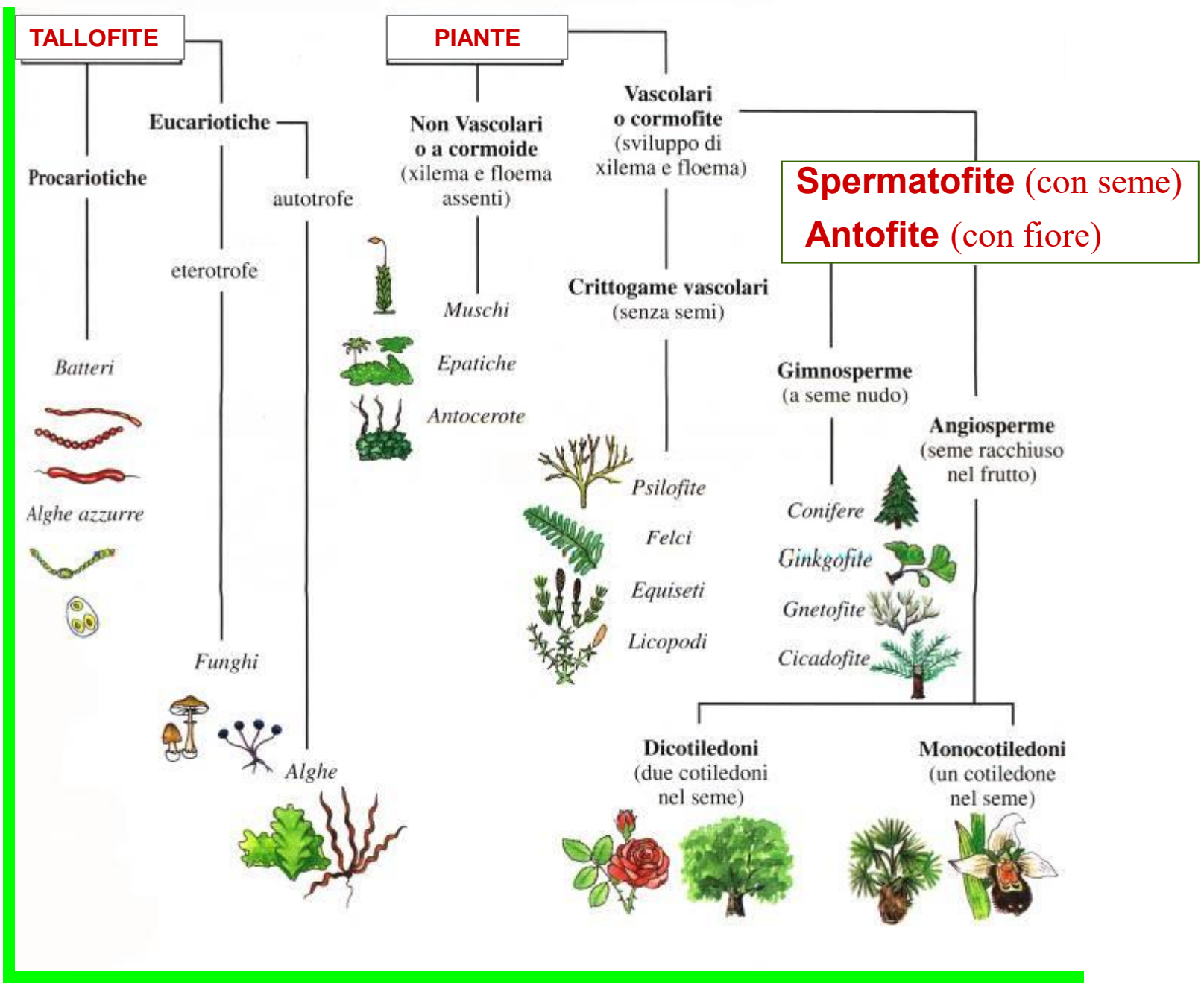


Riproduzione delle Angiosperme

TASSONOMIA



Antofite

ανθος = fiore

ψυτον = pianta

Sottodivisioni :

Gimnosperme

γυμνος = nudo

σπερμα = seme

Angiosperme

αγγειον = vaso, contenitore

σπερμα = seme

GIMNOSPERME

Lo **strobilo (cono o pigna)** è una struttura vegetale formata da brattee legnose nelle quali alloggiano i semi delle Gimnosperme. Gli strobili sono strutture che producono gli elementi della serie maschile e quelli della serie femminile e possono essere presenti sulla stessa pianta (specie monoica) o su piante diverse (specie dioica).

I coni o strobili maschili sono formati da squame dette **microsporofilli**, disposti a spirale o in verticilli su un asse centrale. All'ascella di ogni microsporofillo sono portati i **microsporangî** o sacche polliniche in cui per meiosi a partire da cellule madri ($2n$) si formano le microspore o granuli pollinici (n).

I coni o strobili femminili sono costituiti da foglie fertili dette **macrosporofilli** inserite a spirale su un asse centrale. I coni femminili sono portati in genere in posizione ascellare e sono formati da un numero ridotto di **macrosporofilli**.

Ciascun macrosporofillo porta all'ascella uno o più ovuli, che costituiscono il macrosporangio o sporangio femminile

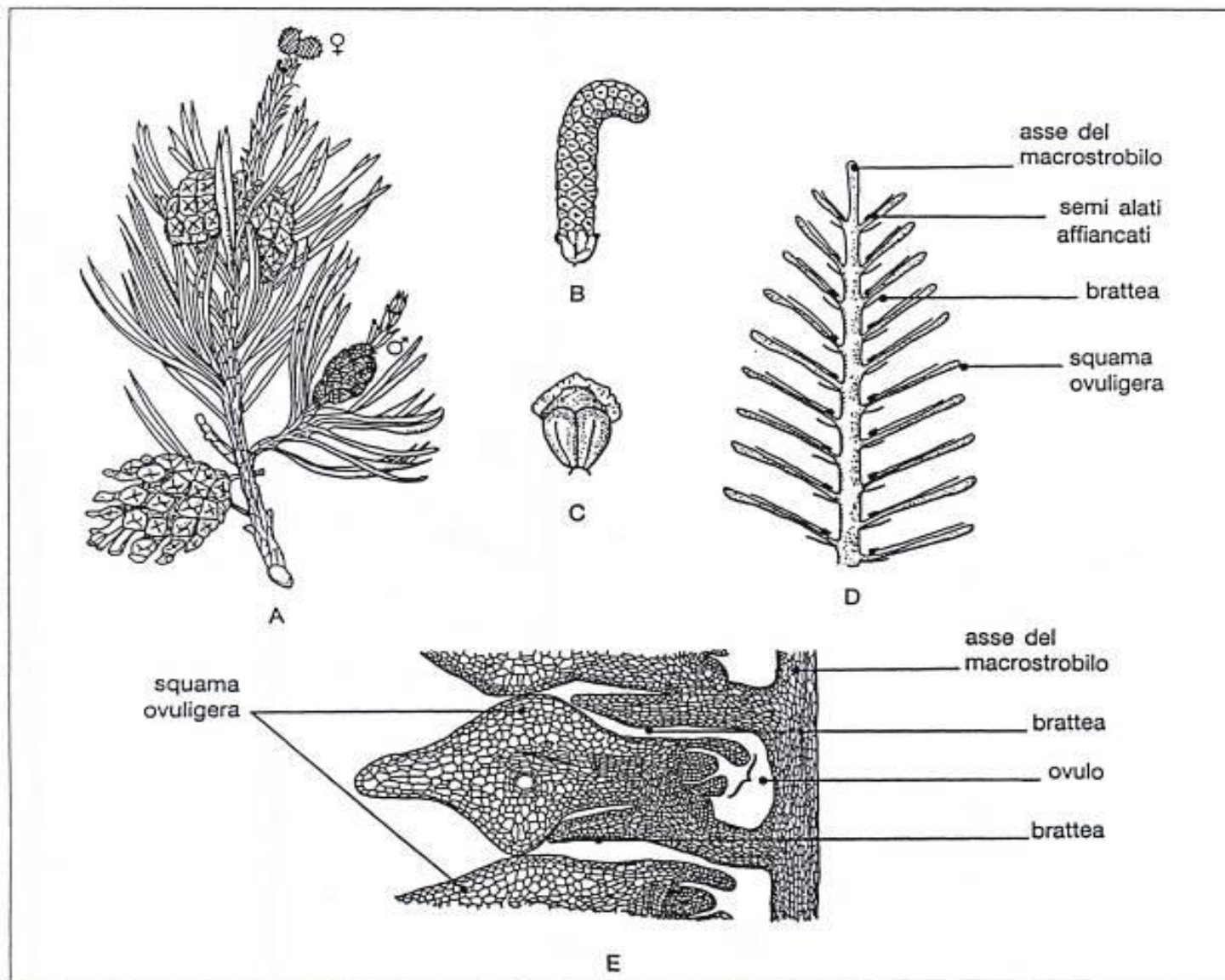
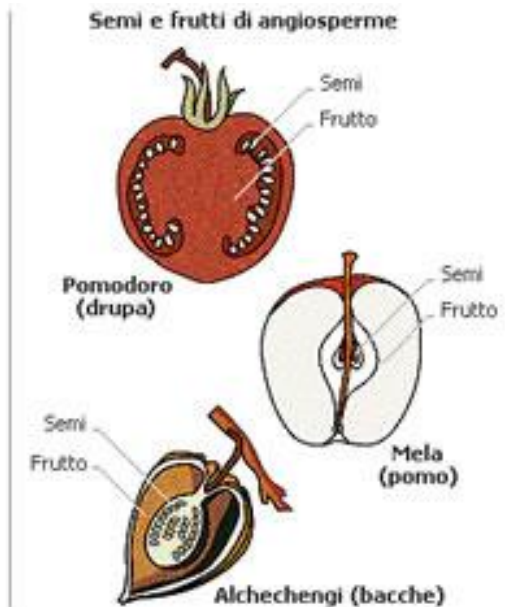
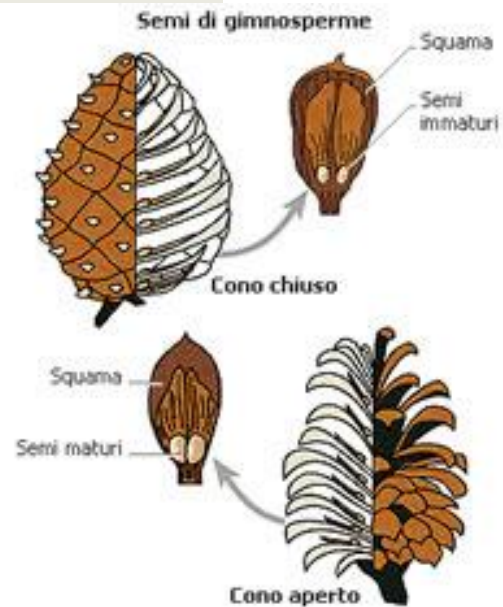
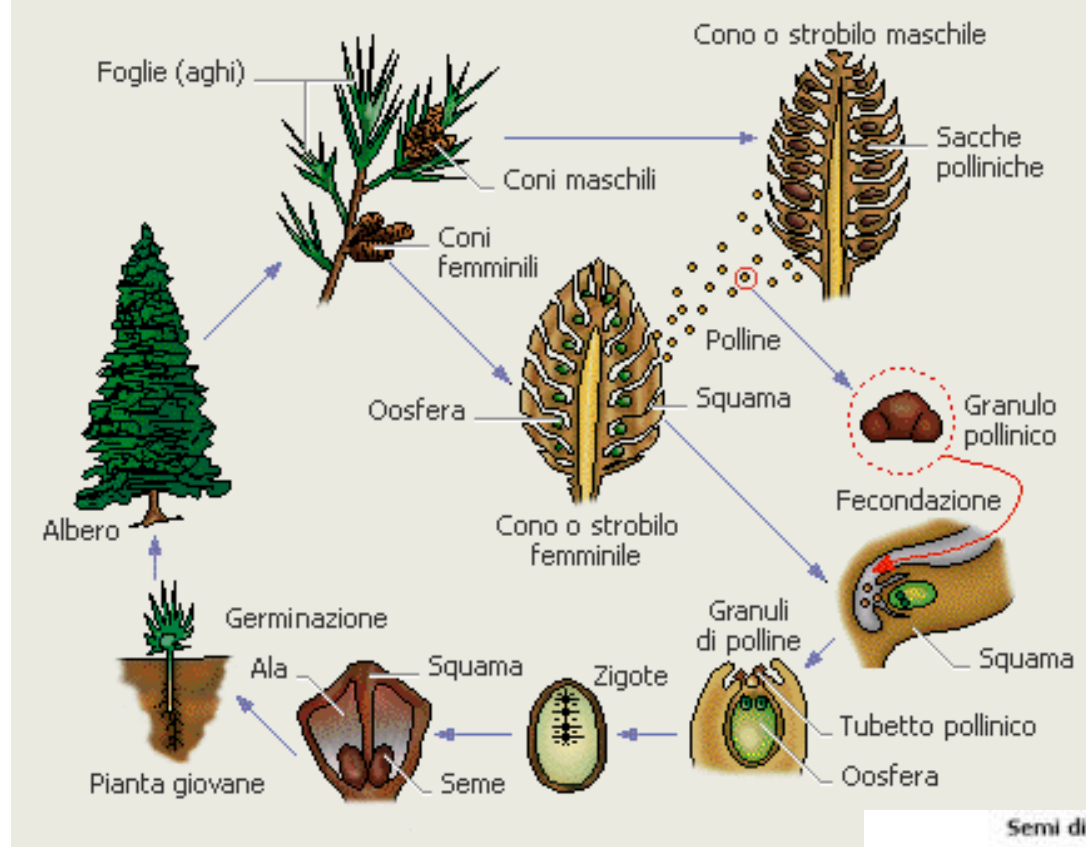


Figura 14.65 - Pinus (Coniferophyta). A) ramo con macrostrobili e gruppo di microstrobili (in basso a destra); i macrostrobili della figura appartengono a tre anni successivi e sono quindi in tre momenti diversi dello sviluppo; B) microstrobilo; C) microsporofillo con due microsporangî, visto dal lato inferiore; D) sezione longitudinale (diagrammatica) di macrostrobilo; evidenziato l'asse del macrostrobilo lungo il quale sono inseriti, a spirale, unità costituite da una squama ovuligera, due semi alati affiancati e una brattea. E) particolare (X 17) di macrostrobilo prima della fecondazione con squama ovuligera, ovulo e brattea.





Cycas sp.



Gymnosperme



Cedrus deodara



Ginkgo biloba



Juniperus oxycedrus

Galbulo carnosio, pseudobacca di colore brunastro; squamosa e pruinosa



Taxus baccata

Arillo, pseudobacca di colore acceso che circonda il seme

Gimnosperme



Cupressus sempervirens

Galbulo legnoso, piccole palline di colore verde chiaro, da giovani, squamate e, dopo lunga maturazione diventando marroni, lignificano e si aprono lungo le fenditure delle squame per far cadere i semi alati

Il fiore

La riproduzione delle angiosperme

La riproduzione nelle angiosperme può essere
asessuata o SESSUATA

Quella che coinvolge i fiori è la riproduzione sessuata

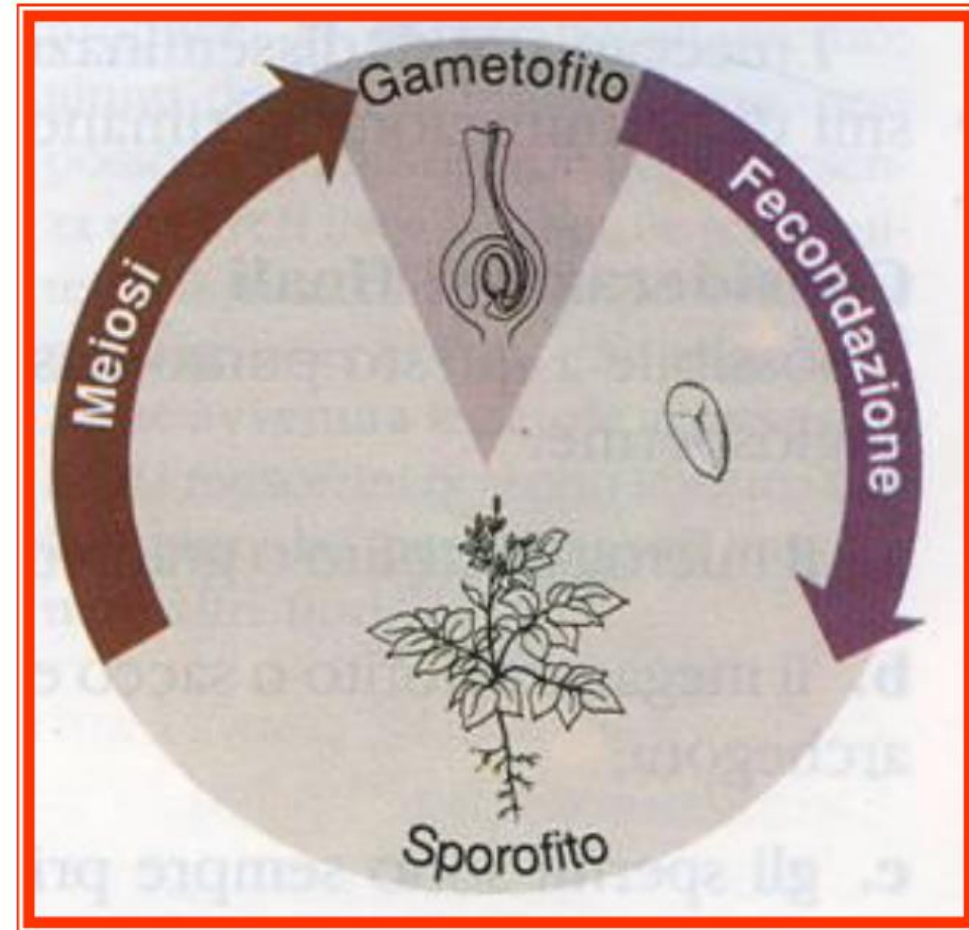
La riproduzione sessuata avviene attraverso la
formazione di spore aploidi (meiosi) che si dividono in:

MICROSPORE (maschili)

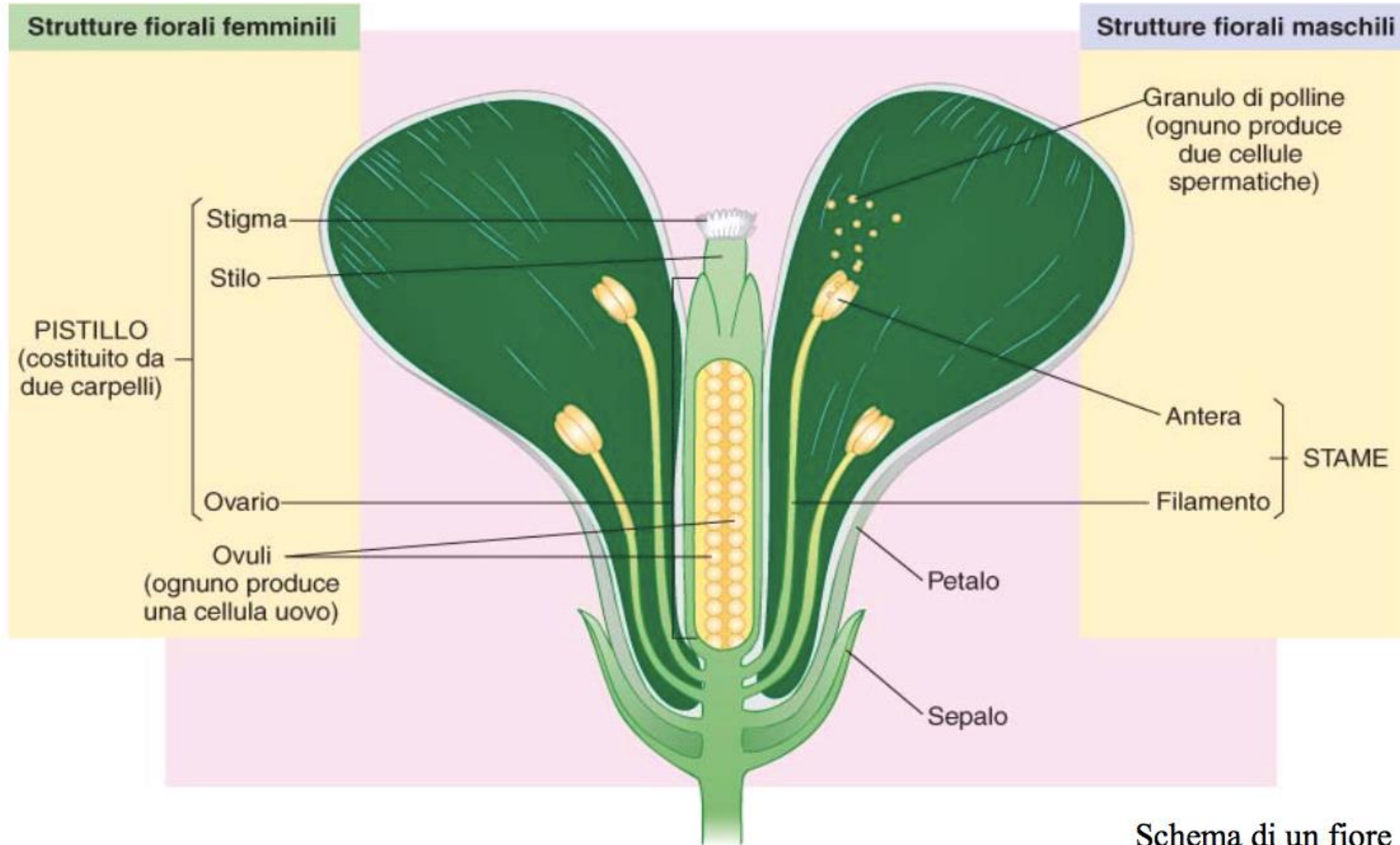
MEGASPORE (femminili)

e che evolvono in gametofiti: maschile e femminile.

Angiosperme: (seme coperto) rientrano in questa
definizione le piante più evolute, con fiore vero e
con seme protetto.

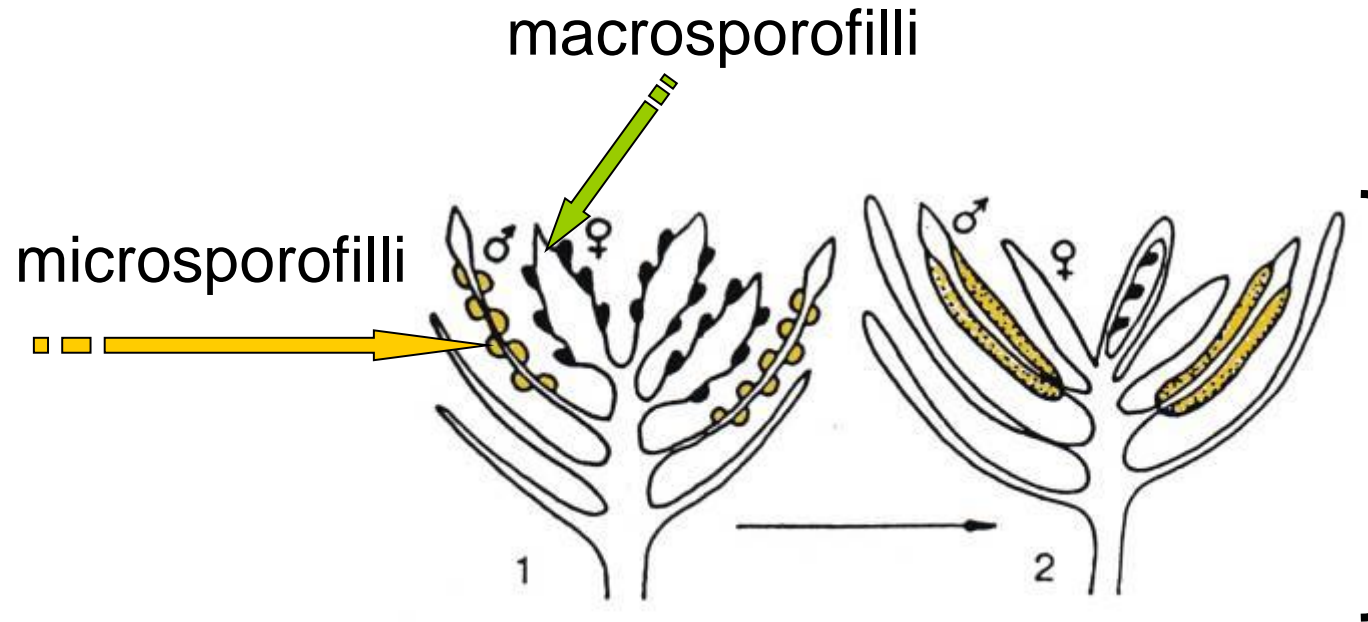


Il fiore è un germoglio a crescita definita che porta gli sporofilli, foglie modificate che contengono gli sporangi



Schema di un fiore

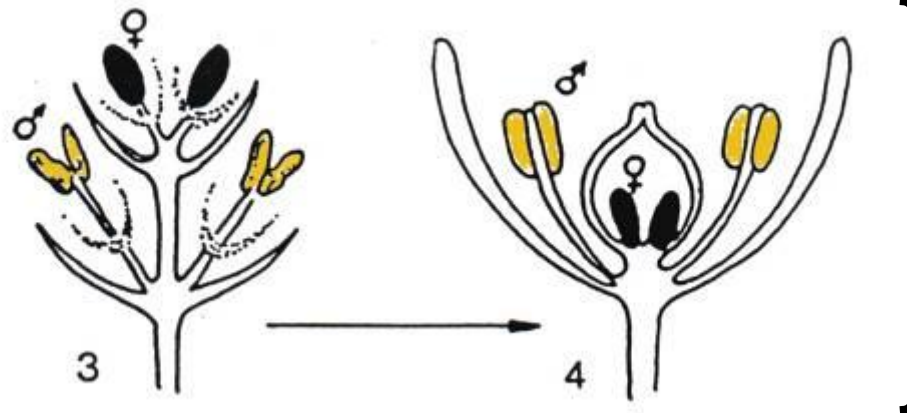
TEORIE SULL'ORIGINE DEGLI ELEMENTI FIORALI



TEORIA EUANTICA

o strobilare

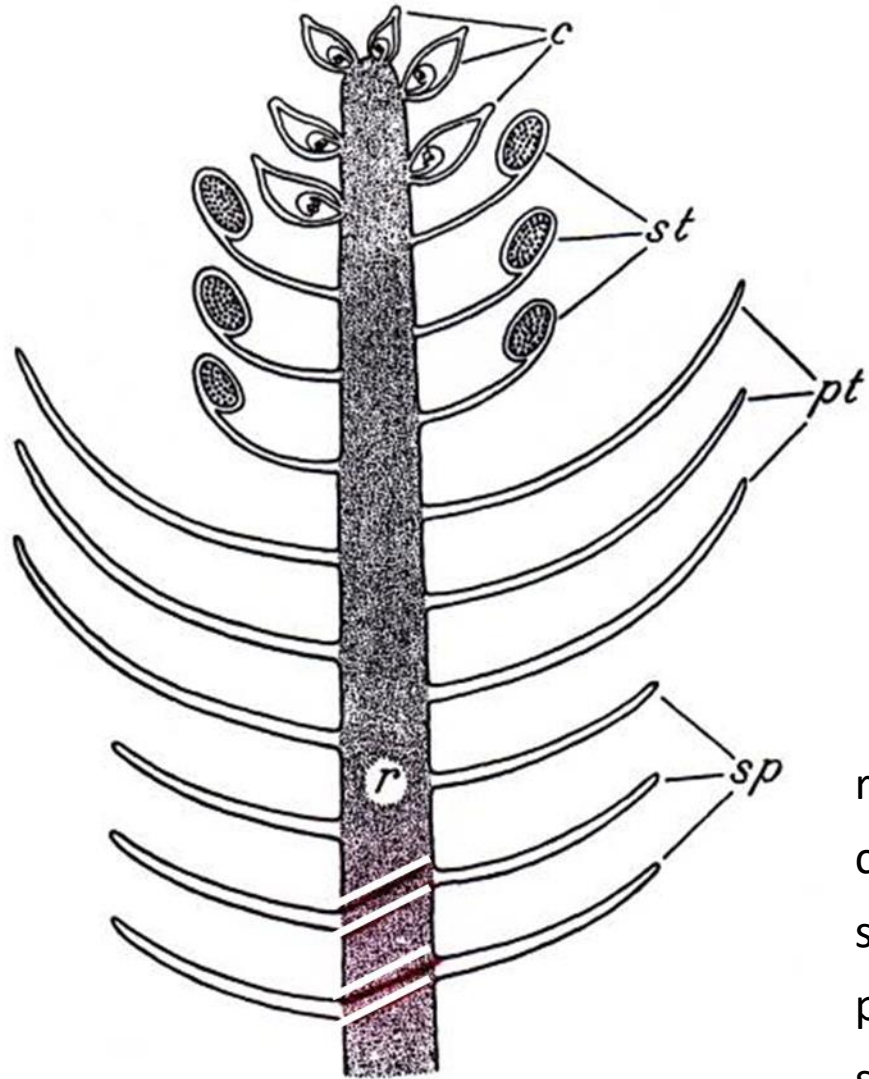
(foglie trasformate)



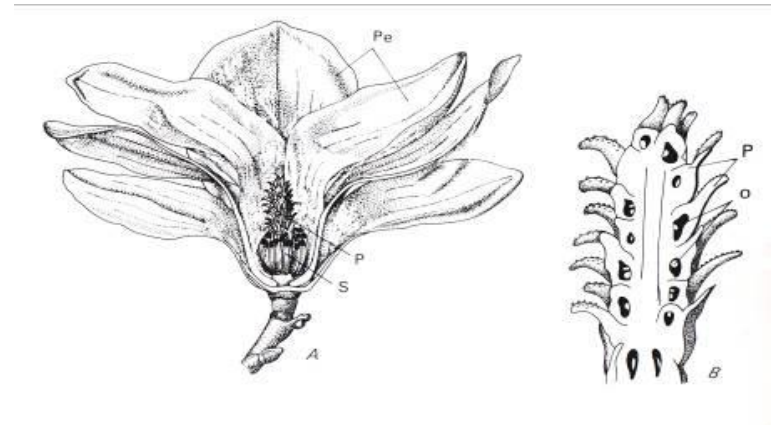
TEORIA PSEUDANTICA

(assi fiorali modificati)

Il fiore si è originato da un ramo specializzato nella riproduzione il cui asse si è raccorciato formando il ricettacolo



r - ricettacolo
c - carpelli
st - stami
pt - petali
sp - sepli



**Fiore di
Magnolia**
(fiore aciclico)

Il fiore

Struttura esterna

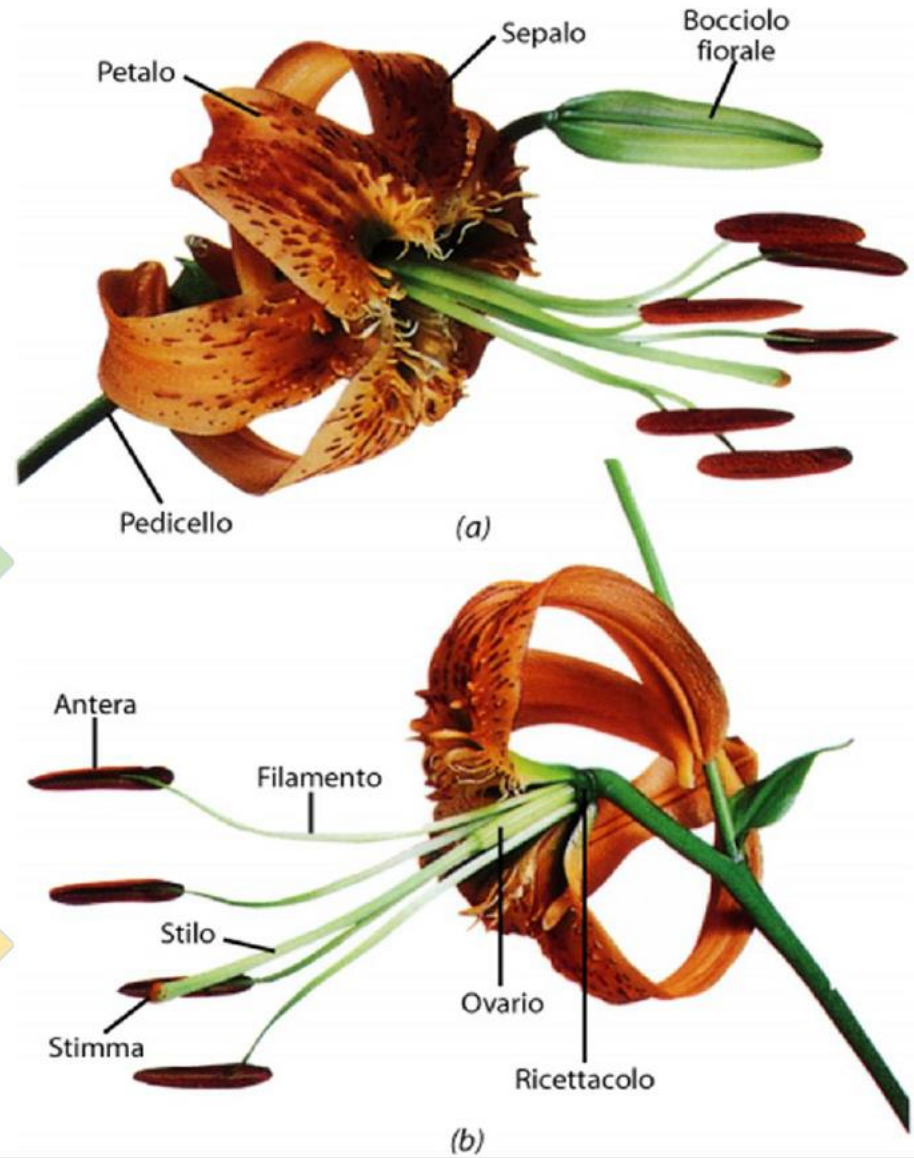
Le parti del fiore sono quattro, partendo dalla più esterna:

