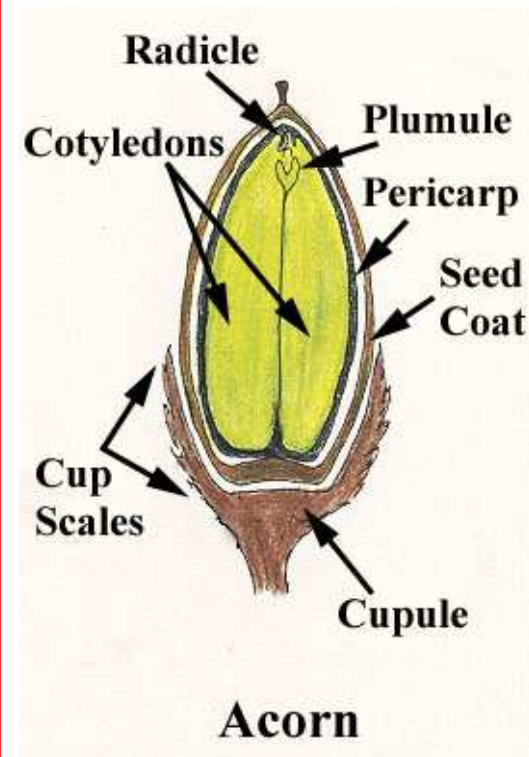


Spermatofite (Piante a seme); comparsa del polline

Lo sviluppo del **seme** fu una delle innovazioni più spettacolari nella diversificazione delle piante. Infatti, essendo il seme una struttura caratterizzata da spessi tegumenti atti a proteggere l'embrione e quindi una struttura ad elevata probabilità di sopravvivenza, consentiva alle piante spermatofite (le piante a seme) di colonizzare habitat apparentemente ostili o favorevoli solo per un limitato periodo di tempo.

Il seme non è altro che l'ovulo maturo. L'ovulo delle spermatofite, a differenza di quello delle crittogame vascolari è rivestito dai tegumenti, ossia da uno o due strati supplementari di tessuto atti a proteggere l'ovulo e il futuro embrione.

Fondamentale, in chiave evolutiva, fu anche il fatto che, rispetto alle crittogame vascolari, nelle spermatofite l'acqua non è più necessaria per la fecondazione in quanto gli spermatozoi non devono più nuotare verso le oosfere. Infatti con lo sviluppo del **polline** le piante si svincolarono definitivamente dall'acqua anche per la riproduzione sessuale in quanto è tutto il gametofito maschile (granulo pollinico) ad essere trasportato nei pressi del gametofito femminile (contenuto nell'ovulo). Gli spermatozoi vengono liberati solo quando il granulo pollinico è in diretto contatto con l'ovulo. Tramite lo sviluppo di un tubetto (tubetto pollinico) che partendo dal granulo pollinico (maschile) entra nell'ovulo (femminile) gli spermatozoi vengono rilasciati direttamente all'interno di una struttura protetta. Dopo la fecondazione l'embrione rimarrà protetto all'interno dell'ovulo (che sviluppati i tegumenti diventerà seme) e potrà mantenersi in uno stato dormiente sino a che nell'ambiente esterno non si siano verificate condizioni ambientali idonee per un'eventuale germinazione.



Spermatofite (Gimnosperme)

Le prime spermatofite furono le gimnosperme (piante a “seme nudo”) in quanto gli ovuli venivano portati direttamente sulla superficie di sporofilli e non chiusi all’interno di un ovario. Per più di 200 milioni di anni le gimnosperme (e le felci) popolarono la terra formando quelle immense foreste che oggi rappresentano i più importanti giacimenti di combustibile fossile (carbone e petrolio). Ancora oggi le gimnosperme e le felci sono abbondantissime sul nostro pianeta, basti pensare che le foreste di conifere ricoprono oggi circa il 25% delle terre emerse (specialmente nell’ambito del bioma Taiga).

Le gimnosperme sono derivate da un gruppo di piante antecedenti note con il nome di Progimnosperme che si svilupparono verso la fine del Paleozoico e che avevano caratteristiche intermedie tra le crittogame vascolari (isosporia, mancanza del seme) e le gimnosperme vere e proprie (sistema di ramificazione, xilema e floema secondario).

Le gimnosperme **non producono anteridi** (caratteristica evolutiva progressiva rispetto alle crittogame vascolari) ma **producono ancora archegoni** (caratteristica evolutiva arcaica rispetto alle angiosperme).



Welwitschia mirabilis (gnetophyta)



Spermatofite (Gimnosperme)

Come detto la caratteristica fondamentale delle gimnosperme è quella di avere gli ovuli esposti sulla superficie di strutture chiamate **sporofilli**.

Un'altra caratteristica delle gimnosperme che testimonia il suo grado di arcaicità rispetto alle successive piante a fiore è il fatto che **il gametofito femminile può dar luogo a più di un archegonio** (organo sessuale femminile) e quindi più di una oosfera può essere fecondata e più di embrioni possono iniziare a svilupparsi (**poliembrionia**) tuttavia di questi embrioni in via di sviluppo solo uno normalmente sopravvive

Coniferophyta

Pinus
Abies
Picea
Larix
Taxus
Sequoia
Tsuga
Cupressus
Juniperus
Pseudotsuga
.....



4 classi di gimnosperme

Ginkgophyta

1 genere
Ginkgo



Cycadophyta

10 generi
Cycas
Zamia
.....

