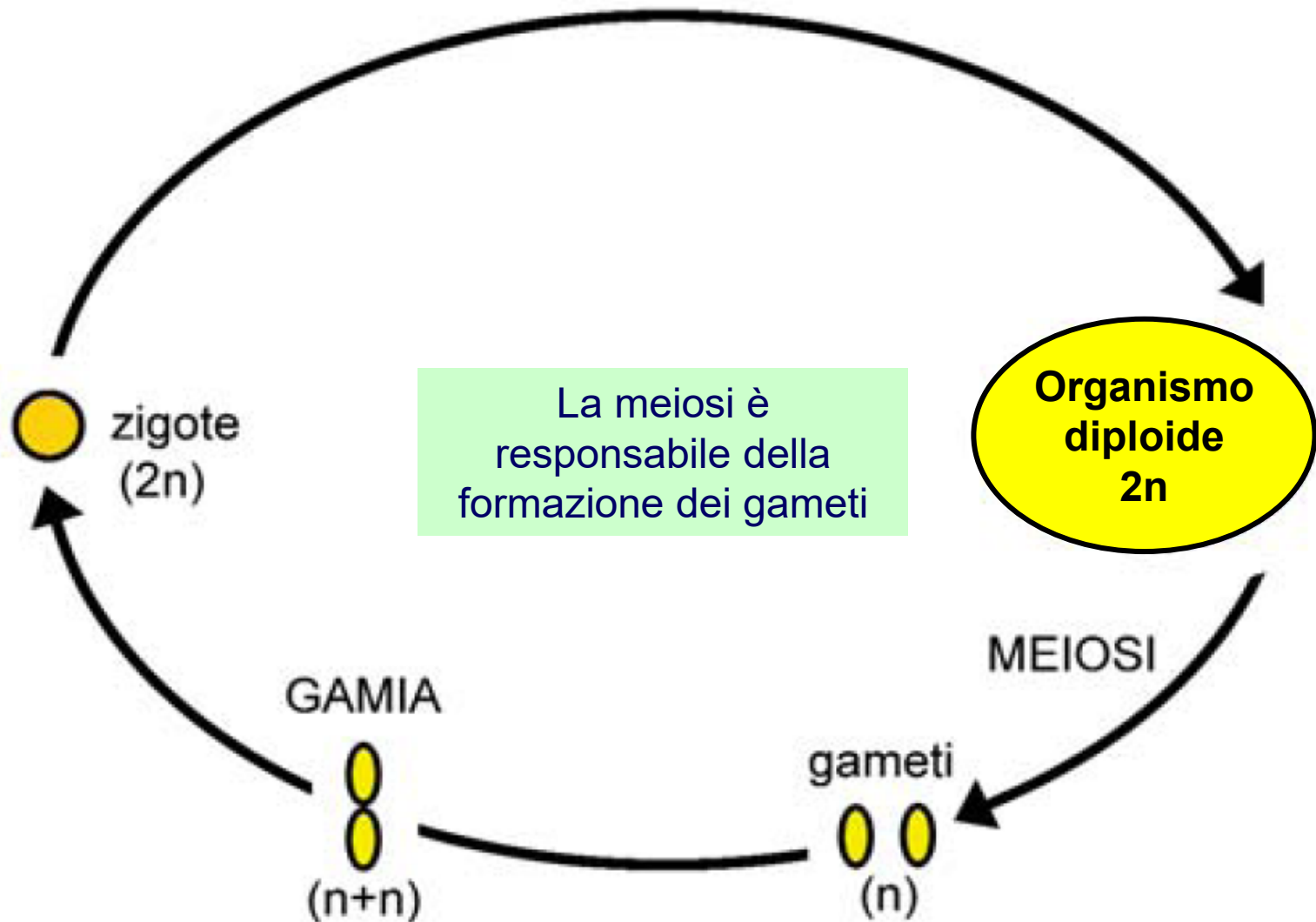


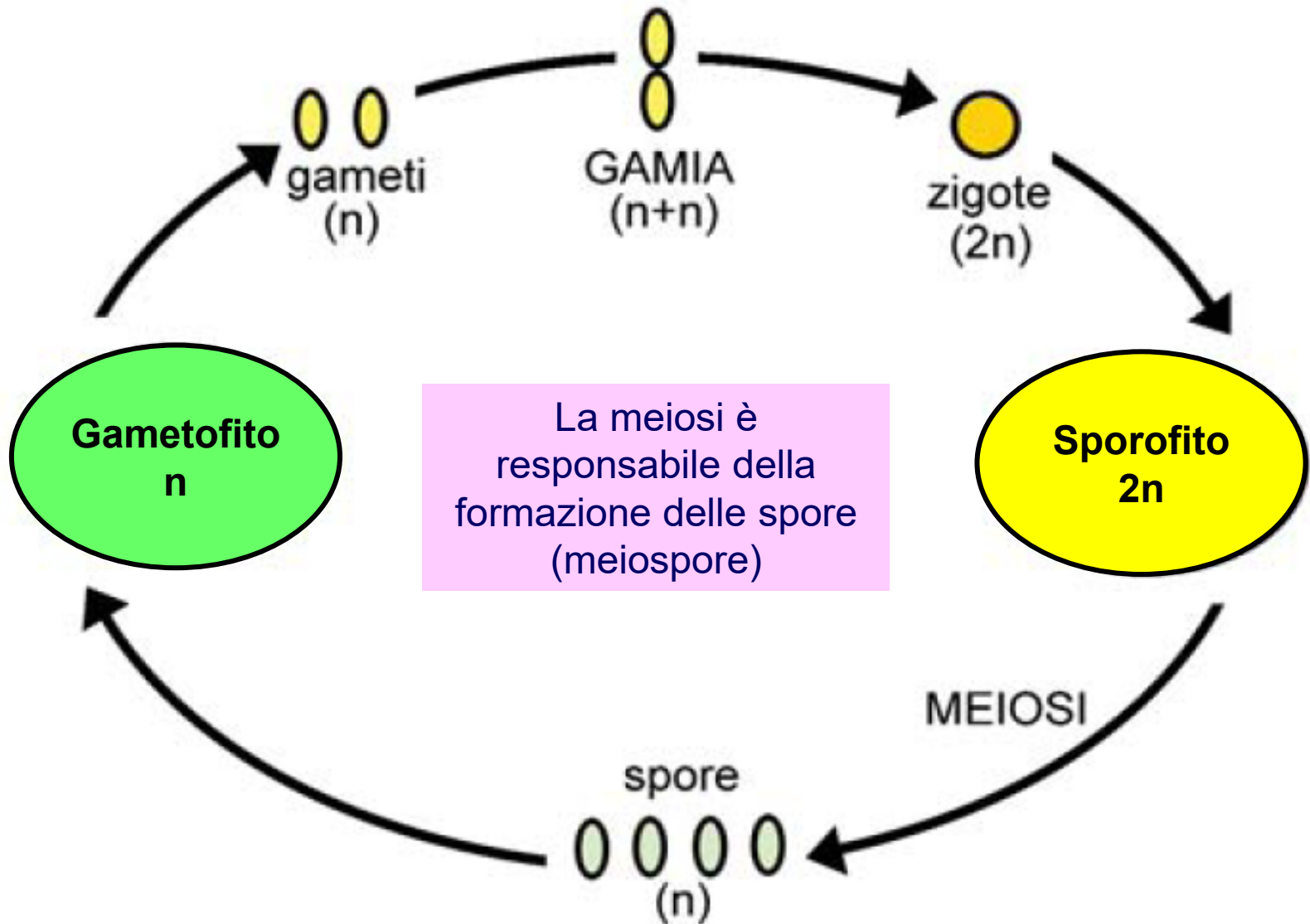
LA RIPRODUZIONE SESSUALE NELLE SPERMATOFITE



ALCUNI ORGANISMI, TRA CUI GLI ANIMALI, HANNO UN CICLO DIPLONTE...



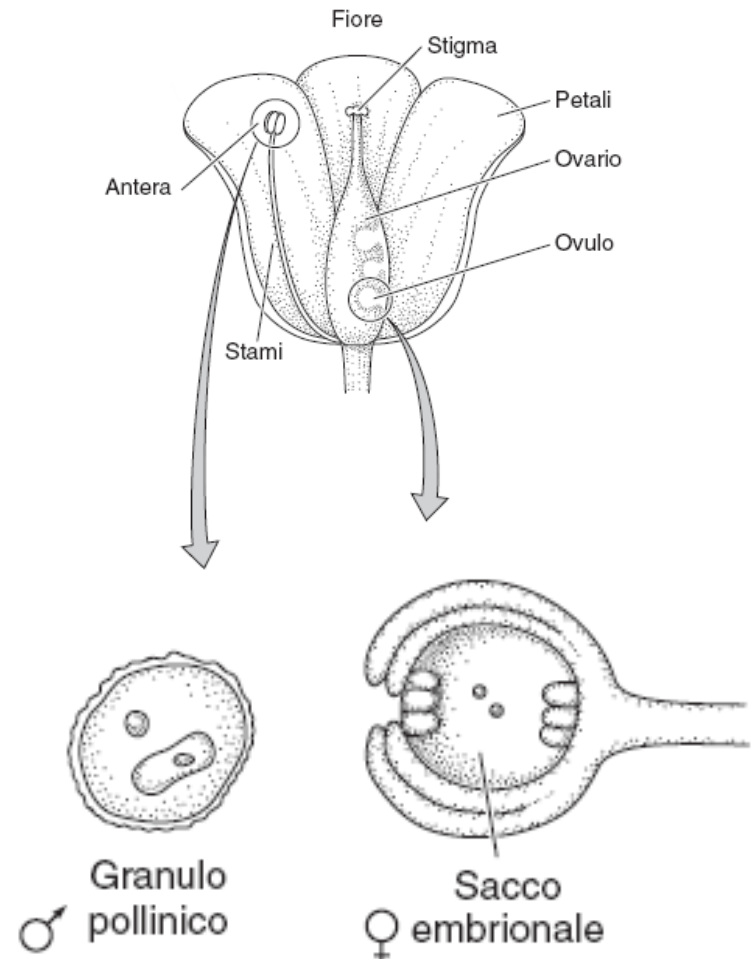
...ALTRI ORGANISMI, COME LE PIANTE, HANNO UN CICLO BIOLOGICO APLO-DIPLONTE



Nelle Spermatofite lo SPOROFITO è macroscopico; il MICRO-GAMETOFITO e il MEGA-GAMETOFITO sono microscopici



Sporofito



Microgametofito

Megagametofito

A collection of various microspores and microgametes, showing different shapes and colors (green, yellow, orange, blue, white) against a dark background. The spores exhibit diverse surface textures, including smooth, spiky, and granular. Some are spherical, while others are more elongated or multi-lobed.

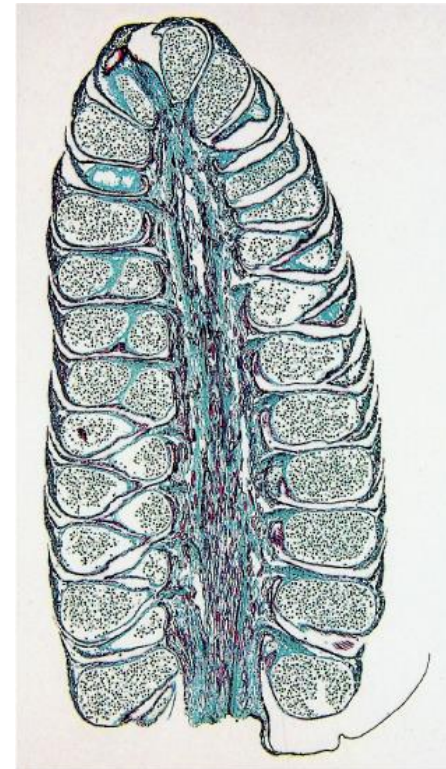
MICROSPOROGENESI
e
MICROGAMETOGENESI

LE MICROSPORE DELLE GIMNOSPERME...

...si formano per meiosi all'interno delle sacche polliniche, localizzate nei coni maschili



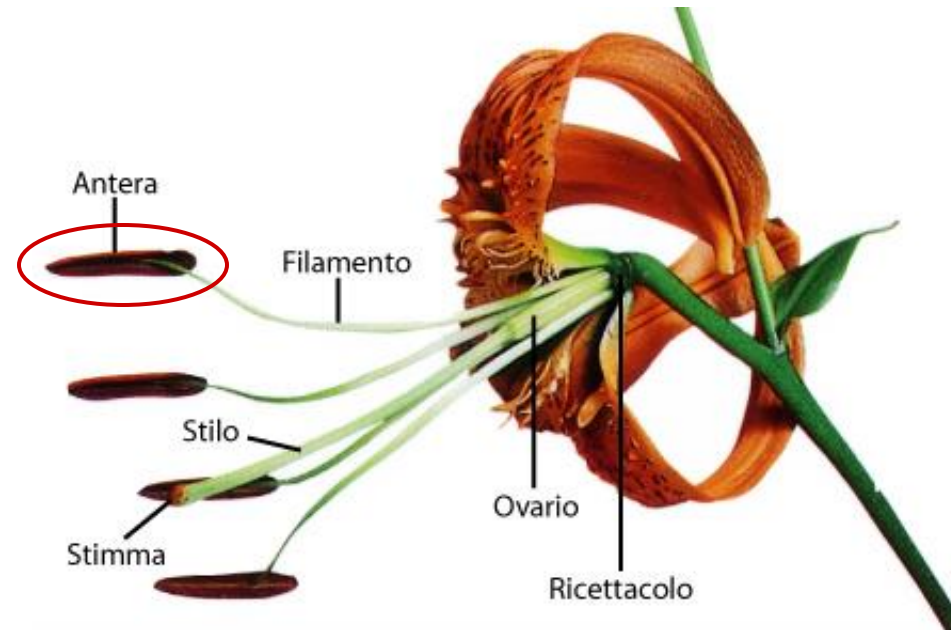
Coni maschili di pino
(genere *Pinus*)



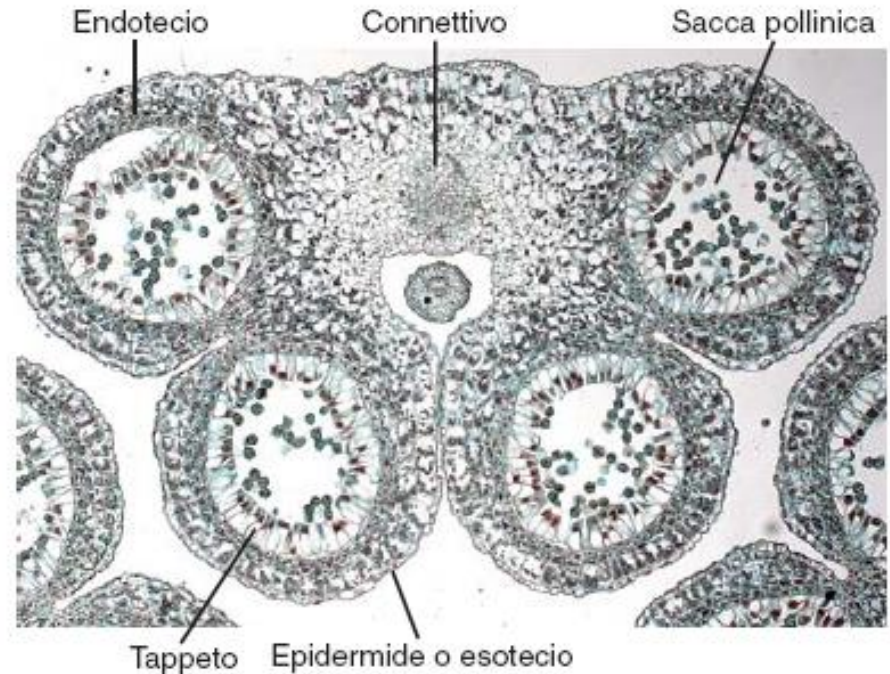
Sezione trasversale di un cono
maschile

LE MICROSPORE DELLE ANGIOSPERME...