Sterili

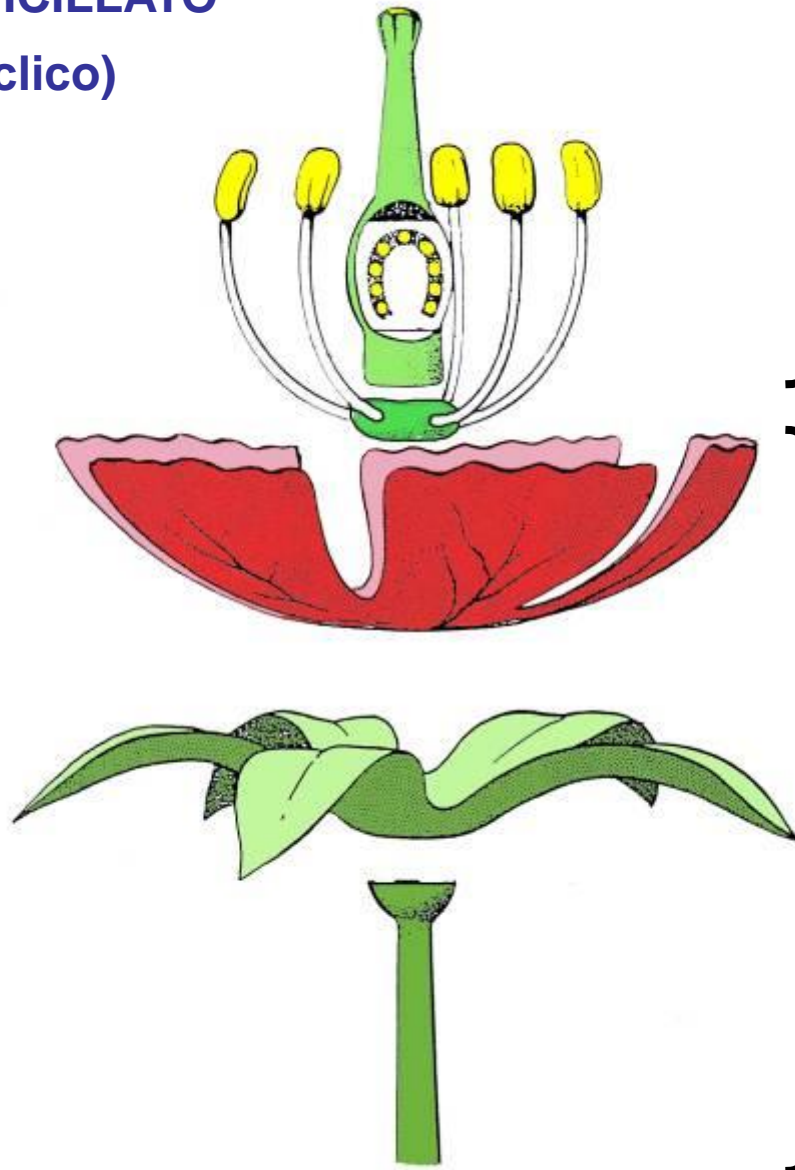
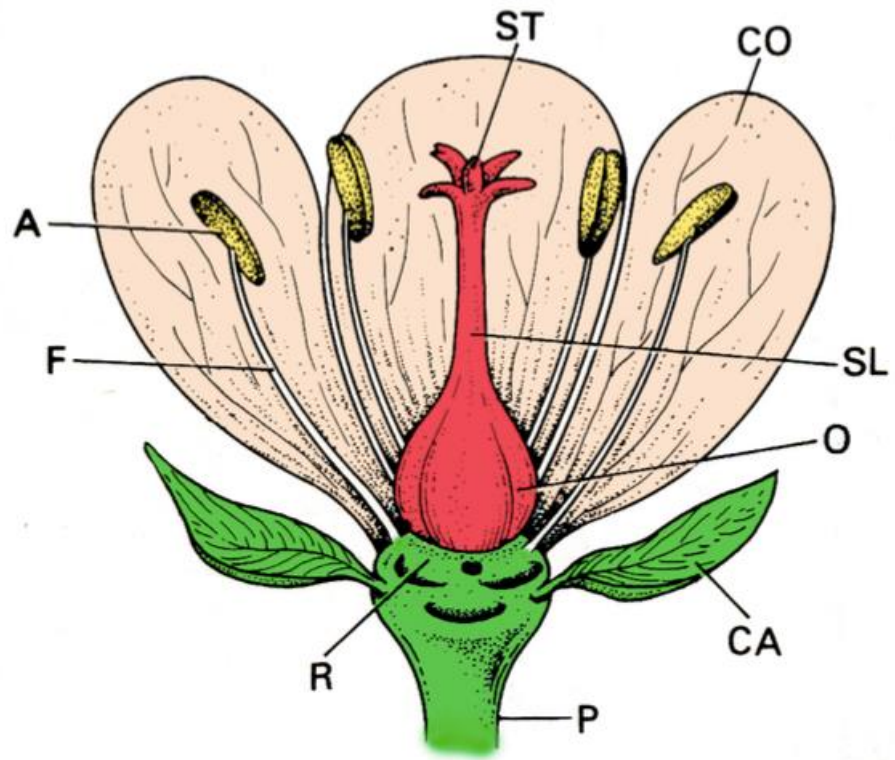
- Calice
- Corolla

Fertili

- Androceo
- Gineceo



FIORE VERTICILLATO (fiore ciclico)

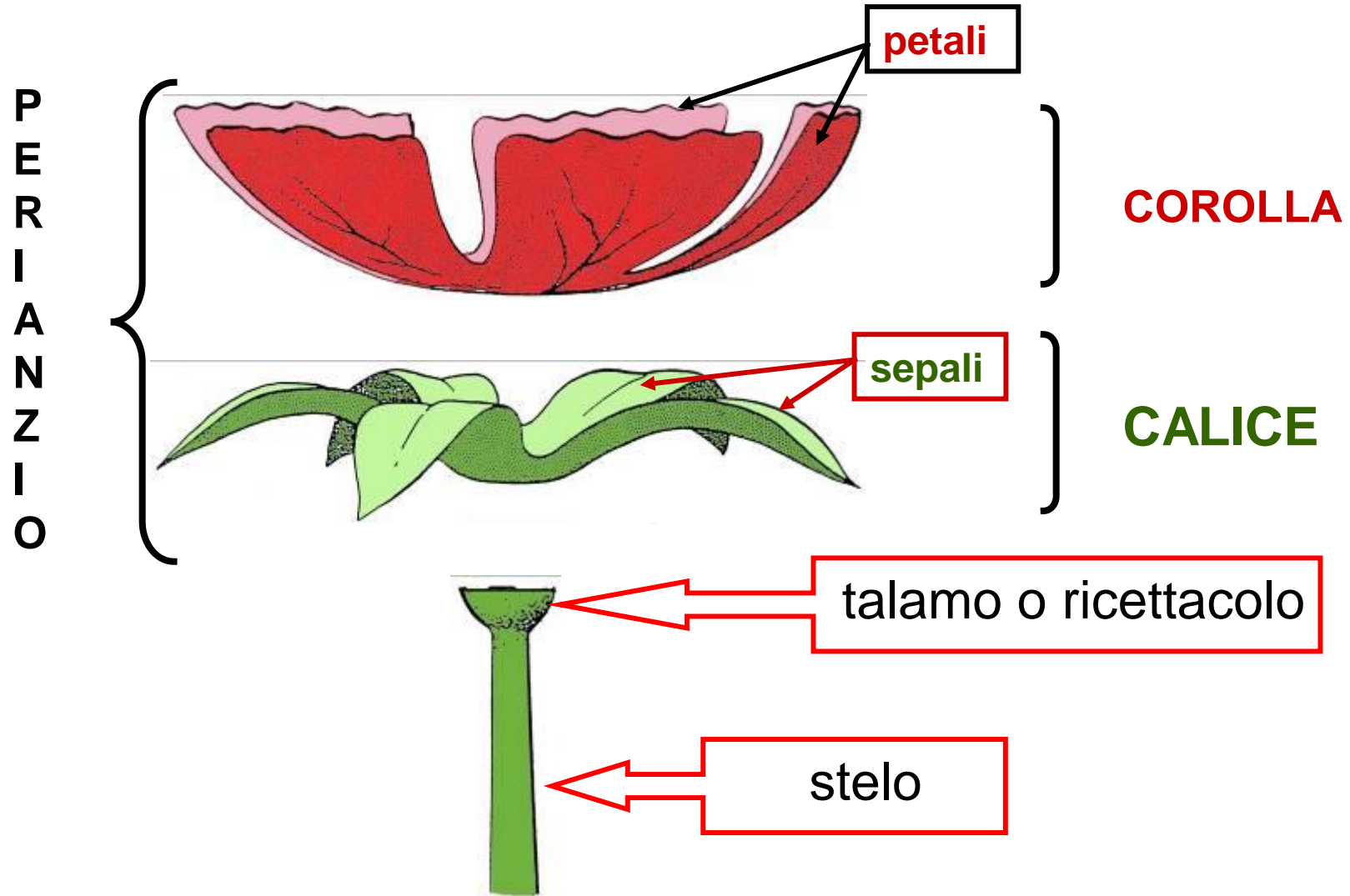


PORZIONE FERTILE

PORZIONE STERILE

PORZIONE STERILE

FUNZIONE: PROTEZIONE E VESSILLARE



DICOTILEDONE

CALICE - DICOTILEDONI

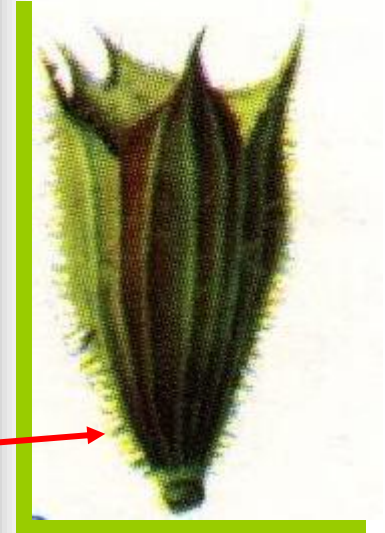
Il CALICE è formato da foglioline verdi fotosintetizzanti dette SEPALI.

I SEPALI racchiudono il fiore quando è nella gemma e hanno una funzione principalmente protettiva.

È una parte florale sterile.

Se i SEPALI sono separati tra di loro il CALICE viene chiamato DIALISEPALO

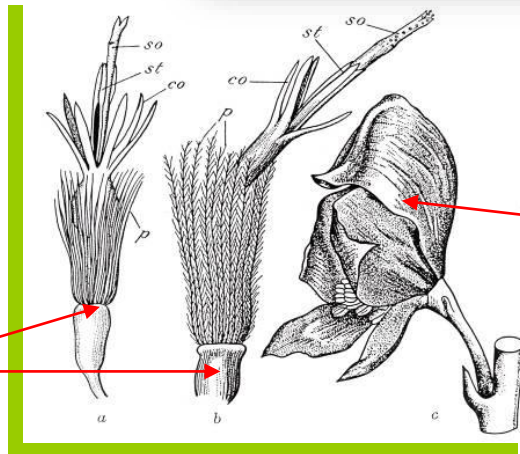
Se i SEPALI sono uniti tra di loro, anche se solo alla base, il CALICE viene chiamato GAMOSEPALO



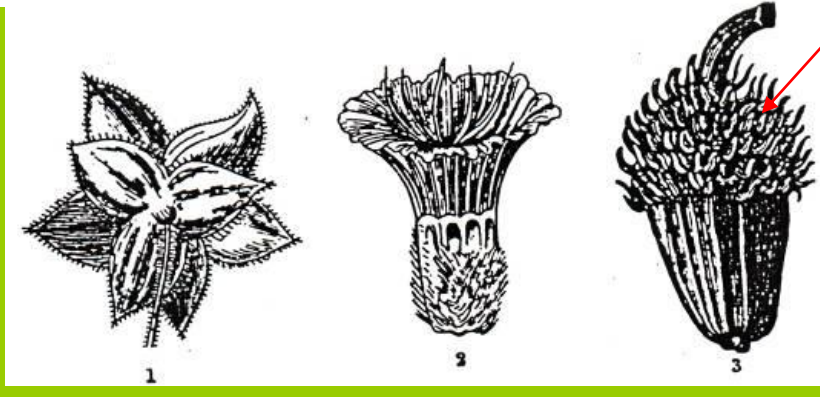
CALICI MODIFICATI

calice petaloide

pappi



calicetto modificato in cupola



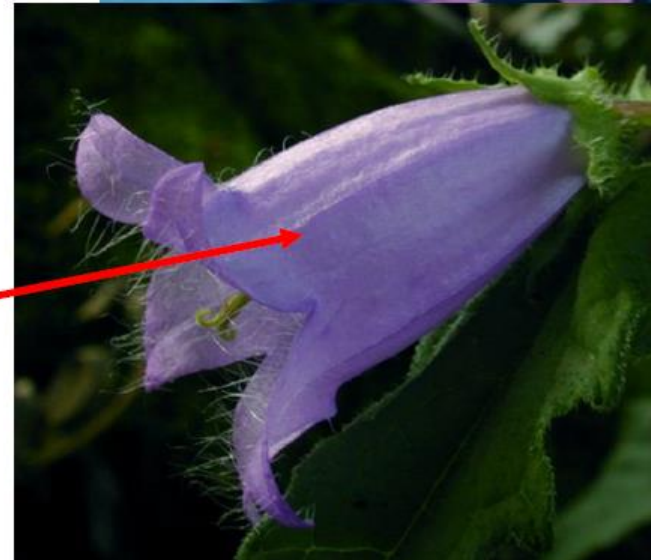
COROLLA - DICOTILEDONI

La COROLLA è formata da PETALI spesso colorati e con funzione vessillifera (capacità di attrarre gli animali impollinatori).

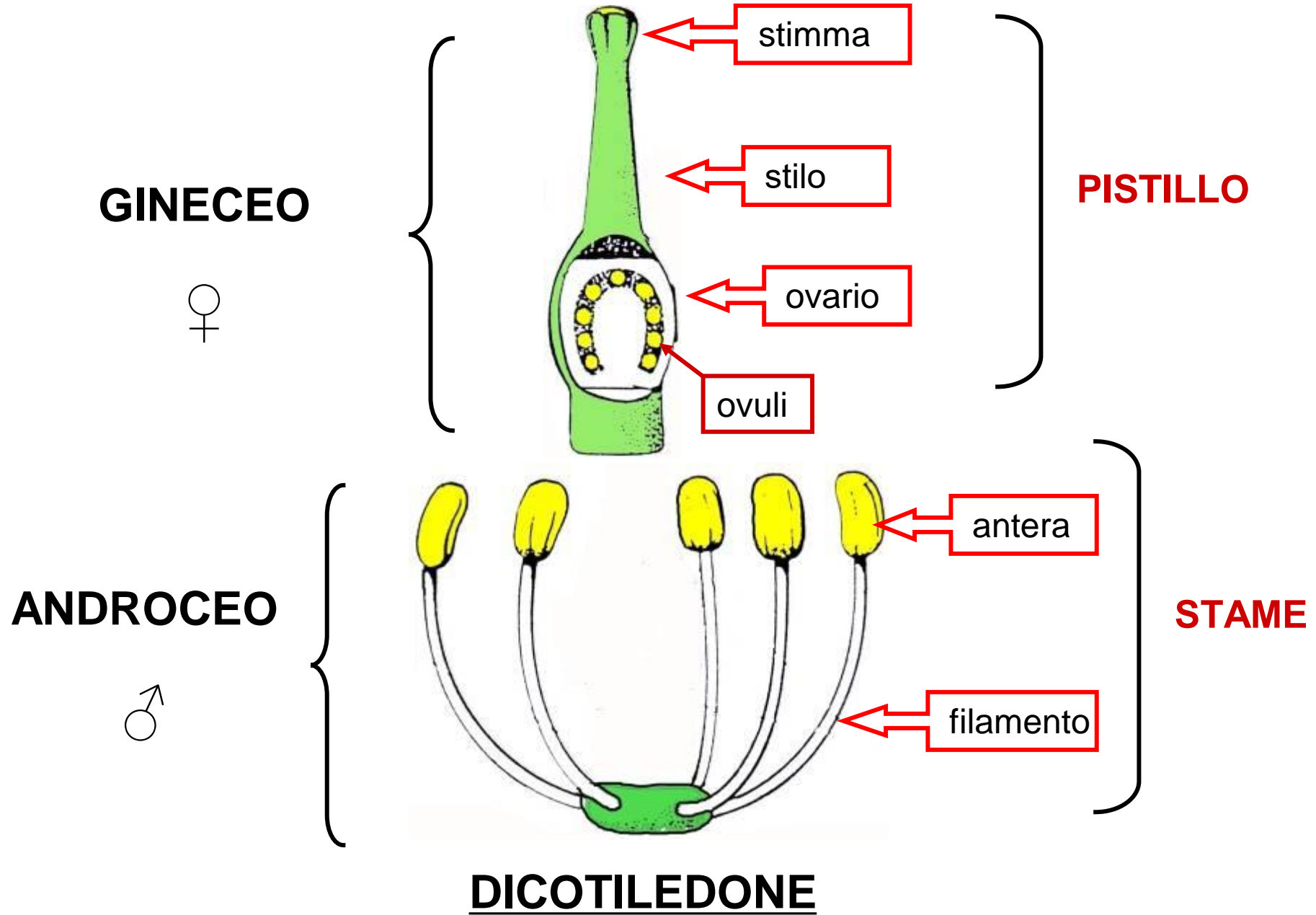
È una parte fiorale sterile.

Se i PETALI sono separati tra di loro la COROLLA viene chiamata DIALIPETALA

Se i PETALI sono uniti tra di loro, anche se solo alla base, la COROLLA viene chiamata GAMOPETALA



PORZIONE FERTILE (funzione riproduttiva)



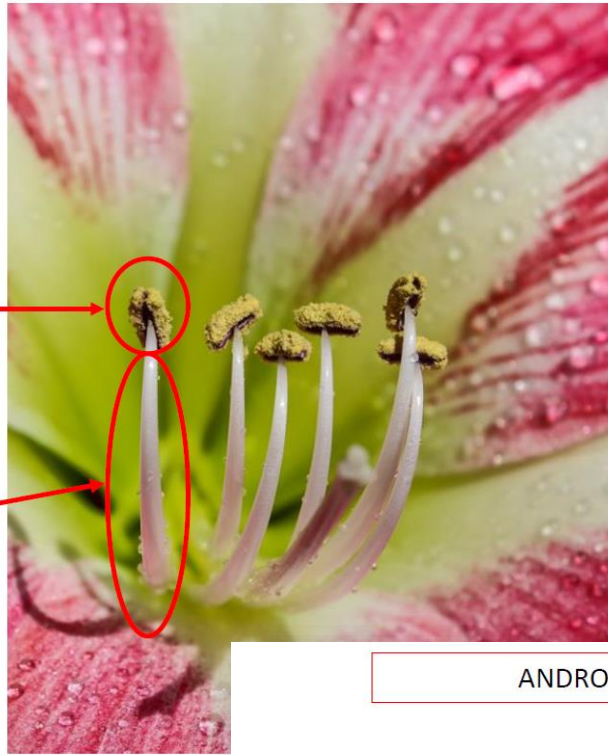
ANDROCEO

L'ANDROCEO racchiude gli organi riproduttori maschili del fiore

Questi organi sono gli STAMI

Ogni stame è formato a sua volta da

- ANTERA
- FILAMENTO



ANDROCEO

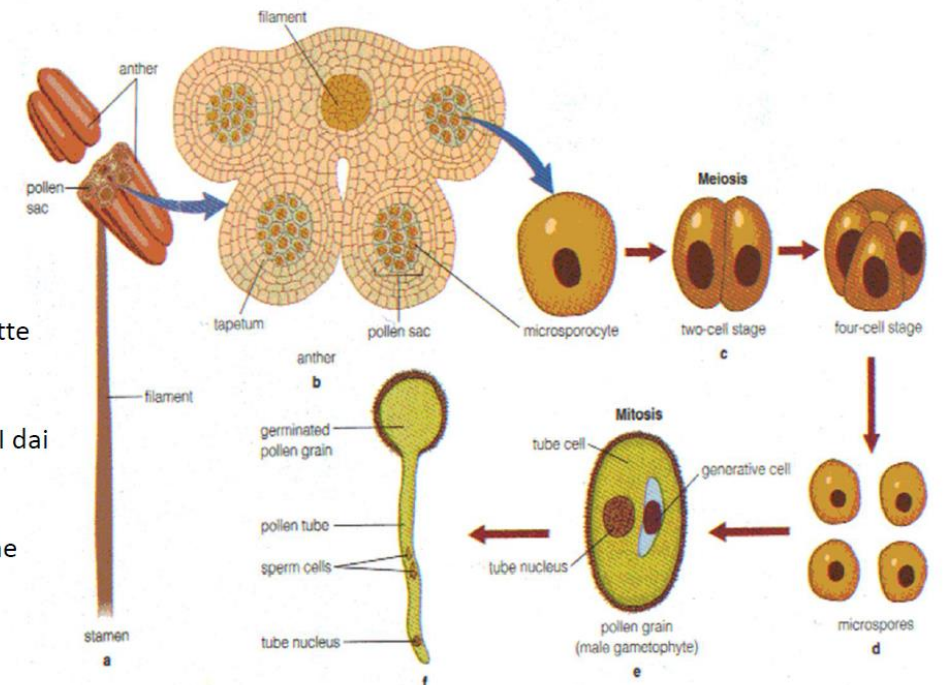
Gli STAMI sono appendici fertili che costituiscono i MICROSPOROFILLI delle angiosperme.

Ciascuno stame è formato da un filamento che ha all'apice un'antera

L'antera è di solito gialla e suddivisa in due teche dette SACCHE POLLINICHE

Ciascuna sacca pollinica contiene i MICROSPORANGI dai quali si formeranno numerosi GRANULI POLLINICI.

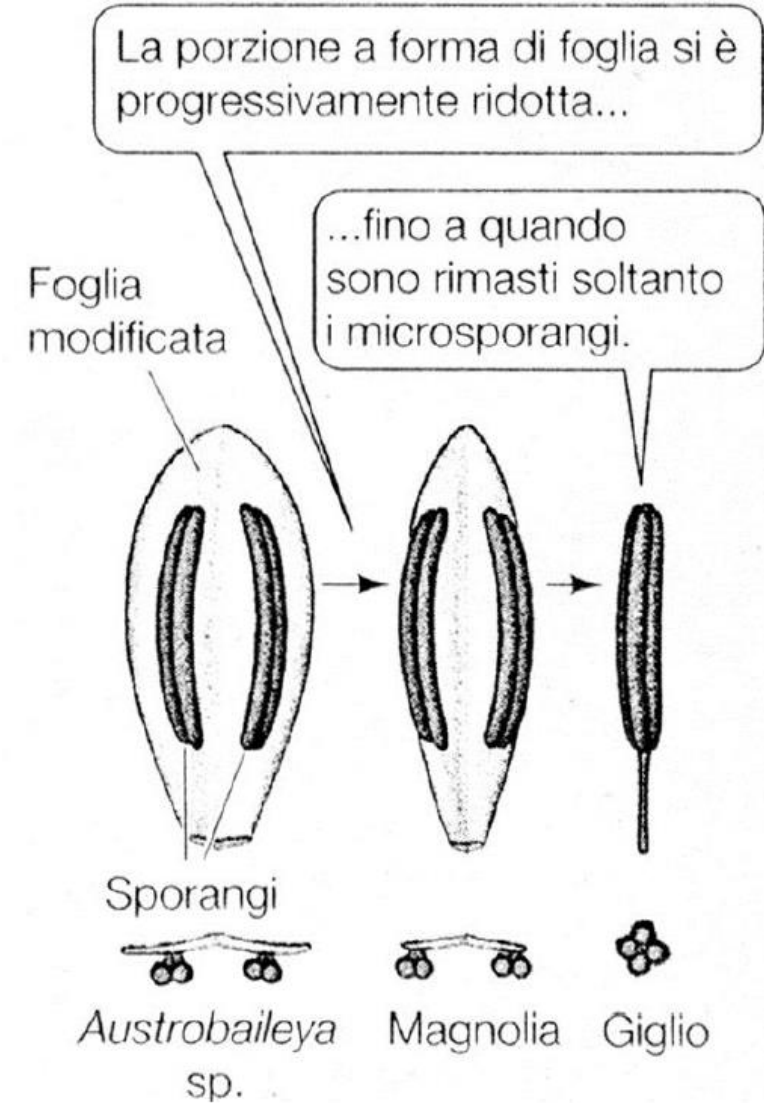
È dalle antere che, a maturità, viene emesso il polline



ANDROCEO

Osservando le piante possiamo ripercorrere la linea evolutiva che ha portato alla formazione degli stami così come li abbiamo descritti e definiti.

(b) Tre piante moderne rappresentano gli stadi principali dell'evoluzione degli stami



GINECEO

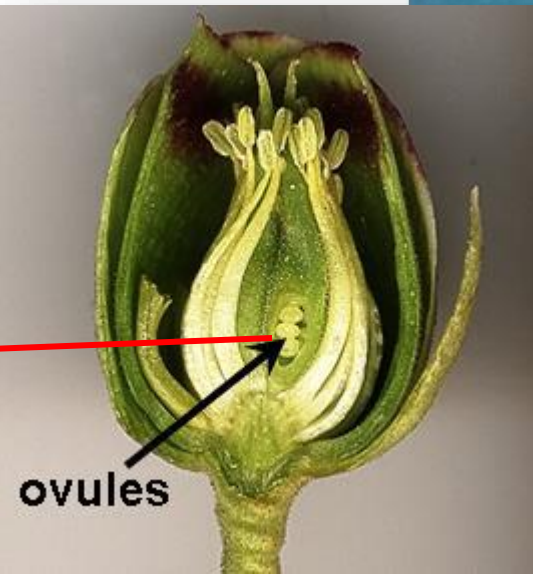
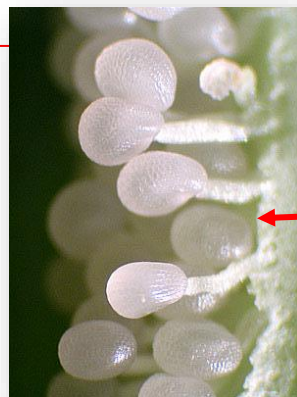
Nel PISTILLO possiamo identificare tre aree:

- OVARIO
- STILO
- STIMMA o STIGMA

Ciascun pistillo è costituito da un OVARIO, sormontato da un'appendice appiccicosa importante per la fecondazione detta STIMMA (o STIGMA) che è sorretta da uno STILO.

L'OVARIO è formato dalla regione fertile del carpello

Racchiude i PRIMORDI SEMINALI o OVULI, che sembrano uniti a una protuberanza chiamata PLACENTA.



PISTILLO

STIGMA

STILO

OVARIO

L'ovario contiene uno o più ovuli, da ciascuno dei quali, dopo la fecondazione, si svilupperà il seme.

GINECEO

Il GINECEO rappresenta l'insieme delle parti fertili femminili.

Le appendici fertili che costituiscono i MACROSPOROFILLI delle angiosperme sono detti PISTILLI

Il PISTILLO è formato da uno o più CARPELLI

I carpelli sono foglie fertili modificate nel corso della storia evolutiva delle angiosperme

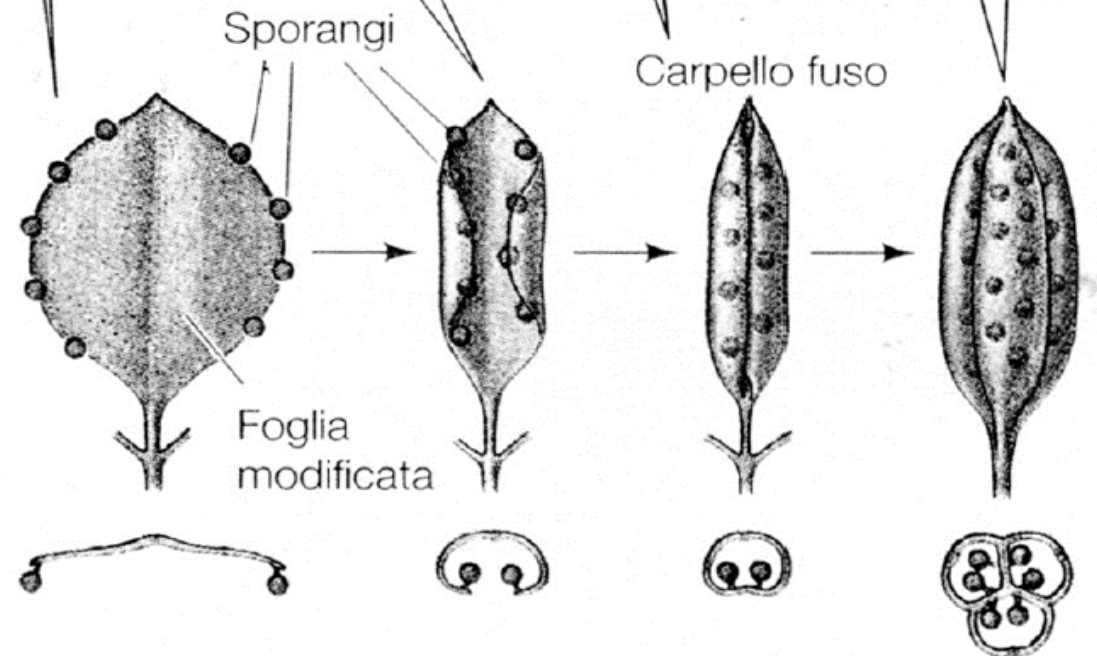
(a) Evoluzione del carpello

In base a una teoria, il carpello si è evoluto da una foglia modificata provvista di sporangi.

Nel corso dell'evoluzione, i margini della foglia si sono piegati verso l'interno...

...e si sono infine fusi.

Alla fine della sequenza di processi, tre carpelli si sono uniti formando l'ovario tripartito.



L'ovario è una struttura cava, suddivisa in una o più **logge**, al cui interno è presente il *tessuto placentare* da cui prendono origine gli **ovuli**

GINECEO

Esistono tipologie differenti di OVARIO distinte sulla base dei CARPELLI che lo compongono e sulla loro disposizione.

APOCARPICO = carpelli separati fra loro

SINCARPICO = carpelli fusi fra loro

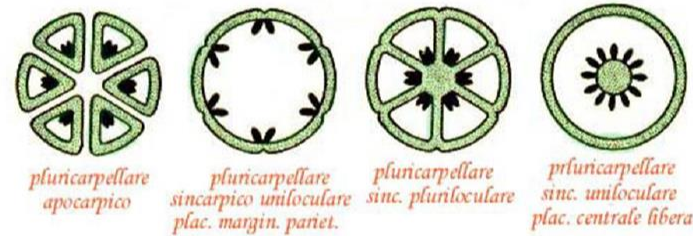
PLURICARPELLARE = più di un carpello

MONOCARPELLARE = un solo carpello

PLURIOLOCULARE = i carpelli formano più loculi contenenti gli ovuli

UNILOCULARE = i carpelli formano un unico loculo indiviso

Queste forme si combinano fra loro nelle varie specie vegetali.



La parte dell'ovario da cui si originano gli ovuli e nella quale questi vengono a maturazione, è chiamata PLACENTA.

