

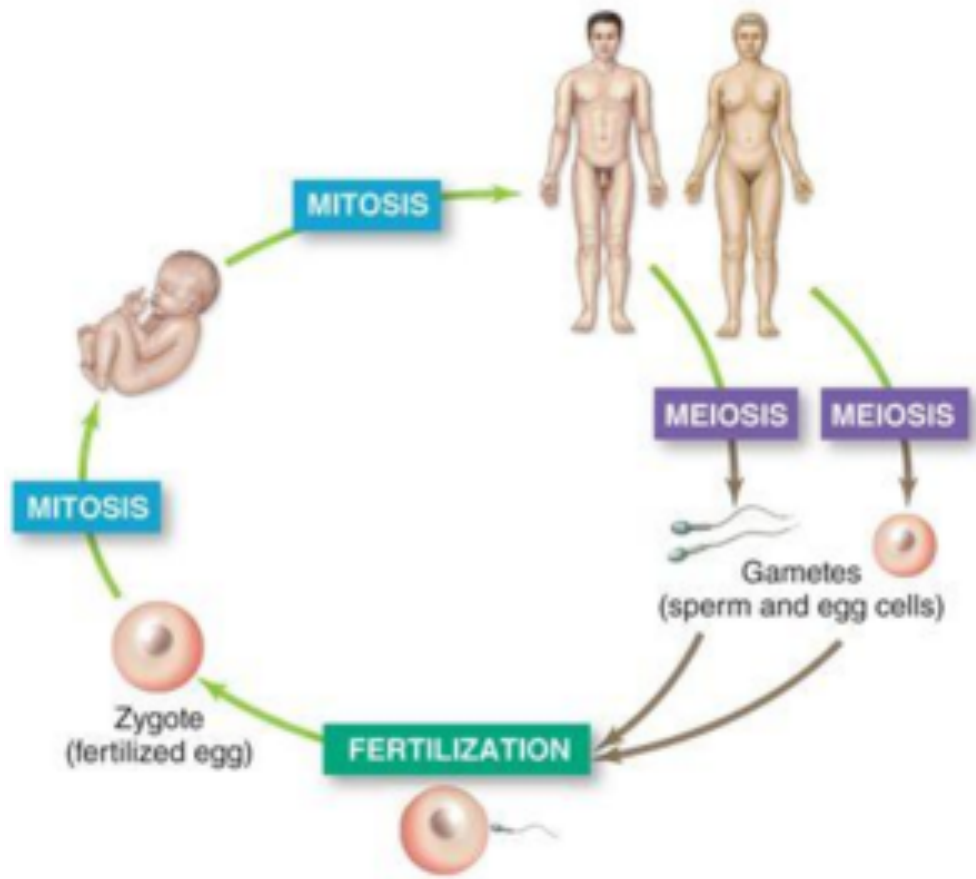
Evoluzione dei cicli metagenetici

La sistematica classifica gli organismi in base alle loro affinità evolutive.

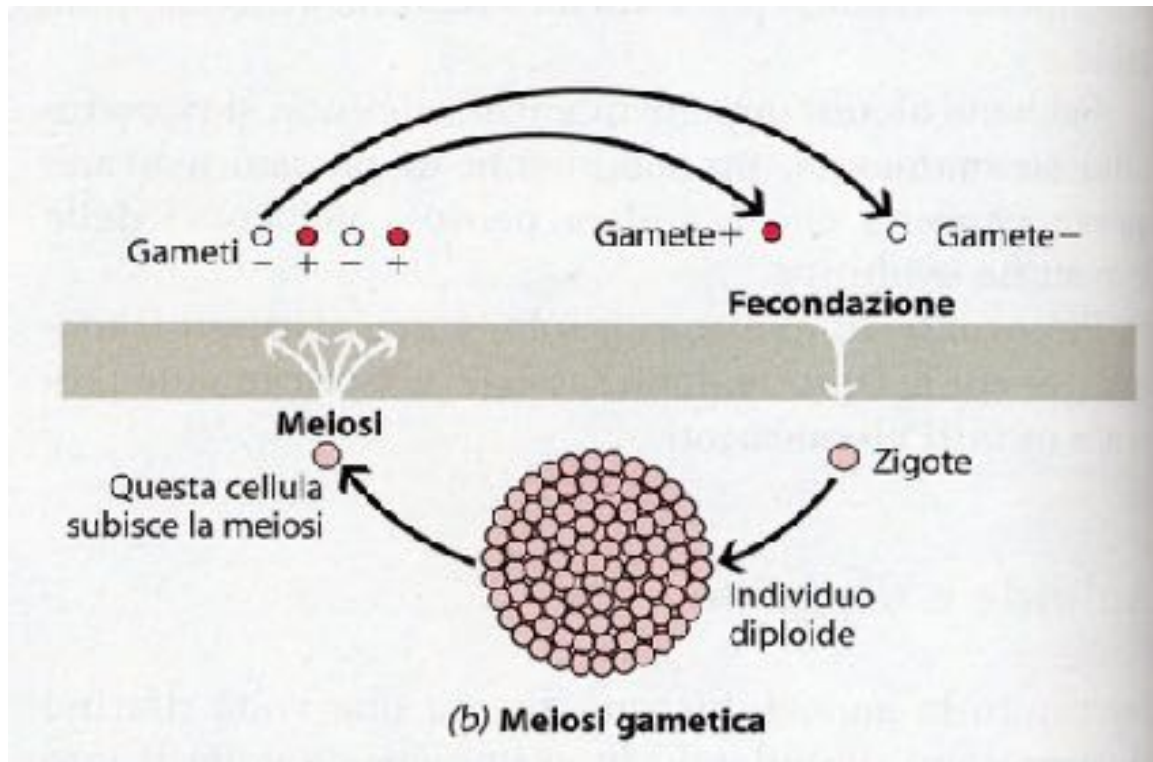
Quindi, la sistematica si basa sulla teoria unificante della biologia, ovvero la teoria dell'evoluzione.

L'evoluzione dei sistemi riproduttivi in particolare è particolarmente rilevante per comprendere tali affinità, e consente di ripercorrere l'evoluzione delle piante a partire dall'iniziale colonizzazione degli ambienti terrestri.



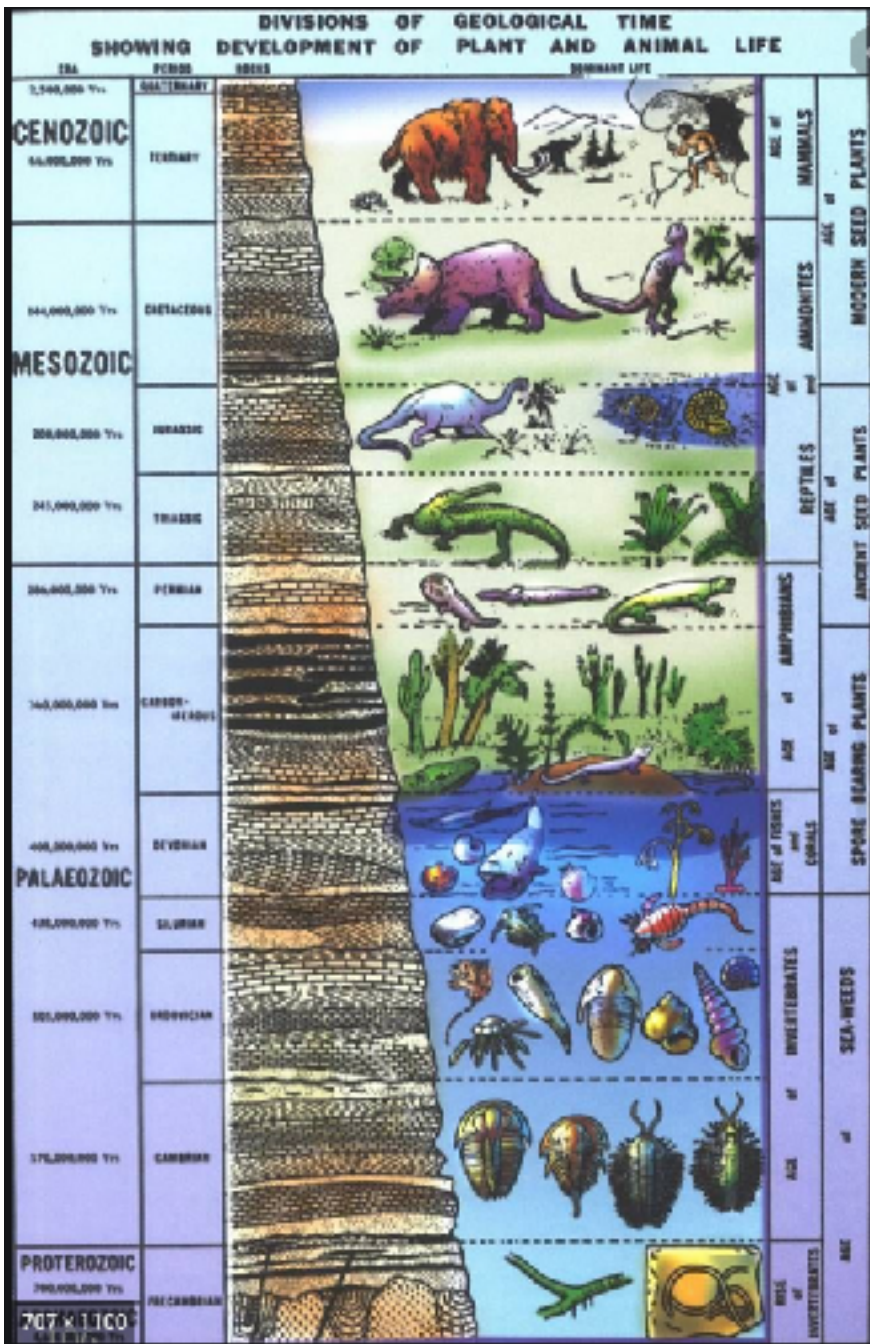


Organismi diplonti, con meiosi gametica



n,
aploidia

2 n,
diploidia



La vita si è evoluta nell'acqua per milioni di anni.

Solo più recentemente è stata colonizzata la terraferma.

Tuttavia l'evoluzione non è stato un processo continuo, ed è stato interrotto spesso da grandi estinzioni di massa.

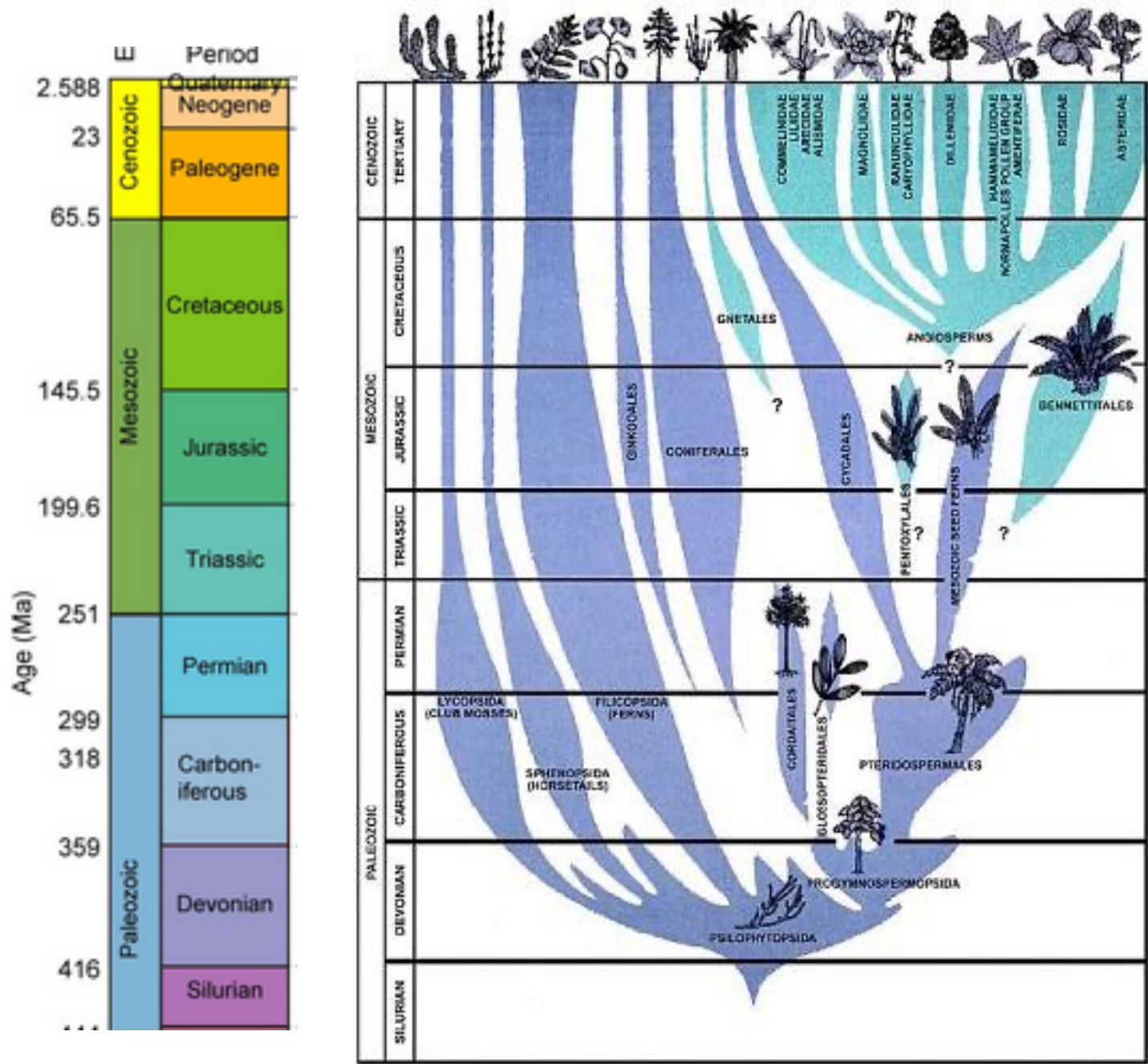
End Ordovician, 444 million years ago, 86% of species lost - Graptolite 2-3 cm length ¶

Late Devonian, 375 million years ago, 75% of species lost - Trilobite, 5 cm length ¶

End Permian, 251 million years ago, 96% of species lost - A cataclysmic eruption near Siberia blasted CO₂ into the atmosphere. Methanogenic bacteria responded by belching out methane, a potent greenhouse gas. Global temperatures surged while oceans acidified and stagnated, belching poisonous hydrogen sulfide. ¶

End Triassic, 200 million years ago, 80% of species lost - Of all the great extinctions, the one that ended the Triassic is the most enigmatic. No clear cause has been found. ¶

End Cretaceous, 66 million years ago, 76% of all species lost - volcanic activity and climate change already placed the ammonites under stress. The asteroid impact that ended the dinosaurs' reign provided the final blow. ¶

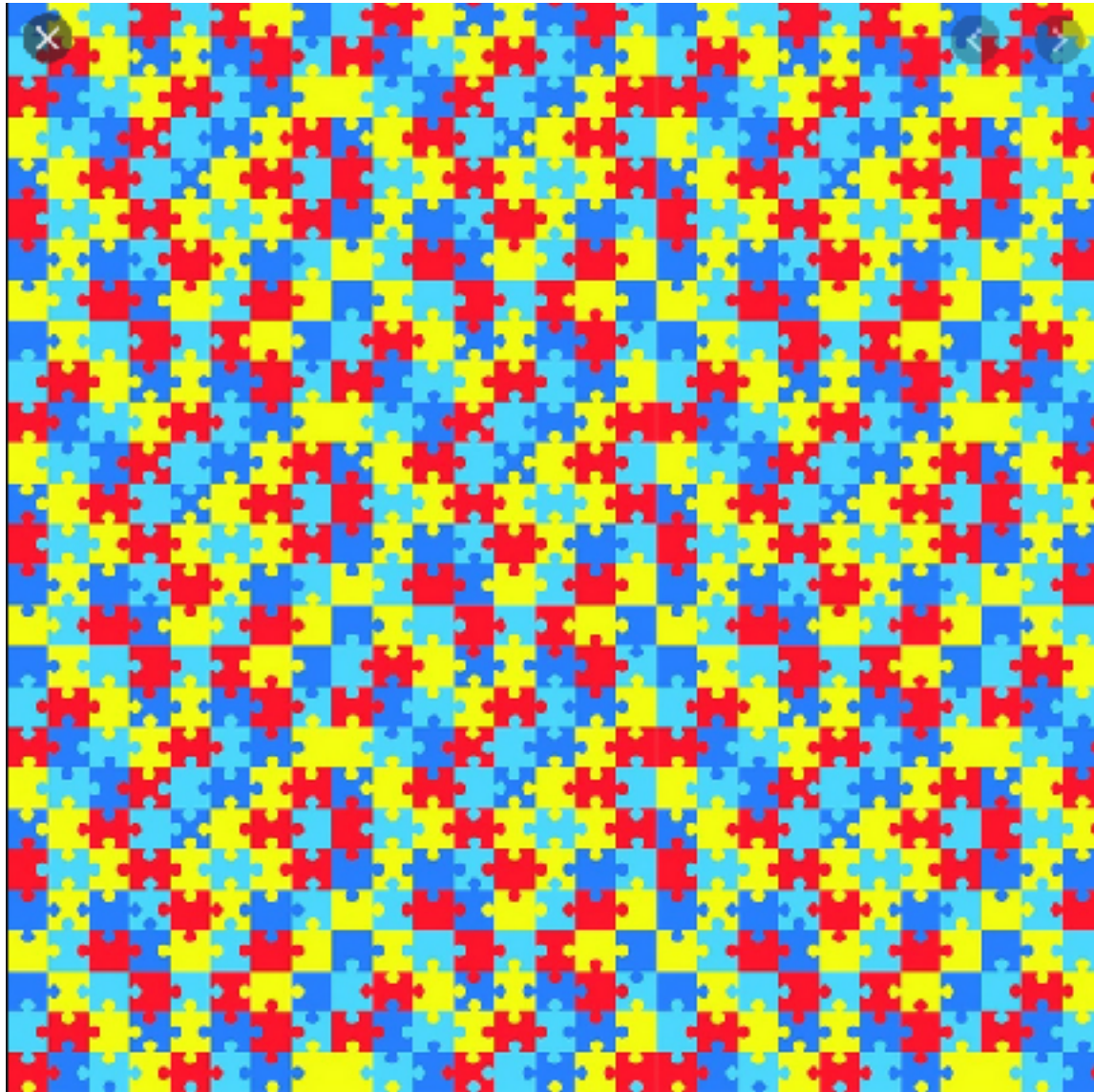


Questi eventi hanno portato diversi gruppi di piante a dominare le terre emerse in periodi diversi.

