



Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

Nahosemenné

Petr Bureš



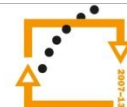
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Společné znaky semenných rostlin, (nahosemenných i krytosemenných)

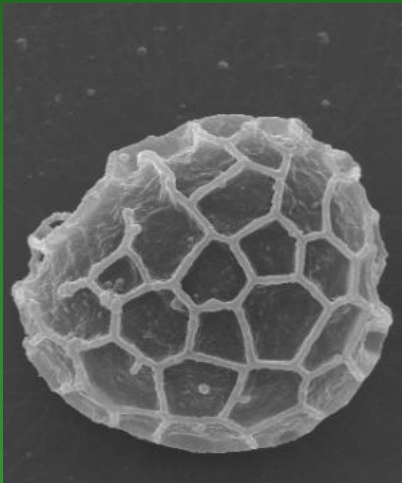
odlišující je od

výtrusných vyšších rostlin (jätrovek, mechů, hlevíků, plavuní, kapradin a jejich příbuzných)

1. Spora vers. semeno

Spora čili výtrus

- 1 rozmnožovací buňka,
- vzniká meiózou v zárodečné vrstvě sporangia
- krytá rezistentním obalem ze sporopoleninu



spóra *Lycopodium clavatum*

Semeno

- mnohobuněčný rozmnožovací orgán
- vzniklý z oplozeného vajíčka,
- krytý osemením (testou) = přeměněný integument

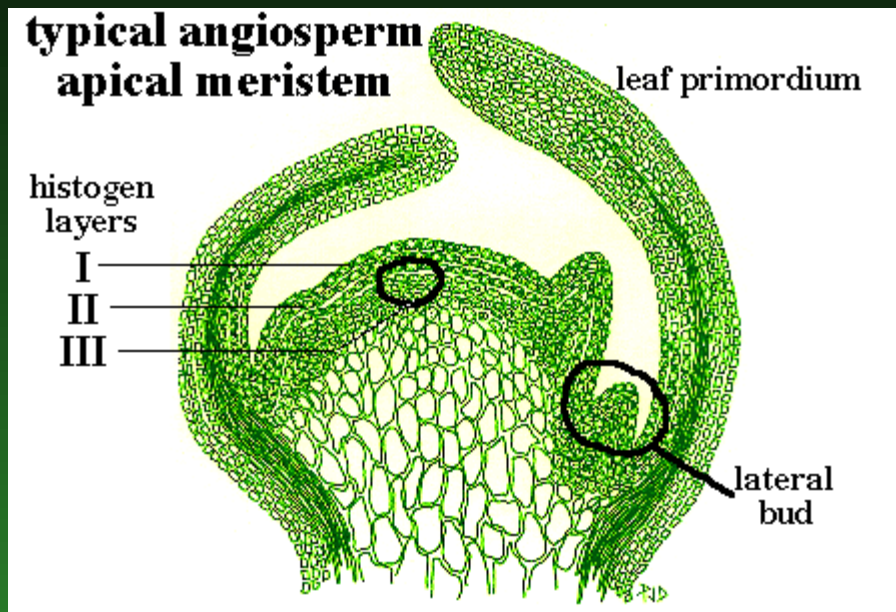


uvnitř: zárodek (embryo) + živné pletivo

– **primární** ž.p. (perisperm) = zbytek megaprothalia (nucellu) **u nahosemenných**

+ **sekundární** ž.p. (endosperm) **u krytosemenných**

2. Vzrostný vrchol stonku

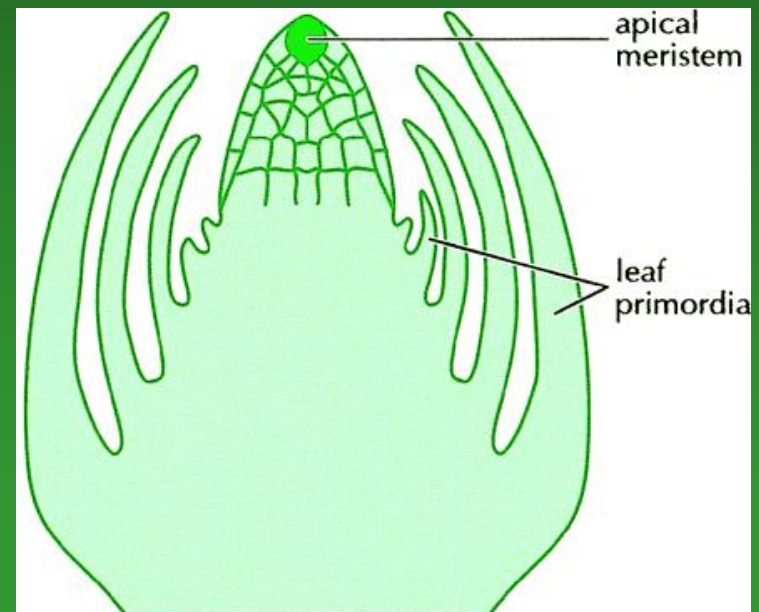


semenné (naho- i kryto-)

apikální meristém
mnohobuněčný,
vícevrstevný

výtrusné (mechorostů,
plavuně a monilofyty)

– zpravidla jediná buňka



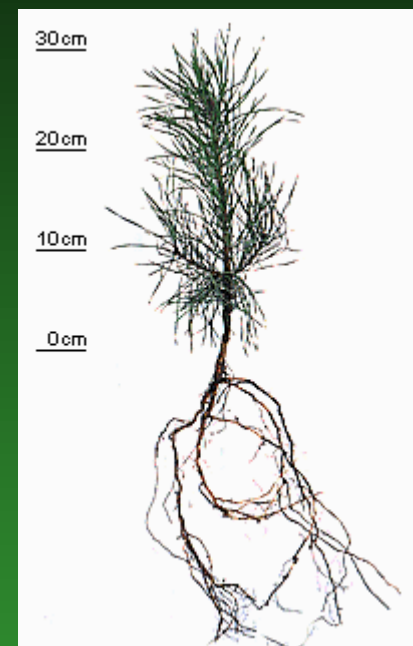
3. Pravé kořeny

Nepravé kořeny výtrusných



Pravé kořeny semenných rostlin

semenáček borovice



klíčící cykas



klíčící jinan



klíčící hrách

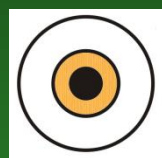
4. Vodivé elementy stonku = eustélé nebo ataktostélé



Plektostélé – plavuně



Aktinostélé – plavuně,
eusporangiální kapradiny



Protostélé – nejpůvodnější typ
ryniofyty, plavuně,
vz. kapradiny



Sifonostélé – ve středu stélé dutina
nebo dřeň (sifon), (*Osmunda*)



Solenostélé – dutina, lýko, dřevo,
lýko, *Adiantum*, *Dicksonia*,
Marsilea

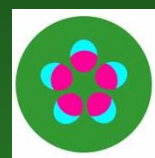


Diktyostélé – síť dřevostředných
cévních svazků v oddencích
kapradin



Arthrostélé – do kruhu uspořádané uzavřené
cévní svazky ve stoncích přesliček

Semenné rostliny



Eustélé – souvislé válce lýka a dřeva
rozdělené radiálně procházejícími
dřevnými paprsky na větší počet
cévních svazků kolaterálních, které jsou
kruhovitě uspořádány

**nahosemenné, bazální
krytosemenné a
dvouděložné**

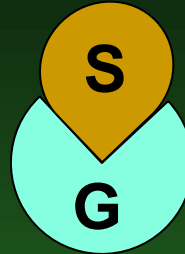


Ataktostélé – cévní svazky senepřavidelně
rozložily v parenchymu, nevyvíjí se zde
kambium a rostliny tohoto typu tedy
nemohou druhotně tloustnout

**(jednoděložné, *Piperaceae*, některé
Amaranthaceae)**

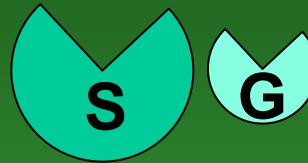
5. Konec samostatnosti gametofytu

Mechorosty
(játrovky, mechy, hlevíky)



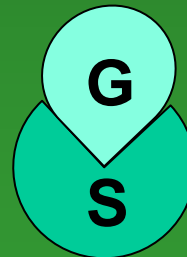
– sporofyt závislý na gametofytu

Výtrusné cévnaté rostliny
(ryniofyty, plavuně,
monilofyty)



– gametofyt i sporofyt samostatné
(někdy ze zásob – *Selaginella*,
Isoëtes, *Salviniales*).

Semenné rostliny
(nahosemenné,
krytosemenné)



– gametofyt závislý na sporofytu

Oplození přestane být závislé na vodě

6. Pokročilá redukce gametofytu semenných rostlin

Mikroprothalamium (desítky μm ; 5–3 buňky)

- (1) v mikrosporangiu \rightarrow mnoho mikrospor
- (2) mikrospora endosporicky \rightarrow 2-3 buněčné pylové zrno
- (3) pylové zrno (nezralý gametofyt) opouští mikrosporangium

P G

6. Pokročilá redukce gametofytu semenných rostlin

Mikroprothalamium (desítky μm ; 5–3 buňky)

- (1) v mikrosporangiu \rightarrow mnoho mikrospor
- (2) mikrospora endosporicky \rightarrow 2-3 buněčné pylové zrno
- (3) pylové zrno (nezralý gametofyt) opouští mikrosporangium



nahosemenné

krytosemenné

6. Pokročilá redukce gametofytu semenných rostlin

Mikroprothalamium (desítky μm ; 5–3 buňky)

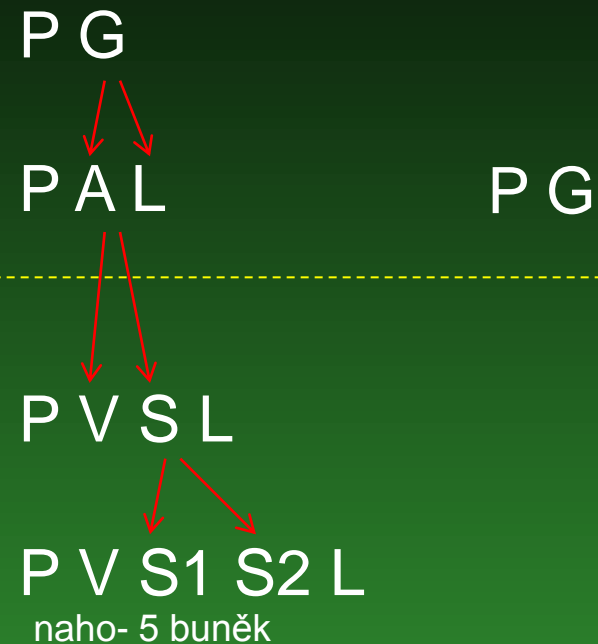
- (1) v mikrosporangiu \rightarrow mnoho mikrospor
- (2) mikrospora endosporicky \rightarrow 2-3 buněčné pylové zrno
- (3) pylové zrno (nezralý gametofyt) opouští mikrosporangium



6. Pokročilá redukce gametofytu semenných rostlin

Mikroprothalamium (desítky μm ; 5–3 buňky)

- (1) v mikrosporangiu \rightarrow mnoho mikrospor
 - (2) mikrospora endosporicky \rightarrow 2-3 buněčné pylové zrno
 - (3) pylové zrno (nezralý gametofyt) opouští mikrosporangium
-
- (4) dostává se na samičí orgán (= polinační kapku nebo bliznu)
 - (5) blána mikrospory praská \rightarrow pylová láčka vyživovaná u nahosemenných pletivem nucellu u krytosemenných pletivy pestíku
 - (6) na konci láčky \rightarrow 2 spermatozoidy nebo 2 spermatické buňky.



nahosemenné

krytosemenné

6. Pokročilá redukce gametofytu semenných rostlin

Mikroprothalamium (desítky μm ; 5–3 buňky)

- (1) v mikrosporangiu \rightarrow mnoho mikrospor
 - (2) mikrospora endosporicky \rightarrow 2-3 buněčné pylové zrno
 - (3) pylové zrno (nezralý gametofyt) opouští mikrosporangium
-
- (4) dostává se na samičí orgán (= polinační kapku nebo bliznu)
 - (5) blána mikrospory praská \rightarrow pylová láčka vyživovaná u nahosemenných pletivem nucellu u krytosemenných pletivy pestíku
 - (6) na konci láčky \rightarrow 2 spermatozoidy nebo 2 spermatické buňky.

P G

P A L

P V S L

P V S1 S2 L
nahosemenné - 5 buněk

P G

P S1 S2

krytosemenné - 3 buňky

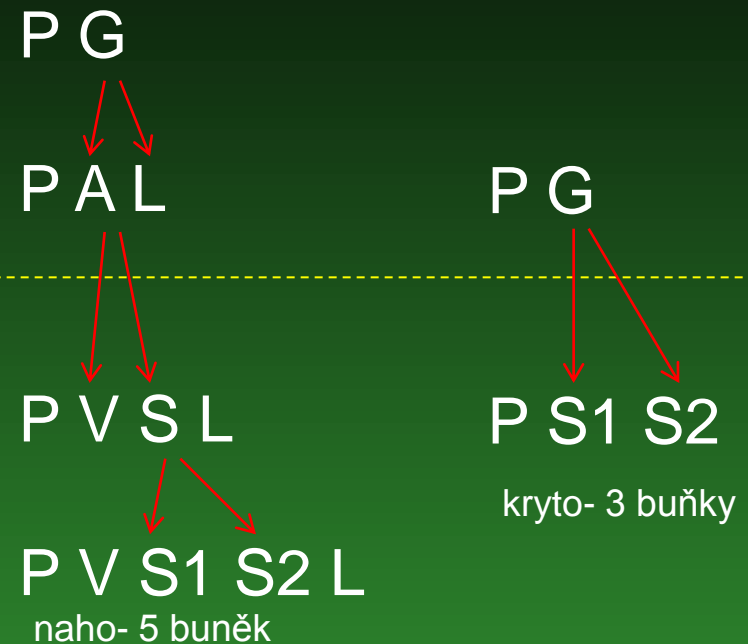
nahosemenné

krytosemenné

6. Pokročilá redukce gametofytu semenných rostlin

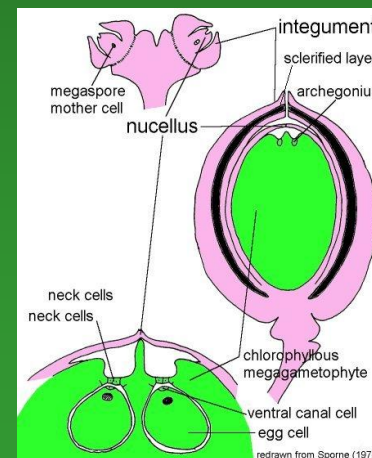
Mikroprothalamium (desítky μm ; 5–3 buňky)

- (1) v mikrosporangiu \rightarrow mnoho mikrospor
 - (2) mikrospora endosporicky \rightarrow 2-3 buněčné pylové zrno
 - (3) pylové zrno (nezralý gametofyt) opouští mikrosporangium
-
- (4) dostává se na samičí orgán (= polinační kapku nebo bliznu)
 - (5) blána mikrospory praská \rightarrow pylová láčka vyživovaná u nahosemenných pletivem nucellu u krytosemenných pletivy pestíku
 - (6) na konci láčky \rightarrow 2 spermatozoidy nebo 2 spermatické buňky.



Megaprothalamium (mm– μm ; mnoho–8 buněk)

- (1) v megasporangiu \rightarrow jediná megaspóra (nikdy jej neopustí)
- (2) z megaspóry \rightarrow megaprothalamium uvnitř vajíčka = megaprothalamium obaleno jak stěnou megasporangia, tak integumentem (u nahosemenných je megaprothalamium mnohobuněčné zpravidla ještě s archegonií)
- (3) u krytosemenných je megaprothalamium jen zárodečný vak obsahující zpravidla jen osm jader/buněk



nahosemenné

krytosemenné

6. Pokročilá redukce gametofytu semenných rostlin

Mikroprothalamium (desítky μm ; 5–3 buňky)

- (1) v mikrosporangiu \rightarrow mnoho mikrospor
 - (2) mikrospora endosporicky \rightarrow 2-3 buněčné pylové zrno
 - (3) pylové zrno (nezralý gametofyt) opouští mikrosporangium
-
- (4) dostává se na samičí orgán (= polinační kapku nebo bliznu)
 - (5) blána mikrospory praská \rightarrow pylová láčka vyživovaná u nahosemenných pletivem nucellu u krytosemenných pletivy pestíku
 - (6) na konci láčky \rightarrow 2 spermatozoidy nebo 2 spermatické buňky.

P G

P A L

P V S L

P V S1 S2 L

nahosemenné - 5 buněk

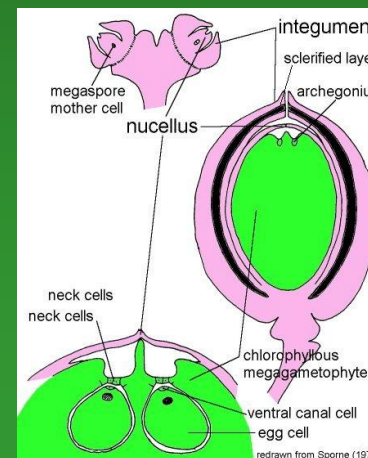
P G

P S1 S2

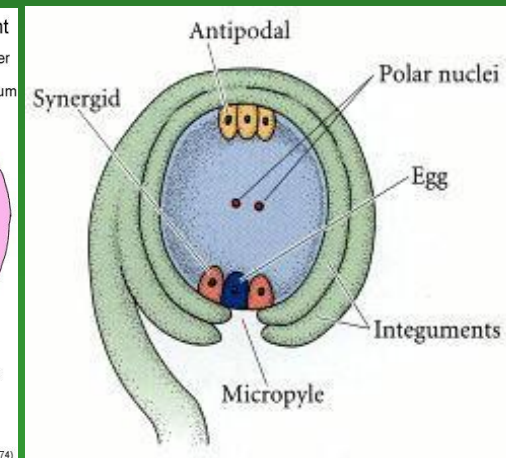
krytosemenné - 3 buňky

Megaprothalamium (mm– μm ; mnoho–8 buněk)

- (1) v megasporangiu \rightarrow jediná megaspóra (nikdy jej neopustí)
- (2) z megaspóry \rightarrow megaprothalamium uvnitř vajíčka = megaprothalamium obaleno jak stěnou megasporangia, tak integumentem (u nahosemenných je megaprothalamium mnohobuněčné zpravidla ještě s archegonií)
- (3) u krytosemenných je megaprothalamium jen zárodečný vak obsahující zpravidla jen osm jader/buněk



nahosemenné



krytosemenné

7. Genetické důsledky semennosti

- a) znemožnění totální homozygotizace následkem selfingu v rámci oboupohlavného gametofytu
- b) centromerický tah v soutěži homologů a z toho plynoucí evoluce divergence karyotypů

8. Evoluce parazitismu a myko-heterotrofie

- Výtrusné autotrofní rostliny (řasy, mechorosty, plavuně a kaprad'orosty) nevytvářejí parazitické formy (výjimečně jen myko-heterotrofní gametofyty plavuní, a tř. *Psilotopsida*)
- U semenných rostlin vznikl parazitismus v řadě nezávislých linií opakovaně!



Hydnora, Hydnoraceae



Lathraea, Orobanchaceae

Parasitaxus usta, Podocarpaceae
(nahosemenný parazit nahosemenných rostlin)



Hyobanche, Orobanchaceae



Cuscuta, Convolvulaceae



Monotropa hypopitys, Ericaceae



Sarcodes sanguinea, Ericaceae



Neottia nidus-avis, Orchidaceae



Viscum, Santalaceae



Rafflesia, Rafflesiaceae

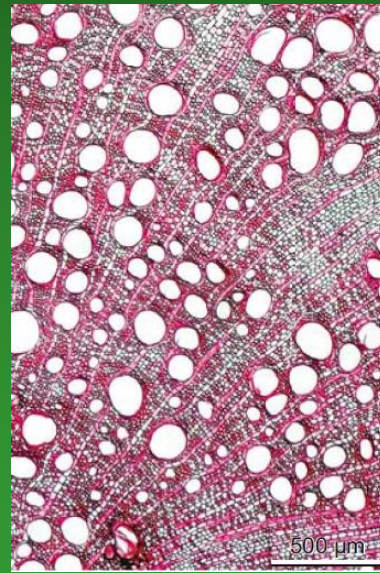
Myko-heterotrofní paraziti hub = „analogy“ prothalíí u *Lycopodium, Psilotum, Ophioglossum, ...*

Xylem – většinou tvoří **jen tracheidy a parenchym**; jen *Gnetopsida* mají i tracheidy; krytosemenné mají navíc tracheje a libriformní fibrily

Floem – jen **sítkové buňky** (+ buňky Strassburgerovy); krytosemenné mají sítkovice (+ přidružené buňky)

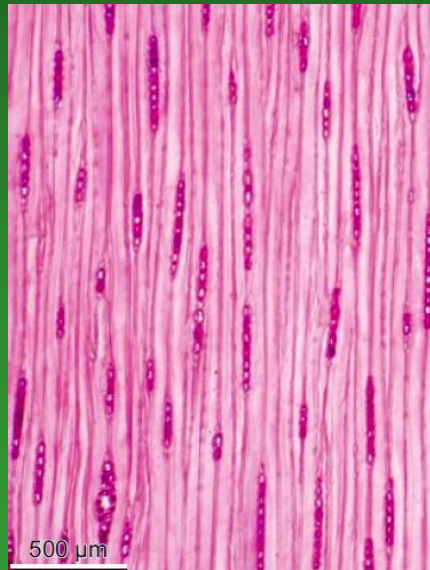
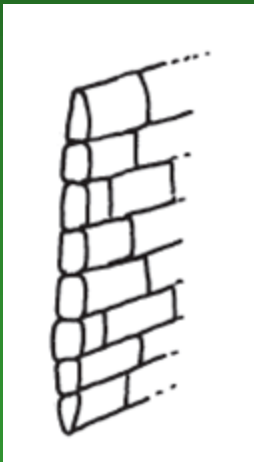


Picea abies

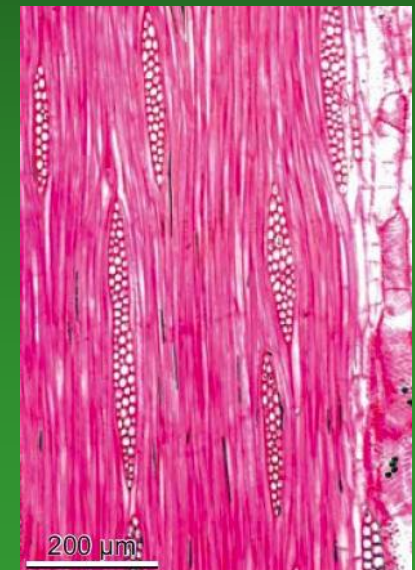
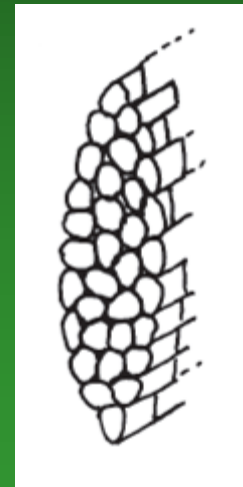


Quercus petraea

Parenchymatické paprsky v xylemu – většinou **uniseriátní**;
krytosemenné mají multiseriátní

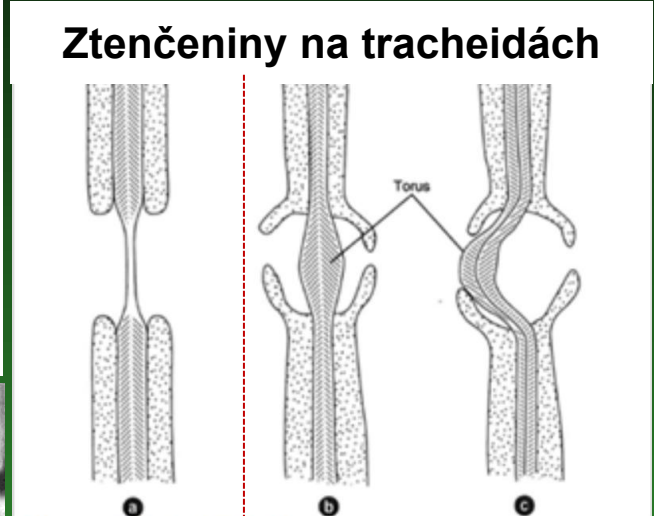
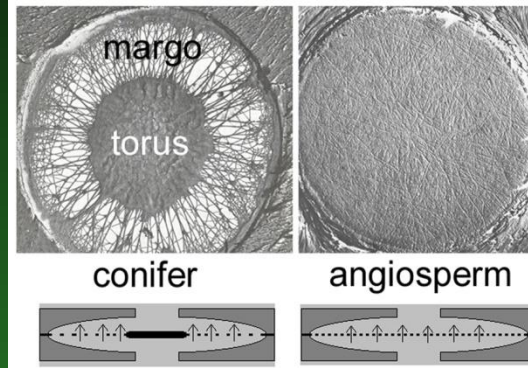
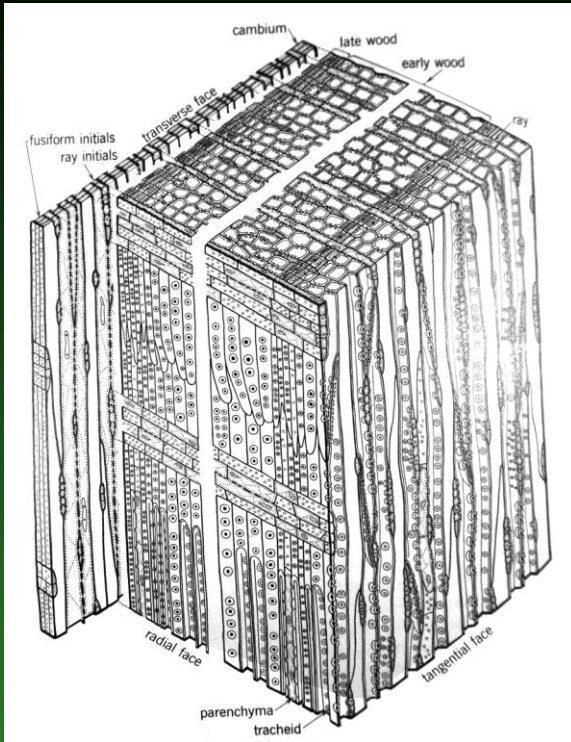


Juniperus communis



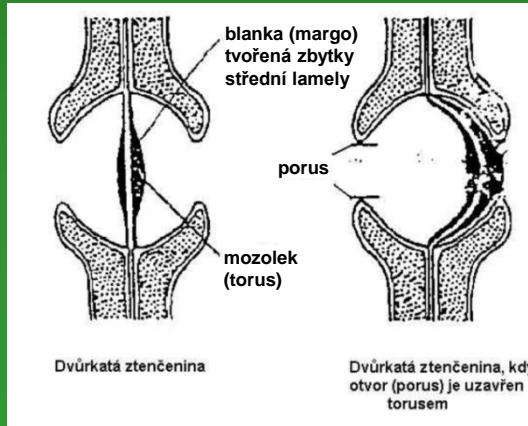
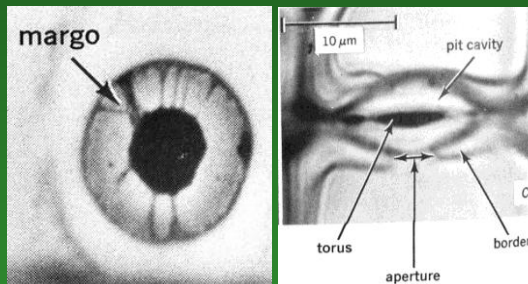
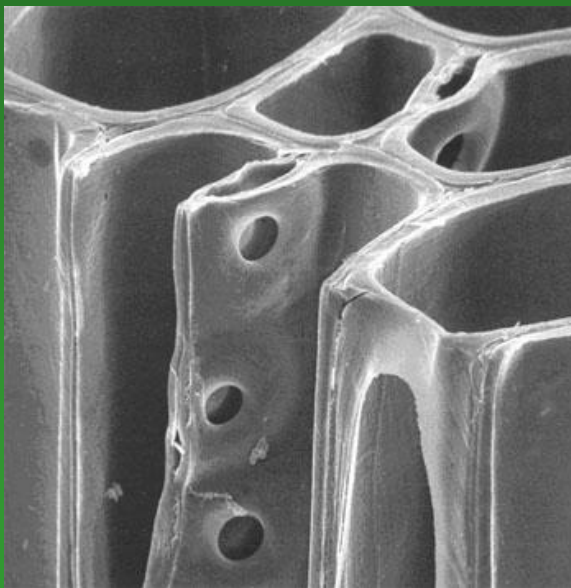
Robinia pseudacacia

Tracheidy s dvůrkatými ztenčeninami dvojteček



Krytosemenné

Nahosemenné

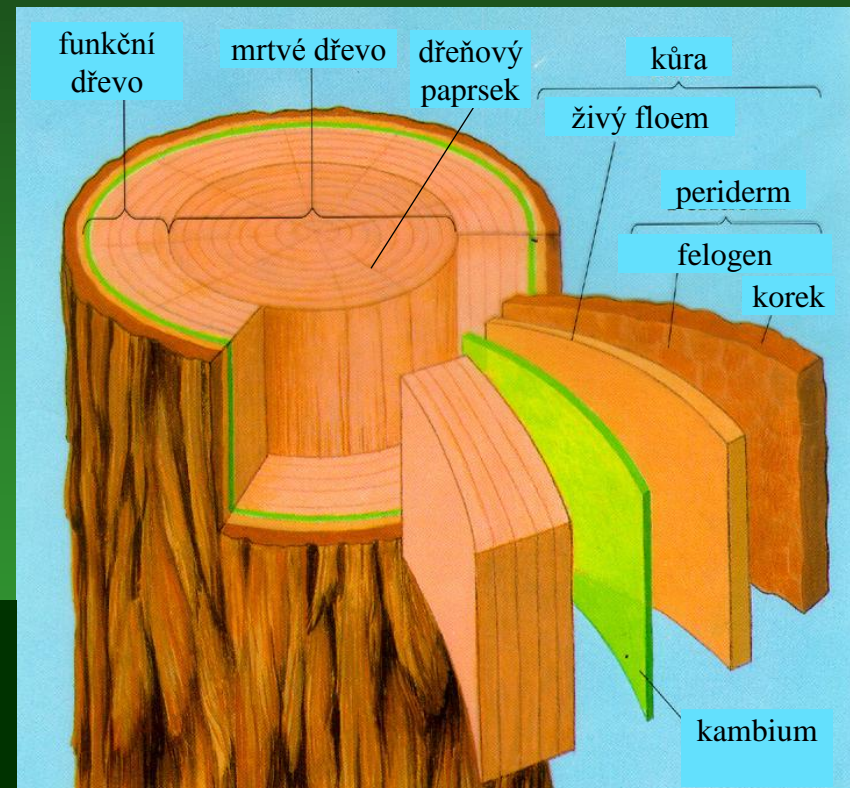


Sekundární tloustnutí

– trvalou aktivitou interkalárních meristémů:

kambium – růst objemu

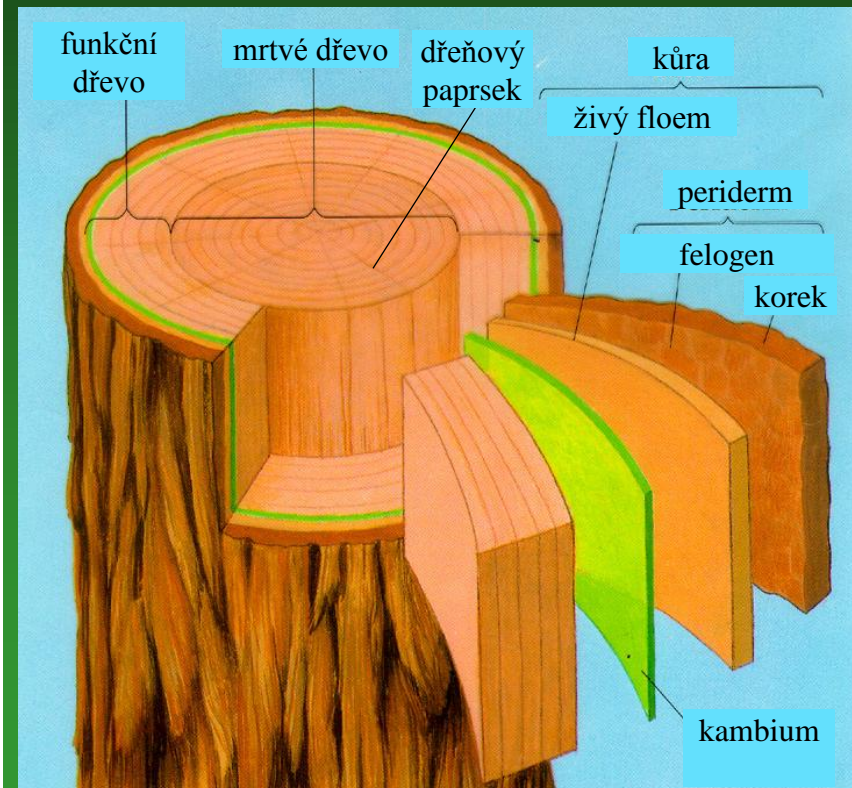
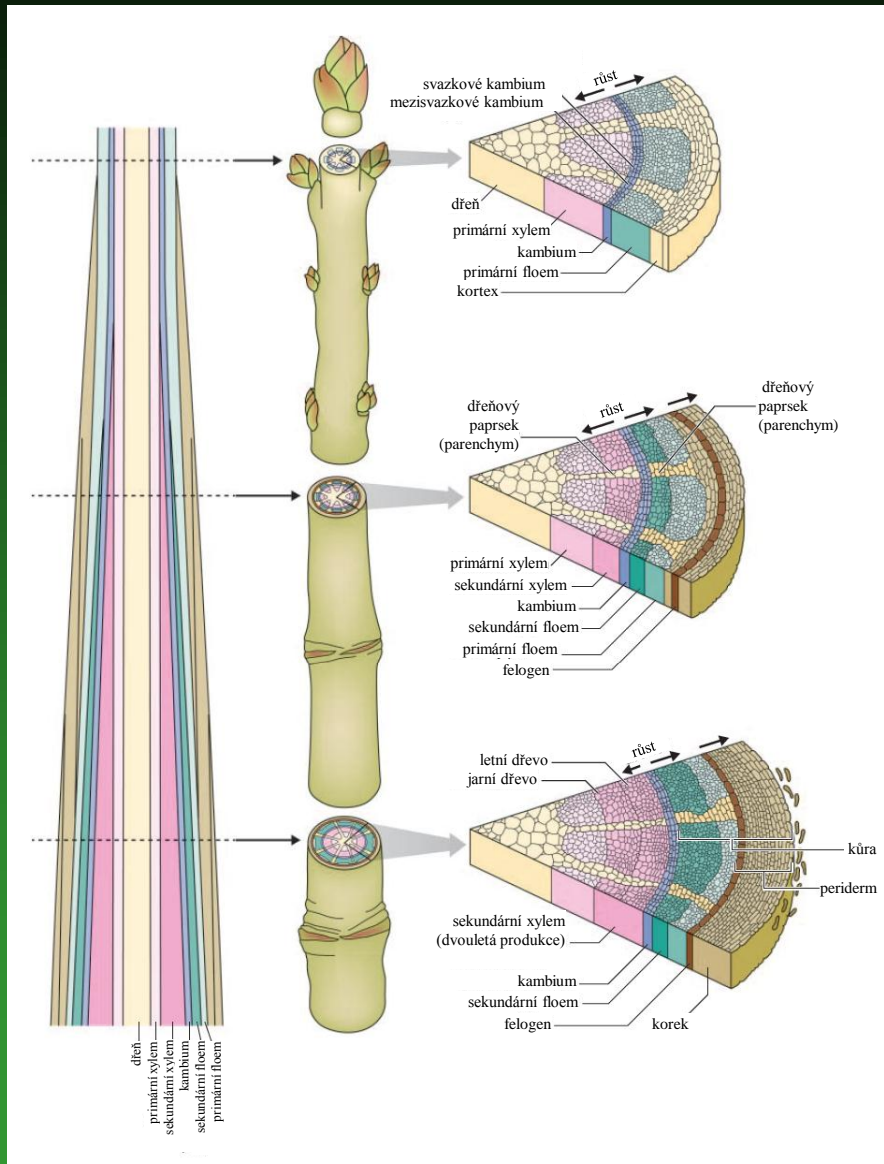
felogen – zacelování povrchu rostoucího v závislosti na objemu



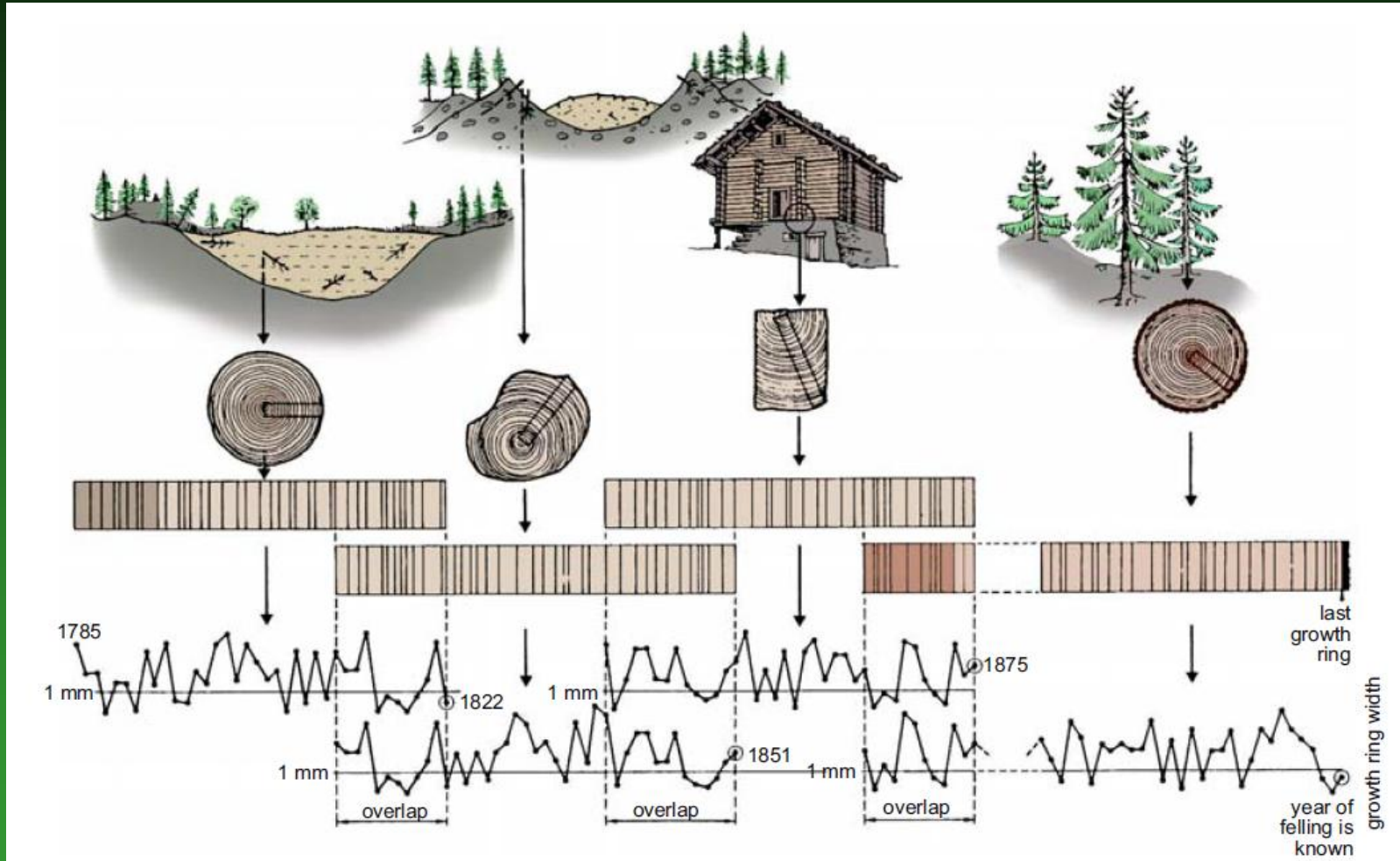
Primární tloustnutí – zprostředkováno diferenciací buněk, zejména cévních svazků

Sekundární tloušťnutí

– pozice svazků původního eustélé je v kmeni jen sotva znatelná – tvoří ji „díly“ dortu oddělené dřevnými paprsky (původně parenchymatickou dřevní mezi jednotlivými svazky); mezi tyto „původní paprsky“ se směrem k obvodu kmene vkládají činnosti kambia další dřevné paprsky



Sekundární tloušťnutí – analýza šířky letokruhů – dendrochronologické datování ze zbytků dřeva

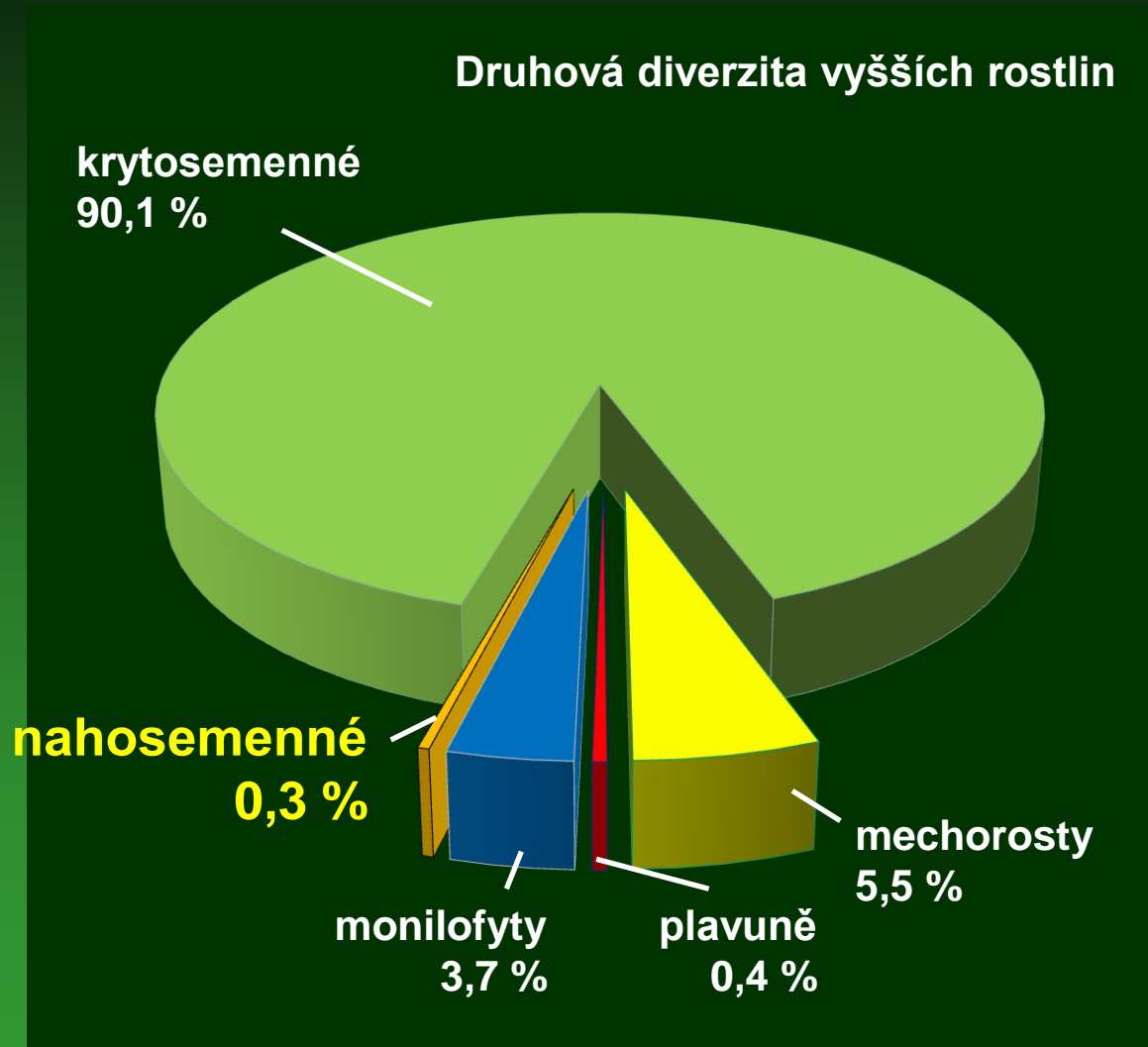


oddělení *Gymnospermophyta* = nahosemenné

má šest tříd:

1. tř. *Cordaitopsida* – kordaity
2. tř. *Cycadopsida* – cykasy
3. tř. *Cycadeoideopsida* – benetity
4. tř. *Ginkgoopsida* – jinany
5. tř. *Pinopsida* – jehličnany
6. tř. *Gnetopsida* – liánovce

Podíl na diverzitě vyšších rostlin malý



1. tř. *Cordaitopsida* (kordaity)



Fosilní nahosemenné dřeviny s páskovitými listy ? Předchůdci jehličnanů

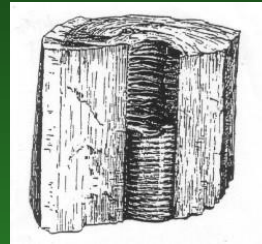
Jméno řádu je odvozeno od rodu *Cordaites*, pojmenovaného podle našeho mykologa a paleontologa z první poloviny 19. stol. Augusta Josefa Cordy (1809-1849).



