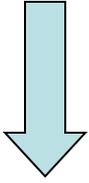


Le piante vascolari senza semi: le crittogame vascolari (tracheofite)

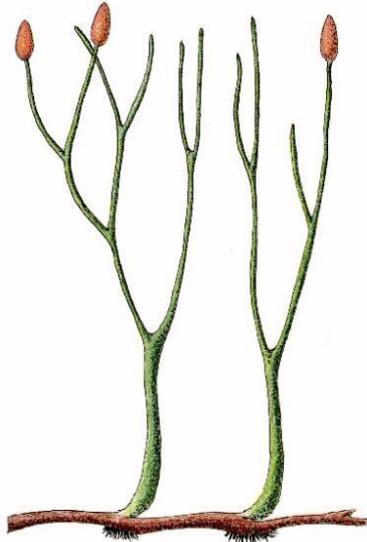
Piante vascolari → Ciclo aplo-diplonte con **SPOROFITO** dominante



- Crittogame vascolari
- Spermatofite

Sporofito costituito da veri tessuti, presenza di lignina e della cutina

CORMO (2n)



- Tessuti ed organi;
- clorofilla **a** e **b**, amido, cellulosa;
- cuticola e stomi.

Piante vascolari senza semi

Crittogame vascolari

Si diffondono per mezzo di **spore** e hanno:

- veri tessuti conduttori, xilema e floema;
- vere foglie;
- vere radici con funzione di ancoraggio e assorbimento;
- I gametofiti (n) sono piccoli e dipendenti dallo sporofito ($2n$).

Piante vascolari senza semi

Divisione Psilophyta

Divisione Lycophyta

Divisione Sphenophyta

Divisione Pteridophyta (felci)

- Hanno avuto la massima diffusione 430-290 milioni di anni fa.
- Oggi sono in maggior parte estinte, sostituite da piante più competitive!

Sono caratterizzate da:

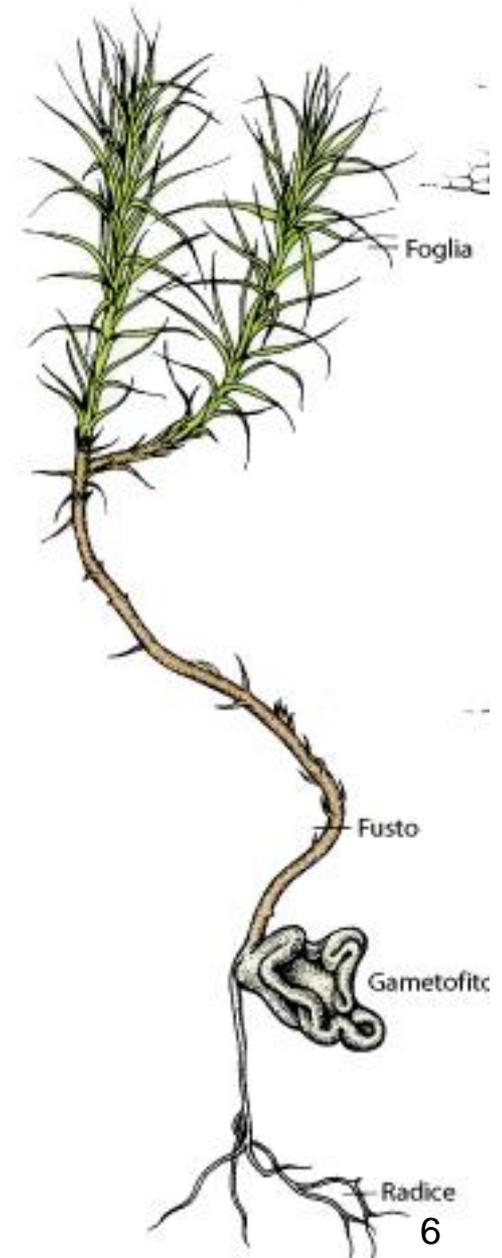
- differenziamento ridotto,
- mostrano tendenza alla riduzione del gametofito (n) a favore dello sporofito (2n),
- Sono isosporee o eteropsoree,
- Hanno gameti maschili mobili in acqua,

• NON HANNO IL SEME e QUESTO ha determinato l'estinzione della maggior parte delle crittogame vascolari.

Gli sporofiti delle prime piante vascolari erano costituiti da assi a ramificazione dicotomica, privi di radici e di foglie.

Successivamente sono comparse le differenze morfologiche e fisiologiche tra le varie parti dello sporofito che hanno portato al differenziamento degli organi: radici, fusto e foglie.

Le radici nel loro insieme formano l'apparato radicale, i fusti e le foglie costituiscono il sistema del germoglio.



Il gametofito detto **PROTALLO**, può essere perenne ed eterotrofo o annuale e autotrofo.

Può differenziare sia anteridi che archegoni (gametangi), protallo **OMOTALLICO**, oppure portare solo anteridi o solo archegoni, protallo **ETEROTALLICO**.

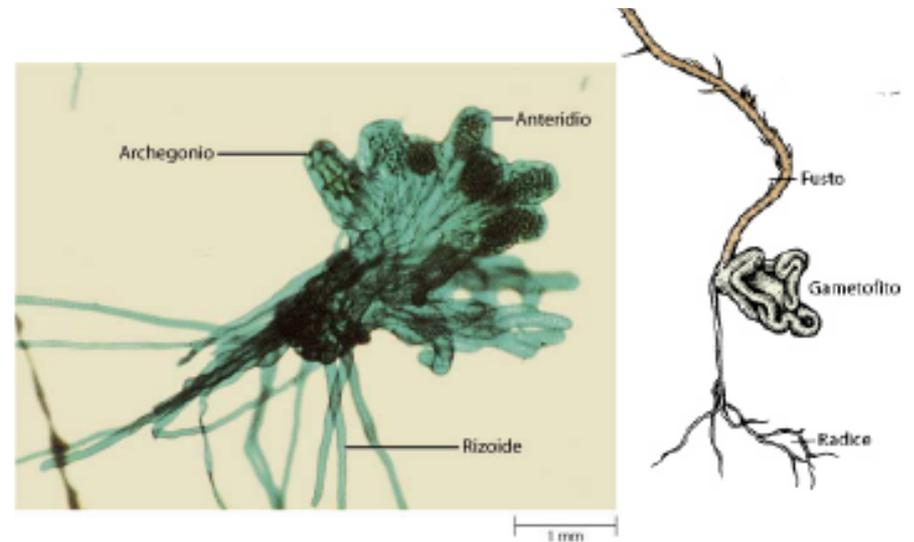


Anteridio

simile a quello delle Briofite, produce un numero ridotto di anterozoidi (flagellati).

Archegonio

ridotto rispetto a quello delle Briofite, con una sola oosfera.



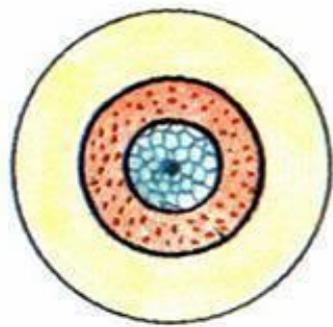
Riproduzione sessuale: gametogamia oogama, in presenza di acqua. Autofecondazione o fecondazione incrociata.

Dallo zigote si forma un embrione che non è mai quiescente e che viene nutrito dal gametofito per breve tempo.

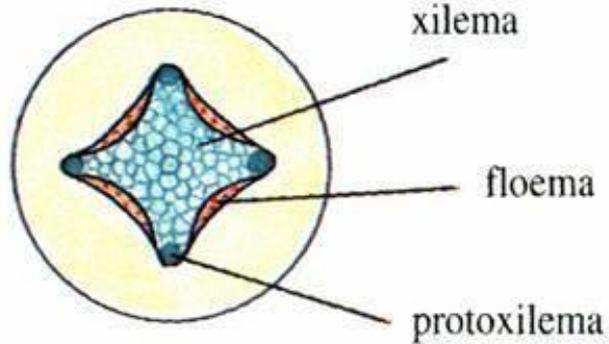
La crescita dello sporofito comporta un accrescimento primario cioè l'allungamento del fusto e delle radici ed un accrescimento secondario che incrementa lo spessore di questi organi.

I tessuti vascolari sono localizzati nel cilindro centrale, o **stele**, di fusto e radici.

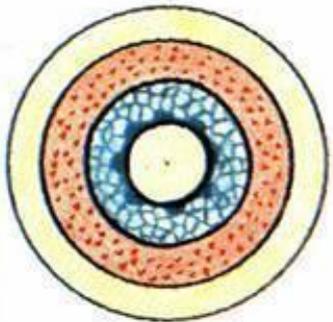
La **PROTOSTELE** è il tipo di stele più semplice e più primitivo. È formato da un cilindro centrale di xilema circondato da floema.



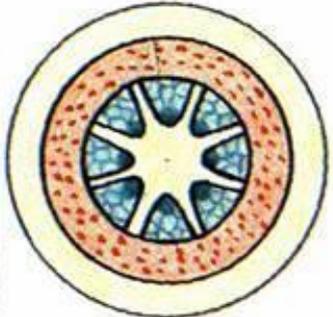
(a) protosteles



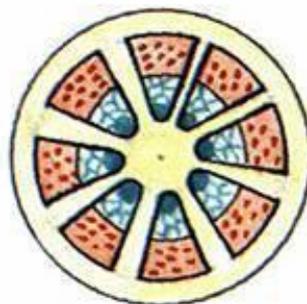
(b) actinosteles



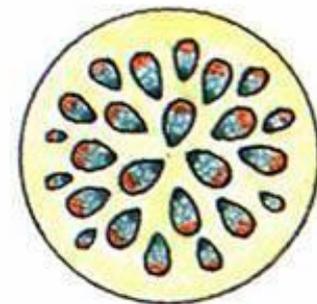
(c) sifonosteles



(d) sifono-eustele



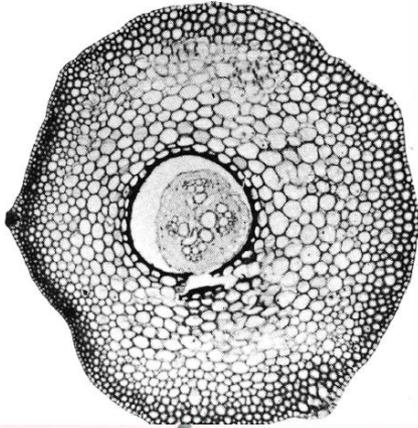
(e) eustele



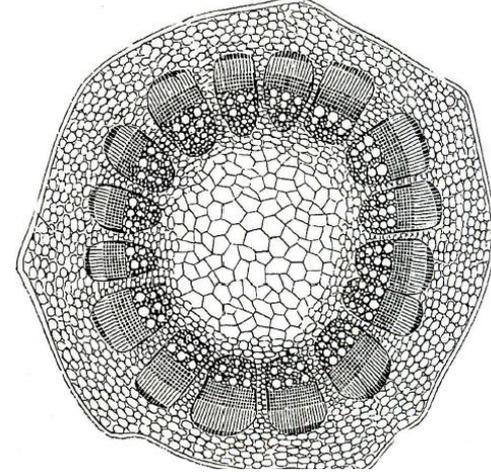
(f) atactosteles

Nelle piante vascolari fossili o più primitive, gli elementi vascolari sono formati da **tracheidi** e **cellule cribrose**.

