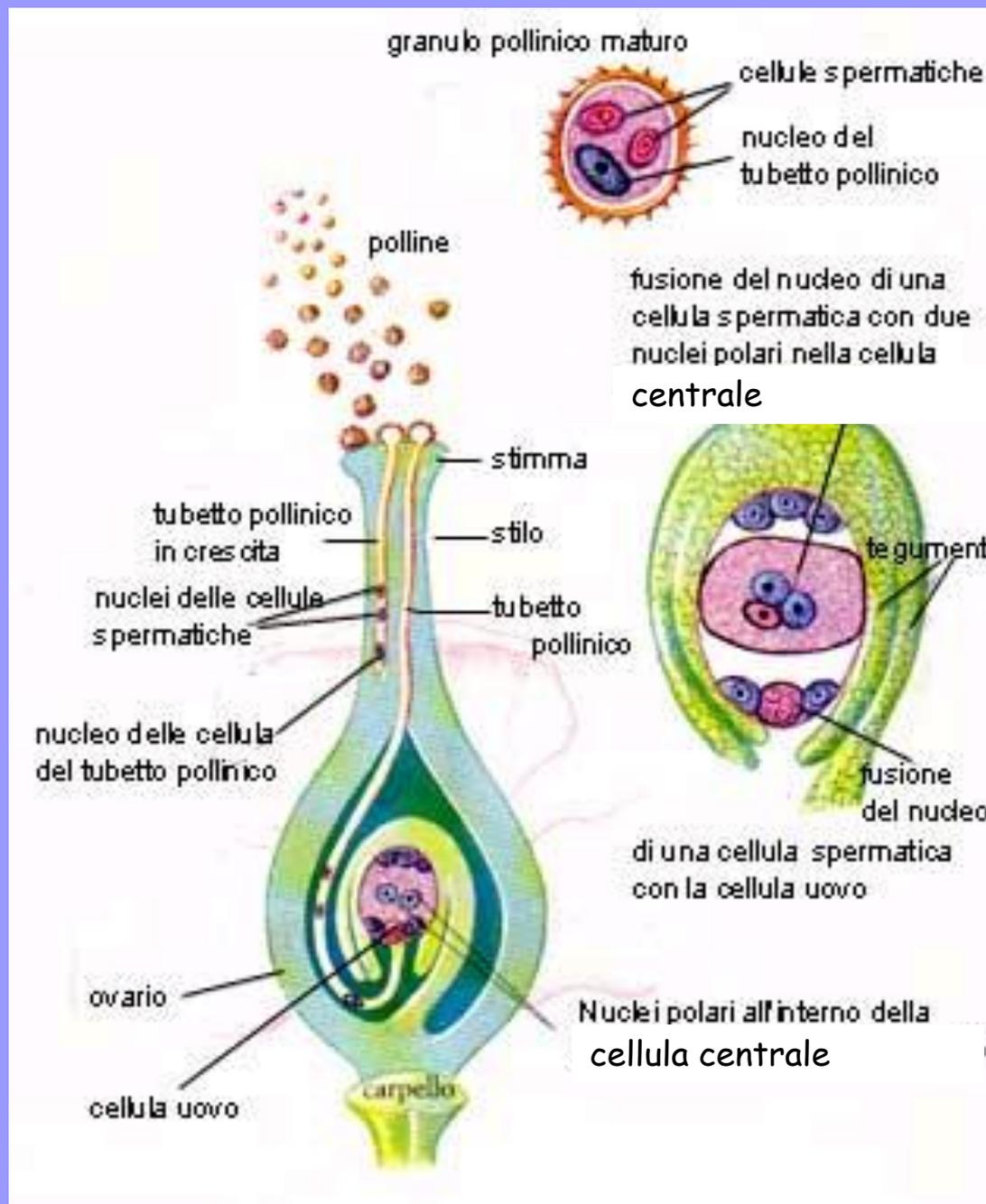


FECONDAZIONE

Il granulo pollinico germina, il tubetto si allunga, attraversa lo stilo e arriva fino all'ovulo tramite il micropilo raggiunge la cellula uovo, attraversando una delle due cellule sinergidi, entro il gametofito femminile, e rilascia i due nuclei spermatici. Uno raggiunge l'oosfera e si fonde con il nucleo dell'ovocellula formando così il nucleo diploide dello **ZIGOTE**. Il secondo nucleo raggiunge la cellula centrale e si unisce ai due nuclei di questa cellula formando una cellula triploide che differenzierà il tessuto triploide dell'**ENDOSPERMA SECONDARIO** (questo avviene solo nelle piante a fiore).



Doppia fecondazione

Germinazione del polline in provetta



L'endosperma inizia a proliferare. Lo zigote inizia ad accrescersi mediante divisioni nucleari mitotiche seguite dalla formazione delle cellule intorno ad ogni nucleo. Lo zigote si sviluppa in **EMBRIONE**.

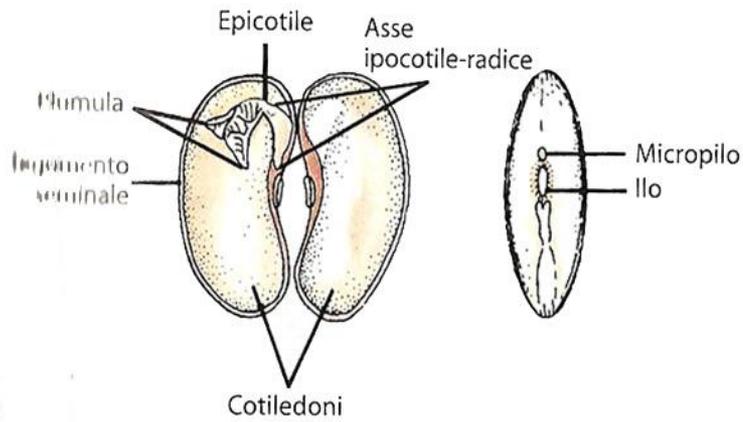
A questo stadio "l'ovulo" si trasforma in **SEME** e l'ovario si sviluppa in **FRUTTO**.

Il seme è costituito da:

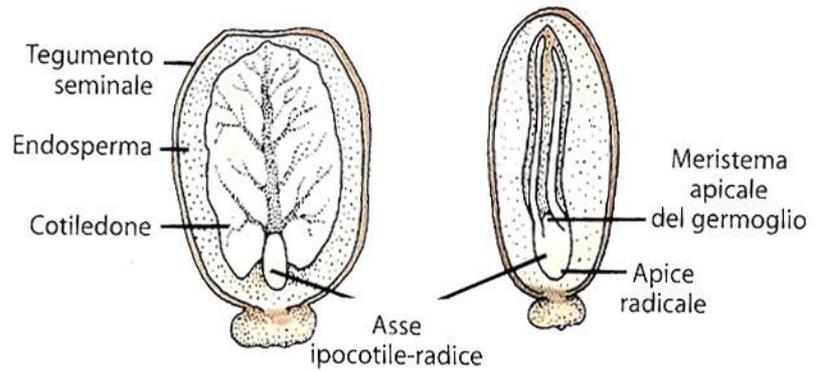
TESTA, ENDOSPERMA ED EMBRIONE

Testa del seme

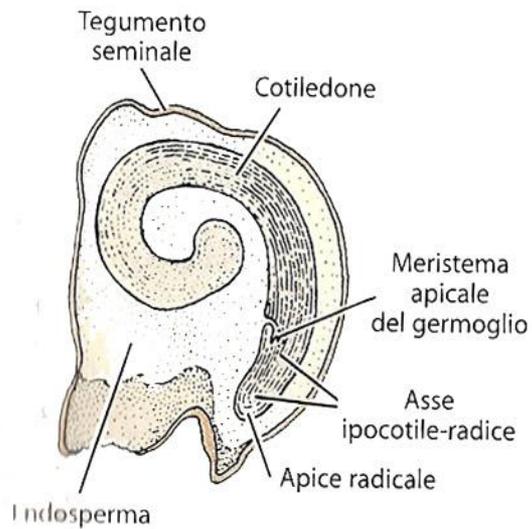




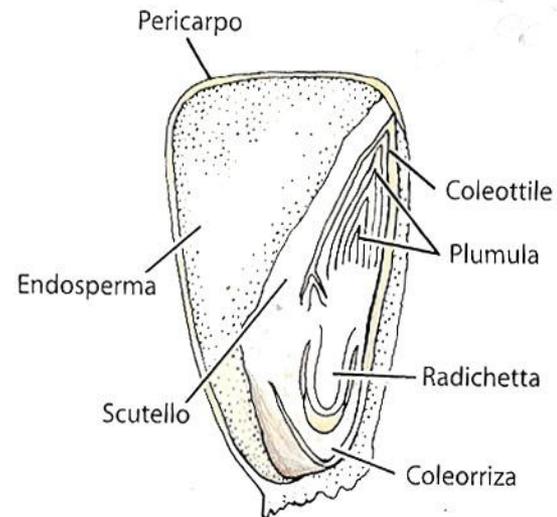
(a) Fagiolo



(b) Ricino



(c) Cipolla



(d) Mais

Durante la formazione dell'embrione un flusso continuo di nutrienti passa dalla pianta madre all'ovulo mediante il **FUNICOLO**. Ciò comporta un notevole accumulo di materiale nutritivo nelle cellule dell'endosperma, nel perisperma (tessuto generato dai resti della nocella) o nei cotiledoni dell'embrione.

Terminata la fase di accumulo dei nutrienti, il funicolo che connette l'ovulo all'ovario si stacca e l'ovulo diventa un **sistema chiuso ed indipendente** dal punto di vista nutrizionale.

Successivamente il seme **si disidrata** per perdita di acqua e l'involucro seminale che deriva dai tegumenti che racchiudevano la nocella, si indurisce e protegge l'embrione con tutte le sue riserve nutritive.

Riassumendo:

L'embrione matrotrofico compare nelle briofite.



EMBRYOPHYTA: PIANTE CON EMBRIONE

(Briofite, Pteridofite, Spermatofite, ma solo nelle Spermatofite l'embrione è protetto da tegumenti)

Nelle Briofite e nelle Pteridofite, l'embrione una volta formato continua il suo sviluppo nello sporofito adulto **SENZA** periodi di quiescenza. Nelle Spermatofite si assiste ad un periodo più o meno lungo di inattività (**QUIESCENZA**) del giovane embrione. In queste piante lo sviluppo embrionale termina con la maturazione del seme.

Cosa viene accumulato nei tessuti nutritivi del seme?

Sostanze di riserva accumulate nell'endosperma:
carboidrati, proteine e lipidi.

granuli d'amido spesso associati a proteine o grassi.

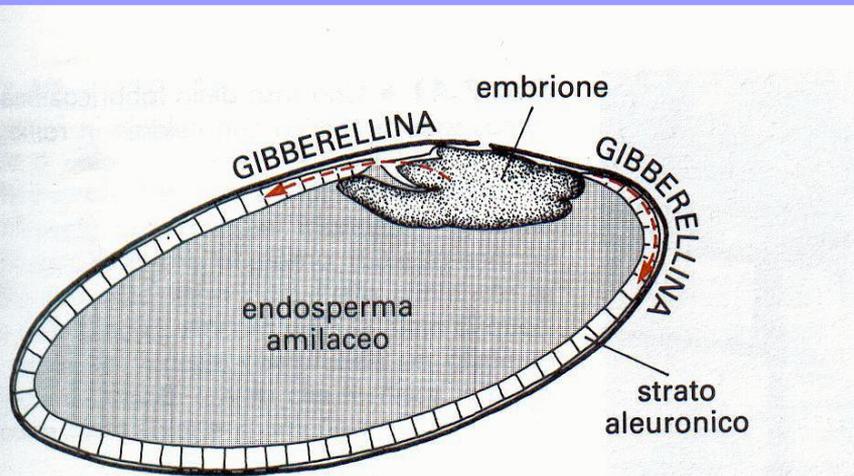
Le proteine possono essere presenti in una forma amorfa o sotto forma di granuli aleuronici.