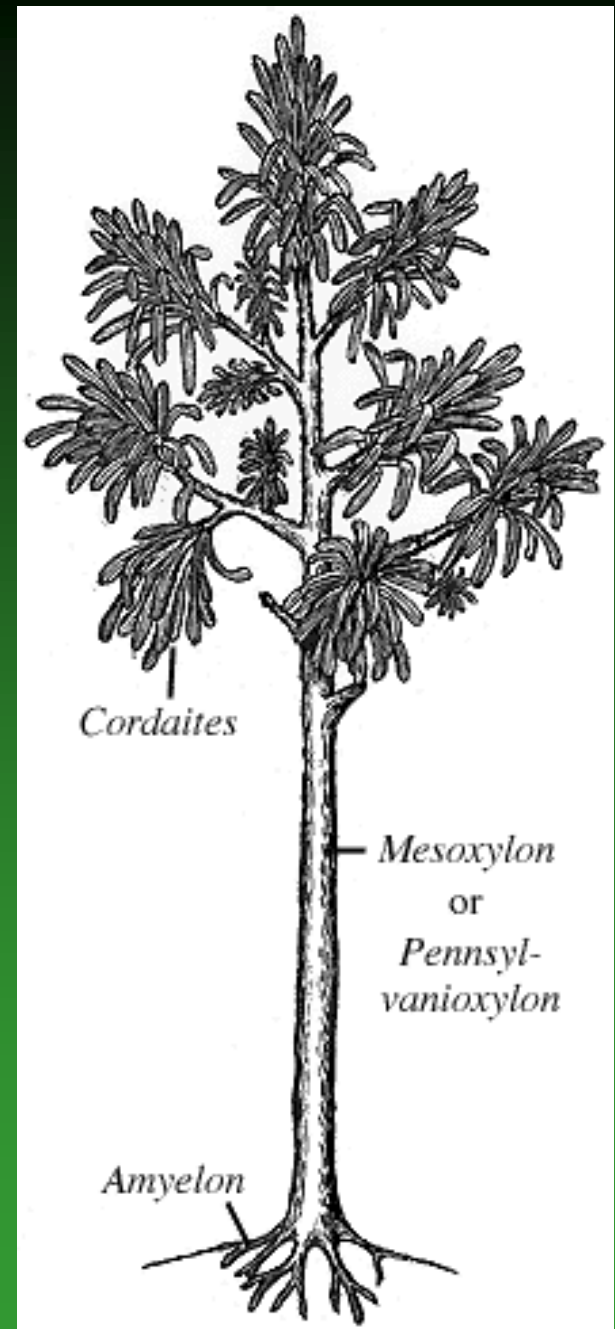
Až 30 m vys. stromy

Vodivé elementy –
eustélické, kmen druhotně tloustne
(na bázi až 1 m v průměru)

Dřevo – husté pyknoxylické jako
recentní jehličny; střed kmene –
mohutná dřeň, na povrchu borka



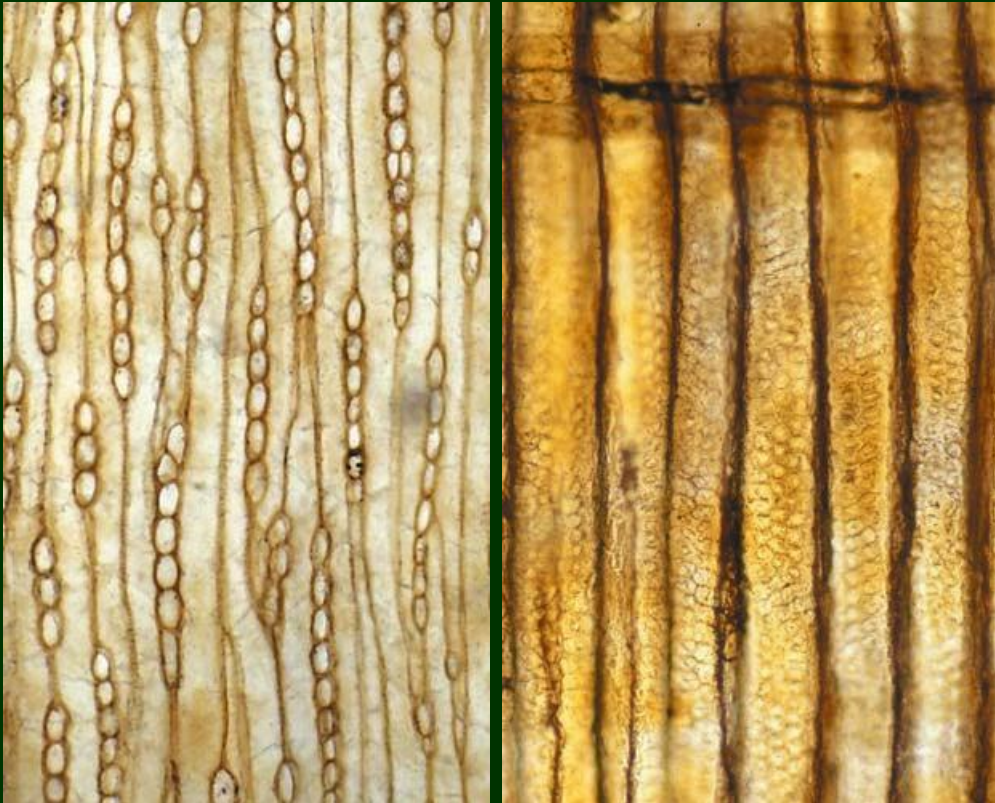
Větve koruny – monopodiálně
větvené



Xylem – podobný recentním jehličnanům z čel. *Araucariaceae* – tracheidami hustě spirálně dvojtečkovanými, parenchymové paprsky jednovrstevné (uniseriátní) jako u jehličnanů

Fosilní kordaity

Dadoxylon



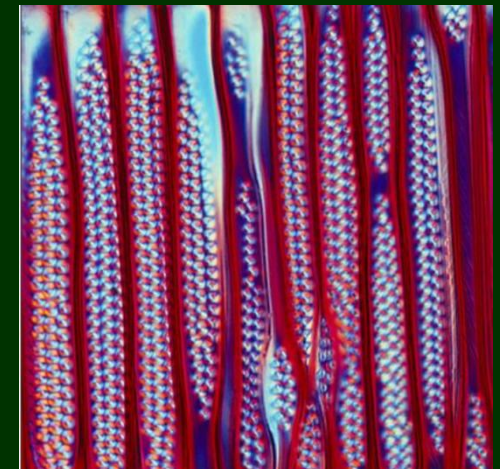
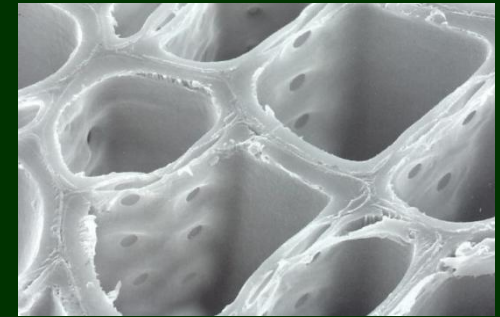
tracheidy a uniseriátní paprsky

tracheidy hustě spirálně dvojtečkované



Recentní *Araucariaceae*

Wollemia – tracheidy



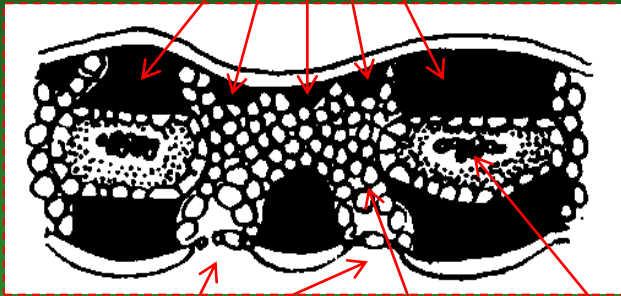
Araucaria – tracheidy

Kořeny – často chůdovité
– jako stromy v záplavových zónách
s dlouho stagnující vodou
(např. mangrove)



Listy

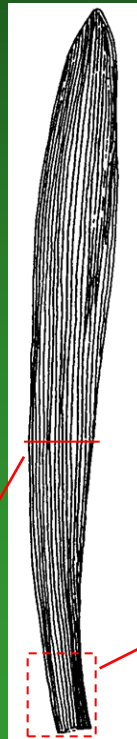
- 20-70 cm dlouhé,
- přisedlé
- spirálovitě uspořádané
- kopinaté se souběžnou hustou žilnatinou,
- se sklerenchymovými výztužemi mezi žilkami



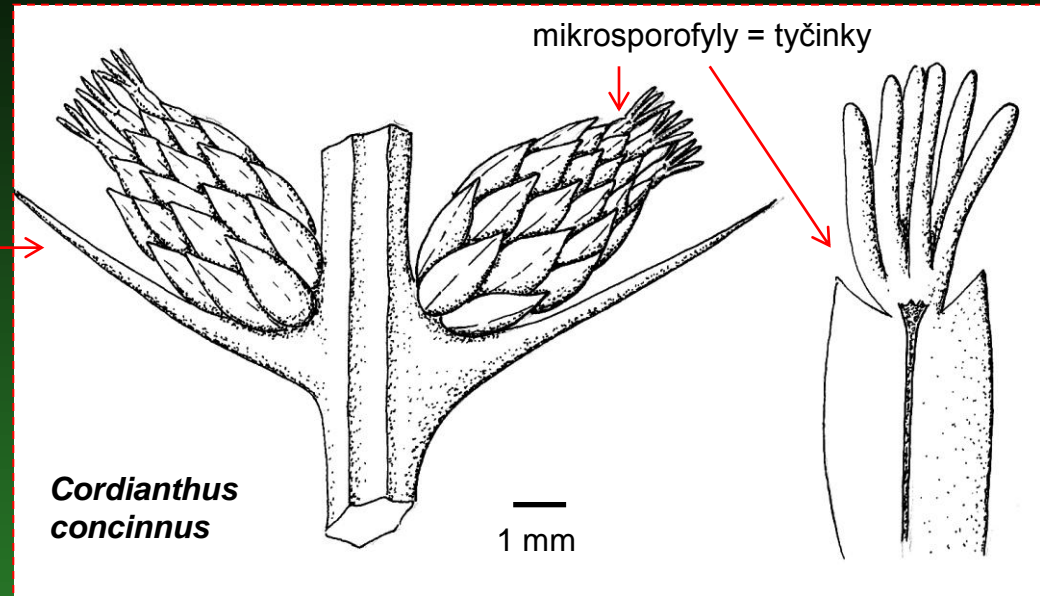
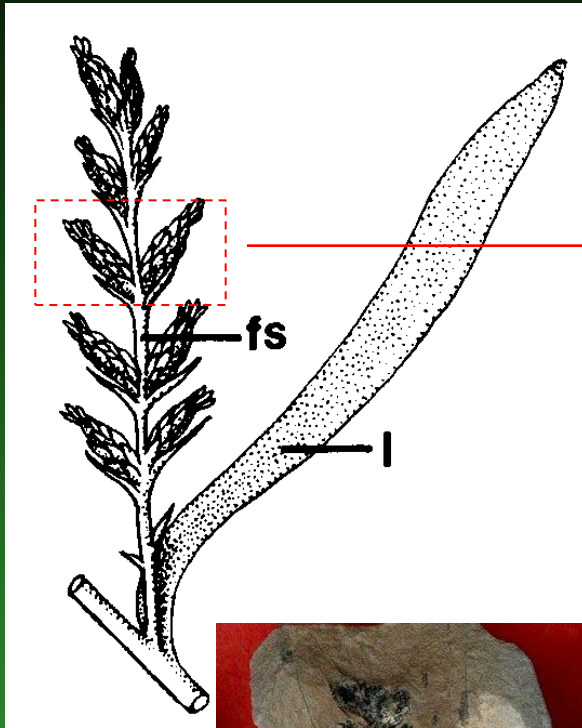
průduchy
v řadách
na spodu
listu

mezofyl

cévní
svazek



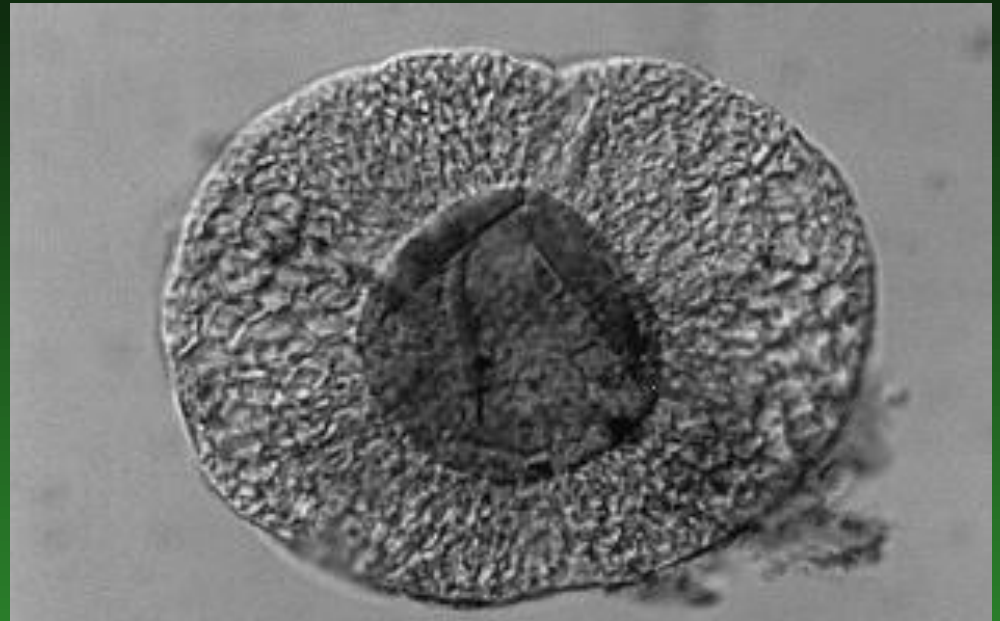
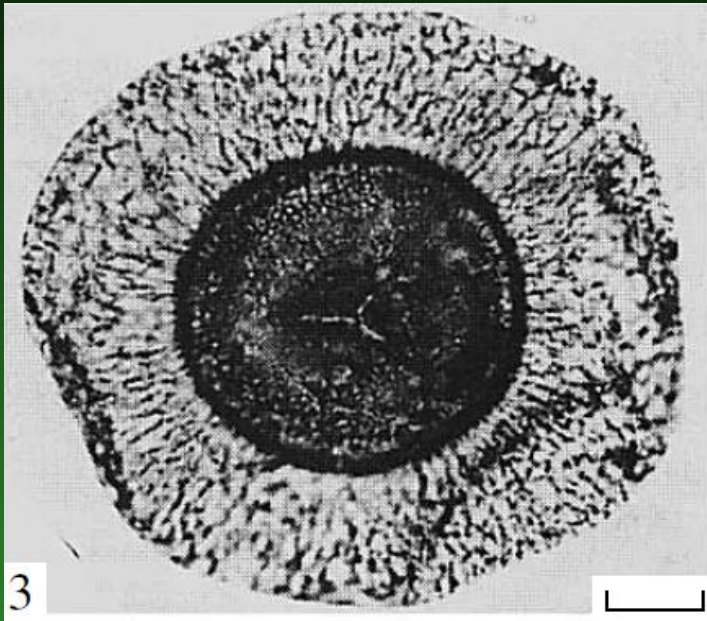
Mikrostrobily – jehnědy nebo klasy tvořené drobnými šišticemi v paždí listenů



Mikrosporofyly = „tyčinky“ -
na vrcholu drobných šištic



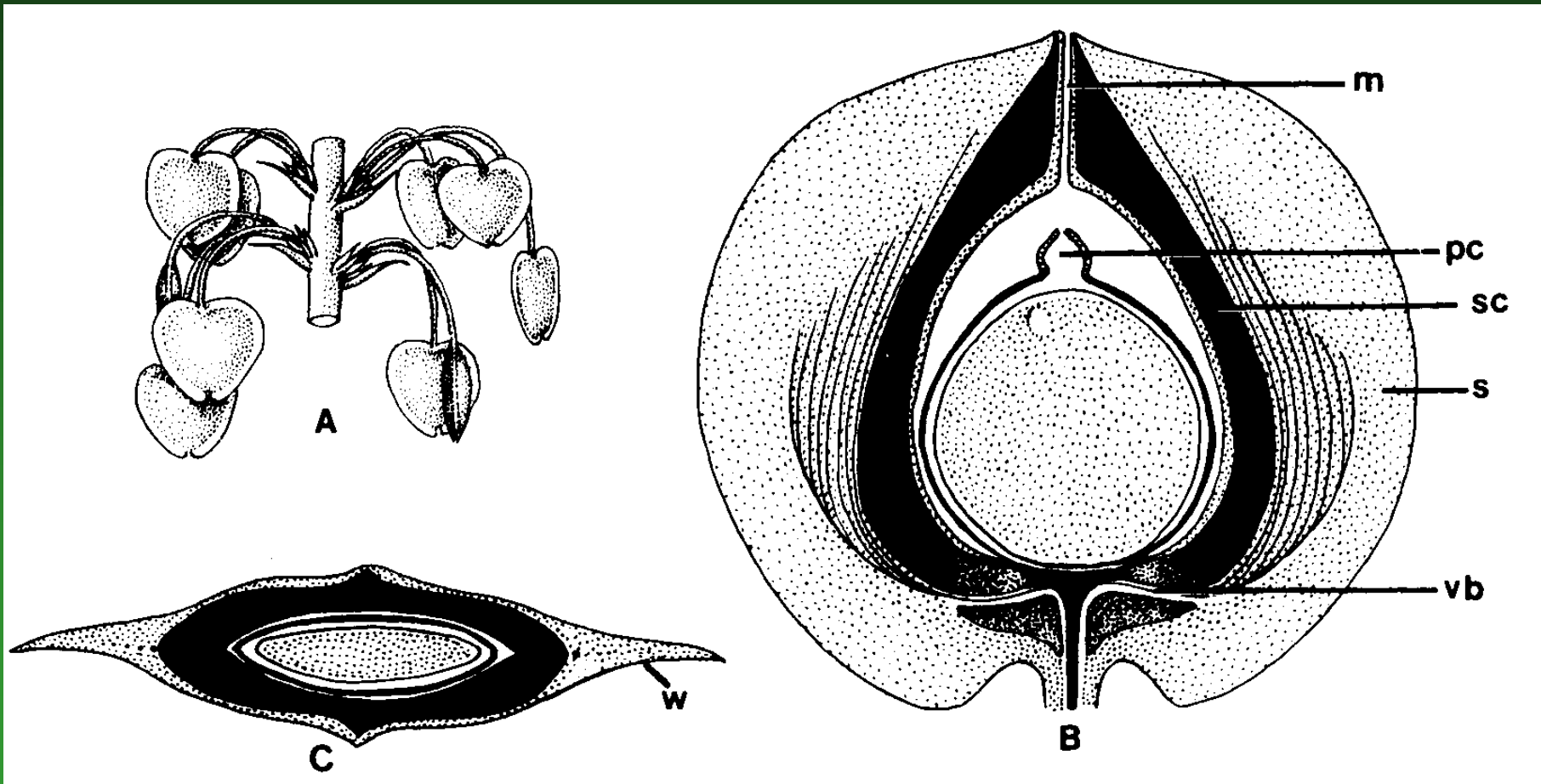
Pyl – většinou s jedním obvodovým vzduchovým vakem



Megastrobily jehnědovité

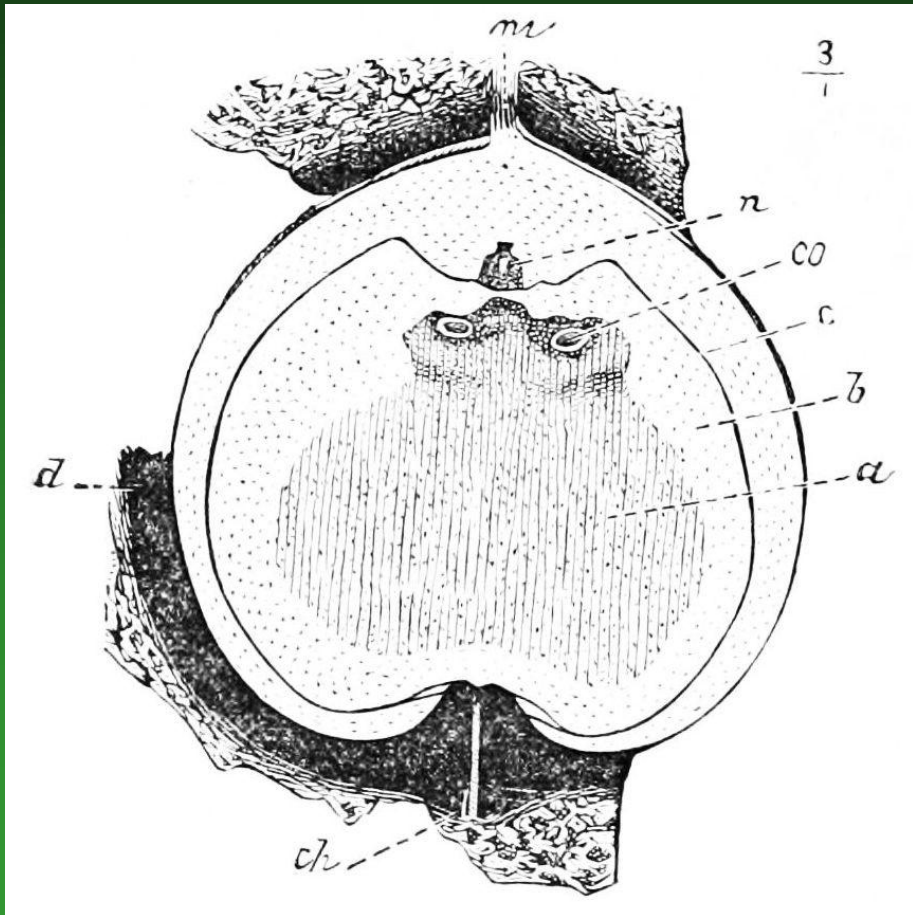
- se stopkatými plochými srdčitými vajíčky v paždí listenů,
- semena drobná plochá „okřídlená“

Cardiocalyx cordei



Vajíčka

- s pylovou a archeconiální komorou
- se dvěma archeconií



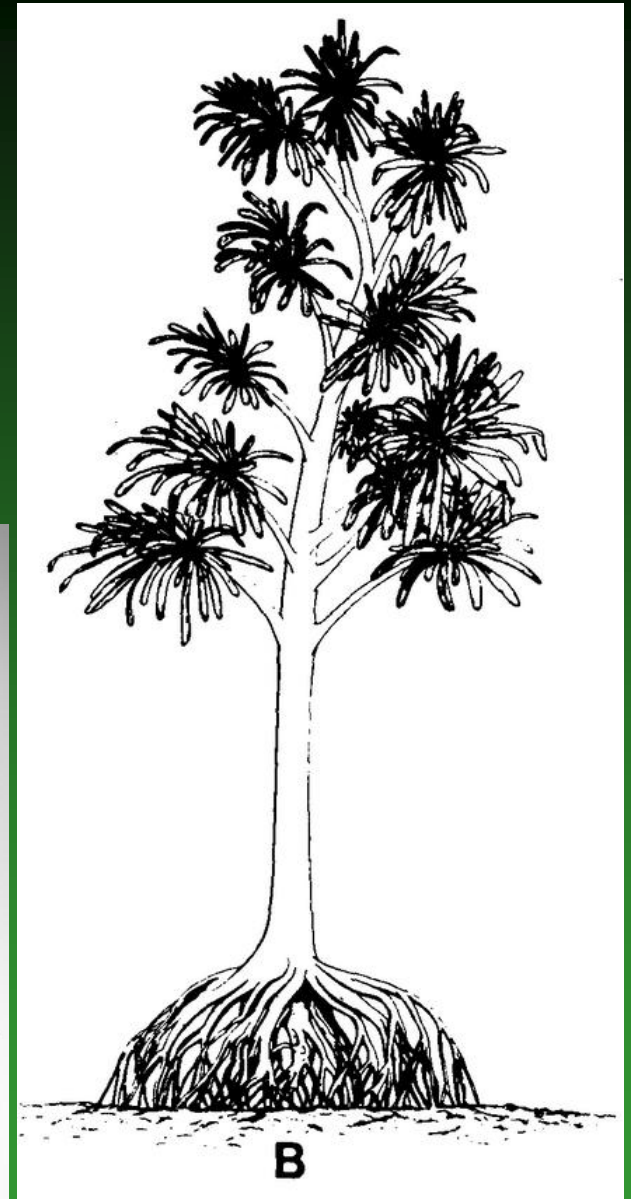
Cardiocrarpus sclerotesta

Historie

- poprvé svrchní karbon
- vrchol přelomu karbonu a permu, kdy tvořily dominanty lesní vegetace
- vymírají ve svrchním permu

Zástupci - *Cordaites principalis*

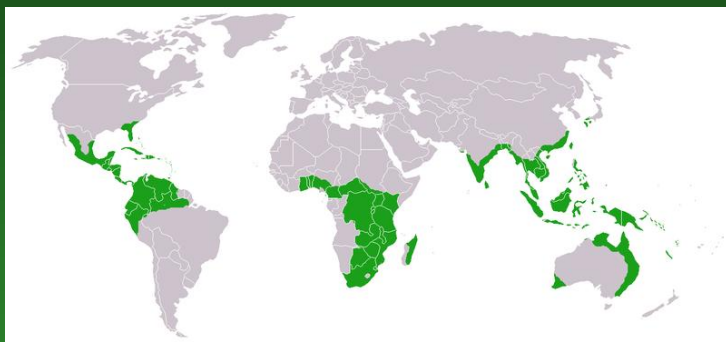
Naleziště: Německo, Belgie



2. tř. *Cycadopsida* (cykasy)

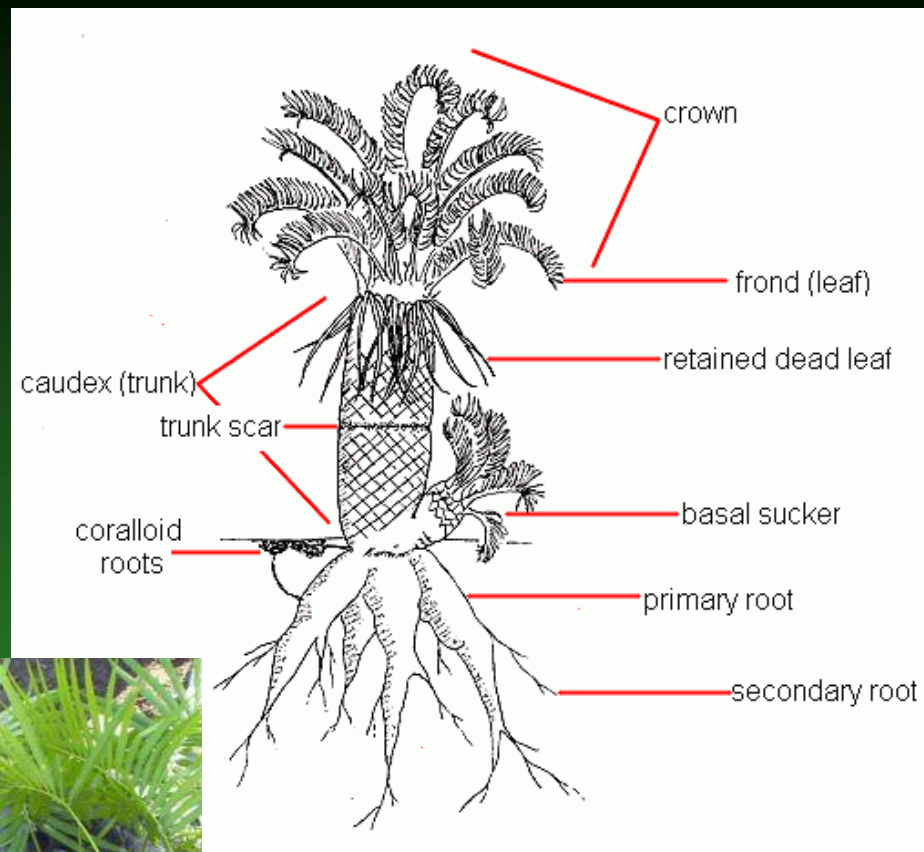


Stálezelené recentní i fosilní dvoudomé (pohlavní chromosomy)
dlouhověké dřeviny, vzhledem připomínající palmy; recentně ~300 druhů.
Hlavně tropy,
spíše na sušších stanovištích

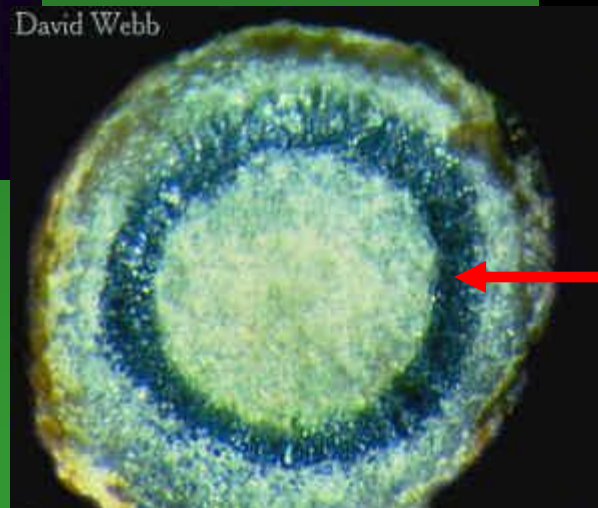
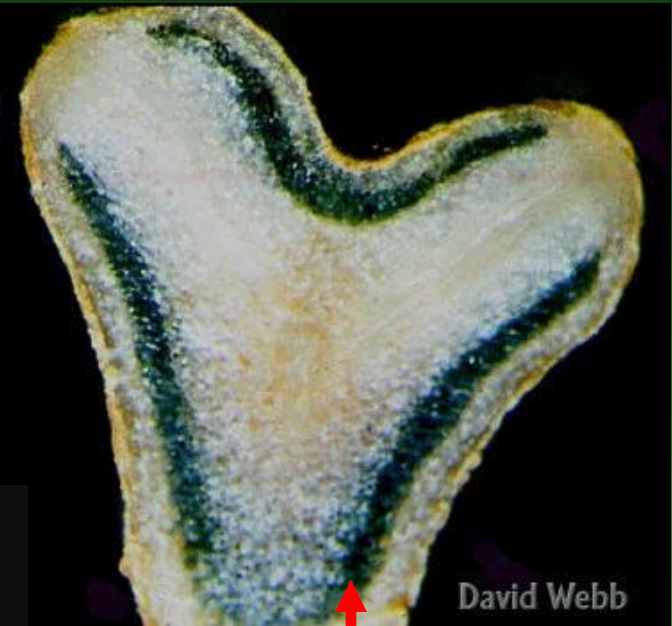


hlavní kořen kůlovitý, s
četnými postranními,
dichotomicky větvenými

při ohni se může kořen i
kmen smrštit tak, že se
část kmene zasune pod
zem.



V pletivech kořenů duté hlízky se symbiotickými sinicemi rodů *Nostoc*, *Anabaena* nebo *Trichormus* (popř. bakterií rodu *Azotobacter*) fixujících vzdušný dusík do biologicky využitelné formy - např. dusičnanů.



Sinice produkují neurotoxin beta-N-methylamino-L-alanin, který je transportován do megastrobilů kde je během vývoje vajíček vylučován s idioblastů jako obrana

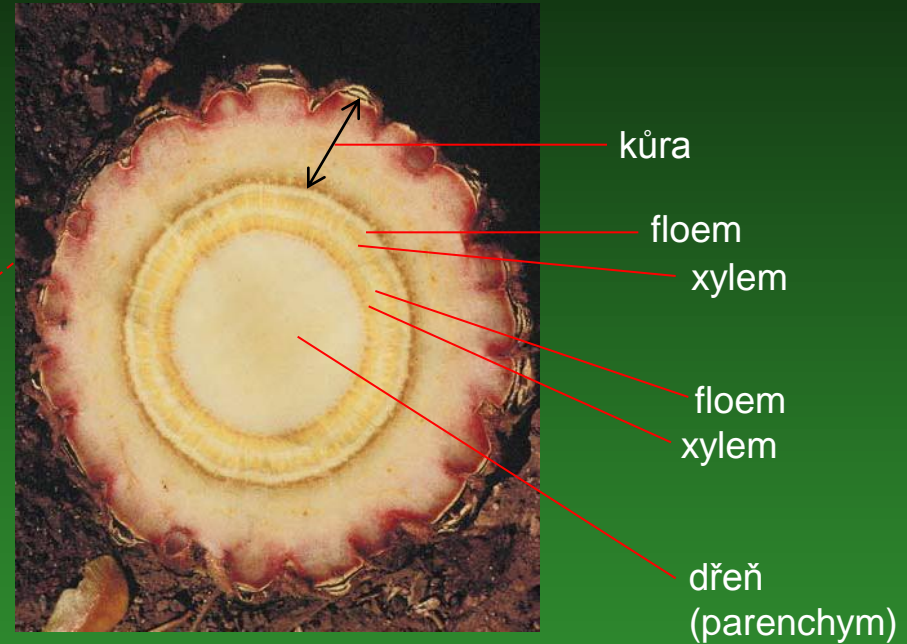
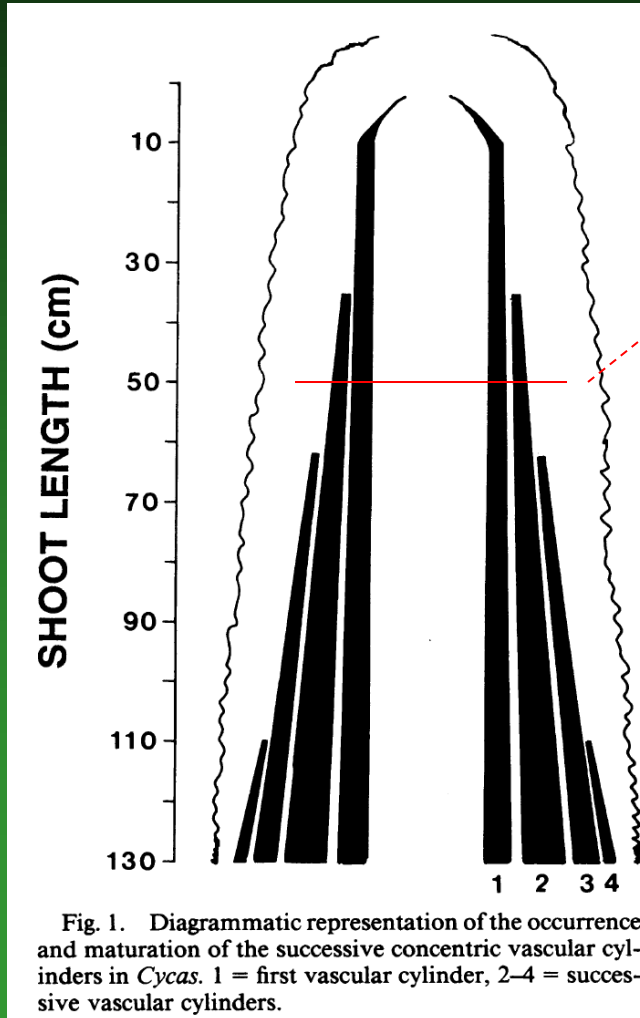
tmavá vrstva
se sinicemi

Kmen štíhlý, válcovitý nebo kulovitý, většinou nevětvený vysoký až 15 m (tu dosahuje australská *Lepidozamia hopei*)



V kmeni je kromě xylemu vysoký podíl parenchymu = „řídká“ manoxylická struktura => nemůže odolávat mrazu a neunesl by těžké boční větve

Soustředná kambia – při tloušťnutí kmene se vně zakládají nové kruhy kambia, vnitřní ale zůstávají ještě několik let dále aktivní = kmen tvořen soustřednými vodivými válci xylemu a floemu





Ságo (nepravé) = škrobnatá opalizující kaše, která se suší a drtí na mouku. Získává se z parenchymatické dřevě kmene některých cykasů



Listy v růžici na vrcholu kmene, řapíkaté, až 7 m dlouhé, kožovité, zpravidla 1x zpeřené (velmi vz. 2x zpeřené nebo jednoduché)

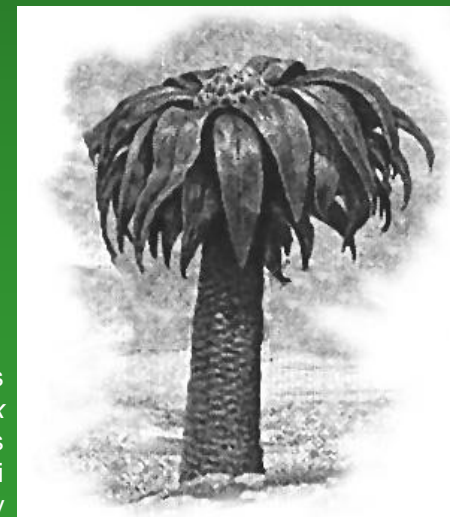


Cycas micholitzii s vidličnatě dělenými lístky

Macrozamia stenomera s vícenásobně vidličnatě dělenými lístky / úkrojky

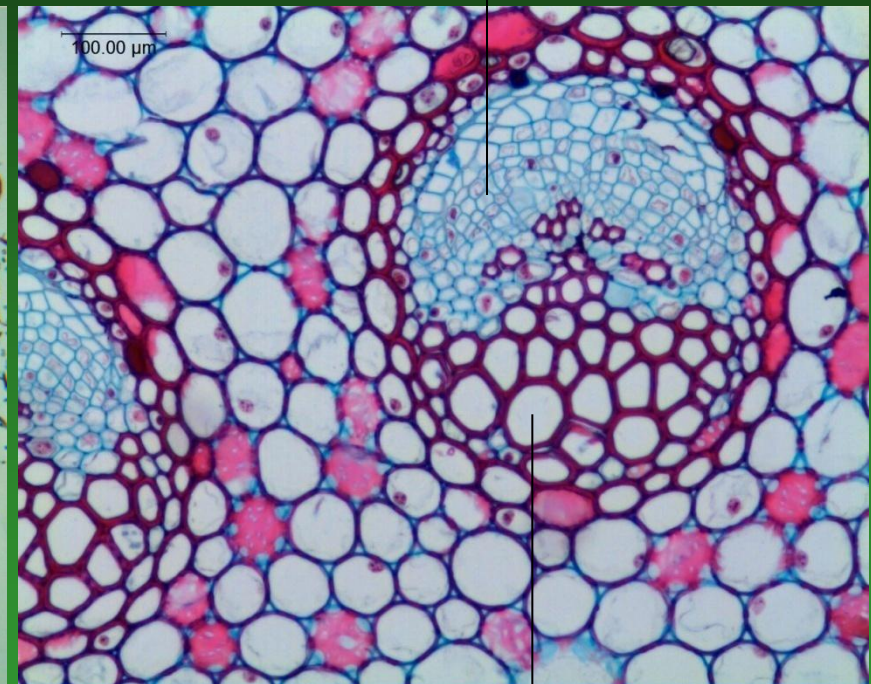


www.rarepalmseeds.com



Fosilní cykas
Bjuvia simplex
s jednoduchými listy

Cévní svazky v řapíku a vřetení listu cykasů uspořádány do tvaru obráceného písmene omega Ω



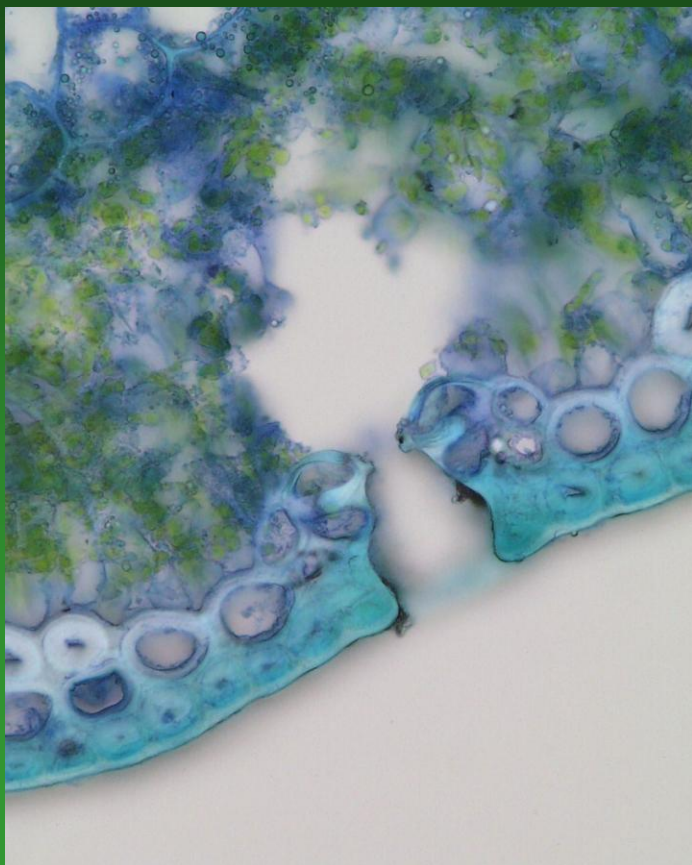
jednotlivý svazek

phloem

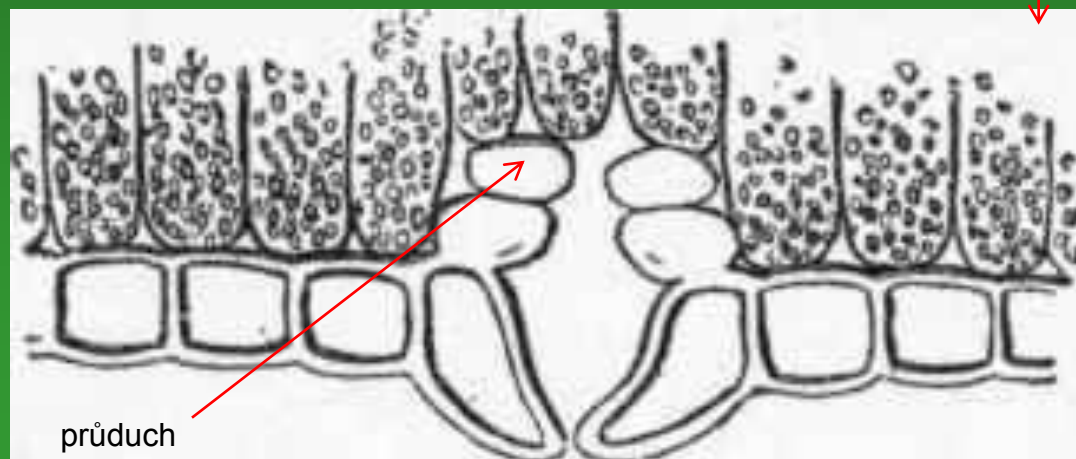
xylem

Kutikula - silná

Průduchy – často hluboce zanořené



řez jednotlivým úkrojkem



průduch

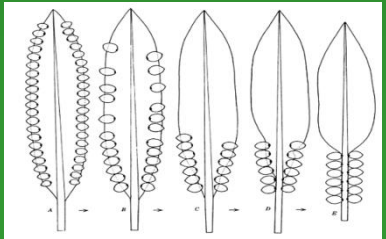
Úkrojky listů v mládí circinátně svinuté



Sporofyly často v šišticích (strobilech), nebo ve spirálovitém terminálním chocholu. Reprodukční orgány mohou vznikat každý rok, u některých druhů však jejich tvorba může být jen jednou za 10–15 let; u některých druhů je tvorba šištic inicializovaná požárem.



Na jednom sporofylu většinou 2 vajíčka (někdy až 8)



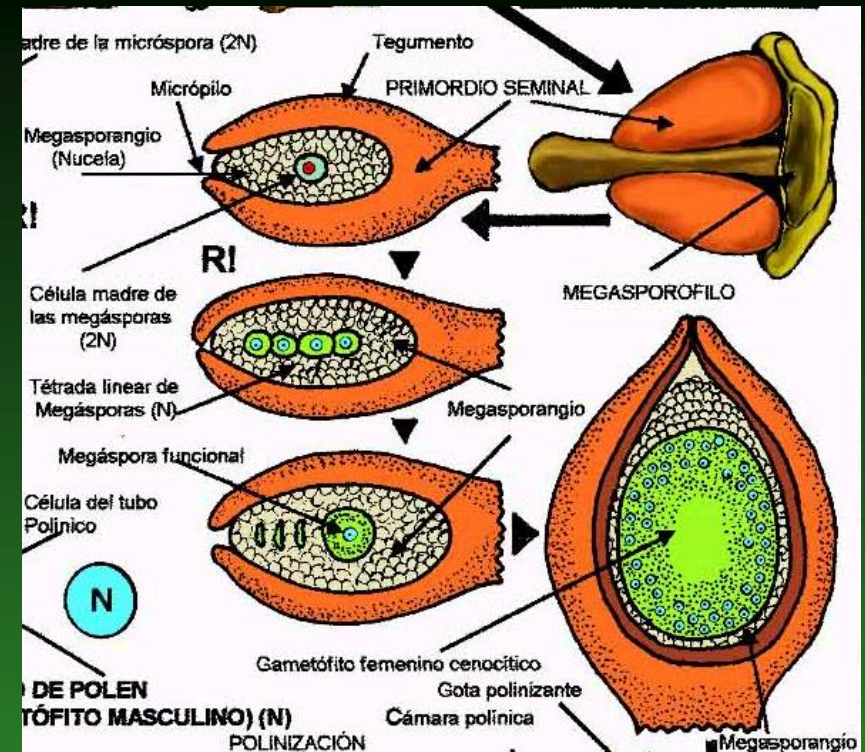
Vajíčko (= homolog
megasporangia)

Pletivo uvnitř vajíčka =
nucellus = (homolog
archesporiu)

(1) Jedna z buněk nucellu se
meiózou rozdělí na 4
haploidní buňky;

(2) Tři z nich zaniknou

(3) Zbude megaspóra, která dělením vyplní vnitřek vajíčka
megaprothaliem s archegonií.

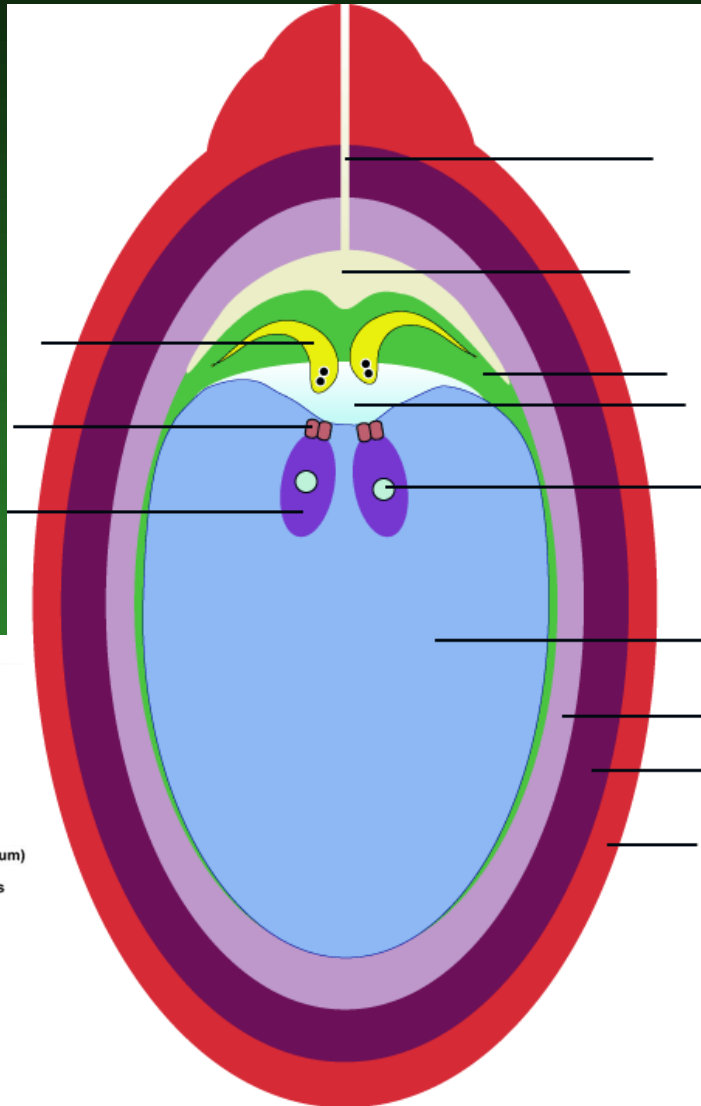


Vajíčka mají trojvrstevný obal + obal nucelární

láčka pylová = mikroprothalam

krček archegonia

archegonium



mikropyle

pylová komora

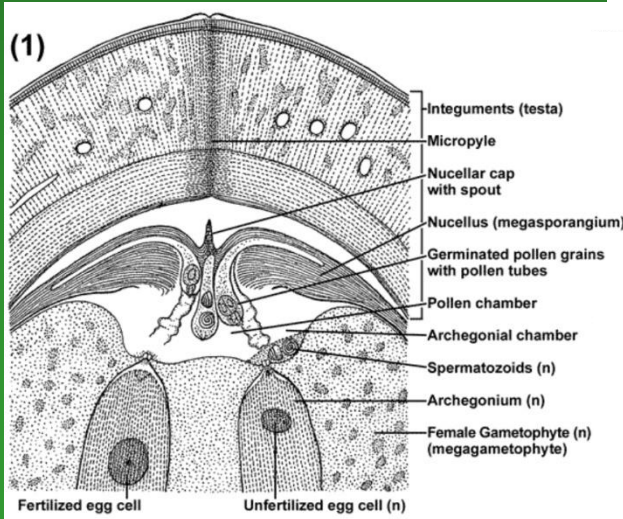
nucellus

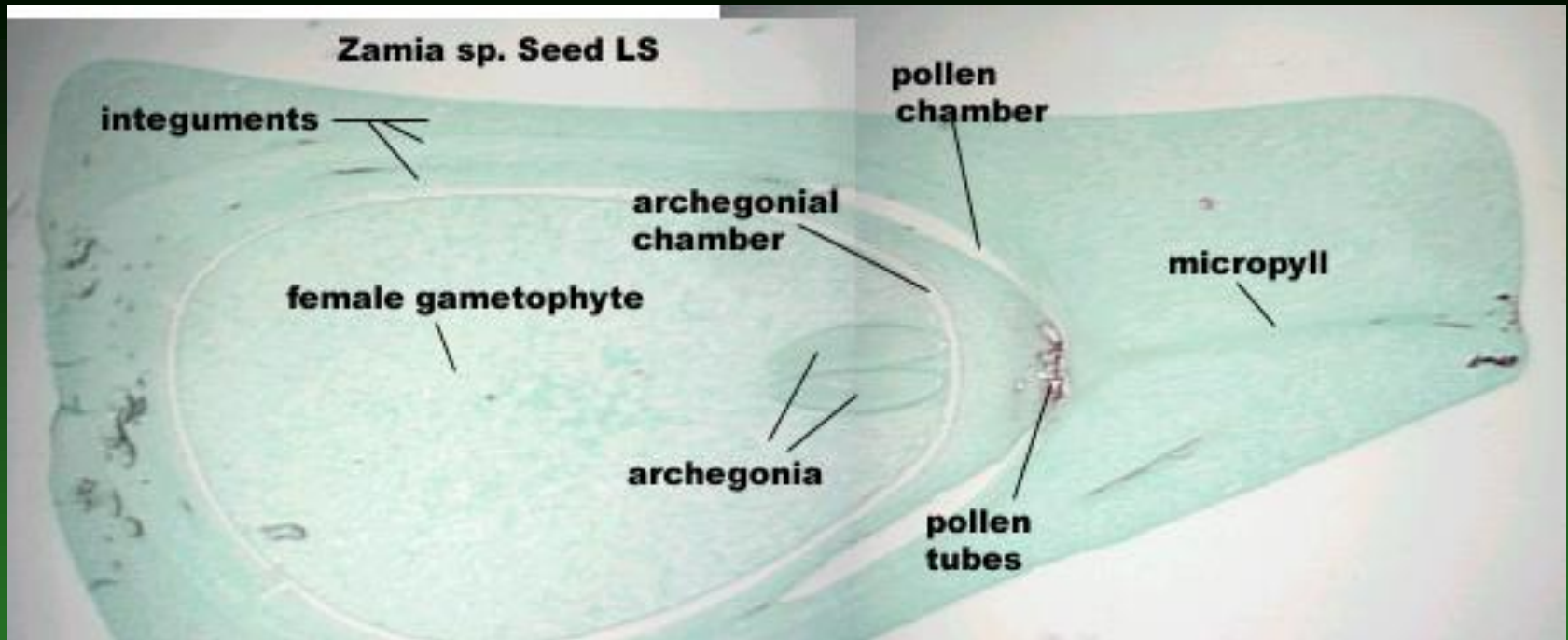
archegoniální komora

oosféra

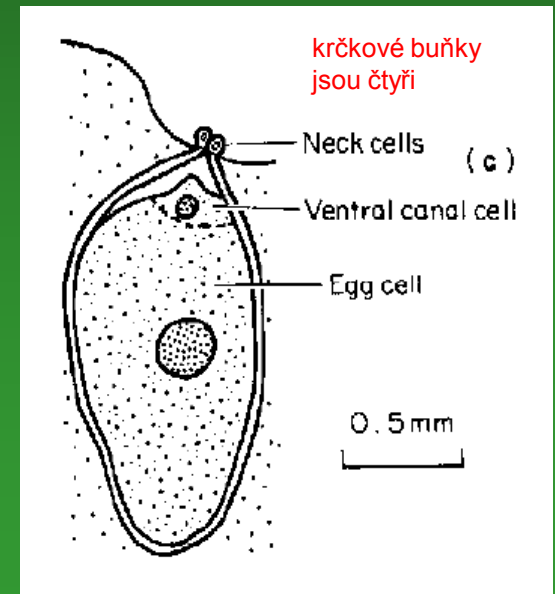
megaprothalam

\ (→ vnitřní blanitý obal)
 – obaly vajíčka (→ sklerotesta)
 / (→sarkotesta)

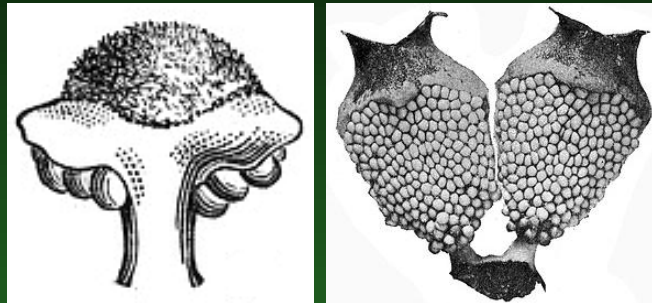




archegonia poměrně jednoduché stavby 6 buněk



Mikrosporofyly – štítkovité nebo šupinovitě

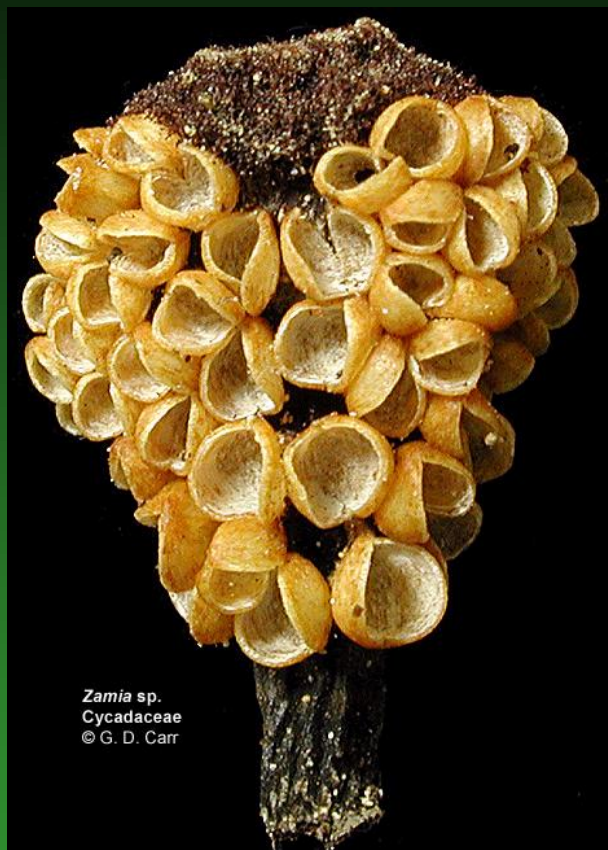


vždy ve strobilech

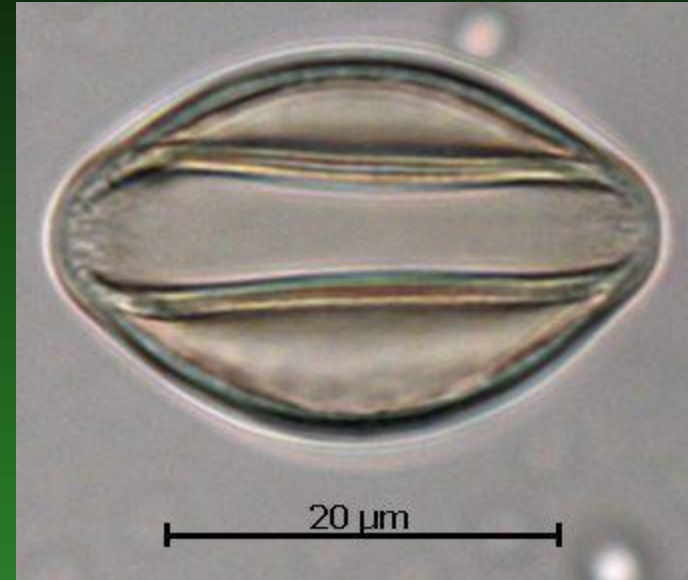
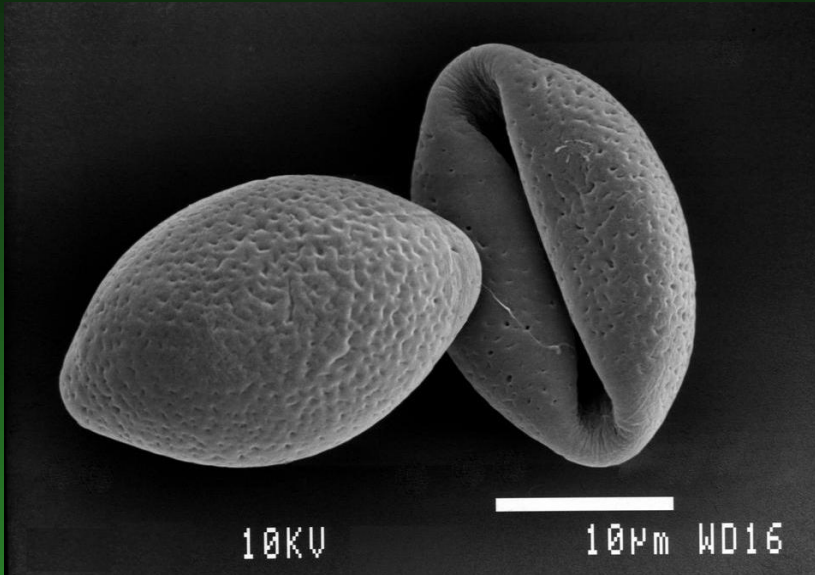
Zamia sp.
Cycadaceae
© G. D. Carr



Mikrosporangia – ve velkém množství na adaxiální ploše mikrosporofylu



Pyli – monokolpátní bez vzdušných vaků



Přenos pylových zrn – větrem



Přenos pylových zrn třásněnkami

Třásněnky žerou pyl cykasů

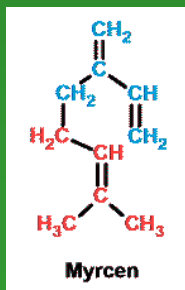
slabá koncentrace myrcenu přiláká třásněnky do mikrostrombilů

mikrostrombily s třásněnkami metabolicky zvýší teplotu až o 25 °C

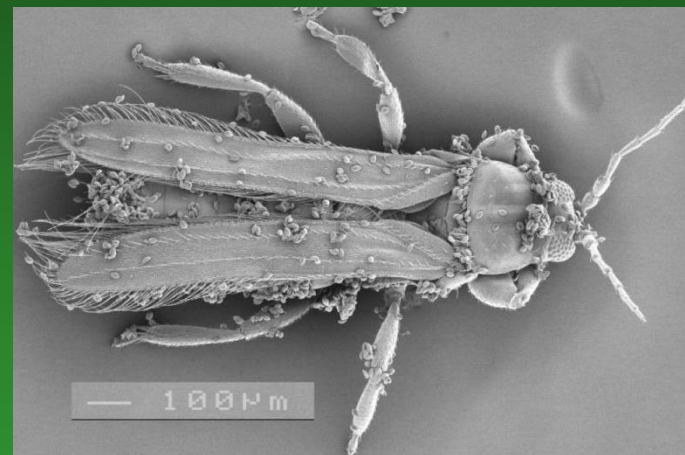
uvolní se myrcen a jeho vysoká koncentrace vypudí třásněnky

vypuzené třásněnky hledají pyl v podobně vonících megastrobilech

Zahřívání se cyklicky opakuje => přenos pylu mezi pohlavími.



