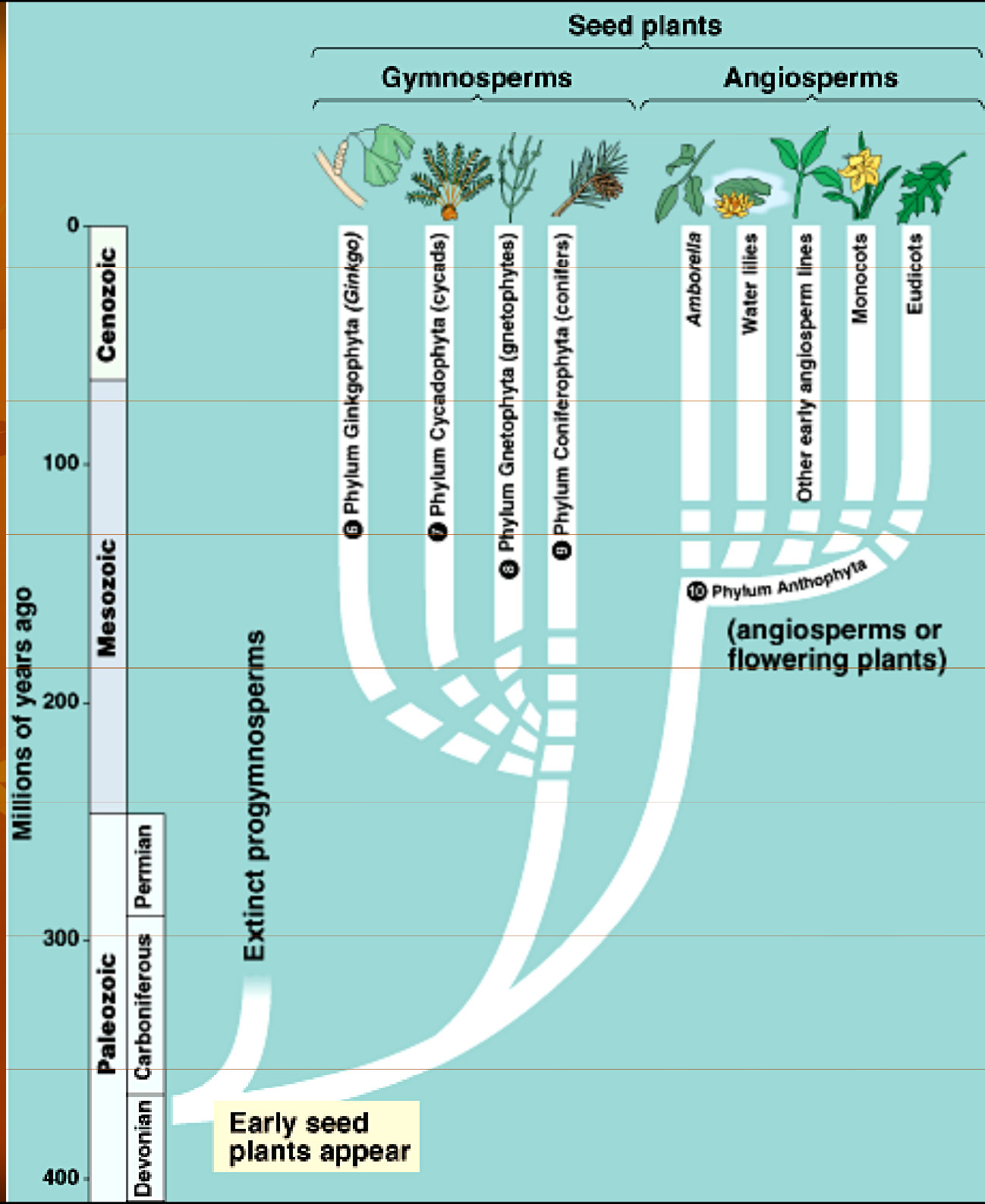


# Nahosemenné rostliny



# Vznik semene

- první semena se objevila před 360 milióny lety (začátek karbonu)
- vznik semene změnil směr evoluce na Zemi: semenné rostliny přeberou štafetu nejvýznamnějších producentů ve většině ekosystémů na Zemi
- před 13 000 lety začínají pomalu lidé pěstovat obilí a kukuřici, před cca 11 000 lety se začínají první zemědělci usazovat a začíná neolit

# Vznik semene

- pěstování rostlin probíhalo zřejmě paralelně v různých oblastech světa: na blízkém východě, ve východní Asii, v Africe a v obou Amerikách
- v Mexiku bylo nalezeno semeno dýně, stáří mezi 10 000 – 8 000 lety – toto semeno se liší od divokých typů a bylo zřejmě již kultivováno



# Výhody redukovaného gametofytu

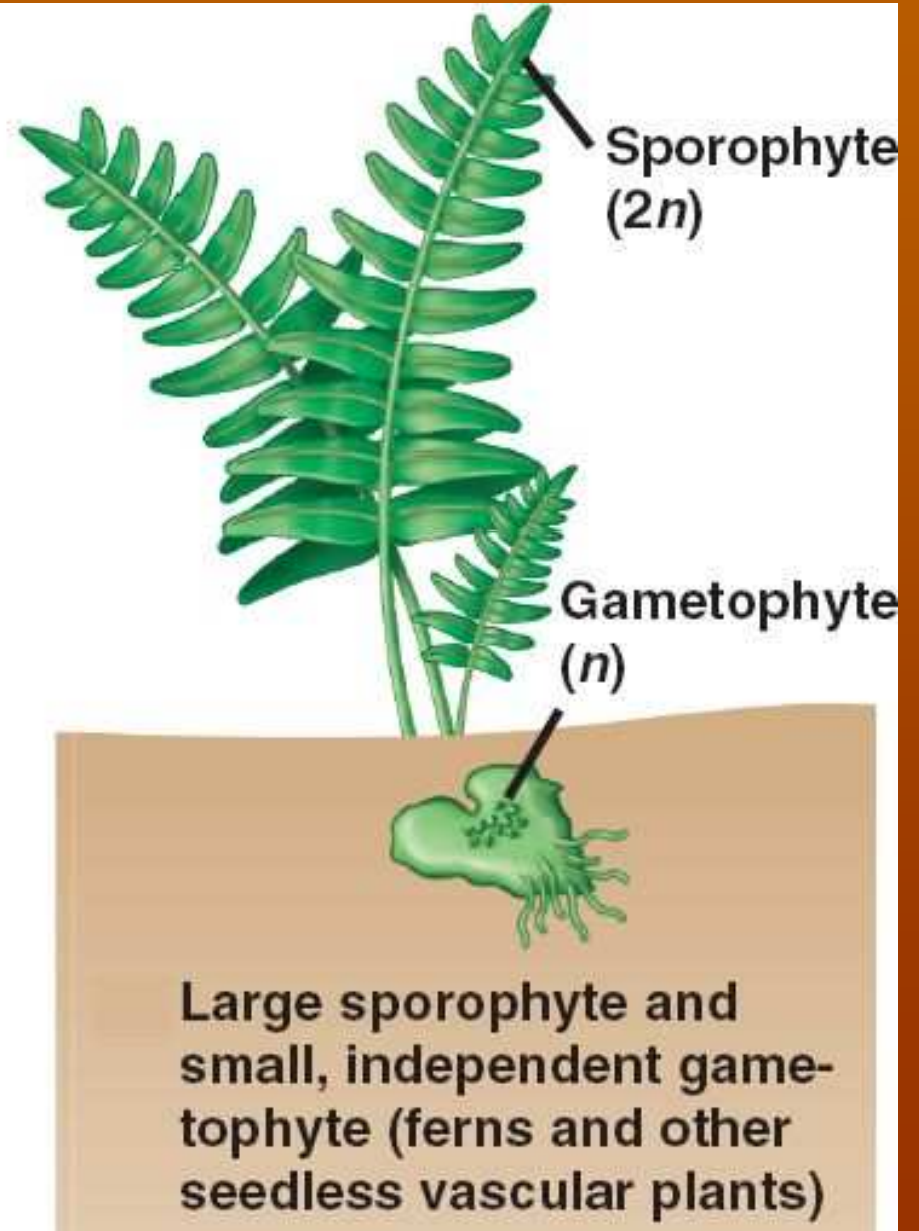
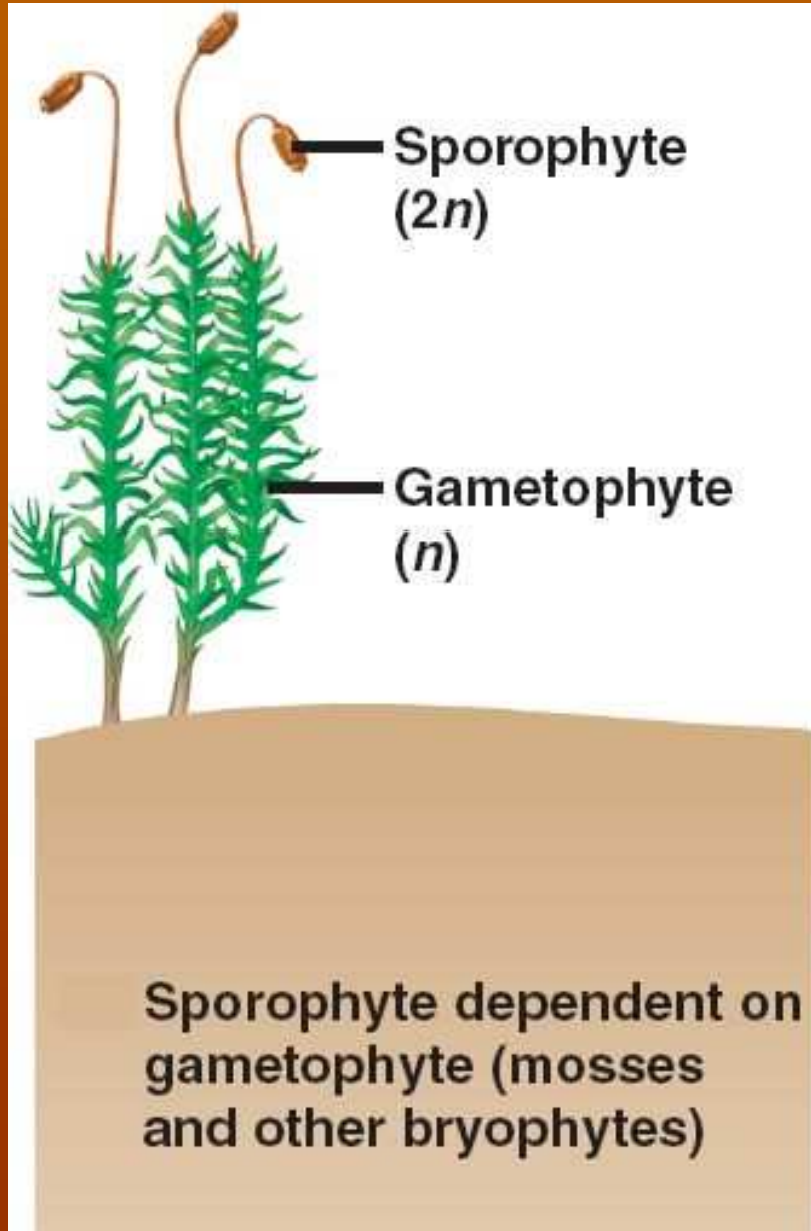
- trend redukce gametofytu, který začal u kapradin, pokračuje dále u cévnatých rostlin a bude pokračovat i u semenných
- zatímco u mechů je gametofyt viditelný pouhým okem, u semenných je již potřeba mikroskop
- miniaturní gametofyt se tak ale může vyvíjet ještě ve sporangiu v rodičovském sporofytu!