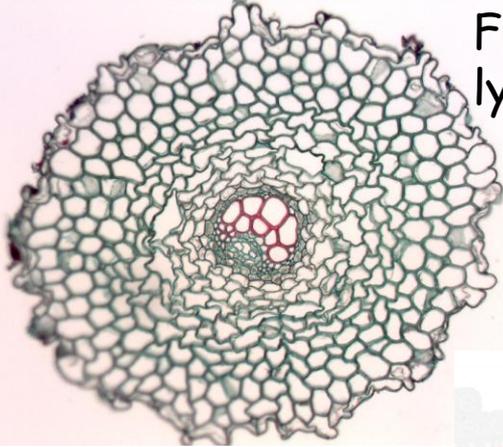
Protostele



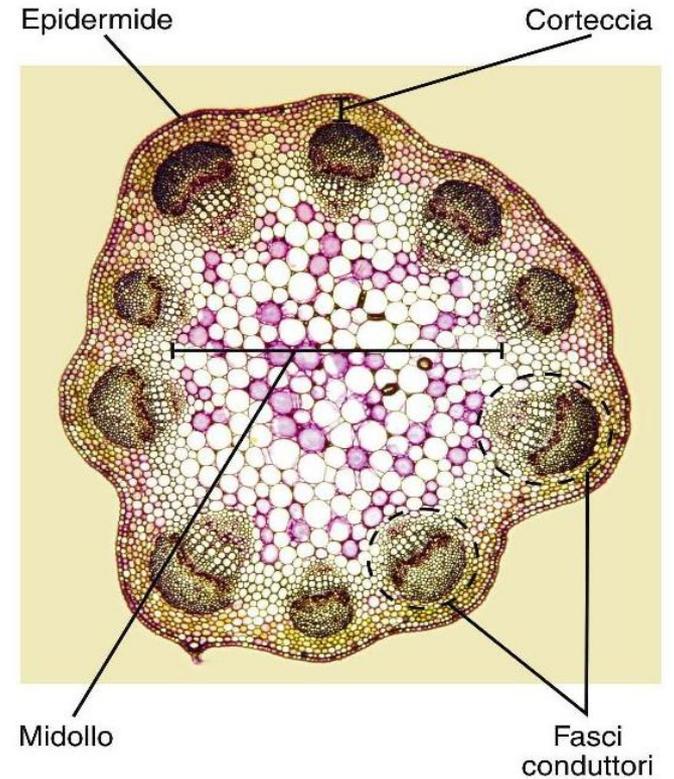
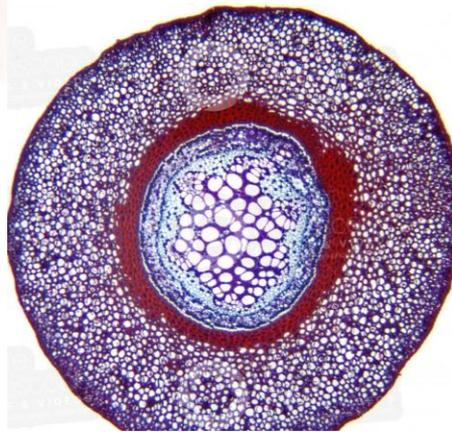
EUSTELE



Fusto di
lycopodium



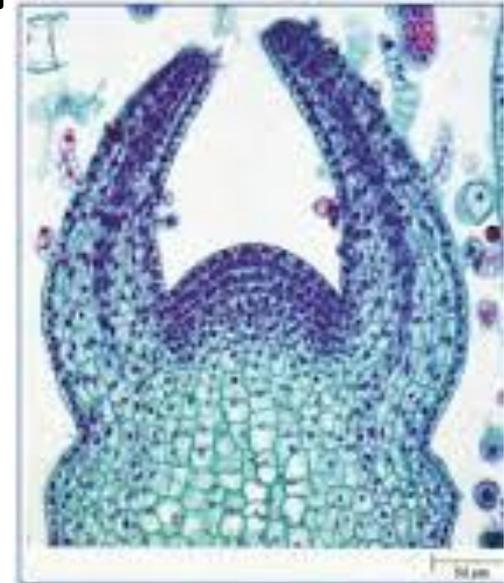
Rizoma di
lycopodium



Le radici e le foglie si sono evolute in modi diversi.

Sembra che le radici si siano formate a partire dalle regioni sotterranee degli assi delle primitive piante vascolari. Le radici sono organi semplici che hanno conservato questa semplicità anche nelle piante attuali più evolute.

Le foglie sono le principali appendici laterali del fusto. Indipendentemente dalla dimensione e dalla struttura esse si originano come protuberanze, primordi fogliari, dal meristema apicale del germoglio.



Da un punto di vista evolutivo ci sono due tipi distinti di foglie, **MICROFILLE** e **MACROFILLE**.

Linea evolutiva delle microfille

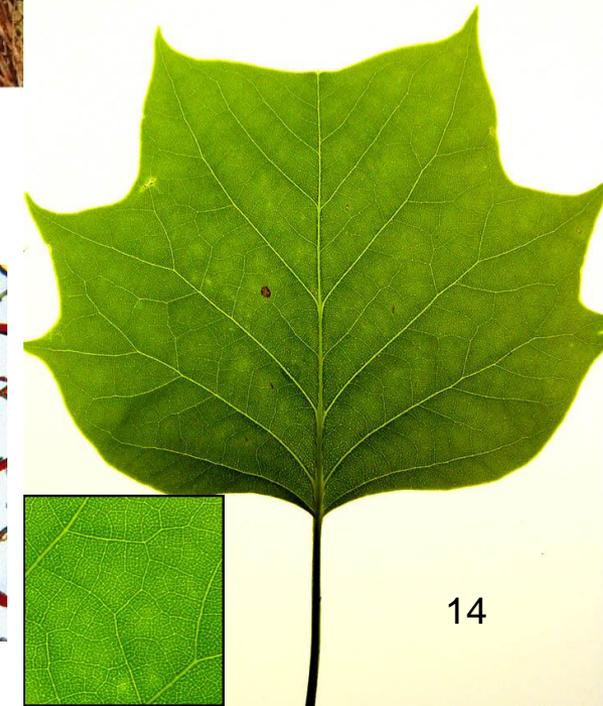
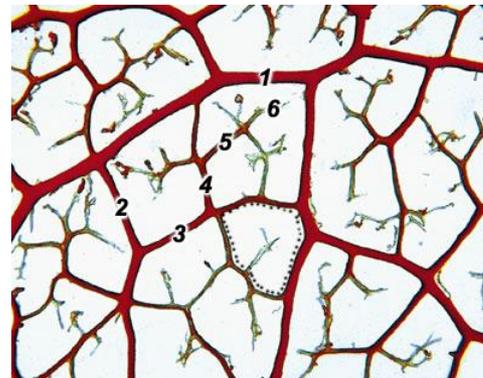
Linea evolutiva delle macrofille (Eufillofite)

Le microfille sono di solito foglie piccole con un solo fascio vascolare, sono associati a fusti che presentano una protosteale e sono caratteristici delle Licofite.



Microfili di Isoetes

Le macrofille sono foglie più grandi, tranne qualche eccezione, con un complesso sistema di nervature. Sono associati a fusti eustelici o sifonostelici. Contrariamente alle microfille, le **macrofille hanno una lamina con un complesso sistema di nervature.**



microfille

- piccola nervatura mediana
- poco efficienti

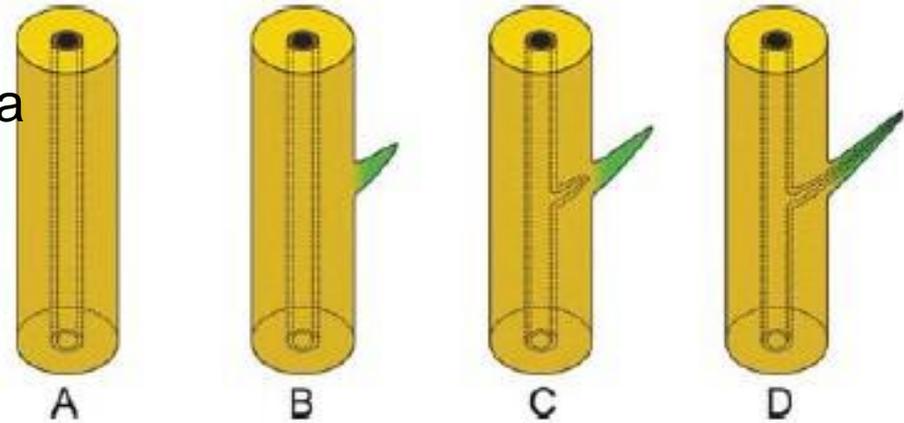


Figura 10.2

Ipotetica origine evolutiva dei microfilli (disegno di A. Valletta).

macrofille

Funzioni delle foglie:

- Trofofilli - funzione fotosintetica
- Sporofilli - funzione riproduttiva
- Trofosporofilli