Myrcen (nazýván dle myrtovitých, u nichž byl poprvé detekován. Surovina v parfumní výrobě.



třásněnka *Cycadothrips chadwicki*
pokrytá mikrospórami
Macrozamia lucida

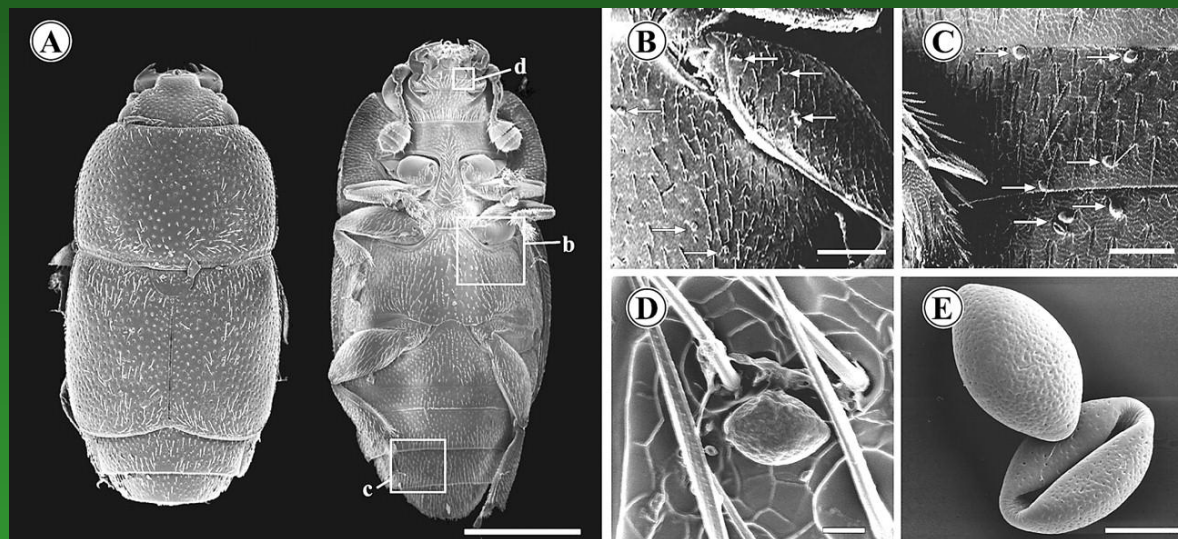
Podobně se přenáší pyl zamií i brouci



Pharaxonotha zamiae
larvy se živí pylem dospělci také
přenos pylu nastane při
nechtěných návštěvách
samičích šištic

Samčí strobily – bez toxinů = brouci je mohou
žrát a při tom se kontaminovat pylem

Samičí šištice – s toxiny z kořenových sinic =
brouci po nalétnutí do samičí šištice zjistí, že
se díky toxinům žrát nedá = kontaminují
vajíčka pylem ale nesežerou je!



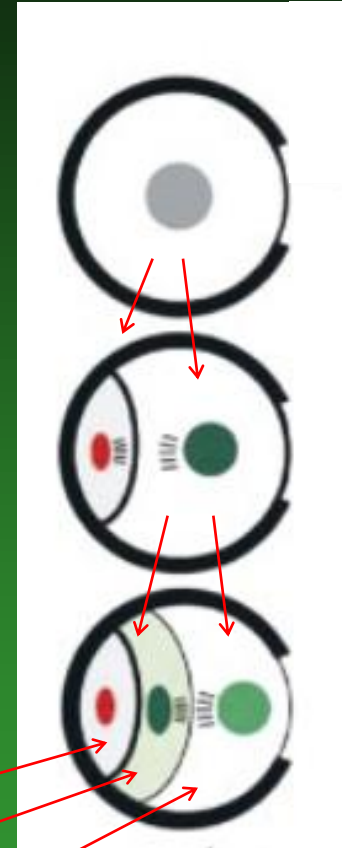
**Konzervativní morfologie cykasů = kantarogamie u nich může být stará
až 300 mil. let – právě z té doby pocházejí nejstarší fosílie brouků!**

Vznik pylu v mikrosporangiu

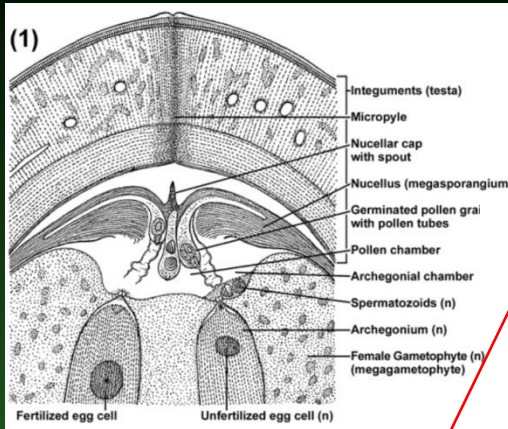
1. Meióza → tetráda haploidních mikrospór
2. Každá mikrospóra se mitózou rozdělí ve dvoubuněčné pylové zrno:
 - menší buňka prothaliová
 - velká buňka antheridiová
3. Antheridiová buňka se rozdělí na buňku generativní a láčkovou.

Zralé pylové zrno cykasů je tak trojbuněčné a obsahuje buňky:

prothaliovou, generativní a láčkovou

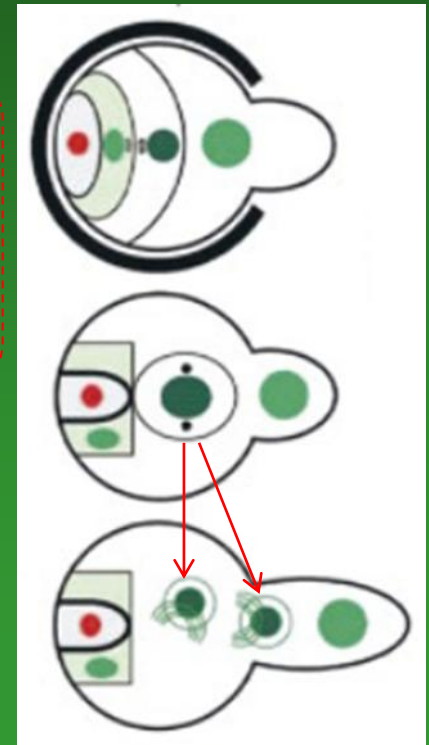


Dozrání pylu v samčím gametofytu

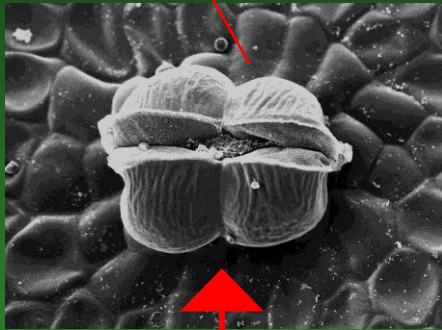
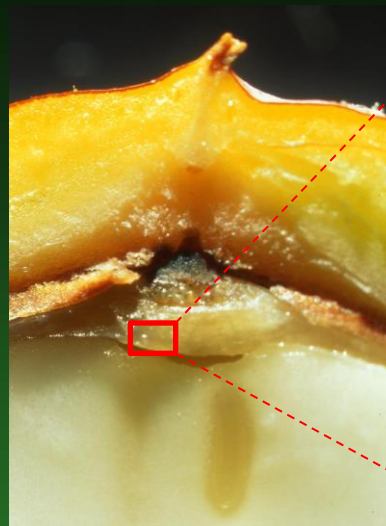
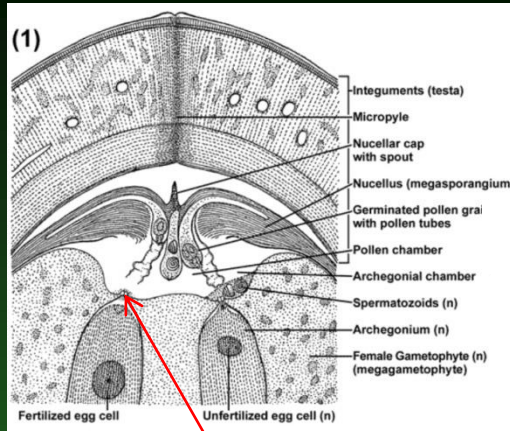


1. 3-jaderný pyl zachycen polinační kapkou
2. Zachycení pylu vyvolá vysychání kapky
3. Vysycháním kapky pyl vtažen do pylové komory
4. V pylové komoře vyklíčí pylová láčka

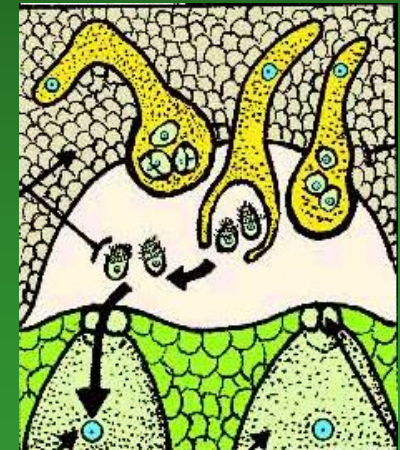
- 4a. Generativní buňka se rozdělí na spermatickou a vegetativní
- 4b. Spermatická buňka se rozdělí na dva polyciliární spermatozoidy
- 4c. Zralý samčí gametofyt má tedy 5 buněk/jader (prothaliová, vegetativní, dva spermatozoidy a láčková)



Oplození



1. Láčka proroste skrz nucellus do archegoniální komory
2. Průnik láčky do archegoniální komory vyvolá **otevření krčků archegonií** a vyloučení tekutiny do archegoniální komory
3. Spermatozoidy se uvolní z láčky do zvlhlé archegoniální komory
4. Pomocí bičků doplavou spermatozoidy tekutinou v archegoniální komoře až k oosféře v archegoniu
5. Jeden z nich splyne s oosférou



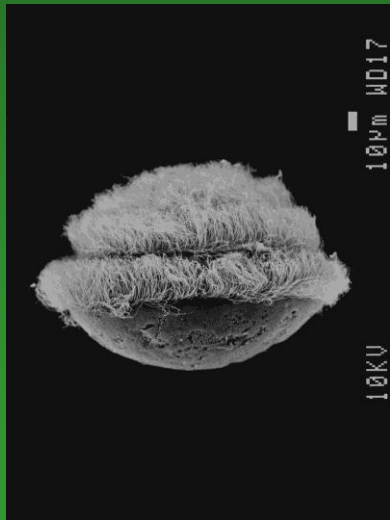
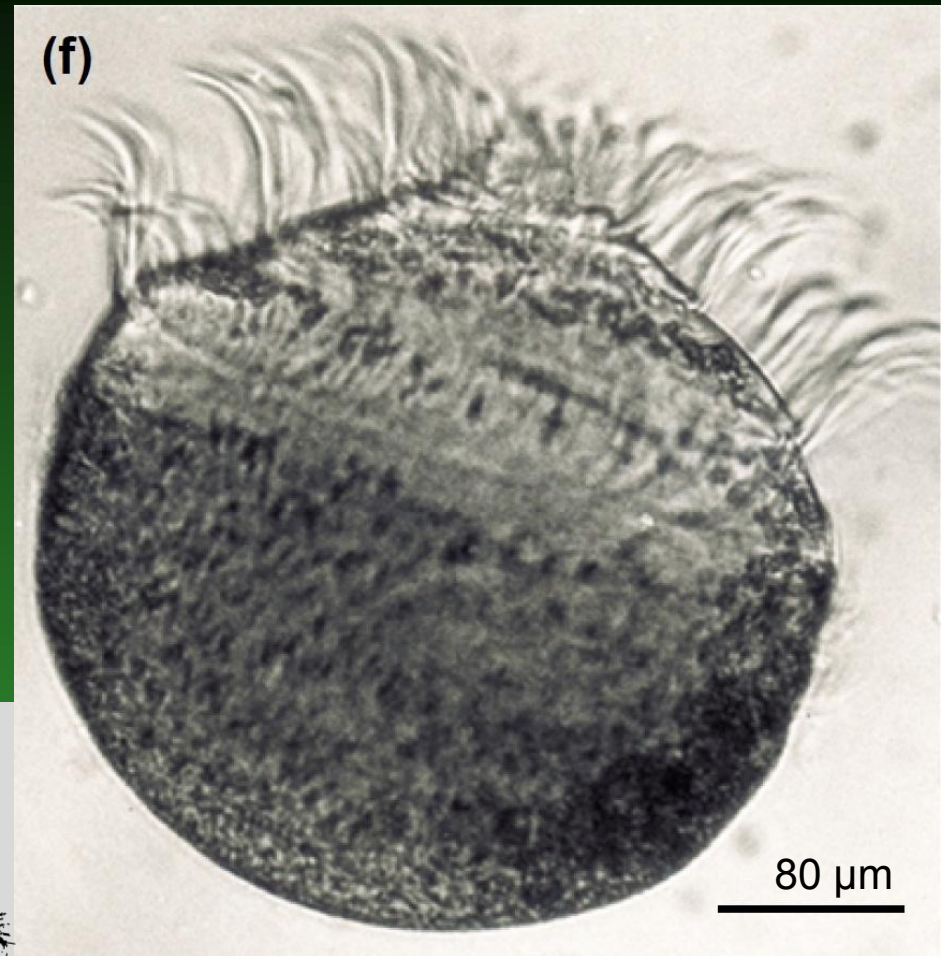
Cycadaceae – láčky větvené
Zamiaceae – láčky nevětvené

Spermatozoidy

obrovské – až 500 μm velké

Největší samčí pohlavní buňky v rámci rostlinné i živočišné říše

spirálovitě uspořádané bičíky

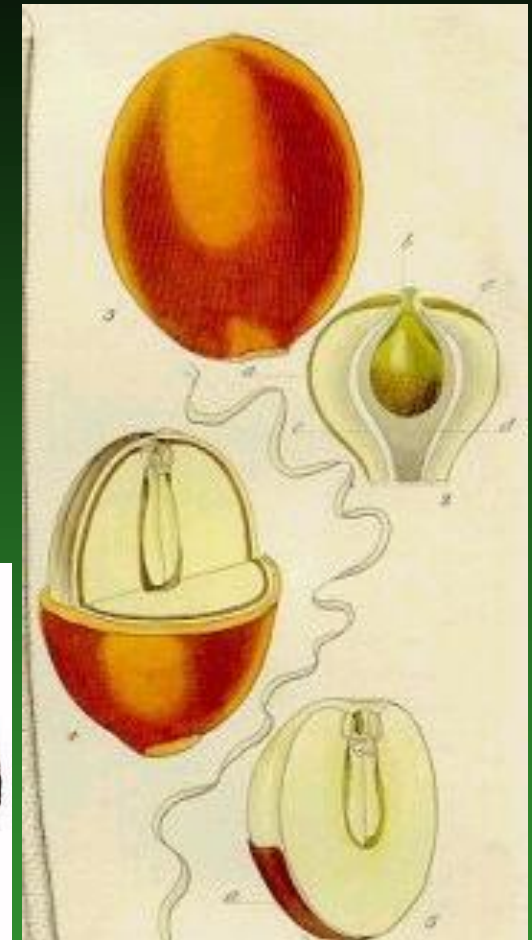


Oplozené vajíčko zraje v semeno

vnější obal = dužnatá sarkotesta (endozoochorie)

střední obal = dřevnatá sklerotesta

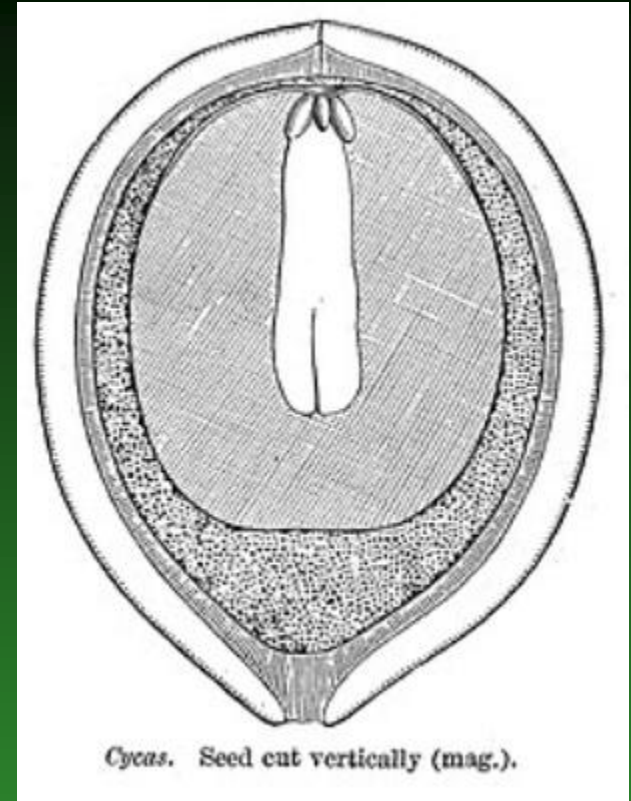
vnitřní obal blanitý.



Změna barvy zralé sarkotesty = jasná adaptace na endozoochorii

Z oplozené oosféry vzniká embryo s
2-6 dělohami

Embryo vyživováno pletivem
megaprothalia = primárním živným
pletivem



Historie

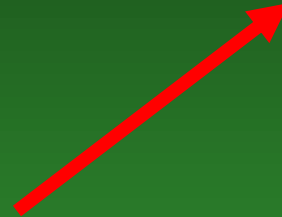
poprvé v permu,

vrchol v juře,

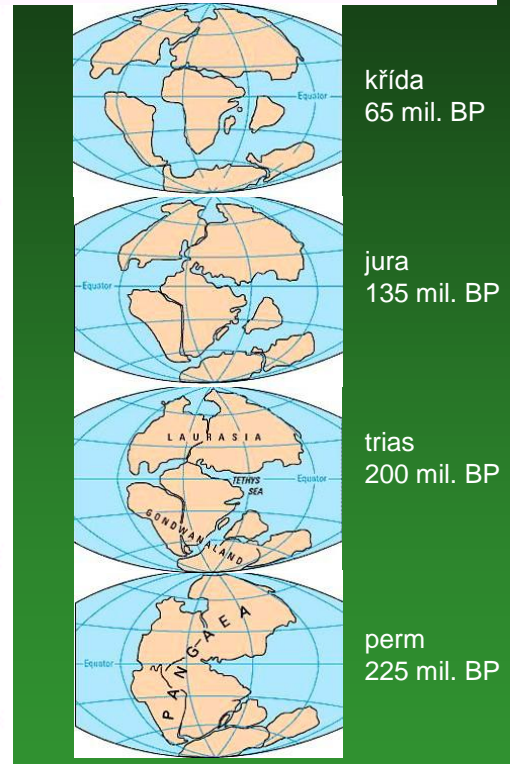
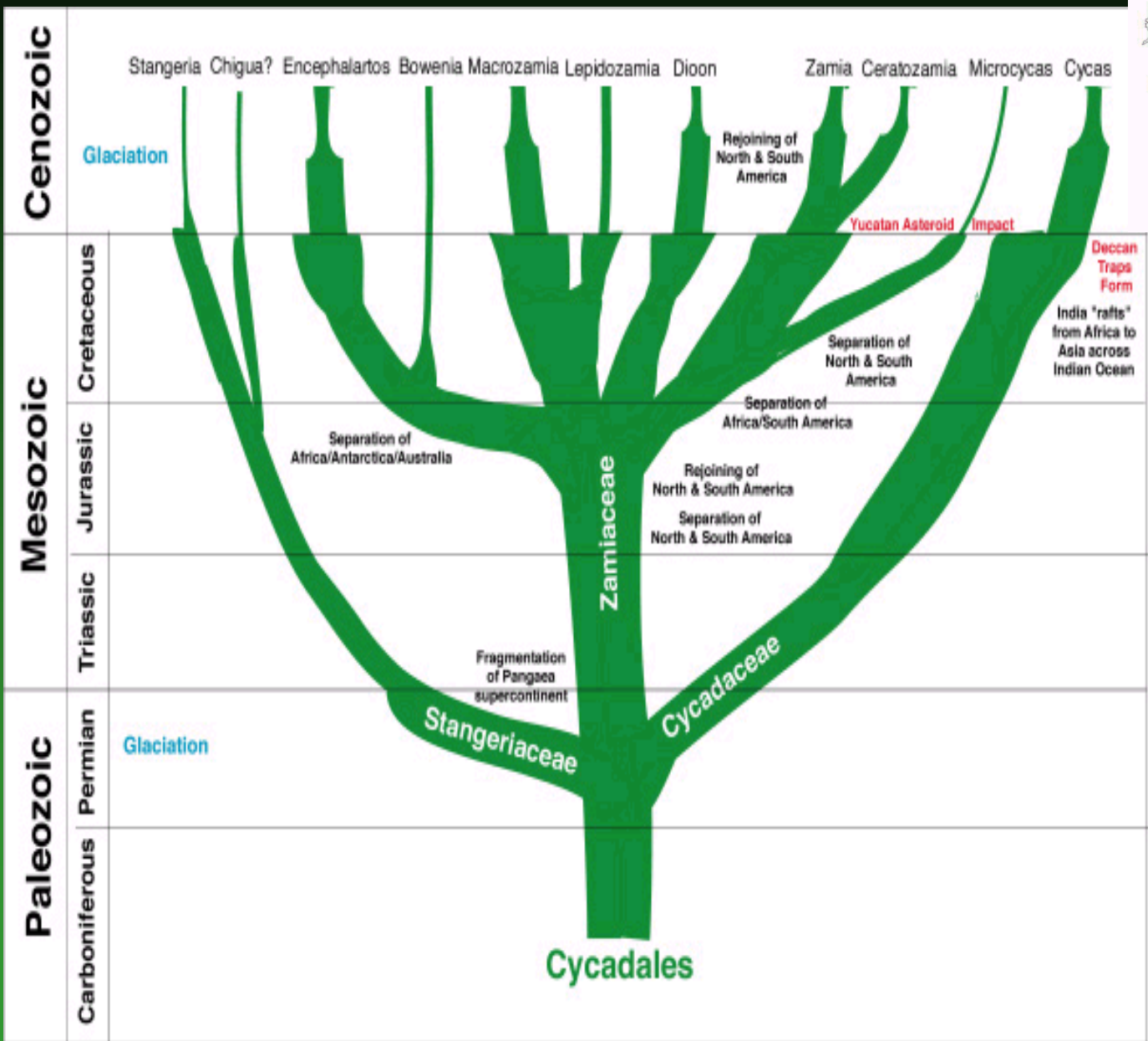
nyní 10 rodů se zhruba 300 druhy



Fylogeneticky navazují *Cycadopsida*
na semenné monilofyty ze tř.
Pteridospermopsida

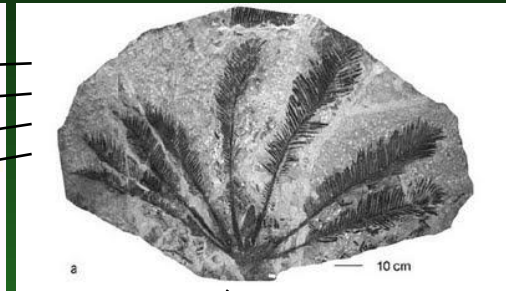
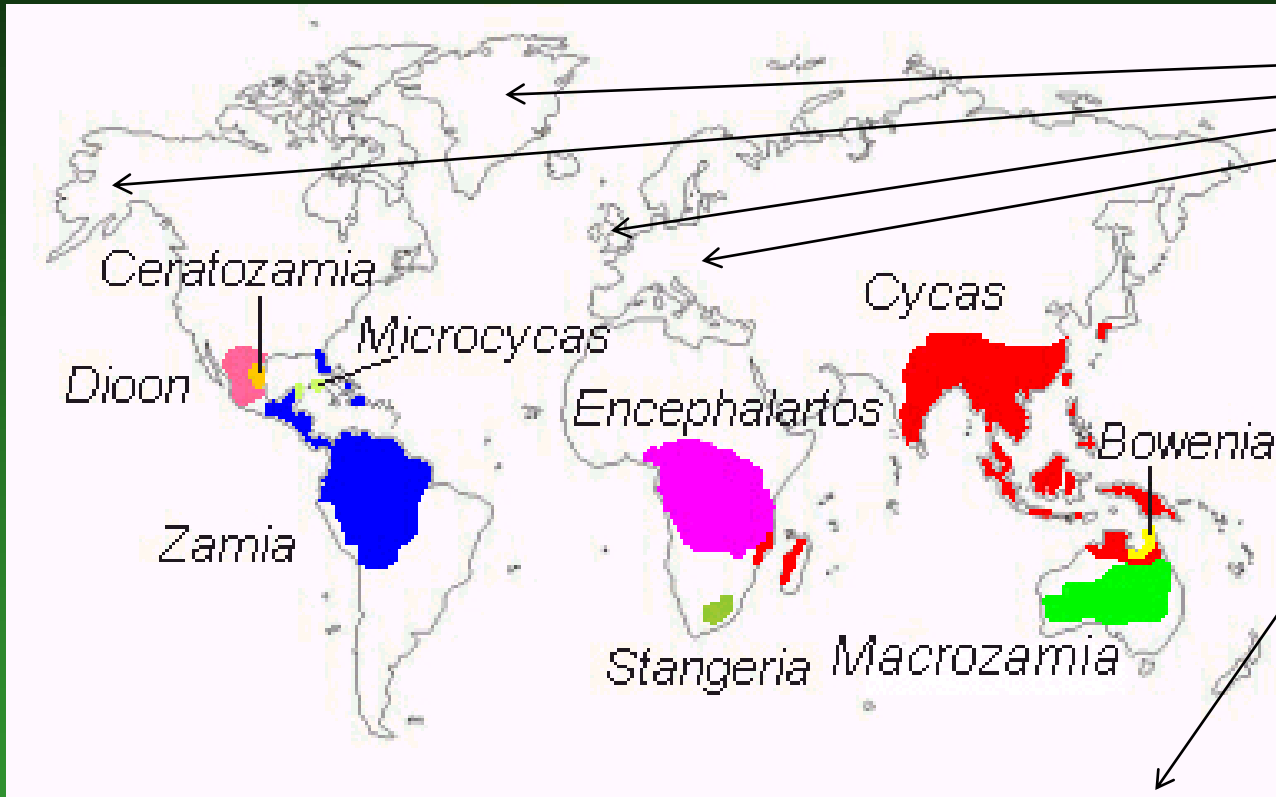


Tři hlavní linie cykasů divergovaly v permu, na evoluci se projevil kontinentální drift



1. čel. *Cycadaceae* jediný rod *Cycas*.

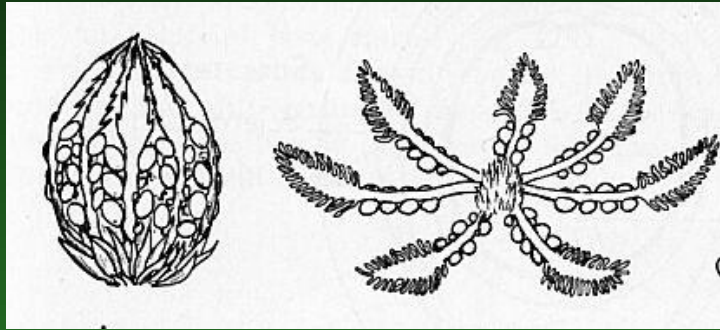
Převážně jihovýchodní Asie, jediný druh na Madagaskaru a pobřeží východní Afriky.



Fosilní doklady
cykasů jsou po
celém světě – mj.
Aljaška,
Antarktida,
Evropa, Grónsko,
...

Geografické rozšíření současných cykasovitých.

Cycas = nejprimitivnější zástupce - ploché megasporofyty - připomínají 1x zpeřené trofofyty, spirálně uspořádané tak jako trofofyty



Zpravidla více než dvě (4-8) vajíčka (semena) na jednom megasporofylu



úkrojky listů jednožilné

Cycas revoluta má pohlavní chromosomy

system podobný jako u člověka XX = samice; XY = samec;

chromosom Y kratší než X

JAPAN. J. GENETICS Vol. 46, No. 1: 33-39 (1971)

SEX CHROMOSOMES OF CYCAS REVOLUTA

MICHIHARU SEGAWA*, SEKIKO KISHI** AND SEIZI TATUNO***

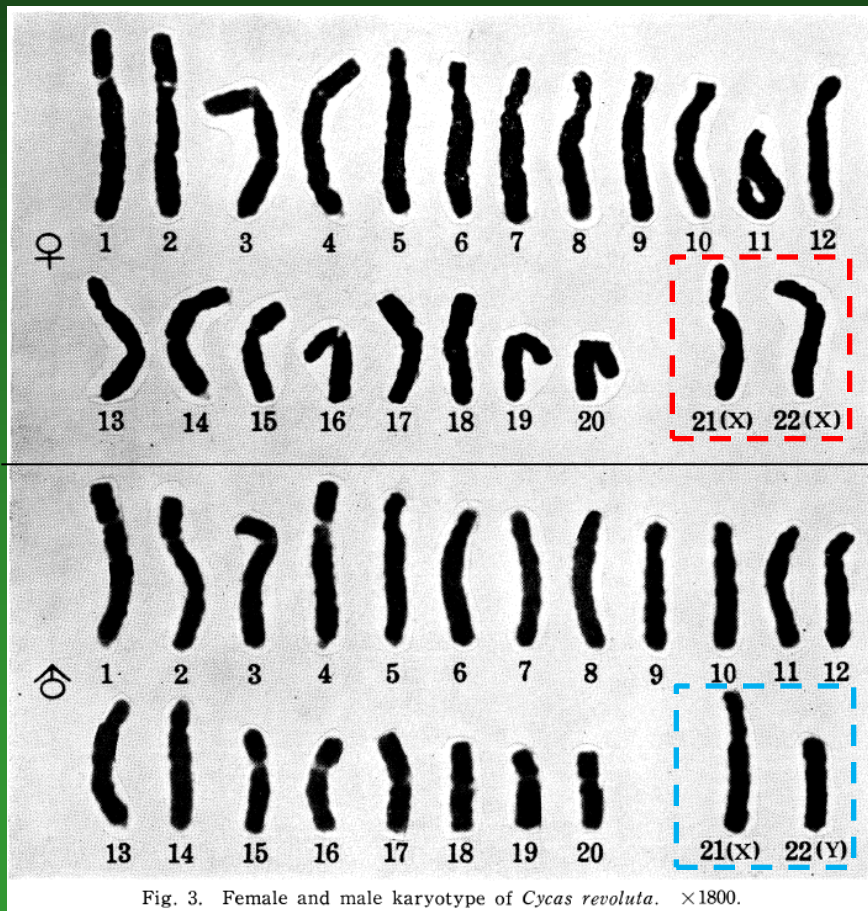
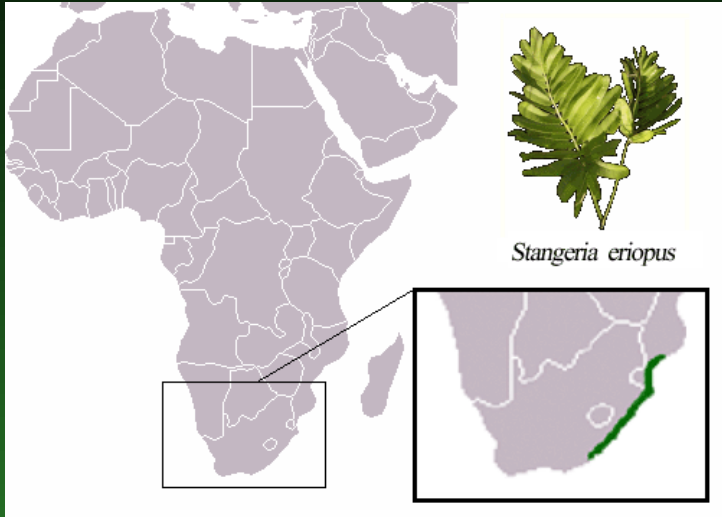


Fig. 3. Female and male karyotype of *Cycas revoluta*. ×1800.



© Yonatan Matalon, www.ColorfulNature.com

2. čel. *Stangeriaceae*



Sporofyly – ve strobilech

Průduchy

– nezapuštěné

Cycadaceae



Stangeriaceae



Zamiaceae



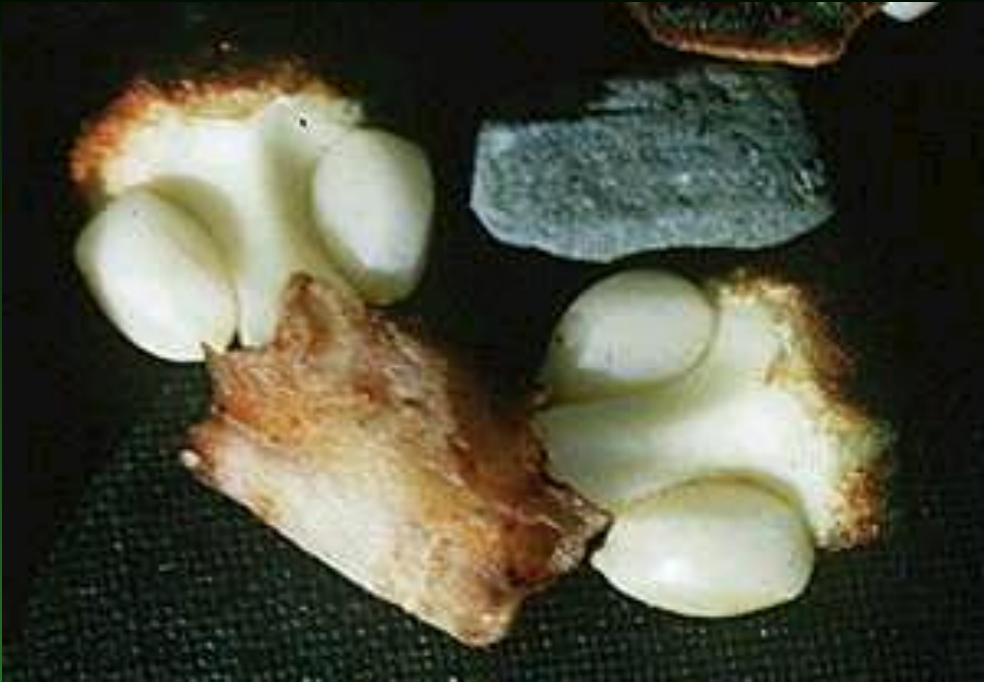
Úkrojky listů – s 1 centrální žilkou a mnoha bočními (transverzálními) žilkami rovnoběžnými resp. zčásti vidličnatě větvenými



3. čel. *Zamiaceae*

- megasporofyly se 2 vajíčky

- úkrojky listů vícežilné, v mládí ploché nebo konduplikátně svinuté



Čeleď zahrnuje 8 rodů

Kmen často hladký (na obr. *Encephalartos*)



Zamia

Florida, Mexiko J. Amerika, též Kuba, megastrobily
drobnější





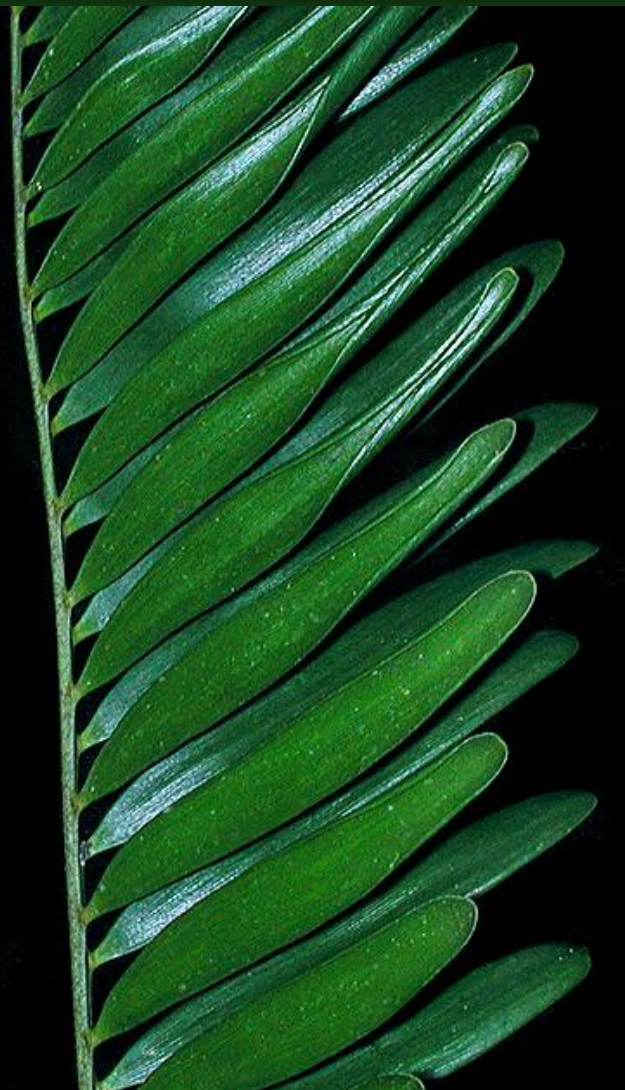
Zamia pumila
Zamiaceae
Male (Abaxial)
© G. D. Carr



Zamia pumila
Zamiaceae
Female (Adaxial)
© G. D. Carr



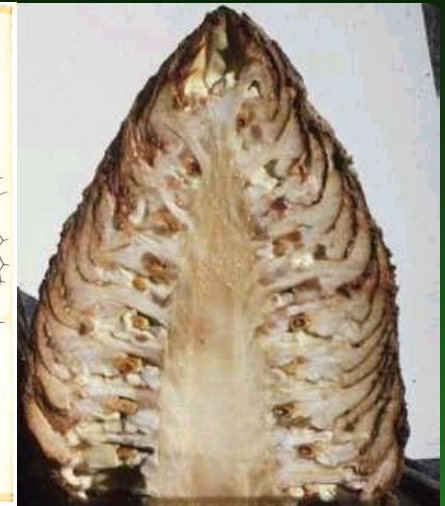
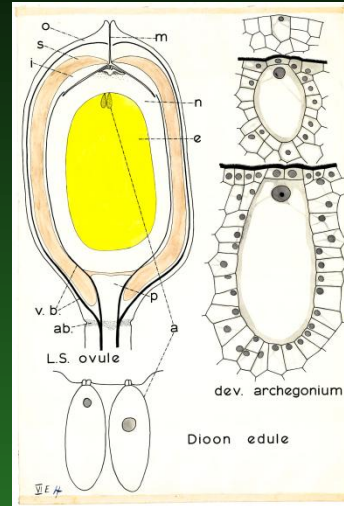
Zamia pumila
Zamiaceae
© G. D. Carr



Microcycas calocoma - endemit Kuby, strobily až 90 cm



Dioon - Stř. Amerika, má obrovské oosféry - až 6 mm!



jméno *Dioon edule* je podle toho, že mouka ze škrobnatých semen se využívá k přípravě tortilly v některých částech Mexika



Ceratozamia - Mexiko



Počet jedinců v populacích může snadno klesnout pod kritickou mez.

Celá řada druhů ohrožena např. *Encephalartos*.



Encephalartos
(Presly nazývaný píchoš)
roste v Jižní Africe,



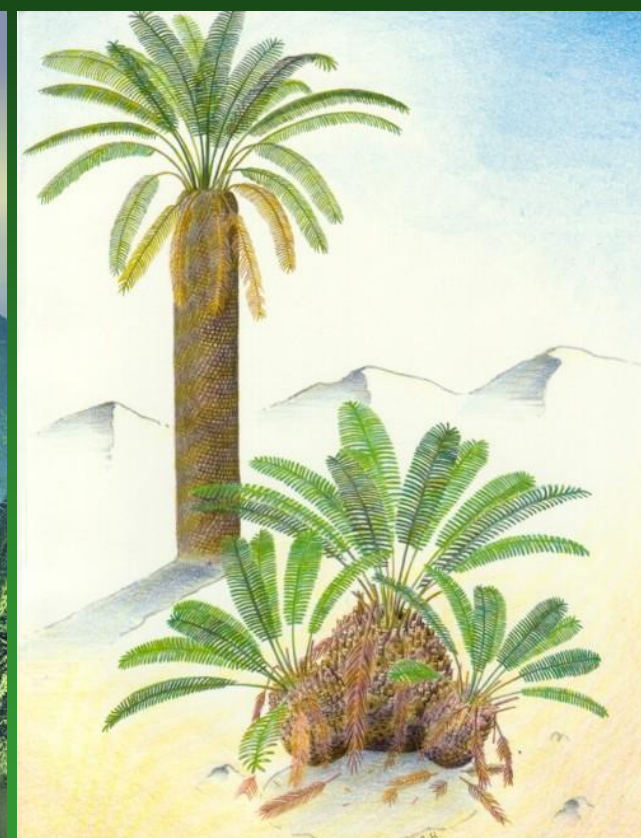
strobily až 45 kg
těžké

3. tř. *Cycadeoideopsida*



Fosilní dřeviny, vzhledem připomínající současné cykasy.

Liší se oboupohlavnými strobily!



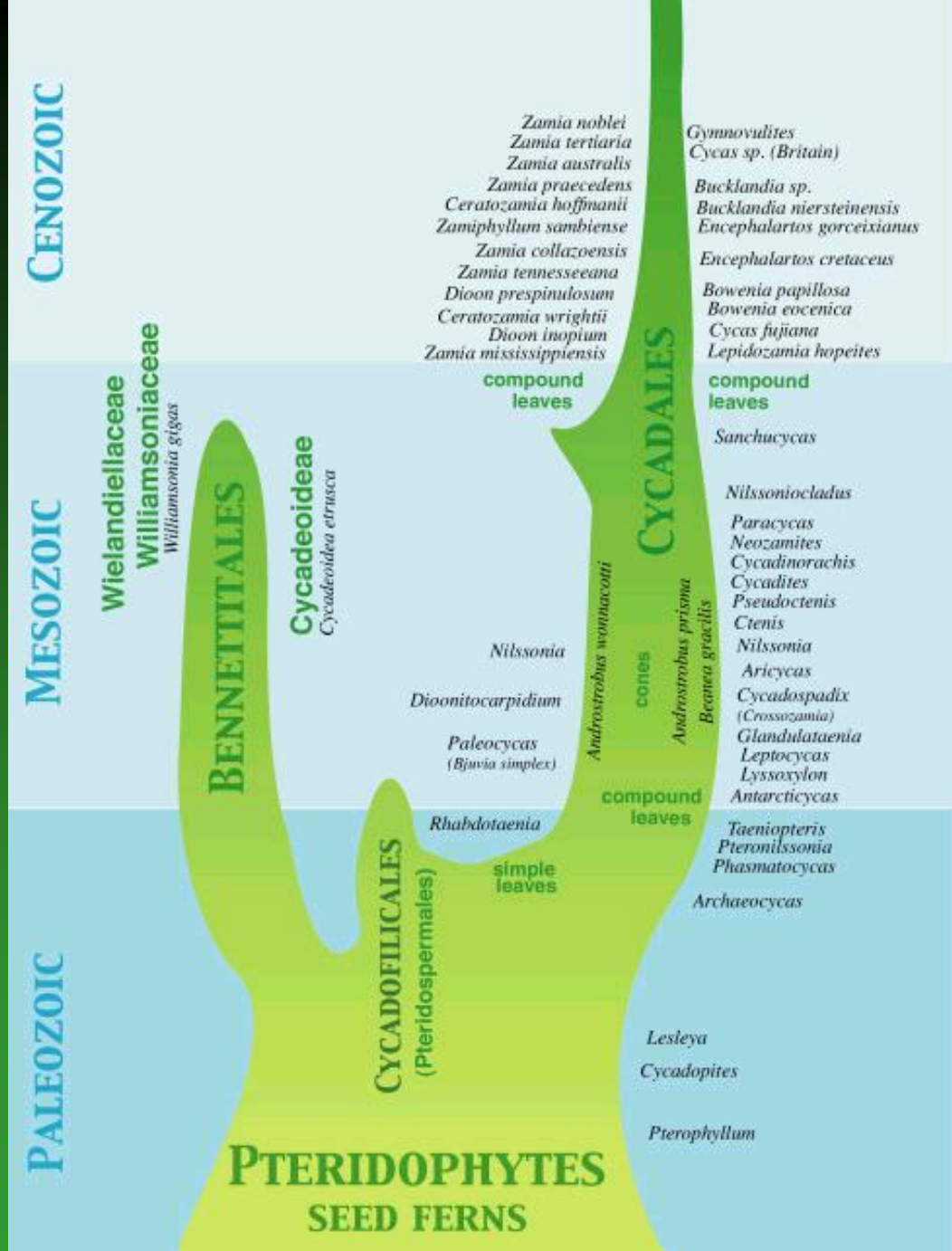
Historie

Původ není zcela jasný -
navazují zřejmě na
kaprad'osemenné
Pteridospermopsida

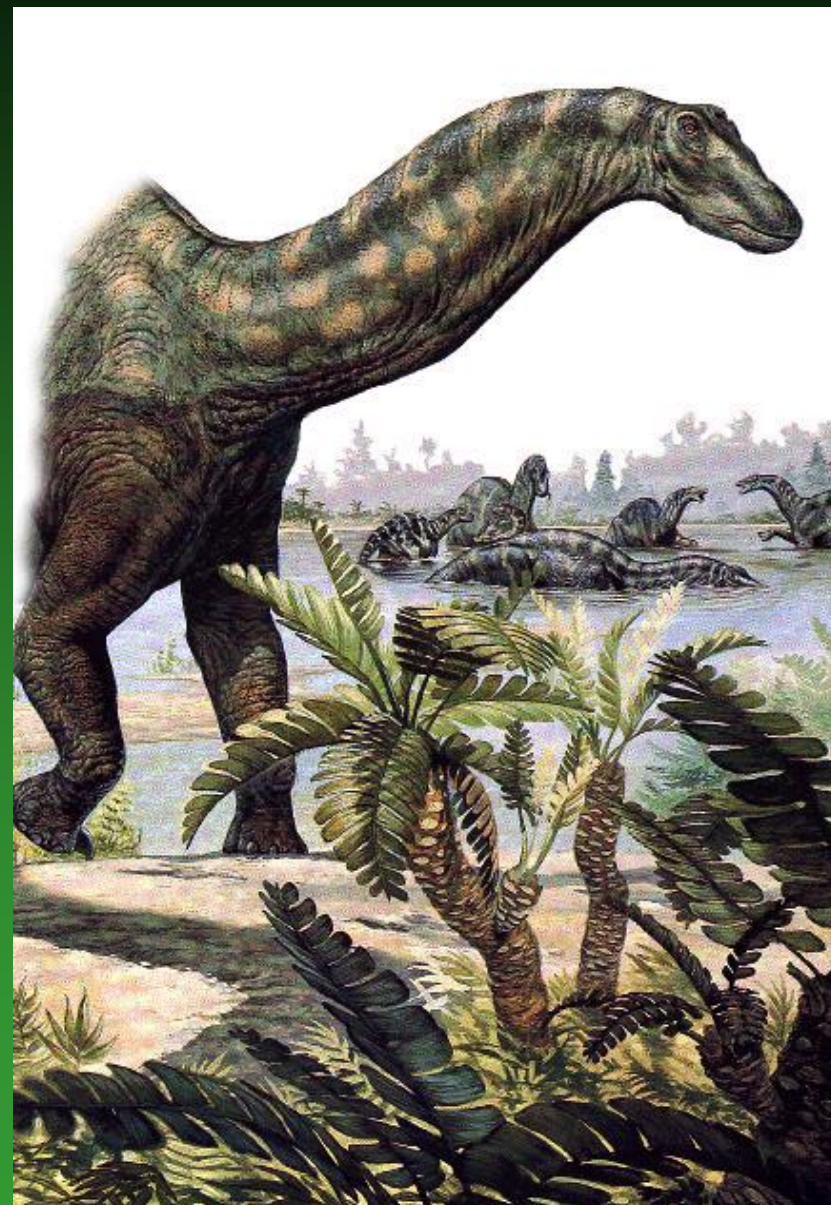
poprvé – trias

divergence – křída

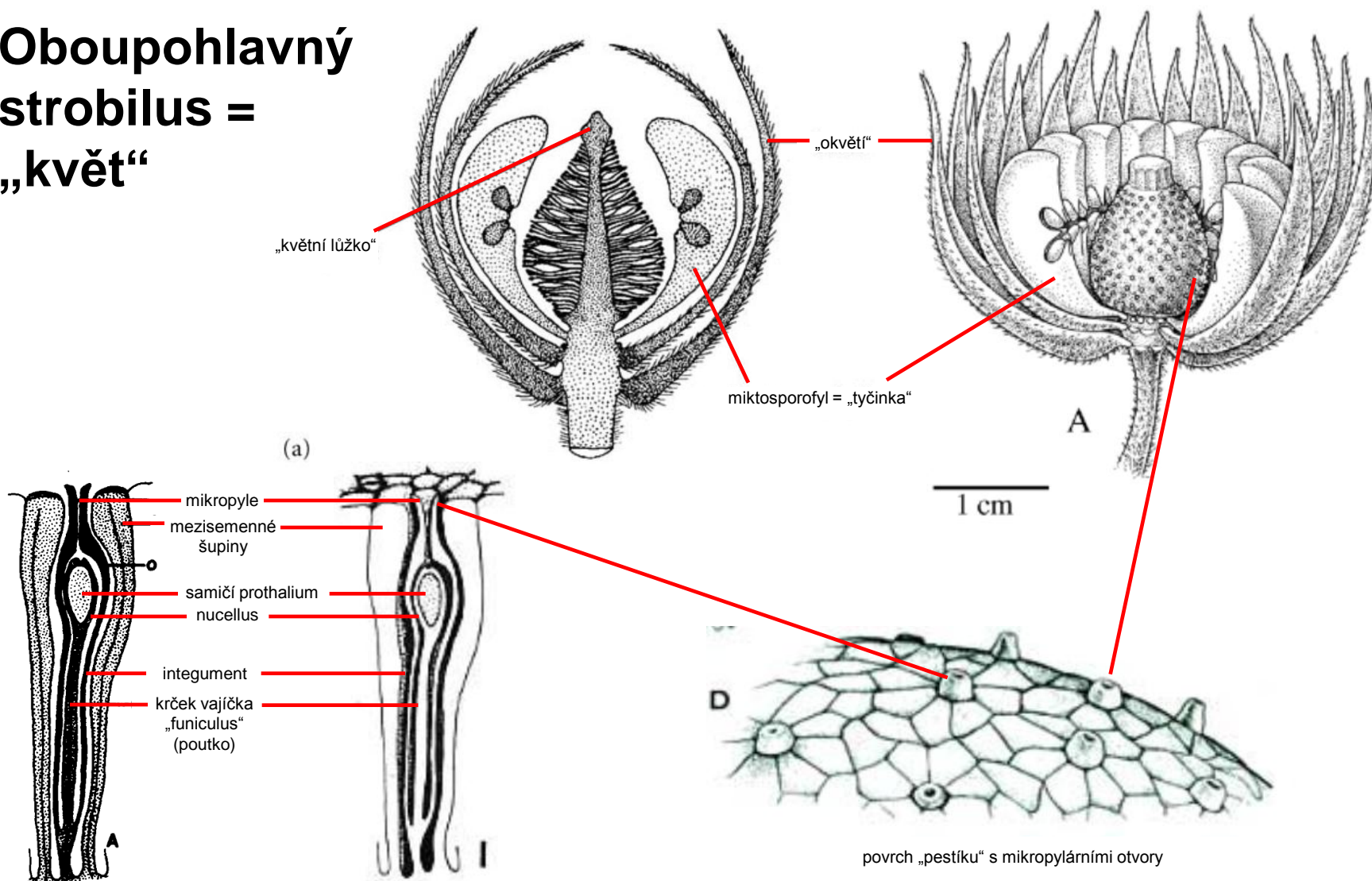
vymření – horní křída



Dominovaly v druhohorách a byly proto pravděpodobně složkou potravy dinosaurů

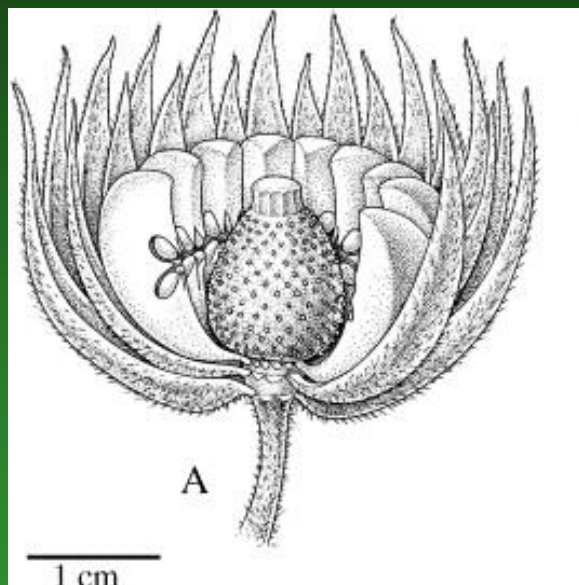


Oboupohlavný strobilus = „květ“



Oboupohlavný strobilus připomíná organizací, vzhledem a vlastnostmi oboupohlavný květ krytosemenných (*Magnoliophyta*).