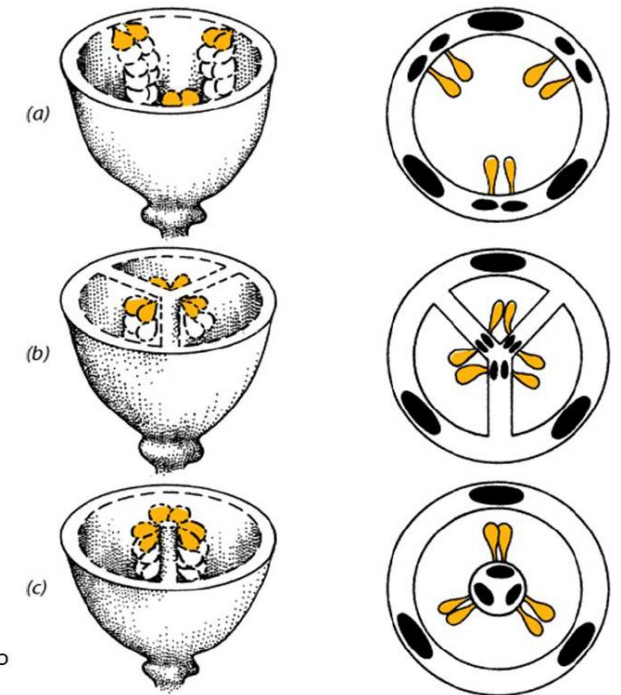
Il modo in cui gli ovuli si attaccano alla placenta (placentazione), varia nei diversi gruppi di angiosperme.

Può essere:

a) PARIETALE: quando gli ovuli si originano dalla parete dell'ovario o da sue estensioni

b) ASSILE: quando gli ovuli sono portati da una colonna centrale di tessuto in un ovario con tanti loculi quanti sono i carpelli

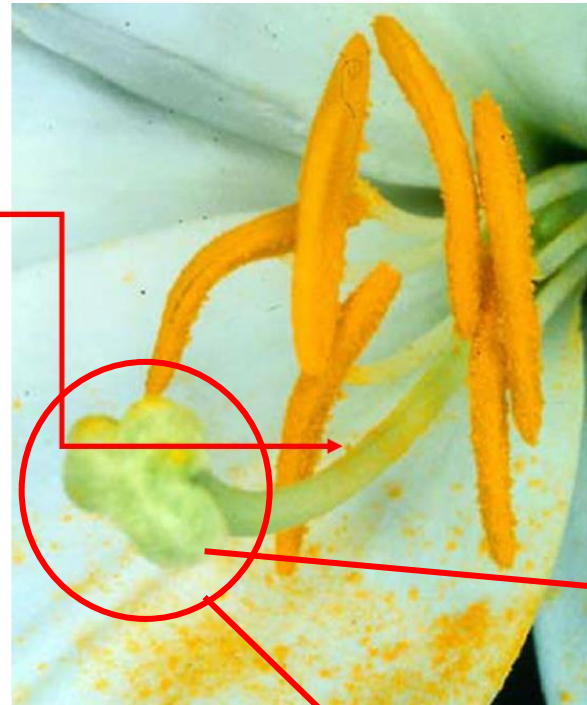
c) CENTRALE LIBERA: quando gli ovuli sono portati da una colonna centrale di tessuto non collegato alla parete dell'ovario da altri setti.



GINECEO

Lo STILO

È una porzione del pistillo più o meno allungata (talvolta assente) che connette lo stamma (o stigma) con l'ovario



Lo STIGMA, una zona superficiale papillosa e/o appiccicosa

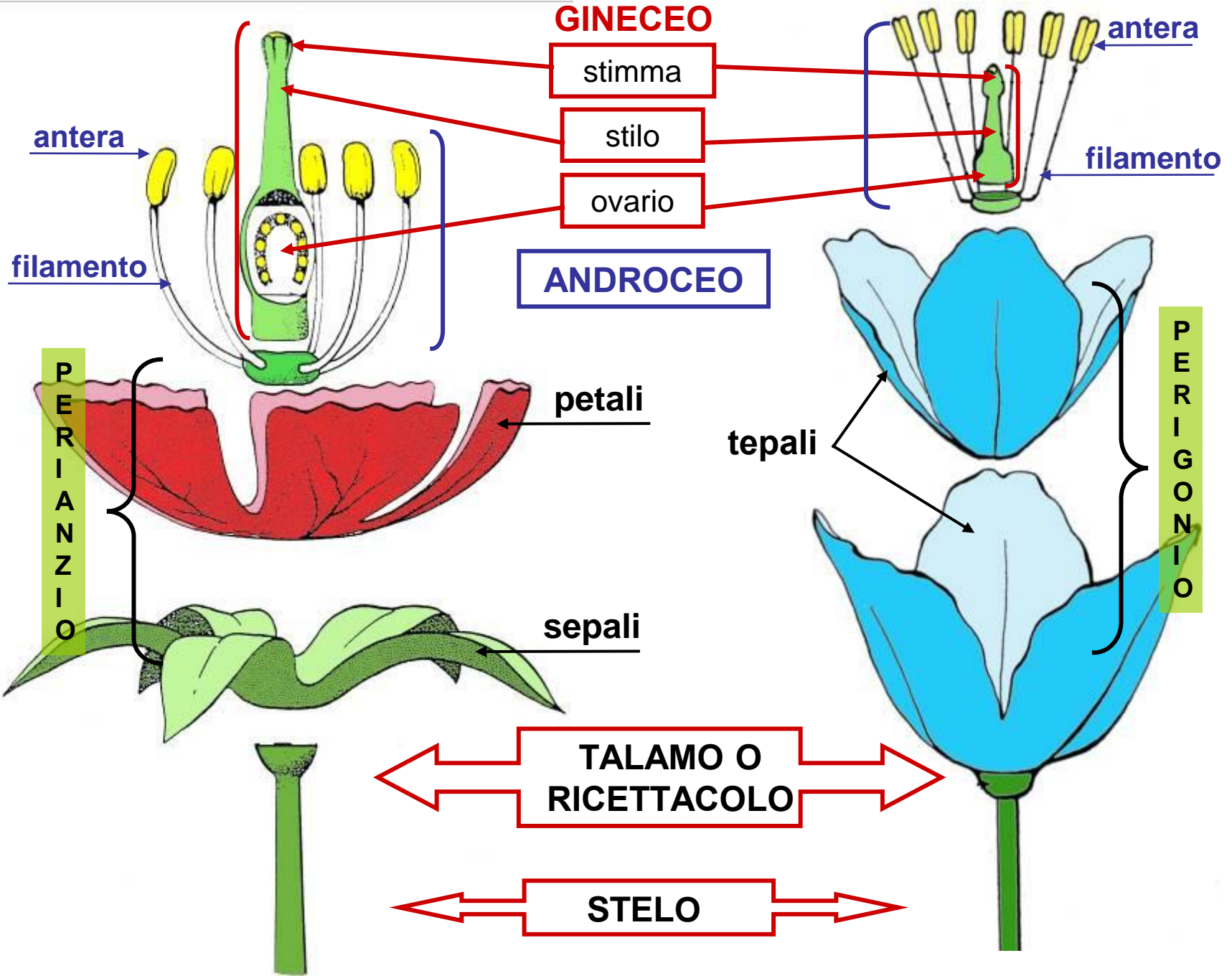
Funge da ricettore dei granuli di polline una volta che sono liberati su di esso dall'agente impollinatore.

Quando esiste, lo stilo si situa nel suo estremo distale e prende in generale la forma di un ingrossamento frequentemente diviso in zone così numerose come i carpelli che contribuiscono al pistillo.



F
I
O
R
E

D
I
C
C
I
O
N
E
F
L
O
R
E
D
D
E
N
Z
I
O



F
I
O
R
E

M
O
N
O
C
O
M
I
T
H
O
C
C
O
L
O
M
E
N
Z
I
O

PERIANZIO - DICOTILEDONI

Nelle dicotiledoni prende il nome di
PERIANZIO l'insieme di

CALICE e COROLLA

SEPALI



CALICE

PETALI



COROLLA

PERIANZIO



Sulla base della tipologia di pezzi
fiorali in questo caso si hanno
FIORI ETEROCLAMIDI

Il fiore

Struttura esterna

PERIGONIO - MONOCOTILEDONI

Nelle MONOCOTILEDONI manca la distinzione tra calice e corolla perché le appendici fiorali hanno forma e dimensioni simili

Le appendici fiorali prendono il nome di TEPALI

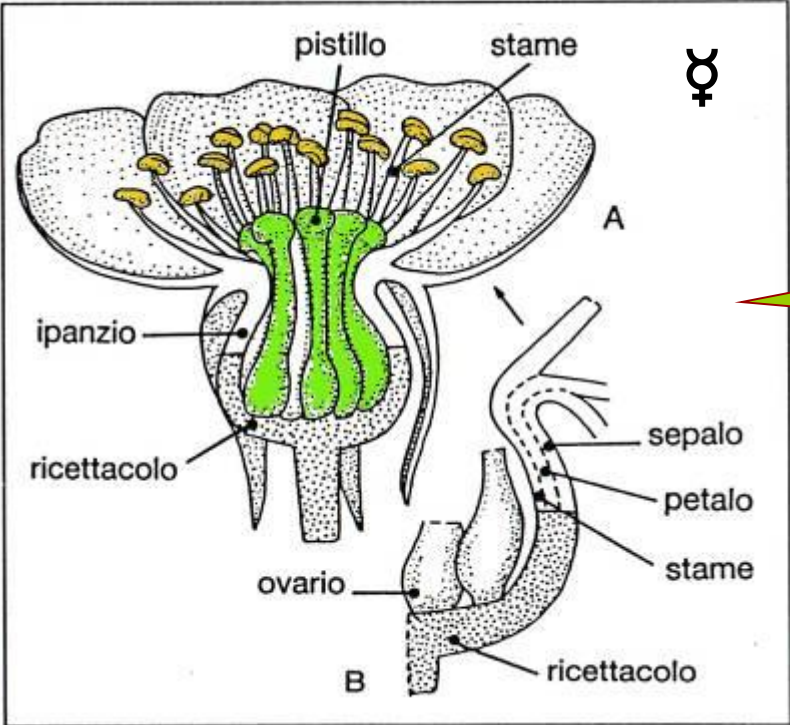
L'insieme dei TEPALI prende il nome di PERIGONIO

Sulla base della tipologia di pezzi fiorali in questo caso si hanno
FIORI OMOCLAMIDI

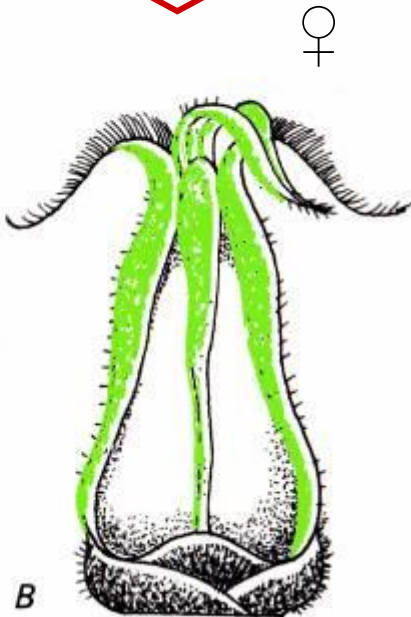
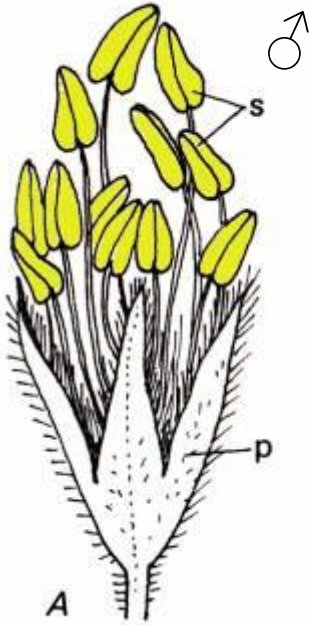


FIORE ERMAFRODITA

(monoclino = un solo giaciglio)



**Fiori femminili
o pistilliferi**

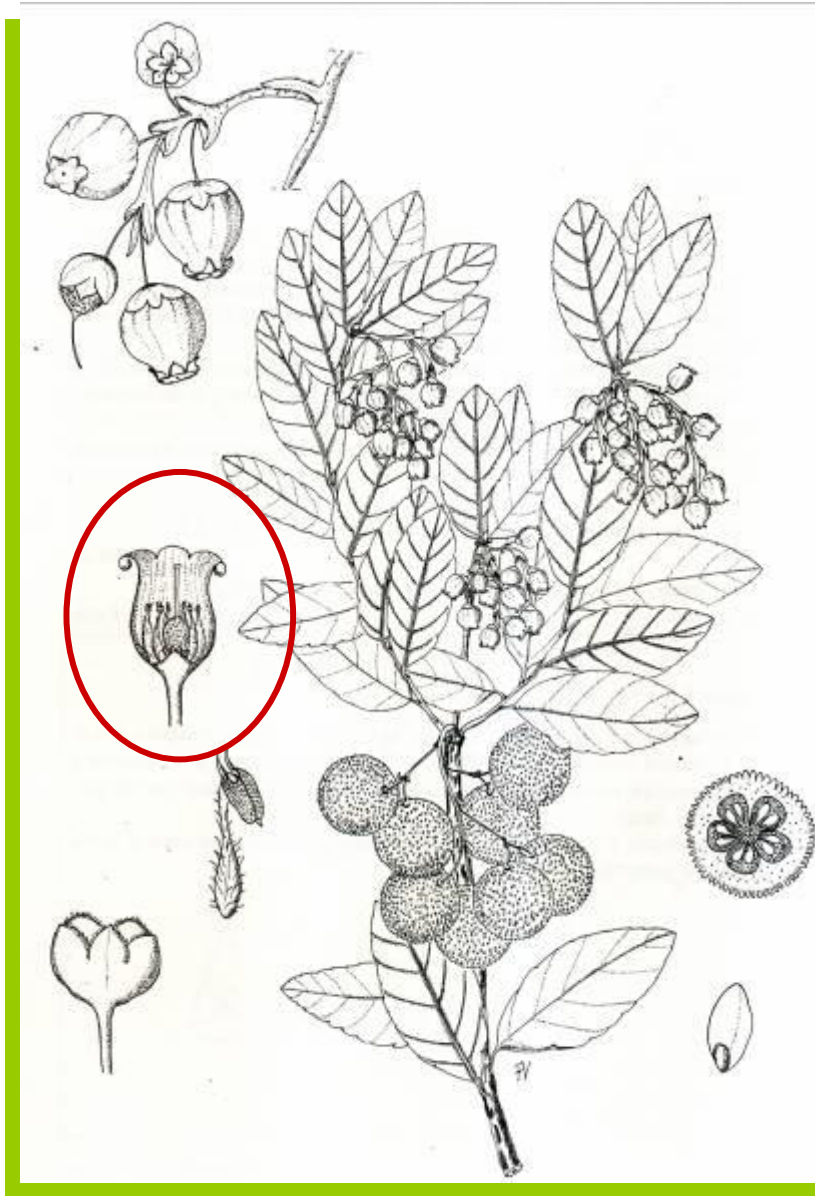


**Fiori maschili
o staminiferi**



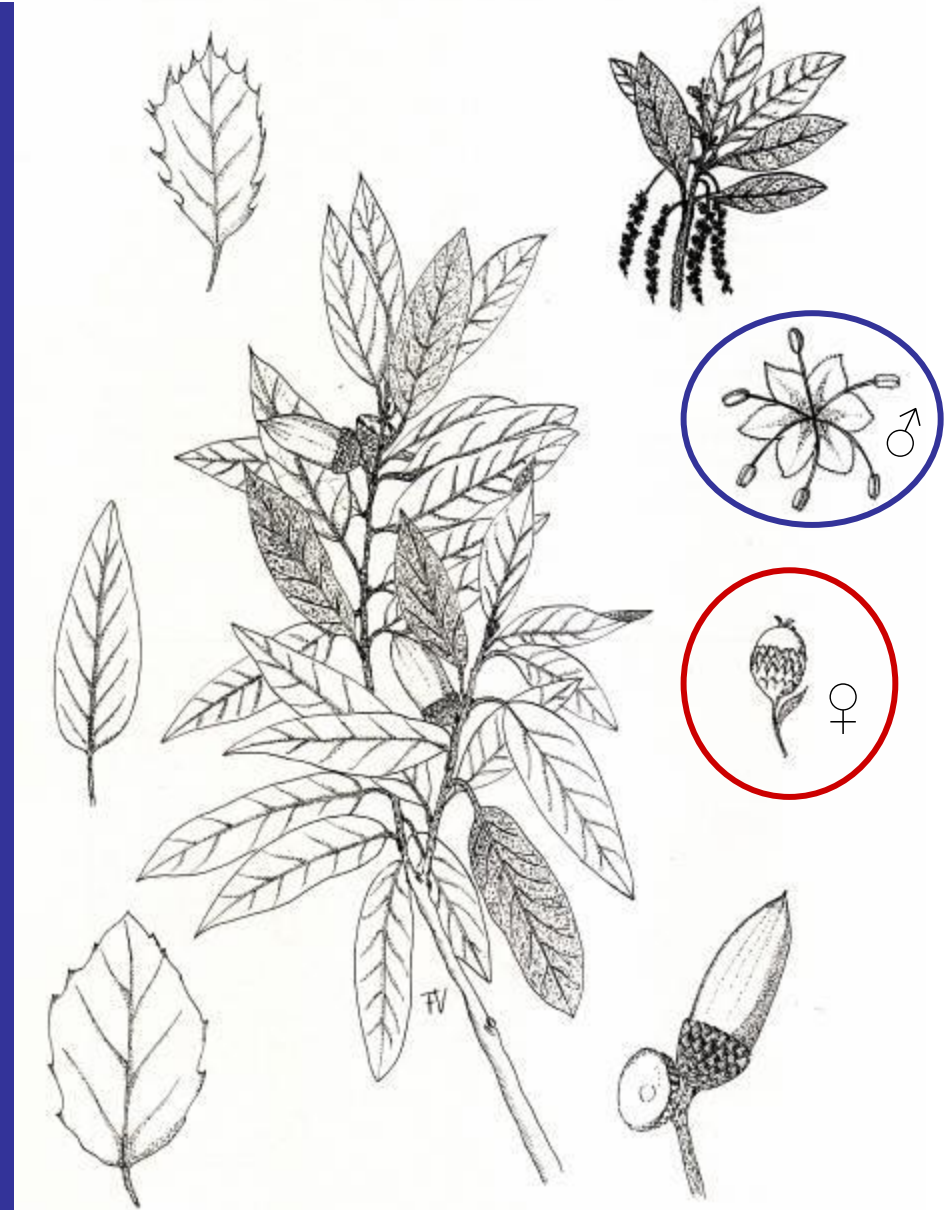
**FIORI UNISESSUALI
(diclini)**

Arbutus unedo L. - Corbezzolo



Fiori ermafroditi – pianta monoica

Quercus ilex L. - Leccio

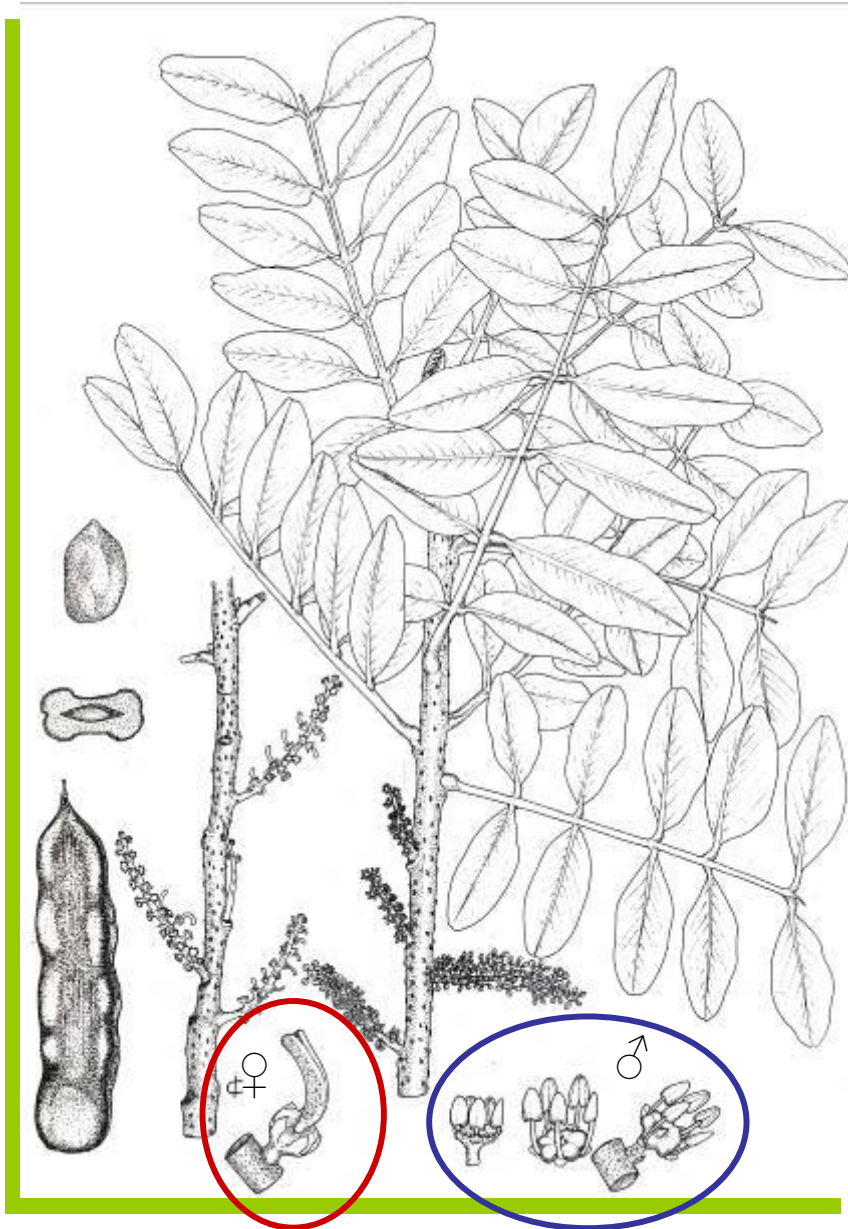


Quercus ilex L. Ramo con ghiande, rametto con infiorescenze, foglie, ghiande × 0,6; fiore maschile, fiore femminile × 5.



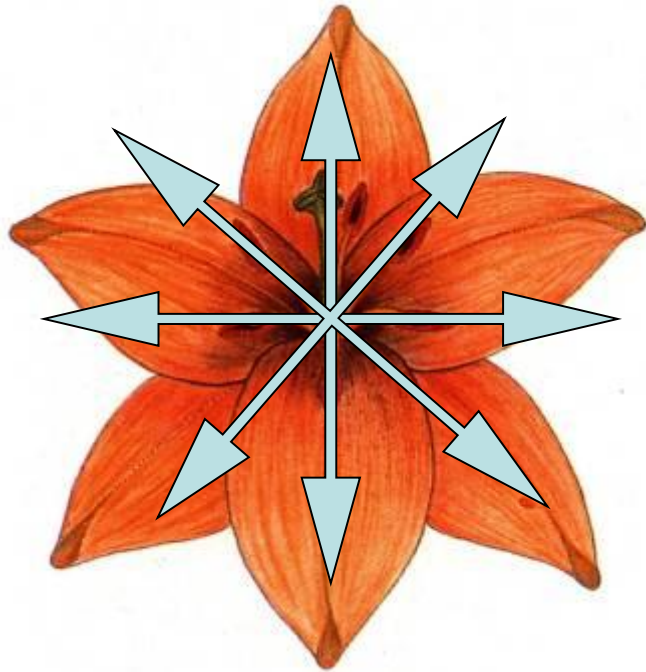
Fiori unisessuali – pianta monoica

Ceratonia siliqua L. – Carrubo



Fiori unisessuali - pianta dioica

LILIACEA



FIORE REGOLARE
ATTINOMORFO

Quando si ammettono molti piani di simmetria

ORCHIDACEA



FIORE IRREGOLARE
ZIGOMORFO

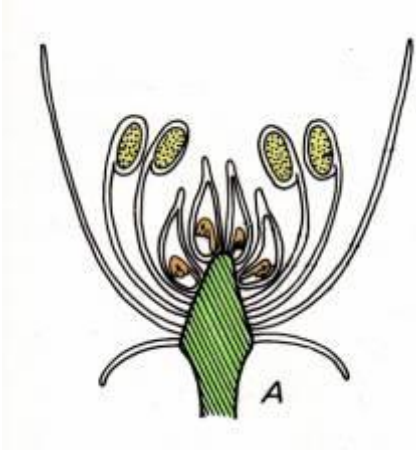
Quando si ammette un solo piano di simmetria

Posizione dell'ovario

A seconda della posizione dell'OVARIO rispetto agli altri elementi floreali distinguiamo:

se l'ovario si trova al di sopra degli altri elementi floreali

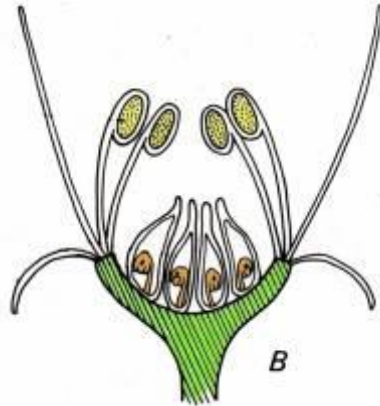
ovario supero



fiore ipogino

se l'ovario è libero dal ricettacolo ma portato più in basso rispetto agli elementi floreali

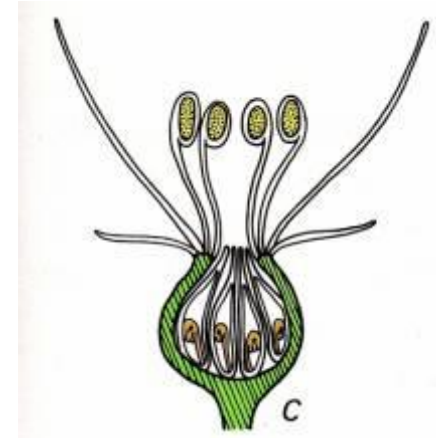
**ovario medio
o semiinfero**



fiore perigino

se l'ovario si trova al di sotto degli elementi floreali ed è immerso nel ricettacolo

ovario infero



fiore epigino



L'ovario nella spinta evolutiva è diventato da supero a infero

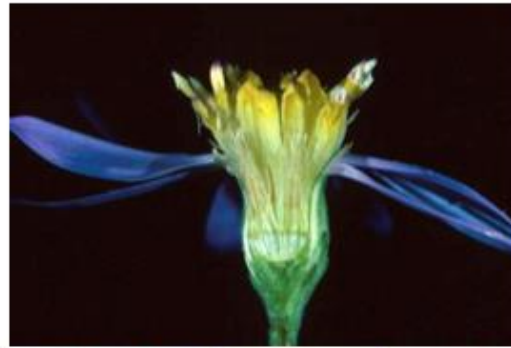
I fiori possono essere solitari o riuniti in strutture, chiamate infiorescenze, (dal latino *inflorescere*, *fiorire*), con distribuzione varia dei fiori sull'asse florale portante (*spiga*, *corimbo*, *ombrella*, *capolino*, *spadice*, *cima*, *pannocchia*, *ecc.*).

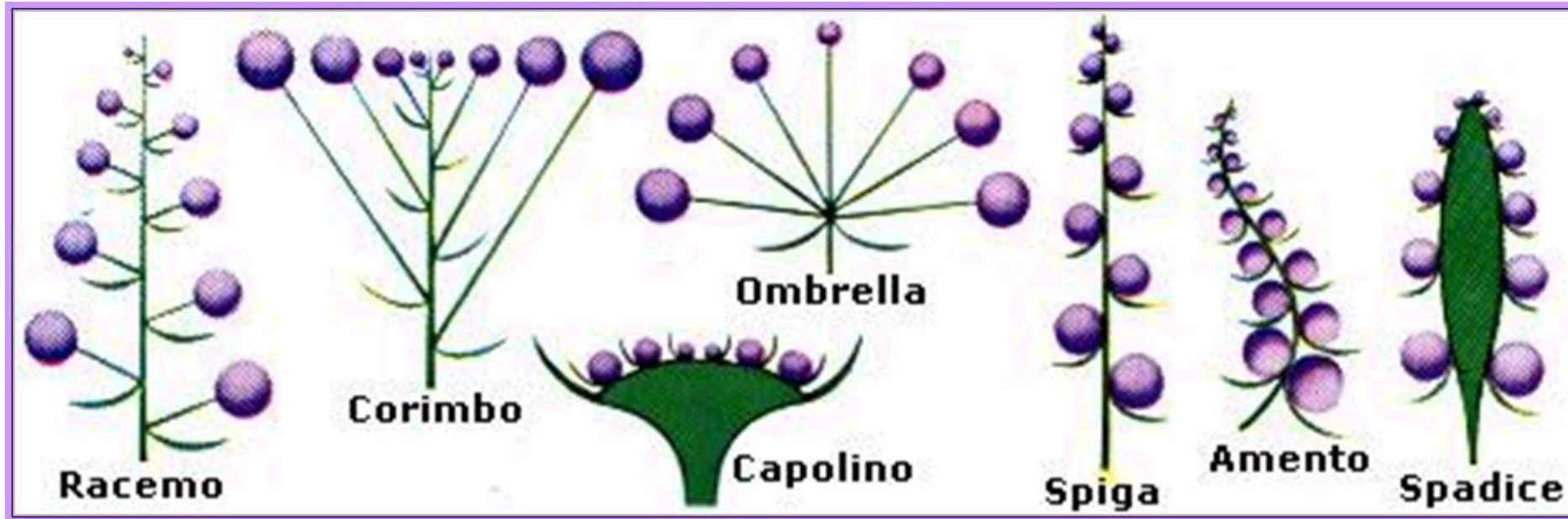
I fiori che compongono un infiorescenza hanno disposizioni caratteristiche.



Fiore solitario

Infiorescenza



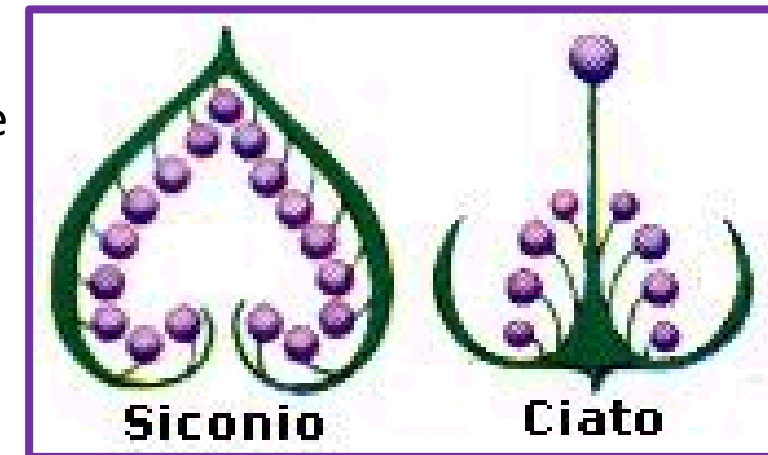


Una **INFIORESCENZA** o **INFLORESCENZA** è un raggruppamento di rami che portano fiori, tipicamente osservabile nelle Angiosperme.