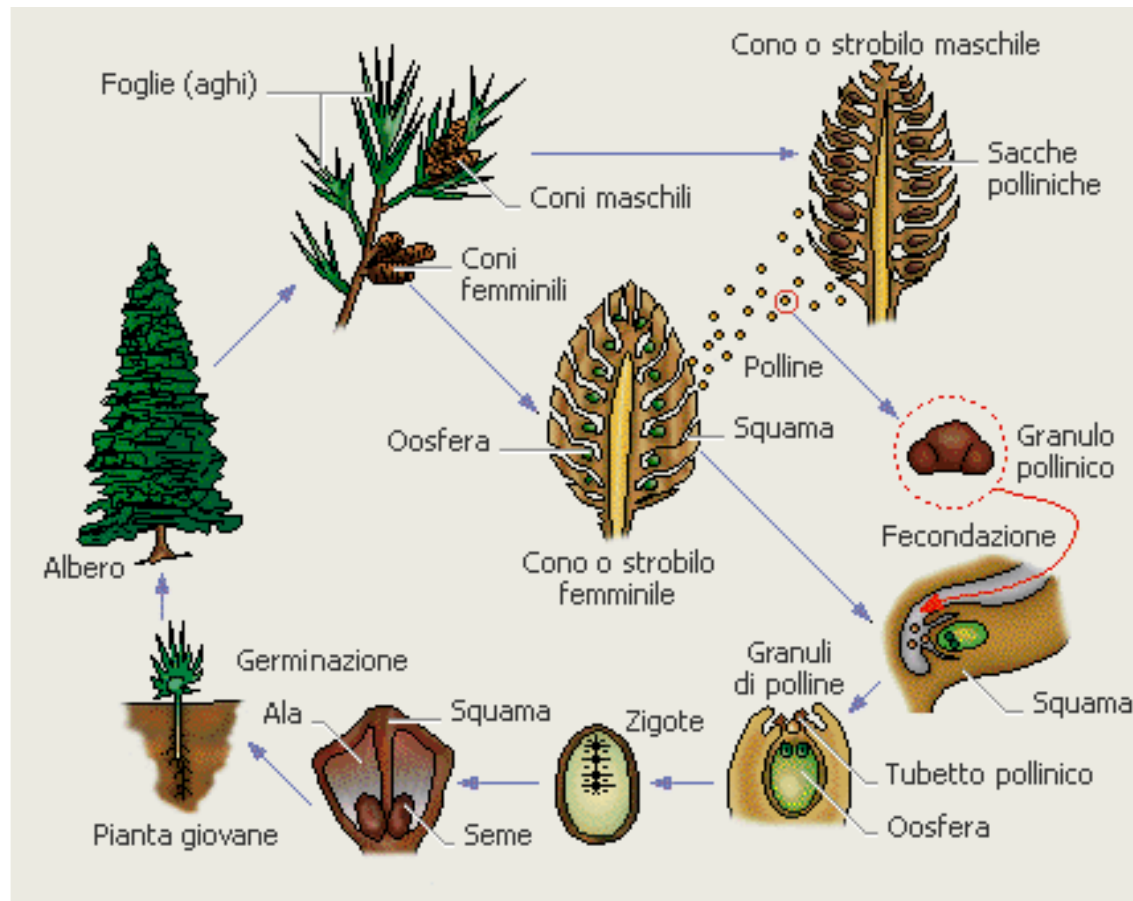


Gnetophyta

3 generi
Gnetum
Ephedra
Welwitschia



Ciclo vitale in *Pinus*



- Nei pini l'impollinazione avviene in primavera.
- 12 mesi dopo anche il gametofito femminile è maturo
- 15 mesi dopo l'impollinazione il tubetto pollinico del polline raggiunge l'oosfera
- 18 mesi dopo l'impollinazione i semi (pinoli) sono pronti per la disseminazione che quindi avviene nell'autunno del secondo anno successivo all'impollinazione

Riproduzione nei Pini

Nei pini i coni maschili sono generalmente portati sui rami inferiore mentre i coni femminili (coni ovulati) sono portati sui rami superiori. Solo in alcuni tipi di pino entrambi i coni sono portati sullo stesso ramo ed in questo caso i coni femminili si trovano più in alto in modo tale da evitare il contatto con il polline della medesima pianta. I coni maschili sono piuttosto piccoli (1-2 cm. di lunghezza) e portano numerosi macrosporangi dai quali per meiosi si formerà il granulo pollinico (microgametofito o gametofito maschile) composto di 4 cellule. I coni femminili invece sono piuttosto grandi e sono costituiti dal complesso della squama ovulifera a sua volta costituito da 1) una brattea sterile 2) una squama ovulifera 3) due ovuli. Gli ovuli non sono altro che il megasporangio circondato dai tegumenti. All'interno del megasporangio avverrà la meiosi che darà vita a 4 megaspore di cui una sola rimarrà funzionante mentre le altre degenereranno. La megaspore aploide darà luogo per mitosi al megagametofito (gametofito femminile) il quale selezionerà vari archegoni all'interno dei quali si differenzieranno le oosfere (gameti femminili). Una delle 4 cellule del granulo pollinico si dividerà a formare due spermi. Uno di questi spermi andrà a fecondare l'oosfera del gametofito femminile e darà luogo all'embrione (diploide). l'embrione si trova ancora nell'ovulo che a sua volta si trasformerà in seme.

A proposito del Ciclo vitale delle Conifere: *da ricordare che:*

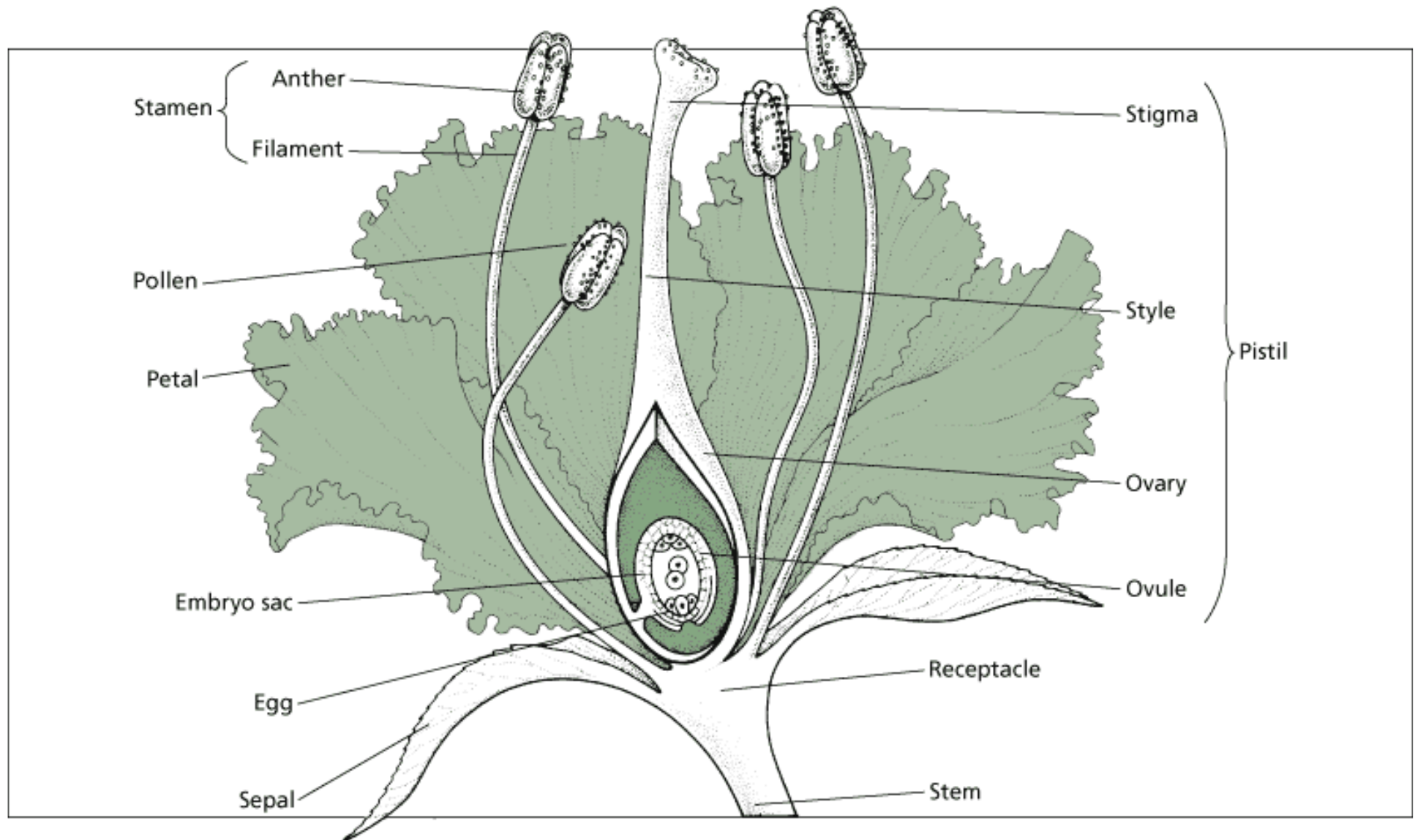
- Nelle conifere non vengono prodotti organi sessuali maschili (Anteridi) ma il microsporangio contiene un microsporocito (cellula madre delle microspore) che per meiosi darà luogo a 4 microspore aploidi. Le microspore daranno luogo al microgametofito composto da 4 cellule nel suo stadio immaturo (granulo pollinico) e da 7 cellule in quello maturo
- Nelle conifere il macrogametofito è composto da diverse migliaia di cellule aploidi e da origine a due o tre archegoni ognuno dei quali contiene e diverse oosfere aploidi.
- Tutte le oosfere di tutti gli archegoni possono essere fecondate quindi diversi embrioni iniziano lo sviluppo (Poliembrionia) ma generalmente solo un embrione completa regolarmente lo sviluppo.
- L'ovulo fecondato diventa il seme che è quindi costituito da tre tipi di tessuti: tegumenti (di origine diploide); embrione (diploide) e tessuto di riserva costituito da quello che era il gametofito femminile (aploide).

