trifogliata



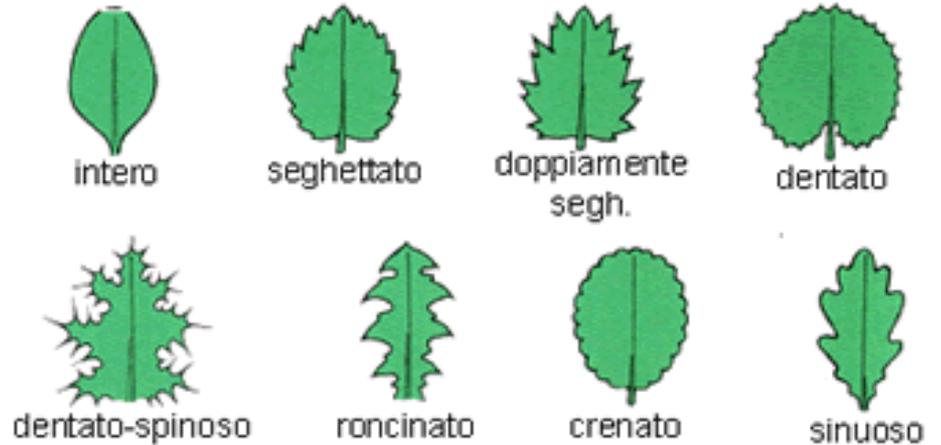
tripennata

## LAMINA



## Tipi di lamina & di margine:

### MARGINE





... **spine** in *Robinia pseudoacacia*

... **ocrea** in  
Polygonaceae



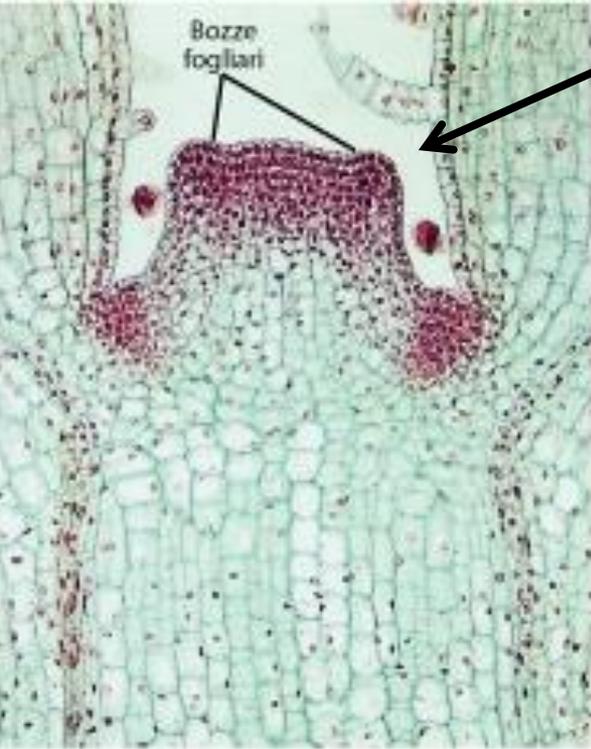


**Simmetria  
bilaterale vs.  
foglie oblique  
(*Begonia*)**



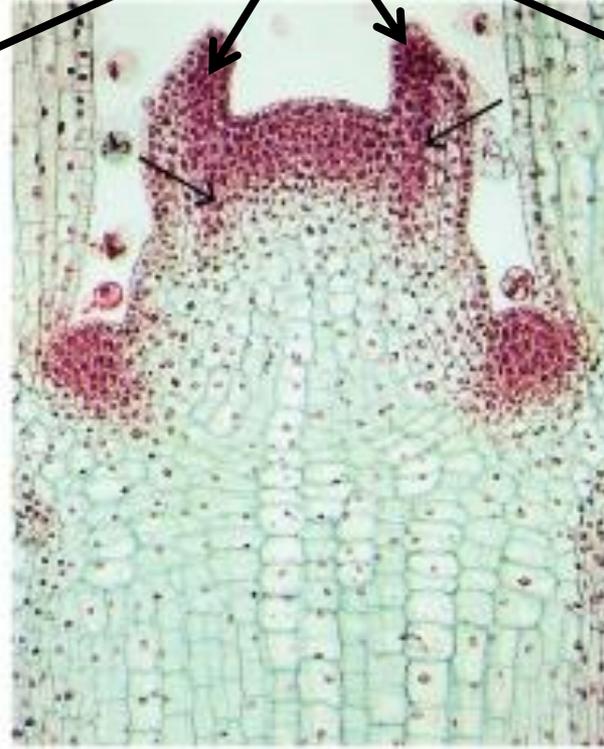
# Genesi della foglia

Ripetute divisione della parte più periferica del cono vegetativo



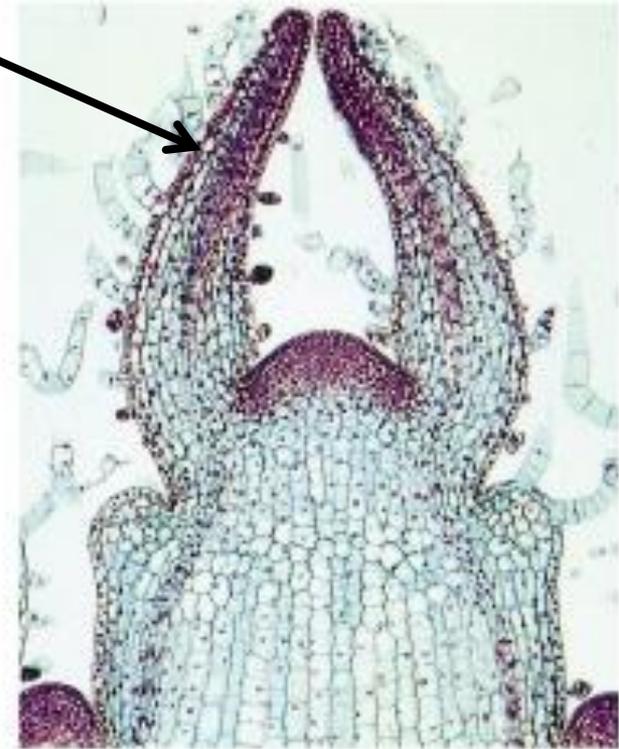
(a)

80 μm



(b)

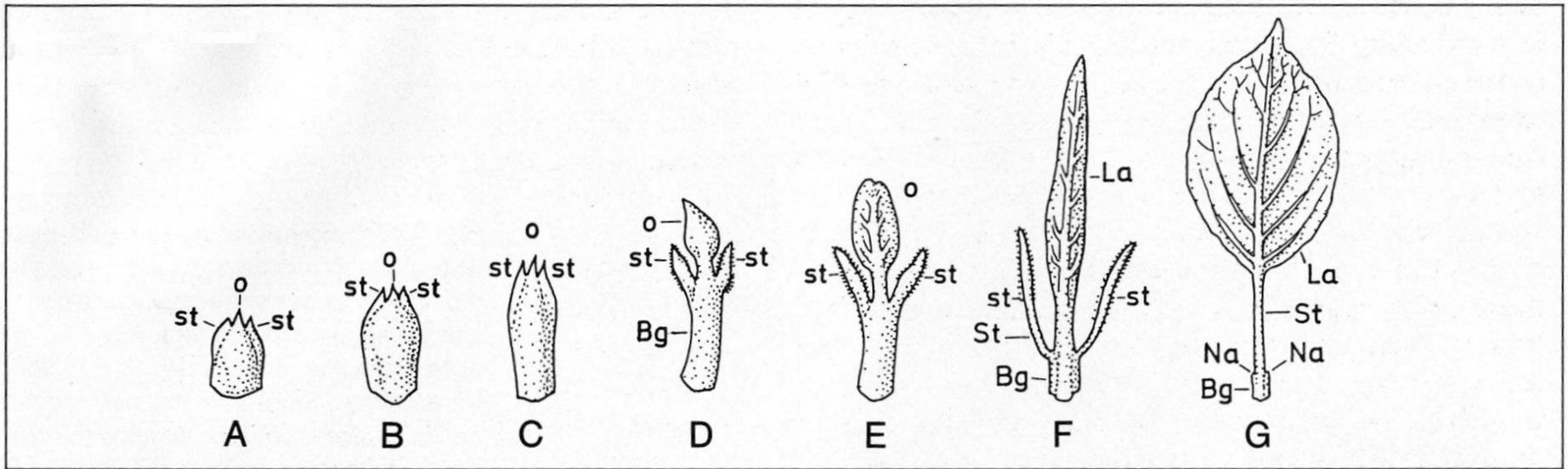
80 μm



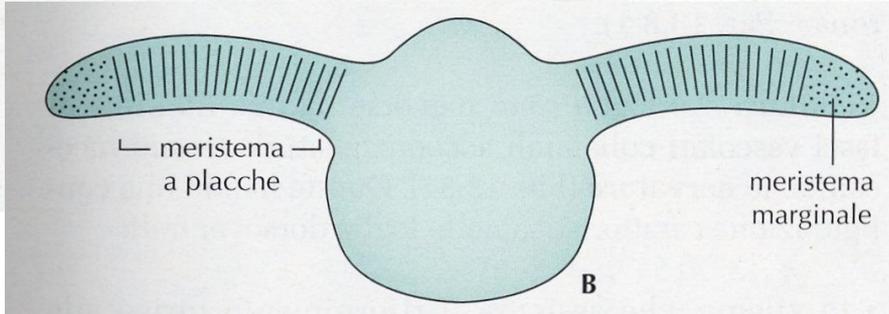
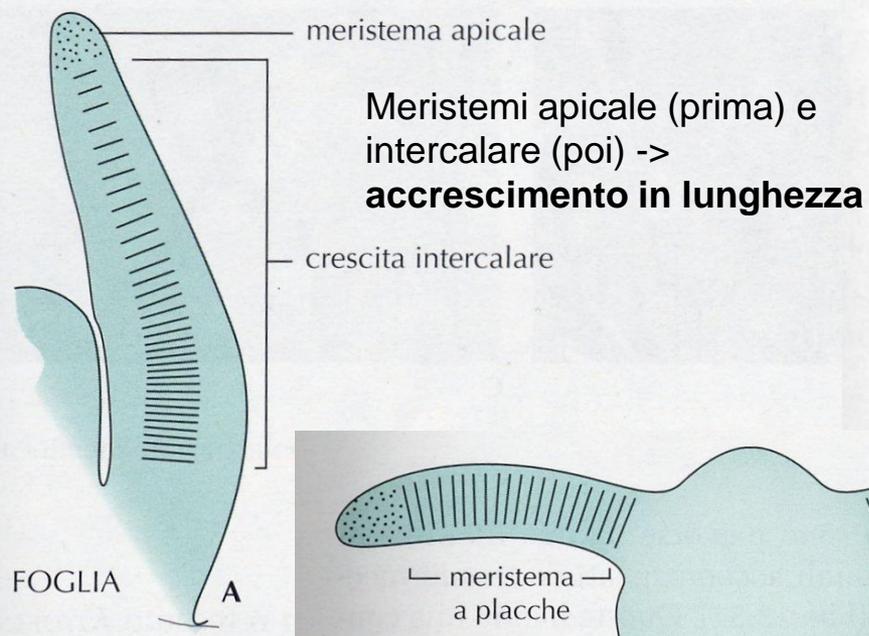
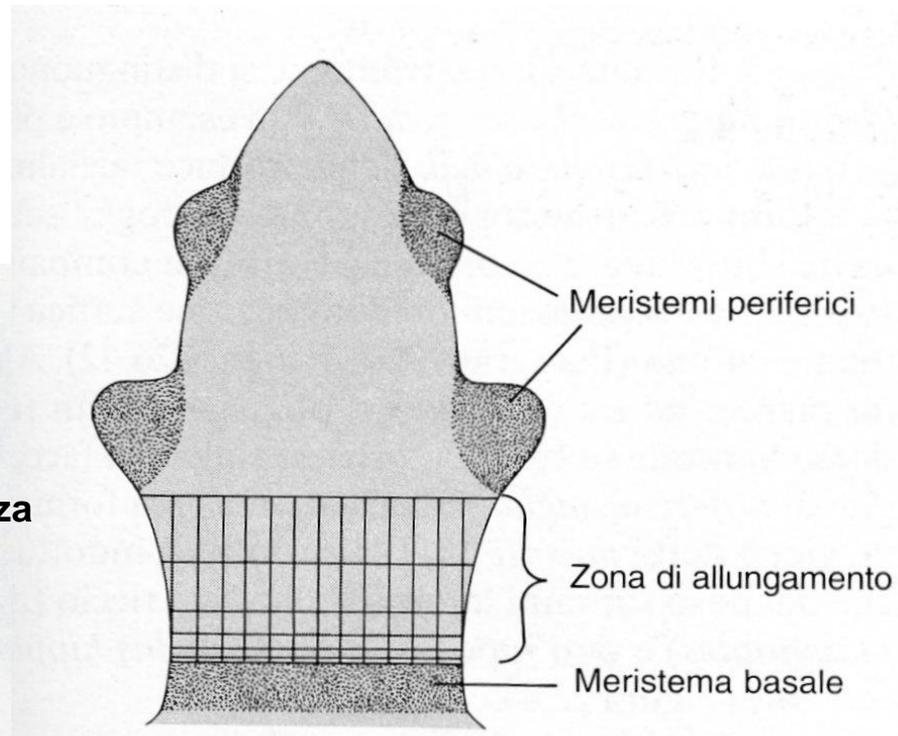
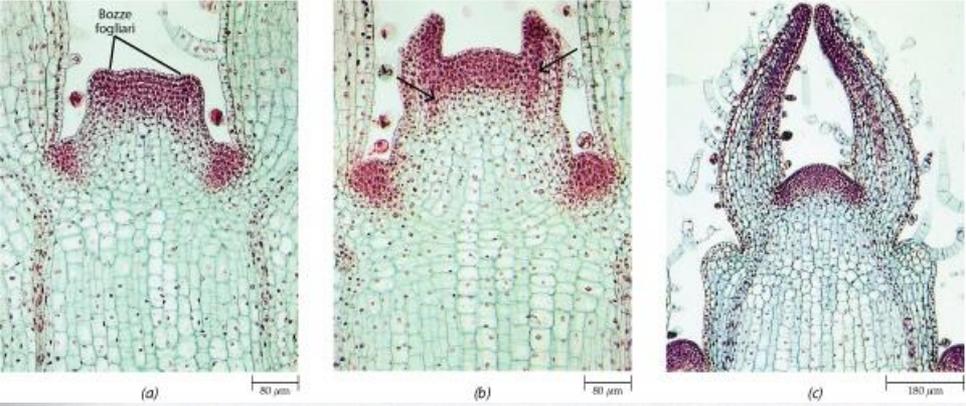
(c)

180 μm

Sviluppo di un germoglio a partire da una gemma →  
 osservazione delle modificazioni a cui la struttura fogliare va  
 incontro ← → semplici processi morfogenetici ← →  
 modificazione dell' attività dei meristemi fogliari.