I vantaggi evolutivi delle infiorescenze sono sostanzialmente due:

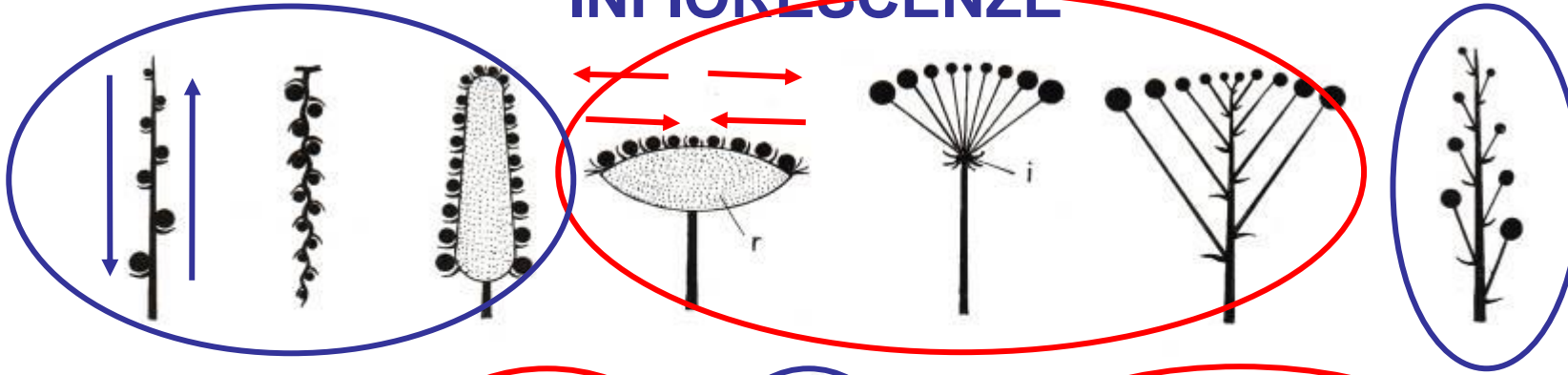
- esse sono più appariscenti ed attirano maggiormente gli insetti impollinatori
- l'apertura scalare dei fiori dell'infiorescenza permette alla pianta di ricevere polline per un periodo maggiore

APERTURA SCALARE: **non** tutti i fiori di una stessa infiorescenza si aprono contemporaneamente, ma l'apertura avviene in tempi diversi per ciascun fiore

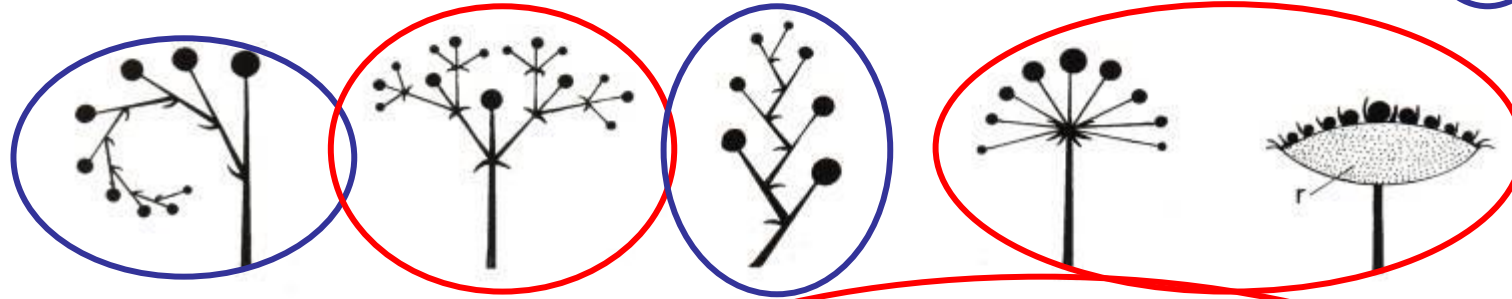


INFIORESCENZE

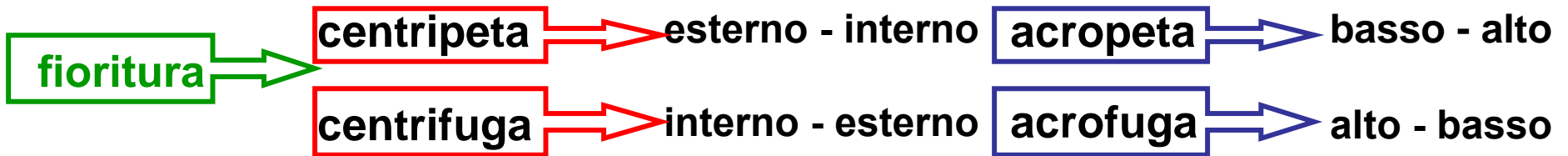
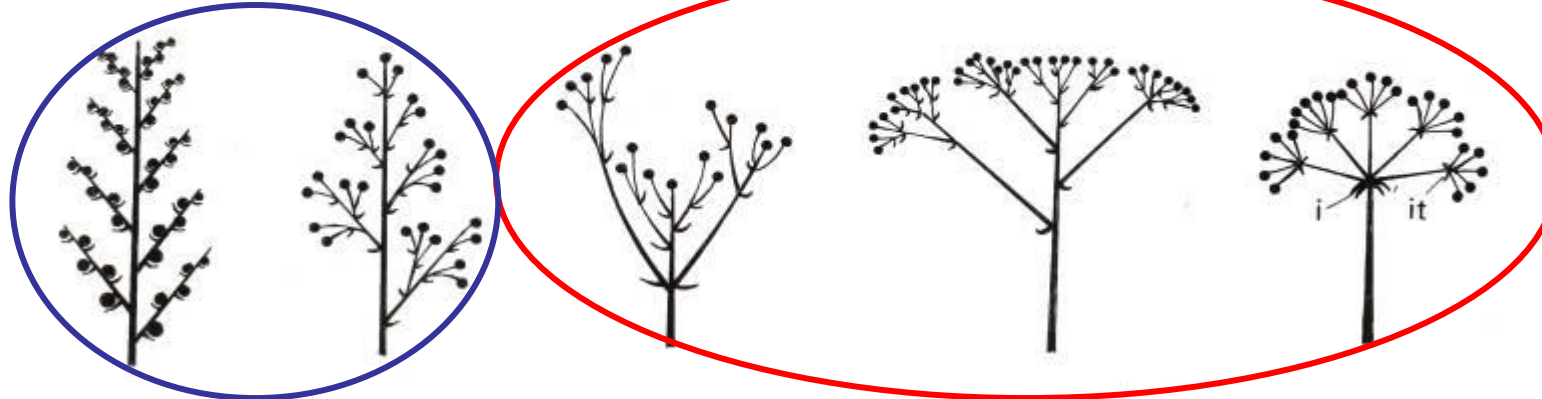
Inf. sempl. indef.



Inf. sempl.def.



Inf. composte



Alcuni esempi di infiorescenze

1) RACEMO O GRAPPOLO: fiori pedunculati portati su un asse allungato longitudinalmente.



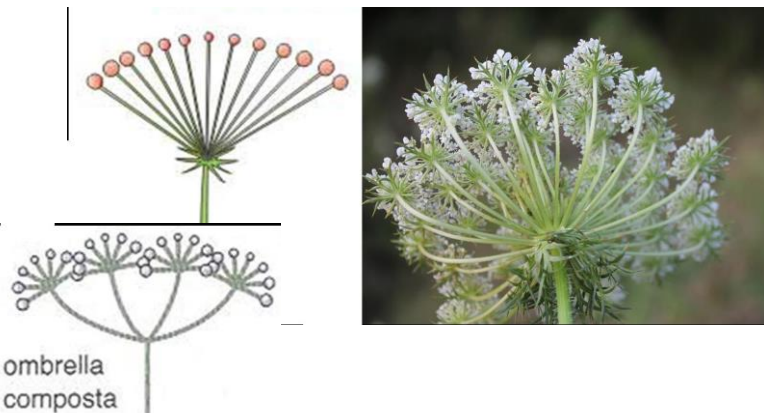
2) SPIGA: come il racemo, ma i fiori sono sessili.



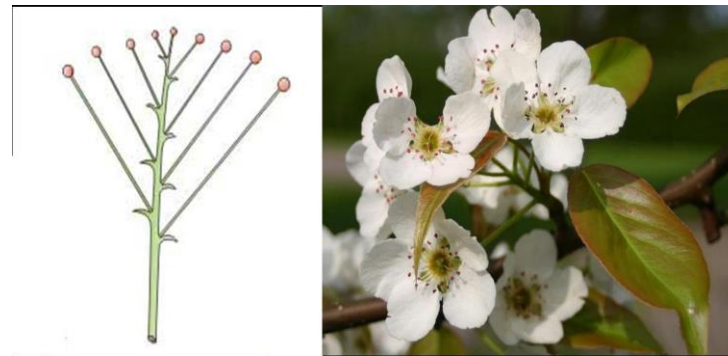
3) AMENTO O GATTINO: come la spiga e il racemo, ma con l'asse fiorale è pendulo.



4) OMBRELLA: i fiori sono pedunculati, inseriti tutti allo stesso punto su un'asse principale raccorciato. Può essere SEMPLICE o COMPOSTA.



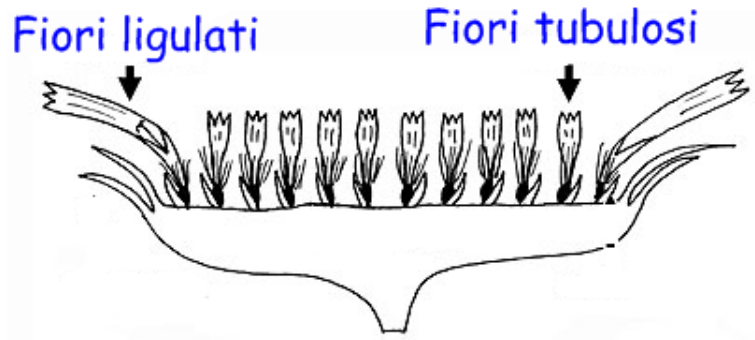
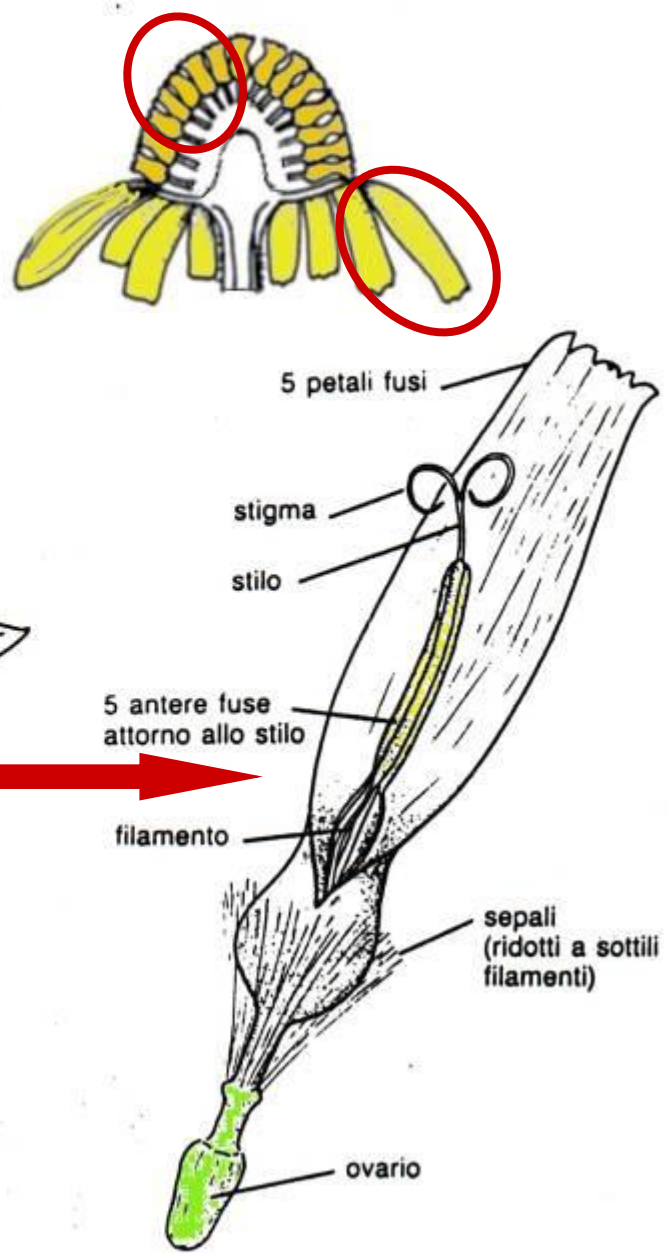
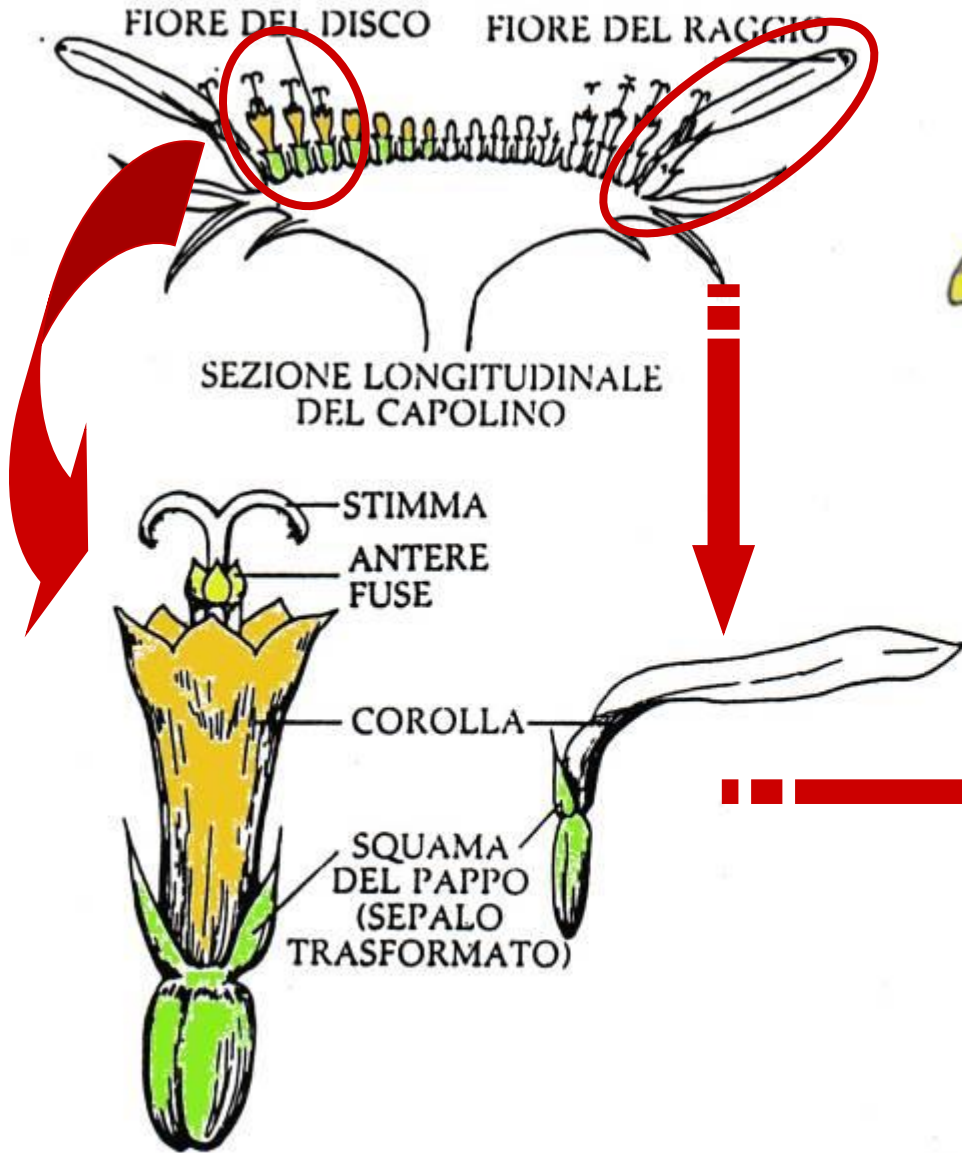
5) CORIMBO: come l'ombrella, ma i fiori sono inseriti in punti diversi pur terminando tutti alla stessa altezza.



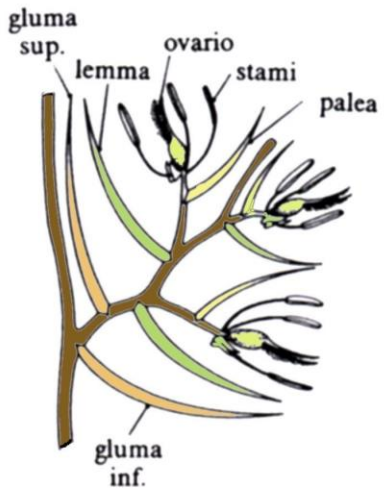
6) CAPOLINO: i fiori sono inseriti sul ricettacolo espanso, inframezzati o no da PAGLIETTE da considerare come brattee appartenenti ai singoli fiori. Tipico della famiglia delle Compositae:



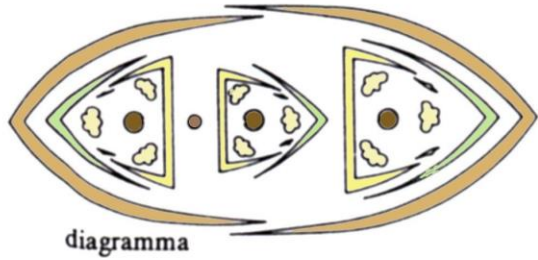
COMPOSITAE



Graminaceae



(A) *Avena fatua*:



BIOLOGIA DELLA RIPRODUZIONE

Il fine ultimo di ogni organismo vivente è la CONSERVAZIONE DELLA SPECIE attuata attraverso la moltiplicazione e la diffusione degli individui

Nel mondo vegetale distinguiamo:

- **RIPRODUZIONE VEGETATIVA** (agamica)

Permette la moltiplicazione di un individuo a seguito della divisione di parti vegetative

La discendenza è CLONALE e mantiene inalterato il GENOTIPO

- SCISSIONE tipica di organismi unicellulari
- GEMMAZIONE tipica dei lieviti si produce una cellula figlia più piccola a partire da una protuberanza della cellula madre
- FRAMMENTAZIONE distacco di una parte del corpo dell'organismo che dà vita ad un clone (bulbi, tuberi, stoloni, talee)
- SPORULAZIONE produzione mitotica di SPORE capaci di ricreare un nuovo organismo clonale

- **RIPRODUZIONE SESSUALE** (gamica)

A seconda delle varie specie, la gamia può avvenire in modi diversi:

- GAMETOGAMIA unione di due cellule aploidi (gameti) prodotte all'interno di strutture più complesse dette GAMETANGI
- GAMETANGIOGAMIA unione dei gametangi (in molti funghi)

La riproduzione

I cicli biologici

In tutti gli organismi con riproduzione sessuale si determina una variazione nella fase nucleare delle cellule coinvolte in meiosi e gamia.

La meiosi porta alla formazione di cellule aploidi (n) che rappresentano la FASE NUCLEARE APLOIDE

La gamia porta alla formazione dello zigote ($2n$) diploide che rappresenta la FASE NUCLEARE DIPLOIDE

La variazione e l'ordine in cui avvengono le due fasi nucleari viene definita CICLO BIOLOGICO

Ne esistono tre tipologie:

- CICLO APLONTE
- CICLO DIPLONTE
- CICLO APLO-DIPLONTE



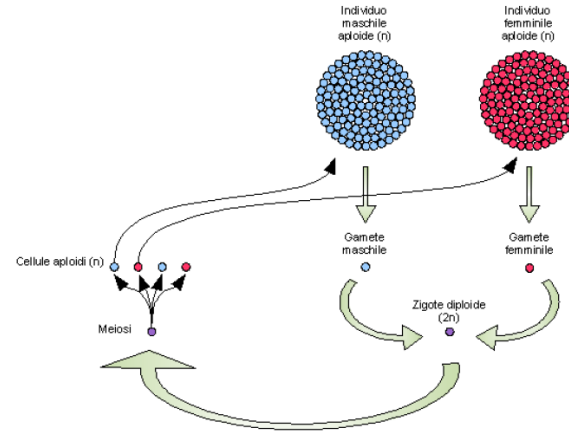
La riproduzione

I cicli biologici – CICLO APLONTE

Le specie che seguono questo ciclo sono rappresentate dalla sola generazione APLOIDE

Lo ZIGOTE è l'unica cellula diploide del ciclo e grazie alla MITOSI ZIGOTICA produce immediatamente quattro MEIOSPORE APLOIDI ripristinando l'aploidia

Questo ciclo è tipico di alcune alghe e alcuni funghi



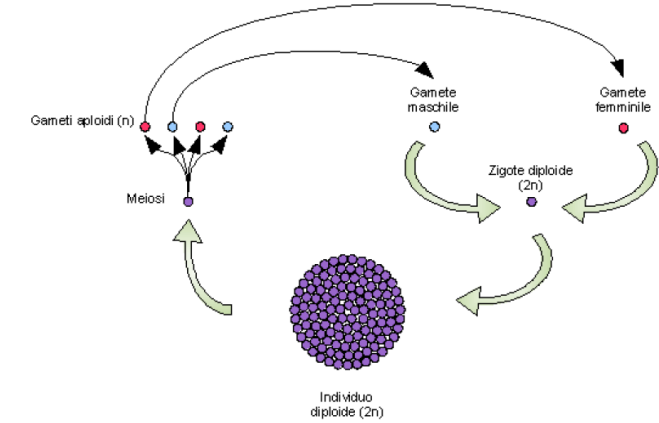
I cicli biologici – CICLO DIPLONTE

Le specie che seguono questo ciclo sono rappresentate dalla sola generazione DIPLOIDE derivata dalla MITOSI dello zigote

La MEIOSI permette la produzione dei gameti all'interno dei gametangi
I gameti sono l'unica fase aploide

La fusione dei gameti e la formazione dello zigote permette il ritorno alla condizione DIPLOIDE

Questo ciclo è tipico di poche alghe e alcuni funghi, nonché di quasi tutti gli organismi animali



I cicli biologici – CICLO APLO - DIPLONTE

Le specie che presentano questo ciclo alternano

- Una generazione diploide detta SPOROFITO
- Una generazione aploide detta GAMETOFITO

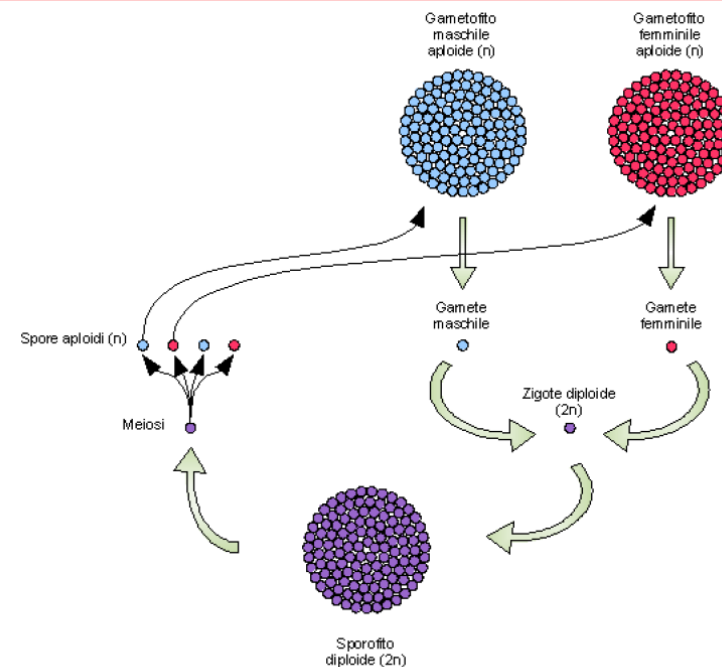
Lo sporofito ($2n$) deriva dalla mitosi dello zigote ($2n$) e produce le (MEIO-)SPORE (n) per meiosi

Le meiospore (n) per mitosi producono il gametofito (n)

Il gametofito (n) produce i GAMETI (n) per mitosi

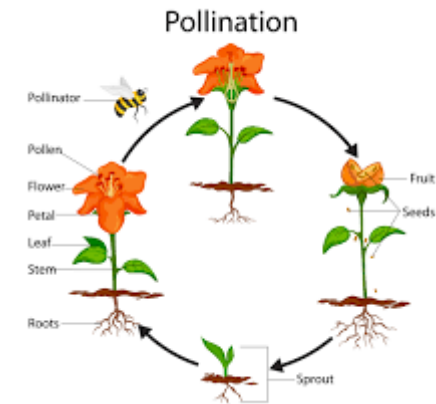
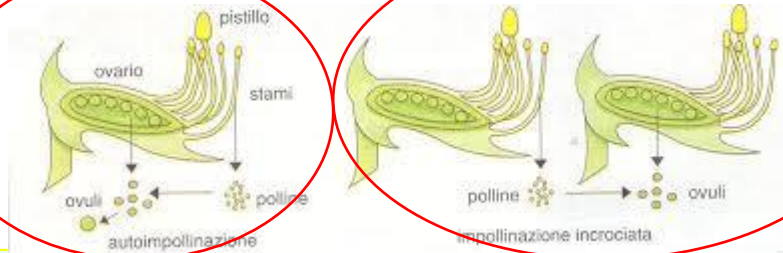
I gameti (n) si uniscono nella gamia e portano alla formazione dello zigote ($2n$)

Questo ciclo è tipico della maggior parte delle specie vegetali anche se nelle piante più evolute (ANGIOSPERME) il gametofito è ridotto a poche cellule.



IMPOLLINAZIONE

impollinazione allogama o incrociata



impollinazione autogama o autoimpollinazione

ibridazione



Anacamptis longicornu



Anacamptis papilionacea



Anacamptis x bornemannii

IMPOLLINAZIONE

Uno dei presupposti perché avvenga l'impollinazione è la liberazione del polline dalle antere.

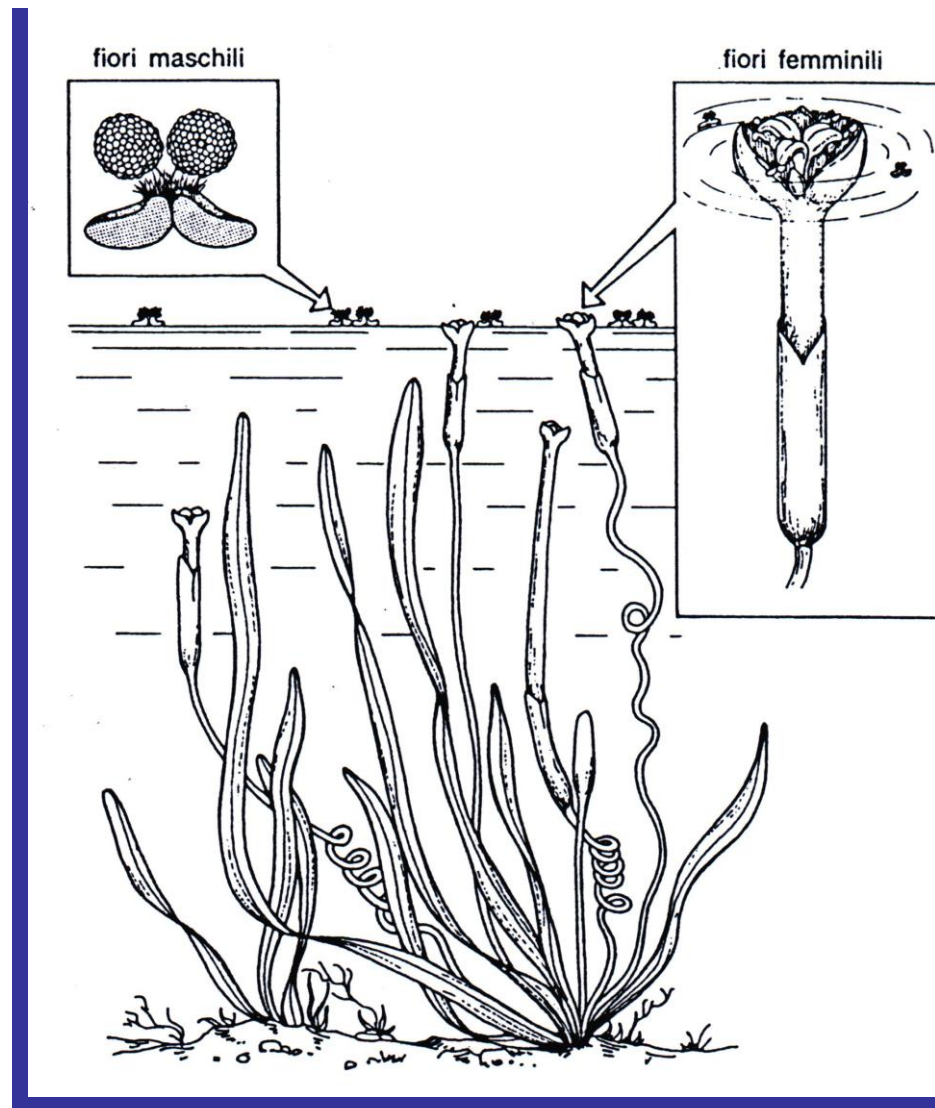
Questa può avvenire:

PASSIVAMENTE: si aprono le sacche polliniche e il polline esposto all'aria cade a terra o viene portato via dal vento o dagli animali.

ATTIVAMENTE da parte dell'antera: viene lanciato per mezzo di un meccanismo che si trova nel filamento.

Con l'**INTERVENTO DIRETTO** di animali, insetti, che aprono il fiore o le antere.

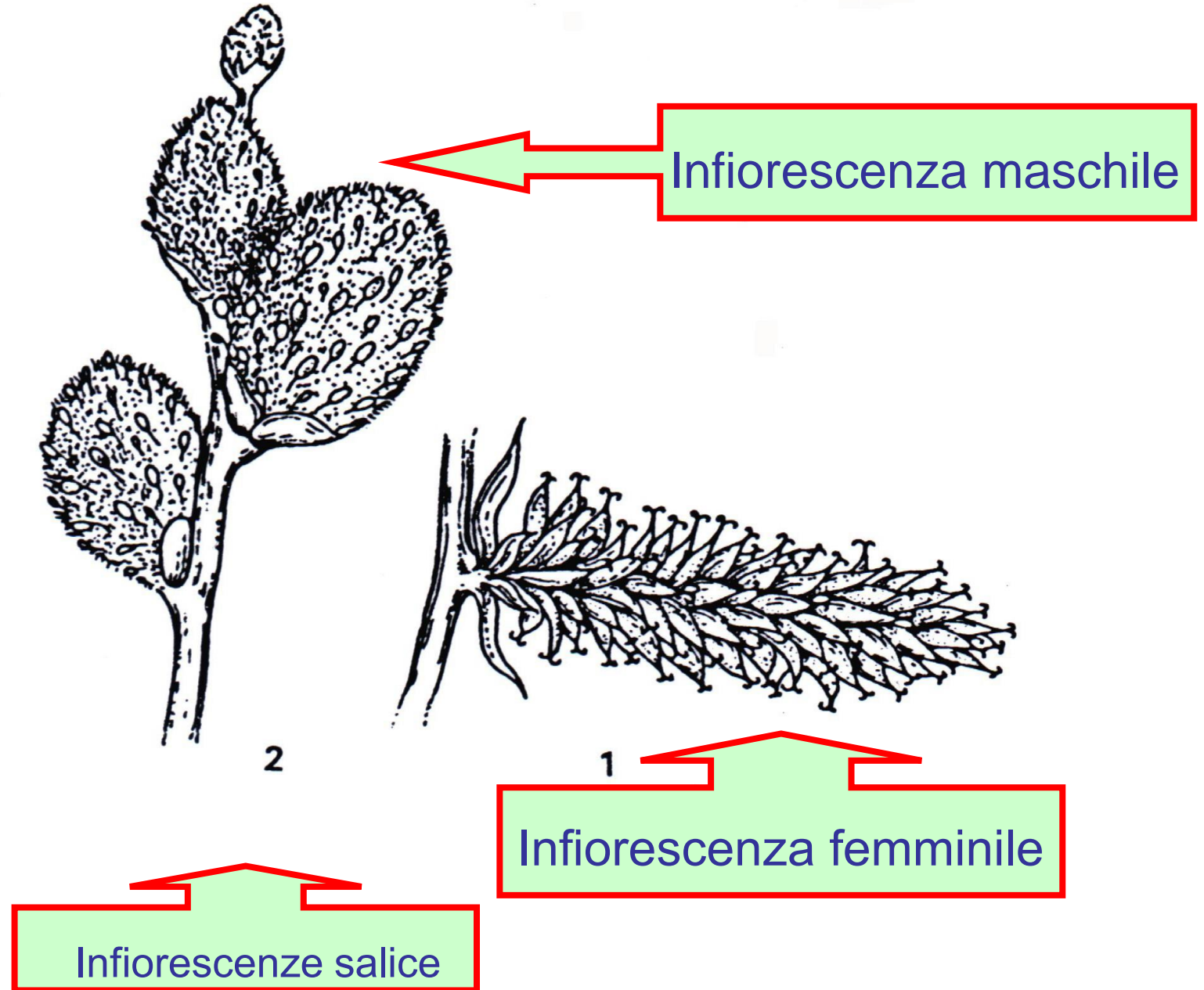
Impollinazione idrogama



Vallisneria spiralis

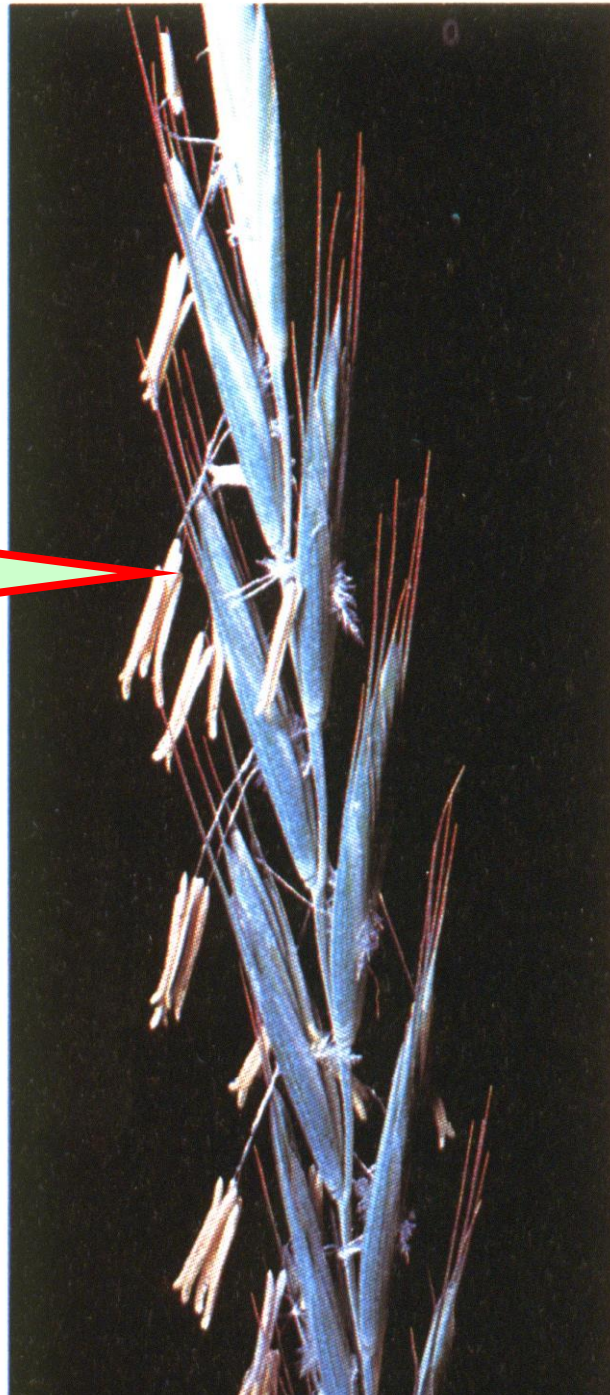
Impollinazione anemogama

- enorme produzione di polline per assicurare l'impollinazione
- facilità all'autofecondazione