# Výhody redukovaného gametofytu

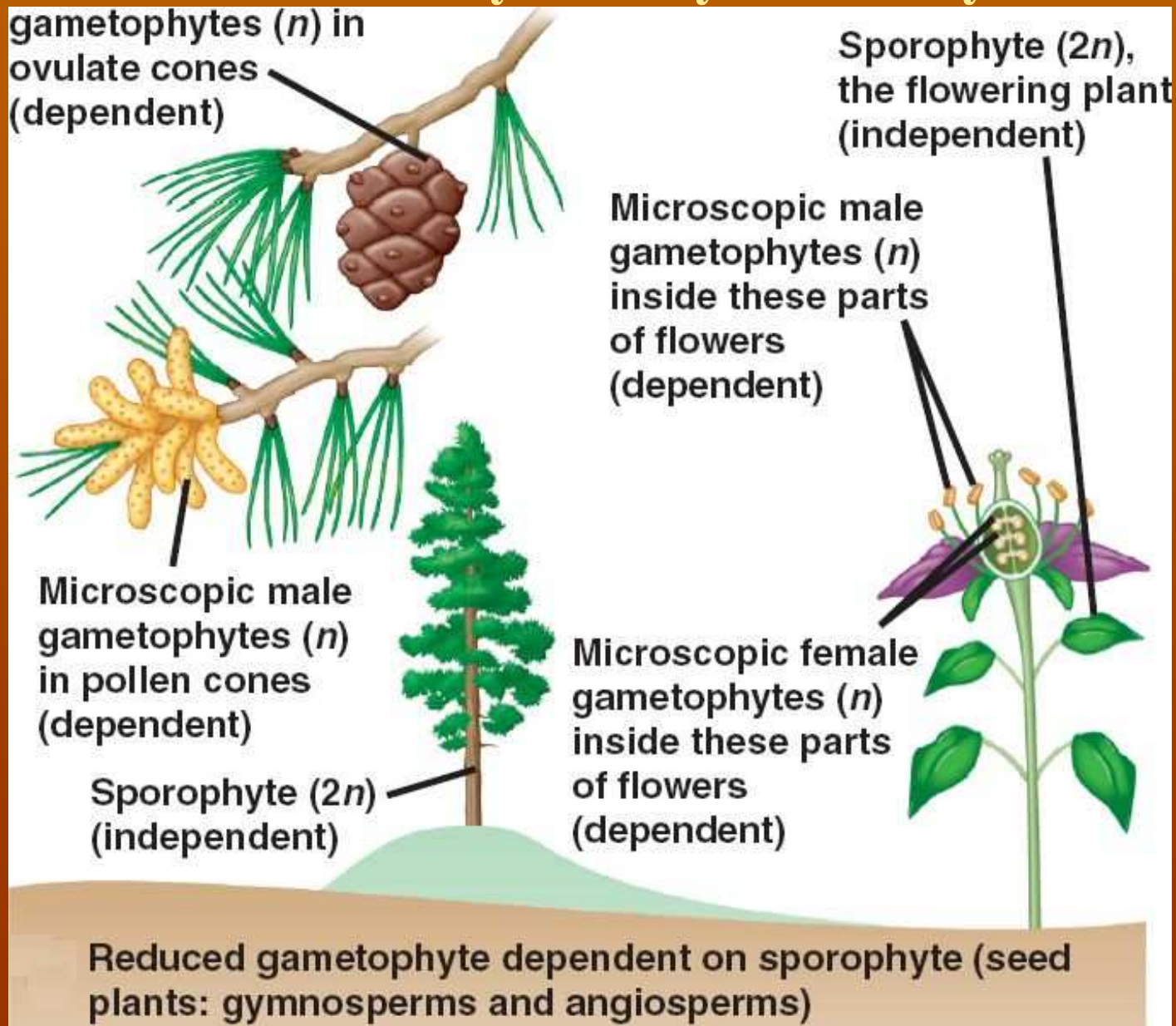
- gametofyt, obsahující citlivý oocyt se tak může vyvíjet v ochraně sporofytu
- sporofyt tak chrání gametofyt před suchem, UV zářením a dalšími environmentálními vlivy
- gametofyt rovněž může čerpat živiny ze sporofytu – na rozdíl od volně žijících gametofytů, které se musí živit na vlastní pěst

# Výhody redukovaného gametofytu

srovnání mechorostů a kaprad'rostů



# Výhody redukovaného gametofytu u nahosemenných a krytosemenných



# Heterosporie: pravidlo u semenných rostlin

- cévnaté nezemenné rostliny mají skoro vždy homosporii = produkují pouze jeden typ spory, která dá vznik bisexuálnímu gametofytu, na kterém vyrostou samčí i samičí rozmnožovací struktury
- jen výjimečně jsou nezemenné cévnaté rostliny heterosporní



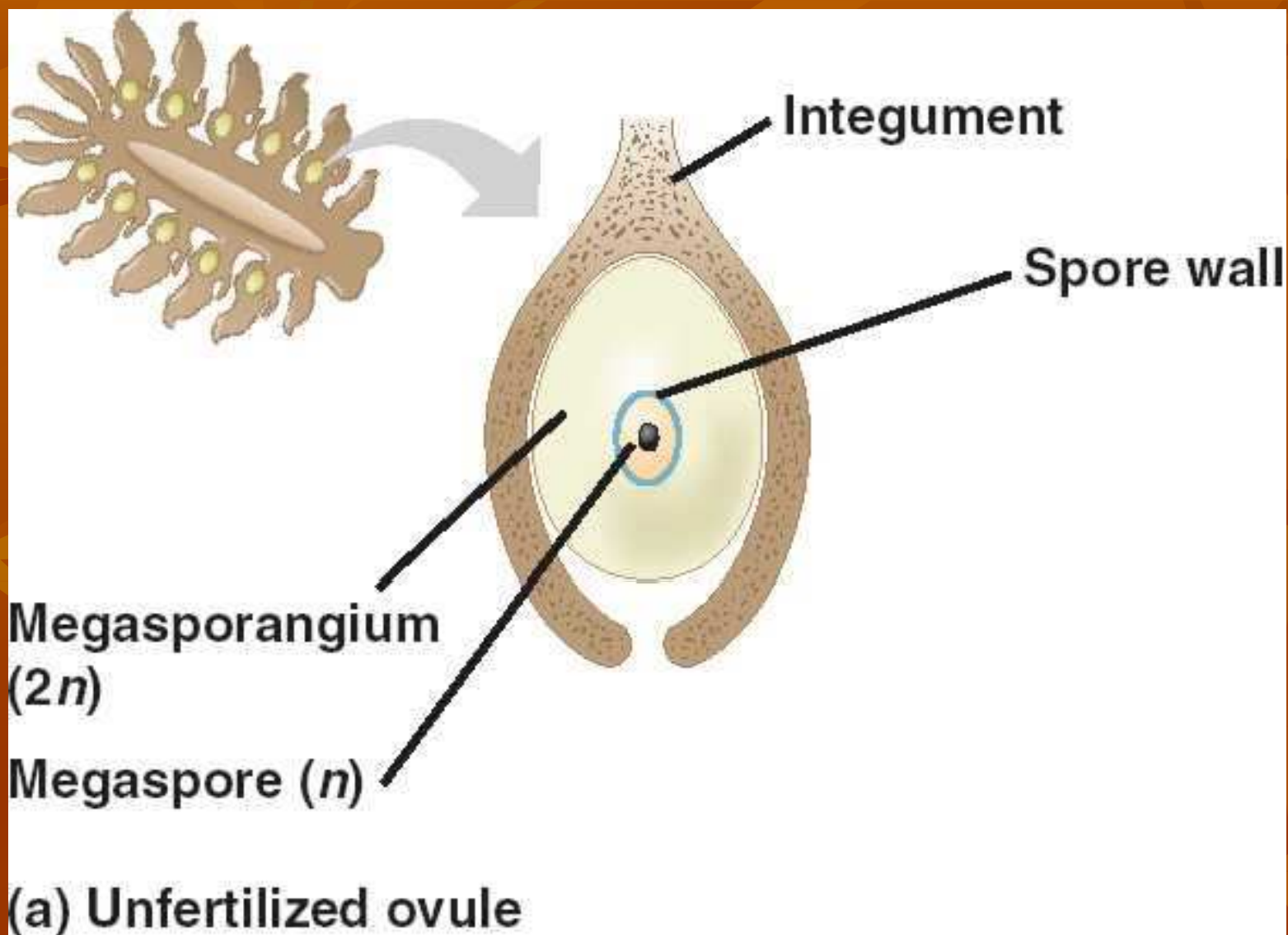
# Heterosporie: pravidlo u semenných rostlin

- semenné rostliny (či jejich předkové) jsou heterosporní
  - megasporangia na megasporofylech dají vznik megasporám. Každé megasporangium obsahuje jen jednu funkční megasporu. Z megaspory vyroste samičí gametofyt.
  - mikrosporangia na mikrosporofylech dají vznik mikrosporám. Každé mikrosporangium obsahuje mnoho funkčních mikrospor. Z mikrospory vyroste samčí gametofyt.

# Heterosporie: pravidlo u semenných rostlin

- semenný sporofyt (např. strom) si uchovává megasporu v sobě a chrání ji obalem, zvaným integument.
- Gymnosperma mají megasporu krytou jen jedním integumentem
- Angiosperma mají obvykle dva integumenty
- ovulum = megasporangium + megaspora + integument(y)

