



Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

Nahosemenné – 2. část

Petr Bureš



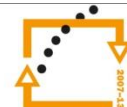
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5. tř. *Pinopsida* (jehličnany)



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



Řád zahrnuje fosilní i recentní dřeviny

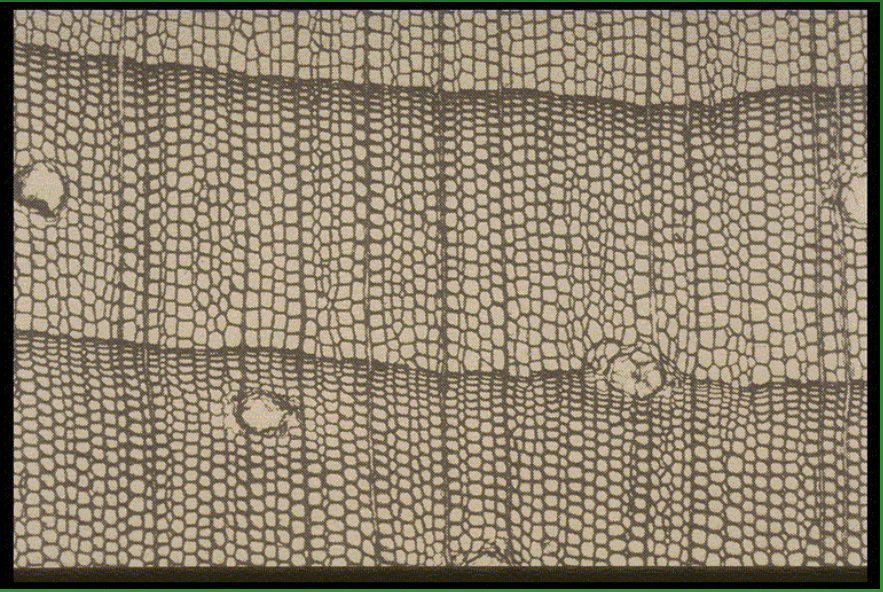
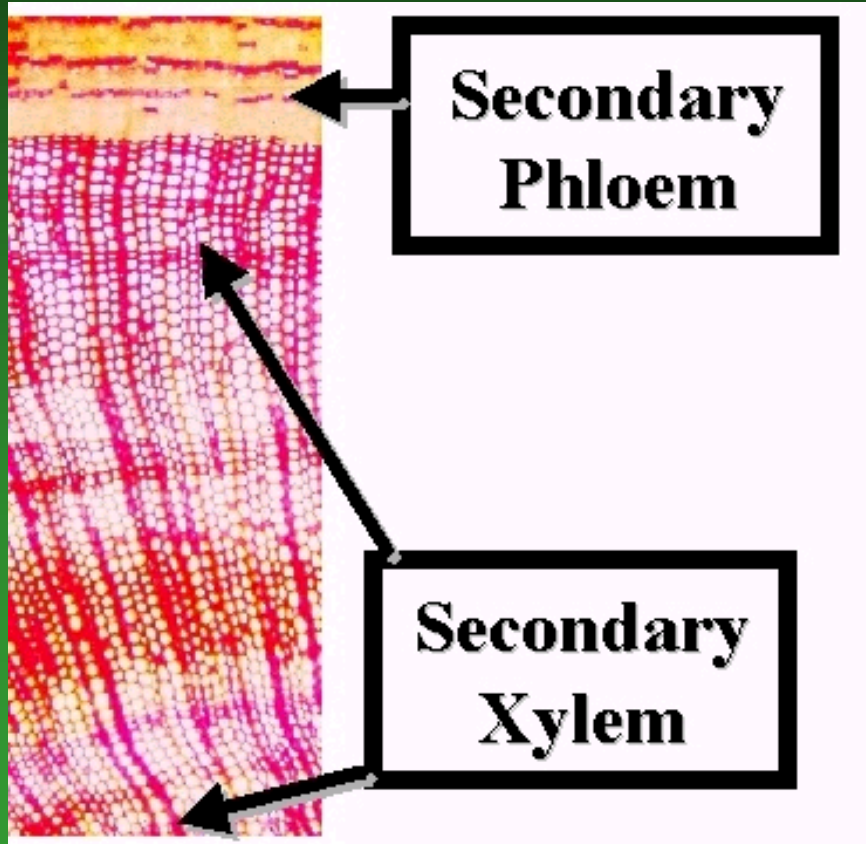
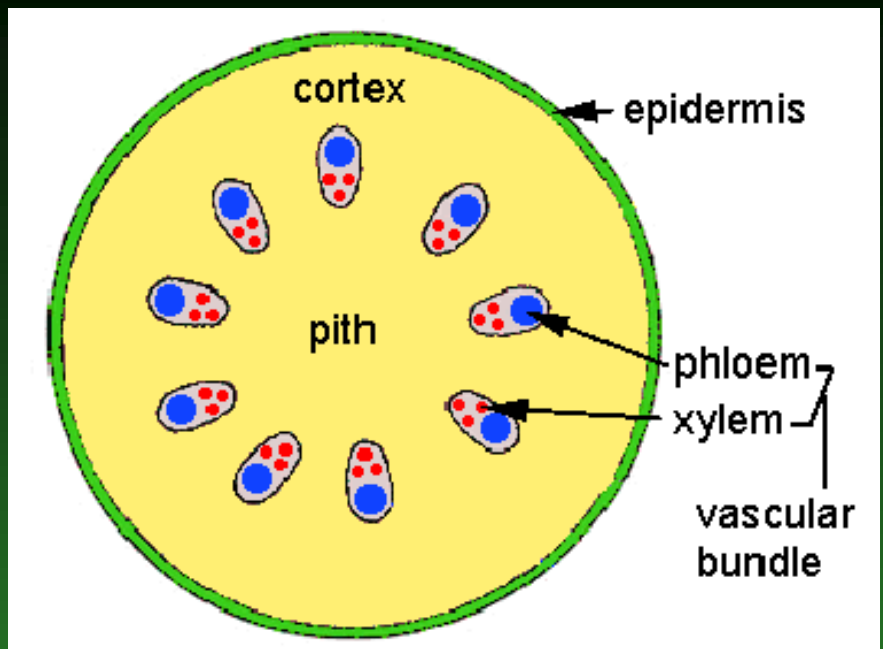


Morfologie výhradně dřeviny převážně stromy (řidčeji keře)



Vodivé elementy eustélické stavby.

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

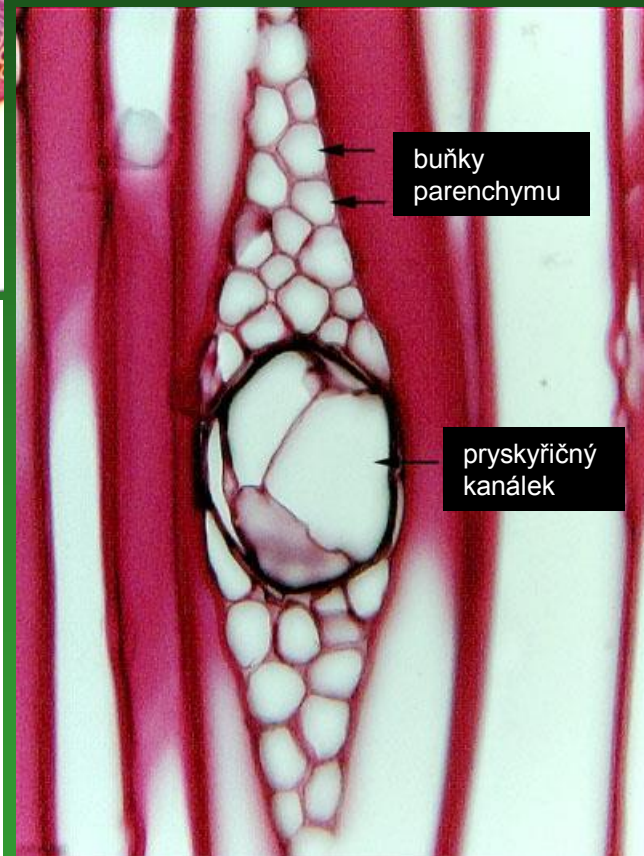


Dřevo i listy často s pryskyřičnými kanálky = ochrana před herbivorním hmyzem a druhotnými infekcemi (bakterií a hub)



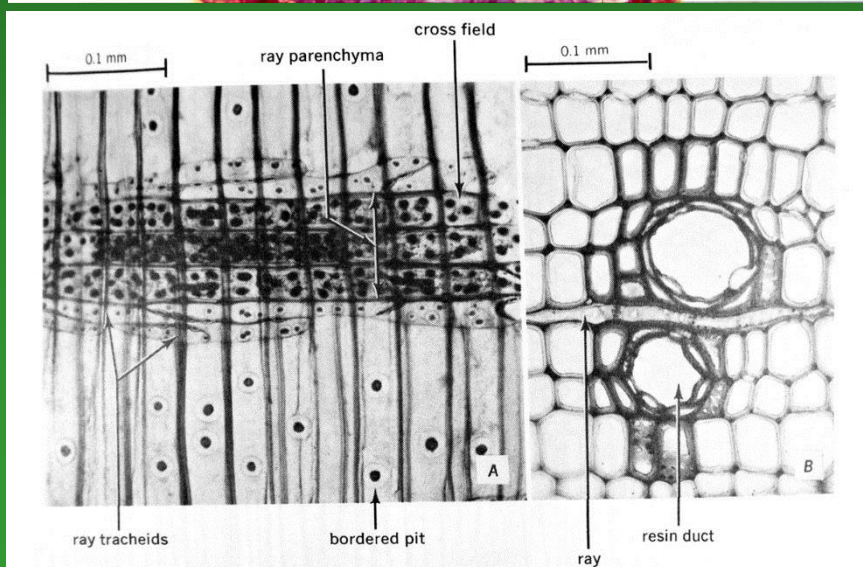
buňky parenchymu

pryskyřičný kanálek



buňky parenchymu

pryskyřičný kanálek



Průduchy hluboce
zanořené pod povrch
kutikuly a epidermis



Kutikula často silná

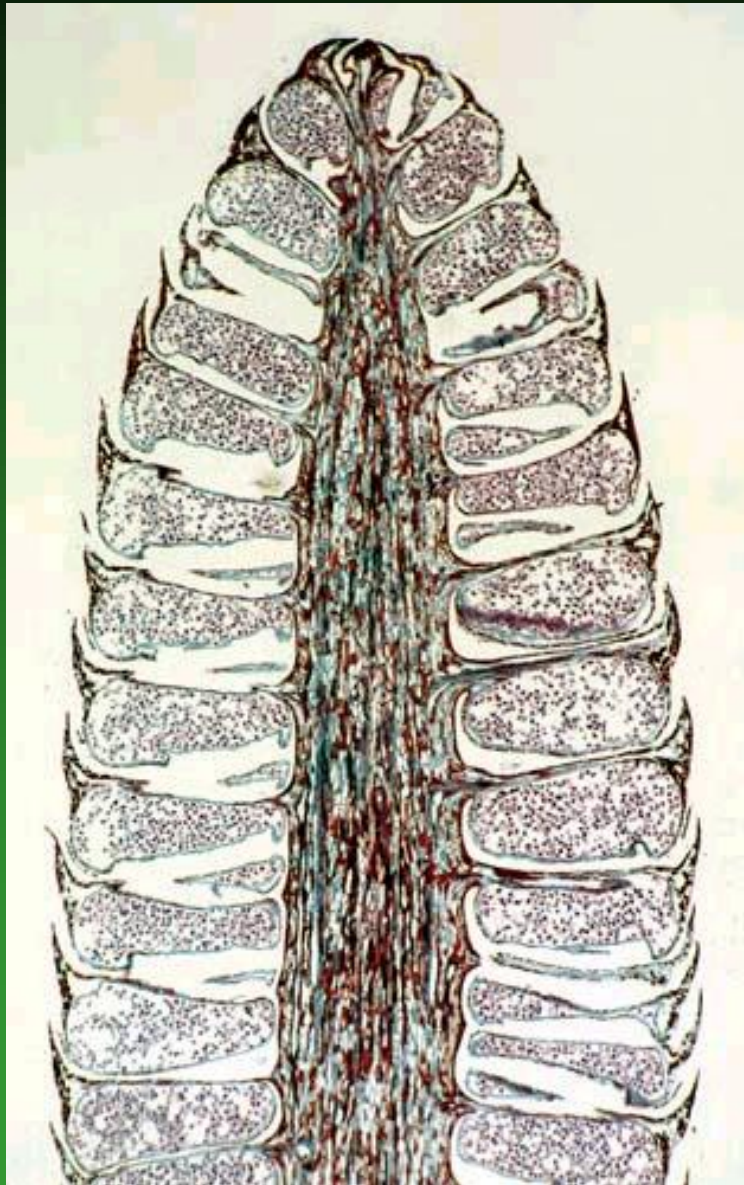
Větve často s brachyblasty (nejvýraznější u modřínu)



Listy většinou malé, jehlicovité nebo šupinovitě, většinou jednožilné

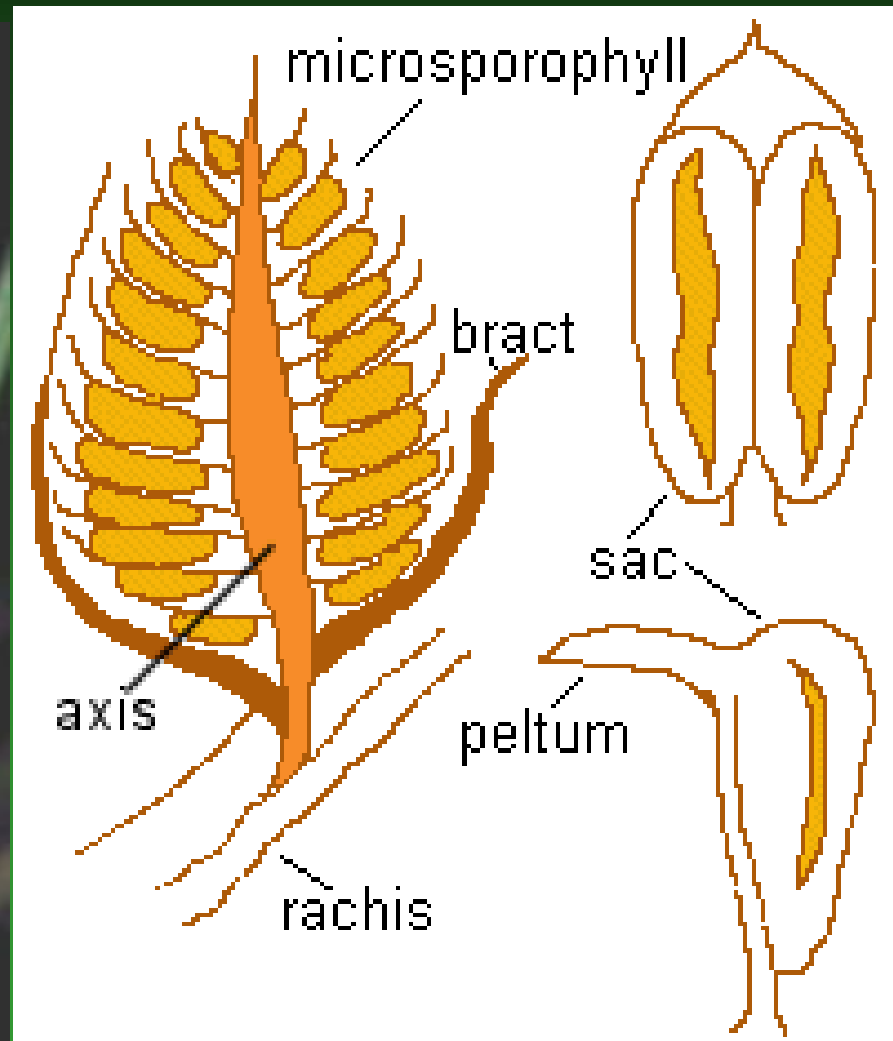


Sporofyly šupinové, ve strobilech

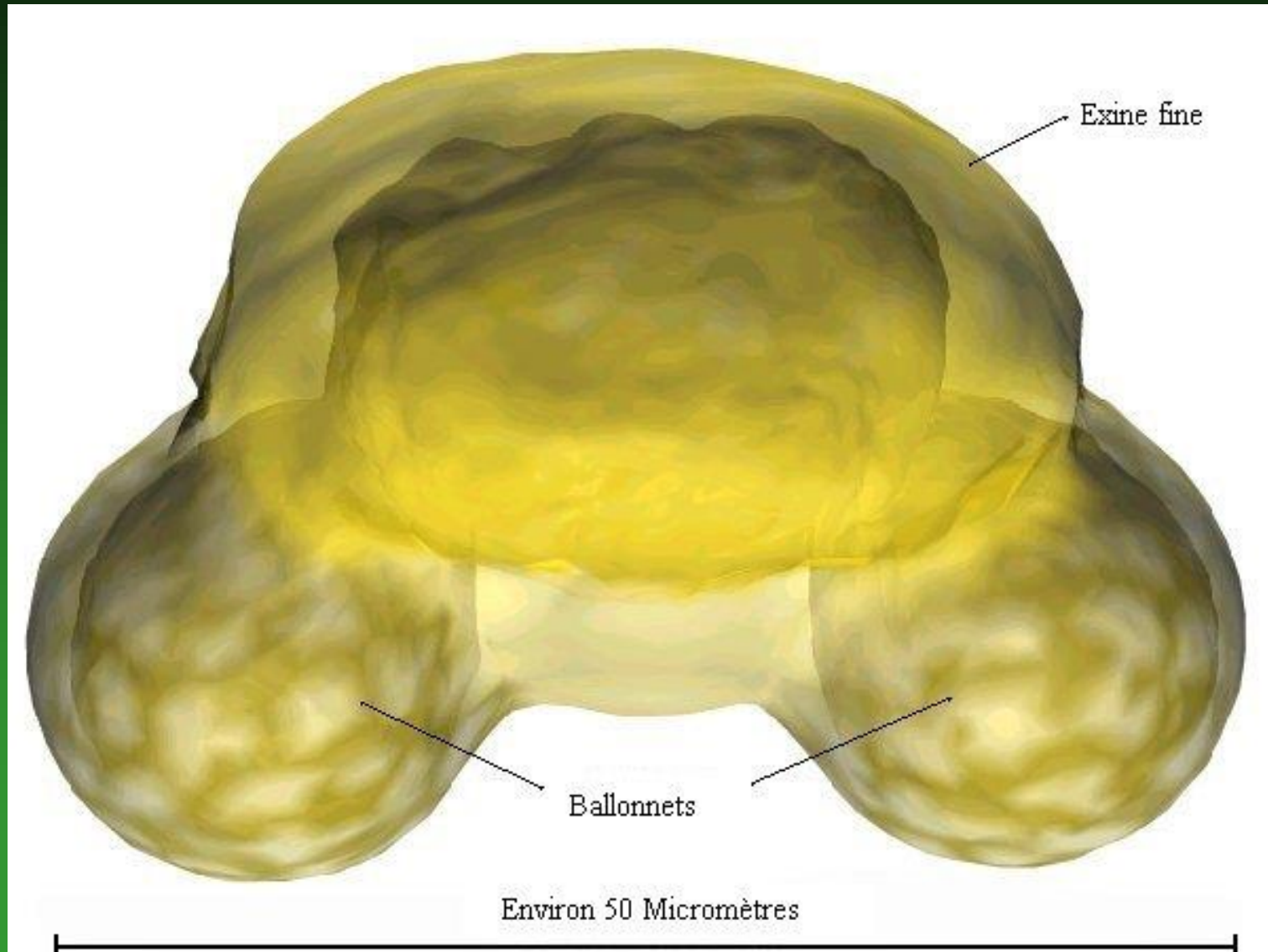


Mikrostrobily – na bázi s několika sterilními šupinami

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

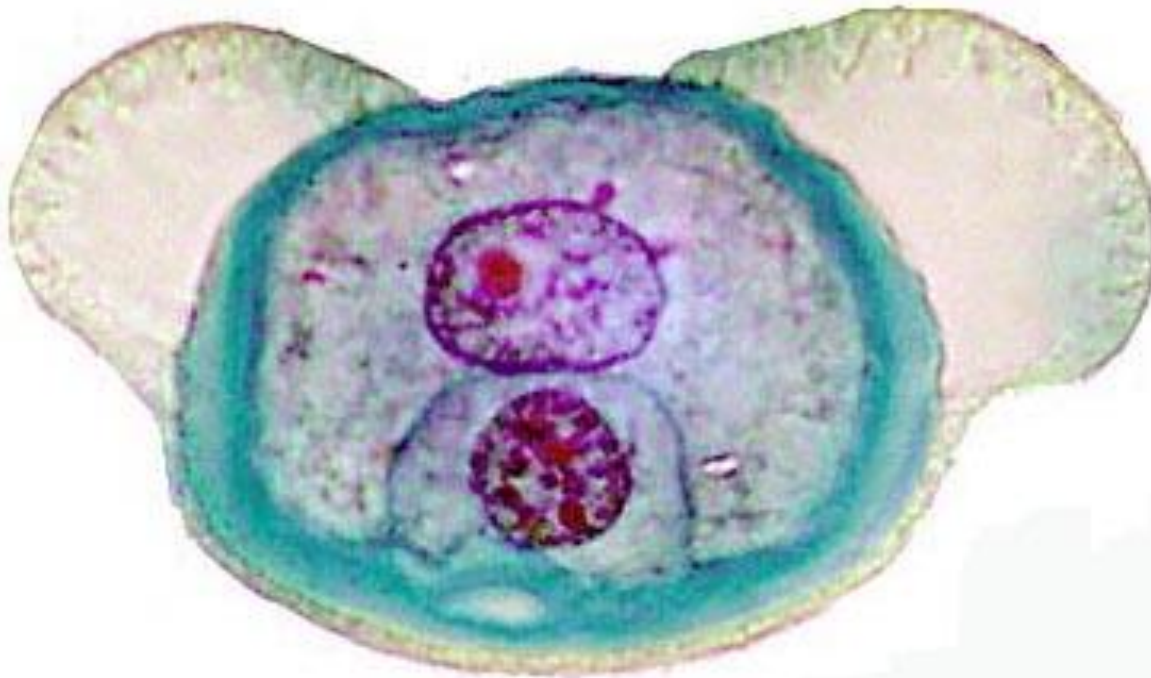


U Pinaceae a Podocarpaceae má pyl často 2 vzduchové postranními vaky (opylení výhradně anemogamní)



Zralé pylové zrno sestává ze dvou buněk

Pinus pollen

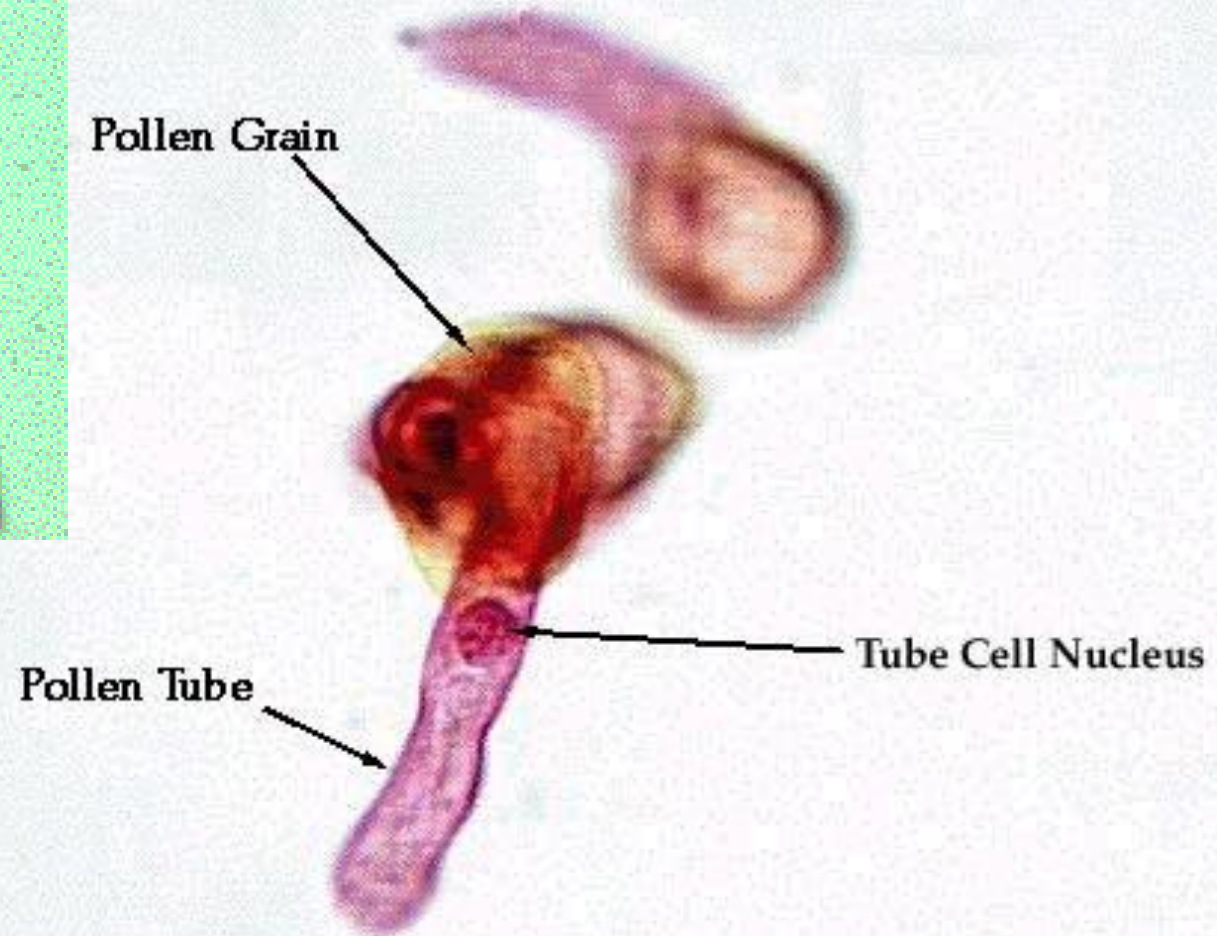


From *Multimedia Toolkit for Educators in the Plant Sciences*
Produced by Michael Clayton
Used with permission

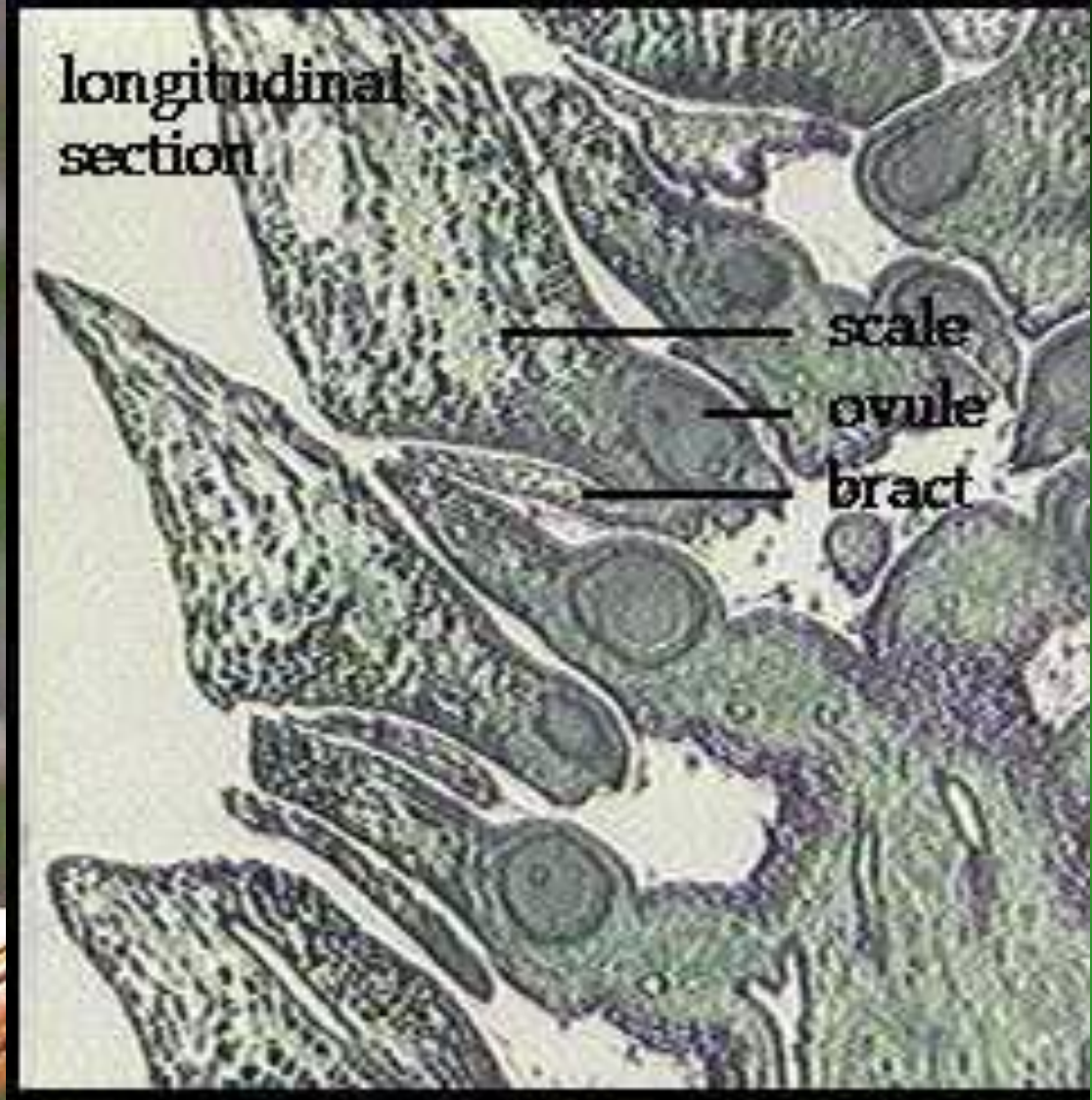
Mikroprothalamium má i zde 5 buněk: prothaliovou, nástěnnou, vegetativní a 2 spermatické



Germinating Pine Pollen (400x)