Williamsonia



Magnolia

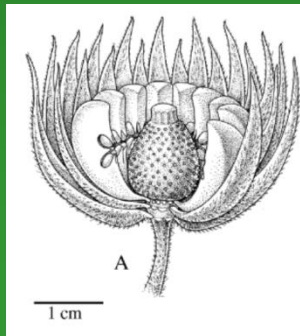


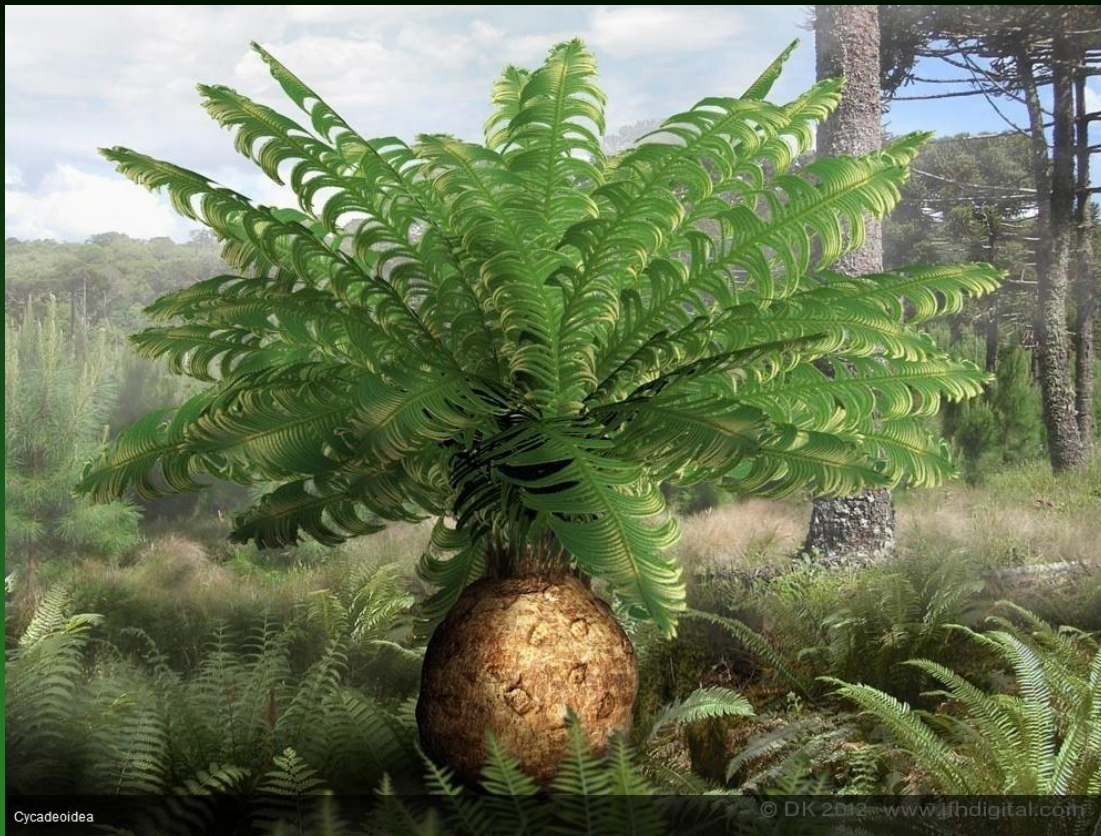
Lilium



To považovali dřívější autoři za důkaz **teorie strobilární (=euanthiové)** odvozující od tohoto strobilu vznik oboupohlavného květu a považovali tak *Cycadeoideopsida* za ancestry krytosemenných.

Williamsonia - válcovitý kmen, několik m vysoký, již ve svrchním triasu, strobily na koncích větví, semena oválná,





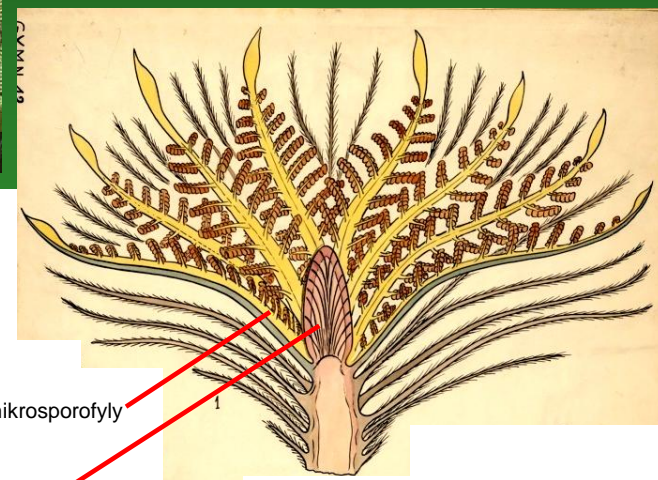
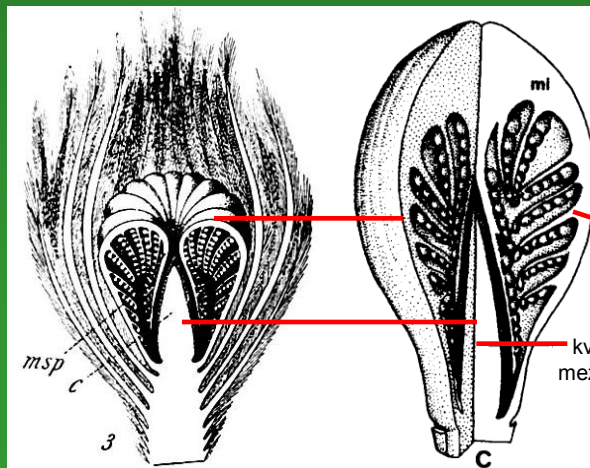
Cycadeoidea

© DK 2013 www.fhdigital.com



Cycadeoidea

- kulovitý kmen
- strobily - přisedlé na kmeni
- semena - žebernatá až křídlatá



mikrosporofyty

květní lůžko s vajíčky s mezisemennými šupinami

„poupě“ a otevřený „květ“

4. tř. *Ginkgopsida* (jinany)



Opadavé druhotně tloustnoucí dřeviny



Fosilní, s jediným
recentním zástupcem

jinanem dvoulaločným
(*Ginkgo biloba*)



Historie

poprvé - svrchní perm
divergence - jura a křída
ústup - třetihory



V současnosti jediný druh -
Ginkgo biloba - živoucí fosílie
(200 mil. let), jeden z
nejstarších existujících
rostlinných druhů na Zemi.

Někteří odborníci soudí, že také jinany byly podstatnou složkou potravy a tedy i jednou z podmínek expanze dinosaurů



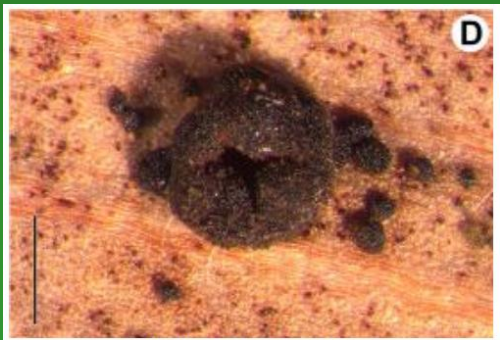
Listy jinanů v současnosti však nežerou skoro žádní hmyzí herbivoři !

Starobylost a izolovanost jinanů dokresluje jejich specifický houbový parazit *Bartheletia paradoxa*, tvořící bazální linii agaricomycotin v rámci bazidiomycet

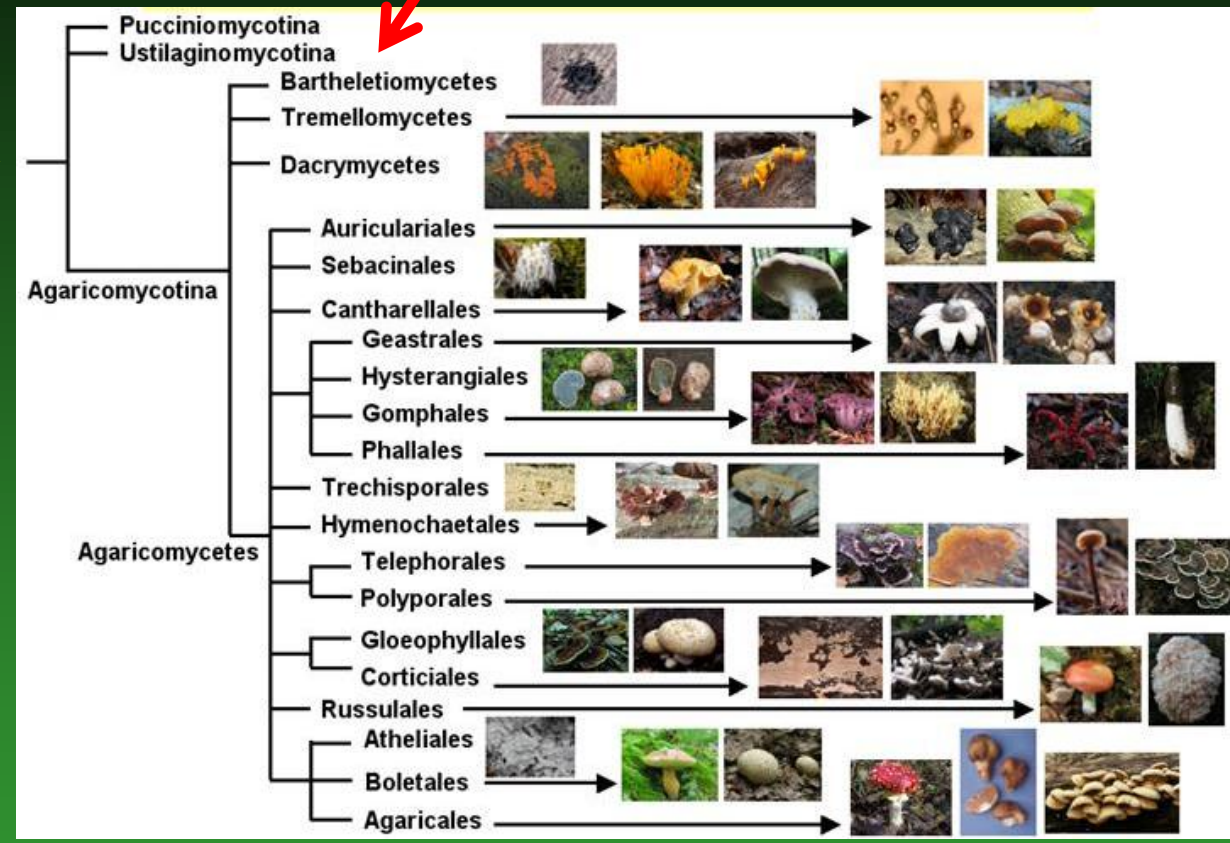
Basidiomycota →



Feuille de Ginkgo en cours de dégradation
d'après Mycol Research 2008



Bartheletia paradoxa



Evolučně navazují jinany pravděpodobně na kordaity

Ginkgo biloba

fosilní *Ginkgo*

Cordaite



Jinan je
dvoudomý
strom s
pohlavními
chromosomy



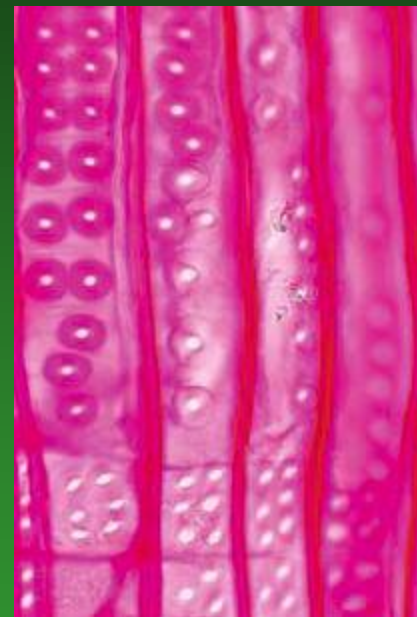
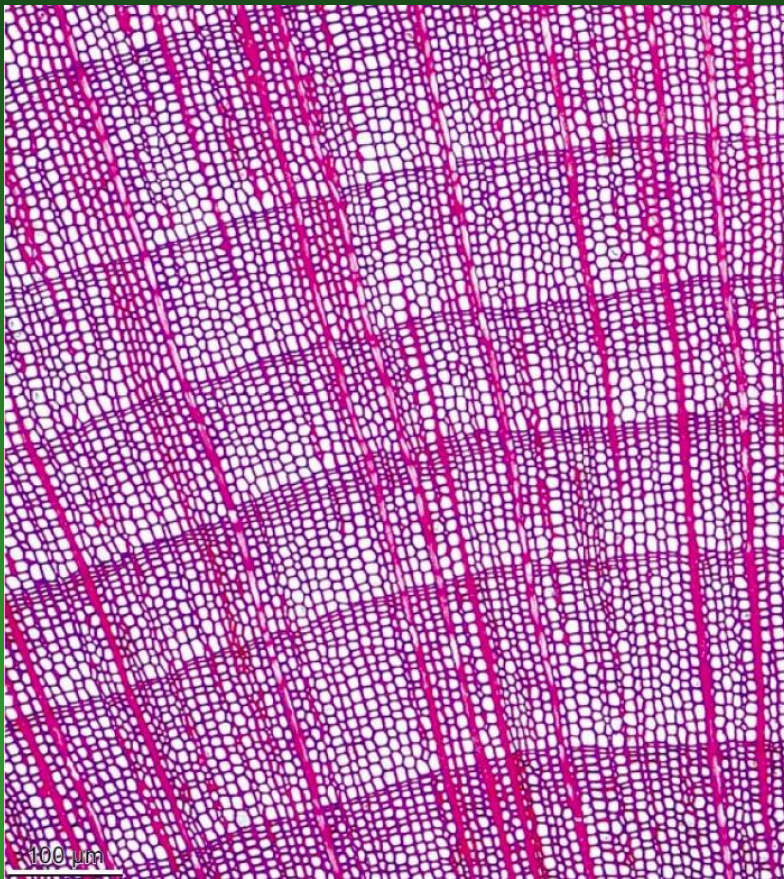
má tedy samčí a samičí
jedince

system určení pohlaví je
ZW typu (ZZ = samec;
ZW = samice); $W > Z$

Dřevo kmene – pyknoxylické (málo parenchymu)

Xylem – jen s tracheidami (žádné tracheje, žádné fibrily)

Tracheidy – s gymnospermními dvůrkatými dvojtečkami



Listy

jednoduché, vějířovité, ve
dva laloky rozdělené

žilnatina vějířovitá, žilky
stejnocenné

u fosilních vějířovitě dřípené
v tenké úkrojky



spirálovitě ve svazečcích na koncích
brachyblastů, na zimu opadávají



na mladých
nezkrácených
větvích jednotlivě

Větve - téměř vorovně odstálé,
- s výraznými brachyblasty



Kmen

- až 30 m vys., na bázi v obvodu až 9 m

Borka kmenu

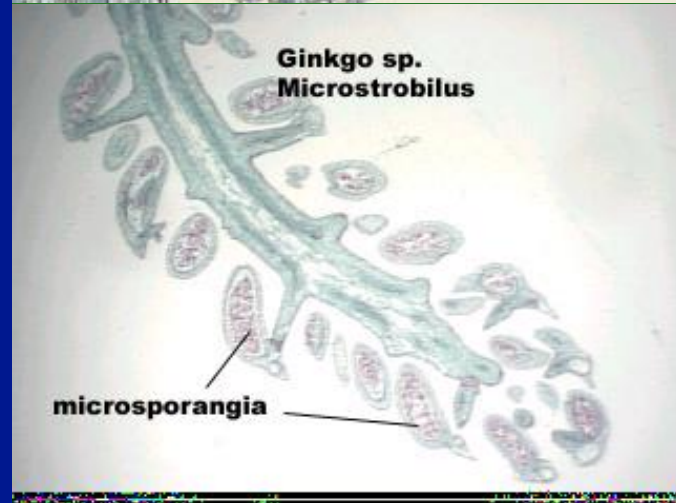
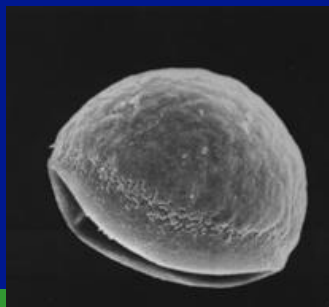
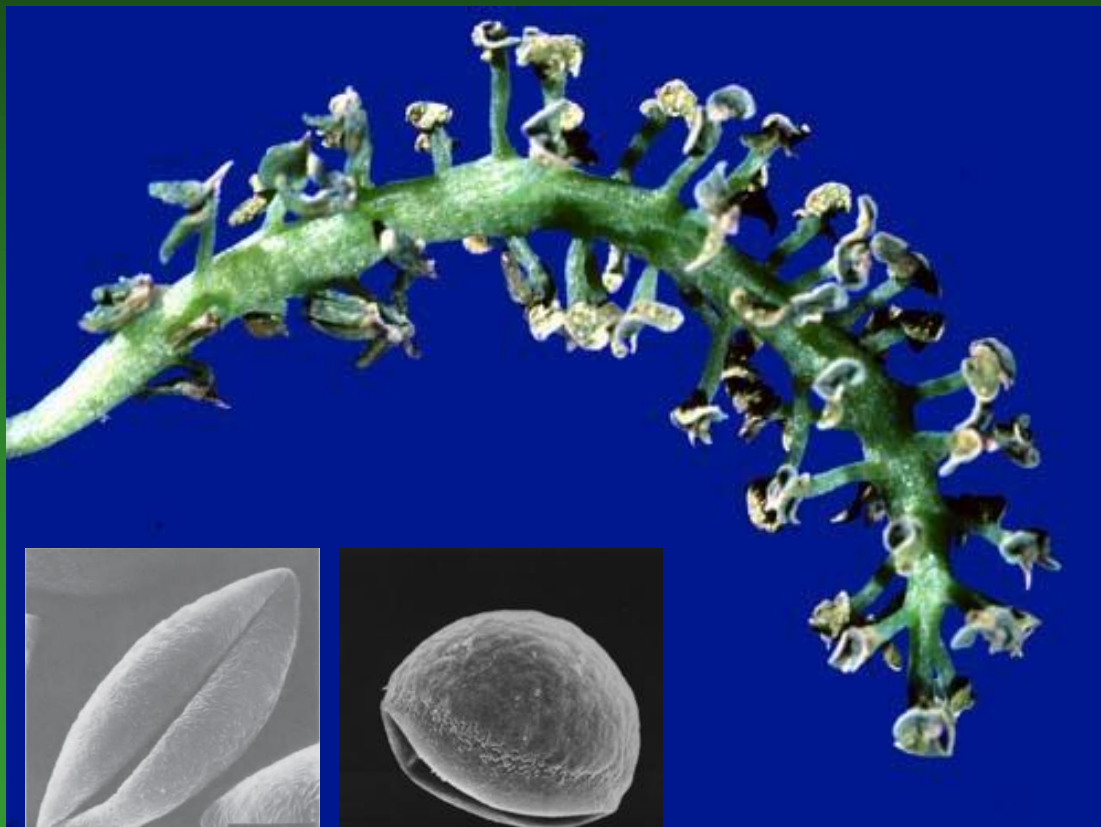
- silná, záhy nahrazuje epidermis

- obsahuje taninové buňky, stejně jako borka jehličnanů

Mikrosporofyly (mikrosporangiofory) - stopka se dvěma sporangii,
- spirálovitě v jehnědách

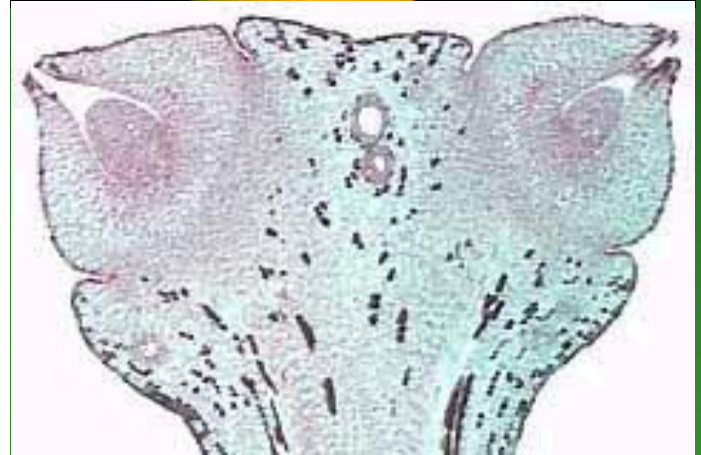
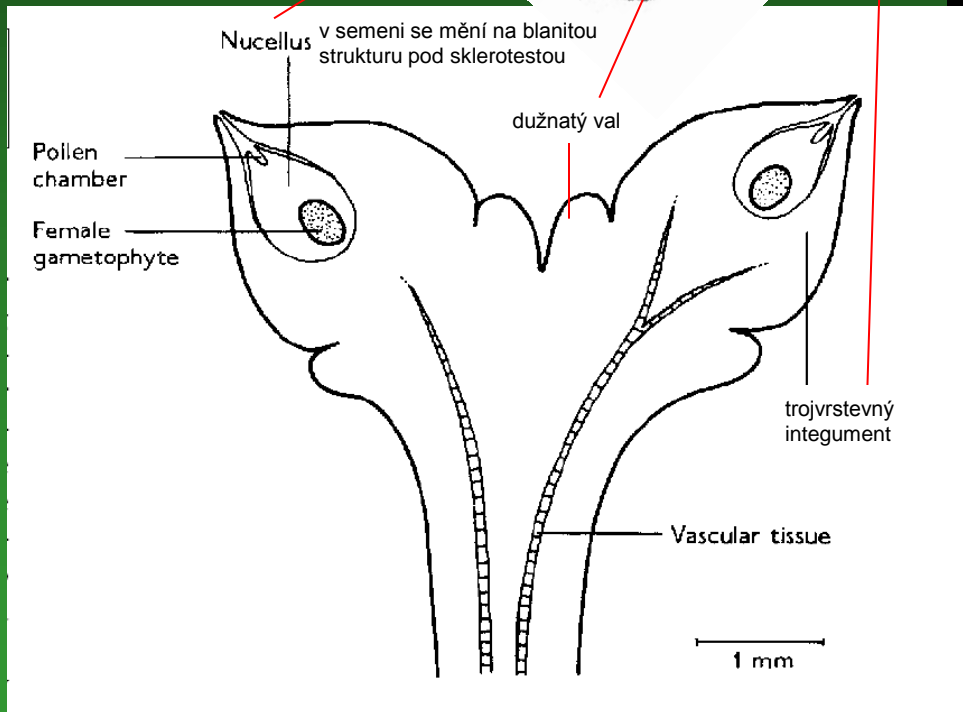
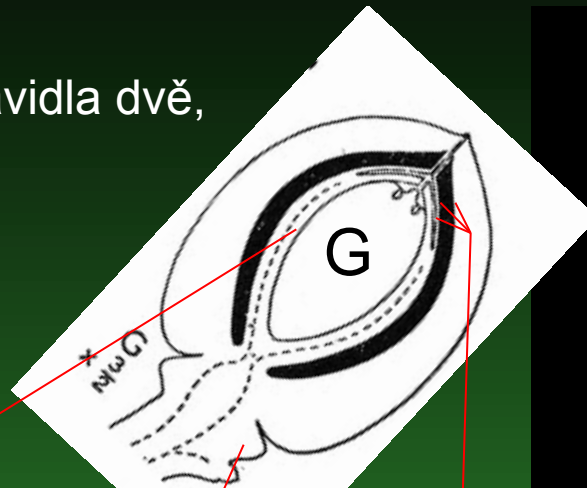
Pyl - bez vzdušných vaků, monosulkátní

- tvoří se na jaře
- zralý pyl je 3-buněčný

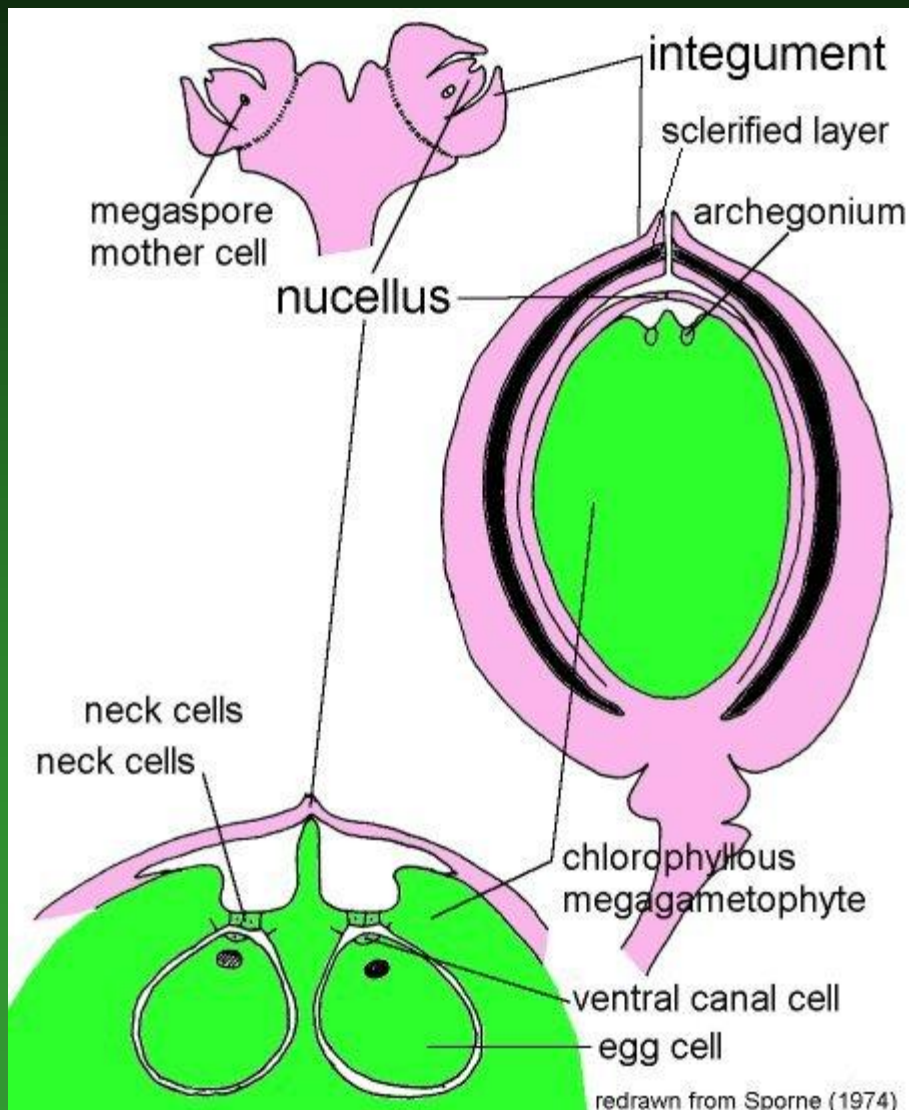


Vajíčka - nahá,

- na stopkách zpravidla dvě,
- transverzálně postavená



Archegonia zjednodušené stavby jen ze 6 buněk =
 = čtyři buňky krčkové + kanálková ventrální buňka + oosféra



Opylení

1. Pyl přenesen větrem ze samčích stromů na polynační kapku vajíček



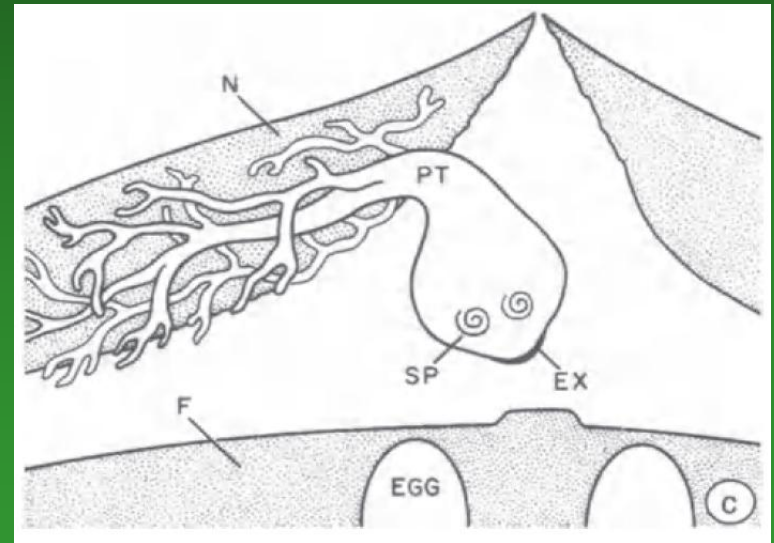
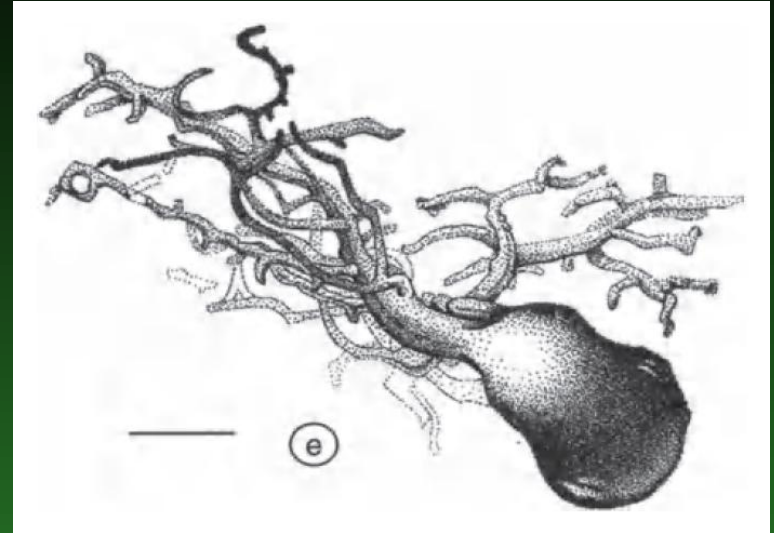
2. Přítomnost pylu v polynační kapce vyvolá její vysychání

3. Vysycháním kapky pyl vtažen do pylové komory

Oplození

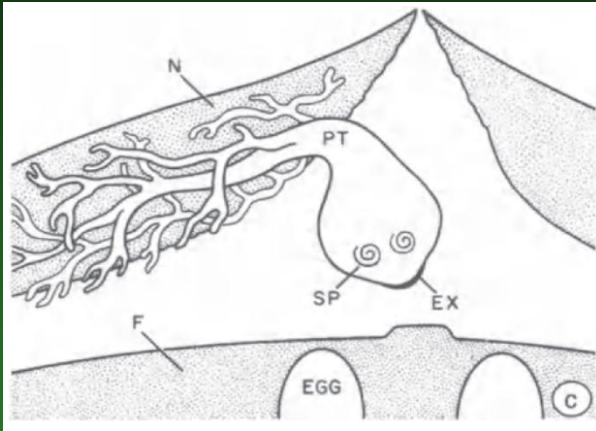
1. V pylové komoře vyklíčí z pylu láčka
2. Láčka (samčí gametofyt) roste a větví se v nucellu, který ji vyživovuje několik měsíců
3. Po opadu semen ze stromu proroste láčka (její hlízovitá část = „antheridium“) skrz stěnu nucellu do archegoniální komory

Prorůstání se děje produkcí enzymů (hlavně proteáz)

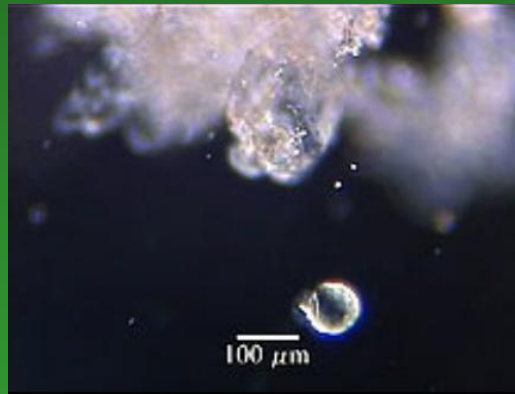


Oplození

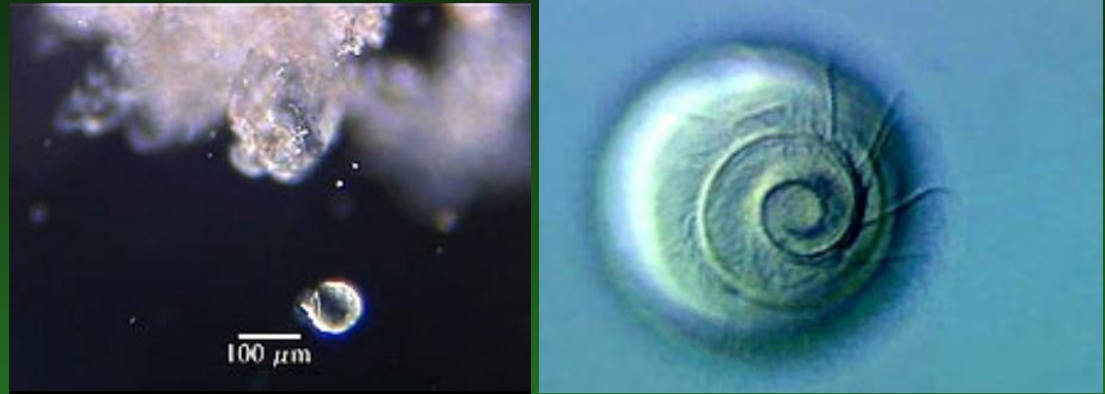
4. Hlízovitý konec láčky („antheridium“) nese dva polyciliární spermatozoidy



5. Spermatozoid (70–90 μm) oplodní vaječnou buňku (4–7 měsíců po opylení)



Jinany = poslední fylogenetická linie s bičíkatými spermatozoidy



Oplození vyšších rostlin v dalších liniích se tak definitivně odpoutalo od vodního prostředí

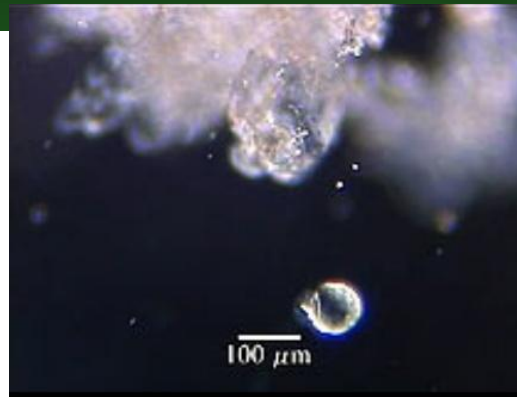
Příjmem a vedením anorganických živin z půdního roztoku jsou však vyšší rostliny k vodnímu prostředí připoutány trvale

Jinany = poslední fylogenetická linie s bičíkatými spermatozoidy

jejich objev v r. 1896 byl botanickou senzací

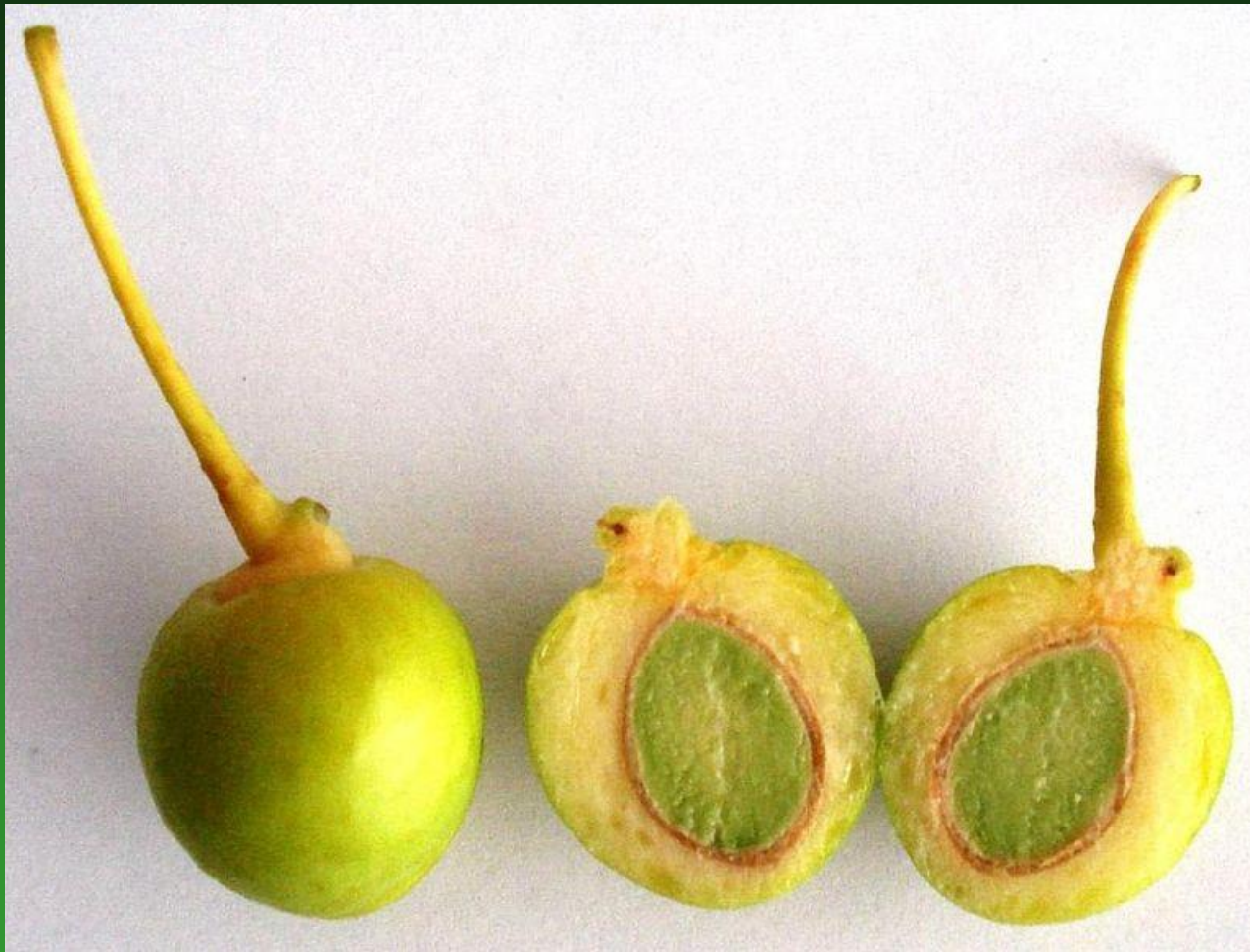


FIG. 1. Sakugoro Hirase in 1912 (age 56)

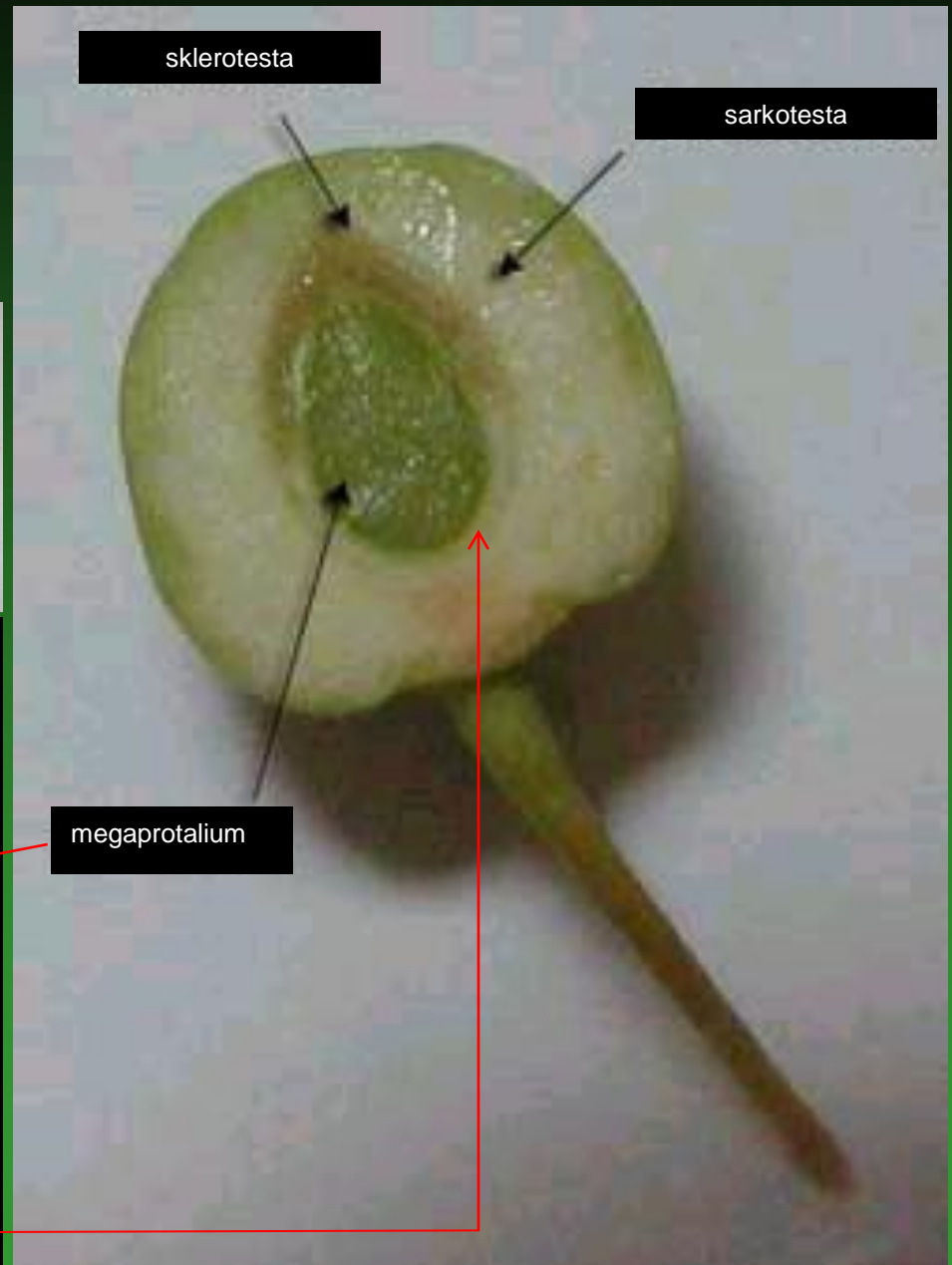
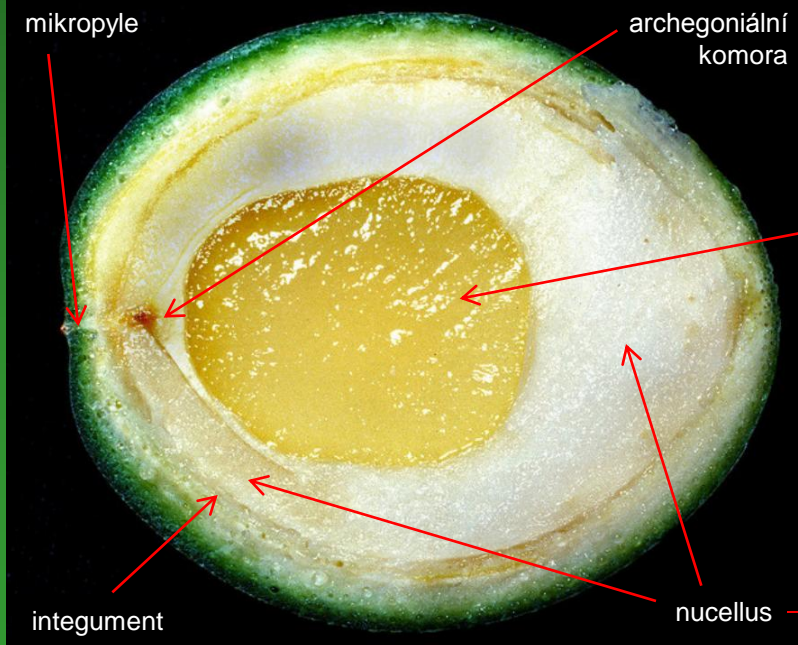


Hirase S (1896) Spermatozoids of *Ginkgo biloba* (in Japanese). Bot Mag Tokyo 10:367–368

V semeno se vyvíjí zpravidla jen jedno z dvojice vajíček, druhé zakrňuje



Semeno – až 3 cm v průměru -
 na povrchu dužnatá sarkotesta,
 uvnitř tuhá sklerotesta, pod ní je
 škrobnaté živné pletivo s
 dvouděložným embryem.



Semena nejprve zelené
barvy.

Po opadu na zem žloutnou a
odporně páchnou.

Zdrojem zápachu je kyselina
máselná.

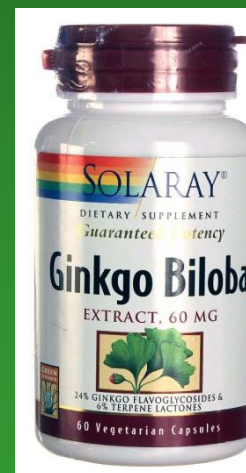
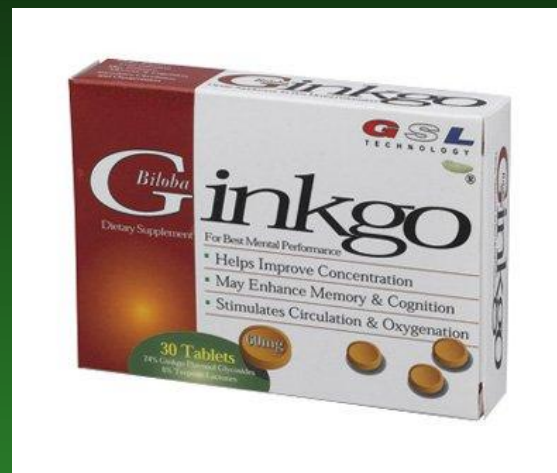
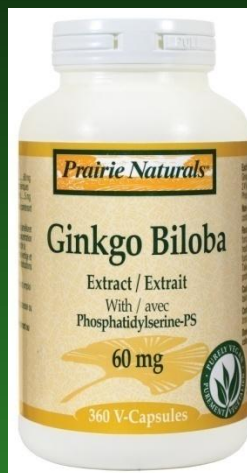


V Číně a Japonsku se semena zbavená sarkotesty máčí ve slané vodě,



poté se praží a prodávají pod názvem pehko nebo se přidávají do dezertů.

V posledních letech je z jinanu vyráběna nesčetná řada potravinových doplňků s potenciálně léčivým účinkem



Samotná rostlina se za příhodných podmínek dožívá až 2000 let stáří.



V Číně je podle rukopisů od 7. stol. pěstován jako chrámový strom.

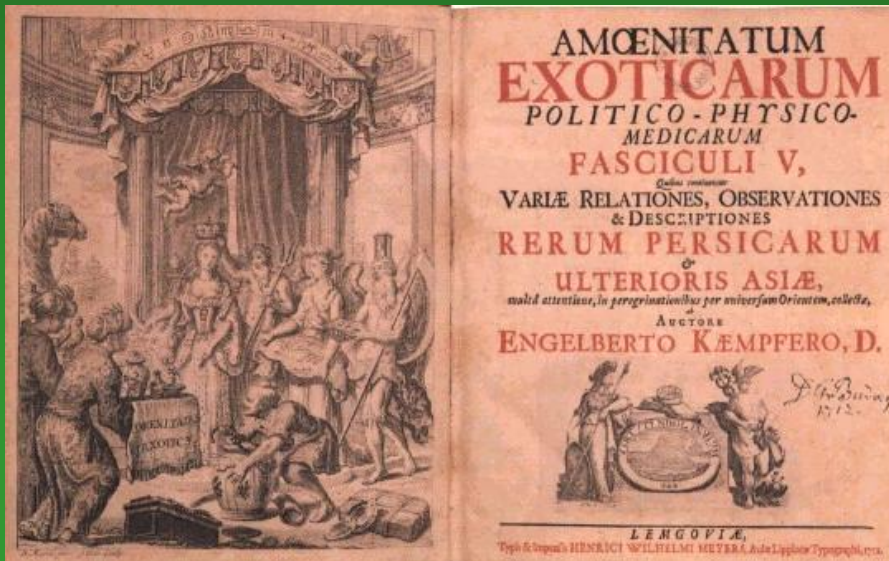
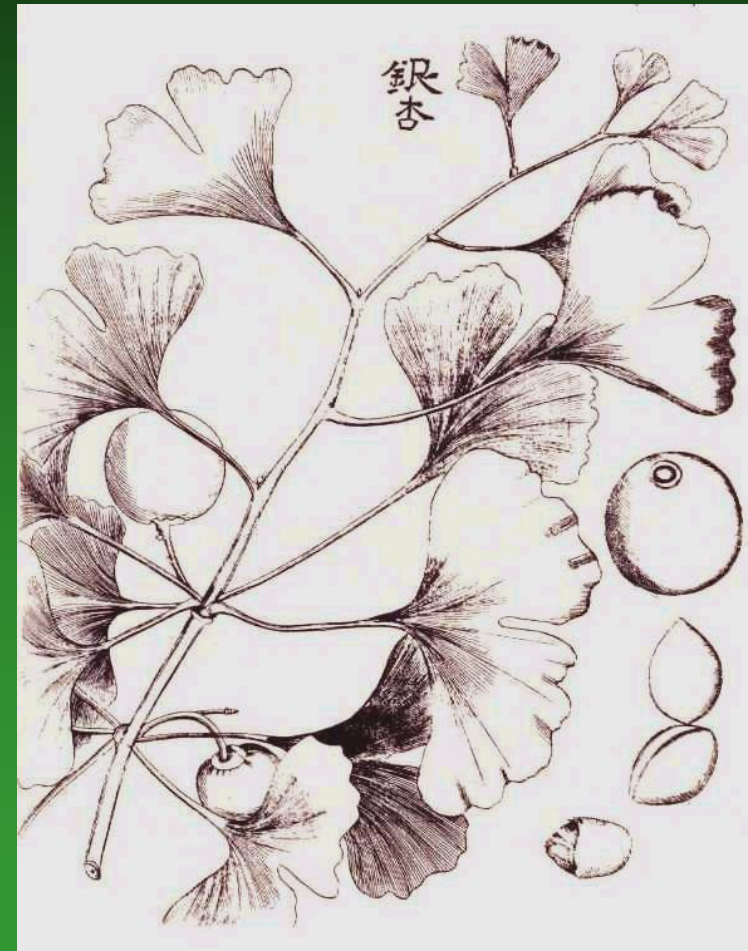


Odsud byl přenesen i do Japonska a Koreje ke stejnému účelu.