Es. di sostanze di RISERVA contenute in alcuni semi

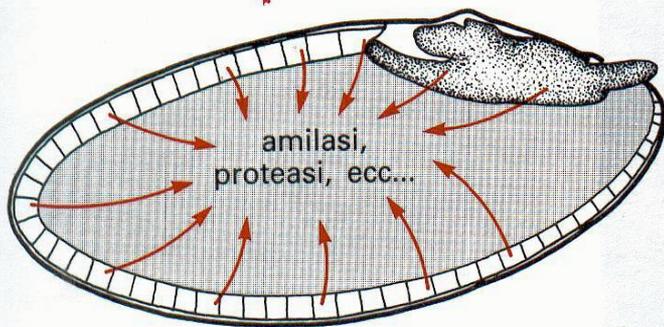
(% per peso secco)	Proteine	Grassi	Carboidrati
Frumento (cereali simili)	12	2	75
Pisello	25	3	52
Ricino	18	64	tracce
Arachide	31	48	12
Dattero	6	9	58

-Amido e Grassi sono la fonte di **Carbonio organico**

- Proteine sono le riserve di **Azoto** e **Zolfo**

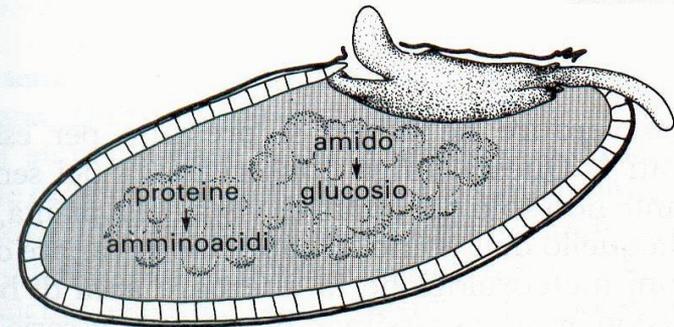


Appena il seme si imbibisce d'acqua l'embrione comincia a sintetizzare gibberellina che diffonde sino allo strato aleuronico.

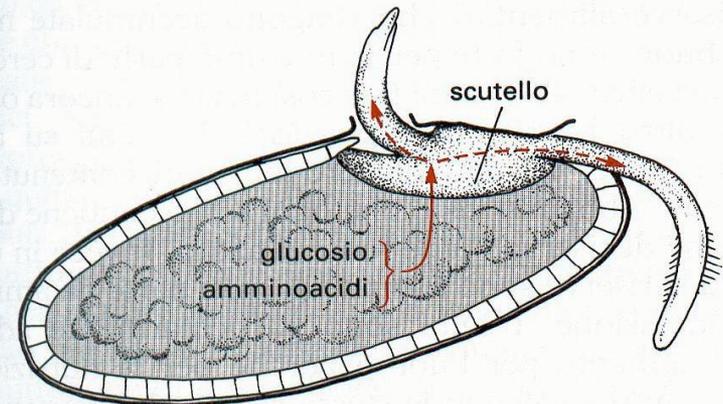


Le cellule dello strato aleuronico, stimulate dalla gibberellina, sintetizzano vari enzimi idrolitici e li secernono nell'endosperma.

ma 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.

Fig. 7.40 • Utilizzazione delle riserve nel seme dei cereali.

Anche l'embrione
secerne enzimi idrolitici

I principali enzimi secreti dallo
strato aleuronico sono amilasi,
proteasi, ribonucleasi.

Il successo del seme è dovuto a:

- ❖ Presenza di sostanze nutritive sufficienti a sostenere la crescita dell'embrione fino a renderlo pianta autosufficiente;**
- ❖ Metabolismo estremamente ridotto nel periodo di quiescenza, per far sì che le sostanze di riserva non vengano consumate nell'intervallo di tempo fra il distacco del seme dalla pianta e la germinazione;**
- ❖ Capacità di resistere senza riportare danni a situazioni ambientali avverse e potenzialmente dannose nelle prime fasi della germinazione;**
- ❖ Meccanismi di percezione e valutazione dei vari parametri ambientali e capacità di reazione a quelli favorevoli con la ripresa della crescita e sviluppo.**

FASI DI SVILUPPO DEL SEME

- Embriogenesi vera e propria, fase di divisioni cellulari dello zigote che si conclude con la formazione dell'embrione maturo, in questa fase aumenta il contenuto di acqua e di sostanze organiche;**
- accumulo di riserve, non si verificano divisioni cellulari ma le cellule subiscono un forte aumento in volume.**
- Fase di disidratazione, caratterizzata da una forte perdita di acqua.**

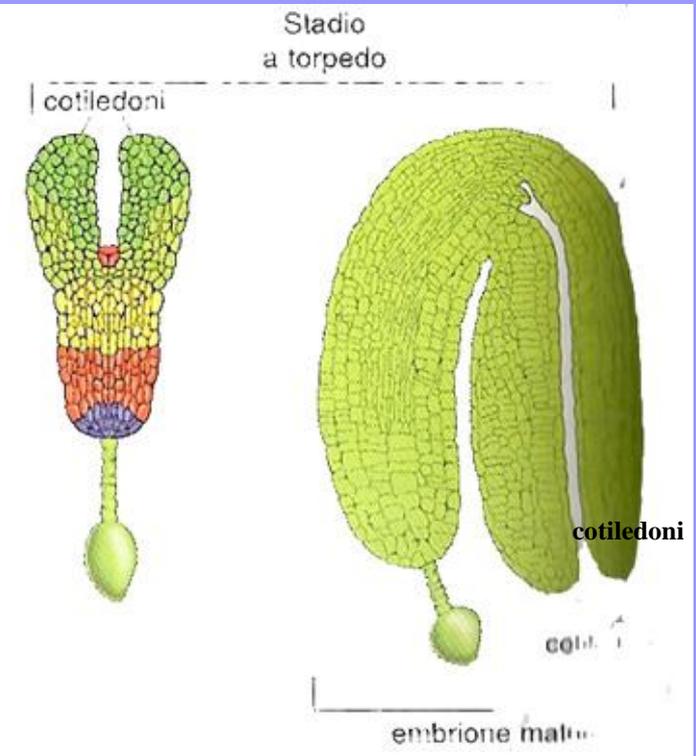
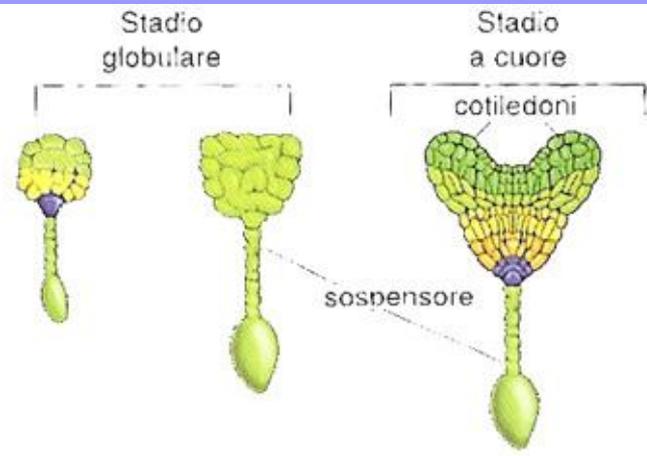
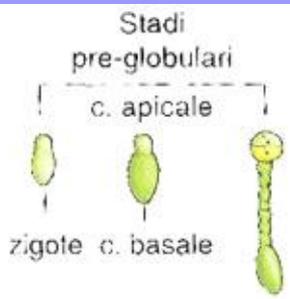
Quindi con le Gimnosperme e le Angiosperme si introduce una grossa novità che ha avuto enormi conseguenze per la conquista dell'ambiente terrestre, il processo di sviluppo da zigote ad individuo adulto non avviene più in continuità ma subisce un arresto allo stadio di embrione. La crescita e lo sviluppo dell'embrione riprenderà dopo un intervallo di tempo variabile, da pochi mesi a moltissimi anni.

Stadi di sviluppo embrionale

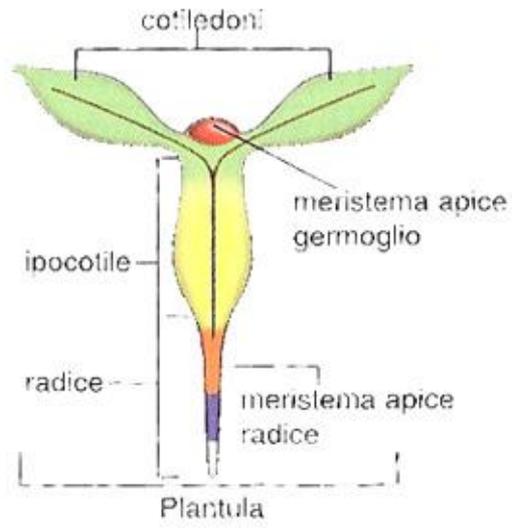
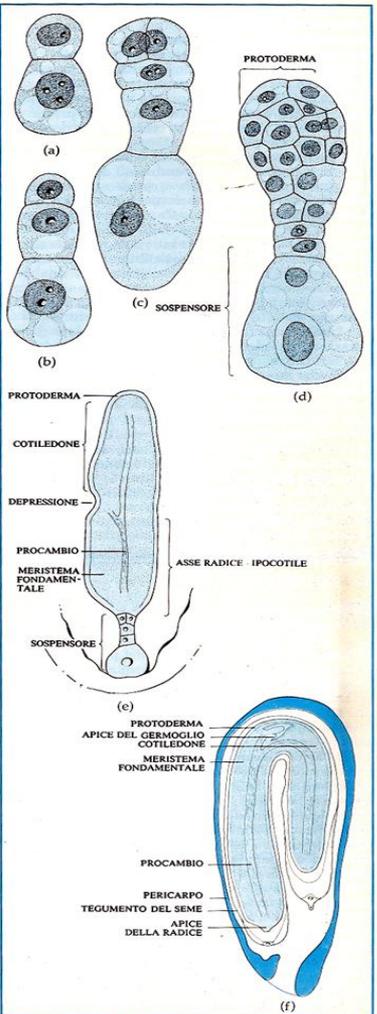
- Proembrione (bicellulare)**
- Stadio globulare (sferico)**
- Stadio cordato o stadio a cuore**
- Stadio a torpedine**

Nello stadio cordato, l'embrione assume la forma allungata che la pianta conserverà per tutta la vita.

Nello stadio a torpedine si evidenzia nell'embrione la polarità della pianta, si definiscono cioè i due poli opposti di sviluppo (apice del germoglio ed apice radicale).



Prime fasi di sviluppo del corpo della pianta 371



...ppo dell'embrione, fino alla condizione di seme maturo. La plantula si formerà in seguito

Embrione maturo

SOSPENSORE

Struttura alla base dell'embrione che garantisce l'ancoraggio dell'embrione all'endosperma).