Impollinazione anemogama

Infiorescenza
graminacea



Infiorescenza conifera

Impollinazione zoogama

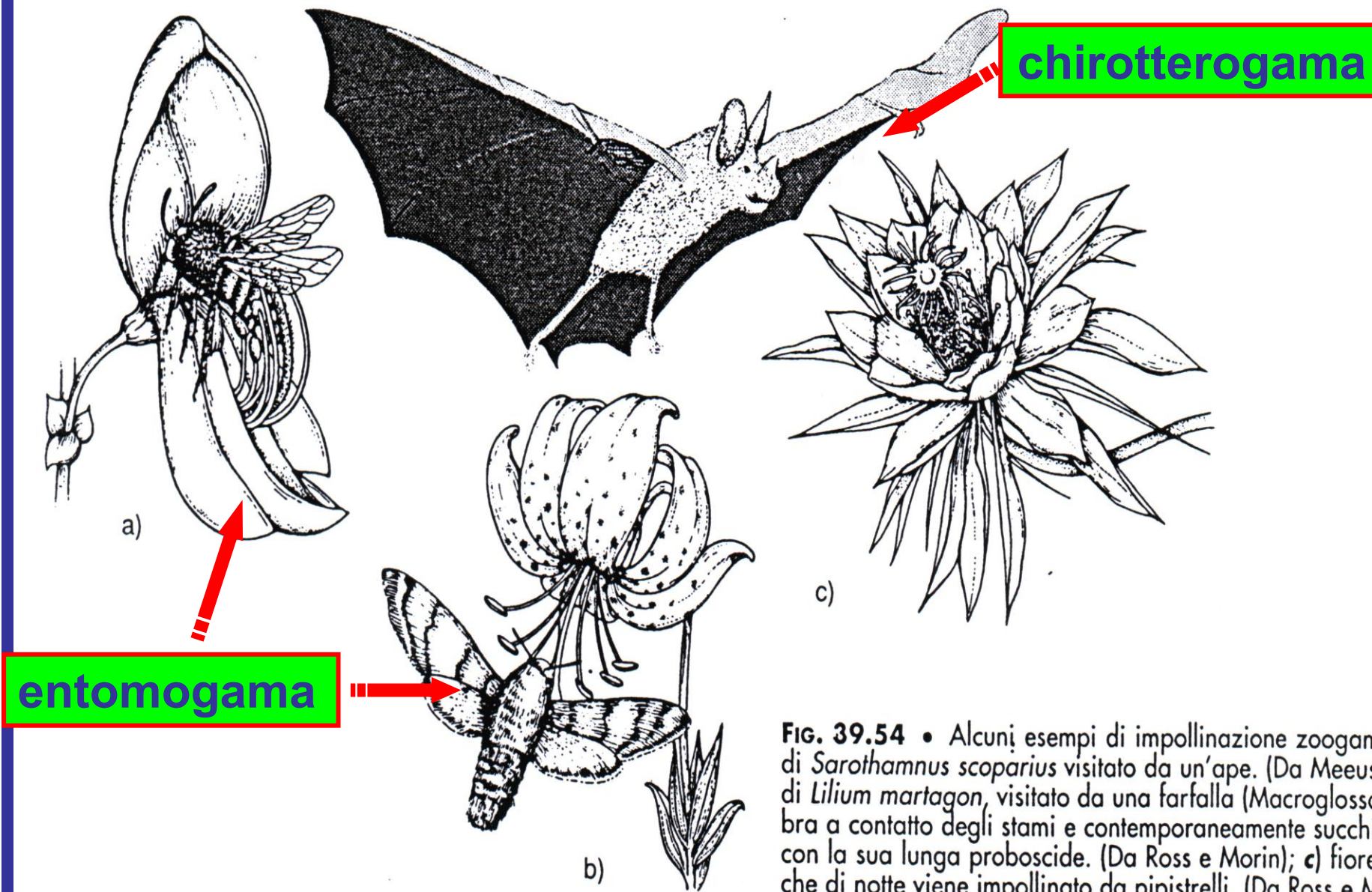
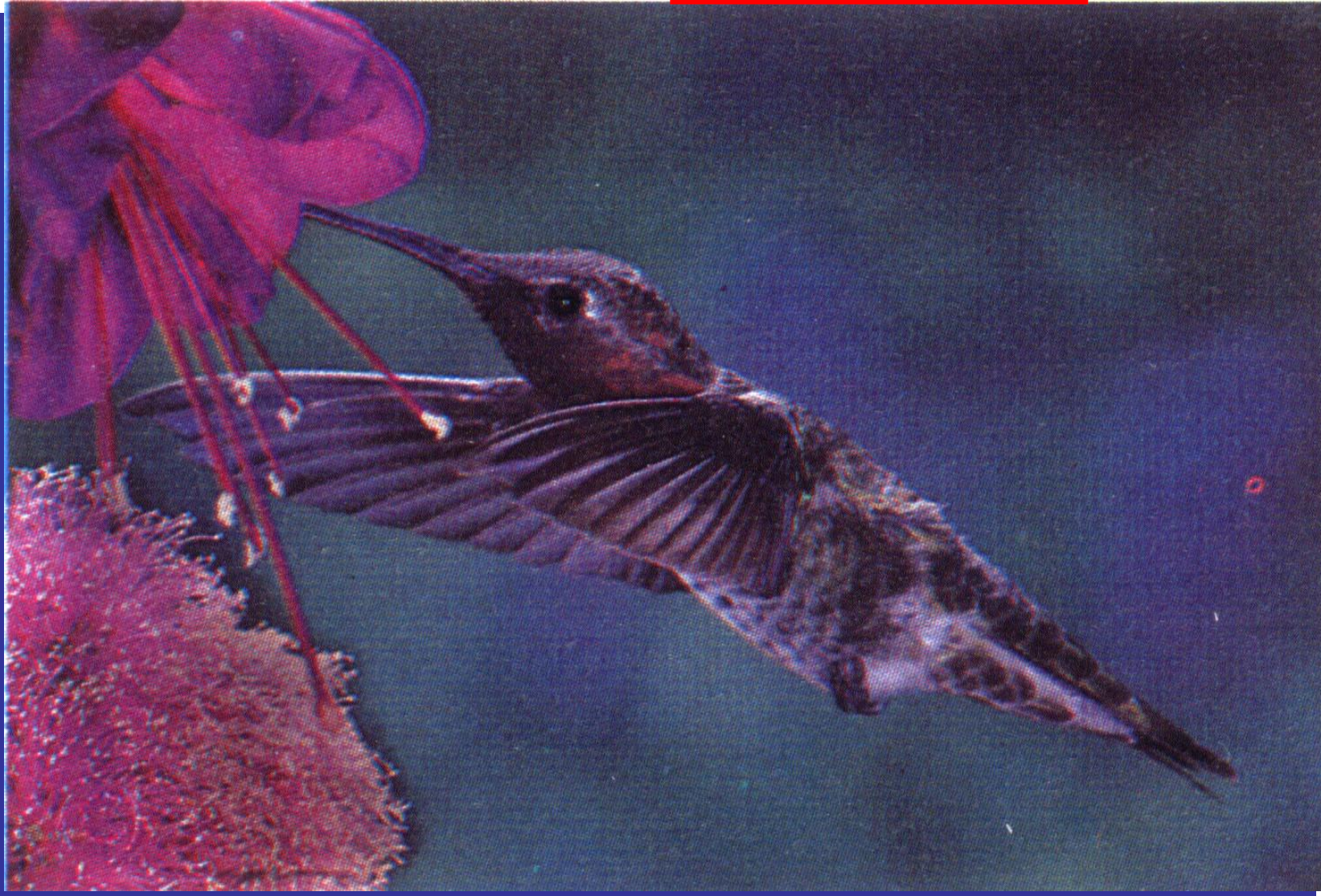


FIG. 39.54 • Alcuni esempi di impollinazione zoogama: **a)** fiore di *Sarothamnus scoparius* visitato da un'ape. (Da Meeuse); **b)** fiore di *Lilium martagon*, visitato da una farfalla (*Macroglossa*), che si libra a contatto degli stami e contemporaneamente succhia il nettare con la sua lunga proboscide. (Da Ross e Morin); **c)** fiore di *Cactus*, che di notte viene impollinato da pipistrelli. (Da Ross e Morin).

ornitogama



IMPOLLINAZIONE CON VERTEBRATI

Questo tipo di impollinazione è molto comune ai tropici dove è compiuta da UCCELLI, qualche RETTILE e soprattutto mammiferi come i PIPISTRELLI.

Rispetto all'entomofila questo tipo di impollinazione è molto dispendiosa perché per attrarre gli animali pronubi la pianta deve produrre molto più materiale che per gli insetti.



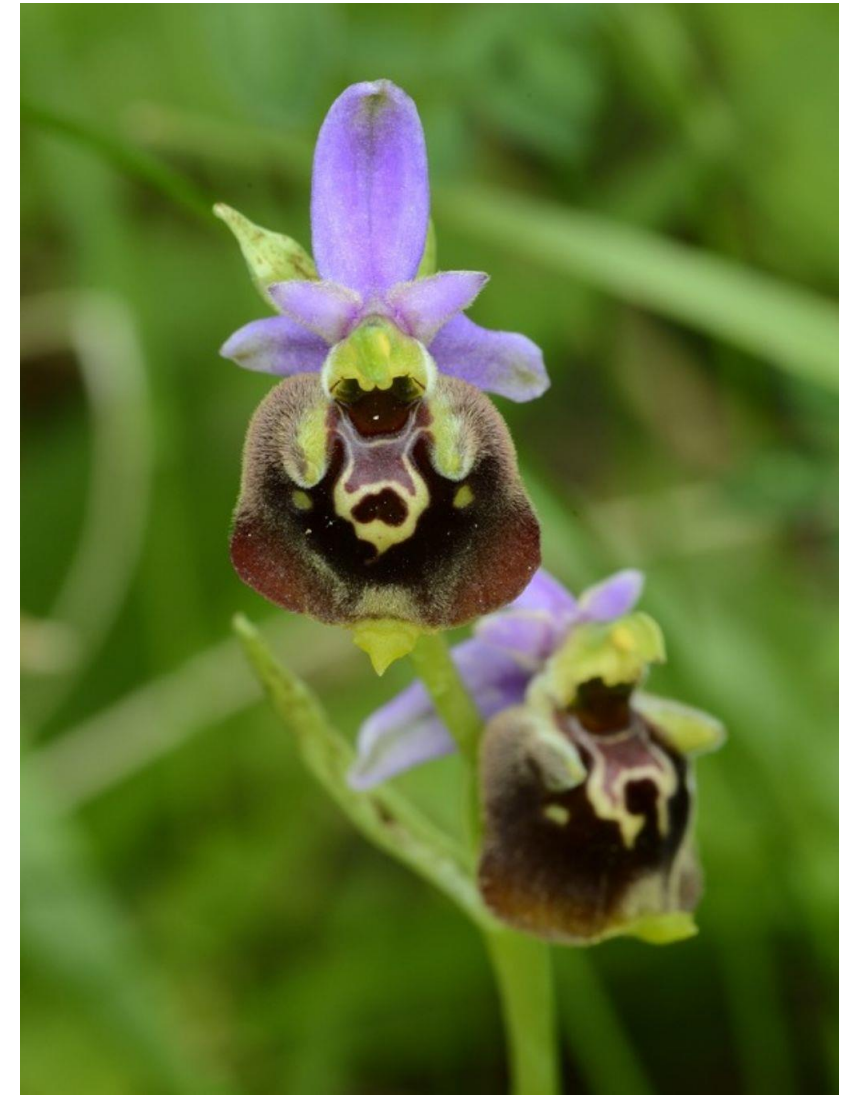
L'IMPOLLINAZIONE BIOTICA è un tipo d'impollinazione che può essere CASUALE o SPECIFICA.

Se è **casuale** il fiore viene visitato da molti tipi di animali (più comunemente insetti).

Se è **specifica** si ha un rapporto di dipendenza e co-evoluzione fra il fiore e l'animale.

Nel fiore, in questo caso, ci sono dei richiami specie-specifici. Gli apparati fiorali devono dare qualcosa all'animale e richiamarlo con meccanismi di attrazione quali la seduzione e l'inganno.

Un esempio specie-specifico e d'inganno è quello del genere *Ophrys* che producono un feromone simile a quello delle femmine di alcuni bombi. I maschi arrivano sul fiore attratti dal feromone e compiono una "pseudocopula" con il fiore e si caricano di polline che verrà liberato su un altro fiore.



I meccanismi di attrazione sono :

POLLINE: usato come cibo da molti insetti per il suo elevato contenuto di proteine.

NETTARI: essudati costituiti da vari tipi di zuccheri.

OLI: prodotti da peli ghiandolari e usati dagli insetti per impastare il polline.

ODORE : le piante generalmente non emanano odori per l'intera giornata, inoltre è da ricordare che la percezione degli odori da parte degli animali è differente da quello dell'uomo.

MESSAGGI VISIVI: forma e colore.

LIBERAZIONE DI CALORE: avviene durante la fioritura di molte specie appartenenti alle famiglie delle *Nymphaeaceae*, *Araceae*, gli insetti trovano nel fiore o nell'infiorescenza un riparo caldo.

- I fiori impollinati dai ditteri hanno colori neutri ed odori forti.
- I fiori impollinati dalle api sono blu e gialli.
- I fiori impollinati dalle falene e dalle farfalle hanno la corolla con un lungo tubo.
- I fiori impollinati da uccelli producono grandi quantità di nettare, sono rossi e inodori.
- I fiori impollinati da pipistrelli producono abbondante nettare e hanno colori spenti e odori forti.
- I fiori impollinati tramite il vento non producono nettare, hanno colori smorti e sono inodori.
- Le angiosperme acquatiche sono impollinate tramite il trasporto dell'acqua

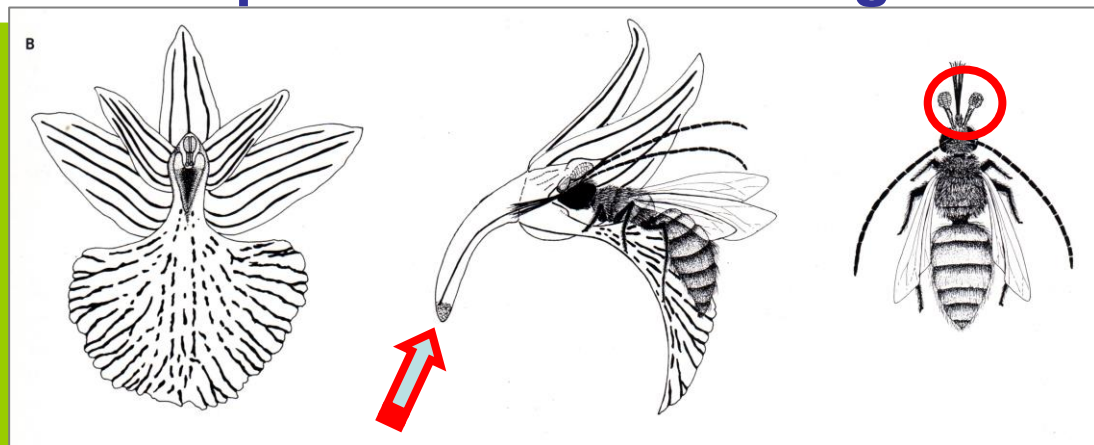
IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

Le caratteristiche di un buon insetto impollinatore sono:

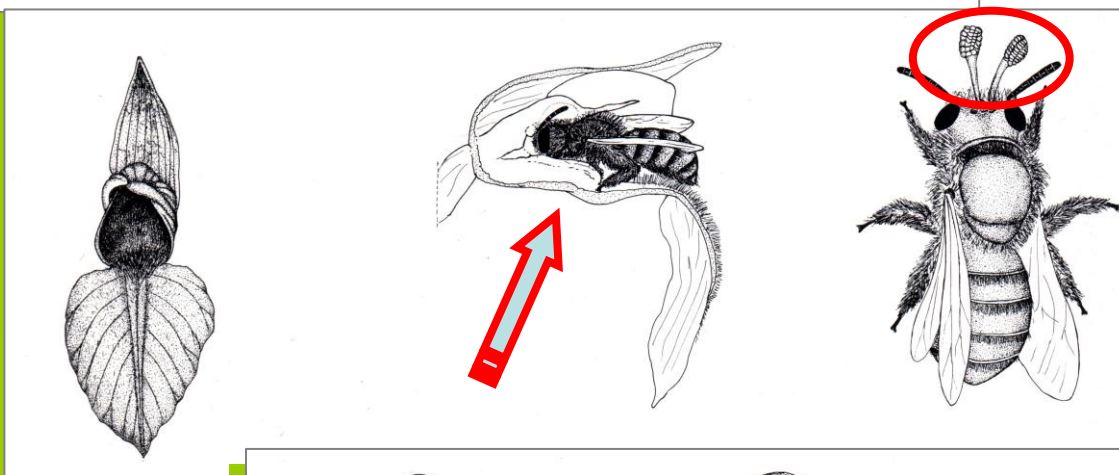
- Avere il corpo ricoperto da peli su cui far aderire il polline e rimanerci durante il volo.
- Danneggiare il meno possibile le parti fiorali; questo dipende
- Dall'apparato boccale, i migliori impollinatori sono ditteri, imenotteri e lepidotteri con apparato boccale succhiante.
- Compiere l'impollinazione nel più breve tempo possibile (alcune farfalle impollinano 25 fiori al minuto)
- Venire attratti da uno specifico segnale del fiore.

Le api sono i migliori impollinatori perché sono molto attive!

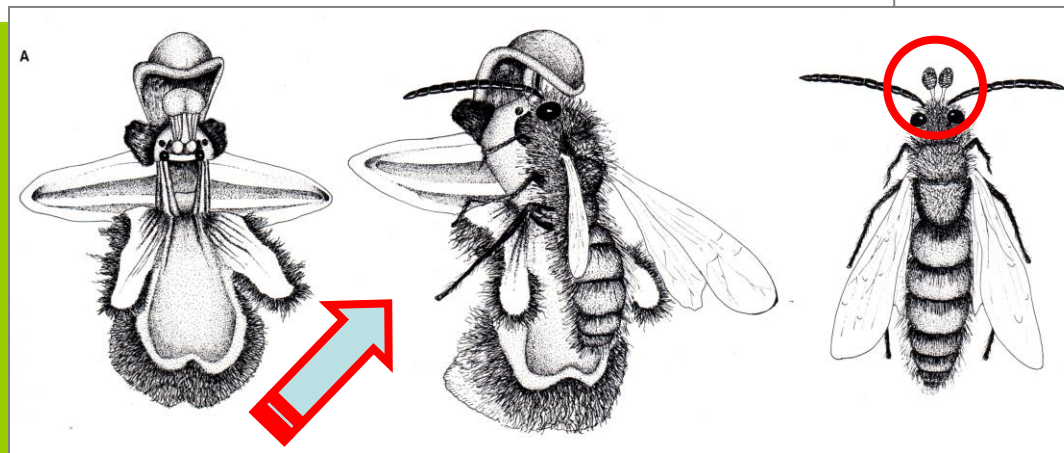
Impollinazione entomogama nelle *Orchidaceae*



aspirazione nettare con spiritromba

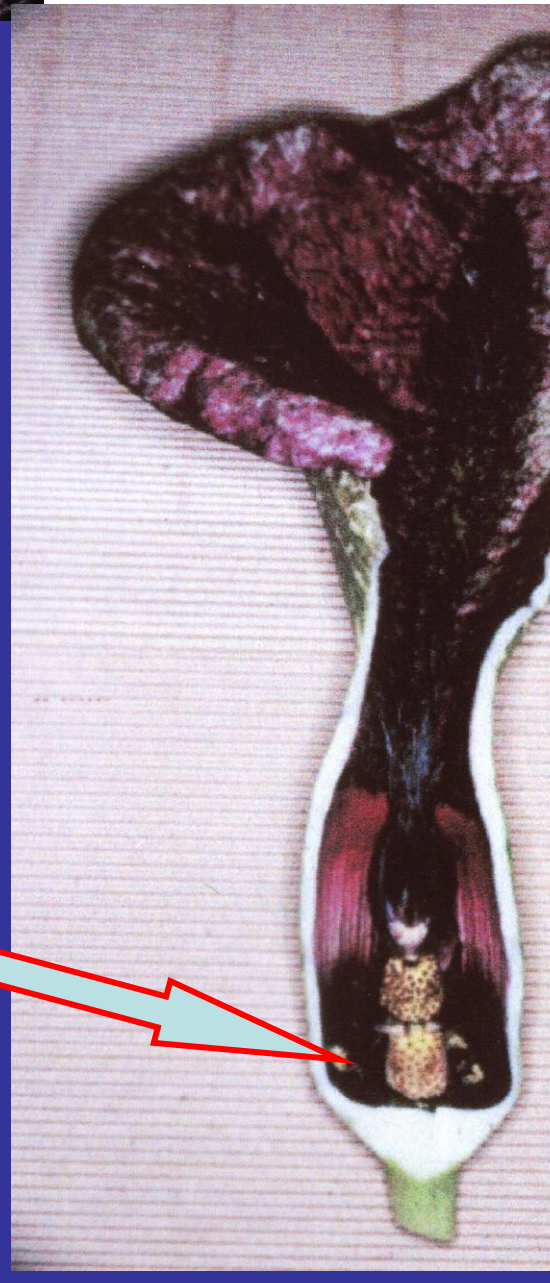


rifugio



pseudocopulazione



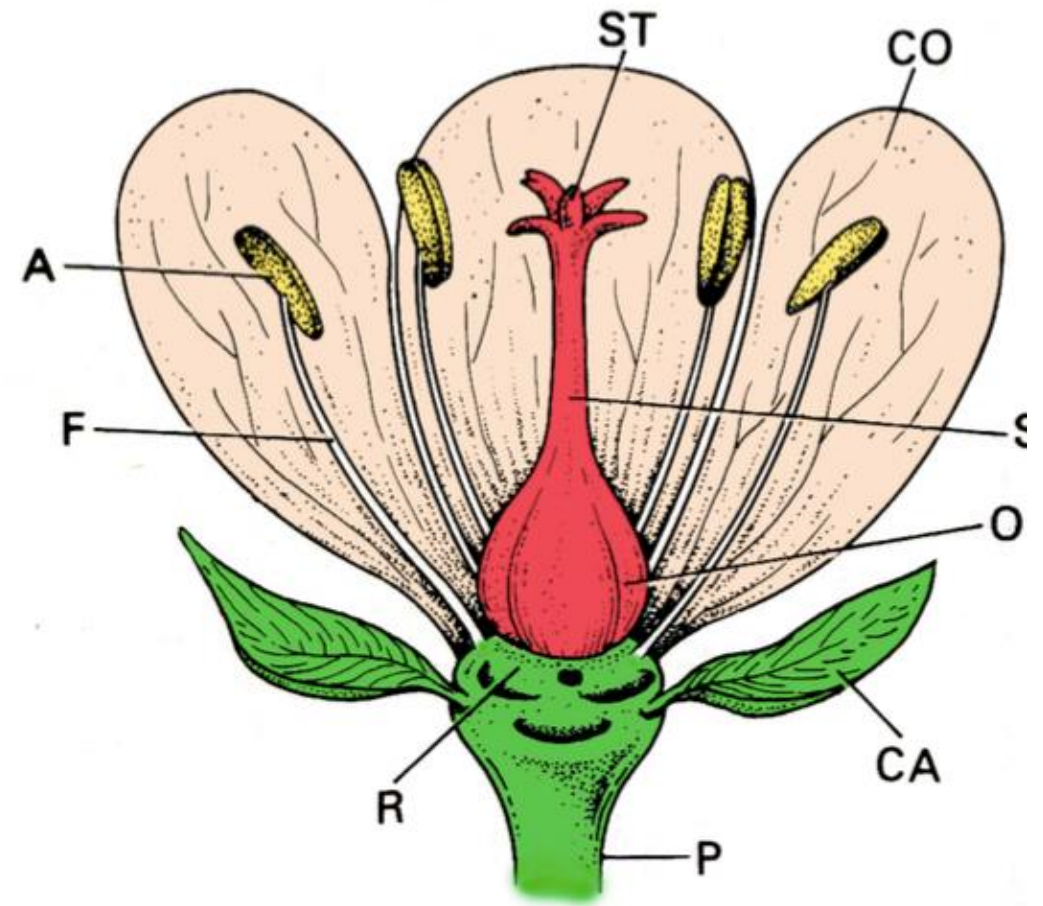


Dracunculus muscivorus

Androceo

Un fiore generico è composto da:

- Peduncolo florale (P)
- Ricettacolo (R)
- Perianzio (insieme dei Tepali)
 - Calice (insieme dei sepali) (CA)
 - Corolla (insieme dei petali) (CO)
- Androceo (insieme degli stami)
 - Stami
 - Antere (A)
 - Filamento (F)
- Gineceo (insieme dei pistilli)
 - Pistillo
 - Stimma (ST)
 - Stilo (SL)



Schema di un

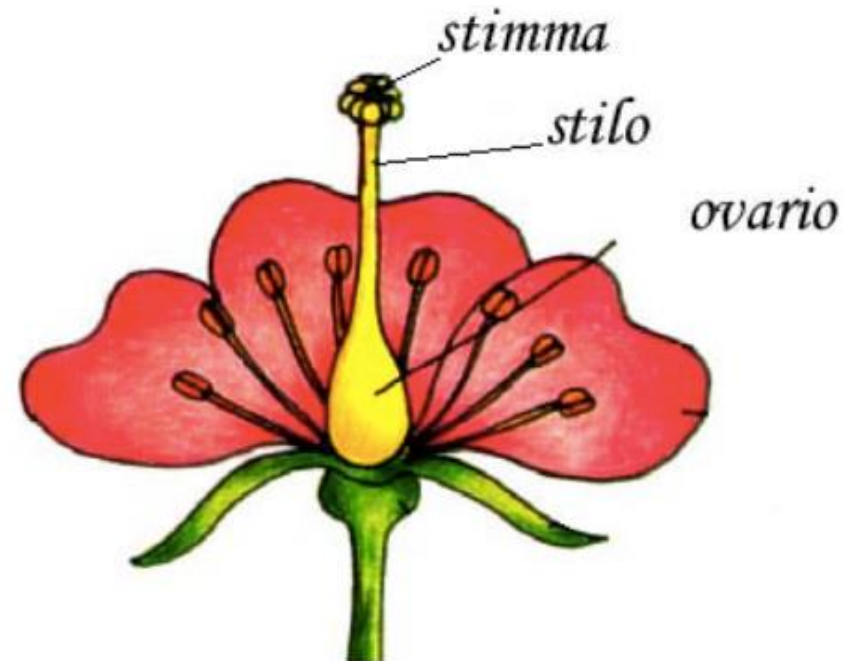
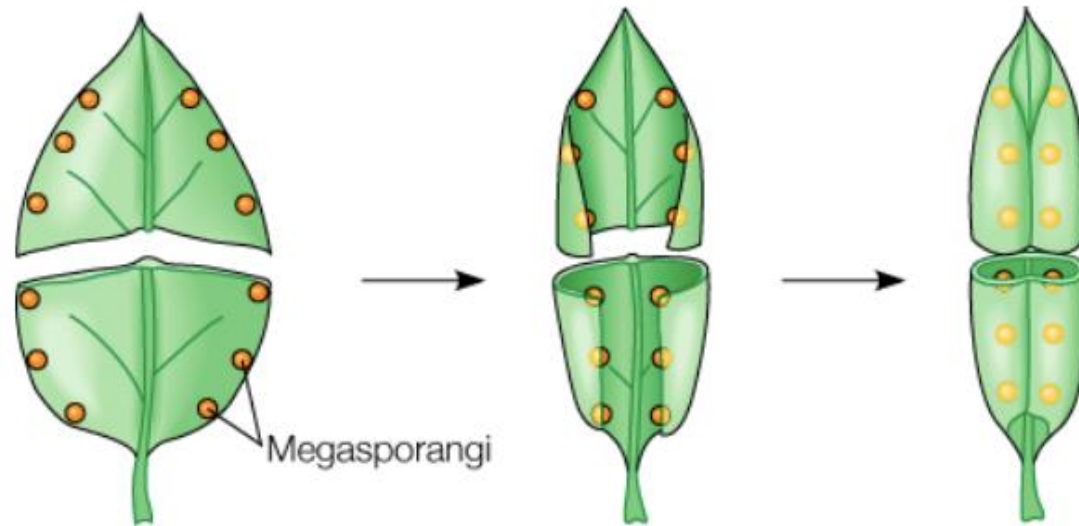
Gineceo

Il gineceo rappresenta la parte fertile femminile.

È costituito da una o più foglie modificate, chiamate **carpelli** fogliari (macrosporofilli), che sono ripiegate a formare una cavità basale chiusa, **l'ovario**, in cui sono contenuti uno o più **ovuli**.

Completano la struttura del pistillo lo **stilo**, che è un prolungamento cavo dell'ovario e lo **stigma** che è la struttura sulla quale si depositano i granuli pollinici all'atto dell'impollinazione.

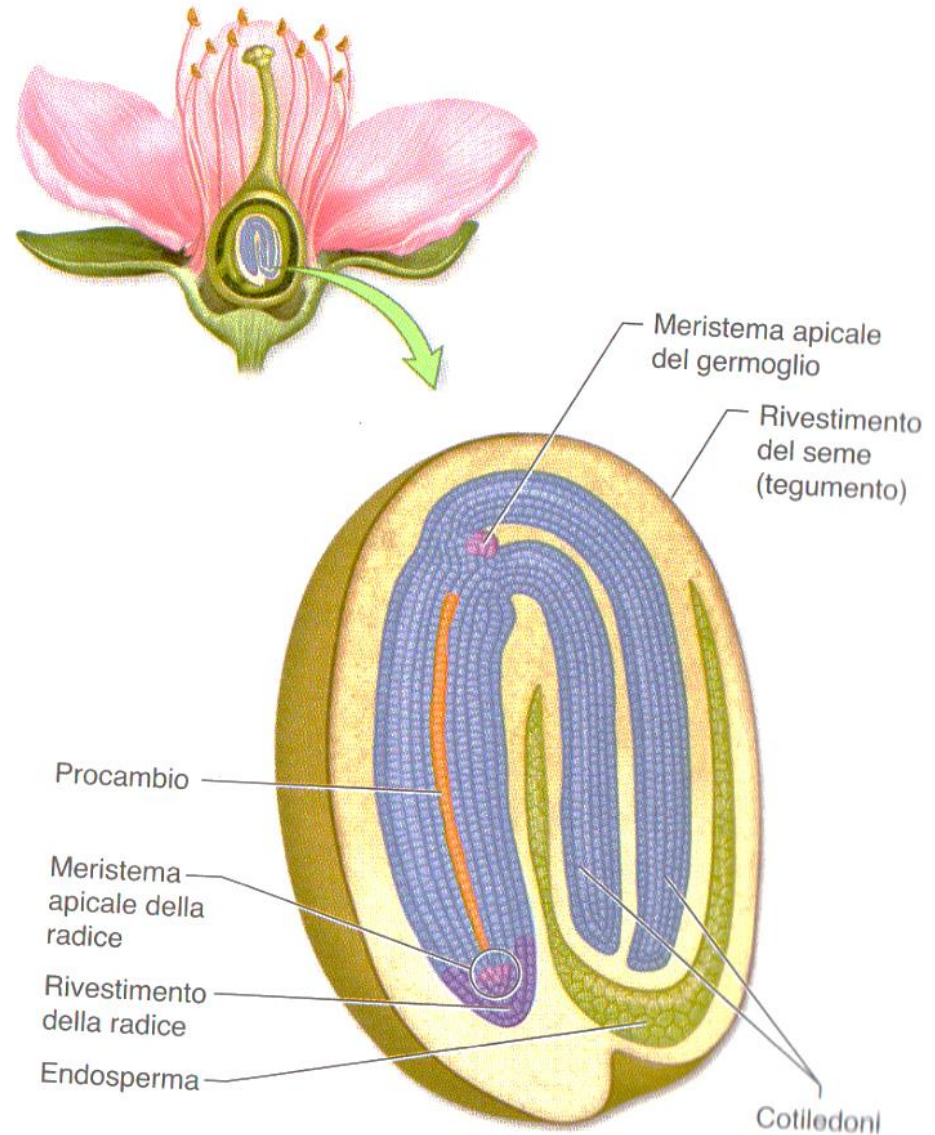
Ipotesi sull'origine del carpello a partire da una foglia riproduttiva (megasporofillo) che porta gli ovuli (megasporangi) e che si ripiega su se stessa a formare la cavità chiusa dell'ovario.



