

# Spermatofite

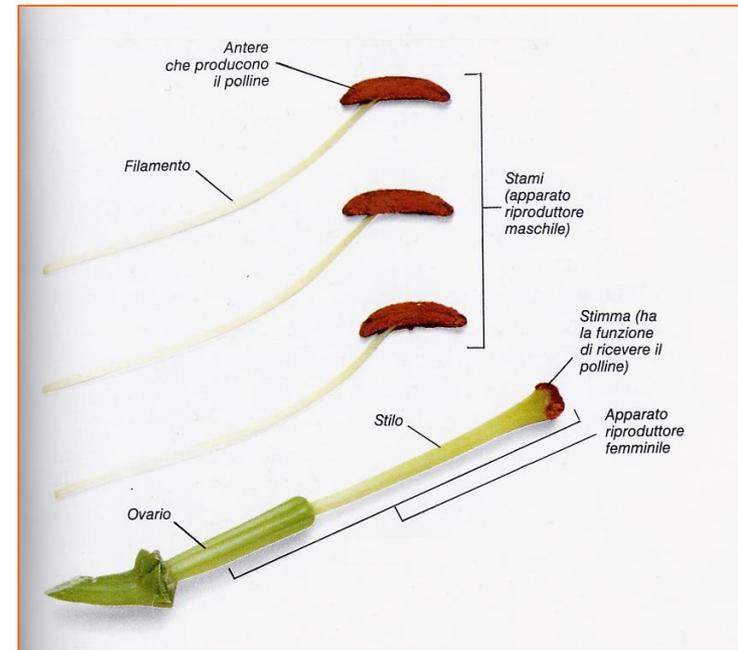
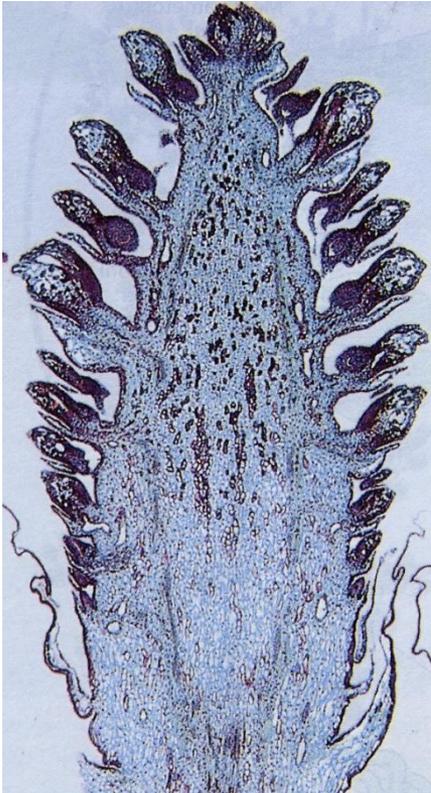
Gimnosperme

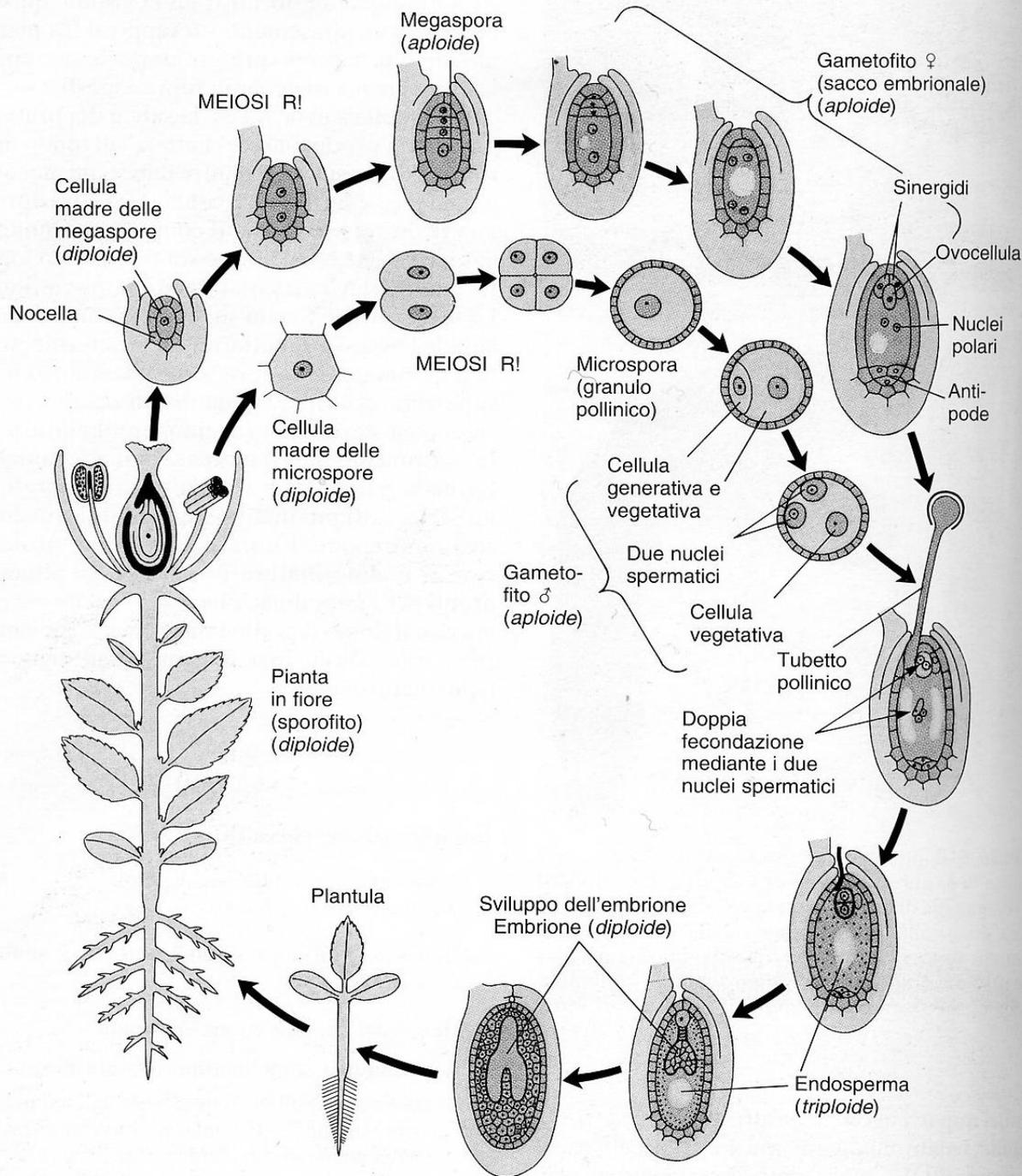
*“a seme nudo”*



Angiosperme

*“a seme protetto”*





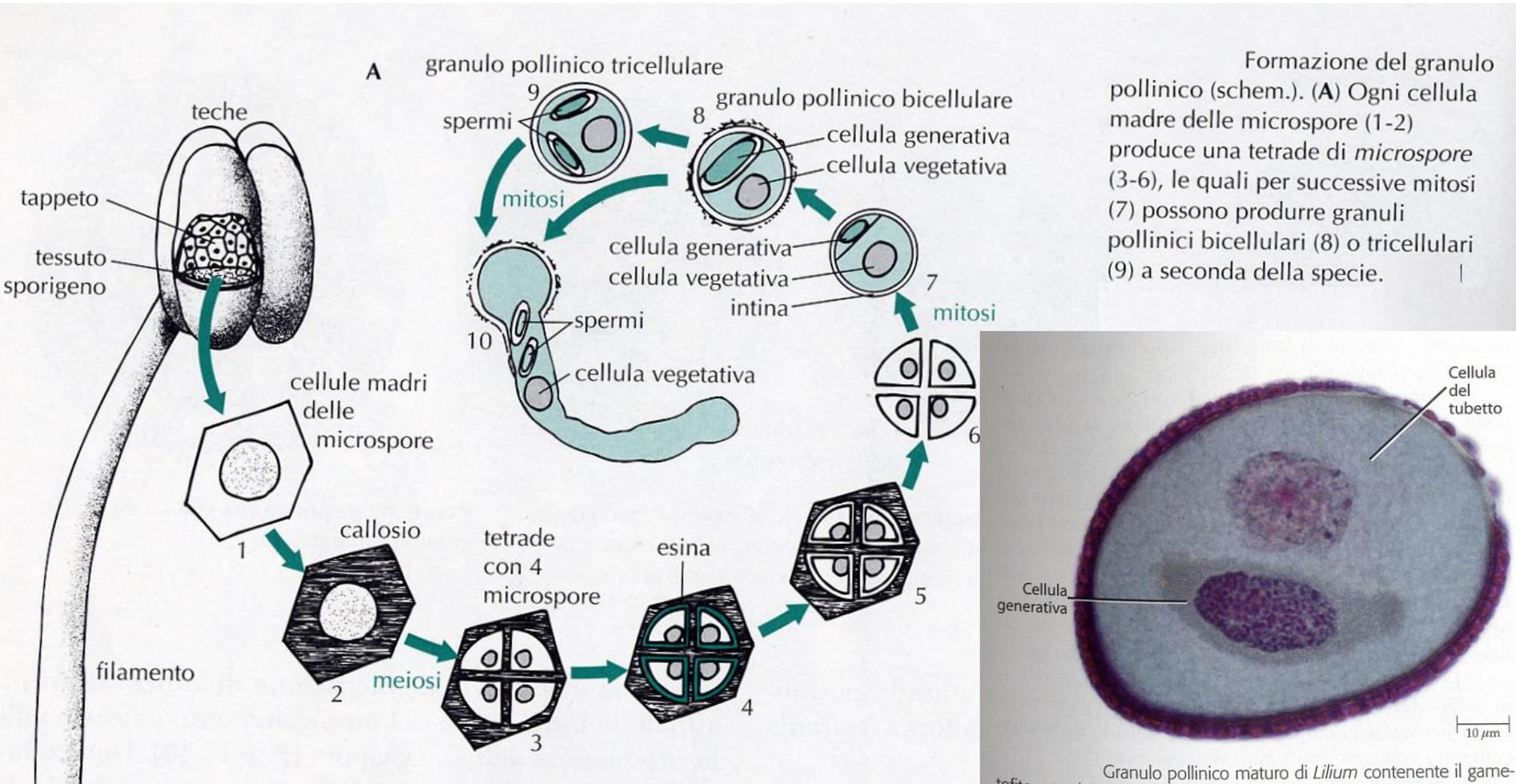
Lo schema descritto è valido per circa il **70% delle ANGIOSPERME** (c. 200.000 specie).

Variazioni sul tema portano ad un ulteriore aumento di complessità (!)

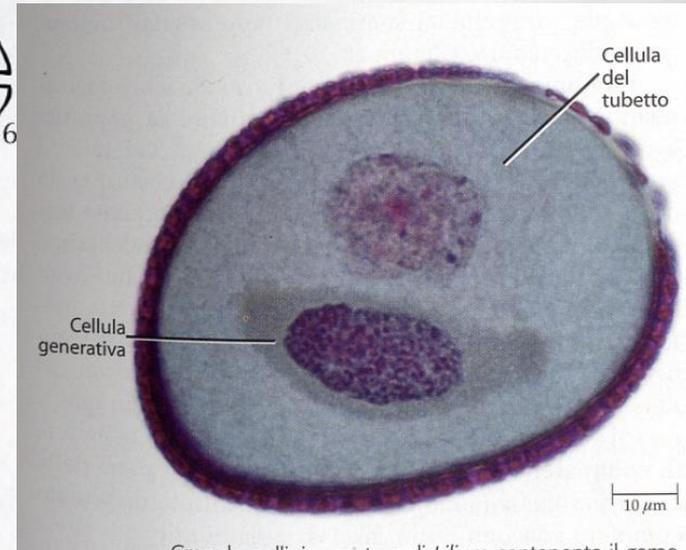
Nel ciclo metagenetico delle **Angiosperme** si osserva:

- ulteriore riduzione del numero di cellule del microgametofito maschile (granulo di polline), da un minimo di due a un massimo di tre cellule.
- riduzione spinta del megagametofito femminile (sacco embrionale) a un numero veramente esiguo di cellule aploidi, con definitiva scomparsa dell'archegonio come struttura che contiene la cellula uovo.
- Sviluppo ritardato di un tessuto di riserva (endosperma secondario), in funzione dell'avvenuta formazione dello zigote (cioè solo se la fecondazione ha avuto successo).

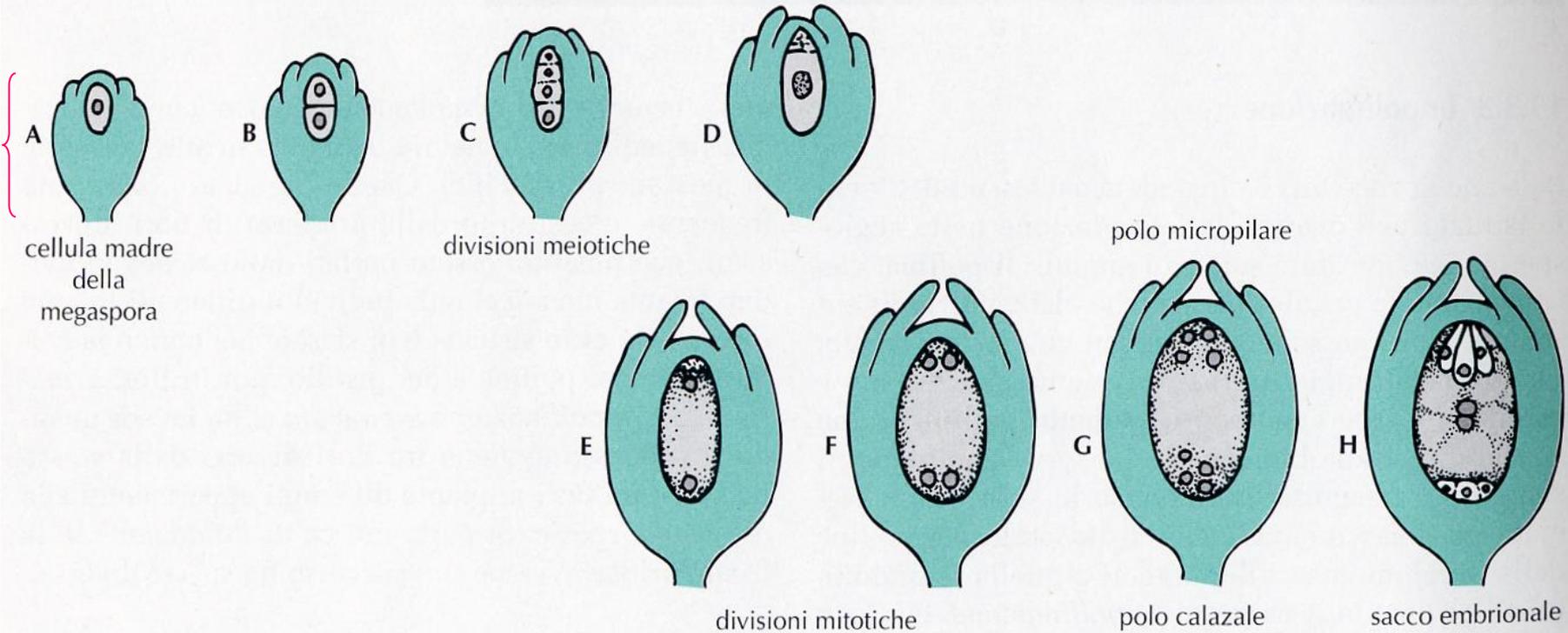
# Progressiva riduzione dei gametofiti e aumento protezione



Formazione del granulo pollinico (schem.). (A) Ogni cellula madre delle microspore (1-2) produce una tetrade di *microspore* (3-6), le quali per successive mitosi (7) possono produrre granuli pollinici bicellulari (8) o tricellulari (9) a seconda della specie.



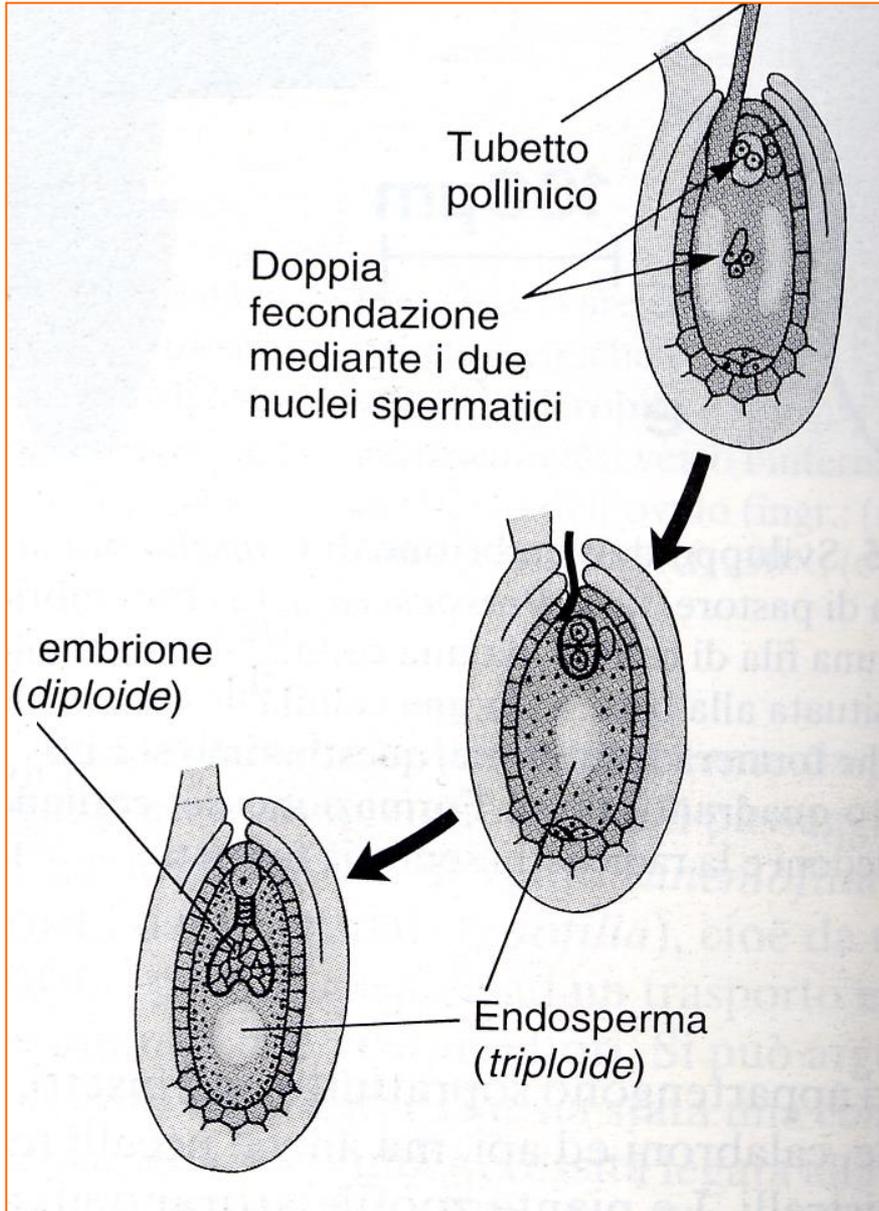
Granulo pollinico maturo di *Lilium* contenente il gametofito maschile allo stadio bicellulare. La cellula generativa, che è a forma di fuso, si dividerà per mitosi dando origine a due nuclei spermatici; la cellula del tubetto pollinico, che è più grande, formerà il tubetto pollinico.