Megastrobily jsou tvořené 2 typy šupin - semennými a podpůrnými



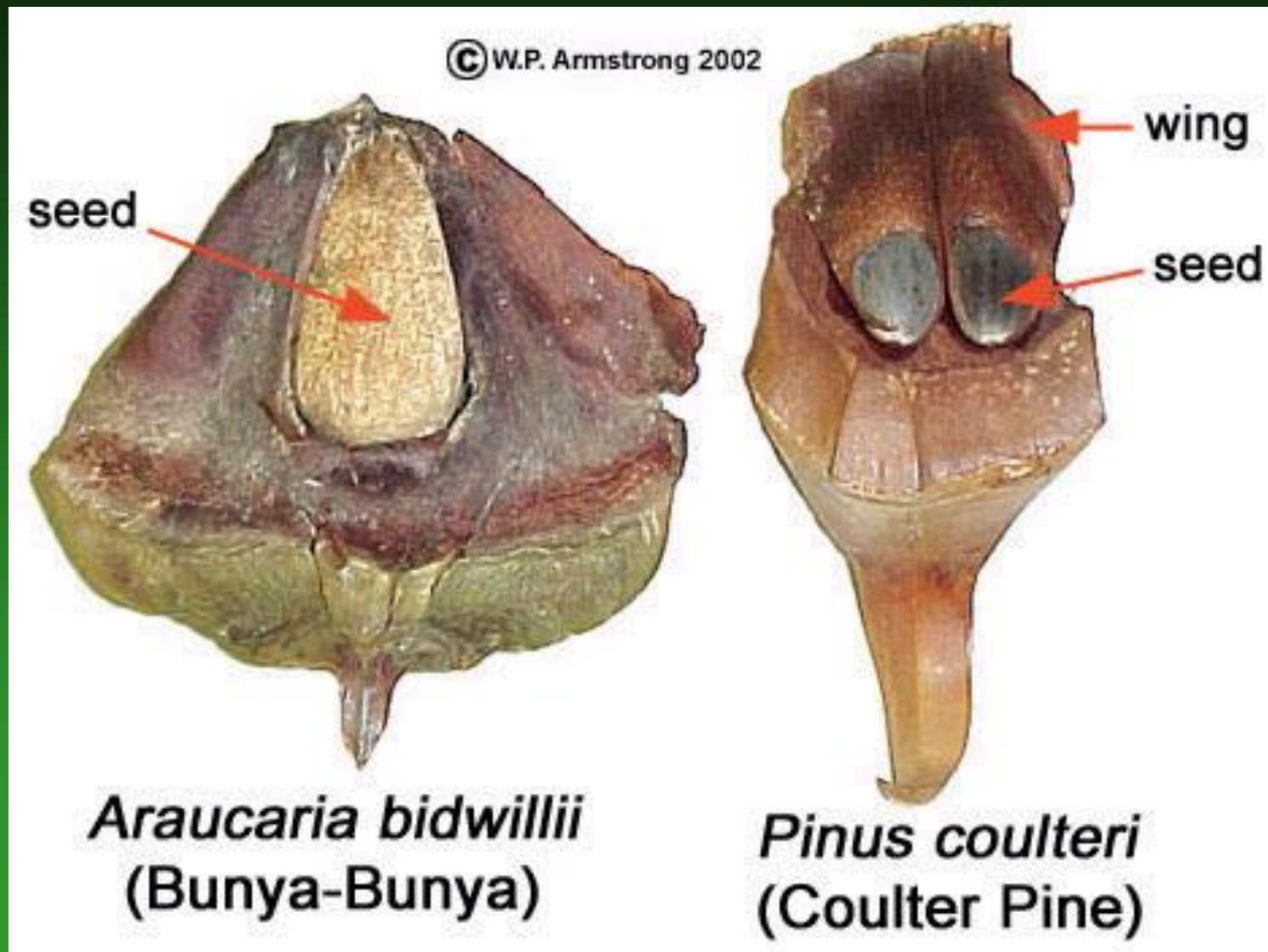
Semenné šupiny jsou stonkového původu vzniklé srůstem úžlabních větví, podpůrné šupiny jsou původu listenového



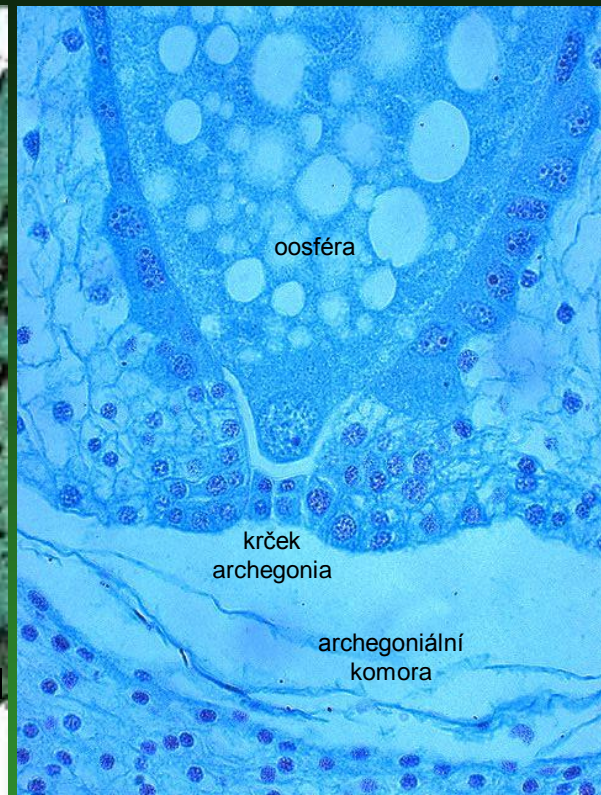
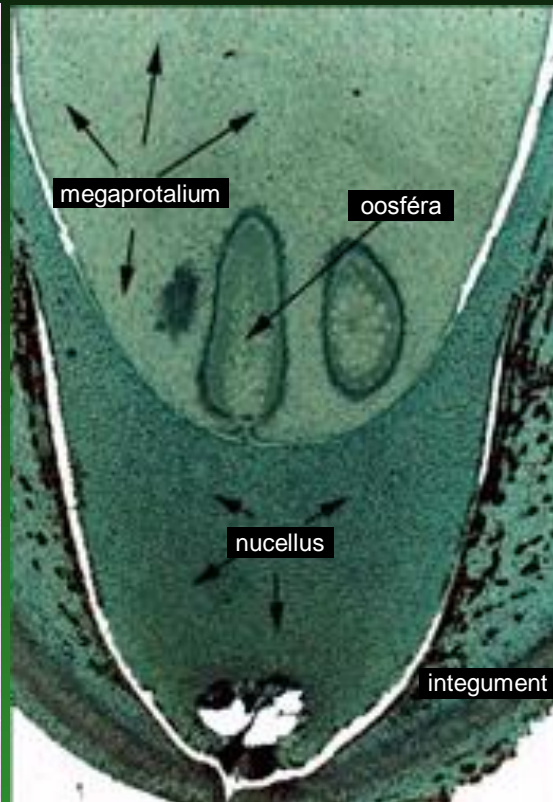
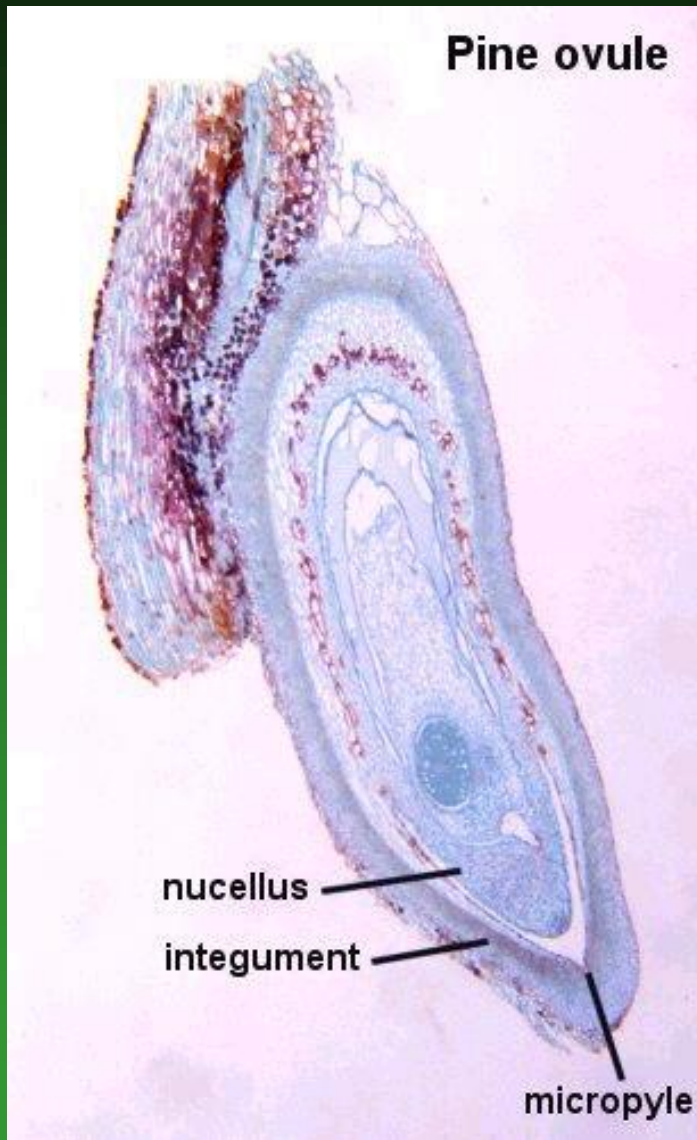
Megastrobilus je složitěji stavěný u primitivnějších jehličnanů



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

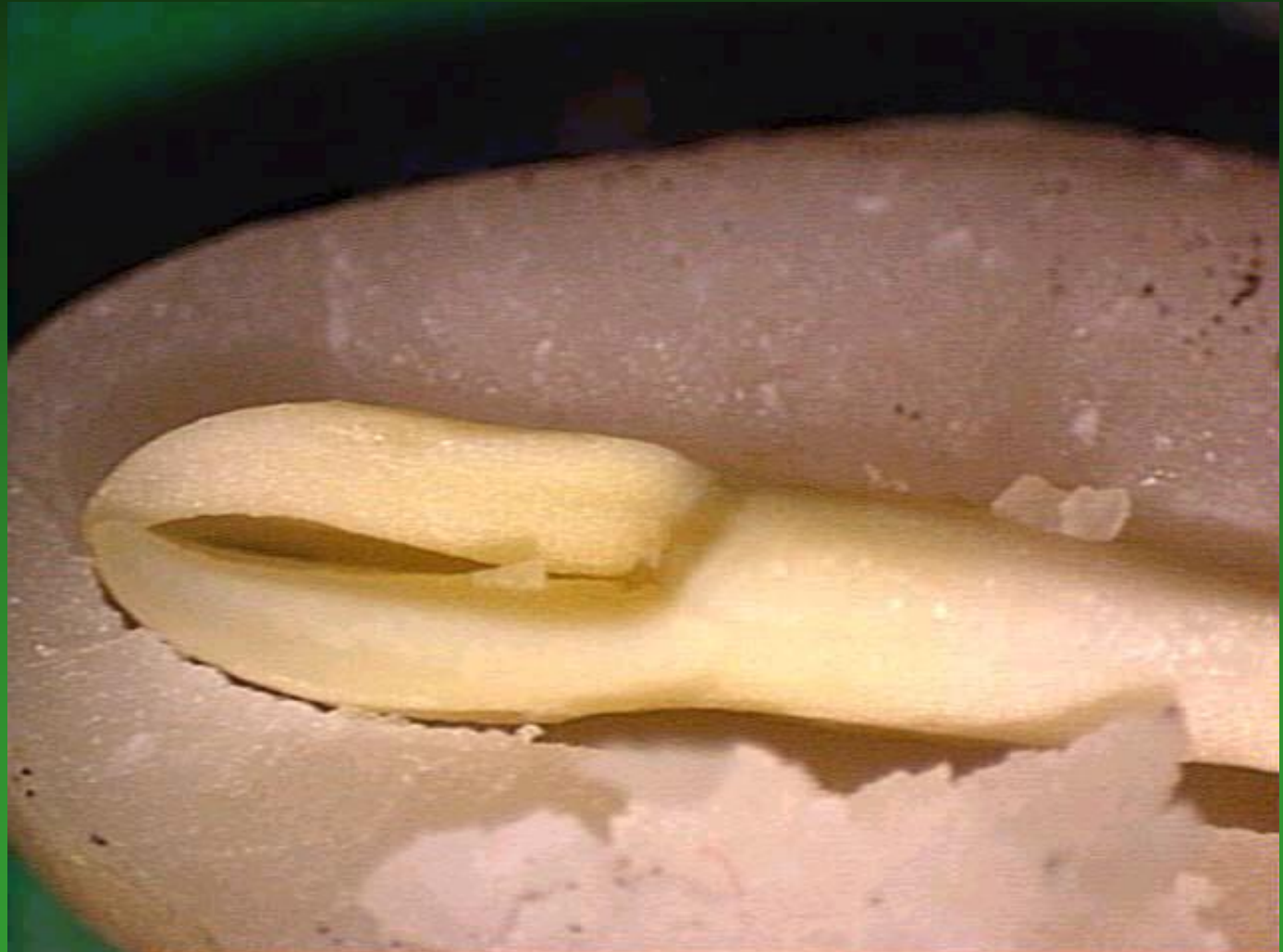


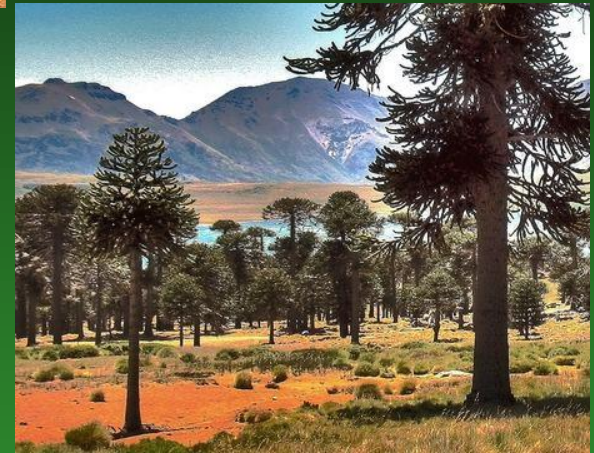
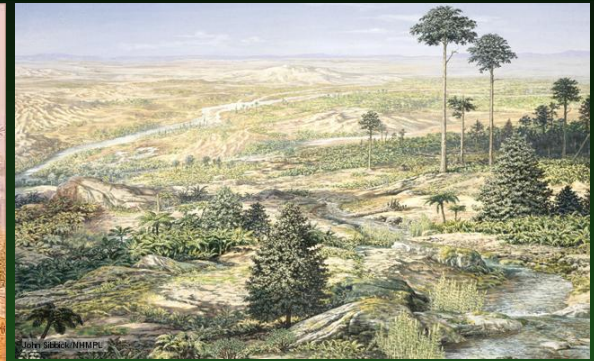
Vajíčka s jedním integumentem, s archegonii ještě vyvinutými



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

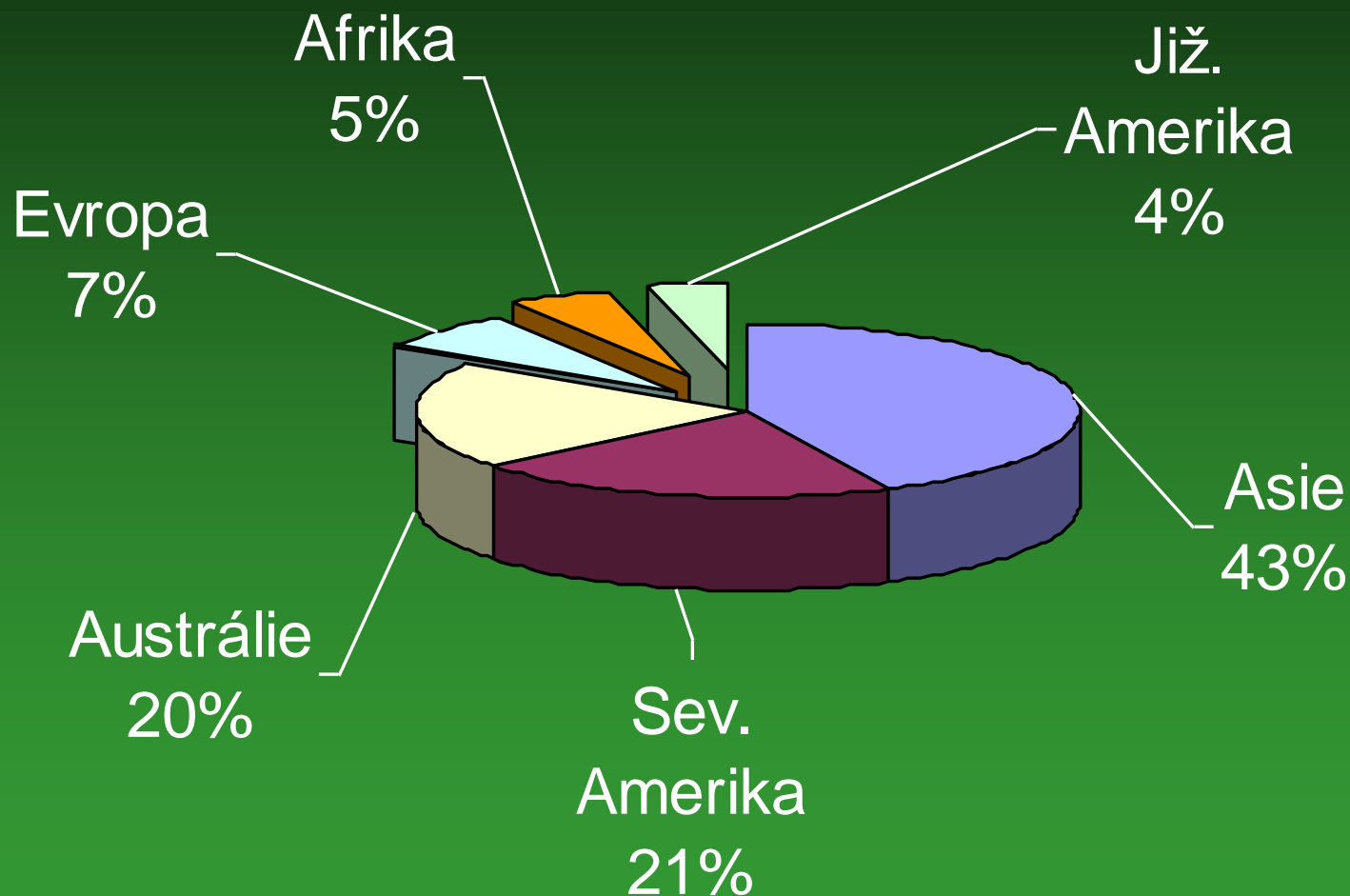
poprvé - konec karbonu

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* – araukáriovité 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

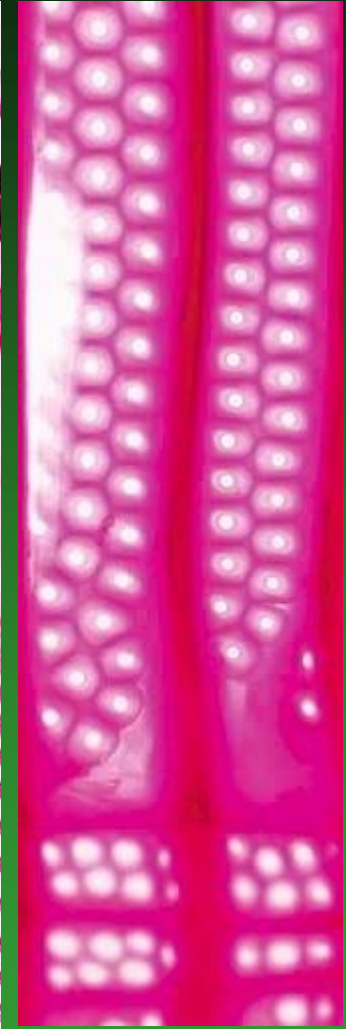
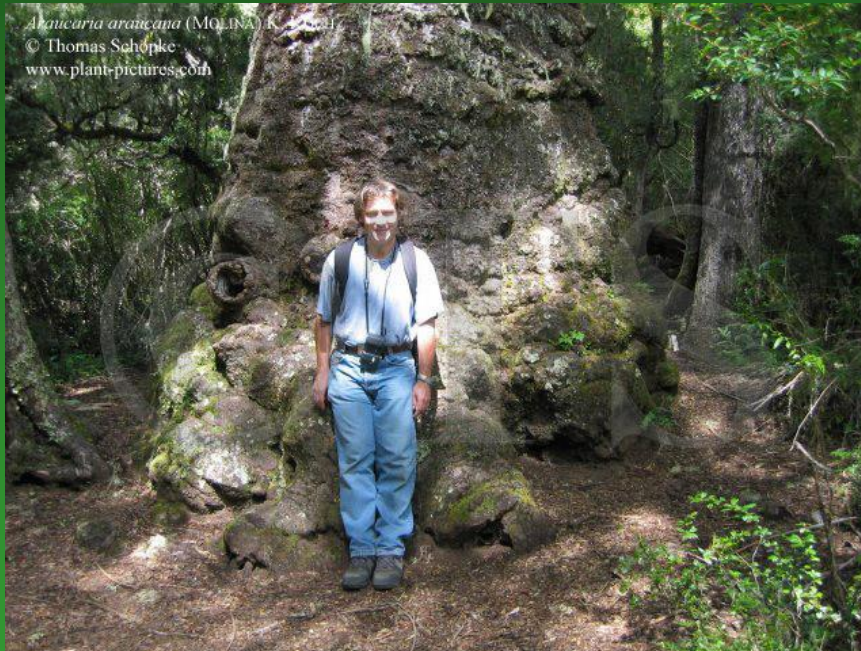


v třetihorách byly kosmopolitně rozšířené

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



Araucaria araucana
© Daniel Vega



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 častá pokojová dřevina
Araucaria excelsa - blahočet ztepilý,
původní na ostrově Norfolk u Nového
Zélandu



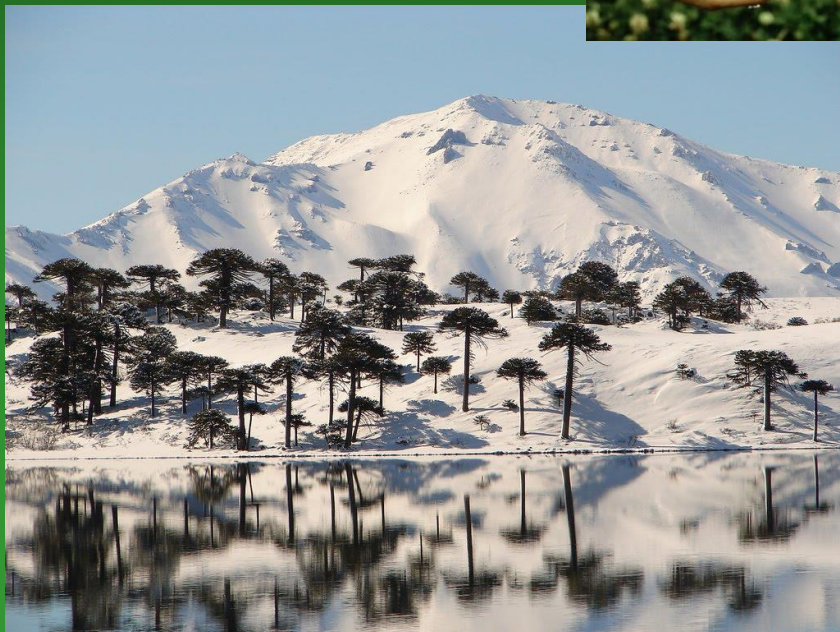
Araucaria araucana

- až 4 cm dlouhá semena nazývaná v Chile pinoni;

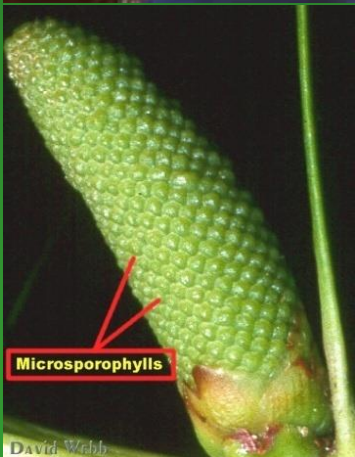
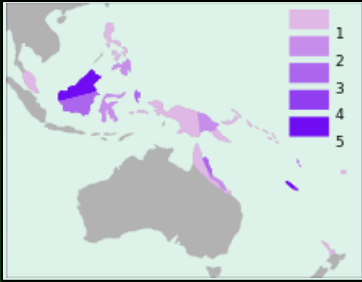
potrava indiánů kmene Araucos v J Chile, podle kmene dostala název tato provincie i samotná rostlina

ze všech druhů araukárií (19) tento vystupuje nejvýše

dožívá se až 2000 let

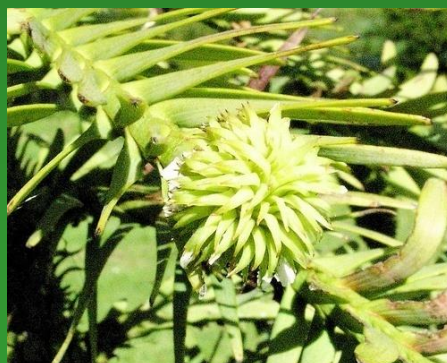


Rod *Agathis* má asi 20 druhů - poskytují pryskyřici kauri kopal - k výrobě fermeží a laků, domorodci ji žvýkají, vyskytuje se v kulovitých útvarech pod zemí v subfossilním stavu.





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

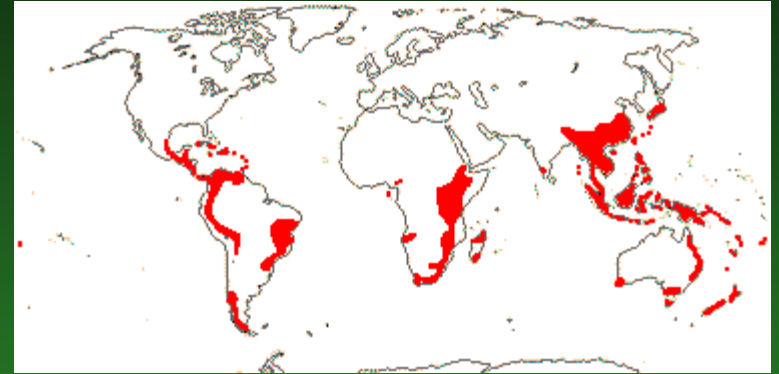


Podocarpaceae – podokarpovité 18/173

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 i značně široké, vejčité, kopinaté nebo čárkovité
- s výraznou střední žilkou, popř. s mnoha paralelními žilkami
- zpravidla spirálně uspořádané

Podocarpus neriifolius

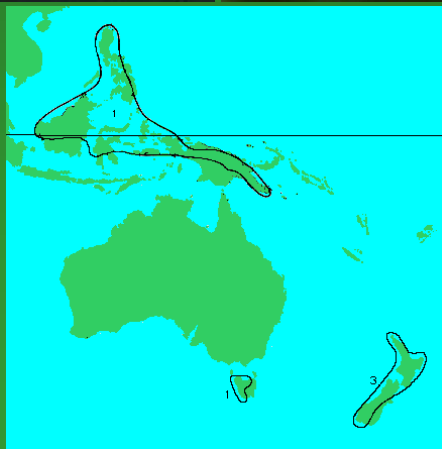


Rod *Phyllocladus* (rozšířený od Filipín po Tasmánii a Nový Zéland) má listy nahrazeny fylokladii - přeměněnými brachyblasty

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 macrophyllus
Podocarpaceae
© G. D. Carr

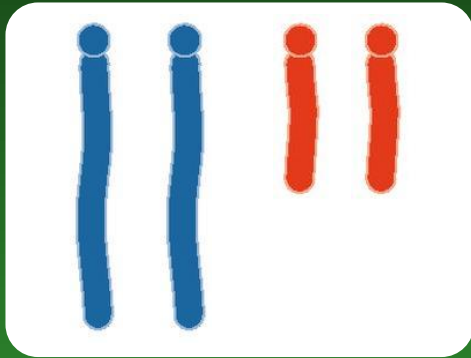


Podocarpus macrophyllus - semena s dužnatým
míškem (arillus) na zdužnatělé stopce

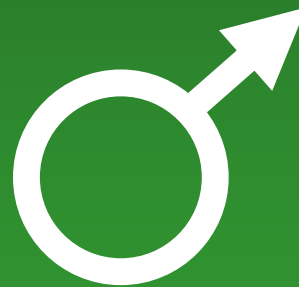
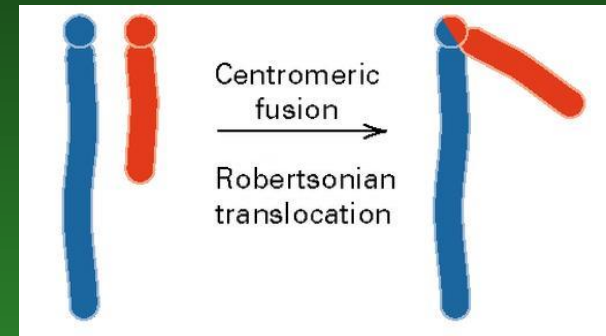
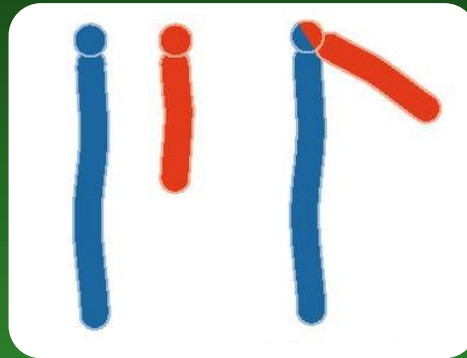
Podocarpus angustifolius mladé
mikrostrobily

Pohlavní chromosomy – identifikovány u některých druhů rodu *Podocarpus*. Vznikly Robertsonovskou translokací (centromerickou fúzí)

X1 X1 X2 X2



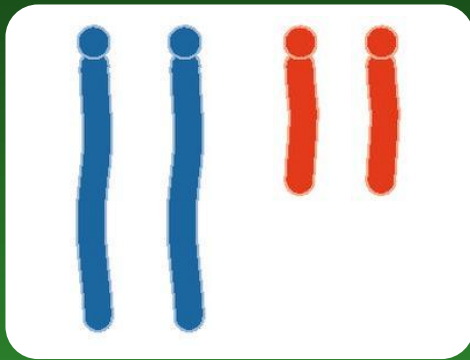
X1 X2 Y



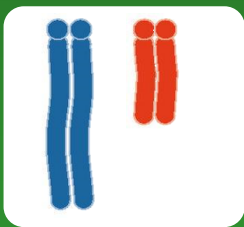
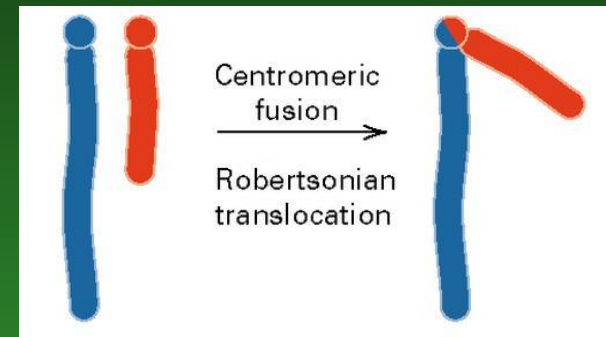
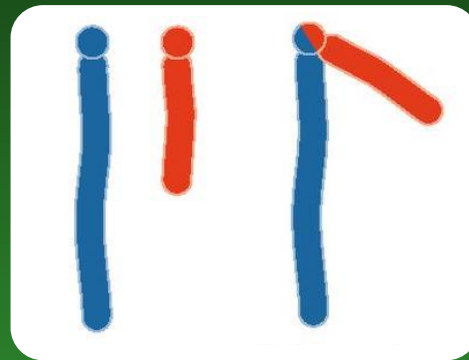
Metacentrický samčí Y chromosom vznikl centromerickou fúzí telocentrických samičích chromosomů X1 a X2