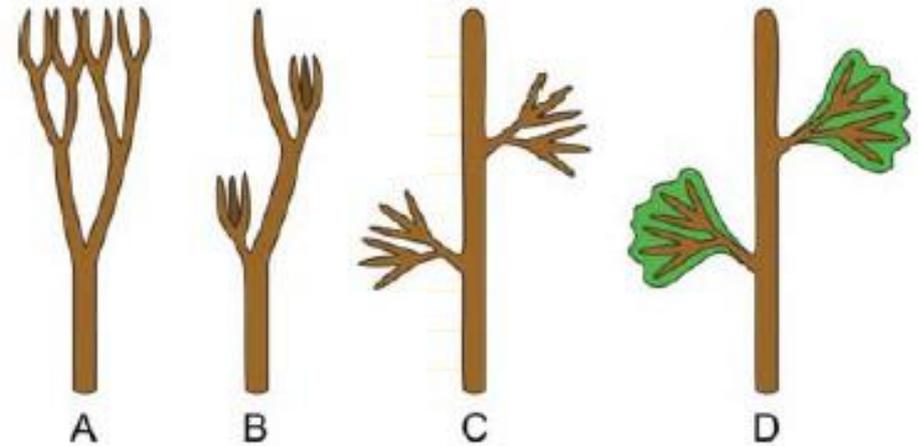


Figura 10.3

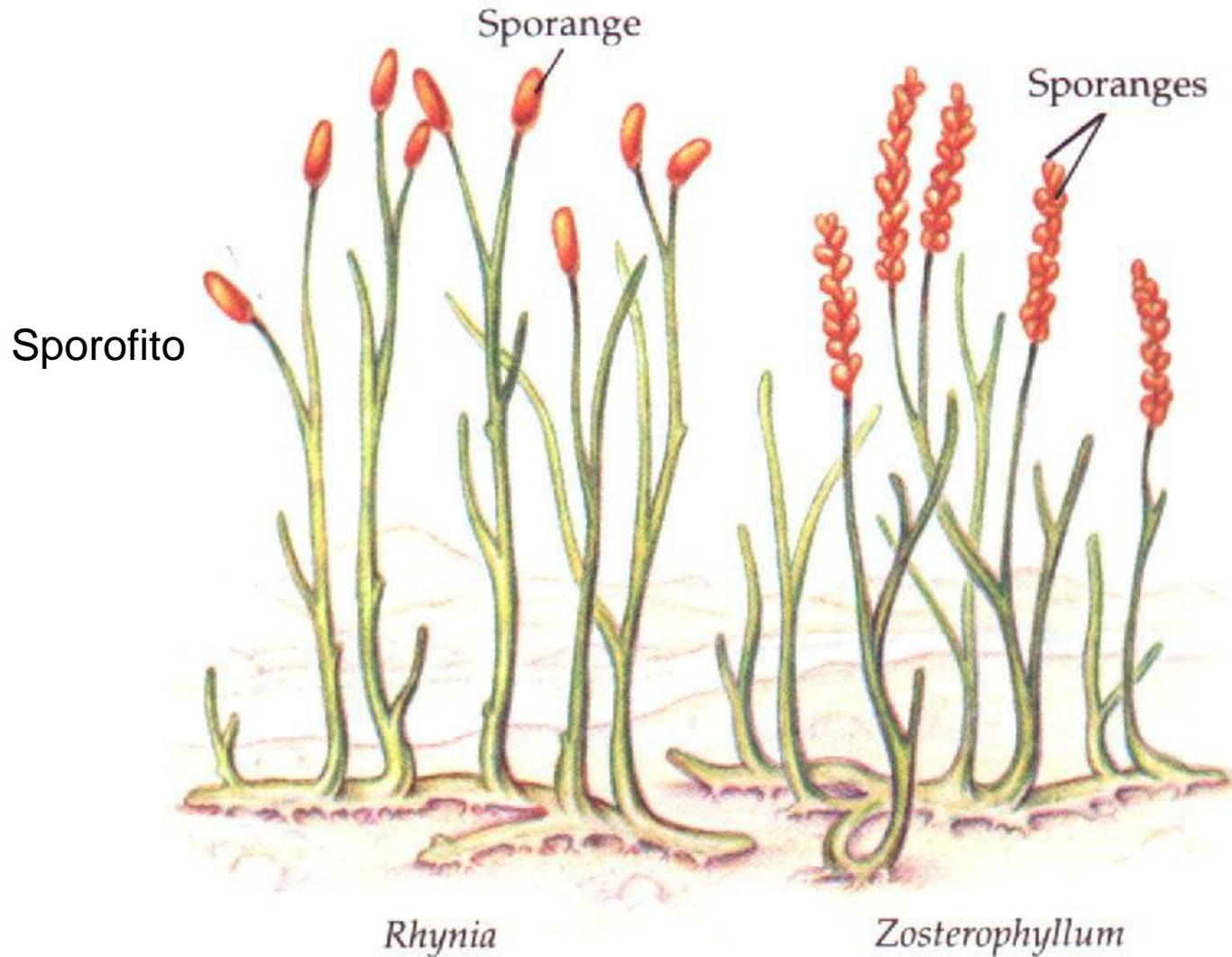
Ipotetica origine evolutiva dei macrofilli (disegno di A. Valletta).

Le prime piante vascolari producevano un solo tipo di spore meiotiche: piante **ISOSPOREE**

Tra le piante vascolari viventi l'isosporia è presente negli equiseti, nella maggior parte delle licofite e delle felci.

Piante vascolari primitive ora estinte

Le **riniofite (*Rhyniophyta*)**, comprendono solo piccole piante fossili, prive di radici.



Le **Licofite** comprendono:

I licopodi, selaginella e gli isoeti (*Lycopodiophyta* o *Lycophyta*).

Comprendono circa 1200 specie. Le licofite attuali sono piante erbacee di aspetto vagamente simile a grossi muschi. Sono caratterizzate da piccoli fusti ramificati dicotomicamente, che portano foglie piccole, lineari o squamiformi, con singola nervatura mediana (microfille). Le radici sono in massima parte avventizie e si originano dai fusti o da *rizofori*, organi di aspetto intermedio tra radici e fusti.

La linea evolutiva delle microfille

LYCOPHYTA (*Lycopodium*, *Isoetes*, *Selaginella*)



Selaginella



Lycopodium



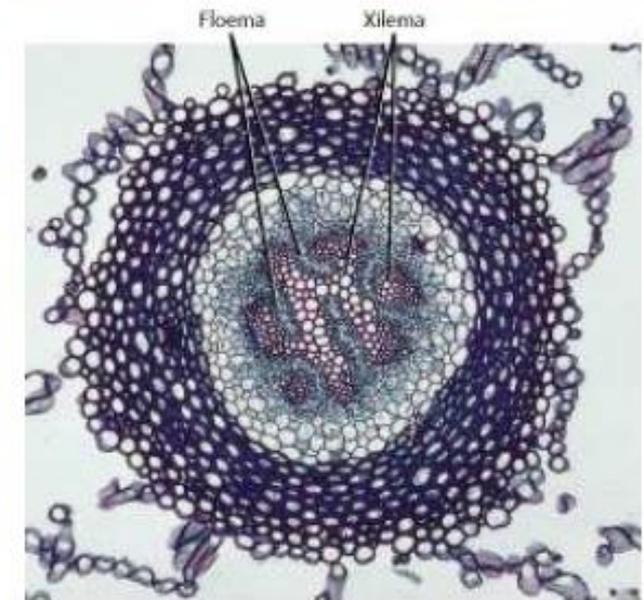
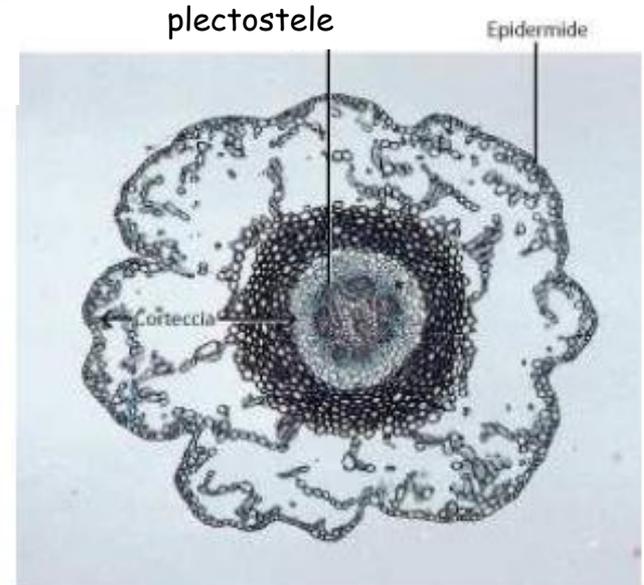
Isoetes

Le Lycophyta hanno:

- rizoma ramificato sotterraneo (protosteale)
- microfilli
- iso- ed eterosporia
- gametofiti alcuni eterotrofi



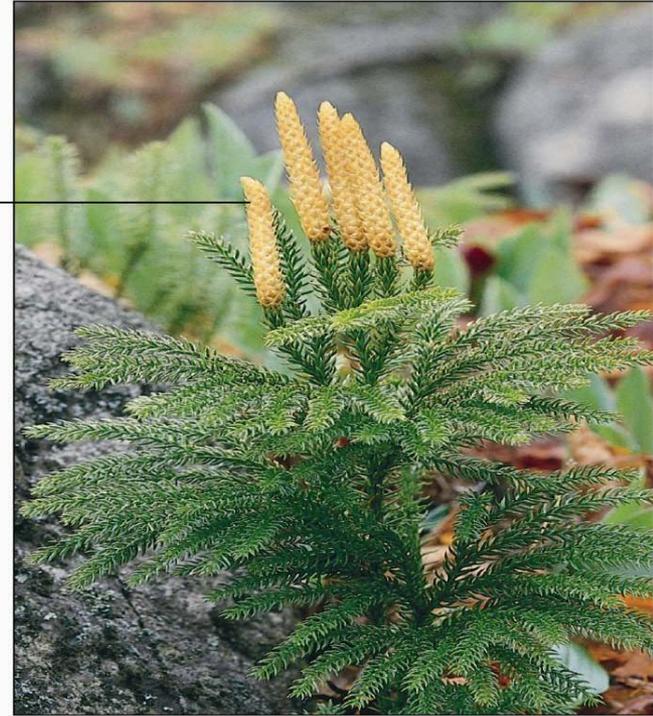
sporofilli



Licopodi



(a)



(b)



(c)



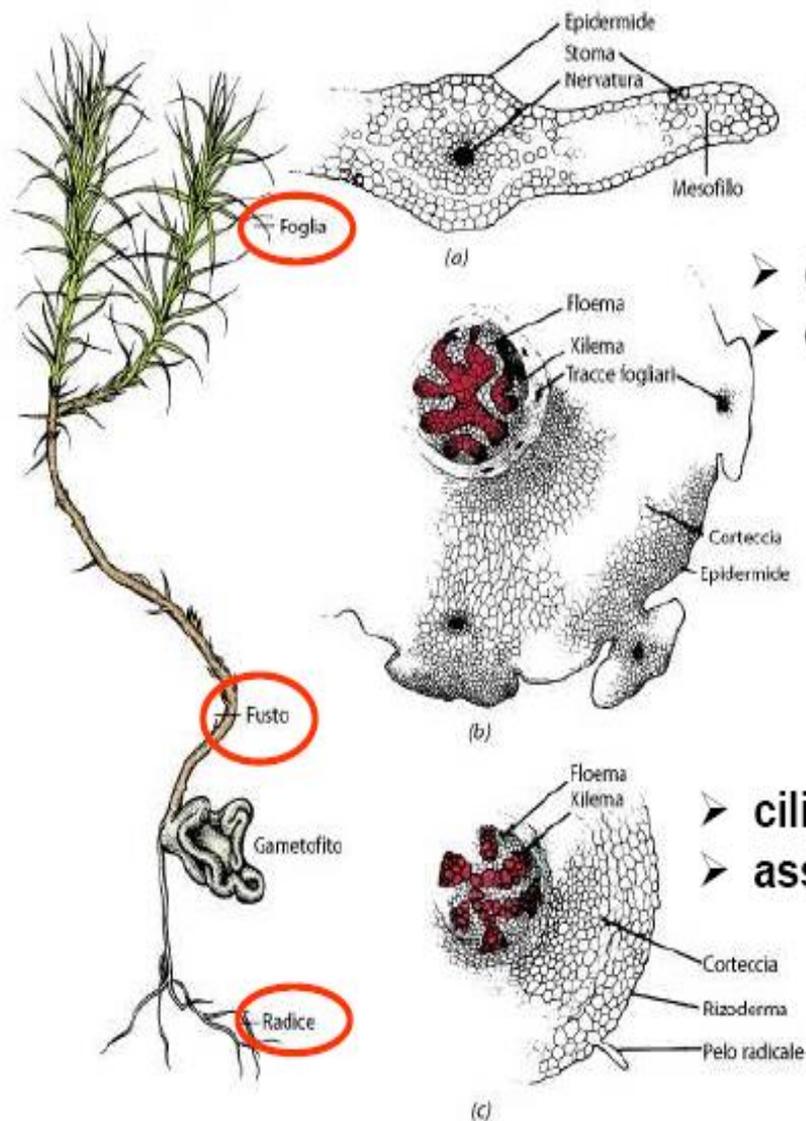
(d)

I licopodi sono *isosporei*: le spore meiotiche sono tutte di aspetto simile e danno origine a gametofiti piccolissimi, almeno in parte sotterranei, che si nutrono grazie a simbiosi micorriziche.