Stadi di sviluppo del gametofito femminile delle piante con fiori. (A) Cellula madre della megaspore (o *del sacco embrionale*); (B) fase finale della prima divisione meiotica; (C) formazione di una tetrate di meiospore in seguito alla seconda

divisione meiotica; (D) sviluppo dell'unica megaspore funzionale e degenerazione delle altre tre; (E-F) successivo sviluppo, tramite mitosi, della megaspore funzionale con formazione di due gruppi di quattro nuclei (G); (H) gametofito femminile maturo (sacco

embrionale) costituito da una grossa cellula contenente otto nuclei: in alto (*polo micropilare*) l'ovocellula accompagnata da due sinergidi, al centro la coppia di nuclei polari, in basso (al *polo calazale*) le cellule antipodali.

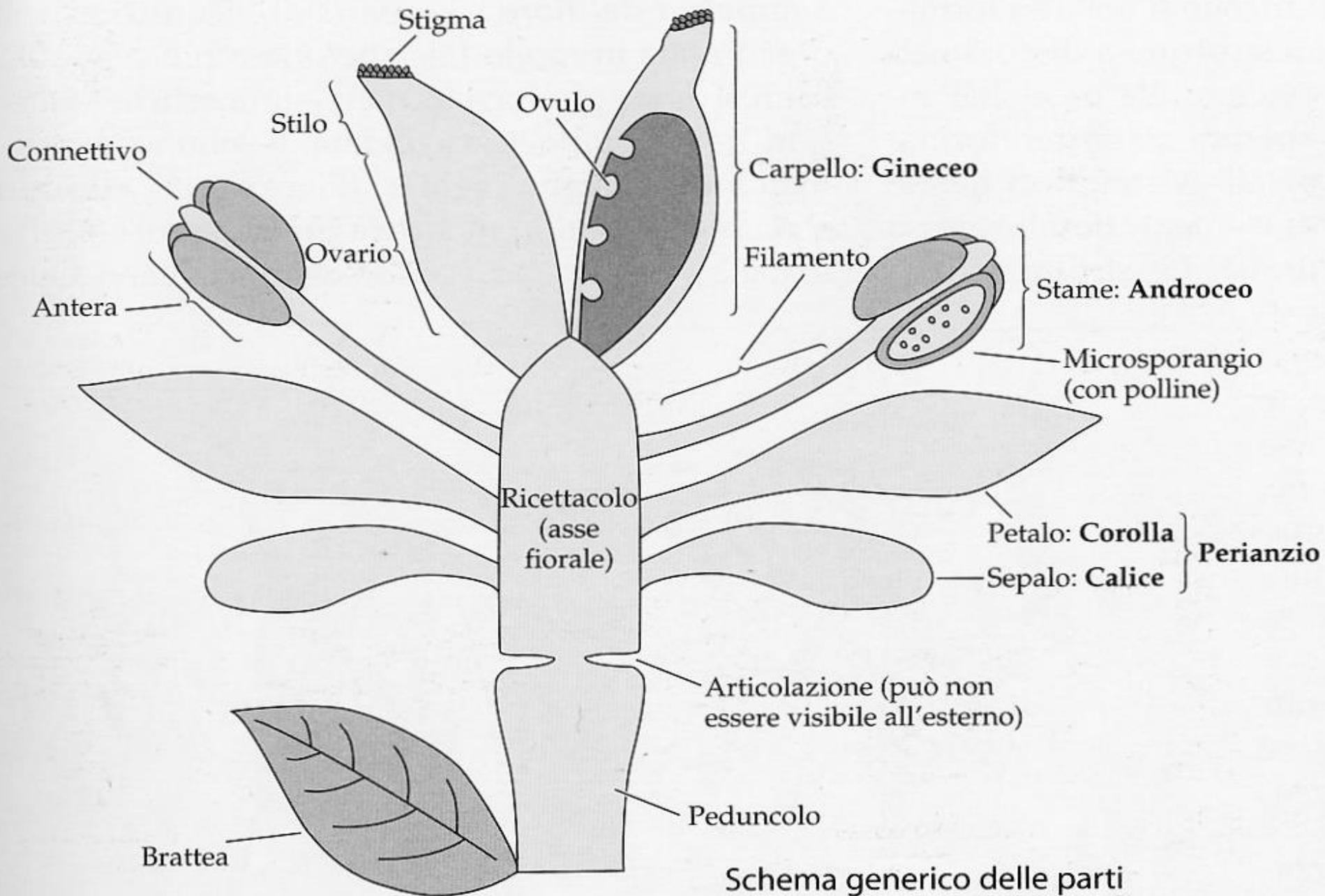


Ecco arrivato il momento dello scandalo...

Arriva la **doppia fecondazione**



FIORE



Schema generico delle parti del fiore. I termini collettivi sono in grassetto.

## Il primo fiore ...

- L'ultimo antenato comune a tutte le piante che producono semi (LCA) visse fra i 310 e i 350 milioni di anni fa.
- L'ultimo antenato comune a tutte le angiosperme – oggi il 90% delle specie di piante – visse fra i 250 e i 140 milioni di anni fa.



### **Fiore ancestrale di angiosperma:**

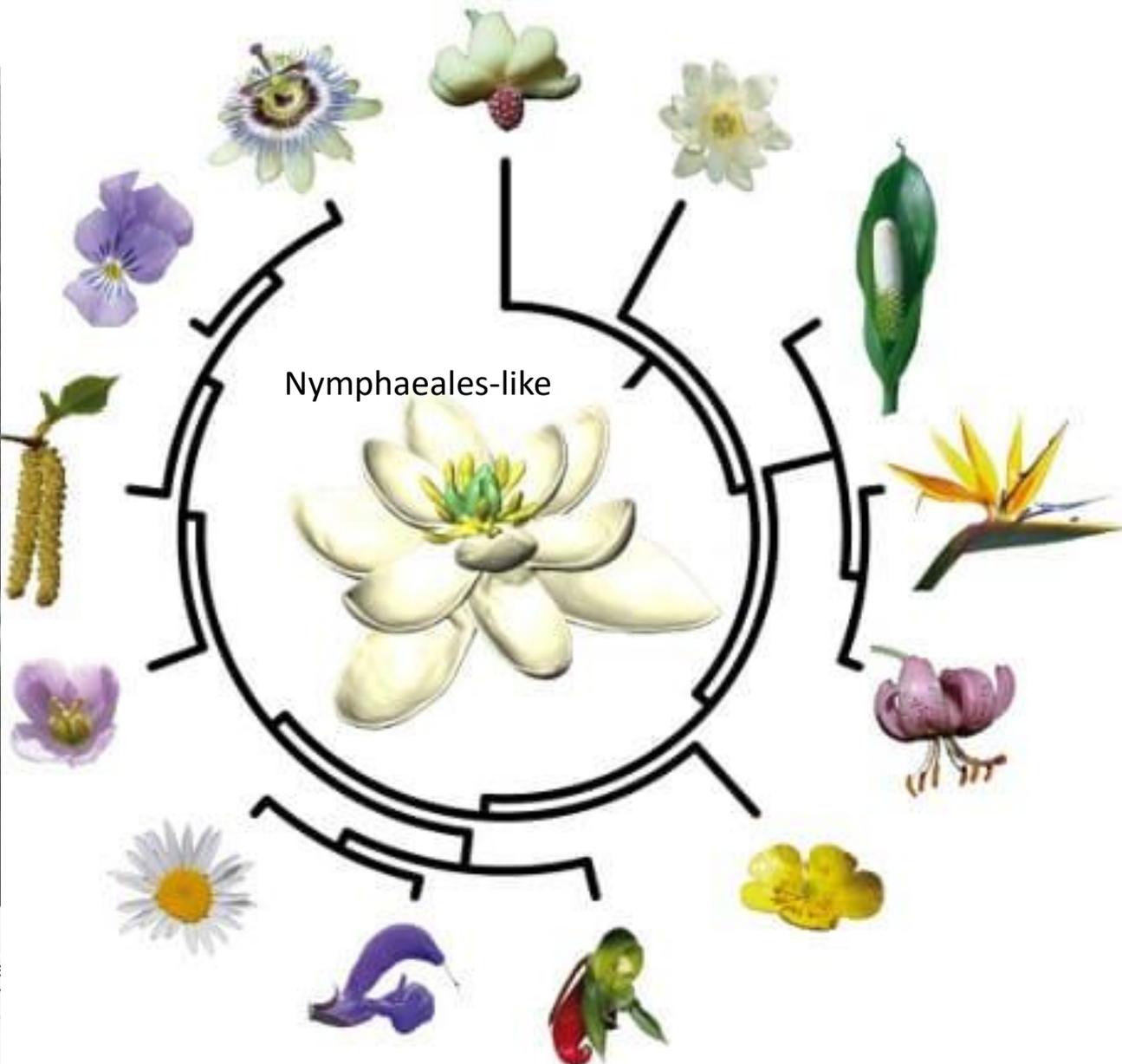
- simmetria radiale
- bisessuale (parte maschile-stami- e parte femminile – pistilli- sullo stesso fiore)
- perianzio composto da almeno 10 petali disposti a spirale su più giri.

*(Nature Communications 2017)*

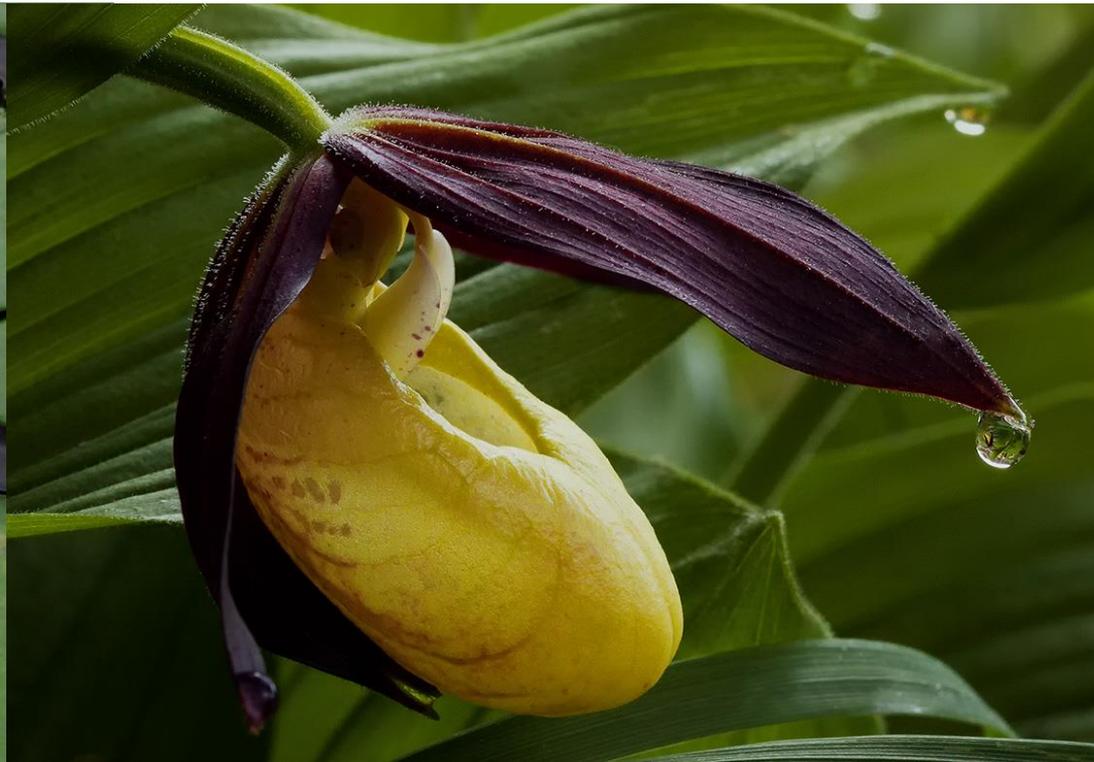
Ricostruzione filogenetica considerando 13.444 caratteri di 792 specie (63 ordini, 372 famiglie di angiosperme (= 98% e 86% rispettivamente delle angiosperme)).

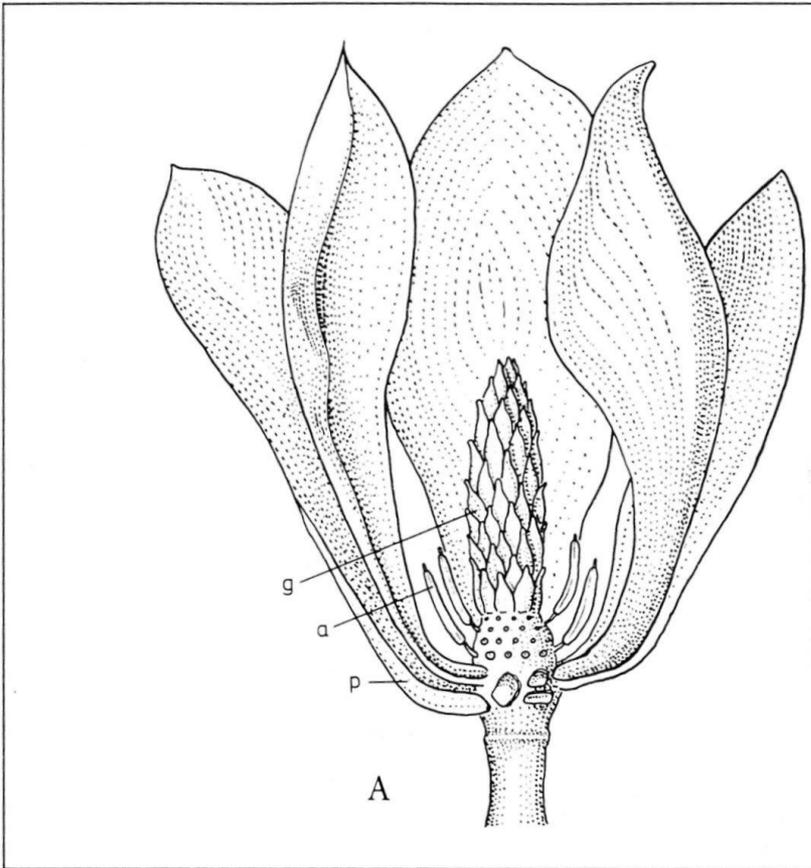


Il più antico fiore ritrovato. Impronte di *Bevhalstia* in rocce del Cretaceo inferiore (circa 130 milioni di anni fa) de rey (Inghilterra). Questa pianta era alta circa 25 cm e probabilmente viveva in acqua. Unisce l'aspetto di felce a piccole strutture ripetitive simili a fiori. La reale larghezza dei fiori è di circa 7 mm.



- Fiori più “primitivi”: composti di molte parti in numero indeterminato  
→ *evoluzione* → fiori con poche parti e in numero definito;
- Germoglio con disposizione spiralata degli elementi fiorali a n. indefinito → *evoluzione* → disposizione a verticilli (collocazione sullo stesso piano) con elementi fiorali in numero definito (per es. 3, 5 o multipli)





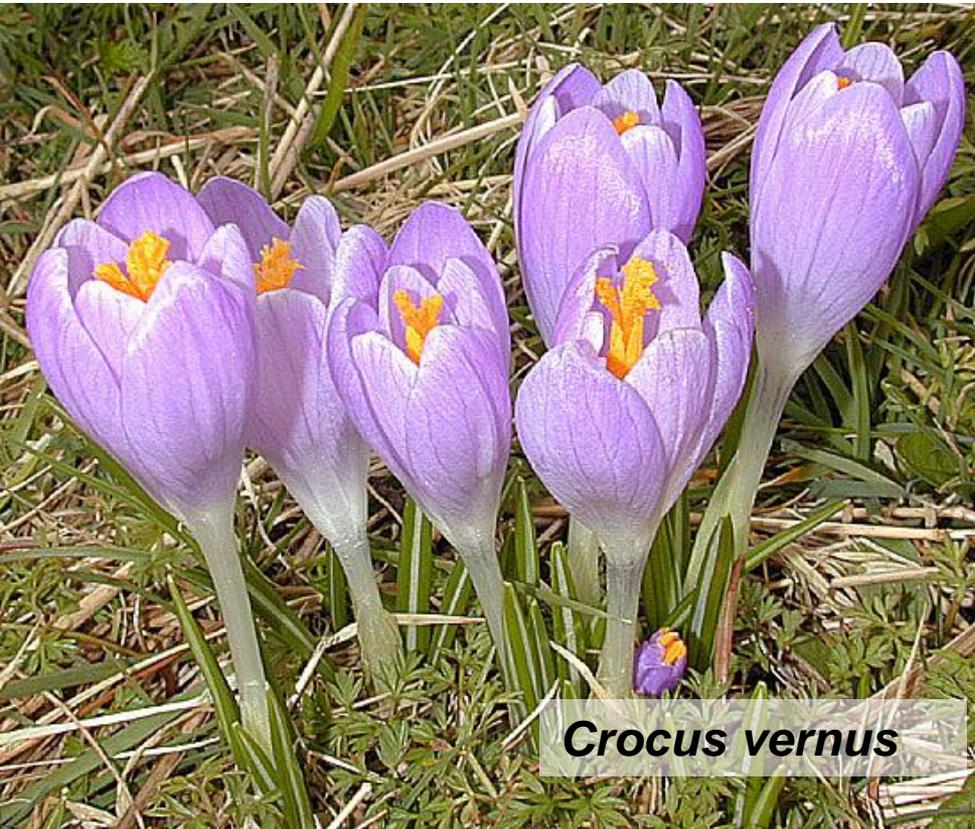
Fiori di varie Angiosperme. **A** *Magnolia*: asse fiorale allungato con numerosi elementi perigoniali (p), stami (a), e carpelli (g) liberi e disposti a spirale (in parte rimossi) (ca.  $\frac{1}{2} \times$ ).