In particolare:

- Il **Paleozoico** vide il dominio delle Pteridofite
- Nel **Mesozoico** dominarono le Gimnosperme
- Nel periodo attuale, **Cenozoico**, dominano le Angiosperme

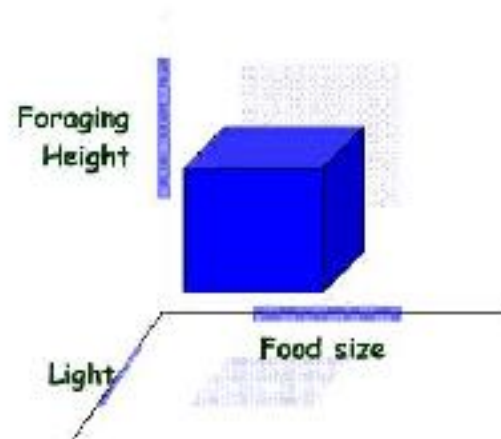
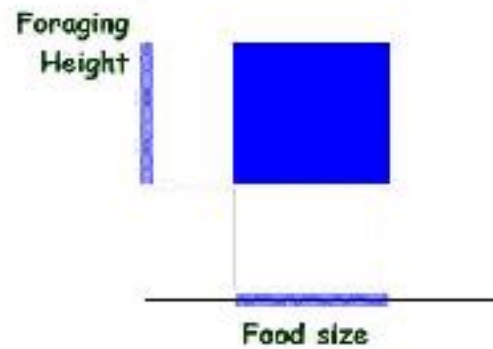
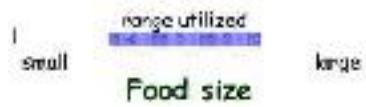
Per capire l'evoluzione, e come essa proceda a “salti”, dobbiamo cominciare a analizzare la cosa anche dal punto di vista ecologico.



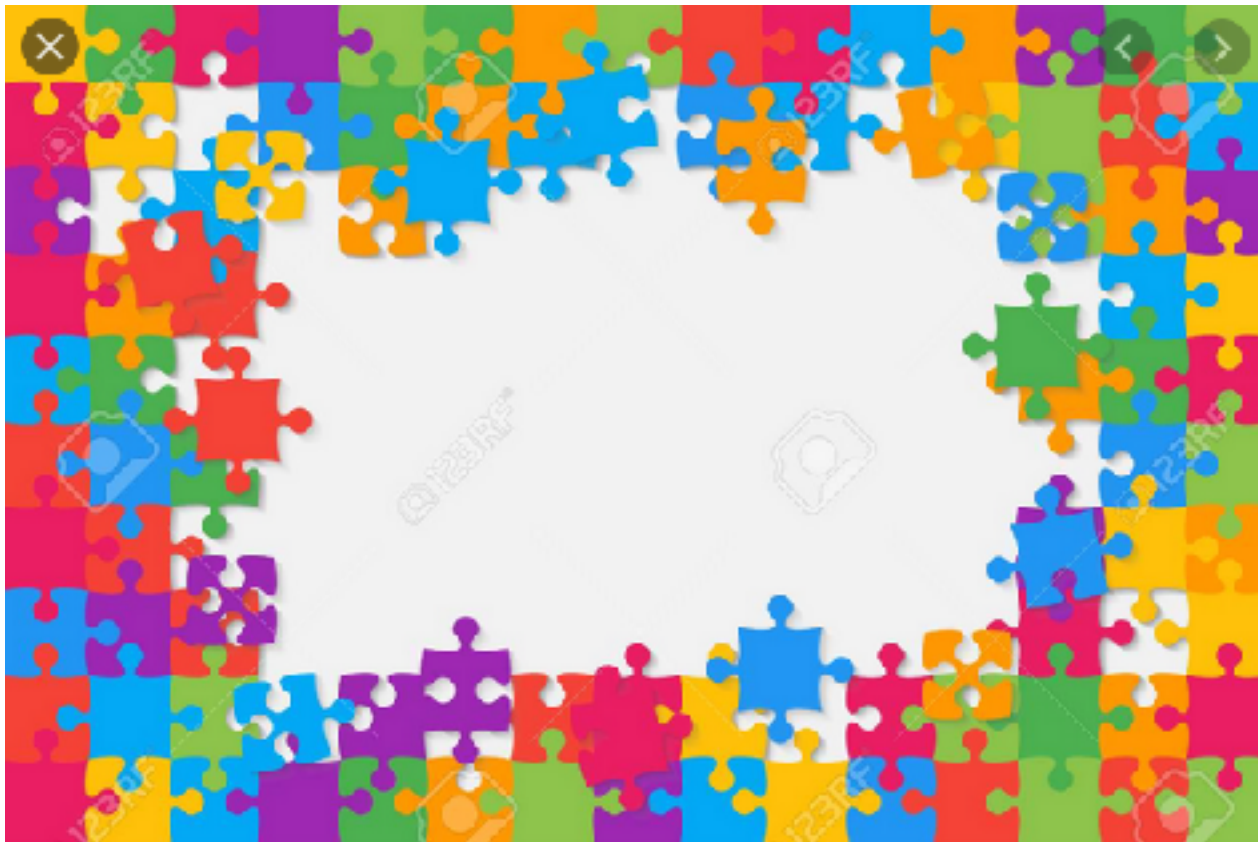
Se immaginiamo lo spazio ecologico (n-dimensionale) come un puzzle, ogni tessera rappresenta una nicchia ecologica.

An **ecological niche** is the role and position a species has in its environment; how it meets its needs for food and shelter, how it survives, and how it reproduces. A species' **niche** includes all of its interactions with the biotic and abiotic factors of its environment.

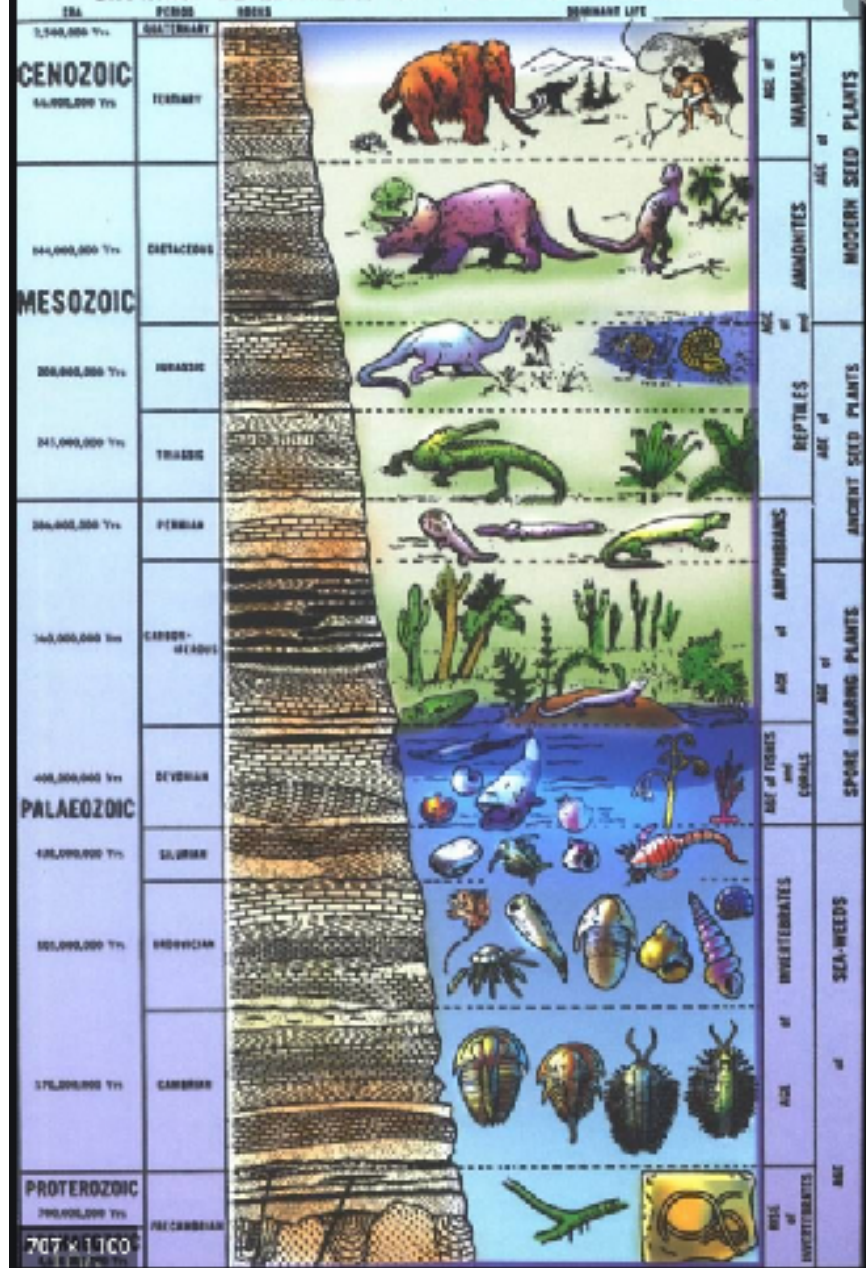


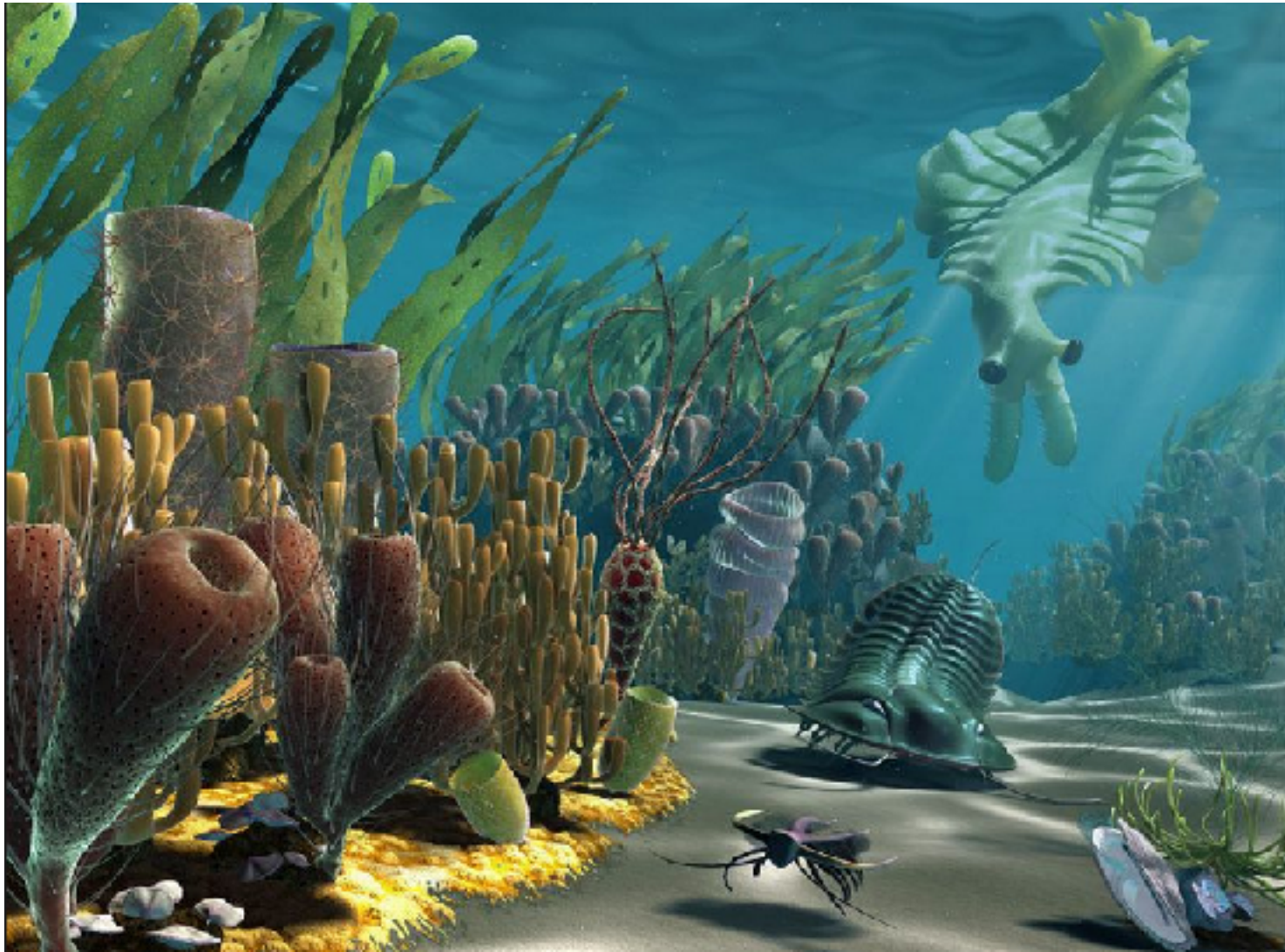


Quando avviene una estinzione, molte nicchie si liberano, e portano alla formazione di nuove specie che vanno a occupare lo spazio ecologico libero. Questo avviene solitamente in modo relativamente rapido, in particolare nelle piante, che hanno meccanismi, come la poliploidia, che consentono una speciazione molto rapida.



**DIVISIONS OF GEOLOGICAL TIME
SHOWING DEVELOPMENT OF PLANT AND ANIMAL LIFE**



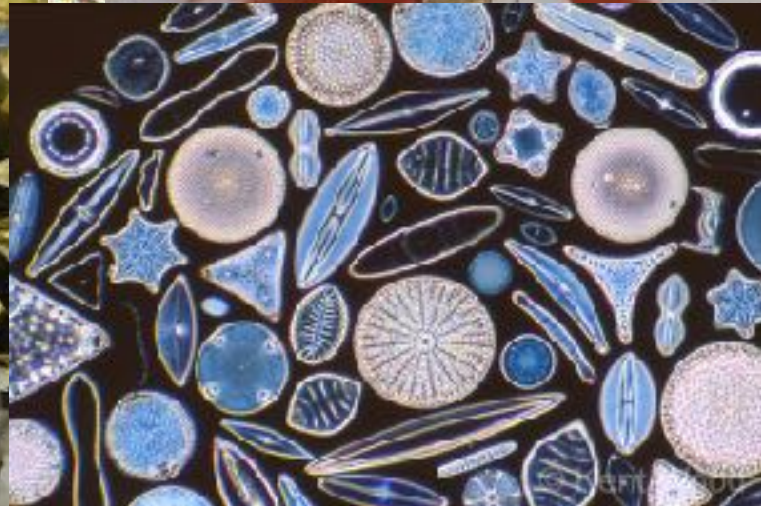


Ipotetico esempio di ambiente marino nel Devoniano

Le terre emerse fino al Carbonifero, erano praticamente sterili.



Le alghe, evolute in varie forme, con sistemi fotosintetici e pigmenti diversi, non erano adatte a colonizzare le terre emerse, vista la loro dipendenza dall'ambiente acquatico. Tuttavia, il primo organismo a essere "uscito dall'acqua" fu un'alga verde.





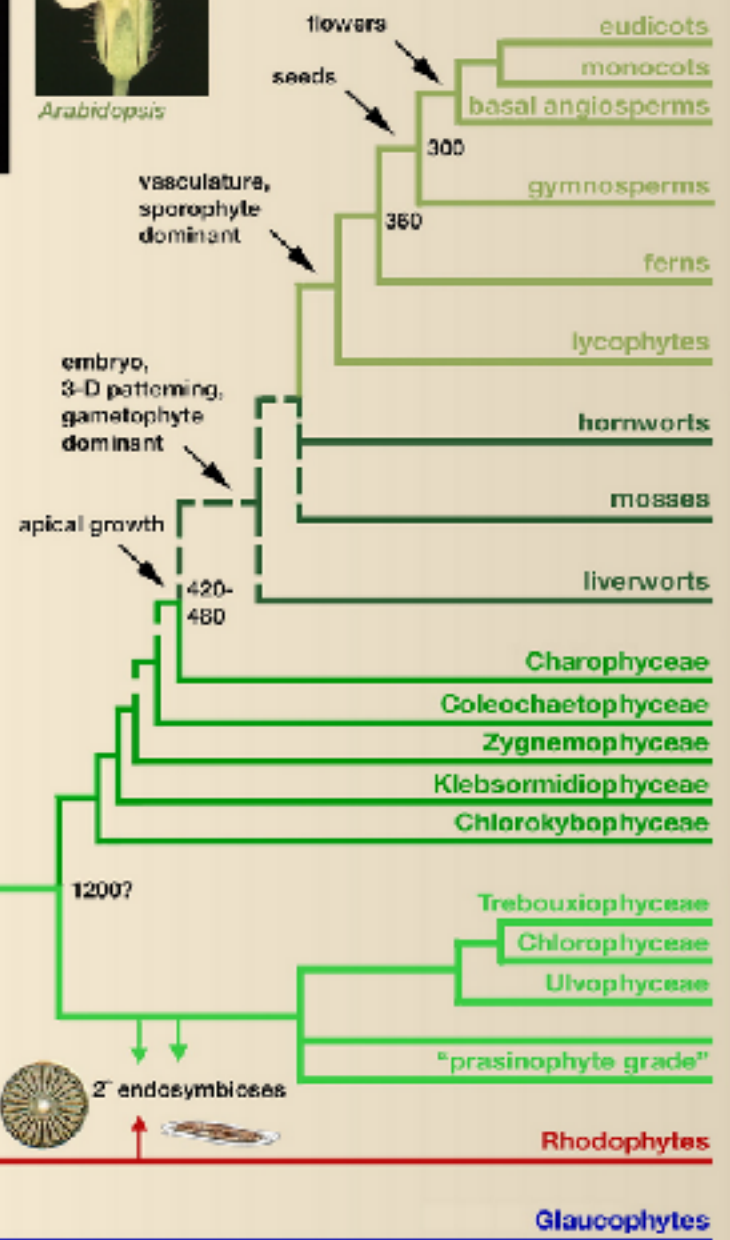
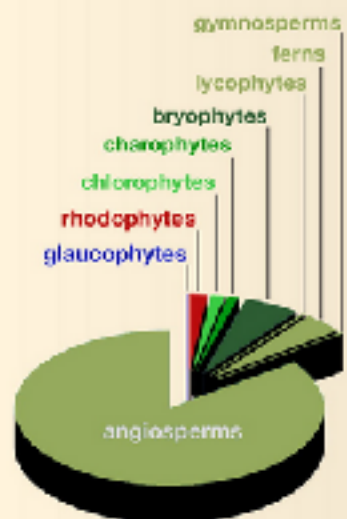
Populus