Spermatofite (Angiosperme)

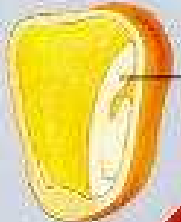
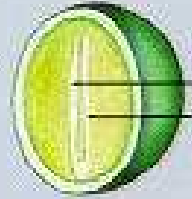
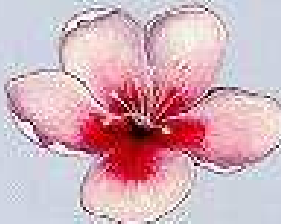
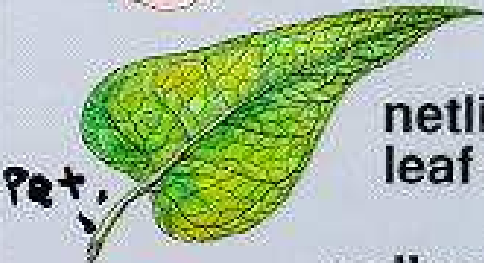
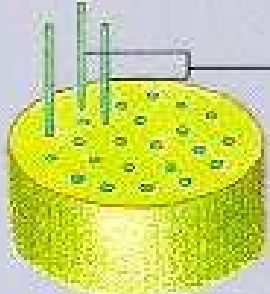
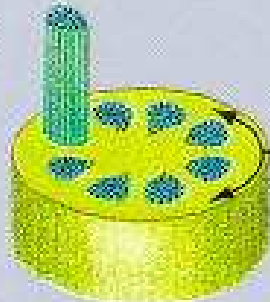
Circa 130 milioni di anni fa apparve l'ultima innovazione morfologica che ovviamente causò grandi cambiamenti: la comparsa del fiore. Il fiore consentì alle piante che lo portavano (Angiosperme) di rendere molto più efficiente l'impollinazione grazie alla partnership creata con i nuovi agenti impollinatori (gli insetti). Inoltre gli ovuli vennero protetti ulteriormente dall'attacco dei predatori o dagli agenti atmosferici nefasti tramite lo sviluppo di un ovario che poteva successivamente trasformarsi in frutto. La varietà dei fiori e dei frutti consentì alle angiosperme di migliorare le loro capacità e possibilità di diffusione. Oggi la maggior parte delle piante esistenti sulla Terra appartengono alle angiosperme.



Spermatofite (Angiosperme) IL FIORE

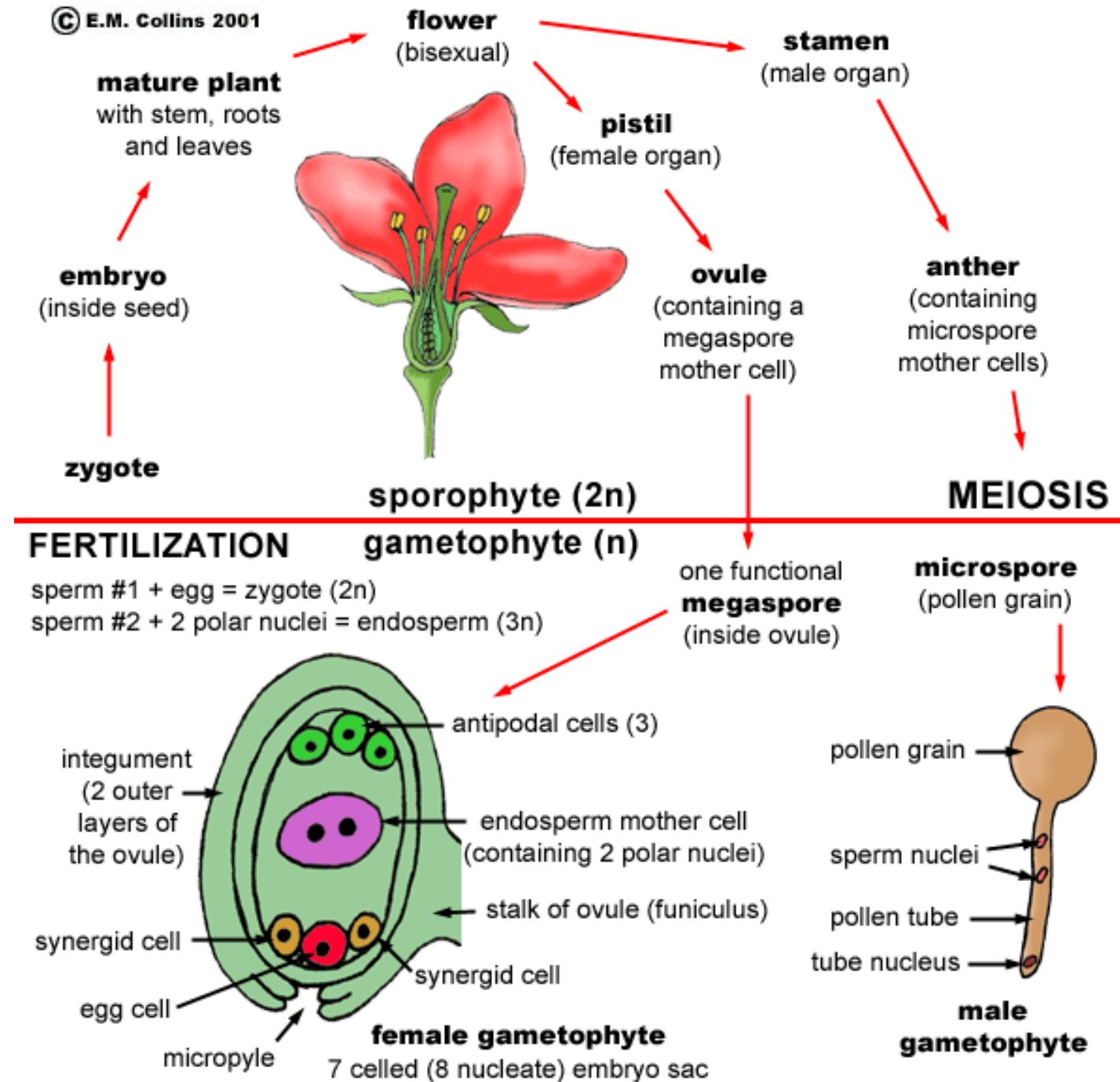


Angiosperme: differenze tra monocotiledoni e dicotiledoni

MONOCOTS	DICOTS
 one cotyledon	 two cotyledons
 floral parts in threes	 floral parts in fours or fives
 parallel leaf veins	 netlike leaf veins
 pollen grain has one pore or furrow	 pollen grain has three pores or furrows
 vascular bundles throughout stem's ground tissue	 stem's vascular bundles arranged in a ring