# Struttura del fiore delle angiosperme monocotiledoni

**Perigonio: tepali**, di forma  
e dimensione uguale  
(monocotiledoni)



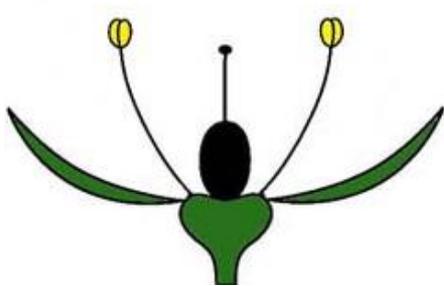
© Horticolor



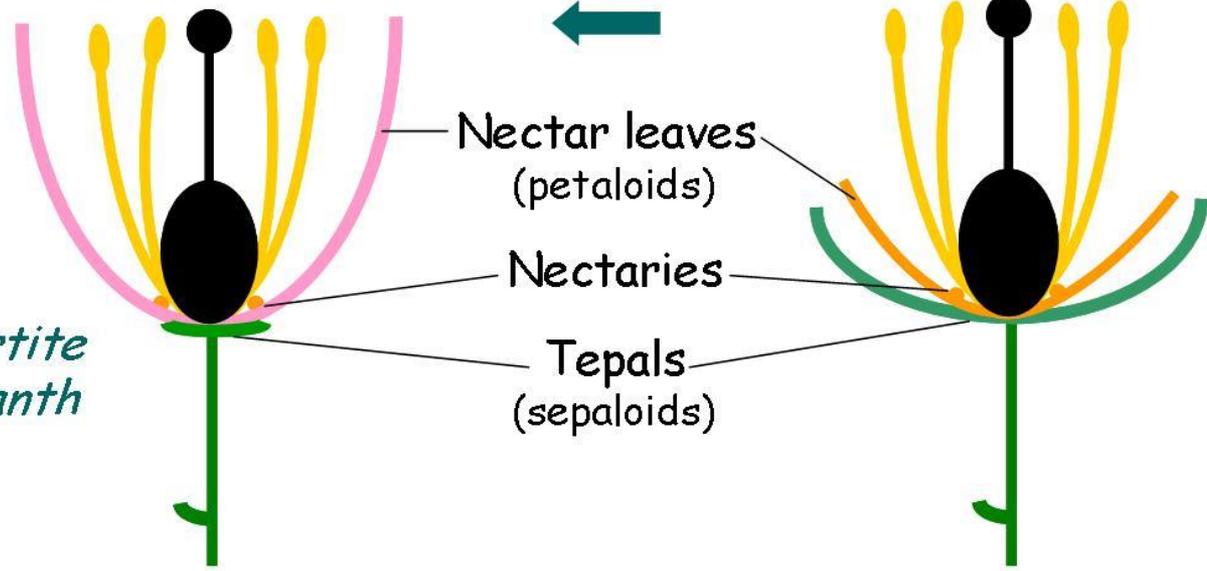
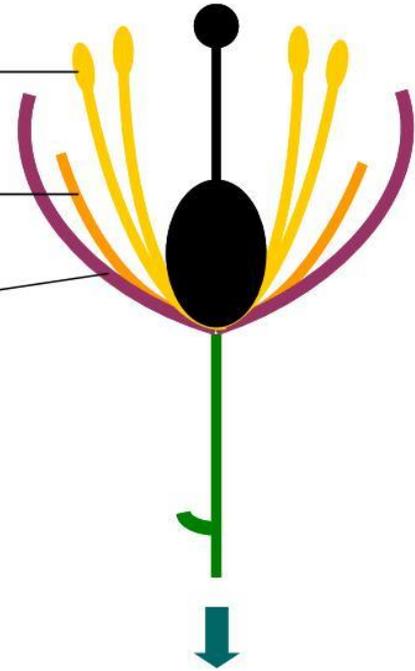
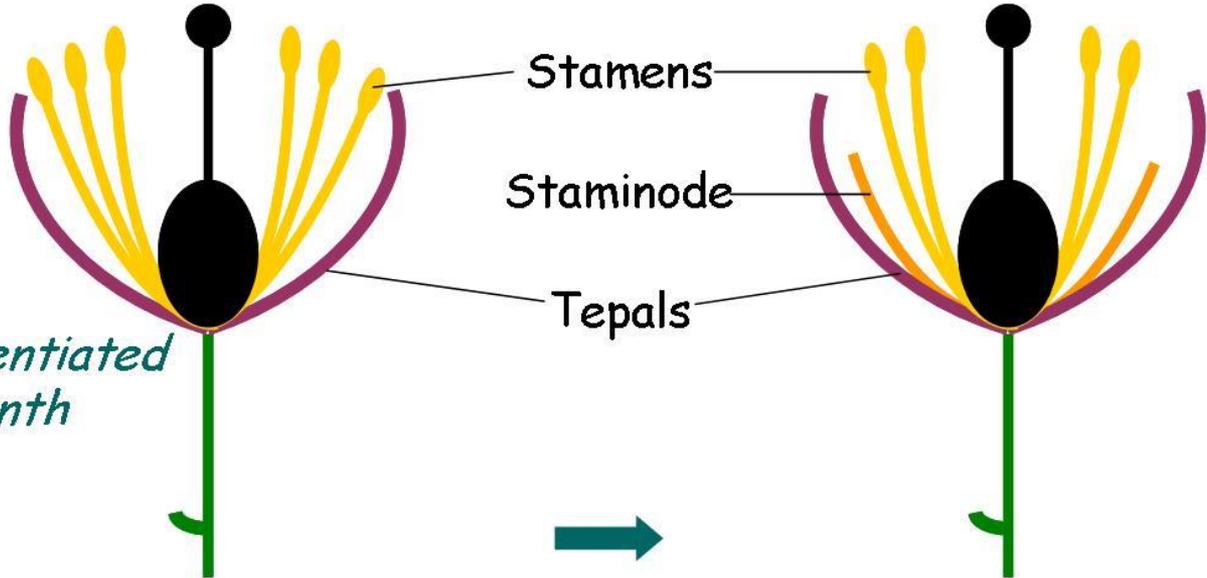
*Crocus vernus*



*Galanthus nivalis*  
© Thomas Schöpke



*Undifferentiated perianth*



*Bipartite perianth*

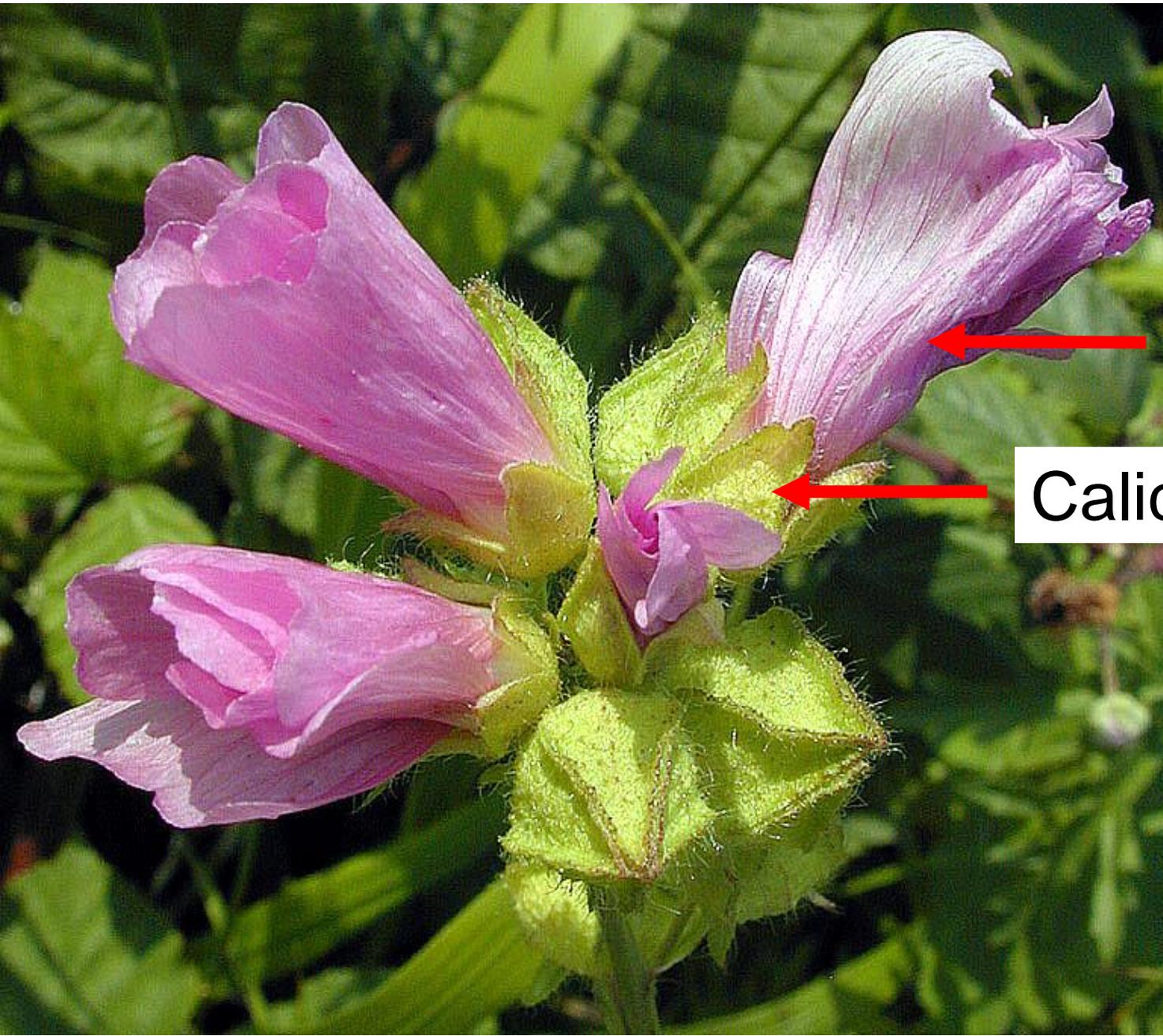
# Struttura del fiore delle angiosperme dicotiledoni

**Perianzio:** sepali + petali = **calice** + **corolla**

**Calice, sepali, f(x) protezione** + **corolla, petali, f(x) attrazione**



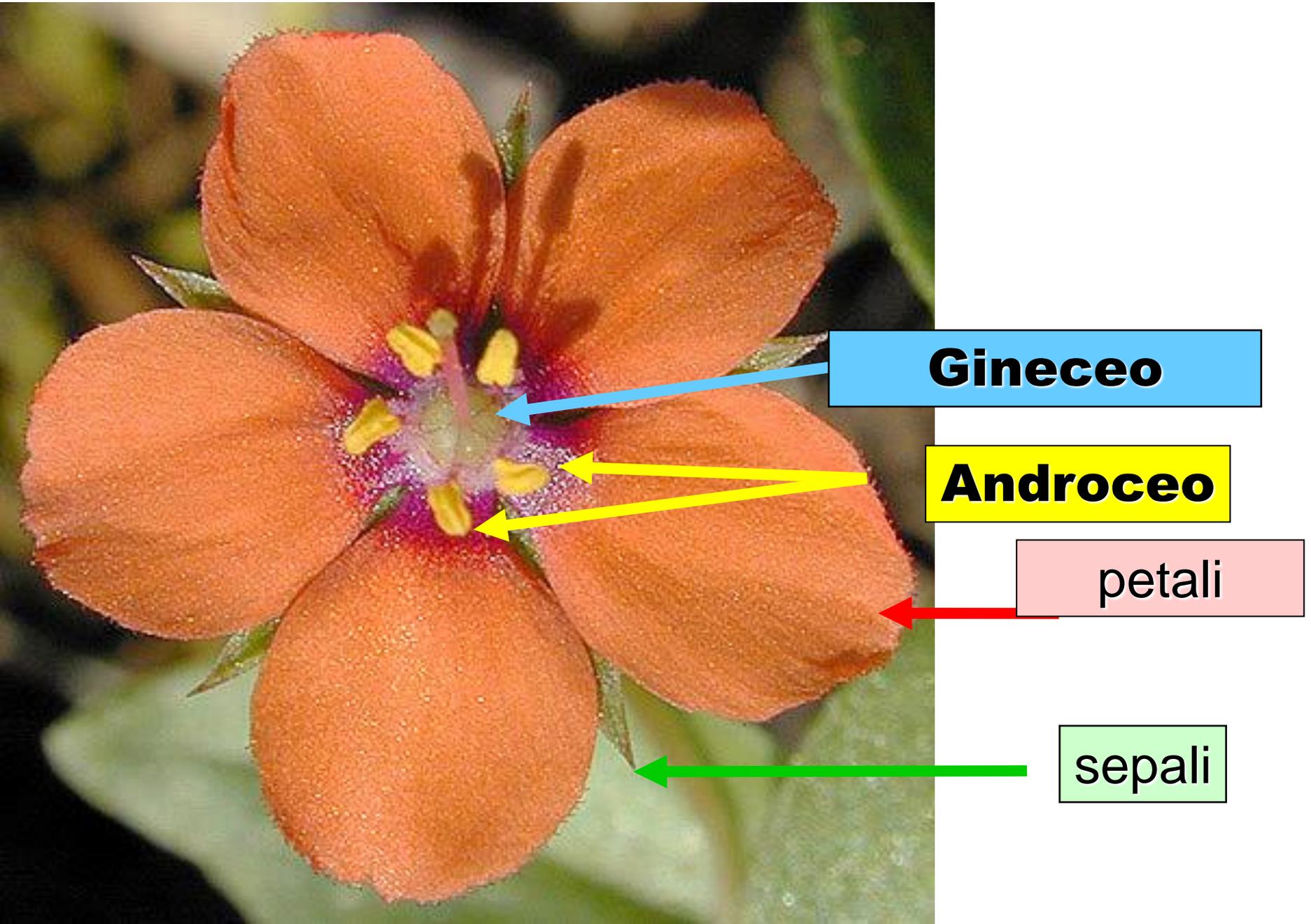
# Struttura del fiore delle angiosperme dicotiledoni



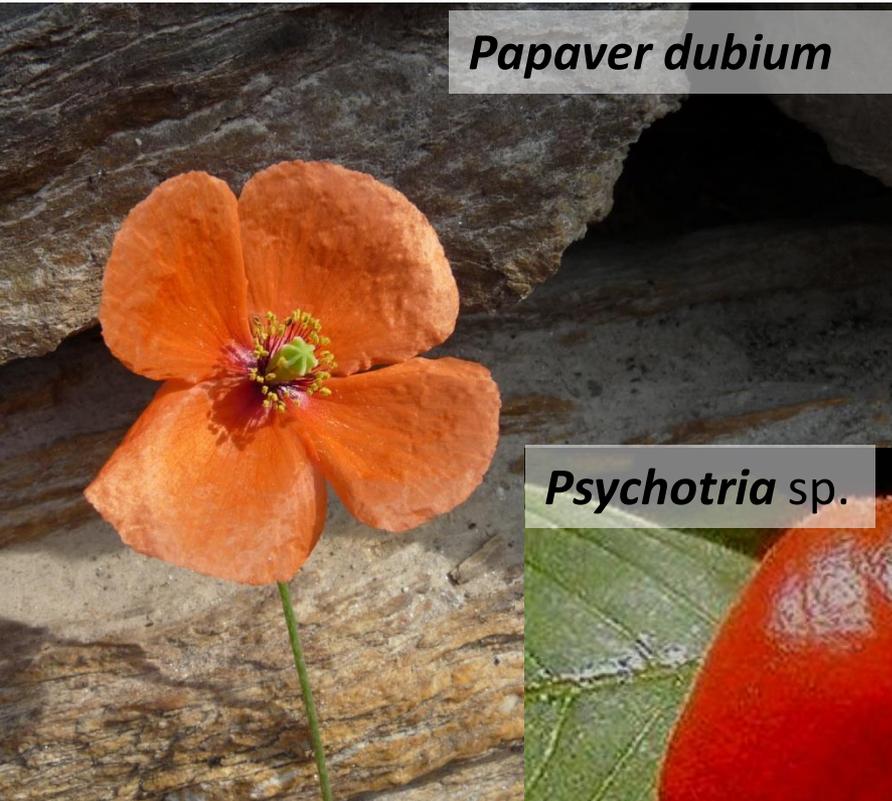
Corolla

Calice

# Struttura del fiore delle angiosperme dicotiledoni



Il numero dei tipi di appendici (sepali, petali, stami, carpelli) si è ridotto dal numero di quattro (fiore più primitivo), a tre, due e talvolta uno (fiori più evoluti).