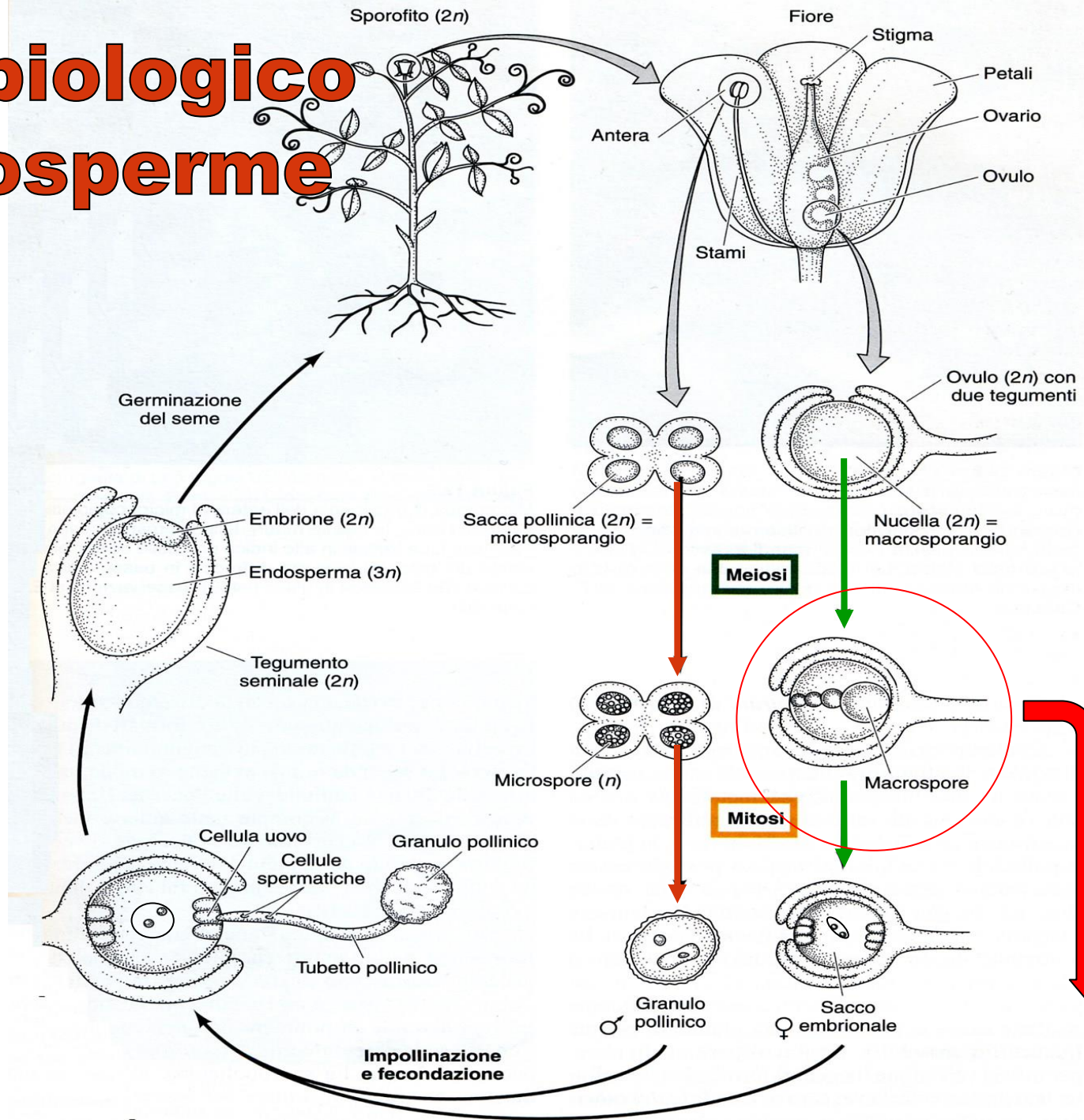
Sviluppo del seme:

1. Embriogenesi

2. Maturazione del seme

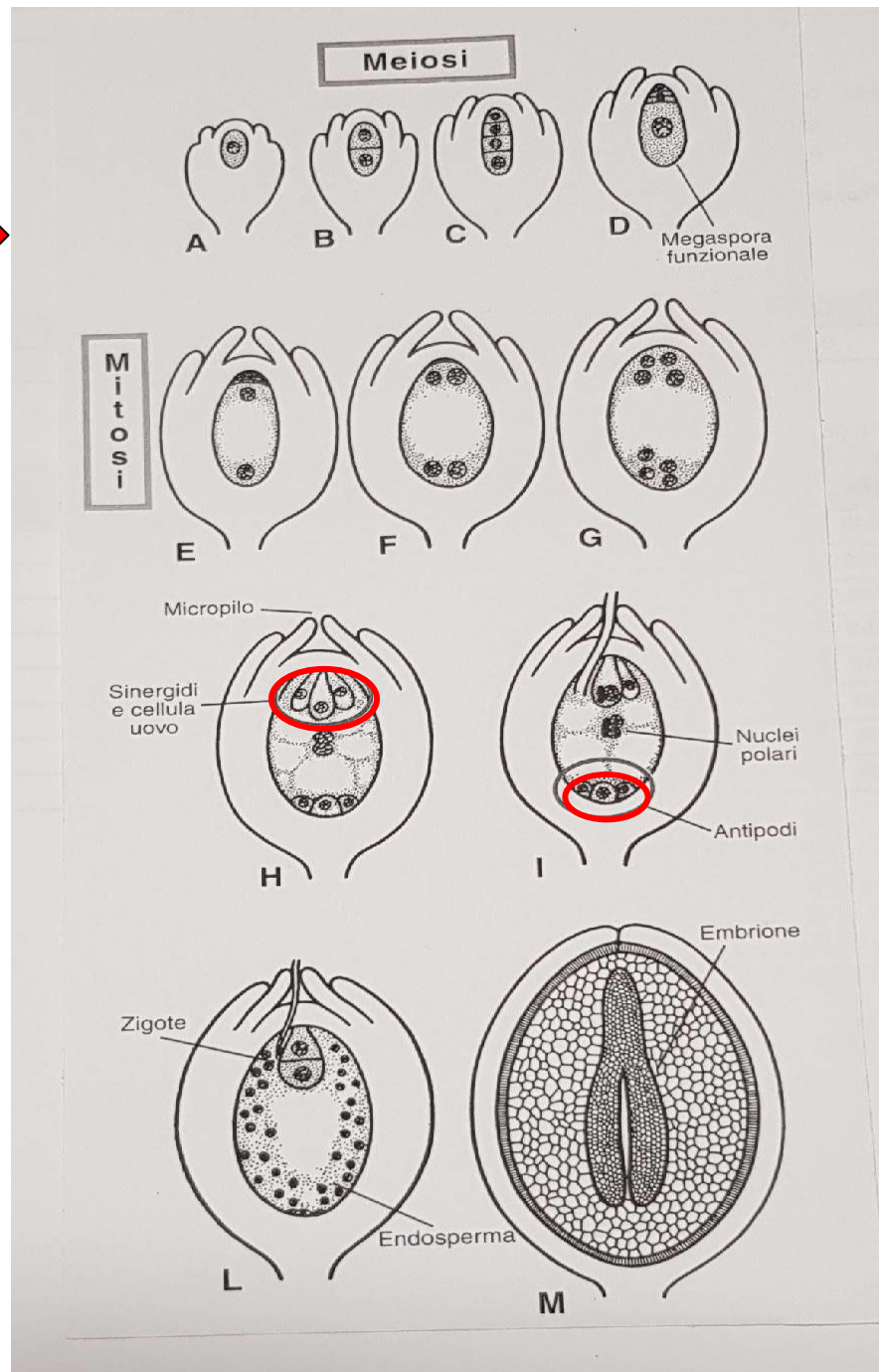


Ciclo biologico Angiosperme





L'ovulo rivestito da uno o due involucri, si distingue un tegumento esterno o **primina** e un tegumento interno o **secondina**. La parte interna dell'ovulo da cui prende origine il sacco embrionale, si chiama **nocella**. All'interno della nocella ($2n$) una sola cellula detta **cellula madre della macrospora**



macrosporogenesi

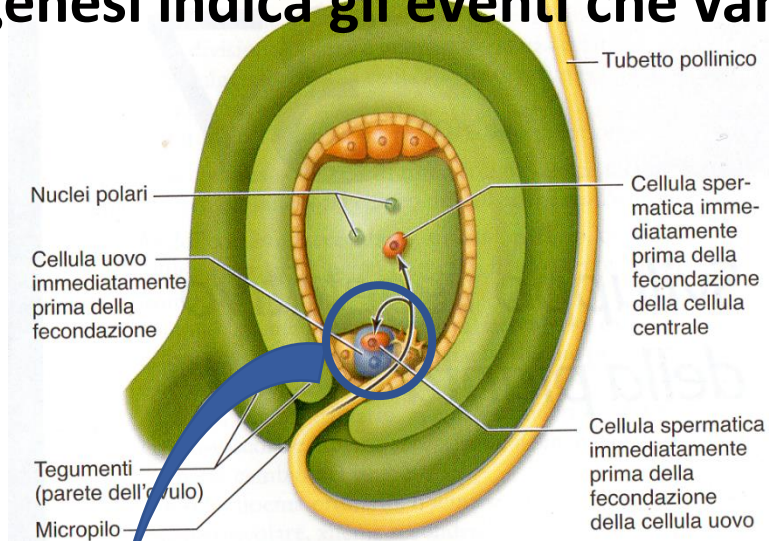


macrogametogenesi

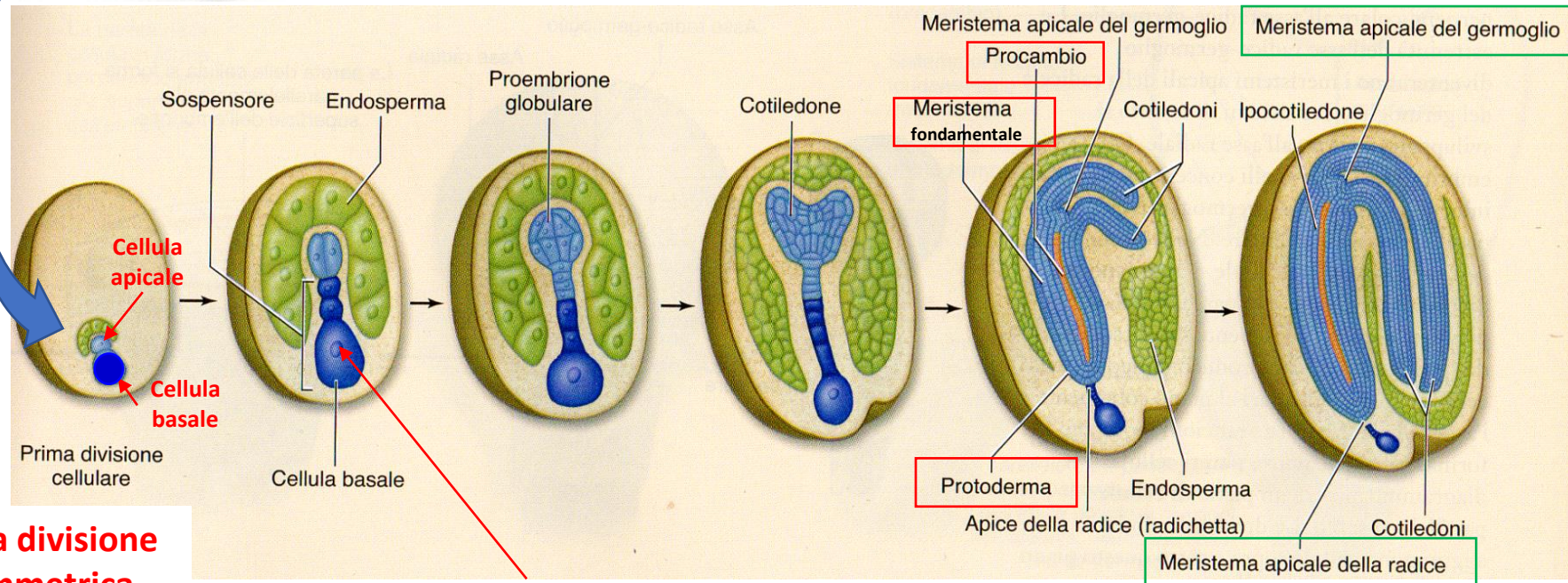


La cellula madre della macrospora, subisce meiosi, originando 4 spore aploidi: tre, in genere, degenerano, e una sola resta vitale. Questa macrospora germina all'interno dell'ovulo : **megaspore funzionale** : MACROGAMETOGENESI. Tre divisioni della megaspore funzionale che forma il gametofito femminile **8-nucleato**

L'Embriogenesi indica gli eventi che vanno dalla fecondazione alla formazione dell'embrione.



Embriogenesi in una Eudicotiledone



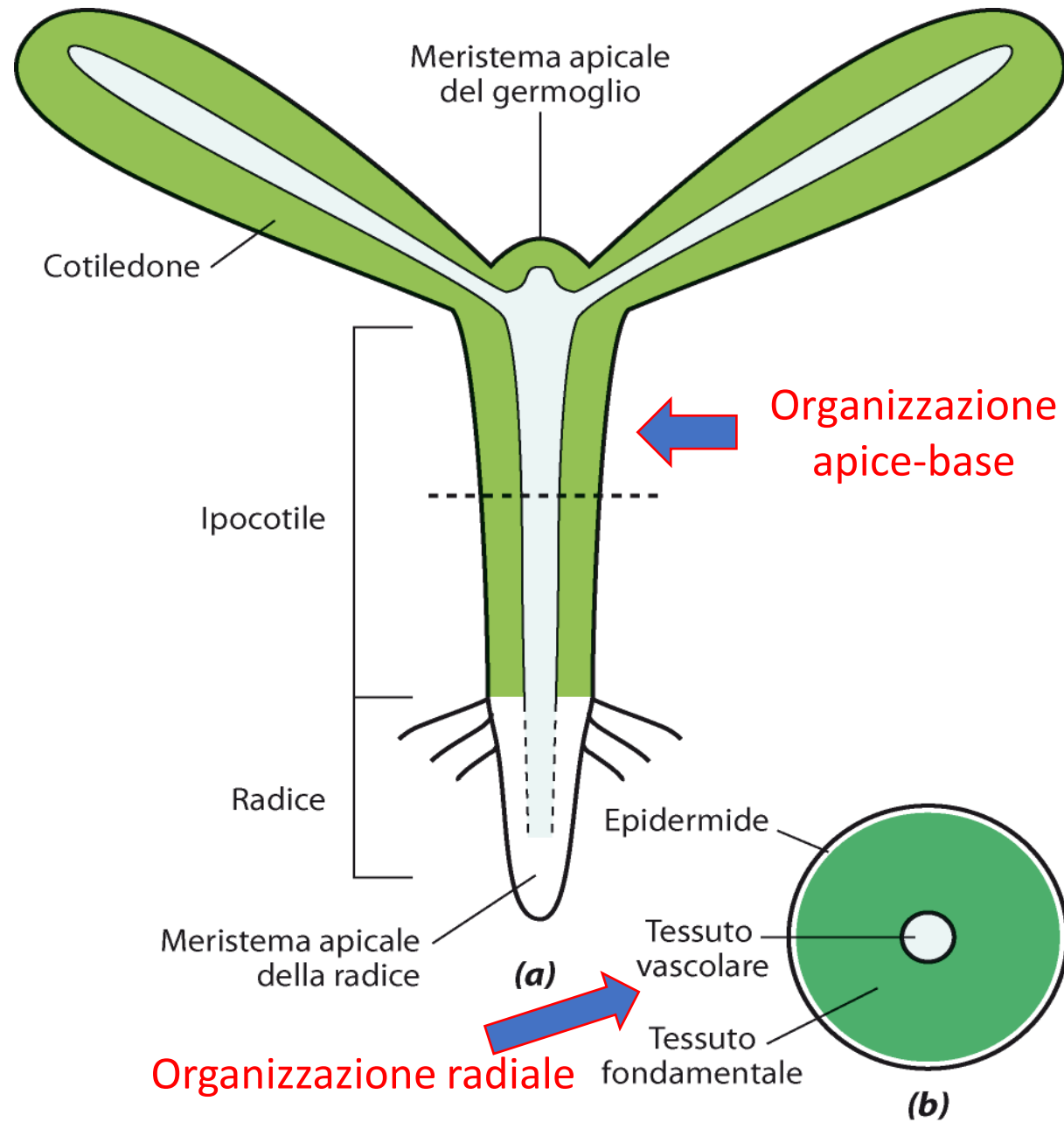
Prima divisione asimmetrica

La **cellula basale** produce il **sospensore** (funzione di ancoraggio dell'embrione)

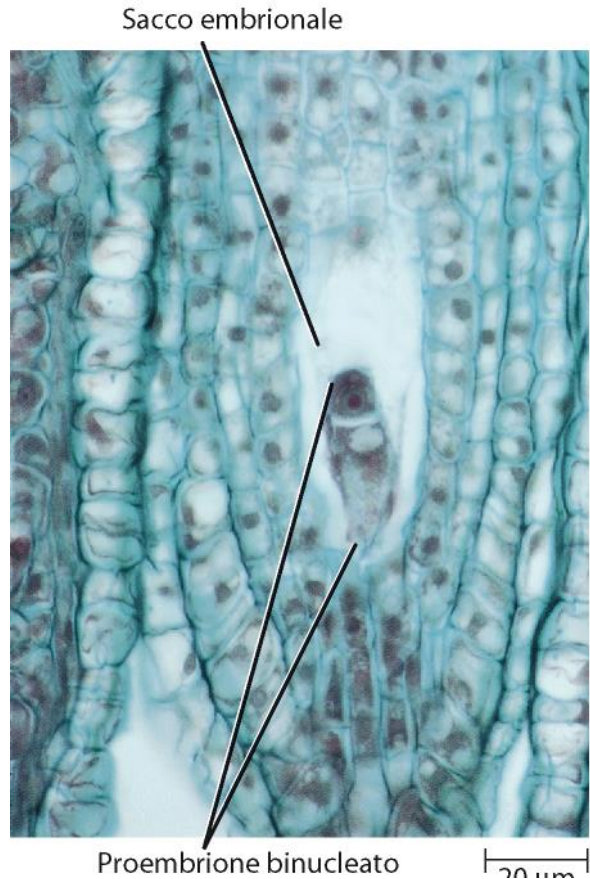
La prima divisione dello zigote forma due cellule, una più piccola apicale rivolta al polo calazale che formerà l'embrione, l'altra più grande basale rivolta verso il micropilo che formerà il sospensore, che ha la doppia funzione di ancorare l'embrione al micropilo e trasferire le sostanze nutritive dall'endosperma all'embrione. La cellula apicale si divide e raggiunge lo stadio a 8 cellule detto ottante, per ulteriori divisioni si raggiungerà lo stadio globulare di 16 cellule. In questa fase si distinguono diversi strati: le cellule dello strato più esterno, detto protoderma, formeranno l'epidermide, mentre quelle più interne origineranno il procambio ed il tessuto fondamentale. Con il procedere delle divisioni cellulari, l'embrione delle dicotiledoni passerà allo stadio a cuore, in cui sono distinguibili gli abbozzi dei cotiledoni, e stabilirà la polarità con l'organizzazione apice-base lungo l'asse longitudinale. Tra i cotiledoni si formerà il meristema apicale del germoglio che darà origine alla parte aerea della pianta, mentre al polo opposto comincerà a differenziarsi il meristema apicale radicale che formerà l'apparato radicale. Con l'ulteriore sviluppo dei cotiledoni, l'embrione passa allo stadio a torpedo. L'embrione è completamente formato quando i cotiledoni si incurvano assumendo la forma di U rovesciata

L'embriogenesi stabilisce il piano strutturale della pianta

Polarità dell'embrione



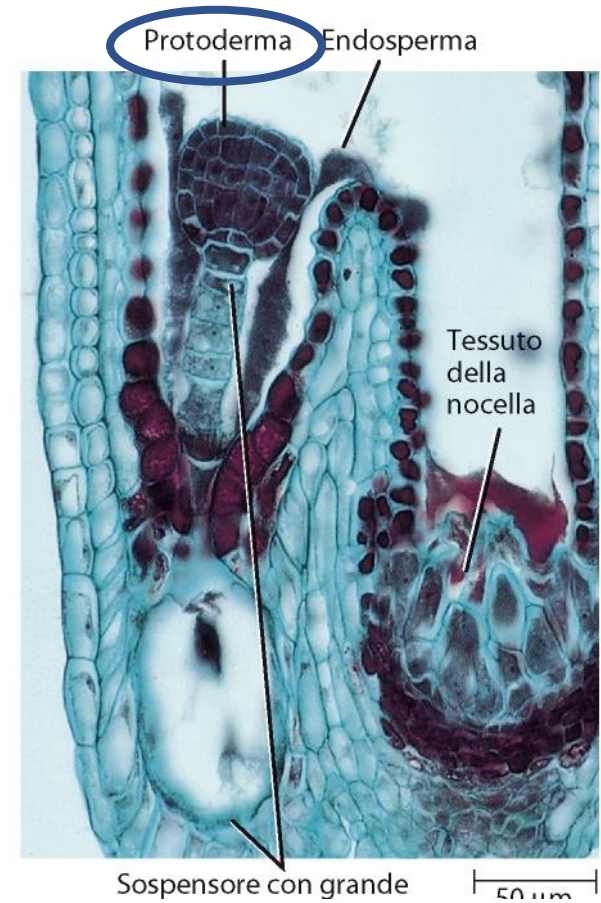
Stadio a 2 cellule



Proembrione allo stadio a 8 cellule



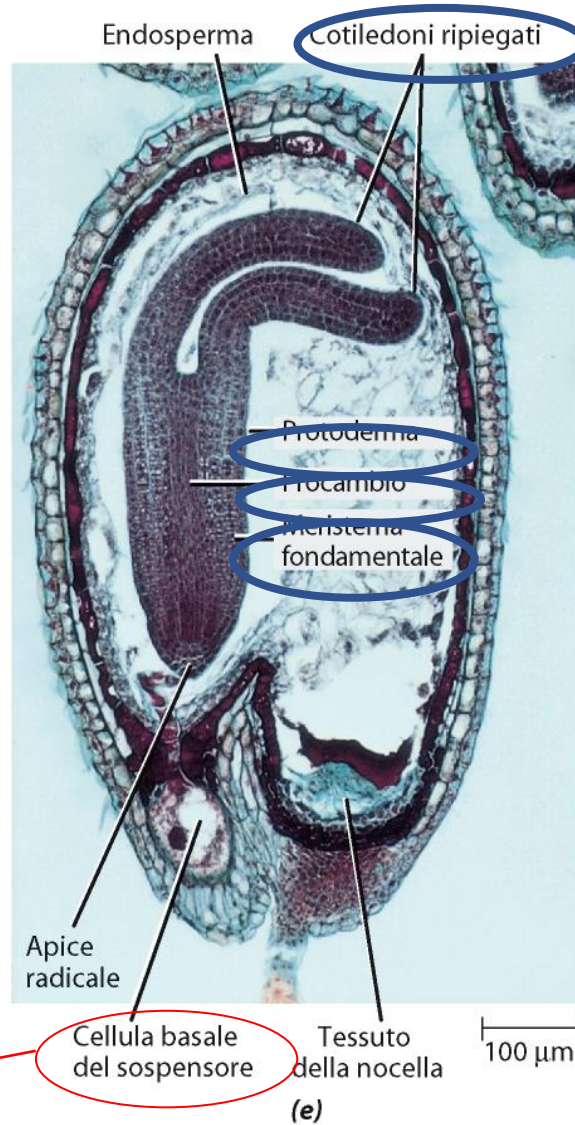
Embrione allo stadio globulare



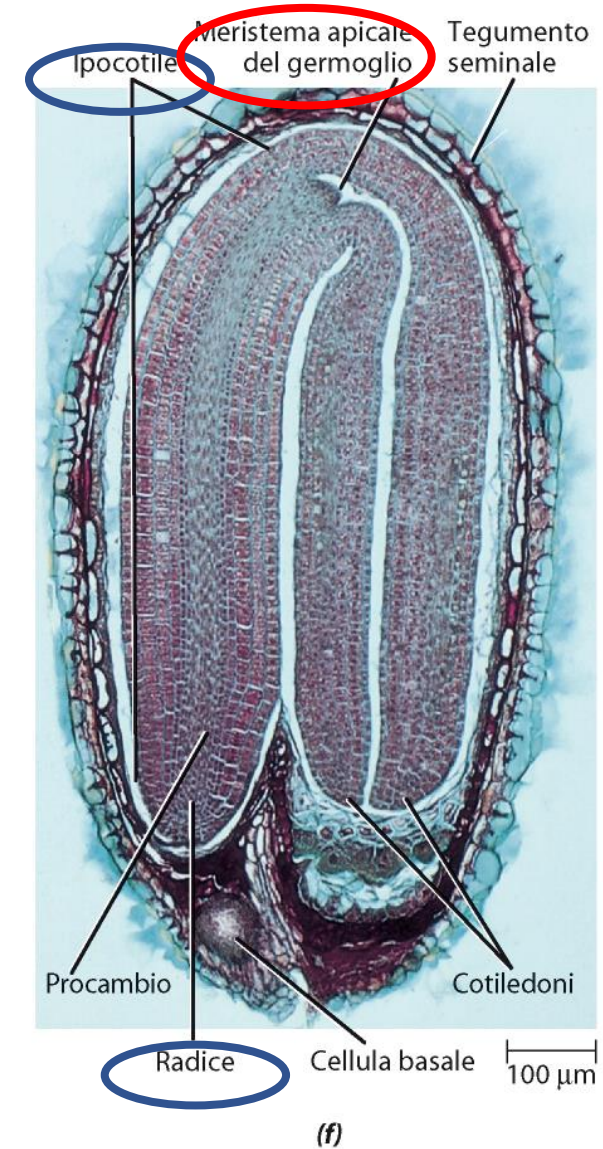
Stadio a cuore



Stadio a torpedine

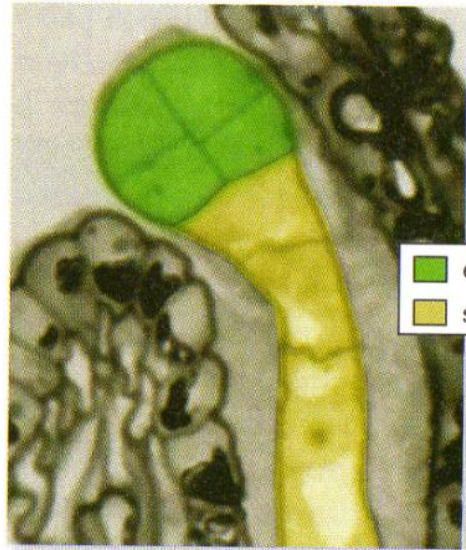


Embrione maturo



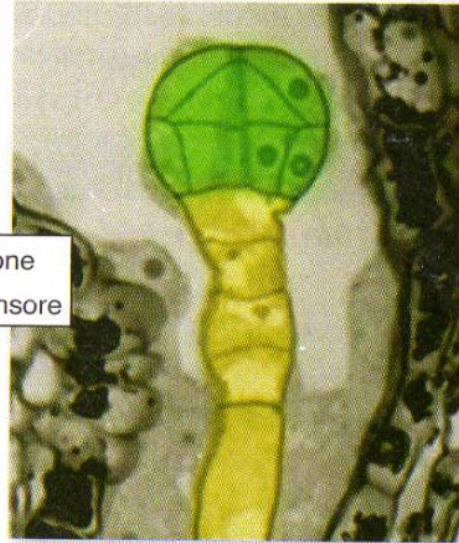
Il **sospensore** ha la funzione di sostenere metabolicamente le fasi precoci dello sviluppo dell'embrione, fornendogli nutrienti e regolatori della crescita (gibberelline) attraverso numerosi plasmodesmi.

Va incontro a *morte cellulare programmata* quando l'embrione raggiunge lo stadio a torpedine

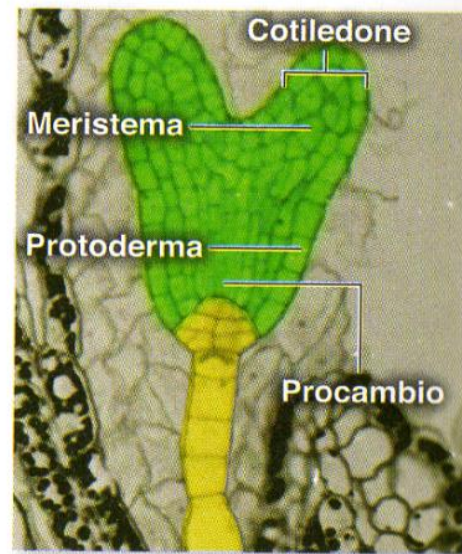
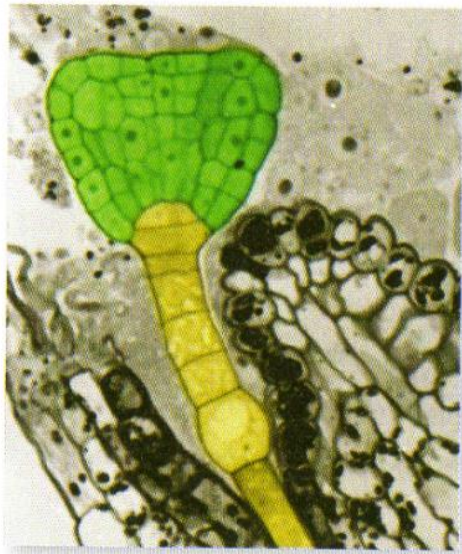


■ embrione
■ sospendore

a.



b.