Pohlavní chromosomy – identifikovány u některých druhů rodu *Podocarpus*. Vznikly Robertsonovskou translokací (centromerickou fúzí)

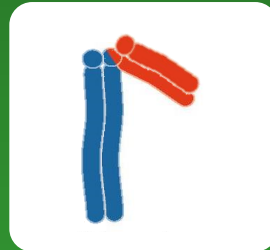
X1 X1 X2 X2



X1 X2 Y



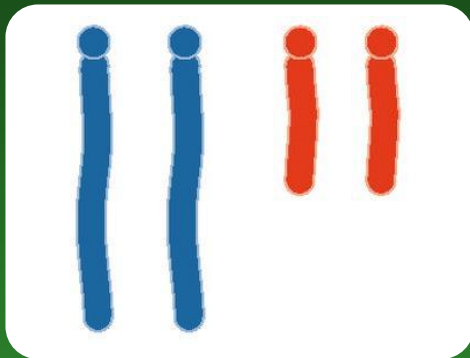
párování
v meióze



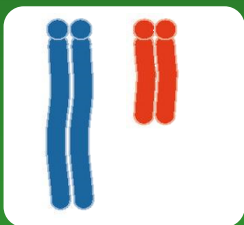
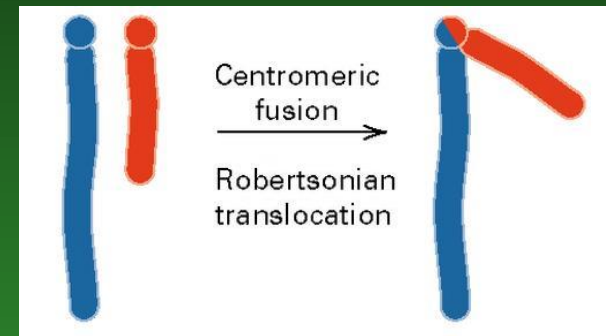
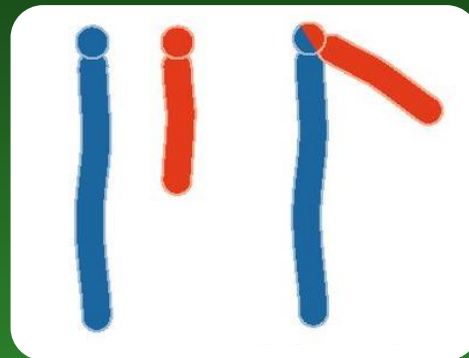
Metacentrický samčí Y
chromosom vznikl
centromerickou fúzí
telocentrických samičích
chromosomů X1 a X2

Pohlavní chromosomy – identifikovány u některých druhů rodu *Podocarpus*. Vznikly Robertsonovskou translokací (centromerickou fúzí)

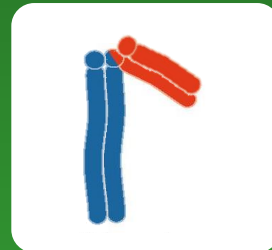
X1 X1 X2 X2



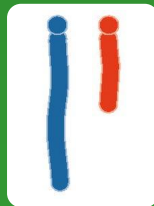
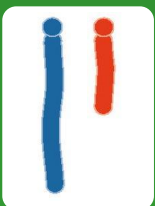
X1 X2 Y



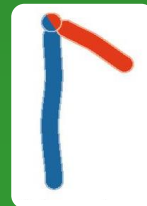
párování
v meióze



Metacentrický samčí Y
chromosom vznikl
centromerickou fúzí
telocentrických samičích
chromosomů X1 a X2



segregace
homologů
do gamet



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



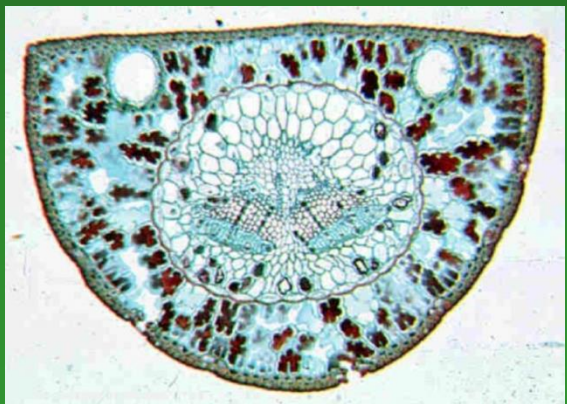
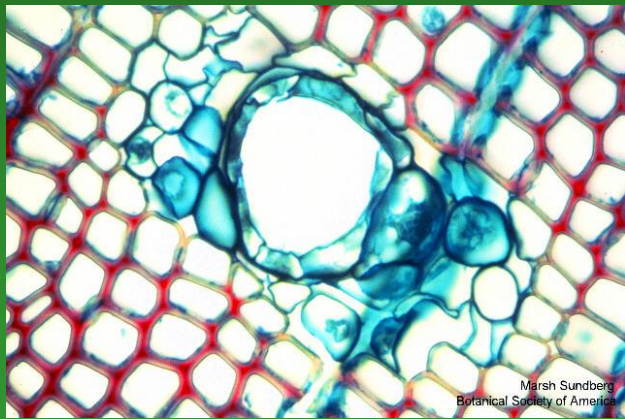
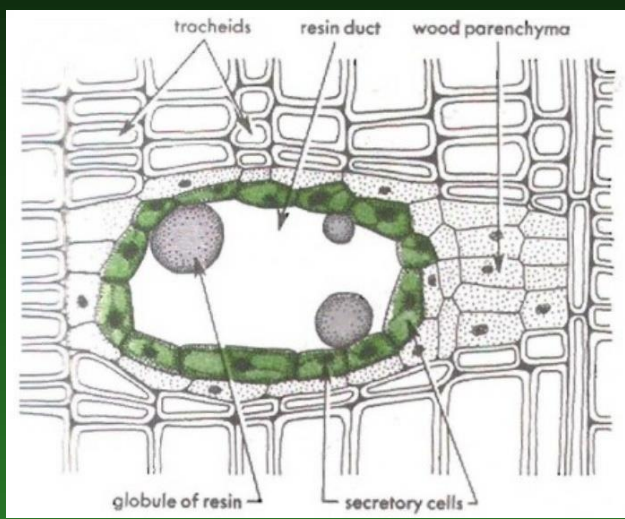
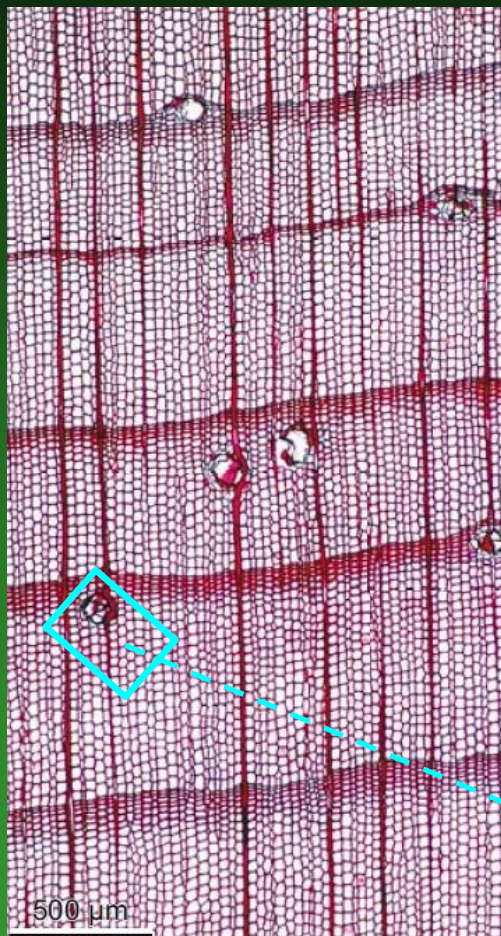
Pinaceae – borovicovité

jednodomé stromy s
vytrvávajícími jehlicemi (výjimka
modřín)

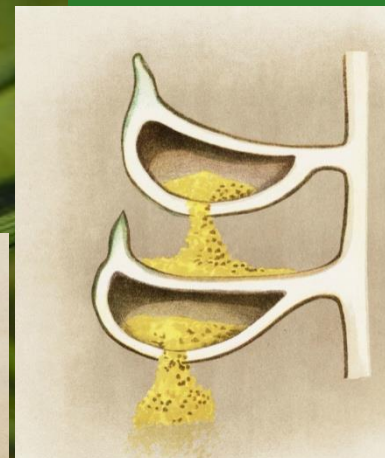
11/232 sev. polokoule, hlavně
boreální zóna - tajga



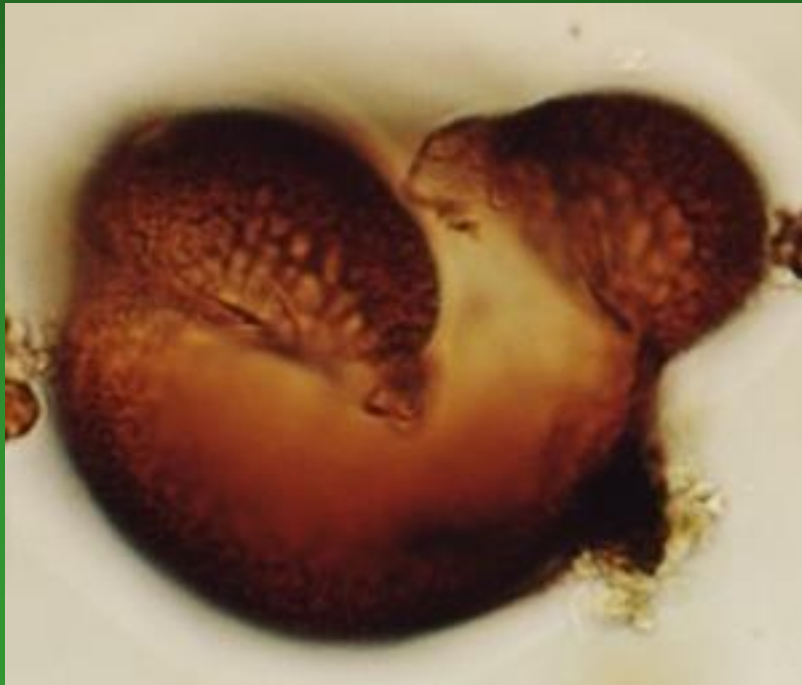
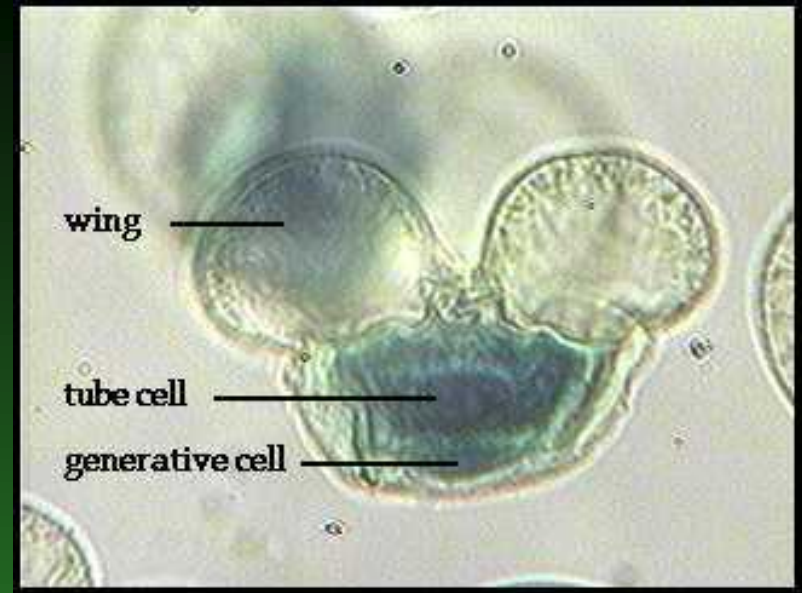
Pryskyřičné (balzámové) kanálky – ve všech vegetativních částech



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



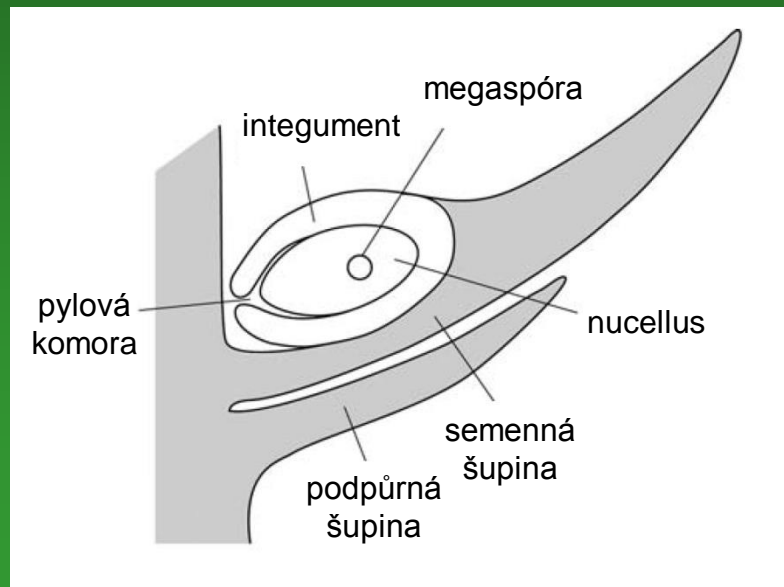
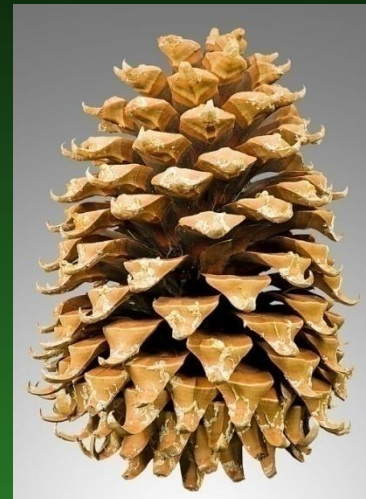
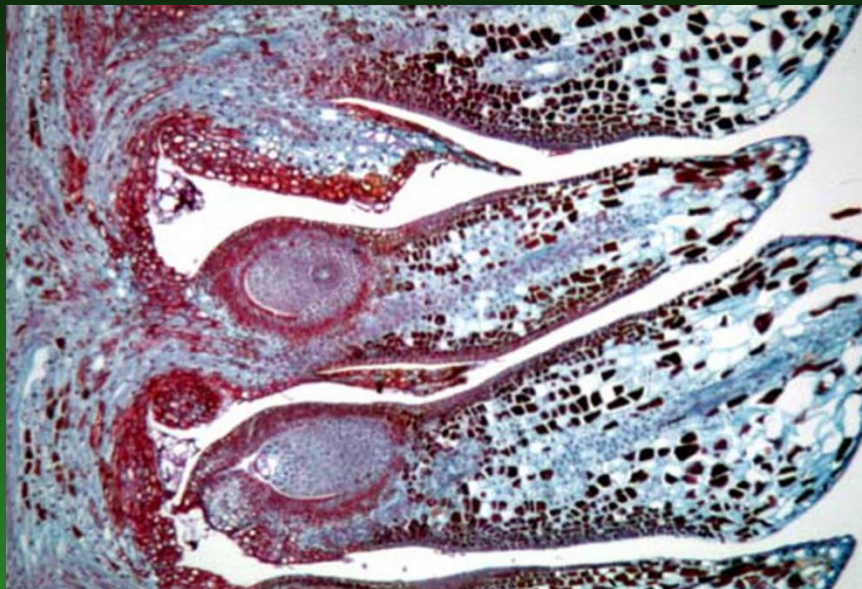
Pyl – často dva vzdušné vaky



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

pensum

borovice lesní

U nás součást řídké vegetace na konci glaciálu, pak ustoupila na „nevýhodné“ substráty (písky, skály, rašeliniště), kde tvoří reliktní bory a kde jedinečně odolala konkurenci jiných dřevin.

Často i sekundárně vysazovaná;

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





Foto: Anna-Lena Anderb

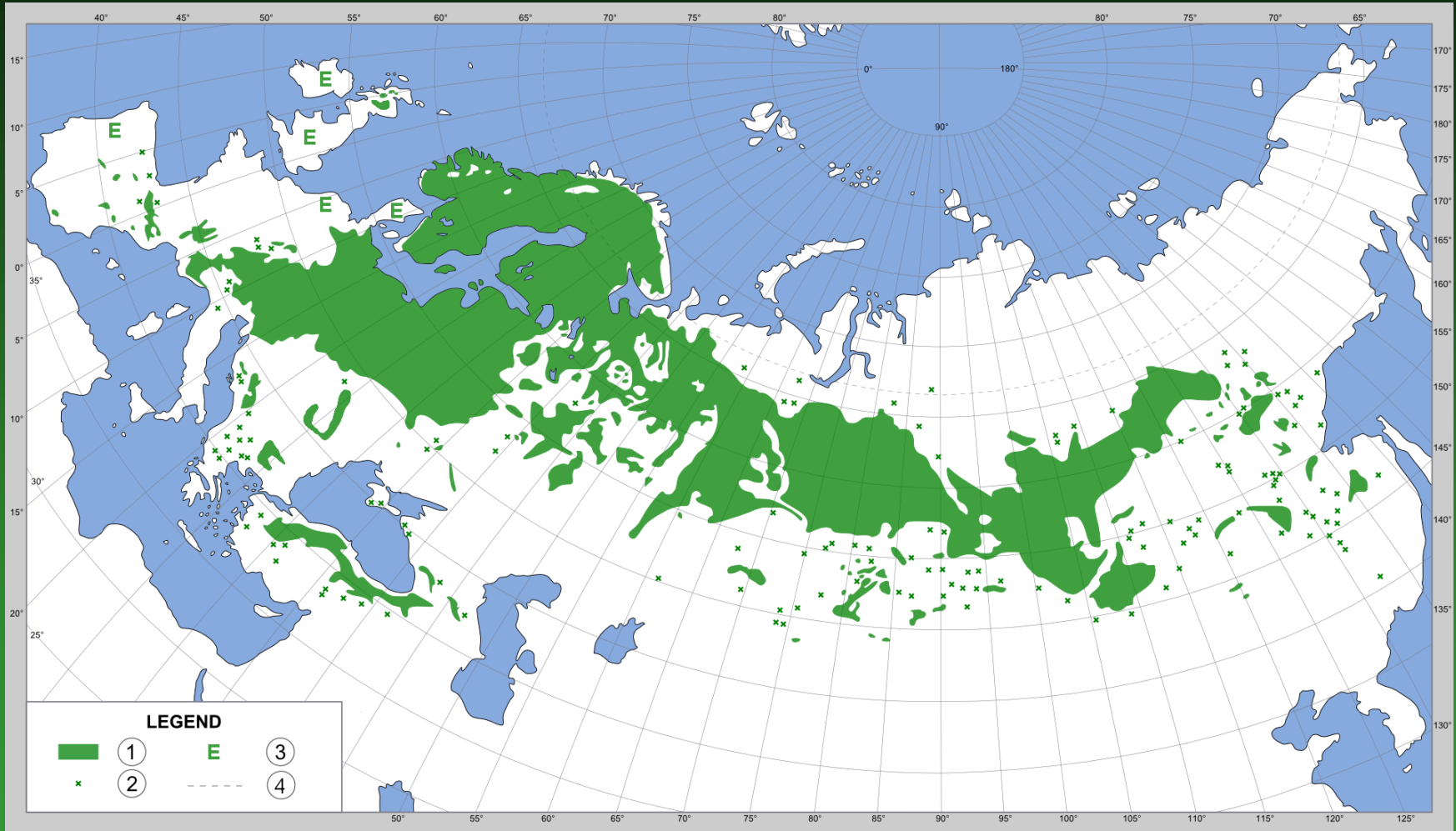
Coniferae



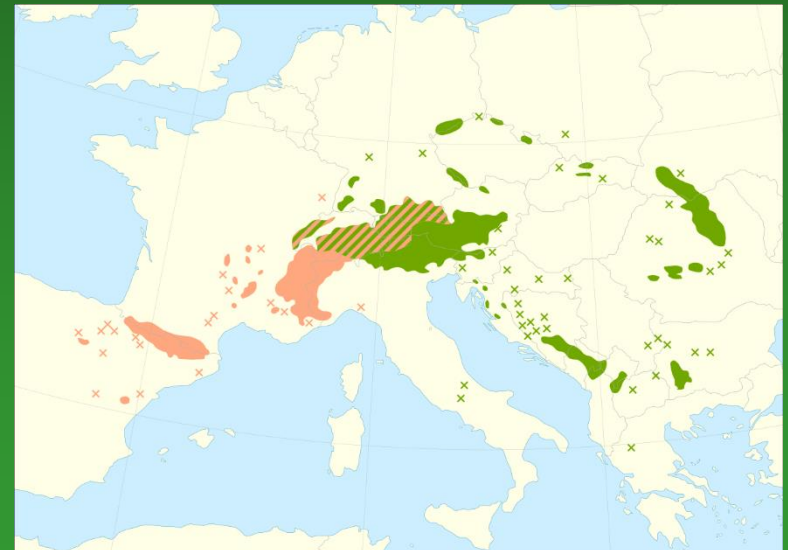
Pinus silvestris L.

W.M.

Pinus sylvestris borovice lesní – roste v temperátní a boreální zóně Eurasie na jihu jen v horách



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



Pinus rotundata - blatka – vrchoviště střední Evropy

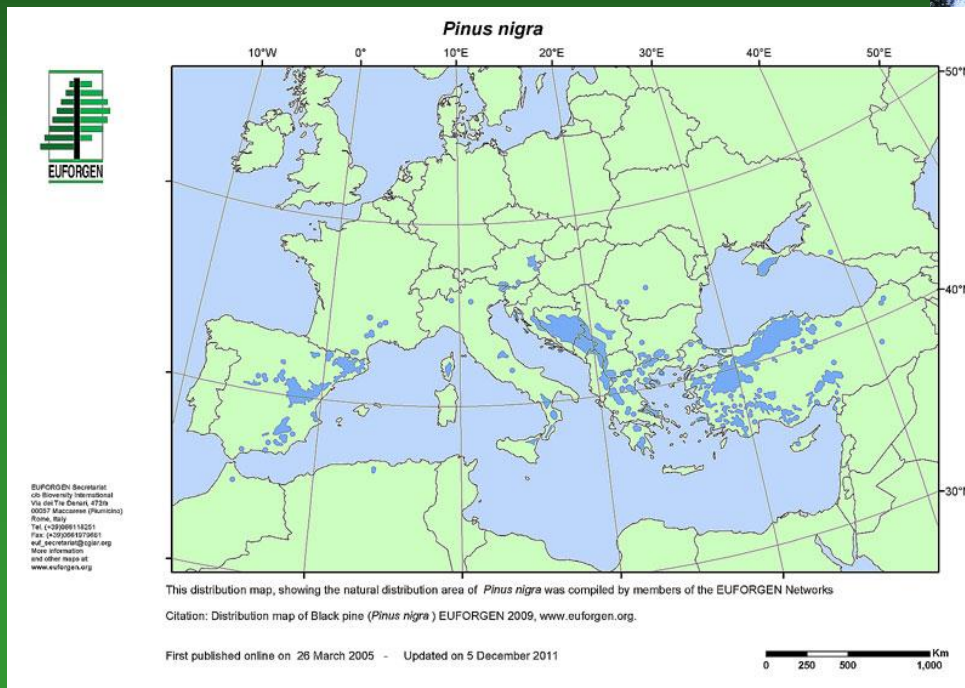
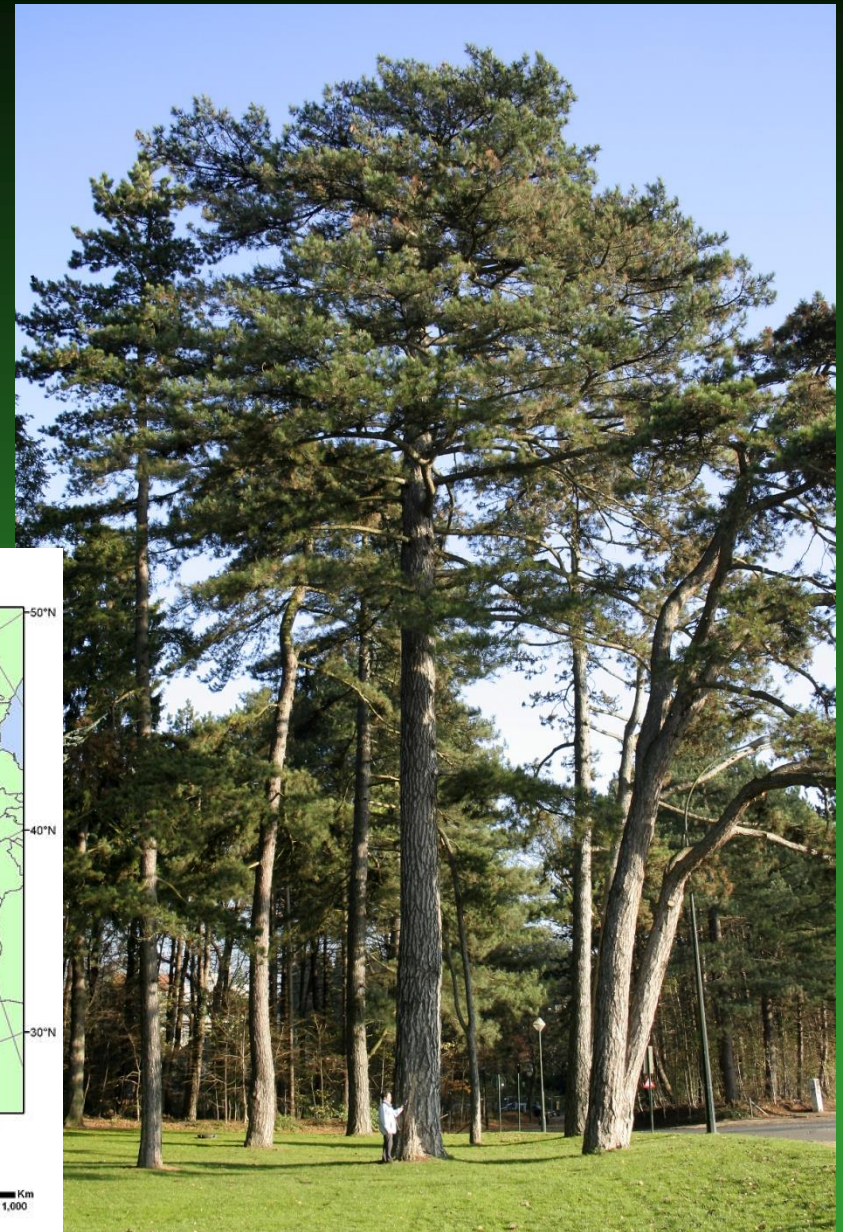


Často se vysazuje i u nás
nepůvodní *Pinus nigra* -
borovice černá - má taky
2četné svazečky jehlic.



Často se vysazuje i u nás
nepůvodní *Pinus nigra* -
borovice černá - má taky
2četné svazečky jehlic.

Původně roste v Alpách, v pohořích
Balkánu, Anatólie, na Apeninském a
Iberském poloostrově.



Středomoří – *Pinus pinea* –
borovice pinie – taky 2četné svazečky
semena = piniové „oříšky“; rozložitá
deštníkovitá koruna, Středozeemí.

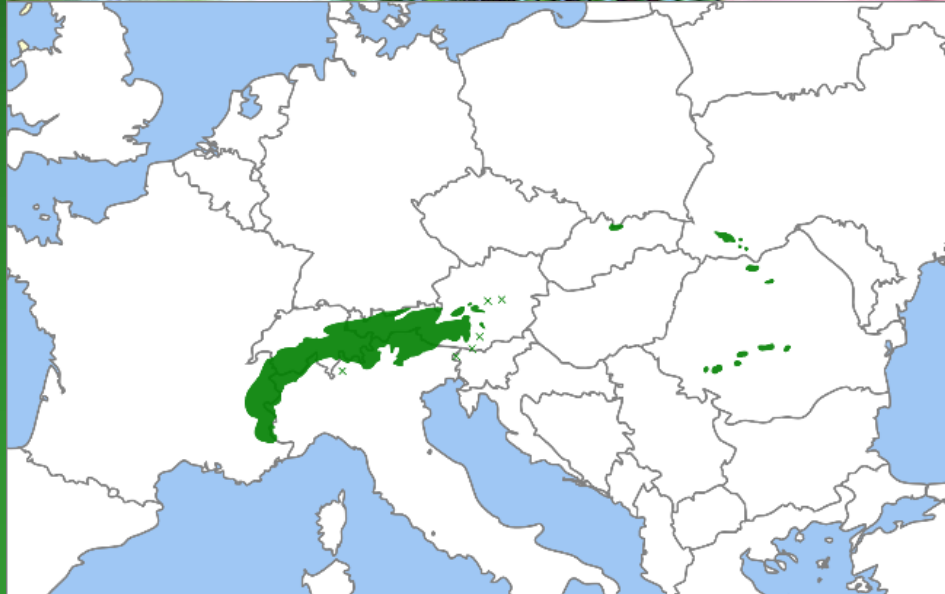


Pinus pinea



DaleysFruit.com.au

Pinus cembra - borovice limba - 5četné svazečky, Alpy, Karpaty (Tatry)



Severoamerický
druh *Pinus strobus*
- vejmutovka se
často vysazuje
– jehlice v 5četných
svazečcích



Picea – smrk



Samčí šištice jednoduché

Brachyblasty nenápadné,
téměř zakrnělé s jednotlivými
jehlicemi

Jehlice uspořádané víceméně
všesměrně



U nás jen

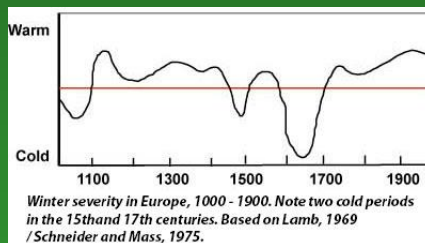
Picea abies - smrk ztepilý pensum (= *P. excelsa*)

Dnes hlavní produkční dřevina, dorůstá až 50 m výšky.