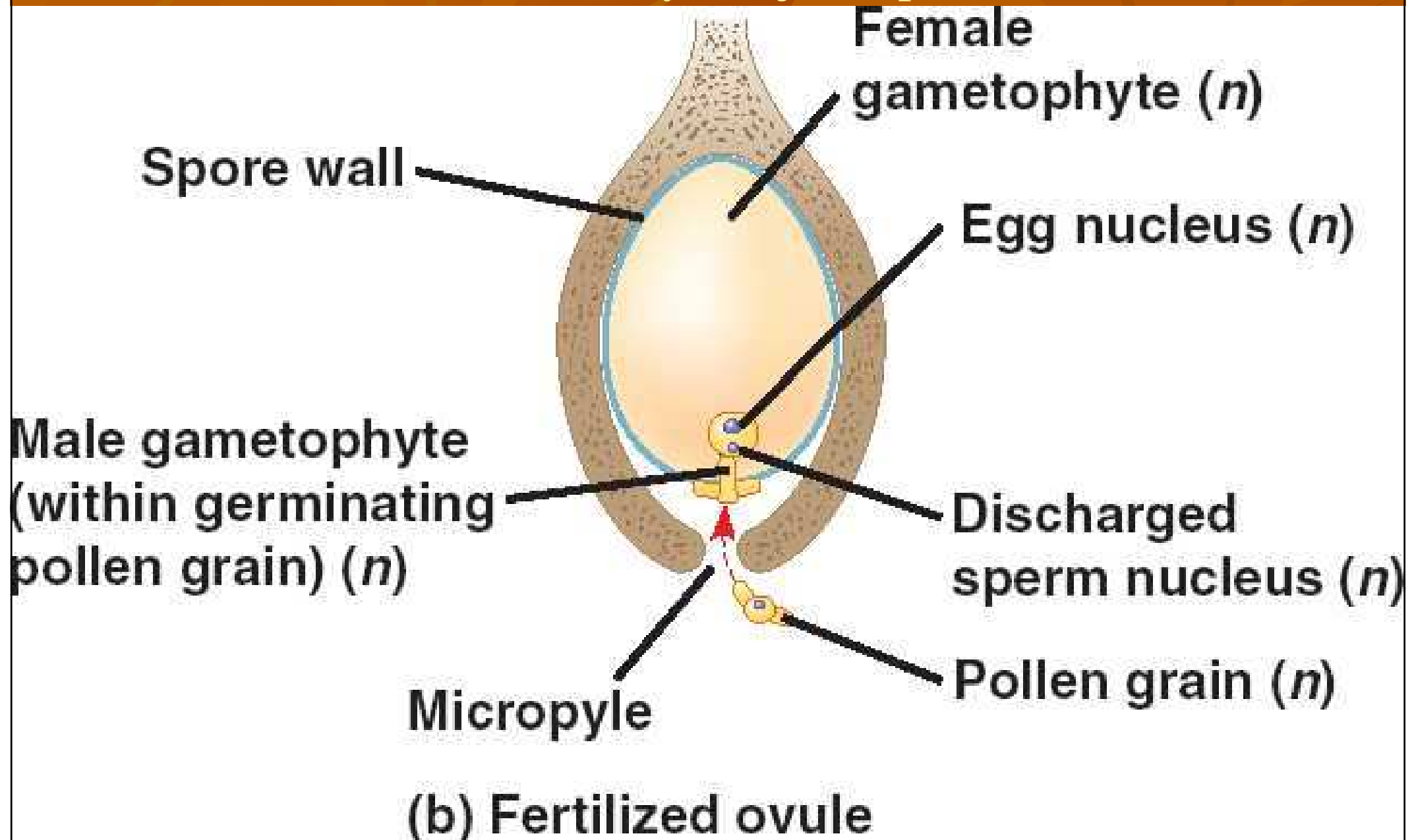
# Ovulum u nahosemenných





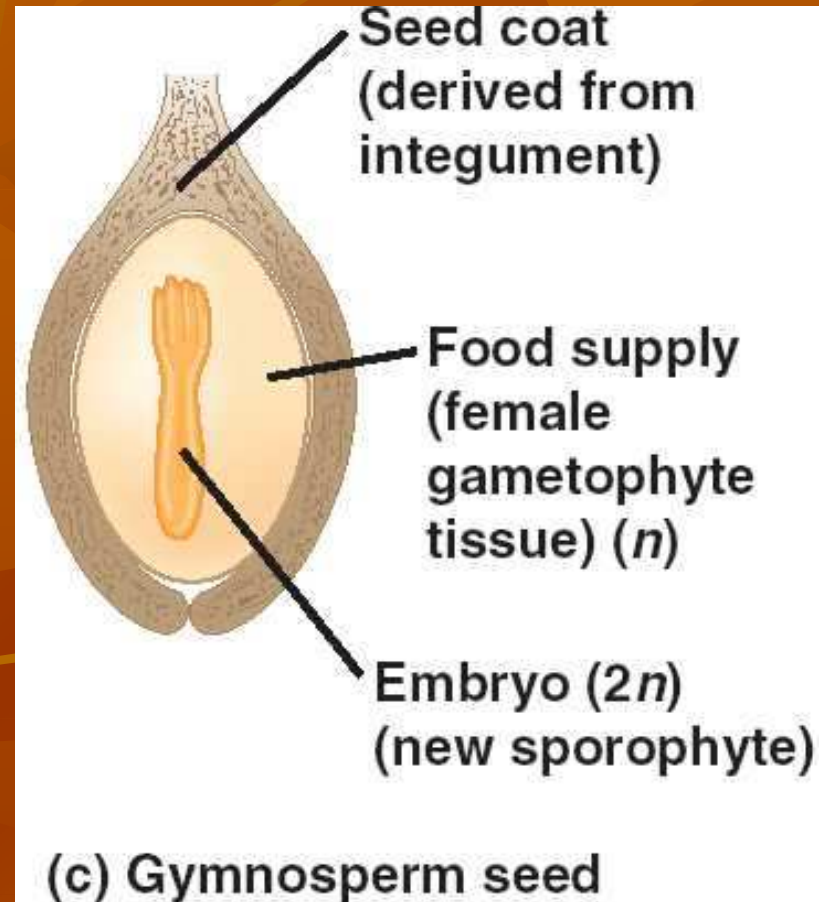
# Ovulum

u nahosemenných – jeho oplození



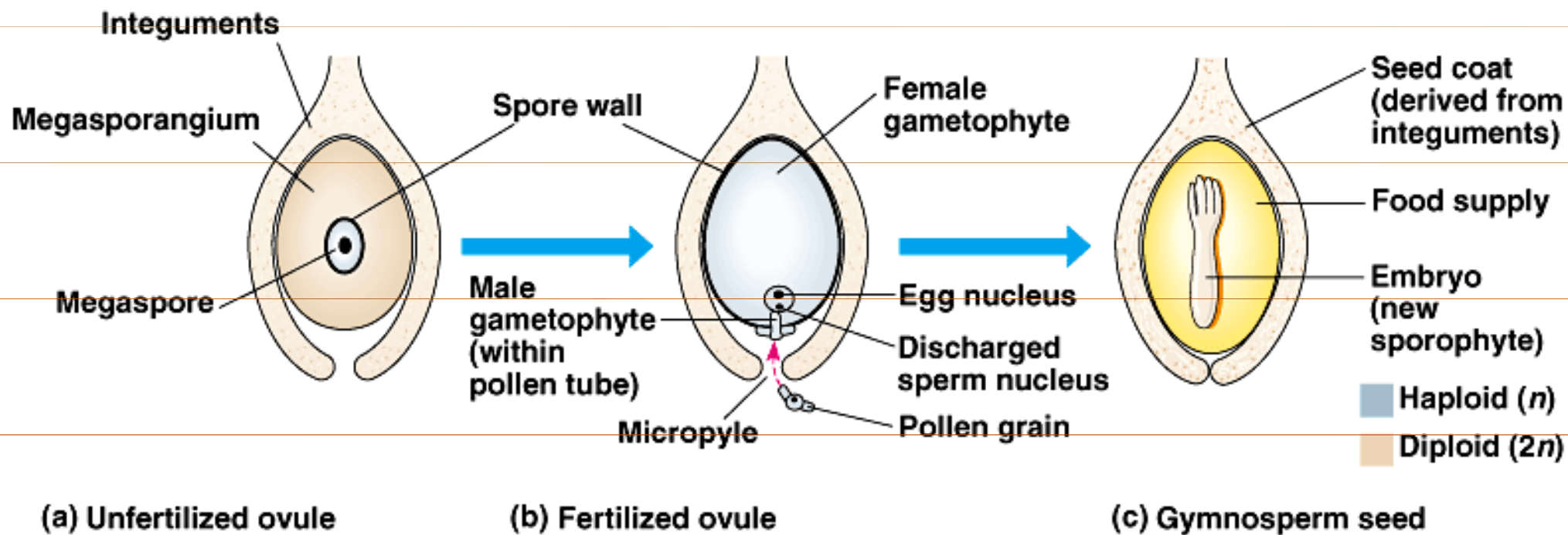
# Ovulum

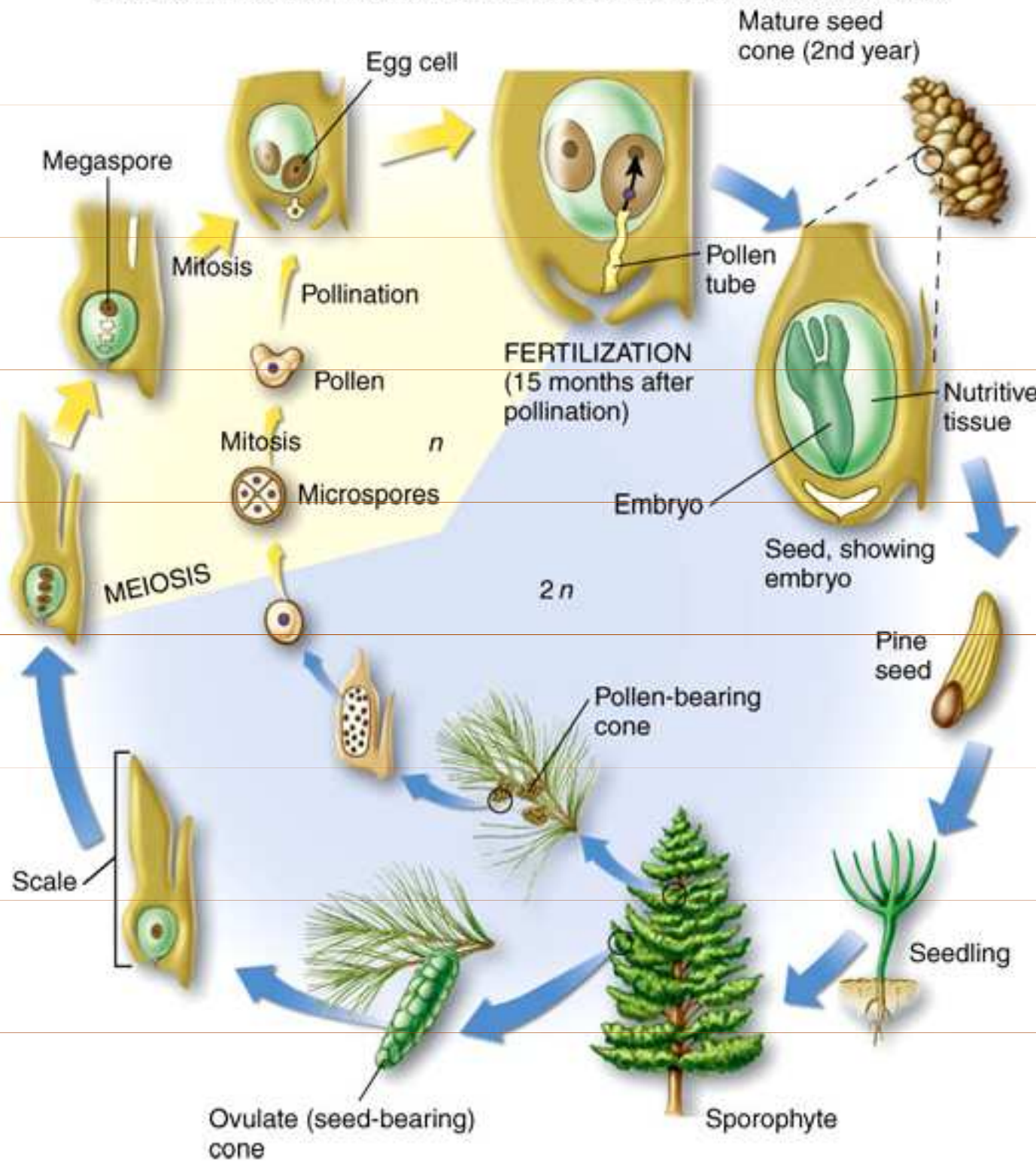
u nahosemenných – vznik semene



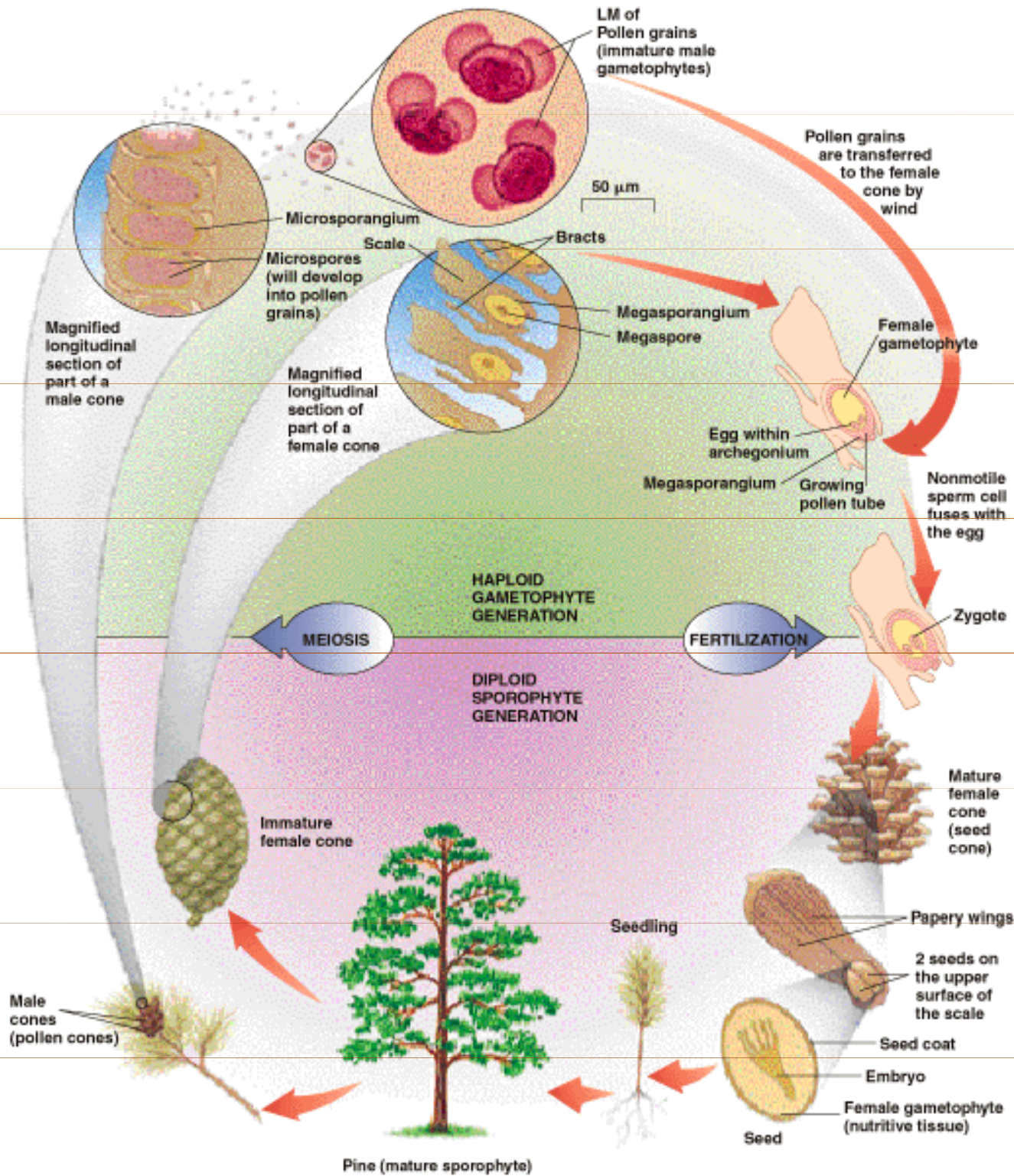
semeno = nový sporofyt ( $2n$ ) + zásoba živin ( $n$ ) + integument

# Shrnutí









# Pyl

- mikrospory se vyvinou v pylové zrno
- pylové zrno = samčí gametofyt semenných rostlin
- pylové zrno kryje protein sporopollenin – nejodolnější bílkovina na Zemi
- pylové zrno se dostane k megaspoře různými cestami
  - větrem (anemofilní rostliny)
  - hmyzem (entomofilní rostliny)
  - ptáci, savci ...
- u bryofyt a kaprad'rostů musí spermatozoid překonat vzdálenost několika centimetrů, plavoucí v dešťové kapce nebo kapce rosy
- u semenných rostlin musí pylové zrno překonat i stovky metrů!

# Pyl

- u některých gymnosperm ještě spermatická buňka má zachovalé bičíky
- u většiny gymnosperm a u všech angiosperm jsou však spermatické buňky již bez bičíků
- u těchto rostlin se spermatická buňka dostane do pylové láčky, kde nebude potřeba bičík

# Evoluční výhody semene

- lépe se vzdoruje drsným podmínkám
- semeno vydrží dormantní mnoho měsíců, staletí nebo i tisíciletí
- u mechů ovšem spory vydrží podmínky tak suché, tak mrazivé, nebo tak horké, že by samotná mechová rostlinka za takových okolností nemohla přežít...
- ...prvních 100 miliónů let po přechodu na suchou zem (!) se rostliny rozšiřovaly výhradně sporami



# Gymnosperma nesou „nahá“ semena, obvykle v šiškách

- u nahosemenných se semena nachází na specializovaných listech, které vytváří strobili (šišťice)

# Užitečné termíny

- megasporofyly = listy, nesoucí vajíčka
- mikrosporofyly = listy, nesoucí pyl
- strobilus = šištice
- zralá, zdřevnatělá šištice se někdy zve šiška

# Gymnosperma

- celkem 15 čeledí, 75 – 80 rodů a 820 druhů
- všechny jsou dřeviny – stromy, keře nebo liány
- velmi málo epifyt
- ani jeden druh není primárně vodní
- rostou ve většině oblastí na světě, od 72 stupně na severu po 55 stupeň na jihu
- převládají ve studených, arktických oblastech
- mezi gymnosperma patří nejvyšší, nejstarší, nejobjemnější rostliny na Zemi

# Gymnosperma x Angiosperma

- v xylému jsou pouze tracheidy, nikoli tracheje (s výjimkou Gnetales)
  - angiosperma mají tracheje
- mezi oplyním a oplozením (= mezi polinací a fertilizací) uplyne rok a semeno dozrává tři roky
  - u angiosperm je vše v rámci jedné sezóny
- s výjimkou cykasů a některých Gnetales jsou gymnosperma opylována větrem
  - angiosperma se mohou rozmnožovat i v prostředích, kde nefouká, např. u země v lese

# System nahosemenných

- Cycadophyta
- Ginkgophyta
- Gnetophyta
- Coniferophyta

# Cycadophyta

- dnes kolem 130 druhů
- velké šišky
- listy připomínají palmy
- hojné zejména v druhohorách
  - druhohorám říkáme „věk dinosaurů“, ale klidně bychom jim mohli říkat „věk cykasů“

## PHYLUM CYCADOPHYTA



*Cycas revoluta*