Prvním Evropanem, který jej objevil byl lékař holandského velvyslanectví Engelbert Kaempfer v roce 1690 v jap. městě Nagasaki. Jméno gink-go znamená v překladu stříbrný plod nebo také stříbrná meruňka. V roce 1730 přivezl Kaempfer tento strom do milánské bot. zahrady.

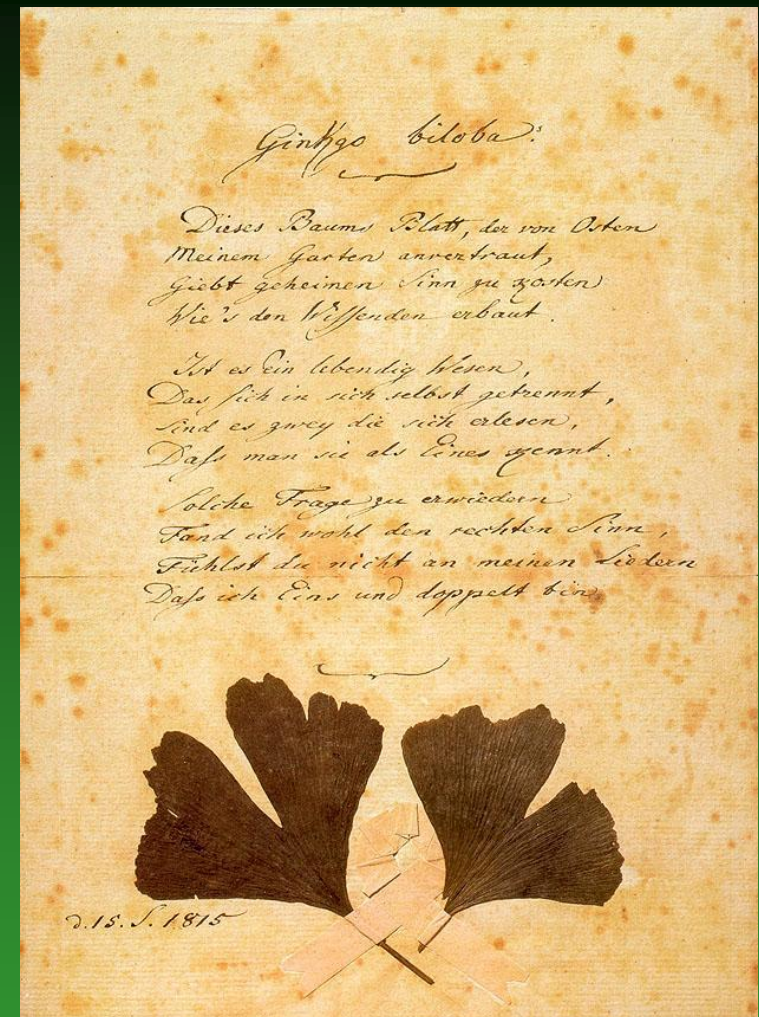
白果



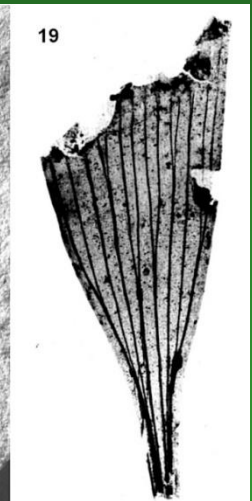
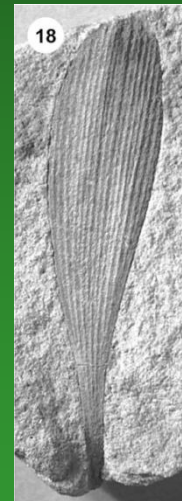
Teprve v roce 1956 bylo objeveno refugium v JV Číně - v horách Tien Mu Shan mezi provinciemi Zhejiang a Anhwei. Třetihorní areál zabíral téměř celou severní polokouli.



Zářez rozdělující list ve dvě stejné části symbolizoval pro velkého německého básníka a přírodovědce J. W. Goetheho přátelství a jednotu dvou milujících se lidí, což vyjádřil v básni Ginkgo biloba



Nehvizdyella bipartita = fosilní rod jinanovitých – nižší stromy s jednotlivými vajíčky a kopinatými listy (do 11 cm délky) na brachyblastech.



Popsaný z křídových sedimentů u Nehvizd a Hloubětína SV od Prahy v r. 2005 paleobotanikem Jiřím Kvačkem a jeho spolupracovníky.

5. tř. *Pinopsida* (jehličnany)



Jméno konifery se do češtiny obvykle překládá jako jehličnany, ve skutečnosti ale jeho doslovný překlad zněl šiškonoši (conus = šiška)



Řád zahrnuje fosilní i recentní dřeviny

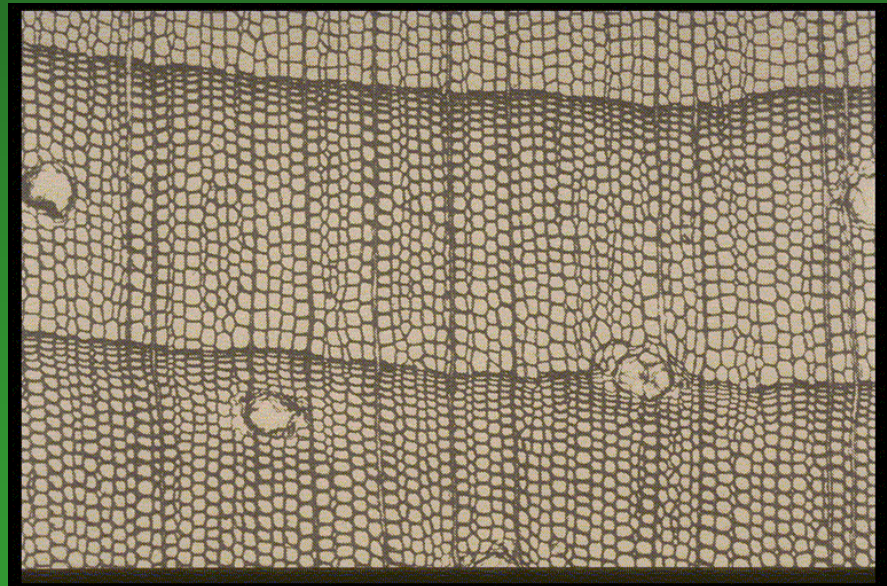
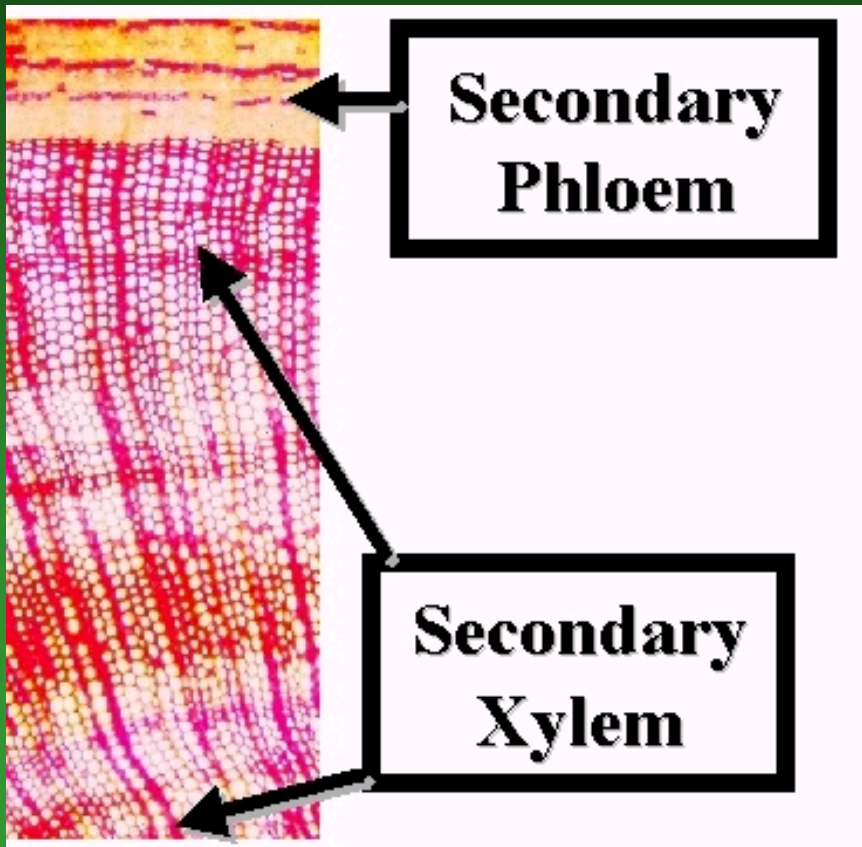
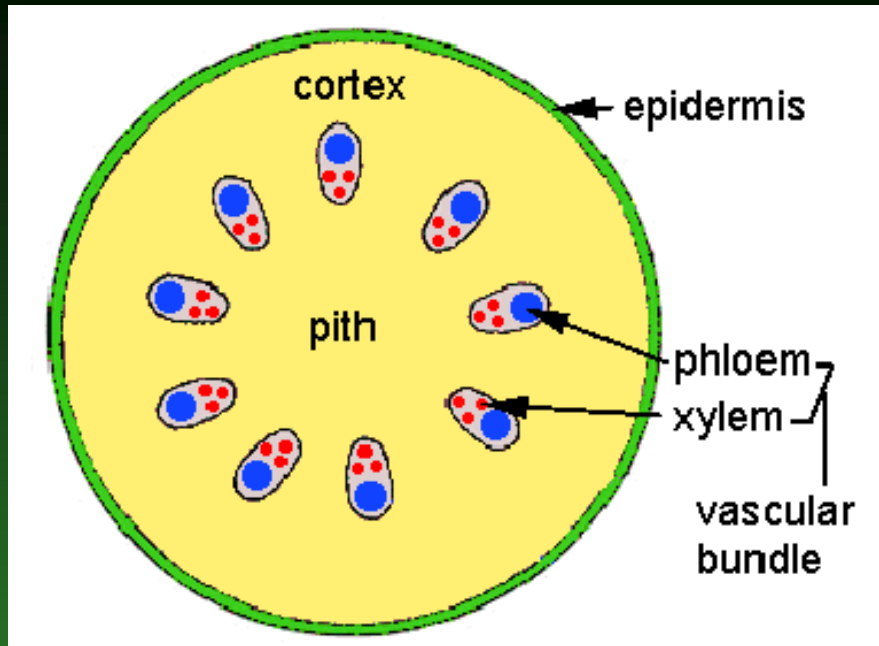


Morfologie výhradně dřeviny převážně stromy (řidčeji keře)



Vodivé elementy eustélické stavby.

Kmen s druhotným tloušťnutím s letokruhy, pyknoxylické struktury (bez parenchymatické dřevě, dobře odolává mrazu)

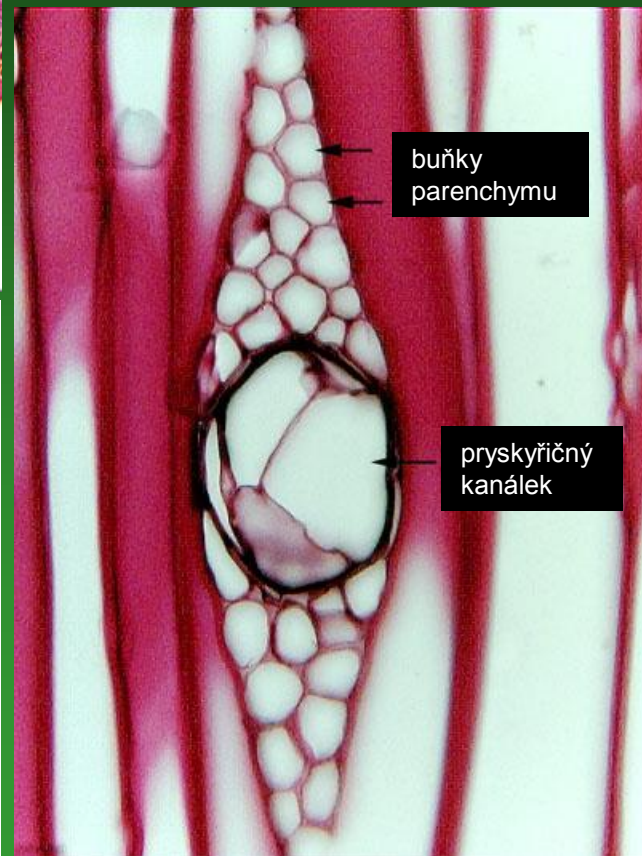


Dřevo i listy často s pryskyřičnými kanálky = ochrana před herbivorním hmyzem a druhotnými infekcemi (bakterií a hub)



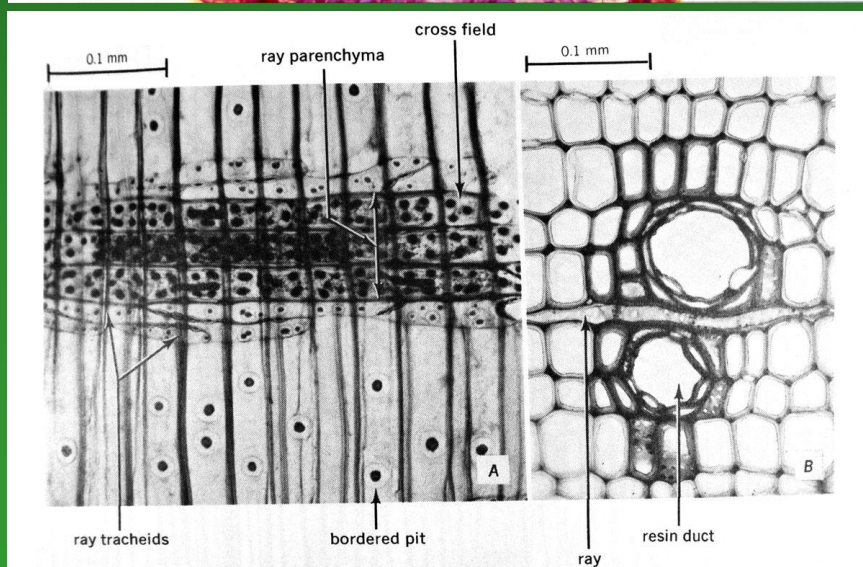
buňky parenchymu

pryskyřičný kanálek



buňky parenchymu

pryskyřičný kanálek



0.1 mm ray parenchyma cross field 0.1 mm

ray tracheids bordered pit ray resin duct

Průduchy hluboce
zanořené pod povrch
kutikuly a epidermis



Kutikula často silná

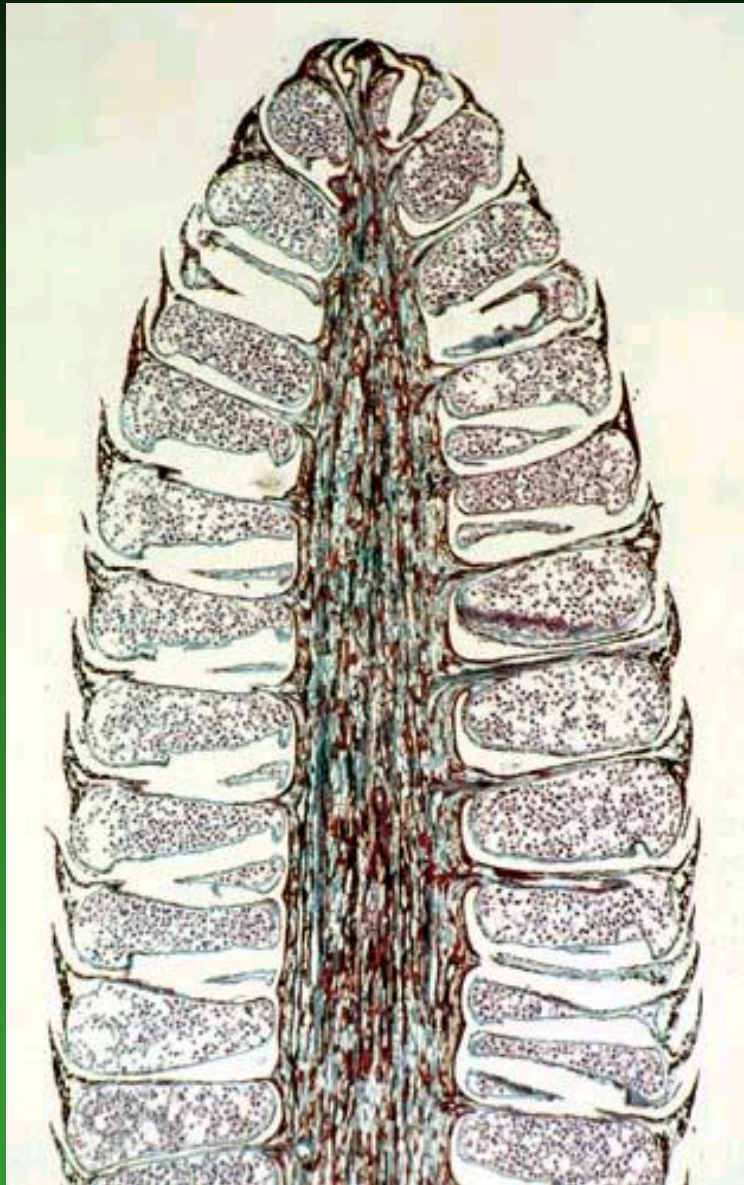
Větve často s brachyblasty (nejvýrazněji u modřínu)



Listy většinou malé, jehlicovité nebo šupinovitě, většinou jednožilné

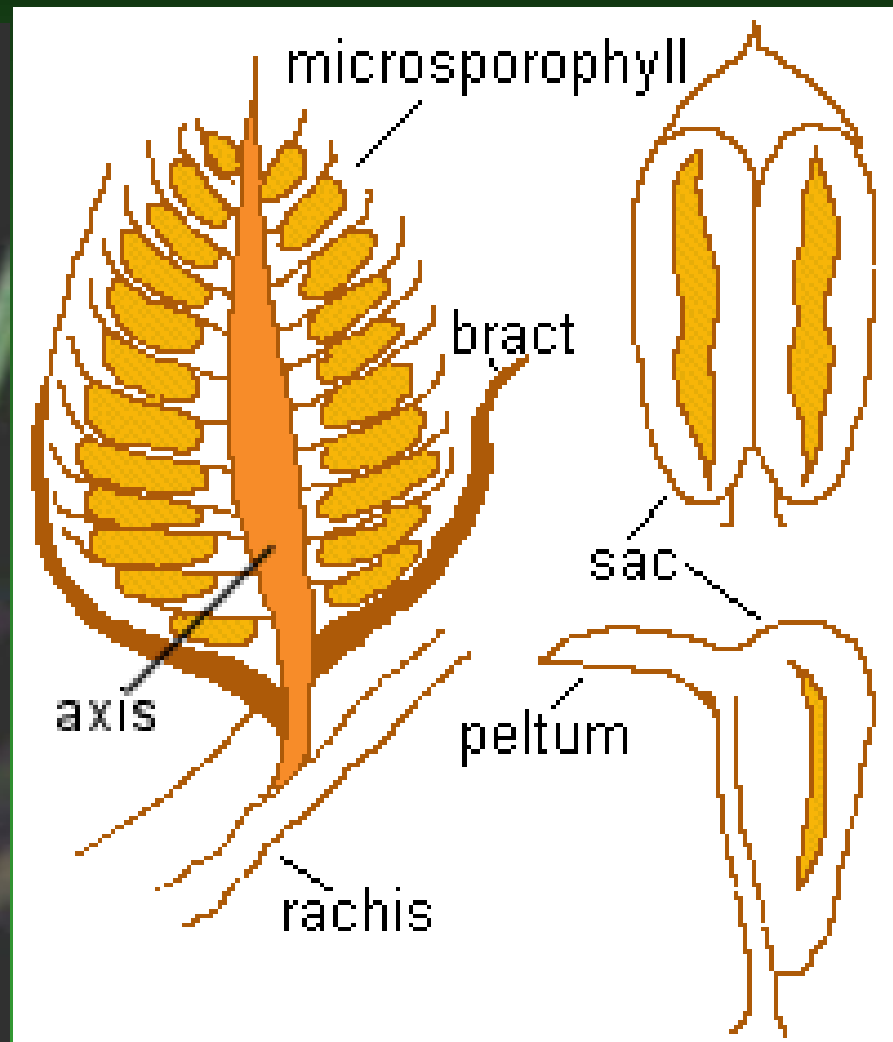


Sporofyly šupinové, ve strobilech

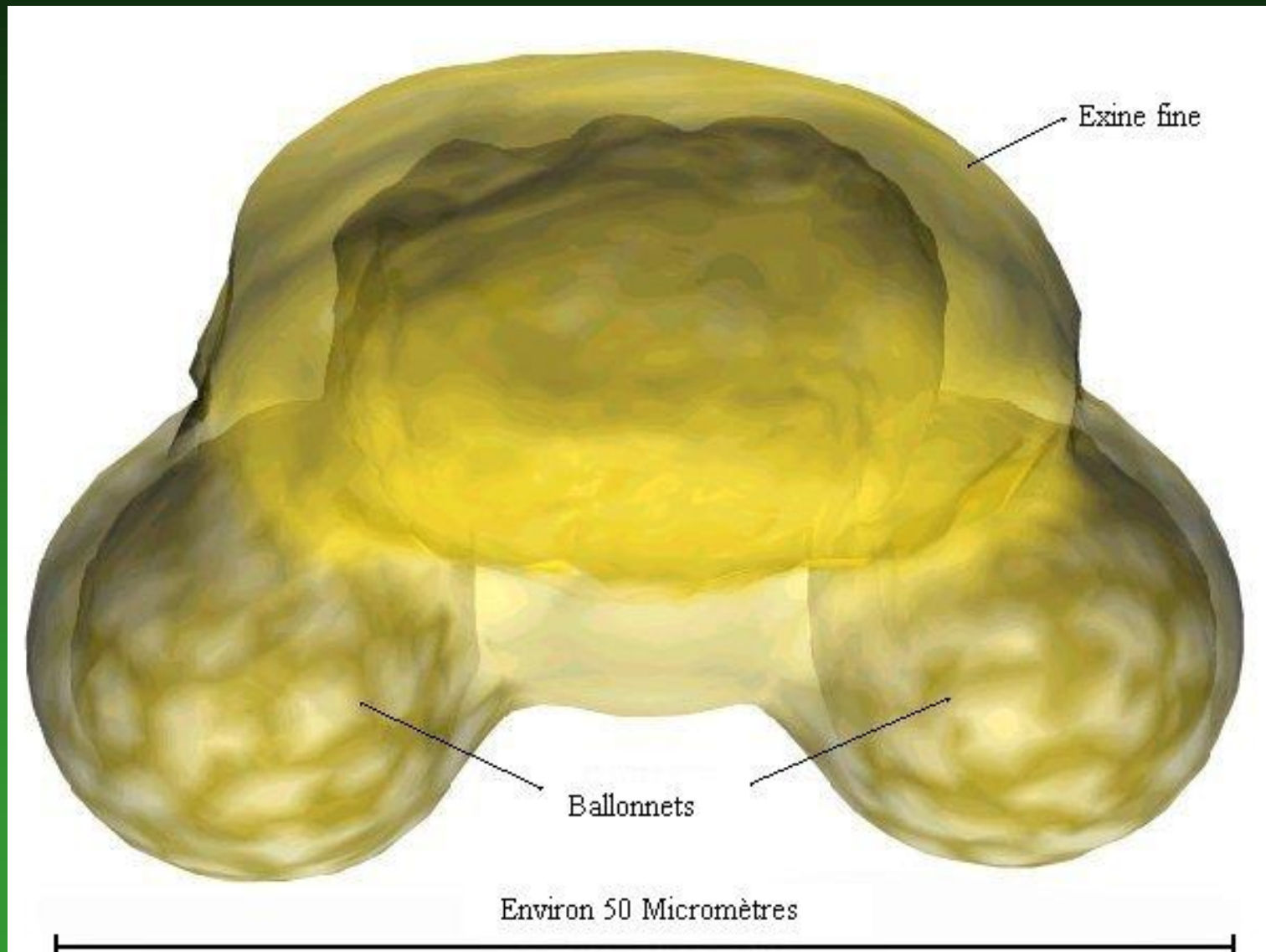


Mikrostrobily – na bázi s několika sterilními šupinami

Mikrosporofyly – se mnoha až jen 2 (u odvozených linií) mikrosporangií (= prašnými pouzdry) na spodní (abaxiální) straně

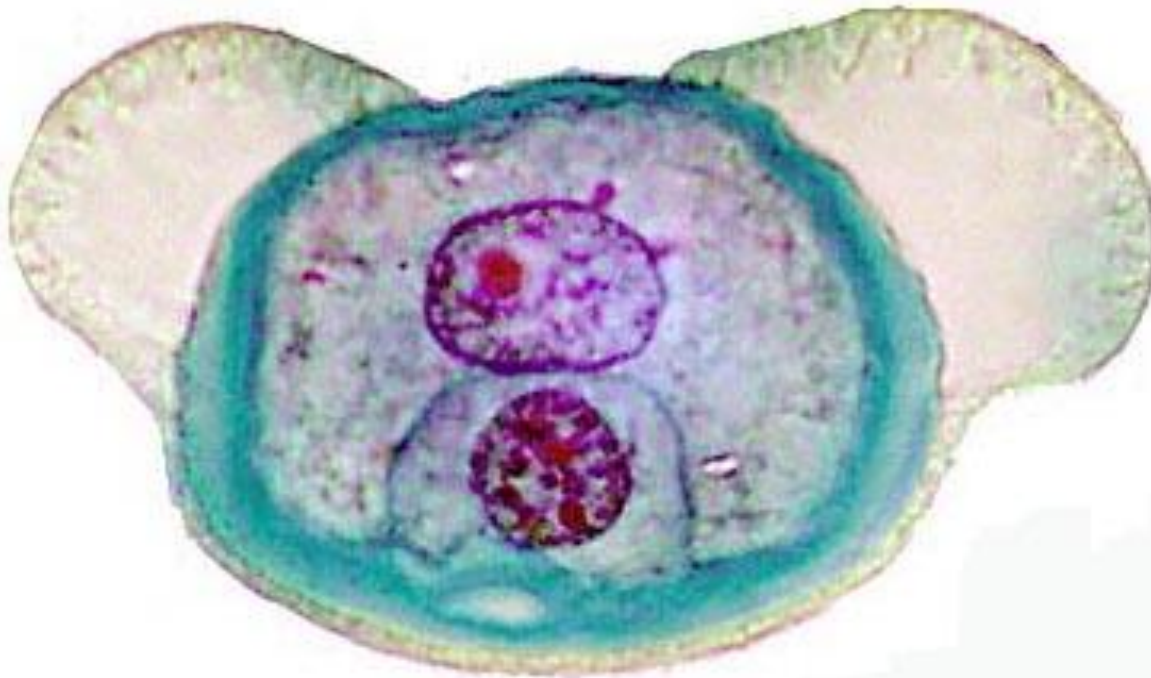


U Pinaceae a Podocarpaceae má pyl 2 vzduchové postranními vaky (opylení výhradně anemogamní)



Zralé pylové zrno sestává ze dvou buněk

Pinus pollen

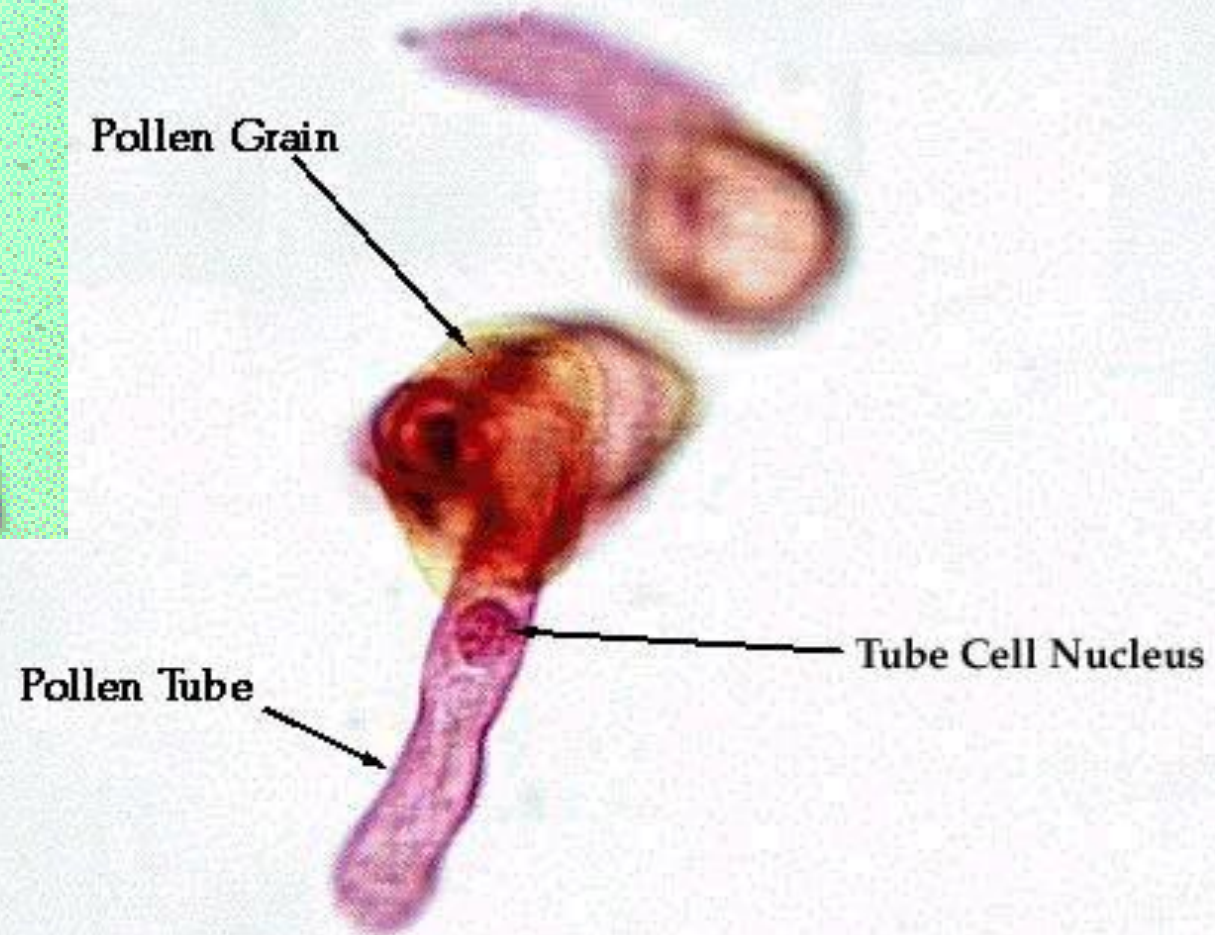


From *Multimedia Toolkit for Educators in the Plant Sciences*
Produced by Michael Clayton
Used with permission

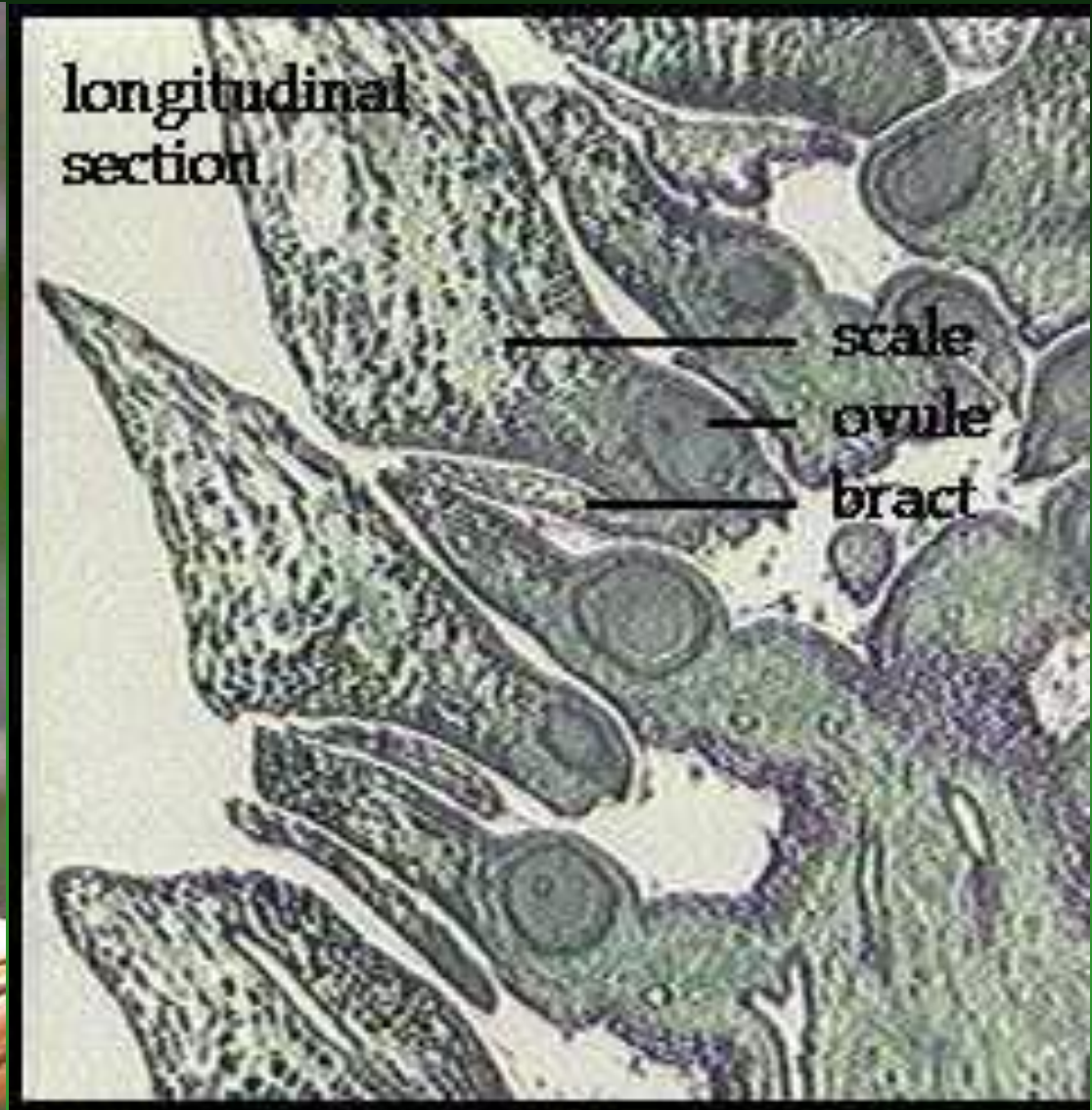
Mikroprothalamium má i zde 5 buněk: prothaliovou, nástěnnou, vegetativní a 2 spermatické



Germinating Pine Pollen (400x)



Megastrobily jsou tvořené 2 typy šupin - semennými a podpůrnými



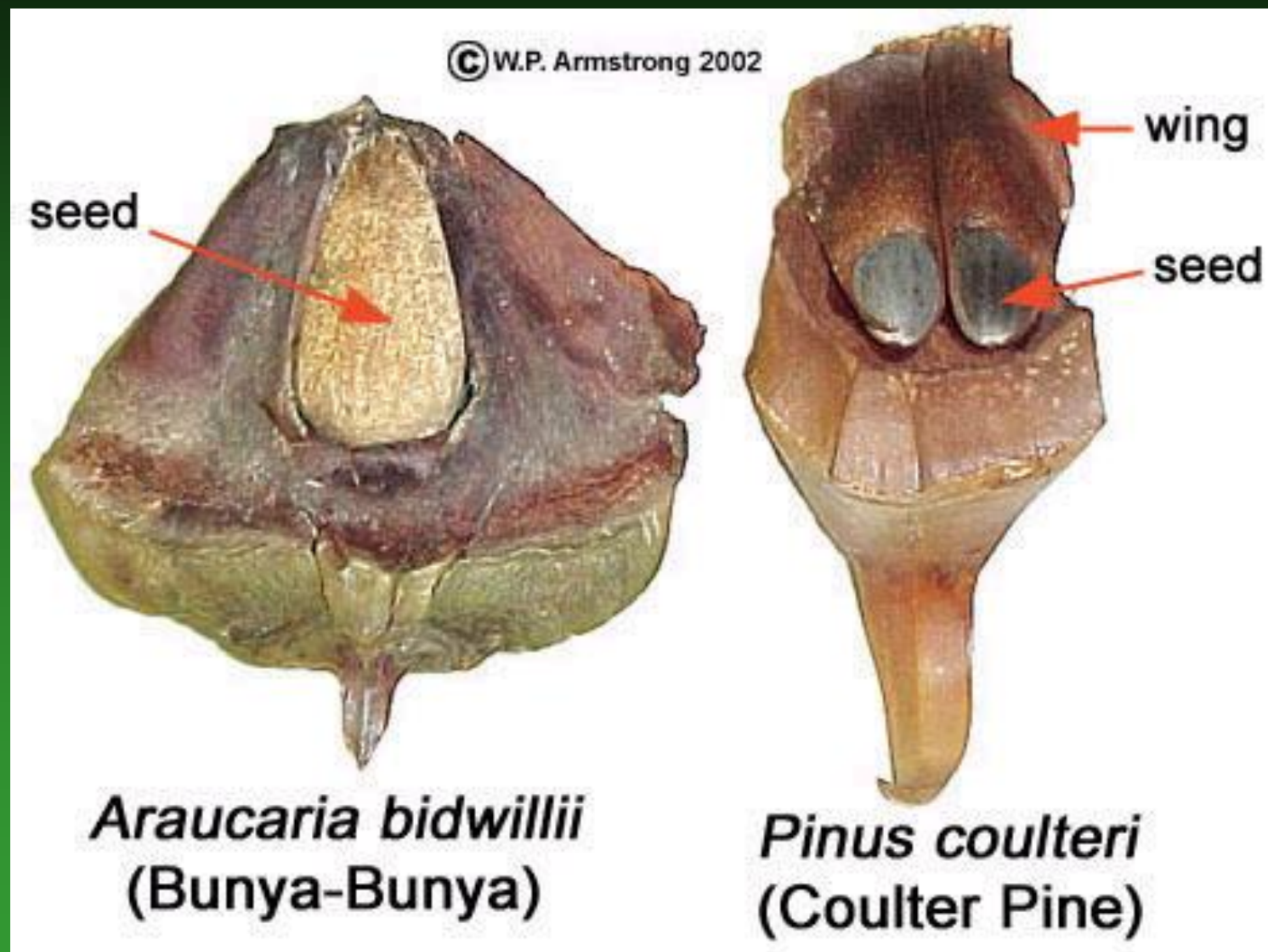
Semenné šupiny jsou stonkového původu vzniklé srůstem úžlabních větví, podpůrné šupiny jsou původu listenového



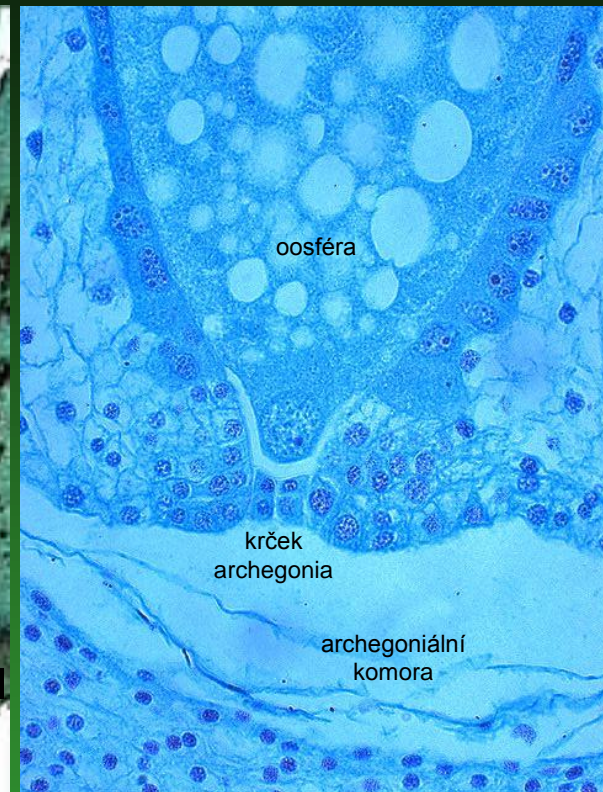
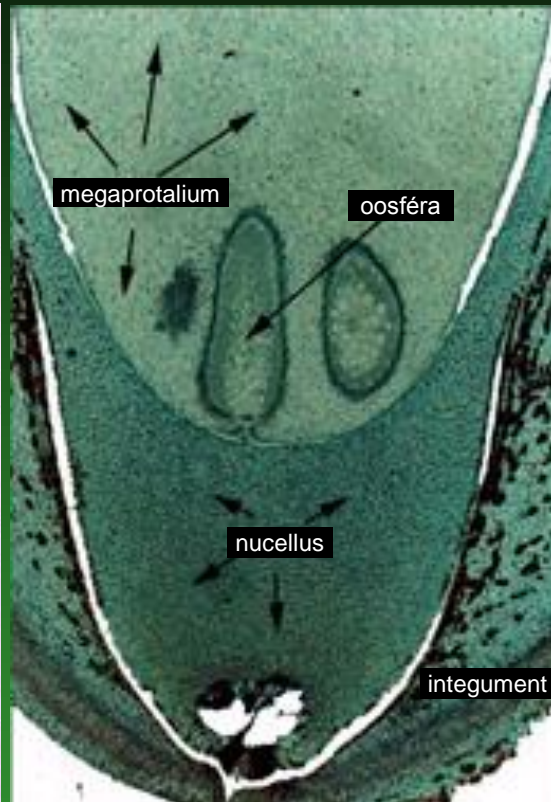
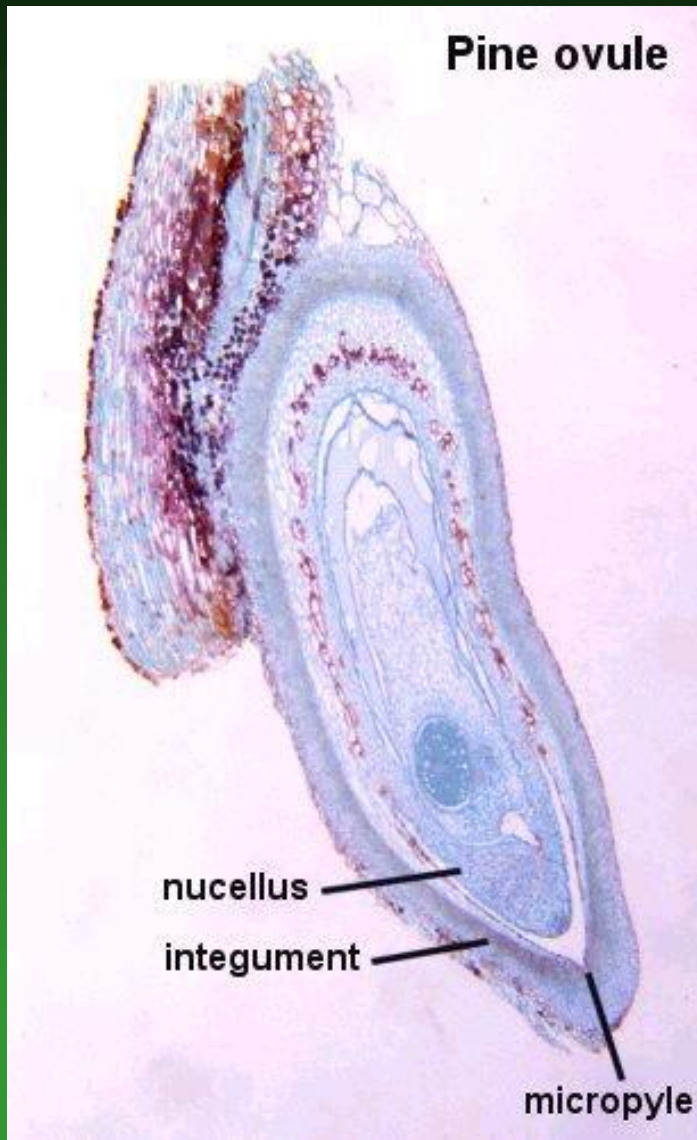
Megastrobilus je složitěji stavěný u primitivnějších jehličnanů



Vajíčka obvykle 2 (vzácně jedno nebo víc než 2) na svrchní (adaxiální) straně semenných šupin

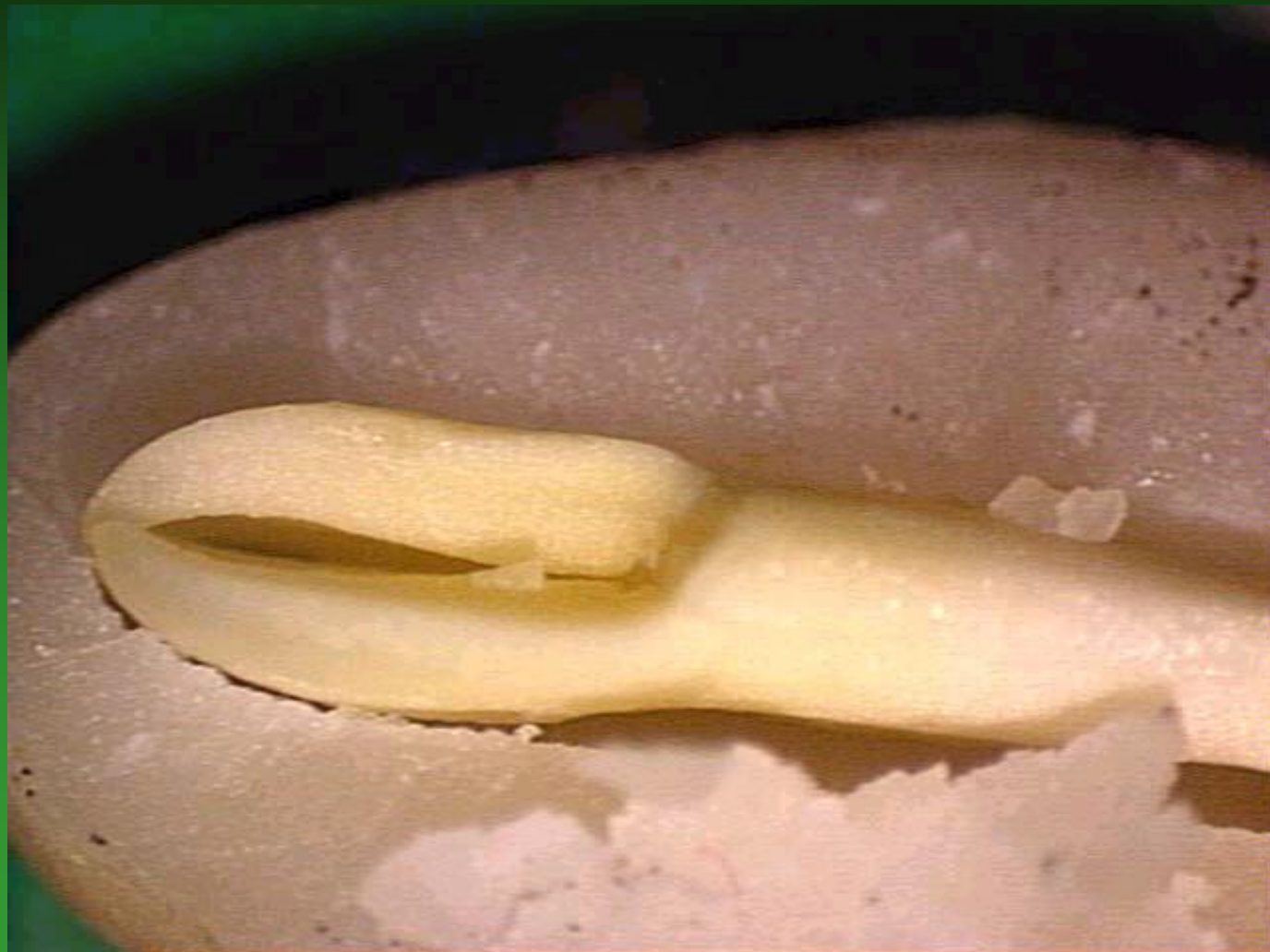


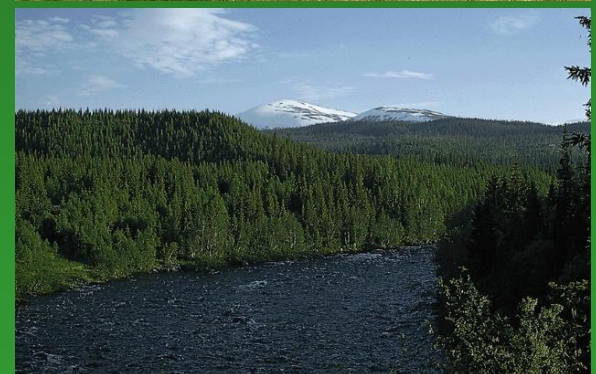
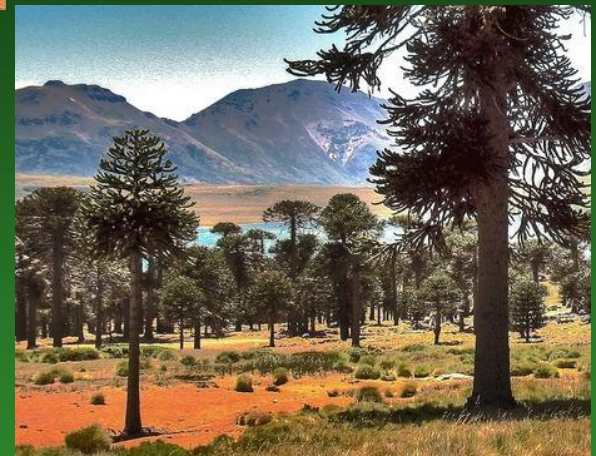
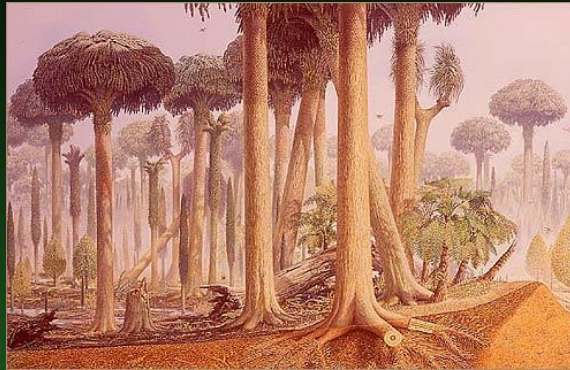
Vajíčka s jedním integumentem, s archegonii ještě vyvinutými



Vývoj vajíčka a mikrospóry obdobný jako u cykasů, s tím rozdílem, že ze spermatogenní buňky vznikají 2 neobrvené (!) buňky spermatické (jedna oplozuje oosféru, druhá zaniká)

Embryo má dvě, často však více (až 14 děloh).