I gametofiti vivono, in genere, più anni e differenziano sia anteridi che archegoni.

Per i licopodi è necessaria l'acqua per la riproduzione sessuale. Gli spermatozoidi sono flagellati e nuotano nell'acqua per raggiungere l'archegonio.

Sporofito di *Lycopodium*



➤ epidermide con cuticola e stomi

➤ nervatura fogliare

➤ cilindro centrale di conduzione
➤ epidermide con cuticola

➤ cilindro centrale di conduzion
➤ assorbimento radicale



Figura 20.5
Lycopodium sp.: piante alte circa 10 centimetri con fusti ramificati dicotomicamente portanti microfilli (foto di G. Abbate).

Comparsa dell'eterosporia

(Selaginella, alcune felci e tutte le spermatofite)

Piante isosporee: Producono un solo tipo di meiospore (in unico tipo di sporangio).

Piante eterosporee: Producono meiospore femminili e meiospore maschili in macrosporangii e microsporangii.

Con l'eterosporia si ha:

- Riduzione estrema del gametofito
- Protezione massima della macrospora e del macrogametofito in essa contenuto.

L'eterosporia ha un importante significato per le piante terrestri perché è alla base dell'evoluzione del seme!!!²⁴

L'eterosporia compare in SELAGINELLA

Selaginella

Lycophyta,
licopodi. Non
presenti e
quelli che s

Gli sporo

macrosporo

macrosporo

centinaio di microspore maschini.



llales,
lo dei
sono
mili a

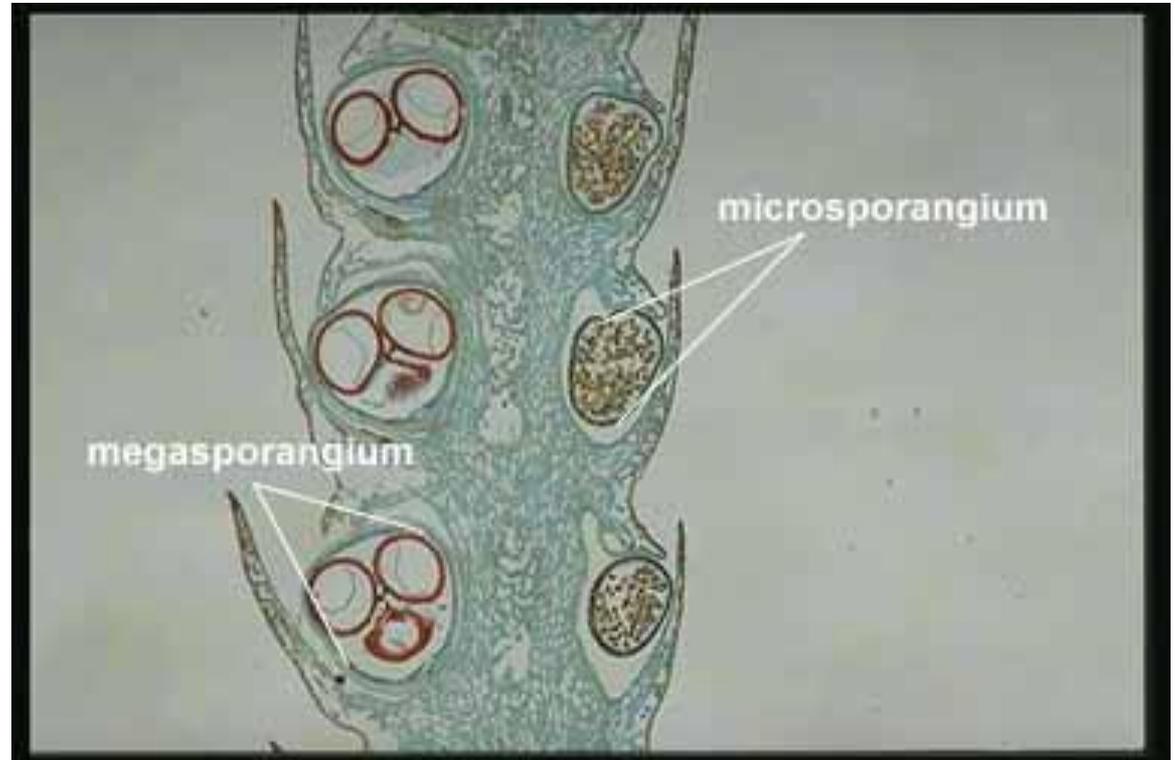
picali:
a 4
on un

I macrosporangii e i microsporangii sono protetti da macrosporofilli e microsporofilli.

I micro- e macrosporangii sono presenti sullo stesso strobilo



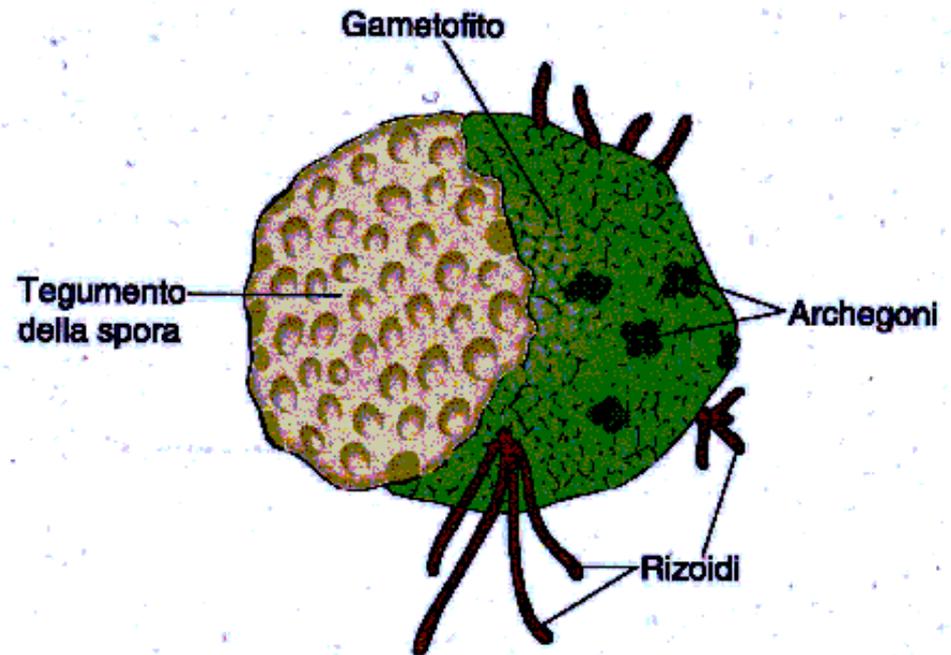
Strobilo



Microsporangii e macrosporangii in *Selaginella*

Figura 23.1

Macrogametofito di *Selaginella* si è sviluppato quasi completamente all'interno della parete originaria della macrospora. Questa specie non fa parte delle piante a seme, ma è un primo gradino necessario nell'evoluzione del seme stesso. Gametofiti femminili piccoli possono essere protetti e nutriti dal loro sporofito parentale. Così facendo, la generazione gametofitica beneficia di tutte quelle mutazioni che hanno permesso allo sporofito di adattarsi alla vita sulla terra*.



La macrospora germina e produce il gametofito femminile (macrogametofito).

Selaginella

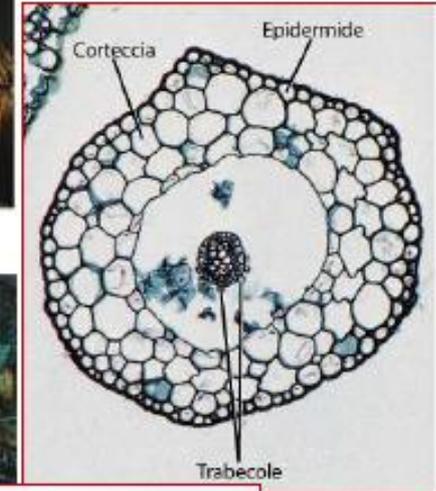
- eterosporia



(a)



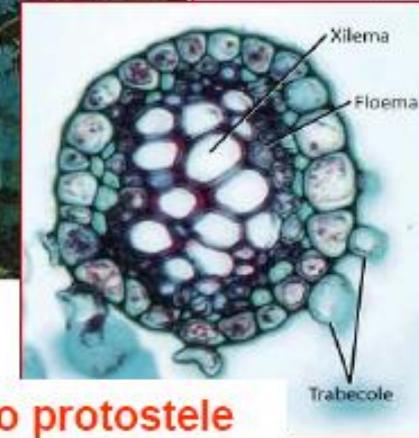
(b)



(c)