# Cycadophyta

- vznikly před 280 milióny lety v karbonu, ale velkého rozvoje se dočkaly ve druhohorách
- celkem 130 druhů
- dnes dožívají především na jižní polokouli, mnoho druhů je ohroženo vymřením
- jsou palmového vzhledu, i 18 – 20 m vysoké
- cykasy rostou velmi pomalu, 1 m do výšky může trvat i 500 let
- opylování zprostředkovává převážně hmyz!
  - buď zcela, nebo přenášejí na vajíčka pyl ze samičích strobilů, kam jej přenesl vítr
- mezi opylením a oplozením uplyne i 7 měsíců



# Cycadophyta

- semena cykasů jsou často velmi barevná a díky dužnatému obalu jsou často přenášeny ptáky, netopýry, opossumy, želvami a mnoha dalšími živočichy
- všechny cykasy mají zvláštní typ kořenů, tzv. coralloid roots (opravdu se tvarem podobají mořským korálům), ve kterých žijí mutualistické sinice, které umí fixovat vzdušný dusík
  - jedná se o podobný mechanismus, jakým fixují vzdušný dusík bakterie na kořenech bobovitých rostlin





*Cycas circinalis*





*Cycas circinalis* - megasporofyl





*Cycas circinalis* – mladé semeno



*Cycas media* - megasporofyl





*Cycas revoluta* – detail listu





Dioon edule – megasporofyl

*Encephalartos laurentianus*  
samičí strobilus







*Macrozamia moorei*



Samičí strobily čeledi  
Zamiaceae patří mezi nejtěžší a  
největší rostlinné rozmnožovací  
orgány. Šiška má 60 cm délky,  
30 cm v průměru a váží až 40  
kg!

*Zamia floridana*







*Zamia floridana* – samičí strobilus

*Zamia furfuracea*  
samičí a samčí šištice





*Zamia furfuracea*  
brouci konzumují pyl a tím  
cykas opylují



# Ginkgophyta

- známý jen jeden jediný druh, Ginkgo biloba, jinan dvoulaločný, až 30 m výšky
- rostlina je dvoudomá
- skupina pochází z Permu a ještě před 200 milióny lety existovali jedinci, kteří jsou téměř identičtí se současným Ginkgo biloba
- na začátku křídly byli zástupci skupiny široce rozšíření a hojní

# Ginkgophyta

- dnes se často vysazuje ve městech, protože snáší dobře znečištění
  - vysazují se obvykle jen samčí stromy, neboť samičí plody nepříjemně páchnou
- spermatické buňky se umí pohybovat – to je velmi starobylý rys, u nahosemenných známý jedině u cykasů
- Ginkgophyta nejsou blízce příbuzní s žádnou současnou skupinou
- jako jediná rostlinná skupina zde existují pohlavní chromosomy: samičí rostliny mají XX, samčí XY (podobně jako u člověka)



# Ginkgophyta

- polinace probíhá časně na jaře, oplození je zpožděno o 4 – 7 měsíců, poté, co samičí plod spadne na zem
- kvůli silné (a nepříjemné) vůni se usuzuje, že v minulosti byly semena rozšiřována živočichy

# Ginkgophyta

## PHYLUM GINKGOPHYTA





*Ginkgo biloba* (Jinan dvoulaločný) – samičí reprodukční struktury, megasporangia



Ginkgo biloba (Jinan dvoulaločný) – samčí reprodukční struktury, mikrosporangia

# Gnetophyta

- má tři rody: Gnetum, Welwitschia, Ephedra
- Gnetum: 35 druhů, hlavně tropických, Afrika, Asie, listy se podobají listům angiosperm
- Welwitschia: jediný druh, jihozápadní Afrika, jedny z nejdelších listů na světě
- Ephedra: asi 40 druhů, suchá prostředí, z této rostliny se získává efedrin