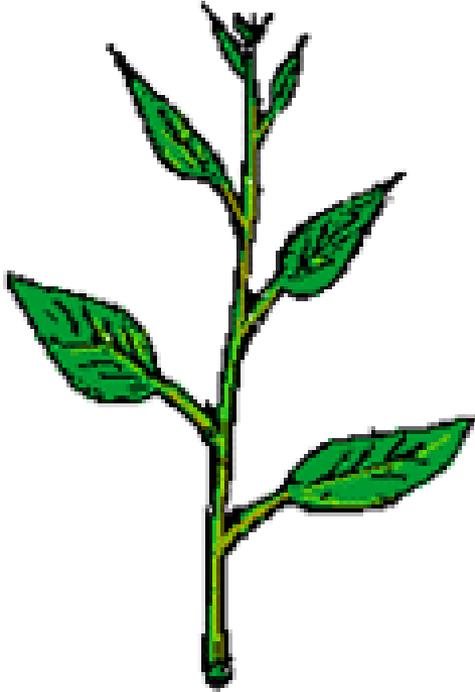
Sviluppo crescente della parte superiore della foglia nel passaggio da squame della gemma (**A-C**) a (**G**) foglia normale in *Malus baccata*; **D,E** foglie di transizione; **F** foglia normale prima della distensione. st stipole; Bg guaina fogliare; Na cicatrici di stipole cadute; St picciolo; La lamina; o rudimento della parte apicale della foglia (A-F circa grandezza naturale; G 0,3:1; da W. Troll).



**Meristemi a margine del primordio -> accrescimento in larghezza**

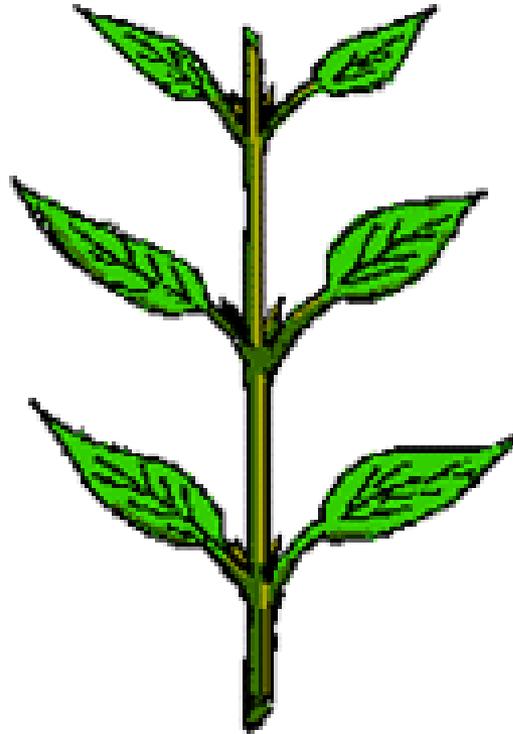
Accrescimento della foglia (schematico). (A) Il primordio fogliare si allunga grazie al meristema apicale e alla crescita intercalare. (B) L'attività dei meristemi marginali accresce la superficie del lembo fogliare, che inoltre aumenta di spessore per l'azione dei meristemi a placche.

# FILLOTASSI: disposizione delle foglie sul fusto



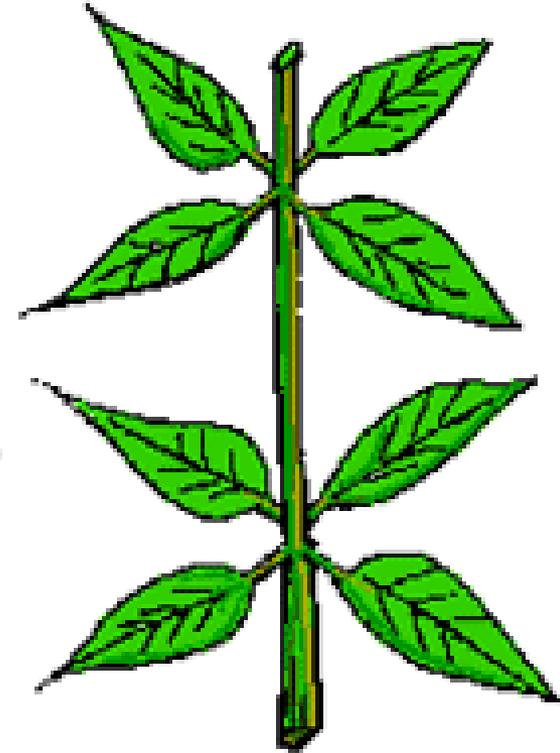
ALTERNATA

Singola foglia per ogni  
nodo



OPPOSTA

Due foglie opposte per  
ogni nodo



VERTICILLATA

Più di due foglie per  
ogni nodo

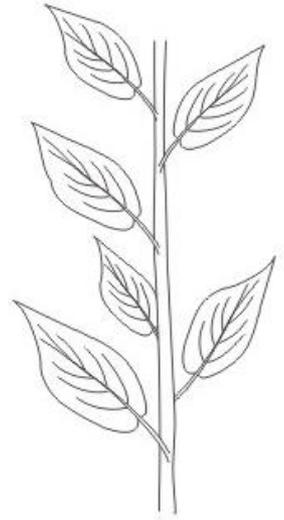
# FILLOTASSI

**DISTICA:** le foglie si alternano su un lato e l'altro del fusto



**DECUSSATA:** le foglie inserite su un nodo sono disposte a  $90^\circ$  rispetto a quelle dei nodi superiore e inferiore

**SPIRALATA o ELICOIDALE:** le foglie sono inserite a spirale lungo il fusto.



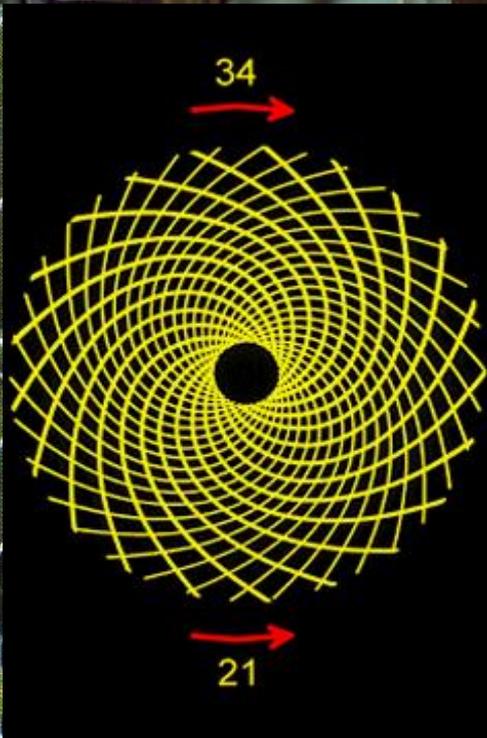
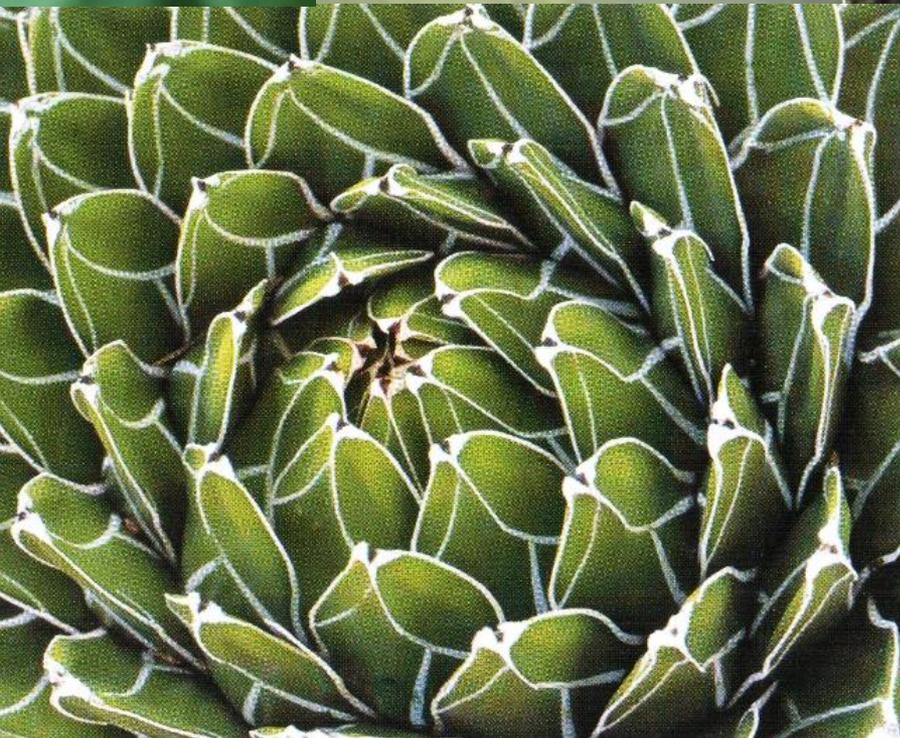
## **Regole della fillotassi**

**Equidistanza:** Foglie sullo stesso nodo sono ugualmente distanti l'una dall'altra (separate dallo stesso angolo).

**Alternanza:** Foglie su nodi uno successivo all'altro sono disposte esattamente sulle lacune (vuoti).

**Costanza:** Il numero di foglie sui nodi è sempre uguale (rare eccezioni!).

1875, **Julius von Wiesner** : prima lettura evoluzionistica della fillotassi → la fillotassi ottimizza la distribuzione delle foglie sui rami in modo tale che queste non si coprano l'una con l'altra per permettere a ciascuna di esse di ricevere la luce del sole.



Disposizione delle foglie secondo schemi geometrici - **Teofrasto** (371-287 a.C.) ed è stato oggetto di osservazioni nella *Naturalis historia* di **Plinio il Vecchio** (23-79 d.C.).

**Leonardo da Vinci** (1452-1519) fu il primo a descrivere il fenomeno in termini geometrici, osservando che alcune foglie si disponevano secondo una struttura spiraliforme, con angoli corrispondenti a  $\frac{2}{5}$  di un angolo giro.



**Keplero** (1571-1630): esistenza di una relazione tra la fillofassi e i **numeri di Fibonacci** = successione di numeri interi positivi in cui ciascun numero è la somma dei due precedenti e i primi due termini della successione sono per definizione  $F_1=1$  e  $F_2=1$ .

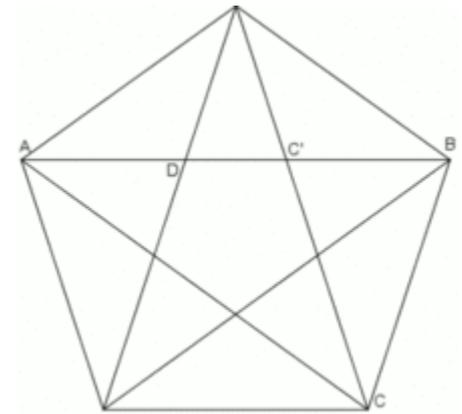
**0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144....**

Il rapporto per  $n$  tendente all'infinito di due numeri successivi di questa successione tende al numero algebrico irrazionale  $\Phi$  (phi) chiamato **sezione aurea** o **costante di Fidia**.

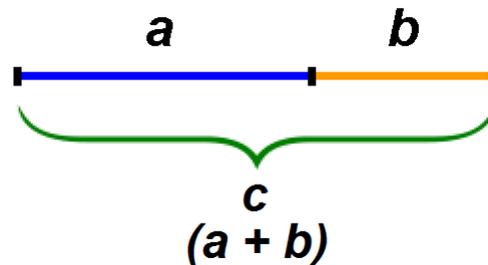
In termini matematici:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} F_n / F_{n-1} = (1 + 5^{1/2}) / 2 = 1,6180339887..... = \Phi$$