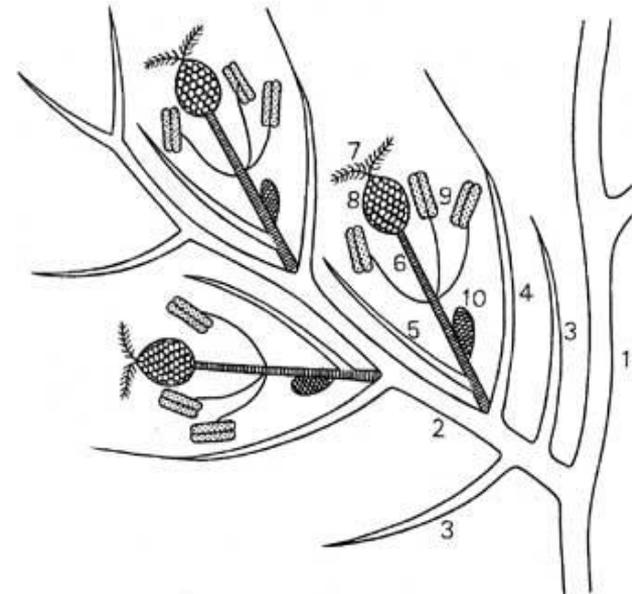
# Poaceae – Graminaceae

Massima riduzione fiorale

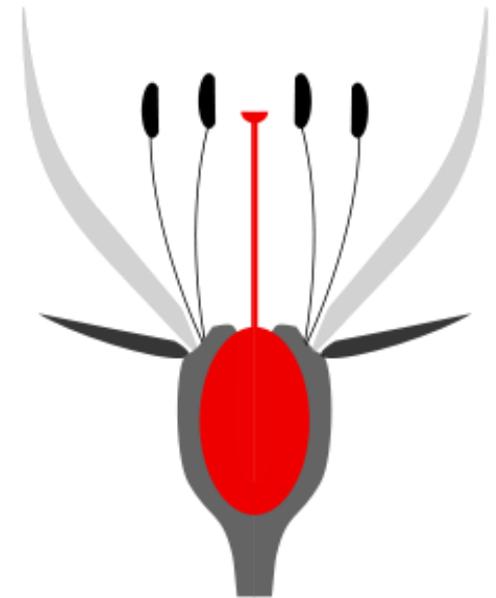
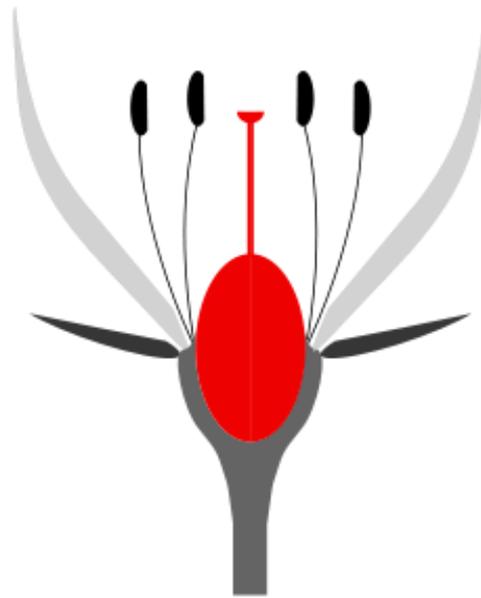
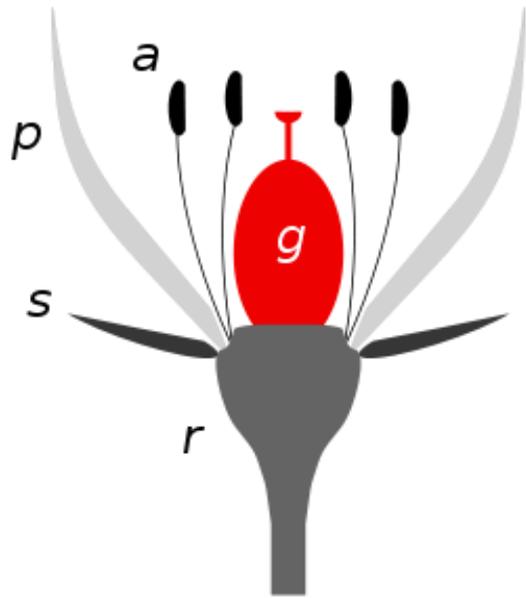
*Dactylis glomerata*



*Poa alpina*



L' ovario è diventato da supero ad infero.



ous flower (superior ovary)

||



oot *Sanguinaria canadensis* (Papaveraceae)



**Pezzi dello stesso verticillo si fondono tra loro (da quella “DIALI” si passa alla condizione “GAMO”).**

- Calice dialisepalo -> Calice gamosepalo
- Corolla dialipetala -> Corolla gamopetala
- Stami singoli -> stami connati
- Carpelli singoli -> carpelli connati, fusi





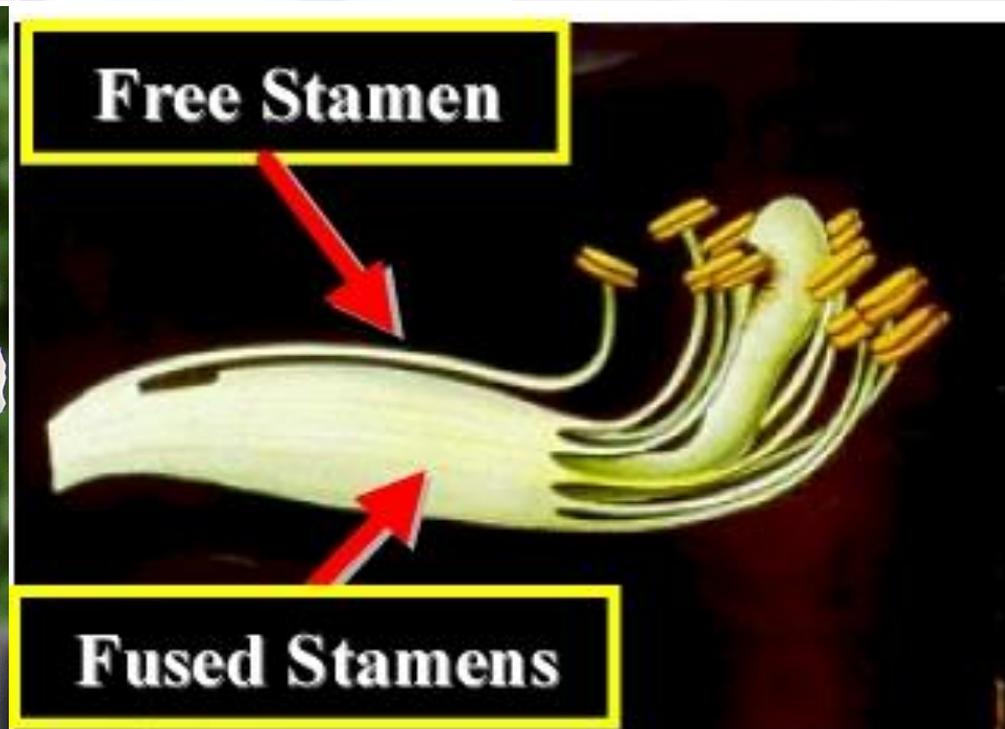
## Corolla dialipetala

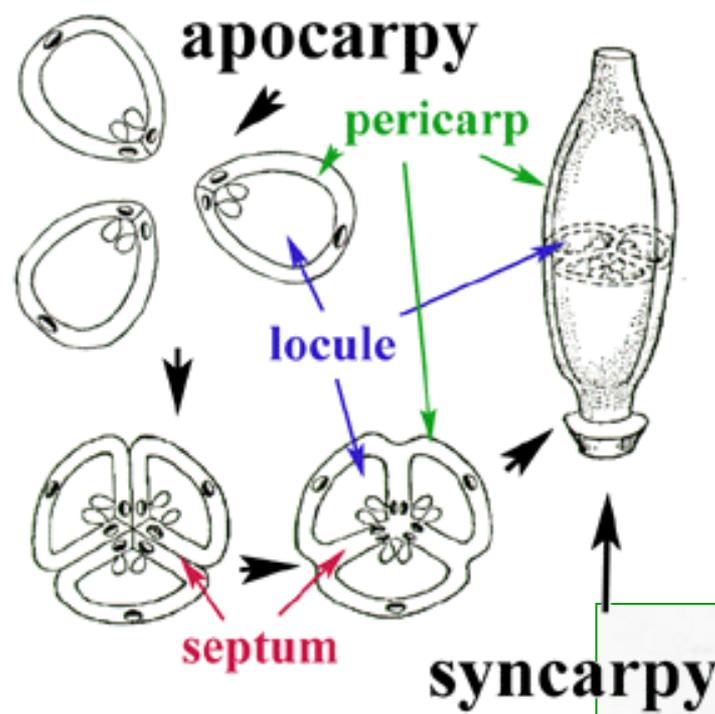


## Corolla gamopetala (simpetala)



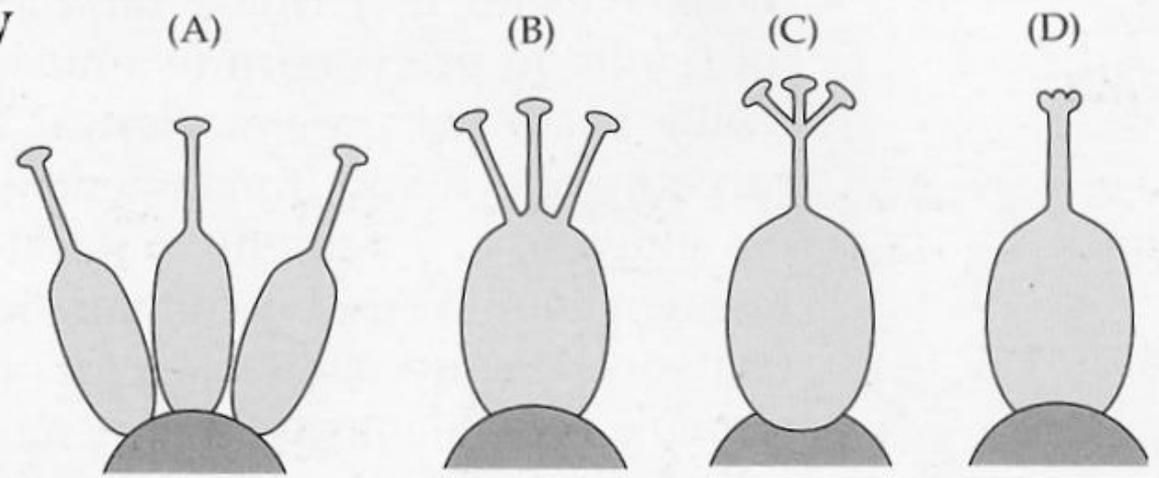
## Stami singoli / stami connati





## Carpelli singoli / carpelli connati

apocarpus -----> syncarpus



Tre carpelli, variamente connati. (A) Tre ovarii, stili e stigmi. (B) Un ovario, tre stili e tre stigmi. (C) Un ovario e uno stilo, quest'ultimo ramificato all'apice, e tre stigmi. (D) Un ovario e uno stilo, e tre stigmi (o lobi stigmatici).

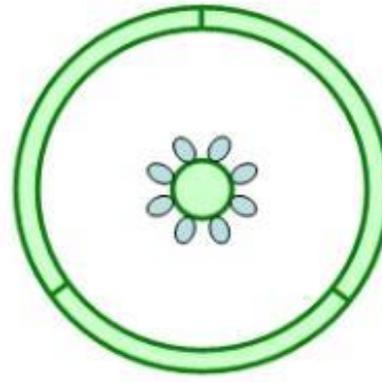
# Carpelli singoli / carpelli connati



Apocarpous



Syncarpous  
Axial placentation



Syncarpous  
Free axial  
placentation



Syncarpous  
Parietal  
placentation

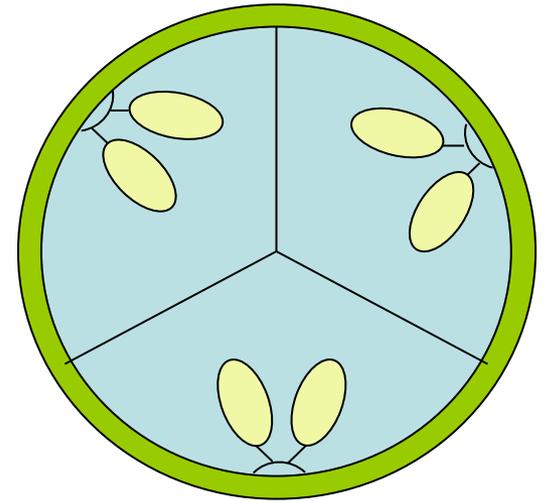


*Magnolia grandiflora*  
Magnoliaceae  
© G.D. Carr



*Nigella damascena*

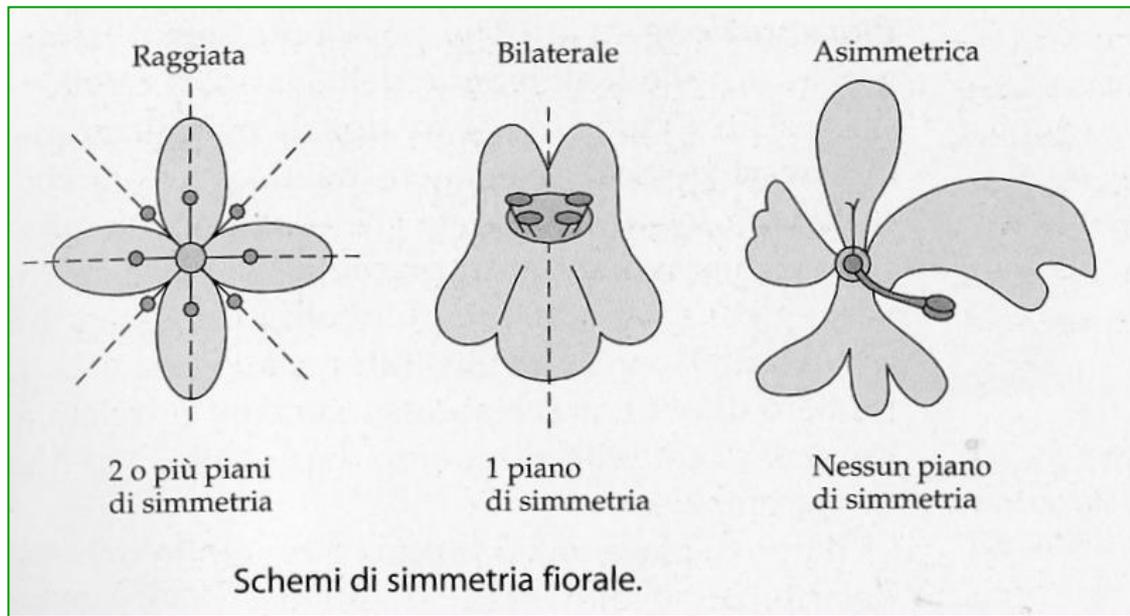




*Cucumis sativus*



**Simmetria radiale  
(ATTINOMORFA) fiore  
primitivo → *evoluzione* →  
simmetria bilaterale  
(ZIGOMORFA) in fiori più  
evoluti.**



## Corolla attinomorfa (simmetria radiale)



## Corolla zigomorfa (simmetria bilaterale)



I fiori da grandi diventano più piccoli, organizzati in infiorescenze; progressivamente più compatte (→ aspetto di un fiore a simmetria raggiata, es. capolino delle Asteraceae, ombrello delle Apiaceae).