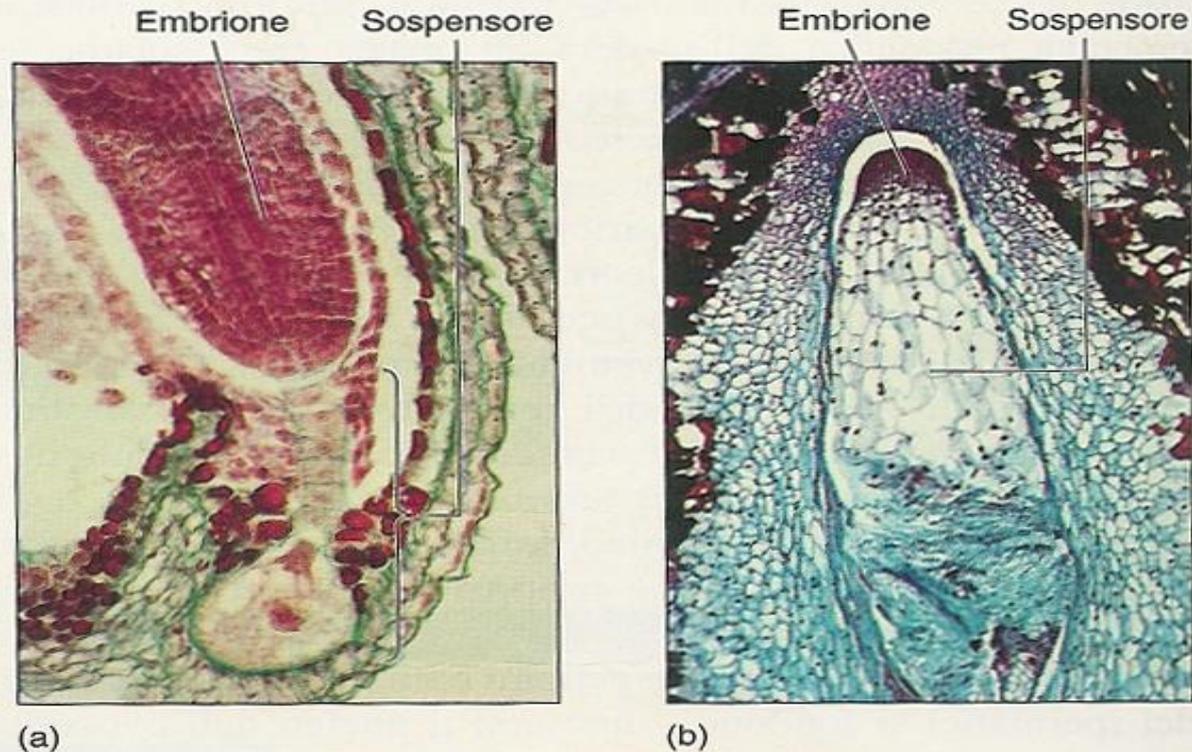


Figura 9.18

(a) Il sospensore della borsa da pastore (*Capsella*) possiede un'ampia cellula piriforme ed un peduncolo di piccole cellule. Il giovane embrione sta venendo spinto profondamente nell'endosperma ($\times 600$). (b) Il sospensore di *Tristerix* è molto più massiccio di quello di *Capsella*, è più largo dell'embrione fino agli ultimi stadi della maturazione del seme. L'embrione si presenta ancora proprio come una piccola sfera di cellule con citoplasma denso ($\times 300$).

Endosperma

Embrione



MERISTEMA APICALE

TEGUMENTO DEL SEME

ASSE RADICE-
IPOCOTILE

PROCAMBIO

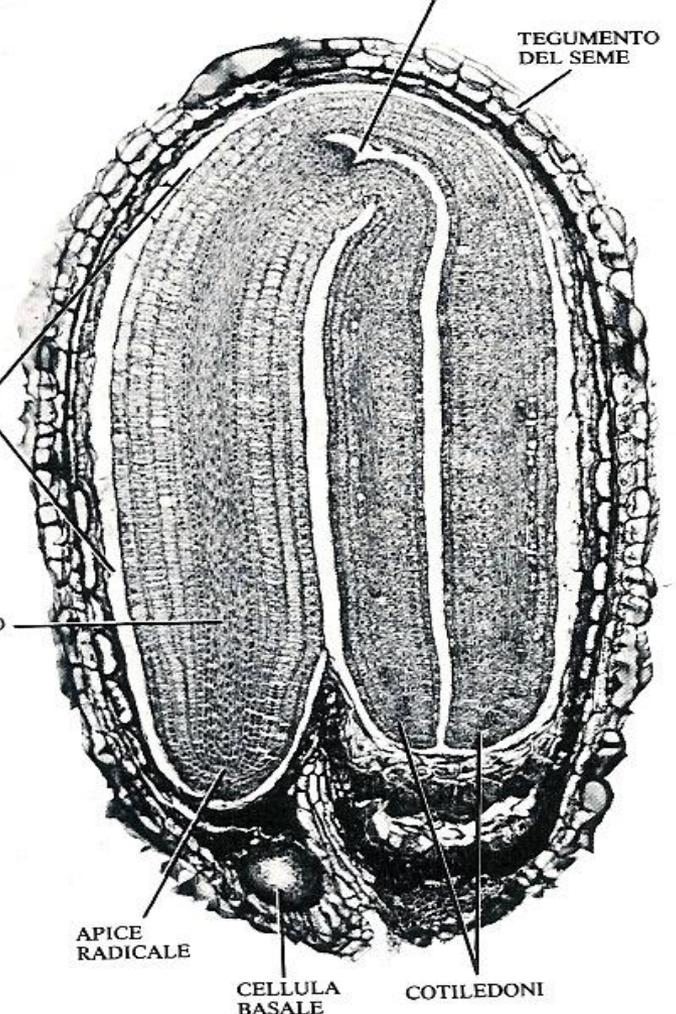
APICE RADICALE

CELLULA BASALE

COTILEDONI

(g)

100 μm



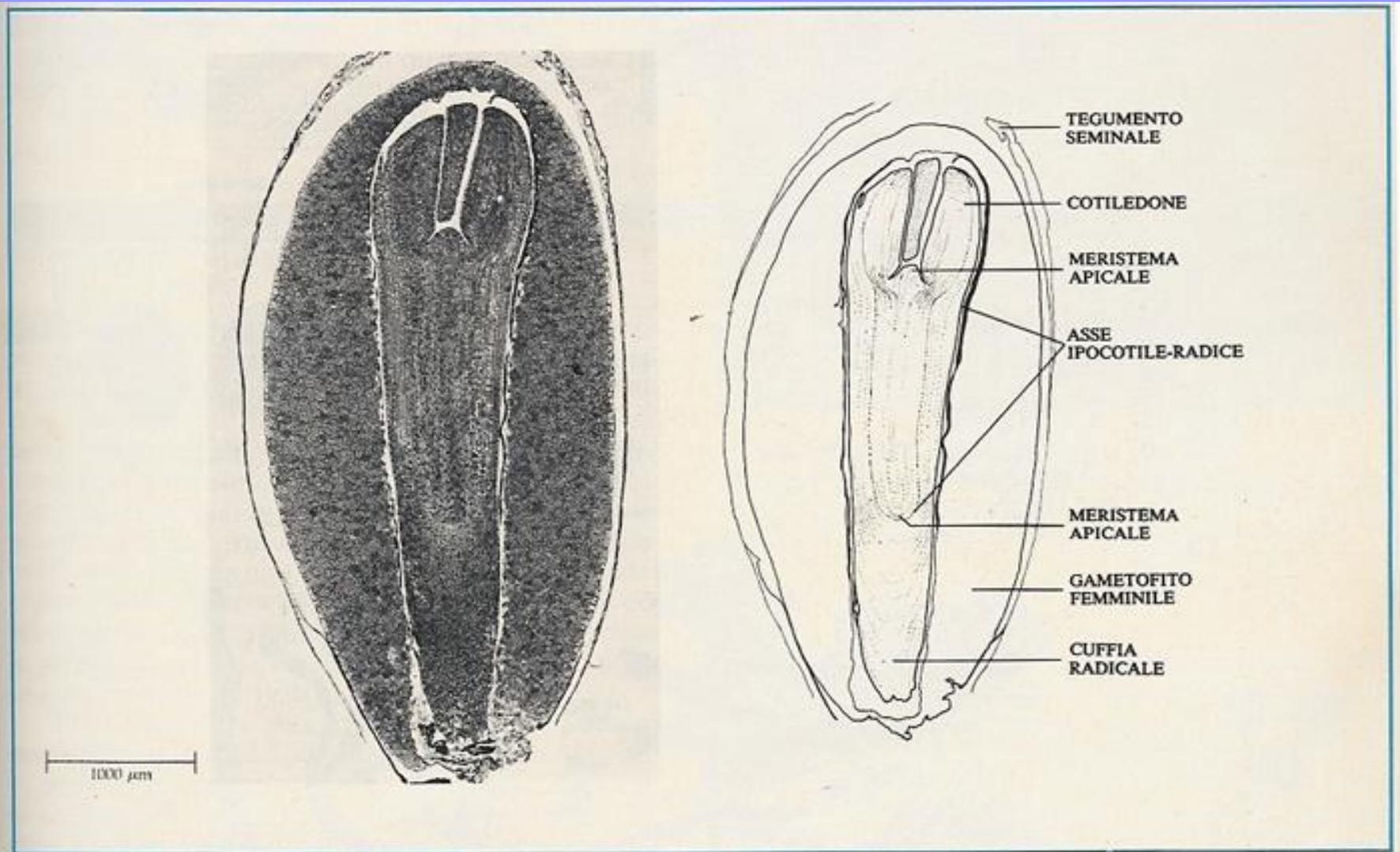


Figura 18. Pinus. Sezione longitudinale del seme.