...si formano per meiosi all'interno delle **sacche polliniche**, localizzate nel fiore



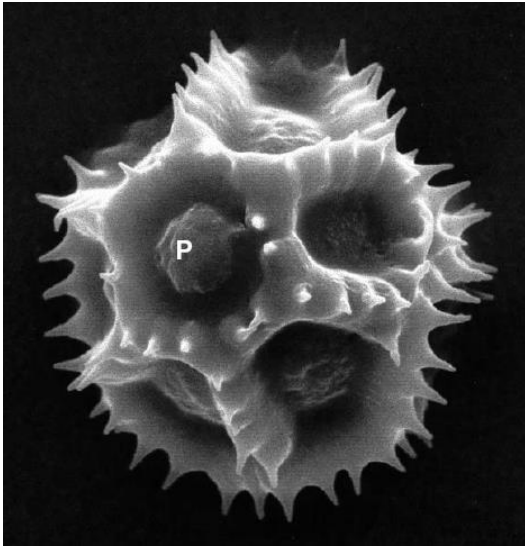
Fiore di giglio (*Lilium henryi*)



Sezione trasversale di un'antera

SIA NELLE ANGIOSPERME CHE NELLE GIMNOSPERME IL MICROGAMETOFITO È:

- **Endosporico**: si forma all'interno della microspora
- **Ridottissimo**: microscopico e costituito da pochissime cellule



Granulo pollinico di un'Angiosperma

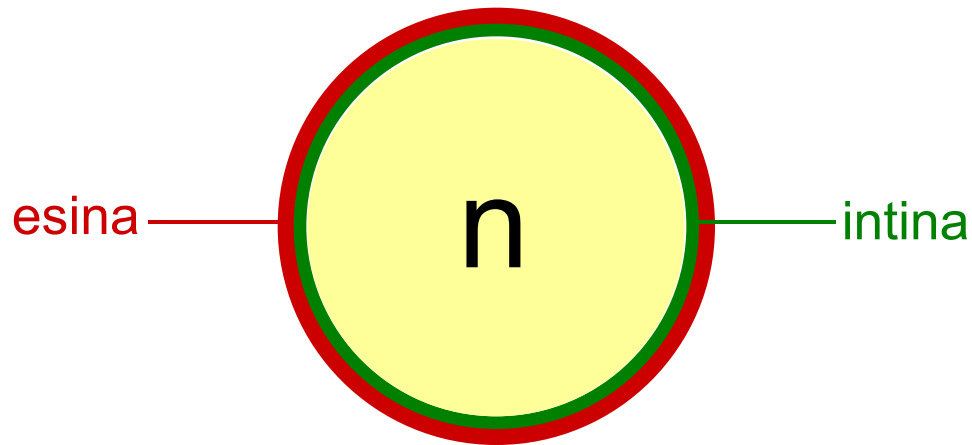


Granulo pollinico di una Gimnosperma

GRANULO POLLINICO = MICROGAMETOFITO

IL GRANULO POLLINICO È:

- **aploide** (essendo un prodotto meiotico)
- circondato da **2 pareti**:
 - 1) **esina** costituita da **sporopollenina**;
 - 2) **intina** di natura **pecto-cellulosica**



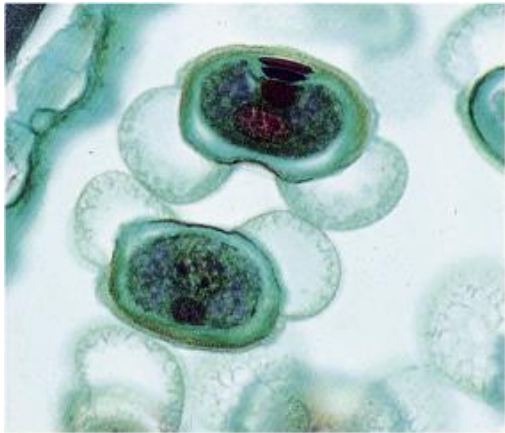
La **sporopollenina** conferisce al polline **elevata resistenza agli agenti fisico-chimici e biologici**

granuli di polline possono fossilizzarsi facilmente

MICROGAMETOGENESI NELLE GIMNOSPERME

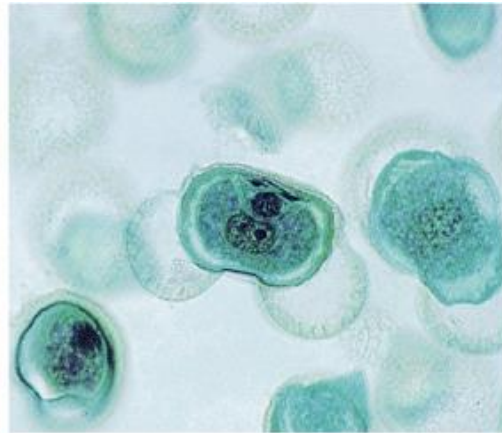
Il microgametofito al momento del rilascio nell'ambiente è formato da 4 cellule di cui 2 degenerano

Granulo immaturo → Granulo maturo → Granulo in germinazione



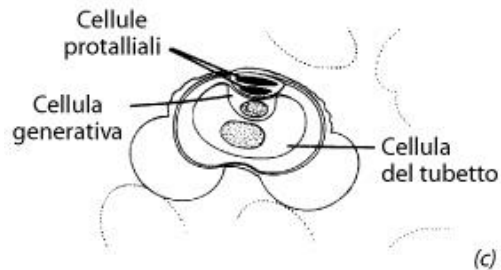
(a)

20 μm



(b)

20 μm



(c)

Cellula sterile
Cellula spermatogena

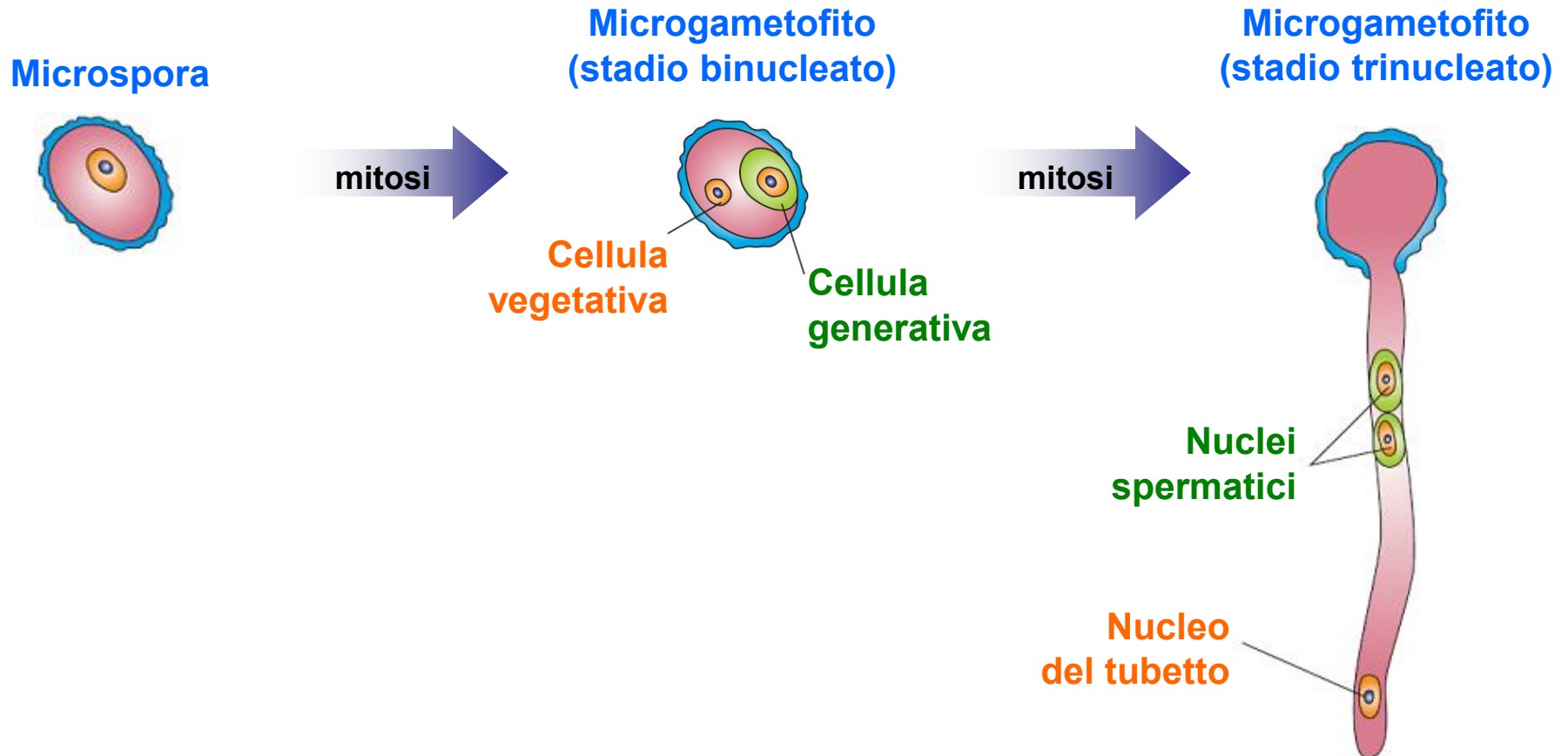


Nucleo del tubetto

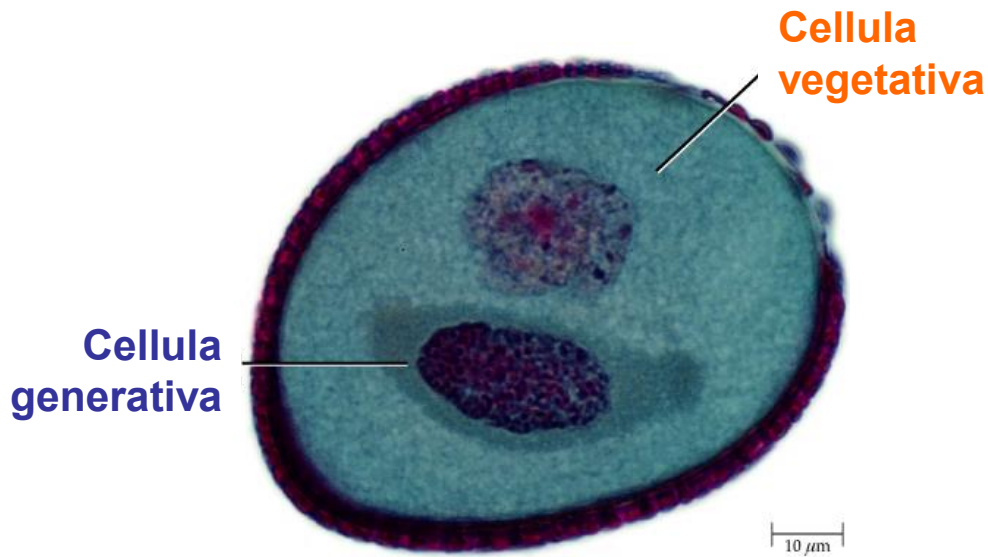
MICROGAMETOGENESI NELLE ANGIOSPERME

Il microgametofito maturo è formato da:

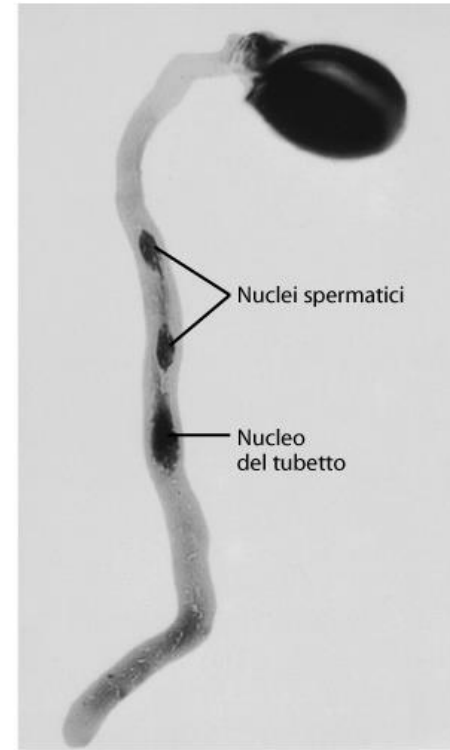
- **2 cellule** al momento del rilascio nell'ambiente
- **3 cellule** al momento dell'emissione del tubetto pollinico