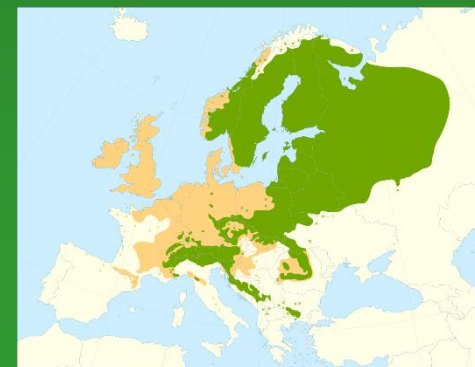
V postglaciálu se k nám vrátil zhruba před 8 tis. lety

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

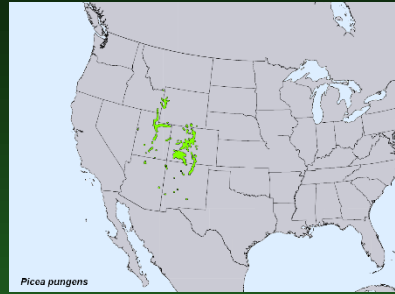
1. „malé doby ledové“,
2. holosečí,
3. skelných a železných hutí,
4. výsadby



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



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



Slíchter 2005



U nás jen

Abies alba
pensum
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



U nás jen

Abies alba pensum jedle bělokorá

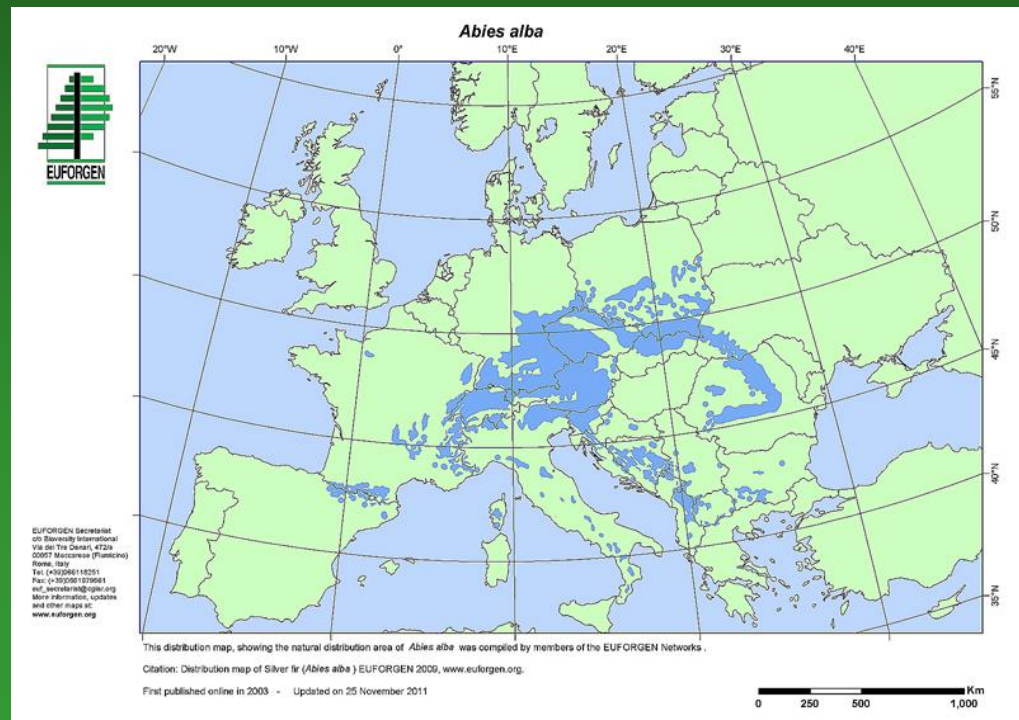
Až 65 m vysoká.

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



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



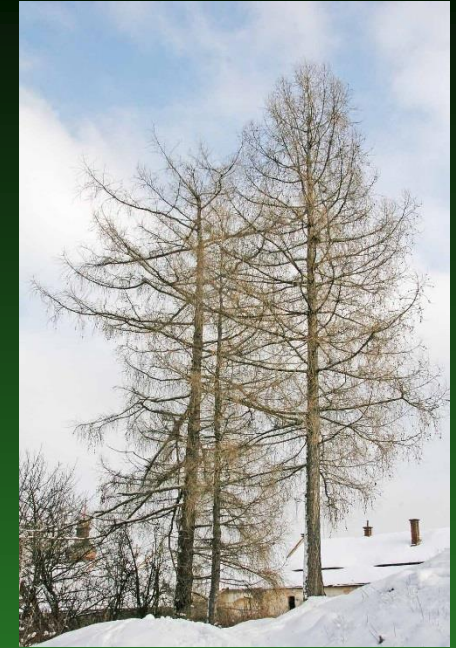
Larix decidua – modřín opadavý

pensum

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



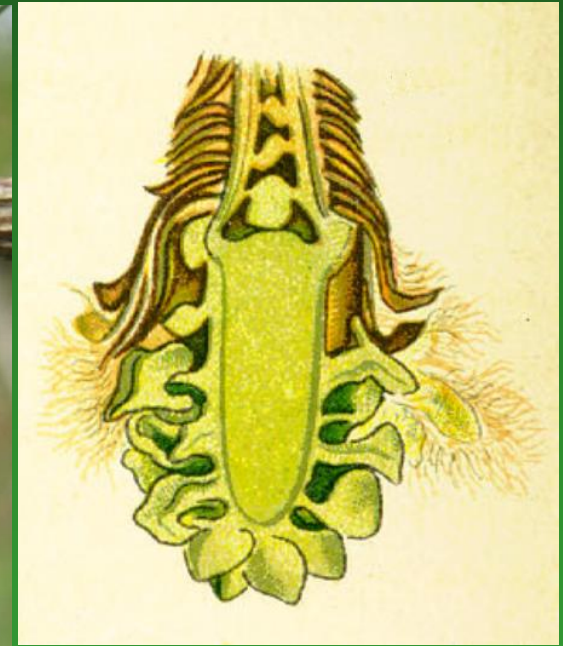
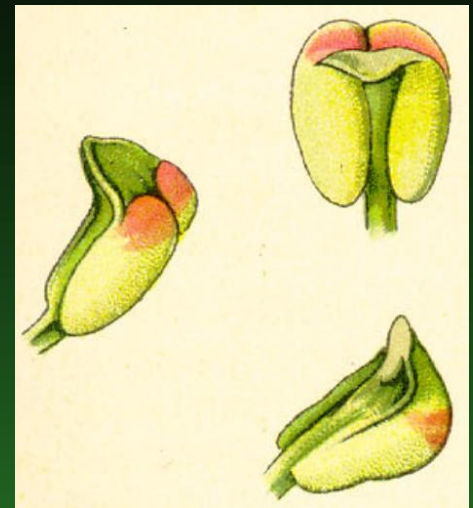
Na pilotech z modřínů stojí Benátky a stavěl se na nich i Petrohrad.

Larix decidua – modřín opadavý

samčí šišky velmi drobné – pyl bez vzduchových vaků



mikrosporofyl se 2
prašnými pouzdry

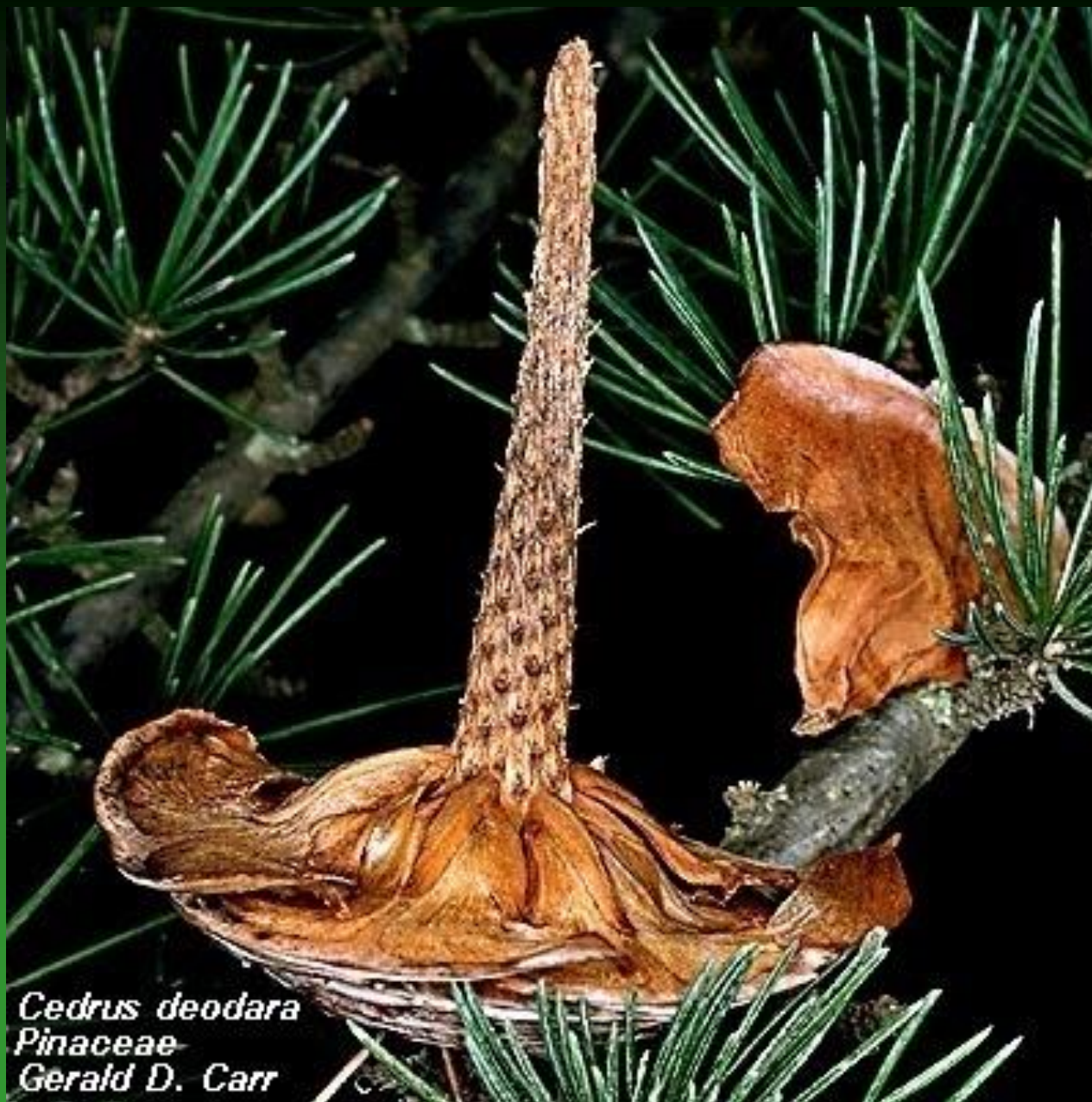


Známý je ještě ***Cedrus* - cedr**
 jehlice v bohatých svazečcích na brachyblastech

Cedrus libani - cedr libanonský od pohoří Taurus po Libanon



rozpadavá
šišťice cedru



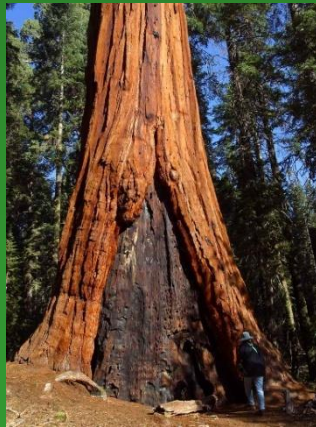
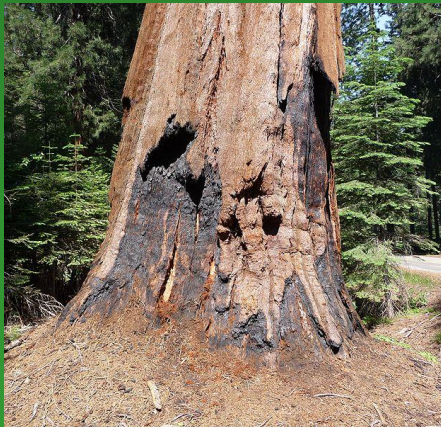
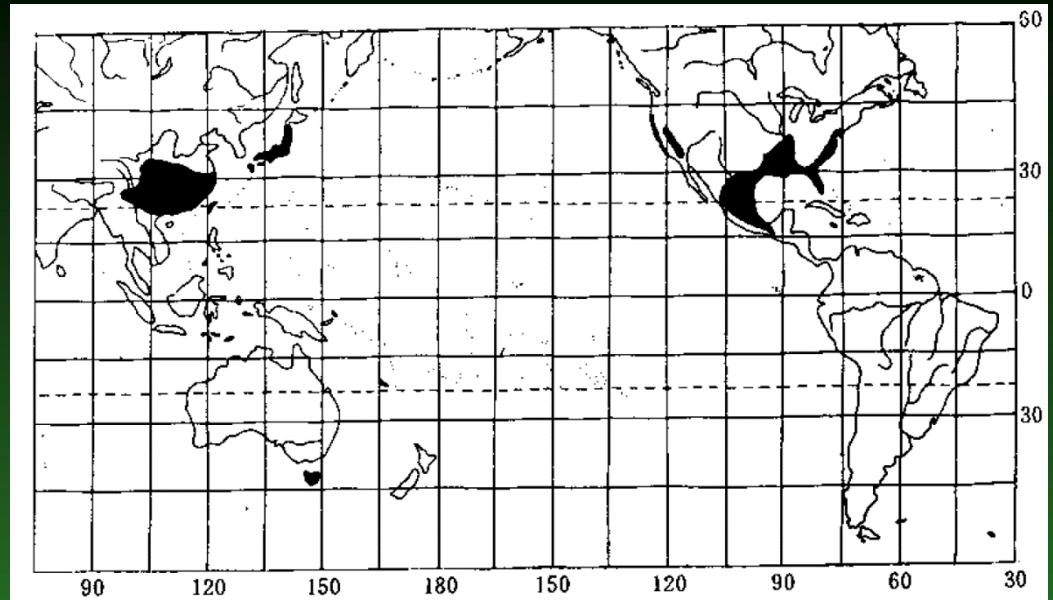
Cedrus deodara
Pinaceae
Gerald D. Carr



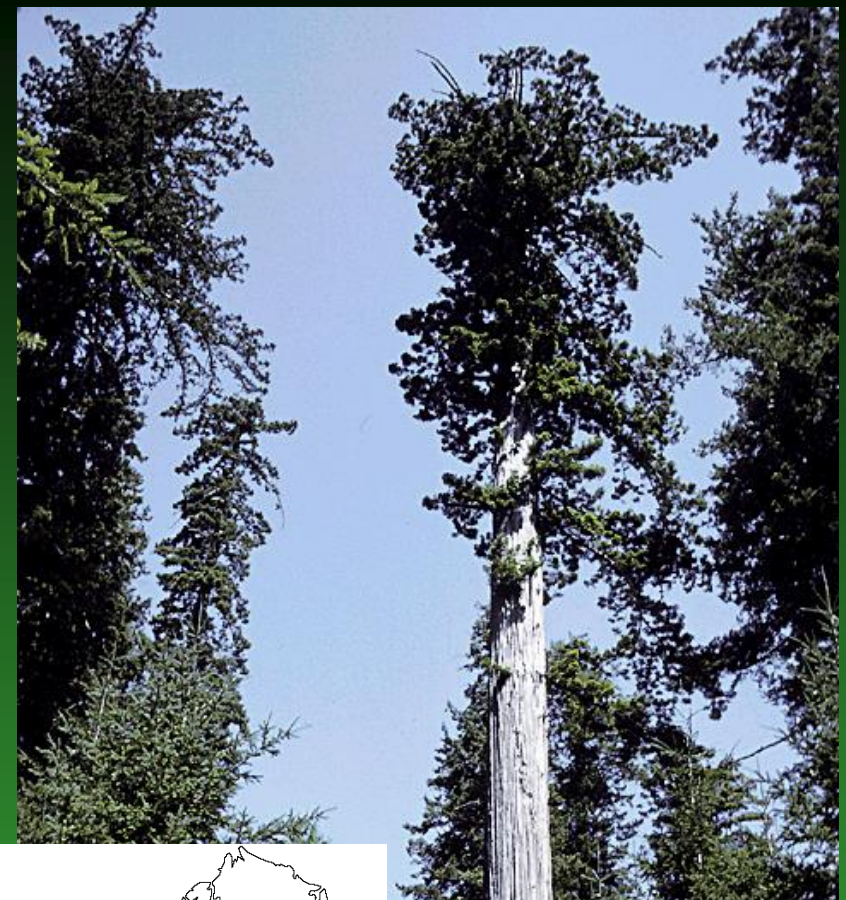
Taxodiaceae – tisovcovité

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.



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

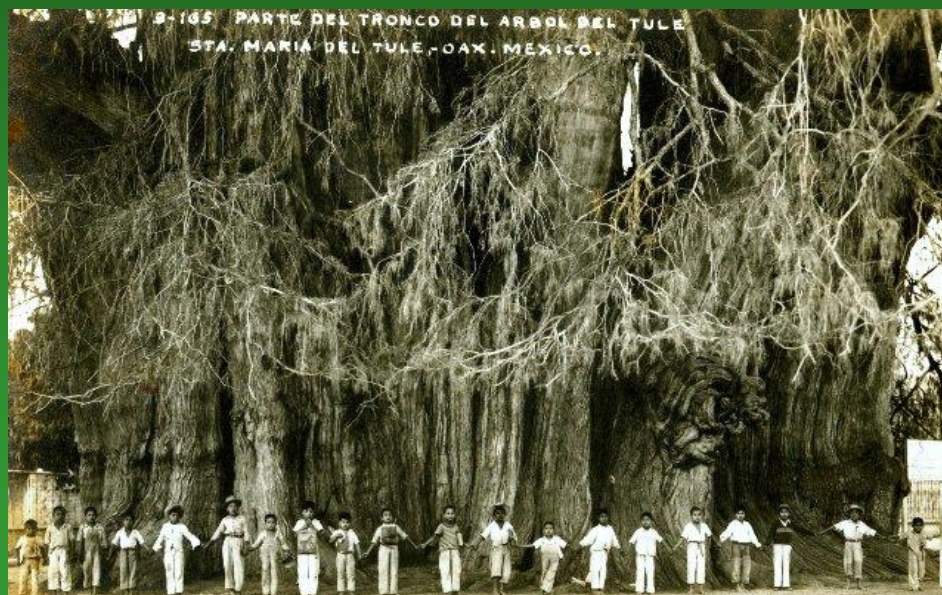
- tisovec dvouřadý
- dole silný kmen
- vertikální dýchací kořeny – pneumatofory (až 30 m vys.)

Původní v Golfském zálivu - od Floridy po Mexiko



Taxodium distichum

- tisovec dvouřadý



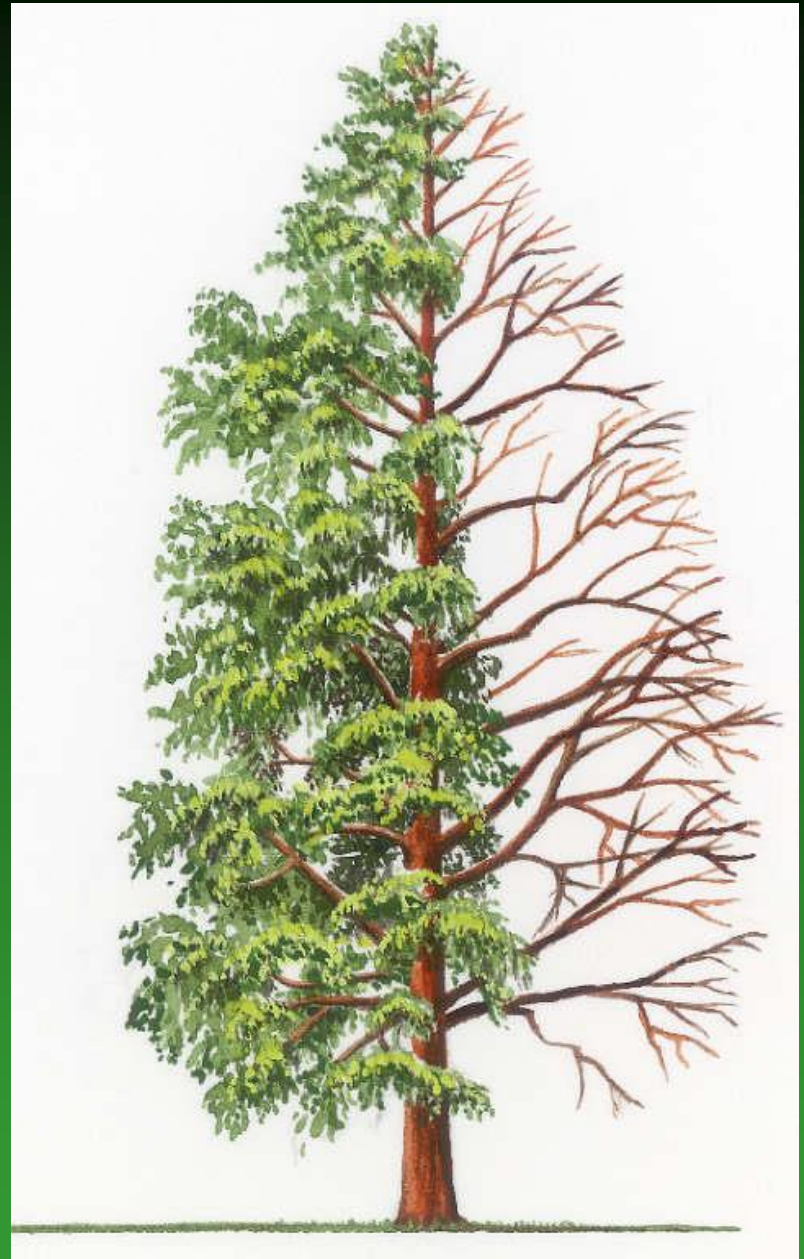
El Árbol del Tule = *Taxodium distichum* subsp. *mucronatum* ve městě Santa María del Tule v Mexiku.

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.

- křížmostojně 4řadé strobily
- dvouřadé jehlice



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 – cypřišovitě

stromy a keře pryskyřičné kanálky jen v primární kůře

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



Listy – často šupinovitě,
vstřícné

Strobily – drobné

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

Megastrobily –
semenné a podpůrné
šupiny srůstají

Pyl – bez vaků

Semena – bez křídel



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

Jehlice – v trojčetných přeslenech

Centrální dřeň –

trojúhelníkového
 průřezu



© 2010 Gary Fewless



Juniperus communis jalovec obecný

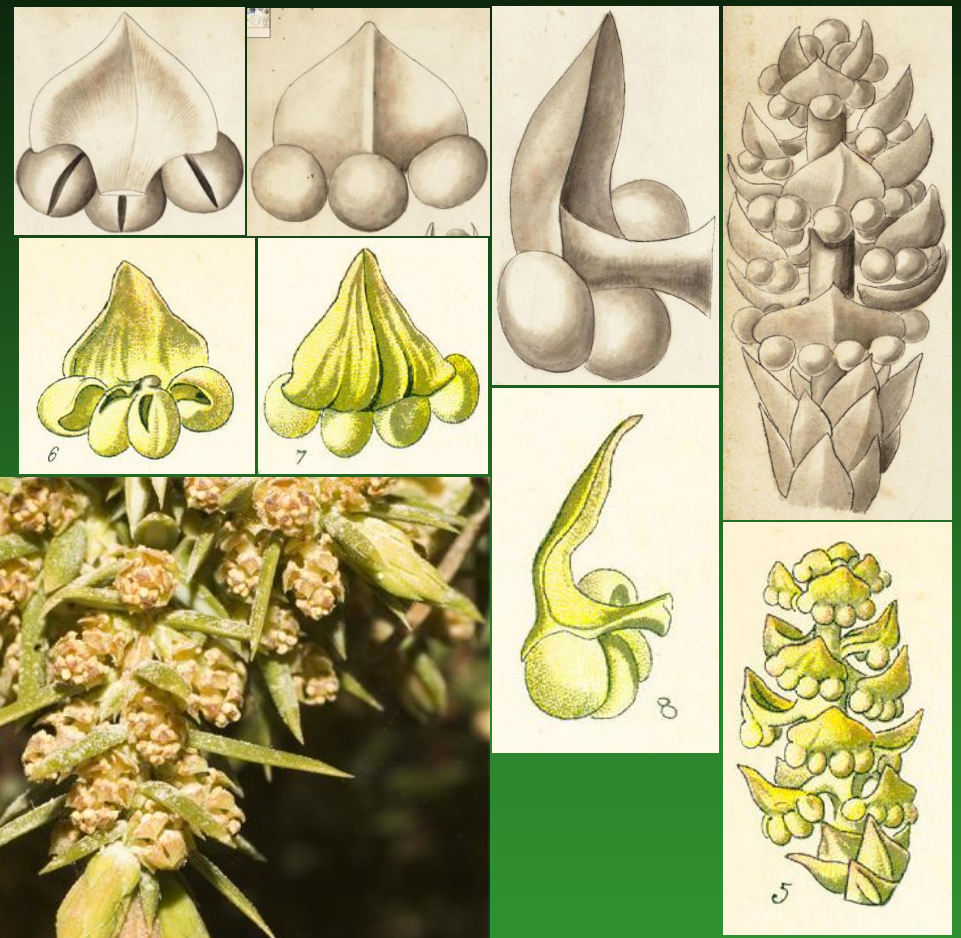
pensum

– 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

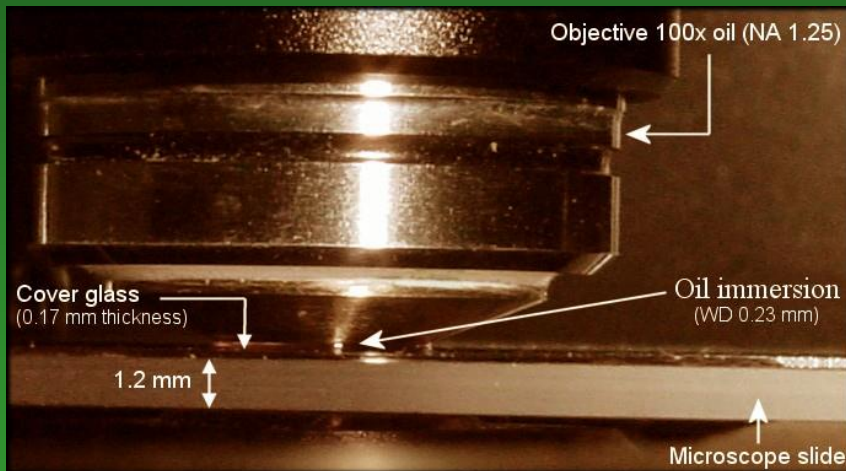
Jeden mikrosporofyl nese na spodu 3–4 mikrosporangia



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



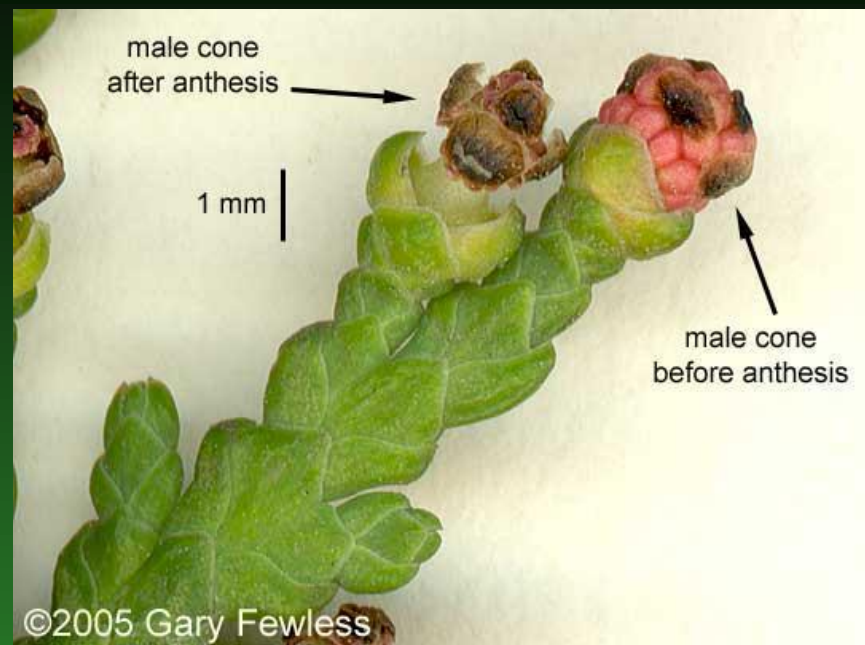
Ze dřeva *Juniperus virginiana* se vyrábějí tužky a získává se z něj také olej pro imersní objektivy



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

pensum

V minulosti častější, dnes velmi vzácný a ohrožený strom.

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

Mírný až tropický pás S polokoule.

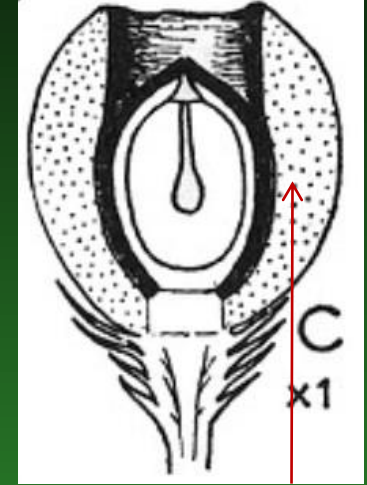
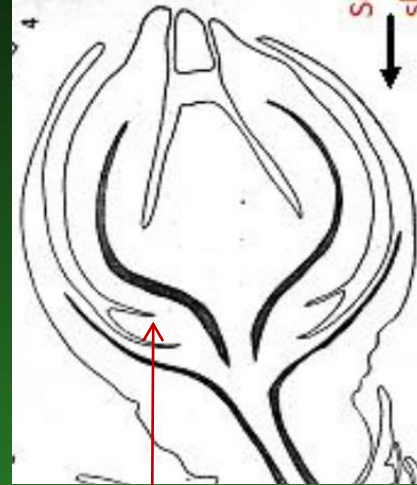
Listy jehlicovité, vytrvalé, dvouřadě uspořádané;



Zpravidla dvoudomý, ale někdy i jednodomý.