**Nelle Angiosperme il seme è
contenuto nel frutto**



IL FRUTTO

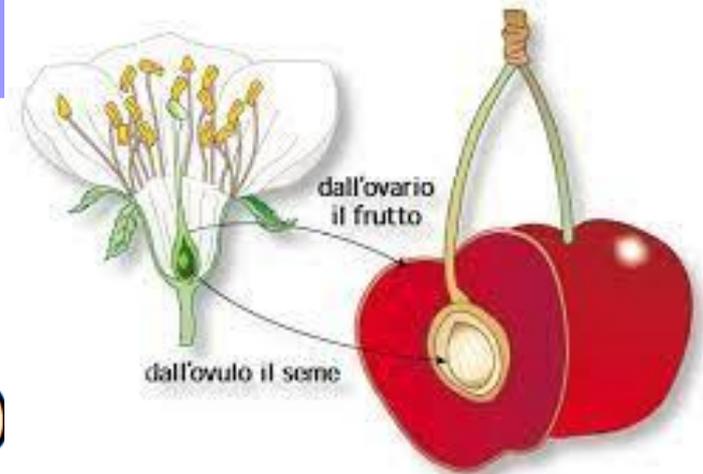


IL FRUTTO

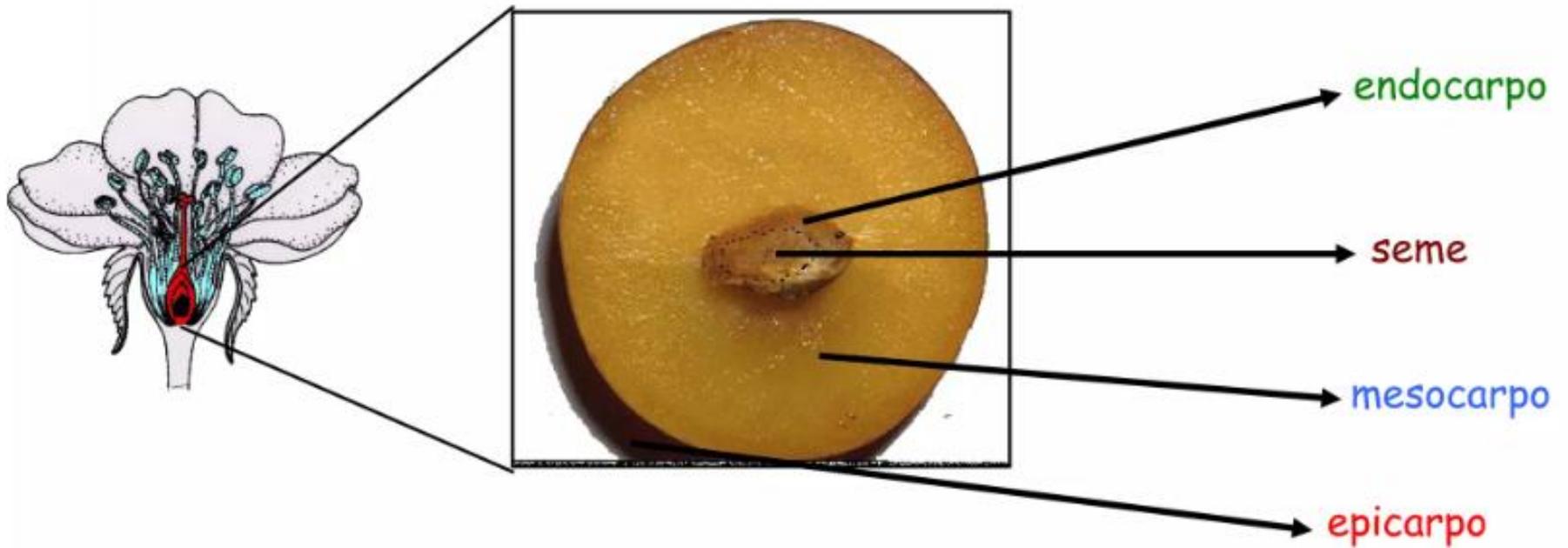
In seguito alla fecondazione l'ovario si trasforma in frutto

Sepali e petali → cadono

Pistillo → Frutto
(per modificazioni dell'ovario)

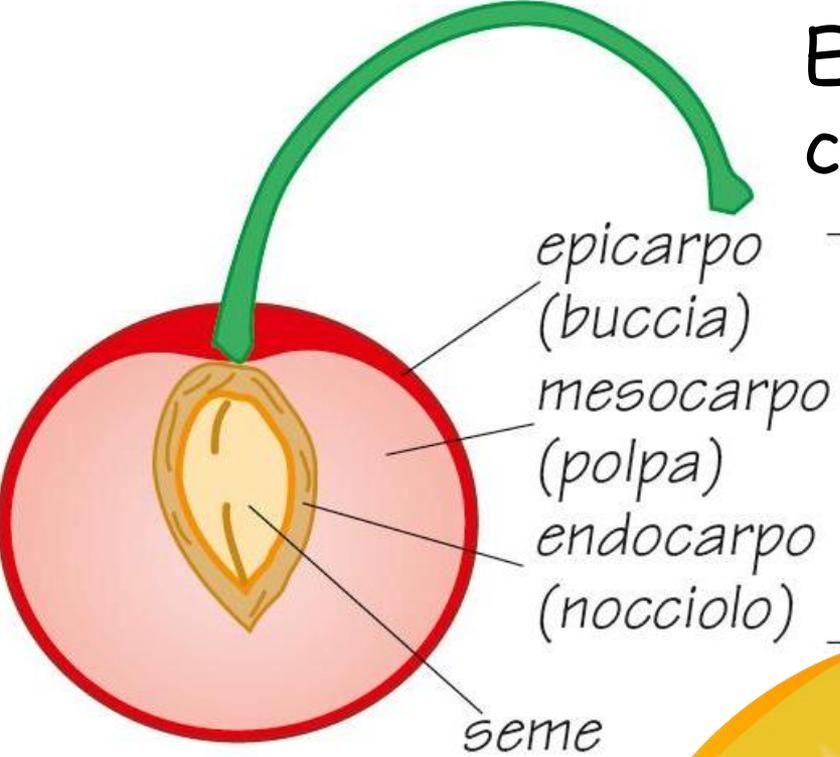


Il **frutto** deriva dall'ingrossamento dell'ovario e da modificazioni delle sue pareti



endocarpo + mesocarpo + epicarpo = PERICARPO o FRUTTO

Elementi che costituiscono il frutto



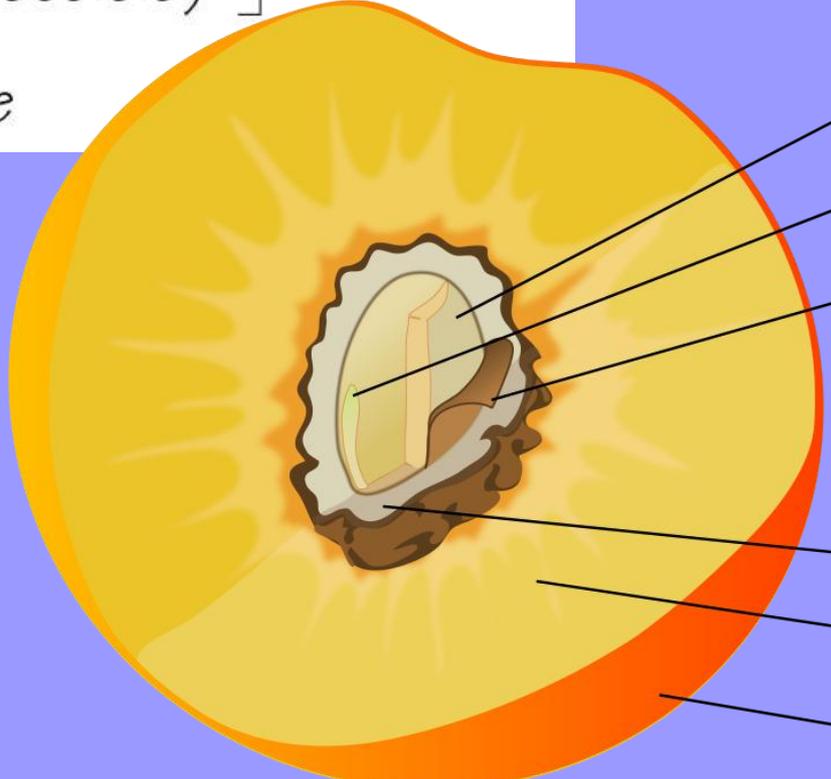
pericarpo

Seme

- Endosperma
- Embrione
- Tegumento

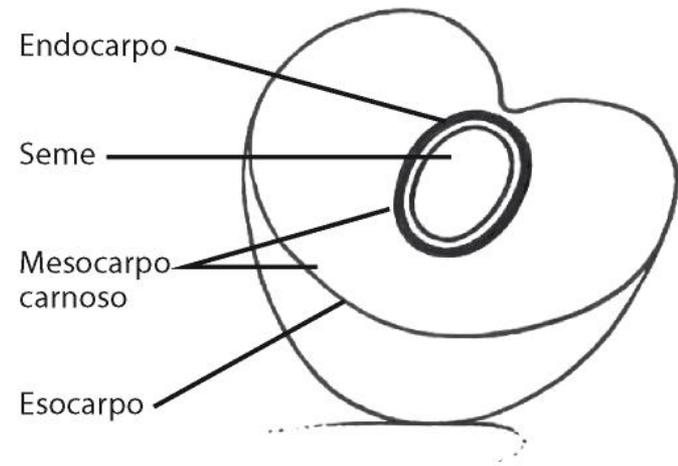
Pericarpo

- Endocarpo
- Mesocarpo
- Esocarpo





(a)



(b)

Quindi

Dopo la fecondazione, mentre l'ovulo si trasforma in seme, l'ovario (a volte anche altre parti del fiore) si sviluppa in frutto.

I tessuti dell'ovario, si ispessiscono e si differenziano in 3 strati (pericarpo):

Esterno = **esocarpo** (derivante dall'epidermide superiore)

Intermedio = **mesocarpo** (derivante dal mesofillo)

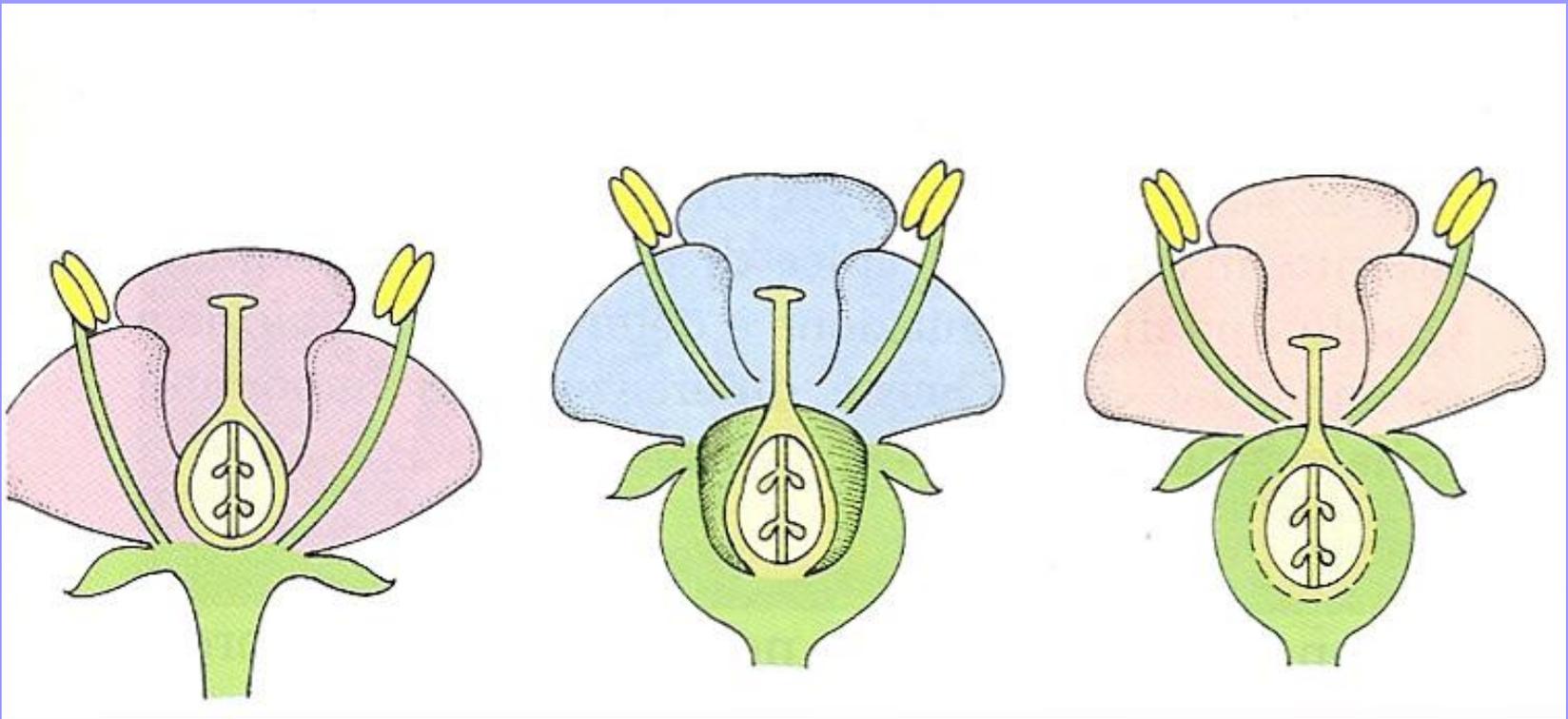
Interno = **endocarpo** (derivante dall'epidermide inferiore)