**Spermatofite
(Angiosperme)**

Ciclo vitale

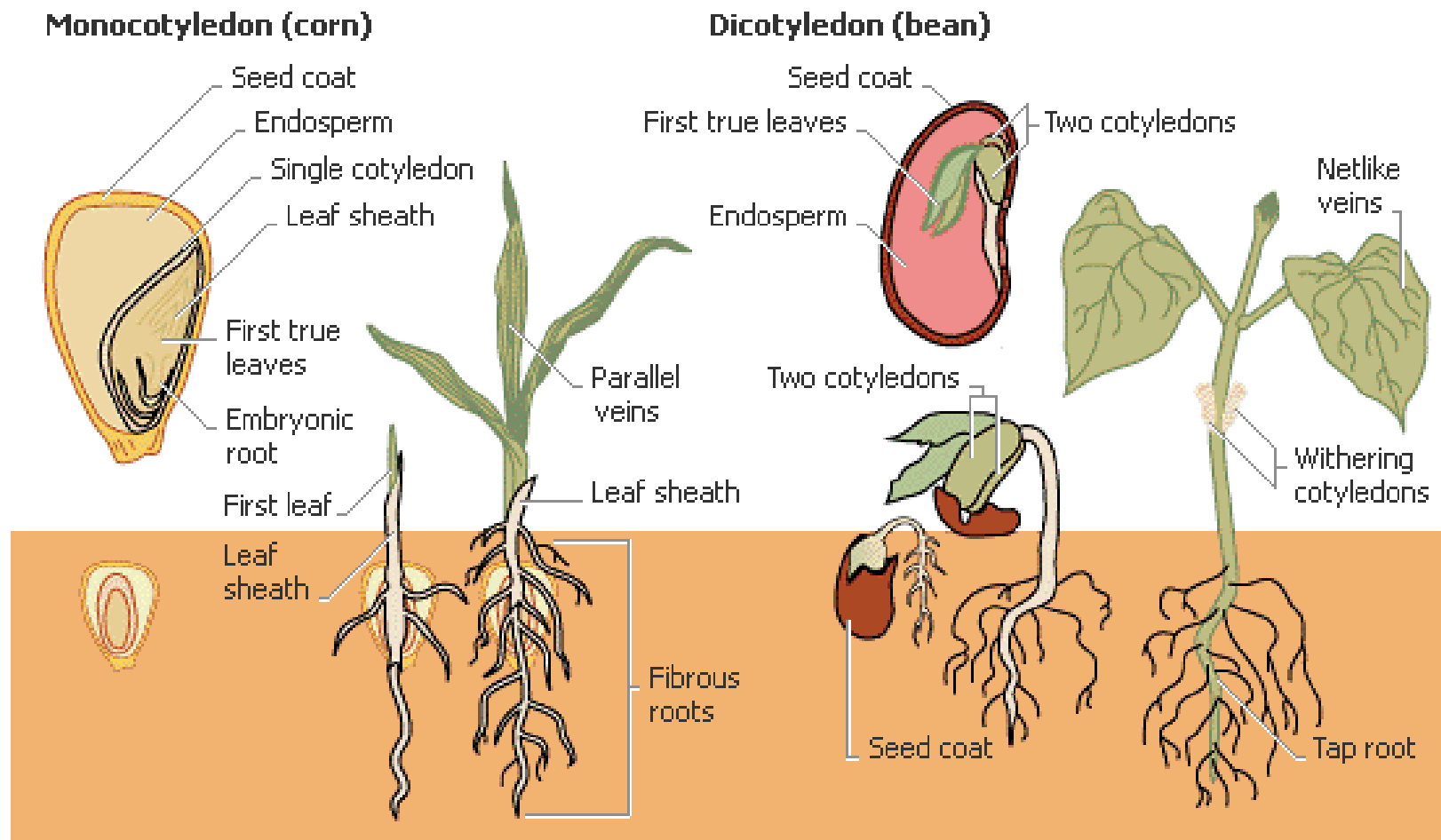


A proposito del Ciclo vitale delle Angiosperme: *da ricordare che:*

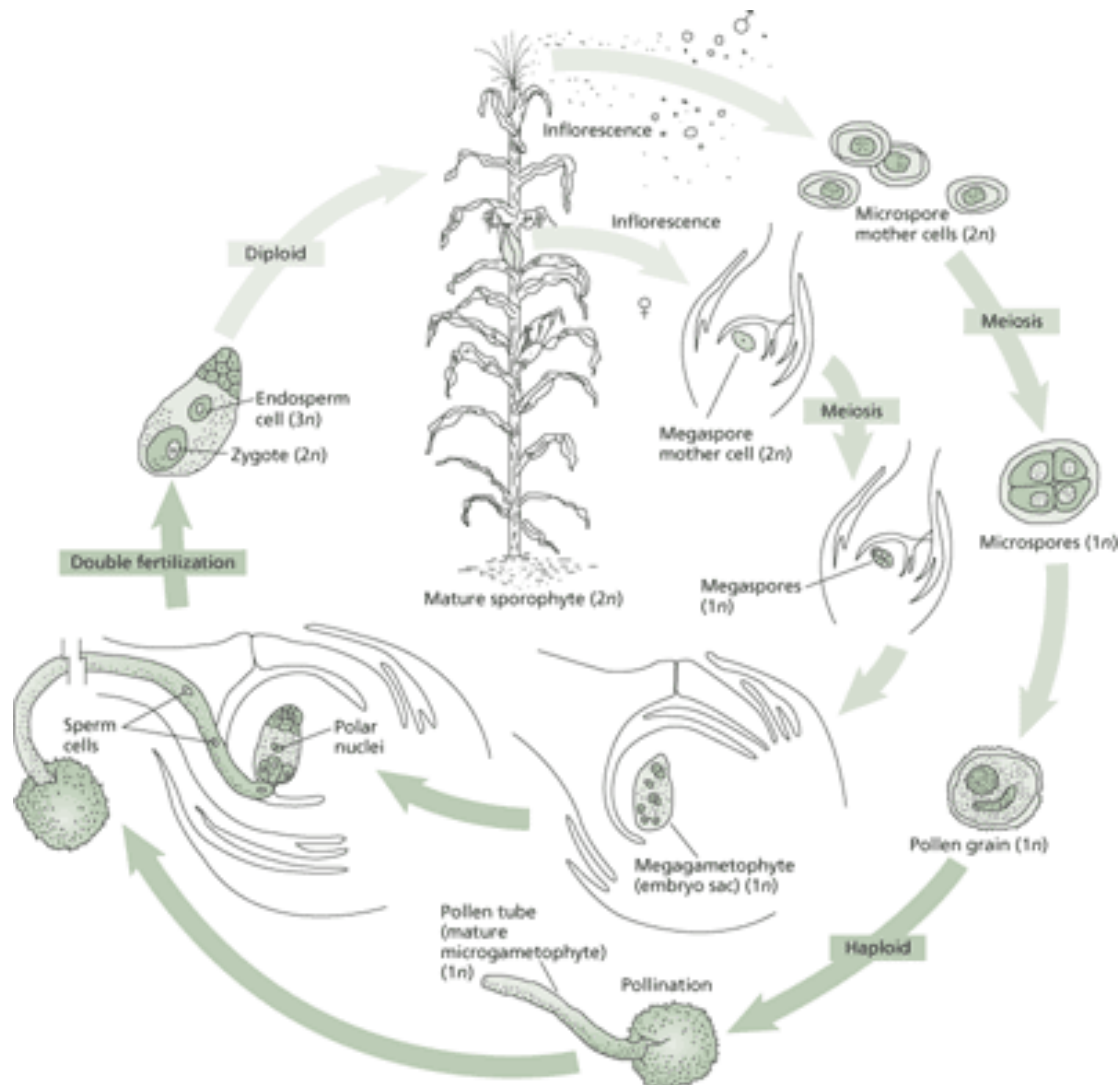
- Nelle Angiosperme, rispetto alle gimnosperme non vengono più prodotti Archegoni. Le dimensioni del microgametofito (granulo pollinico) e del megagametofito (gametofito femminile) si riducono in quanto il microgametofito maturo è composto da 3 cellule (una cellula del tubetto pollinico + 2 spermi) mentre il megagametofito maturo è composto da 7 cellule e 8 nuclei di cui un'oosfera, 2 cellule sinergidi tre cellule antipodiali e una cellula centrale binucleata. Questa struttura prende il nome di “**sacco embrionale**”.
- Nella fecondazione delle angiosperme uno spermio (ovvero un nucleo spermatico) feconda l'oosfera mentre il secondo spermio entra nella cellula centrale e si fonde ai due nuclei già presenti dando origine ad una cellula triploide. Questo processo tipico delle Angiosperme è chiamato “doppia fecondazione” (sebbene di vera fecondazione ve ne sia una sola ossia spermio+oosfera, mentre l'altra unione è detta fusione tripla ossia spermio + cellula centrale binucleata).-
- L'ovulo così fecondato diventa il seme che è quindi costituito da tre tipi di tessuti: tegumenti (di origine diploide); embrione (diploide) e tessuto di riserva chiamato Endosperma (triploide) che non è di origine né gametofitica né sporofitica