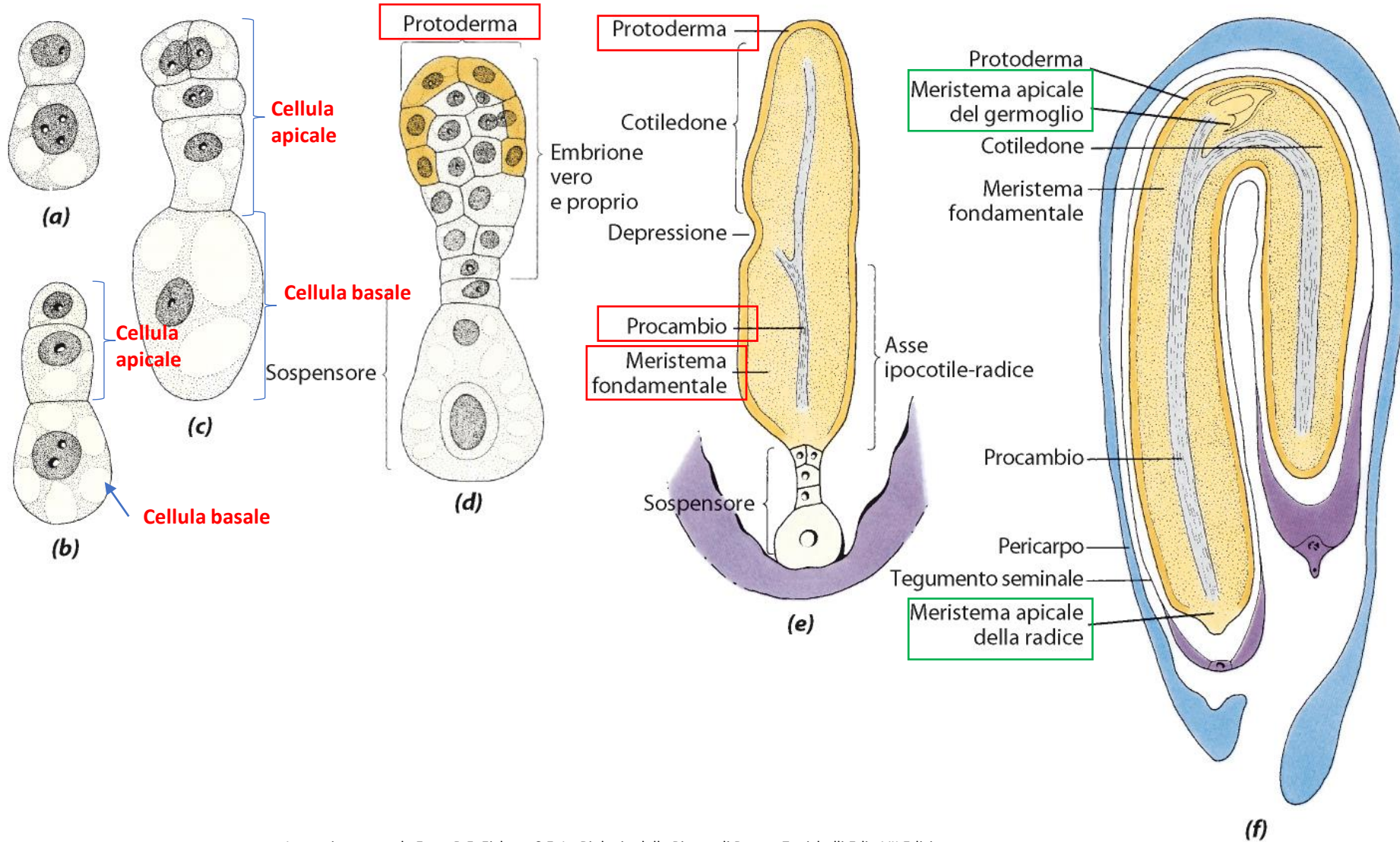


Meristemi primari:

- Protoderma (epidermide)
- Procambio (tessuto vascolare)
- Meristema fondamentale (tessuto fondamentale)

Embriogenesi in una Monocotiledone

Prima divisione
asimmetrica





Cotiledoni
(endosperma)

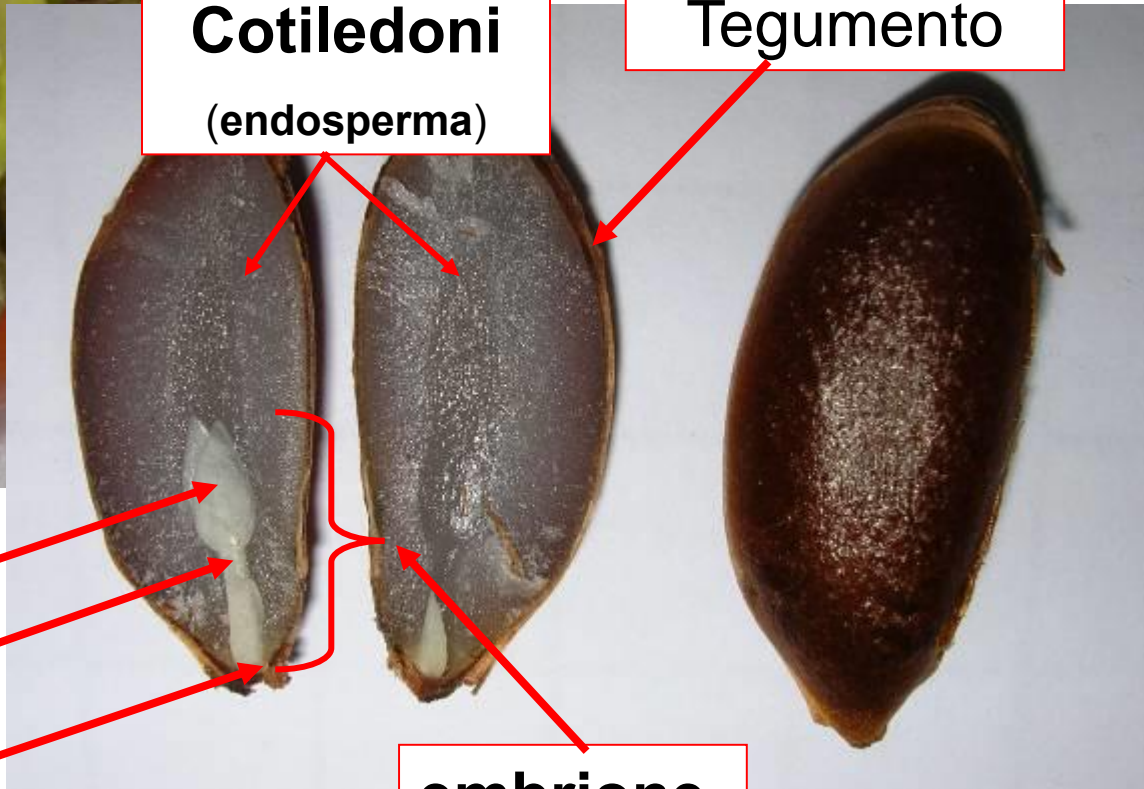
Tegumento

piumetta

ipocotile

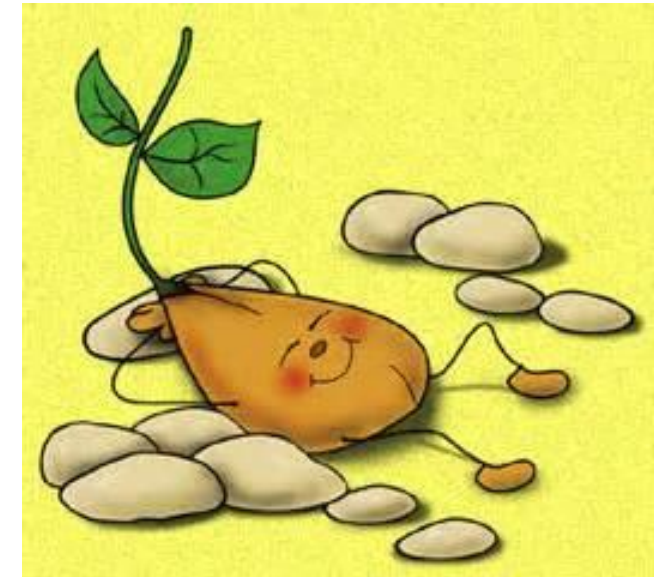
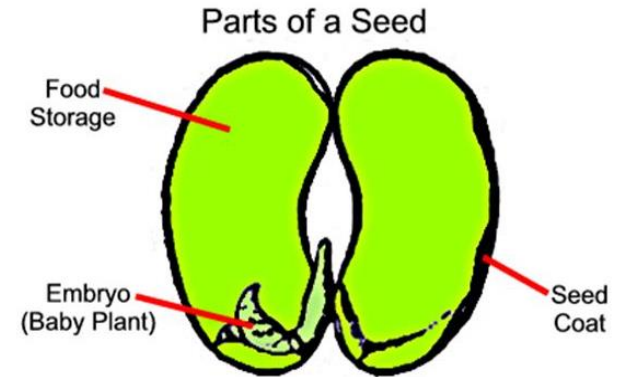
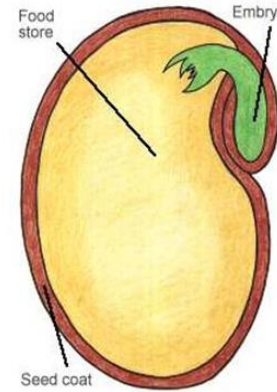
radichetta

embrione



Il seme è costituito da:

- ❑ L'**embrione**, all'interno del seme si trova in condizioni di vita latente (le sue attività metaboliche sono ridotte al minimo e quindi può sopravvivere a lungo);
- ❑ le **sostanze di riserva**, sono necessarie perché nelle prime fasi di sviluppo la plantula è priva di pigmenti fotosintetici e deve condurre un periodo di vita eterotrofa;
- ❑ i **tegumenti**, hanno la funzione di protezione



Endosperma e sostanze di riserva

A seconda che le sostanze di riserva siano nell'endosperma (la maggior parte delle monocotiledoni) o nei cotiledoni (in molte dicotiledoni) si parla di semi **albuminosi** o **esalbuminosi**

Le sostanze di riserva presenti nei semi sono di tre tipi:

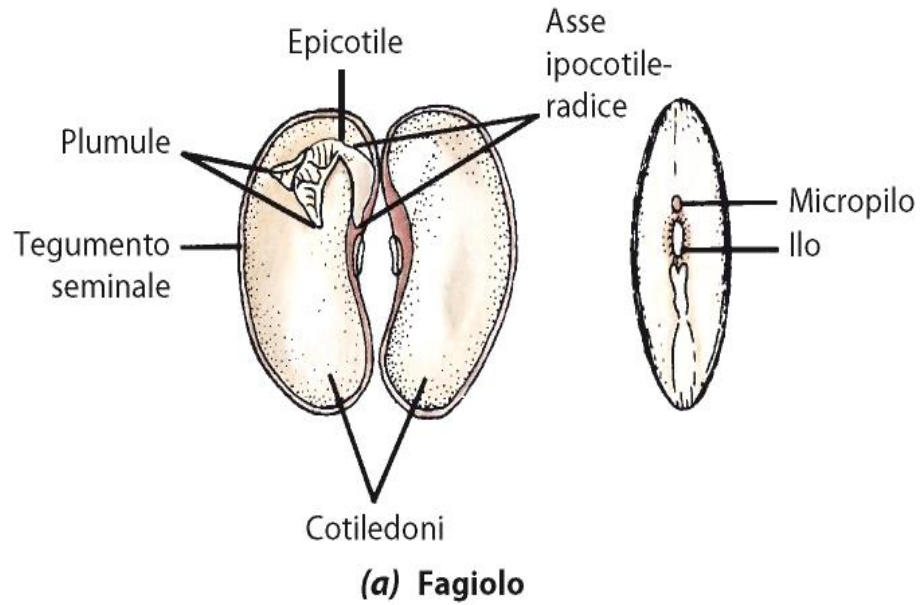
Carboidrati contenuti negli amiloplasti

Grassi contenuti negli sferosomi

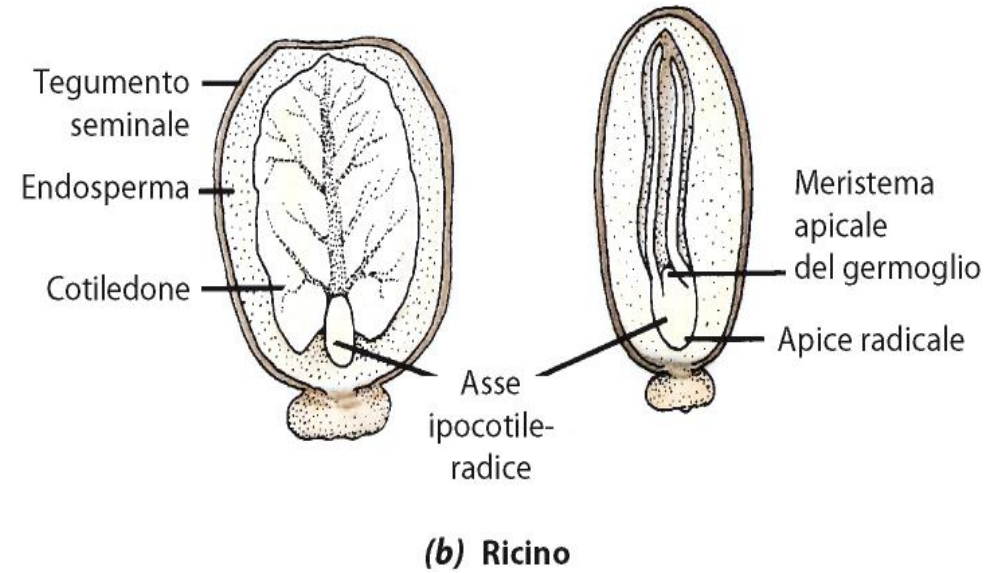
Proteine accumulate nei granuli di aleurone

Le loro quantità variano con il variare della specie

Eudicotiledoni

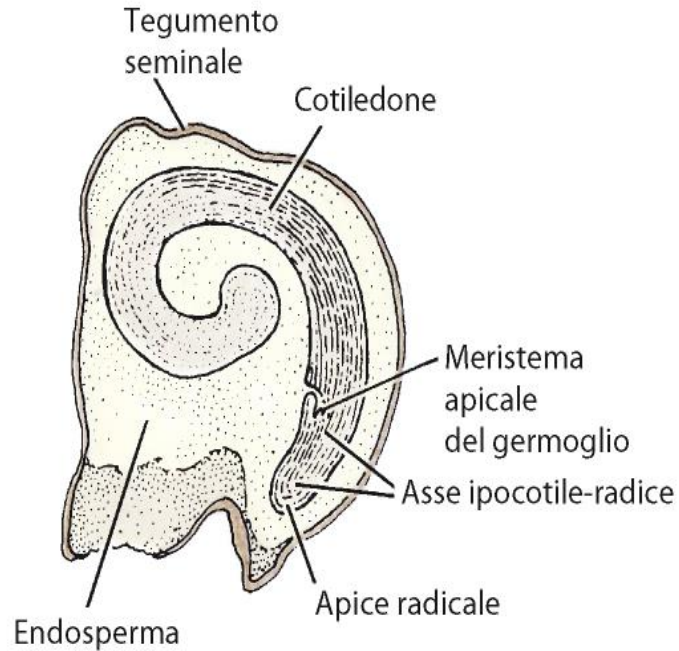


I semi di fagiolo hanno cotiledoni piuttosto grandi ma senza endosperma
(anche girasole, noce, pisello)

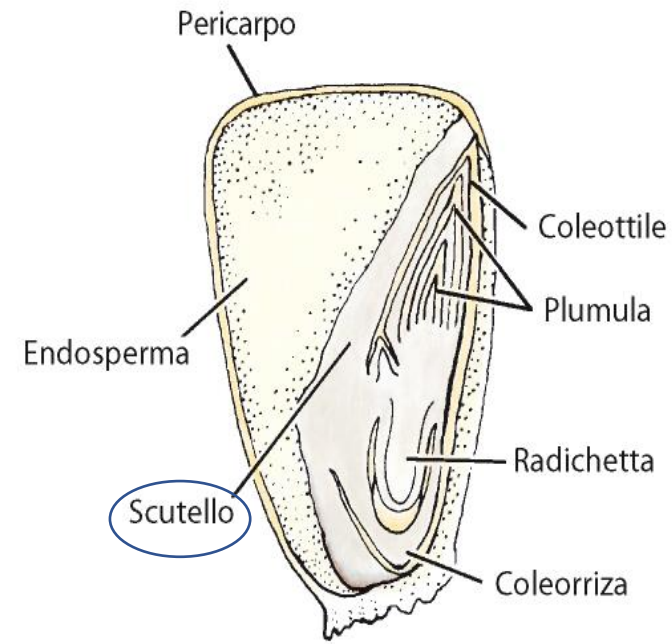


I semi di ricino hanno abbondante endosperma e i cotiledoni, sottili e membranacei, assorbono i nutrienti dall'endosperma durante la ripresa della crescita embrionale

Monocotiledoni



(c) Cipolla



(d) Mais



Nelle Monocotiledoni il singolo cotiledone funziona sia come organo di accumulo delle sostanze di riserva, sia come organo assorbente (digestione enzimatica)

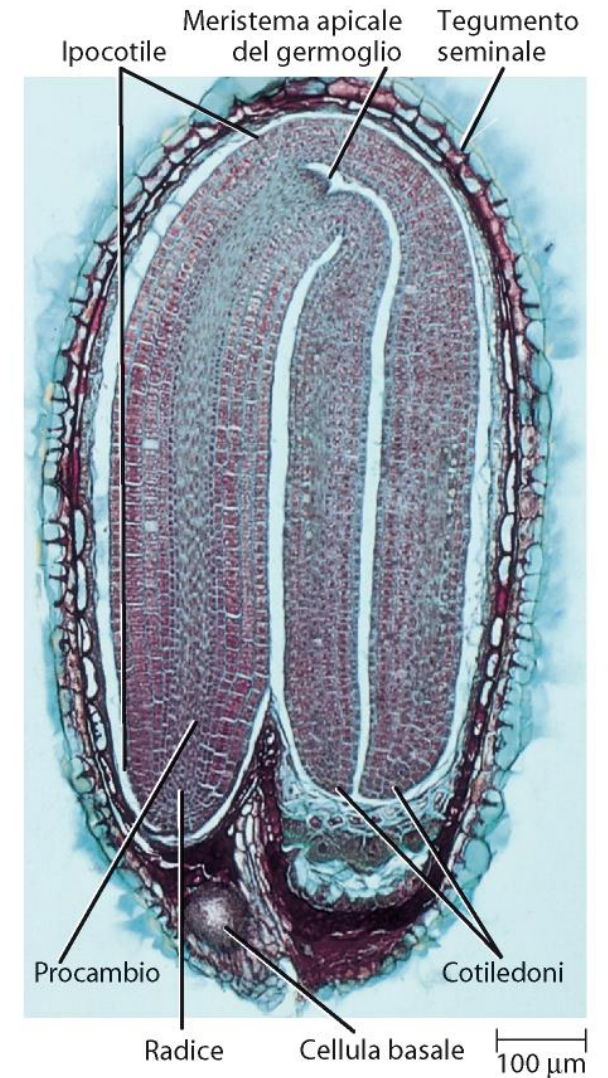
Nelle Graminaceae il cotiledone, carnoso e massiccio, viene chiamato **scutello** e funziona come organo assorbente dei nutrienti dell'endosperma

Maturazione del seme

Terminata l'embriogenesi, nell'embrione maturo cessano le divisioni e inizia la fase di **Maturazione del seme**

Il seme va incontro a forte disidratazione e l'involucro seminale si indurisce a protezione dell'embrione

All'interno del seme il metabolismo diminuisce notevolmente consentendo all'embrione di rimanere vitale per lunghi periodi



(f)

Embrione maturo

GERMINAZIONE

- E' il complesso dei processi per i quali un seme, in condizioni ambientali adatte, manifesta una rapida ripresa di sviluppo dell'**embrione**, contenuto al suo interno, dando origine ad una nuova pianta.
- può essere definita come il passaggio della **plantula** da una fase di vita rallentata (**dormienza** o quiescenza o diapausa) a una fase di attivo metabolismo e sviluppo.
- E' legata al verificarsi di condizioni interne al seme (intrinseche) ed esterne (estrinseche)
- Per il successo della germinazione il seme deve raggiungere lo stato di maturazione sia **morfologica** che **fisiologica**

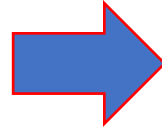
I fattori ambientali che condizionano la germinazione del seme sono:

- 1) Adeguata quantità **d'acqua**
- 2) Quantità sufficiente di **O₂**
- 3) Idonea **temperatura**
- 4) **luce:**
 - 4.1) fotoblastici (presenza di luce)
 - 4.2) afotoblastici (assenza di luce)
 - 4.3) indifferenti

La dormienza di un seme può essere causata

- dall'immaturità fisiologica dell'embrione,
- dalle caratteristiche dei tegumenti

I semi di molte piante, al termine del disseccamento entrano in uno stato di **quiescenza**



La ripresa della crescita dell'embrione (germinazione) dipende dalla disponibilità di **acqua, ossigeno, temperatura** e in alcuni casi **luce**

Altri semi divengono **dormienti**

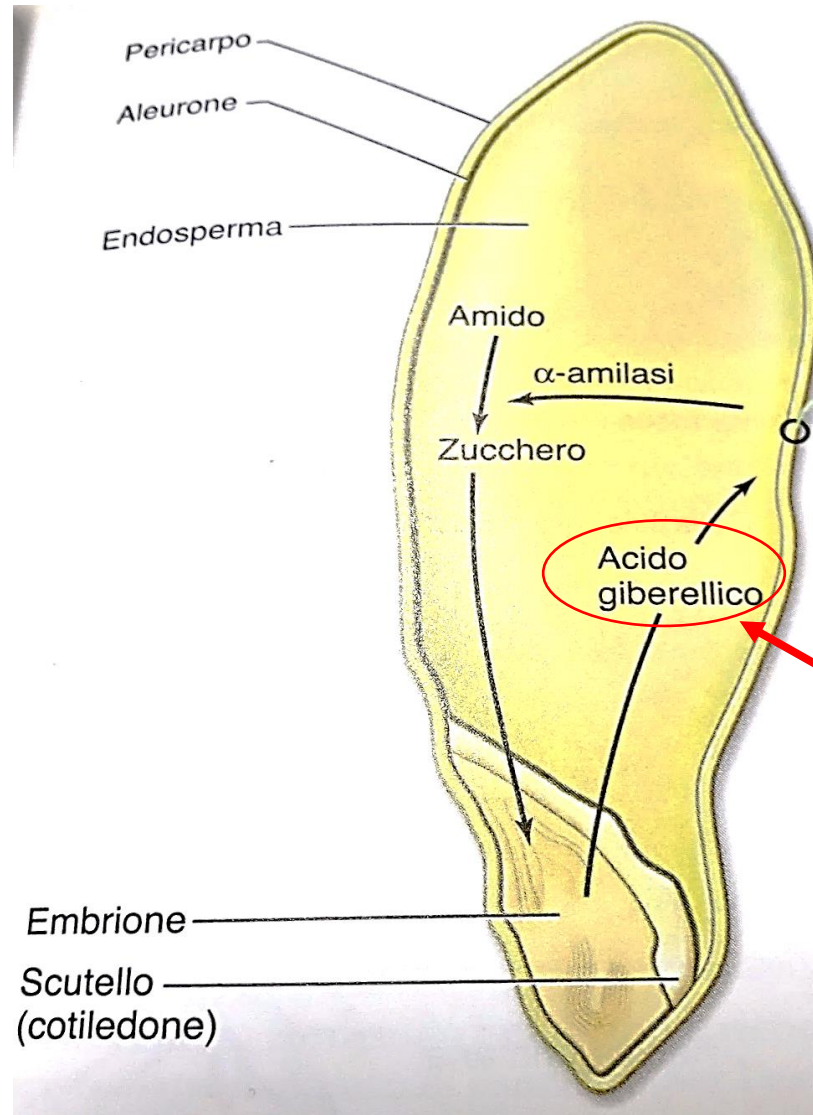


Non germinano neanche se le condizioni ambientali sono favorevoli

Dormienza determinata dall'involucro

Dormienza dell'embrione

Dormienza dell'embrione



Il rapporto tra due ormoni, prodotti dall'embrione, (**acido abscissico** e **acido giberellico**) svolge un ruolo importante

L'**acido abscissico** promuove la dormienza;
L'**acido giberellico** stimola la germinazione

Dormienza dell'embrione



Immaturità fisiologica

Alcuni semi devono andare incontro ad una serie di cambiamenti enzimatici e biochimici prima di poter germinare (**post-maturazione**).

Nelle regioni temperate, le temperature invernali innescano la post-maturazione impedendo al seme di germinare durante il periodo freddo quando la plantula sarebbe vulnerabile

La dormienza è importante per la sopravvivenza della pianta



I semi di alcune piante del deserto germinano solamente quando le piogge dilavano dal tegumento seminale alcune sostanze inibitrici



Alcuni semi rimangono dormienti finché il caldo intenso di un incendio non provoca la rottura o fessurazione del tegumento

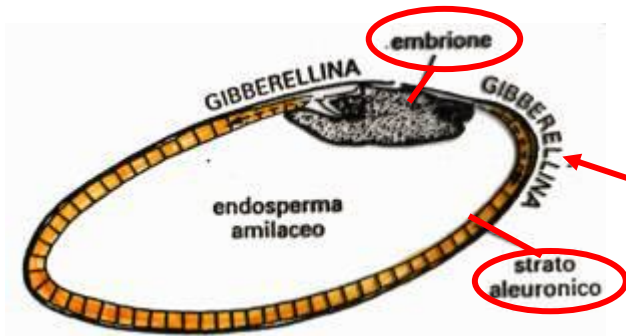


Alcuni semi devono passare
attraverso l'intestino di uccelli
o mammiferi prima di
germinare

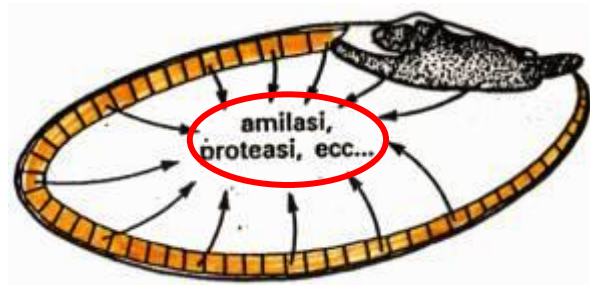
STADI DELLA GERMINAZIONE

Durante il periodo di dormienza il seme non germina in quanto il processo viene inibito dalla presenza di sostanze dette **blastocoline** (sostanze ad azione ormonale presenti nel tegumento).

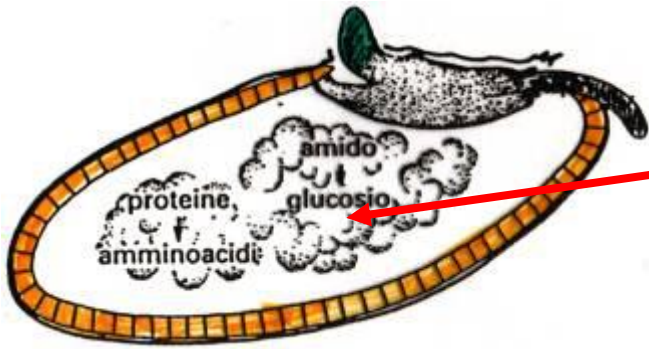
Allorquando le **blastocoline** vengono dilavate o degradate, durante il periodo di dormienza, i tegumenti seminali diventano permeabili all'acqua e ha inizio così la germinazione.



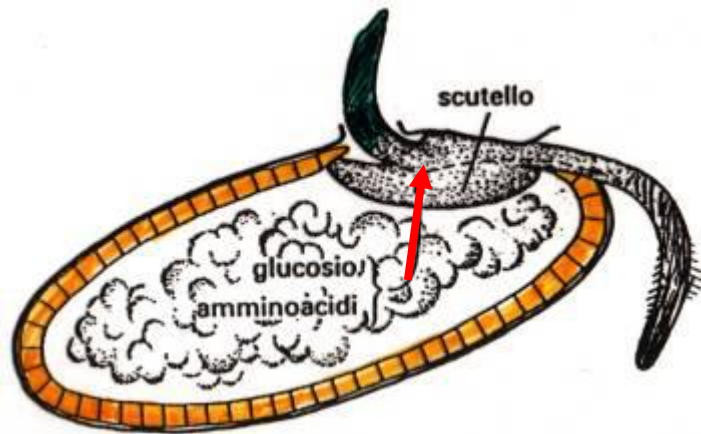
Appena il seme si imbibisce d'acqua l'embrione comincia a sintetizzare un ormone vegetale (**GIBBERELLINA**) che diffonde lungo lo strato aleuronico



Le cellule dello strato aleuronico, stimolate dalla giberellina, attivano gli **enzimi idrolitici** e li secernono nell'endosperma amilaceo. Anche l'embrione secerne enzimi idrolitici

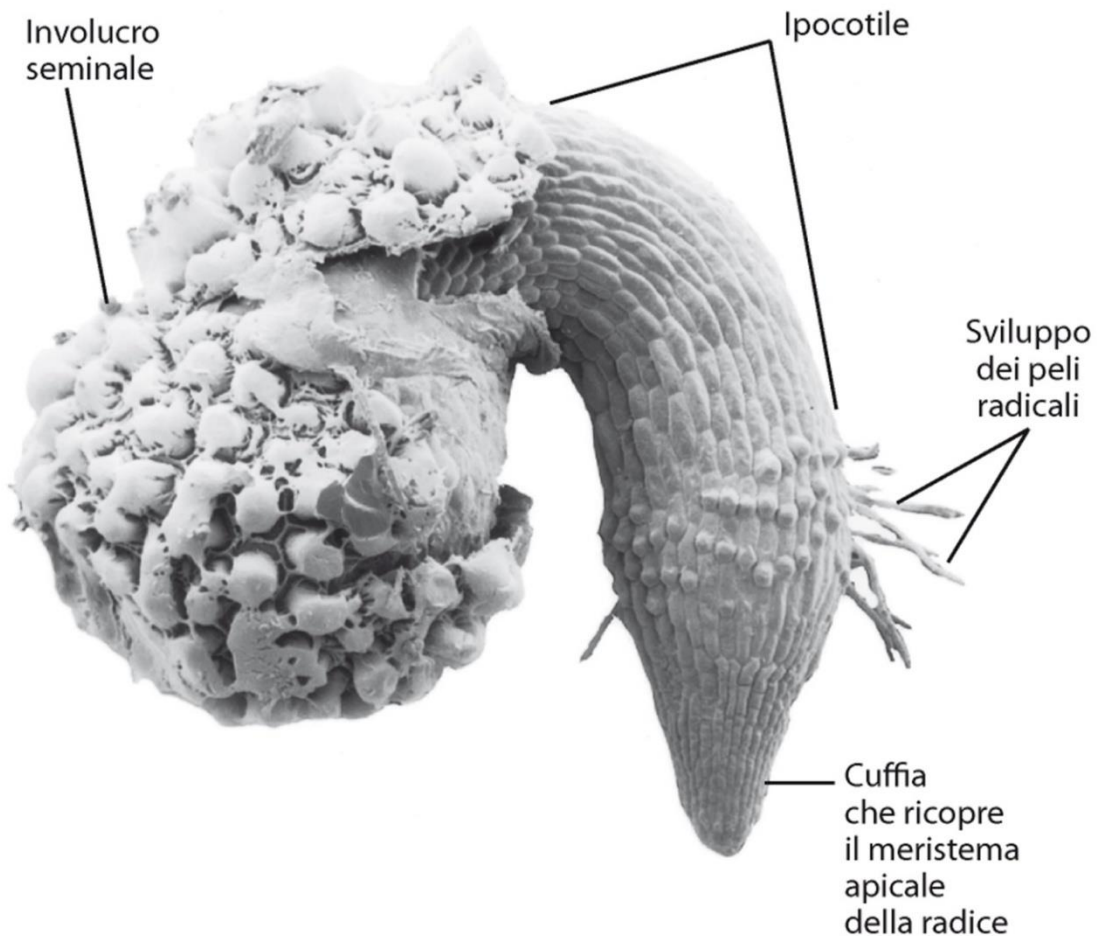


Gli enzimi secreti dallo strato aleuronico e dall'embrione idrolizzano le riserve contenute nell'endosperma amilaceo



I prodotti dell'idrolisi vengono assorbiti dallo scutello e trasportati alle parti in crescita della piantina

Germinazione



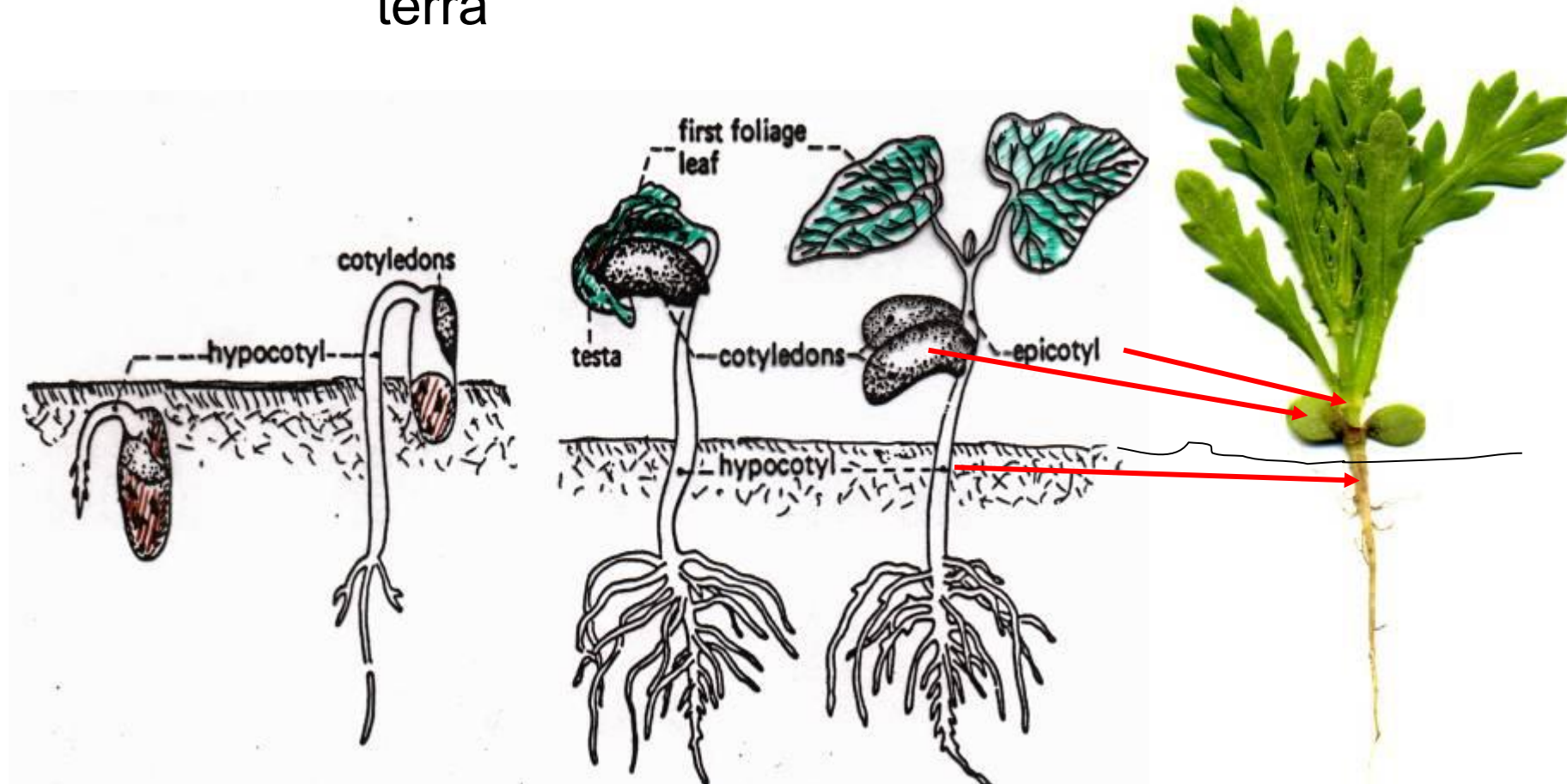
La prima struttura che emerge dal seme è la radichetta o radice embrionale che serve al seme per ancorarsi al suolo e assorbire acqua