IL GRANULO POLLINICO NELLE ANGIOSPERME

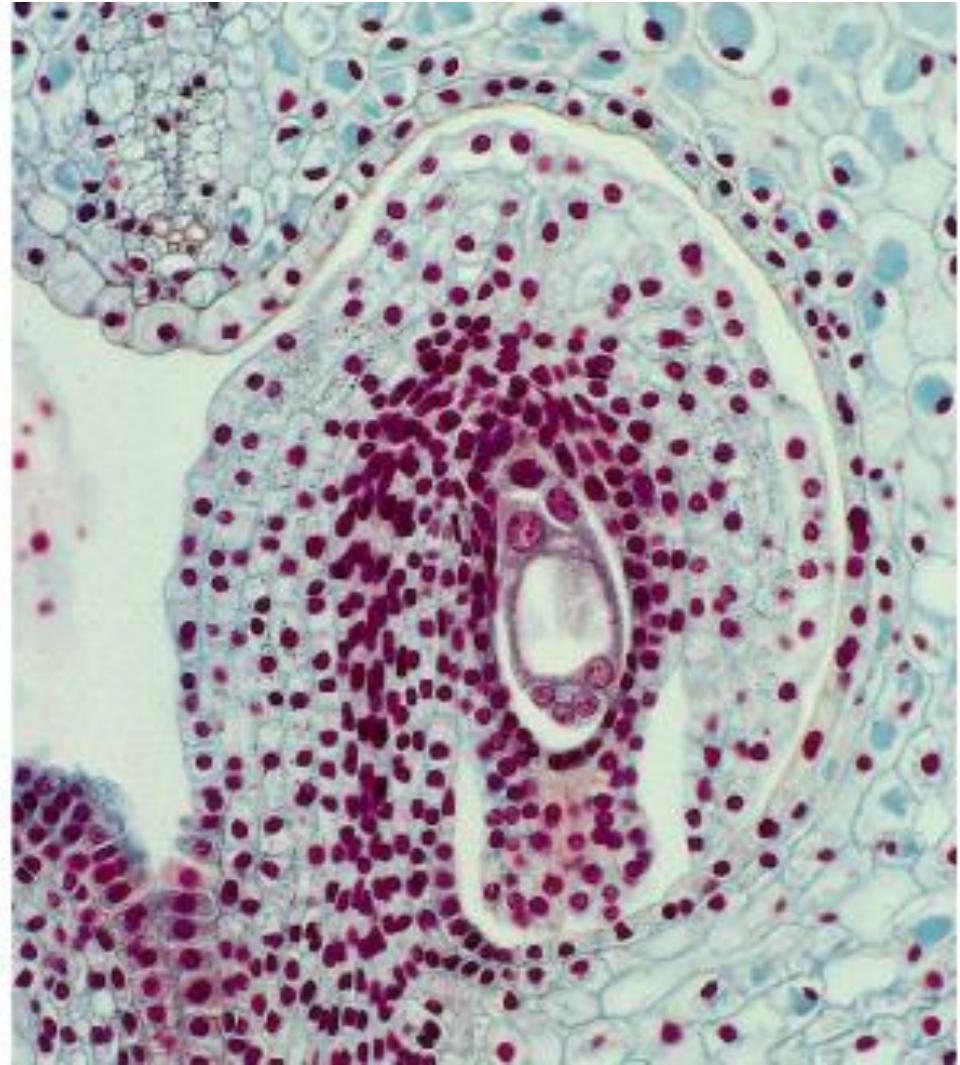
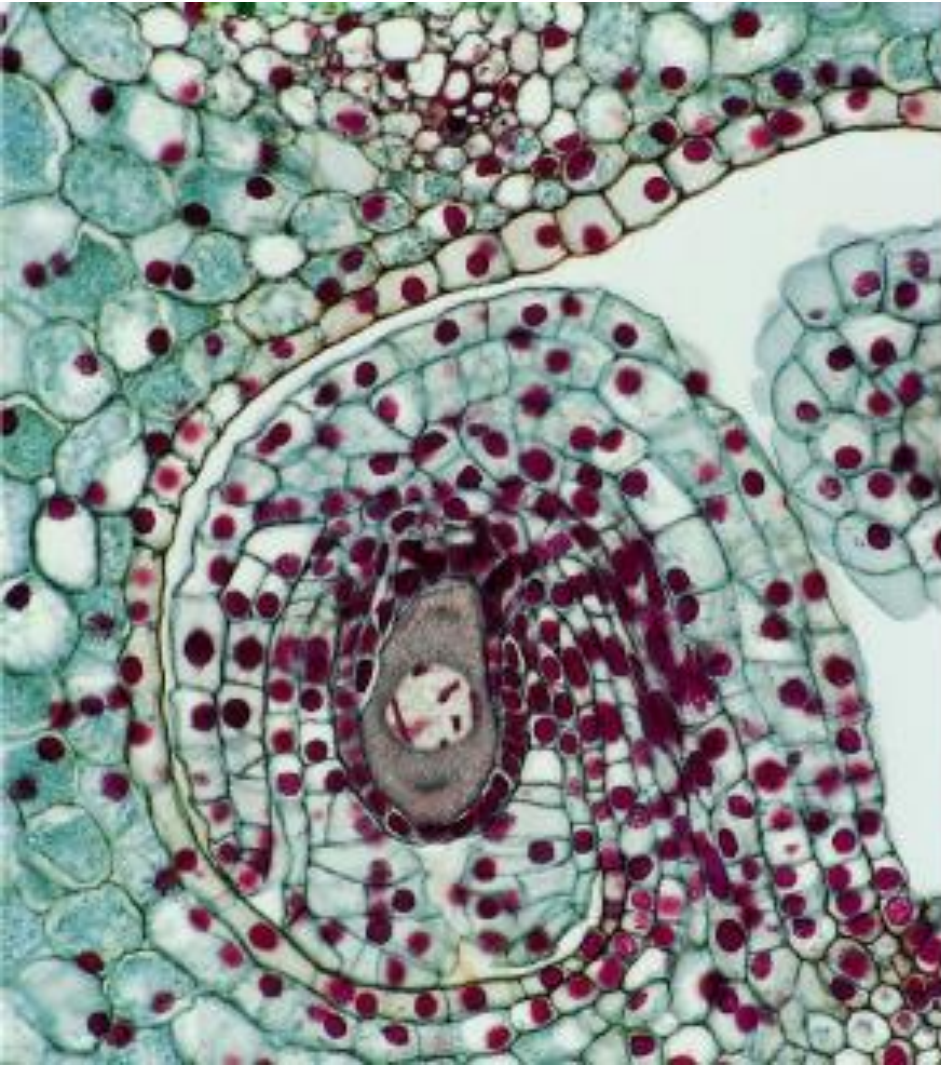


(stadio binucleato)

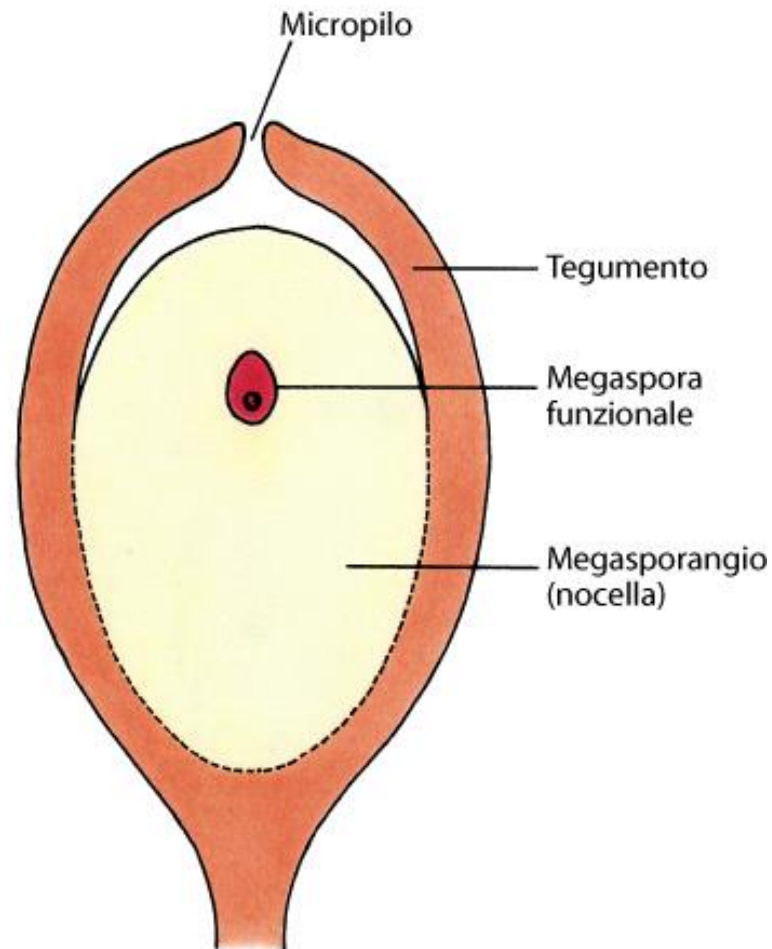


(stadio trinucleato)