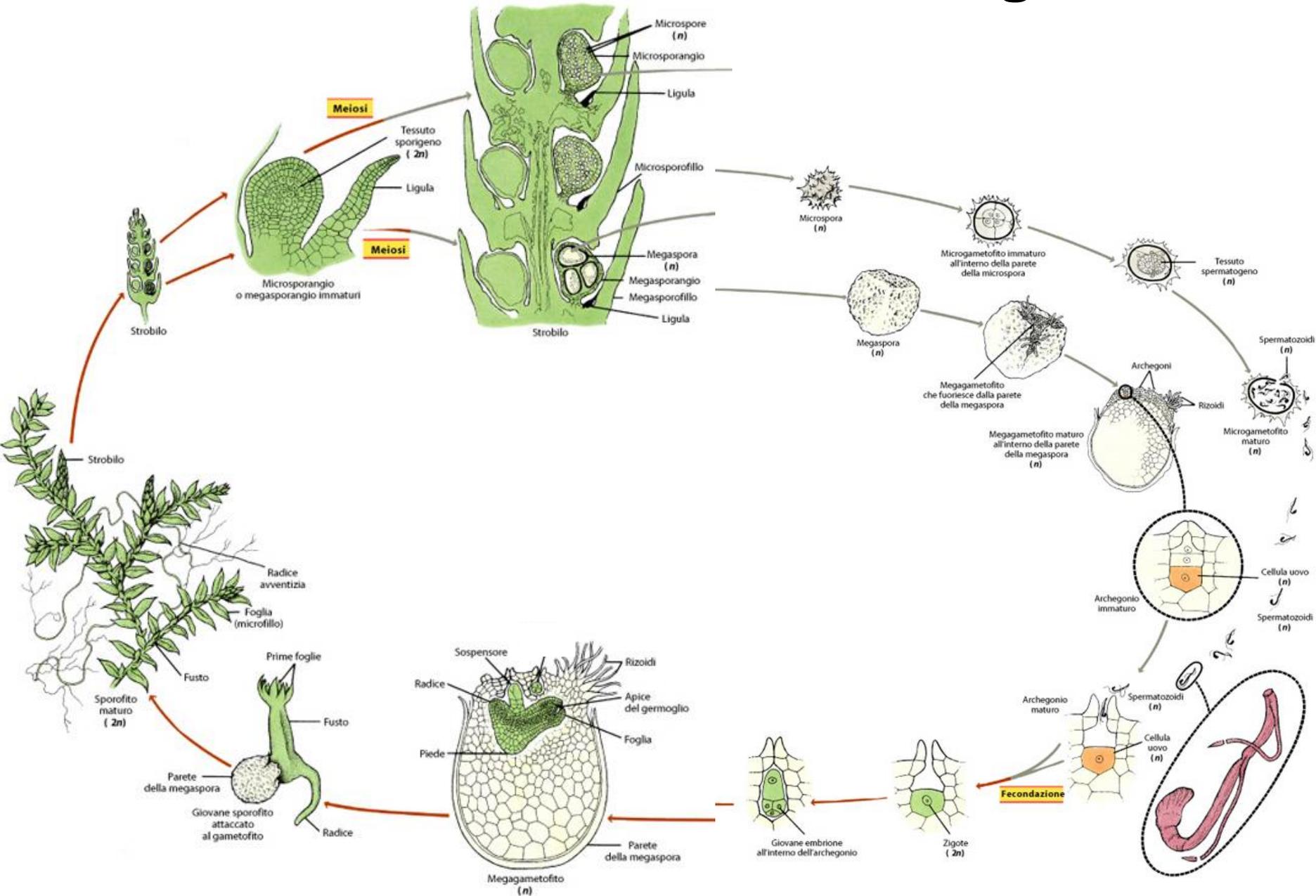
(d)



cilindro centrale o protostele

Le trabecole sono cellule endodermiche che collegano la protostele centrale con il parenchima corticale

Il ciclo eterosporeo di Selaginella



Divisione Arthrophyta o Sphenophyta (Equisetofite)

Gli **equiseti** (*Equisetophyta*). Comprendono attualmente un solo genere (*Equisetum*), con meno di venti specie erbacee prive di accrescimento secondario, ma si conoscono numerose forme arboree fossili del Carbonifero. I fusti principali comprendono porzioni sotterranee perenni a portamento rizomatoso strisciante e porzioni aeree erette, verdi e fotosintetizzanti, spesso a durata annuale.

**Linea evolutiva delle
macrofille: Eufillofite**

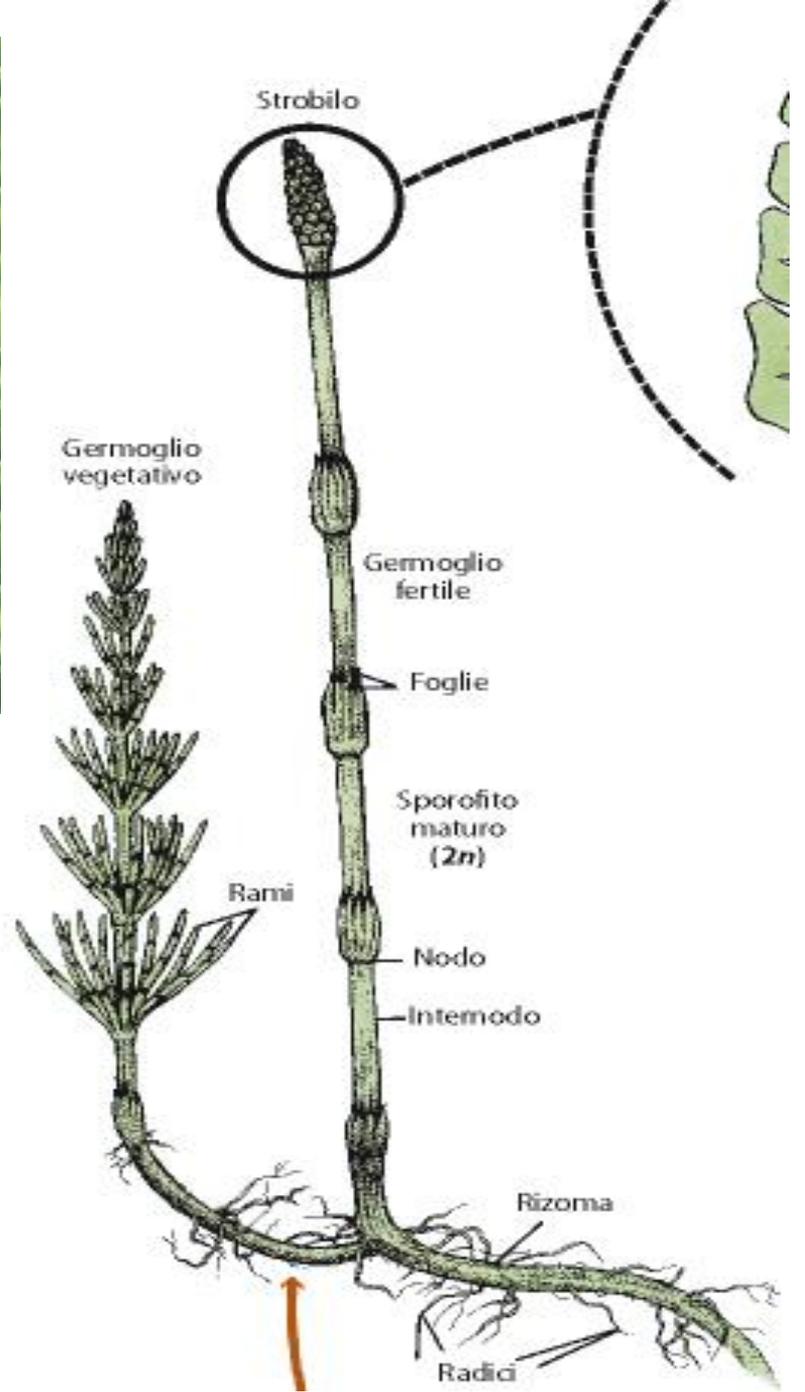


Gli equiseti

Nello xilema di alcuni equiseti possono essere presenti trachee. Il fusto è articolato, in nodi ingrossati evidenti e internodi cavi all'interno.

Sono presenti foglie, che sono **macrofille**, perché originate da una coalescenza di corti rami, anche se hanno una sola nervatura e sono piccole (simili alle microfille). Sono squamiformi e di solito non fotosintetizzanti.

Gli sporangi sono riuniti in coni all'apice di fusti fertili.



- Gli equiseti



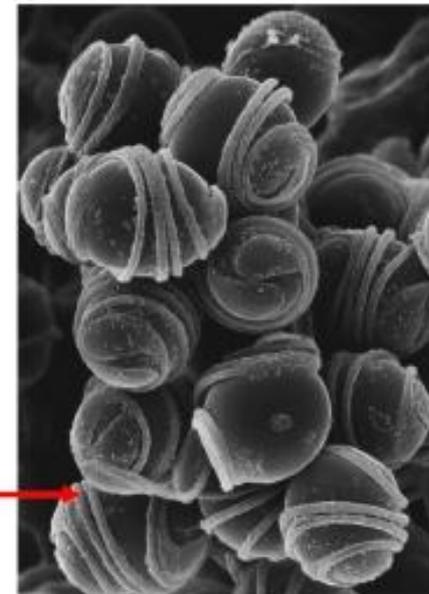
(a)



(b)

Equisetum: rami fertili e rami vegetativi

Spore con elateri



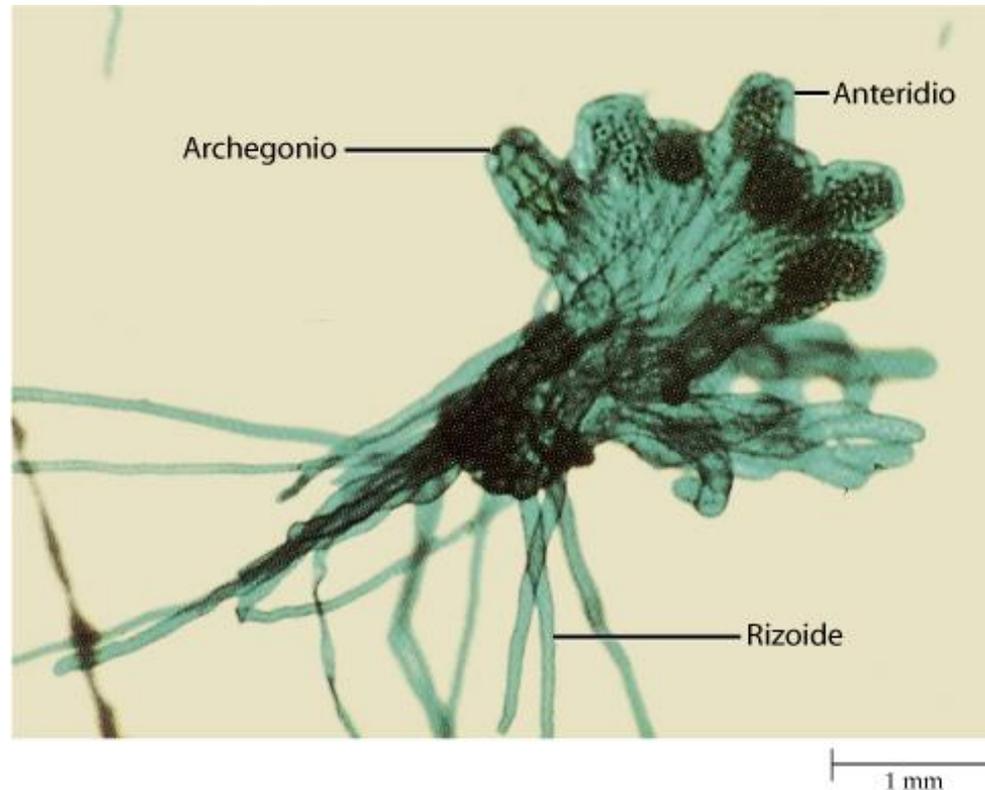
Sporangiospore



Gli sporangi non sono mai solitari ma riuniti in un numero da 5-10 disposto su uno sporangioforo, formato da un corto peduncolo e da una parte allargata in cui sono inseriti gli sporangi.