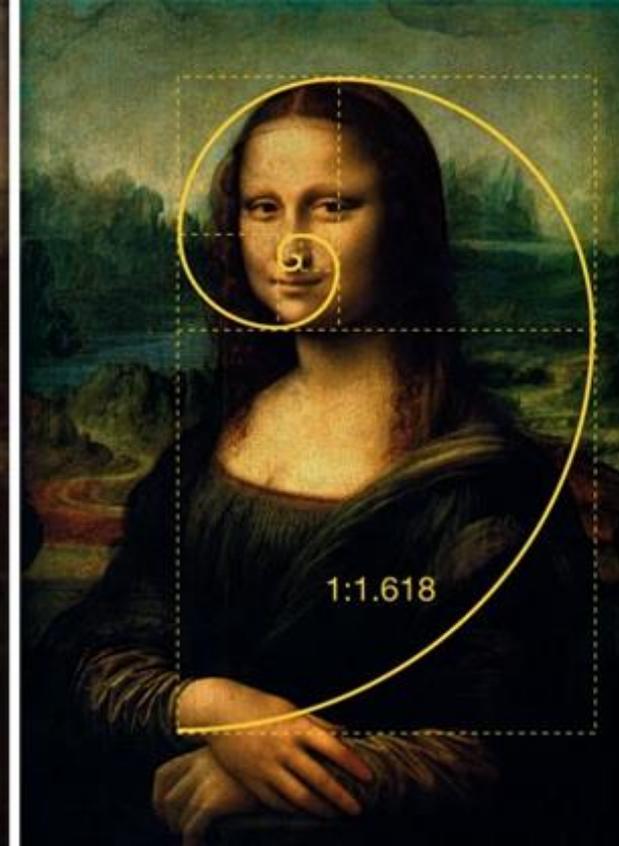
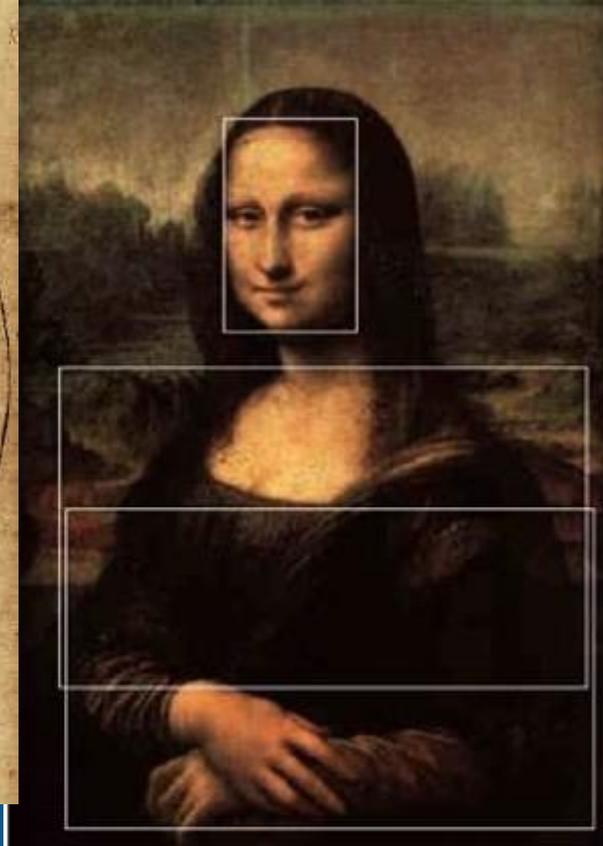
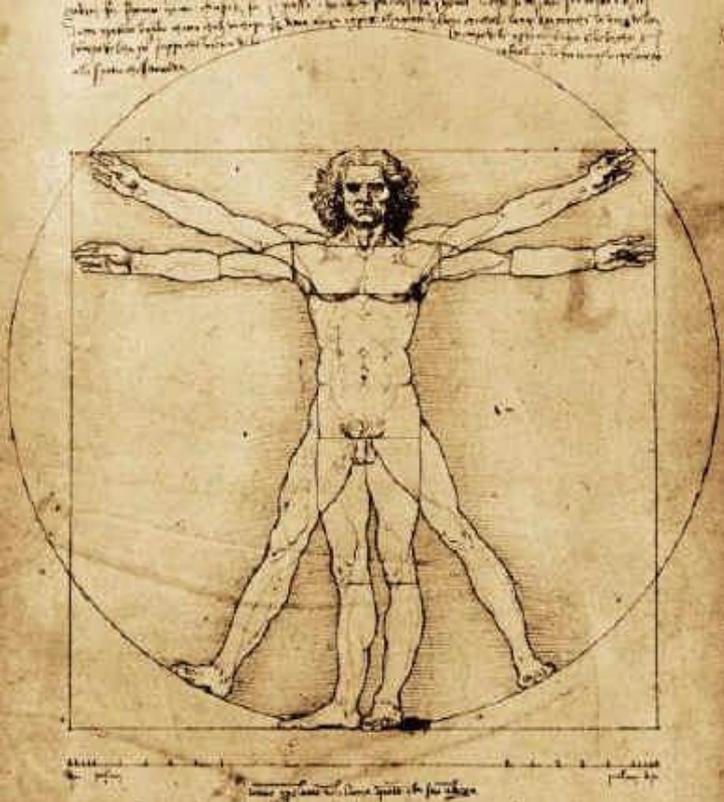
**Euclide** (ca. 300 a.C.): più antica testimonianza scritta sull'argomento. Nel XIII libro dei suoi Elementi, a proposito della costruzione del pentagono, egli fornisce la definizione di divisione di un segmento in «ultima e media ragione».



L'intero segmento (c) sta alla sua porzione più lunga (a) come questa (a) sta alla porzione più corta (b), ovvero:

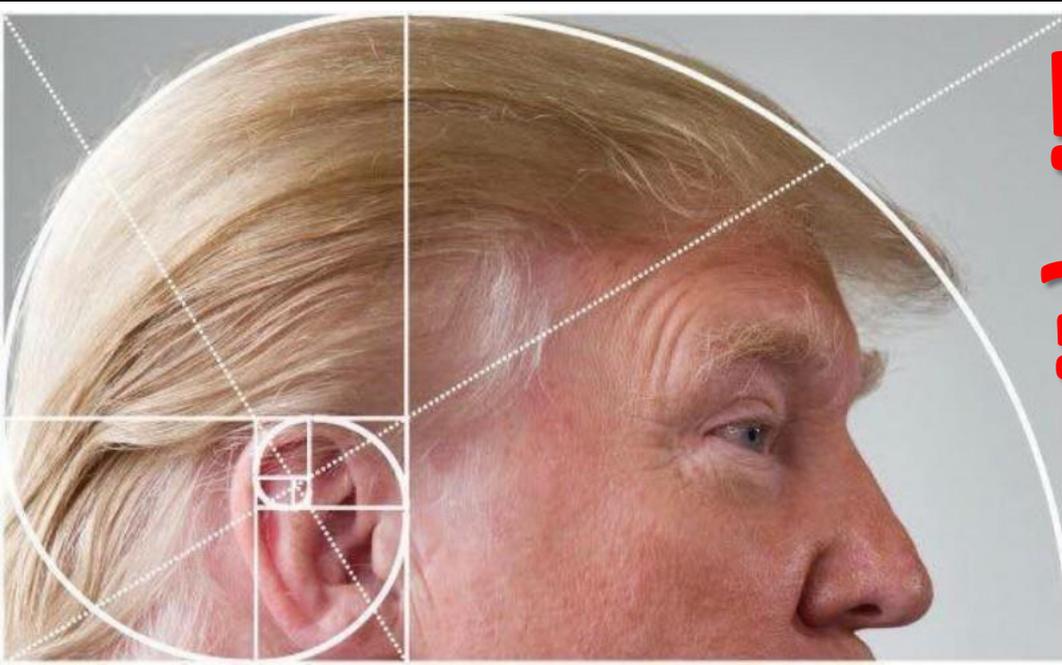
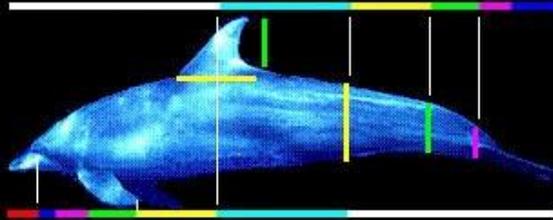
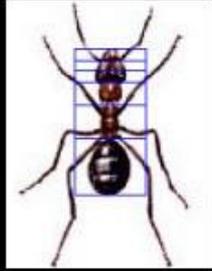
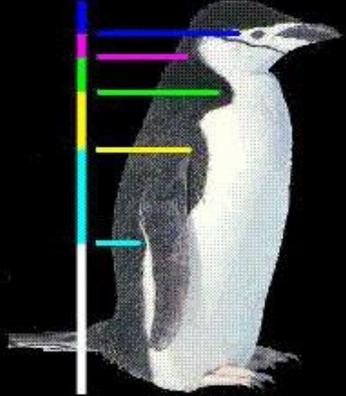
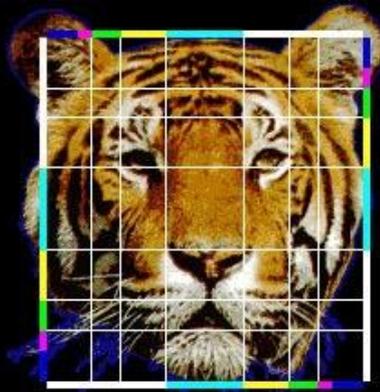
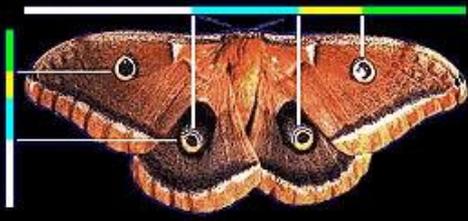


$$c : a = a : b = \Phi \text{ costante di Fidia}$$



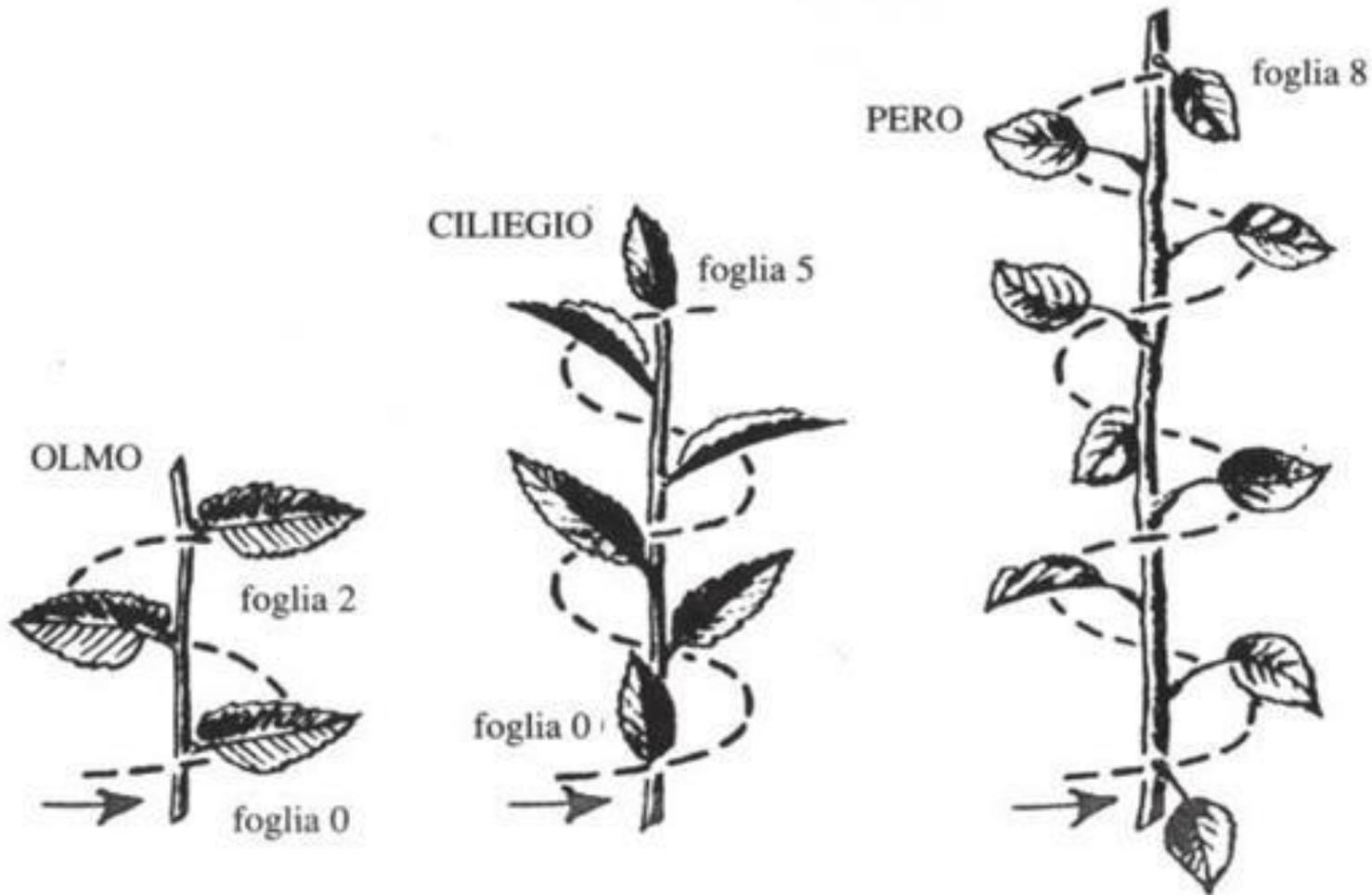
**Rettangolo aureo** →  
eliminazione dei  
quadrati → **spirale  
logaritmica**

**Fidia** progettò il  
Partenone!



- punto di partenza = prima foglia di un ramo; si contano le foglie fino a quella perfettamente allineata (sotto-sopra) → **numero di Fibonacci**

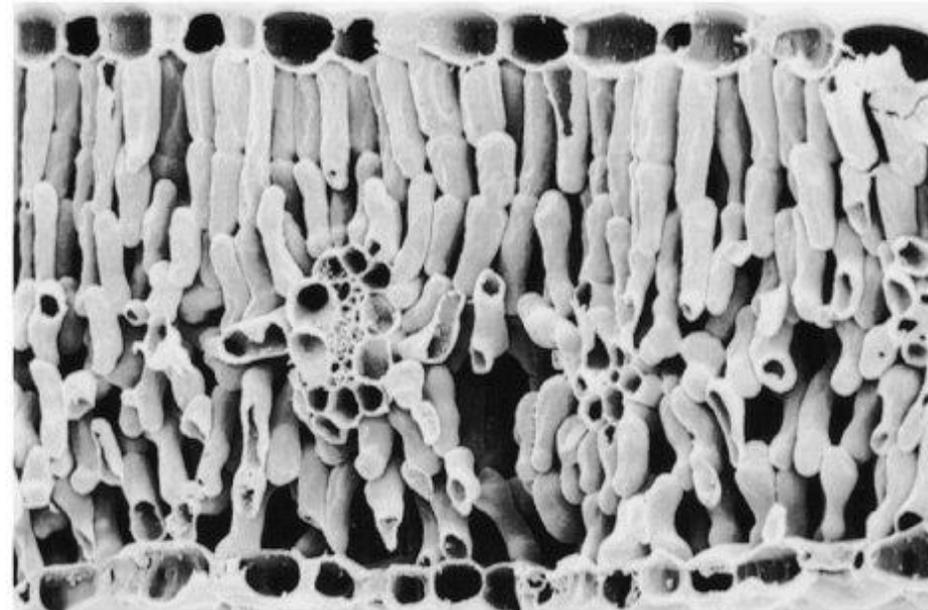
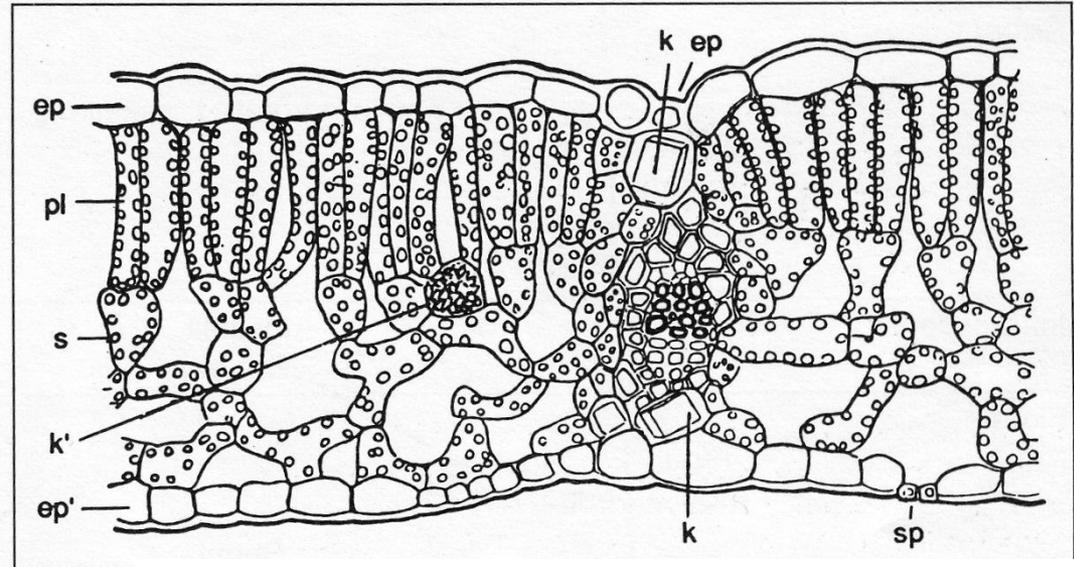
- numero di giri (senso orario o antiorario) che si compiono per raggiungere la foglia allineata → **numero di Fibonacci**.