Tessuti del frutto,
siliqua



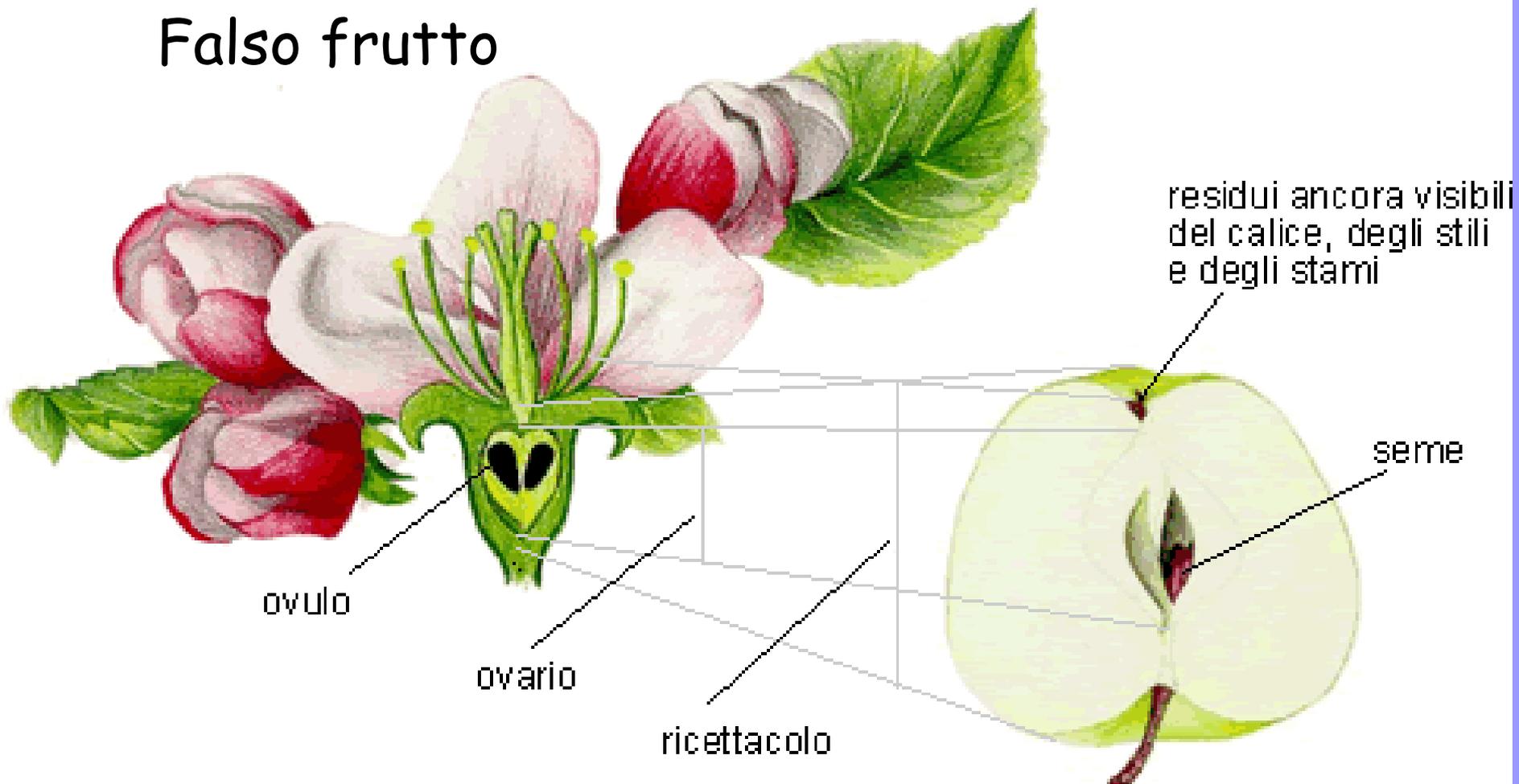
In alcune famiglie di Angiosperme possono partecipare alla formazione del frutto anche strutture non pistillifere come il ricettacolo, il pedicello florale, il peduncolo dell'infiorescenza, sepalì e brattee.

Questi frutti vengono definiti falsi frutti.

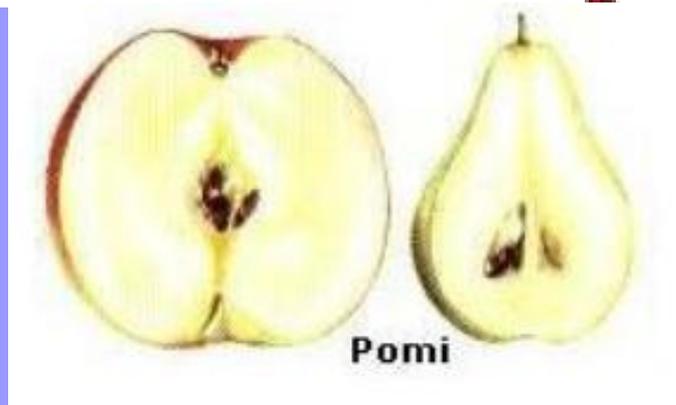


Sono falsi frutti tutti quelli che derivano da un ovario infero.

Falso frutto



Il pomo del melo e del pero è un falso frutto



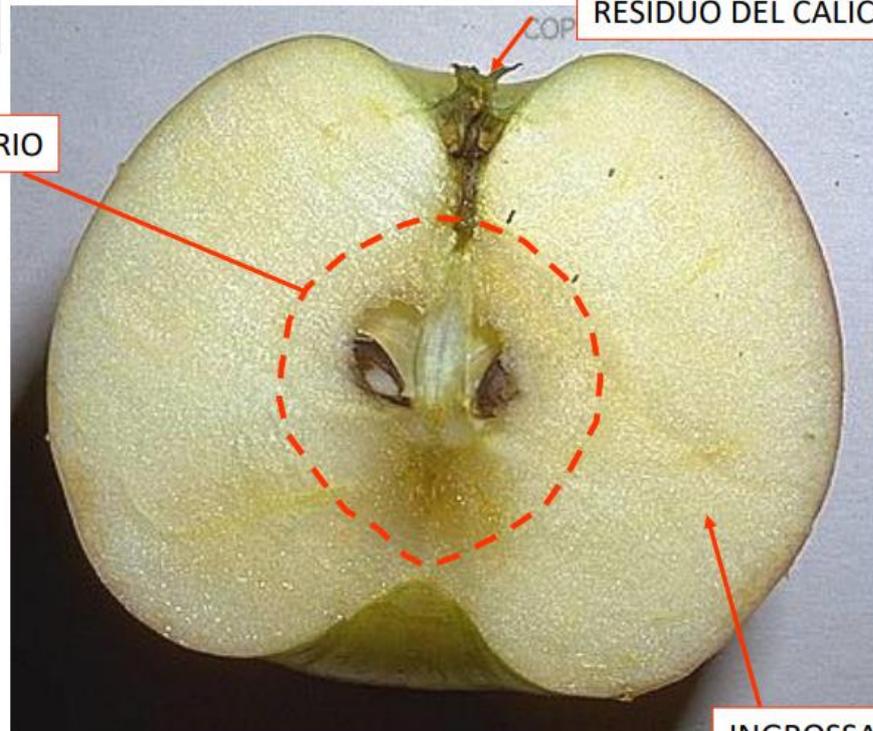
Il frutto

I falsi frutti

POMO

OVARIO

RESIDUO DEL CALICE

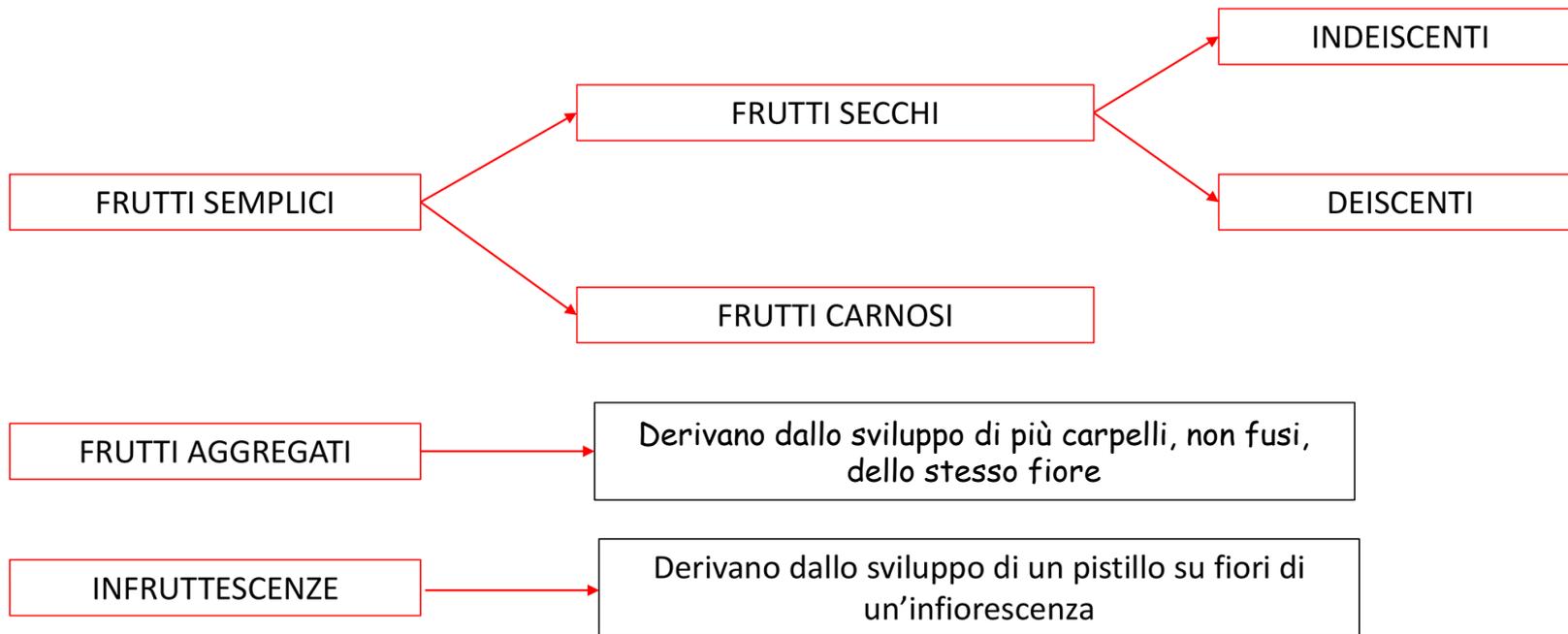


INGROSSAMENTO DEL
RICETTACOLO

Il frutto

Sviluppo e Generalità

Nella classificazione dei VERI FRUTTI distinguiamo:



Tipologie di frutti veri

La prima importante classificazione dei frutti riguarda la consistenza del pericarpo.