Il periodo che va dalla germinazione alla piena indipendenza della plantula è una fase cruciale e delicata

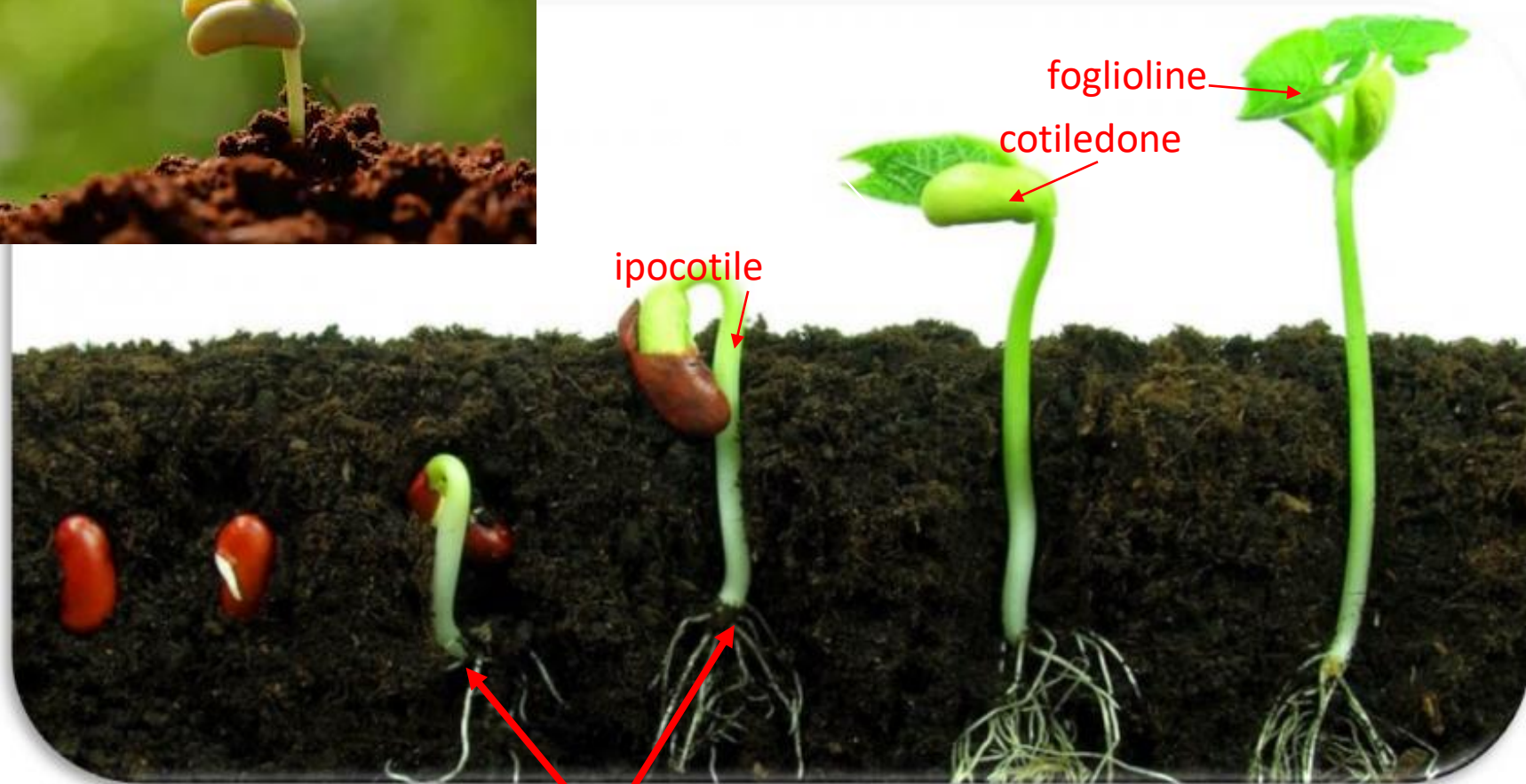
In funzione della modalità di fuoriuscita della plantula dal terreno si hanno due tipi di germinazione...

EPIGEA

quando i cotiledoni vengono sollevati da terra



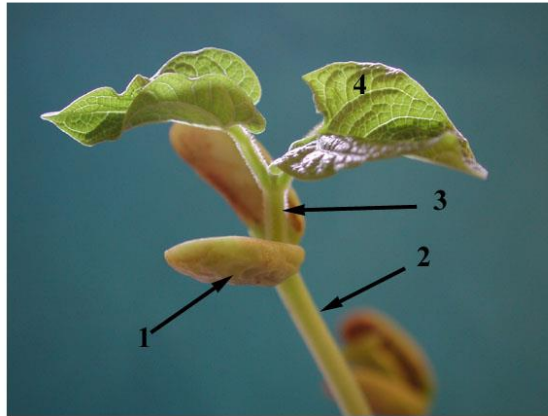
Germinazione epigea del fagiolo



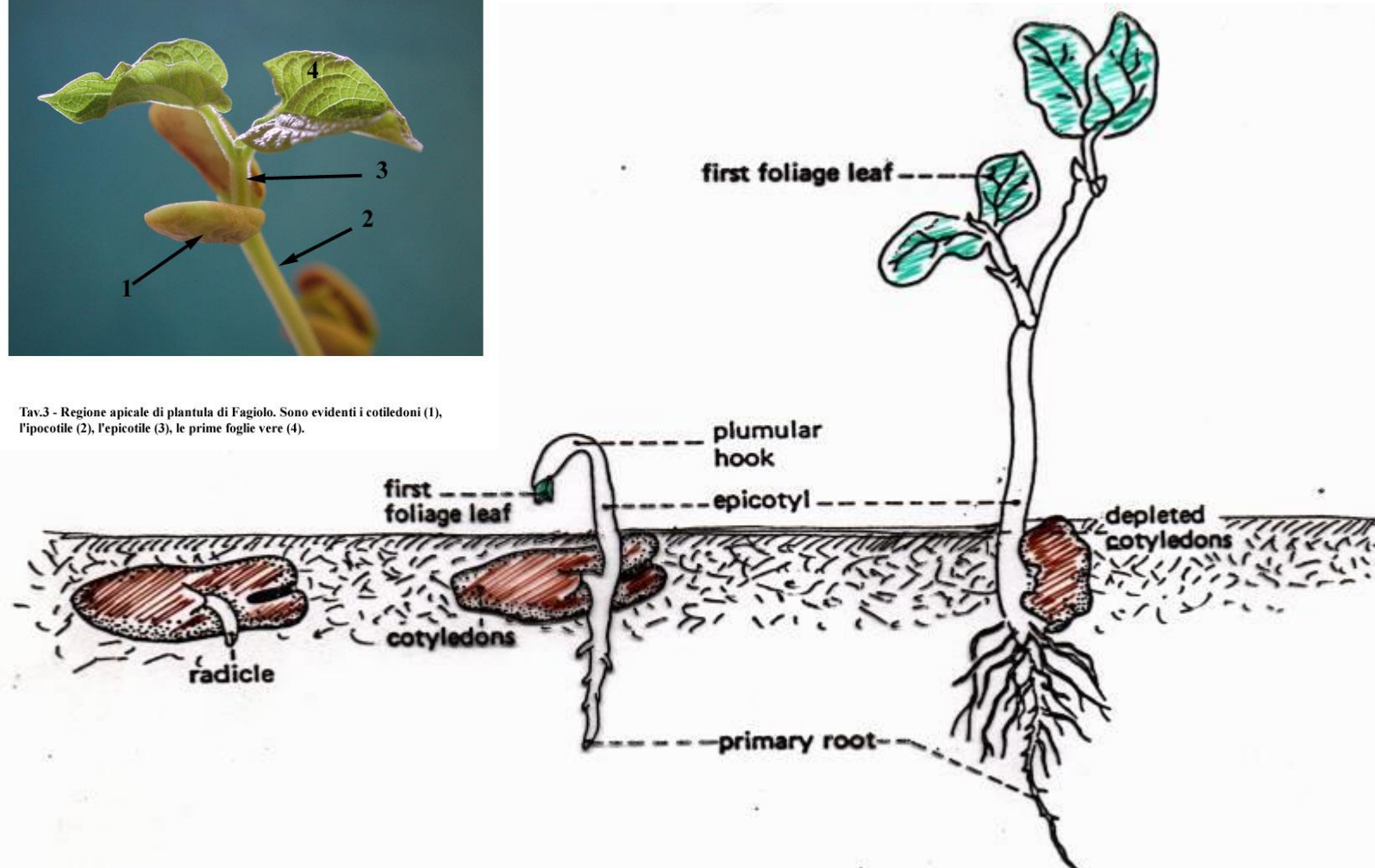
Radice primaria

IPOGEA

quando i cotiledoni rimangono nel terreno e non sviluppano alcuna funzione fotosintetica, ma solo quella di organi di riserva.



Tav.3 - Regione apicale di plantula di Fagiolo. Sono evidenti i cotiledoni (1), l'ipocotile (2), l'epicotile (3), le prime foglie vere (4).



IL SEME

Al seme si deve l'importante funzione di propagare la specie nello spazio e ne permette la sopravvivenza durante la stagione sfavorevole.

È una struttura caratteristica delle spermatofite, deriva dall'ovulo fecondato e da origine ad un nuovo individuo (**plantula**)

La variabilità morfologica e le dimensioni dei semi sono elevate. Possono pesare pochi mg (semi delle orchidee) fino a parecchi Kg



seme di una palma di cocco

Capsula e semi di orchidea



capsula

semi scobiformi

DISPERSIONE DEI SEMI

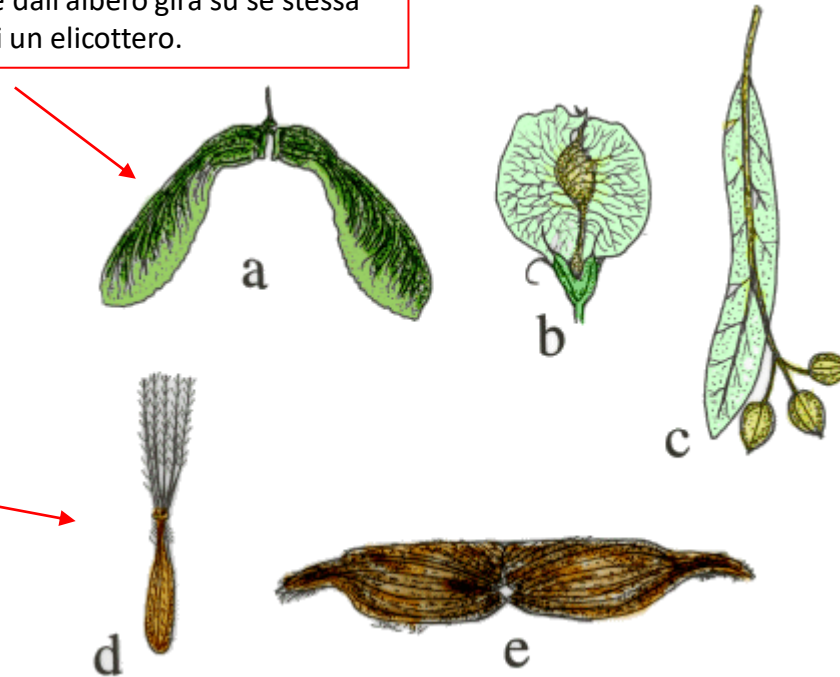
Anemocoria – disseminazione tramite il vento

Semi leggeri dotati talvolta di appendici alate o pelose

Il frutto dell'acero è una samara (disamara),
che quando cade dall'albero gira su se stessa
come le eliche di un elicottero.



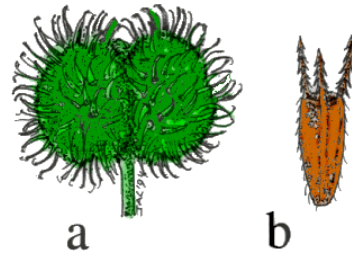
Tarassacum officinale



DISPERSIONE DEI SEMI

Zoocoria - disseminazione tramite gli animali

I semi presentano strutture che gli permettono di impigliarsi nel vello degli animali : uncini, spine, ecc.; alcuni vengono ingeriti e, senza danni, essere poi rilasciati con gli escrementi (**endozoocora**); altri trasportati dalle formiche (**mirmecocora**)



Antropocoria - disseminazione tramite l'uomo

Attraverso l'agricoltura, mezzi di trasporto, ecc.

Idrocoria - disseminazione tramite l'acqua

Semi in grado di galleggiare

Borocoria – disseminazione per gravità

I semi cadono alla base della pianta madre

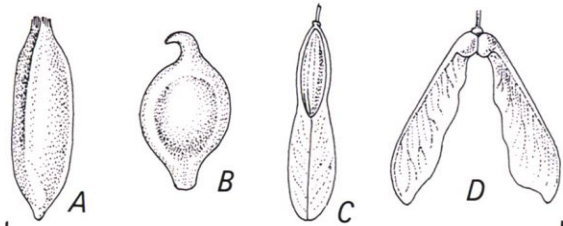
Autocoria - dispersione per autodisseminazione

Alcuni semi vengono espulsi dal frutto lanciati a distanza, altri affondati nel suolo (**geocarpismo**)

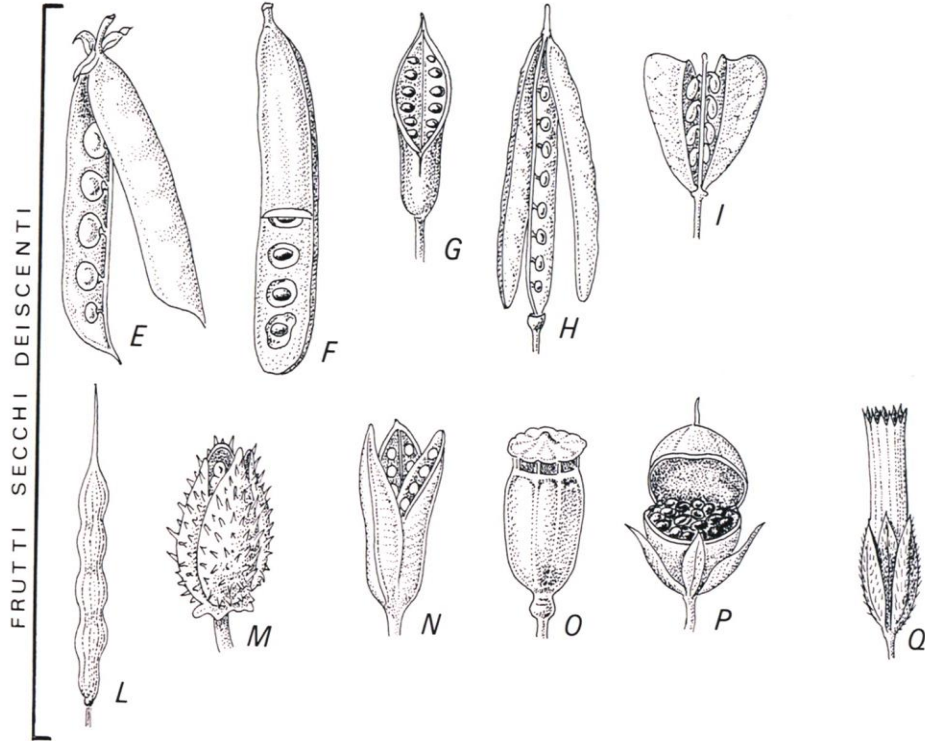


Ecballium elaterium

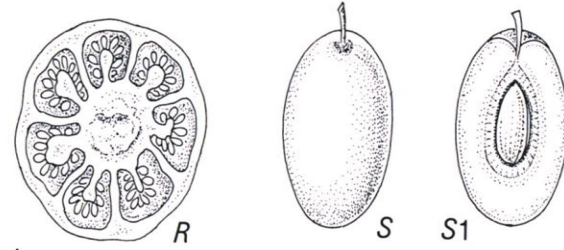
Frutti e infruttescenze



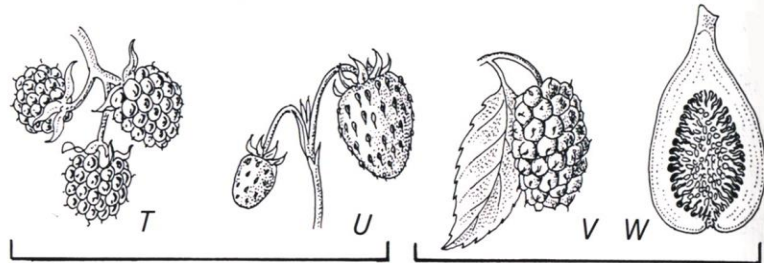
FRUTTI SECCHI INDEISCENTI



FRUTTI SECCHI DEISCENTI

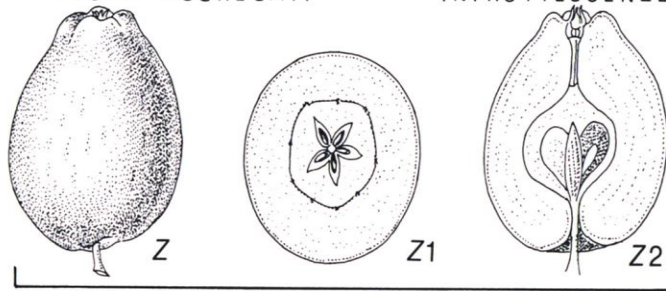


FRUTTI CARNOSI



FRUTTI AGGREGATI

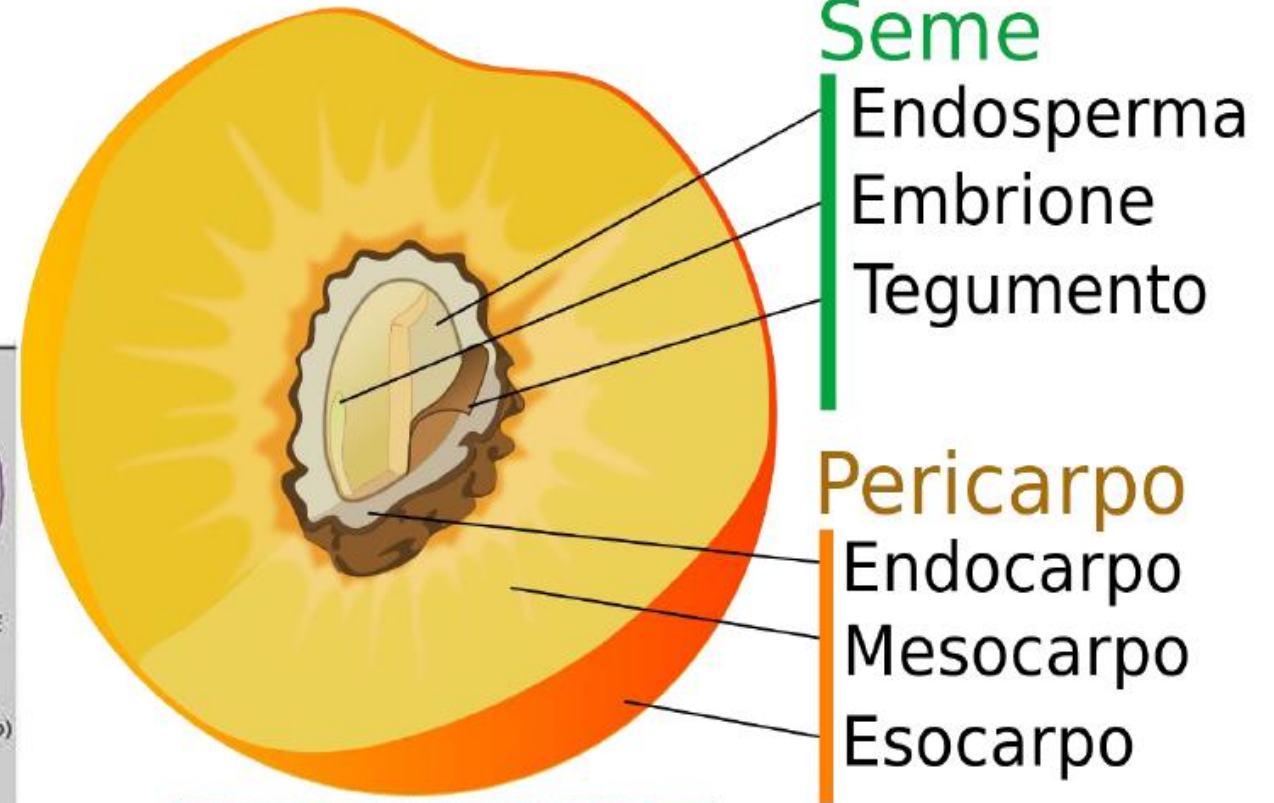
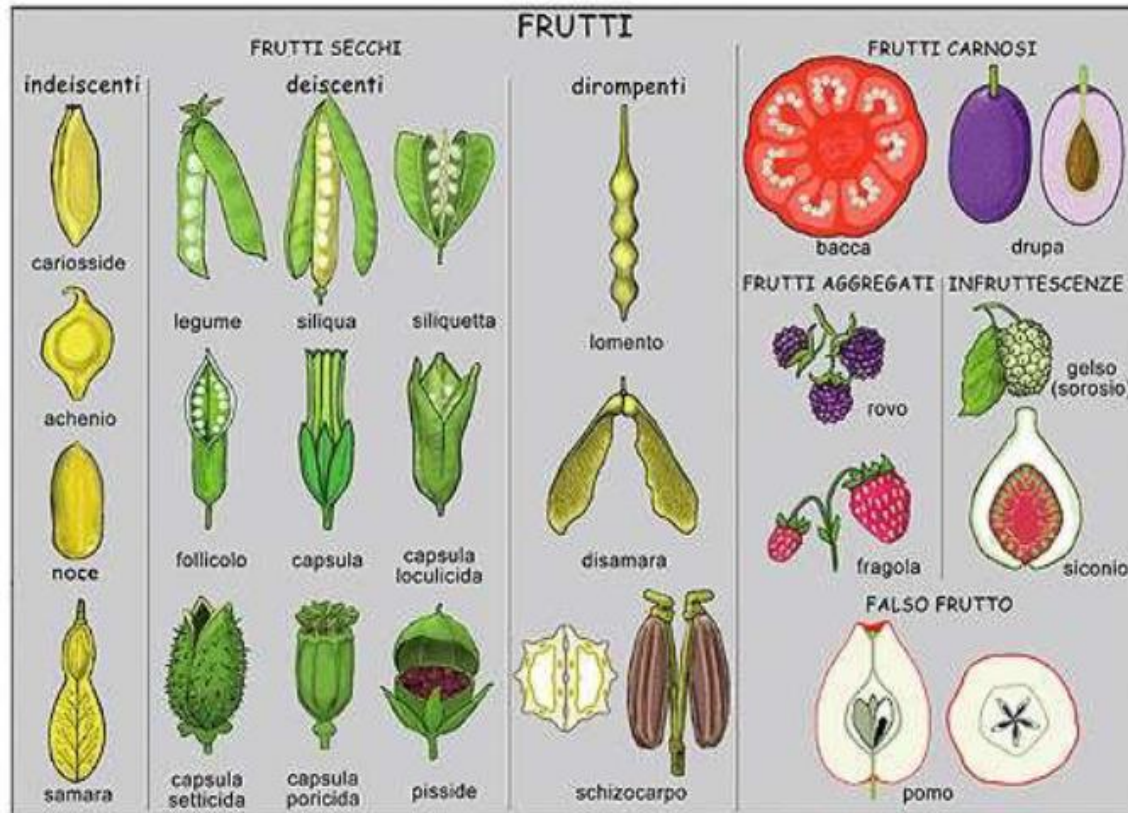
INFRUTTESCENZE



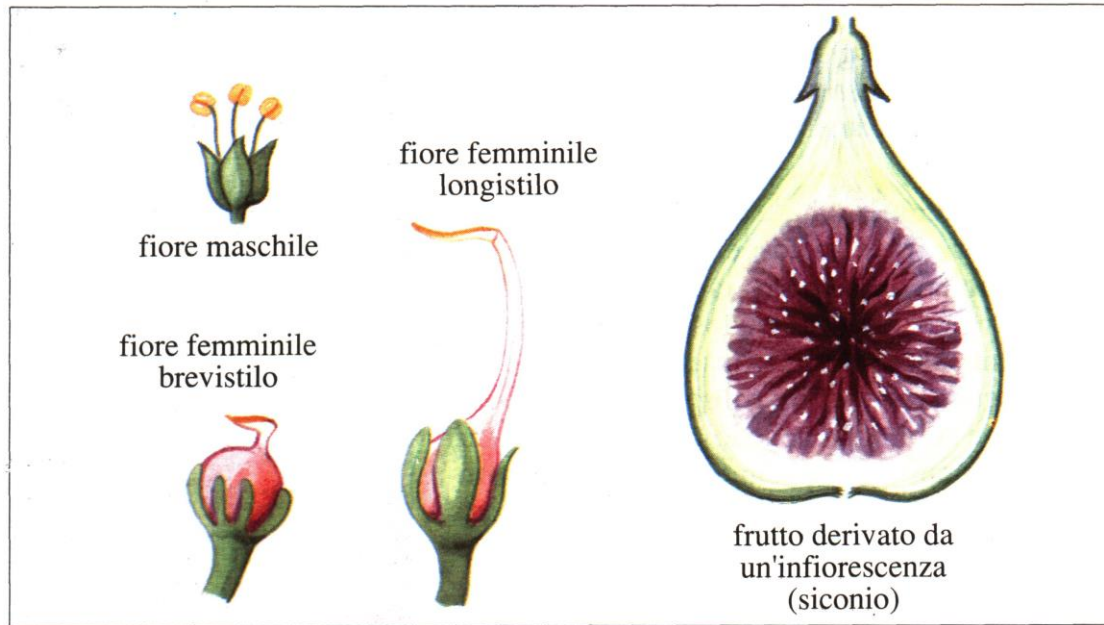
FALSI FRUTTI

Le Angiosperme

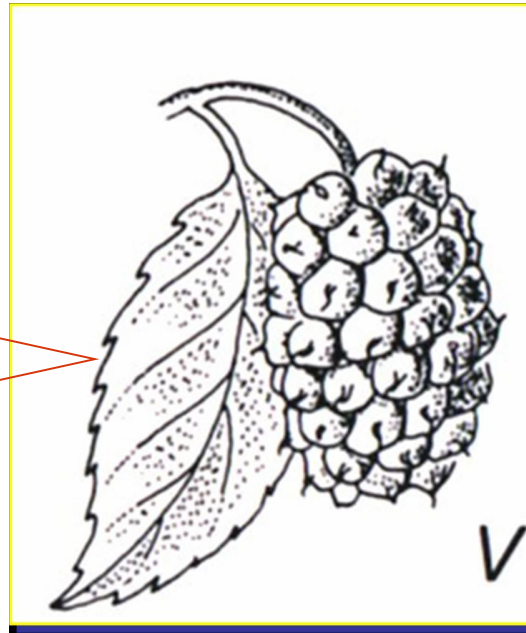
Dal seme nudo passiamo al **FRUTTO**



particolari infruttescenze



Mora di gelso



CONFRONTO

INFRUTTESCENZA

Mora di gelso

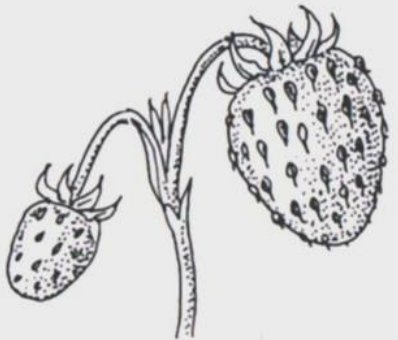


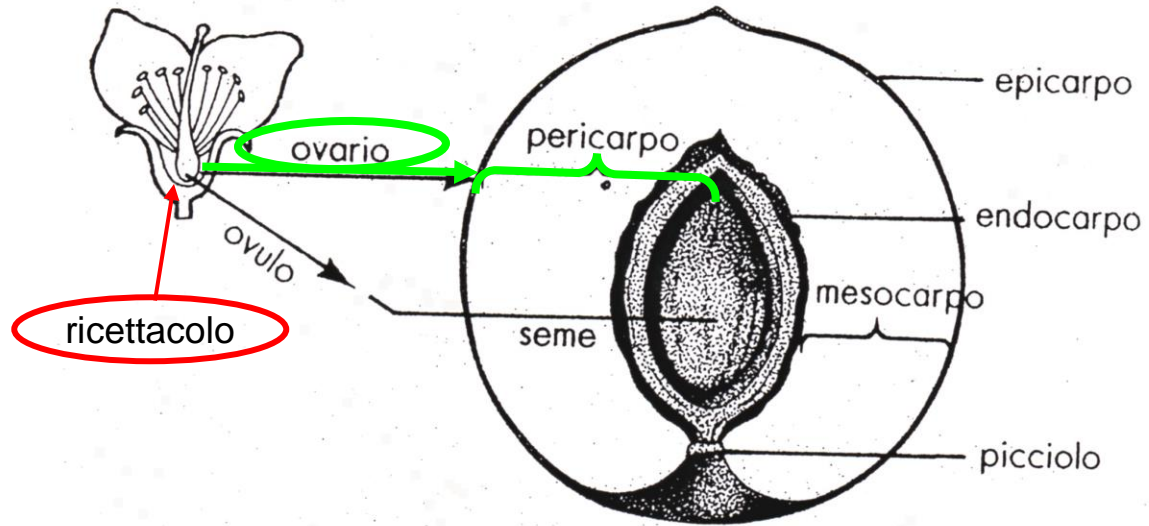
FRUTTI AGGREGATI

Mora di rovo

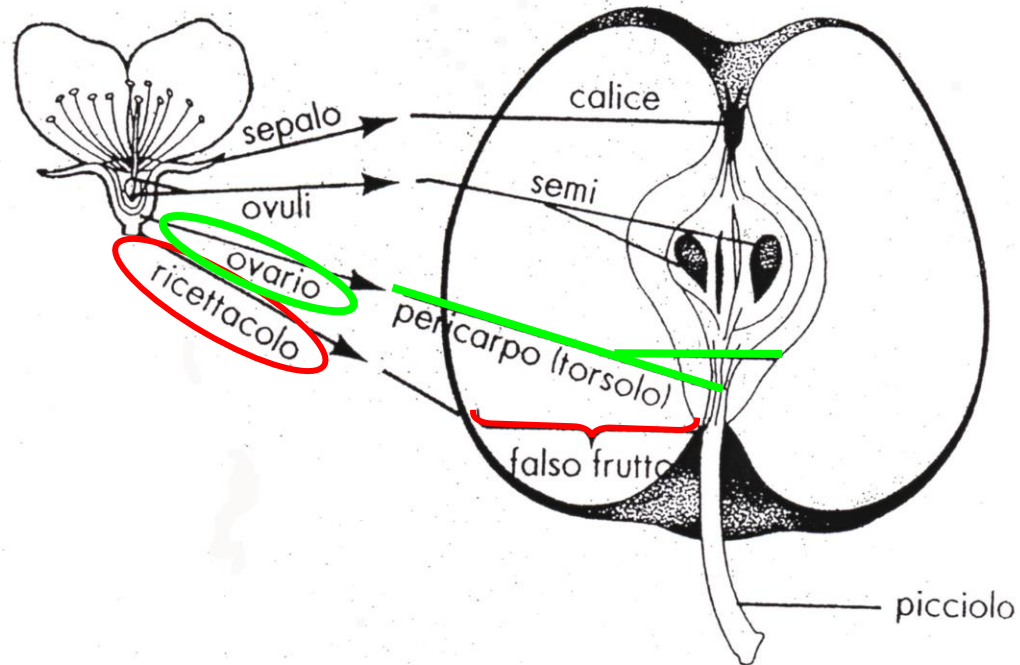


Fragola





Frutto carnoso



Falso frutto

FINE!