MEGASPOROGENESI e MEGAGAMETOGENESI



IN TUTTE LE SPERMATOFITE LA MEGASPORA SI FORMA ALL'INTERNO DELL'OVULO

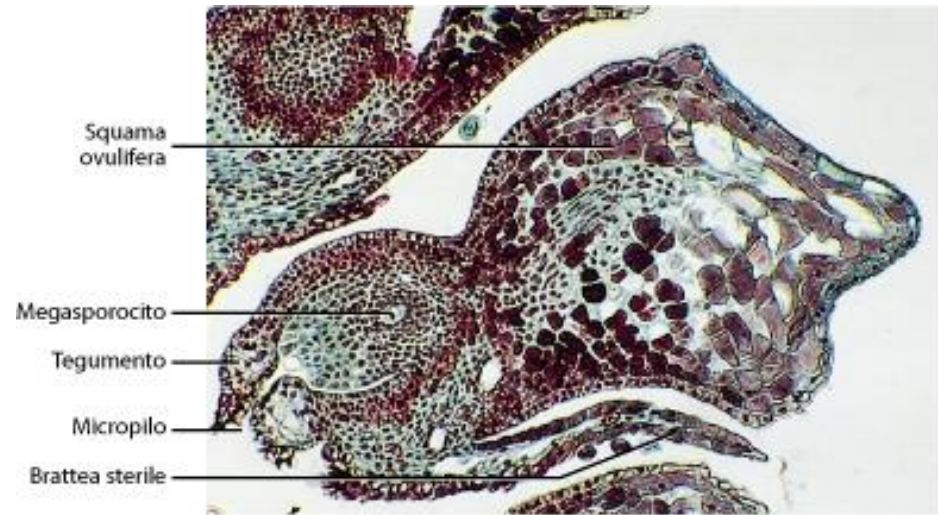


NELLE GIMNOSPERME L'OVULO È LOCALIZZATO NEI CONI FEMMINILI

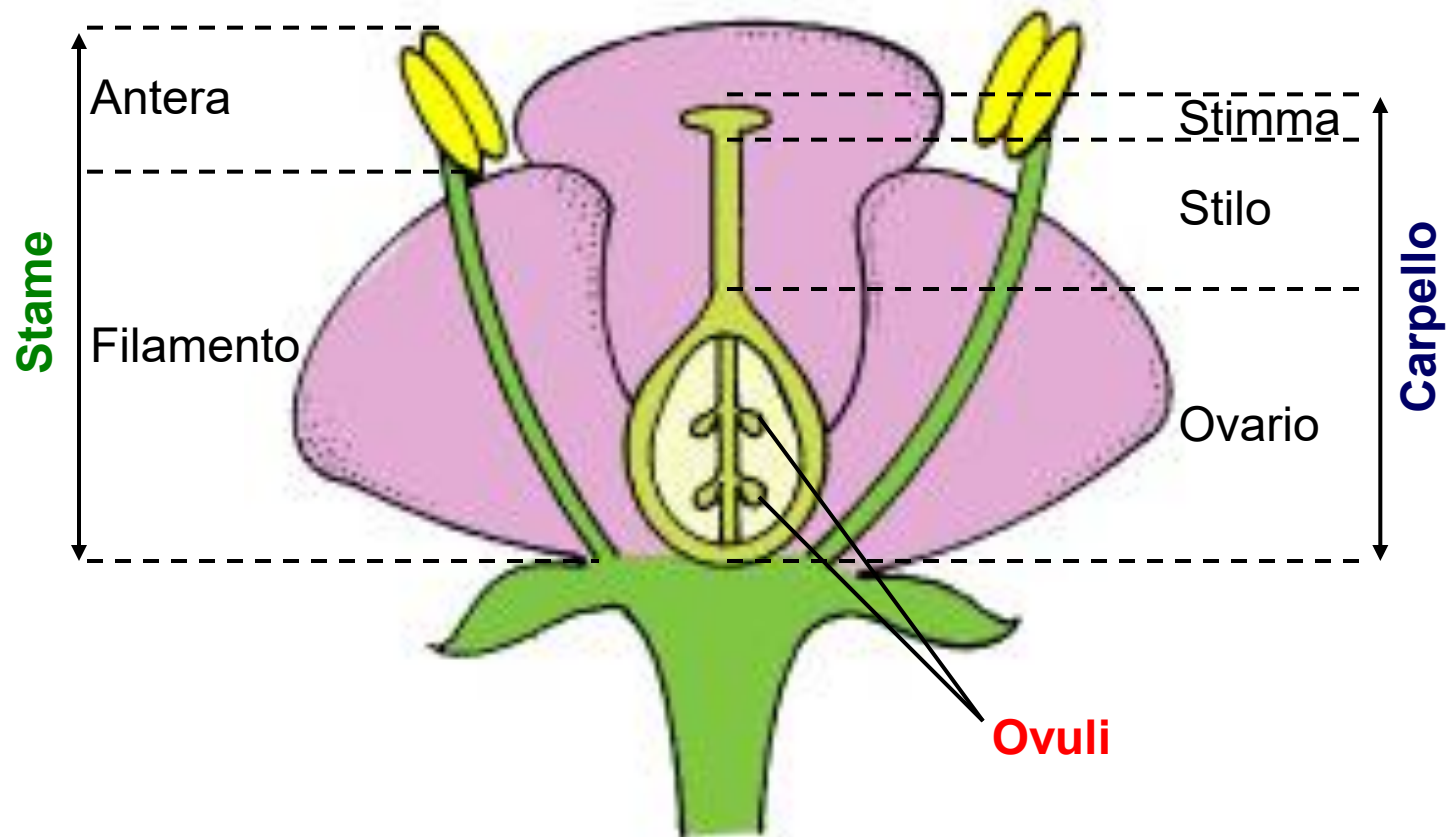
Cono ovulato



Squama ovulifera

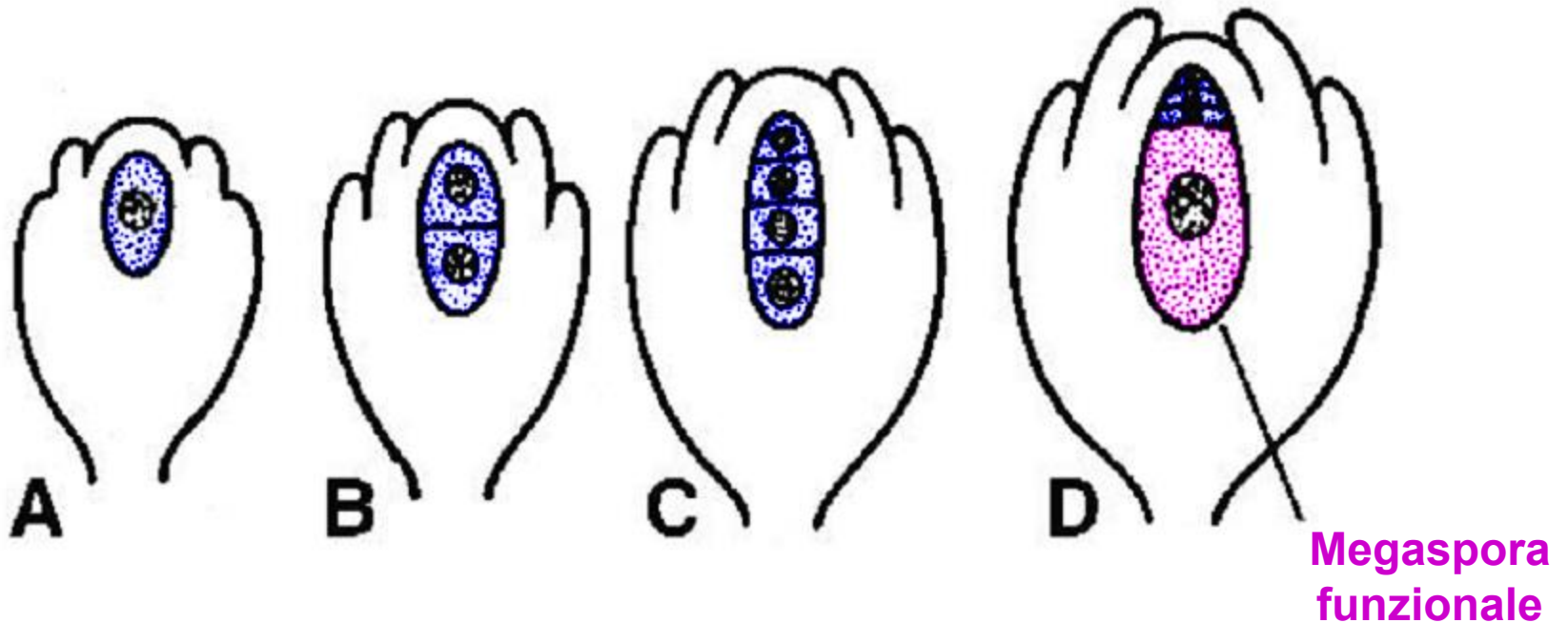


NELLE ANGIOSPERME L'OVULO È LOCALIZZATO NELL'OVARIO



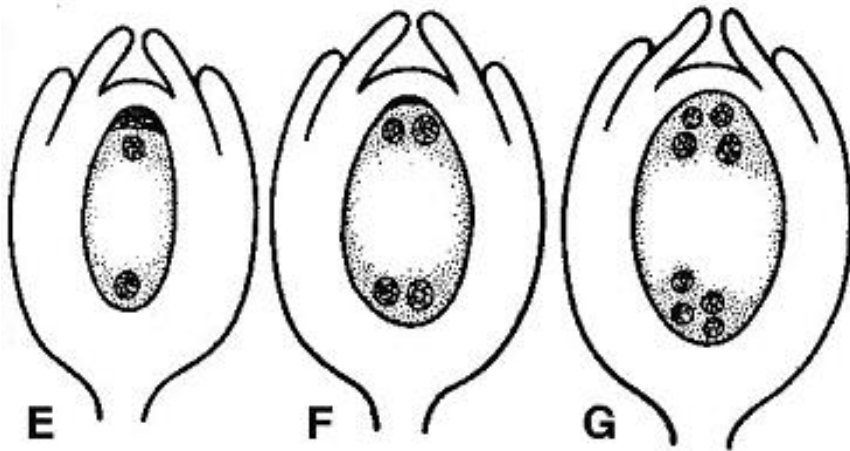
MEGASPOROGENESI

Sia nelle Gimnosperme sia nelle Angiosperme l'ovulo contiene una singola megaspora funzionale



MEGAGAMETOGENESI

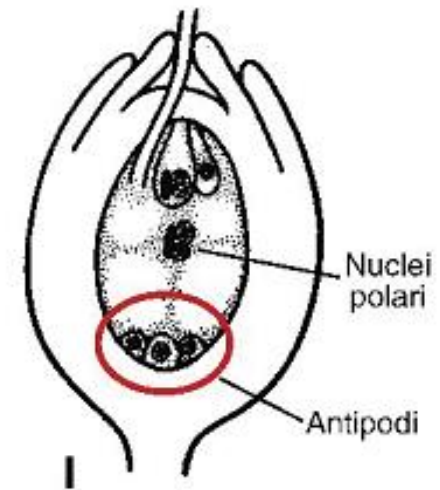
- Il megagametofito si forma attraverso successive **divisioni mitotiche** della megaspora funzionale
- Nelle **Angiosperme** il megagametofito è generalmente costituito da sole **8 cellule**



Sviluppo del megagametofito



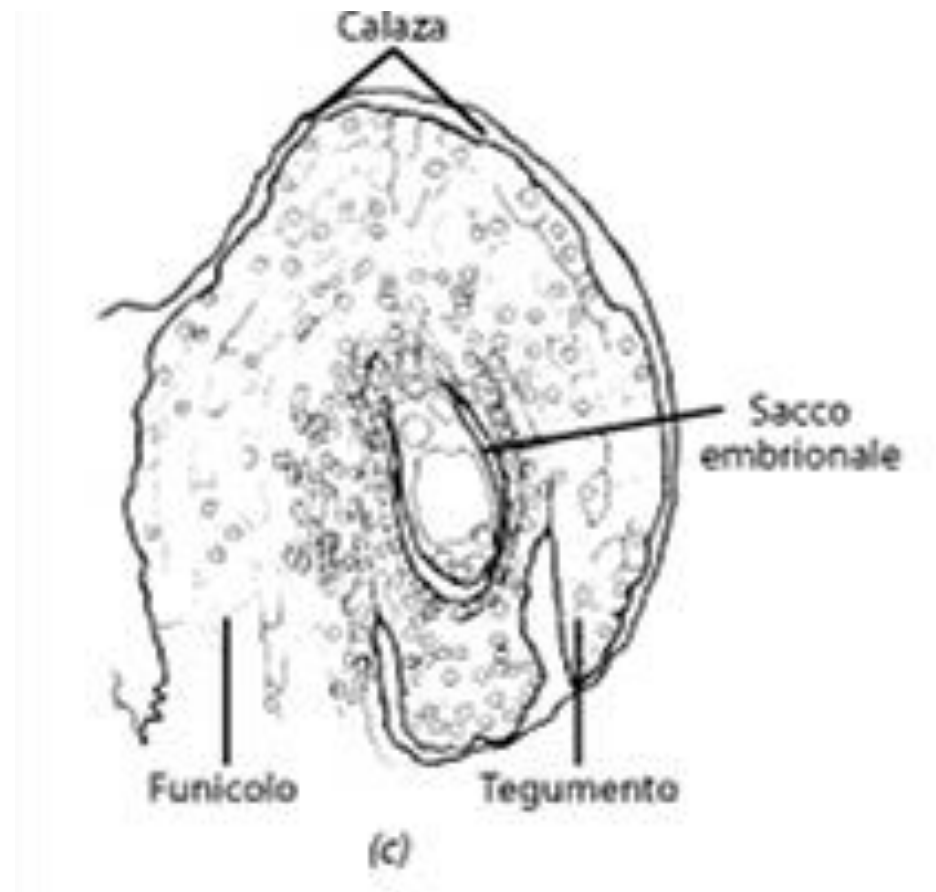
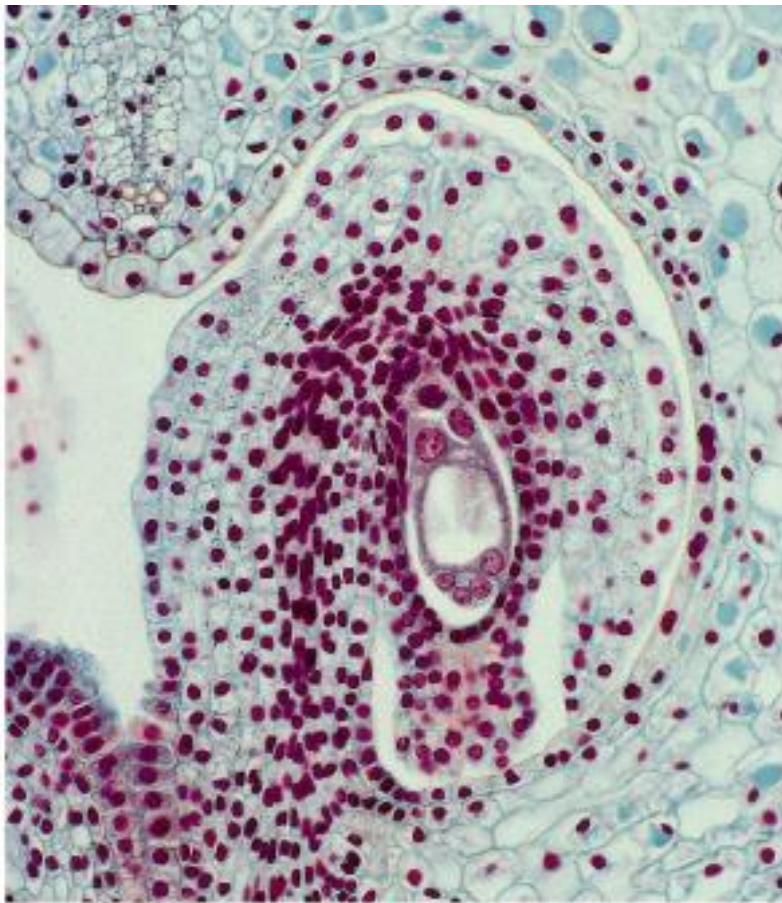
Megagametofito maturo



Fecondazione

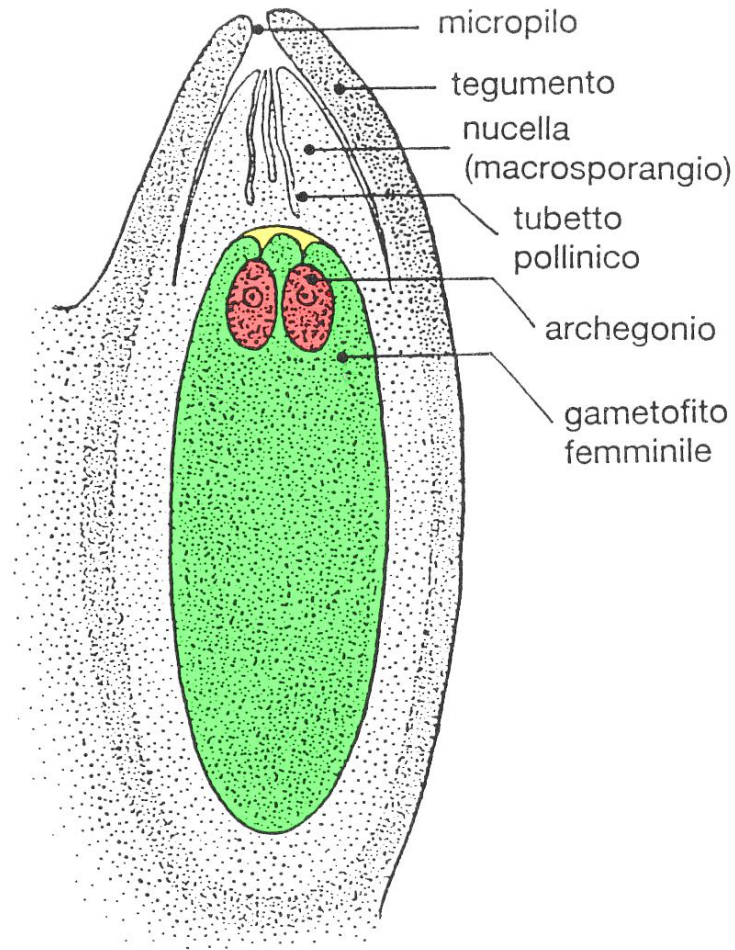
MEGAGAMETOGENESI

Nelle Angiosperme il megagametofito è anche detto
sacco embrionale



MEGAGAMETOGENESI

- Nelle Gimnosperme il megagametofito è costituito da alcune migliaia di cellule e possiede gli archegoni



L'IMPOLLINAZIONE



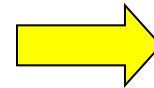
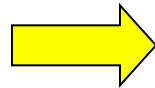
La deiscenza dell'antera determina il rilascio dei granuli pollinici che raggiungono lo stigma del fiore con diverse modalità.

L'insieme dei processi che va dall'apertura dell'antera all'arrivo del polline sullo stigma è detto impollinazione. Il granulo di polline, in seguito al contatto con le papille stigmatiche, si idrata e germina emettendo un tubetto pollinico

L'IMPOLLINAZIONE È...

...il trasferimento del polline (il microgametofito) dagli organi sessuali maschili agli organi sessuali femminili (che contengono la cellula uovo)

ORGANI SESSUALI
MASCHILI



ORGANI SESSUALI
FEMMINILI

Granulo pollinico

L'impollinazione avviene solo nelle Spermatofite (piante a seme), ossia nelle Gimnosperme e nelle Angiosperme

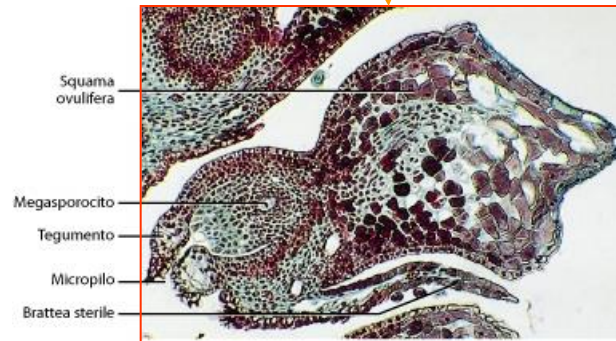
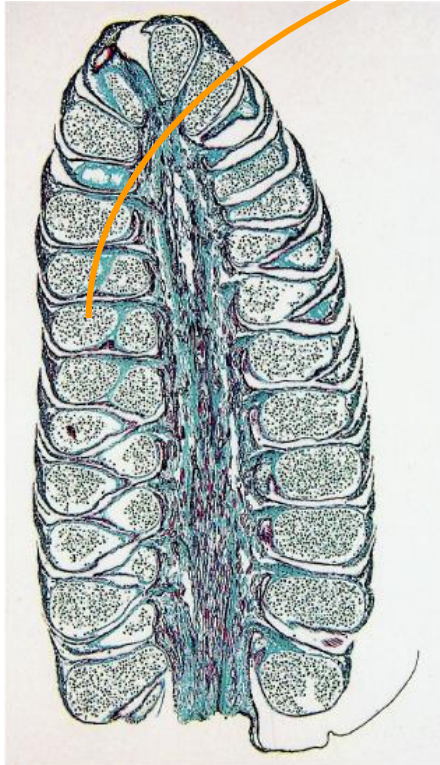
NELLE GIMNOSPERME...