# Gnetophyta

## PHYLUM GNETOPHYTA

*Welwitschia*



Ovulate cones



*Gnetum*

*Ephedra*







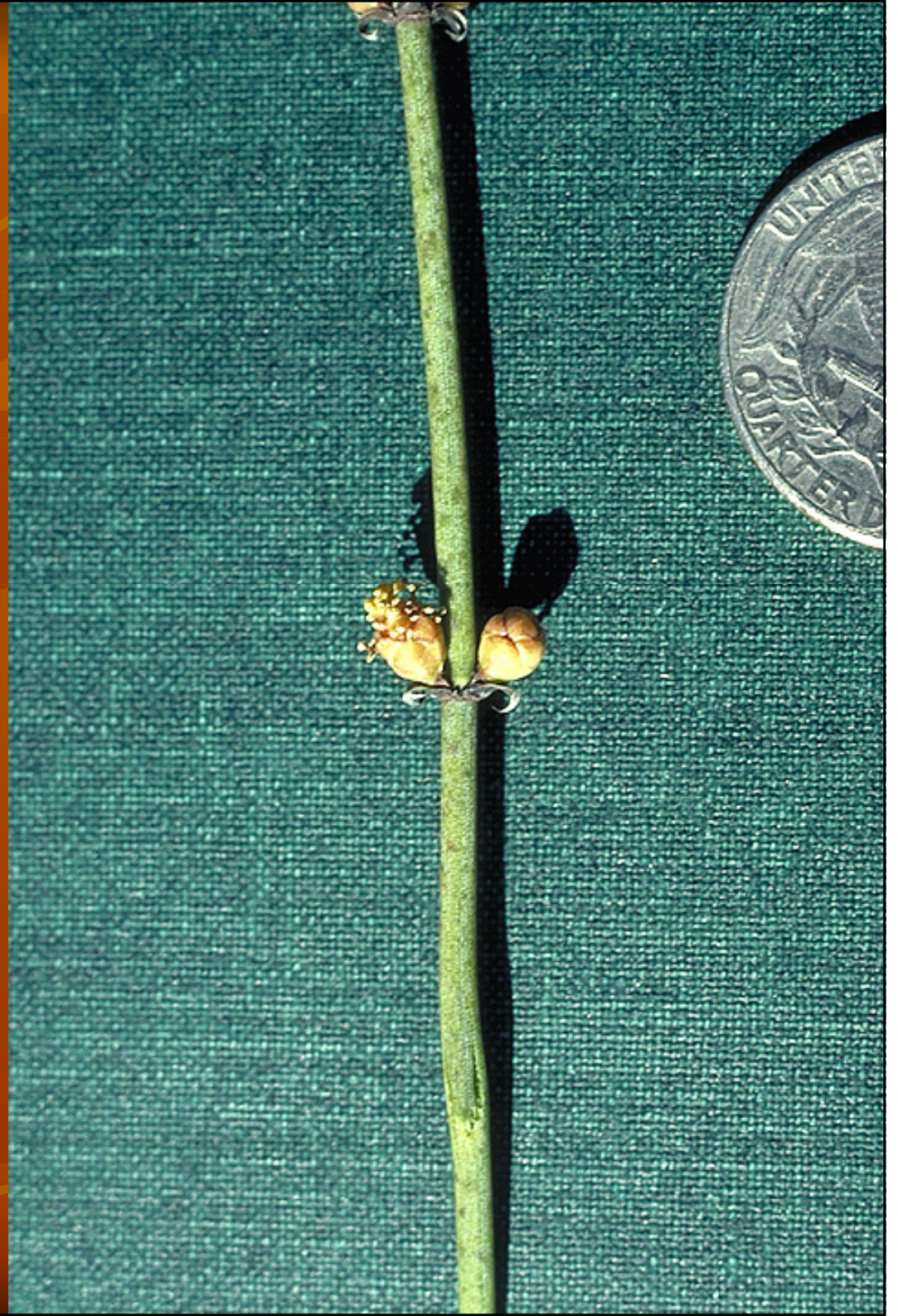
*Ephedra distachya*



*Ephedra viridis*



*Ephedra viridis* - mikrosporangia







*Gnetum* sp. – samičí reprodukční struktury a habitus rostliny

# Coniferophyta

- asi 600 druhů
  - conus = šiška
  - ferre = nosit
- Juniperus (jalovec) má šupiny šišky nesoucí semena dužnatá – šiška tím poněkud připomíná borůvku
- několik druhů dominuje v zalesněných oblastech severní polokoule, kde je krátká vegetační sezóna kvůli zeměpisné poloze nebo nadmořské výšce
- skupina vznikla v karbonu, asi před 300 milióny lety

# Coniferophyta

- většina druhů je vřdyzelených (neopadavých) a mírně se fotosyntetizuje i v zimě
- pylová zrna mají dva vzdušné vaky, které usnadňují let vzduchem
- polinace je svérázná: ze samičího gametofytu ční do prostoru polinační kapka – kapka lepkavé tekutiny, do které se chytí pylové zrno
- pylové zrno může být rovněž zachyceno na víceméně lepkavém povrchu v sousedství ovulu a prorůstá až k oocytu
- když přijde jaro, konifery těží z prvních jarních teplých dnů a ihned fotosyntetizují



# Coniferophyta

## PHYLUM CONIFEROPHYTA



**Douglas fir**



**Common juniper**

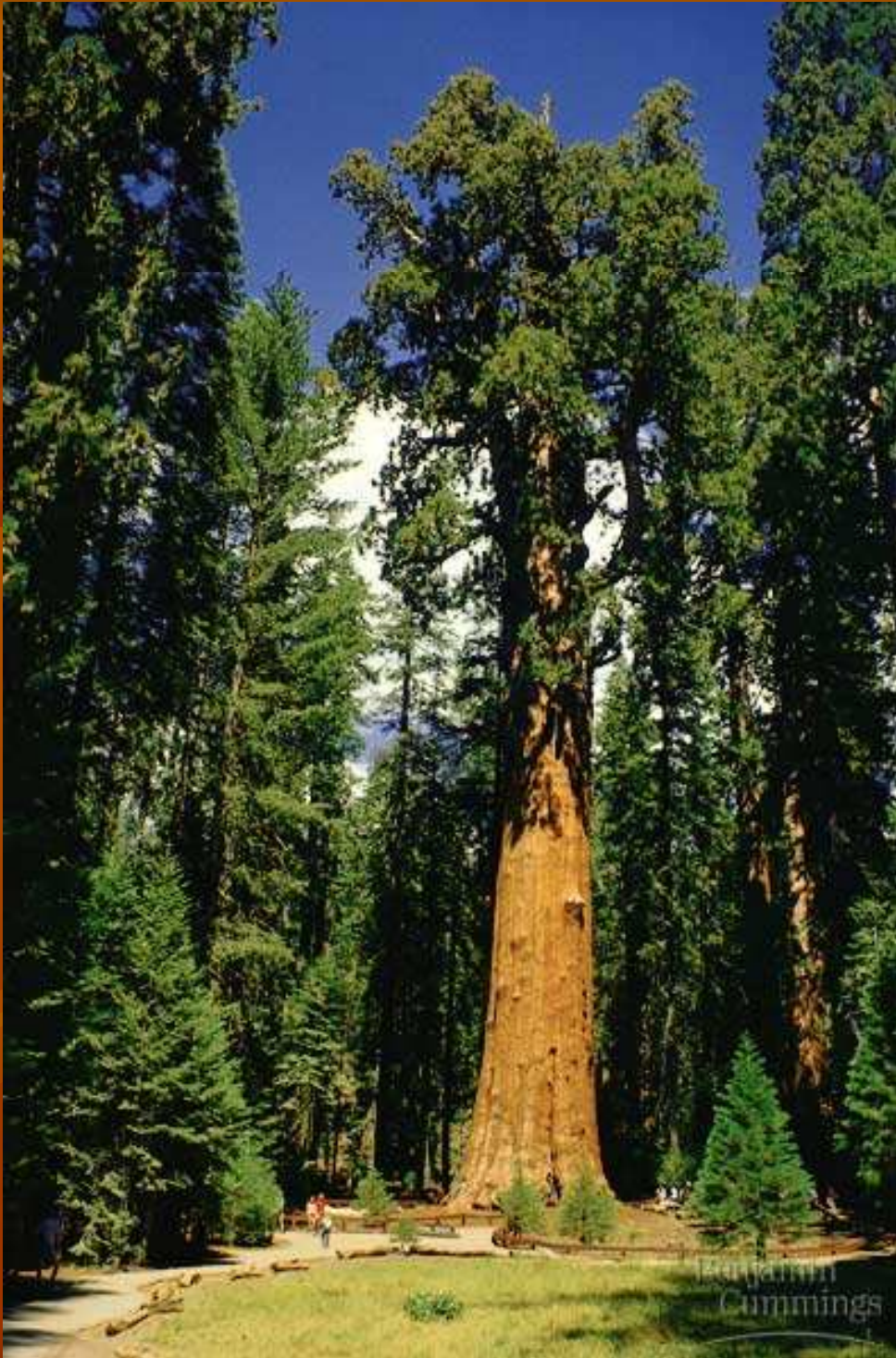
**Pacific yew**



**Wollemia pine**



# Coniferophyta



*Sequoiadendrom giganteum*,  
Sekvojovec obrovský, Kalifornie.  
Tento strom váží 2 500 tun, stejně  
tolik jako 40 000 lidí. jedná se o  
jeden z největších a nejstarších  
organismů na zemi, stáří mezi 1  
800 – 2 700 lety.





# Coniferophyta

Araucariaceae

*Agathis australis*



# Coniferophyta

## Araucariaceae



*Agathis  
australis*  
samčí strobily



A close-up photograph of a person's hand holding a branch of a tree. The branch has several large, flat, green leaves with prominent veins. The background is a blurred green field. The text 'Coniferophyta' and 'Araucariaceae' is overlaid on the left side of the image.

**Coniferophyta**  
**Araucariaceae**

Agathis robusta - list

# Coniferophyta

Araucariaceae

*Agathis angustifolia* - habitus





# Coniferophyta

Araucariaceae

*Araucaria bidwillii* - větev



# Coniferophyta

Araucariaceae

*Araucaria bidwillii* – samičí šištice







# Coniferophyta

Araucariaceae

*Araucaria columnaris*

# Coniferophyta

Araucariaceae



*Araucaria heterophylla*



A close-up photograph of a branch of Araucaria heterophylla. The branch is covered in dense, fine, needle-like foliage that appears as a thick, green, textured mass. The lighting is bright, highlighting the intricate details of the plant's structure. The background is blurred, showing other green foliage.

**Coniferophyta**  
**Araucariaceae**

*Araucaria heterophylla* - větev



# Coniferophyta

## Araucariaceae

*Araucaria heterophylla* –  
samčí strobily produkující  
pyl



A close-up photograph of a Callitris rhomboidea branch. The branch is covered in small, green, needle-like leaves. Several dark, woody, and textured cones are attached to the branch. The cones are composed of multiple overlapping scales, giving them a bumpy appearance. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a natural outdoor setting.