FRUTTI SECCHI

sono privi di polpa, il pericarpo è sottile e frequentemente secco o indurito

FRUTTI CARNOSI

possiedono un mesocarpo e a volte l'endocarpo, carnosì e spesso succosi

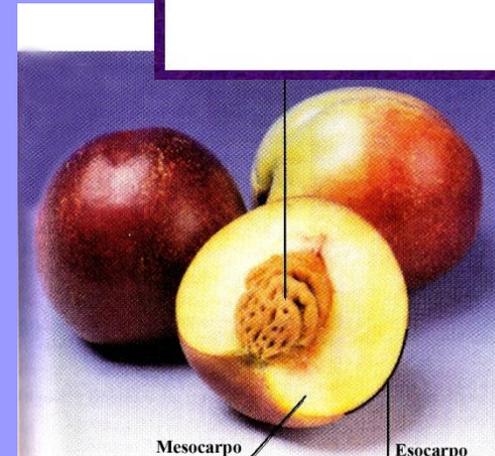
I frutti a pericarpo completamente carnosio sono le **BACCHE**, i frutti carnosii con endocarpo legnosio sono le **DRUPE** e quelli secchi indeiscenti **NOCI** o **NUCULE**.

Es. il frutto del noce (*Juglans regia*) botanicamente è una drupa.

- Bacca = pomodoro, dattero, uva
strato interno carnoso, più semi



- Drupa = oliva, pesca, ciliegia
Strato interno duro, un solo seme

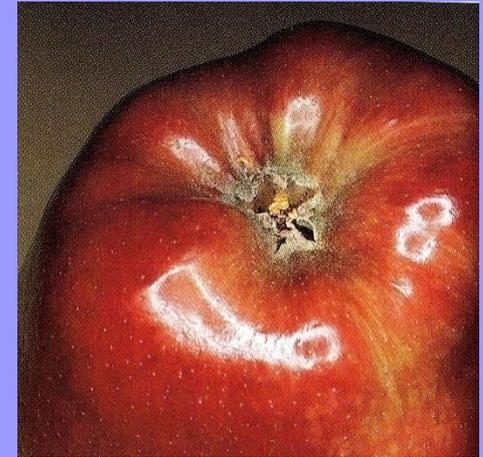


- Achenio = Acero
Frutto secco non deiscente ad un solo seme



- Pomo = mele, pere

falso frutto formato dai pezzi
fiorali esterni all'ovario
(ricettacolo) fusi insieme



- Legume = fagiolo, ceci,
pisello

frutto di origine
monocarpellare



- Siliqua = arabidopsis

frutto di origine bicarpellare a
due valve



Frutti carnososi



1



2



3

Drupe



4



5



6



7

Bacche



8



Il frutto

I frutti carnosì

DRUPA

- Epicarpo → sottile come una epidermide
- Mesocarpo → succoso, carnoso e talvolta fibroso
- Endocarpo → involucro duro e legnoso che avvolge il seme



Juglans regia



Olea europea

ca, olivo)

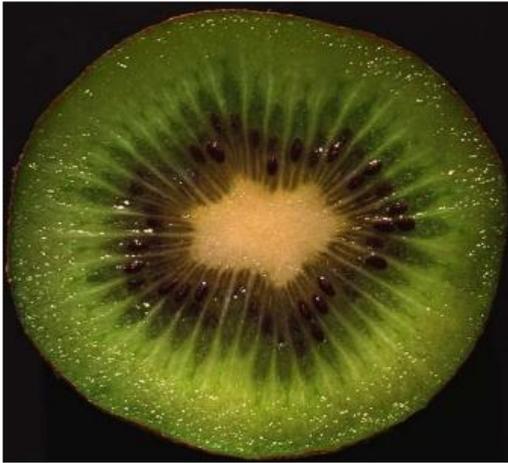


Il frutto

I frutti carnosì

BACCA

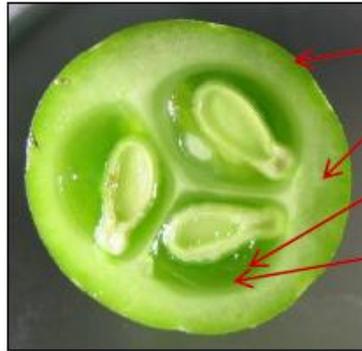
- Epicarpo → sottile come una epidermide
- Mesocarpo → carnoso
- Endocarpo → carnoso



TIPI PARTICOLARI DI BACCHE

Peponide

(*Diplocyclus palmatus*)

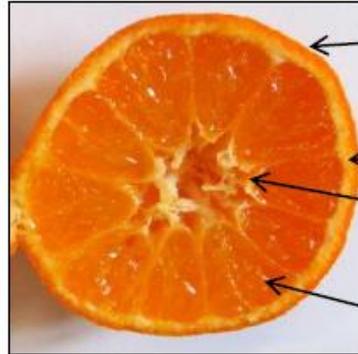


- Epicarpo e mesocarpo fusi e carnosii
- Endocarpo deliquescente a maturità
- Placente deliquescenti a maturità

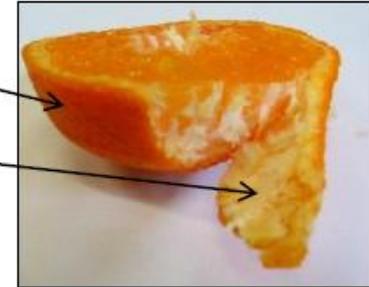


Esperidio

(*Citrus x clementina*)



- Epicarpo sottile e ghiandolare (flavedo)
- Mesocarpo spugnoso (albedo)
- Endocarpo membranoso, settato
- Loculi evidenti

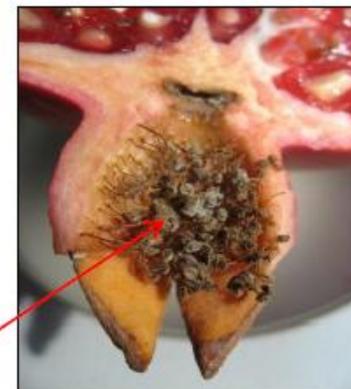


Balaustio

(*Punica granatum*)



- Epicarpo e mesocarpo fusi e coriacei
- Endocarpo membranoso, settato
- Semi con testa edule



Residui di stami

I frutti secchi si dividono a loro volta in

DEISCENTI

- Che a maturità si aprono liberando i semi

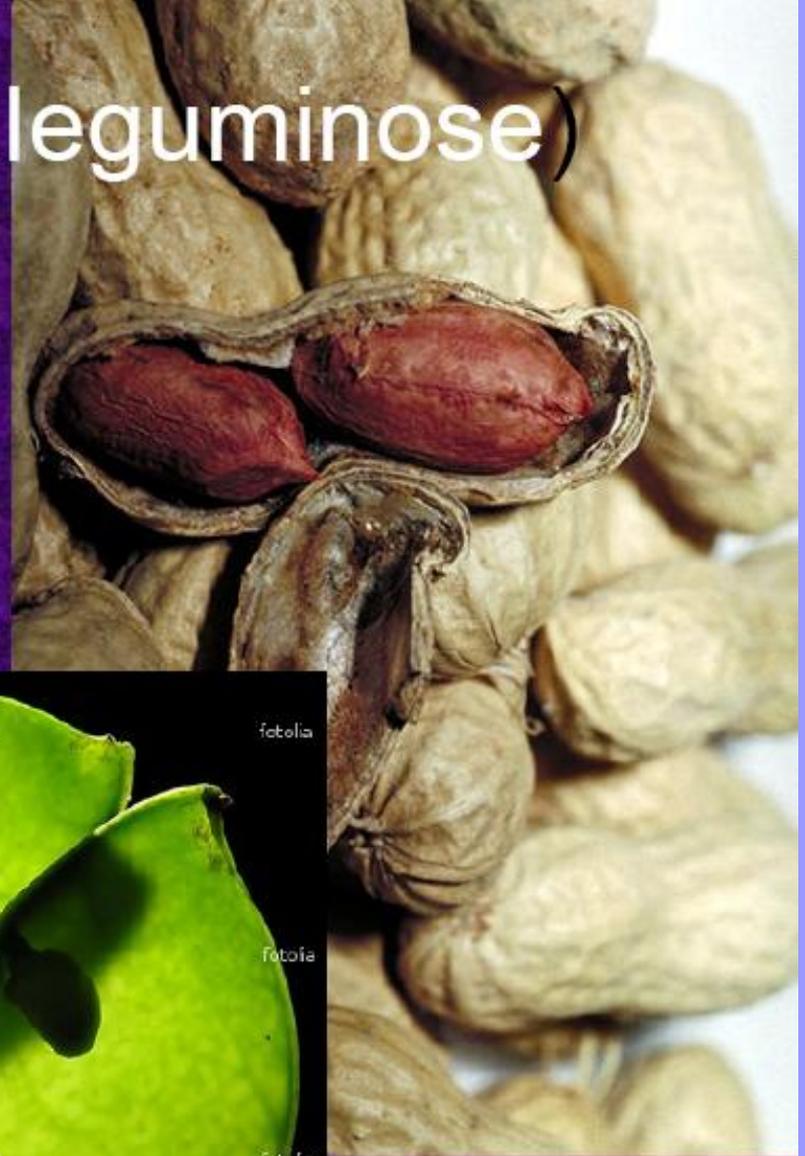


INDEISCENTI

- Che a maturità rimangono chiusi senza liberare i semi



Frutto secco deiscente (I baccelli delle leguminose)



Il frutto

I frutti secchi - DEISCENTI

a maturità liberano i semi aprendosi spontaneamente, presentano delle ZONE DI DEISCENZA sprovviste di fibra, con cellule sottili cellulose

FOLLICOLO: frutto secco monocarpellare che deisce lungo la linea di sutura ventrale.

Es. Magnolia



Il frutto

I frutti secchi - INDEISCENTI

i semi restano all'interno del frutto dopo che questo è caduto dalla pianta madre

ACHENIO: pericarpo da cuoioso a sottile che racchiude un solo seme; deriva da un ovario supero o infero monocarpellare.
Es. ghianda, castagna

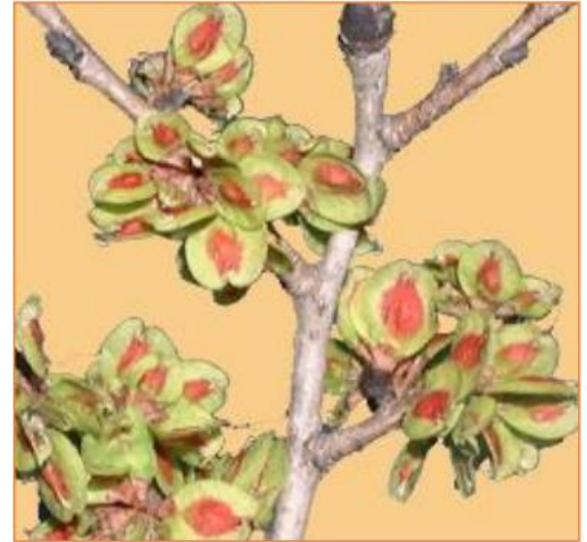


Il frutto

I frutti secchi -INDEISCENTI

SAMARA: frutto secco derivante da un ovario supero monocarpellare (olmo), 2-3 carpellare (acero), dotato di una appendice membranacea che favorisce la disseminazione.

Es. acero, olmo.