# Anatomia fogliare

## Foglia dorsiventrare

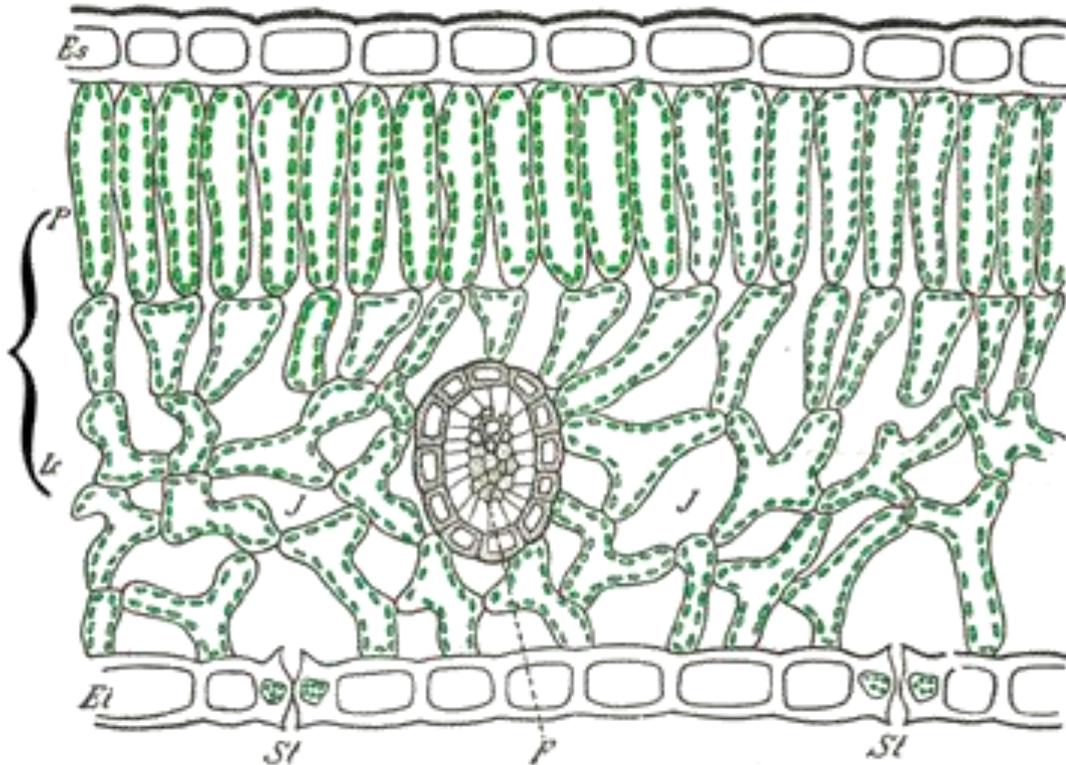
Sezione trasversale di una foglia bifacciale di faggio (*Fagus sylvatica*). ep epidermide della faccia superiore, ep' di quella inferiore, pl parenchima a palizzata, s parenchima lacunoso. Tra le due cellule contenenti i cristalli k si trova un fascio conduttore sezionato trasversalmente (parte legnosa verso l'alto, parte cribrosa verso il basso, avvolto da una guaina sclerenchimatica). k' drusa (gruppo di cristalli) di ossalato, sp stoma (400:1, da E. Strasburger).



50  $\mu$ m

# Foglia bifacciale (o dorsoventrale)

Sistema fondamentale



→ A palizzata

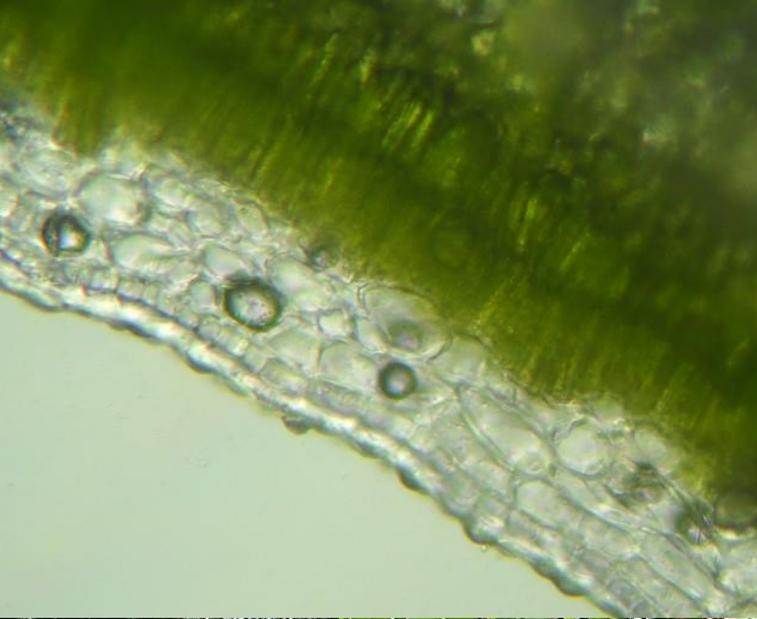
È costituito generalmente da parenchima clorofilliano (**clorenchima**)

→ Lacunoso (o spugnoso)

**Nelle monocotiledoni non c'è questa distinzione netta.**

**Clorenchima a palizzata:** costituito da cellule con morfologia colonnare con asse principale ortogonale alla superficie dell'organo

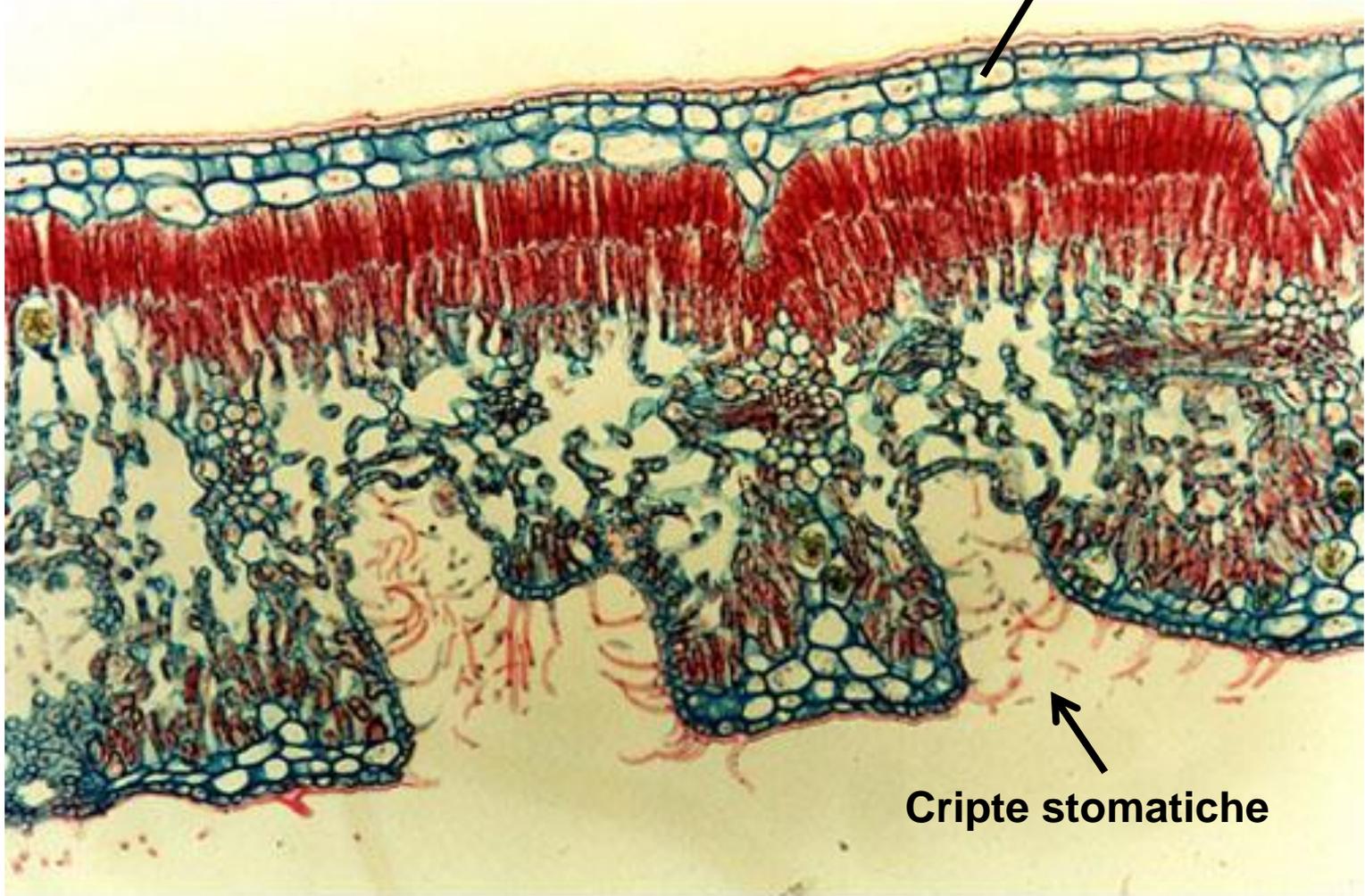
**Clorenchima lacunoso (o spugnoso):** costituito da cellule con morfologia irregolare tra le quali si trovano ampi spazi intercellulari



*Nerium oleander*  
*Laurus nobilis*  
*Eucalyptus* sp.

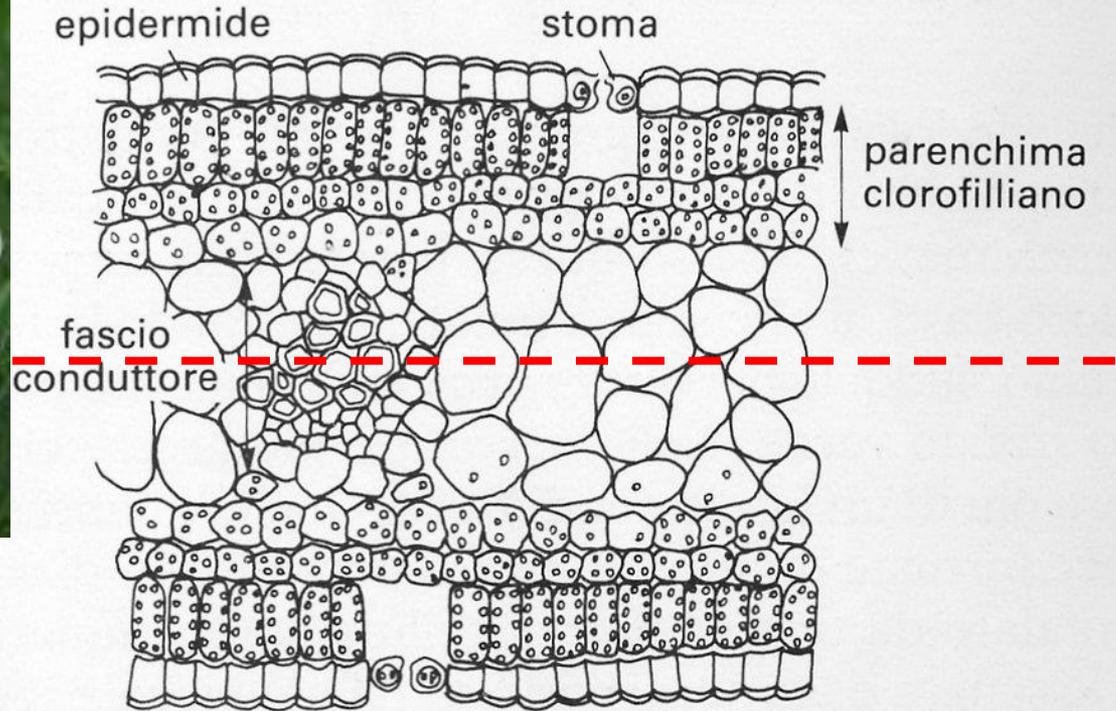
**La struttura di una foglia  
riflette le condizioni dell'  
ambiente esterno.**