Spermatofite (Angiosperme)

differenze tra le monocotiledoni e le dicotiledoni



**Spermatofite
(Angiosperme) monocotiledoni
Ciclo vitale di *Zea mays* (granturco)**



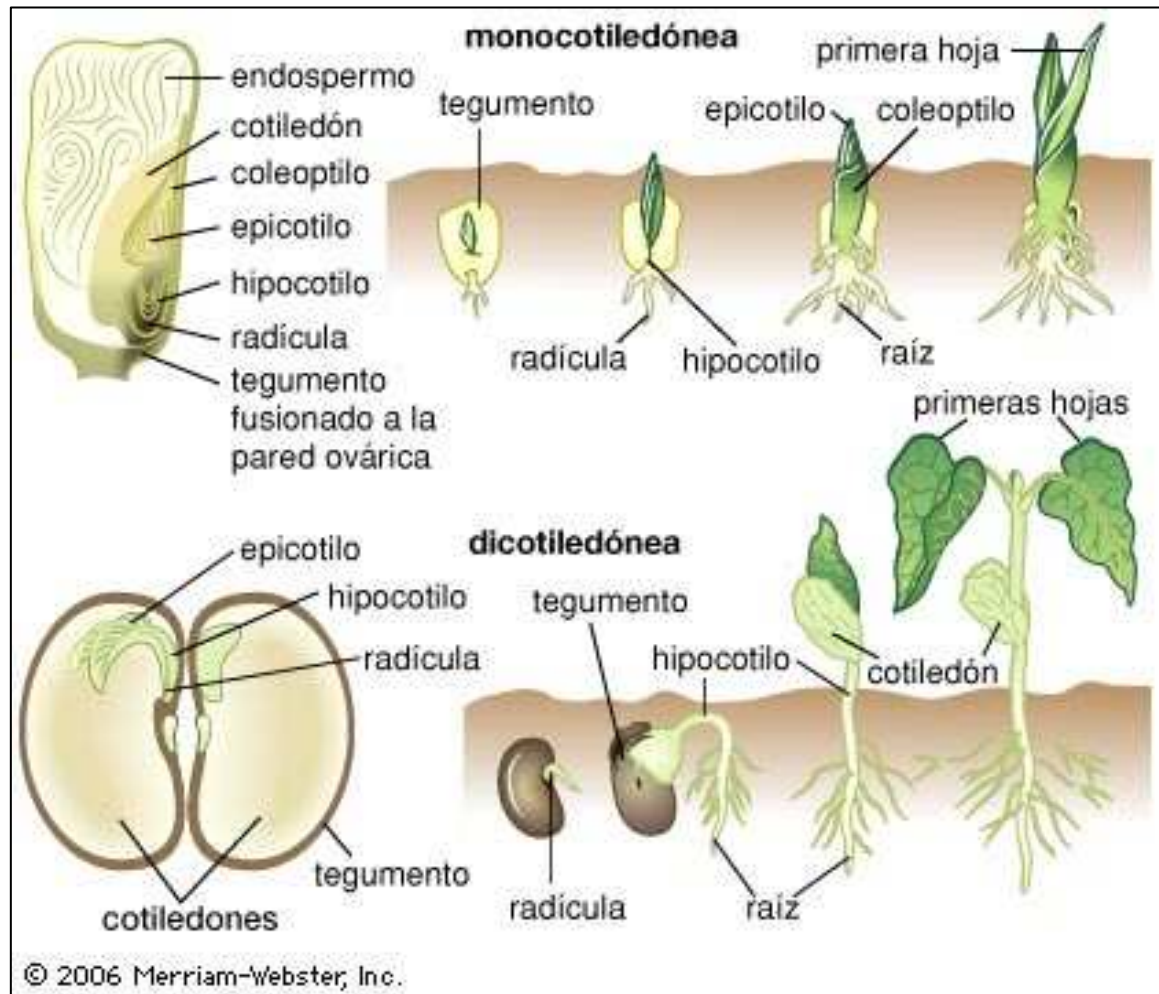
Sviluppo dell'Embrione e Germoglio

4.a lezione Botanica generale e sistematica
Prof. Di Pietro

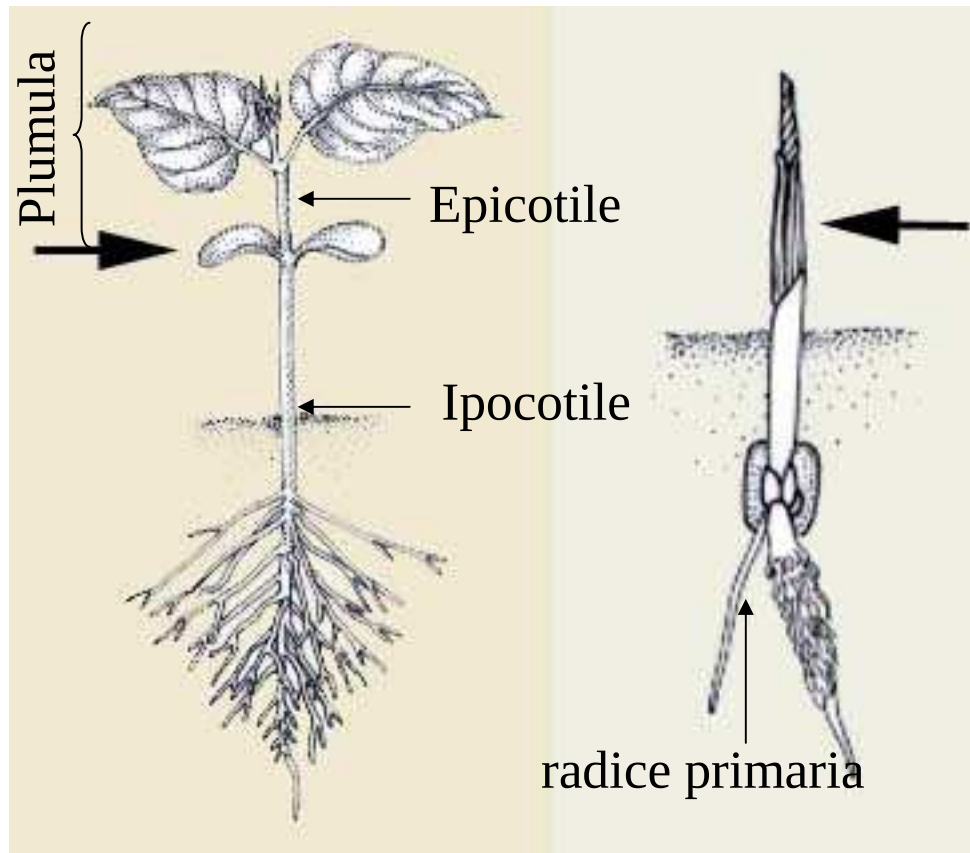
All'apice di ogni germoglio e radice sono presenti i “meristemi apicali” responsabili dell'allungamento della pianta in quanto composti di cellule meristematiche, ossia cellule fisiologicamente giovani capaci di continue divisioni.

I cotiledoni rappresentano le prime foglie dello sporofito. Le Angiosperme dicotiledoni

(*Leguminosae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Caryophyllaceae*, *Fagaceae*, *Cruciferae*...) presentano due cotiledoni mentre le monocotiledoni (*Poaceae*, *Cyperaceae*, *Liliaceae*, *Iridaceae*...) uno solo. I cotiledoni svolgono normalmente due funzioni: **assorbimento** e **riserva**. I cotiledoni carnosi, ossia quelli che occupano la maggior parte del seme (fagiolo, pisello, girasole, noce...), hanno normalmente funzione di riserva in quanto tutto l'endosperma del seme è stato digerito dall'embrione nei suoi primi stadi di sviluppo. Nei semi dove permane una gran quantità di endosperma i cotiledoni sono sottili e membranacei e hanno per lo più funzione di assorbimento (ossia assorbono sostanze nutritive dall'endosperma). Nelle monocotiledoni l'unico cotiledone presente ha prevalentemente funzione di assorbimento.



Sviluppo dell'embrione e Germoglio



L'**epicotile** è quella parte del germoglio che si trova sopra l'inserzione dei cotiledoni mentre l'**ipocotile** è la parte che si trova sotto tale inserzione. In alcuni embrioni l'epicotile corrisponde al solo meristema apicale mentre in altri presenta anche due foglioline. In questo caso l'insieme dell'epicotile + le giovani foglioline viene detto "**plumula**".

Nella sua prima fase di sviluppo l'embrione è composto da cellule pressoché indifferenziate. Successivamente queste cellule iniziano a differenziarsi dando luogo ai tre principali sistemi di tessuti della pianta:

- **PROTODERMA** (tessuti tegumentali),
- **PROCAMBIO** (tessuti conduttori),
- **MERISTEMA FONDAMENTALE** (tessuti fondamentali).