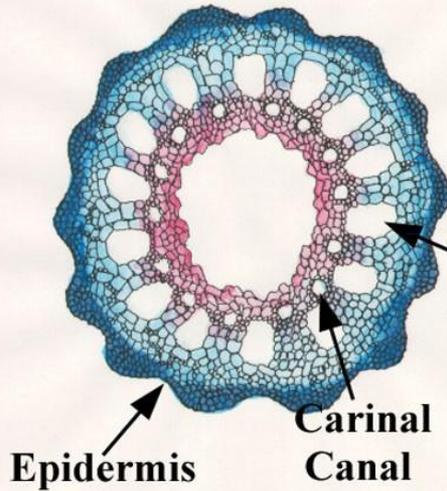
Equisetum è isosporeo

Gametofito bisessuale con gametangi maschili e femminili

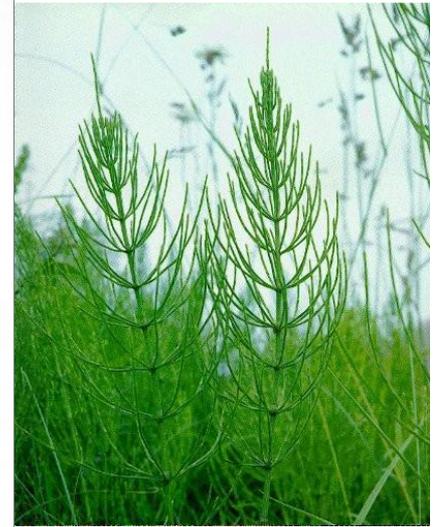
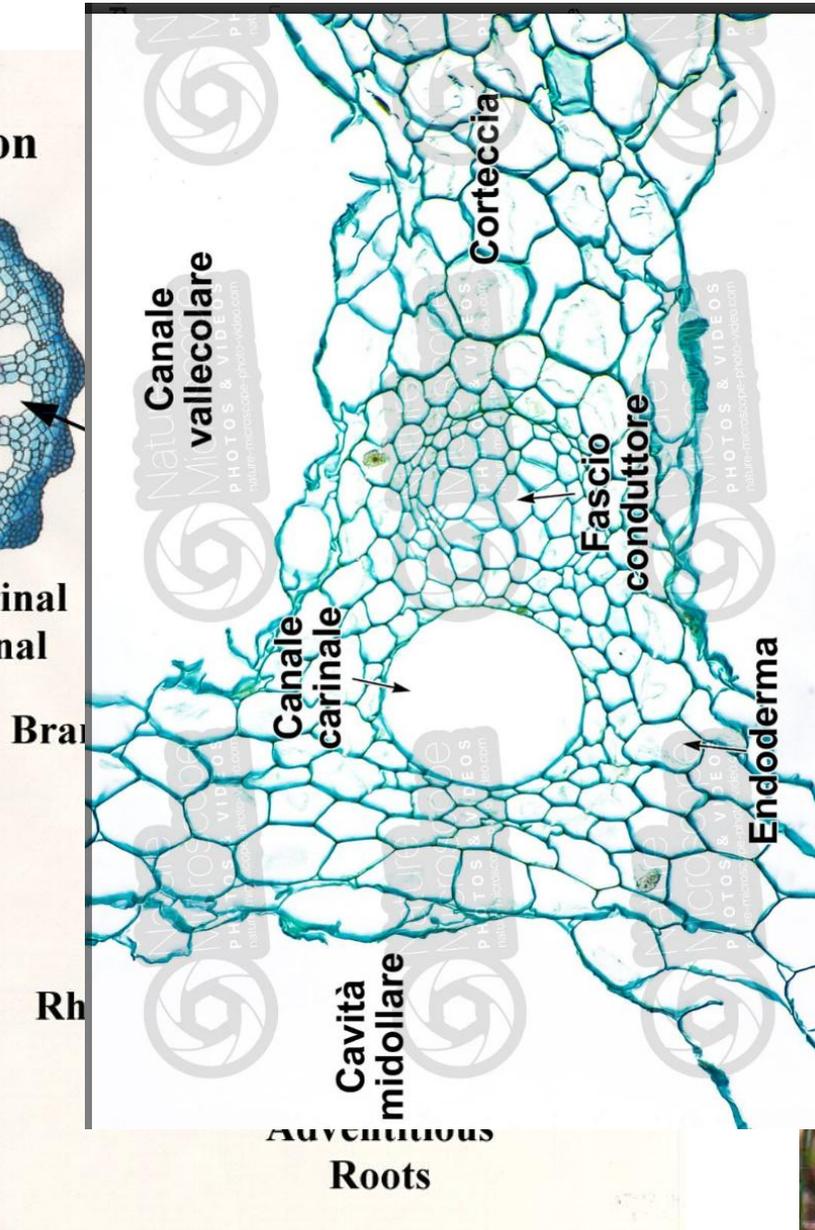


Gli spermatozoidi flagellati, vengono rilasciati e hanno bisogno di acqua per muoversi verso l'archegonio.

Stem Cross-section



I canali Vallecolari sono cavità piene d'aria, i canali carinali contengono acqua



Divisione Pteridophyta (felci)

- **12.000 specie, alcune arboree,**
- **Dimensioni: da millimetri a molti metri,**
- **Sono il gruppo più numeroso di crittogame vascolari non a seme,**
- **Radici avventizie,**
- **Foglie espanse (NOVITA) ,**
- **Tipicamente le giovani foglie sono disposte a spirale,**

Ciclo riproduttivo:

1. **Isosporee, poche eterosporee**
2. **Gli sporangi si trovano in strutture caratteristiche, i sori,**
3. **Frequentemente la differenza temporale nella maturazione dei gameti maschili e femminili favorisce la fecondazione incrociata,**
4. **Il gametofito dapprima protegge lo sporofito, poi quest'ultimo diventa dominante e il gametofito si disgrega.**

- Clorofilla *a* e *b*, amido, cellulosa
- Posseggono tessuti e organi (Cormofite; Crittogame vascolari)
- Posseggono cuticola e stomi
- Necessitano di acqua per la riproduzione gamica

Le pteridofite sono state le prime piante a ben adattarsi alla vita sulla terraferma.

Un tempo erano grandi come alberi mentre oggi sono di dimensioni molto ridotte.



Nel carbonifero (345 - 280 m.a.) si ebbe la massima espansione delle pteridofite

Felci
arboree
primitive



(a)



(b)



(c)

Felci arboree



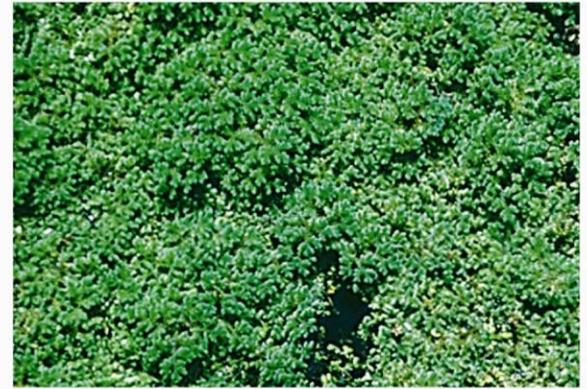
Felce nei nostri ambienti



- Le **Felci**, molte vivono in climi aridi, altre in climi umidi, alcune nell'acqua



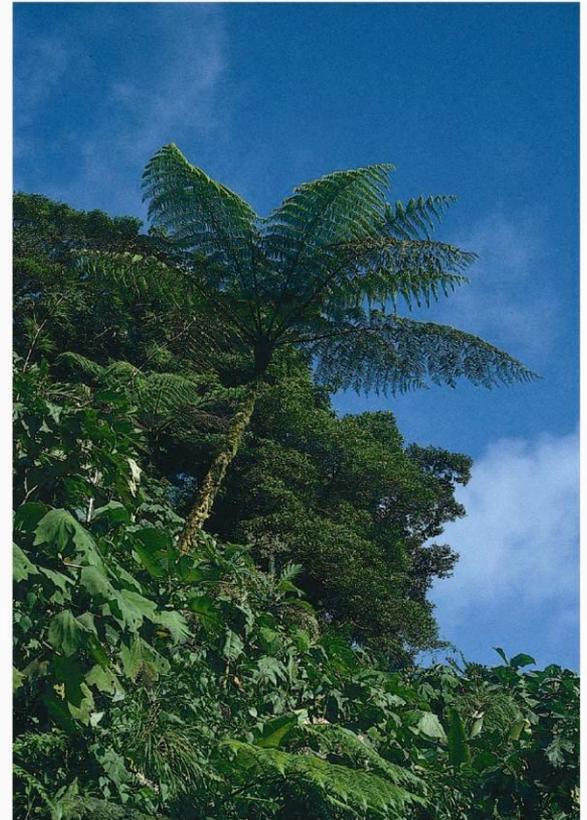
(a)



(b)



(c)



(d)

Quindi le Pteridofite hanno:

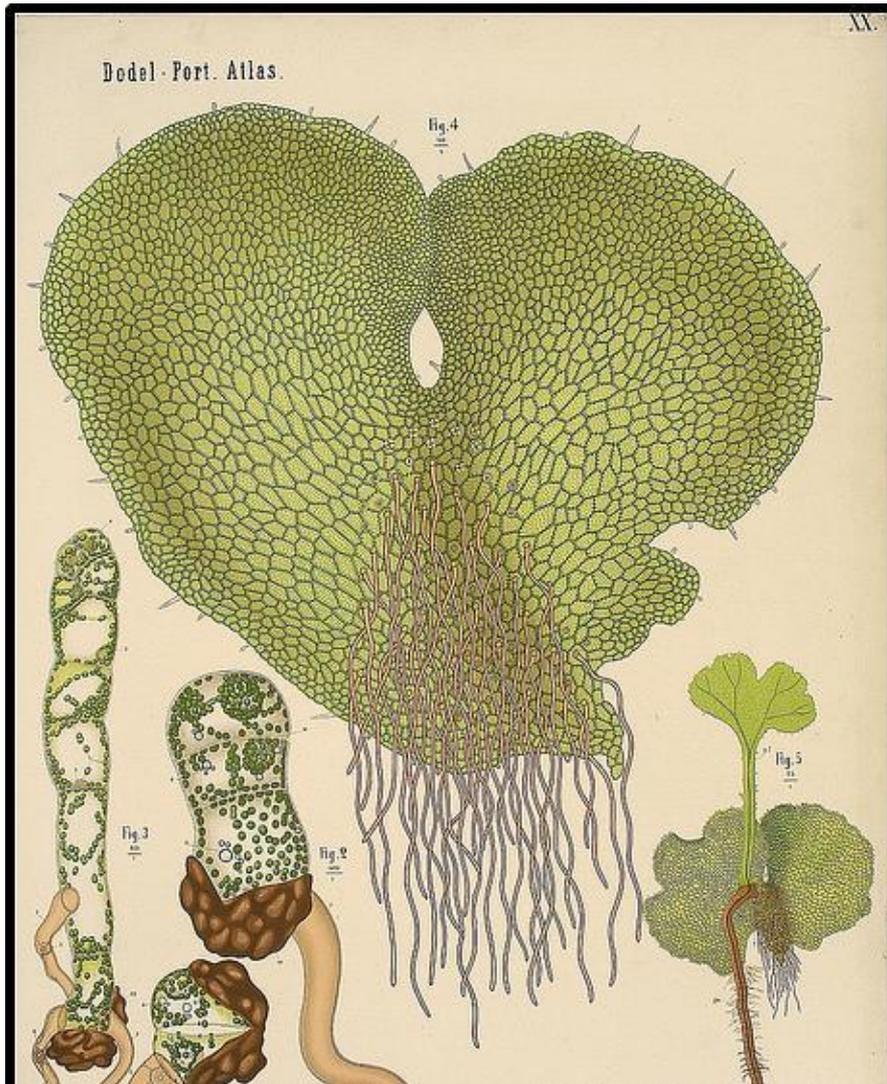
- Radici per ancorarsi al suolo e per l'assorbimento dell'acqua.
- Fusto con canali interni.
- Foglie (fronde) per la fotosintesi
- Cellule con pareti cellulari rinforzate dalla presenza di lignina, adatte per sostenere la pianta.