**Epidermide pluristratificata**



**Cripte stomatiche**

# Foglia equifacciale o isolaterale



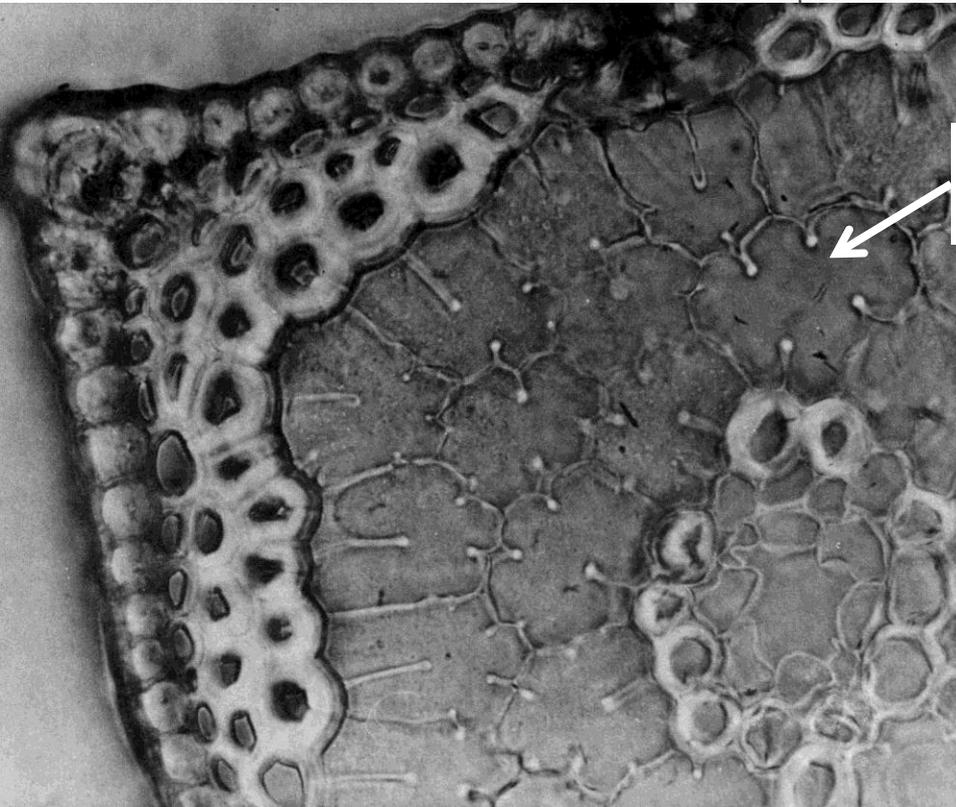
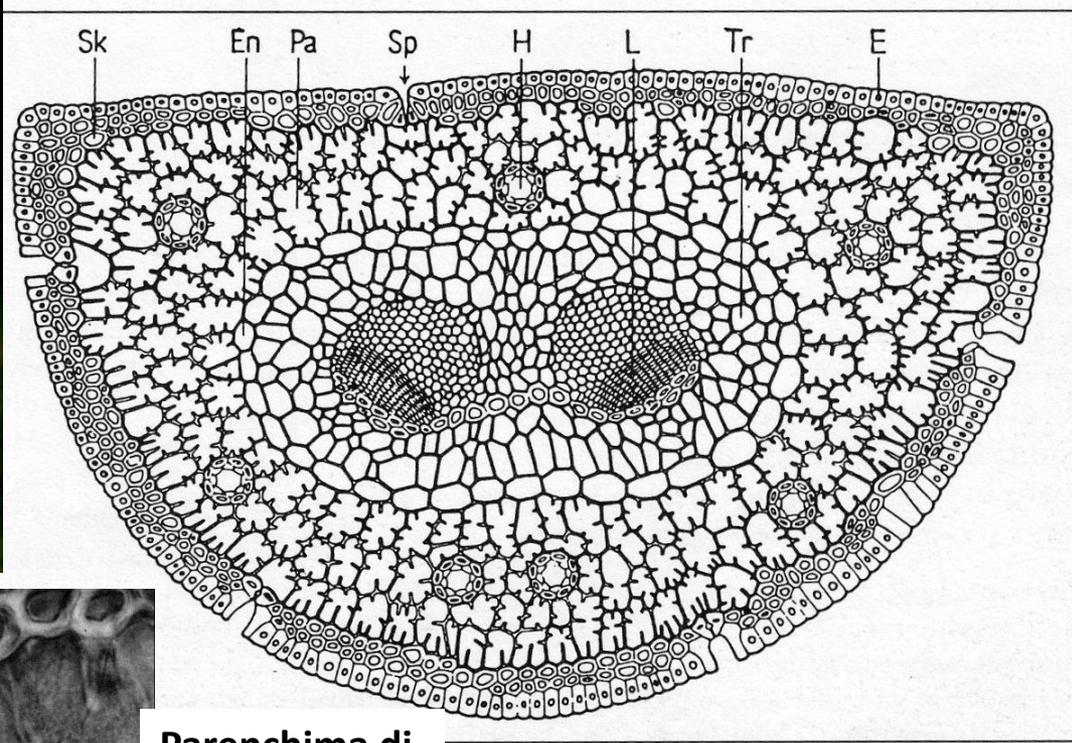
Sezione di una foglia di monocotiledone (narciso). Ad eccezione delle nervature la foglia è simmetrica rispetto a un piano mediano. Sotto ambedue le epidermidi si trova uno strato di parenchima clorofilliano: la zona centrale del mesofilo è occupata da un parenchima fatto da cellule grandi senza cloroplasti.



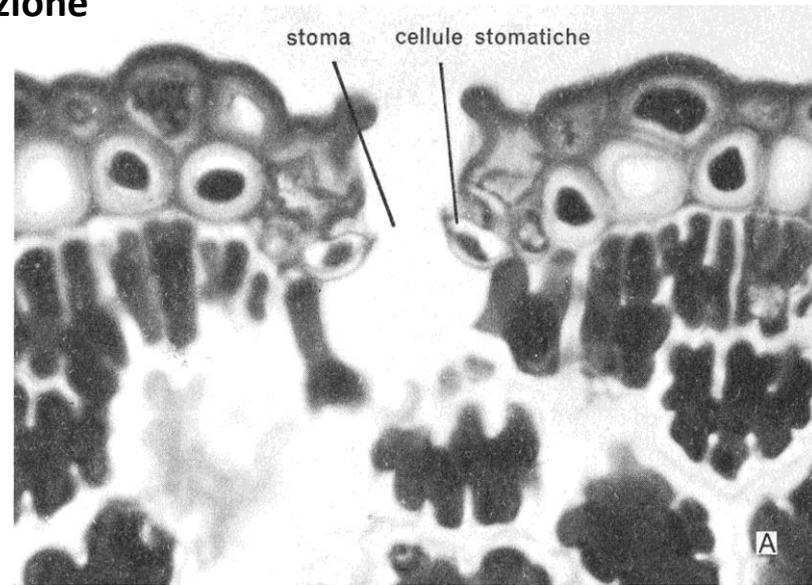
# Foglia equifacciale o isolaterale



*Yucca* sp.

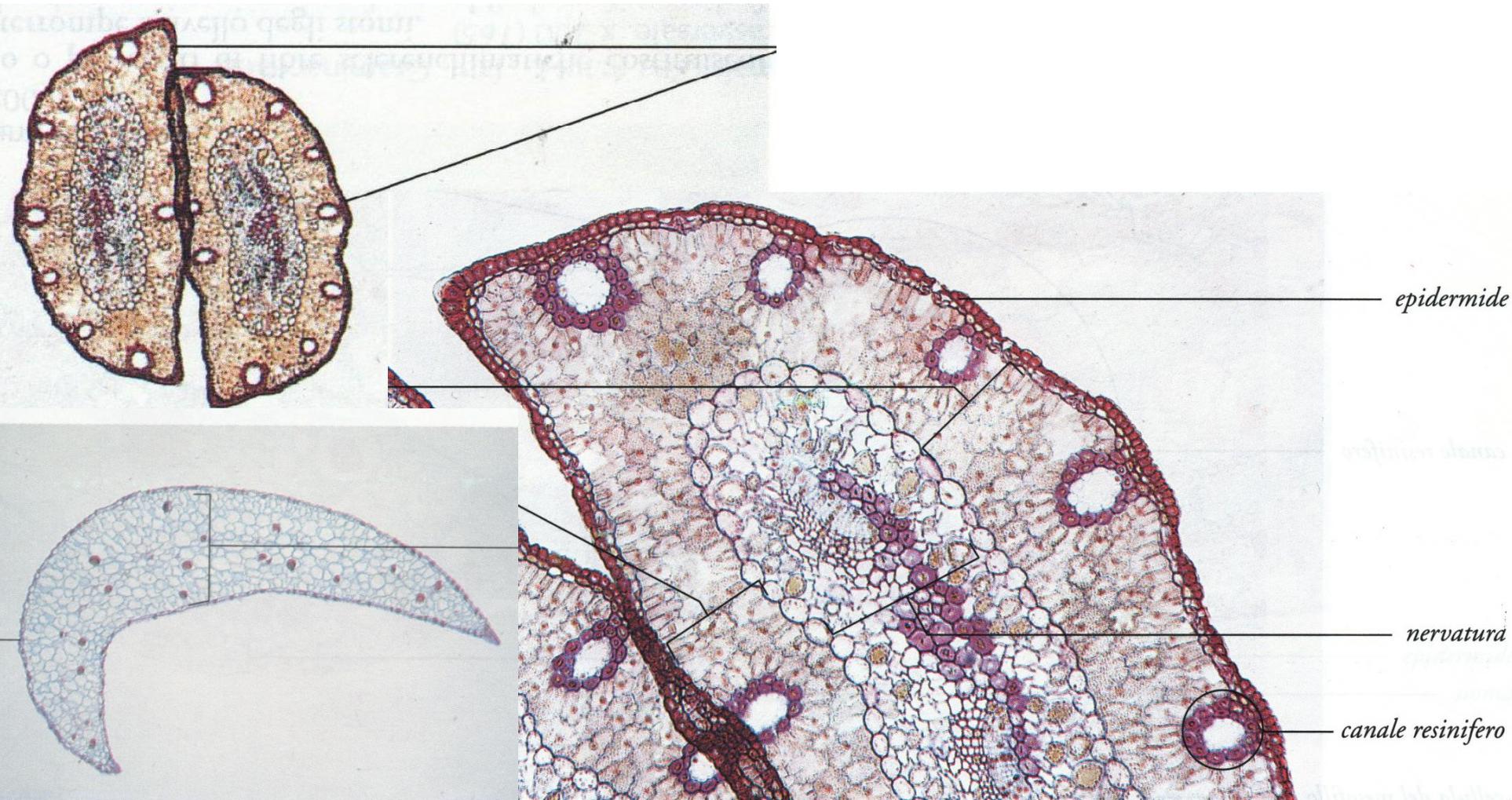


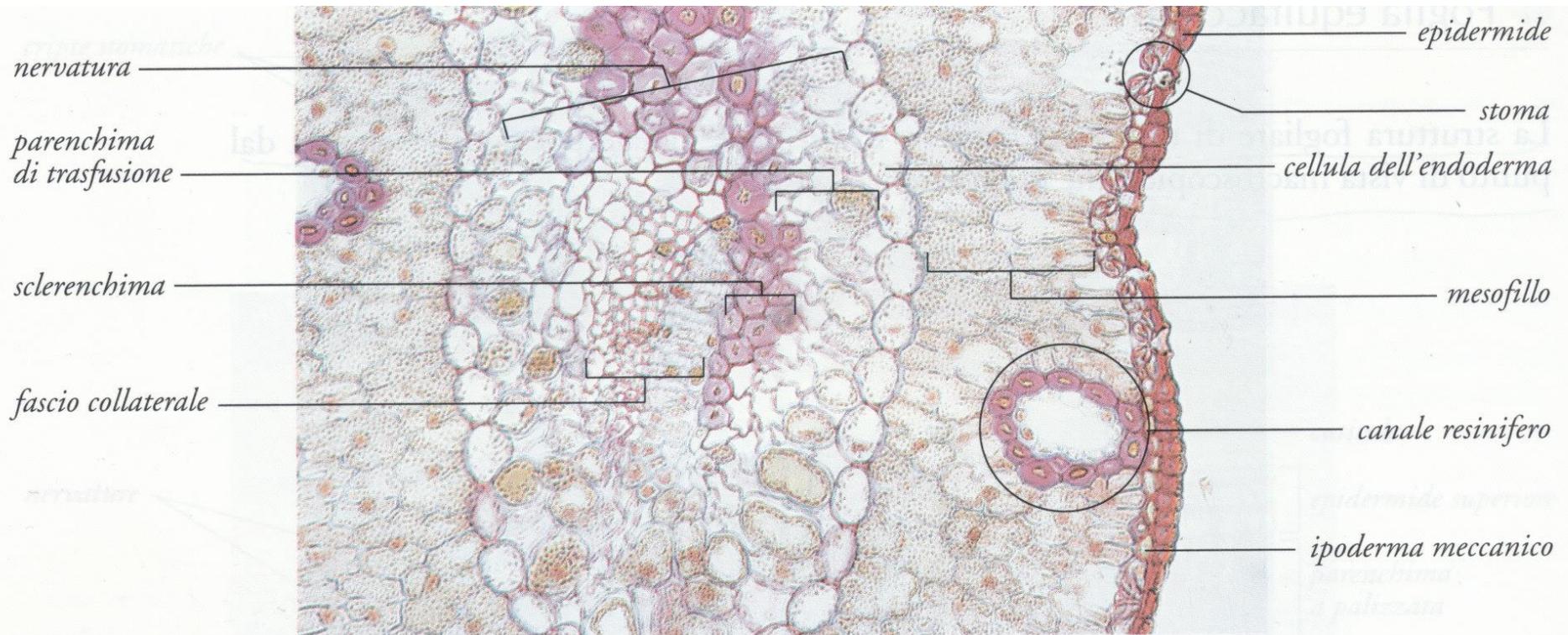
**Parenchima di assimilazione**



# Foglia equifacciale o isolaterale foglia aghiforme

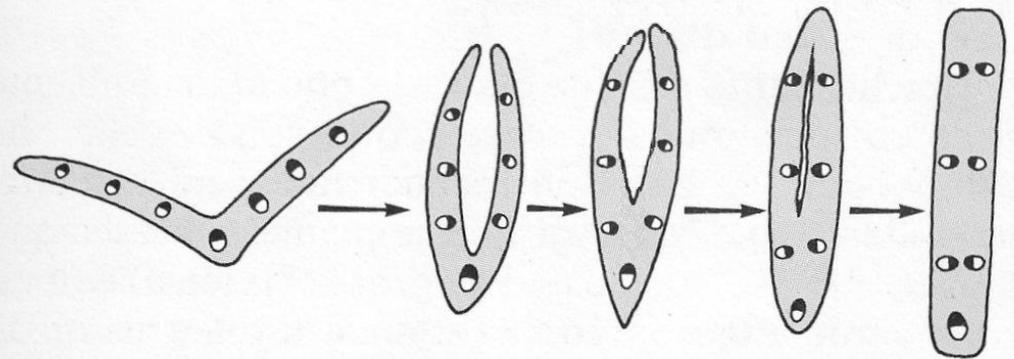
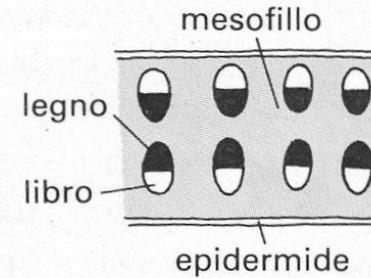
La struttura fogliare è uguale per ogni faccia sia dal punto di vista macro-  
che microscopico





*Pinus nigra*  
L.