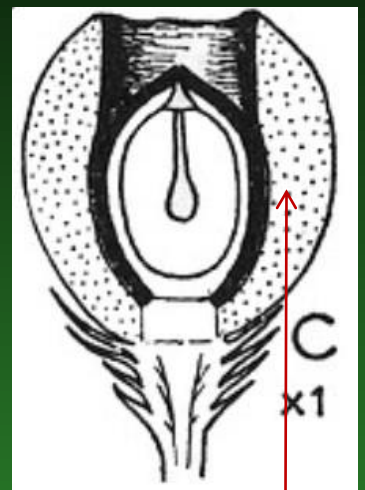
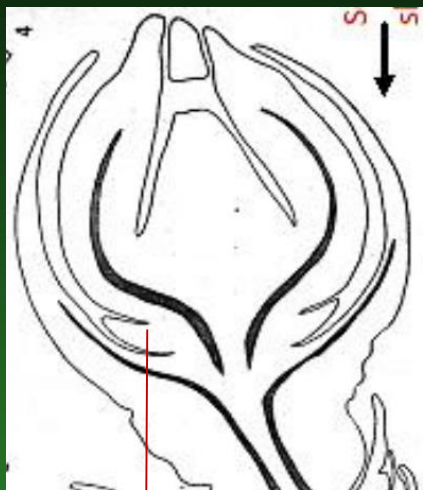
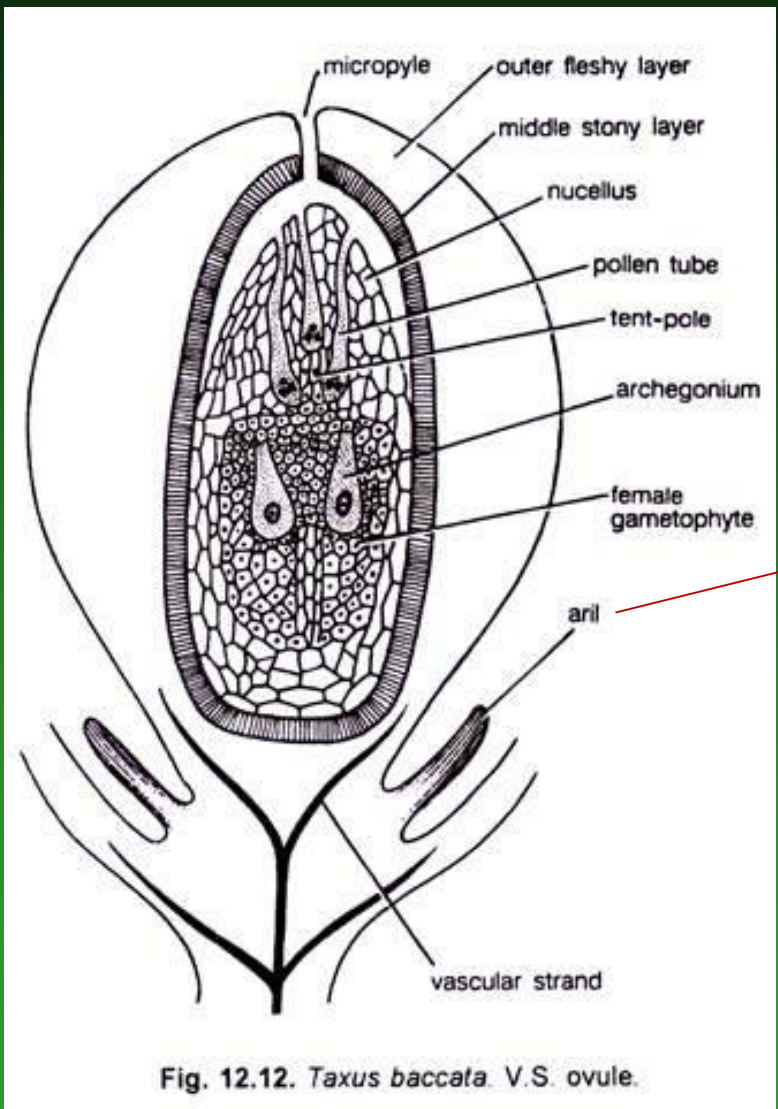


Megastrobily – drobné, jakoby pupeny v paždí jehlic s několika páry křížmostojných šupin na bázi, s jediným vajíčkem na vrcholu; mají dobře patrný mikropylární otvor s polynační kapkou



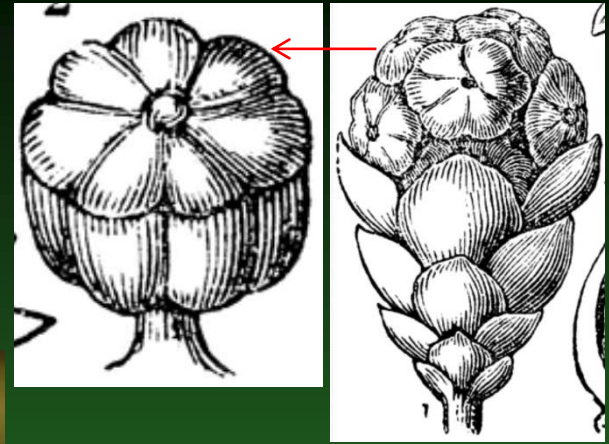
základ míšku se mění v prstencovitý val





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.

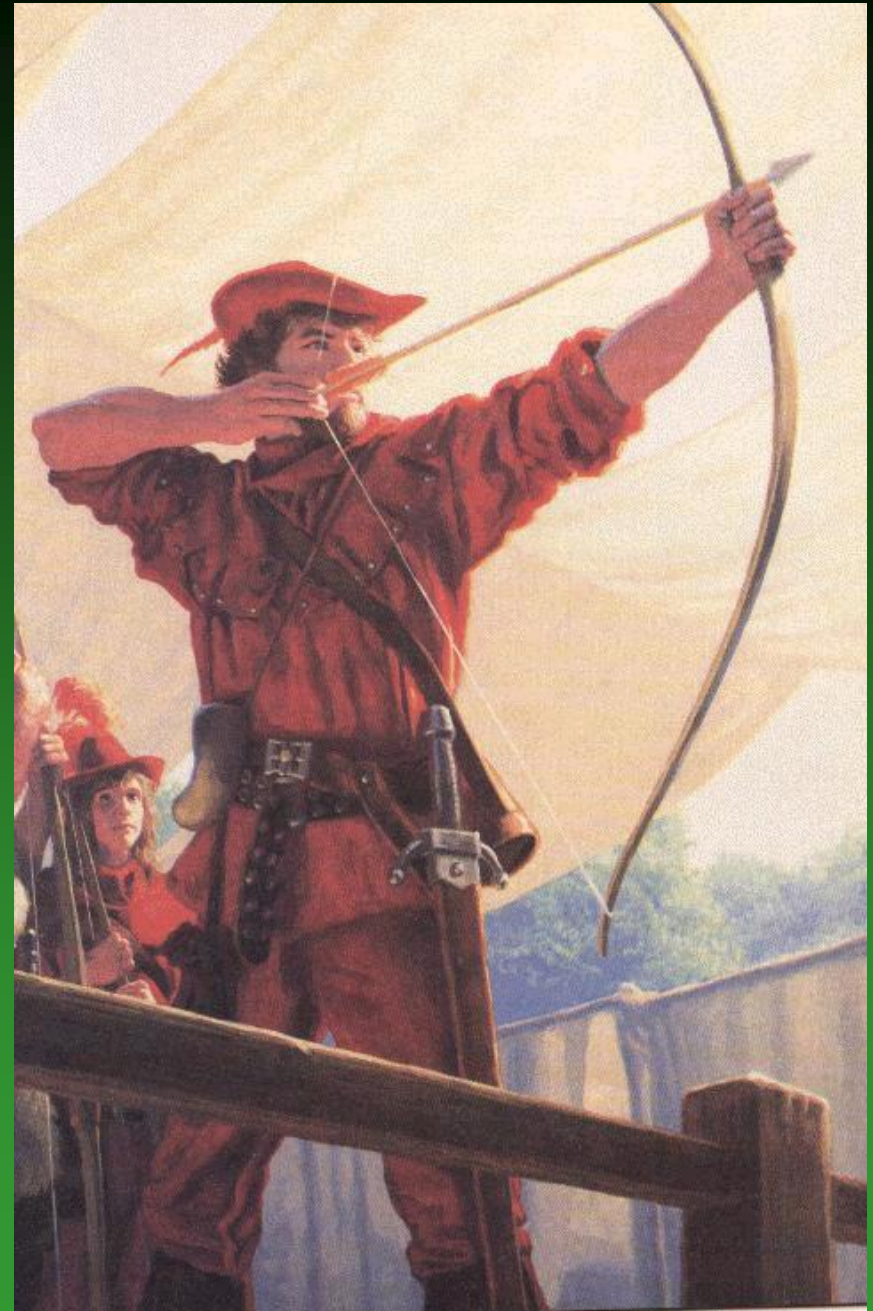
Dřevo tisu

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.

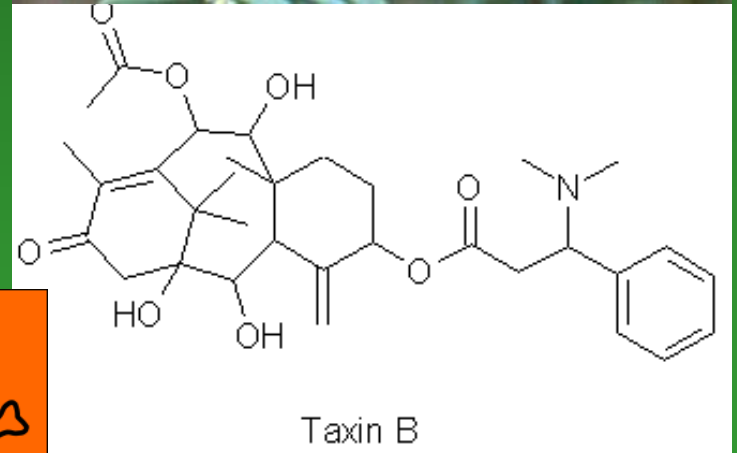
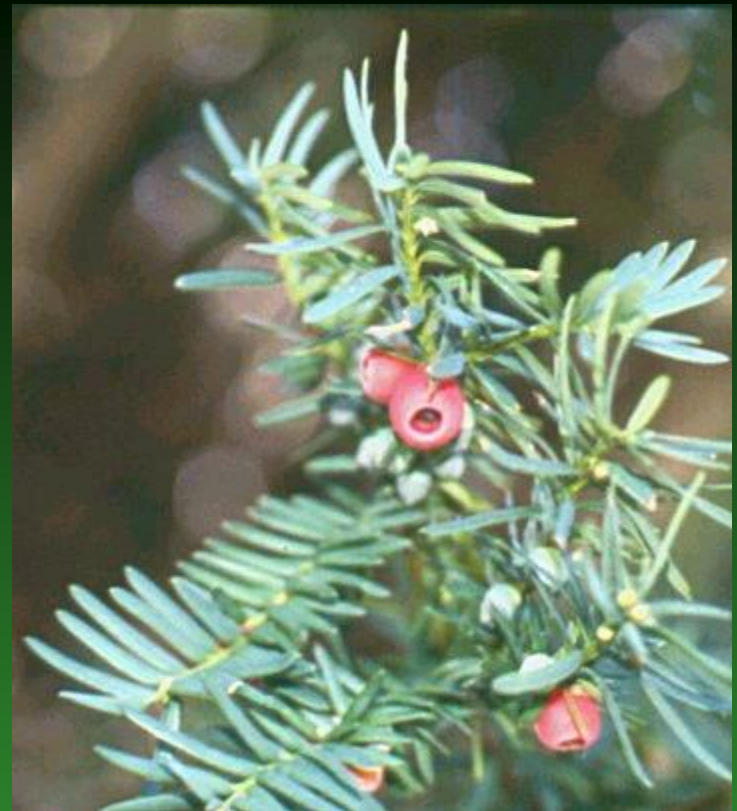


Celá rostlina s výjimkou dužnatého míšku obsahuje jedovatý alkaloid taxin. (ochrnutí dýchacího svalstva, mozkové edémy, smrt).

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)



Bizarní linie nahosemenných kombinující znaky jehličnanů, krytosemenných i znaky zcela unikátní

Dvoudomé dřeviny rozmanitého vzhledu, spíše nižšího vzrůstu



Gnetopsida – evoluční historie a rozšíření

poprvé - trias

divergence – křída

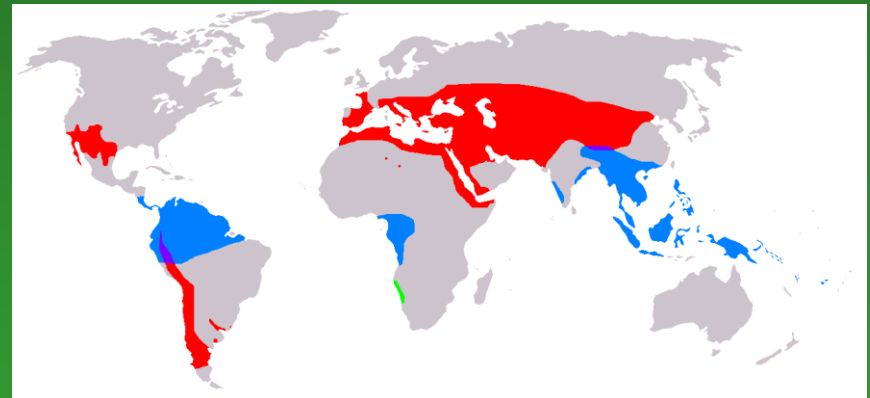
naprostá většina forem vyhynula

Dodnes přežily - 3 velmi vzdálené izolované rody - ve 3 samostatných podtřídách:

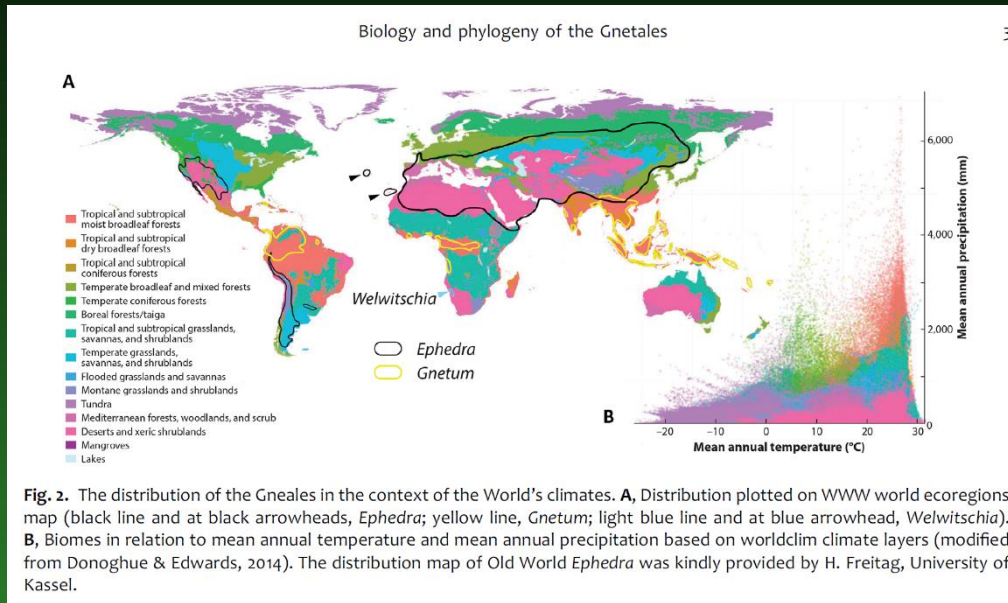
1. *Ephedridae* – *Ephedra* – 1/40

2. *Gnetidae* – *Gnetum* – 1/30

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



Gnetopsida – rozšíření a ekologie



1. *Ephedridae* – *Ephedra* – 1/40 – hlavně pouště, savany, stepi

2. *Gnetidae* – *Gnetum* – 1/30 – hlavně tropické deštné lesy

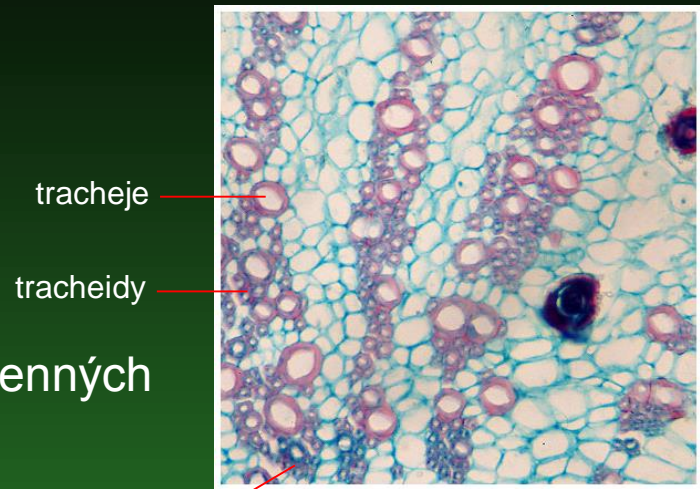
3. *Welwitschiidae* – *Welwitschia* – 1/1 – poušť Namib



Xylem – tracheidy + fibrily + tracheje

- tracheje s šikmým schodovitým nebo perforovaným napojením
- bez pryskyřičných kanálků
- multiseriální parenchym
- dvojtečky stejné jako u jiných nahosemenných spojují tracheidy, zde navíc i tracheidy s trachejemi

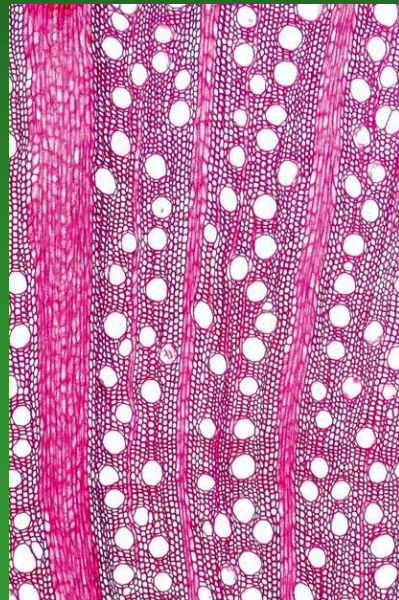
Welwitschia mirabilis – příčný řez



Gnetum gnemon – dřvo s tracheidami a trachejemi

Šikmé děrované napojení trachejí

vyvinulo se z dvojteček



děrované napojení dvojtečky



Schodovitě napojení trachejí

fibrily

Ephedra californica – podélný řez

Ephedra torreyana – spirálovitá výztuha bočních stěn trachejí



Oproti ostatním nahosemenným má xylem s trachejemi efektivnější vodivost

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

Mikrostrobily často obsahují reziduální vajíčka často obklopená tyčinkami a spolu s nimi chráněná ve společných obalech ! = „oboupohlavné květy“

Mikrosrobily

– přeslenité límečky

– vstřícné křížmostojné šupiny



Gnetum



Ephedra

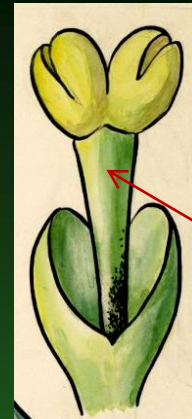


Welwitschia

Přestože samčí rostliny jsou morfologicky hermafroditní, jejich funkce je jen samčí: Strukturní hermafroditismus x funkční dvoudomost !



Gnetum



Mikrosporofyly

= „srostlé tyčinky“
= synandria

nitkami **srůstají ve sloupek**

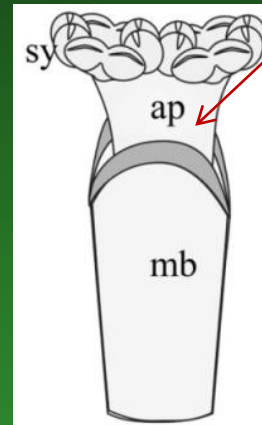
nebo

baňku

také sporangia srostlá ve 2- nebo 3pouzdrá **mikrosynangia** s



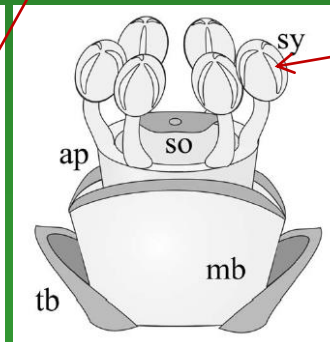
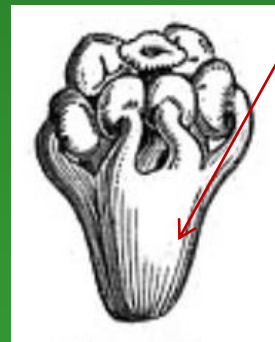
Ephedra



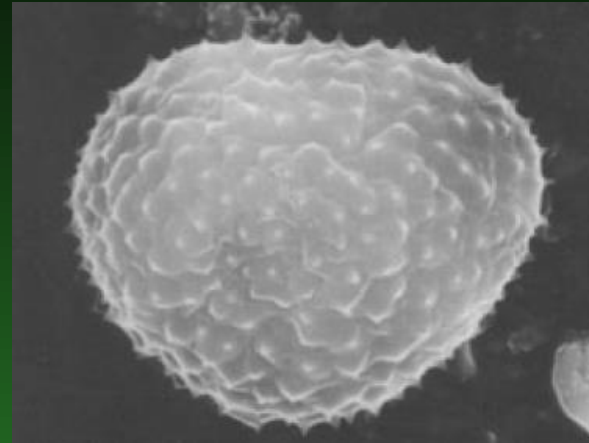
apikální dehiscenci



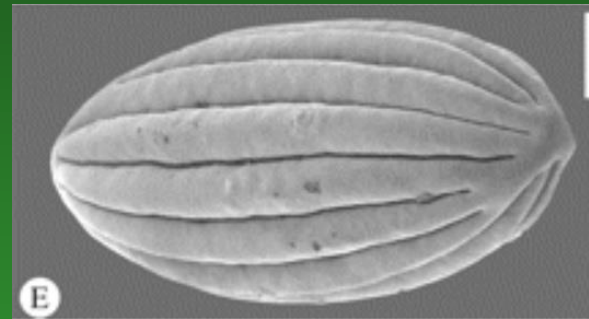
Welwitschia



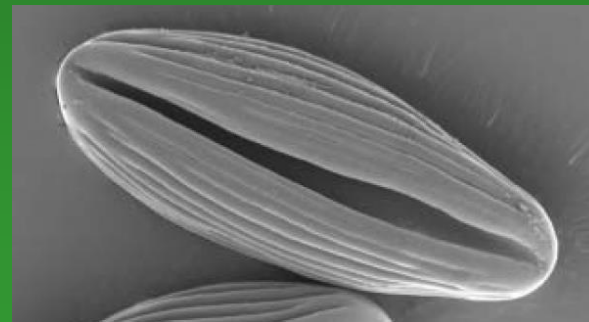
Pyl - bez vzdušných vaků



Gnetum



Ephedra

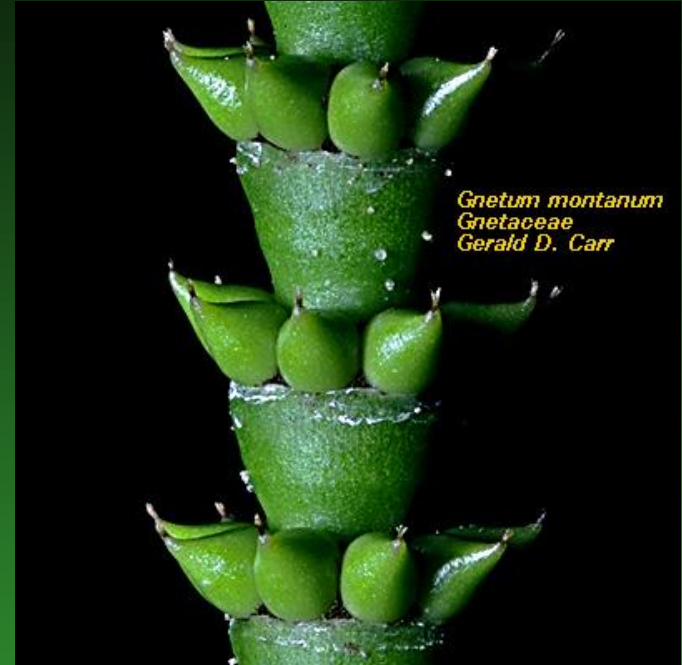


Welwitschia

Megastrobily – s křížmostojnými šupinami nebo límečky



Welwitschia



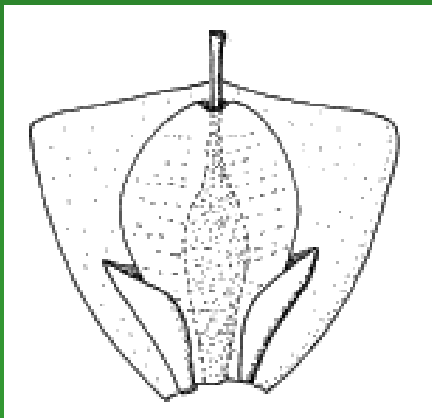
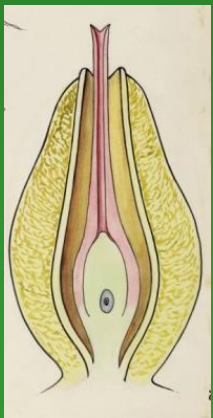
Gnetum



Ephedra

Vajíčka

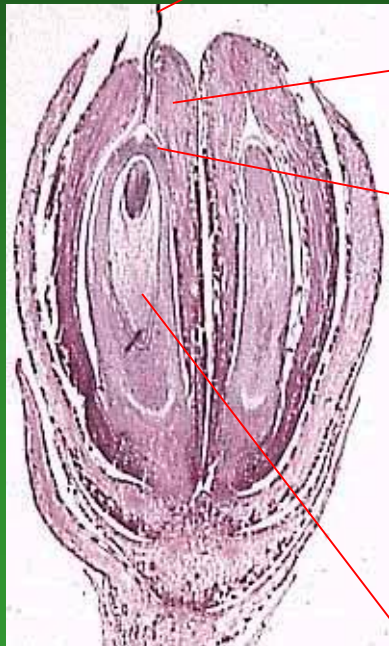
- oproti jiným nahosemenným chráněná dalšími 1–2 obaly
- také šupiny strobilů vajíčka chrání
- integument protažen v dlouhou polinační trubku vyčnívající z vaječných obalů nebo ze strobilu



Samičí gametofyt - archegonia mizí (má je *Ephedra*, chybí u *Gnetum* a *Welwitschia*)

- polyploidní živné pletivo – tvoří se bez konfluace (*Welwitschia*, *Gnetum*)
- obě spermatická jádra z pylové láčky oplodňují – „dvojitá oplození“ (*Ephedra*, *Gnetum*)
- „helobiální“ prothalia (zčásti nukleární, zčásti celulární, *Gnetum*)

Megastrobilus



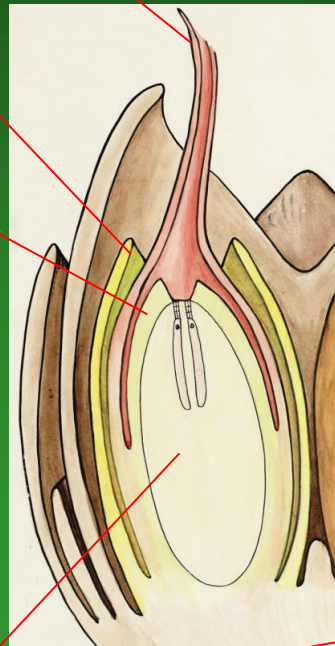
polinační trubička
= vnitřní integument
vajíčka

vnější
integument
vajíčka

nucellus

megagametofyt
= megaprothalam

Vajíčko

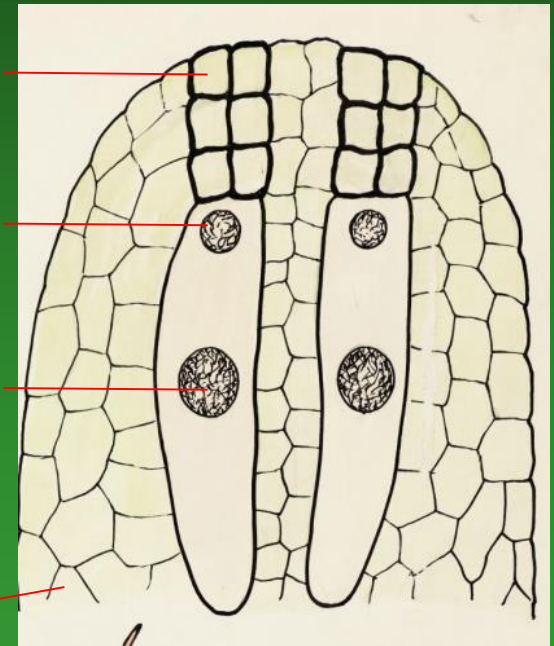


Archegonia

krček

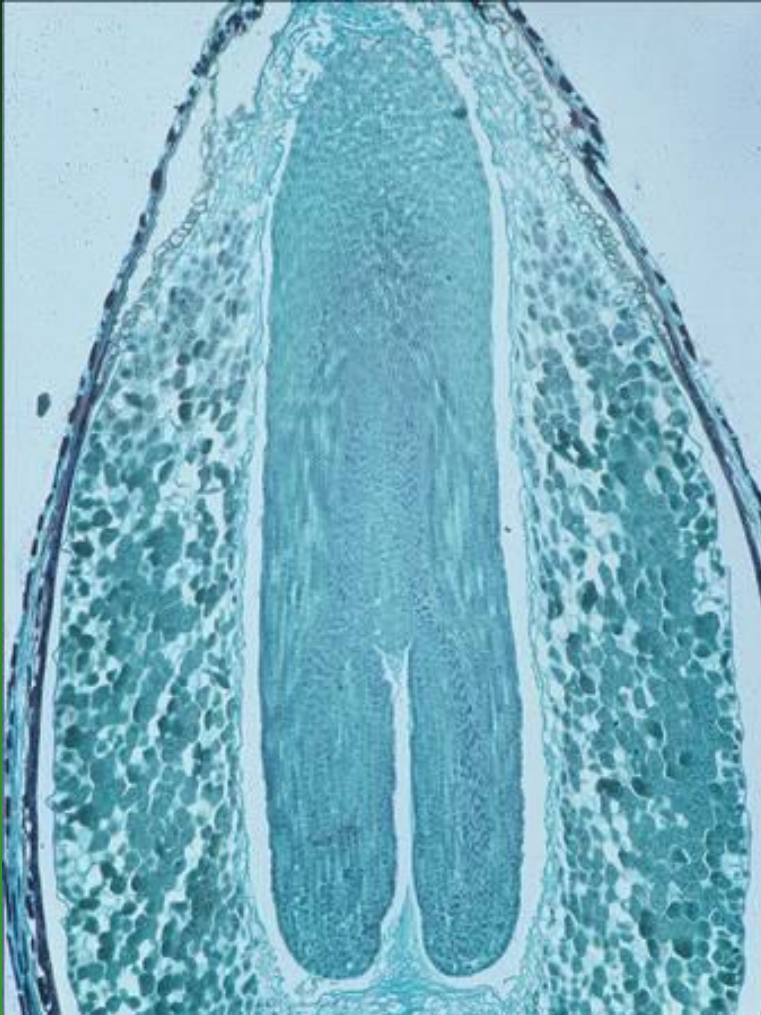
jádro břišní
buňky

jádro vaječné
buňky

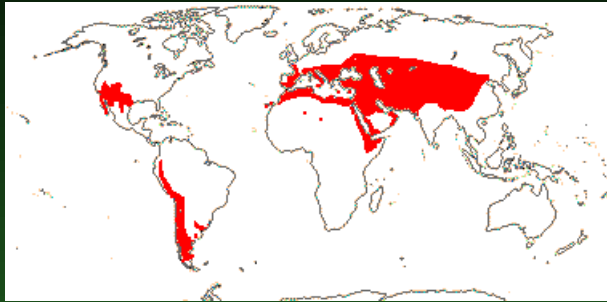


Embryo - se 2 dělohami

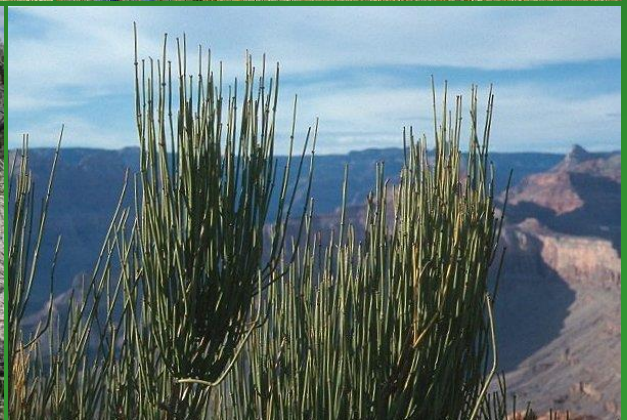
Ephedra



Ephedraceae – chvojníkovité – *Ephedra* 1/54



„Košťatovitě větvené dvoudomé keře aridních (suchých) oblastí Evropy, Středozeří, Stř. Asie, Sev. a Již. Ameriky. Pouště, polopouště, stepi, savany, mediteránní trnitá křovinná vegetace. Na Slovensku ojediněle u Štúrova. Od extrémně horkých sníženin sníženin (Údolí smrti, okolí Mrtvého moře) až po 5000 m n. m. (Andy, Himálaj).