Historie

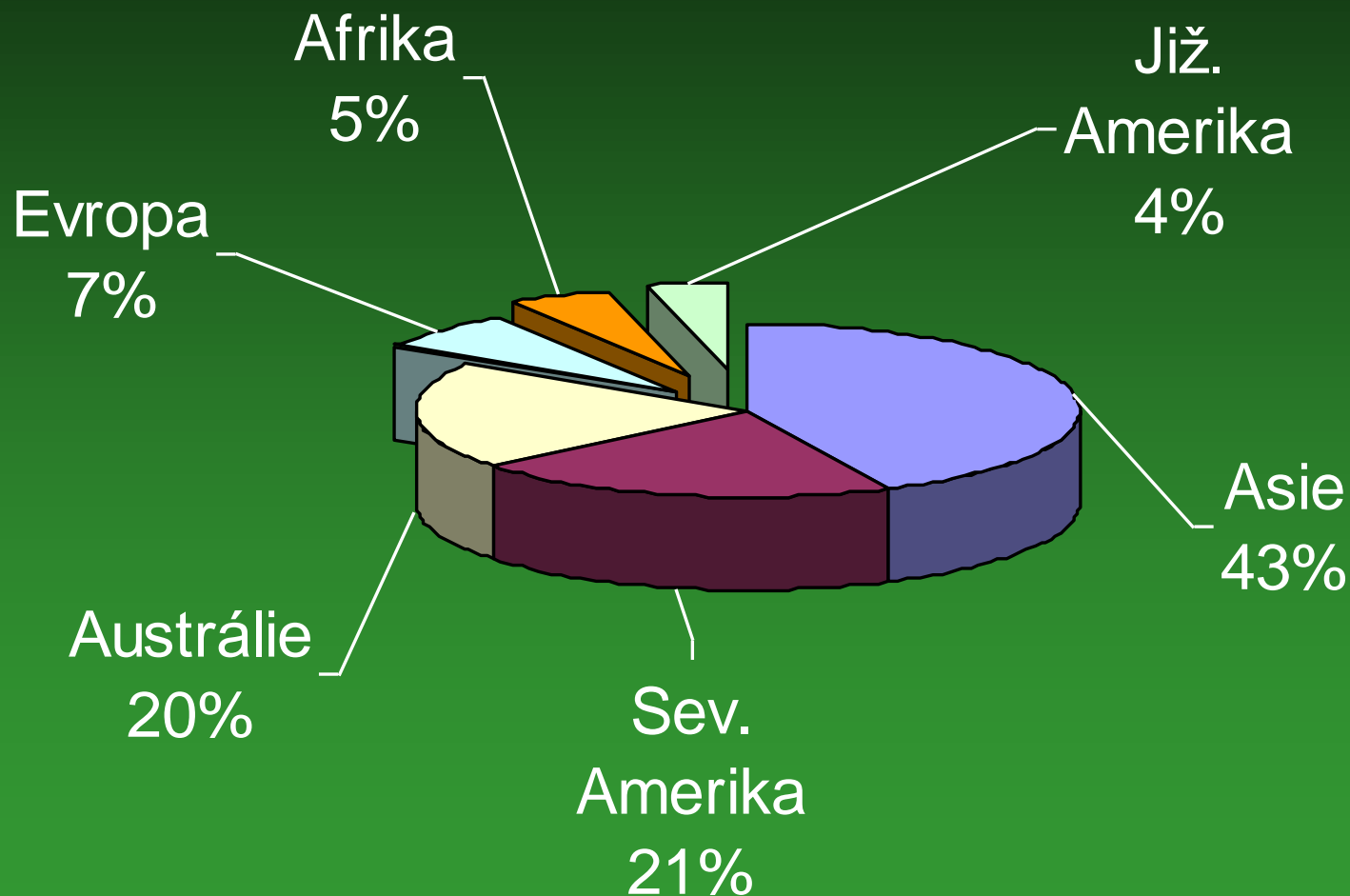
poprvé - konec karbonu

divergence – jura-křída

V současnosti - druhově nebohatá skupina (60/600) – přesto významná dominancí v lesích především chladnějších klimatických pásem a horských oblastí

Recentní geografické distribuce jehličnanů:

- nejvíce druhů v Asii, Sev. Americe a Austrálii,
- v Evropě, Africe a jižní Americe je relativně málo druhů



1. čel. *Araucariaceae* – araukariovité 3/40

Fosilní i recentní dvoudomé (*Araucaria*) nebo jednodomé (*Agathis*) stromy dosahující 60, 70 i více metrů výšky

Dožívají se až 2000 let;

Fosilně doloženy již z Triasu

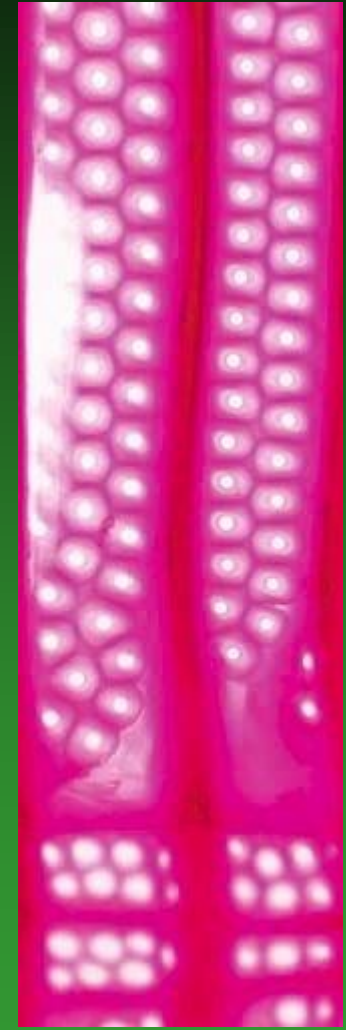
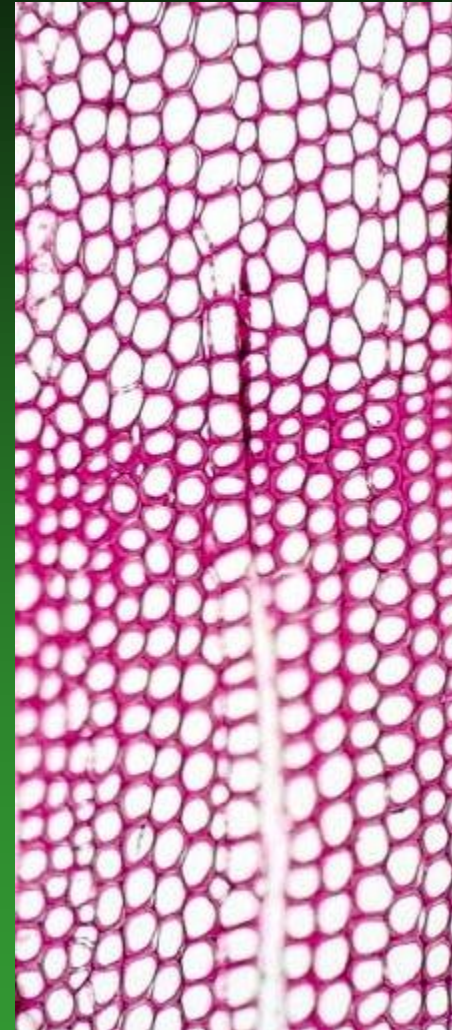
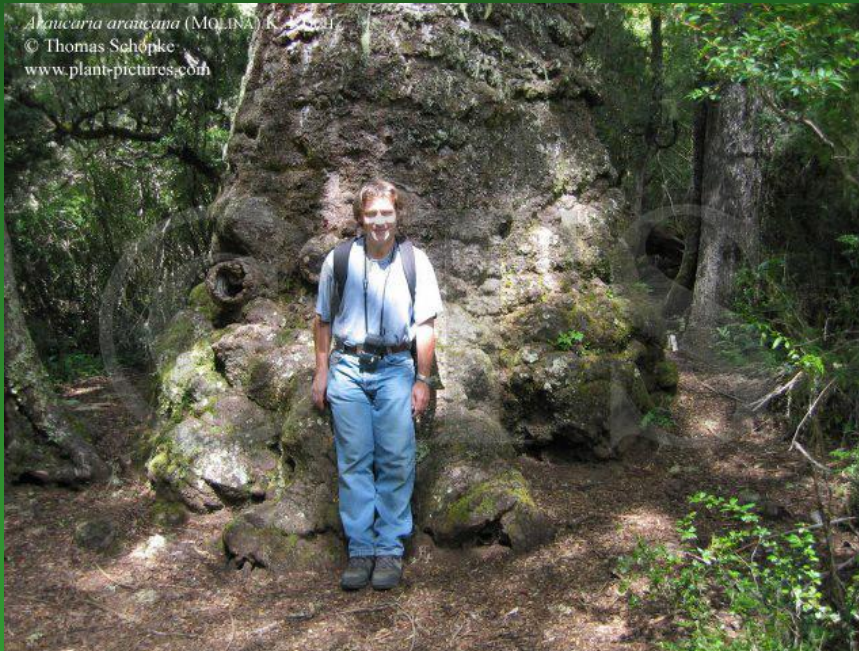


v třetihorách byly kosmopolitně rozšířené

Kmen – na bázi až 2,5 m

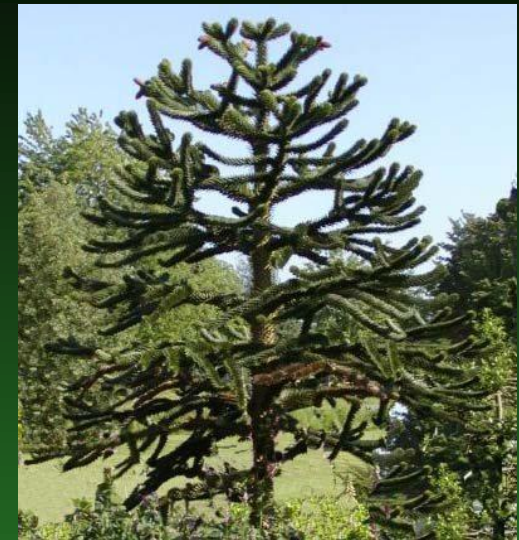
Dřevo – pyknoxylické

Tracheidy – s hustými dvůrkatými dvojtečkami



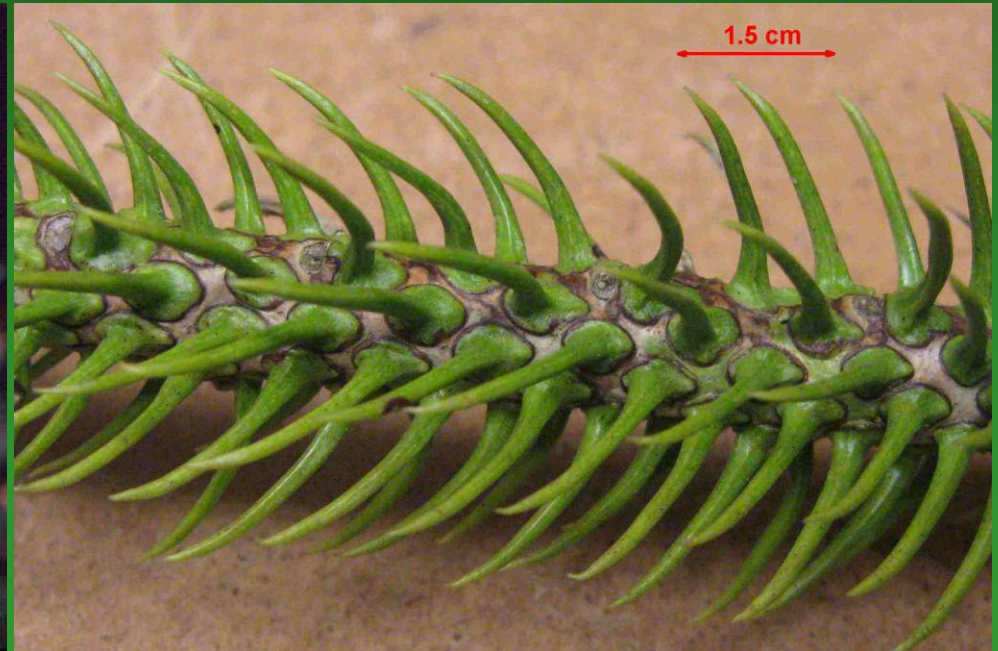
Větve – v symetrických přeslenech

pravidelná koruna působí dojmem pravěkých přesliček



Listy – neopadávají

- často ploché
- vícežilné
- spirálně uspořádané
- někdy nasedají ploškou

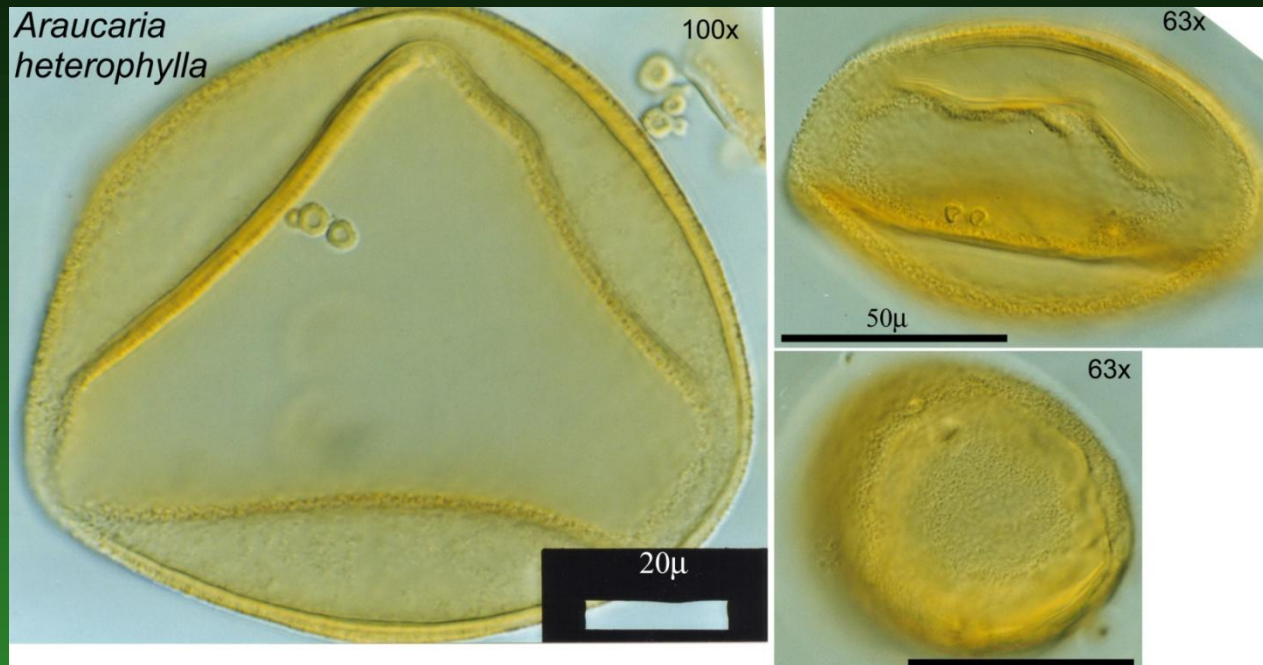


Mikrostrobily – větší až s 1000 šupinami

Mikrosporofyly – s až 15 pylovými pouzdry



Pyl – bez vzdušných vaků



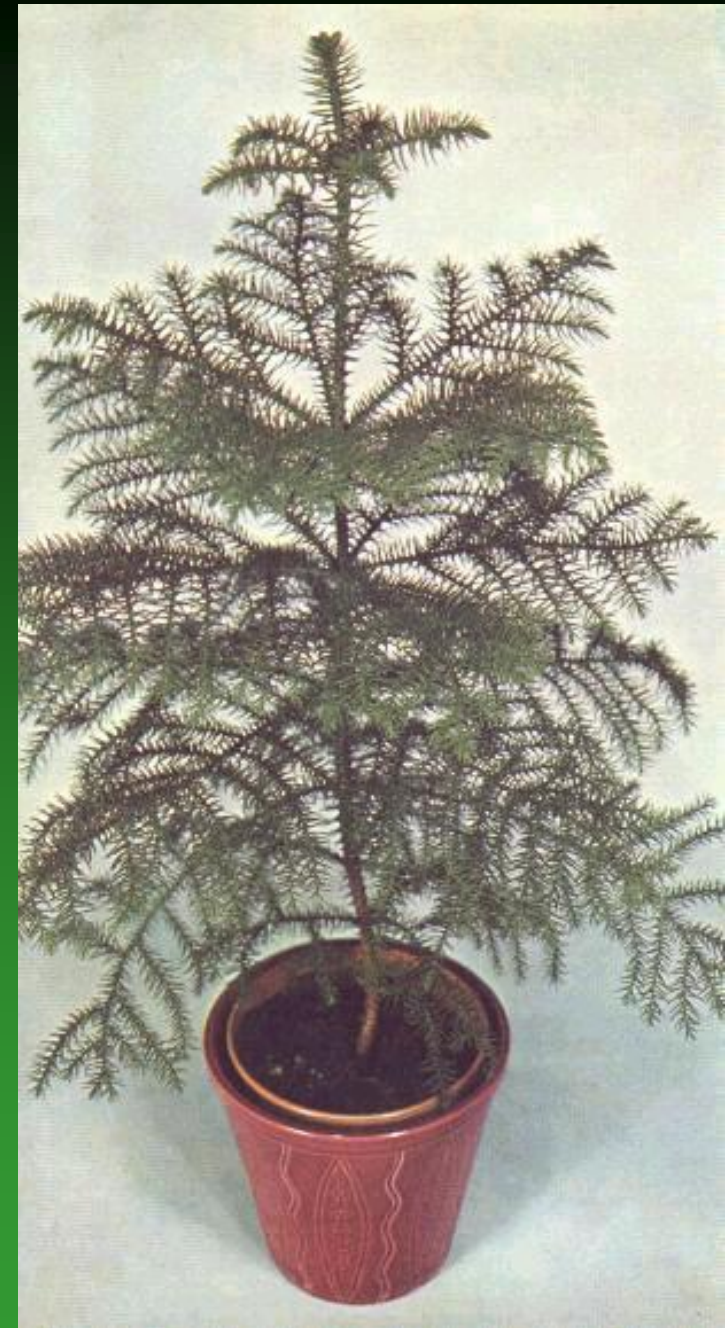
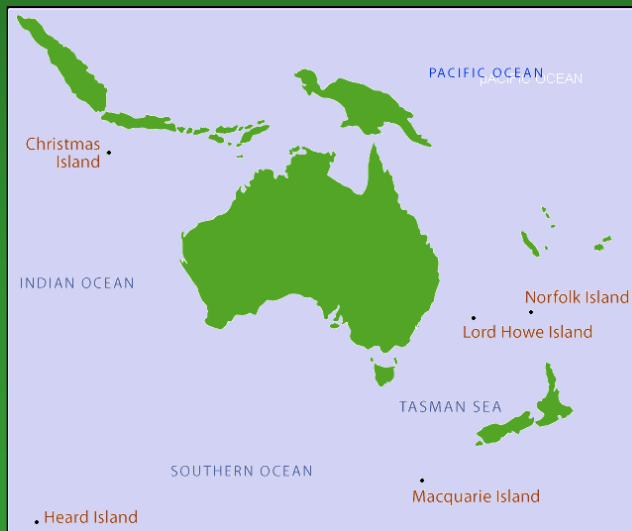
Megastrobily

- velké - až 35 cm,
- kulovité,
- zrají 2-3 roky
- ve zralosti rozpadavé
- šupina semenná srůstá s podpůrnou a nese jediné vajíčko



© W.P. Armstrong 2006

U nás se pěstuje často jako pokojová dřevina *Araucaria excelsa* - blahočet ztepilý, původní je na ostrově Norfolk u Nového Zélandu



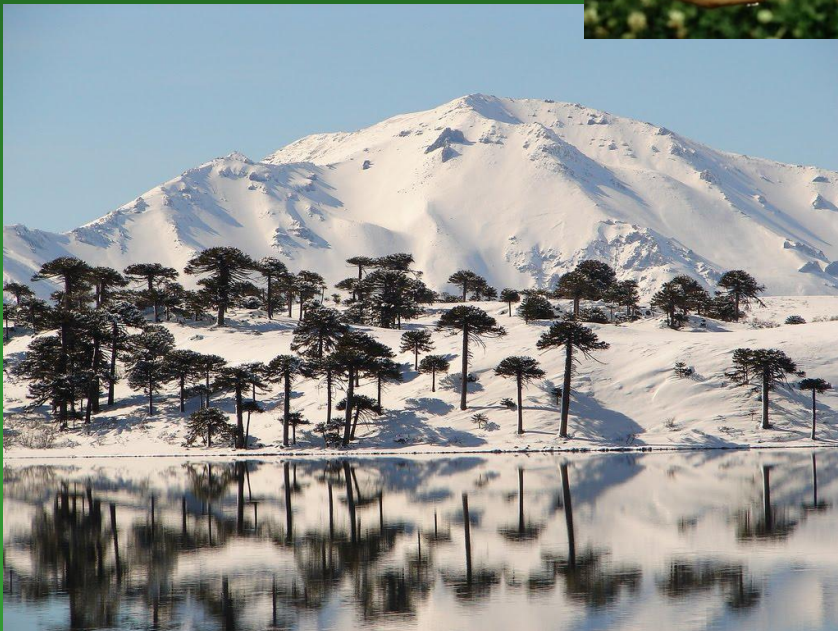
Araucaria araucana

- až 4 cm dlouhá semena nazývaná v Chile pinoni;

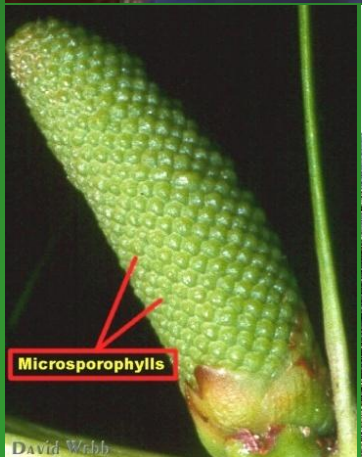
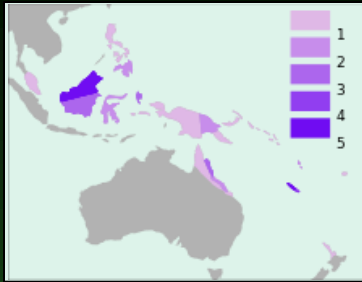
potrava indiánů kmene Araucos v J Chile, podle kmene dostala název tato provincie i samotná rostlina

ze všech druhů araukárií (19) tento vystupuje nejvýše

dožívá se až 2000 let



Rod *Agathis* má asi 20 druhů - poskytují pryskyřici kauri kopal - k výrobě fermeží a laků, domorodci ji žvýkají, vyskytuje se v kulovitých útvarech pod zemí v subfossilním stavu.





Wollemia nobilis, třetí rod, objeven až 1994 v jednom z kaňonů nár. parku Wollemi v JV Austrálii



Podocarpaceae – podokarpovité 18/173

recentní i fosilní převážně stromové jehličnany s často širšími listy a semeny s dužnatým míškem a zdužnatělou stopkou

poprvé – svrchní trias

dnes – hlavně hory tropů a subtropů
jižní polokoule



Copyright Aljos Farjon



Podocarpus amarus

Listy často ploché, kopinaté
nebo čárkovité

Podocarpus neriifolius

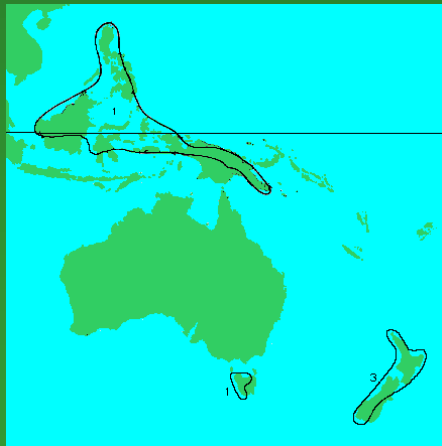


Rod *Phyllocladus* (rozšířený od Filipín po Tasmánii a Nový Zéland) má listy nahrazeny fylokladii - přeměněnými brachyblasty

Phyllocladus trichomanoides



Phyllocladus alpinus



Phyllocladus asplenifolius

Mikrostrobily i megastrobily malé, mikrosporofyly se 2 prašnými pouzdry;
megastrobily jen z několika podpůrných šupin, někdy redukované na

jediné
vajíčko



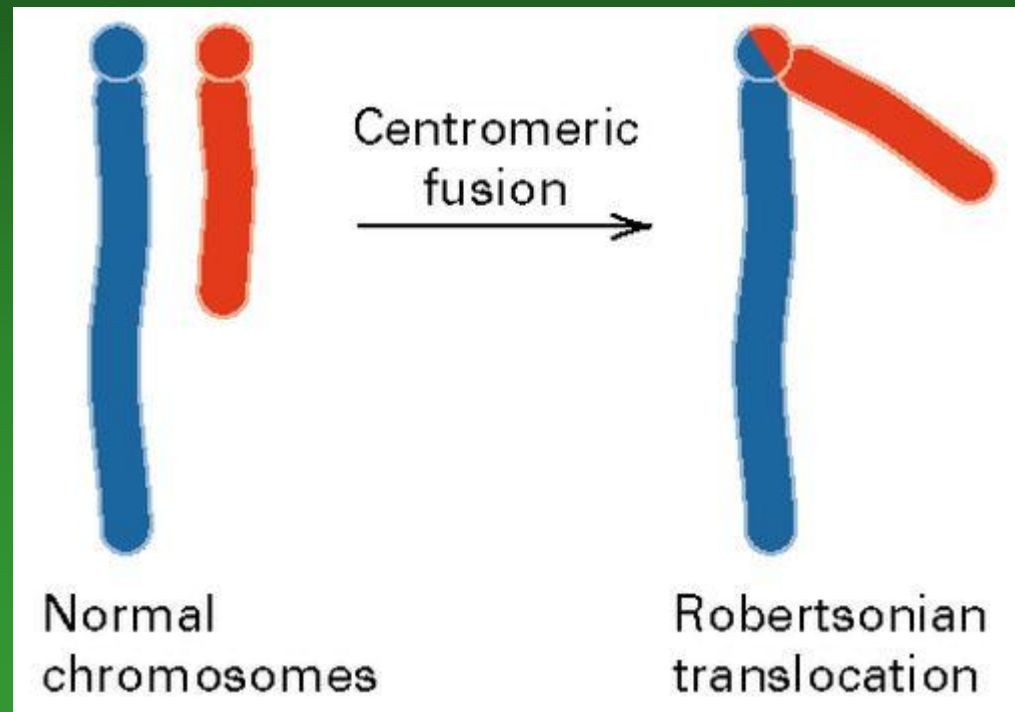
Podocarpus macrophyllum - semena s dužnatým
míškem (arillus) na zdužnatělé stopce

Podocarpus angustifolius mladé
mikrostrobily

U dvoudomých druhů rodu *Podocarpus* identifikovány pohlavní chromosomy:

samice = X1 X1 X2 X2 = (X1, X2 telocentrické);

samec = X1 X2 Y (Y = metacentrický, vzniklý centromerickou fúzí X1 + X2)



Pyl se dvěma postranními vzdušnými vaky



Podocarpus nerifolius
Podocarpaceae
Gordon Daida

Dřevo
zástupců rodu
Podocarpus je
ceněné - např.
v Africe tvoří až
polovinu
celkové
průmyslově
zpracovávané
dřevní
produkce.



*Podocarpus
falcatus*

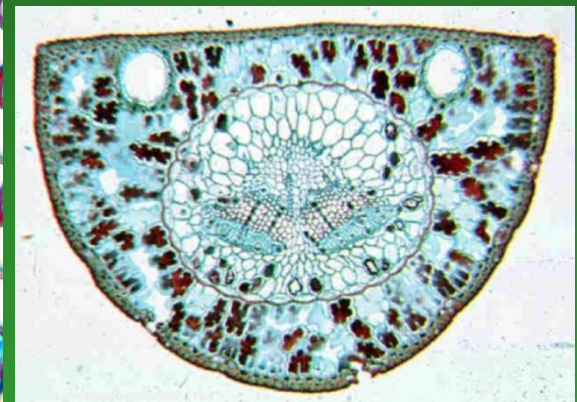
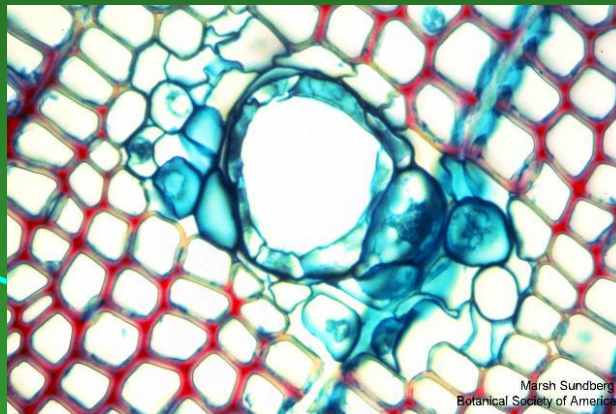
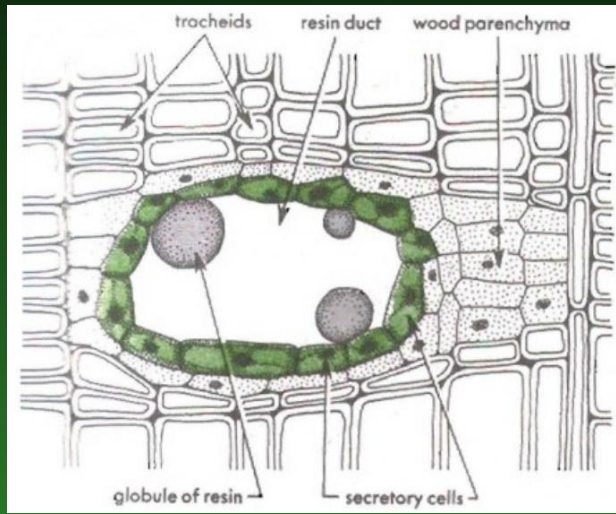
Pinaceae – borovicovité

jednodomé stromy s
vytrvávajícími jehlicemi (výjimka
modřín)

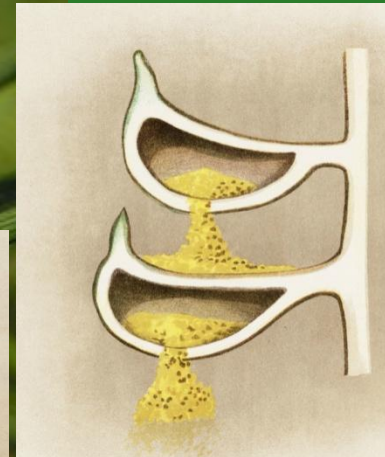
11/232 sev. polokoule, hlavně
boreální zóna - tajga



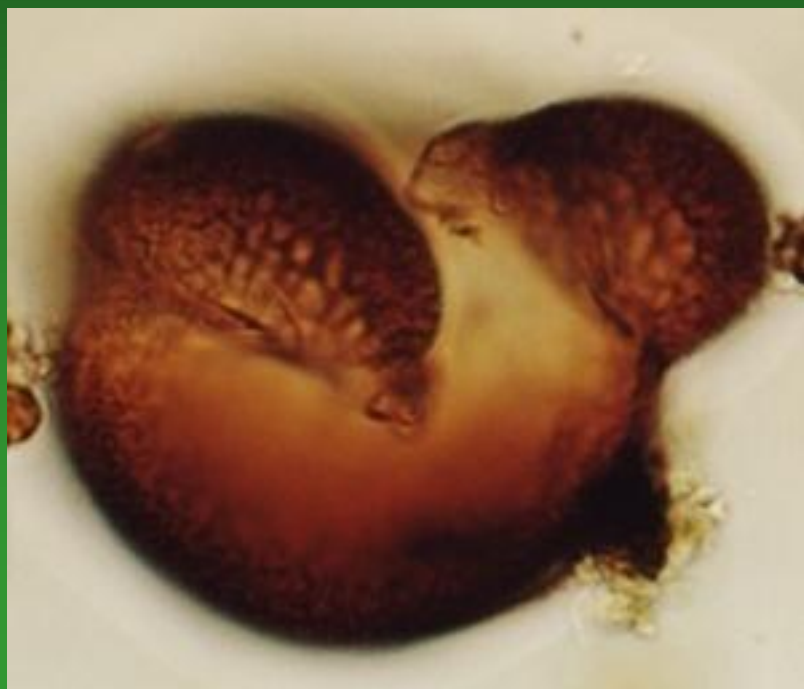
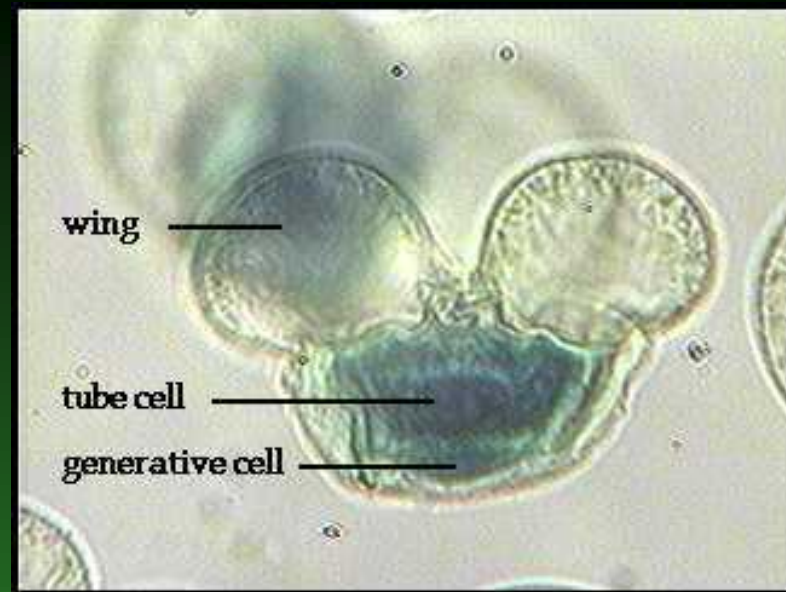
Pryskyřičné (balzámové) kanálky – ve všech vegetativních částech



Samčí šišky – drobnější, někdy složené (u borovice), 2 prašná pouzdra naspodu šupin



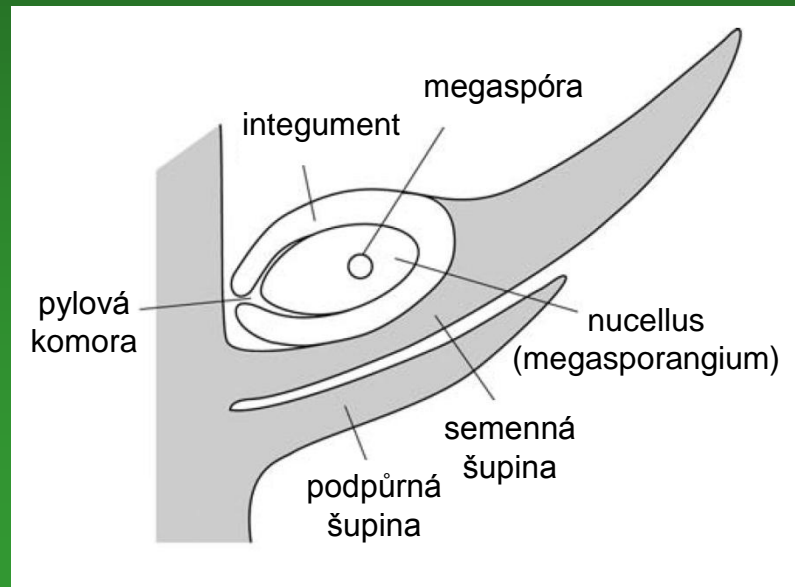
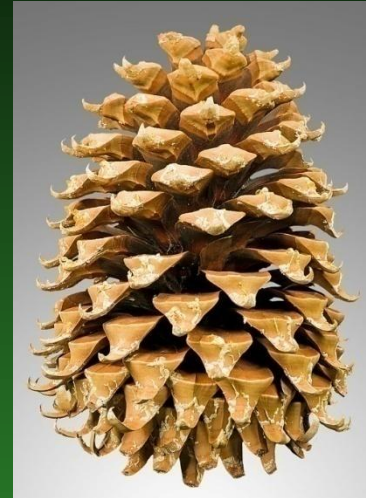
Pyl – často dva vzdušné vaky



Samičí šišky – střední velikosti, v době zralosti dřevnatí

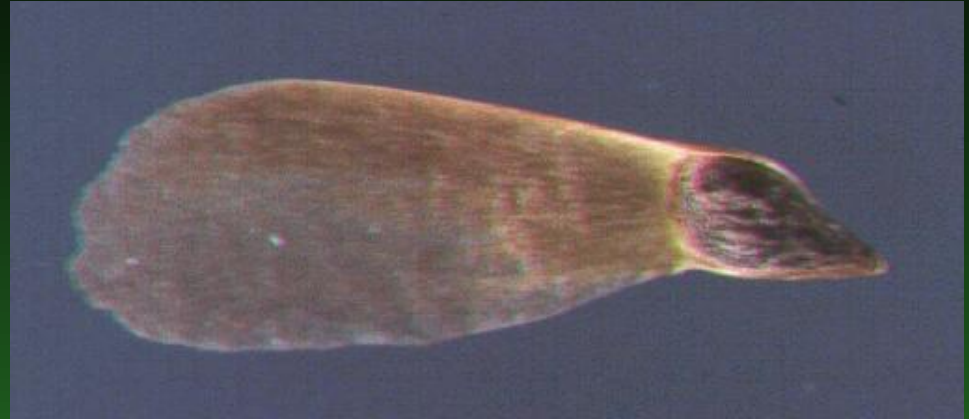


Vajíčka – po dvou na svrchní straně semenné šupiny



Semeno

- s jednostranným blanitým křídlem, vznikajícím z povrchových pletiv semenné šupiny (slouží k anemochorii)
- embryo s větším počtem děloh



Historie

poprvé – jura (? svrchní trias – *Compsostrobus*)

divergence – křída

recenně – největší čeleď nahosemenných - zhruba 11/232

U nás původních 6 druhů, patřících k 4 rodům: borovice (*Pinus*), smrk (*Picea*), jedle (*Abies*) a modřín (*Larix*)

ale ještě dalších 21 nepůvodních, patřících částečně ještě k dalším rodům, se pěstuje (*Tsuga*, *Pseudotsuga*)

Pinus – borovice

Semenná šupina má kosočtverečný štítek.

Jehlice ve svazečcích (po 2, 3, 5) - naši zástupci mají jehlice po dvou

Pinus sylvestris - borovice lesní;
U nás součást řídké vegetace na konci glaciálu, pak ustoupila na „nevýhodné“ substráty (písky, skály, rašeliniště), kde tvoří reliktní bory a kde jediné odolala konkurenci jiných dřevin.

Často i sekundárně vysazovaná;

Za příhodných podmínek dosahuje výšky až 50 m a stáří až 500 let.





Foto: Anna-Lena Anderl

Coniferae



Pinus silvestris L.

W.M.

***Pinus mugo* - kleč** - tvoří klečové pásmo nad horní hranicí lesa, v dobách postglaciálních rostla i v nižších polohách - např. ve Žďárských vrších - pak ale vyhynula.



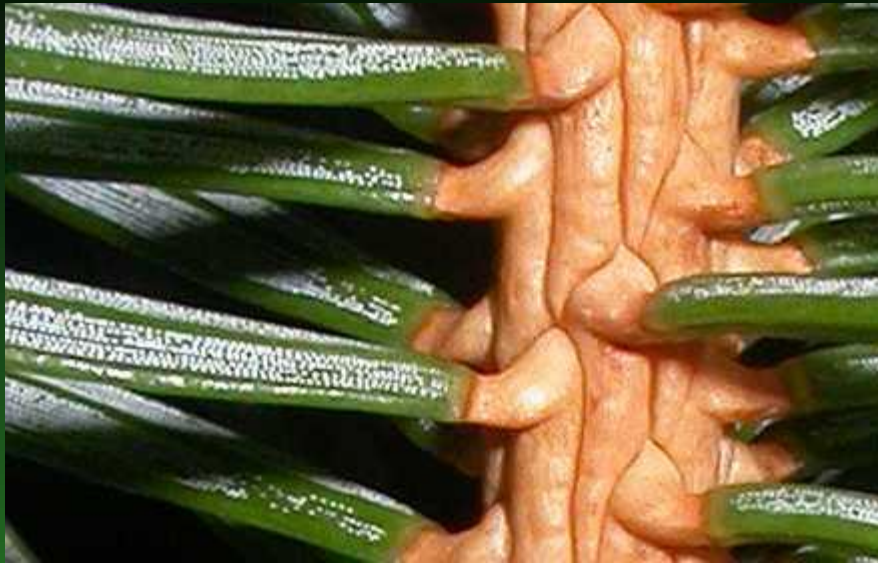
Vysazuje se často i *Pinus nigra* - borovice černá - má taky 2četné svazečky jehlic jinak roste v Alpách a v Dinaridech



Ze severoamerických druhů se často vysazuje ***Pinus strobus*** - vejmutovka – jehlice v 5četných svazečcích



Picea – smrk



Samčí šištice jednoduché

Brachyblasty nenápadné,
téměř zakrnělé s jednotlivými
jehlicemi

Jehlice uspořádané víceméně
všesměrně



U nás jen *Picea abies* - smrk ztepilý (= *P. excelsa*)

Dnes hlavní produkční dřevina, dorůstá až 50 m výšky.

V postglaciálu se k nám vrátil zhruba před 8 tis. lety

Před lesní kolonizací ve 13. stol. nebyl hojný, pak ale nabyl na dominanci v důsledku:

1. „malé doby ledové“,
2. holosečí,
3. skelných a železných hutí,
4. výsadby

Vznikly monokultury s drasticky jinými podmínkami než pův. smíšené lesy ve vyš. polohách.



GRAN, PICEA ABIES (L.) KARST.

Picea pungens - smrk pichlavý - pěstuje se nejčastěji pro okrasu často tzv. stříbrný smrk původní v Sev. Americe



Abies – jedle

- bez brachyblastů
- jednotlivé jehlice přisedají ploškou, často dvouřadě uspořádané
- samčí šištice jednoduché, s téměř štítkovitými šupinami



U nás jen *Abies alba* -
jedle bělokorá,
Až 65 m vysoká.

Může žít až 1200 let.

Na konci glaciálu byla v
refugiích na jihu Evropy
odkud se k nám vrátila
zhruba před 8.000 lety

Ve středověku dominantní
dřevina, dnes na ústupu.

Příčiny složité - faktory
ekotoxikologické,
genetické, fytopatologické,
historické



Abies alba Miller.

V provincii Quebec v Kanadě roste
Abies balsamea - jedle balsámová,
skýtající kanadský balsám - významné
uzavírací médium v mikroskopické
technice



Larix decidua – modřín opadavý

výrazné brachyblasty – svazečky 30-50 jehlic –
na zimu opadávají

Často vysazován – původní jen v Jeseníkách –
domácí v Karpatech a v Alpách.

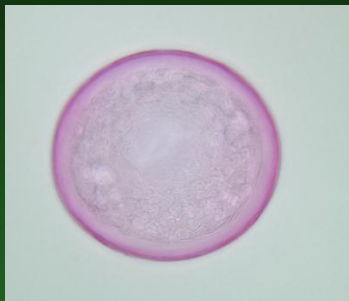
Kůra – vysoký obsah tříslovin – využívána v
koželužnictví; dřevo dobře odolává hnilobě



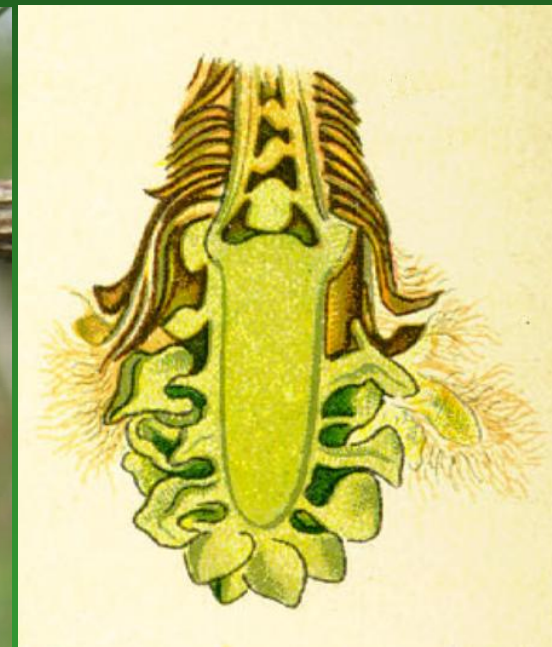
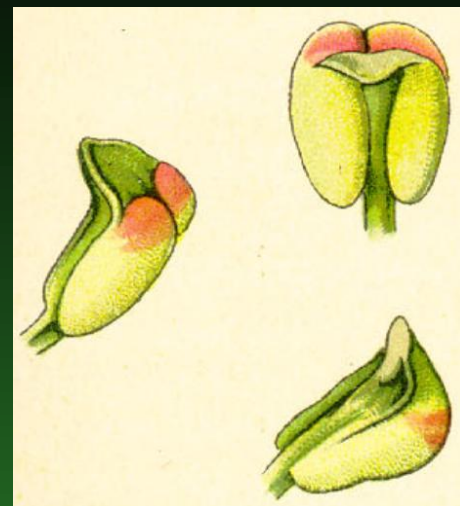
Na pilotech z modřínů stojí
Benátky a stavěl se na nich i
Petrohrad.

Larix decidua – modřín opadavý

samčí šišky velmi drobné – pyl bez vzduchových vaků



mikrosporofyl se 2
prašnými pouzdry

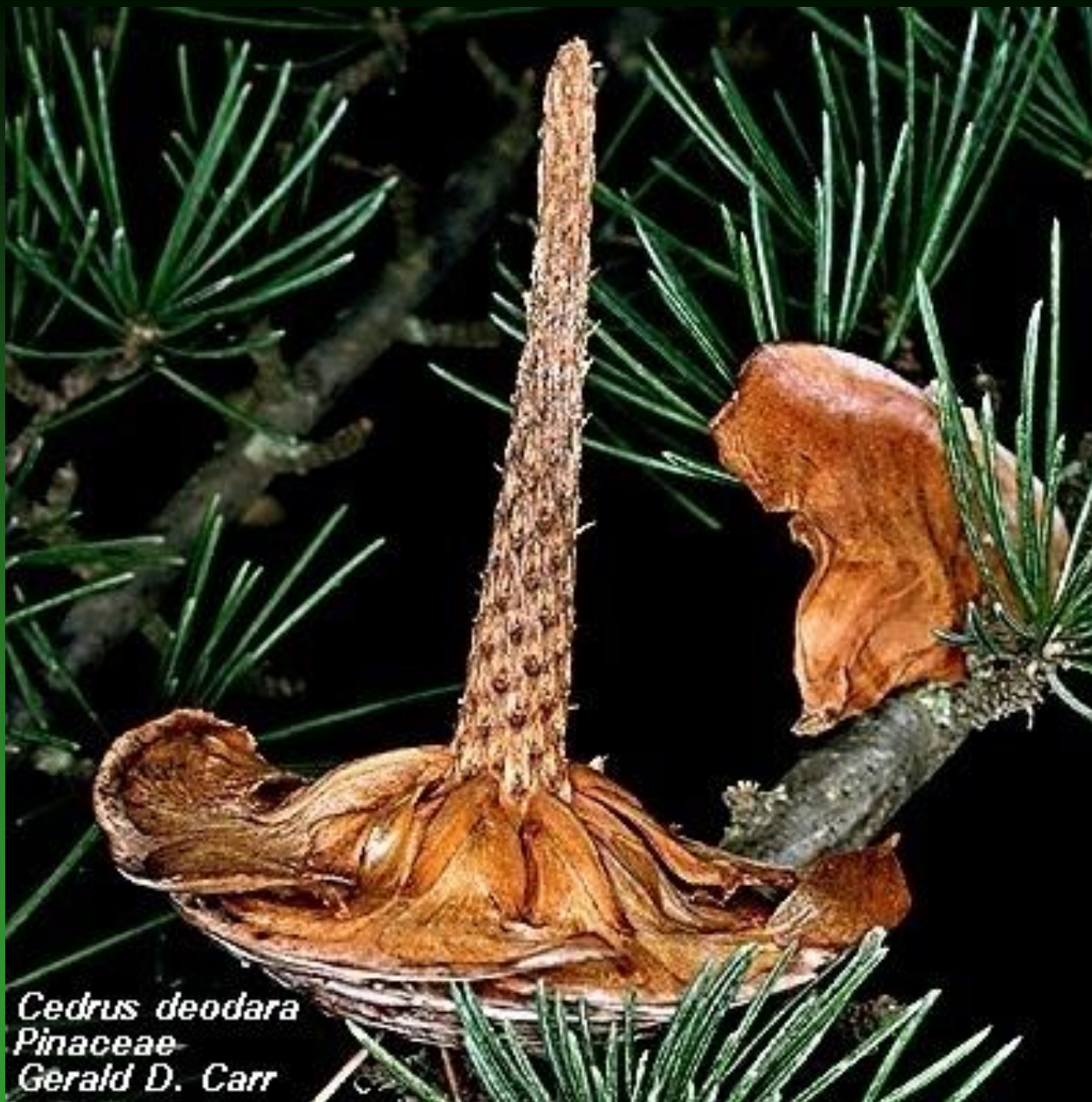


Známý je ještě ***Cedrus* - cedr**
jehlice v bohatých svazečcích na brachyblastech



Cedrus libani - cedr libanonský od pohoří Taurus po Libanon





Cedrus deodara
Pinaceae
Gerald D. Carr

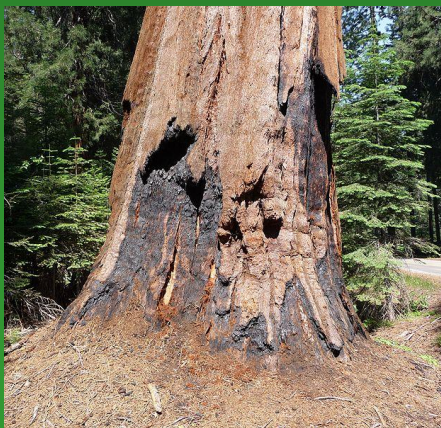
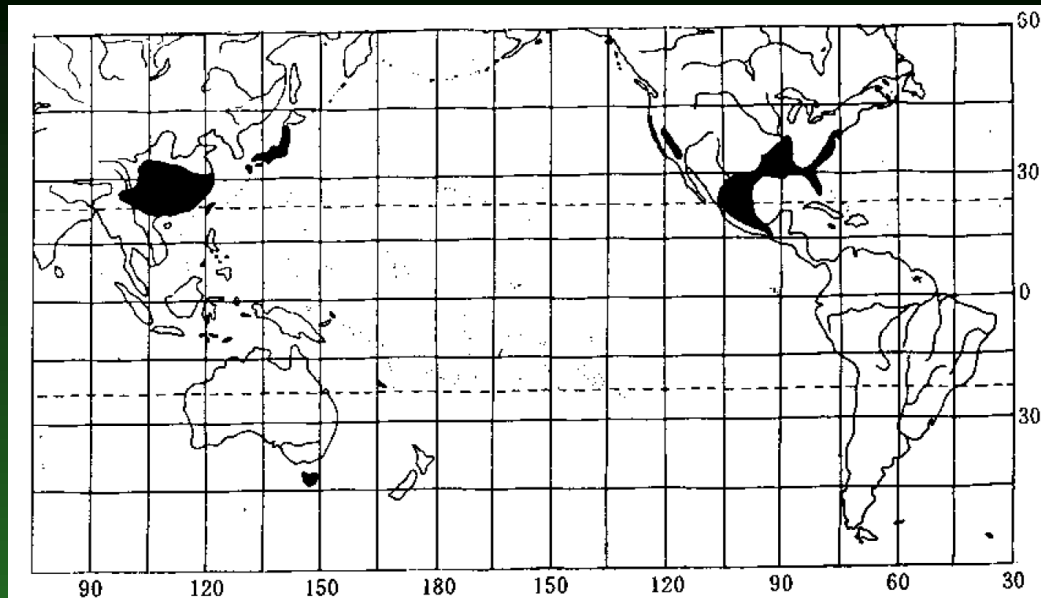
rozpadavá
šišťice cedru



Taxodiaceae – tisovcovité

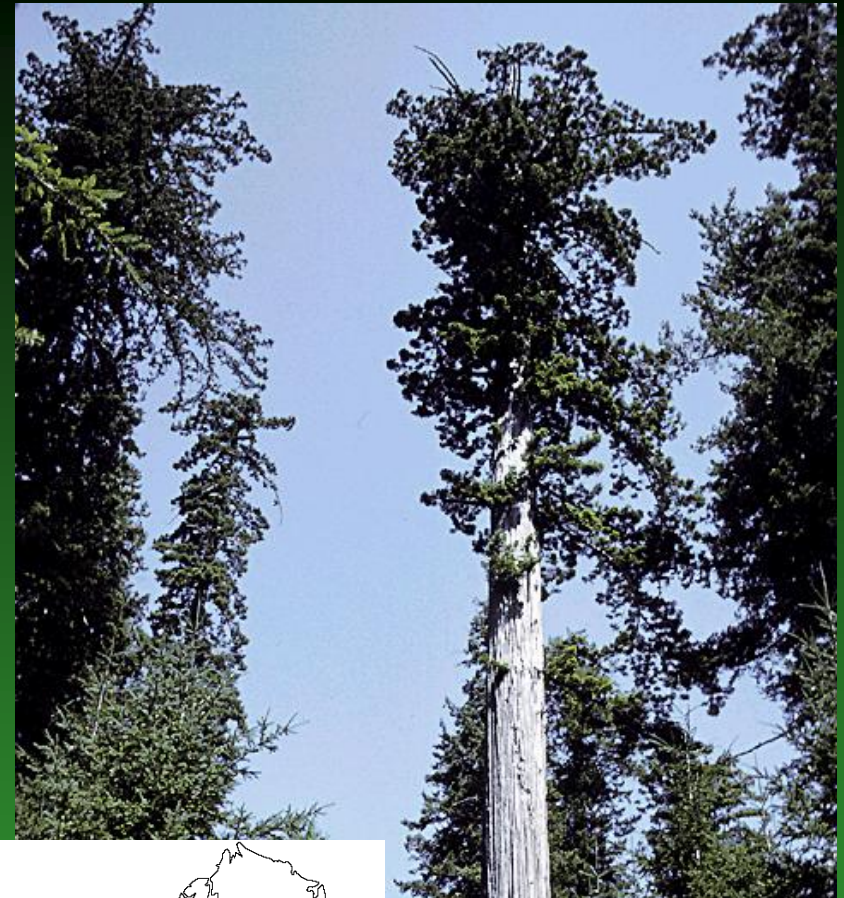
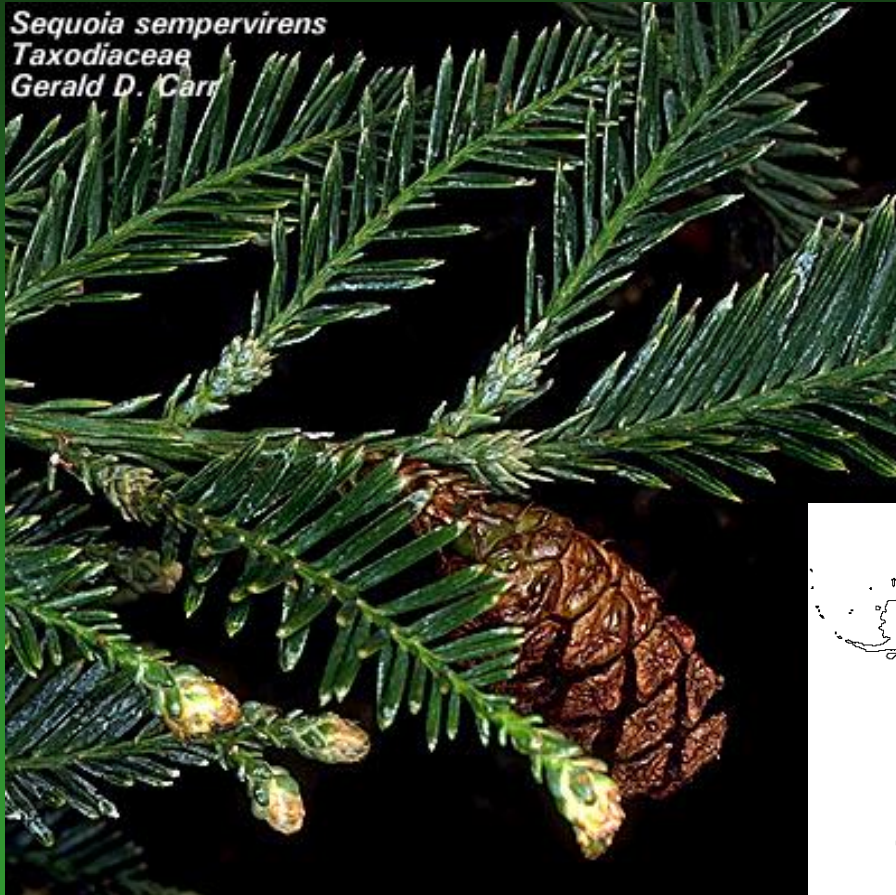
9/15, u nás 0;

obrovské stromy;
listy jehlicovité až šupinovitě,
mikrosporofyly s 2-9 praš.
pouzdry,
pyl bez vaků,
semena bez křídel
borka až 1 m silná chrání
stromy před požáry, které jsou
důležité pro obnovu



Sequoia sempervirens -
sekvoje vždyzelená - až 110 m
vysoká původní v Kalifornii, stejně
jako následující druh.