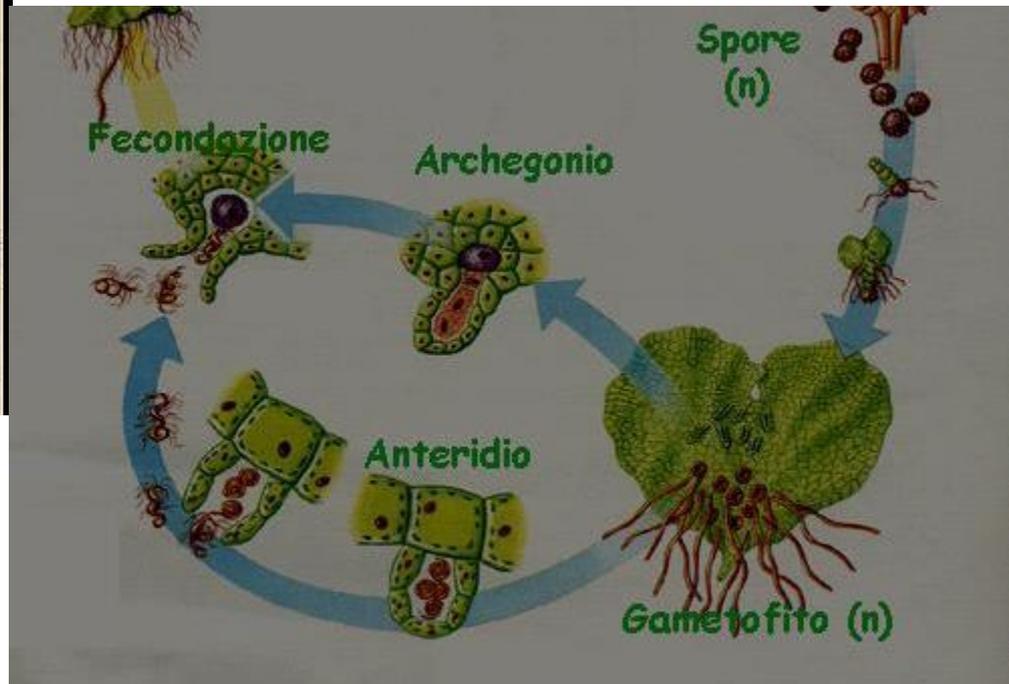
Solo per la riproduzione sessuale vi è una dipendenza dall'acqua.

- Hanno un ciclo vitale di tipo aplo-diplonte con prevalenza della fase diploide (sporofito)
- Lo sporofito è pienamente autonomo rispetto al gametofito
- Talora il ciclo vitale è eterosporeo

GAMETOFITO delle PTEROPHYTA



In molte felci, i gametofiti producono sia anteridi che archegoni, ma i gameti maschili e femminili maturano in tempi diversi.



Protallo

SPOROFITO delle PTERIDOFITE

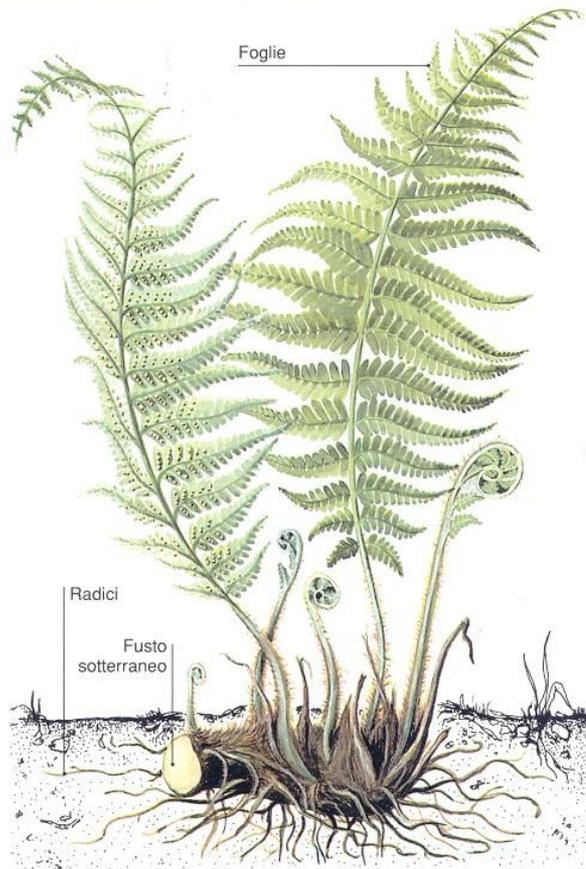
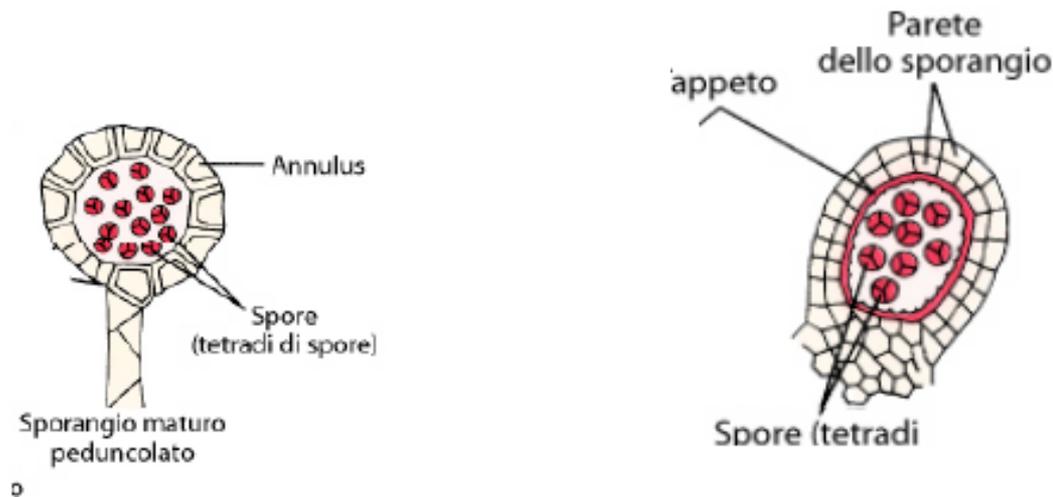


Figura 20.17
Fronda di felce in fase giovanile, arrotolata nella caratteristica forma a pastorale (foto di E. Giovi).

Gli sporangi sono portati da trofosporofilli o da sporofilli. Ogni sporangio è formato da una parete (a funzione di protezione) e da un tessuto nutritivo (tappeto).



Le spore sono rivestite da pareti contenenti sporopollenina e sono disperse nell'ambiente in grande quantità



(a)



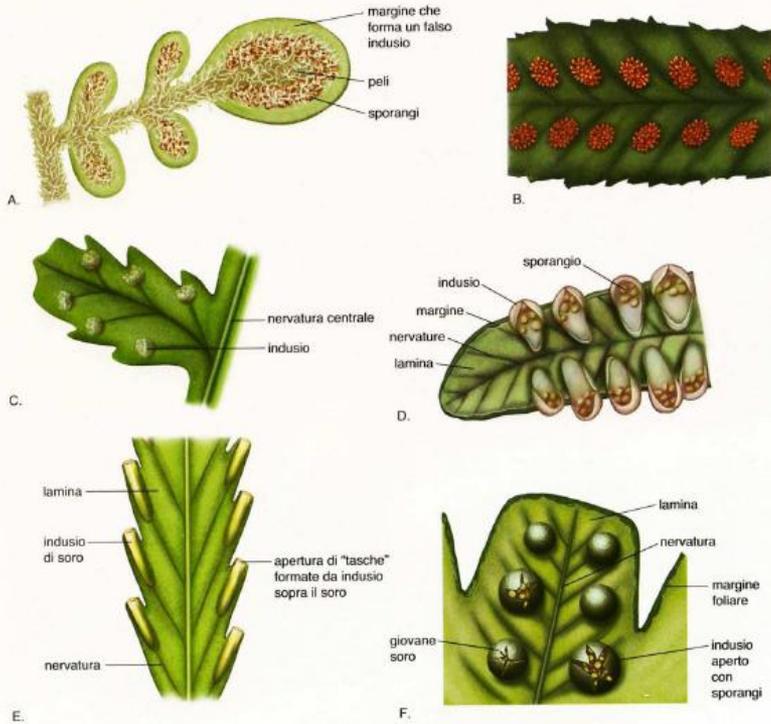
(b)



(c)



(d)

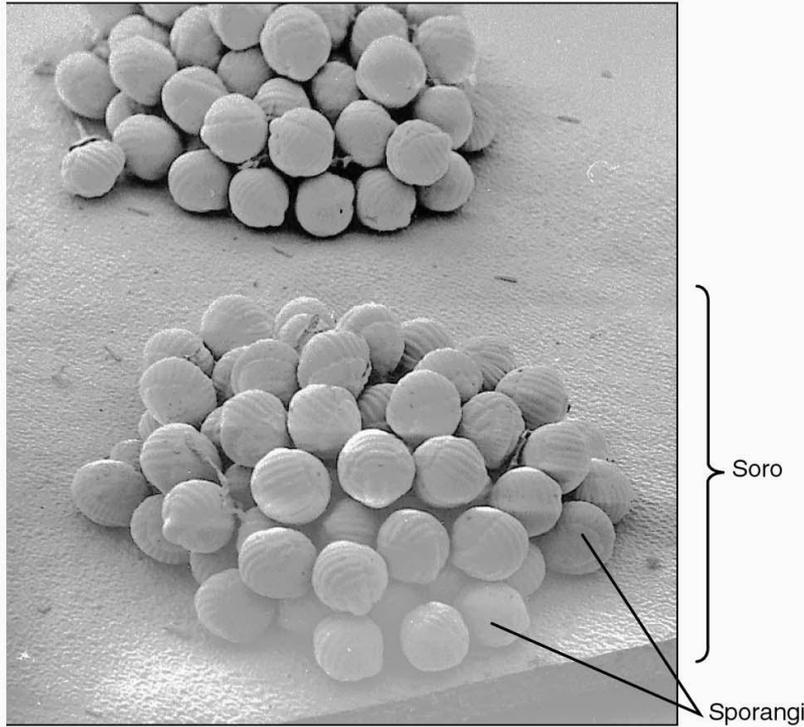


Pinne di fronde di felci con la disposizione di sporangia sulla superficie ventrale delle foglie.