Nei primi stadi dell'embriogenesi lo sviluppo di nuove cellule coinvolge tutte le cellule dell'embrione mentre in una fase successiva le nuove cellule verranno prodotte solo nei meristemi apicali del germoglio e della radice.

Nella prima fase di sviluppo dell'embrione c'è ancora un continuo passaggio di sostanze nutritive dalla pianta madre all'ovulo che determina un accumulo massiccio di sostanze nell'endosperma e nei cotiledoni. Successivamente il funicolo, che tiene in connessione l'ovulo con le pareti dell'ovario si stacca e l'ovulo maturo, o seme, diviene un'entità nutrizionalmente indipendente. Il seme poi si disidrata e i tegumenti si inspessiscono per proteggere l'embrione e le sostanze di riserva. In una fase successiva le nuove cellule verranno prodotte solo nei meristemi apicali del germoglio e della radice.

Germinazione

La crescita dell'embrione termina con la maturazione del seme e la disseminazione e riprende successivamente con la **germinazione** la quale dipende da diversi fattori. Tra i fattori cosiddetti estrinseci (o esterni) vi sono numerosi fattori ambientali quali la quantità di luce, temperatura, grado di umidità

In generale il seme deve imbibirsi d'acqua per germinare. L'acqua attiva gli enzimi che catalizzeranno le reazioni deputate alla digestione e all'utilizzazione delle sostanze di riserva. In una prima fase le attività metaboliche vengono svolte in assenza di ossigeno per cui la respirazione è completamente anaerobica. Solo con la rottura dei tegumenti seminali avrà luogo la respirazione aerobica. Ovviamente se il suolo è completamente inondato la quantità di ossigeno disponibile per la respirazione sarà insufficiente per cui il seme non germinerà.

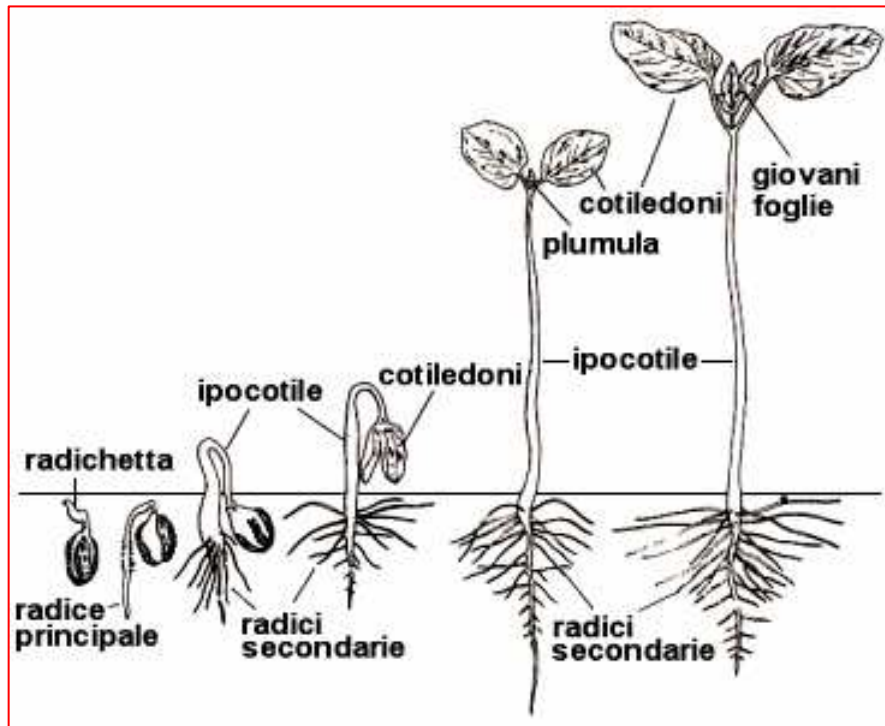


Alcuni semi non germinano anche se le condizioni ambientali si presentano favorevoli alla germinazione. Tali semi vengono detti “**dormienti**”. Spesso i semi dormienti sono fisiologicamente immaturi e devono andare incontro ad una serie di trasformazioni biochimiche che vengono generalmente definite con il termine di **post-maturazione**.

Un particolare tipo di post maturazione è innescato dall'incidenza prolungata delle basse temperature, che impedisce al seme di andare incontro a germinazione in durante un anomalo periodo di caldo invernale. Altri tipi di post-maturazione prevedono il passaggio dei semi nell'intestino di un animale, il dilavamento delle sostanze inibitrici presenti nei tegumenti ad opera dell'acqua, la rottura dei tegumenti a seguito di esposizione a forte calore ecc. E' evidente, quindi, che i problemi legati alla post-maturazione sono strettamente relazionati alle problematiche ecologiche che una specie incontra nel proprio habitat.

Germinazione

Quando ha luogo la **germinazione** la prima struttura che emerge è la **radice embrionale** (o **radichetta**). Il prolungamento della radichetta costituisce la radice primaria la quale può presentarsi più o meno ramificata, dalla quale avrà luogo la radice secondaria (nelle monocotiledoni la radice primaria ha vita molto breve in quanto viene rapidamente sostituita dalle radici secondarie che si sviluppano a partire dai nodi inferiori del fusto in forma di **radici avventizie**)

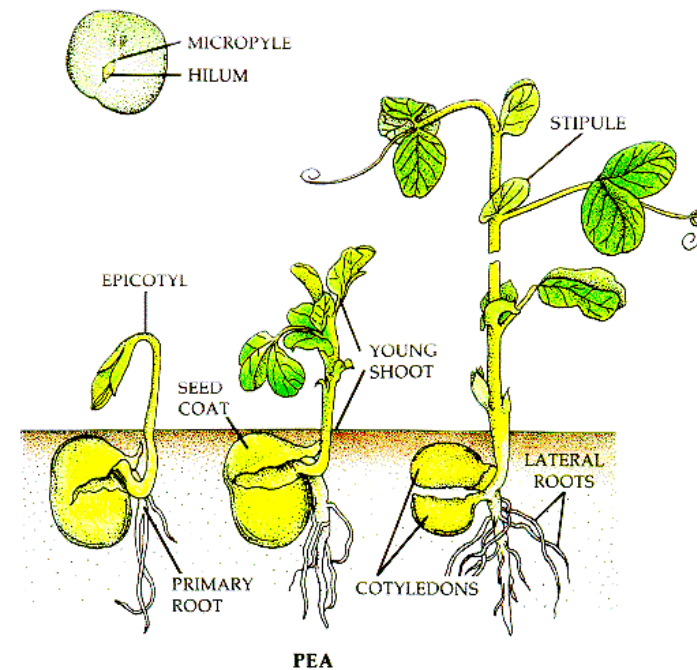


Il modello di germinazione può essere **epigeo** o **ipogeo**. **Nel modello epigeo** i cotiledoni vengono portati al di sopra del suolo (come ad esempio in *Phaseolus vulgaris*) tramite l'allungamento dell'ipocotile fora il terreno e trascina in alto l'apice del germoglio. **Nel modello ipogeo** è l'epicotile che si allunga e si piega per cui i cotiledoni rimangono all'interno del terreno (*Pisum sativum*).

Transparency 62
Figure 20-1c, page 442
Germination and development of the seedling in pea (*Pisum sativum*), a dicot

Copyright © 1992 by Worth Publishers, Inc.

From the transparencies to accompany Peter H. Raven, Ray F. Evert, and Susan E. Eichhorn, *Biology of Plants*, 5th edition. Worth Publishers, New York, 1992. Reproduced with permission.