...il polline è prodotto nei **coni maschili** e poi trasferito ai **coni femminili**, dove si trovano gli ovuli



Cono maschile

Cono femminile



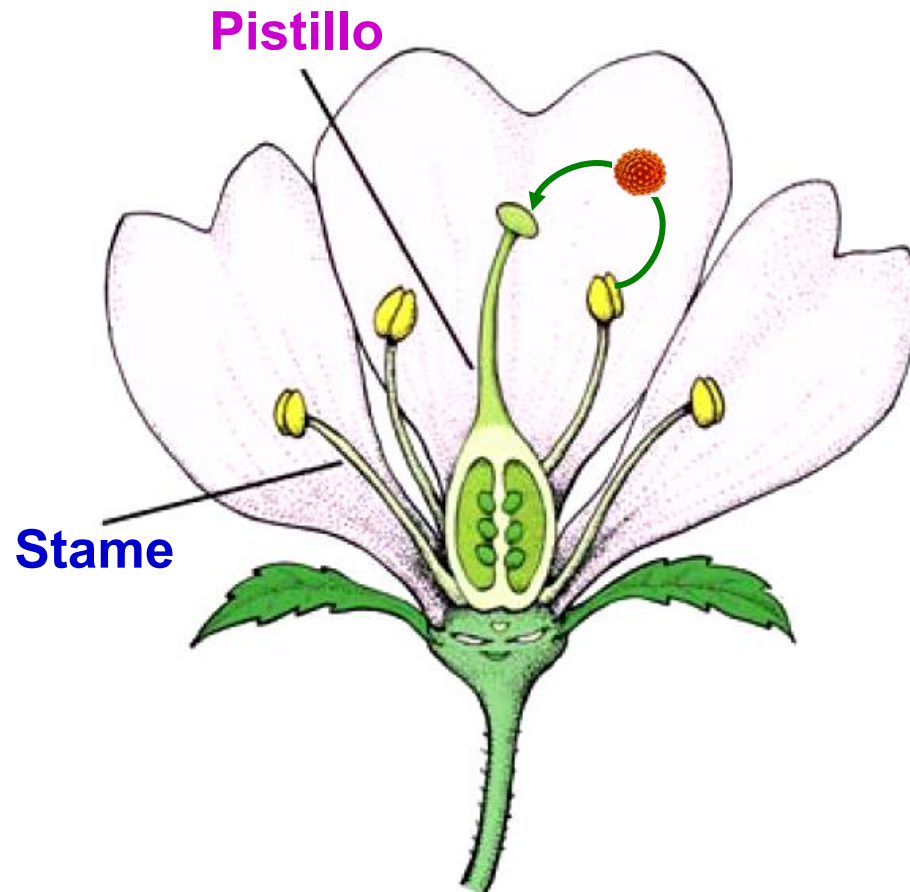
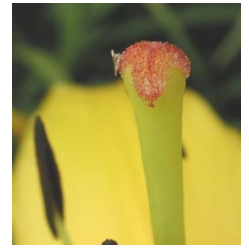
stami



NELLE ANGIOSPERME...

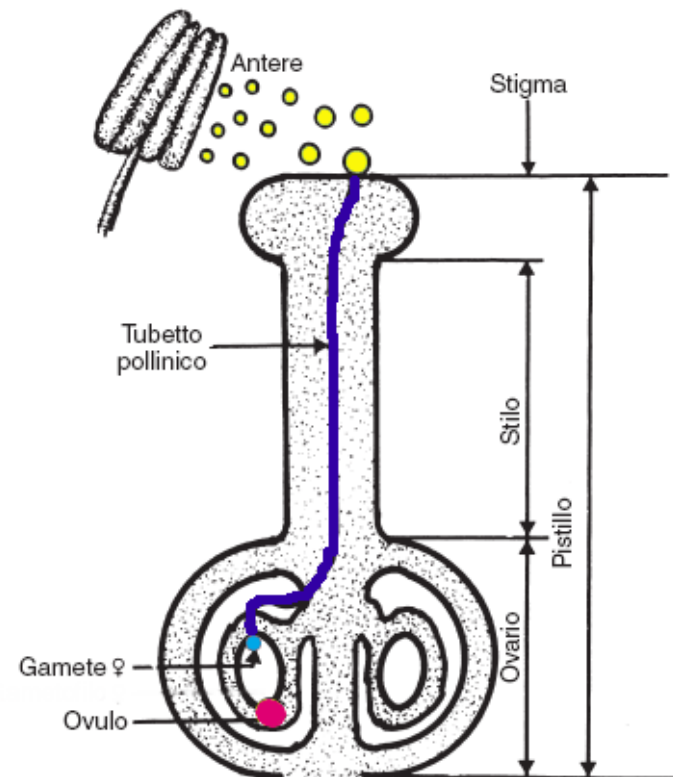
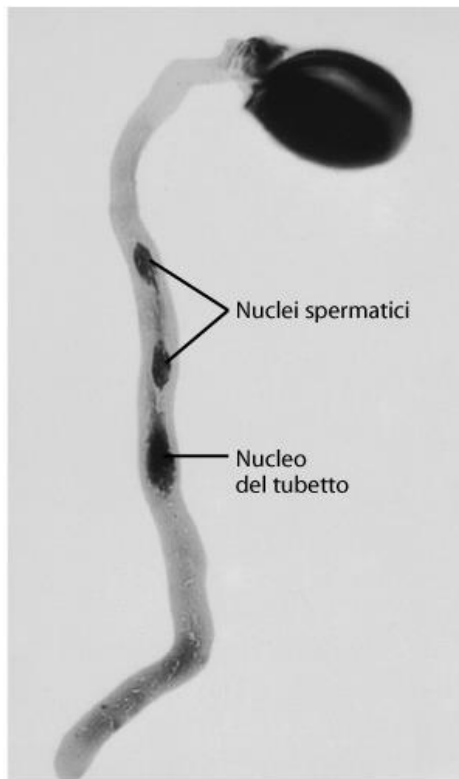
...il polline è prodotto negli stami e poi trasferito sul pistillo nello stigma

carpello



DOPO AVER RAGGIUNTO GLI ORGANI SESSUALI FEMMINILI IL GRANULO POLLINICO GERMINA EMETTENDO IL TUBETTO POLLINICO...

...che si introduce nello stilo e procede fino a raggiungere l'ovulo, nel quale inietta i nuclei spermatici perché avvenga la fecondazione



IN BASE AL TIPO DI VETTORE DEL POLLINE, L'IMPOLLINAZIONE PUÒ ESSERE:

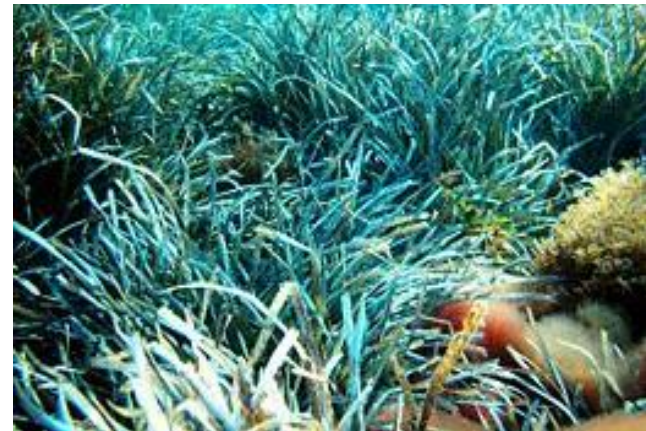
Anemofila



Zoofila



Idrofila



NELLE PIANTE A SEME PIÙ ANTICHE L'IM POLLINAZIONE ERA ANEMOFILA

Incontro casuale tra polline e organi sessuali femminili



Grandi quantità di polline prodotto



Spreco di energia



IMPOLLINAZIONE ANEMOFILA

(dal gr. *anemos* = vento)

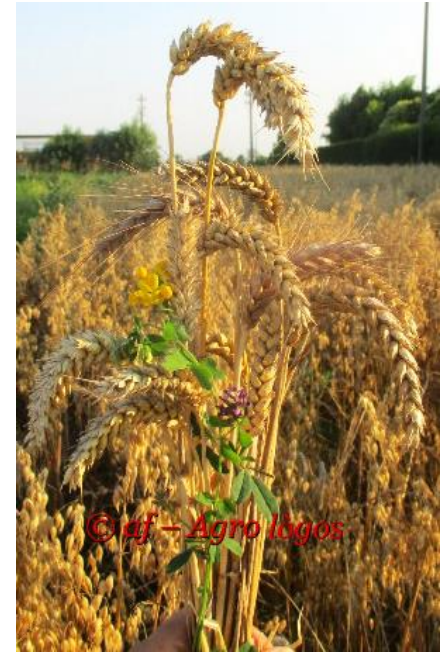
Presentano impollinazione anemofila le Gimnosperme ed alcune Angiosperme



Pinus pinea



Salix pendula



Triticum aestivum

IMPOLLINAZIONE ANEMOFILA

I fiori delle Angiosperme anemofile non presentano adattamenti per attirare i pronubi:

- Non producono **nettare**
- Sono generalmente **piccoli e poco colorati**
- Sono relativamente **inodori**



Bromus catharticus



Corylus avellana



Parietaria diffusa



Urtica dioica

IMPOLLINAZIONE ANEMOFILA

La maggior parte dei pollini che causano riniti allergiche (pollinosi) sono prodotti da piante ad impollinazione anemofila (**Graminaceae**, **Urticaceae**, **Cyperaceae**, ecc.)



IMPOLLINAZIONE ZOOFILA



Il trasporto del polline avviene grazie ad animali, definiti pronubi

IMPOLLINAZIONE ZOOFILA

I vantaggi reciproci tra piante e impollinatori hanno fortemente condizionato l'evoluzione di entrambi

Coevoluzione:

È il processo attraverso cui due o più specie agiscono come forza selettiva l'una sull'altra e ciascuna di esse subisce delle modificazioni evolutive



Melipona sp.



Vanilla planifolia

IMPOLLINAZIONE ZOOFILA



Entomofila
(dal gr. *éntomos*= insetto)



Ornitofila
(dal gr. *ornis*=uccello)



Chiropterofila
(dall'ordine Chiroptera)

IMPOLLINAZIONE ZOOFILA

Come fa la pianta ad attirare i pronubi?

1) **Colore** (soprattutto dei petali, ma non solo)

1) **Profumo** (composti volatili)

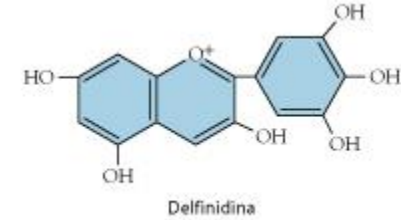
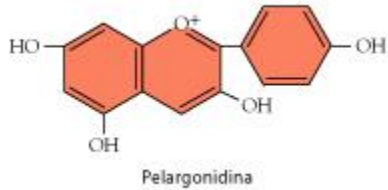
2) **Forma**

3) **Cibo** (polline, tessuti floreali, néttare)

IMPOLLINAZIONE ZOOFILO

Il colore dei fiori è dovuto a 2 importanti classi di pigmenti:

1) ANTOCIANI



Il colore degli antociani va dal **rosso** al **viola** all'**azzurro**, a seconda della struttura chimica e del pH

Gli antociani sono accumulati all'interno del **vacuolo**

I flavoni determinano colorazioni bianco-avorio

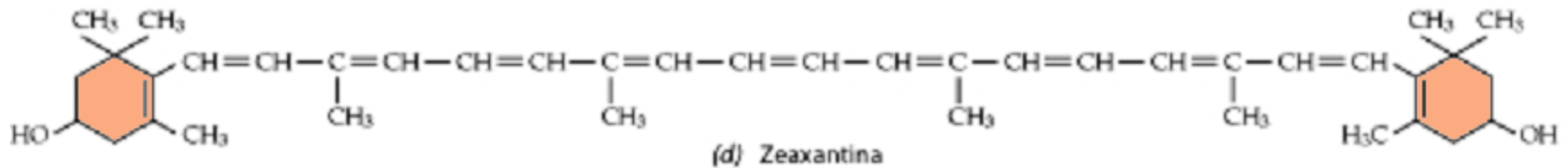


Iris lutescens

IMPOLLINAZIONE ZOOFILO

Il colore dei fiori è dovuto a 2 importanti classi di pigmenti:

1) CAROTENOIDI



Il colore dei carotenoidi va dall'**arancio** al **giallo** al **rosso**

I carotenoidi sono accumulati in plastidi denominati **cromoplasti**



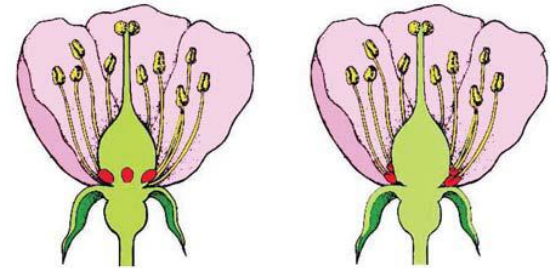
Aquilegia canadensis

IMPOLLINAZIONE ZOOFILO

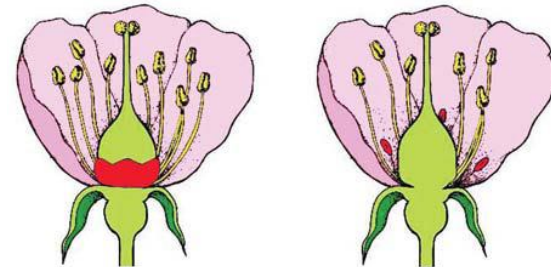
I pronubi generalmente ottengono cibo dal fiore

Il cibo può essere rappresentato da:

1) Parti del fiore



2) Polline



3) Nettare

I **nettari** sono ghiandole specializzate per la secrezione del **nettare**

IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

Questo tipo di impollinazione è effettuata soprattutto da:



Imenotteri



Lepidotteri



Coleotteri



Ditteri

IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

FIORI IMPOLLINATI DA COLEOTTERI



I fiori impollinati dai coleotteri hanno generalmente un colore neutro ma hanno un odore molto forte

IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

FIORI IMPOLLINATI DA IMENOTTERI APOIDEI

Gli Apoidei sono i più importanti impollinatori. Gli apoidei basano la loro alimentazione sul polline e sono quindi in gran parte dediti all'impollinazione
L'impollinazione viene mediata essenzialmente dagli esemplari di sesso femminile che raccolgono il polline come fonte proteica e per nutrire le loro larve

La radiazione evolutiva di questi insetti corrisponde temporalmente a quella delle Angiosperme



IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

FIORI IMPOLLINATI DA IMENOTTERI APOIDEI

Hanno petali vistosi con colori brillanti, generalmente blu o gialli, non sono mai di color rosso puro



Ape su *Taraxacum officinalis*

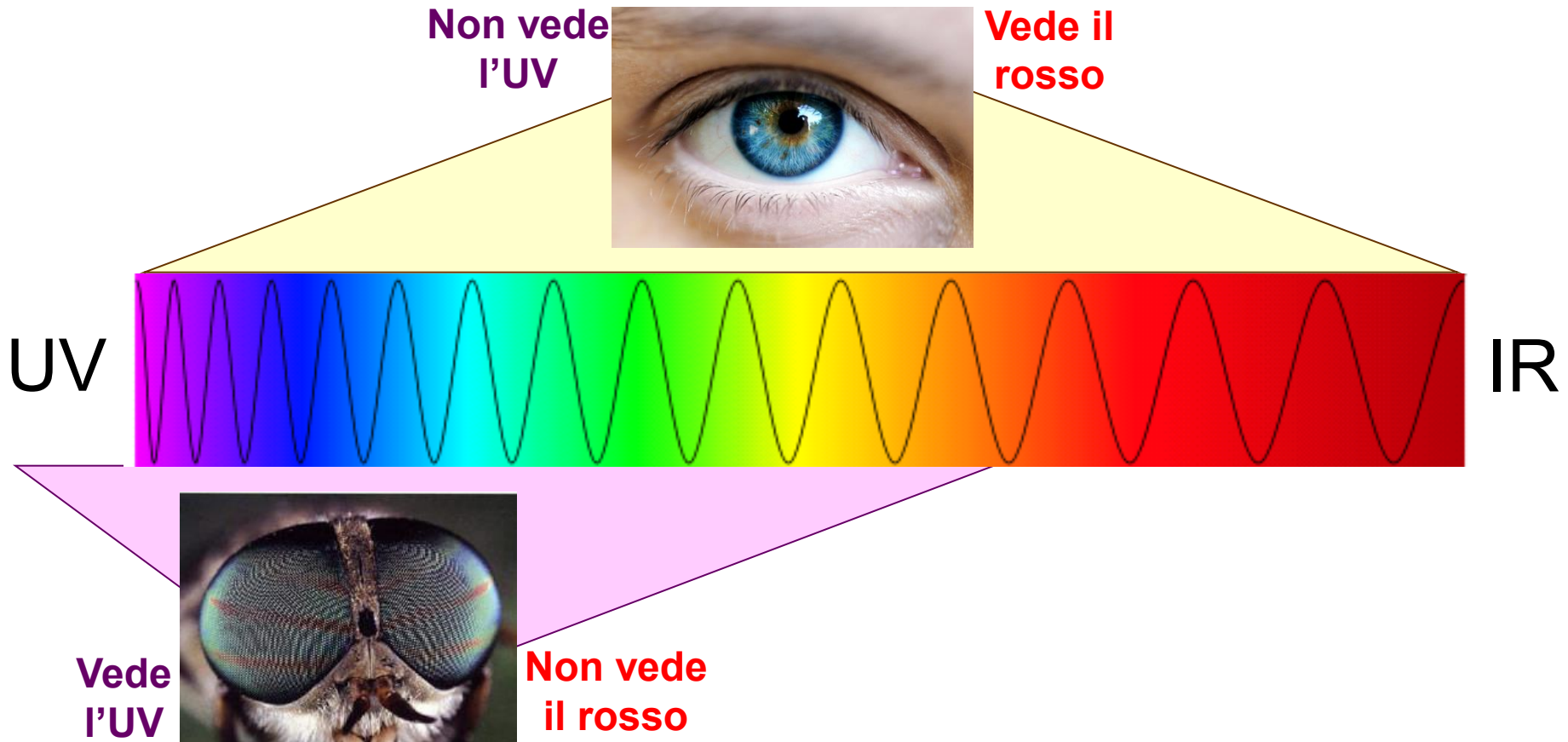


Ape su *Borrago officinalis*

IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

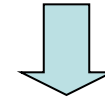
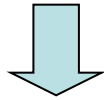
FIORI IMPOLLINATI DA IMENOTTERI APOIDEI

Lo spettro visivo degli apoidei è diverso rispetto a quello dell'uomo



IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

FIORI IMPOLLINATI DA IMENOTTERI APOIDEI



Caltha palustris

IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

FIORI IMPOLLINATI DA IMENOTTERI APOIDEI

I fiori impollinati dagli apoidei hanno spesso segnali di riconoscimento, come gli indicatori del miele, sono generalmente zigomorfi e dotati di piste di atterraggio



Digitalis purpurea



Rosmarinus officinalis

IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

FIORI IMPOLLINATI DA IMENOTTERI APOIDEI

In alcuni casi si sono evolute strategie molto raffinate che aumentano la specificità fiore/pronubo



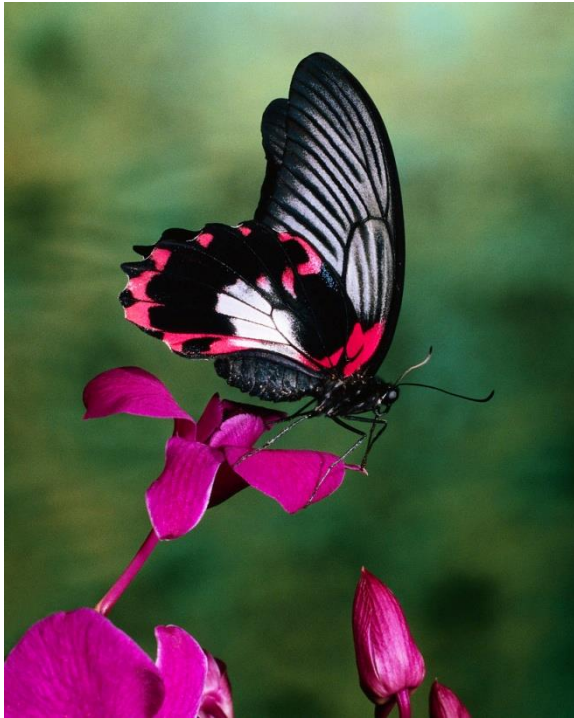
Nel genere *Ophrys* (famiglia Orchidaceae) il fiore imita la femmina del pronubo

Ophrys phryganae

IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

FIORI IMPOLLINATI DA LEPIDOTTERI

I fiori impollinati dalle farfalle hanno spesso i petali fusi a formare una corolla a tubo



IMPOLLINAZIONE ENTOMOFILA

FIORI IMPOLLINATI DA LEPIDOTTERI

I fiori impollinati dalle farfalle hanno forme e colori sgargianti



Sono talvolta di color **arancio** e **rosso** poiché i lepidotteri percepiscono questi colori

IMPOLLINAZIONE ORNITOFILA



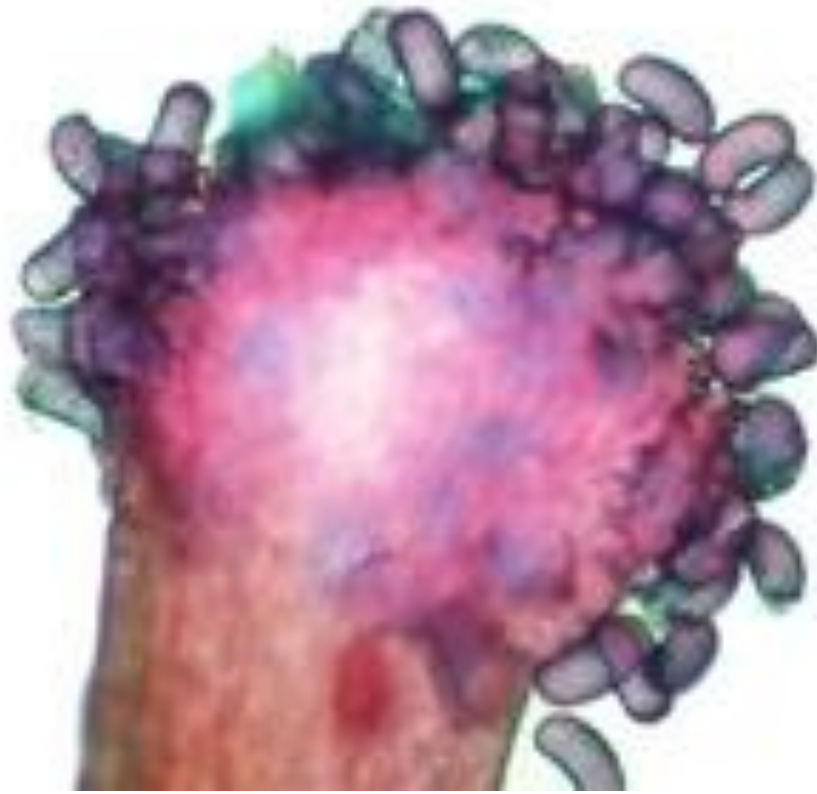
I fiori impollinati da uccelli producono **grandi quantità di nettare** e sono spesso **rossi e inodori**

IM POLLINAZIONE CHIROTTEROFILA



I fiori impollinati da pipistrelli producono abbondante nettare, hanno colori spenti e producono odori forti

FECONDAZIONE



GERMINAZIONE DEL POLLINE

Emissione del tubetto pollinico

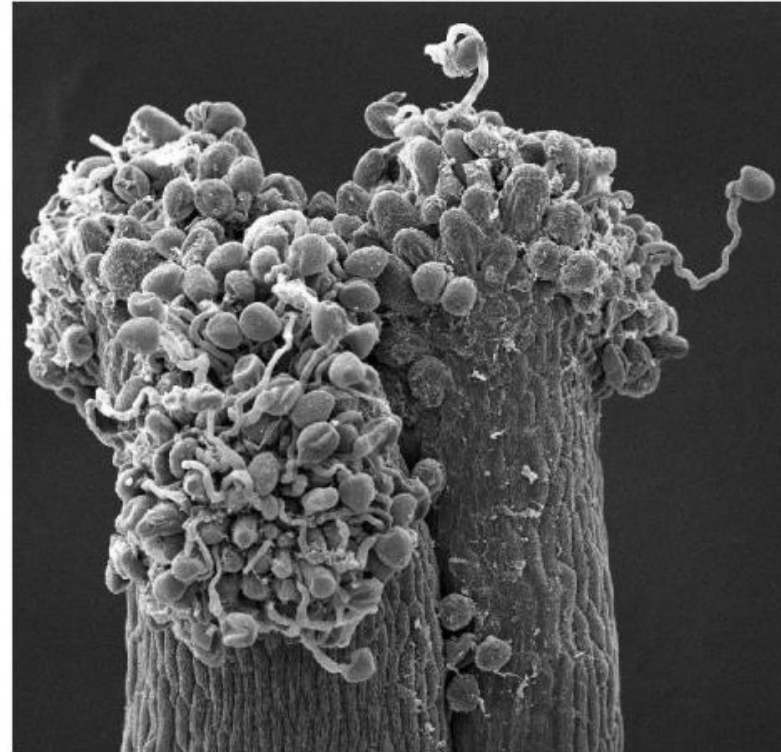
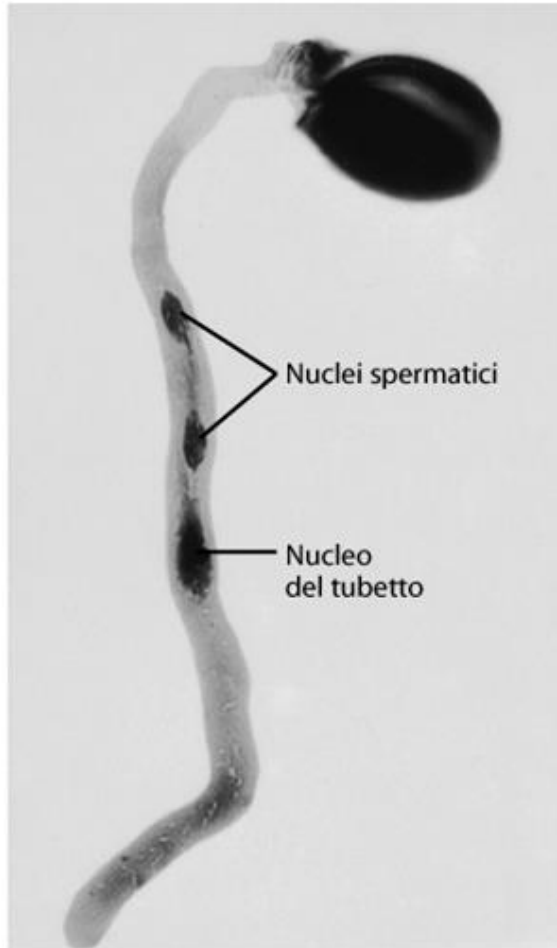
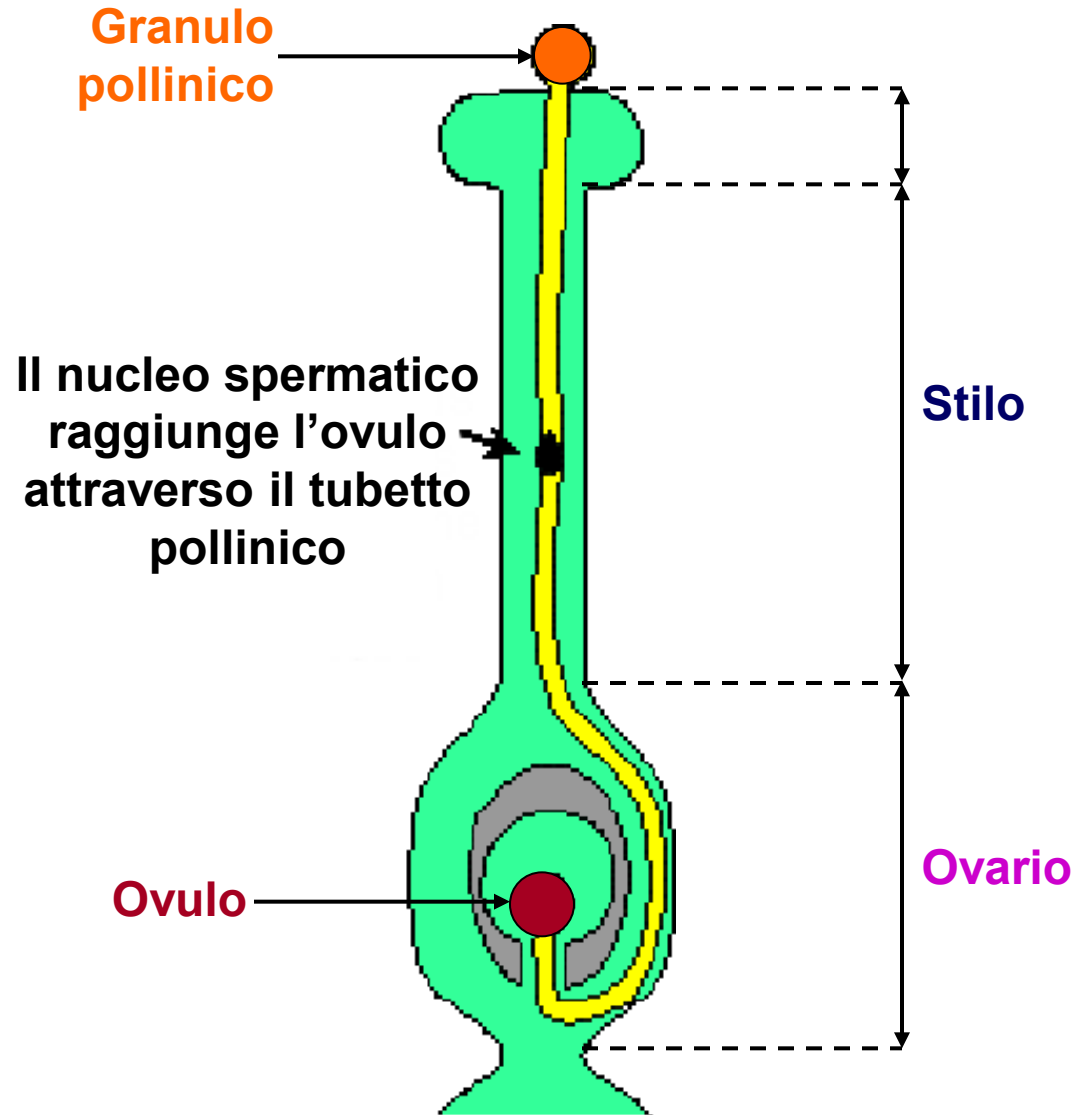