Stonky - nejmladší asimilující (zelené)

- morfologií připomínají přesličky
- článkované, jemně podélně rýhované
- „košťatovitě“ větvené
- později dřevnatí a tvoří rozpukané brázdité pokroucené kmínky

anatomie mladého stonku

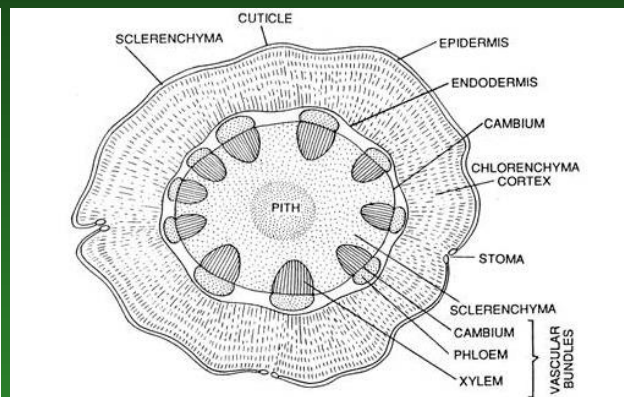
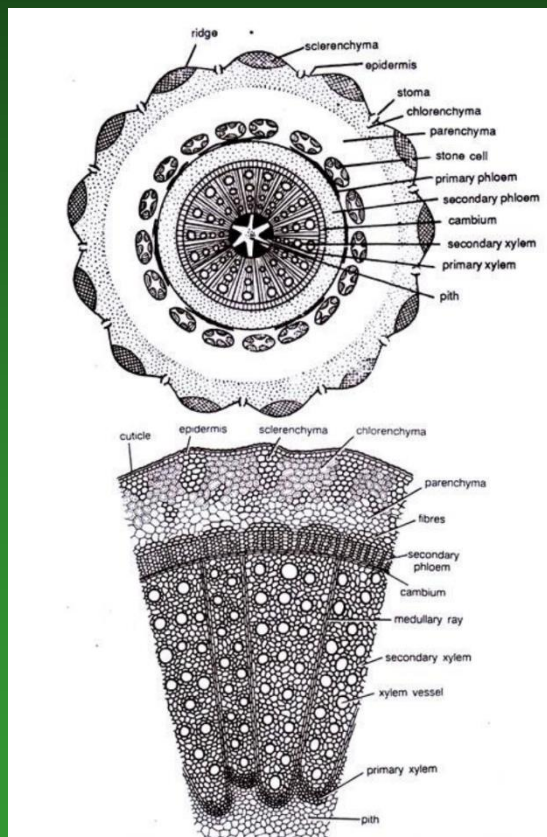
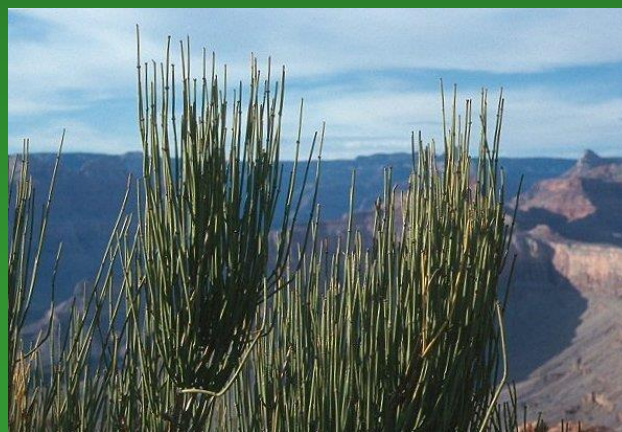


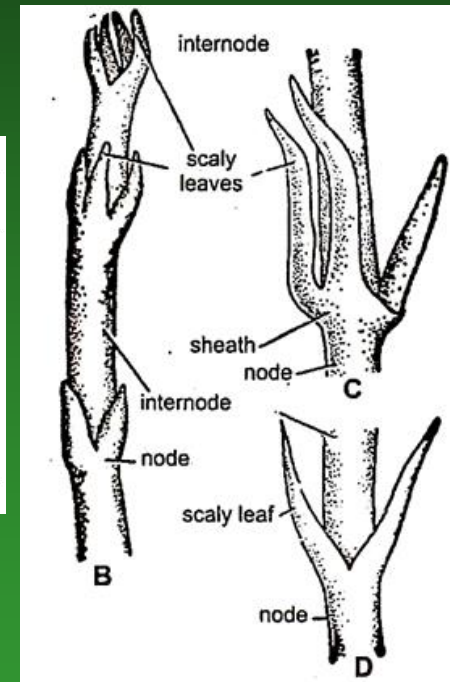
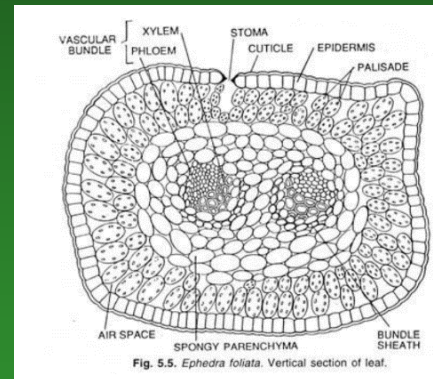
Fig. 5.2. *Ephedra foliata*. Transverse section of young stem showing primary structure (diagrammatic).



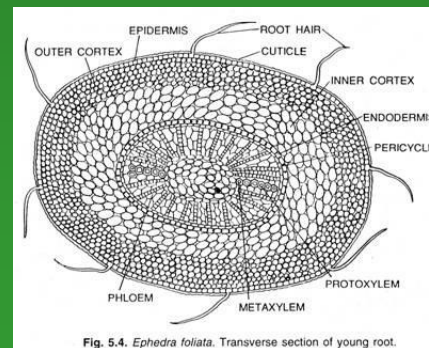
sekundárně tloustnoucí starší stoněk

E. boelckei

- Listy** - drobné - 2–15 mm (vzácně až 40 mm)
- šupinovitě
 - 1 střední žilka (se 2 kolaterálními svazky)
 - vstřícně, křížmostojně postavené
(vzácně ve vícečetných přeslenech)
 - spodními částmi srostlé v pochvy, konce však volné
 - často blanité bez chlorofylu
 - vytrvalé, časem se třepící a rozpadající



- Kořeny** - diarchní
- bez mykorrhizy

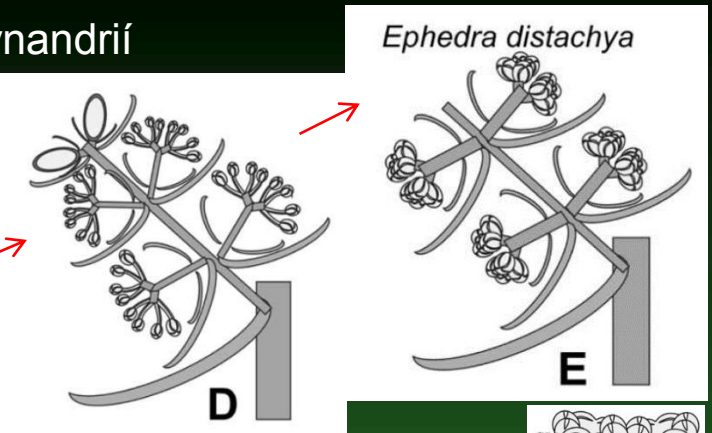
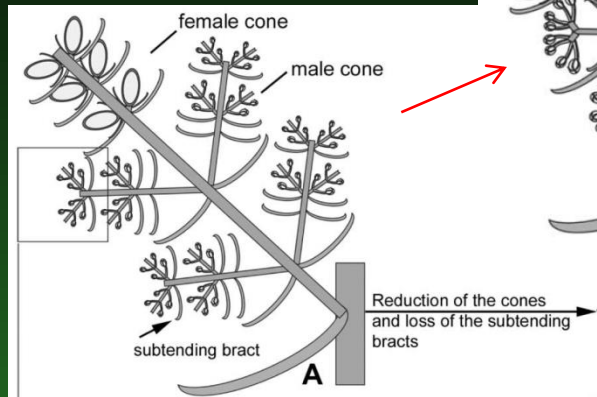


Mikrostrobily – vyrůstají v paždí listů, má 8–12 synandrií (= mikrospoangioforů) - připomíná květy v klasu

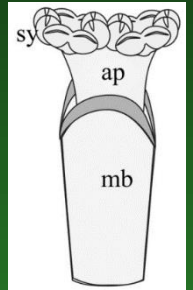


Jako atavismus mohou některé druhy tvořit oboupohlavné šišťice

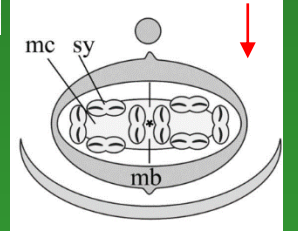
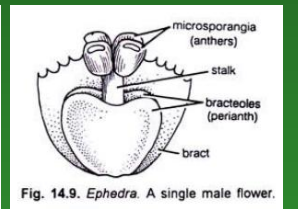
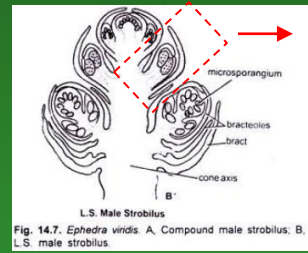
Hypotetická evoluce mikrostrobitilu



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

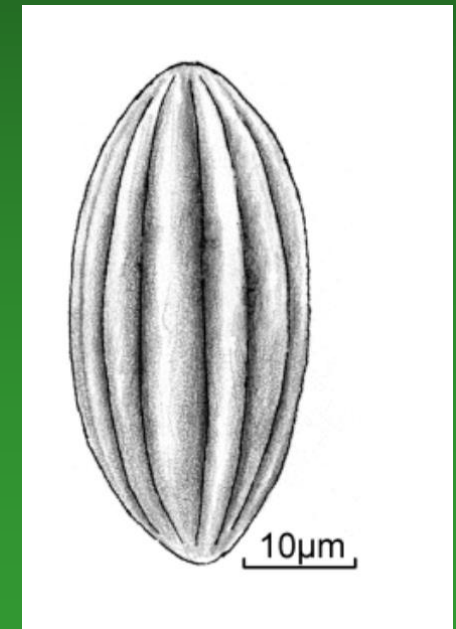
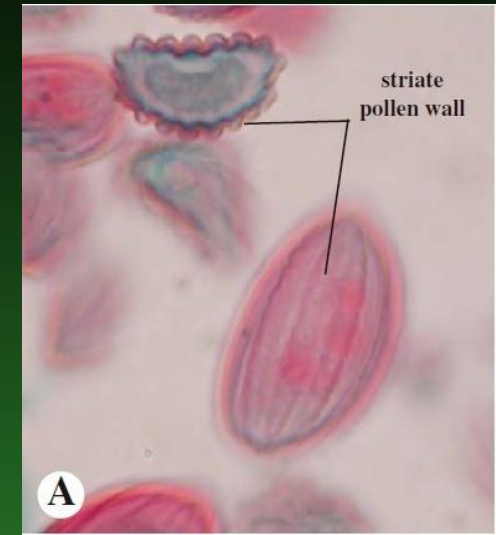
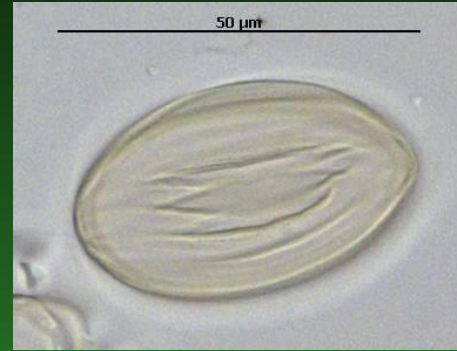
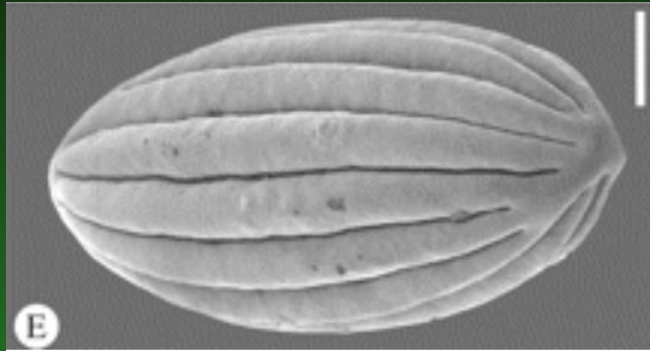


Ancestor nahosemenných se složenými oboupohlavnými šišťicemi

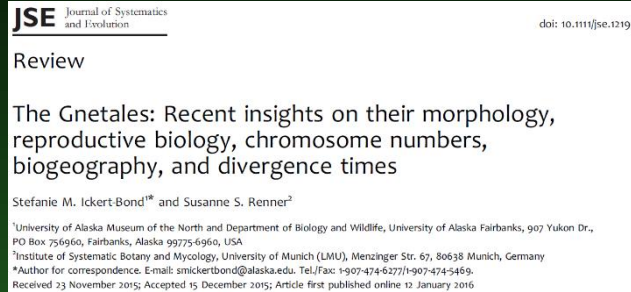
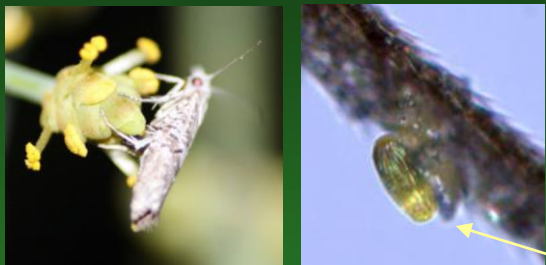


Synandrium chráněno dvěma srostlými vstříčnými listenci (= „okvětím“) Tento „květ“ sedí v paždí šupiny (listenu). Mikrostrobilus chvojníků má podobnou strukturu jako klas

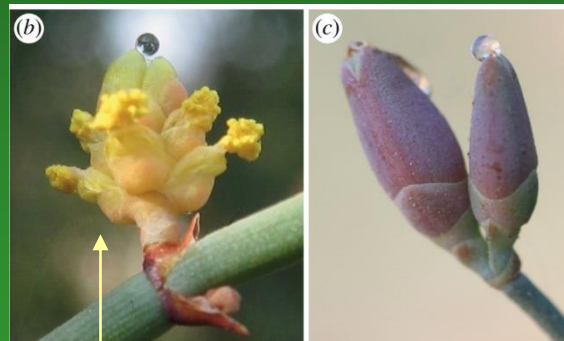
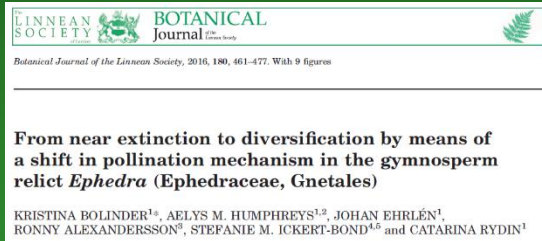
Pyl – elipsoidního tvaru s podélným rýhováním
(= striátní), vzácněji žebnatý



Opylení – hlavně větrem, některé druhy i hmyzem



Hmyz pyl přeneše při „pití“ polinační kapky, pokud před tím sbíral pyl. Pyl hmyzosubných druhů je lepkavý



Stejně jako vajíčka strobilů samičích, produkují abortovaná vajíčka samčích strobilů entomofilních druhů polinační kapky se zvýšeným obsahem cukrů, zejména během anthesy (uvolňování pylu). Vajíčka tak mají funkci nektarií.

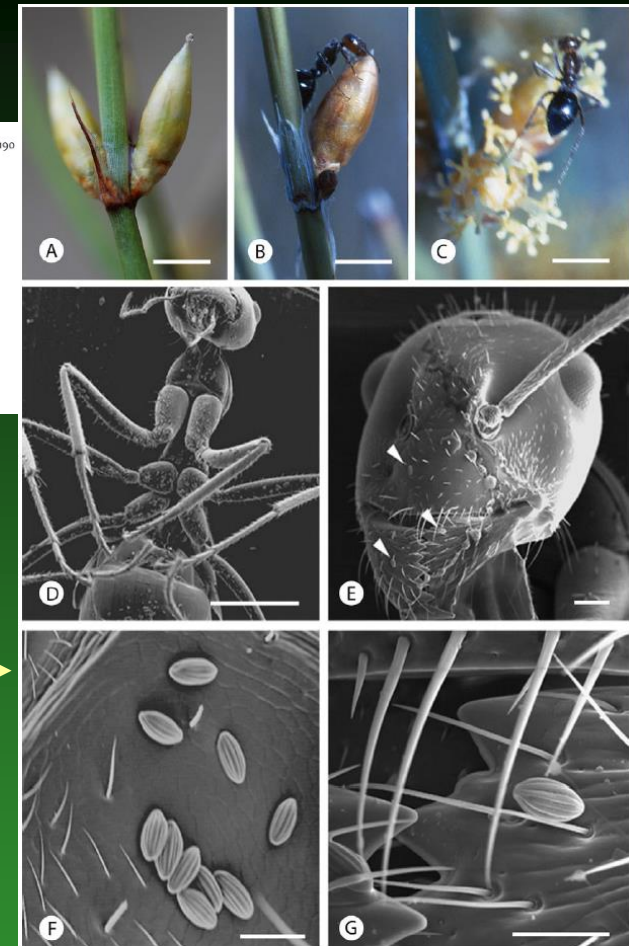


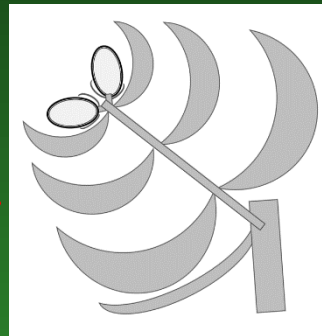
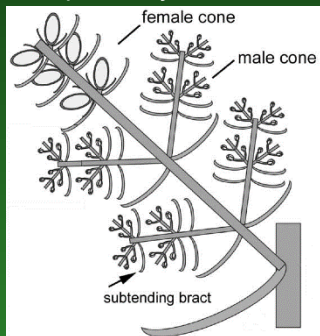
Fig. 7. Ant visitation on *Ephedra trifurca* in the Sonoran Desert, Arizona. **A**, Ovulate strobilus with pollination drop formation at the micropylar tube. **B**, Ant of *Myrmecocystus cf. mimicus* Wheeler, 1908 feeding on pollination droplet of ovulate cone in *E. trifurca*. **C**, *Myrmecocystus cf. mimicus* foraging in staminate cones of *E. trifurca*. **D**, *Myrmecocystus cf. mimicus* covered in *Ephedra* pollen. **E**, Detail of *Myrmecocystus cf. mimicus* head with *Ephedra* pollen grains indicated by arrowheads near the mandibles. **F**, **G**, Close-up of **E** showing details of characteristically polyplicate pollen grains of *Ephedra* and setae on *Myrmecocystus cf. mimicus*. Scale bars: A–C = 10 mm; D = 1 mm; E = 200 μ m; F, G = 50 μ m.

Megastrobily - drobné, 2–8 párů šupin, stejně jako mikrostrombilus
vyrůstá v paždí listu

- šupiny dužnatí, nebo zůstanou blanité
- obsahuje obvykle jen 2 vajíčka

Ancestor nahosemenných
se složenými
oboupohlavnými šišticemi

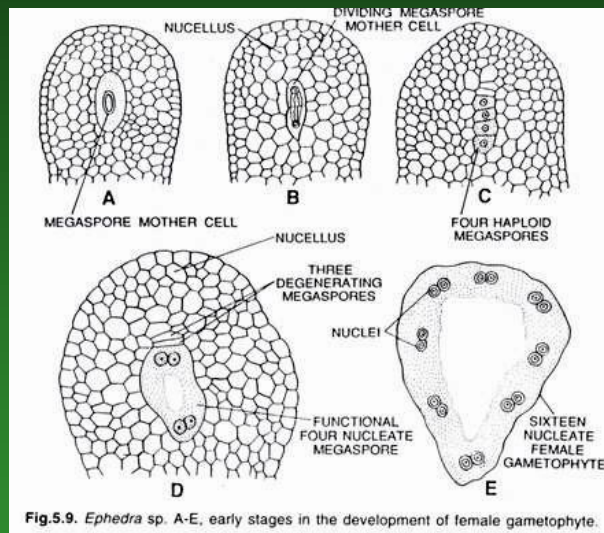
Hypotetická evoluce megastrobilu chvojníků



Vajíčko – archegonia (zde ve fylogezi naposledy!), dvojí oplození! ca 12 hodin od opylení. U jiných nahosemenných se oplození zpožďuje za opylením v řádu týdnů nebo měsíců !

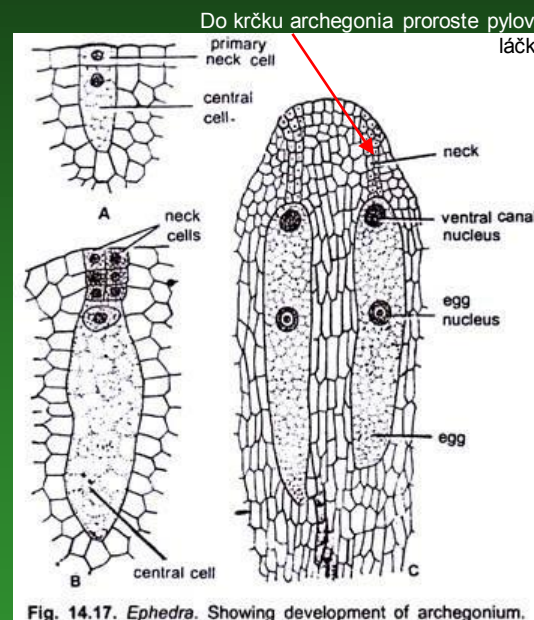
Zralé vajíčko a oplození

Mladé samičí prothalamium



Nucellus - diploidní pletivo vyplňující vajíčko
Meióza jedné z buněk nucellu = **4 megaspóry**
3 zaniknou (rozdíl proti *Gnetum* a *Welwitschia*!)
Jádro zbylé megaspóry: 12x mitóza
 --> 1024 jaderné coenocytické megaprothalamium
 Kompartmentalizace --> prothalamium celulární

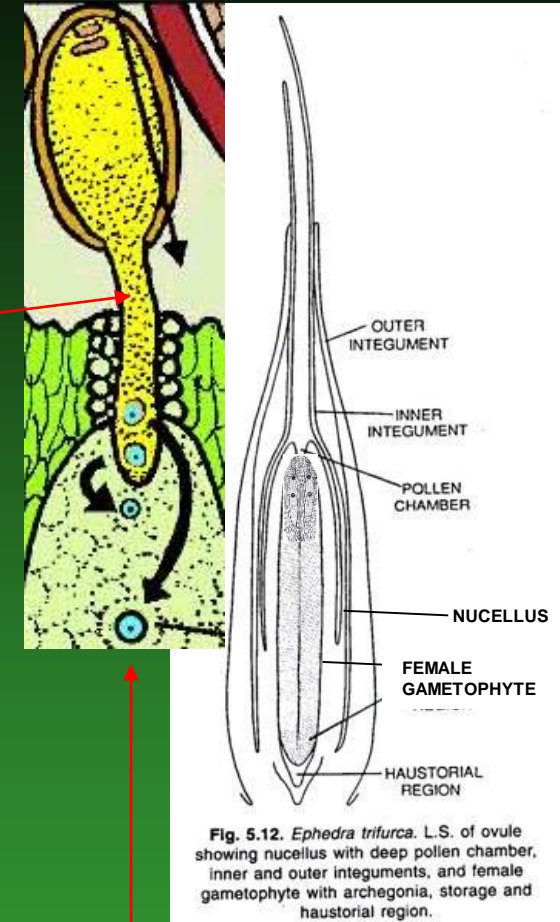
Diferenciace archegonií



Na mikropylárním konci celulárního prothalia 2 archegonia (vzácně až 6).

Krček 30-40 buněk – tak velké archegoniální krčky nemají žádné nahosemenné.

Pod krčkem: ventrální jádro + vaječné jádro



Láčka se 2 spermatickými jádry proroste krčkem

Dvojí oplození: jak ventrální, tak vaječné jádro oplozeny = 2 zygoty.

Ventrální zygota se může několikrát rozdělit a podporovat růst embrya, pak zaniká.

Semena - hnědá až černá, jedovatá

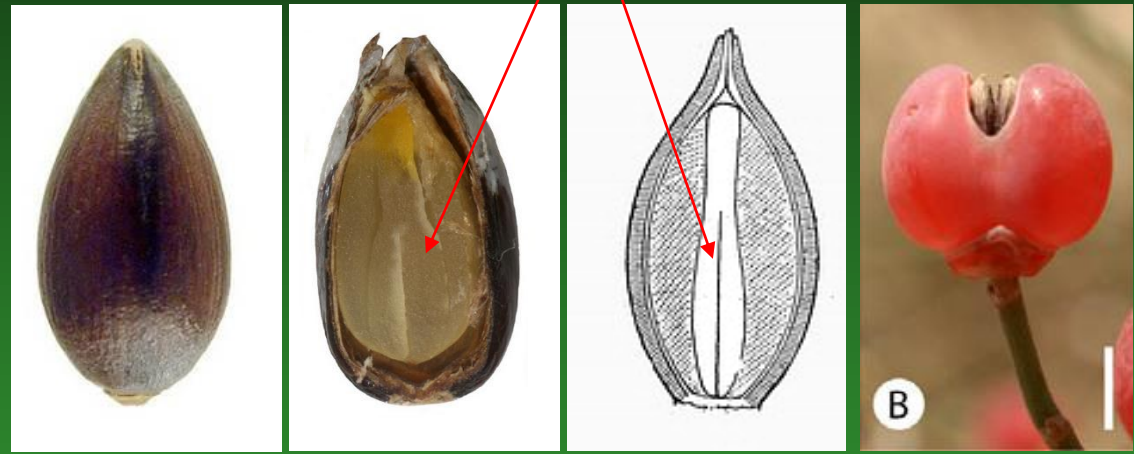


- většinou obalená zdužnatělými šupinami megastobilu (několik druhů má šupiny blanité)
- zdužnatělé šupiny červené až bělavé barvy
- embryo se 2 dělohami

Ephedra frustillata



Ephedra aphylla



Ephedra aphylla



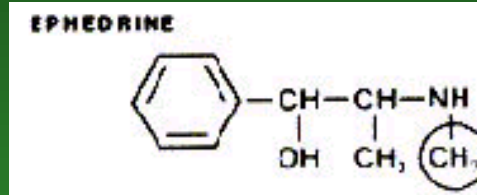
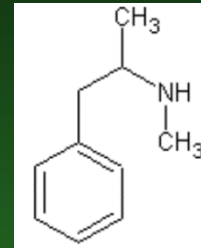
Ephedra aphylla



Ephedra ciliata



pervitin



Alkaloid ephedrin
součást antitusik

Vyrábí se však
synteticky

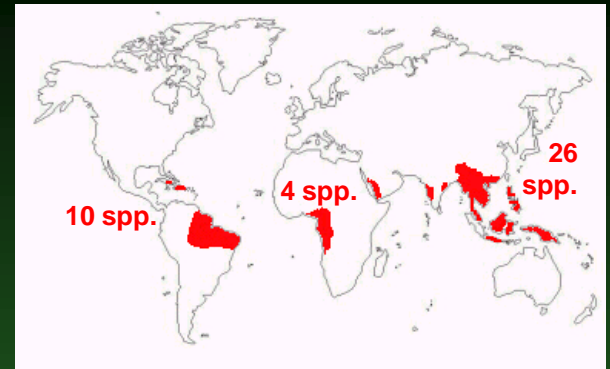


Používán také jako surovina při výrobě pervitinu

Gnetaceae – liánovcovité – *Gnetum*

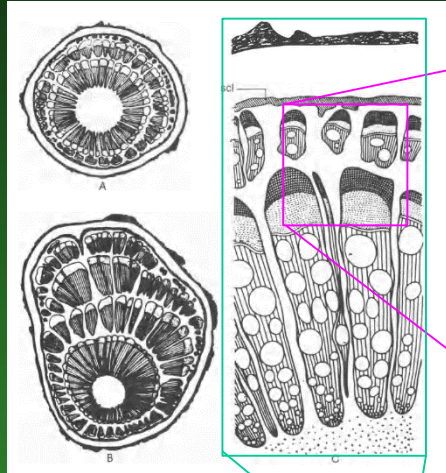
1/40

- většinou dvoudomé liány /
- *G. gnemon* a *G. costatum* - stromovité až keřovité)
- s kožovitými, velkými listy
- v tropických deštných lesích