Sequoia sempervirens
Taxodiaceae
Gerald D. Carr



Sequoiadendron gigantea - sekvoja obrovská

výška - až 100 m

stáří - až 4.000 let

objev - náš botanik Tadeáš Haenke 1791

Sierra Nevada - národní park (zal. 1890)



Taxodium distichum

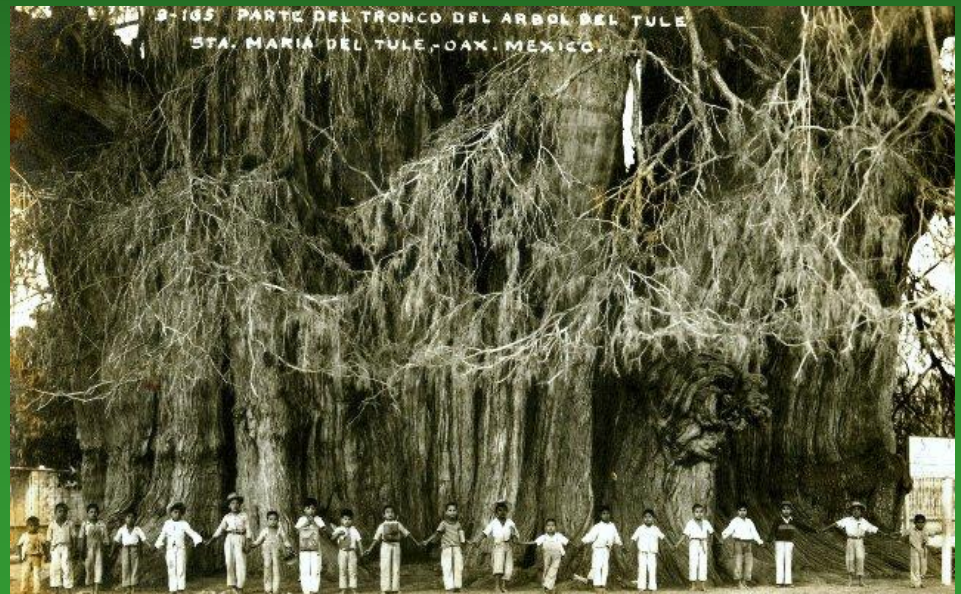
- tisovec dvouřadý
 - dole silný kmen
 - vertikální dýchací kořeny – pneumatofory (až 30 m vys.)
- Původní v Golfském zálivu - od Floridy po Mexiko



Taxodium distichum

- tisovec dvouřadý
- dole silný kmen
- vertikální dýchací kořeny – pneumatofory (až 30 m vys.)

Původní v Golfském zálivu - od Floridy po Mexiko

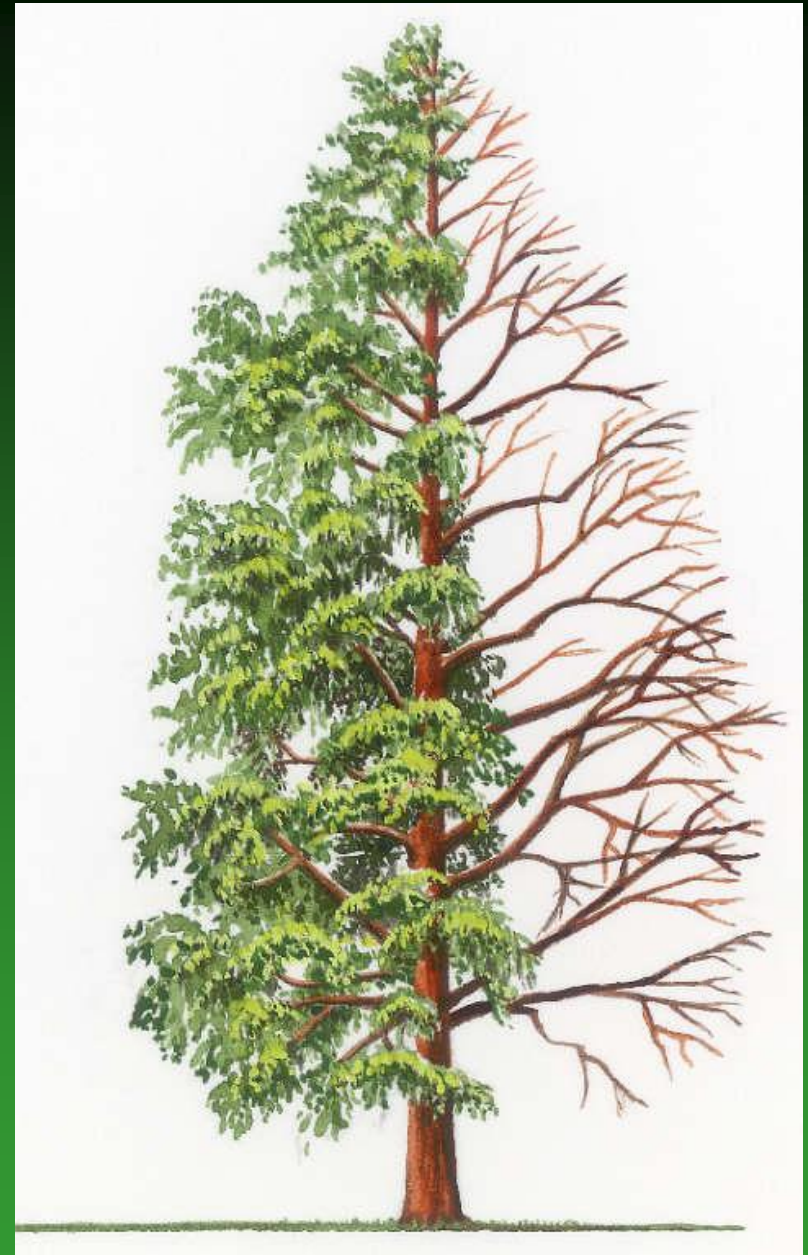


El Árbol del Tule = *Taxodium distichum* subsp. *mucronatum* ve městě Santa María del Tule v Mexiku.

Nejobtjemnější strom na americkém kontinentě. V r. 2005 obvod 42 m, průměr 14 m, výška asi 35 m; odhad stáří 1200–3000 let

Metasequoia glyptostroboides

Střední Čína - objevená až roku 1941 v prov. Hubei a Hunan, do té doby známá jen z fosilních dokladů.



Cryptomeria japonica – kryptomérie japonská

Východní Asie, u nás pěstovaná

Kuželovitá koruna

v domovině až 70 m vys., 4 m tl.; věk až 7000 let

Spirálně uspořádané srpovitě zahnuté krátké (do 1 cm)
jehlice

Megastrobily drobné do 2 cm v průměru

Mikrostrobily drobně ve skupinkách



Cupressaceae – cypřišovité

stromy a keře pryskyřičné kanálky jen v primární kůře

20/130 – u nás 1/1,
ale řada se pěstuje



Listy - šupinové, vz.
jehlicovité, vstřícné,

Strobily – drobné

Mikrosporofyly - se
2-6 (-20) prašnými
pouzdry

Megastrobily –
drobné s málo šupinami,

Semenné a podpůrné
šupiny srůstají

Mikrospóry – bez
vaků,

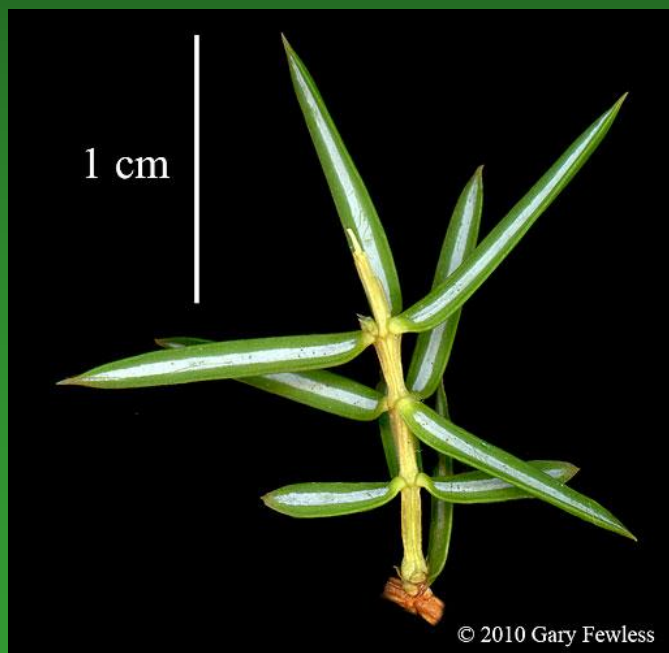
Semena – bez křídel



U nás jen *Juniperus communis* -
jalovec obecný - dříve zvláště na pastvinách
rozšířen, dnes na ústupu

Jehlice – v trojčetných přeslenech

Centrální dřeň – trojúhelníkového
průřezu



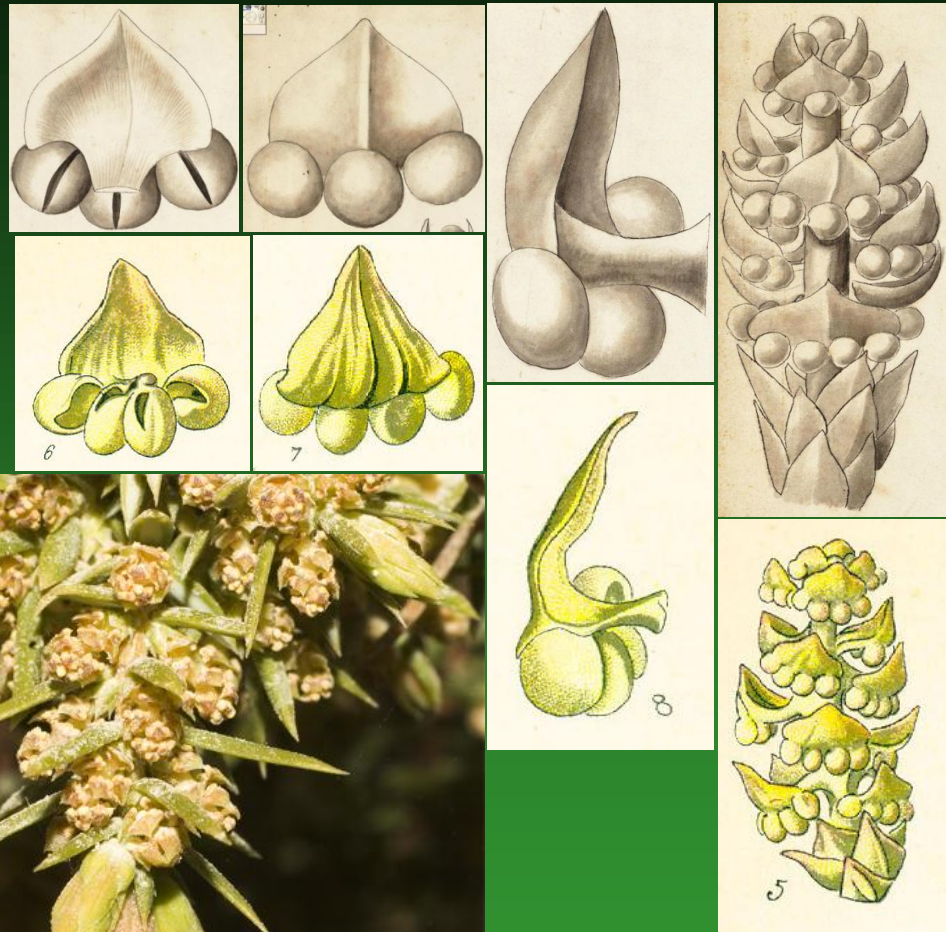
Juniperus communis – megastrobily s křížmostojnými šupinami

na vrcholu 3 vajíčka,
každé v paždí semenné šupiny,
tyto tři terminální šupiny zdužnatí a srostou v
galbulus vypadající jak bobule



Juniperus communis – mikrosporofyly v mikrostrombilu křížmostojně

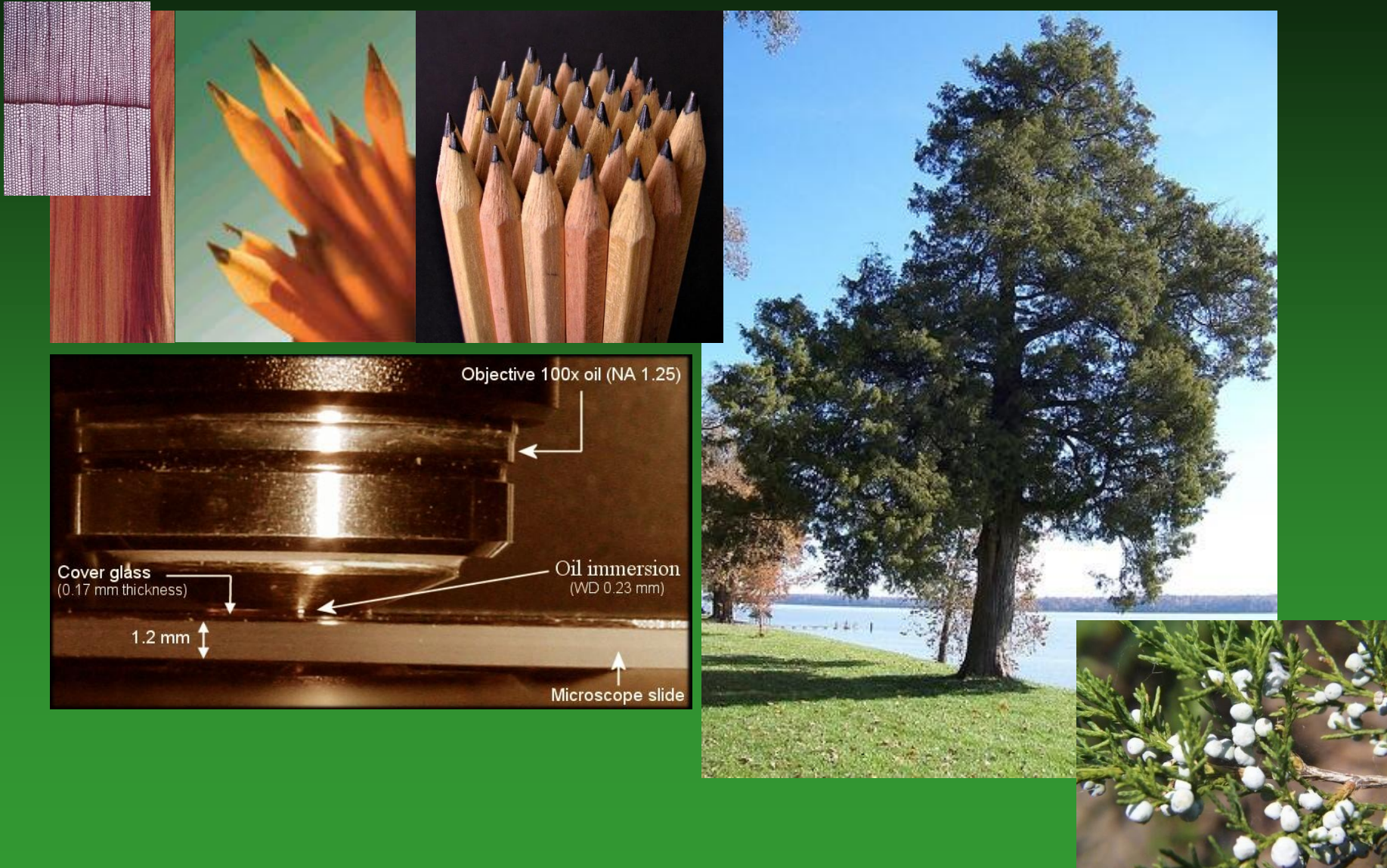
Jeden mikrosporofyl nese na spodu 3–4 mikrosporangia



Jalovčinky *Juniperus communis* = koření na maso a sýry; výroba Ginu a Borovičky.



Ze dřeva *Juniperus virginiana* se vyrábějí tužky a získává se z něj také olej pro imersní objektivy



U nás se často pro okrasu a v živých plotech pěstují **cypřišky** (*Chamaecyparis*)



... nebo zeravy (*Thuja*)



Taxaceae – tisovité

5/20 u nás jen 1/1,

Taxus baccata - tis červený

V minulosti častější, dnes velmi vzácný a ohrožený strom.

Roste hlavně na skálách (= stanovištích pro jiné dřeviny nevýhodných)

Mírný až tropický pás S polokoule.

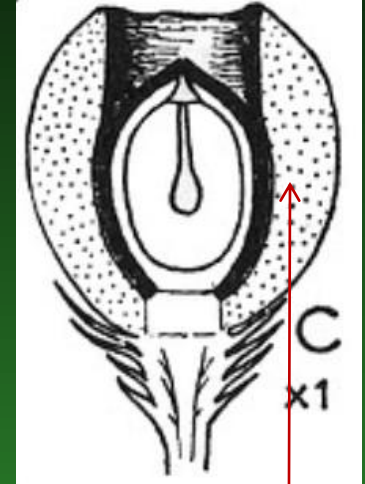
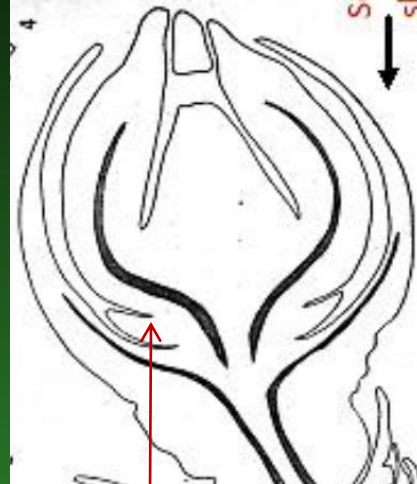
Listy jehlicovité, vytrvalé, dvouřadě uspořádané;



Zpravidla dvoudomý, ale někdy i jednodomý.



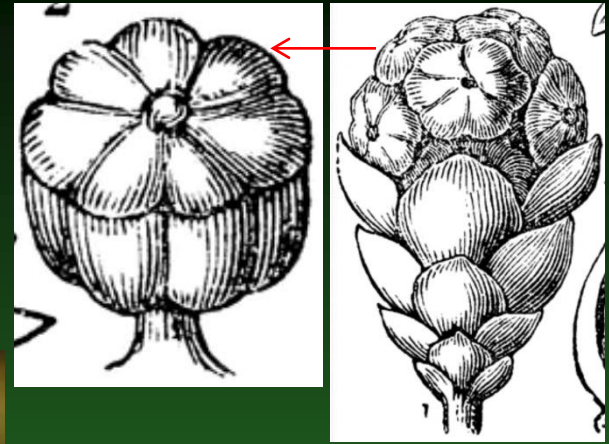
Megastrobily – drobné, jakoby pupeny v paždí jehlic s několika páry křížmostojných šupin na bázi, s jediným vajíčkem na vrcholu; mají dobře patrný mikropylární otvor s polynační kapkou



základ míšku se mění v prstencovitý val



Mikrostrobily – malé v paždí jehlic, na bázi s několika páry křížmostojných šupin; mikrosporofyly štítkovité tvoří kulovitý strobilus, každý má na spodu 5-9 prašných vaků



Pyl – bez vzduchových vaků





Taxus baccata L.
©Thomas Schoepke

prstencovitý val srůstající pod vajíčkem se mění
době zralosti na červeně zbarvený míšek -
epimacium, který obklopuje téměř celé semeno.

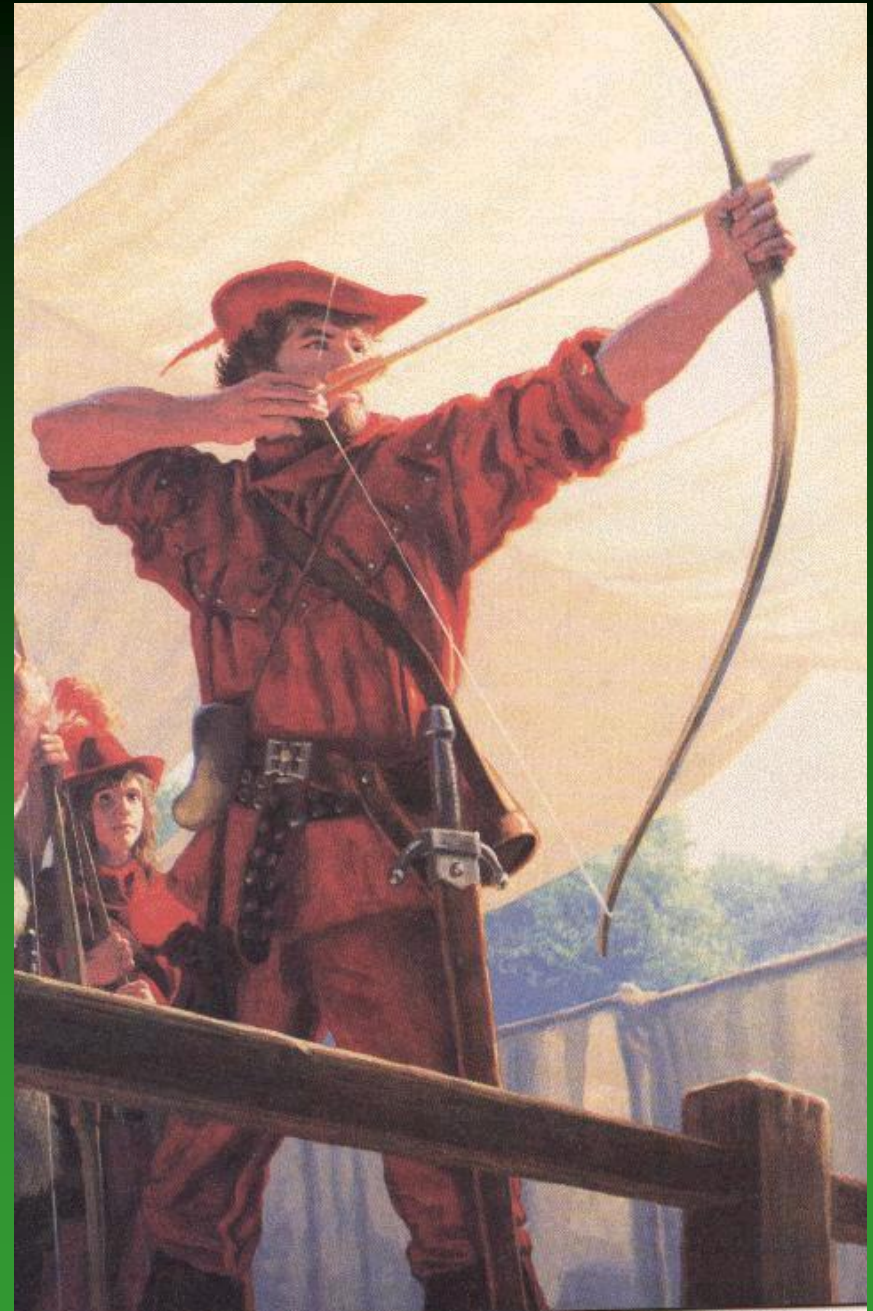
Dřevo tisu

výroba luků a kuší

v nábytkářství "německý
eben"

ve středověku se
vyváželo i do Anglie

Ze severoamerického
Taxus brevifolia vyráběli
svá vesla, oštěpy a luky
indiáni.

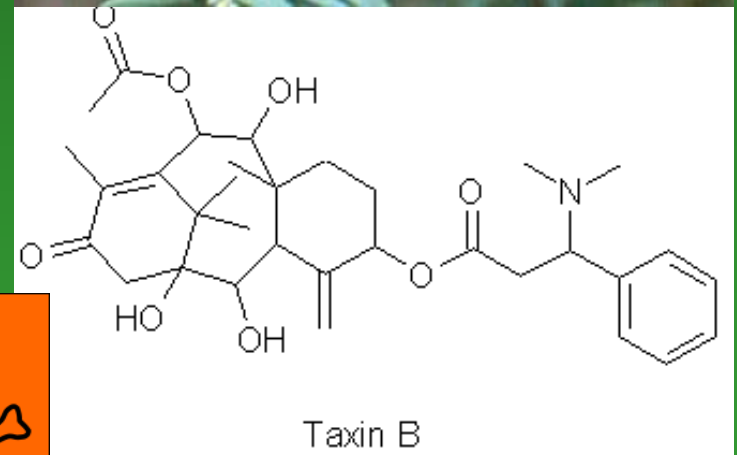


Celá rostlina s výjimkou dužnatého míšku obsahuje jedovatý alkaloid taxin. (ochrnutí dýchacího svalstva, mozkové edémy, smrt).

Dále obsahuje i glykosid taxatin.

Míšek sladký nejedovatý, semena prudce jedovatá.

Na některé ptáky a hmyz však jed nepůsobí (endozoochorie).
Používán od středověku jako abortivum.



6. tř. *Gnetopsida* (liánovce)



Dvoudomé i jednodomé dřeviny rozmanitého vzhledu, spíše nižšího vzrůstu



Gnetopsida – fylogenetický původ a historie

poprvé - trias

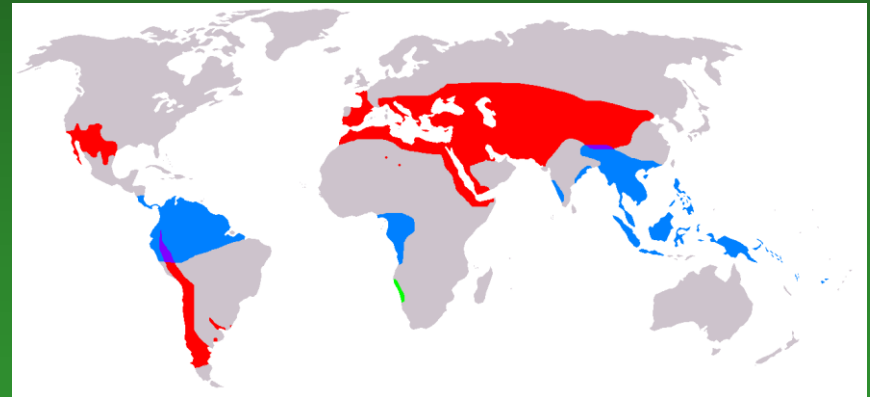
divergence - křída

dnes - 3 izolované rody - ve 3 samostatných podtřídách:

1. *Ephedridae* – *Ephedra* – 1/40

2. *Gnetidae* – *Gnetum* – 1/30

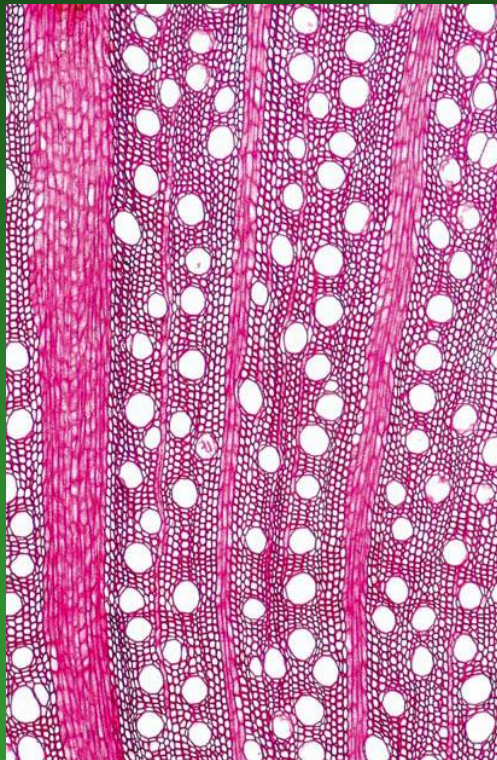
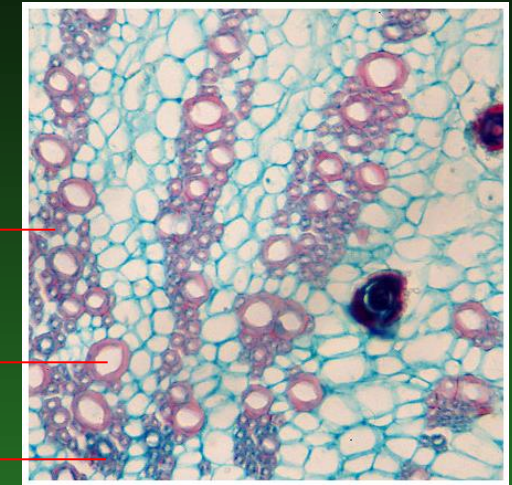
3. *Welwitschiidae* – *Welwitschia* – 1/1



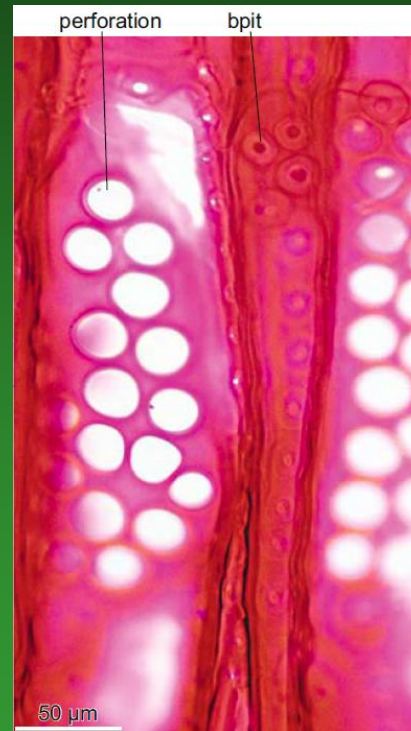
Xylem – tracheidy + fibrily + atypické tracheje
(s velmi šikmým děrovaným napojením)

- bez pryskyřičných kanálků
- multiseriální parenchym

Welwitschia mirabilis – příčný řez



Gnetum gnemon – dřevo s tracheidami a trachejemi



„efedroidní“ děrované napojení mezi trachejemi



Ephedra californica – podélný řez

Listy – jednoduché, rozmanitého tvaru, **vstřícně postavené**



Ephedra



Gnetum



Welwitschia

Mikrosrobily

– přeslenité límečky



Gnetum

Mikrosrobily

– přeslenité límečky

– vstřícné křížmostojné šupiny



Gnetum



Ephedra



Welwitschia

Mikrosrobily

– přeslenité límečky

– vstřícné křížmostojné šupiny



Gnetum



Ephedra

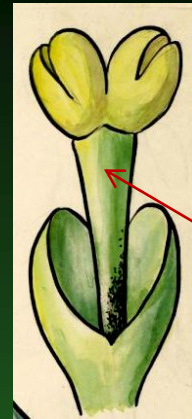


Welwitschia

Tendence k oboupohlavnosti strobilů



Gnetum



Mikrosporofyly = „tyčinky“

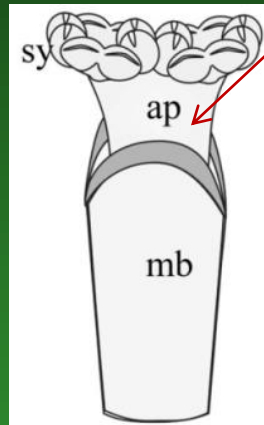
„nitkami“ **srůstají ve sloupek**

nebo

„**baňku**“



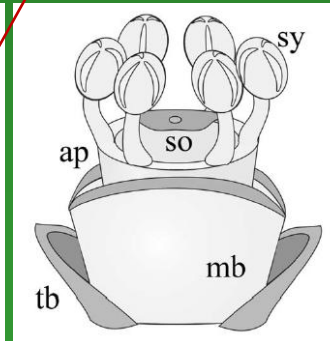
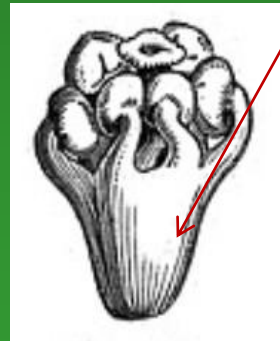
Ephedra



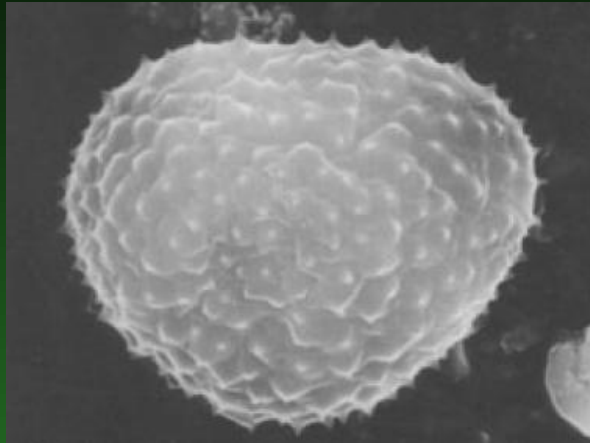
- srostlá sporangia = **mikrosynangia**



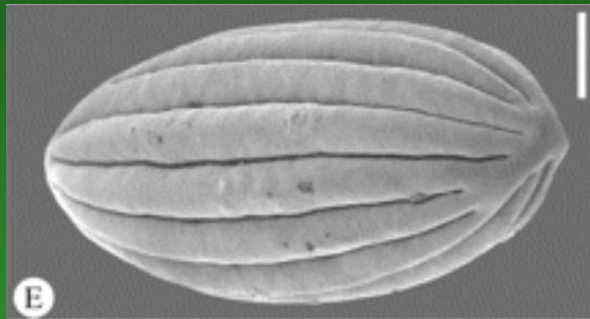
Welwitschia



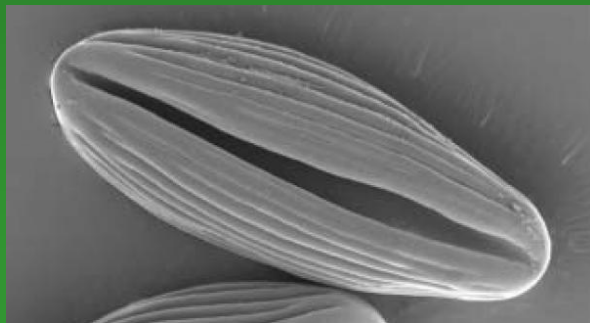
Pyl bez vzdušných vaků



Gnetum



Ephedra



Welwitschia

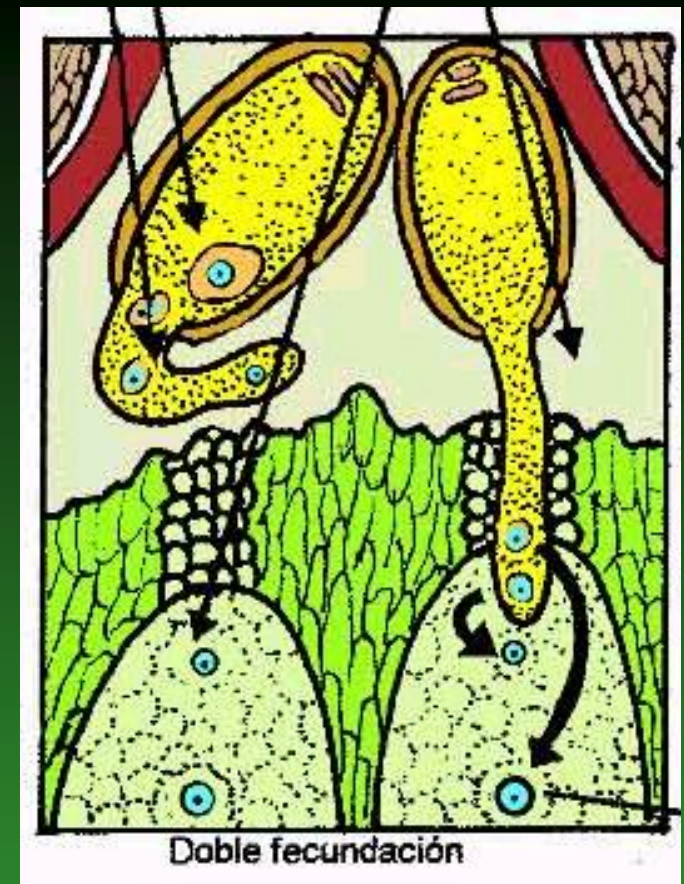
„Dvojí oplození“

(*Ephedra* a *Gnetum*)

1. spermatická buňka + oosféra
→ standardní zygota → standardní embryo

2. Druhá spermatická buňka + břišní
kanálkové jádro → nadbytečná zygota,

Nadbytečná zygota se může několikrát
mitoticky dělit a stimulovat diferenciaci
standardního embrya



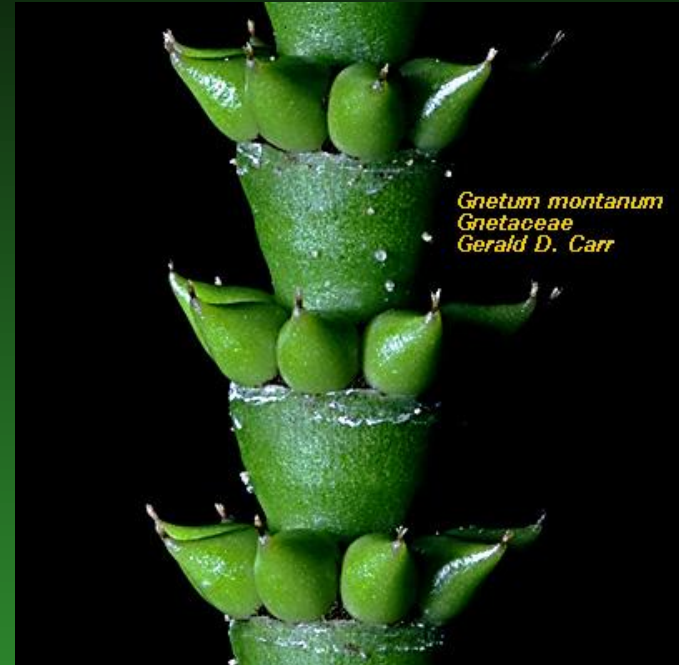
Megastrobily – s křížmostojnými šupinami nebo límečky



Welwitschia



Ephedra

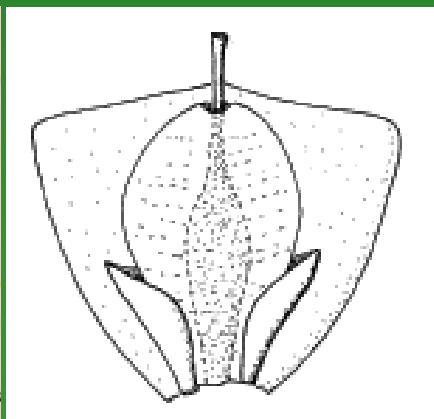
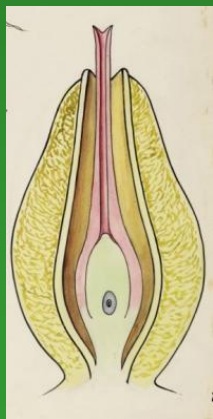
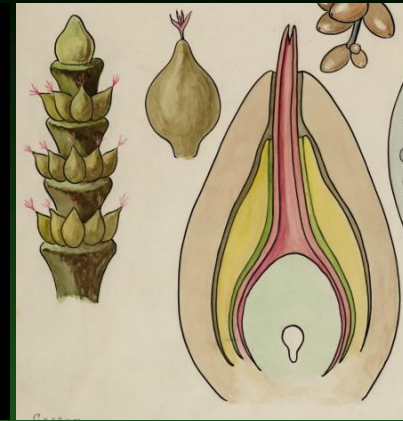


Gnetum montanum
Gnetaceae
Gerald D. Carr

Gnetum

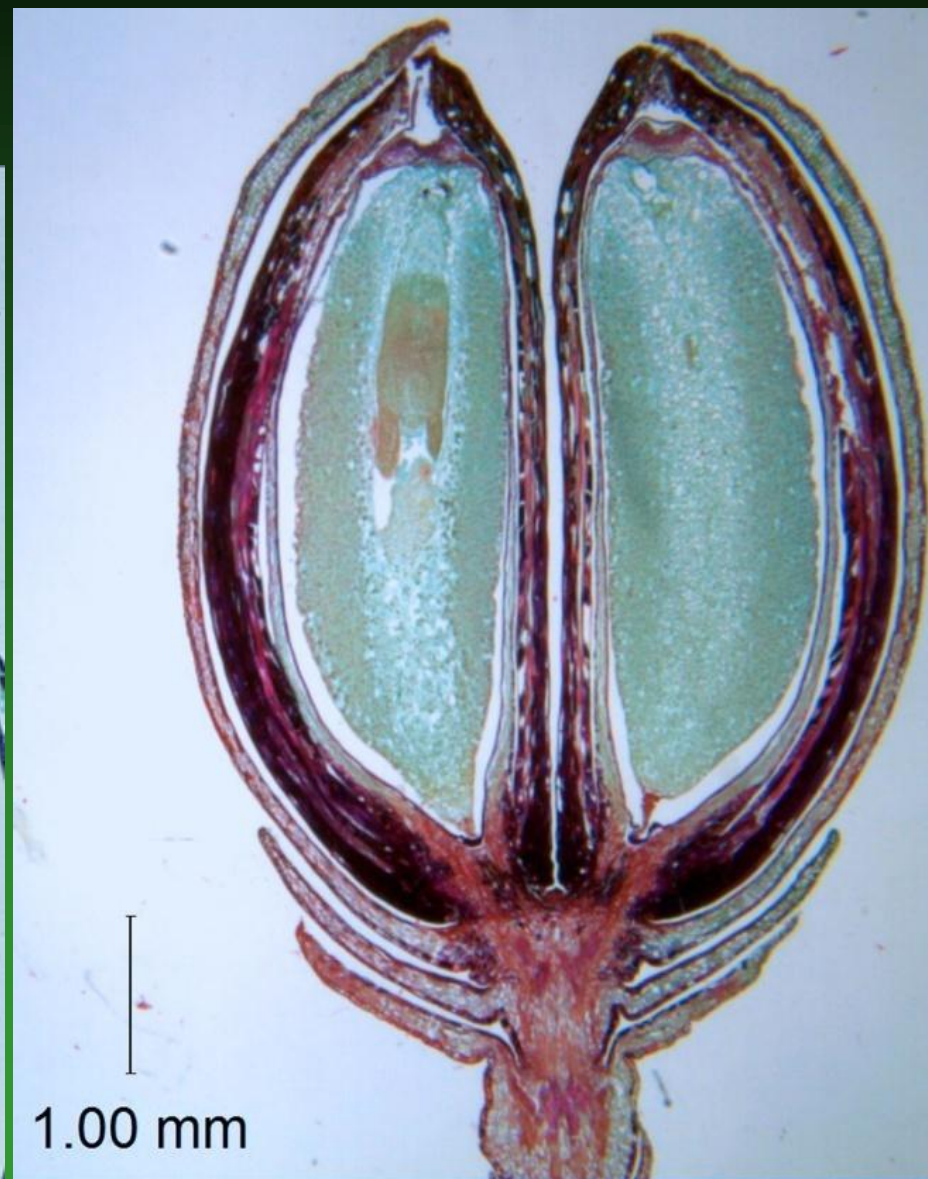
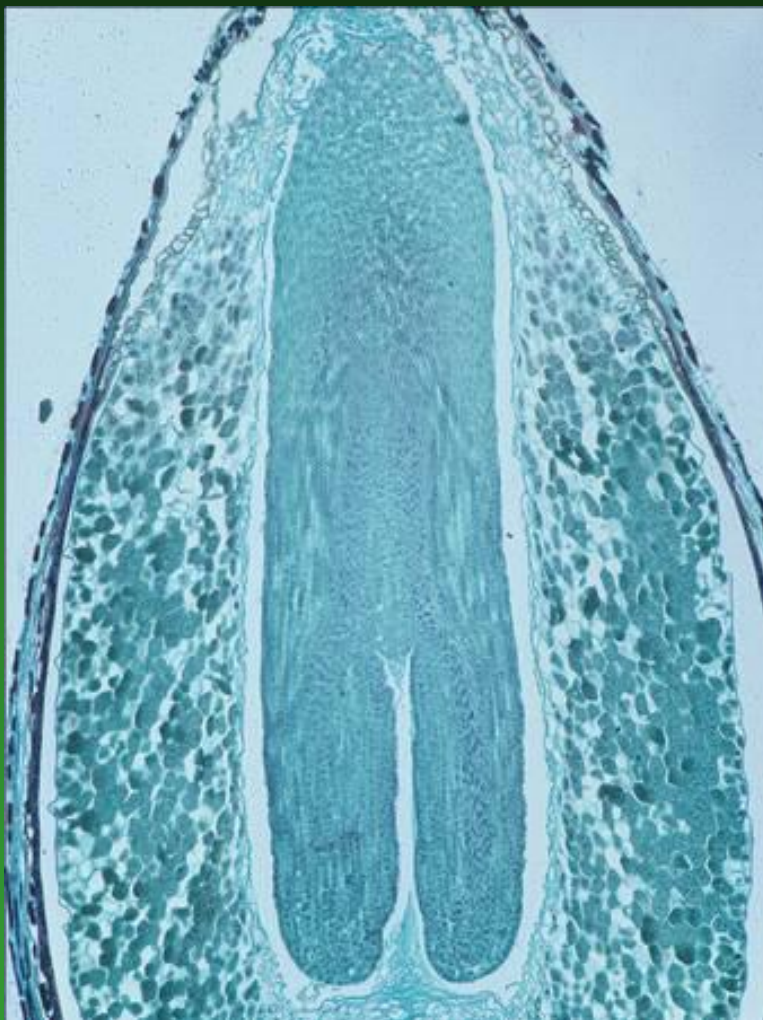
Vajíčka

- chráněná dalšími 1–2 obaly
- také šupiny strobilů vajíčka chrání
- integument protažen v dlouhou polinační trubku vyčnívající z vaječných obalů nebo ze strobilu



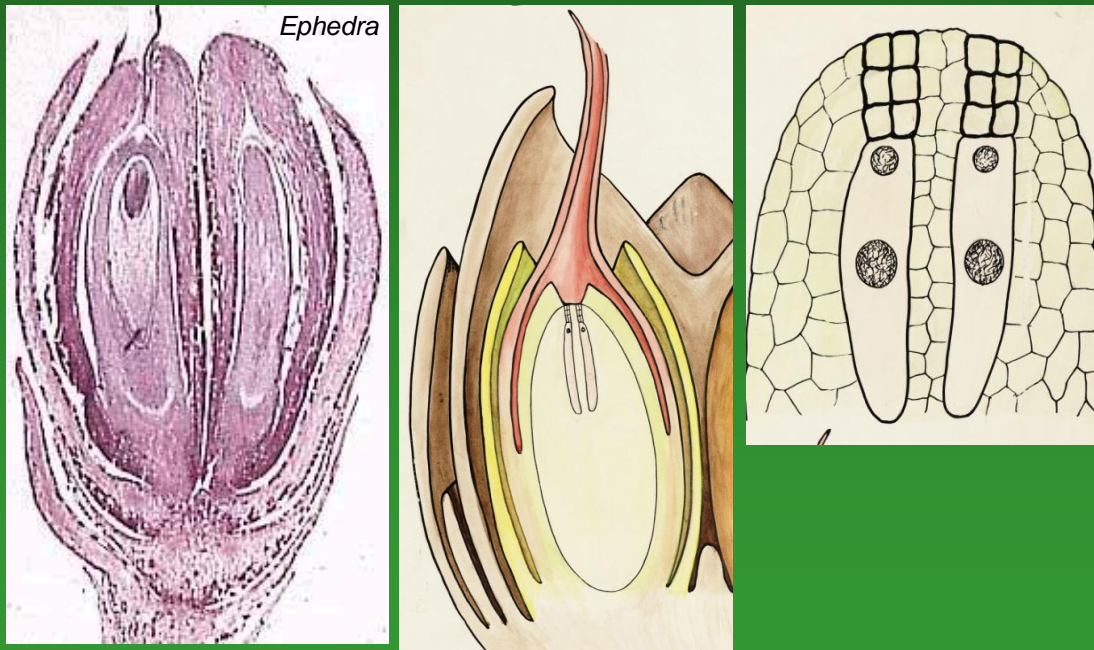
Embryo se 2 dělohami

Ephedra

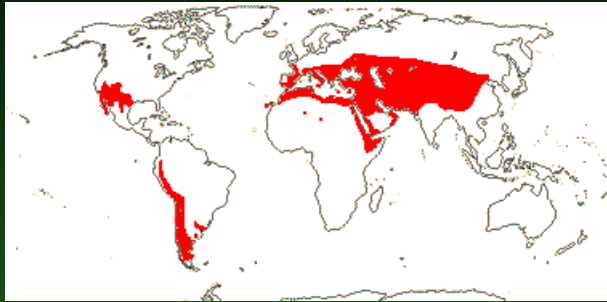


Archegonia – jen *Ephedra*

U *Gnetum*, *Welwitschia* redukovaná
na nahé oosféry

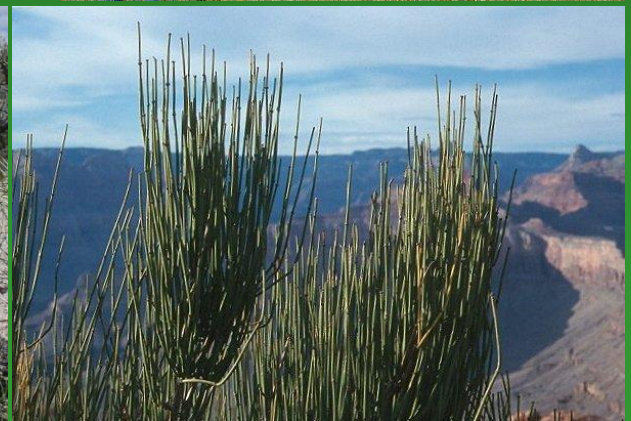


Ephedraceae – chvojníkovité – *Ephedra* 1/40



Zpravidla dvoudomé keře v aridních (suchých) oblastech v Evropě, Středozeří, Stř, Asii, Sev. a Již. Americe.