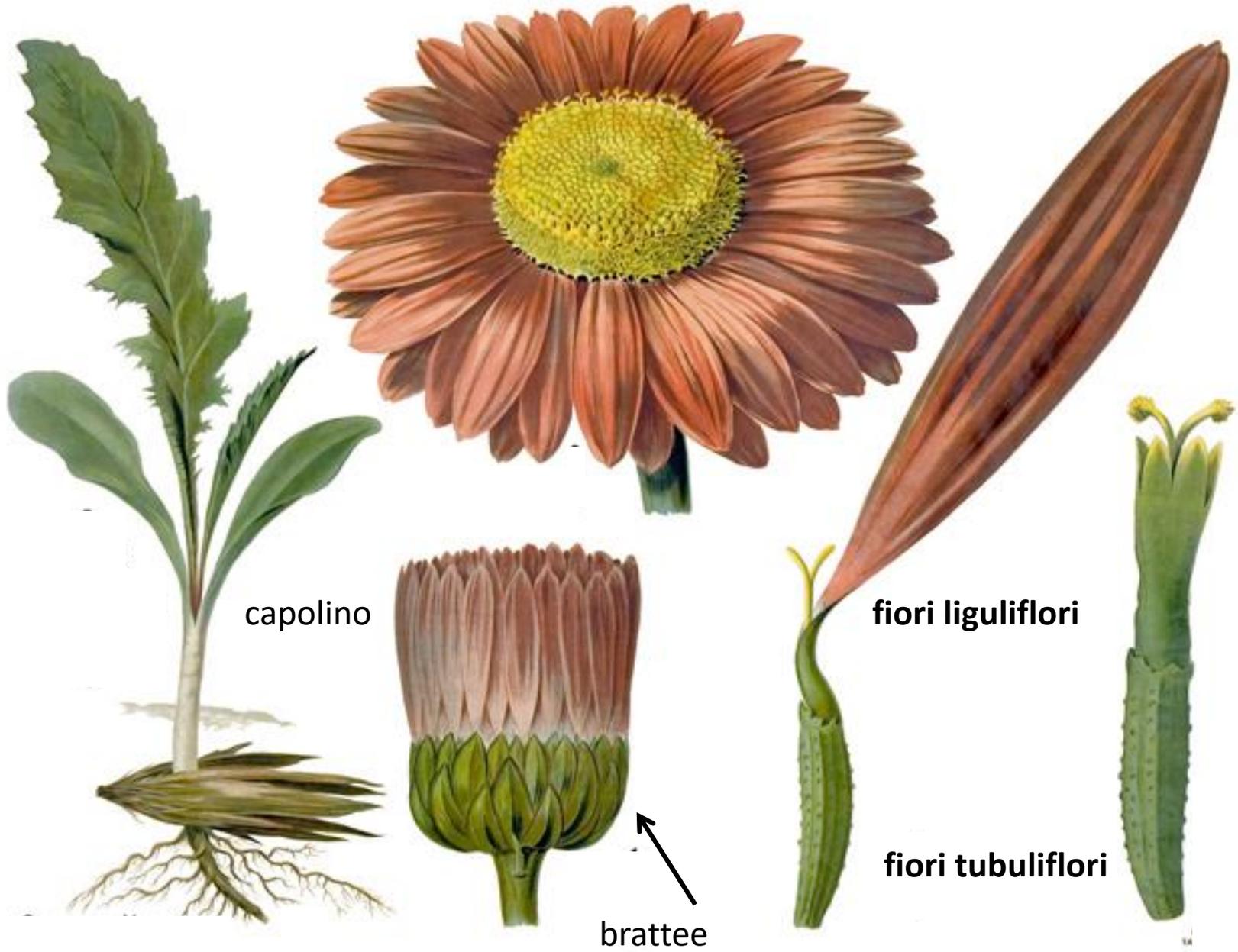


*Doronicum cataractarum*

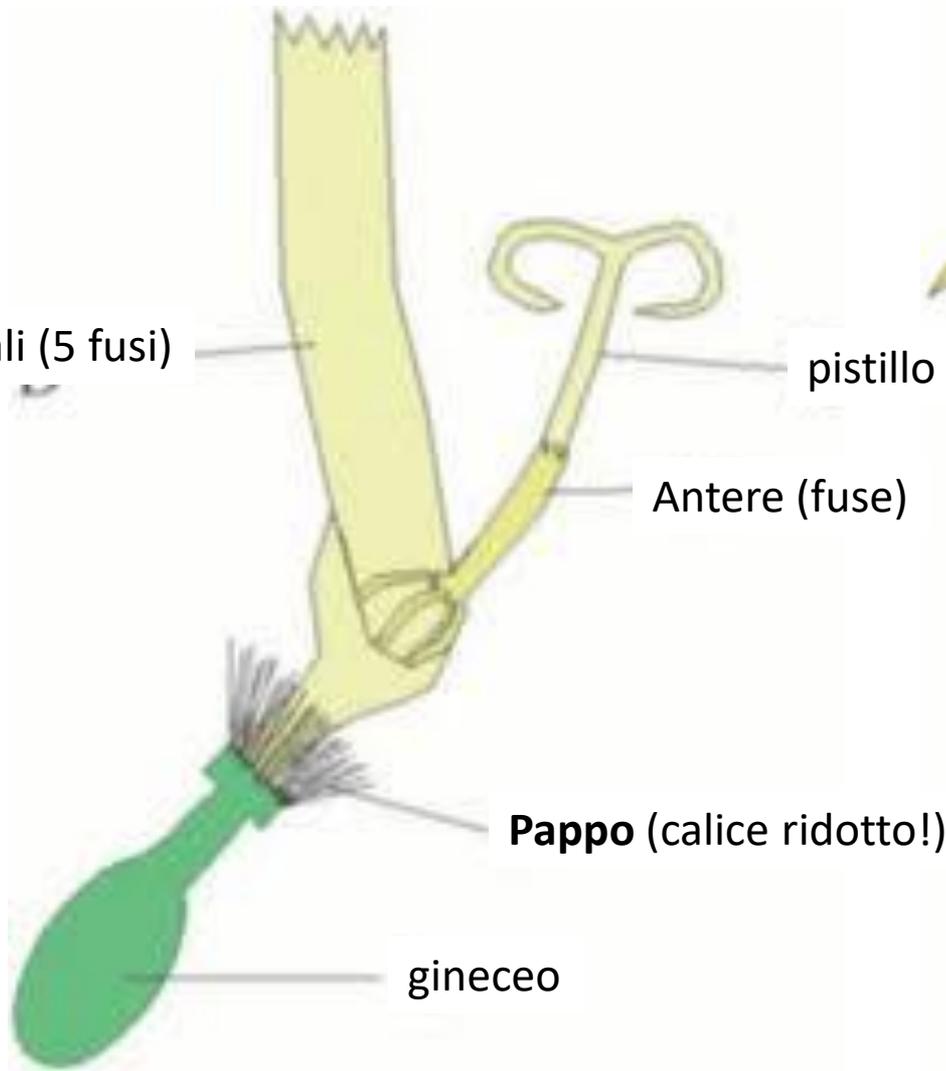


*Arnica montana*

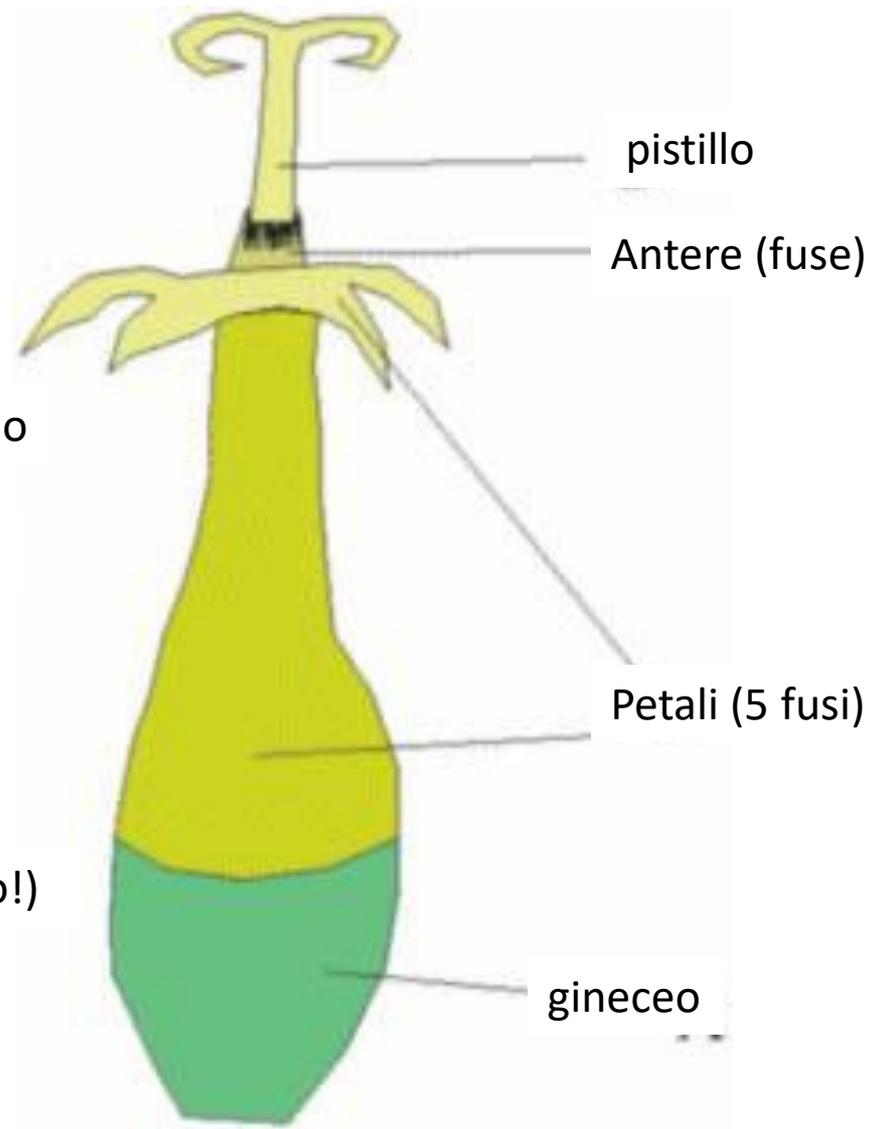
# capolino delle Asteraceae (Compositae)

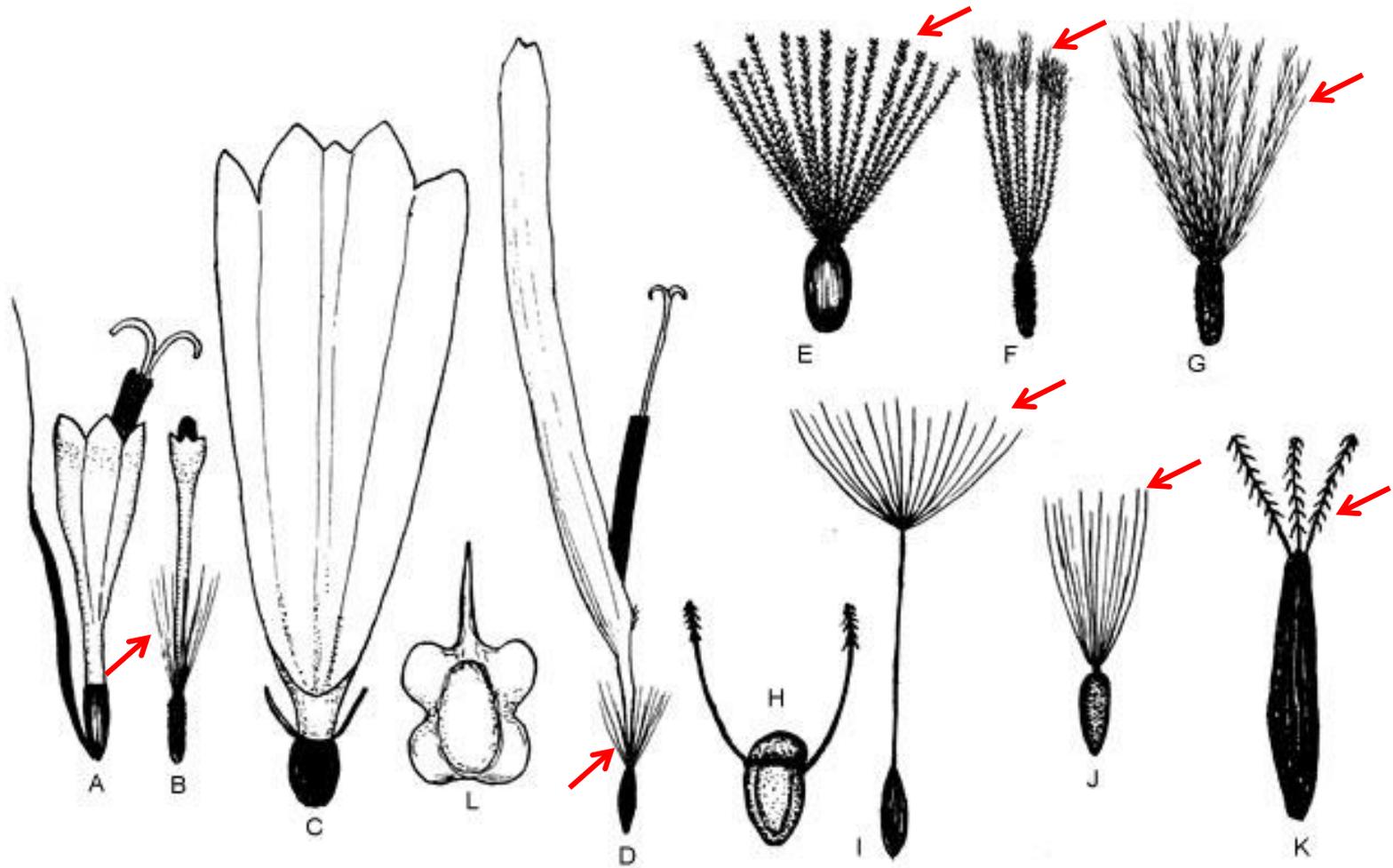


### Fiori zigomorfi



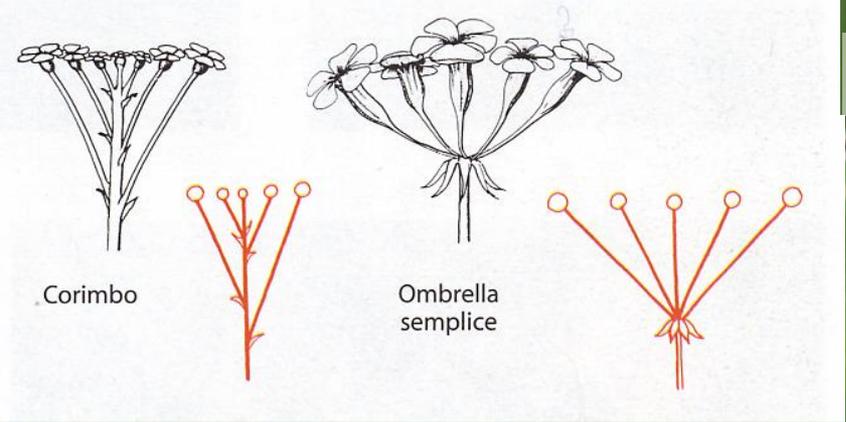
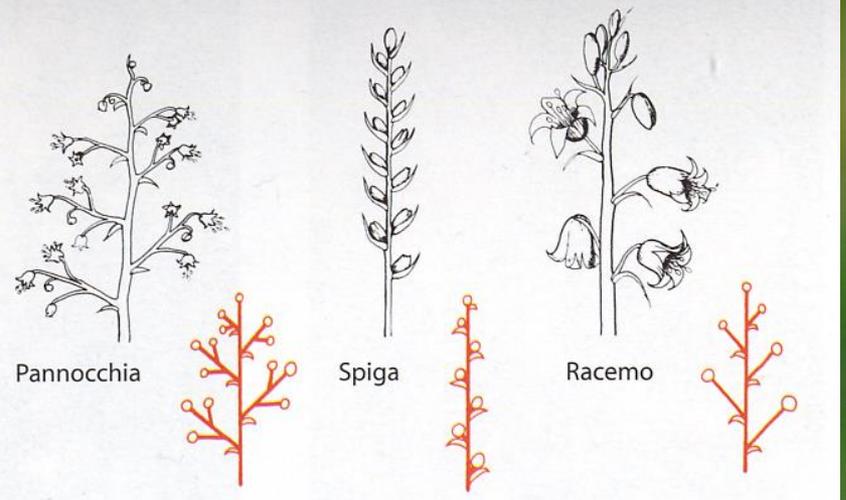
### Fiori radiali





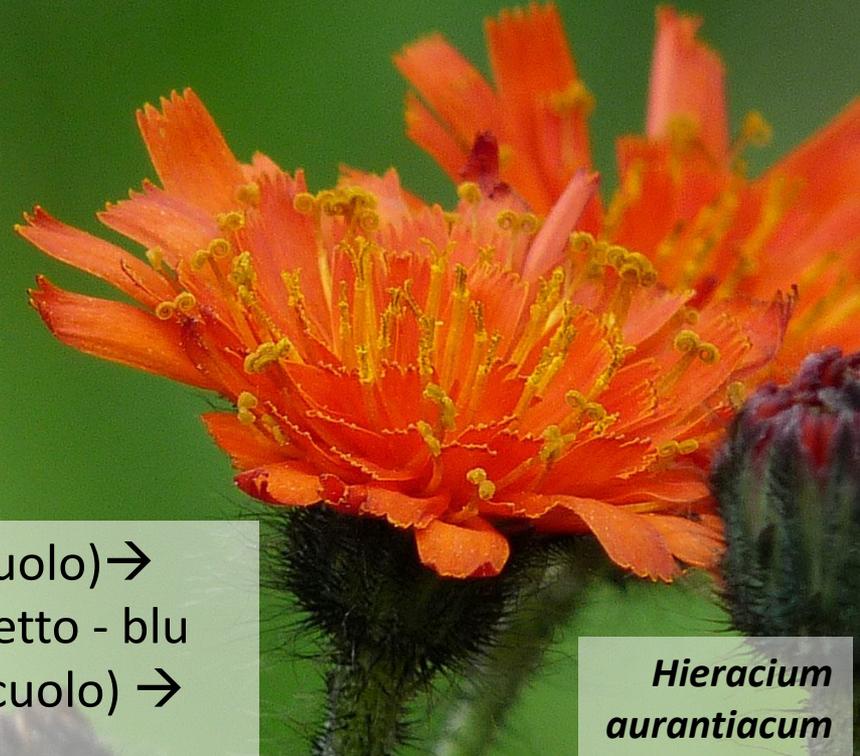
**Pappo (calice ridotto!)**

Frutti: **acheni** (semi tipo noci ricchi in proteine e oli) - Frutto secco indeiscente, monospermico, con parete coriacea, non aderente al seme

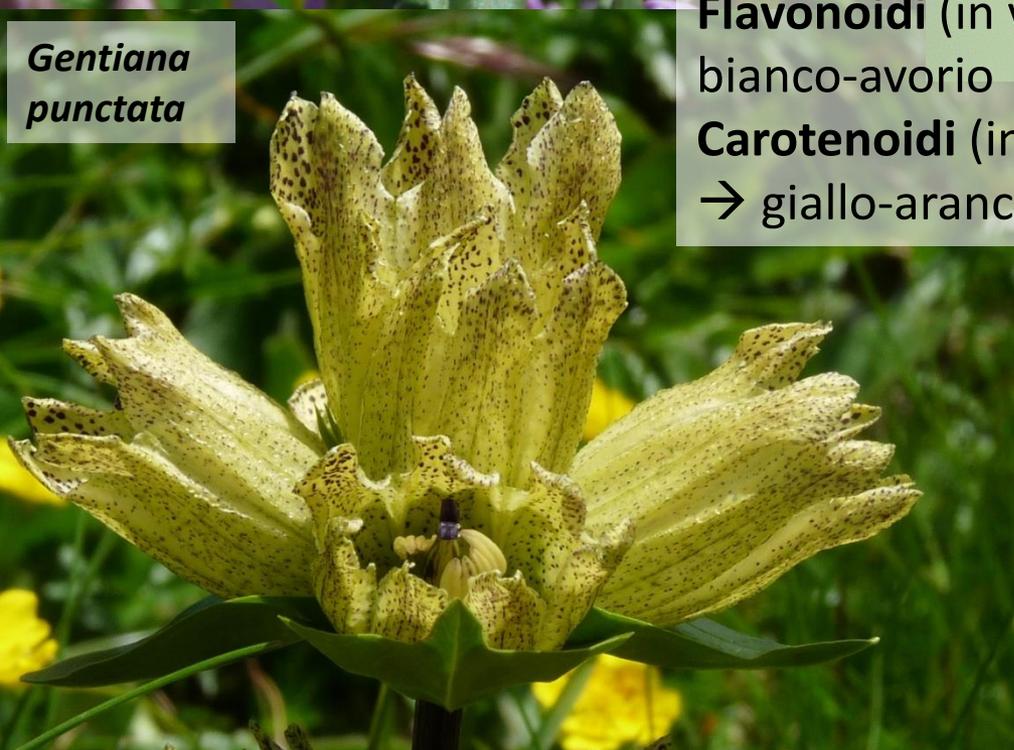




*Gentianella germanica*



*Hieracium aurantiacum*

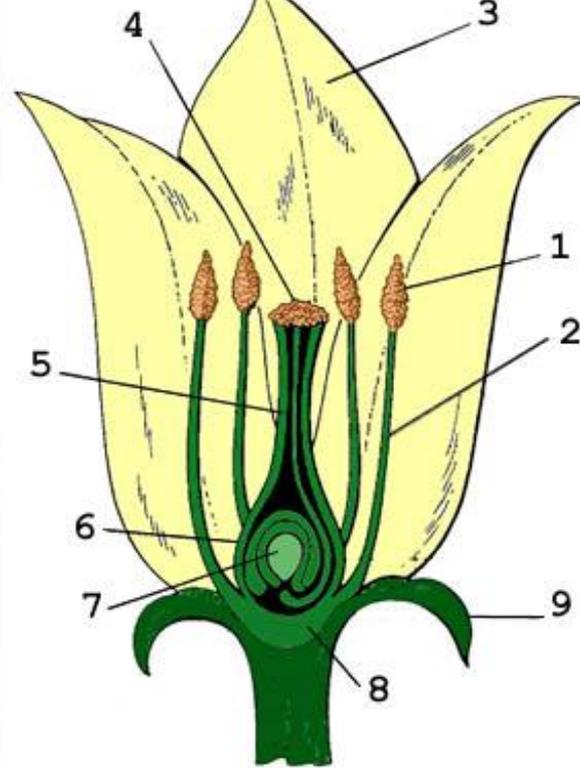


*Gentiana punctata*

**Antociani** (in vacuolo) →  
rosa- rosso – violetto - blu  
**Flavonoidi** (in vacuolo) →  
bianco-avorio  
**Carotenoidi** (in cromoplasti)  
→ giallo-arancione-rosso