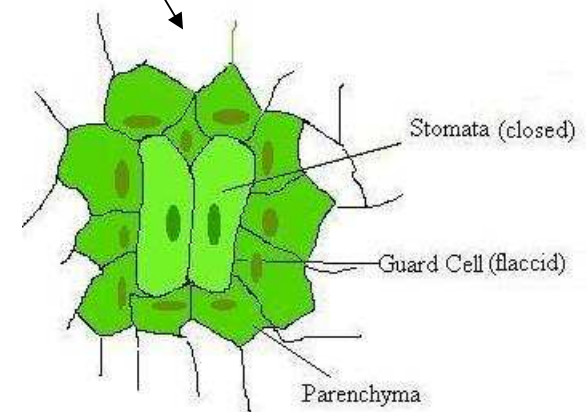
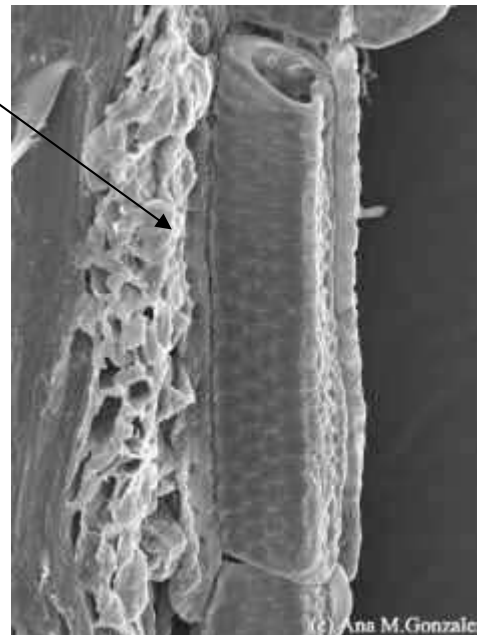
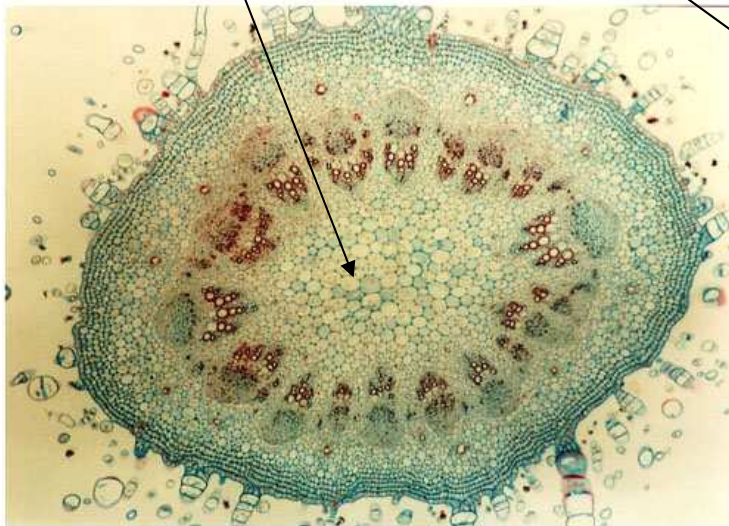
Principali tipi di cellule e tessuti della pianta

Esistono due tipi di tessuti: **tessuti primari** e **tessuti secondari**. I tessuti primari danno vita al corpo primario della pianta. I tessuti a loro volta possono essere raggruppati in sistemi di tessuti che nelle piante possono essere distinti in:

SISTEMA DEI TESSUTI FONDAMENTALI (Parenchima, Collenchima e Sclerenchima)

SISTEMA DEI TESSUTI CONDUTTORI (Xilema e Floema)

SISTEMA DEI TESSUTI TEGUMENTALI (Epidermide e Periderma)

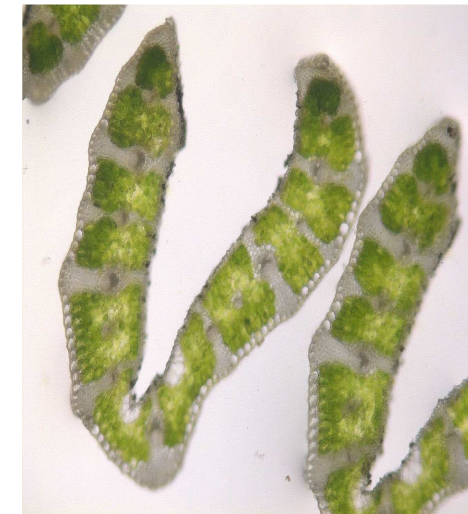
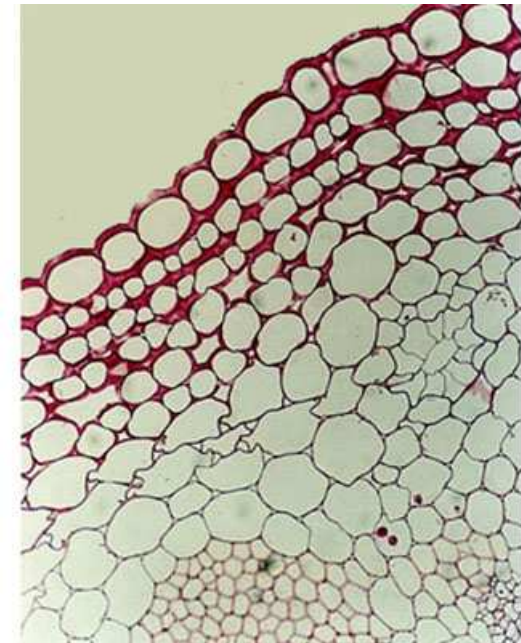


TESSUTI FONDAMENTALI

Parenchima: E' sicuramente il più comune tra i tessuti fondamentali e si trova in forma di masse continue in diverse parti della pianta quali la corteccia e il midollo dei fusti, nel mesofillo delle foglie, nella polpa dei frutti ecc. Le cellule del parenchima presentano una parete cellulare primaria e sono quindi vive a maturità e le loro principali funzioni sono rigenerazione e rimarginazione delle ferite e nella secrezione e nell'immagazzinamento di sostanze, o nel trasporto di soluti e sostanze per brevi tratti (*cellule transfer*).

Collenchima: E' formato dalle cellule collenchimatiche, che, analogamente alle parenchimatiche sono cellule vive a maturità e formano generalmente dei cordoni sub-epidermici che nei fusti, nei piccioli delle foglie e attorno alle nervature. Essendo formate da pareti inspessite irregolarmente e non lignificate le cellule collenchimatiche hanno un importante ruolo nel sostegno dei giovani organi in via di sviluppo offrendo poca resistenza all'allungamento delle parti della pianta in cui si trovano.

Sclerenchima: Si tratta di cellule che a maturità sono prive di protoplasto e quindi morte, in quanto sviluppano una parete secondaria lignificata. Per questo motivo la loro funzione è principalmente quella di sostegno e si trovano in quelle parti della pianta che hanno terminato l'accrescimento per distensione. Le cellule sclerenchimatiche si dividono in “**fibre**” e “**sclereidi**”. Le fibre sono di forma allungata e vengono depositate in forma di cordoni o fasci (fibre tessili quali la iuta, la canapa ecc. sono ricavate dai fusti di dicotiledoni). Le sclereidi sono cellule ramificate che si trovano sparse nel tessuto fondamentale (tessitura granulosa delle pere) o in altre parti dure quali i tegumenti seminale, il guscio di alcuni frutti (noci) nell'endocarpo dei frutti ecc.