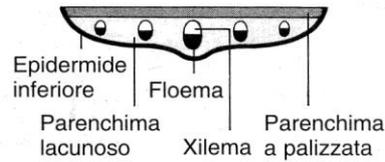
# Foglia unifacciale



Schema di una foglia unifacciale di monocotiledone. Nello spessore del mesofillo decorrono due file di nervature con la parte legnosa rivolta verso l'interno. Questo tipo di foglia è l'unico che sia perfettamente simmetrico rispetto a un piano mediano. Sotto: una simile foglia si può considerare derivata da una foglia normale che si arrotola su se stessa delimitando una cavità chiusa in modo che la faccia superiore venga a guardare all'interno della cavità. Immaginando che la cavità diventi una stretta fessura e alla fine scompaia del tutto si ottiene la tipica foglia unifacciale. I passaggi illustrati nello schema si possono effettivamente trovare in una foglia di iris sezionata a diverse altezze: l'aspetto unifacciale si ha verso l'apice della foglia.

Sono rappresentate sezioni schematiche di diversi tipi di foglie di latifoglie. Le frecce indicano l'origine di un tipo dall'altro. L'origine della foglia aghiforme equifacciale da una foglia a lamina allargata è problematica poiché la prima viene interpretata come discendente da microfilli (Inserto 17.1) mentre la seconda come discendente da macrofilli (da TROLL e RAU).

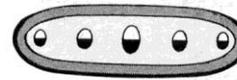
**Foglia bifacciale normale**  
(ad es. faggio, *Fagus sylvatica*)



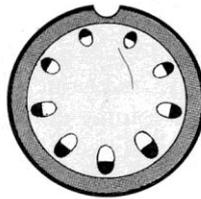
**Foglia bifacciale inversa**  
(ad es. aglio orsino, *Allium ursinum*)



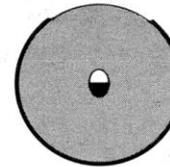
**Foglia equifacciale (isolaterale)**  
(ad es. Eucalyptus sp.)



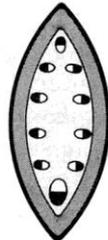
**Foglia cilindrica unifacciale**  
(ad es. aglio, *Allium sativum*)



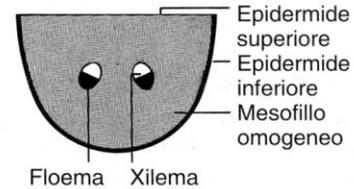
**Foglia cilindrica equifacciale**  
(ad es. borraчина, *Sedum acre*)



**Foglia unifacciale**  
(ad es. falso acoro, *Iris pseudacorus*)



**Foglia equifacciale aghiforme**  
(ad es. pino nero, *Pinus nigra*)



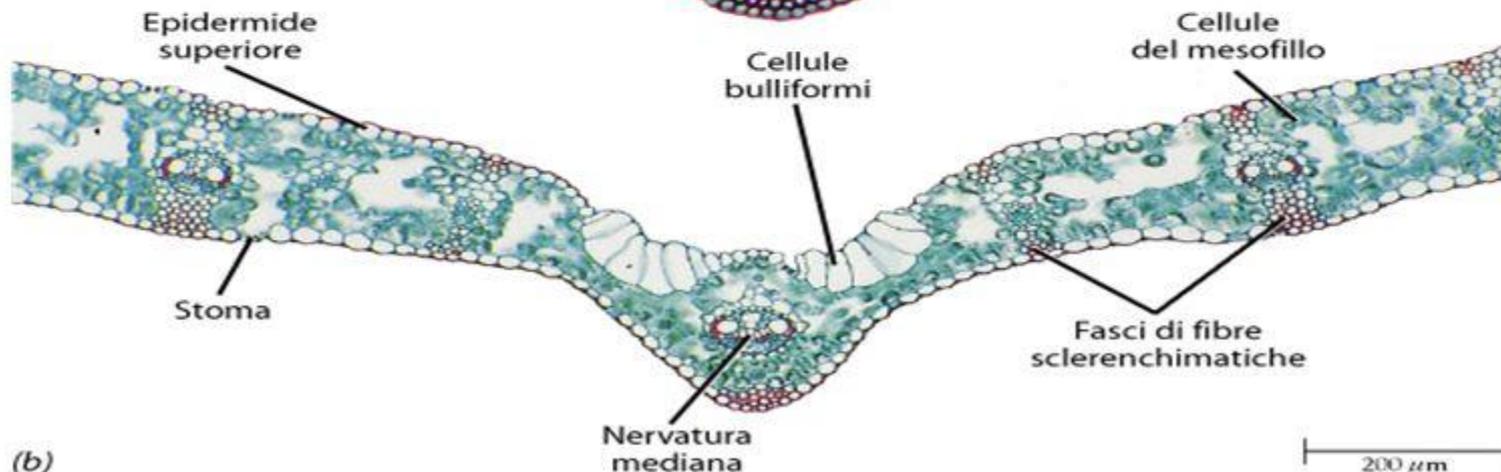


Le **cellule bulliformi** si trovano nelle foglie di molte **monocotiledoni**: sono cellule grosse con parete sottile, disposte in lunghe file parallele all'asse lungo della foglia.

Sono implicati nei movimenti della foglia: se si rigonfiano la foglia si distende, se perdono acqua la foglia si avvolge su se stessa.

100 μm

(a)



200 μm

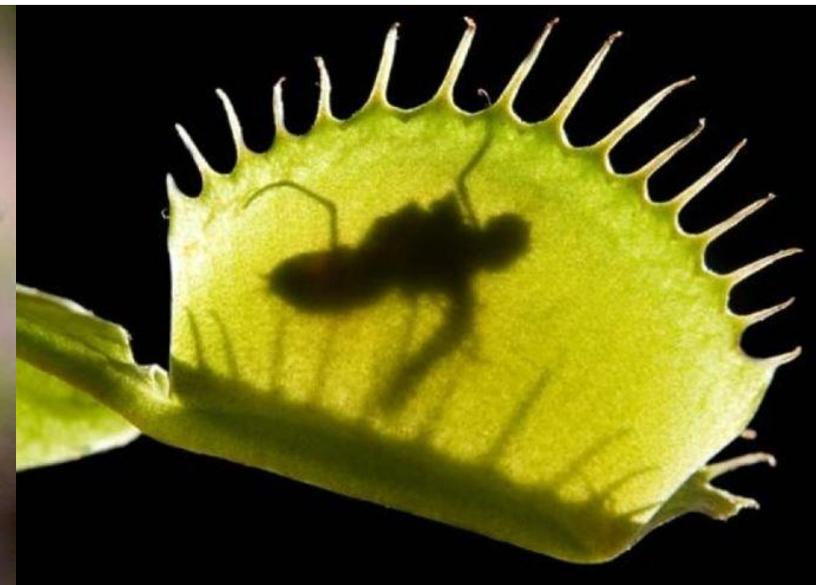
(b)

# Foglie di piante carnivore

1) sono piante in genere di dimensioni ridotte;

2) crescono in ambienti molto umidi, da torbiere a foreste tropicali (“boschi delle nebbie”);

3) recuperano sostanze minerali (P e N) dalla demolizione della sostanza organica  
→ esoenzimi secreti da apposite ghiandole + popolazioni di batteri presenti sulle superfici che a loro volta demoliscono le carcasse degli artropodi catturati.



## Meccanismi di cattura:

1) “**passivi**”: presenza di superfici fogliari appiccicaticce (principio della carta moschicida,, es. *Pinguicola*) o di trappole di scivolamento (principio della moscaiola, es. *Nepenthes*)

2) “**attivi**”: grazie al movimento rapido di alcune parti modificate (es. *Dionaea*, *Utricularia*).

→ METAMORFOSI in alcuni casi veramente spettacolare della struttura fogliare.





*Pinguicula vulgaris*

**Il principio della carta moschicida:**

*Drosera* sp.





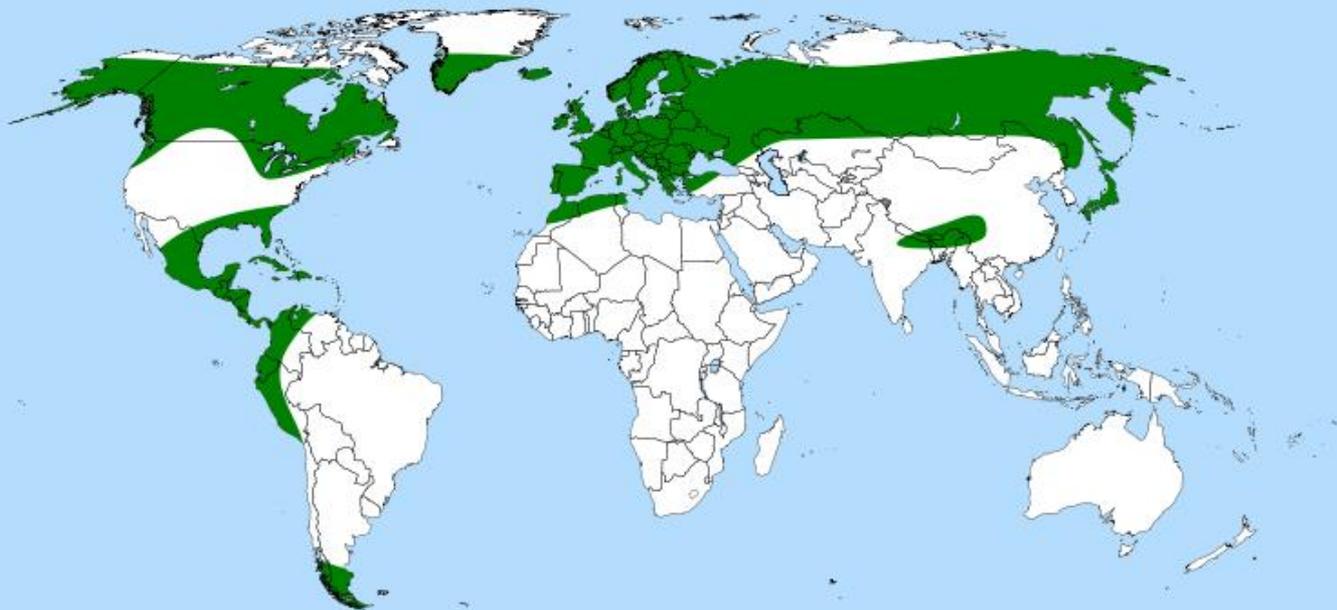
*P. cyclosecta* (Mexico)



*P. poldinii*, Prealpi Carniche



*P. alpina* (Alps)



***Pinguicula***

## *Pinguicula* (Lentibulariaceae) in central Italy: taxonomic study

Fabio Conti<sup>1</sup> & Lorenzo Peruzzi<sup>2</sup>

A morphometric and taxonomic study of *Pinguicula* in central Italy was carried out. Six allopatric units occur in this area, all belonging to sect. *Pinguicula*: *P. fiorii* Tamaro & Pace, *P. vulgaris* L. subsp. *vulgaris* and four new taxa: *P. vulgaris* subsp. *anzalonei* Peruzzi & F. Conti *subsp. nova*, *P. vulgaris* subsp. *ernica* Peruzzi & F. Conti *subsp. nova*, *P. vulgaris* subsp. *vestina* F. Conti & Peruzzi *subsp. nova* and *P. vallisregiae* F. Conti & Peruzzi *sp. nova*. A key to the Italian species and subspecies of *Pinguicula* is provided.

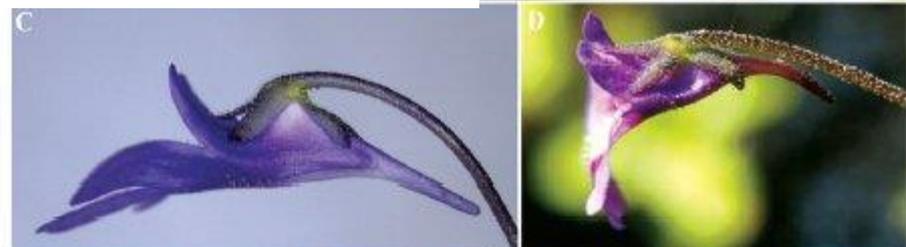
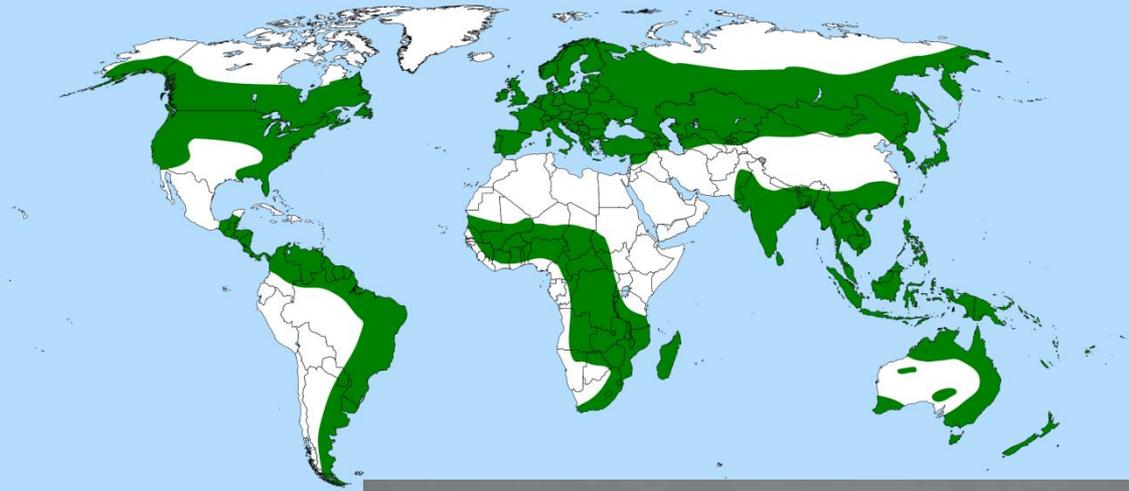


Fig. 2. Lateral views of flowers. — A: *P. vallisregiae* (VRE). — B: *P. fiorii* (FIO). — C: *P. vulgaris* subsp. *vulgaris* (VUL-AB). — D: *P. vulgaris* subsp. *anzalonei* (VUL-ANZ). — E: *P. vulgaris* subsp. *vestina* (VUL-VES). — F: *P. vulgaris* subsp. *ernica* (VUL-ERN).