# Coniferophyta

## Cupressaceae

*Callitris rhomboidea*

# Coniferophyta

Cupressaceae

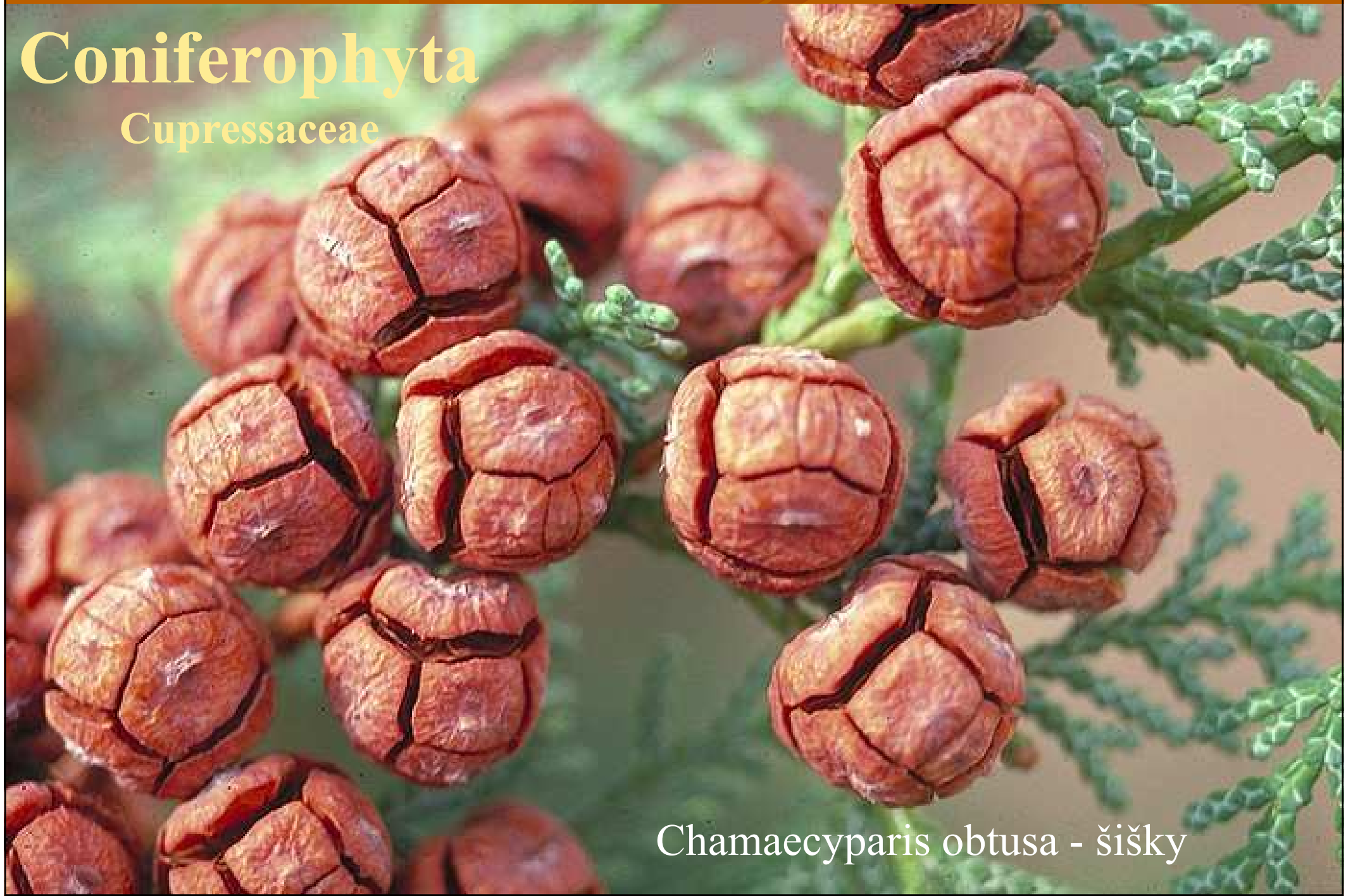
*Chamaecyparis obtusa*





# Coniferophyta

## Cupressaceae



*Chamaecyparis obtusa* - šišky

# Coniferophyta

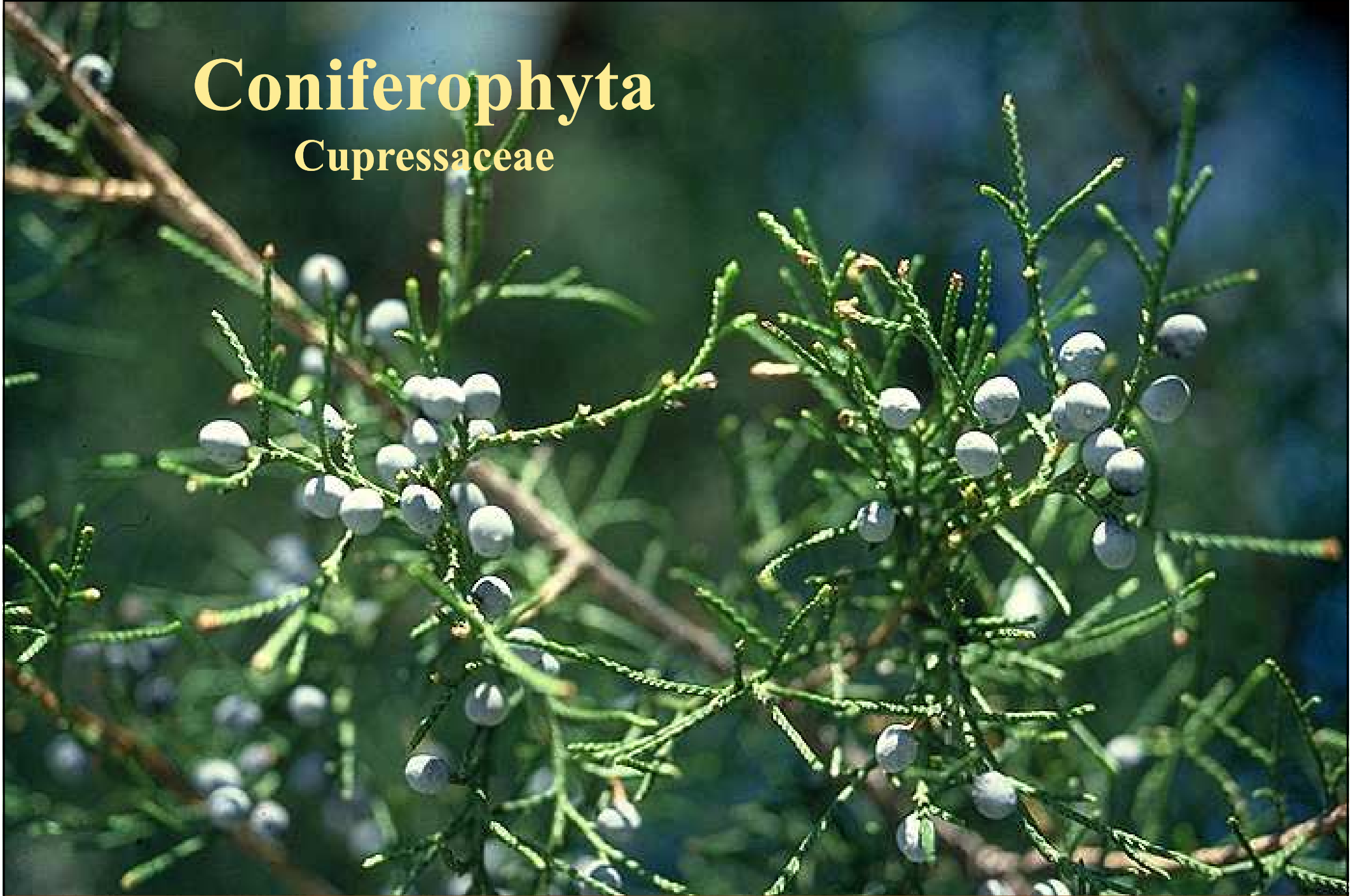
## Cupressaceae

*Juniperus occidentalis*



# Coniferophyta

## Cupressaceae



*Juniperus virginiana*



A close-up photograph of the branches of a Metasequoia glyptostroboides tree. The branches are covered in vibrant green, needle-like leaves that are arranged in dense, feathery clusters. Several reddish-brown, elongated cones are visible, hanging from the branches. The background is a soft-focus green, suggesting a dense forest setting.

# Coniferophyta

## Cupressaceae

*Metasequoia glyptostroboides*

# Coniferophyta

## Cupressaceae



Sequoia sempervirens – větev se samičími šišticemi





# Coniferophyta

## Cupressaceae

*Sequoiadendron giganteum*





# Coniferophyta

## Cupressaceae

Taxodium ascendens – šišky v  
čase polinace



# Coniferophyta

## Cupressaceae

Taxodium ascendens – dospělé  
šišky





**Coniferophyta**  
**Cupressaceae**

*Taxodium distichum*

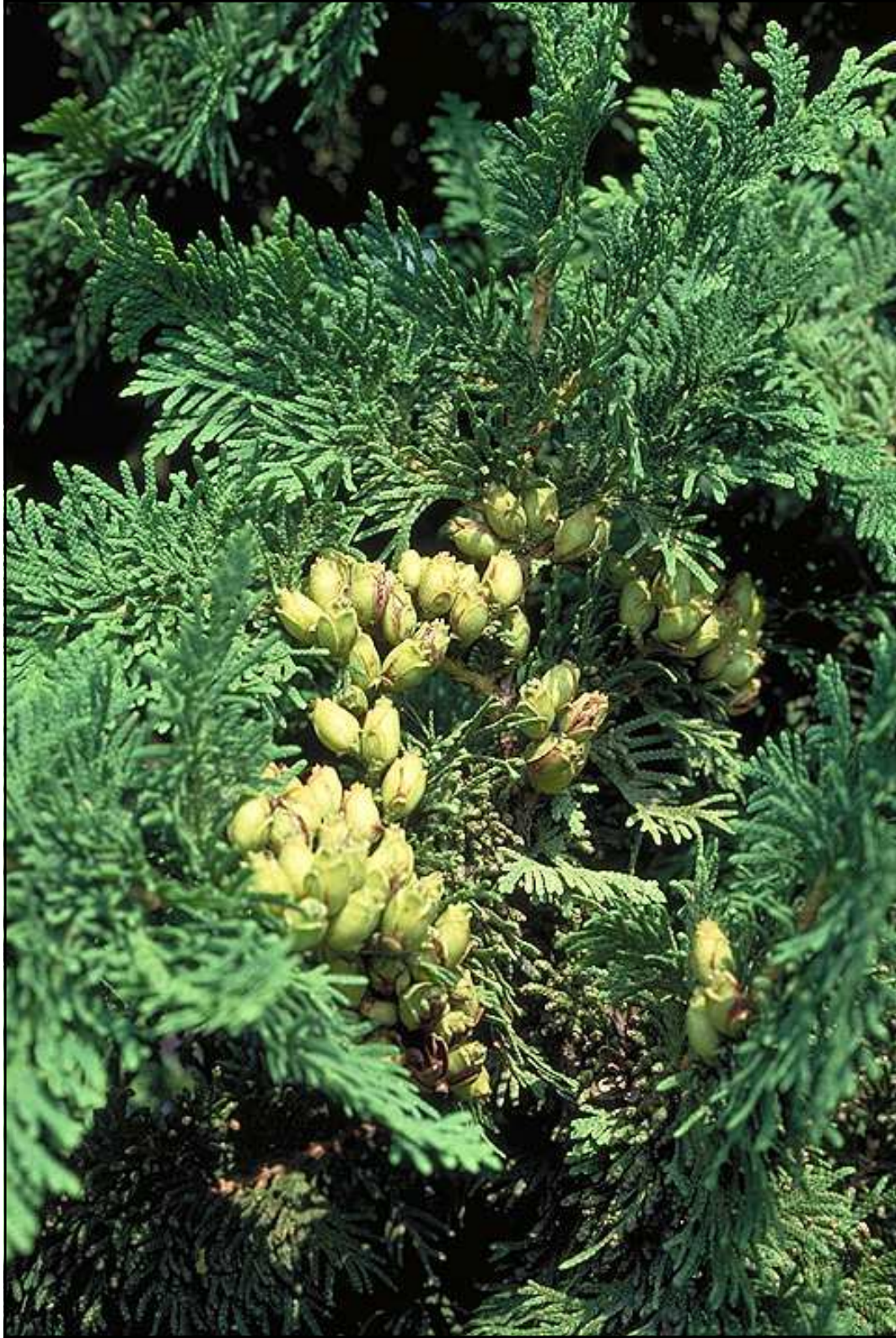




Coniferophyta  
Cupressaceae

*Taxodium distichum*





# Coniferophyta

## Cupressaceae

*Thuja occidentalis*

# Coniferophyta

Pinaceae



*Abies balsamea* – větev se samčími strobily a osou ze staré šišky





# Coniferophyta

Pinaceae

*Abies concolor*





# Coniferophyta

Pinaceae

*Abies magnifica*





# Coniferophyta

Pinaceae

*Abies alba.* – větev se samičí šišticí



# Coniferophyta

## Pinaceae



Larix laricina – větev se samičími strobily



# Coniferophyta

Pinaceae



*Picea engelmannii*



# Coniferophyta

## Pinaceae



*Picea stichensis*



# Coniferophyta

Pinaceae



*Picea attenuata* – šišky v různých fázích otevírání

# Coniferophyta

Pinaceae



*Pinus longaeva*





# Coniferophyta

Pinaceae

*Pinus palustris*





# Coniferophyta

## Pinaceae

*Pinus palustris* (vlevo) a *Pinus  
elliottii* (vpravo)