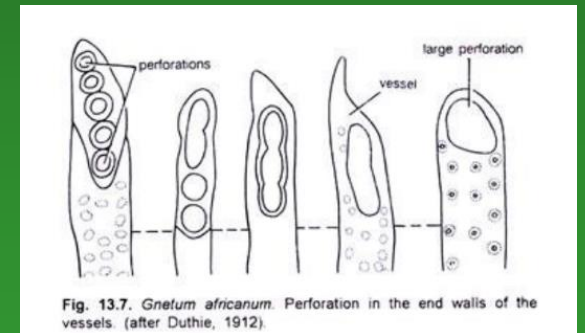
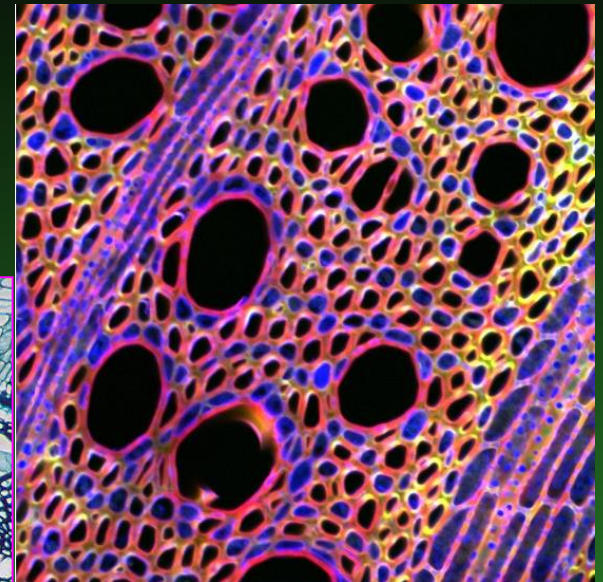
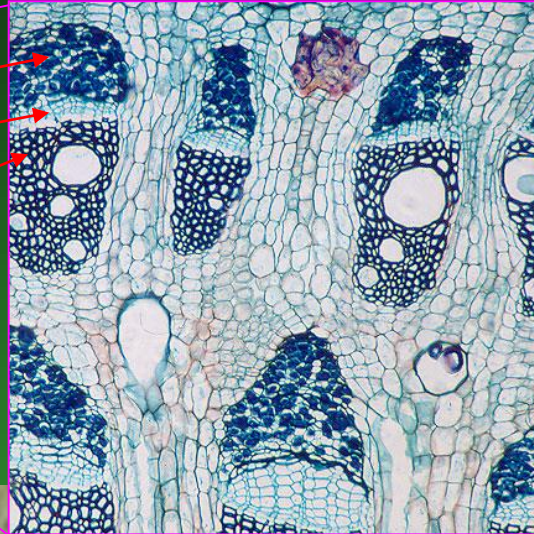


Dřevo

- s trachejemi většího průsvitu než u chvojníků →
- více soustředných sukcesivních kambíí, jako u cykasů



floem
kambium
xylem
- zde obsahuje
4 tracheje +
množství
tracheid

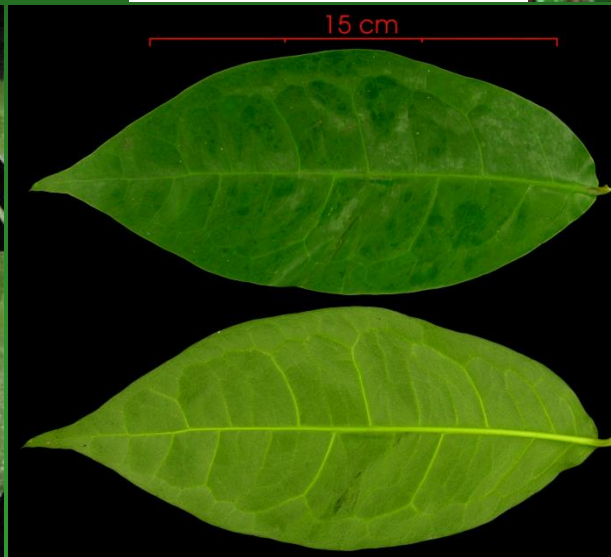
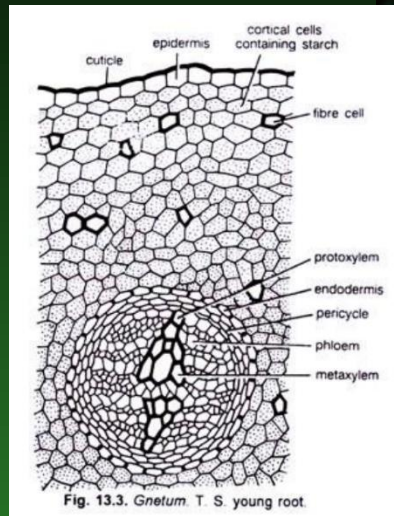


Tracheje šikmo perforovaně zakončené až s jediným terminálním otvorem

Listy - připomínají listy krytosemenných

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

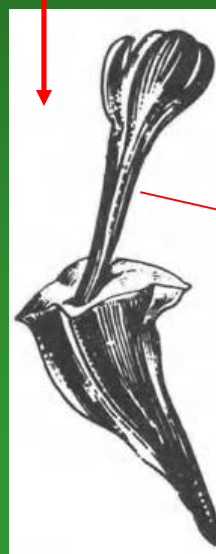
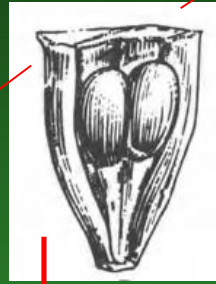
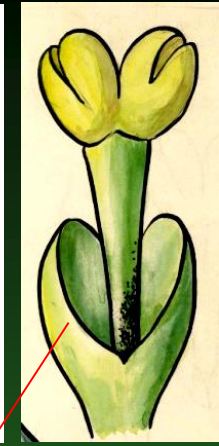
Kořeny - diarchní



Mikrostrobily – přeslenité

„1 patro“ = 1 miskovitý límeček
 + 3-6 přeslenů samčích „květů“
 + 1 přeslen reziduálních vajíček
 „Tyčinka“ = nitka + 2pouzdré synangium

Tyčinky chráněny obaly 2 srostlých listenů
 („okvětím), popř. i věnečkem trichomů



Reziduální vajíčka zůstávají neoplozena,
 přesto neabortují a produkují polinační kapku – lákání opylovačů !!!

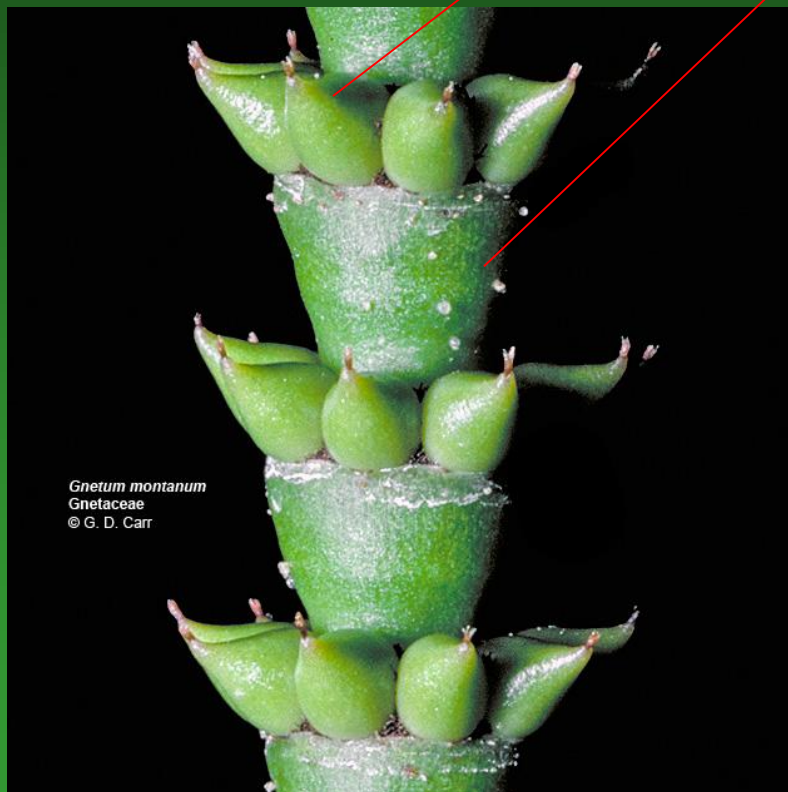
dvojice srostlých listenů

Megastrobily - rovněž přeslenité semena s červeným nebo žlutým dužnatým obalem (pěstované ovoce v JV Asii), někdy obal kožovitý

přeslen vajíček

přeslen trichomů

„límeček“

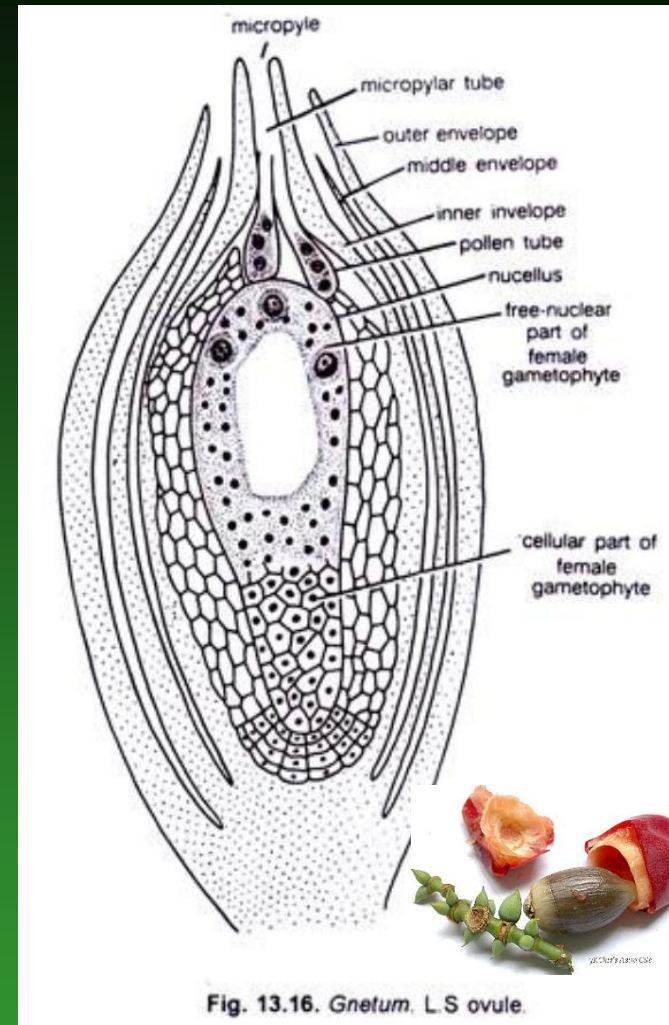


Gnetum montanum
Gnetaceae
© G. D. Carr



Vajíčko – tři obaly = 2 integumenty + vnější obal, strukturou připomínající zdužnatělé okvětí nebo „semeník“

- přežijí všechna 4 meiotická jádra → 4-jaderné coenocytium
- 4-jaderné cenocytium → 8 mitóz → 1024-jaderné coenocytické prothaliu; archegonia ani oosféry nemá
- pylová láčka proroste do cenocytického megaprothalia
- obě spermatická jádra dané láčky oplodňují = „dvojitě oplození“
- po oplození → kompartmentalizace → dvě domény prothalia:
 - (1) mikropylární (větší, zůstává cenocytická, s centrální vakuolou)
 - (2) chalazální (menší, celulární ale se skupinkami jader každé buňce);
- zároveň se buněčnou stěnou obalí i zygotická jádra
- skupinky jader v buňkách chalazální domény → fúze → polyploidní buňky → mitóza → polyploidní živné pletivo → vyplní semeno = obdoba endospermu krytosemenných



Coenocytickou (nukleární) část mají ve zralém samičím prothaliu jen *Gnetum* a *Welwitschia* (ne ostatní nahosemenné), helobiální endosperm (zčásti cenocytický / zčásti celulární) je však typický pro bazální linie krytosemenných

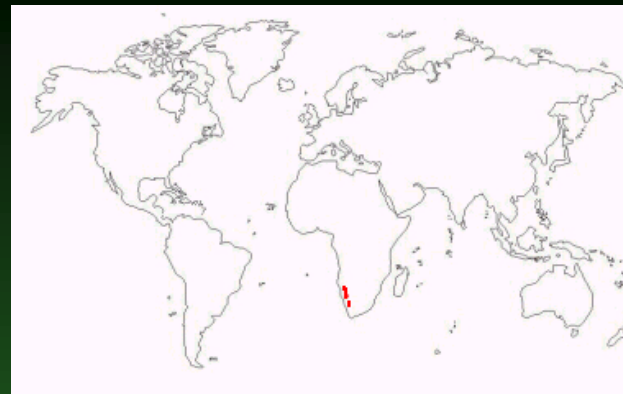
Gnetum gnemon pěstuje se v JV Asii jako ovoce



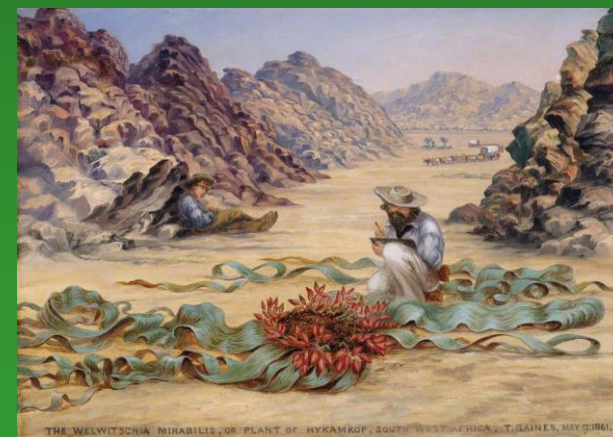
Welwitschiaceae – *Welwitschia* – 1/1

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 křulovitý, ca 3 m dlouhý



Listy - jen dva na vrcholu kmene,

- na bázi stále rostou, na koncích se působení větru třepí a odumírají
- obrovské (až 6 m dlouhé, široké až 1,5 m), pentlicovité, žebnaté



Listy - jen dva na vrcholu kmene,

- na bázi stále rostou, na koncích se působení větru třepí a odumírají
- obrovské (až 6 m dlouhé, široké až 1,5 m), pentlicovité, žebernaté
- silně sklerenchymatizované, takže připomínají spíše dřevo,
- rovnoběžná žilnatina, zanořené průduchy,
- CO₂ přijímá a ukládá v noci, fotosyntetizuje ve dne jako CAM sukulenty

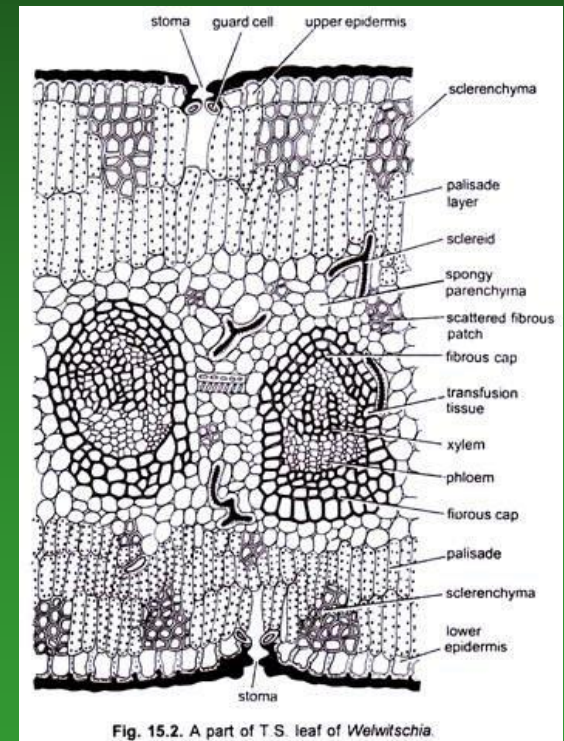


Fig. 15.2. A part of T.S. leaf of *Welwitschia*

Mikrostrobily – ze 4 řadě postavenými šupinami

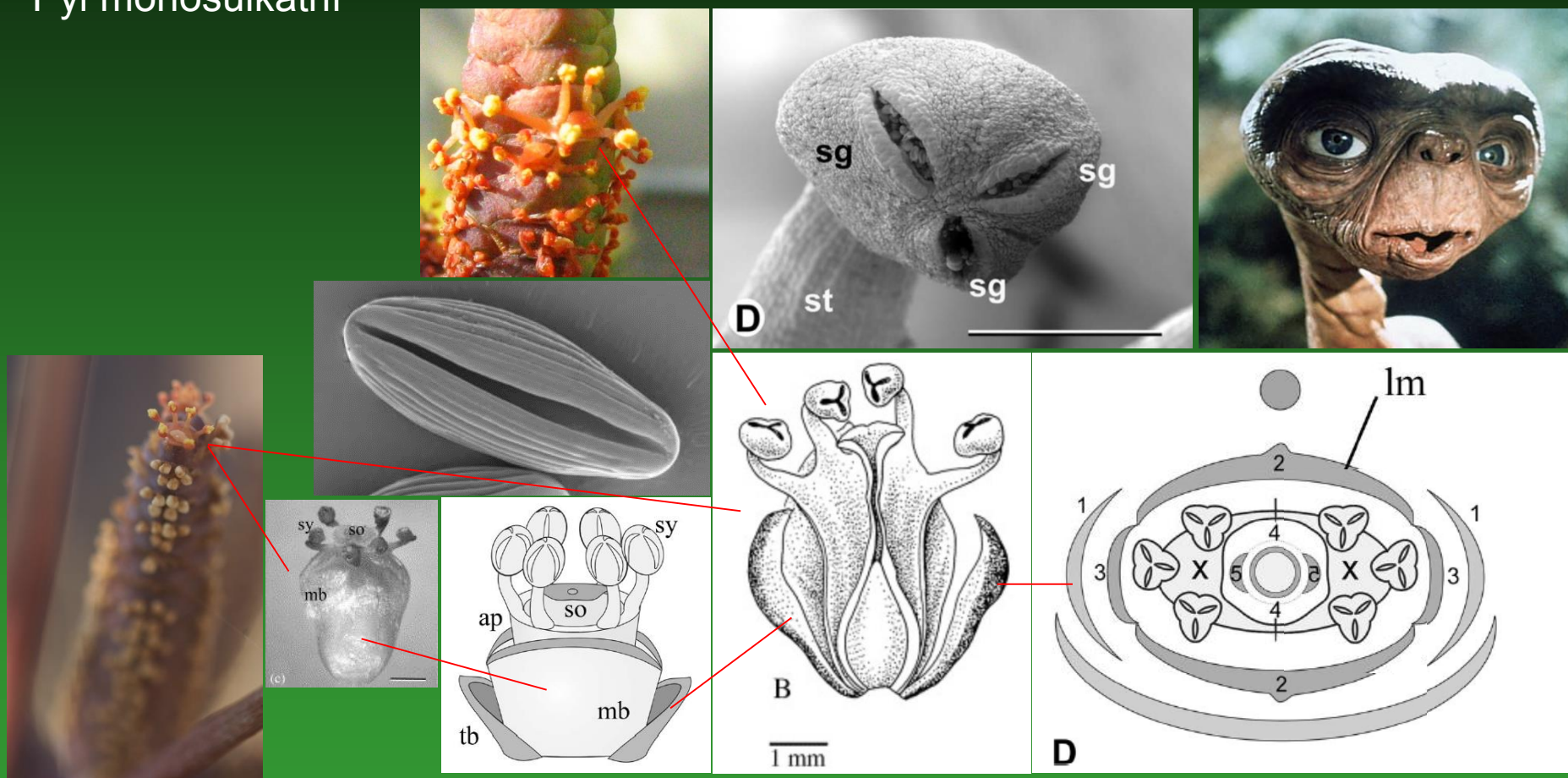


Synandrium = baňka 6 sroslých tyčinek

Synangia trojpodzdrá

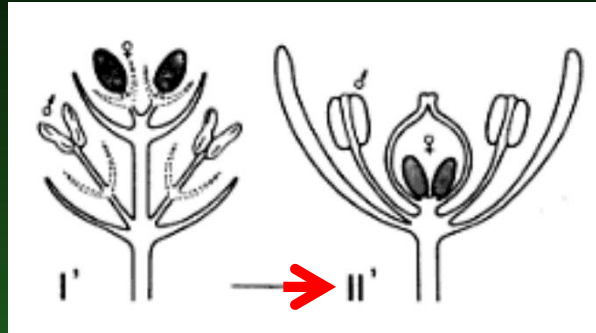
Ve středu baňky rudiment vajíčka

Pyl monosulkátní

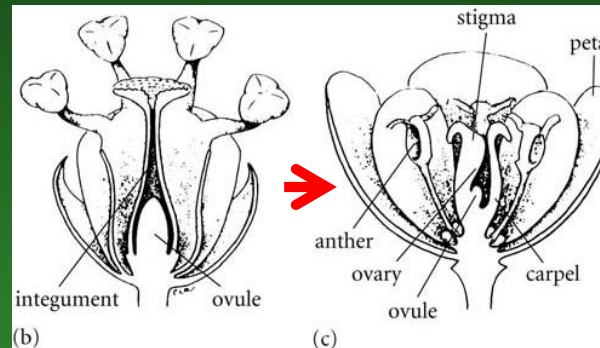


Pseudanthiová teorie evoluce květu

Ephedra

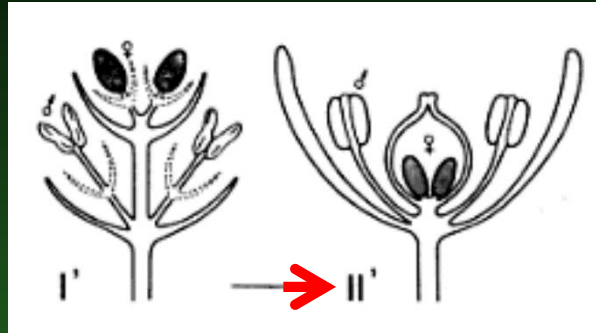


Welwitschia

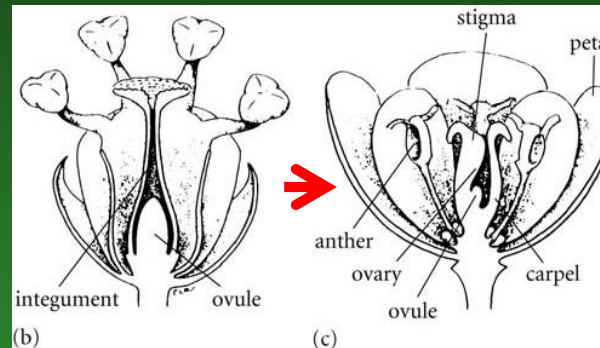


Pseudanthiová teorie evoluce květu

Ephedra



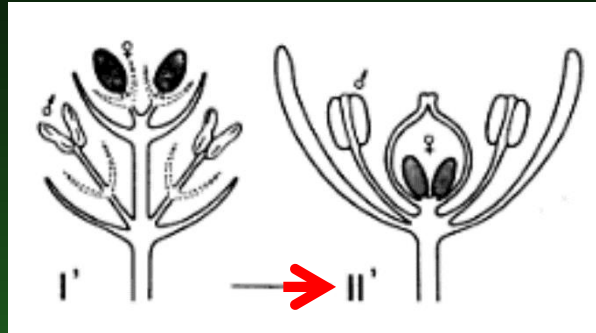
Welwitschia



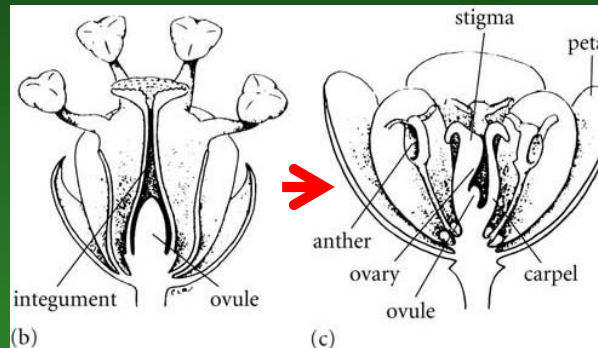
August Wilhelm Eichler
(1839-1887)

Pseudanthiová teorie evoluce květu

Ephedra



Welwitschia



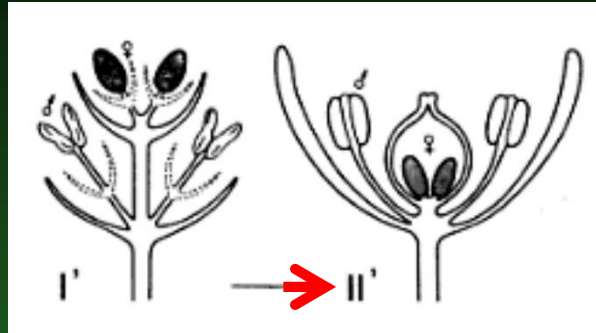
August Wilhelm Eichler
(1839-1887)

Květ vznikl z oboupohlavného složeného strobilu nahosemenných: Liánovce předchudci krytosemenných



Pseudanthiová teorie evoluce květu

Ephedra



„Květní obaly“

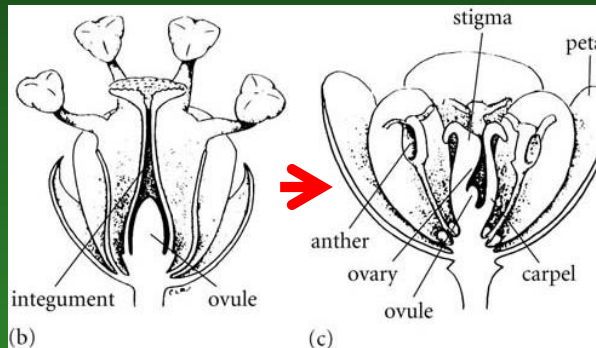


„Čnělka“ + „Nektar“

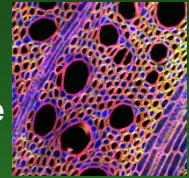


„Entomogamie“

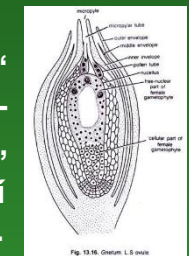
Welwitschia



Tracheje
„Dvojí oplození“



„Helobiální“
mega-
prothallium,
vymizení
archegonií ...



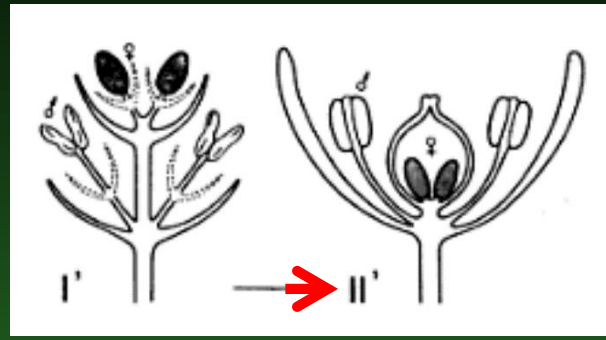
Květ vznikl z oboupohlavného složeného strobilu nahosemenných: Liánovce předchudci krytosemenných

August Wilhelm Eichler
(1839-1887)



Pseudanthiová teorie evoluce květu

Ephedra



„Květní obaly“

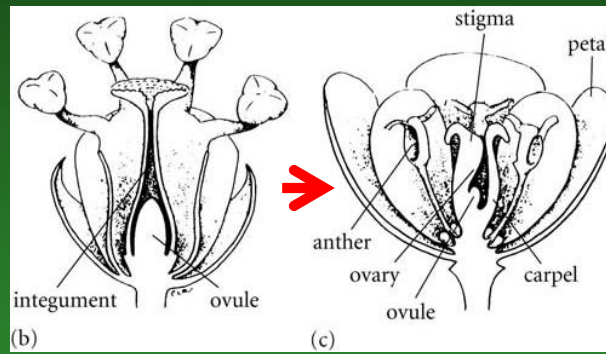


„Čnělka“ + „Nektar“

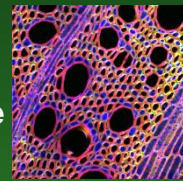


„Entomogamie“

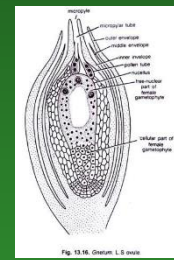
Welwitschia



Tracheje
„Dvojitá oplození“

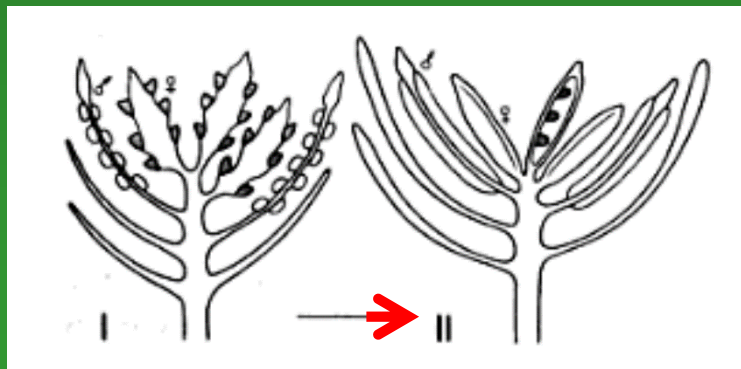


„Helobiální“
mega-
prothallium,
vymizení
archegonií ...