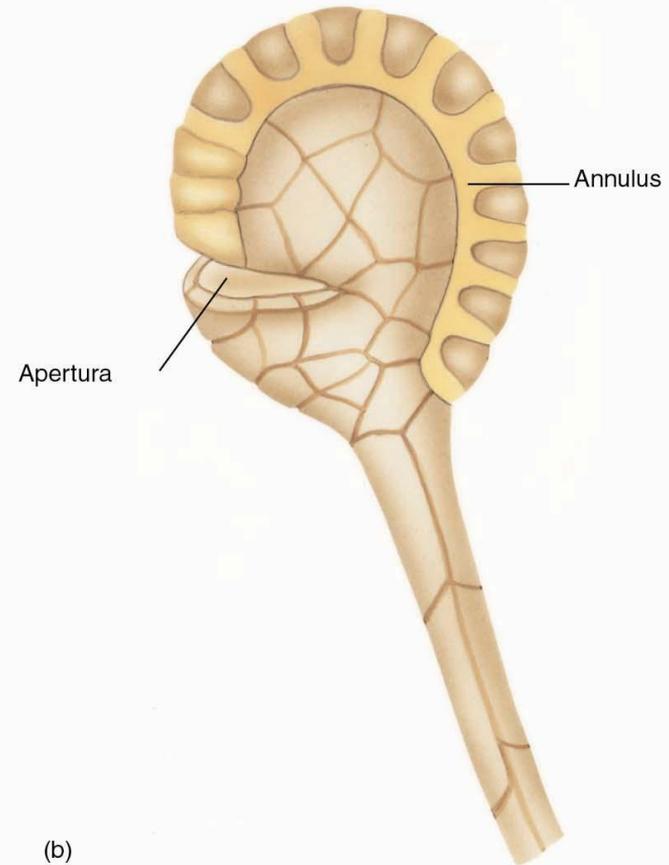


Esempi di fronde di felci (Pterophyta) con gruppi di sporangia (sori) di diversa morfologia

Un soro contiene molti sporangi



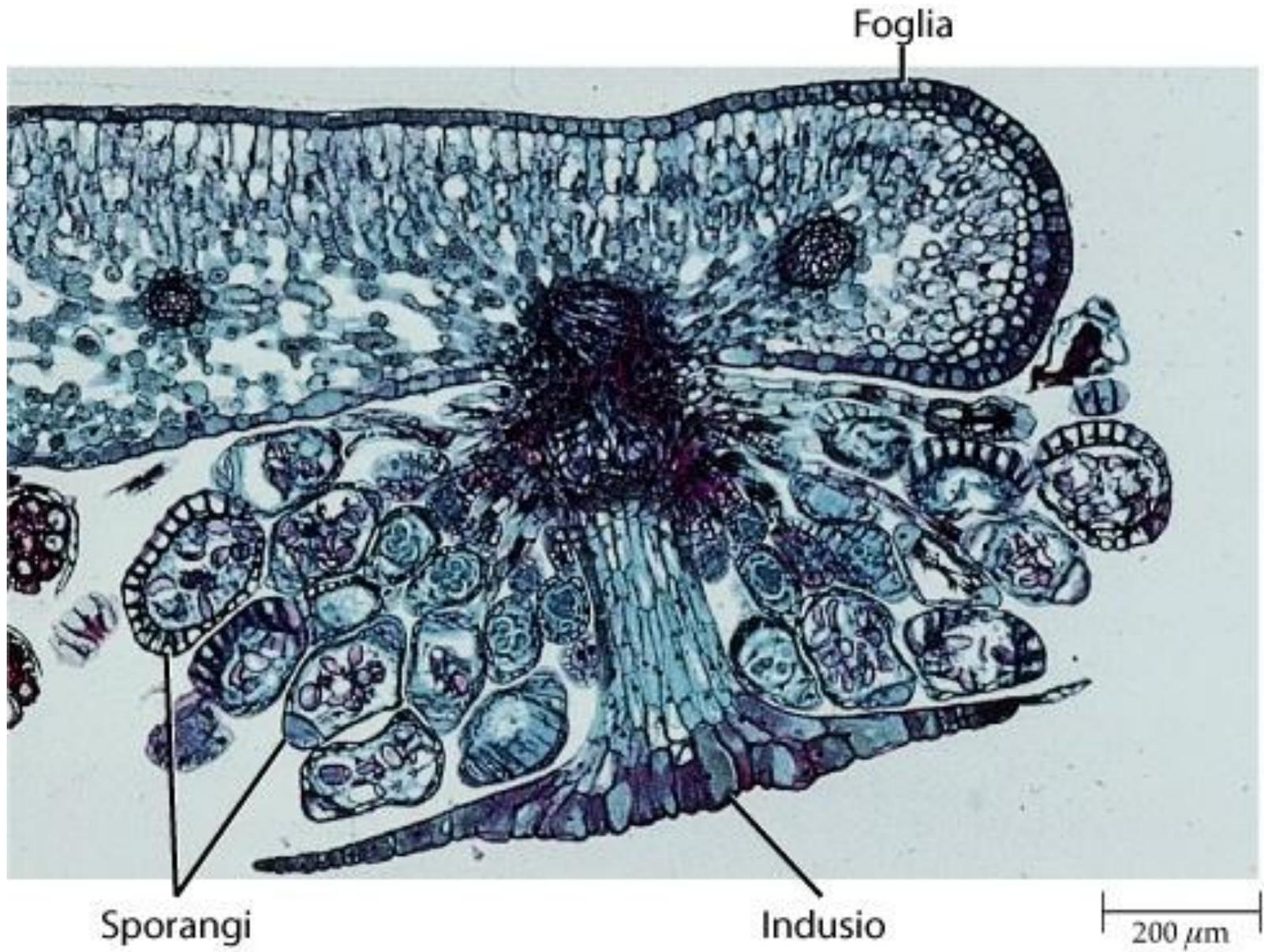
(a)



(b)

Gli sporangi, raggruppati in **SORI**, sono pedunculati e possiedono uno strato esterno di cellule sterili l'ANNULUS.

L'annulus è irregolarmente ispessito ed è essenziale per l'espulsione delle spore

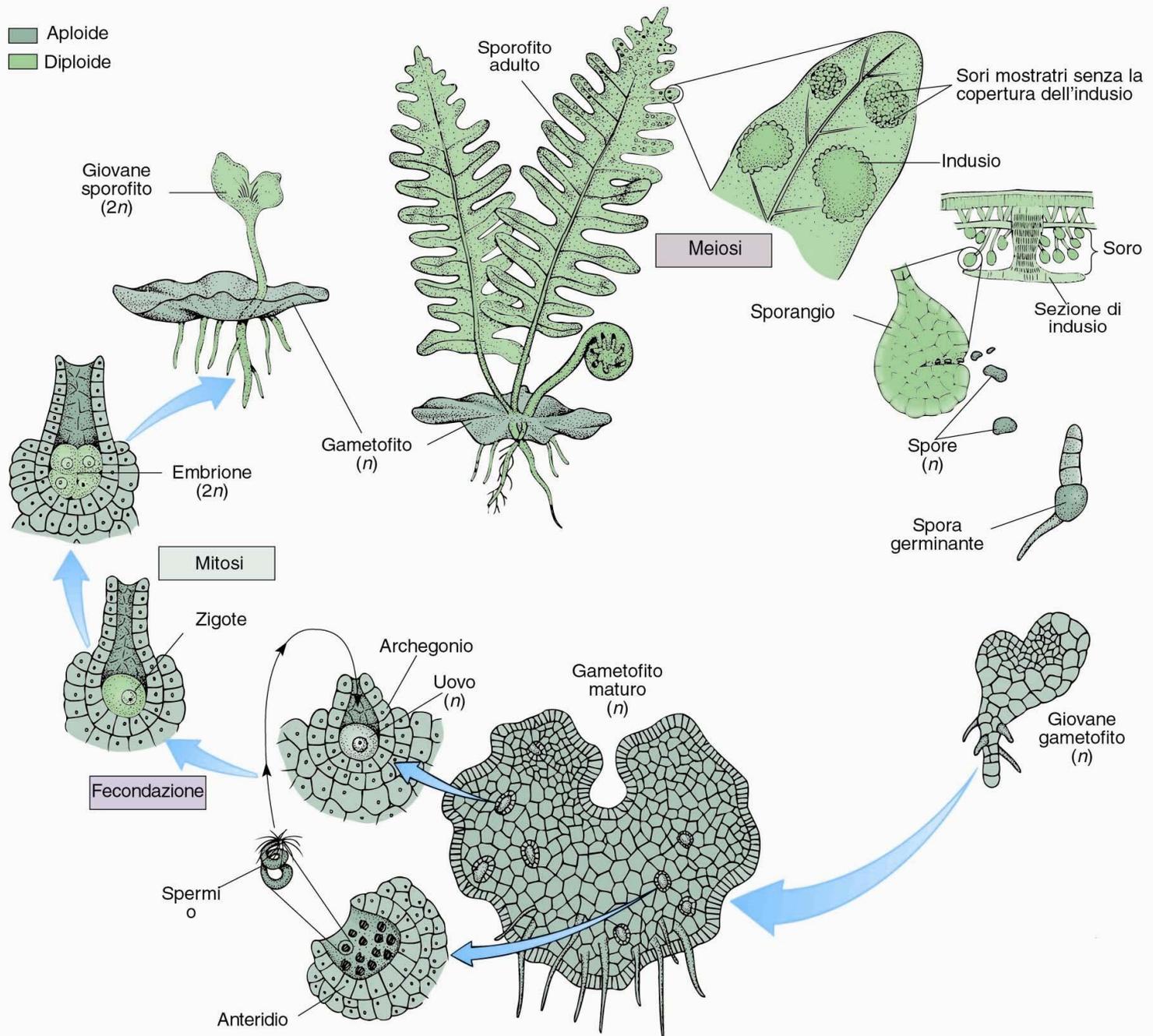


Sporangi

Indusio

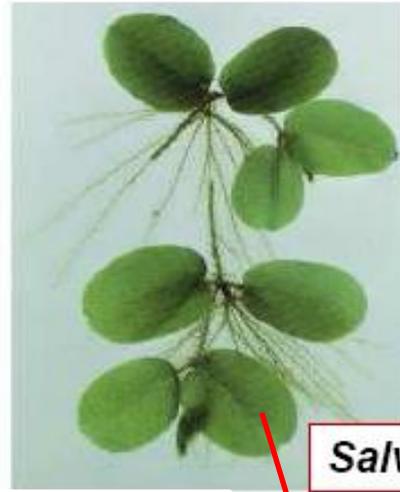
200 μm

■ Aploide
■ Diploide





Marsilea



Salvinia

Felci acquatiche eterospore



C

Azolla filiculoides ha foglie minuscole, appressate e bilobate, sorrette da esili fusti. Sul lobo fotosintetico di ciascuna foglia si trovano colonie di *Anabaena azollae* (un cianobatterio).





Risaia coperta dall'associazione simbiotica tra la felce azolla e il cianobatterio *Anabaena*