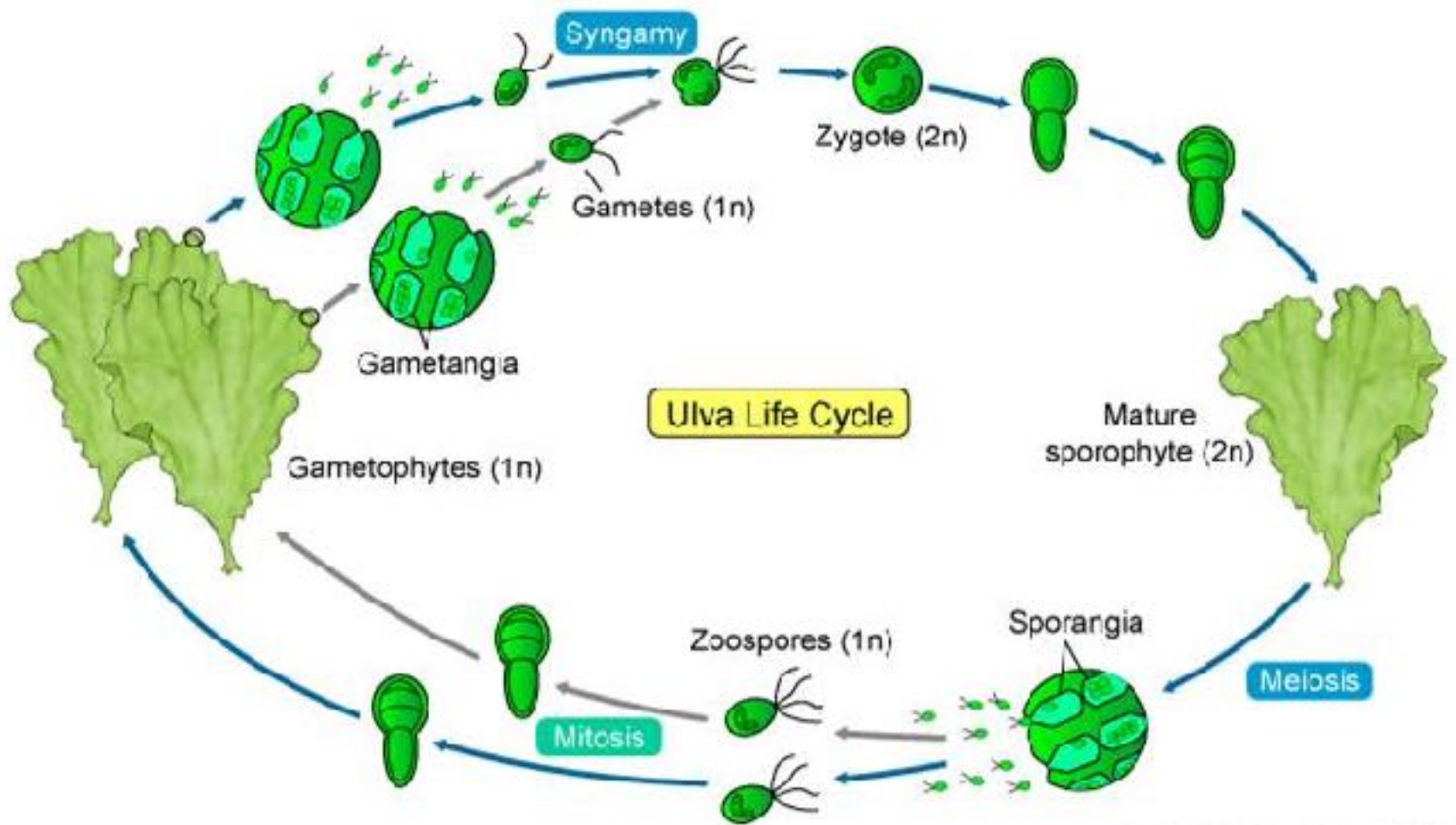


Oryza

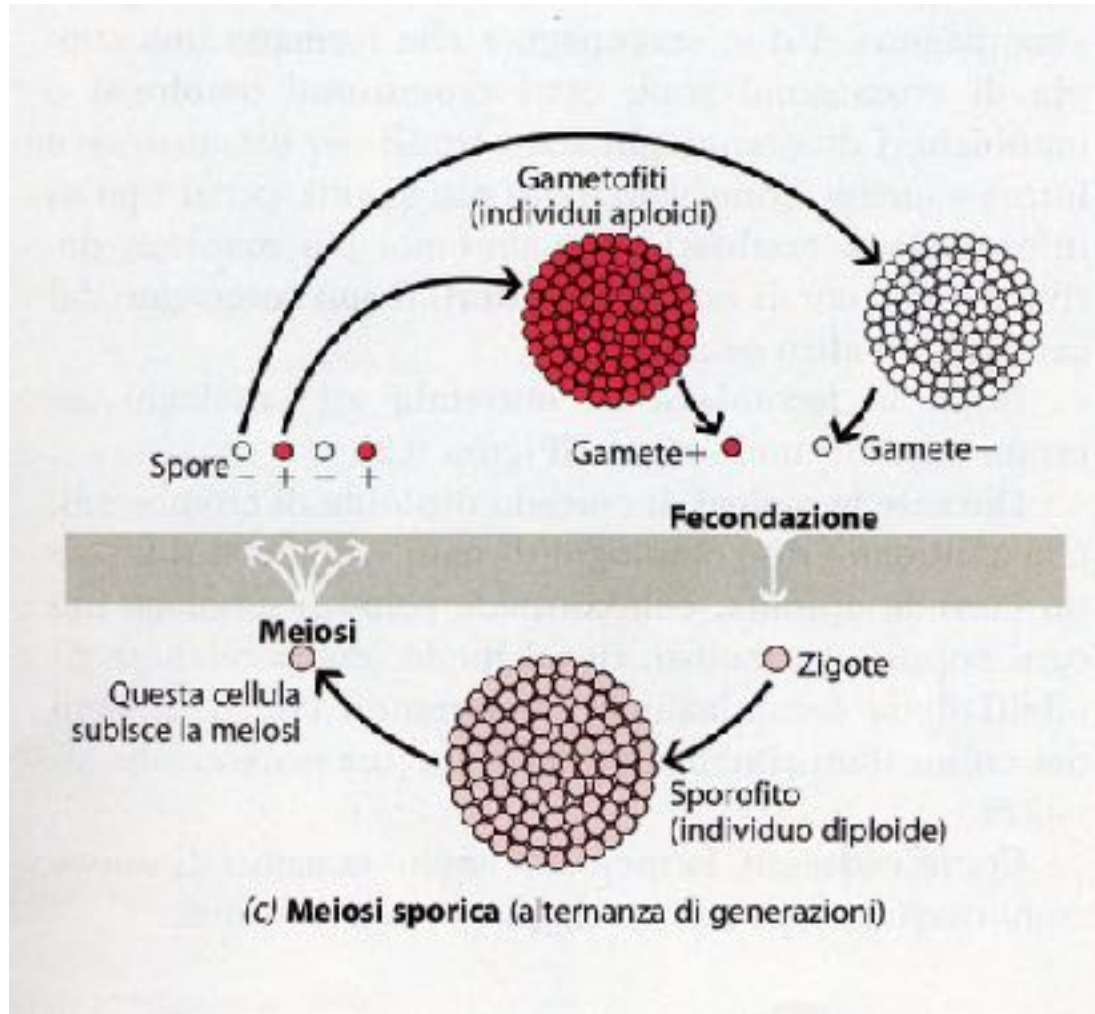


Arabidopsis





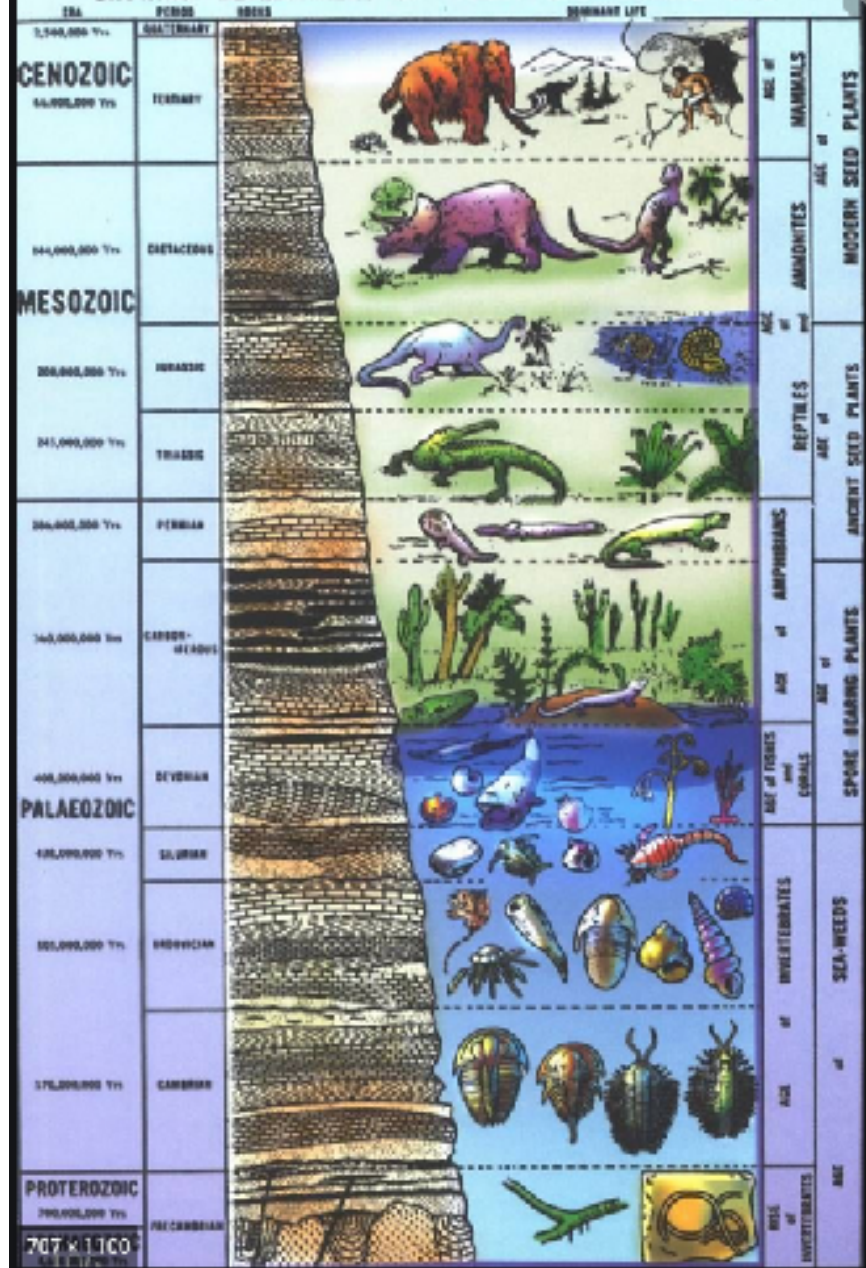
Organismi aplodiplonti, con meiosi sporica



n ,
aploidia

$2n$,
diploidia

**DIVISIONS OF GEOLOGICAL TIME
SHOWING DEVELOPMENT OF PLANT AND ANIMAL LIFE**



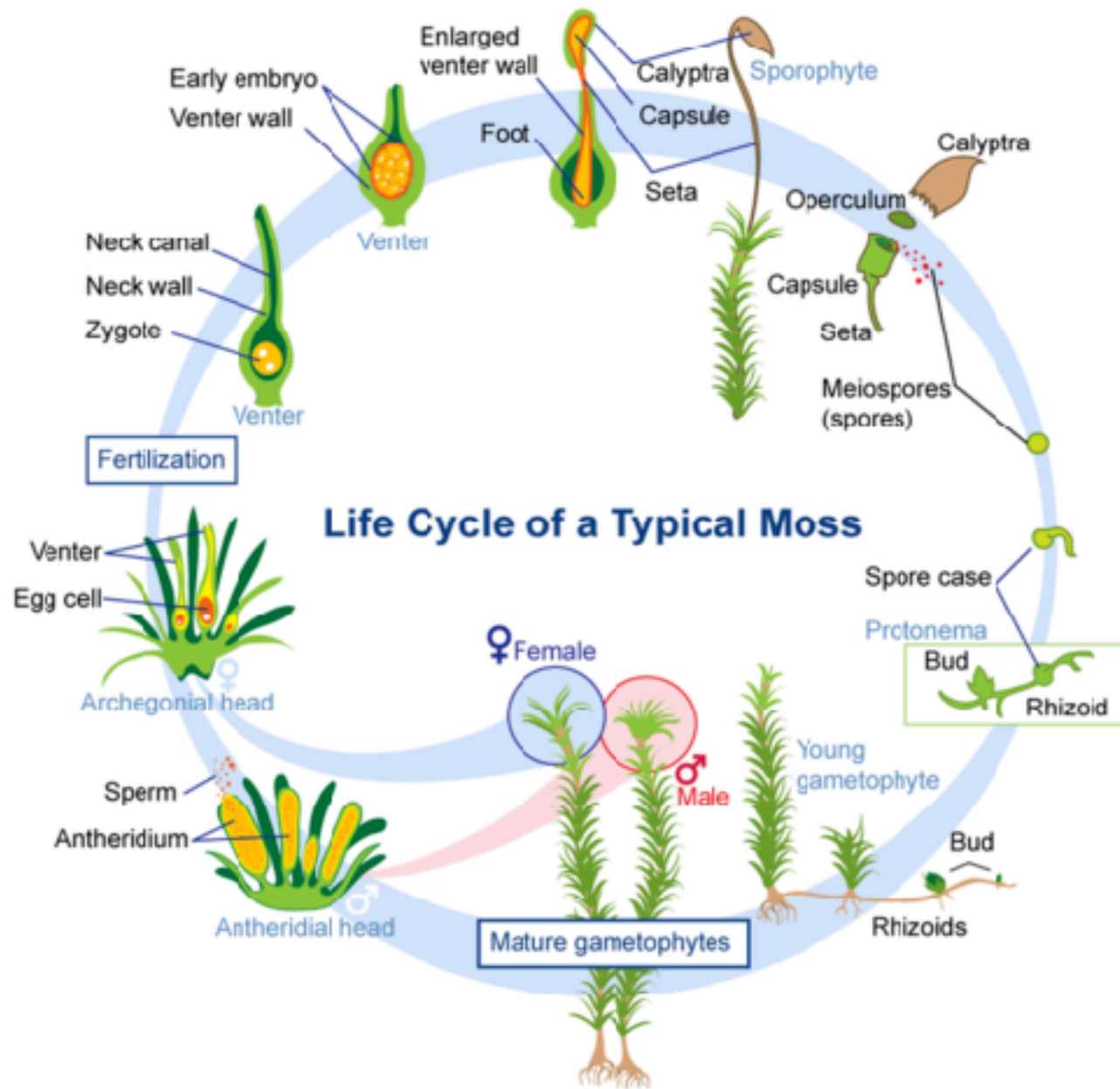
Per uscire dall'acqua, le alghe dovevano prevenire il disseccamento, e produrre dei sistemi di sostegno.

All'inizio erano piantine di piccole dimensioni, adatte solo a ambienti formante umidi, con molta acqua liquida.



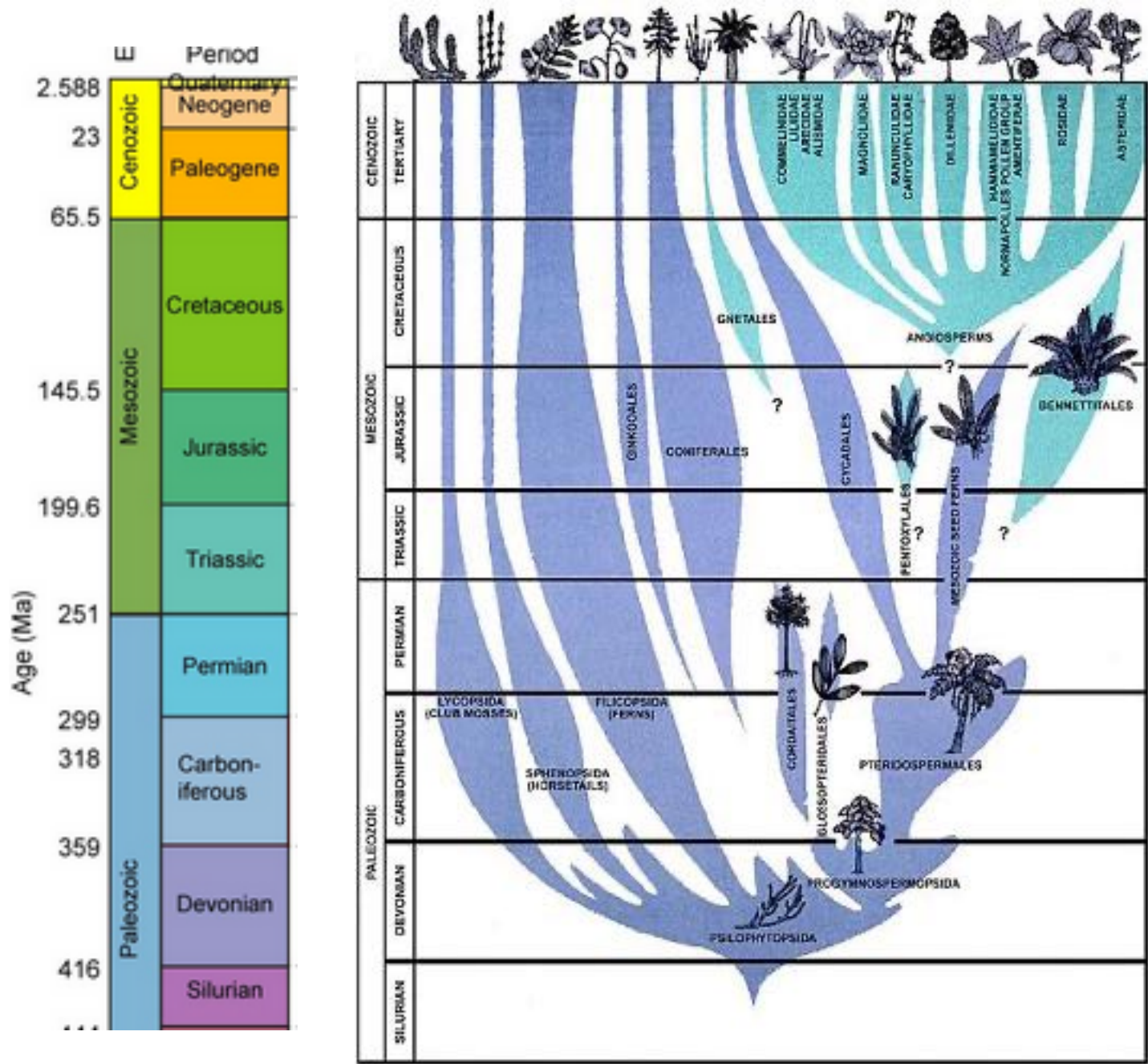
I primi organismi a uscire dall'acqua furono probabilmente organismi simili ai muschi moderni, con dominanza del gametofito. I loro sistemi riproduttivi sono ancora fortemente dipendenti dall'acqua. Ma lo sporofito non ha vita libera e indipendente, e vive da parassita sul gametofito.

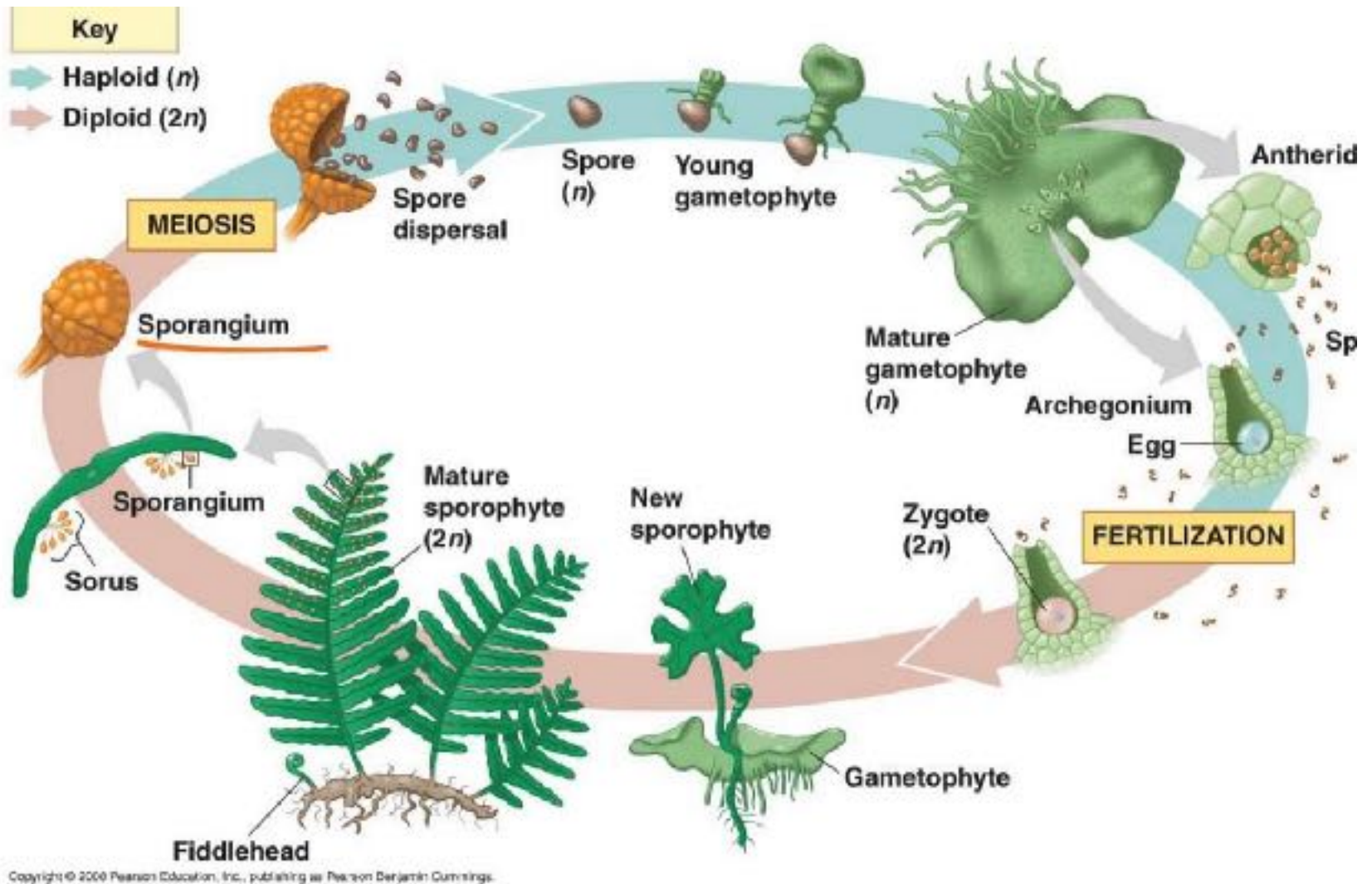
Tutte le altre piante terrestri, al contrario, hanno dominanza sporofitica.