# Coniferophyta

Pinaceae

*Pinus strobus*  
borovice vejmutovka

# Coniferophyta

## Pinaceae



Pinus taeda – detail samčích strobilů



# Coniferophyta

Pinaceae

*Pseudotsuga menziesii*



# Coniferophyta

## Podocarpaceae

*Dacrydium araucarioides*



# Coniferophyta

## Podocarpaceae



*Podocarpus aristulatus*





# Coniferophyta

## Podocarpaceae

*Podocarpus angustifolius* -  
mladé samčí strobily



# Coniferophyta

## Podocarpaceae

*Podocarpus macrophylla* –  
nezralé samičí strobily





# Coniferophyta

## Podocarpaceae

*Podocarpus macrophylla*



# Coniferophyta

Taxaceae



*Taxus baccata*

# Coniferophyta

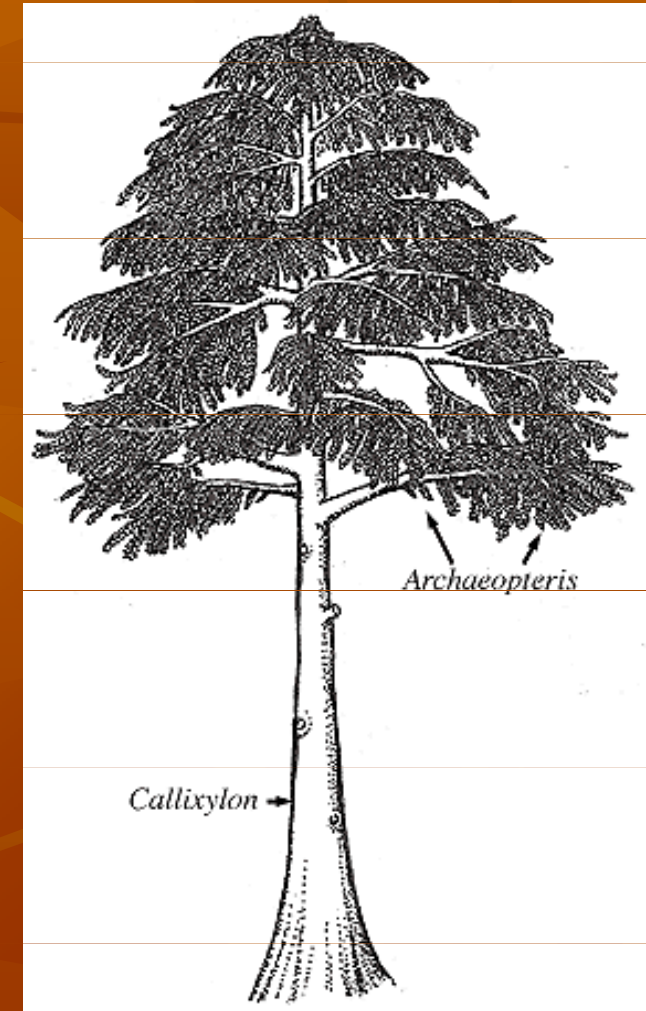
Taxaceae



*Taxus baccata* tis červený

# Evolve gymnosperm

- na konci devonu začaly mít některé rostliny parametry semenných rostlin
- Archaeopteris – heterosporní strom, který vytvářel dřevo, neměl ovšem semena
- takovéto rostliny nazýváme progymnosperma



Archaeopteris. Nález kmene byl původně označen jako jiný druh, Callixylon



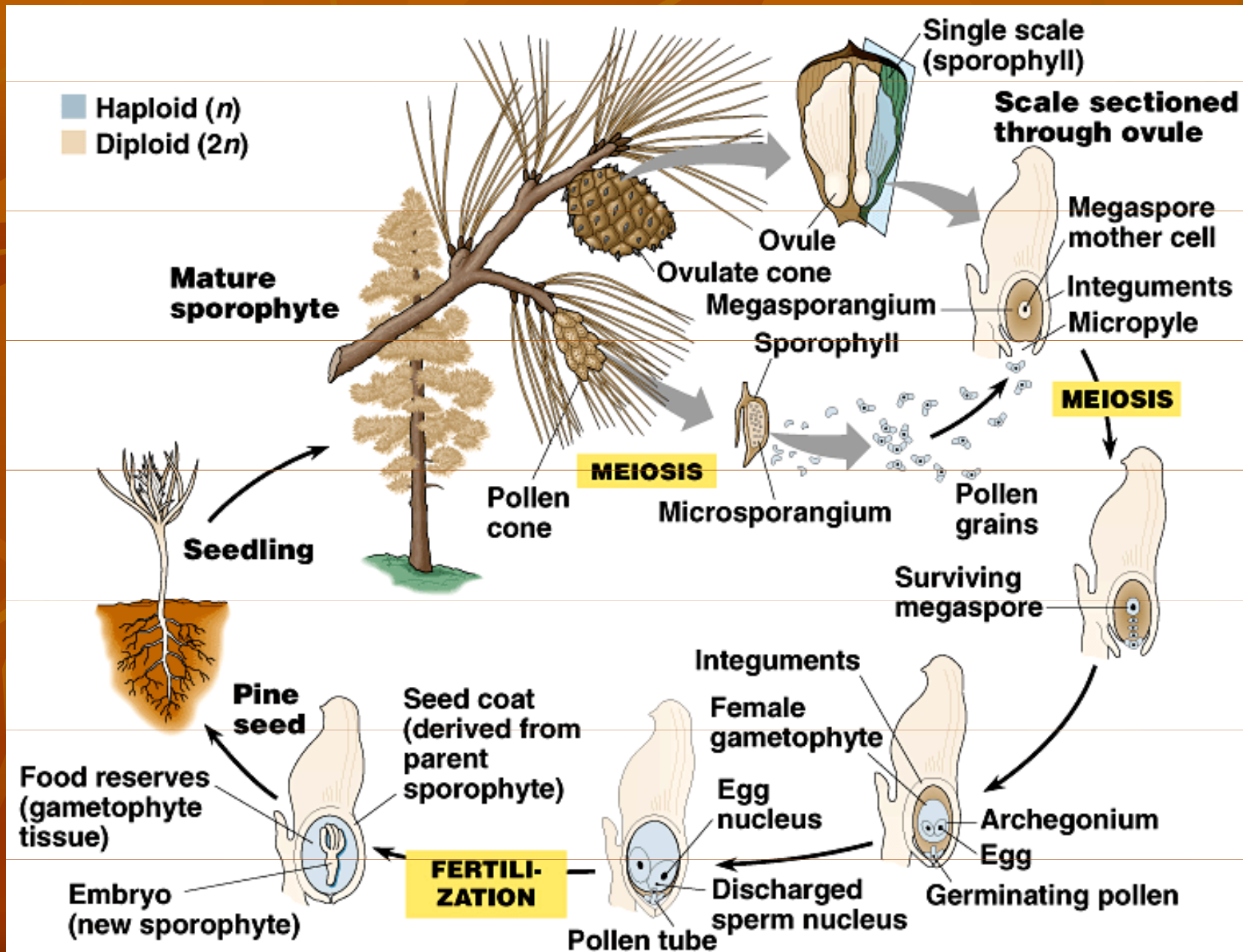
# Evolution of gymnosperms

- gymnosperms arose 360 million years ago, at the beginning of the Carboniferous and will dominate for the next 200 million years (!)
- the first gymnosperms lived in the Carboniferous, when ferns, horsetails and clubmosses were still dominant
- in the Permian the climate became drier and warmer, which helped the spread of gymnosperms
- although the most dramatic changes were in the sea, on land many species went extinct and many new ones appeared