Figura 12.20

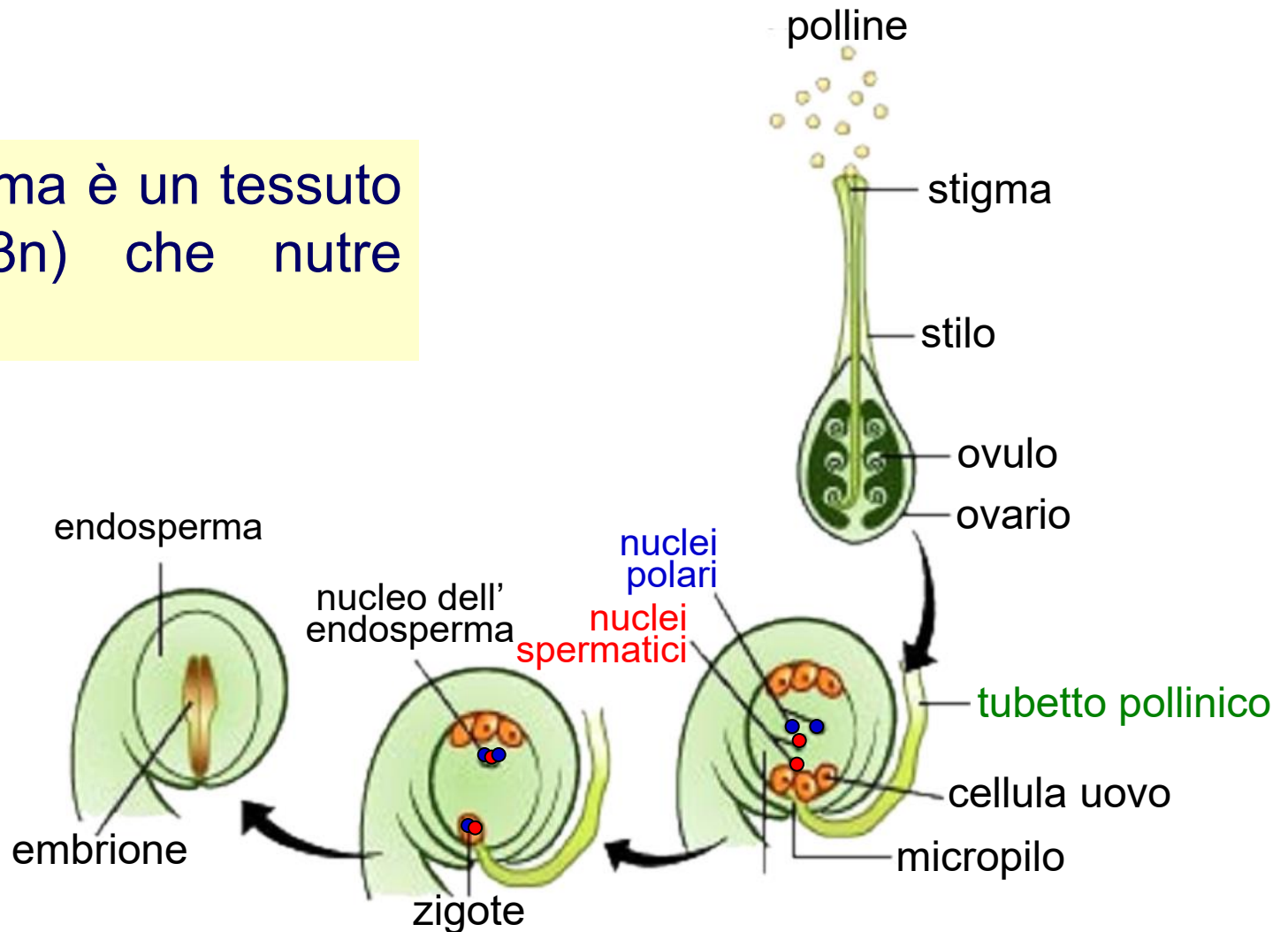
Immagine al SEM di uno stimma: l'adesione di numerosi granuli pollinici è seguita dall'emissione del tubetto pollinico da parte di alcuni di essi (osservazione di E. Caporali).

FECONDAZIONE

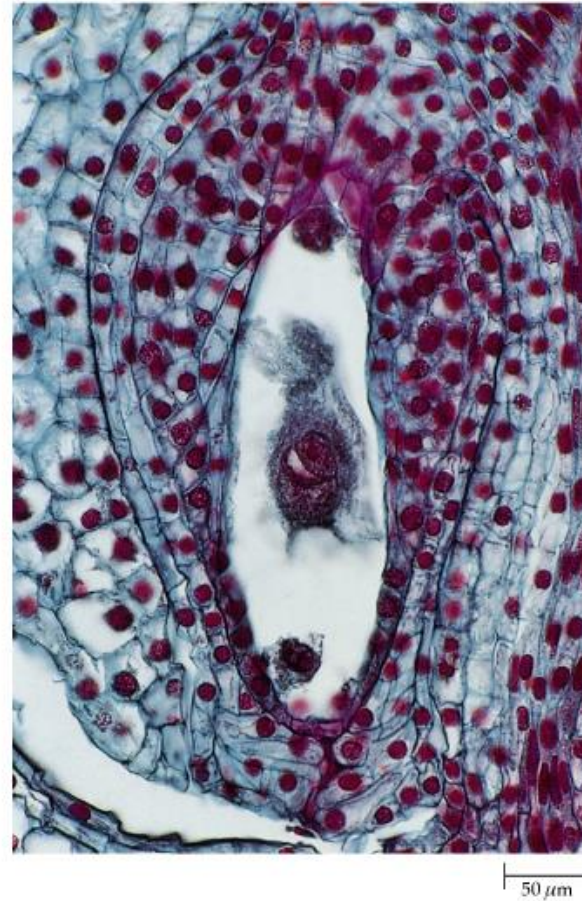
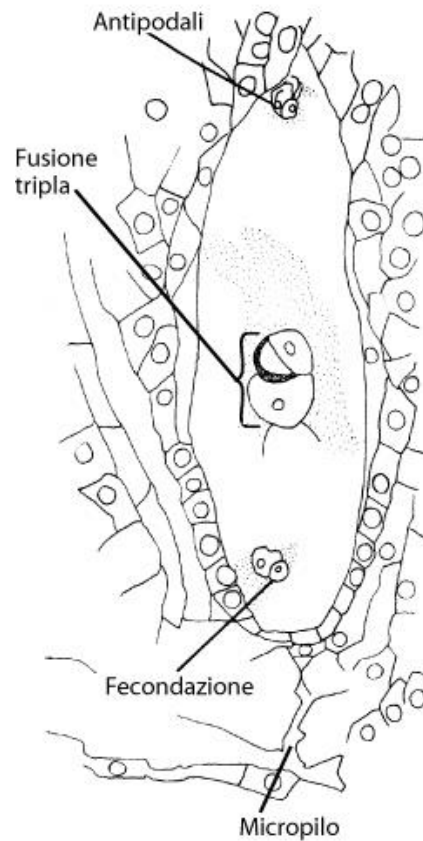


NELLE ANGIOSPERME SI REALIZZA LA “DOPPIA FECONDAZIONE”

L'endosperma è un tessuto triploide ($3n$) che nutre l'embrione



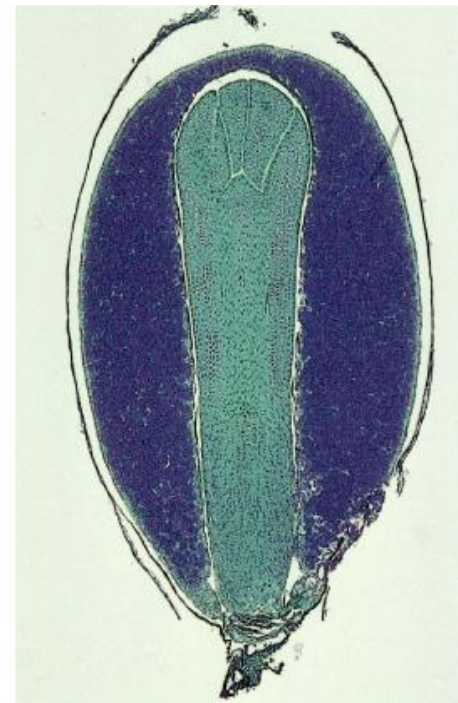
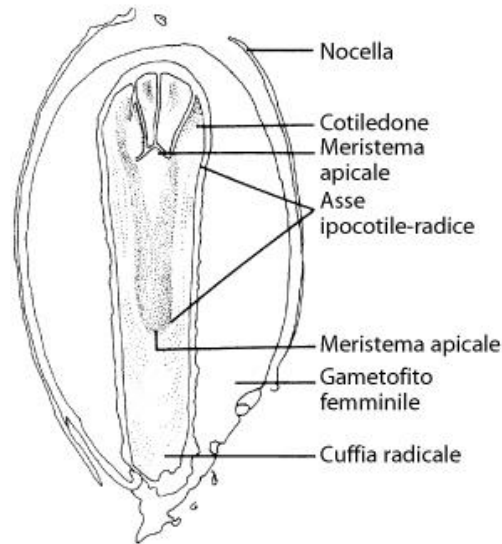
DOPPIA FECONDAZIONE



Doppia fecondazione in *Lilium*

NELLE GIMNOSPERME NON SI REALIZZA LA “DOPPIA FECONDAZIONE”

L'endosperma è costituito dal megagametofito, quindi è aploide (n)



500 μm

ENDOSPERMA PRIMARIO E SECONDARIO

ANGIOSPERME → Endosperma secondario ($3n$)

GIMNOSPERME → Endosperma primario (n)

SI CONOSCONO TRE PRINCIPALI TIPI DI ENDOSPERMA:

1) Nucleare

(in tutte le Gimnosperme e parte delle angiosperme) si forma inizialmente un endosperma multinucleato, in un secondo momento si formano le pareti cellulari

2) Cellulare

Le divisioni cellulari sono, da subito, accompagnate da divisioni cellulari quindi non si ha la fase multinucleata

3) Elobiale

(caratteristica di un gruppo di monocotiledoni) nella porzione micropilare si ha una fase multinucleata a cui seguono delle divisioni cellulari, nel polo chalazale non si hanno divisioni cellulari

AUTOIMPOLLINAZIONE E IMPOLLINAZIONE INCROCIATA

AUTOIMPOLLINAZIONE

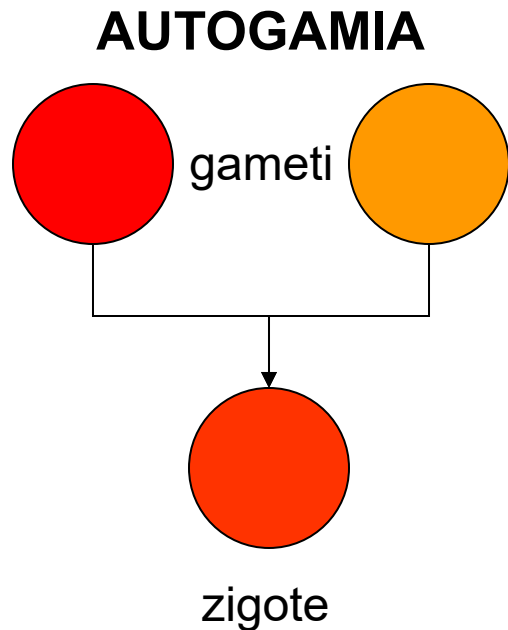
AUTOGAMIA

IMPOLLINAZIONE INCROCIATA

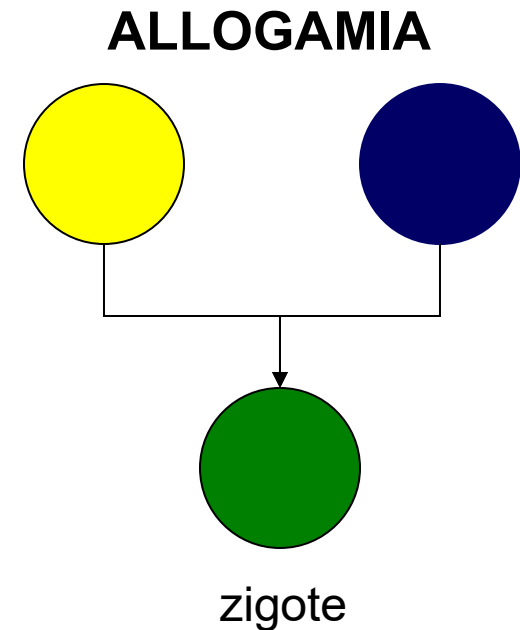
ALLOGAMIA

L'IMPOLLINAZIONE INCROCIATA È FAVORITA DALL'EVOLUZIONE...