Dal Devoniano al Permiano la terra è dominata dalle “pteridofite”. Queste a differenza dei muschi hanno evoluto sistemi vascolari, e quindi scatenato la lotta per la luce, con la crescita in altezza. Questo ha formato le grandi biomasse che oggi danno all’uomo i combustibili fossili. Anche queste piante però erano vincolate a luoghi umidi, a causa della loro strategia riproduttiva.





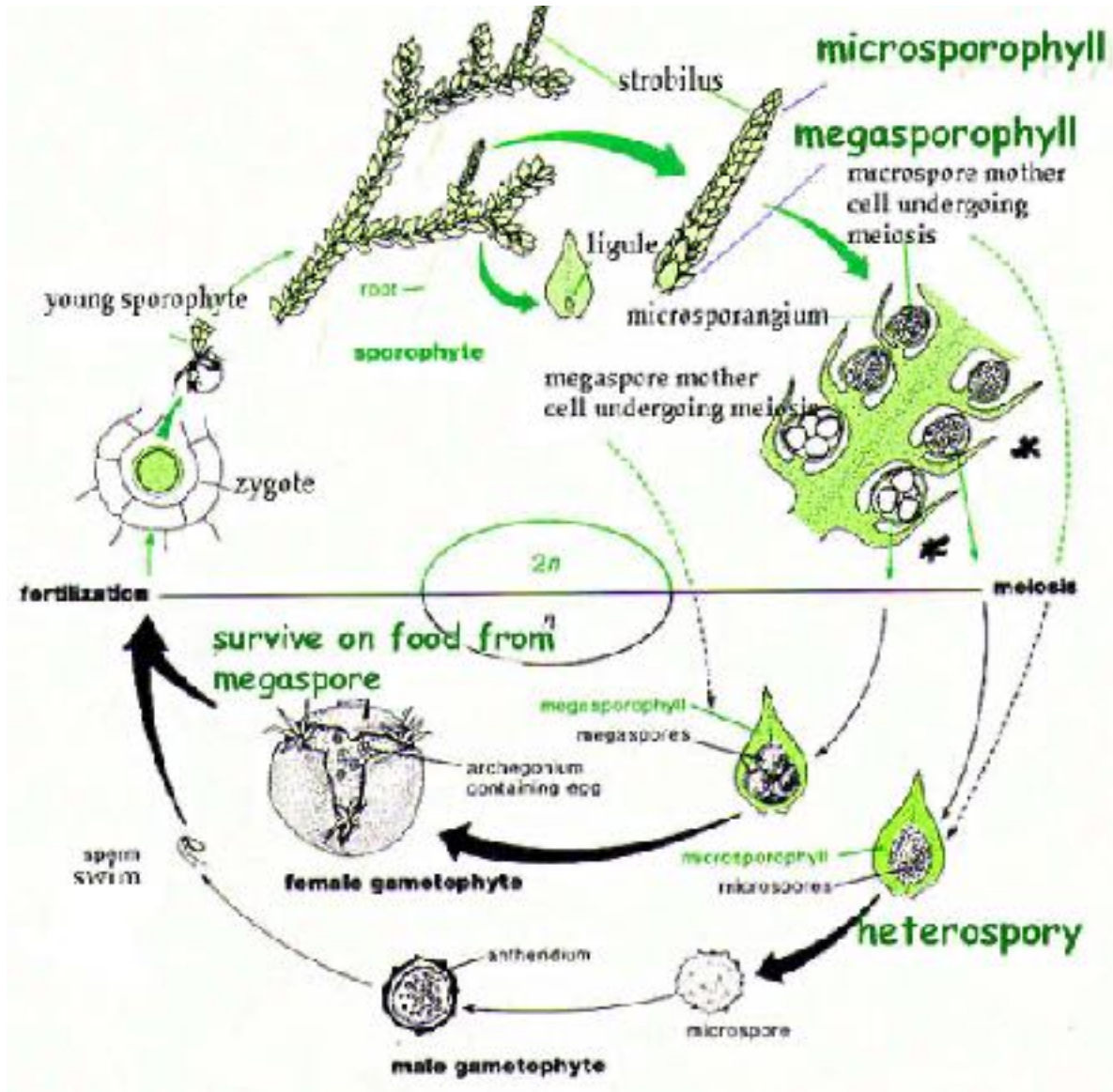


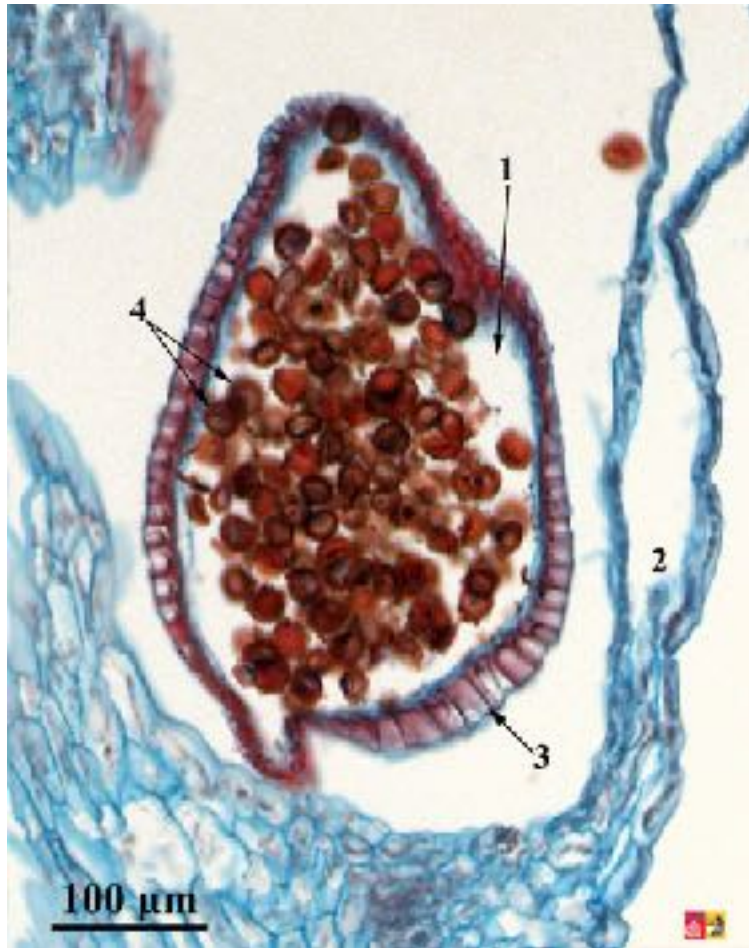
Si noti che gli sperm, liberati dall'anteridio, hanno bisogno di acqua liquida per raggiungere il collo dell'archegonio.

Nelle selaginella, però, le cose cambiano molto. Qui vi è eterosporia. Inoltre, in molte specie il gametofito endosporico cresce (poco) sullo sporofito, e solo lo zigote viene liberato.



Selaginella selaginoides





Micro- e macrosporangio, contenenti micro- e macrospore

BRIOFITE

Dominanza del
GAMETOFITO

Dipendenza TROFICA
completa dello
sporofito dal gametofito

Un solo tipo di spore
e di gametofito

Ogni gametofito
produce tanti anteridi
e archegoni

Acqua liquida: sì

PTERIDOFITE ISOSPOREE

Dominanza dello
SPOROFITO

Dipendenza TROFICA
iniziale dello sporofito dal
gametofito

Un solo tipo di spore e di
gametofito (“protallo”)

Ogni gametofito
 (“protallo”) produce tanti
anteridi e archegoni

Acqua liquida: sì

PTERIDOFITE ETEROSPOREE

Dominanza dello
SPOROFITO

Dipendenza TROFICA
iniziale dello sporofito dal
gametofito

Due tipi di spore e di
gametofito (“micro- e
megasp.”)

Il MICROgametofito è un
unico anteridio; il
MEGAgametofito produce
più archegoni

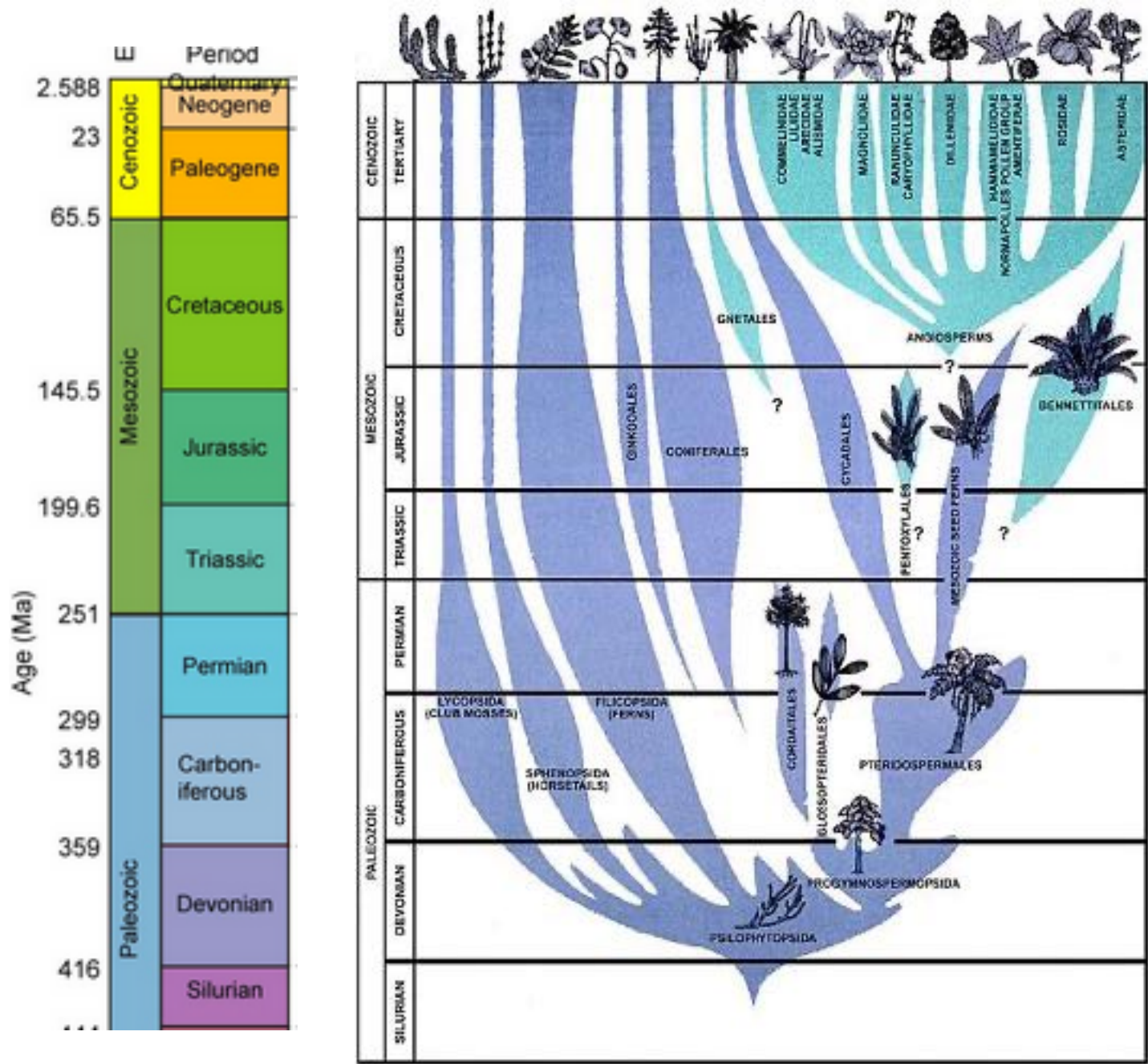
Le riserve del
MEGAgametofito
derivano in parte dalla
sporofito materno

Acqua liquida: sì

Avviene quindi la grande estinzione del Triassico, che lascia campo libero all'evoluzione delle gimnosperme, che sono le prime a svincolarsi dall'acqua liquida, con i gameti maschili privi di flagelli.



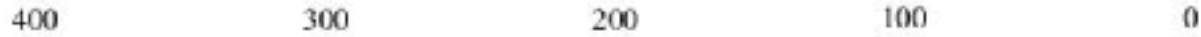
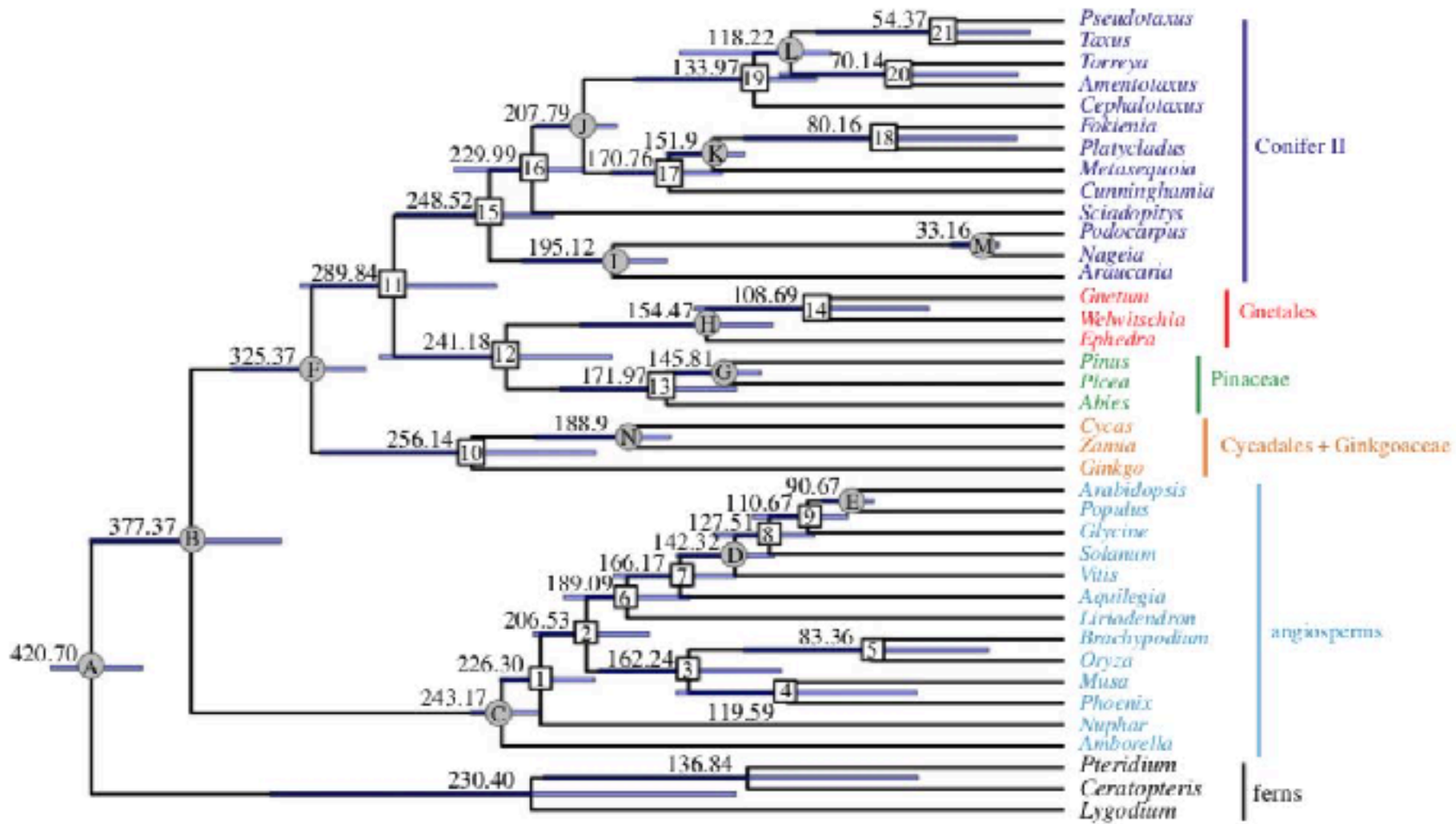
End Permian, 251 million years ago, 96% of species lost - A cataclysmic eruption near Siberia blasted CO₂ into the atmosphere. Methanogenic bacteria responded by belching out methane, a potent greenhouse gas. Global temperatures surged while oceans acidified and stagnated, belching poisonous hydrogen sulfide.⁹⁴

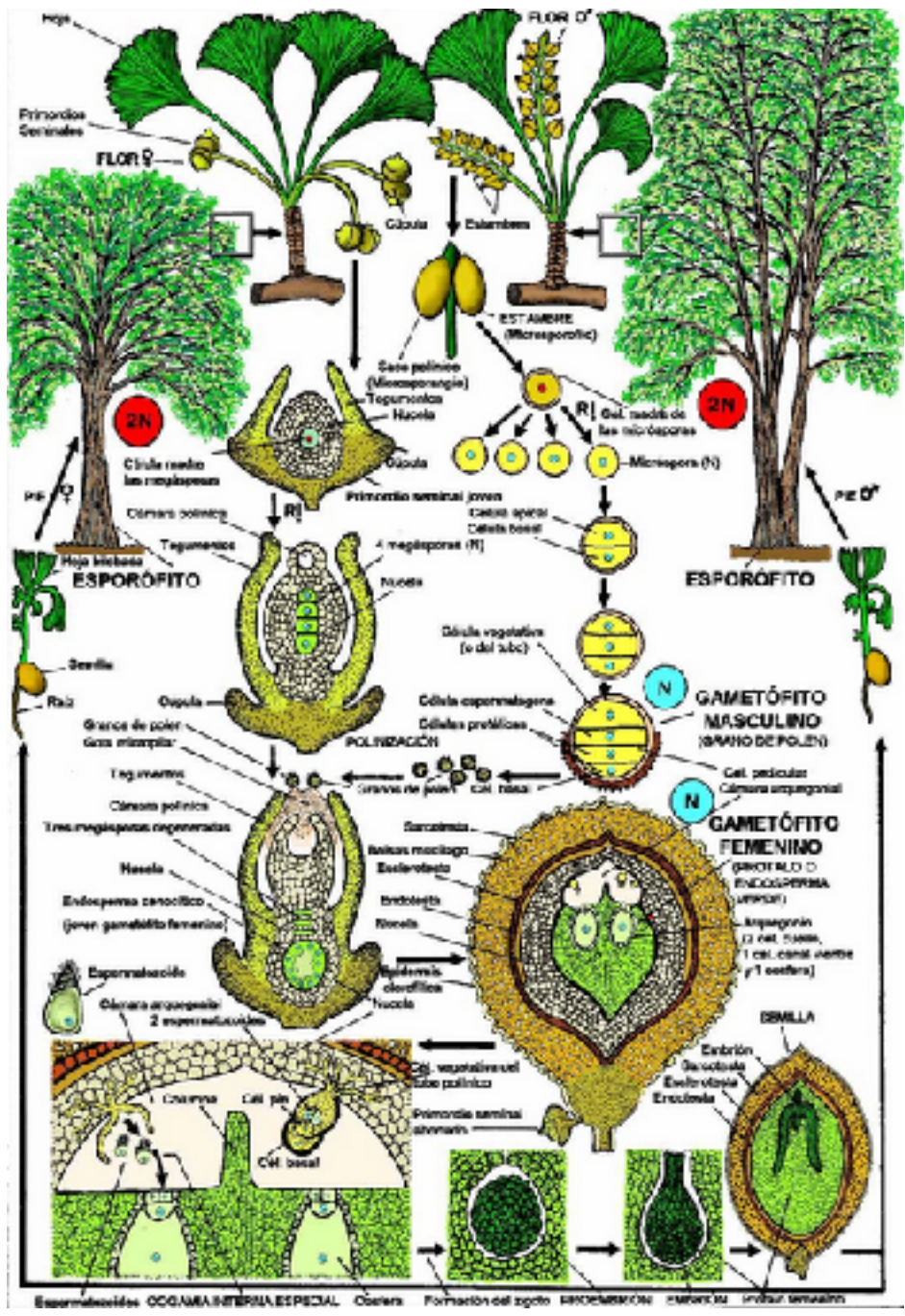


Tra le gimnosperme più primitive vi sono le specie del genere *Cycas* (unico genere della famiglia Cycadaceae), che assomigliano a delle palme, e il *Ginkgo biloba* L., unica specie sopravvissuta del genere e della famiglia Ginkgoaceae.