Na Slovensku ojediněle u Štúrova.

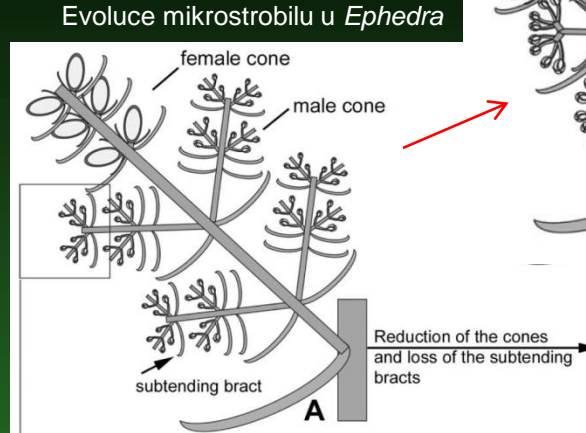


větévky článkované, asimilující

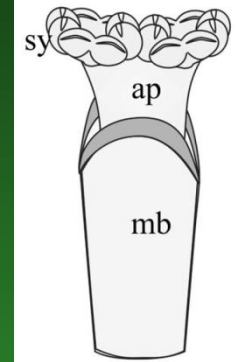
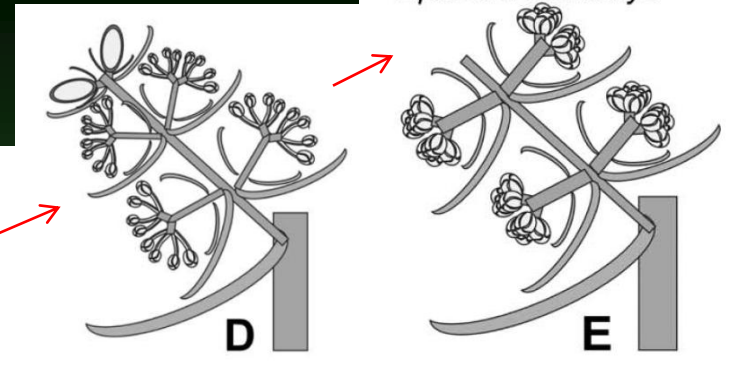
listy drobné, šupinovitě,
křížmostojné, v pochvy srostlé;



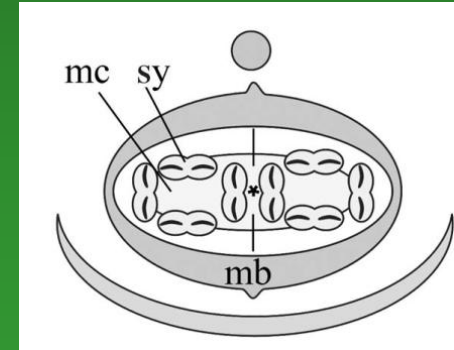
Mikrostrobilus má 8–12 synandrií (= mikrospoangioforů)



Hypotetický ancestor s oboupohlavnými šišticemi

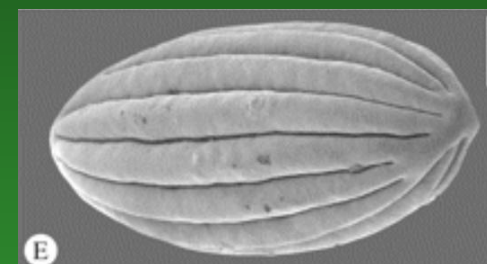
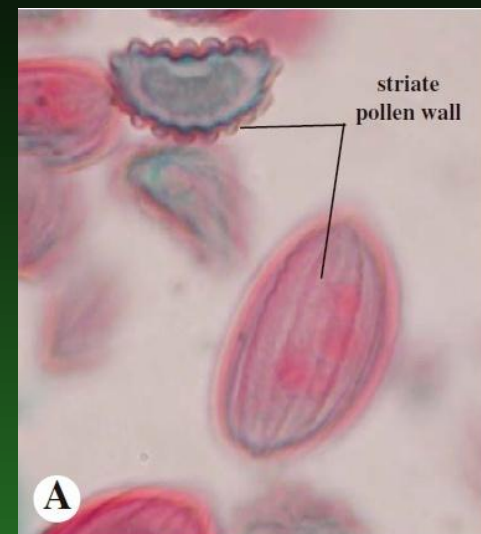


Synandrium vzniklo srůstem 4 nebo 8 tyčinek =
každé nese 4 nebo 8 dvoupouzdrých synangii



Synandrium podepřeno dvěma srostlými
vstřícnými listeny
Navíc leště jednou šupinou (listenem)

Pyl chvojníků má charakteristický striátní povrch



V megastrobilu obvykle 2 vajíčka
v zárodečném vaku 2 archegonia



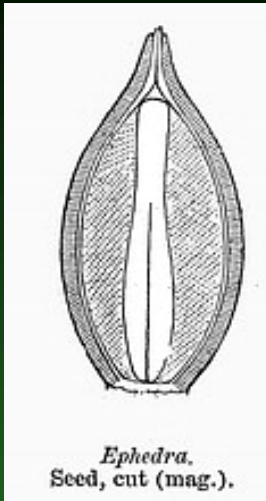
Semena

- hnědá až černá, jedovatá

- obalená zdužnatělými šupinami megastrobilu

- červené až bělavé barvy

- semeno se 2 dělohami



Ephedra frustillata



Ephedra aphylla



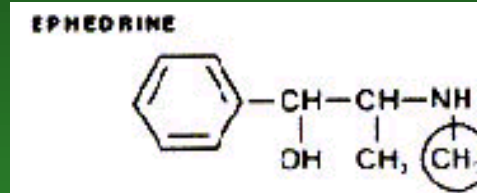
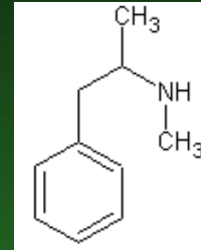
Ephedra aphylla



Ephedra ciliata



pervitin



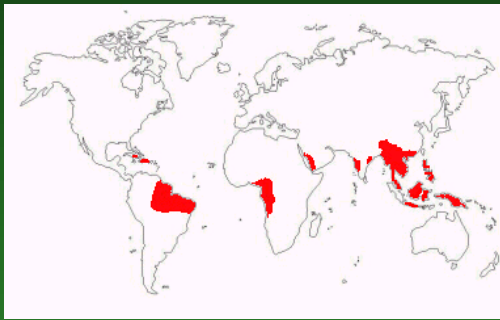
Alkaloid ephedrin
součást antitusik

Vyrábí se však
synteticky



Používán také jako surovina při výrobě pervitinu

***Gnetaceae* – ljánovcovité –
Gnetum 1/30;** většinou dvoudomé
dřeviny - ljánovité, stromovité až
keřovité; listy kožovité, široce kopinaté
sukcesivní soustředná kambia jako u
cykasů



Listy

- připomínají listy krytosemenných
- řapíkaté
- lesklé, kožovité,
- široce kopinaté
- se zpeřenou žilnatinou
- vstřícně postavené

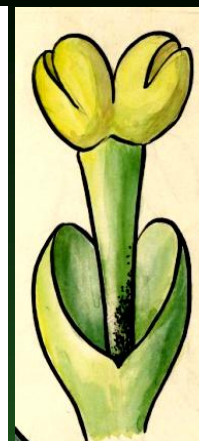
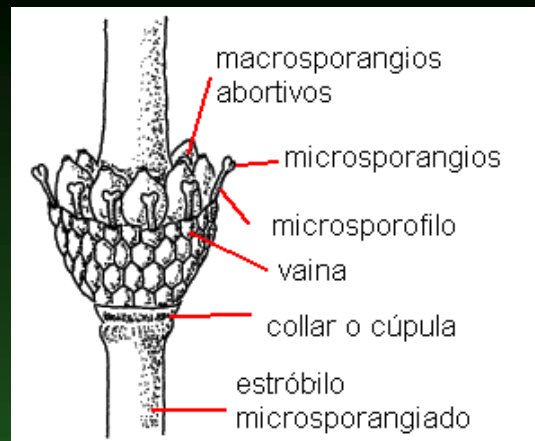


Strobily – často oboupohlavné

„tyčinky“ i vajíčka v přeslenech,
chráněny límečkem srostlých šupin

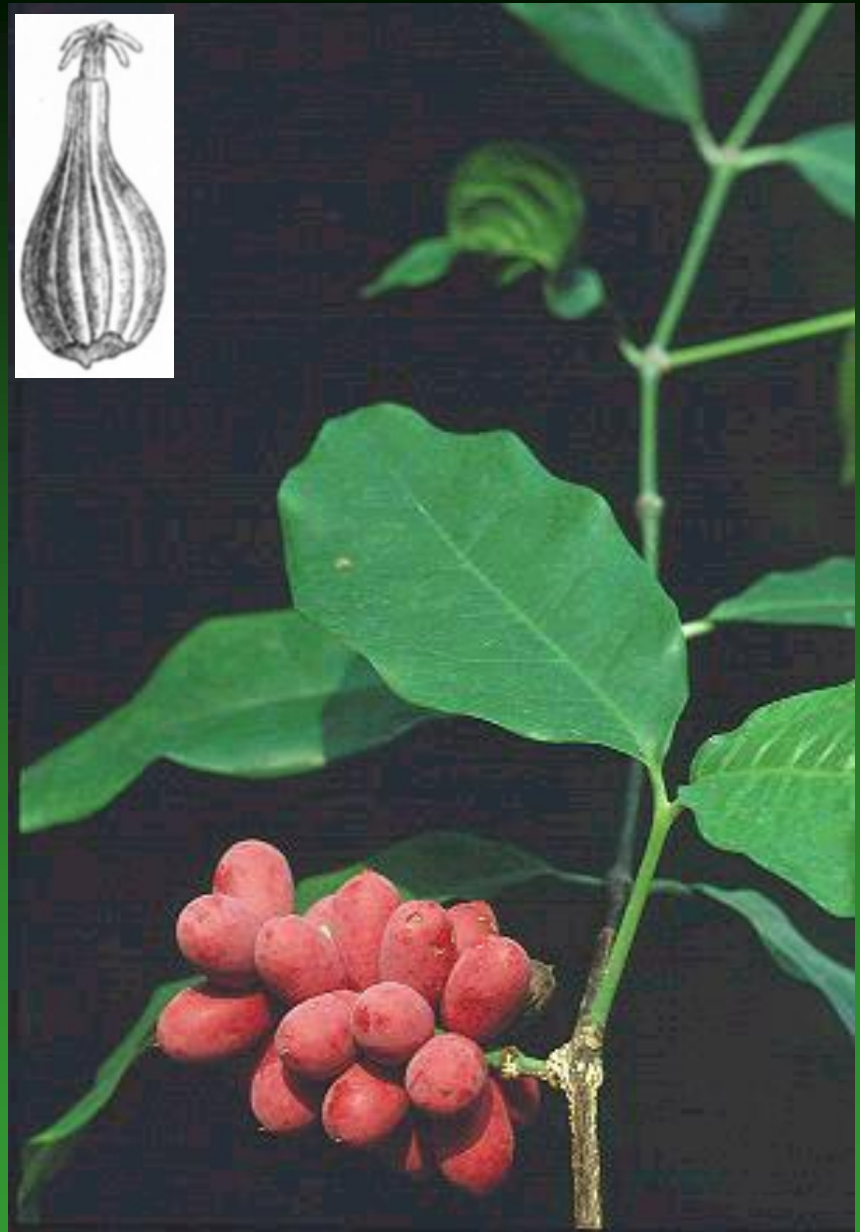
„tyčinka“ = nitka + dvoupouzdré
synangium

báze nitky - obalena pochvou =
srostlá dvojice šupin + věnečkem
trichomů



Samčí šištice rovněž s límečky
šupin

Archegonia se nevytvářejí
semena s dužnatým obalem
(pěstují se proto v JV Asii jako
ovoce (*Gnetum gnemon*))



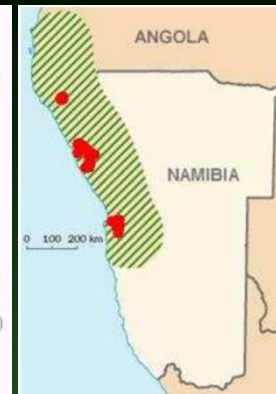
Gnetum gnemon pěstuje se v JV Asii jako ovoce



Welwitschiaceae – *Welwitschia* – 1/1

Welwitschia mirabilis

JZ Afrika – poušť Namib v Angole



Objevil ji tam v 19.
století německý
botanik Friedrich
Welwitsch



Dvoudomá rostlina - z dálky připomíná habitem hromadu odpadků - není to ani keř, ani strom ani bylina.





Kmen - nízký (0,5 m vysoký a až 1,2 m široký) řepovitého tvaru, hypokotylního původu; kořen kůlovitý, ca 3 m dlouhý



Listy jen dva na vrcholu kmene, obrovské (až 6m dlouhé, široké až 1,5 m) pentlicovité, žebnaté a silně sklerenchymatizované, takže připomínají spíše dřevo, na bázi stále rostou, na koncích se působení větru třepí a odumírají



Samčí šištice ze 4 řadě postavenými šupinami

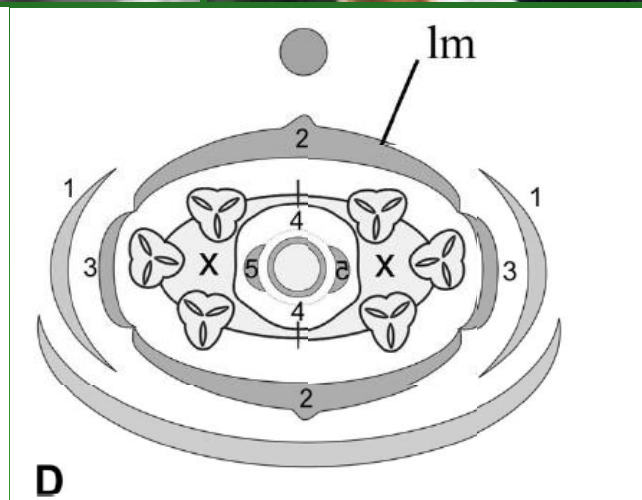
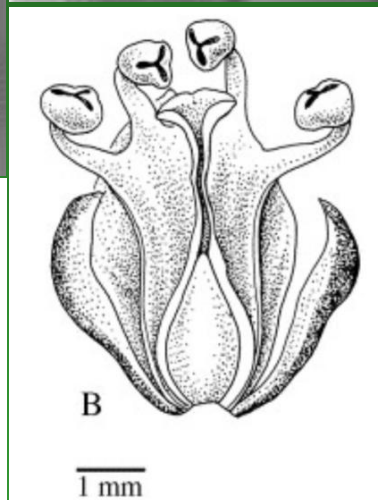
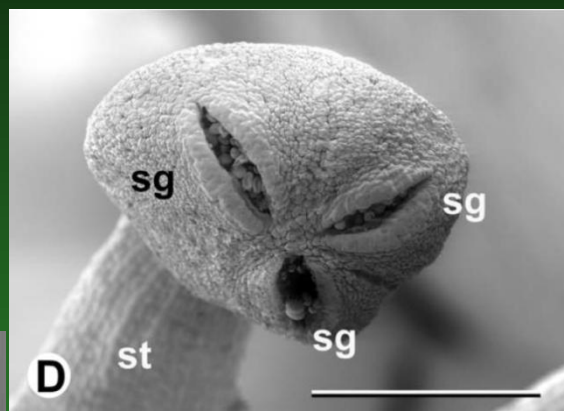
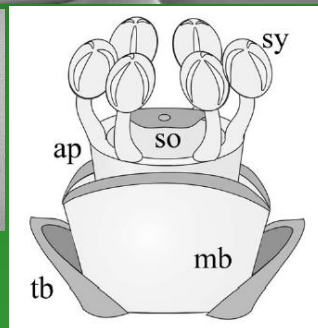
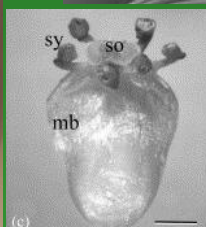
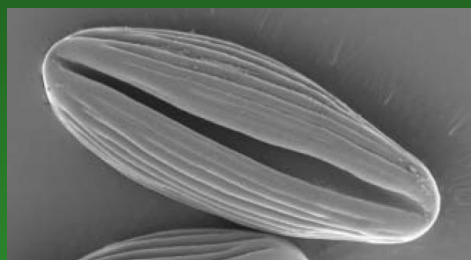


Synandrium = baňka 6 sroslých tyčinek

Synangia trojpodzdrá

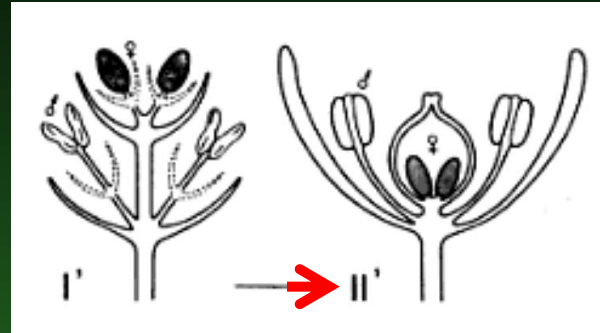
Ve středu baňky rudiment vajíčka

Pyl monosulkátní

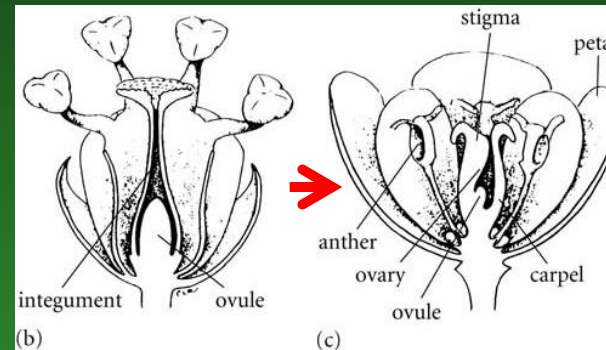


Pseudanthiová teorie evoluce květu

Ephedra

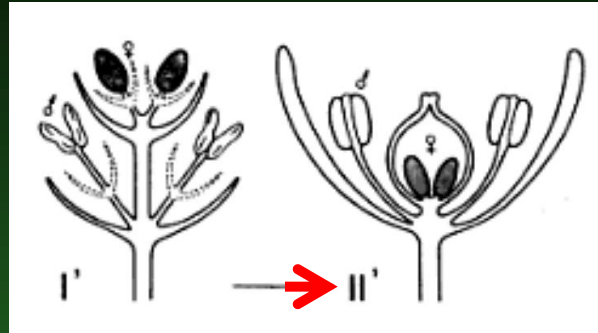


Welwitschia

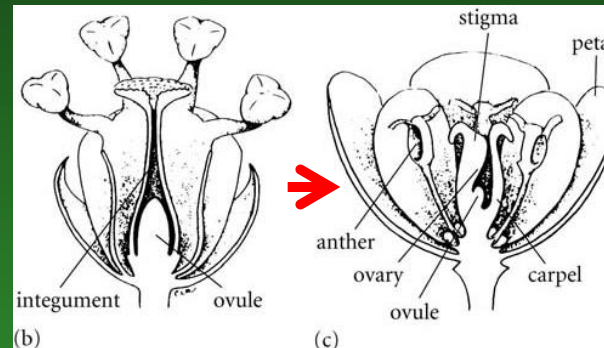


Pseudanthiová teorie evoluce květu

Ephedra

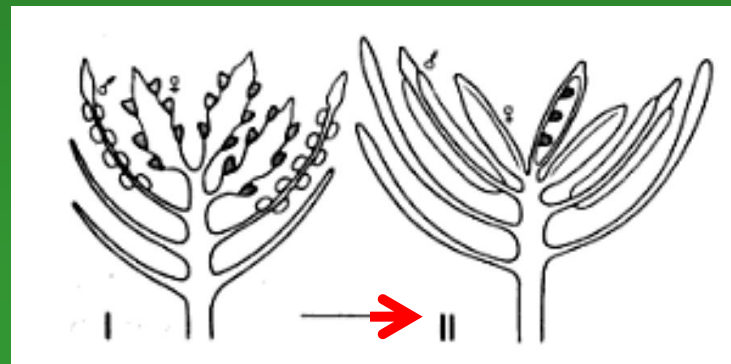


Welwitschia



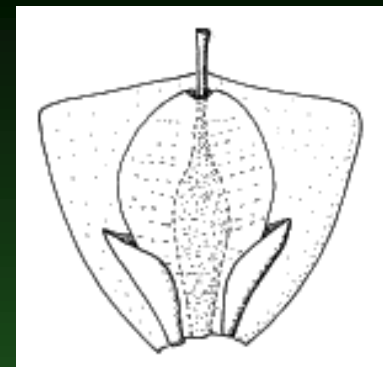
Euanthiová teorie evoluce květu

Cycadeoideopsida

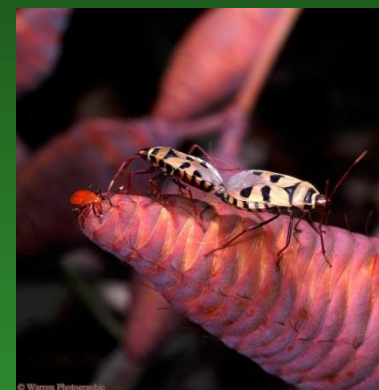


Samičí šištice

- 4-řadé;
- v paždí každé šupiny po jednom vajíčku;

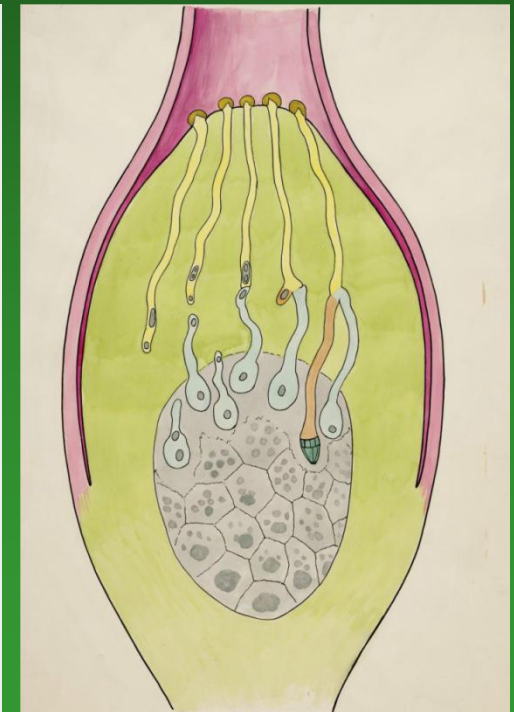
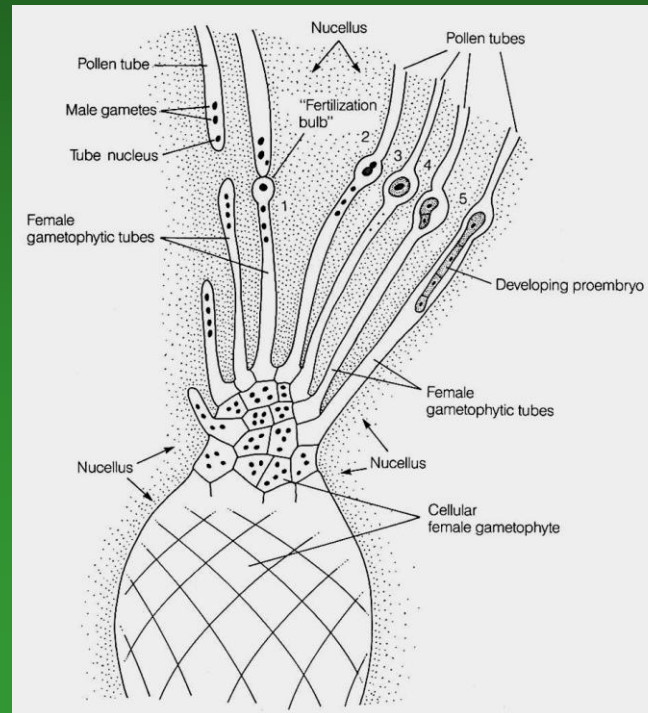


Opylení větrem nebo
plošticemi *Probergrothius
sexpunctatus*



Oplození – poněkud bizarní

- archegonia se nevytvářejí
- pylová láčka proroste do nucellu
- naproti ní vyrazí „vaječná“ láčka
- v místě setkání a spojení láček → splyne oosféra + jádro spermatické buňky
- embryo roste směrem do megagametofytu



Semena okřídlená



V místech, kde se vyskytuje neprší, ale vláhu získává z husté mlhy pronikající od pobřeží do vnitrozemí. Najdeme ji proto nejdále 100 km od pobřeží.

Domoroci ji nazývají odžitumboa = velký pán, radiokarbonovou metodou bylo zjištěno, že se dožívá stáří až 2.000 let



Shrnutí: unikátní znaky nahosemenných rostlin

odlišující je od

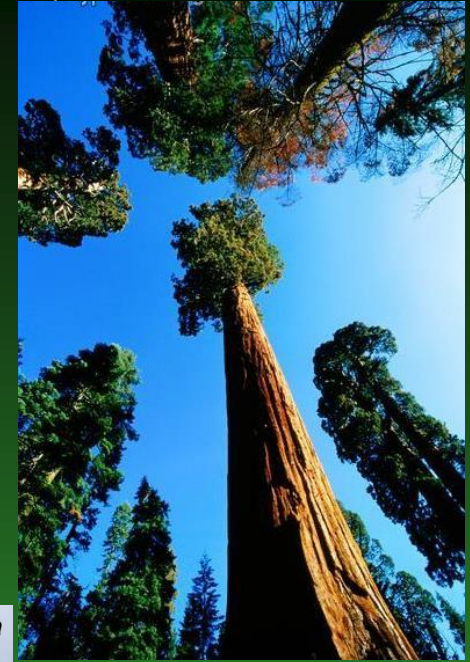
krytosemenných rostlin

1. Dřevinný charakter

často stromy, zřídka keře, nikdy byliny
sekundární tloušťnutí umožňuje:

- (1) úspěšný boj o světlo převýšením kompetitorů
- (2) dlouhověkost, podmíněnou opakovaným nahrazováním nefunkčních cévních svazků novými (nahosemenné = nejstarší a nejtěžší živé organismy),
- (3) avšak dlouhověkost = zpomalení mutačního tempa, molekulární studie prokazují, že nahosemenné jsou organismy s velmi pomalým evolučním tempem

Sequoiadedron



Zamia



Ephedra



Juniperus

Ginkgo



Čím je tedy dominantně dřevinný charakter podmíněn?

Čím je tedy dominantně dřevinný charakter podmíněn?

? adaptace na suché klima

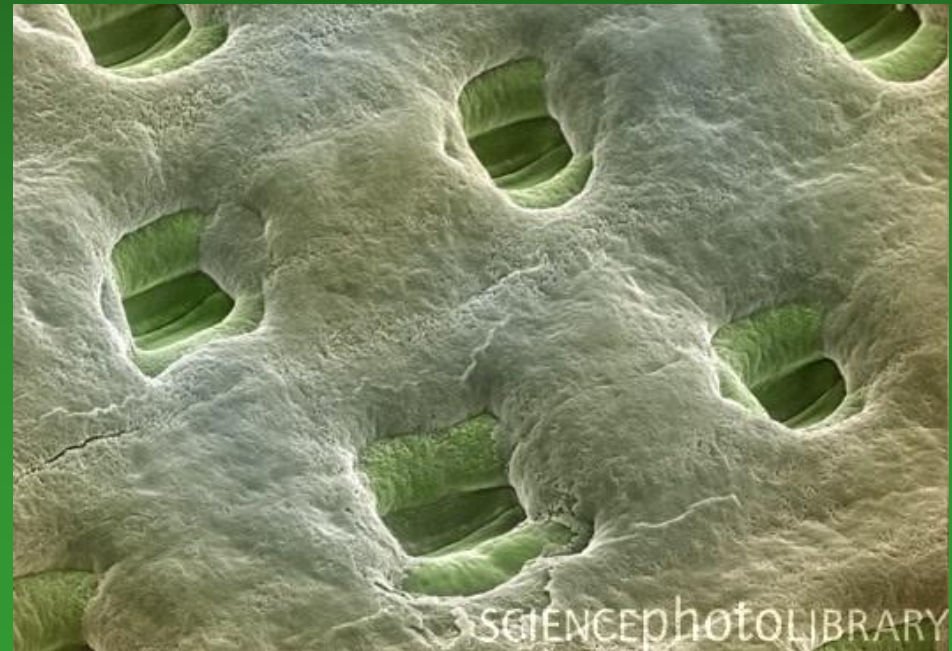
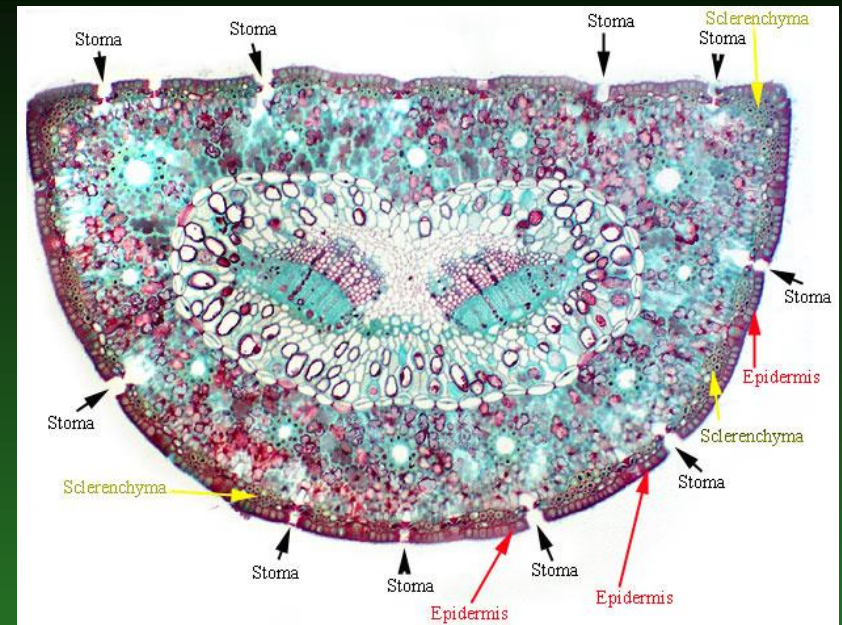
Čím je tedy dominantně dřevinný charakter podmíněn?

? adaptace na suché klima

**Většina linií se objevuje v klimaticky suchém permu,
během kterého se stávají dominantními**

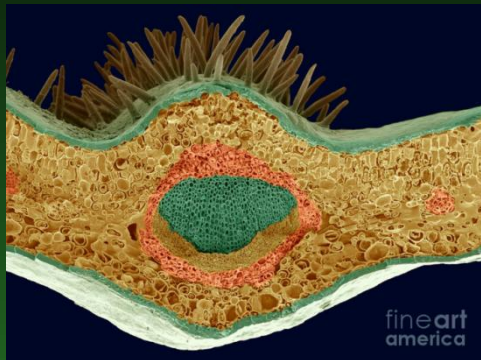
2. Xeromorfní adaptace listů

- tlustá kutikula
- zanořené průduchy
- sklerenchymatické svazky
- je to i dobrá ochrana proti herbivorům a kompenzuje to menší efektivitu vodivého systému



3. Jednoduchá žilnatina listů

Cycas jediná centrální žilka v listovém úkroju



Stangeria zpeřená žilnatina s rovnoběžnými bočními žilkami



Pinus dvě žilky jehlicovitém úkroju listu



Zamia – souběžná žilnatina listových úkrojků



Ginkgo – vějířovitá žilnatina listů

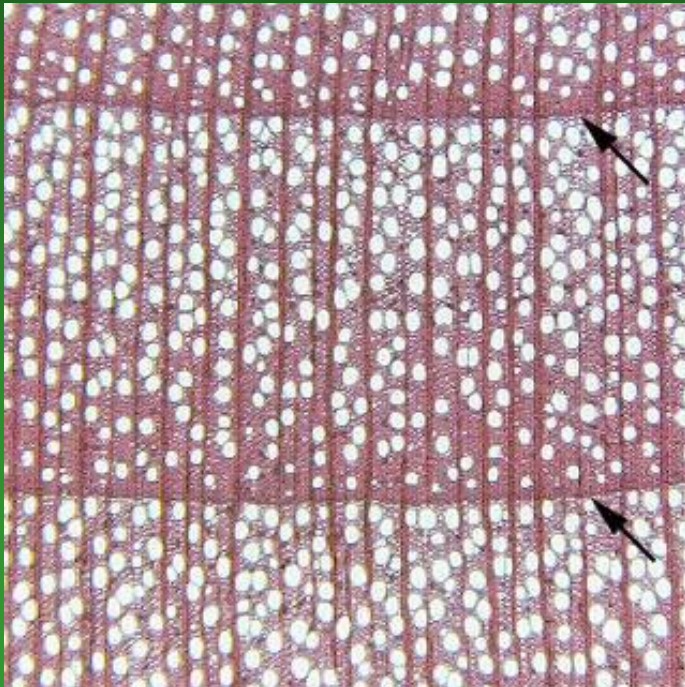


Picea jedna žilka jehlicovitém listu



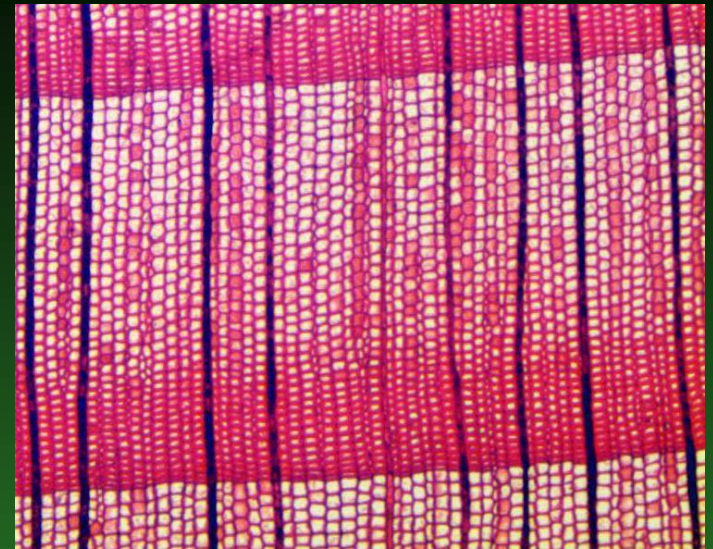
4. Homoxylární dřevo

- = xylem bez trachejí
- vodivě sice méně efektivní
- zato s menším rizikem vzduchové embolie = lépe odolává opakovanému zamrznání



hrušeň (*Pyrus*)
příčný řez

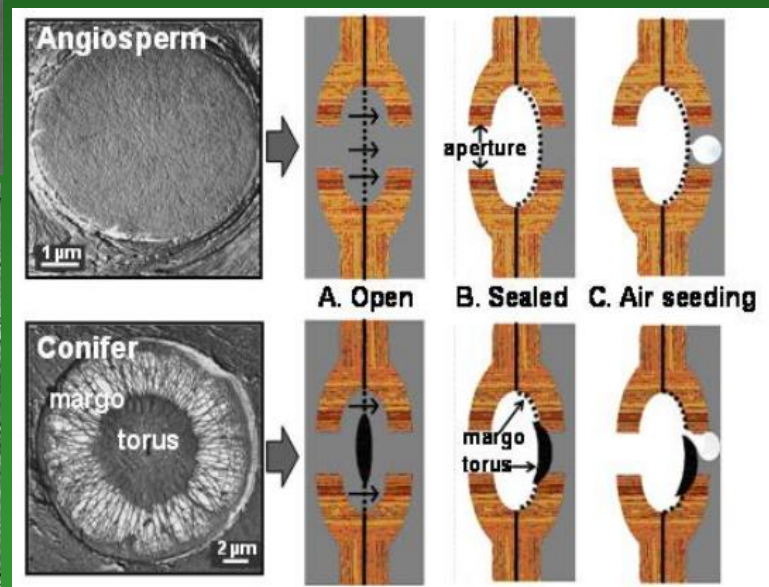
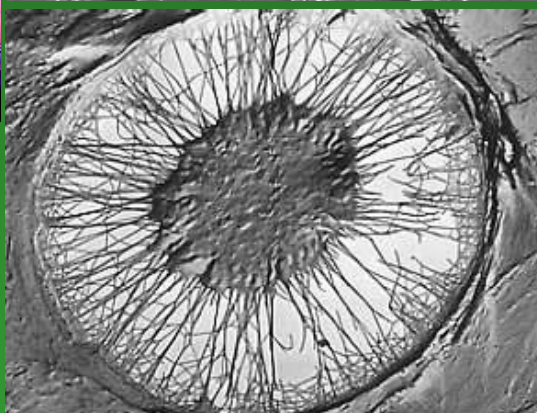
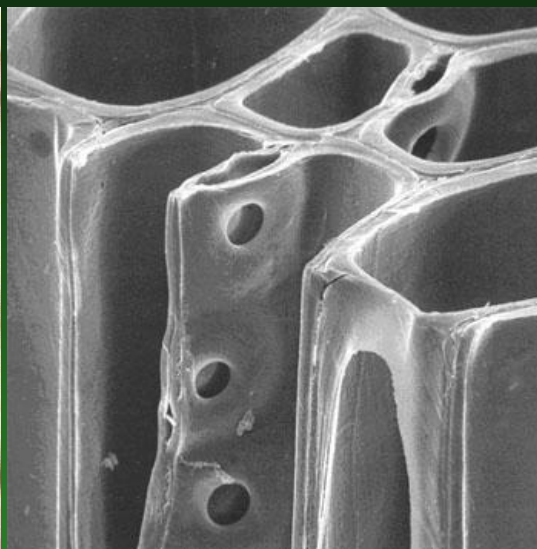
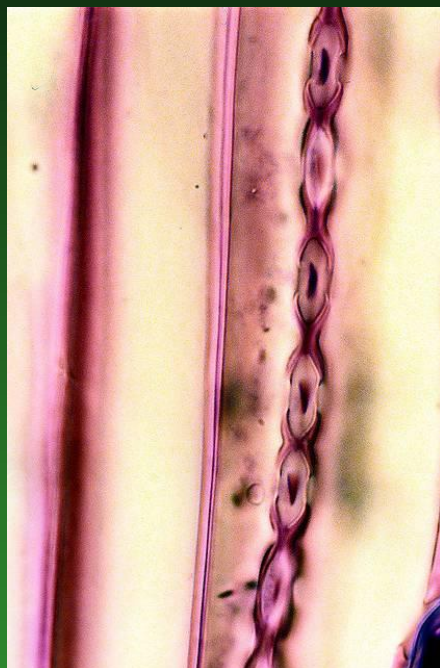
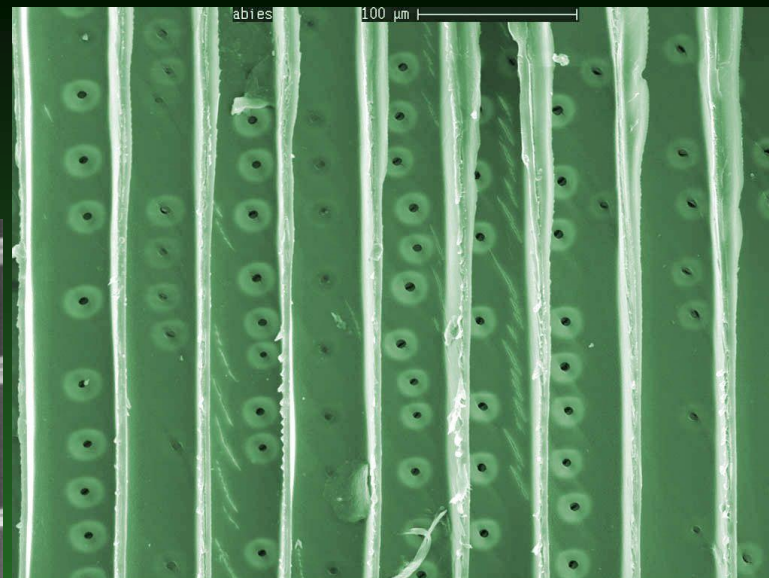
dřevo s trachejemi
= transpirační proud **desítky m / s**



zerav (*Thuja*)
příčný řez

dřevo bez trachejí
= transpirační proud
jednotky m / s

5. Tracheidy s dvůrkatými tečkami



Čím může být dominantně dřevinný charakter ještě podmíněn?

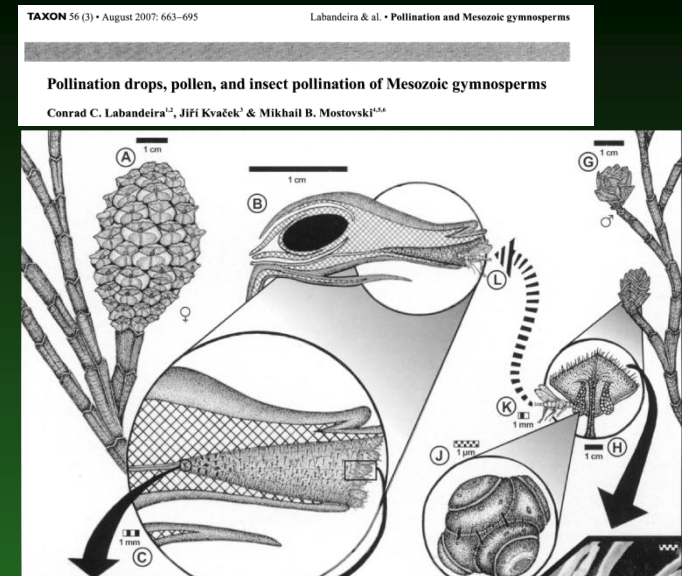
6. Dominující anemogamie

při vzniku
nahosemenných asi
chyběli hmyzí
opylovači



7. Přesto snaha „ochočit“ si hmyz = přechody k entomogamii

zejména u linií divergujících v křídě!
krytosemenné to ale dokázaly lépe!



Pinopsida – Cheirolepidiaceae - křída

Cycadopsida



Cycadeoideopsida



Gnetum



Welwitschia



8. Generativní orgány v šišticích

(megastrobilech a mikrostrombylech) = také xeromorfní adaptace

často dvoudomé nebo jednodomé, oboupohlavné strobily výjimečně = snaha vyhnout se selfingu a s ním spojené inbrední depresi

při dlouhověkosti si na partnera mohly počkat, na druhé straně patrná synchronizace kvetení

tendence k redukci počtu vajíček a mikrosporangii na sporofylech

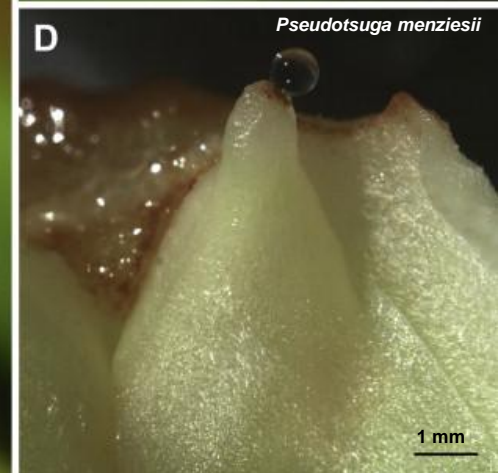
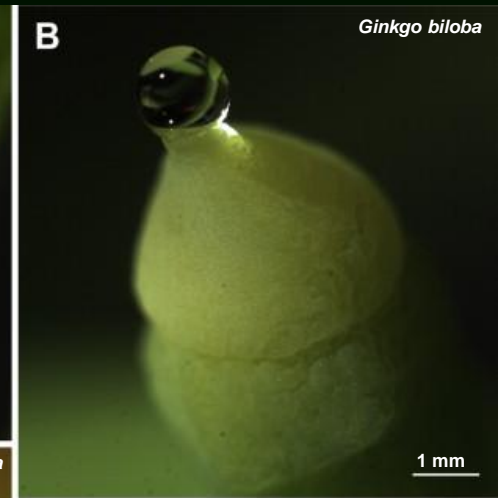
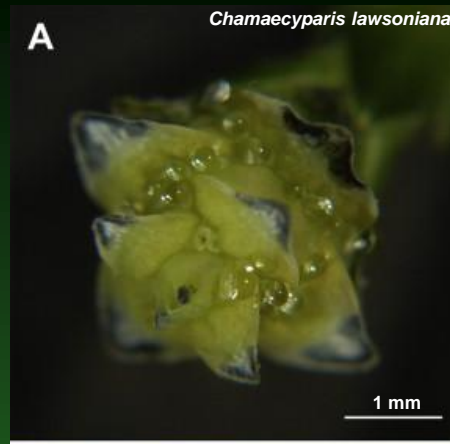


9. Polinační kapka = „blizna“ nahosemenných

Polinační tekutina = produkt nucellu

Stimuluje pyl vlastního druhu, potlačuje pyl jiných druhů a zabíjí bakterie a spory hub

U jinanu vydrží na vajíčku až 240 hodin, avšak poté co absorbuje vlastní pyl, mizí do 36 hodin



10. Samčí gametofyt často redukovaný často jen na 5 buněk, spermatozoidy velké

pylové zrno = endosporicky vzniklý nezralý samčí gametofyt = 3 buňky

Zralý samčí gametofyt = 5 buněk = prothaliiová buňka + láčkové jádro + vegetativní buňka + 2 spermatické buňky

tendence ke ztrátě bičíků

tendence k dvojímu oplození (*Ephedra*, *Gnetum*)

11. Jednotná vnitřní stavba vajíček

velká vajíčka

mohutný integument

pylová komora

archegoniální komora

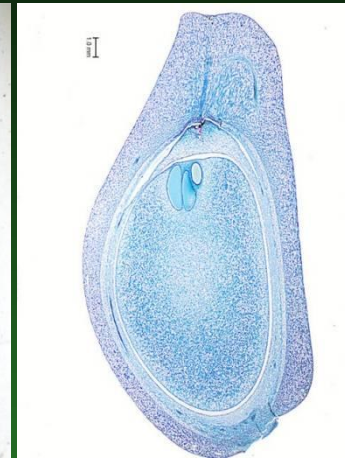
tendence od
jednoduchých archegonií
k „nahým“ oosférám

primární živné pletivo

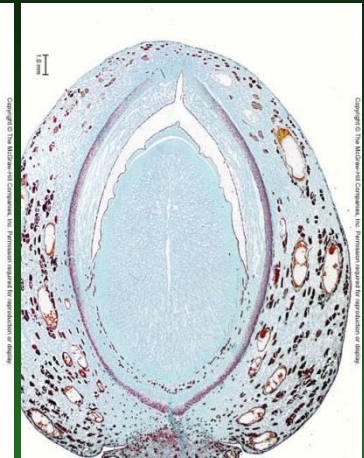
1. *Cordaites*



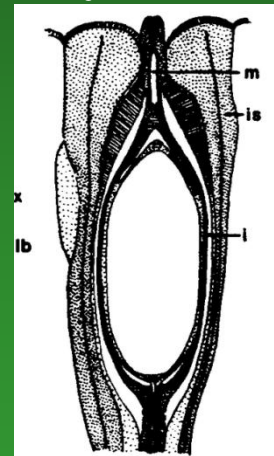
2. *Cycas*



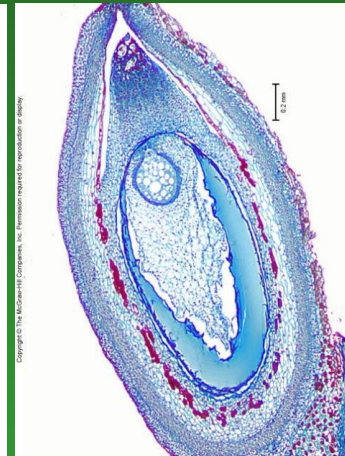
3. *Ginkgo*



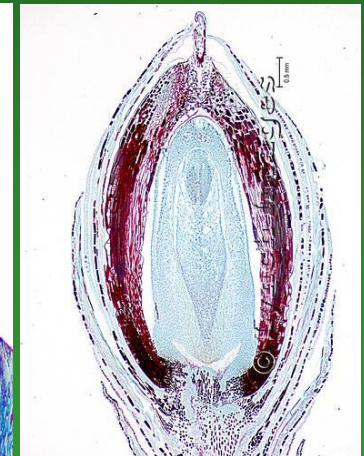
4. *Cycadeoidea*



5. *Pinus*



6. *Ephedra*



12. Semeno je třígenerační chiméra

(1) **osemení** = původní sporofyt = $2n$ „babička“

(2) **primární živné pletivo** = megagametofyt = n „dcera“

(3) **embryo** = nový sporofyt = $2n$ „vnučka“

Všechny tři generace žijí v určitém okamžiku zároveň, jejich genomy exprimují a funkčně spolupracují!

Gametofyt (primární živné pletivo) aspoň zčásti vyživuje nový sporofyt (embryo) = „přežitek“ závislosti sporofytu na gametofytu – to zmizí u krytosemenných