# Genere *Drosera*



*Drosera anglica* with pray libelle *Coenagrion* sp. (Coenagrionidae)





*Drosera zonaria*

*Drosera eloisiana*

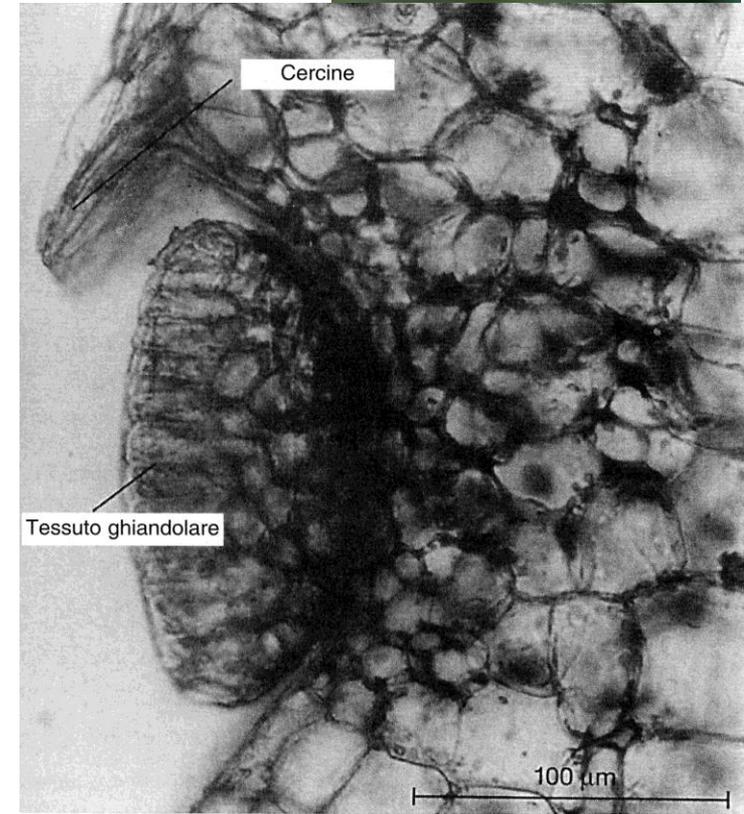
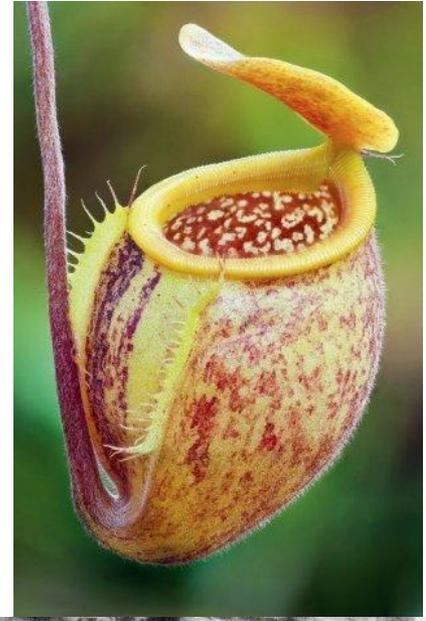
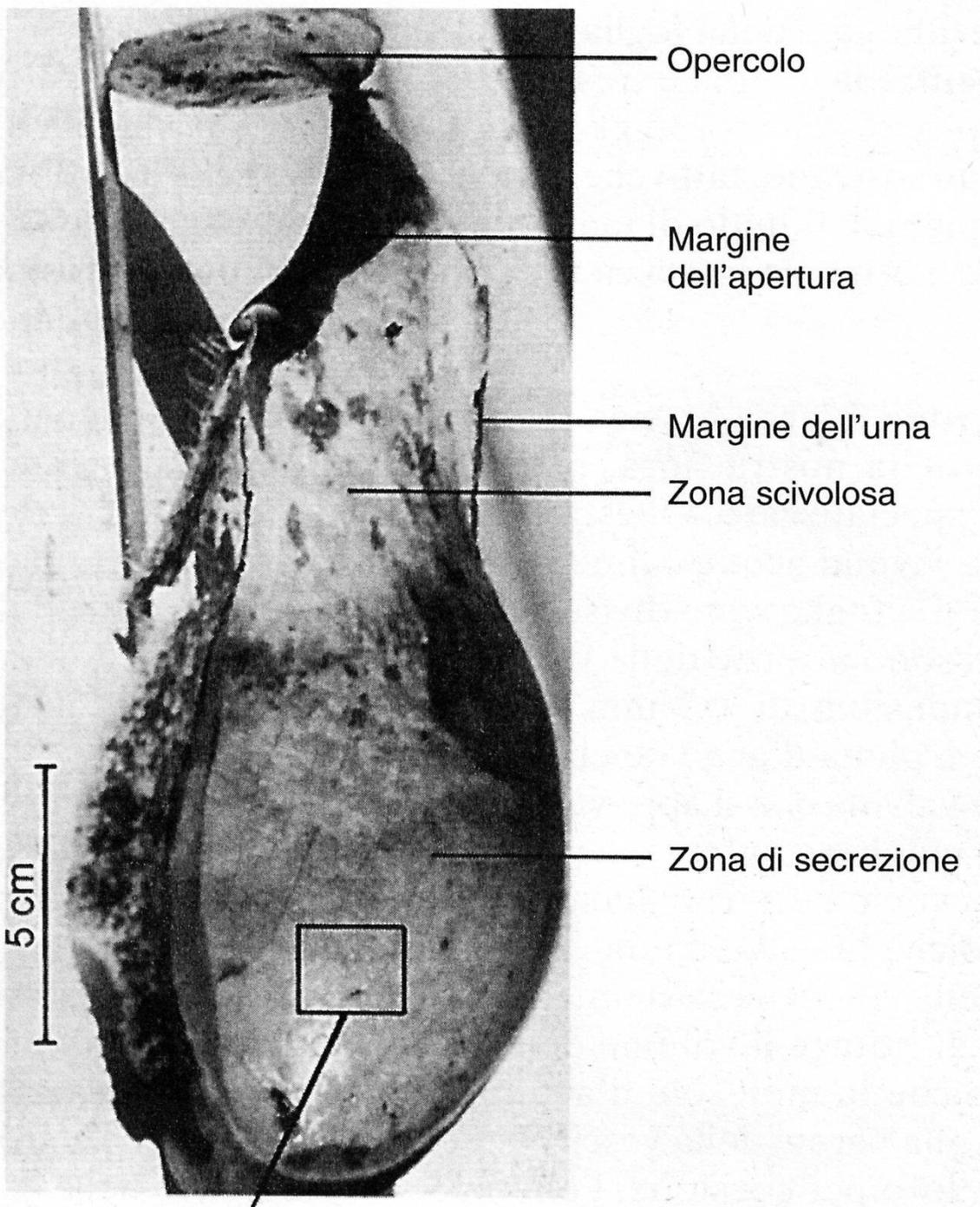




Il principio della  
moscaiola: e.g.  
genere  
***Nepenthes***

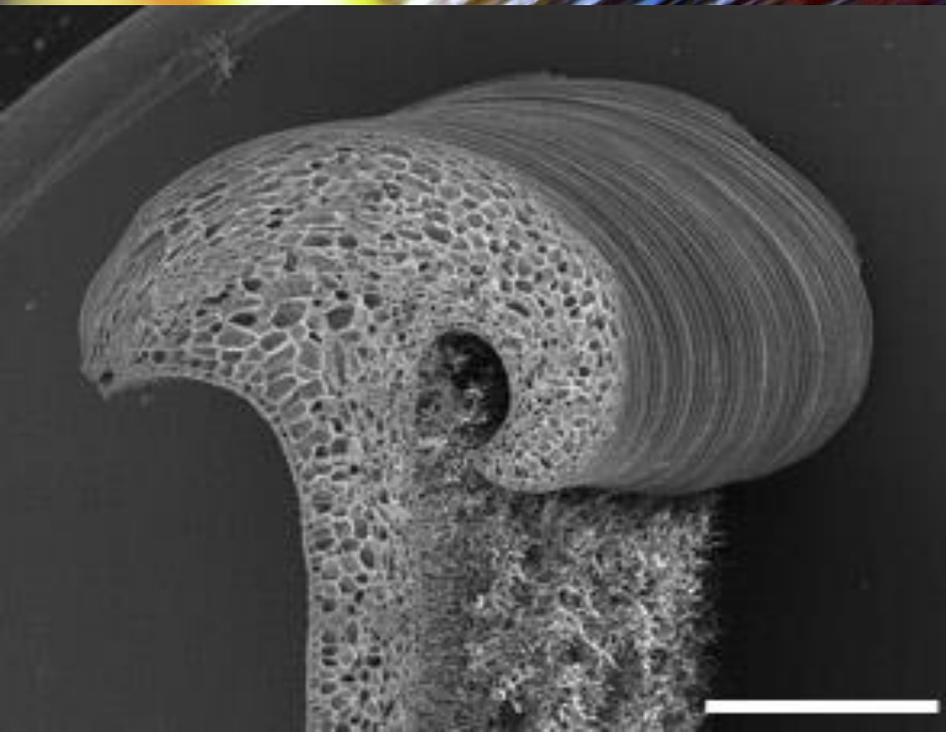










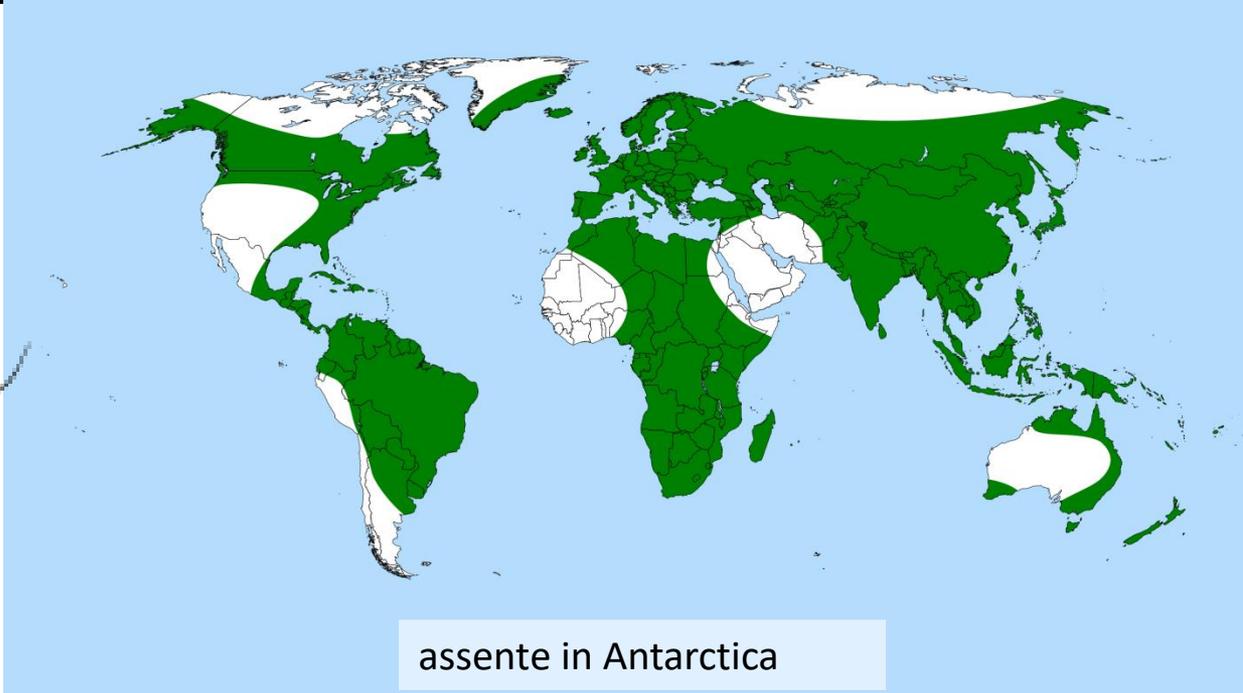
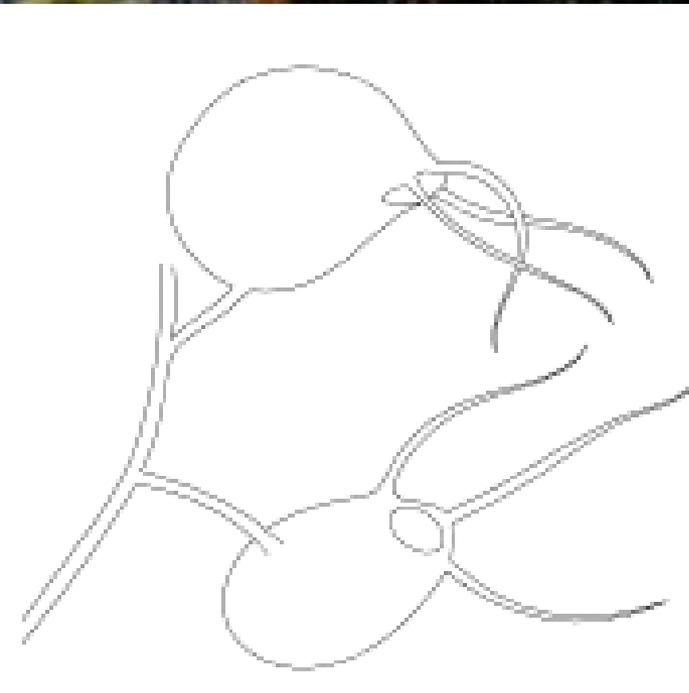






La cattura attiva: il genere  
*Utricularia* (bladderwort)