Fermo restando che tutte le gimnosperme, come vedremo, riducono di molto la fase aploide, questo clade differisce in un particolare molto importante da quello delle altre gimnosperme, ovvero la funzione del tubetto pollinico. Inoltre, sono le uniche ad avere ancora i gameti mobili (ciliati). Di fatto, sono le uniche tra gimno- e angiosperme a essere ancora, limitatamente, vincolate al mezzo liquido per la fecondazione.

Tutte le altre linee evolutive portano a uno svincolamento completo dall'acqua per la fecondazione.





Espermatocitos. OOCARIA INTERNA ESPECIAL. Oocario. Formación del zigoto. FERTILIZACIÓN. ESPERMATOCITO. OOCARIO. OOCARIO. OOCARIO.

Le gimnosperme (e le angiosperme) non disseminano più le spore (microspore) come le felci o le selaginelle, ma l'intero gametofito maschile (il granulo pollinico), ridotto a poche cellule (2-3 nelle angiosperme)

Questo produrrà i gameti maschili solo una volta raggiunto il gametofito femminile, che produce archegoni contenenti i gameti femminili.

Di fatto, quindi, le spore (macro e micro) non sono liberate, ma restano sullo sporofito, ove germinano, producendo i gametofiti. Il macrogametofito permane sullo sporofito in attesa di ricevere i gameti maschili dal microgametofito, che nelle gimnosperme è di solito trasportato dal vento sotto forma di polline.



Strutture riproduttive femminili (in alto) e maschili in *Ginkgo* (pianta dioica), con ingrandimento della struttura femminile che evidenzia il macrogametofito e il micropilo.



Granuli pollinici, ovvero individui aploidi (microgametofiti). Essi genereranno i gameti maschili una volta raggiunta la camera pollinica. Non producono però anteridi. Devono essere piccoli e prodotti in gran quantità, quindi hanno pochissime sostanze di riserva.

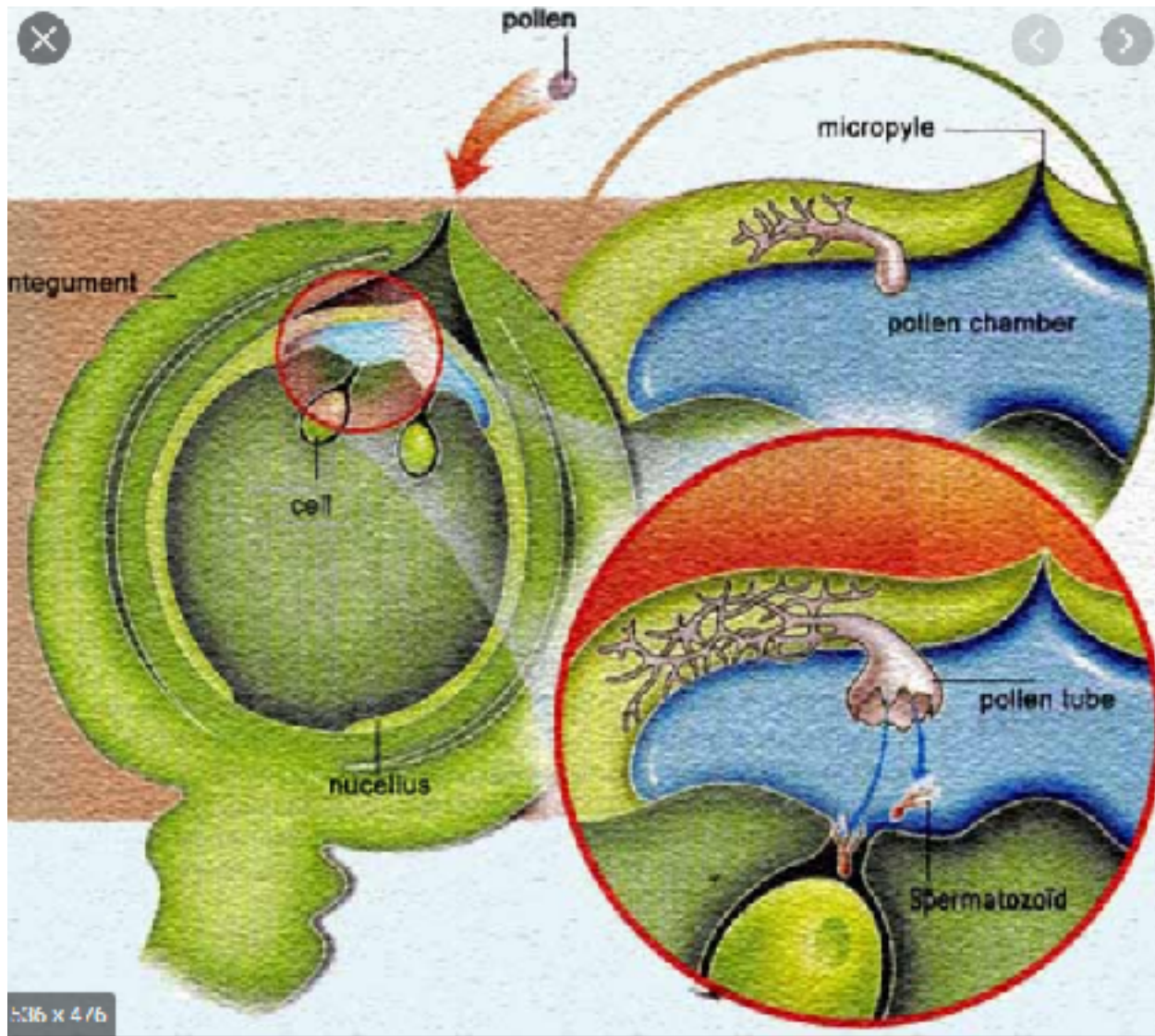
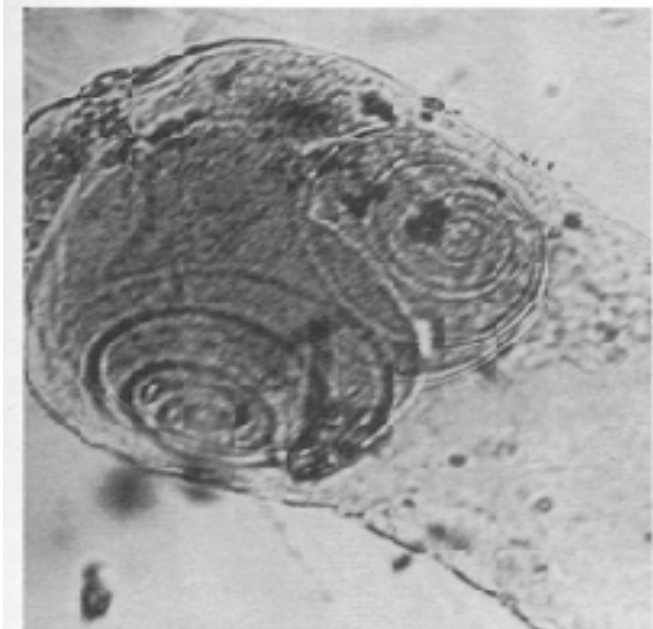
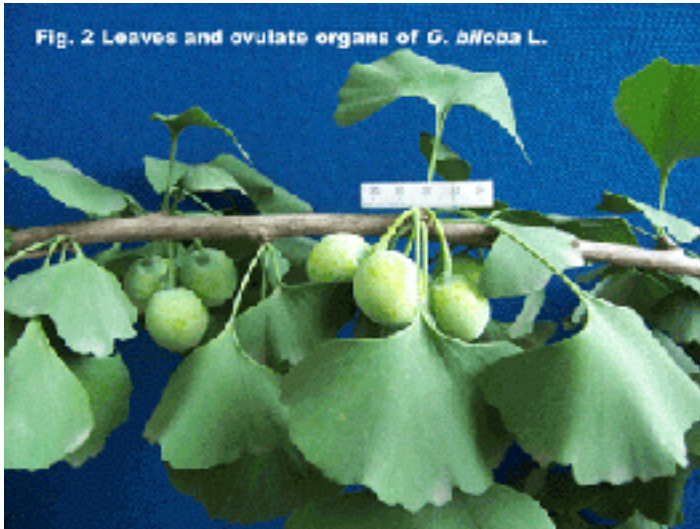
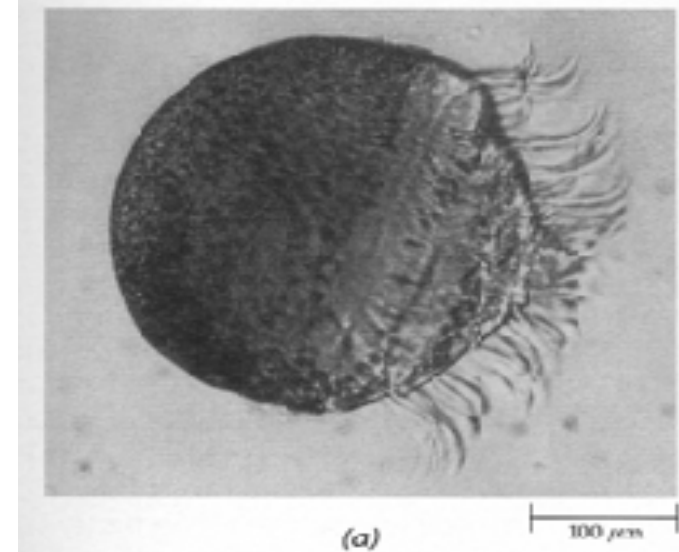


Fig. 2 Leaves and ovulate organs of *G. biloba* L.

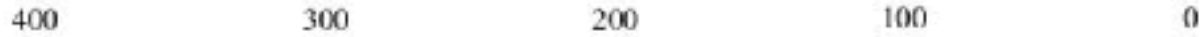
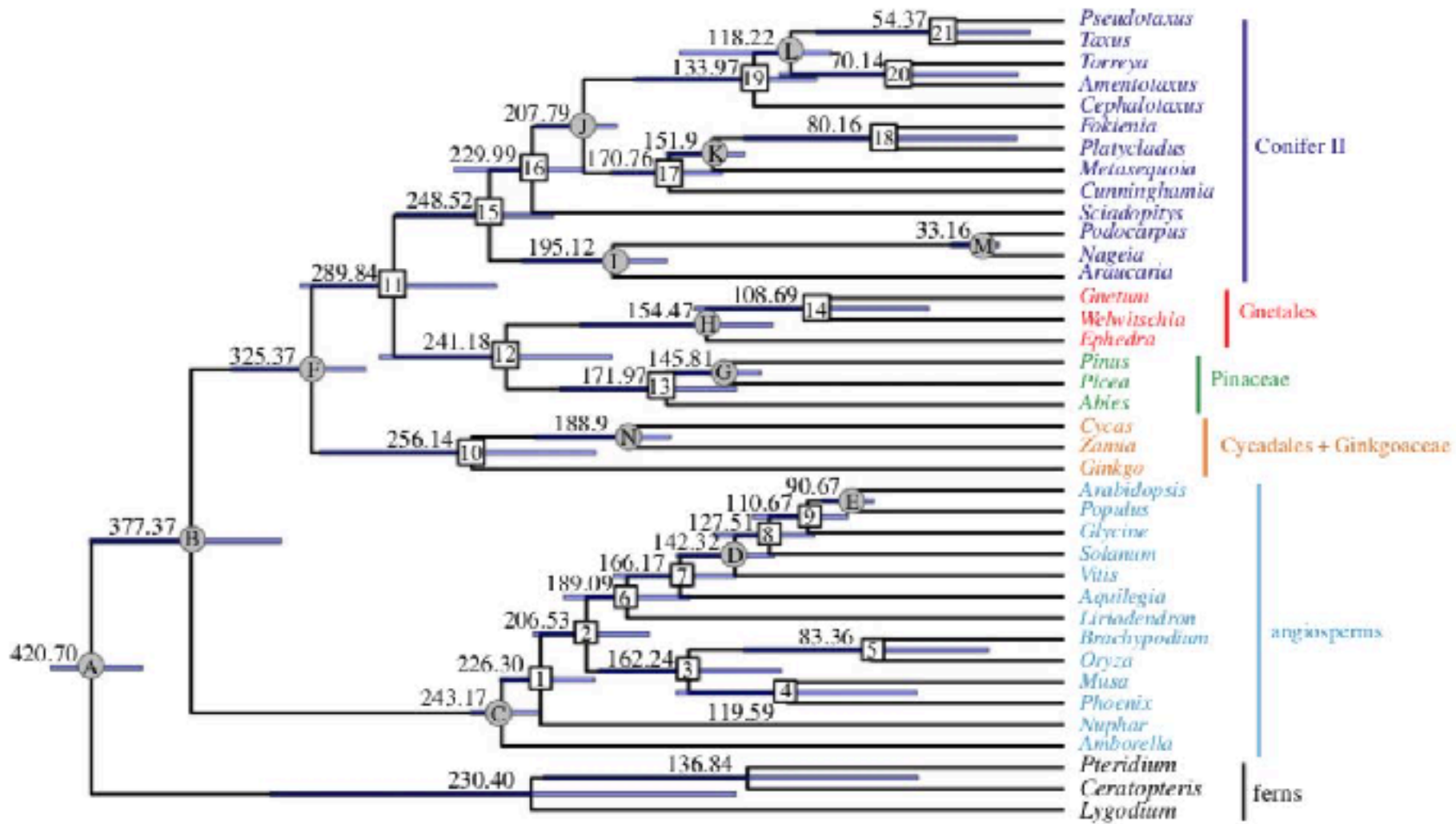


(b)



(a)







Le altre gimnosperme normalmente sono monoiche. Inoltre, non presentano gameti flagellati o ciliati, che quindi devono essere fisicamente trasportati alla cellula uovo per poter compiere la fecondazione. Cambia quindi la funzione del tubetto pollinico.



Strobili maschili

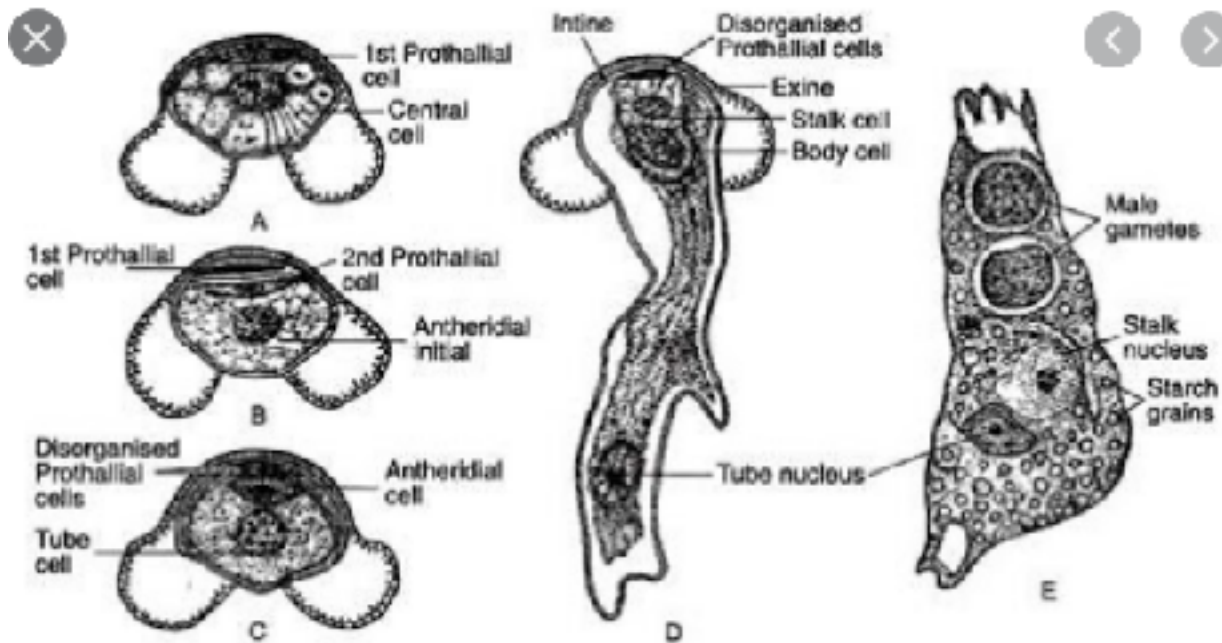
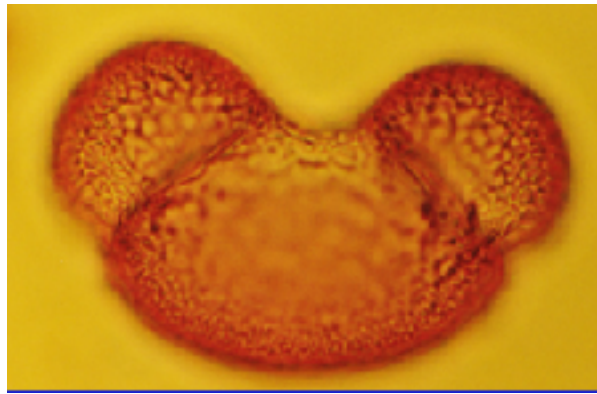