Ricordiamo:

Frutti semplici = sono formati esclusivamente dall'ovario del singolo fiore (monocarpellare o pluricarpellare sincarpico).

Frutti aggregati = formati da ovario pluricarpellare, ogni carpello da origine ad un frutto.

Frutti multipli = formati da ginecei derivanti da più fiori, strettamente associati (ginecei di fiori appartenenti ad una infiorescenza).

Frutto multiplo o INFRUTTESCENZA.

INFRUTTESCENZE

Spiga

- Tipica delle Graminacee

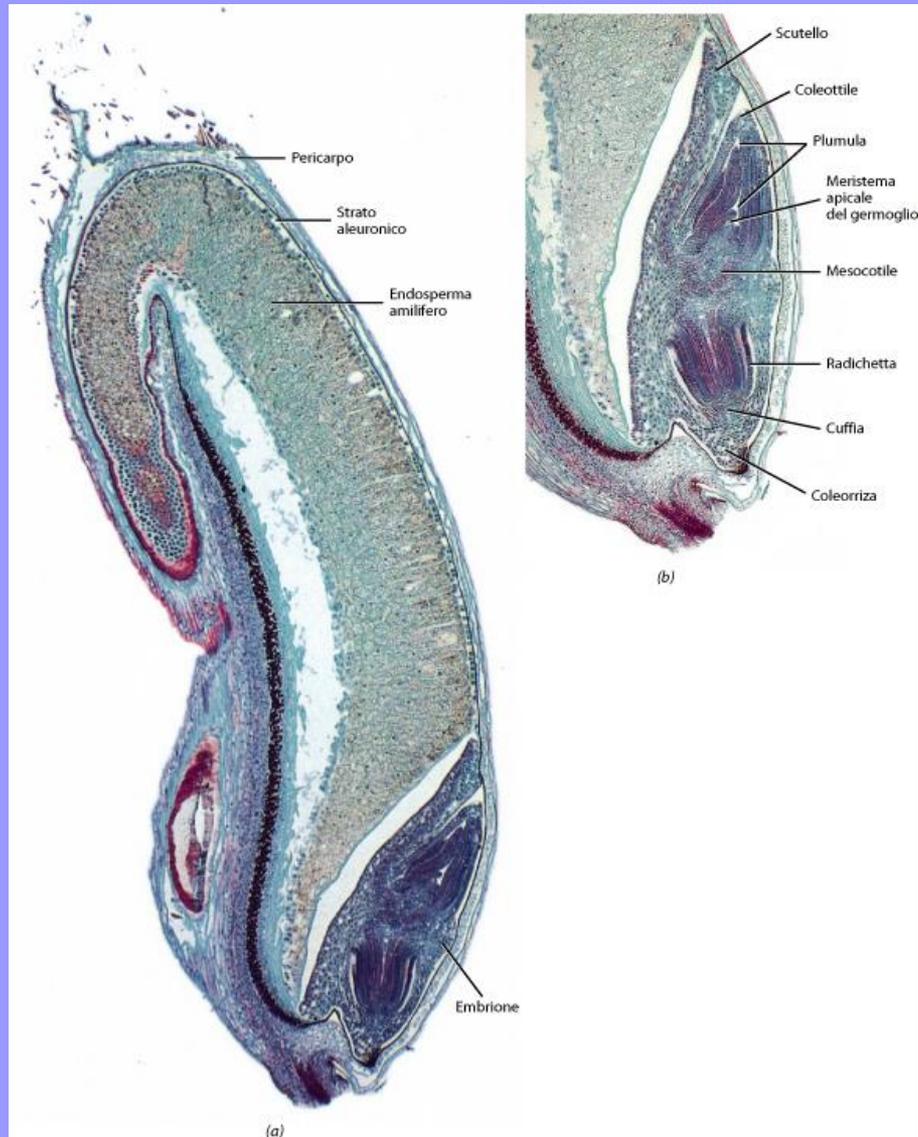


La cariosside nella spiga



- A maturazione completata

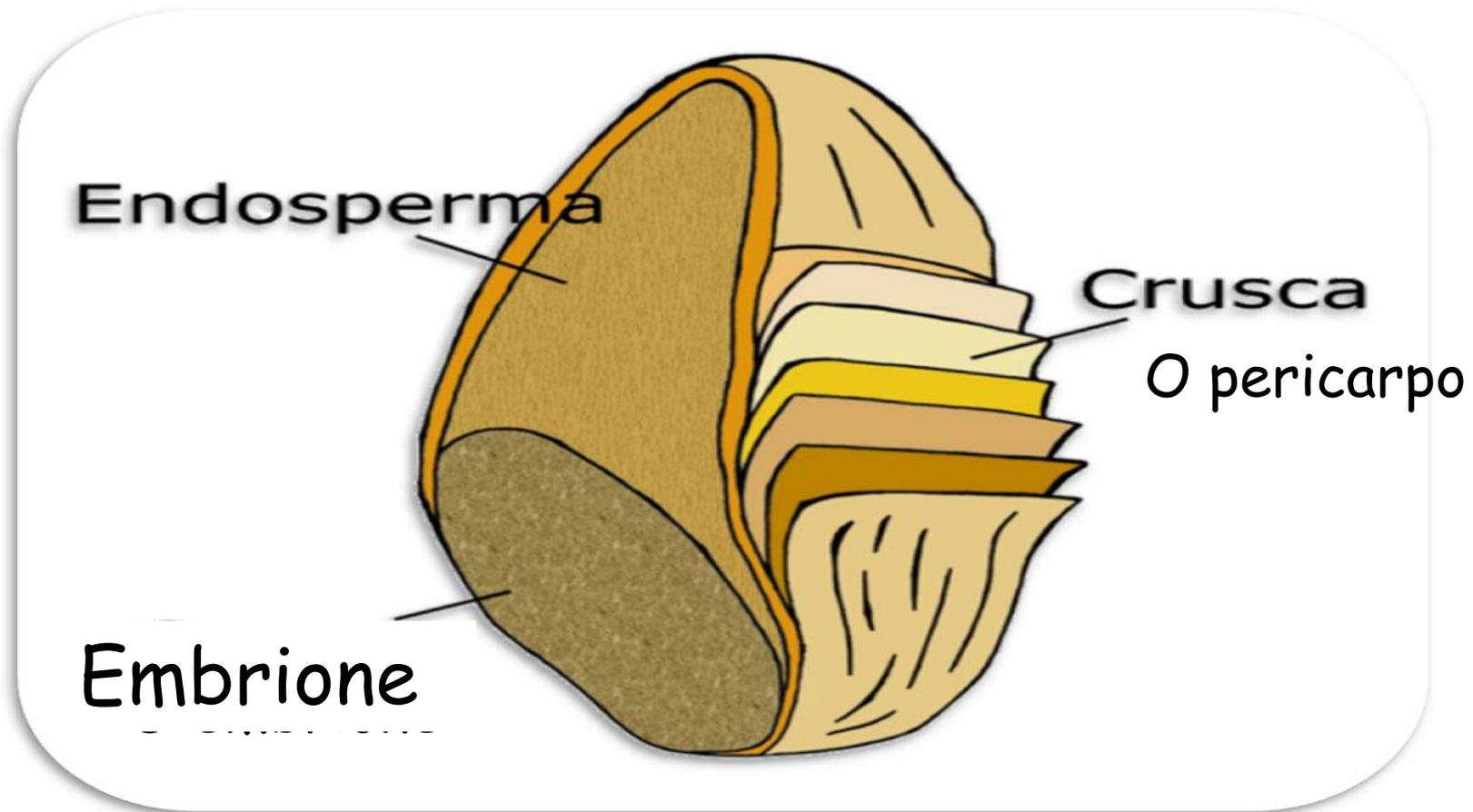
La cariosside è un frutto-seme



Perchè frutto-seme?

Cariosside

- Frutto tipico delle Graminacee
 - Monosperma



Zea mais

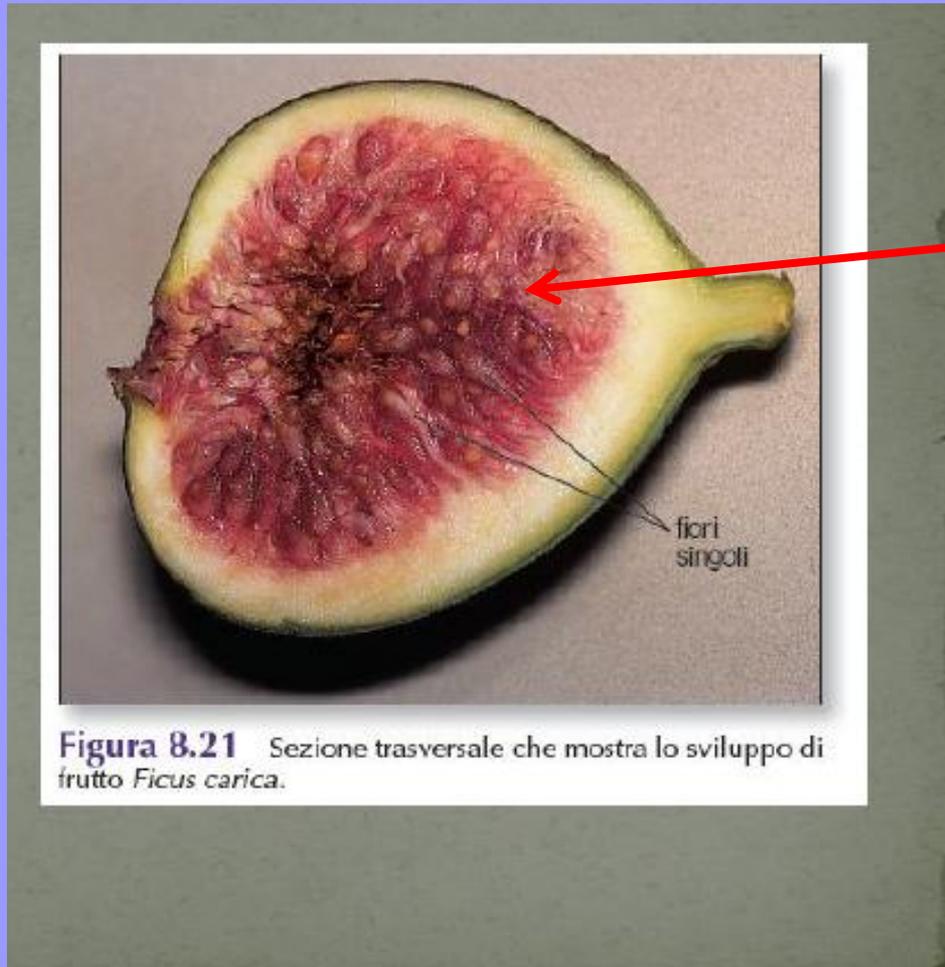
Infruttescenza

Insieme di più frutti, di solito piccoli.

frutti multipli: (sorosio dell'ananas o del gelso)