*Dryas octopetala*



- 1 Antera
- 2 Filamento
- 3 Petalo
- 4 Stigma
- 5 Stilo
- 6 Ovario
- 7 Ovulo
- 8 Ricettacolo
- 9 Sepali





IMPOLLINAZIONE



I caratteri floreali sono strettamente legati alla BIOLOGIA dell'impollinazione e ai fenomeni co-evolutivi ad essa associati

# Impollinazione anemofila

- la più antica
- sfruttata dalle gimnosperme (con alcune eccezioni)
- da molte angiosperme (carattere derivato «secondario»), 30 famiglie (di 300!) esclusivamente anemofile



## Adattamenti florali:

- 1) riduzione delle parti fiorali, aumento delle dimensioni dello stigma e degli stami, formazione di fiori (o infiorescenze) unisessuati
- 2) modificazione dell'esina del polline.
- 3) aumento della quantità di polline prodotto
- 4) mancanza di nettare



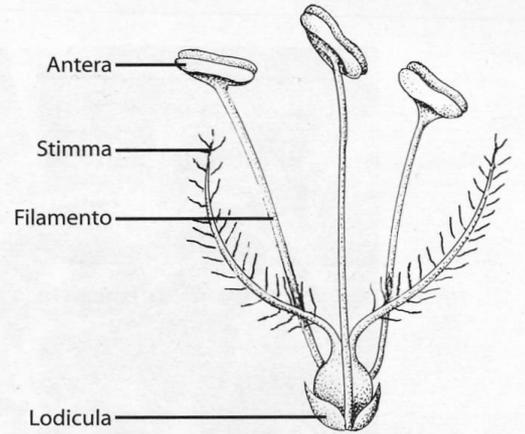
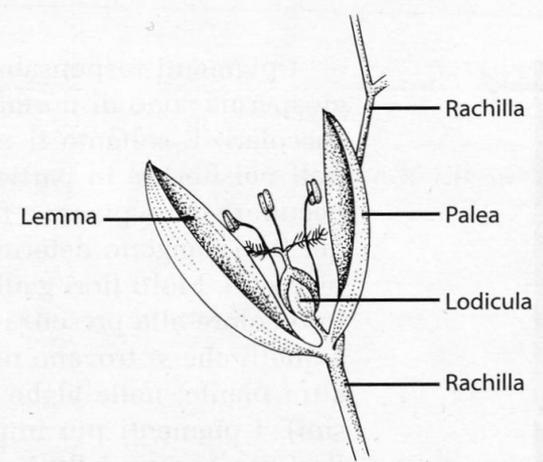
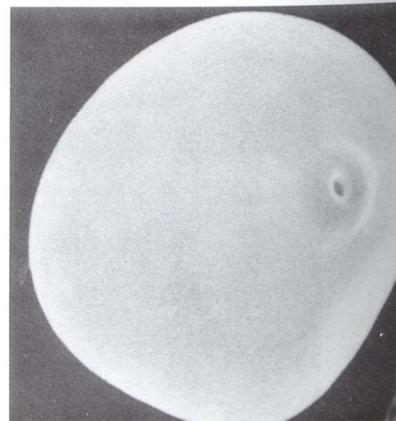
(a)



(b)



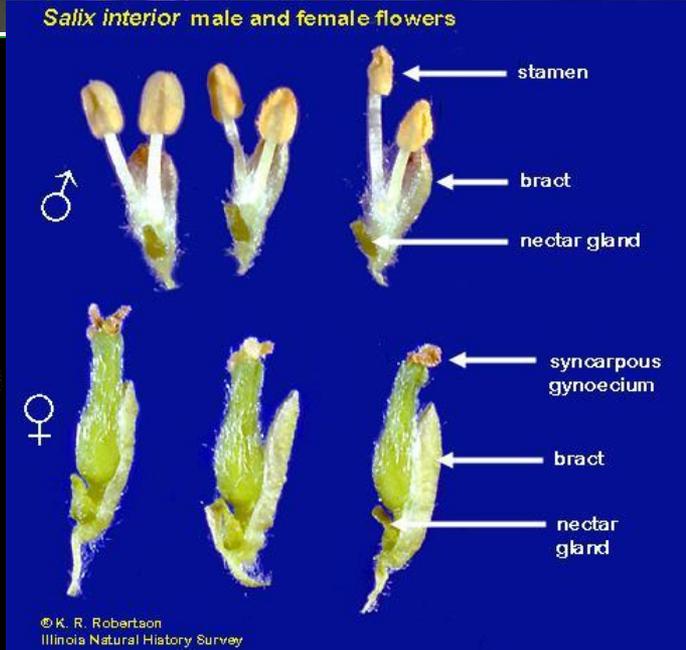
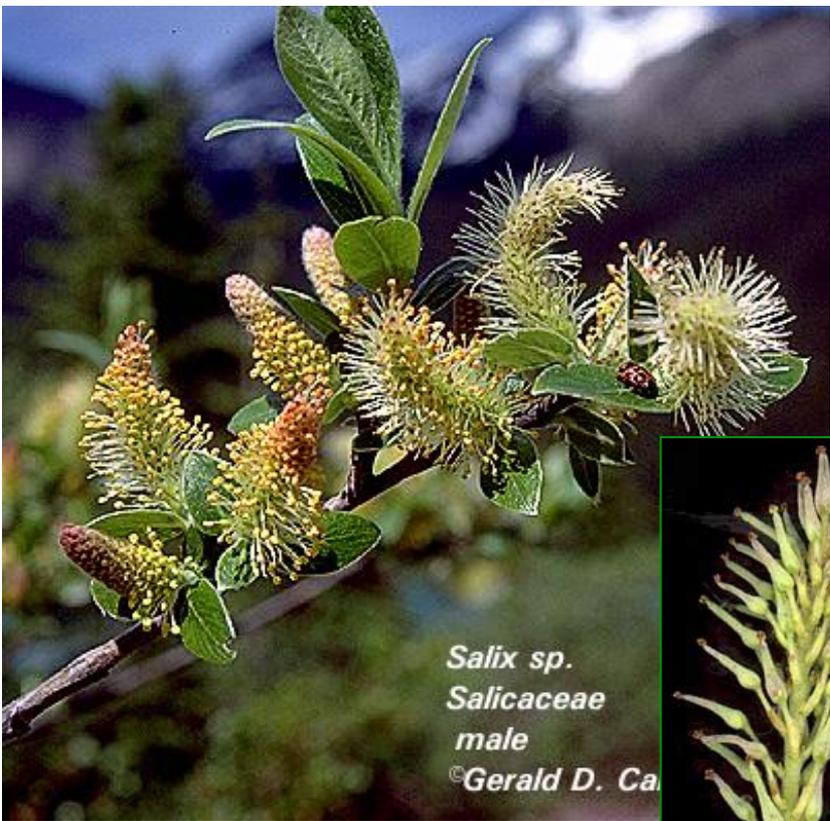
(c)



Al contrario della maggioranza delle angiosperme, le graminacee hanno fiori impollinati dal vento. Il mais (*Zea mays*) ha (a) infiorescenze maschili alla sommità del fusto e (b) infiorescenze femminili con lunghi stimmi sporgenti (i fili che si osservano sulle spighe). (c) Le *Graminaceae* hanno tipicamente stimmi piumosi e ampi che catturano in modo efficace il polline proveniente dalle antere pendule, come si può osservare in questa foto del genere *Agropyron*. (d) Micrografia al microscopio elettronico a scansione di un granulo di polline di mais, che mostra la superficie esterna liscia che si ritrova tipicamente nella maggioranza delle piante impollinate dal vento e la singola apertura (o poro o solco) tipica delle monocotiledoni.

5) modificazione della **tempistica della fioritura**, e.g. alberi decidui entrano in fioritura prima di emettere le foglie, che intercetterebbero i granuli di polline, ostacolando l'impollinazione.

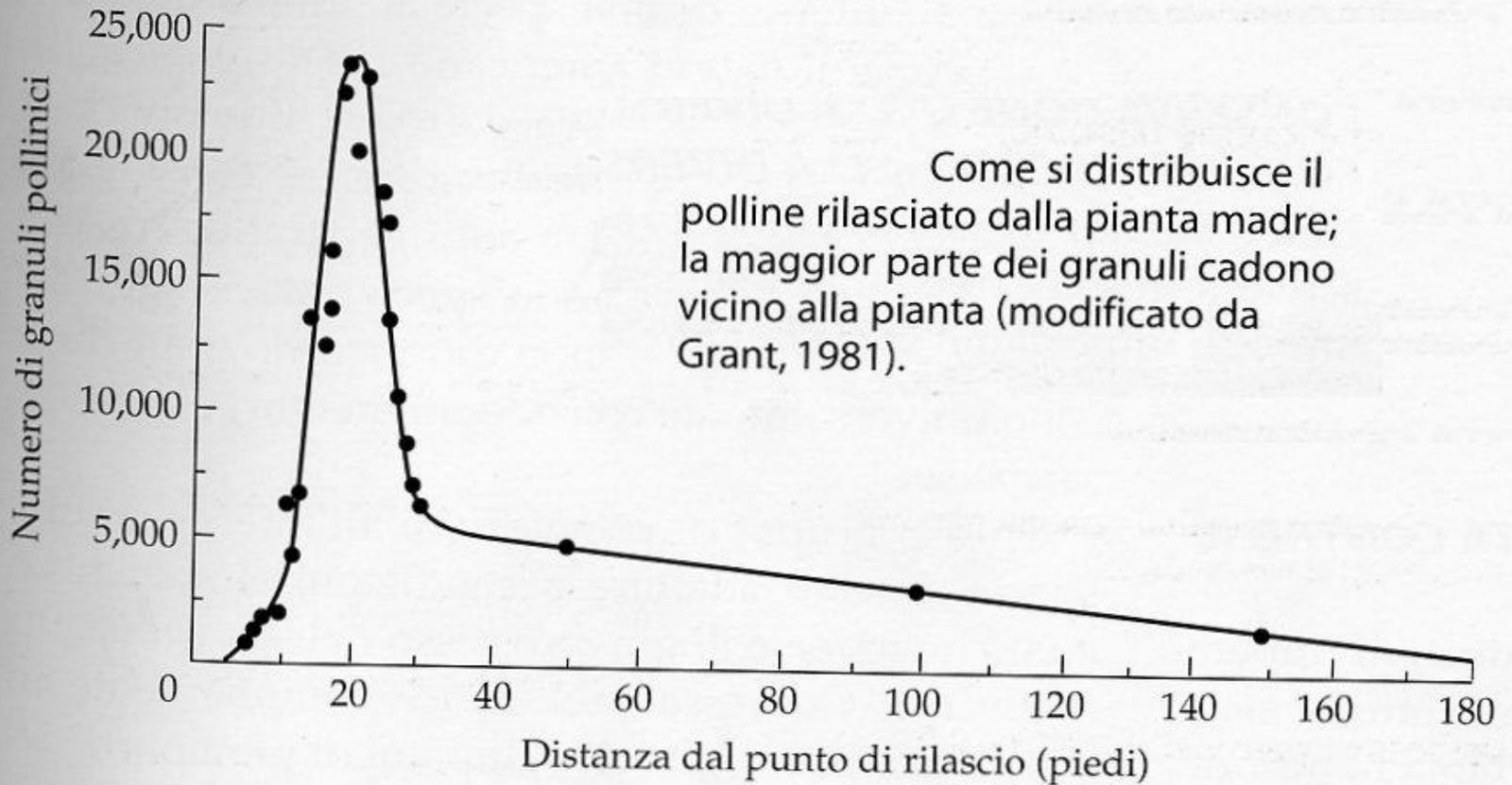
seed  
 .com/members/Badseed/  
 Prohibited



# Impollinazione abiotica *versus* impollinazione biotica

Confronto tra alcune caratteristiche delle specie a impollinazione entomofila e anemofila (da Pacini, 1981).

	Entomofile	Anemofile
<i>Tipo di pianta</i>	erbacea più raramente arborea	arborea o erbacea, spesso sociale (es. Graminaceae)
<i>Ambiente</i>	tropicale e temperato freddo ma limitatamente all'estate	di solito freddo o temperato
<i>Infiorescenze</i>	<i>di tutti i tipi</i>	<i>spesso pendule in amenti e monoiche</i>
<i>Fiori</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vistosi e colorati</li> <li>– spesso solitari</li> <li>– con stami all'interno della corolla</li> <li>– con stigma piccolo e talvolta nascosto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– monoici, insignificanti</li> <li>– spesso riuniti in infiorescenze</li> <li>– con stami talvolta sporgenti (es. Graminaceae)</li> <li>– con stigma grande ed esposto</li> </ul>
<i>Polline</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– sculturato</li> <li>– con molta trifina</li> <li>– granuli spesso uniti in tetradi o poliadi; presenza di trifina o di viscina</li> <li>– polline longevo perché deve aspettare i pronubi</li> <li>– granuli di polline grandi (60-30 <math>\mu</math>, raramente 10 <math>\mu</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– con poche sculture</li> <li>– con poca trifina</li> <li>– granuli isolati</li> <li>– polline poco longevo data la vicinanza di individui della stessa specie</li> <li>– granuli di piccole dimensioni (20-30 <math>\mu</math>, raramente 60 <math>\mu</math>)</li> </ul>

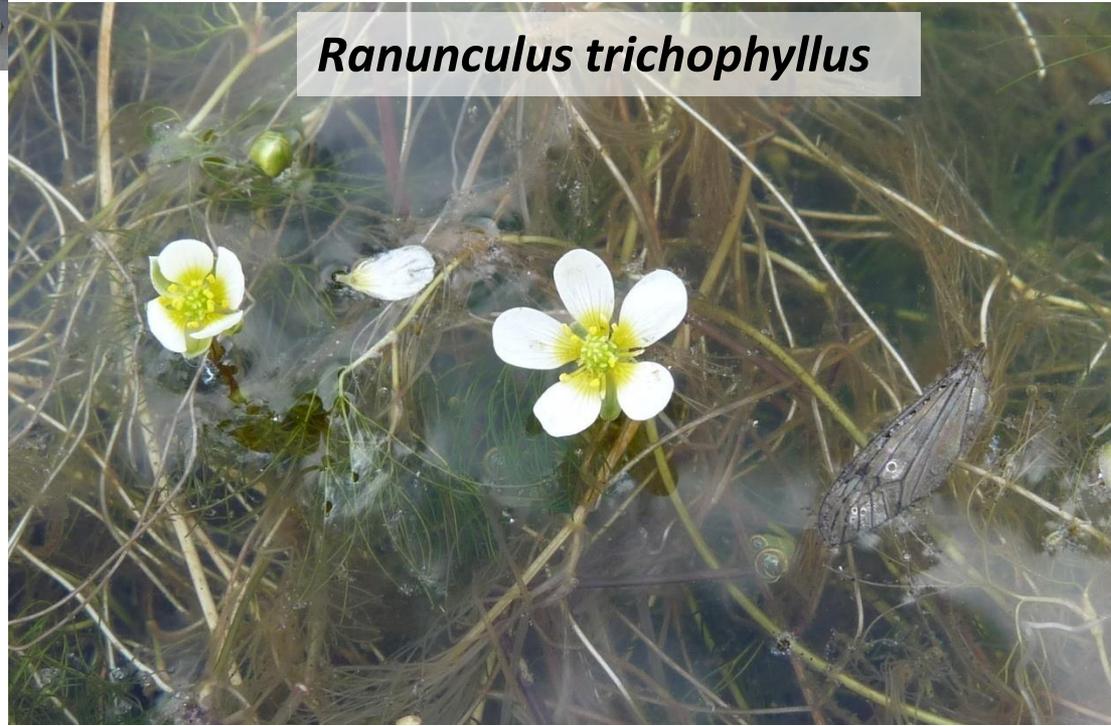


Contrariamente a quanto si crede, l'impollinazione anemofila non permette il superamento di grandi distanze. Se le correnti ascensionali portano il polline in alta quota, permettendogli di percorrere anche distanze di centinaia di chilometri, questo avviene a scapito della capacità di germinare.

# Impollinazione idrofila



- Specie che possono vivere sommerse o sulla superficie dell'acqua. Acqua = mezzo di trasporto del polline.
- L'impollinazione idrofila deriva dall'anemofilia o da forme di impollinazione biotica (es. da quella entomofila).
- In molti casi produzione massiccia di polline.
- Rara evoluzione di meccanismi estremamente sofisticati.