Fig. 1.66 : *Pinus* : A-E. The stages in the development of male gametophyte



Strobili femminili

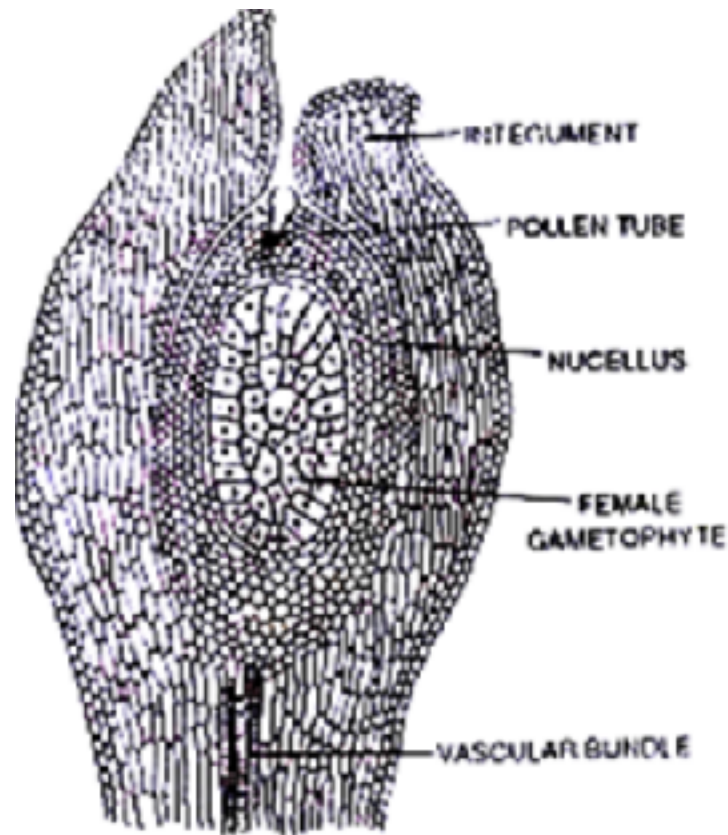
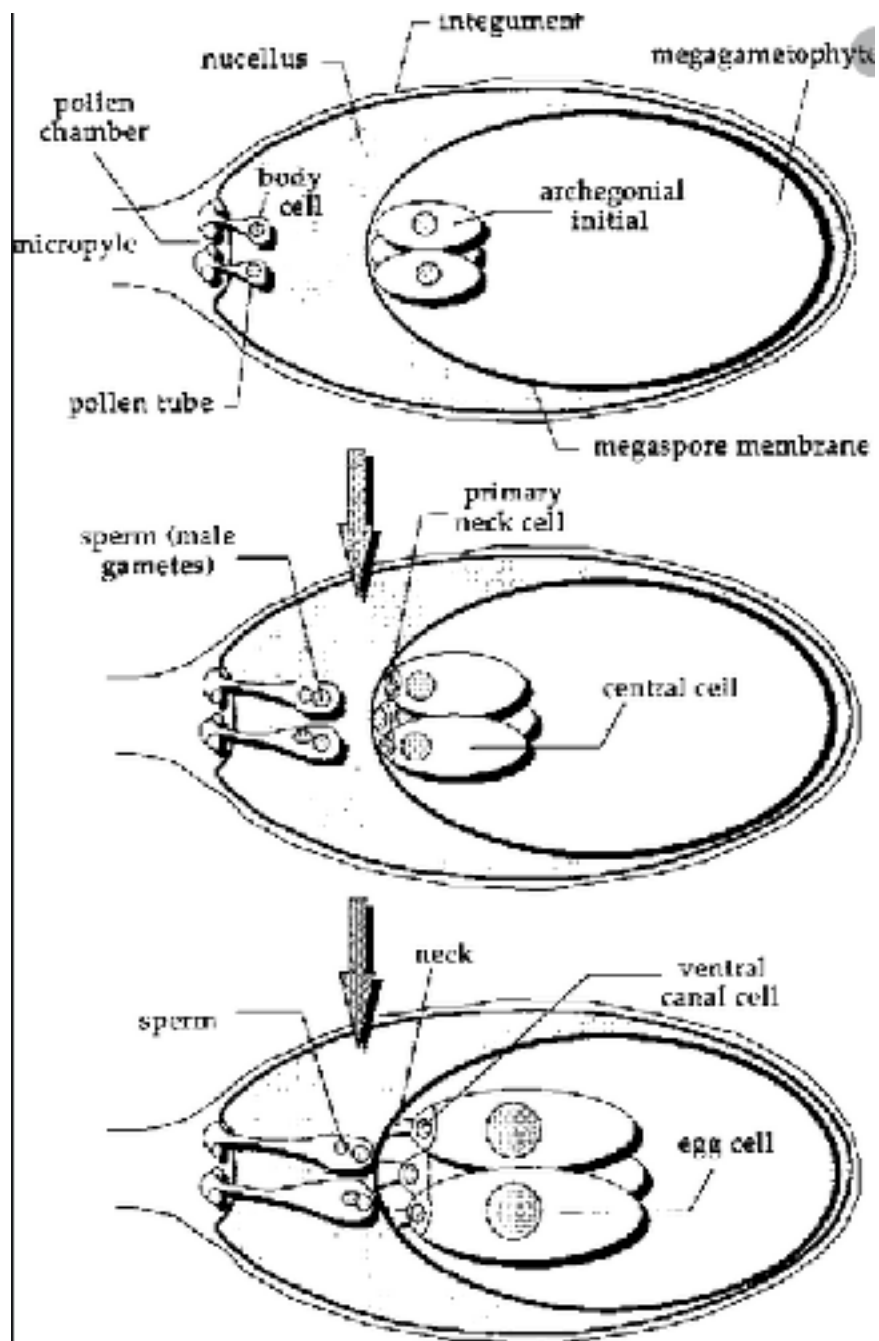
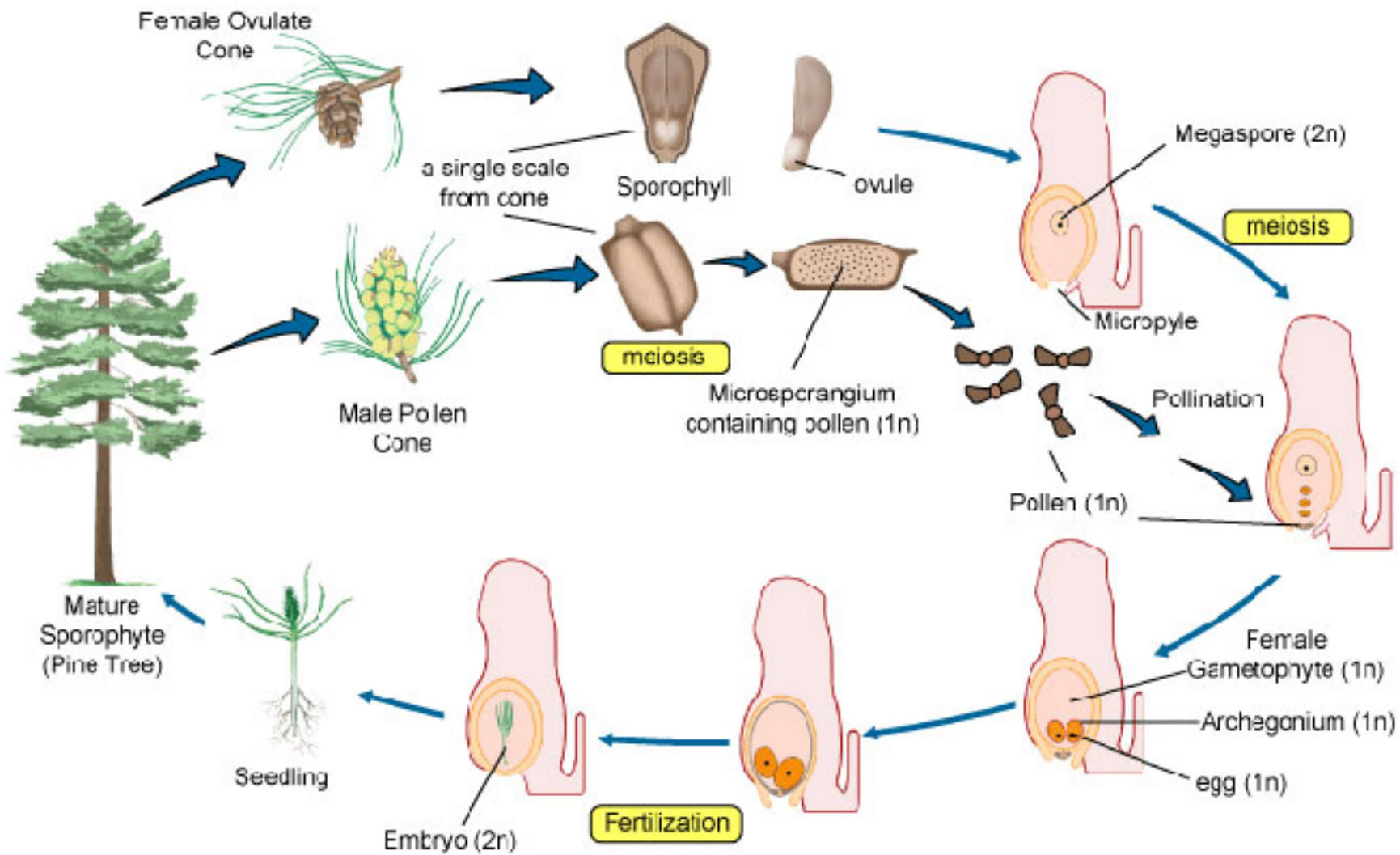
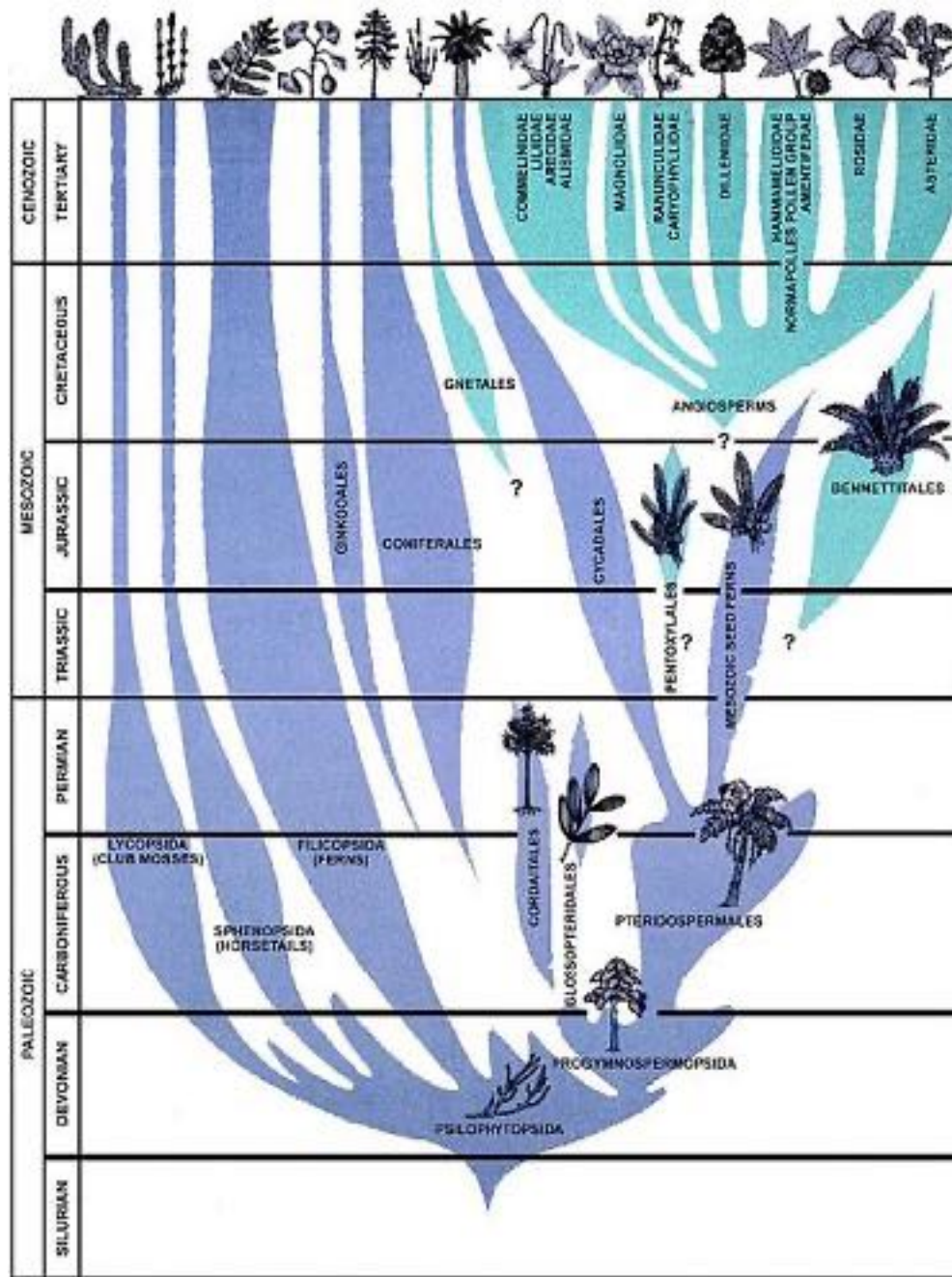
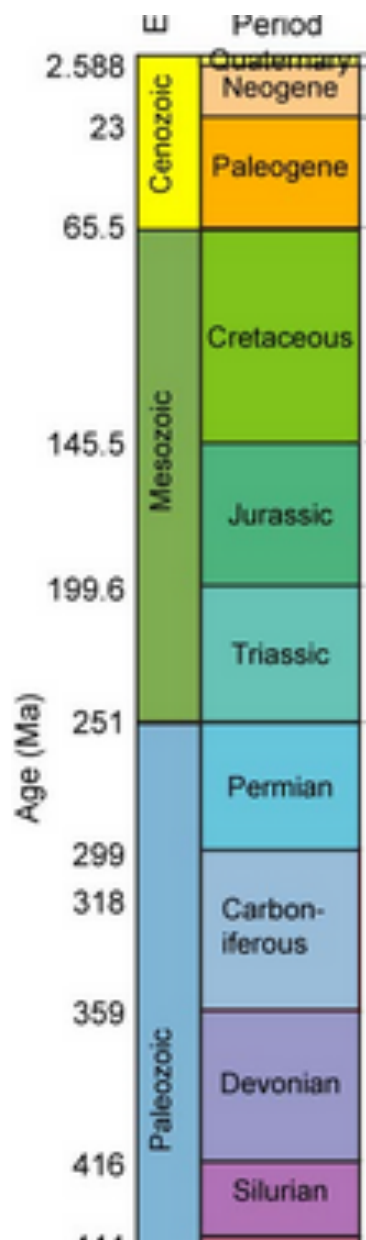


Fig. 4.46. *Pinus roxburghii*. V.S. ovule with young cellular female gametophyte.

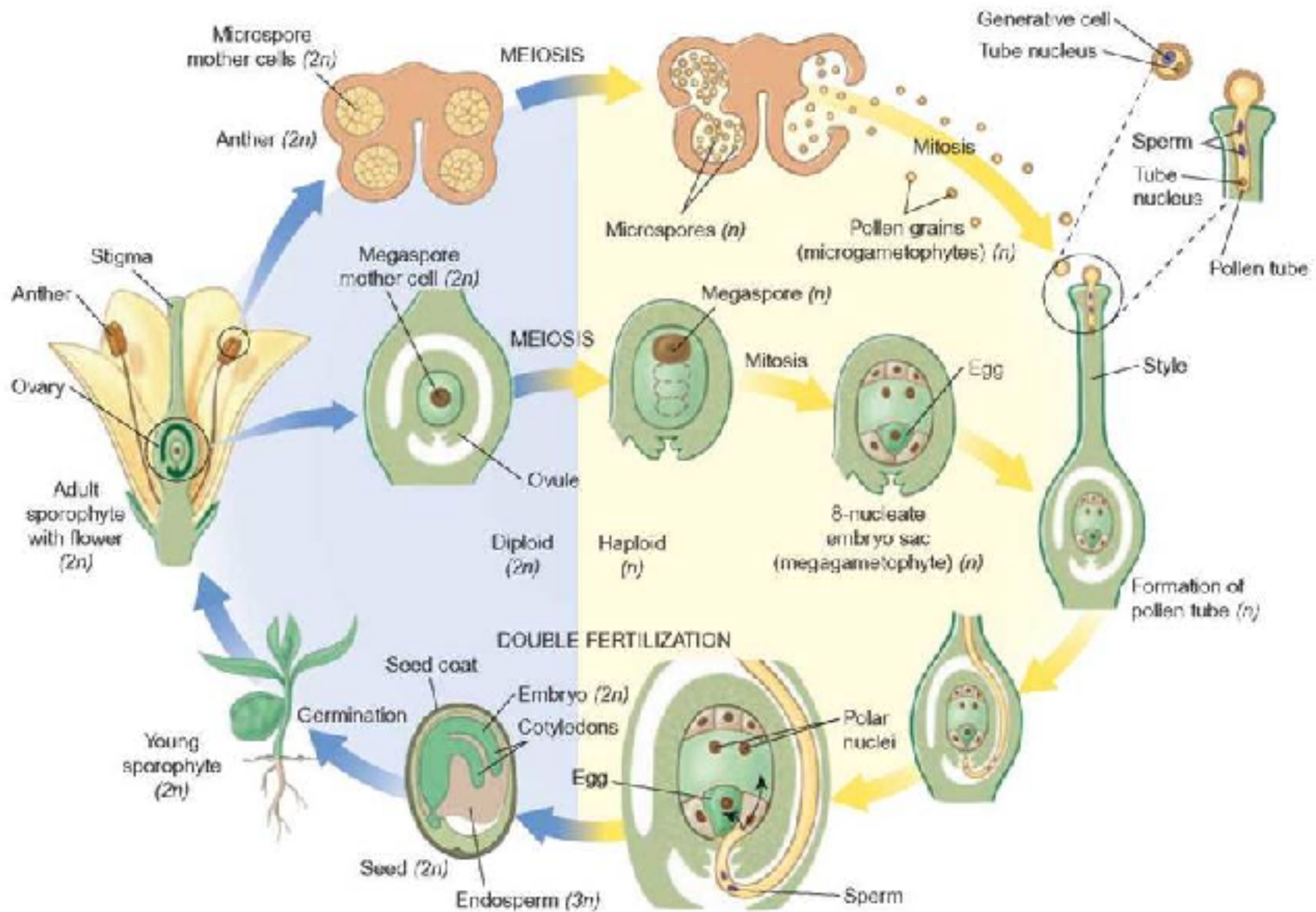




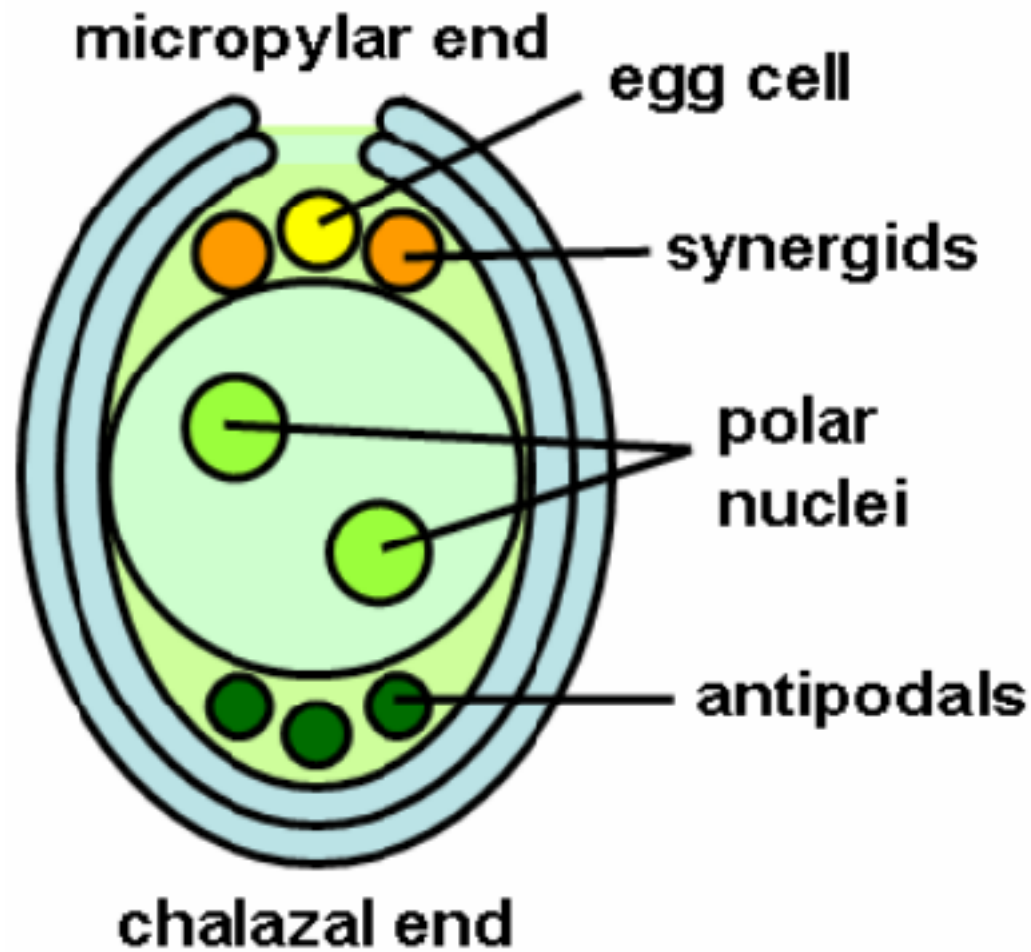
End Cretaceous, 66 million years ago, 76% of all species lost - volcanic activity and climate change already placed the ammonites under stress. The asteroid impact that ended the dinosaurs' reign provided the final blow.¶