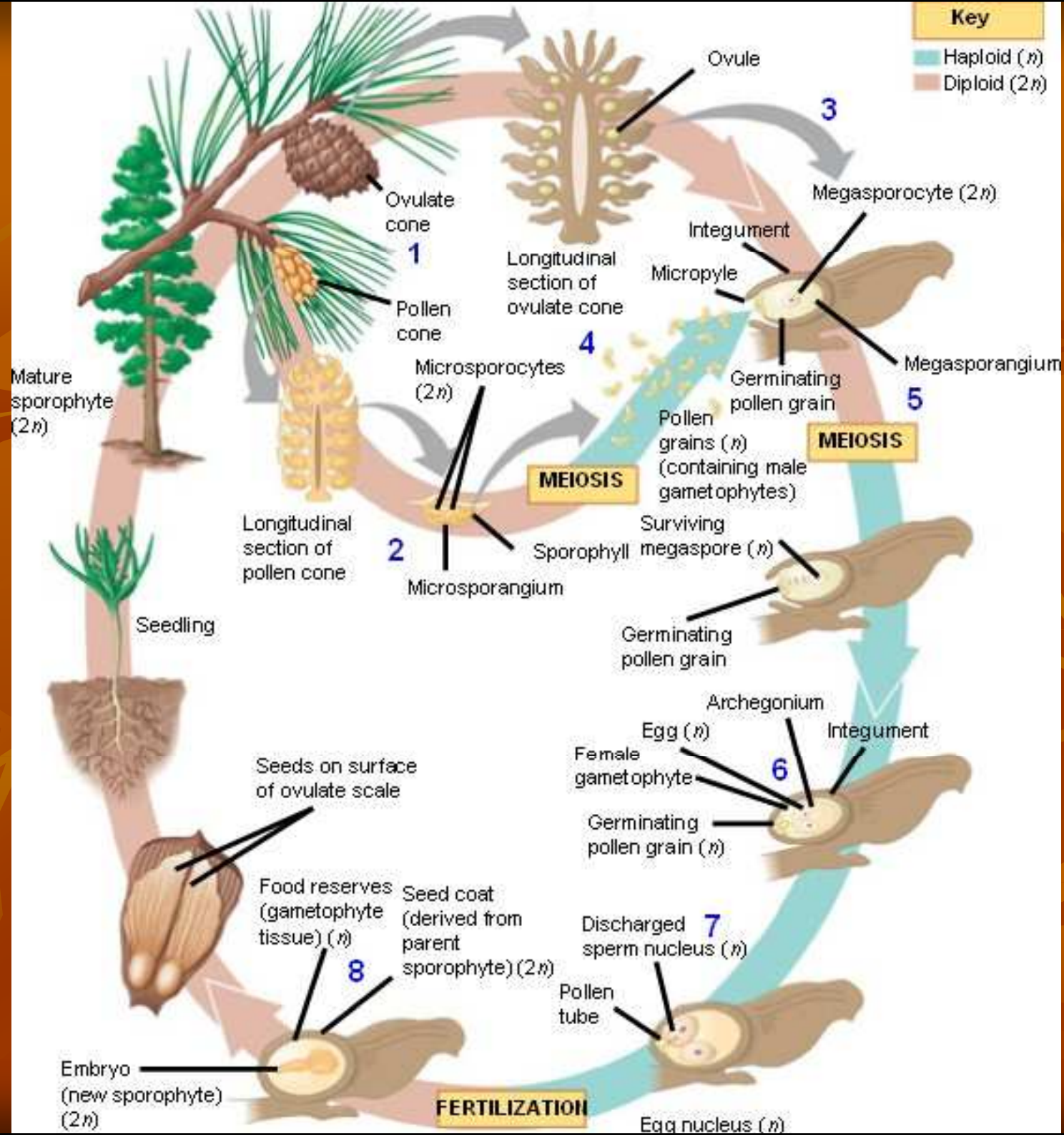
# Evolution of gymnosperms

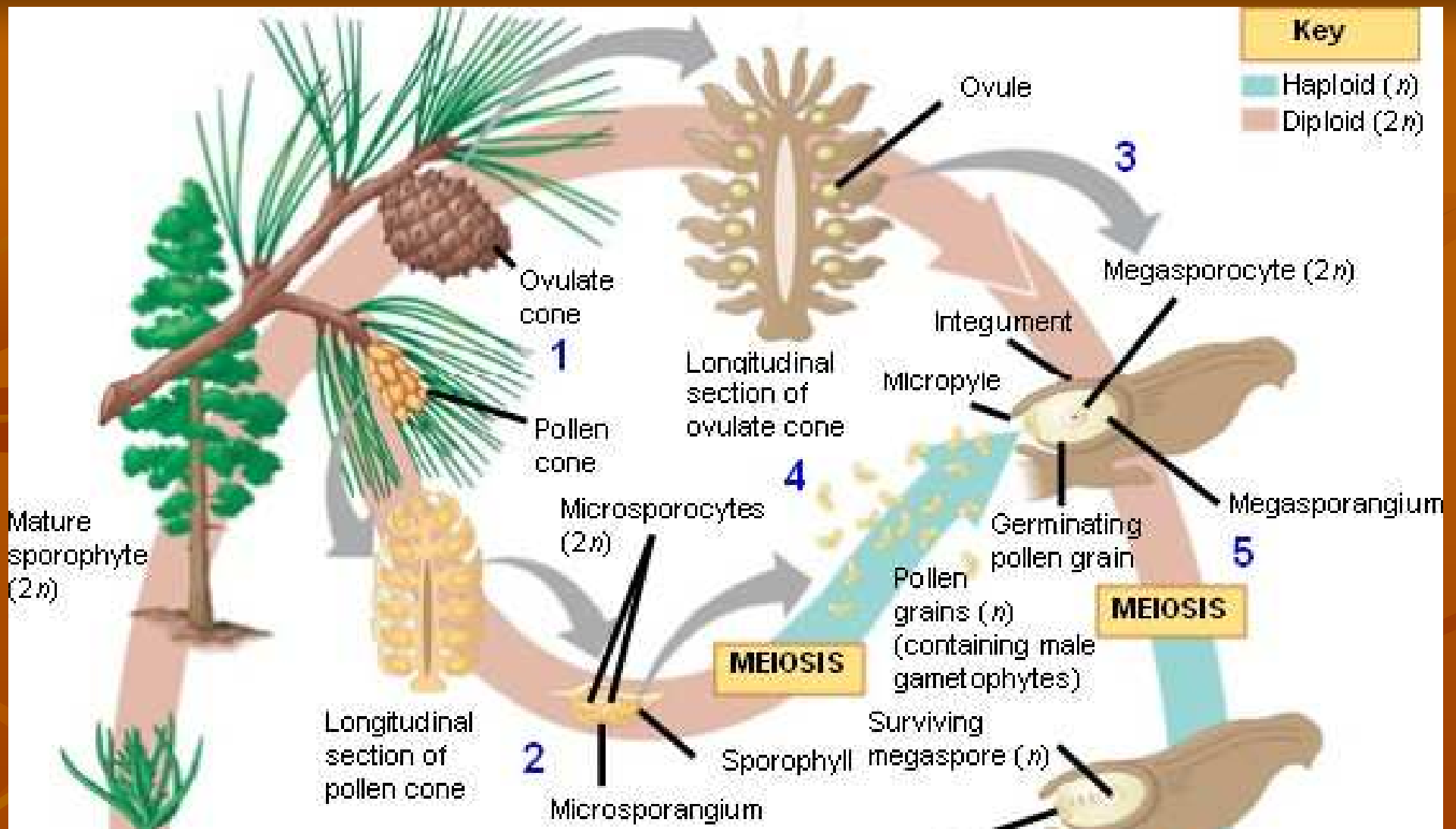
- amphibians began to gradually give way to „reptiles“, which were much better adapted to dryness
- similarly, swamps and ferns were replaced by gymnosperms, which are much better adapted to dryness – they have thin leaves, with a thick cuticle
- at the beginning of the Mesozoic (Jurassic) gymnosperms dominated and were the food of herbivorous dinosaurs
- at the end of the Jurassic the climate cooled significantly, dinosaurs died out, and even in many areas gymnosperms were replaced by angiosperms, but they still remain dominant in many areas by conifers

# Životní cyklus borovice









1. Strom borovice je sporofyt, sporangia jsou umístěny na šupinovitých listech, které jsou hustě nahloučeny u sebe a tvoří šištici

Jako všechny semenné rostliny jsou borovice heterosporní

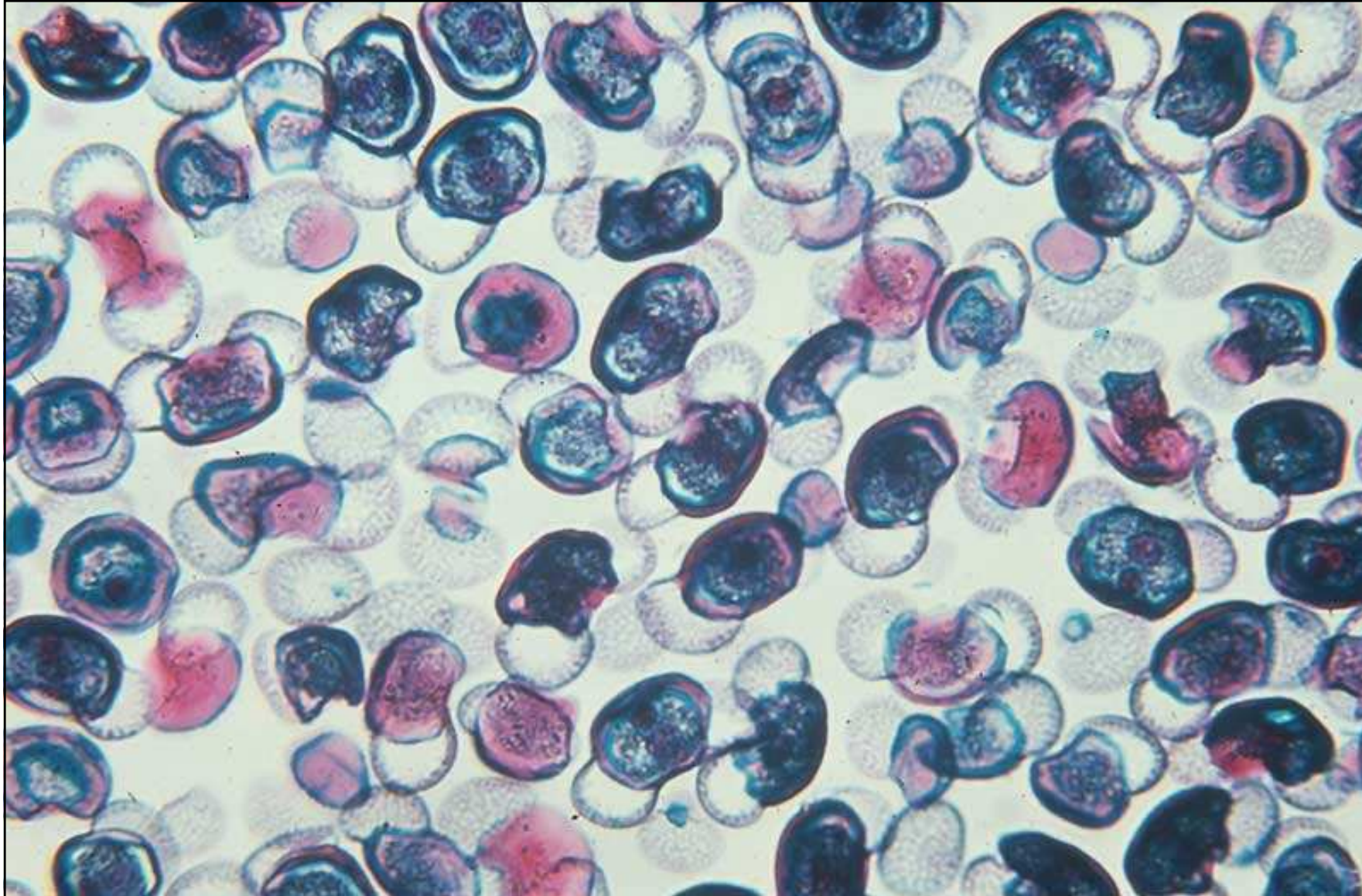




U konifer se tvoří dva typy spor: malé pylové šištice vytvářejí pyl a velké šištice obsahují ovulum. U většiny konifer nese jeden strom oba typy šištic. V pylových šišticích mikrosporocyty (= buňky, ze kterých vzniknou mikrospory) podléhají meiose a dají vznik mikrosporám. Každá mikrospora se změní v pylové zrno, obsahující samčí gametofyt. V samičích šišticích megasporocyt podlehne meiose a dá vznik megasporám.







Pylové zrno je opatřeno dvěma měchýřky, aby lépe plachtilo vzduchem. Vzhledem k tomu, že vítr je nespecifický přenašeč, vzniká na jehličnanech obrovské množství pylu, které zbarvuje do žluta okraje kalužin nebo karoserie zaparkovaných aut.

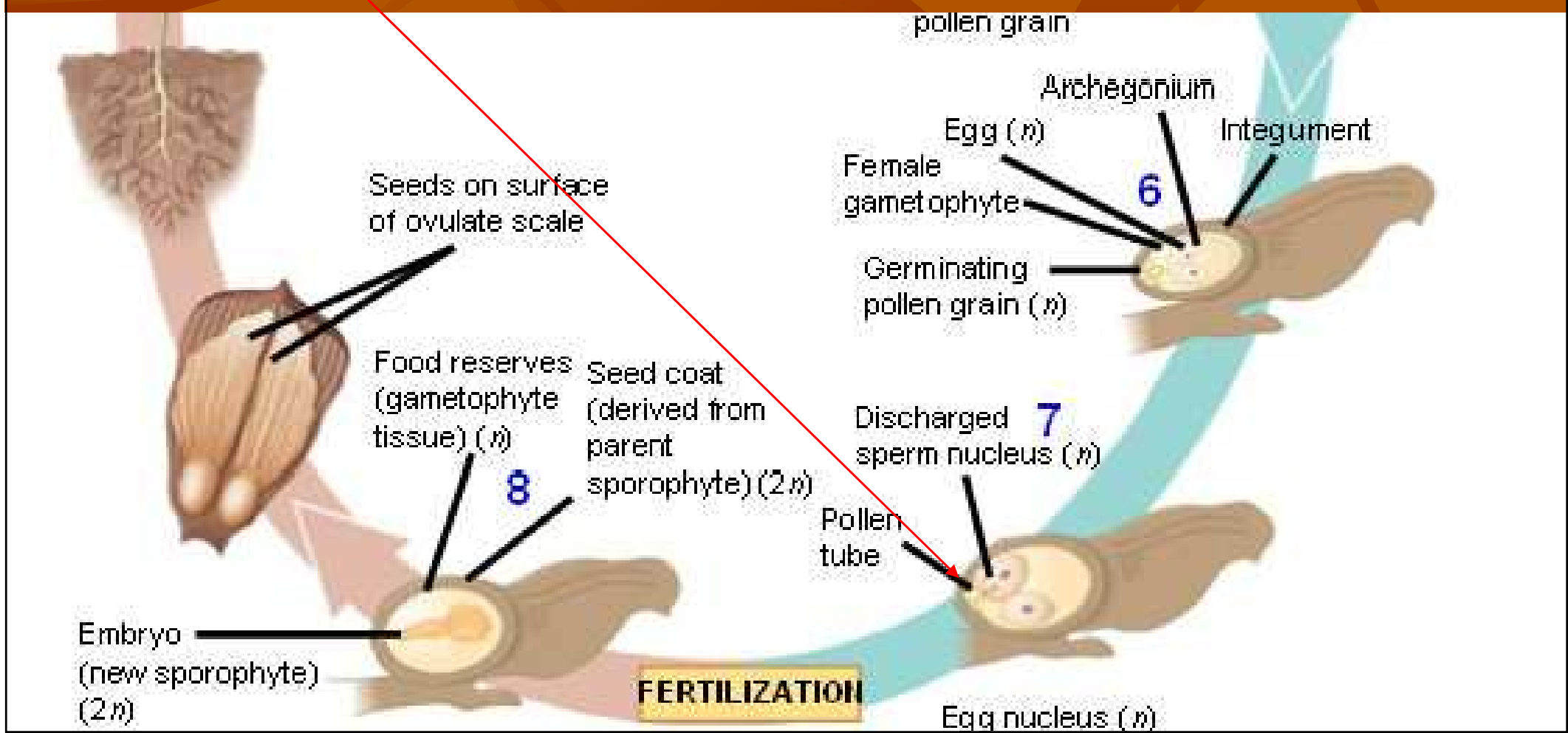


Benjamin  
Cummings





6. Pod integumentem je tzv. nucellus. Jedna z jeho buněk se meiosou rozdělí na obvyklé 4 buňky - spory, 3 z nich zanikají, zbylá vyroste v maličký gametofyt, či samičí prvoklíček, prokel. Na něm vznikne 3 – 6 archegonií, v každé bude po jedné vaječné buňce. Zralá vajíčka vyloučí na tzv. kloovém otvoru polinační kapku, na které se zachytí pylová zrna roznášená větrem



7. Pyl prorůstá skrze nucellus k vajíčkům. V zimě se růst zastaví a bude pokračovat až v červnu příštího roku. Jedna ze spermatických buněk nakonec oplodní vajíčko. Zygota se pak promění v semeno a samičí šištice v plodní šišku.