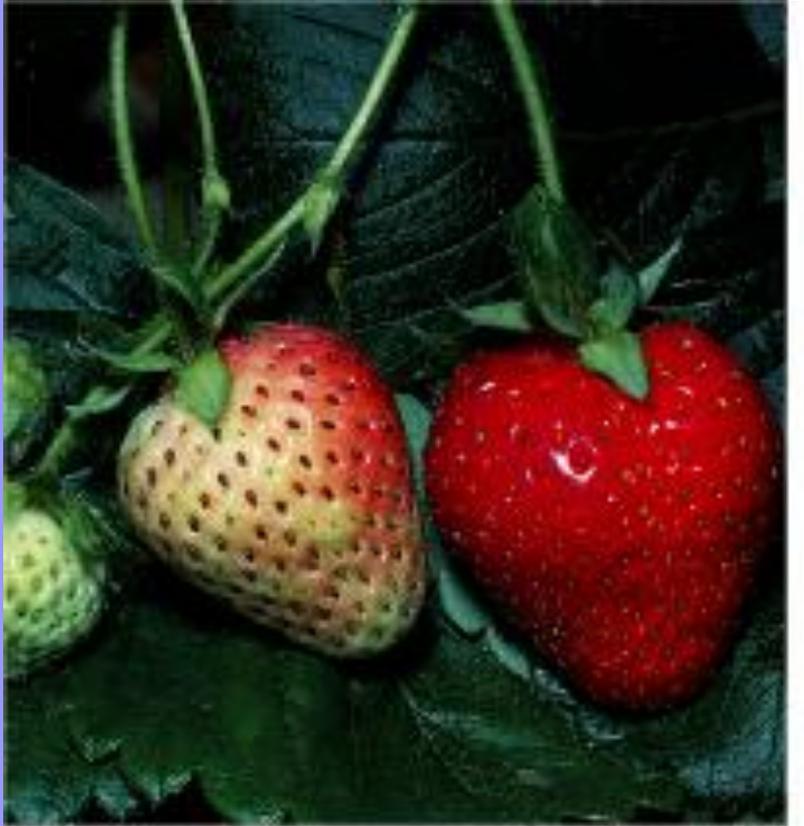


Siconio del Fico - frutto multiplo



I veri frutti sono i singoli acheni

La fragola è un frutto aggregato (la parte edule è il ricettacolo, i veri frutti sono gli acheni)



(a)

Falso frutto



frutti aggregati: derivano dallo sviluppo di più carpelli posti sullo stesso ricettacolo

I frutti possono presentare uncini per aderire al pelo di grandi mammiferi, o al piumaggio degli uccelli



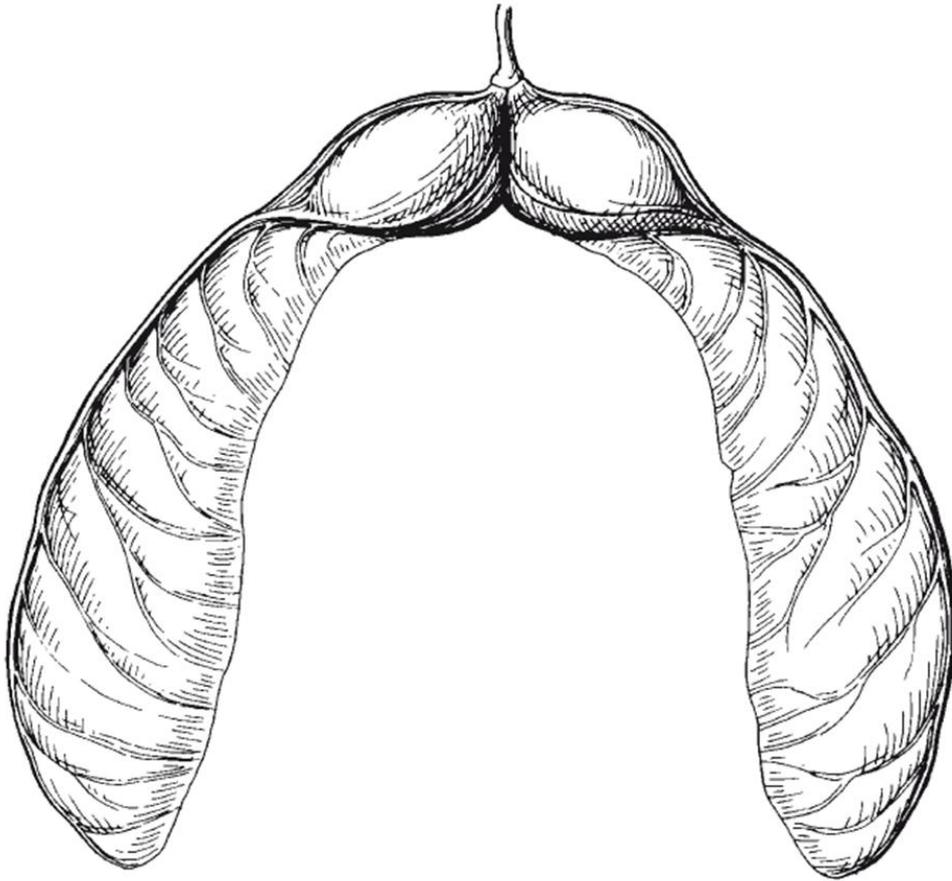
(a)



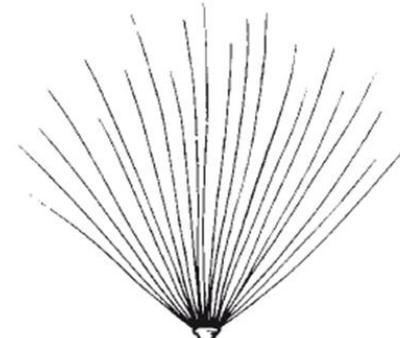
(b)

O strutture che facilitano la dispersione mediante il vento

Acero
(*Acer*)



Acheni



Dente
di leone
(*Taraxacum*)



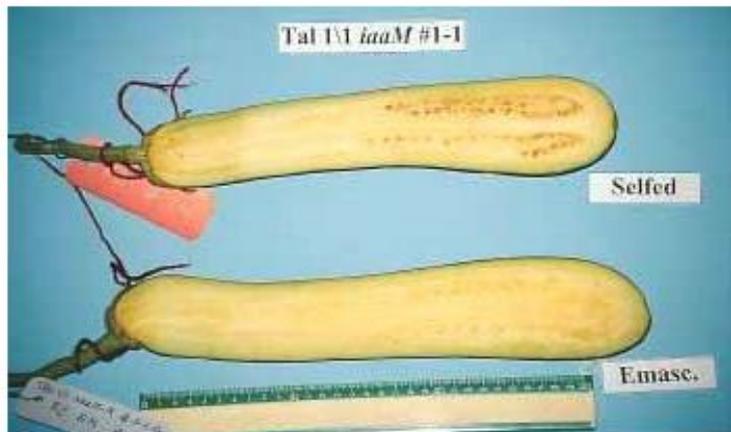
Acheni indeiscenti che vengono dispersi dal vento grazie al pappo



Il pappo
deriva da
modificazioni
del calice.

Frutti partenocarpici

PARTENOCARPIA



Sviluppo di ovario senza fecondazione

Prime fasi della germinazione

Assorbimento di acqua Riattivazione del metabolismo Ripresa della crescita

La germinazione è una via senza ritorno: nel giro di poco tempo (ore) si ha assorbimento di una grande quantità di acqua, la riattivazione del metabolismo e la ripresa della crescita dell'embrione

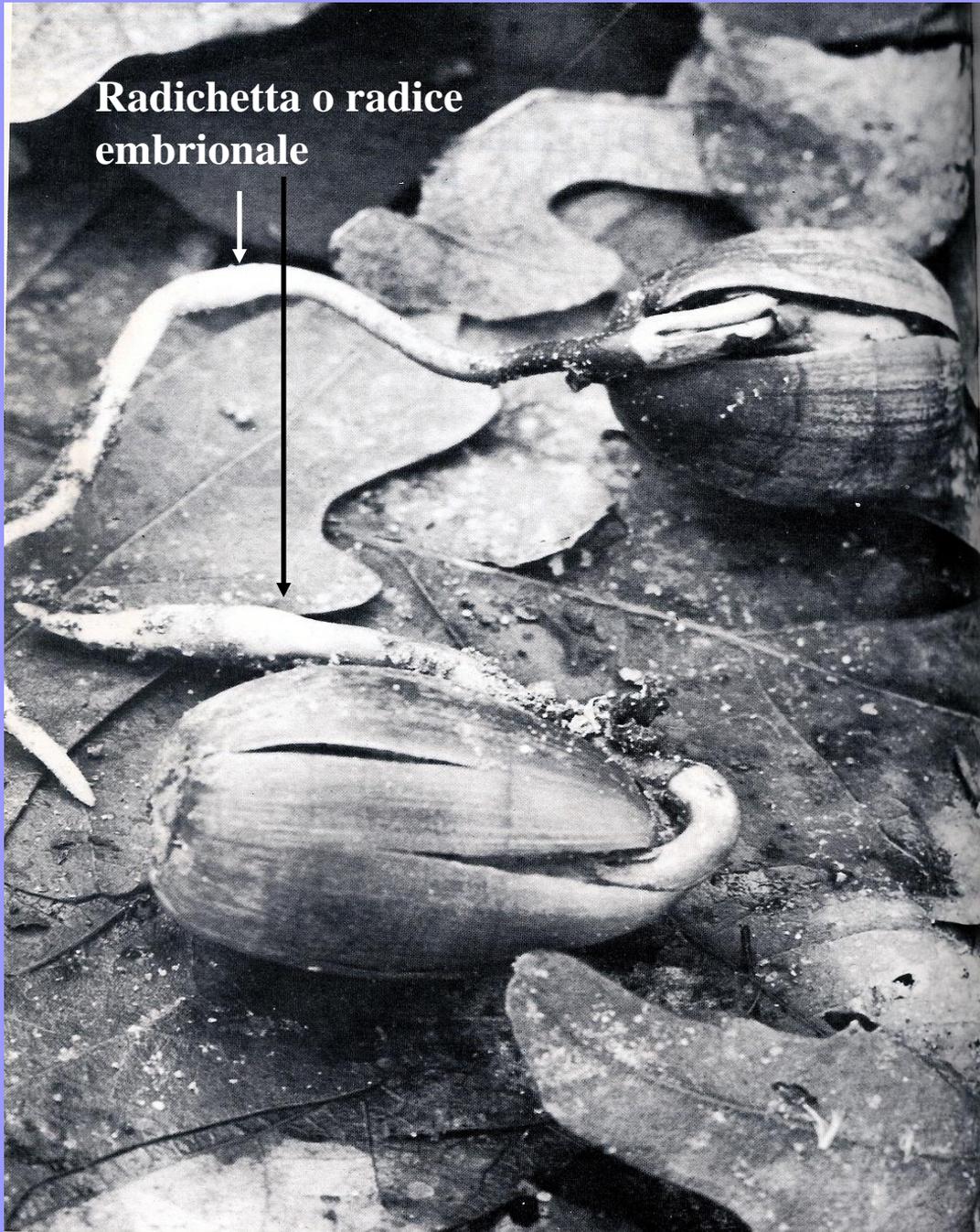
La quantità di acqua assorbita entro le prime 24-48 ore può essere superiore al peso secco del seme.

L'assorbimento d'acqua ha luogo per imbibizione (formazione di ponti idrogeno fra le molecole di acqua ed i gruppi polari delle sostanze colloidali).

Le riserve del seme che si comportano da sostanze colloidali sono: le **PROTEINE ed in minor misura l'**AMIDO**.**

I **GRASSI non contribuiscono al rigonfiamento (idrofobe), però anche i semi ricchi di grassi si rigonfiano molto perchè i grassi in genere sono accompagnati da abbondanti riserve proteiche.**

**Radichetta o radice
embrionale**



SVILUPPO POST EMBRIONALE