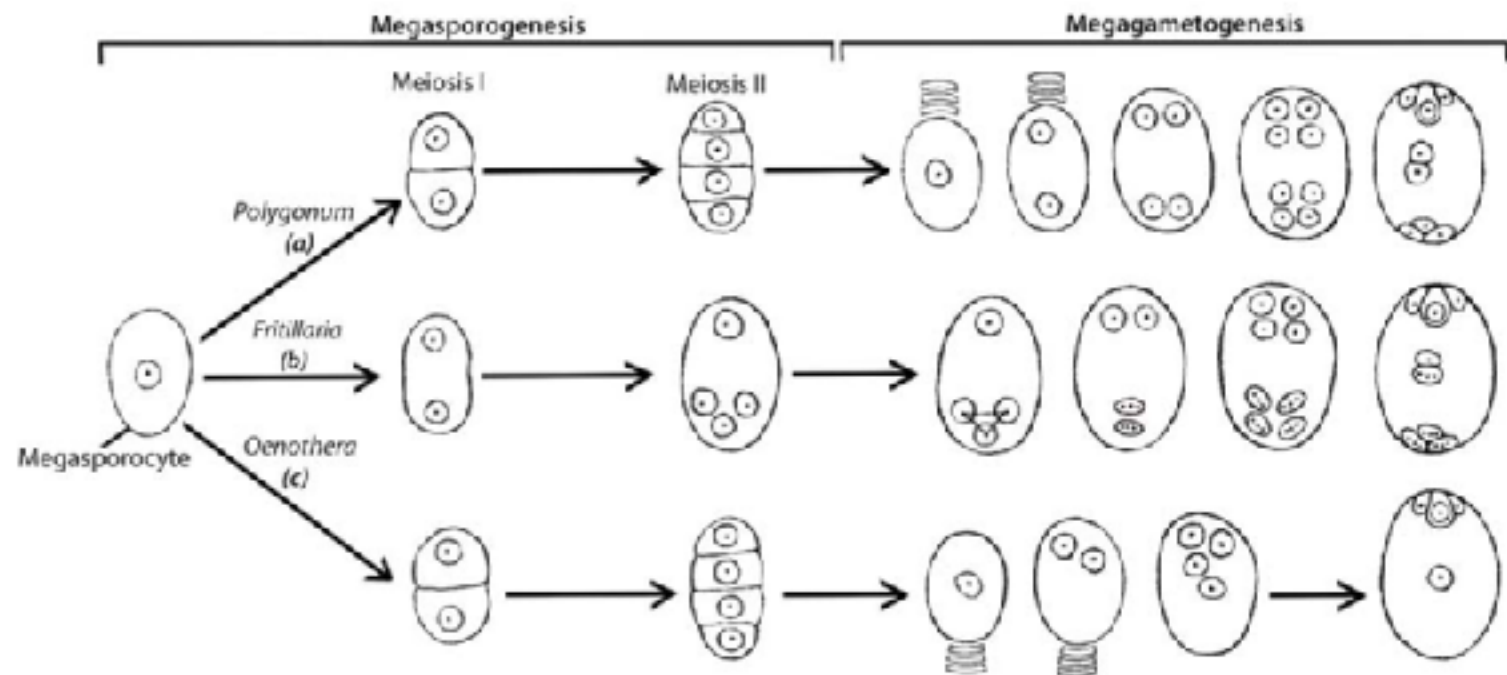






Ciclo delle angiosperme. Si noti la comparsa del fiore, e la scomparsa degli archegoni.



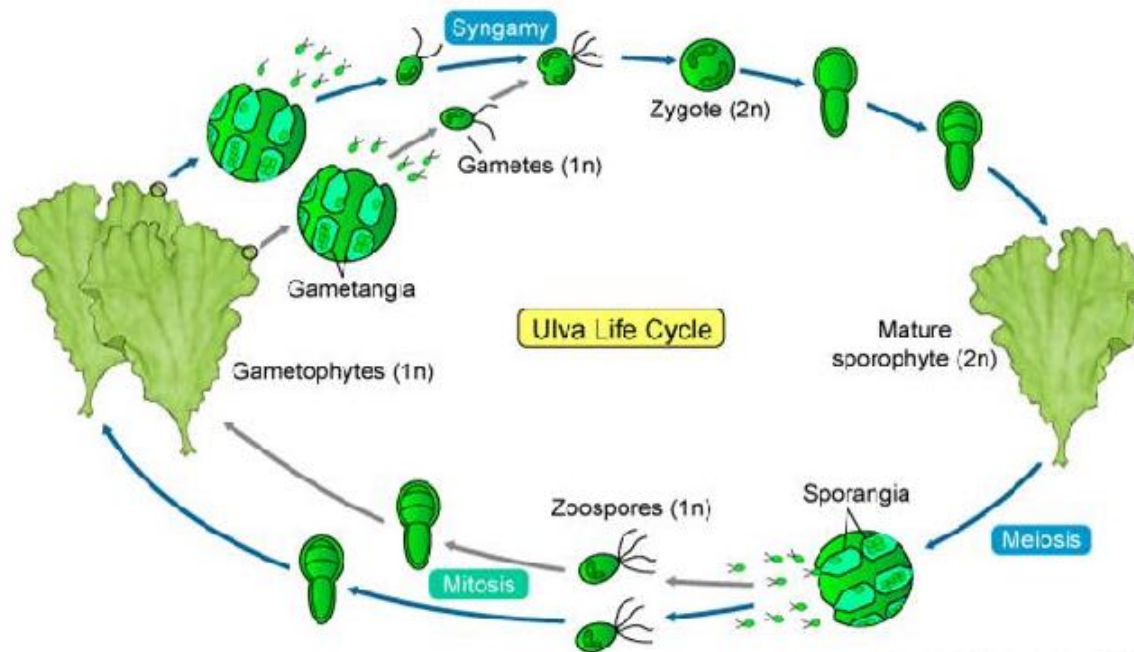


19–20 Comparison of megasporogenesis and megagametogenesis in selected

angiosperms (a) The most common type of embryo sac is the *Polygonum* type. (b) Much less common is the type exhibited by *Lilium* (the *Fritillaria* type). (c) The *Oenothera*-type embryo sac is exhibited by two ancient lineages (Nymphaeales and Austrobaileyales) and by the eudicot *Oenothera*. On the basis of the number of megaspores that participate in formation of the embryo sac, both (a) and (c) exhibit *monosporic development* (from a single megaspore) and (b) exhibits *tetrasporic development* (from four megaspore nuclei). Not shown here is an example of the third category, *bisporic development* (from two megaspore nuclei).

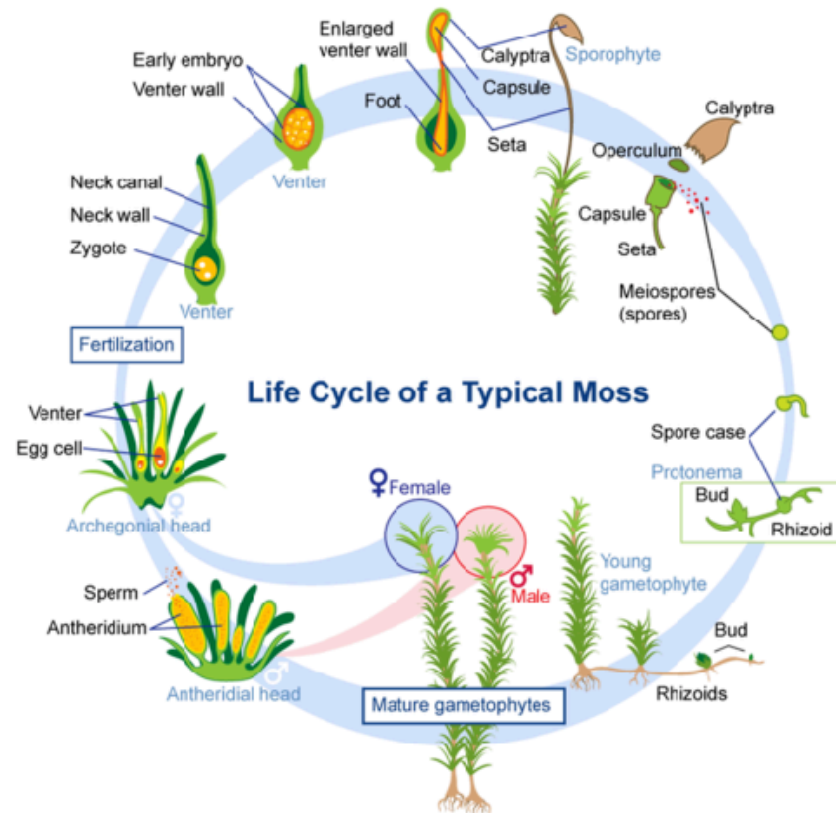
RIASSUMENDO

1) Nelle piante si ha un'alternanza tra SPOROFITI diploidi che per meiosi producono spore e GAMETOFITI aploidi che per mitosi producono gameti



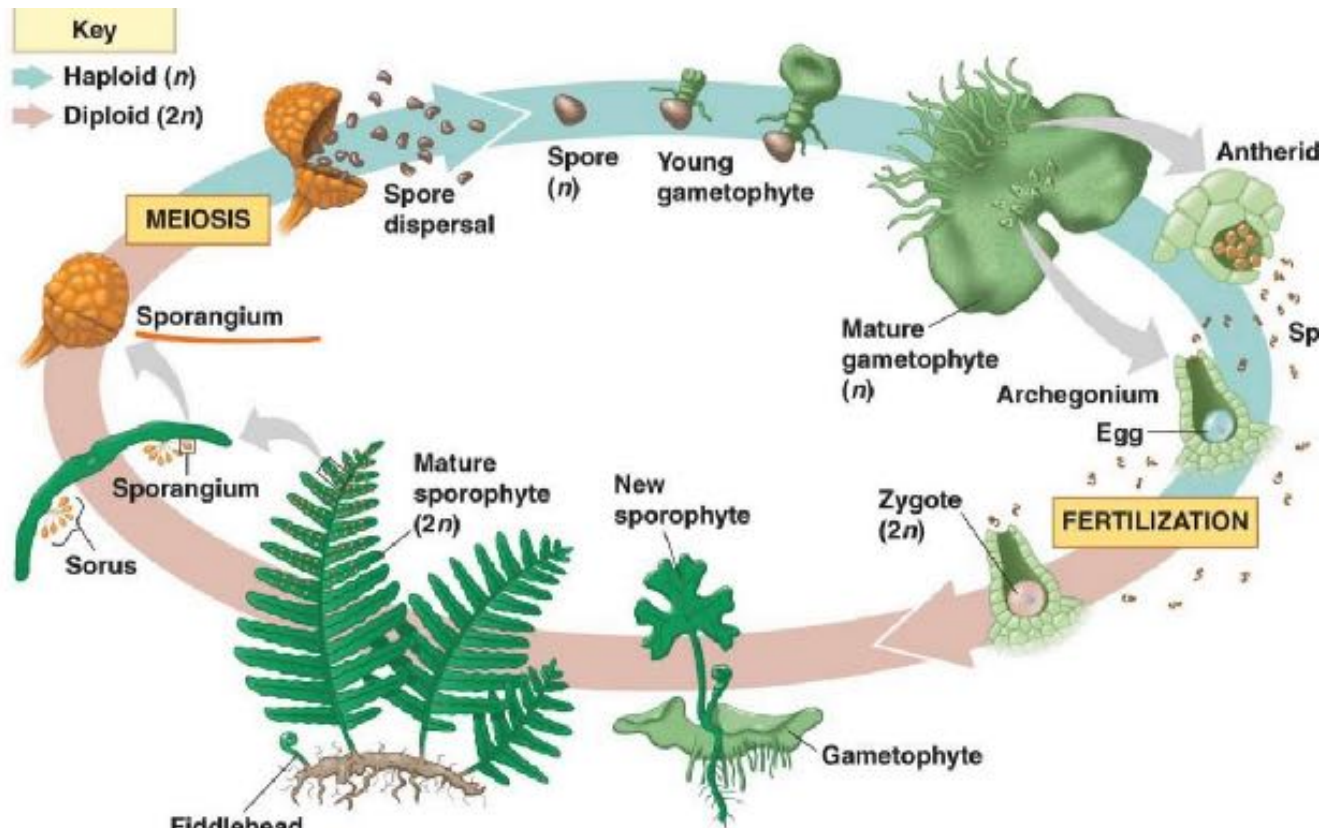
RIASSUMENDO

2) In muschi ed epatiche il gametofito è prevalente per biomassa e durata, mentre lo sporofito perde la capacità di fare fotosintesi e vive a spese del gametofito



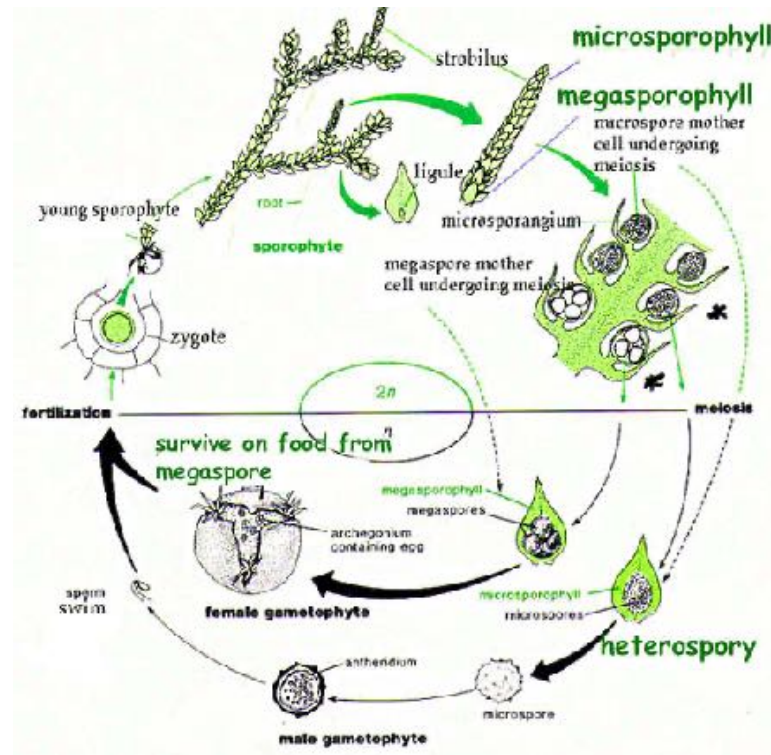
RIASSUMENDO

3) Nelle Pteridofite lo sporofito è prevalente per biomassa e durata, mentre il gametofito (che ha vita indipendente) ha biomassa e durata molto brevi



RIASSUMENDO

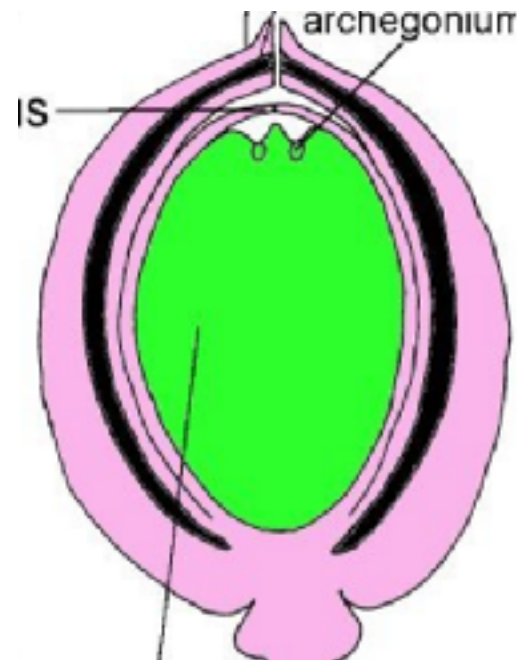
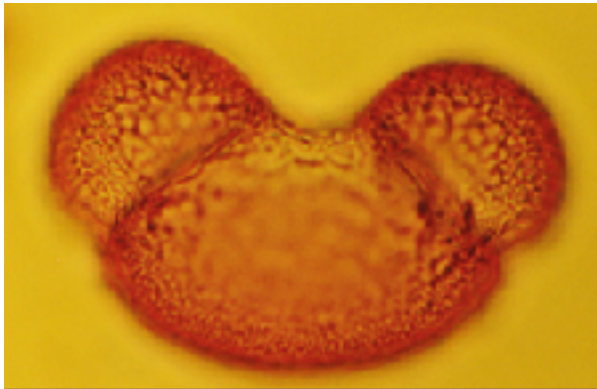
4) Nelle Selaginelle (“Pteridofite”) lo sporofito presenta eterosporia: produce macrospore da cui originano gametofiti femminili, e microspore da cui originano gametofiti maschili.