...poiché promuove la variabilità genetica



Unione di gameti geneticamente
molto simili



Unione di gameti geneticamente
molto diversi

FIORI BISESSUALI ED UNISESSUALI

La maggior parte dei fiori possiede sia stami sia carpelli: FIORI BISESSUALI (=PERFETTI)

In alcune specie si trovano fiori maschili (STAMINIFERI) e femminili (PISTILLIFERI), questi fiori sono definiti UNISESSUALI (=IMPERFETTI)

Erythronium dens-canis



Fiore bisessuale

Zea mays



Fiore staminifero



Fiore pistillifero

PIANTE MONOICHE E DIOICHE

Piante MONOICHE

fiori pistilliferi e staminiferi sullo stesso individuo

Piante DIOICHE

fiori staminiferi e quelli pistilliferi si trovano su individui diversi

Lithocarpus densiflora

Pianta monoica

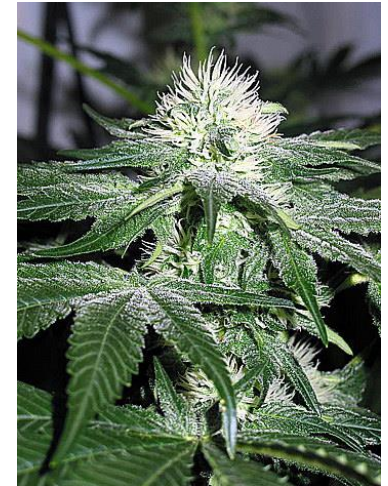


Cannabis indica

Pianta dioica



Individuo maschile



Individuo femminile

DICOGAMIA

In alcune piante con FIORI PERFETTI gli stami e i carpelli maturano in tempi diversi

PROTERANDRE

Gli stami maturano prima che gli stimmi diventano recettivi

PROTEROGINE

gli stimmi diventano recettivi prima che maturino gli stami

Chamaenerion angustifolium



Fase staminifera



Fase pistillifera

AUTOINCOMPATIBILITÀ

In molte specie l'autogamia è inibita grazie a segnali chimici che inibiscono lo sviluppo del polline

SISTEMA 1: incompatibilità con proteine prodotte dal microgametofito

Il granulo si posa su uno stimma della stessa pianta che lo ha prodotto

Il granulo germina e il tubetto inizia ad accrescersi

Il pistillo inibisce l'ulteriore crescita del tubetto pollinico

Il pistillo riconosce le proteine presenti sulla superficie del tubetto



AUTOINCOMPATIBILITÀ

In molte specie l'autogamia è inibita grazie a segnali chimici che inibiscono lo sviluppo del polline

SISTEMA 2: incompatibilità con proteine prodotte dallo sporofito

Deposizione di proteine di incompatibilità prodotte dall'antera sulla superficie del granulo pollinico in formazione

Il granulo si posa su uno stimma della stessa pianta che lo ha prodotto

Lo stimma inibisce la germinazione del granulo

Lo stimma riconosce le proteine di incompatibilità



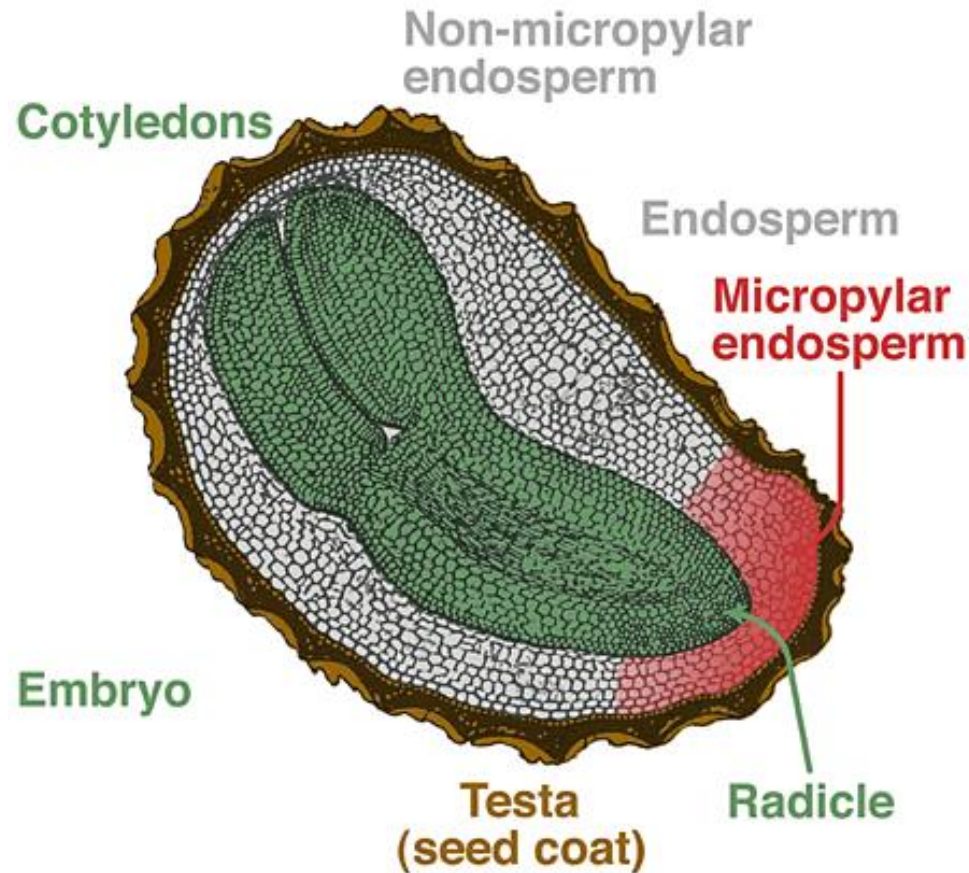
AUTOINCOMPATIBILITÀ

I geni coinvolti nei meccanismi di incompatibilità sono chiamati:

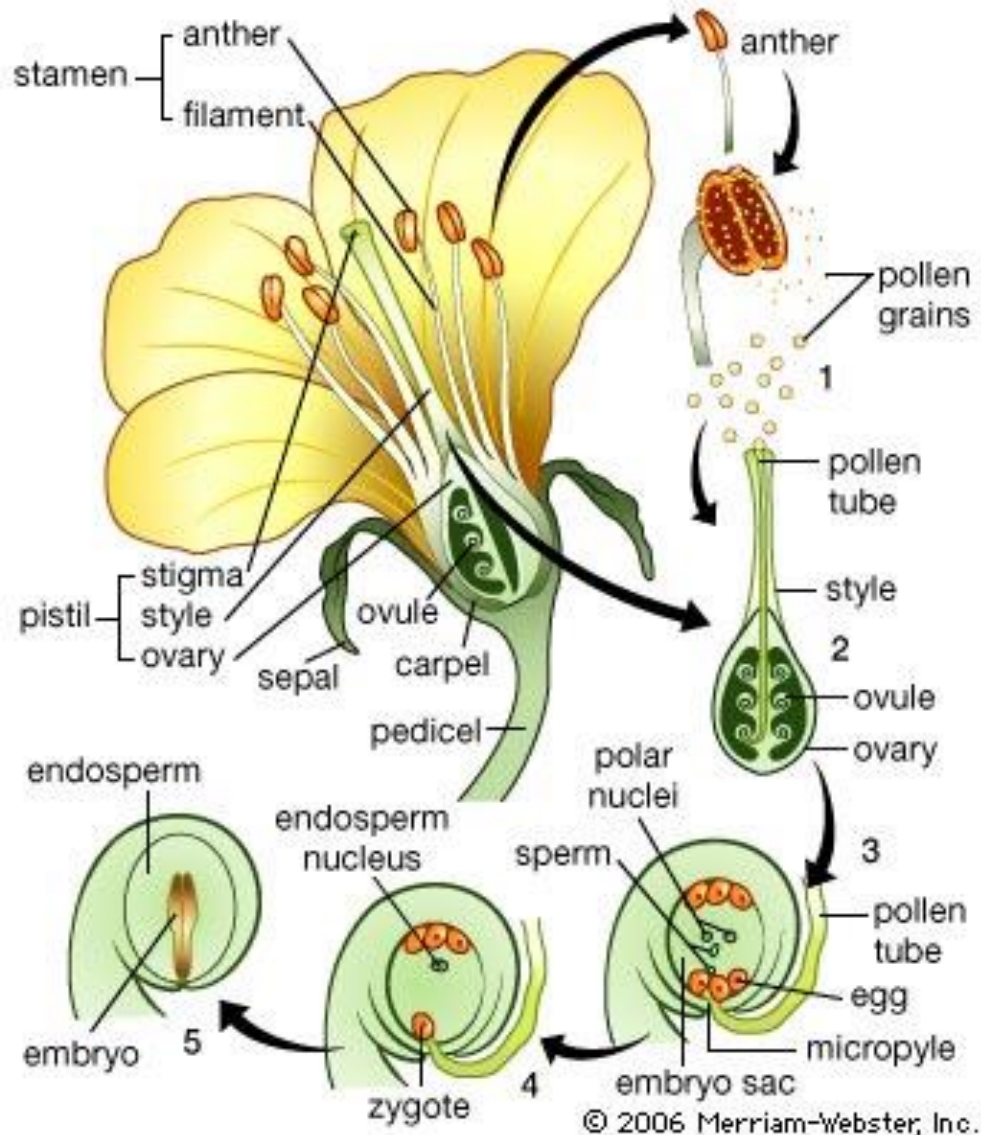
GENI "S"

Self incompatibility

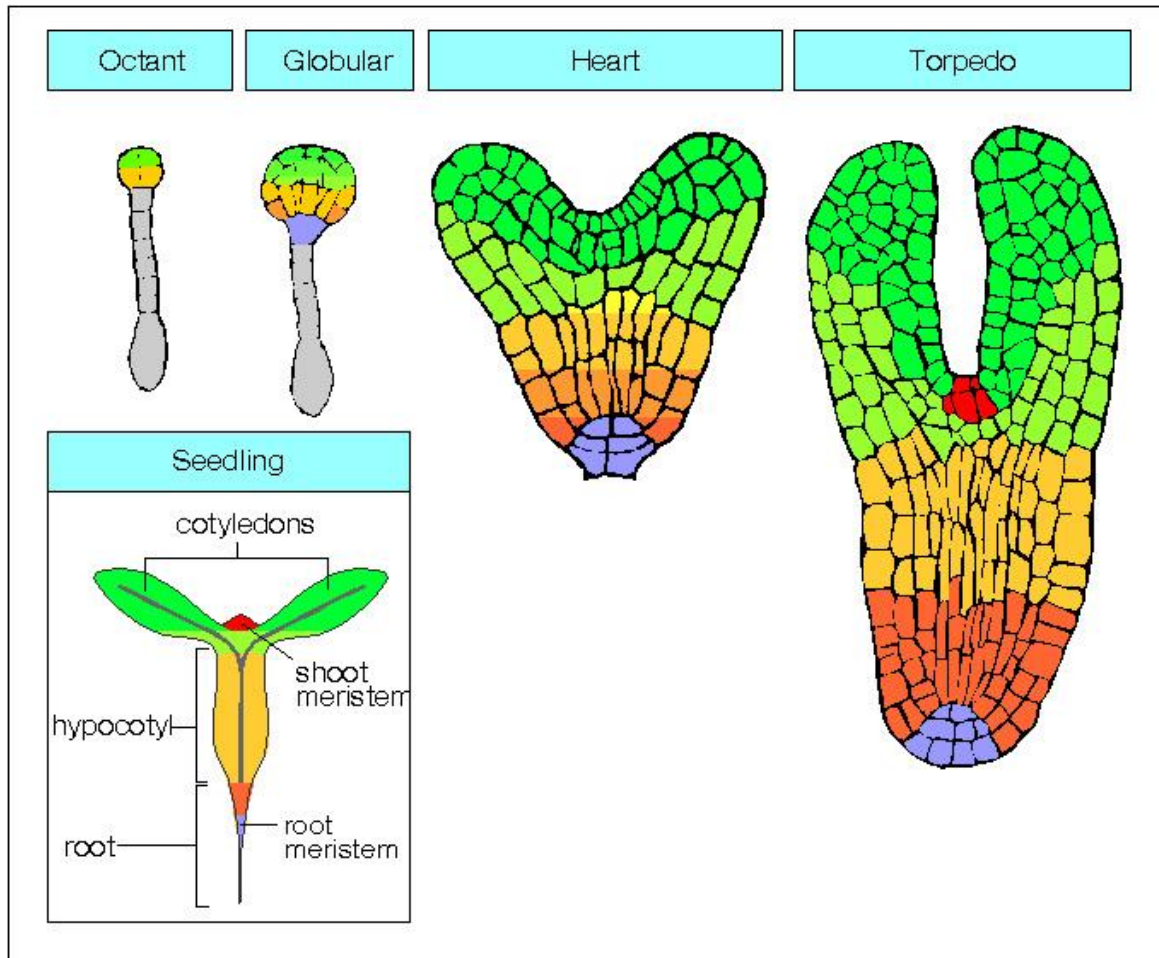
SVILUPPO EMBRIONALE



DALLA DOPPIA FECONDAZIONE HANNO ORIGINE L'ENDOSPERMA E L'EMBRIONE

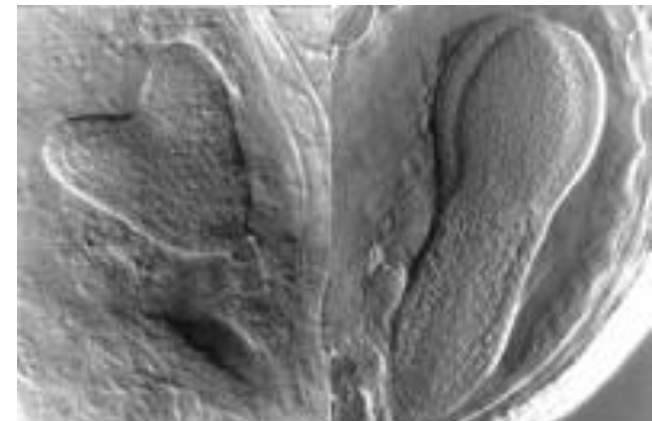


PRINCIPALI FASI DELLA MATURAZIONE DELL'EMBRIONE



Preglobular

Globular



Early Heart

Torpedo