TESSUTI CONDUTTORI

Xilema: E' il principale tessuto conduttore di acqua e Sali minerali delle piante ed è fortemente implicato nel sostegno stesso della pianta. Lo xilema è composto da due tipi di cellule: “**tracheidi**” ed “**elementi delle trachee**”. Entrambi questi tipi di cellule sono morte a maturità e presentano delle pareti cellulari caratterizzate da **punteggiature** (tracheidi e elementi delle trachee) e **perforazioni**. (solo elementi delle trachee) In particolare le perforazioni sono dei veri e propri buchi della parete cellulare particolarmente presenti sulle pareti trasversali delle cellule. Un'insieme di perforazioni contigue viene detto “**placca di perforazione**”. Gli elementi delle trachee si dispongono in lunghe colonne denominate “trachee”

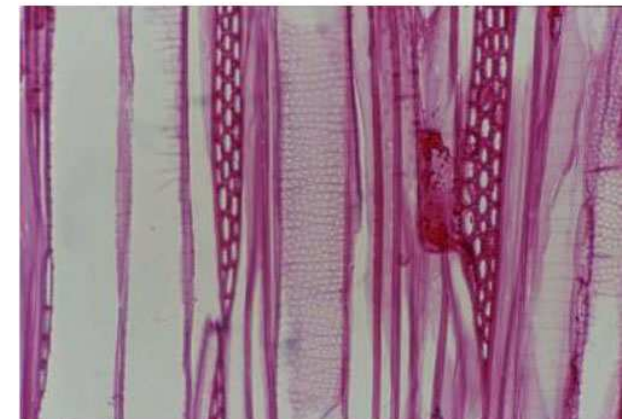
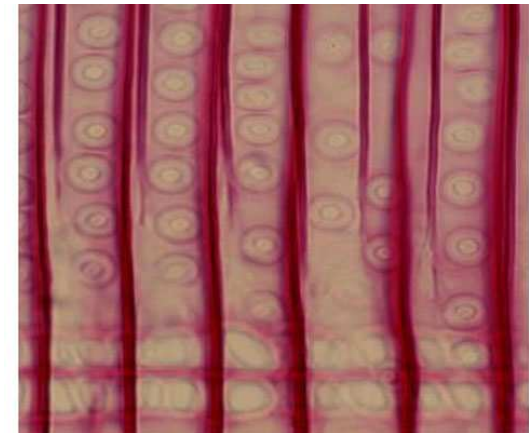
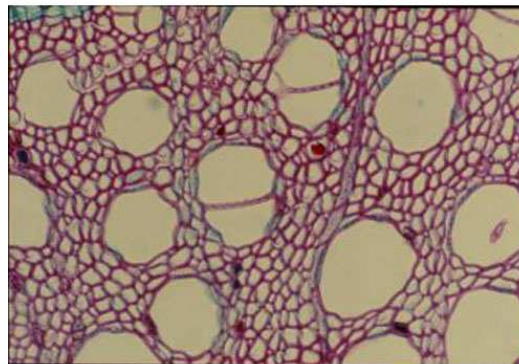
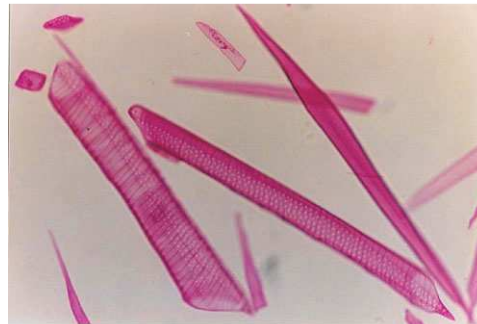
Tracheidi

- Crittogame vascolari
- Gimnosperme
- Angiosperme

Elementi delle trachee

- Angiosperme

Le **tracheidi** sono cellule più **primitive** in quanto l'acqua per passare da una cellula all'altra deve attraversare le “membrane delle punteggiature ” che oppongono comunque una minima resistenza a questo passaggio in quanto sono composte da una rete discretamente permeabile di microfibrille di cellulosa. Le trachee conducono l'acqua in maniera più efficiente in quanto quest'ultima può fluire da un elemento ad un altro senza alcun impedimento.



TESSUTI CONDUTTORI

Floema: E' il principale tessuto conduttore di sostanze nutritive delle piante e può essere di origine primaria o secondaria. Il Floema è composto da due tipi di cellule: “**cellule cribrose**” ed “**elementi dei tubi cribrosi**”. Entrambi questi tipi di cellule sono caratterizzati dalla presenza di pori nelle pareti cellulari che consentono la comunicazione tra cellule. Le cellule cribrose presentano pori tutti della stessa grandezza mentre gli elementi dei tubi cribrosi hanno pori di grandezza differente e presentano pori larghi e fitti sulle pareti trasversali che nel loro complesso vengono denominati: **placche cribrose**. A differenza delle cellule dello xilema, quelle del floema sono vive a maturità, tuttavia il loro protoplasto è differente da quello di tutte le altre cellule della pianta in quanto privo di nucleo, ribosomi, apparato di Golgi, mentre il vacuolo non è facilmente distinguibile dal citoplasma. Agli elementi dei tubi cribrosi sono associate delle cellule parenchimatiche particolari dette **cellule compagne**, che derivano dalla stessa cellula madre degli elementi dei tubi cribrosi. Tali cellule svolgono la funzione di secrezione e rimozione delle sostanze elaborate da e verso le cellule floematiche. Nelle gimnosperme tali cellule specializzate sono le “**cellule albuminose**”.

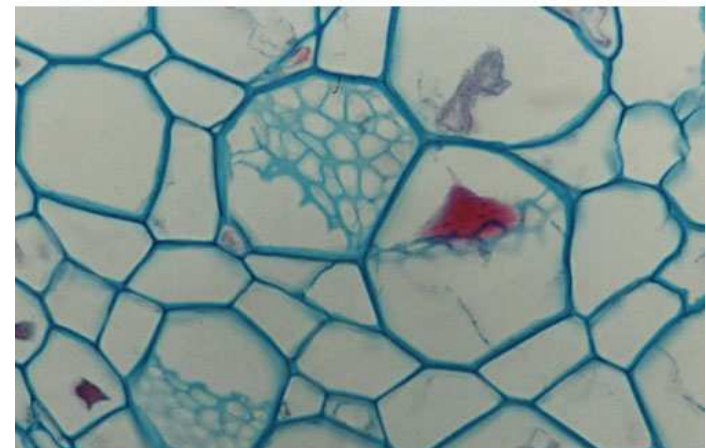
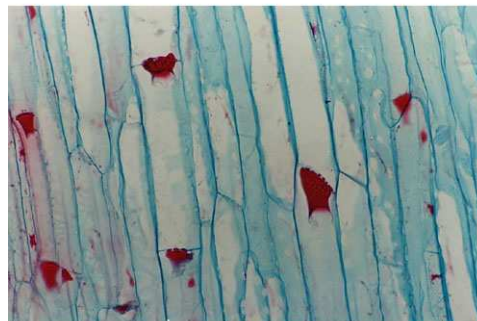
Cellule cribrose

- Crittogame vascolari
- Gimnosperme

Elementi dei tubi cribrosi

- Angiosperme

Quando un tubo cribroso viene tagliato o danneggiato immediatamente si deposita uno strato di **callosio** ad occludere la ferita. Oltre al callosio anche un'altra sostanza mucillaginosa di natura proteica, la **P-Proteina** funziona a chiusura delle placche cribrose impedendo la perdita di sostanze elaborate contenute nel floema.



TESSUTI TEGUMENTALI

Epidermide: E' l'insieme delle cellule che costituiscono i tessuti esterni del corpo primario della pianta (fusto, radice, frutti, semi e foglie). Oltre alle normali cellule epidermiche l'epidermide presenta anche cellule particolari quali **stomi** e **tricomi**.

Normalmente l'epidermide è formata da un solo strato di cellule, tuttavia in alcuni casi l'epidermide può essere pluristratificata per speciali funzioni quali riserva, ritenzione idrica, protezione ecc. Per ridurre al minimo le perdite d'acqua le cellule epidermiche sono rivestite da una sostanza di protezione (cutina) che forma la cosiddetta cuticola.

Gli **stomi** sono particolari aperture dell'epidermide che regolano gli scambi gassosi delle foglie e del giovane fusto. Tali aperture si posizionano nella zona di contatto tra due particolari tipi di cellule adiacenti dette "cellule di guardia".

I **tricomi** sono i cosiddetti peli dell'epidermide. Quelli radicali facilitano l'assorbimento di acqua e Sali minerali dal suolo mentre quelli delle foglie possono avere diverse funzioni quali la riflessione della luce solare, l'abbassamento della temperatura fogliare e la riduzione delle perdite d'acqua.

Periderma: E' il tessuto protettivo presente nei fusti e nelle radici secondarie ed è costituito da tre componenti: sughero esterno (morto), cambio subero fellodermico, felloderma interno (vivo).