RIASSUMENDO

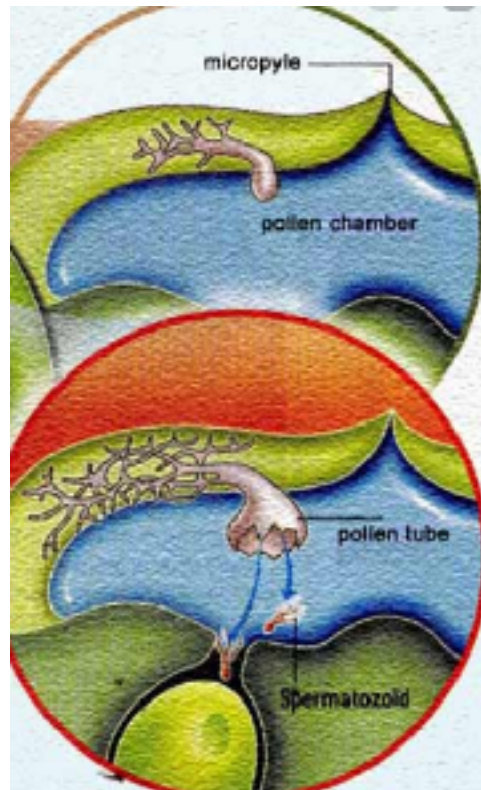
5) Nelle Gimnosperme:

- A) le spore non vengono trasportate dal vento, ma germinano direttamente sullo sporofito.
- B) i gametofiti maschili (granuli di polline) vengono trasportati dal vento,
- C) i gametofiti femminili sono rinchiusi in una struttura (la nocella) prodotta dallo sporofito, che ha un' apertura verso l'esterno (micropilo)



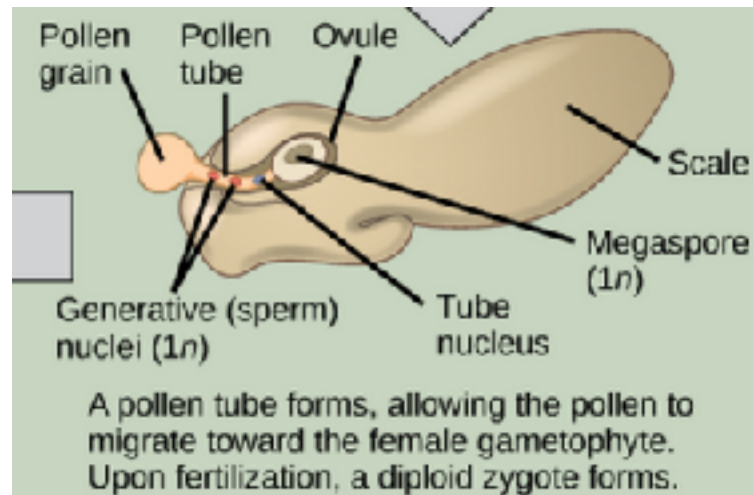
RIASSUMENDO

6) Nelle Gimnosperme più primitive (*Cycas* e *Ginkgo*) i gametofiti maschili producono un tubetto pollinico che ha principalmente funzione trofica, e successivamente gameti cigliati che nuotano nel liquido della camera micropilare per raggiungere il gamete femminile. La fecondazione è ancora legata alla presenza di acqua esterna.



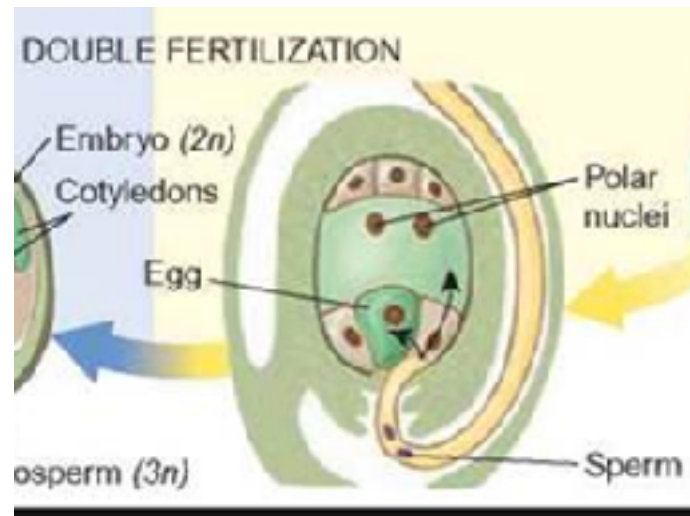
RIASSUMENDO

7) Nelle Gimnosperme più evolute (ad es. Pini e Abeti) i gametofiti maschili producono un tubetto pollinico che raggiunge direttamente il gamete femminile. I gameti maschili perdono le ciglia (sono trasportati da correnti citoplasmatiche all'interno del tubetto) e la fecondazione si svincola per la prima volta dall'acqua esterna.



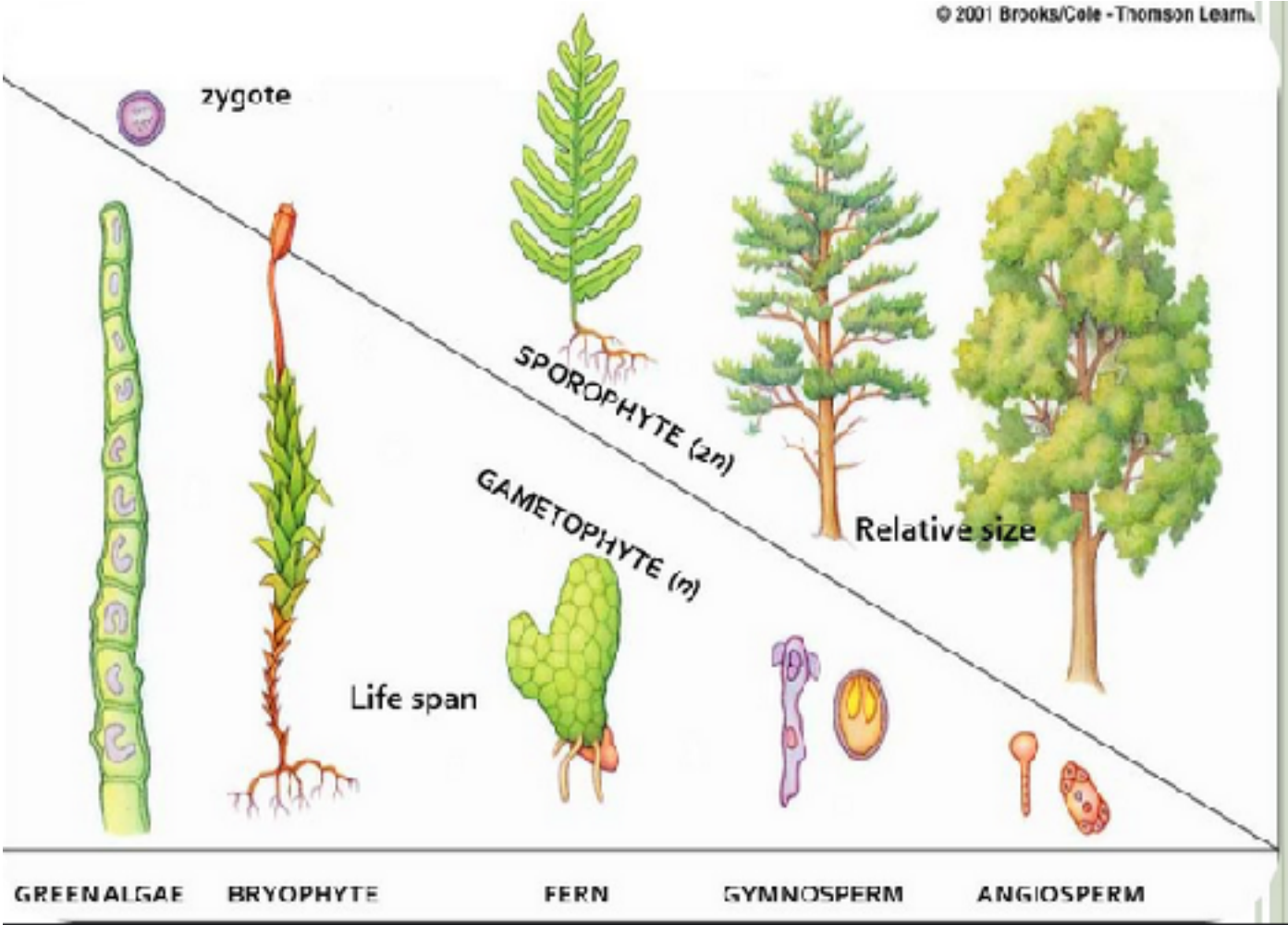
RIASSUMENDO

8) Nelle Angiosperme il gametofito femminile è completamente rinchiuso in una struttura diploide formata dallo sporofito (l'ovario). Il tubetto pollinico trasporta 2 gameti aploidi, uno dei quali feconda la cellula uovo, l'altro un nucleo diploide derivante dalla fusione dei 2 nuclei polari (formando un tessuto di riserva triploide detto endosperma secondario)



IN SINTESI

© 2001 Brooks/Cole - Thomson Learning



**Muschi, Epatiche e
Antocerote
("Briofite")**



“Briofite” – c. 20.000 specie



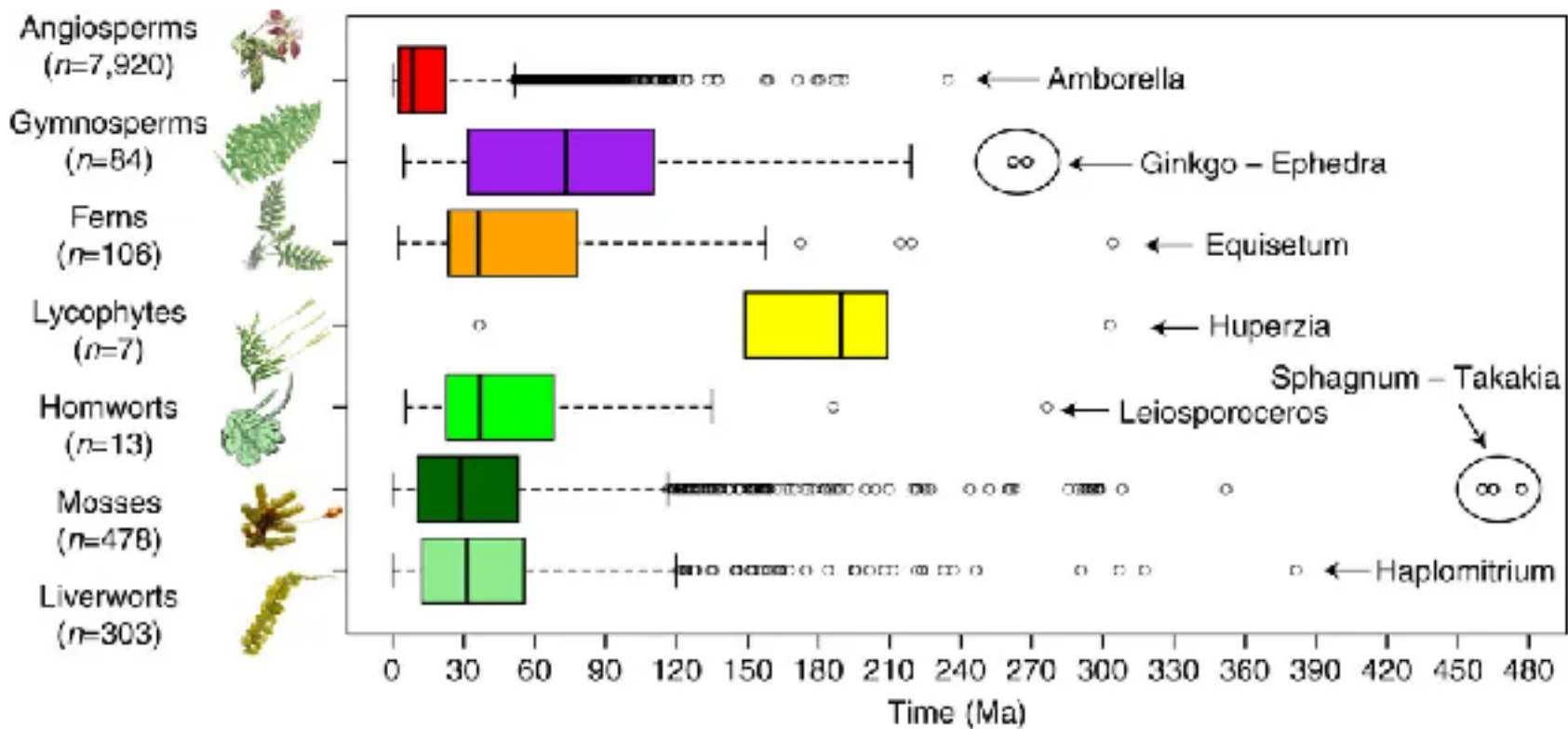
Muschi (Bryophyta s.str.): circa 12.000 specie

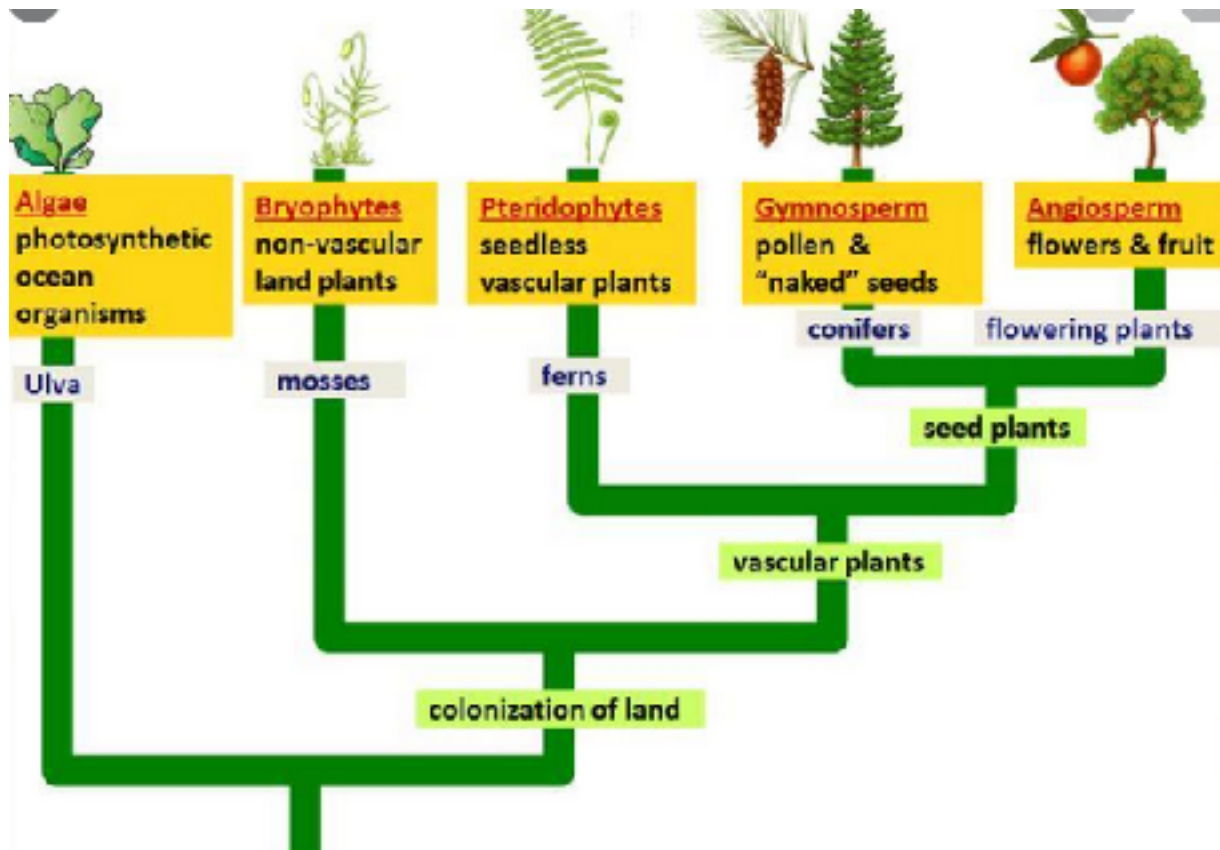


Epatiche (Marchantiophyta): circa 7500 specie

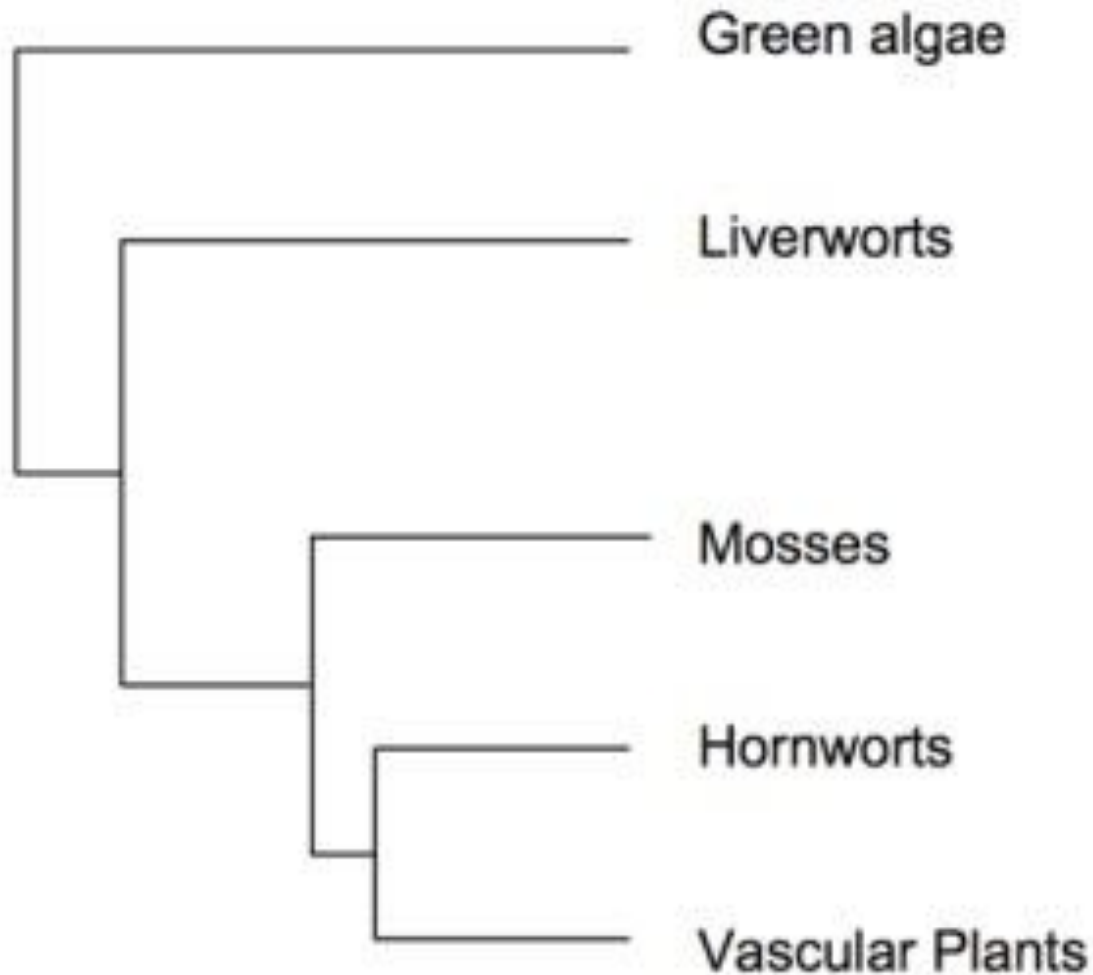


Anthocerotota: c. 100-150 specie





Originariamente le “briofite” erano considerate un gruppo monofiletico, caratterizzato dalla dominanza della generazione aploide.



Le conoscenze moderne stanno a indicare che in realtà si tratta di un gruppo non monofiletico, ma parafiletico. Non vi è però unanimità su questa ipotesi.