!!! Non tutte le piante acquatiche hanno necessariamente un'impollinazione idrofila...  
Specialmente se fiori all' esterno dell' acqua!!!

*Ranunculus trichophyllus*

# *Vallisneria spiralis*



*Stagni e paludi.* (0 - 300 m). - Fi. IV-V - Cosmop. trop. e subtrop.

*Pad. dal Ven. al Piem., coste tirren. dalla Lig. al Lazio (L. di Bracciano, Laghi Albani, L. di Fondi), Tosc. a Rignano e sul Trasimeno: un tempo C, ora invece RR a causa delle bonifiche, canalizzazioni ed inquinamenti.*







## IMPOLLINAZIONE BIOTICA

- **casuale** (diversi animali visitano per caso il fiore, che viene impollinato, con bassa specificità).

- **specifica** (c'è rapporto di dipendenza tra il fiore e l'animale; in alcuni casi si vengono a creare rapporti strettissimi, di co-evoluzione pianta-animale).



La pianta di ha bisogno di un efficace *apparato pubblicitario* (veritiero o mistificatorio che sia) per attirare l'attenzione, farsi visitare e far visitare altri fiori della stessa specie.

1) **messaggi visivi** (forma e colore)

2) **odore**

3) **calore**

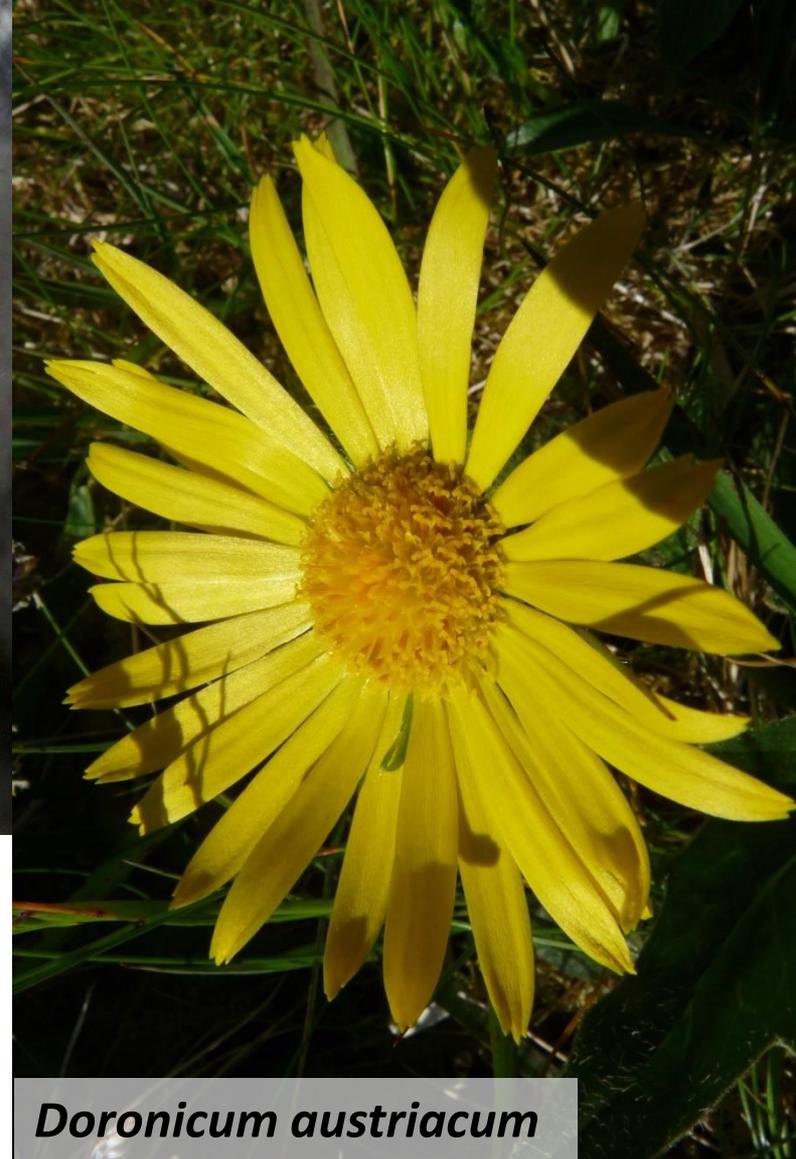
Forme, colori ed odori dipendono dalla **PERCEZIONE** dei singoli animali: e.g. i colori vengono visti (=percepiti) in maniera diversa da insetti e vertebrati; odori rivoltanti per noi non sono interessanti ma per altri....

*... ditelo con un fiore...*

*Nigella damascena*



*Astrantia major*



*Doronicum austriacum*

**Messaggi visivi**  
**(forma e colore)**

## Messaggi visivi (forma e colore)



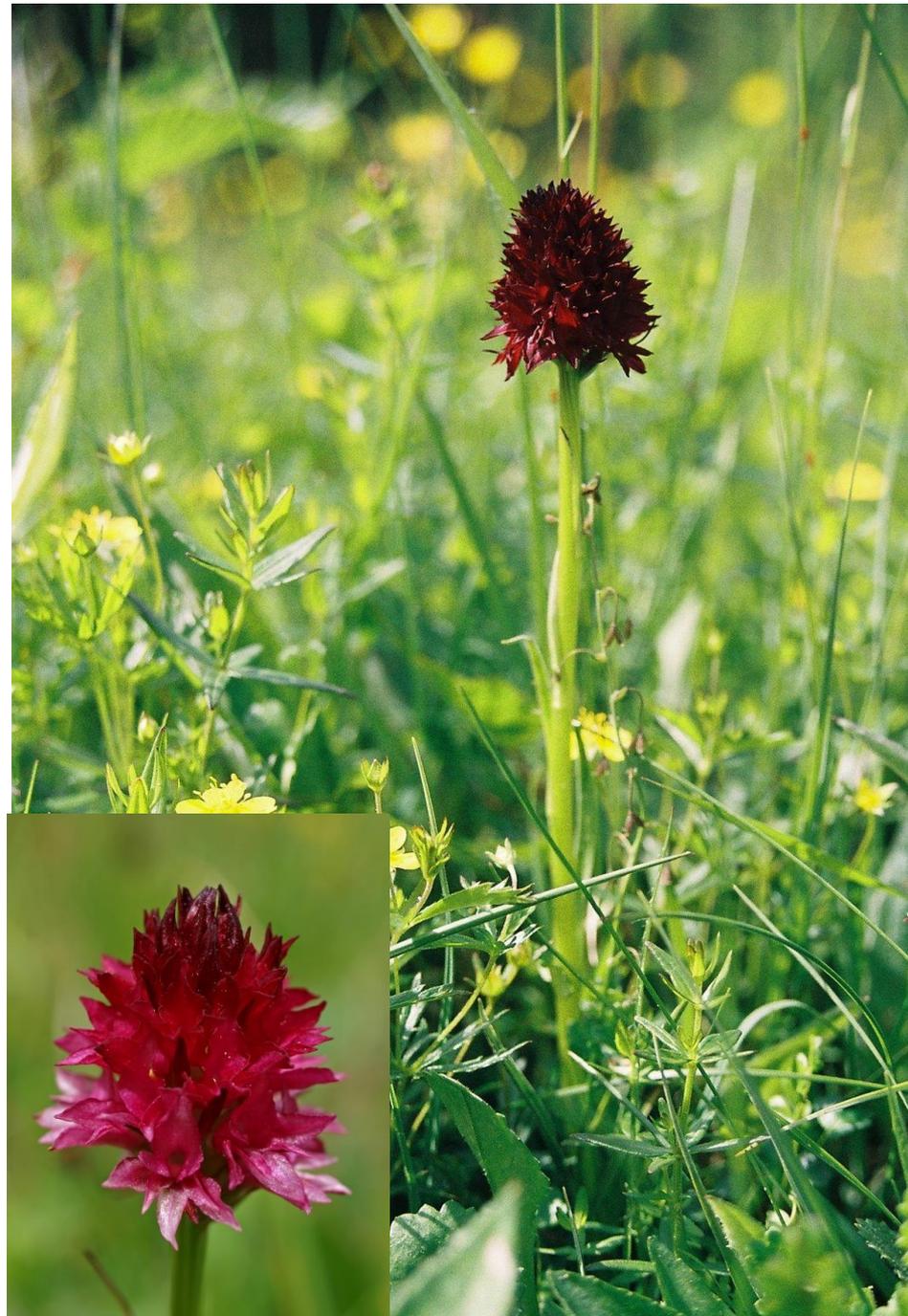
*Passiflora* sp.



Un fiore di *Mimulus* sezionato e fotografato in luce normale (a sinistra) e in luce ultravioletta (a destra) che mostra una guida al nettare che viene vista dall'ape ma non dall'uomo come un'area nera che punta verso il nettario.

# Odori

*«Il fiore si nasconde nell'erba, ma il vento sparge il suo profumo.» (Tagore)*

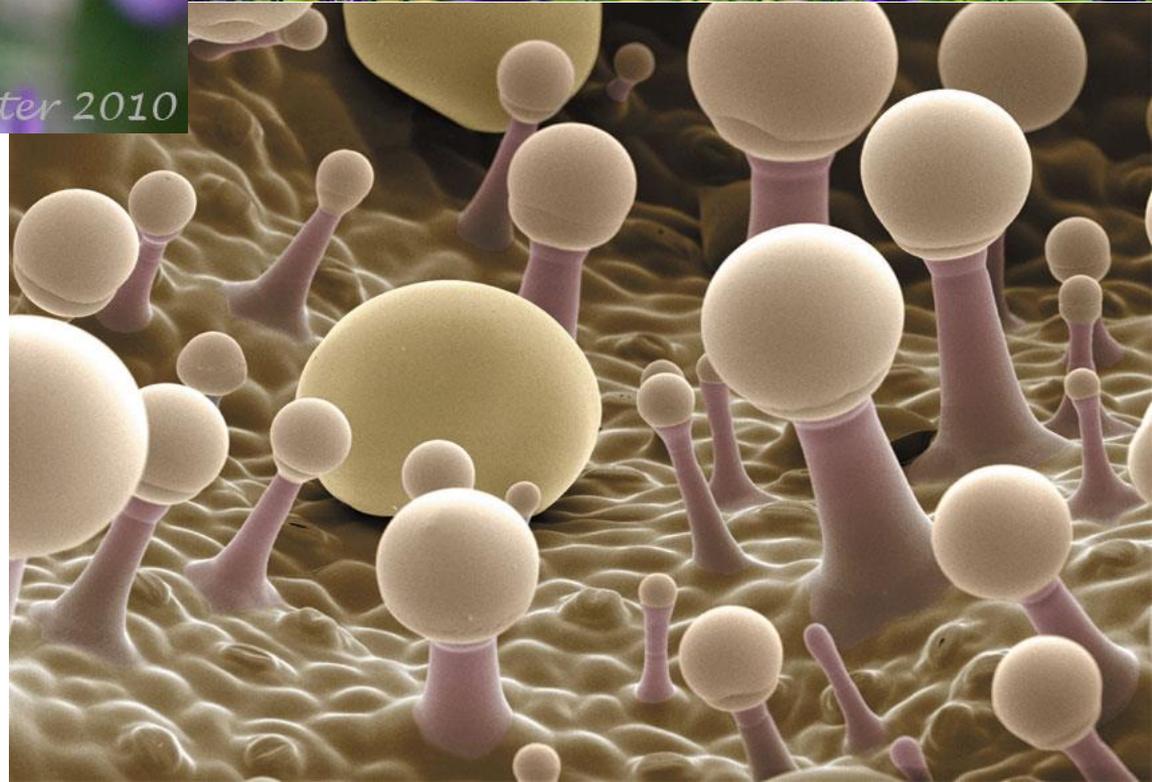




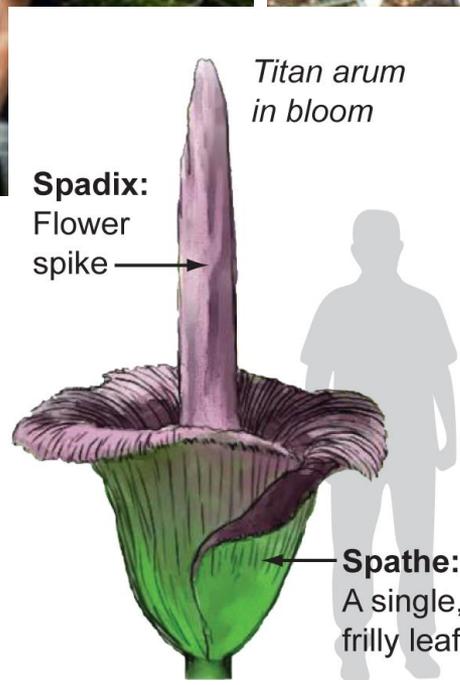
*Slichter 2010*



## Lamiaceae



***Amorphophallus titanus*** (titan arum) Araceae



Scoperta nel 1878 dal  
Botanico e Naturalista  
fiorentino  
**Odoardo Beccari**, a  
Sumatra (Indonesia)

**the largest unbranched  
inflorescence!!!!**

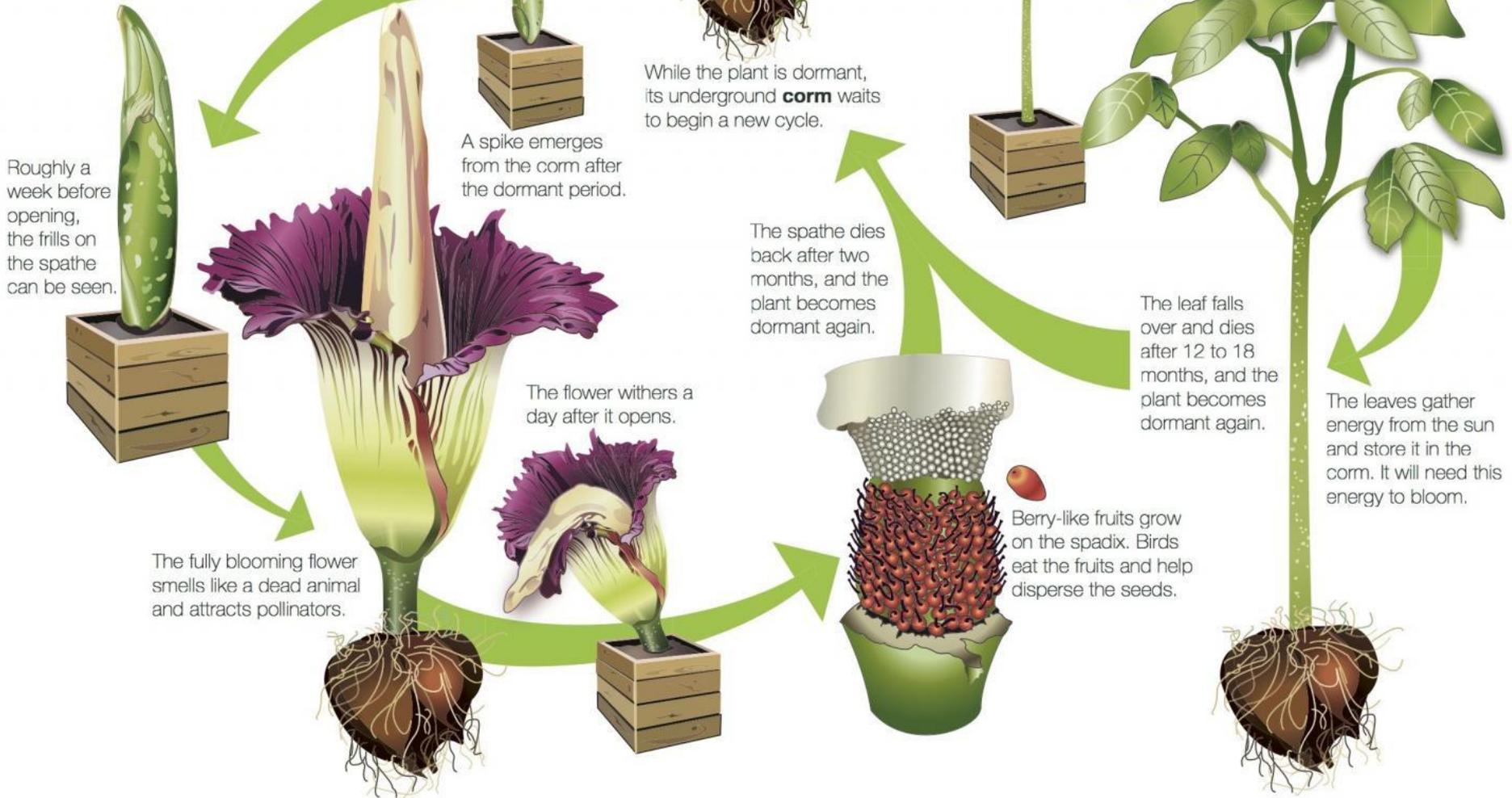
# Life Cycle of the Titan Arum

## Flower cycle

Once every four to five years, it produces a flower.

## Leaf cycle

Most years, the spike grows into a huge leaf with complex leaflets.





***Rafflesia* spp.** (corpse flower)  
Malpighiales, parasitic, tropics -  
Philippine



# Calore

*Arum* spp. (Araceae)

«ar» (ebraico), «aron» (greco) = calore, prodotto durante la fioritura/ antesi , +5-14°C!!- infiorescenza: spadice, spata; geofita; rizoma tuberiforme (cinghiali!)



Ogni *pubblicità* promette qualcosa. Nel caso dell'impollinazione i meccanismi di attrazione verso gli **animali PRONUBI** sono fondamentalmente di due tipi:

- la **SEDUZIONE**, con premio
- l'**INGANNO**, senza premio

Nel primo caso si reclamizza qualcosa che viene effettivamente concesso, il «premio»; nel secondo caso quel qualcosa non c'è!