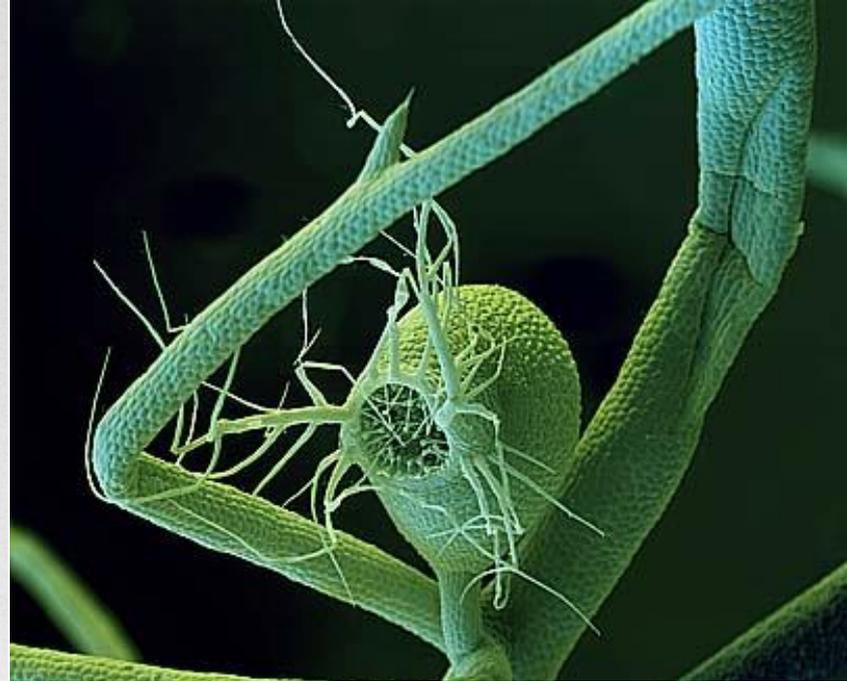
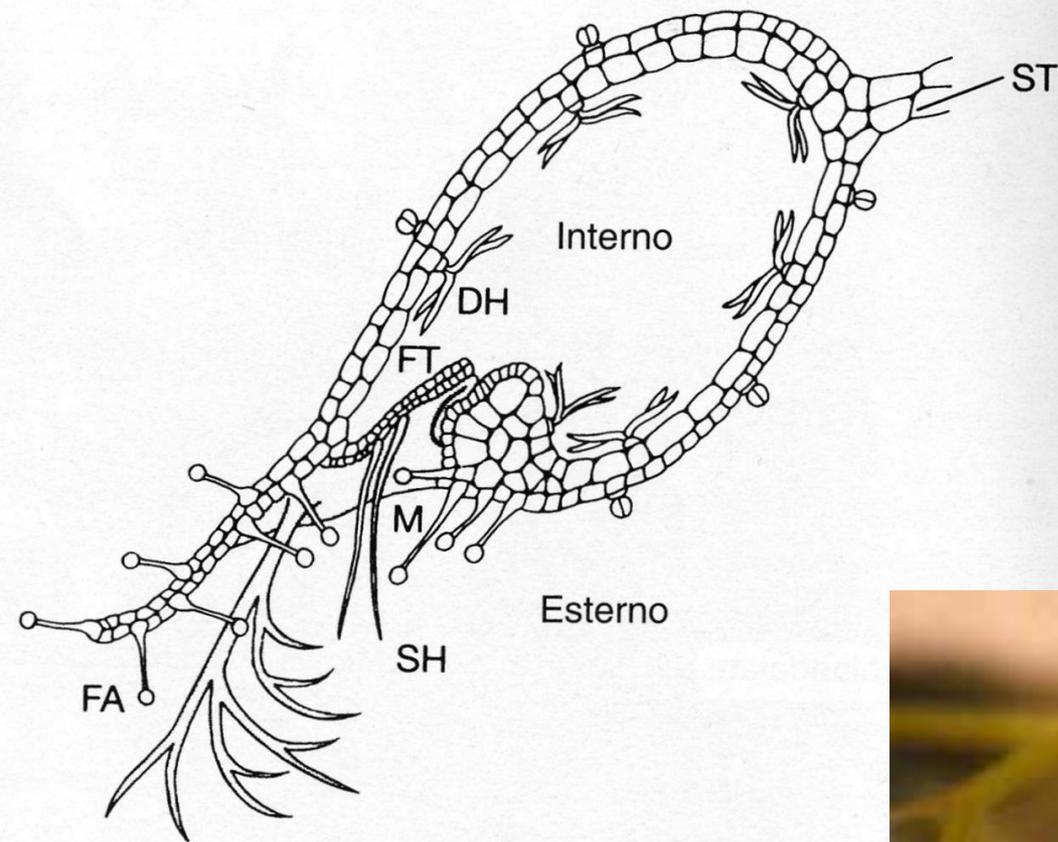




Vescicole = trappole: pressione negative all' interno, la preda tocca le ciglia sensibile presso l' apertura, preda ed H<sub>2</sub>O vengono risucchiate, ....



... quando la vescicola è piena l' apertura si chiude = 15/1000 sec!!!!

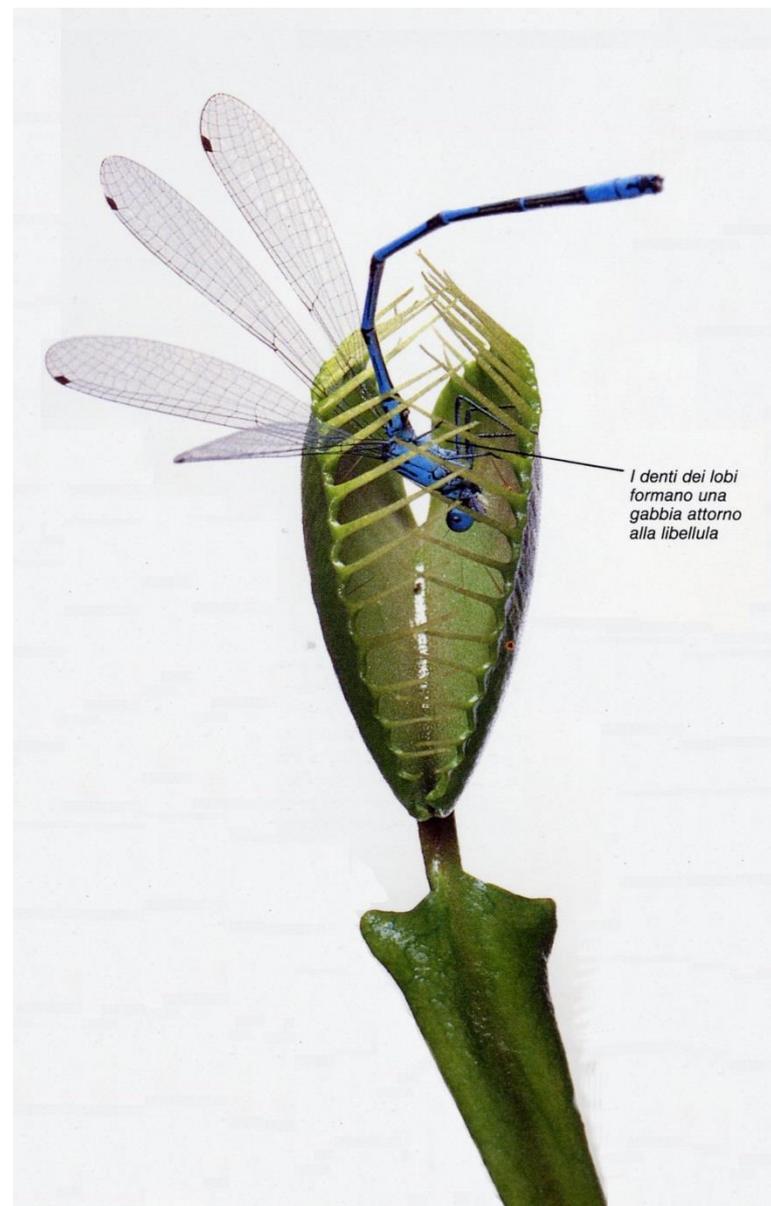
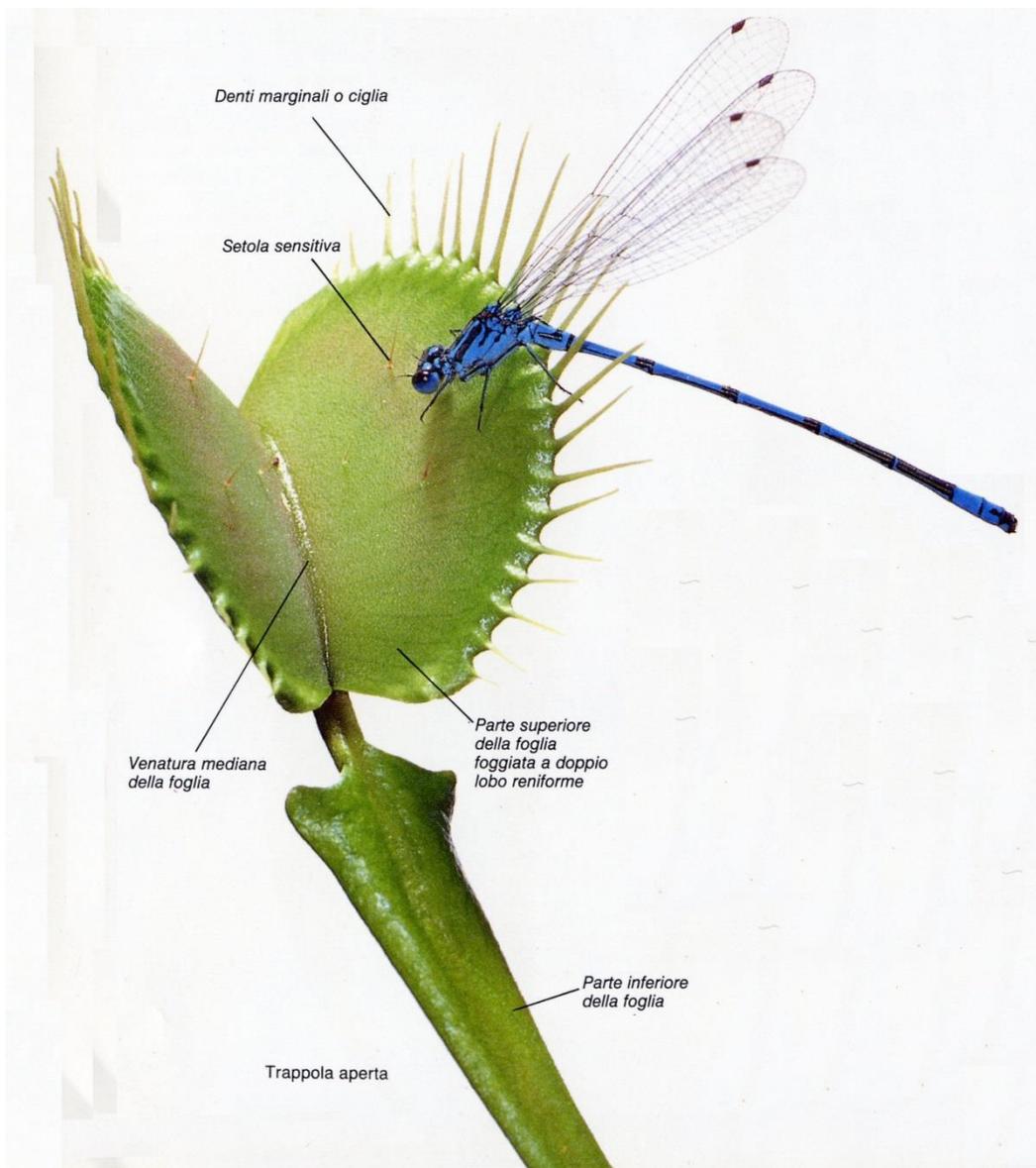


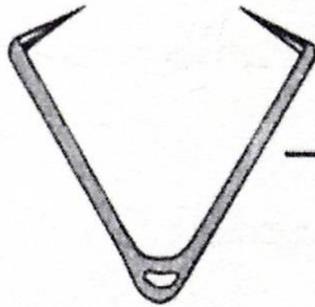
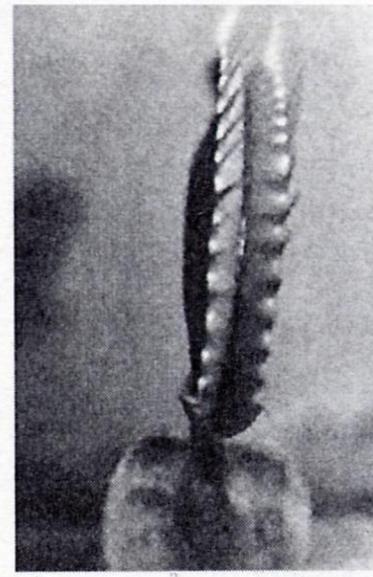
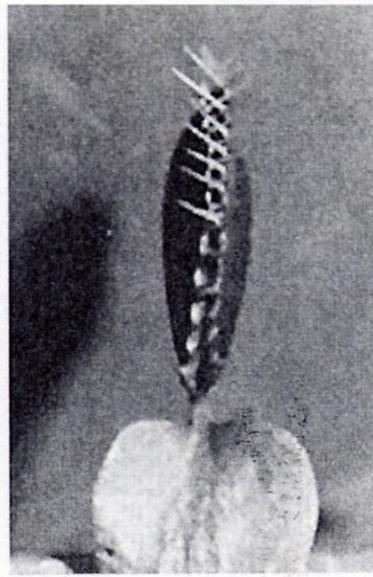
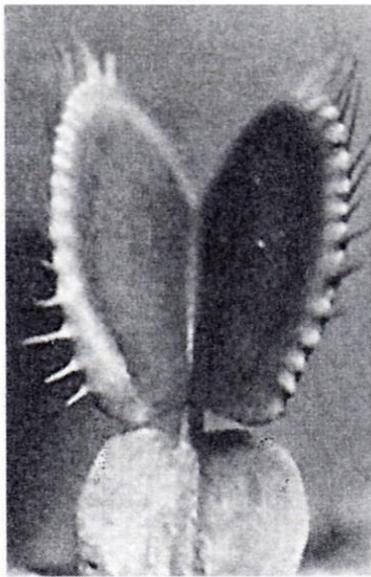
**Tigmonastia:** risposta a stimolo tattile/vibrazione: non dipende dalla direzione, più veloce della tigmotropia (crescita), dipende da turgore cellulare.



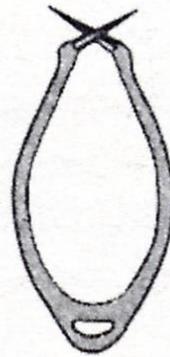
## La cattura attiva: il genere *Dionea*







Trappola a scatto  
aperta



Trappola  
chiusa per  
tigmonastia  
con movi-  
mento di  
variazione



Le due porzioni della  
foglia sono accollate  
chemionasticamente  
mediante movimento  
di nutazione

*Dionaea muscipula*:  
Einer der Borsten der das Zusammenschnappen der Falle auslöst.  
3.7.01 Martin Brunner