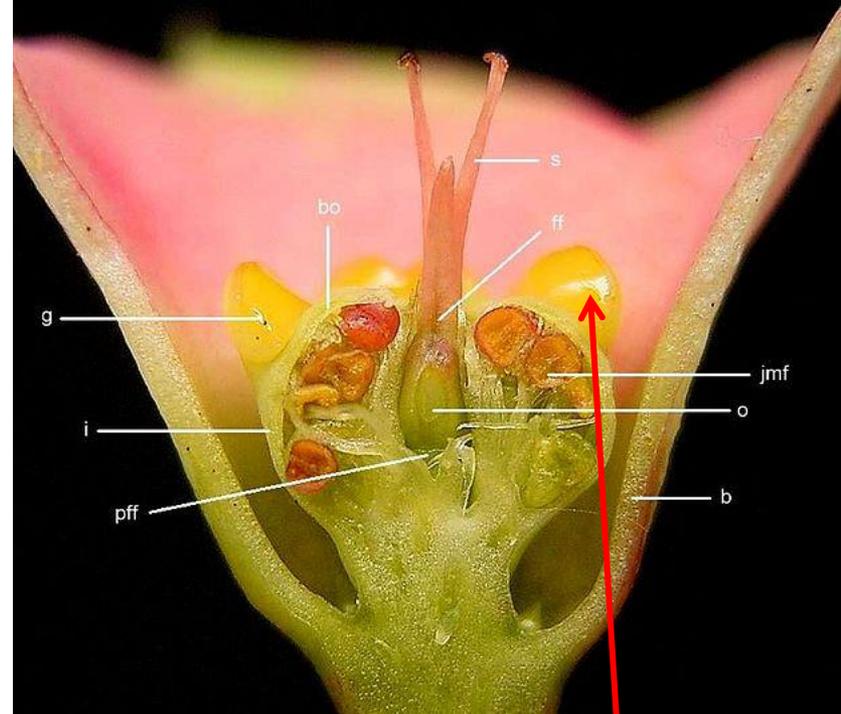
Promesse → **cibo, protezione, sesso** (dell'animale)... bisogni fondamentali di ogni organismo...!!!

**CIBO**, reale o millantato, premio più frequente:

1) parte del **polline** stesso (prodotto in eccesso) o l'insieme degli stessi stami o parti fiorali, prodotte *ad hoc*;

2) **olii**;

3) **nettare**, soluzione zuccherina (saccarosio, glucosio o fruttosio, aminoacidi, sostanze aromatiche es. benzilacetone); prodotto in **ghiandole nettarine o nettari**, spesso collocate nella parte terminale di una coppa allungata, lo «sperone», raggiunto solo dagli animali con un apparato succhiatore o una lingua sufficientemente lunga.

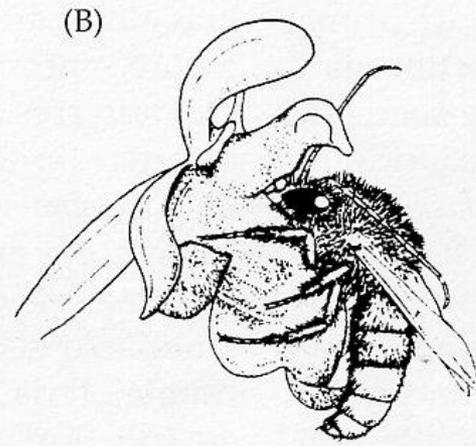
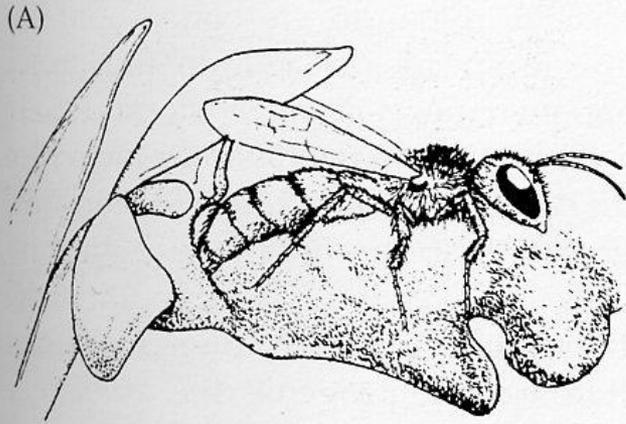


nettario



**Api & orchidee:** coevoluzione dei meccanismi più sofisticati di impollinazione - genere *Ophrys*.





Impollinazione di orchidee del genere *Ophrys* mediante pseudocopulazione. (A) Un'ape maschio del genere *Andrena*, nel tentativo di accoppiarsi con il labello di un fiore di *O. fusca*, riceve il pollinio all'estremità dell'addome. (B) Un ape maschio del genere *Eucera*, nel tentativo di accoppiarsi con il labello di un fiore di *O. scolopax*, riceve il pollinio sulla testa (da Kullenberg e Bergstrom 1976).

***Ophrys holosericea* ha sedotto l'ape longicorne**



***Ophrys insectifera* ha sedotto *Argogorytes mystaceus***



*Ophrys apifera*





***Rhizanthella gardneri***  
orchidea tropicale,  
micoeterotrofa ...(!!!)



# Animali impollinatori (= PRONUBI):

rettili ( 37 specie di lucertole,  
principalmente specie insulari)

gasteropodi

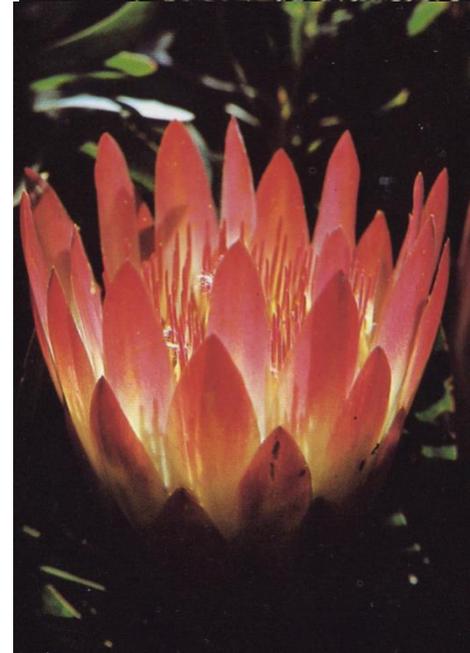
★ piccoli mammiferi

★ uccelli

★ insetti



...mammiferi



Piccoli mammiferi, soprattutto nelle regioni tropicali (← fenomeni stagionali alquanto ridotti)

Piante con: infiorescenze robuste, spesso grandi, abbondante produzione di nettare (devono mangiare molto poiché omeotermi).



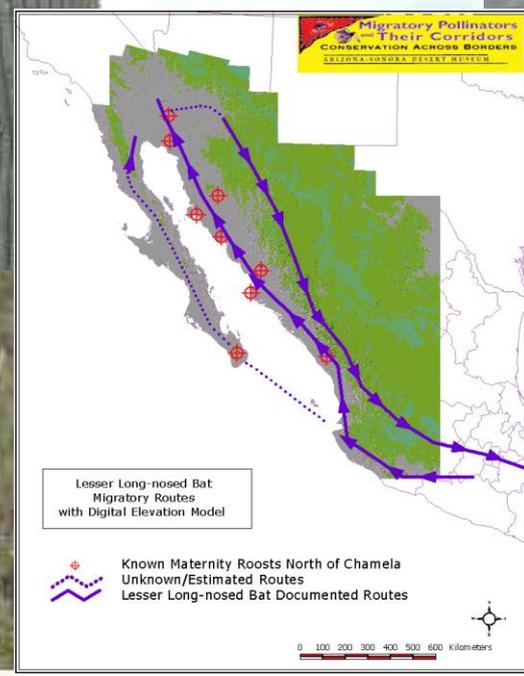
Tra i più importanti mammiferi, insieme ai **marsupiali australiani**, vanno annoverati i **pipistrelli**, animali notturni per eccellenza. Lingua molto sviluppata, muso lungo ed affilato...



- Guaiave
- Banane
- Cacao (cacao)
- Manghi
- Fichi
- Anacardi
- Pesche

...infiorescenze spesso fatte a “trombetta”, come i fiori di molti cactus, di colore chiaro, per farsi vedere meglio....







**Uccelli** impollinatori ai Tropici; olfatto poco sviluppato, vista simile alla nostra.

**Fiori ornitogami:** di grandi dimensioni, spesso zigomorfi, molto colorati, prevalgono tonalità rosse e gialle, abbondante nettare.



**Colibrì**, volo spettacolare, di piccole dimensioni, con elevata temperatura corporea (c. 42°C) e altissima frequenza cardiaca, si nutrono ogni 20 minuti.

Piante impollinate da uccelli: e.g. *Fuchsia*, *Passiflora* spp., *Eucalyptus* spp., *Hibiscus*, molte specie di banana (*Musa*) e membri della famiglia delle orchidee.



Ma gli impollinatori più importanti a livello mondiale sono certamente gli **INSETTI**...



1) avere il corpo scabro

2) avere il “giusto”  
apparato boccale;

3) essere veloci

4) rispondere a specifici  
segnali

### **Migliori insetti impollinatori:**

➤ Imenotteri (api, bombi, vespe)

➤ Lepidotteri (farfalle, falene)

➤ Ditteri (mosche)

➤ Coleotteri

**Coleotteri:** probabilmente i primi insetti pronubi (Cycadaceae impollinate da coleotteri!!)

➤ predomina l'olfatto rispetto alla vista → fiori bianchi o di colore neutro, con odore forte;

➤ il premio sono parti fiorali che vengono mangiate, spesso prodotte appositamente: nettare e polline prodotto in eccesso.

➤ ovuli protetti, e lontano dall'apparato masticatore dell' insetto.



I **ditteri** comprendono **mosche e zanzare**: pronubi di fiori con odori nauseanti, colori violetti o scuri, con nettarii lunghi, fiori bianchi o dai colori smorti (zanzare), particolarmente importanti nella fascia artica o boreale, dove abbondano...



© Renato Alda Ferrari



**LEPIDOTTERI** Chi sono più appariscenti? I fiori o loro?





➤ Olfatto e vista particolarmente sviluppati, alcuni rappresentanti capaci di distinguere il rosso.

➤ Animali diurni → i fiori sono vivacemente colorati

➤ Animali notturni (falene) → fiori sono bianchi e molto profumati, con un massimo di emissione odorosa durante la notte (*“ah, il profumo di gelsomino delle notti d’Arabia...”*).

➤ Apparati boccali specializzati per lambire → fiori spesso dotati di un lungo sperone con funzione di nettario, dove il nettare si accumula.

*Angraecum sesquipedale*



*Xanthopan morgani*  
*praedicta*



**IMENOTTERI** - tra i più efficienti agenti pronubi: api e bombi, storia evolutiva strettamente intrecciata con quella delle angiosperme,

➤ riconoscono e apprendono forme, colori e odori.

➤ adattamenti morfologici estremamente specializzati.



- Vivono di fiori e per i fiori.
- Distinguono l'ultravioletto, non vedono il rosso che si confonde con lo sfondo.
- "affezionate" a singole specie di piante.

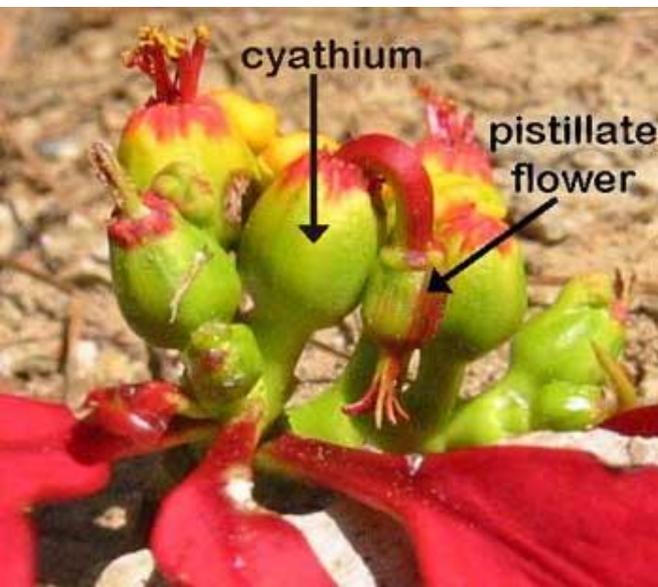


**Bombi:** più robusti delle api, sopportano temperature più basse, le quali non volano se la temperatura della loro muscolatura alare non raggiunge i 32°C. Importanti nelle regioni montuose e in quelle artiche.



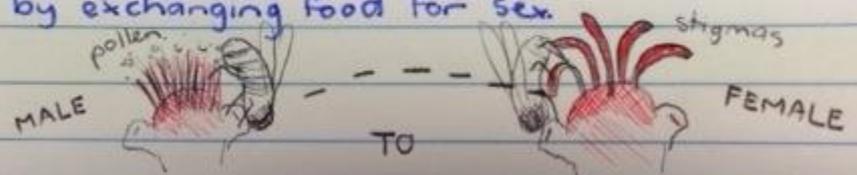


***Euphorbia pulcherrima*** (poisettia),  
Euphorbiaceae, origine Mexico, fiore  
cyazio



#### POLLINATION AND FERTILISATION

For the poinsettias to develop into mature seeds, they require animal visitors to distribute the pollen through mutualistic interactions, by exchanging food for sex.

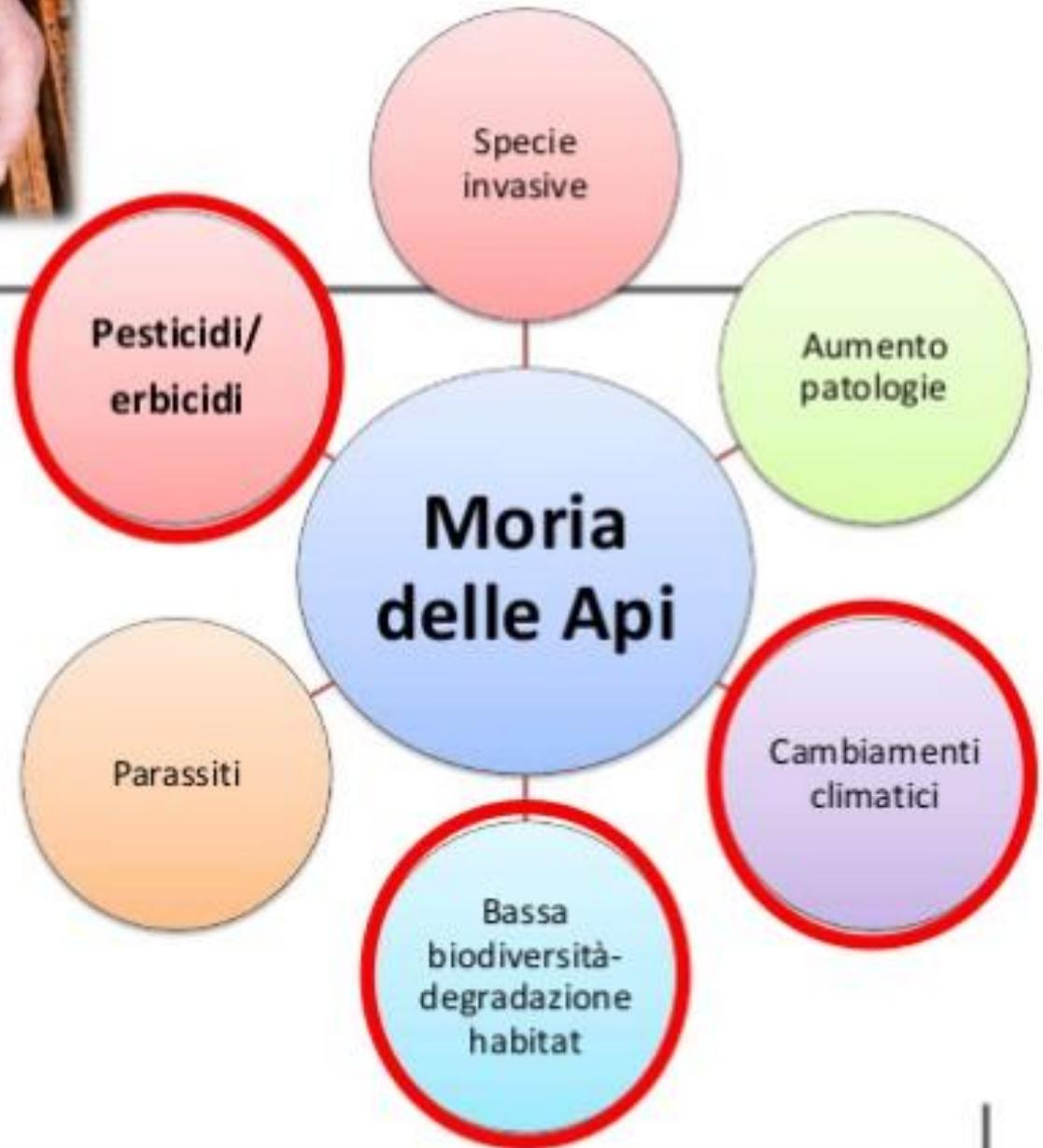


**Delle 100 colture** che costituiscono il **90%** della produzione mondiale di cibo, ben **71 sono legate al lavoro di impollinazione delle api**





Fenomeno in continua espansione: in stretta relazione con la progressiva intensificazione della produzione agricola mondiale





# I neonicotinoidi



- Sono una classe di insetticidi, fortemente neurotossici, derivanti dalla nicotina, introdotti come alternativa sicura al DDT
- Possono essere spruzzati sulle foglie, messi nel suolo in forma granulare o usati per trattare i semi.
- Uso inizia negli anni '90, nel 2011 rappresentavano il 40% del mercato globale.
- Nel 2013 l'EFSA si esprime sui rischi connessi all'impiego di tre particolari neonicotinoidi (clothianidina, imidacloprid e thiamethoxam). I pesticidi in esame provocano effetti acuti e cronici sulla sopravvivenza e sullo sviluppo delle colonie di api. Viene vietato l'utilizzo per due anni di clothianidin, thiamethoxam e imidacloprid sulle colture che attraggono le api.
- Continua diatriba tra ambientalisti e multinazionali della chimica: i primi considerano le misure adottate non sufficienti, i secondi continuano a fare richieste di deroghe ai provvedimenti



“Quando le api scompariranno  
all’uomo resteranno solo quattro anni di vita”

Albert Einstein