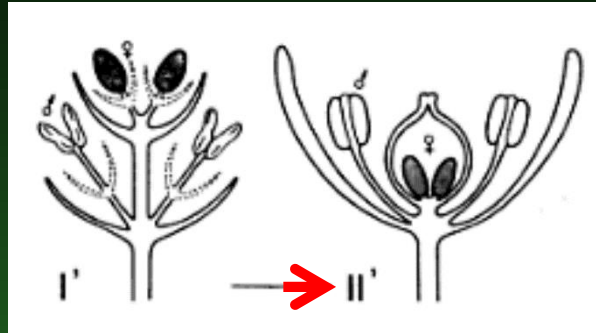
Euanthiová teorie evoluce květu

Cycadeoideopsida



Pseudanthiová teorie evoluce květu

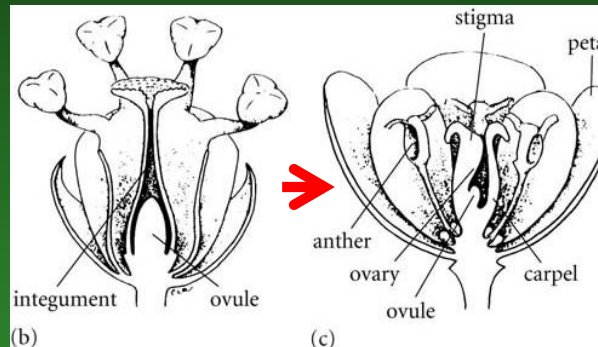
Ephedra



Hermafroditismus

„květů“ liánovců
není odvozený,
ale **původní!**
(acestrální)

Welwitschia



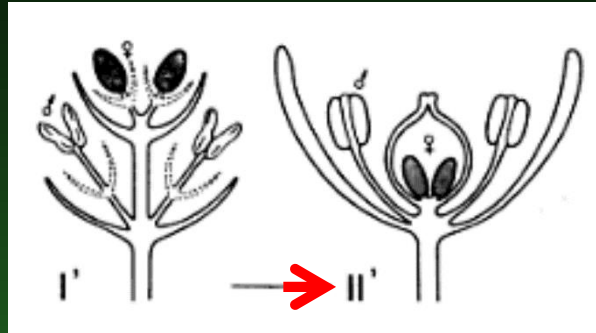
Opylení hmyzem

liánovců = znak
původní,

anemofilie = znak
odvozený

Pseudanthiová teorie evoluce květu

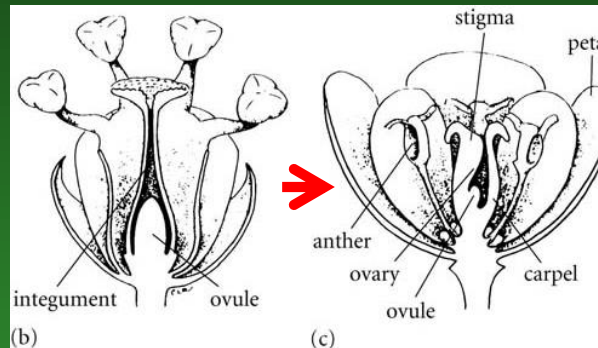
Ephedra



Hermafroditismus

„květů“ liánovců
není odvozený,
ale **původní!**
(acestrální)

Welwitschia



Opylení hmyzem
liánovců = znak
původní,

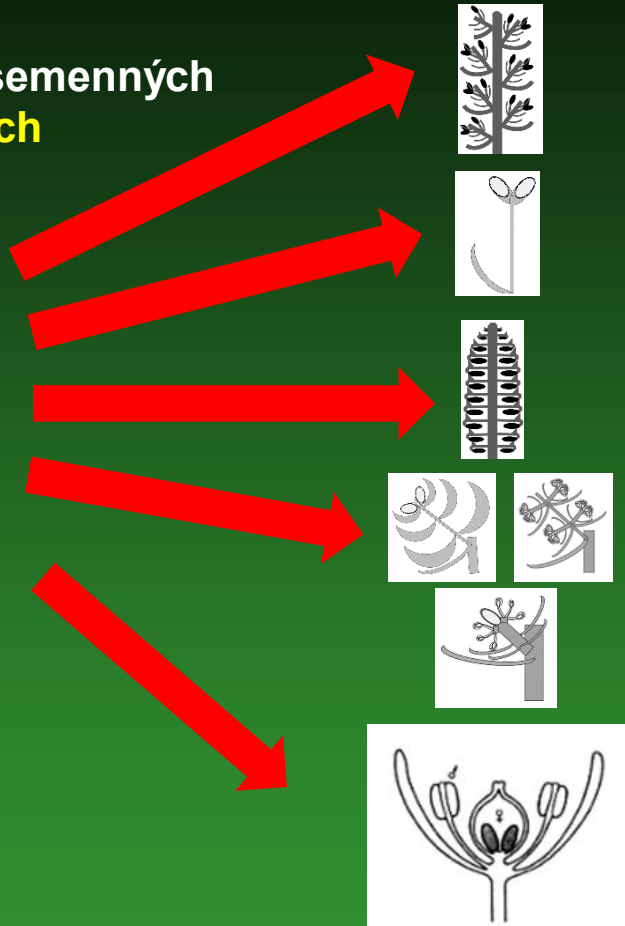
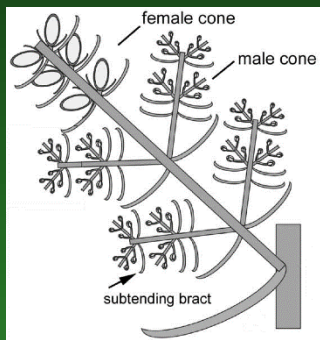
anemofilie = znak
odvozený

Liánovce nejsou „předstupněm“ krytosemenných, ale paralelní linií, vzniklou ze společného předka nahosemenných a krytosemenných

Pseudanthiová teorie evoluce květu

**Ancestor nahosemenných
i krytosemenných**

měl složené oboupohlavné
šišky (strobily)



kordaity

jinany

cykasy (vč. bennetitů)
jehličnany

liánovce (*Ephedra*, *Gnetum*,
Welwitschia a vyhynulé)

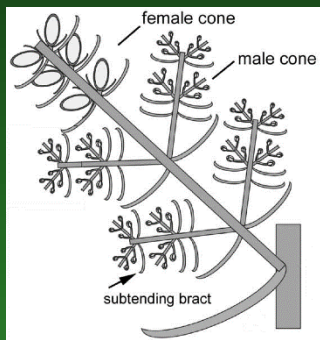
krytosemenné

Liánovce nejsou „předstupněm“ krytosemenných, ale paralelní linií, vzniklou ze společného předka nahosemenných a krytosemenných, který měl složené oboupohlavné strobily

Pseudanthiová teorie evoluce květu

Ancestor nahosemenných
i krytosemenných

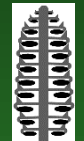
měl složené oboupohlavné
šišky (strobily)



kordaity



jinany



cykasy (vč. bennetitů)
jehličnany



liánovce (*Ephedra*, *Gnetum*,
Welwitschia a vyhynulé)



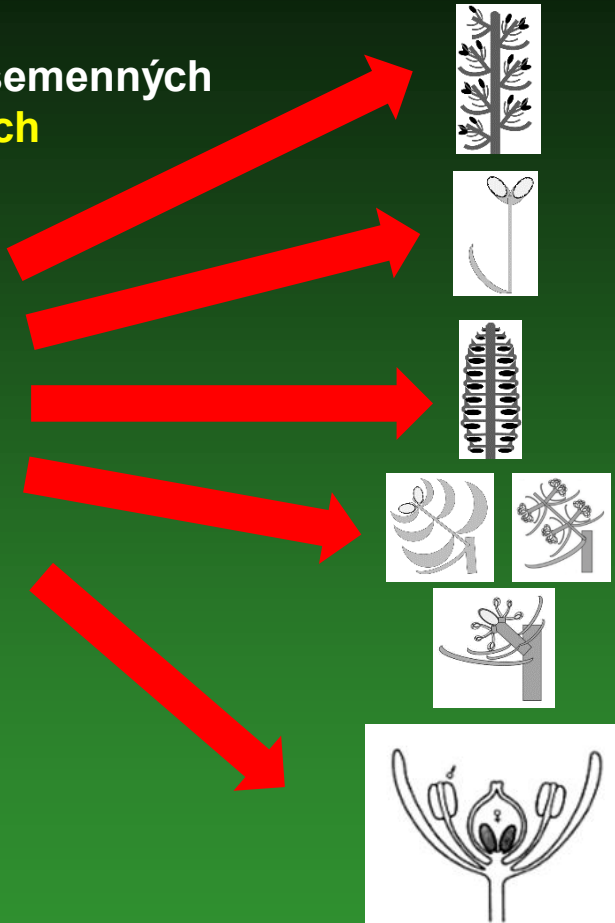
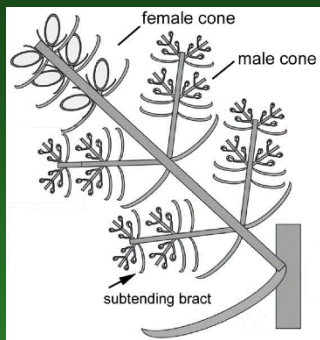
krytosemenné

Liánovce nejsou „předstupněm“ krytosemenných, ale paralelní linií, vzniklou ze společného předka nahosemenných a krytosemenných, který měl složené oboupohlavné strobily

Pseudanthiová teorie evoluce květu

Ancestor nahosemenných
i krytosemenných

měl složené oboupohlavné
šišky (strobily)



kordaity

jinany

cykasy (vč. bennetitů)
jehličnany

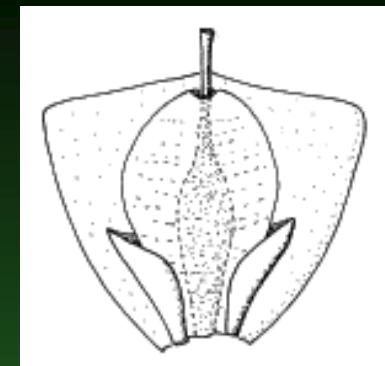
liánovce (*Ephedra*, *Gnetum*,
Welwitschia a vyhynulé)

krytosemenné

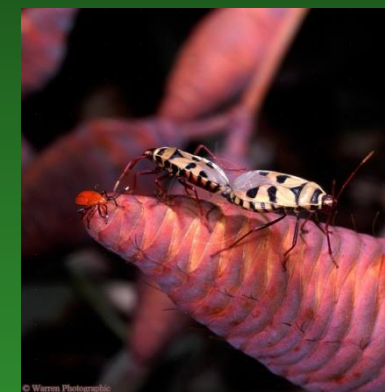
Genů exprimované v oboupohlavném květu krytosemenných se podobají
těm, exprimovaných v samčích strobilech, nikoli těm v samičích

Samičí šištice

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

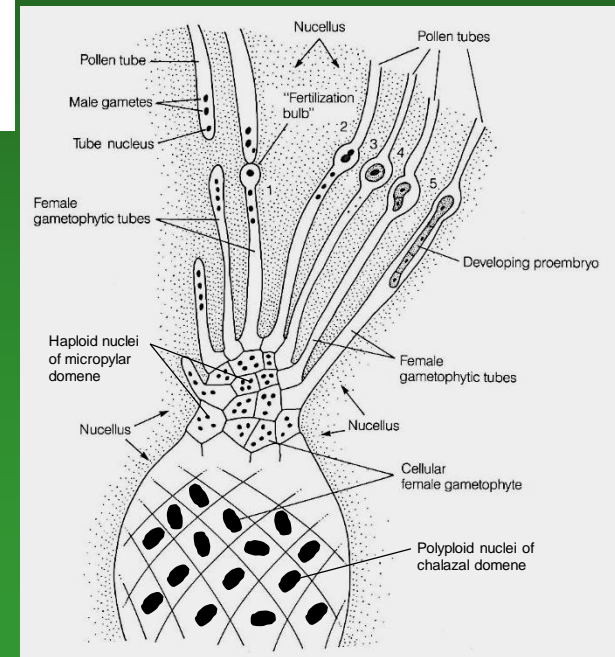
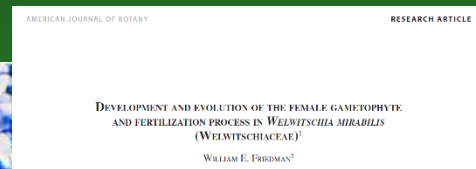
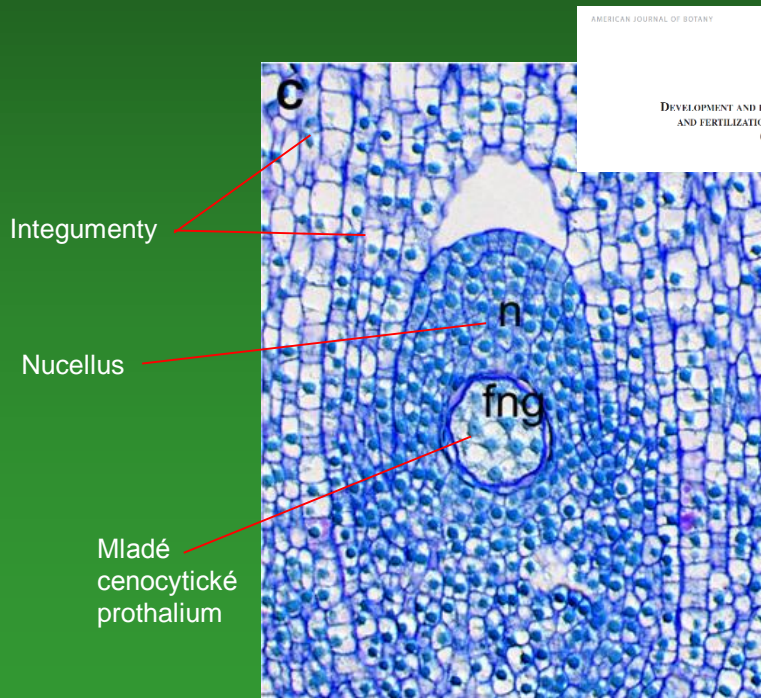


Opylení větrem nebo
plošticemi *Probergrothius
sexpunctatus*



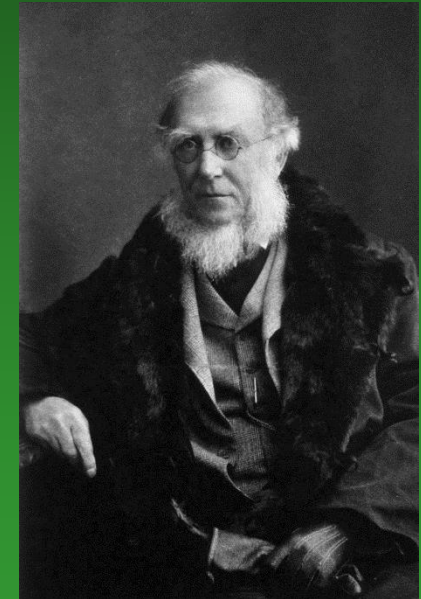
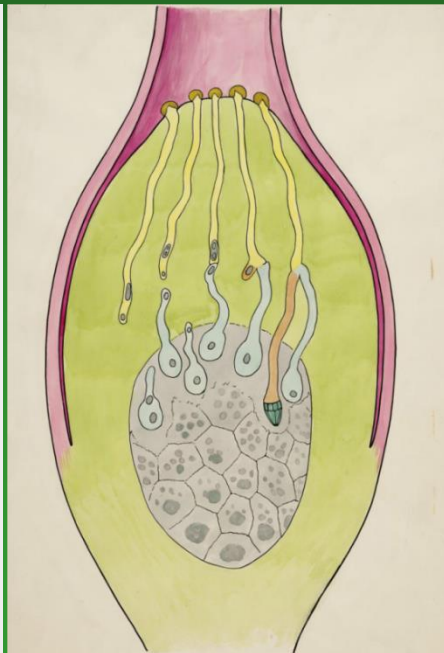
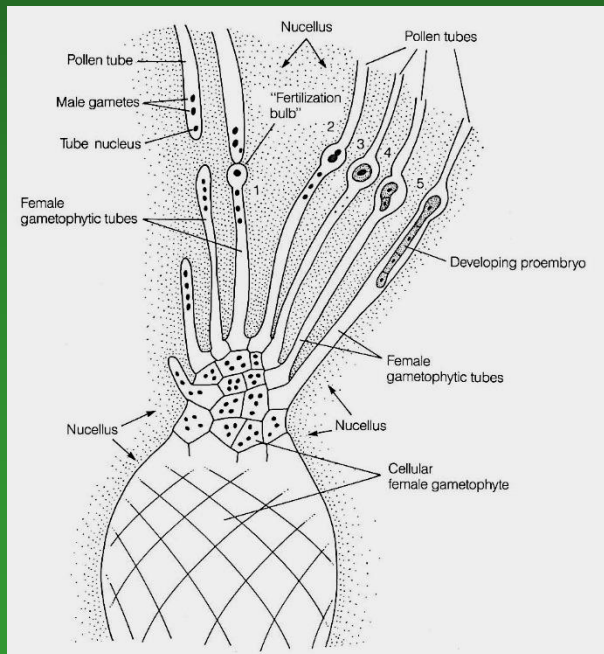
Vývoj vajíčka – zpočátku podobný jako u *Gnetum*

- přežijí všechny 4 meiotická jádra → 4-jaderné cenocytium
- 4-jaderné cenocytium → 8 mitóz (ca 10 dní) → 1024-jaderné coenocytické prothalamium; archegonia ani oosféry nemá
- kompartmentalizace (= kolem skupin jader se vytvářejí buněčné stěny) → 2 domény:
 - (1) menší mikropylární (3-6 jaderné kompartmenty)
 - (2) větší chalazální (vyživovací, mnohojaderné kompartmenty)
- v chalazální doméně splynutím → vysoce polyploidní jádra → mitóza → polyploidní živné pletivo → vyplní semeno = obdoba endospermu krytosemenných



Oplození – „potkají se láčky“

- v mikropylární doméně jádra nefúzíjí většina cenocytů začne tvořit „prothaliové láčky“ rostoucí do nucellu, ten je podporuje v růstu směrem k pylové komoře;
- haploidní jádra migrují do konců prothaliových láček
- z pylové komory do nucellu naproti „prothaliovým“ láčkám rostou láčky pylové, každá na konci se 2 spermatickými jádry
- pylová a prothaliová láčka se setkají a propojí v nucellu
- kontakt spermatického jádra s haploidní samičí buňkou → utvoří se kolem ní membrána, do které spermatické jádro pronikne → zygota
- embryo roste směrem do megaprothalia



Prothaliové láčky u *Welwitschia* objevil již v roce 1863 britský botanik Joseph Dalton Hooker (1817–1911)

Semena okřídlená - anemochorie



V místech, kde se vyskytuje, neprší. Vláhu získává z husté mlhy pronikající od pobřeží do vnitrozemí. Najdeme ji proto až 100 km od pobřeží. radiokarbonovou metodou bylo zjištěno, že se dožívá stáří až 2.000 let



Shrnutí: unikátní znaky nahosemenných rostlin

odlišující je od

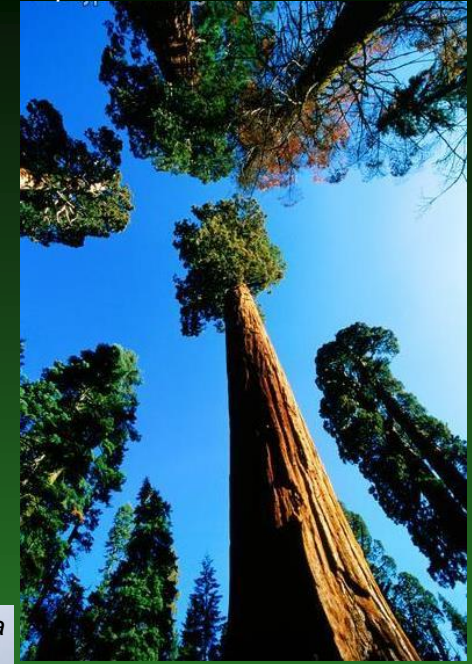
krytosemenných rostlin

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) dlouhověkost však znamená i zpomalení mutačního tempa, molekulární studie prokazují, že nahosemenné jsou organismy s velmi pomalým evolučním tempem

Sequoiadedron



Zamia



Ephedra



Juniperus



Ginkgo

Dominantně dřevinný charakter je dán evoluční novinkou semenných rostlin:

bifaciálním kambiem

Dominantně dřevinný charakter je dán evoluční novinkou semenných rostlin:

bifaciálním kambiem

Regulovat funkci kambia (= vypínat jeho aktivitu) však dokážou jen krytosemenné !!!

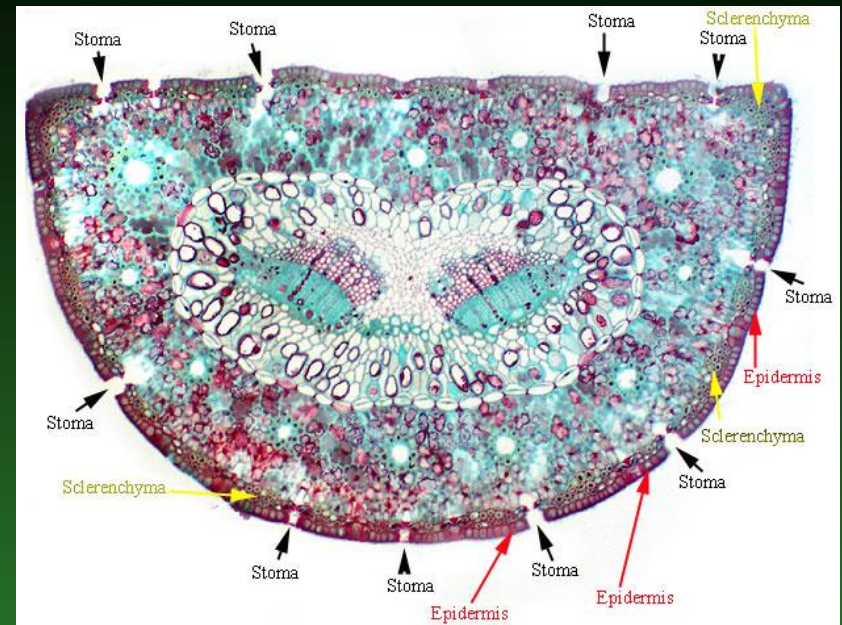
**Dominantně dřevinný charakter je dán také
adaptací na suché klima**

**Dominantně dřevinný charakter je dán také
adaptací na suché klima**

**Většina linií nahosemenných
se objevila a stala dominantními
v klimaticky suchém permu**

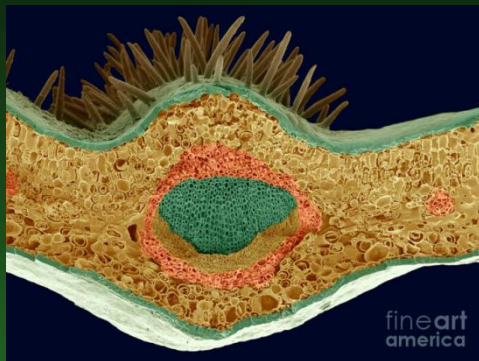
2. Xeromorfní adaptace listů

- 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

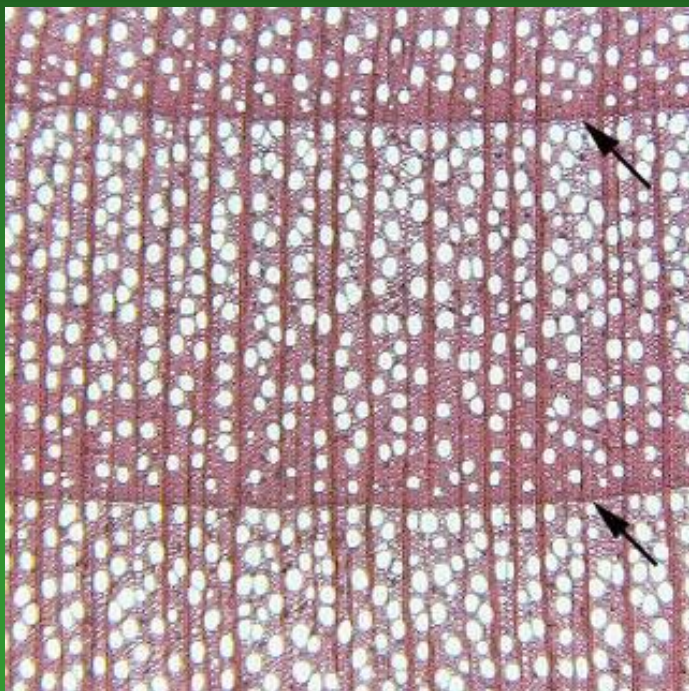


Picea jedna žilka jehlicovitém listu



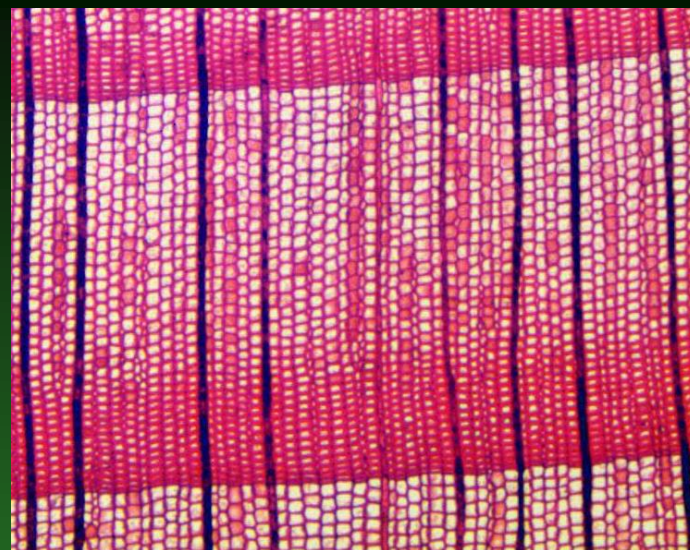
4. Homoxylární dřevo

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



hrušeň (*Pyrus*)
příčný řez

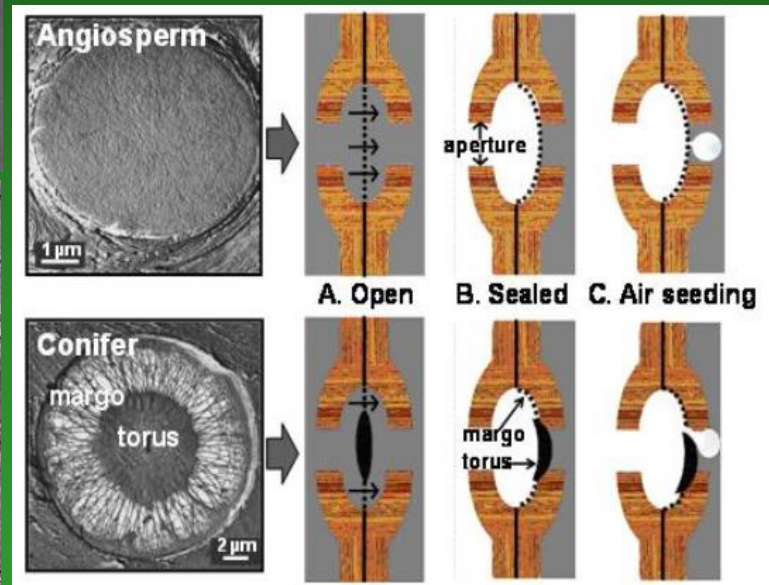
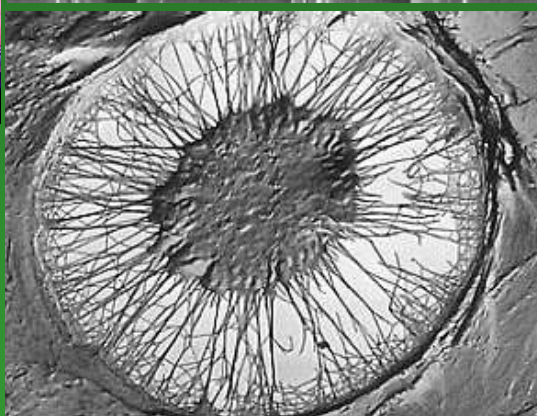
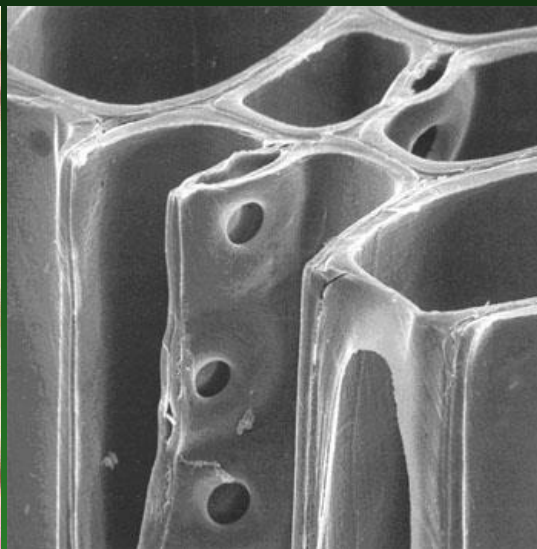
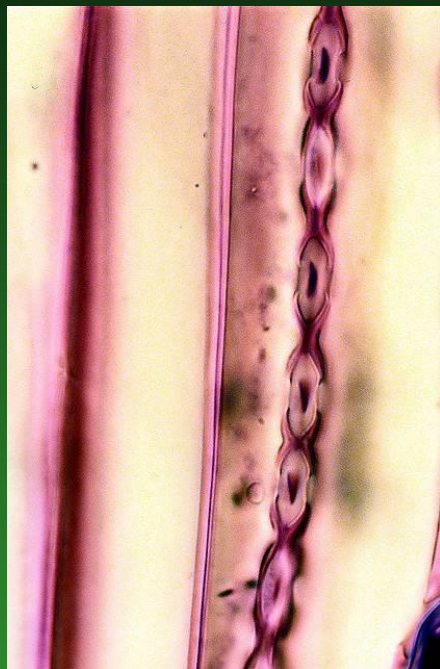
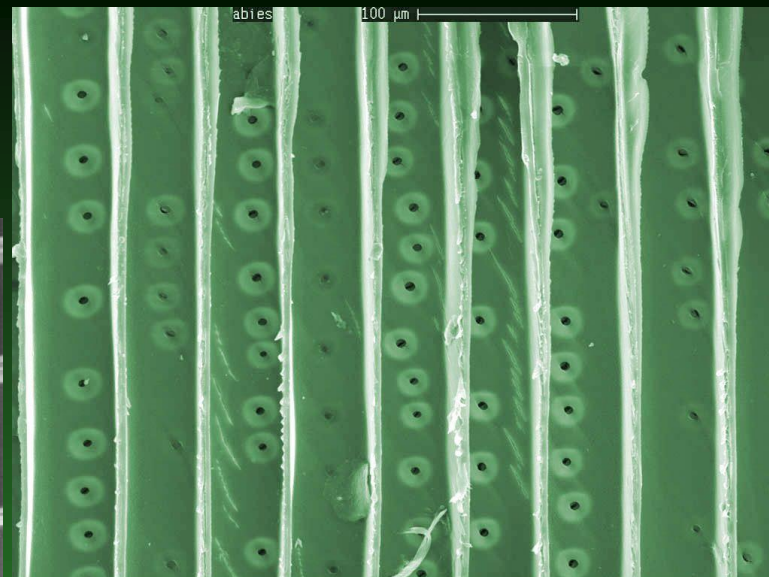
dřevo s trachejemi
= transpirační proud **desítky m / h**



zerav (*Thuja*)
příčný řez

dřevo bez trachejí
= transpirační proud
jednotky m / h

5. Tracheidy s dvůrkatými tečkami



**Dominantně dřevinný charakter je dán také
adaptací na přenos pylu větrem**

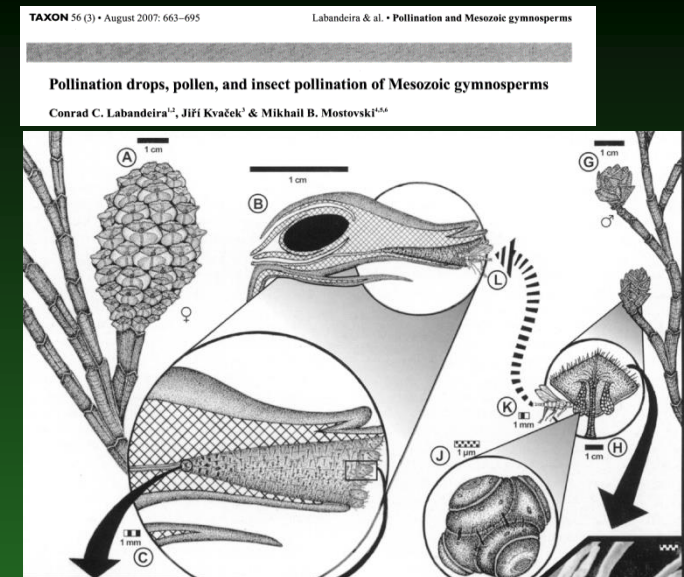
6. Dominující anemogamie

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



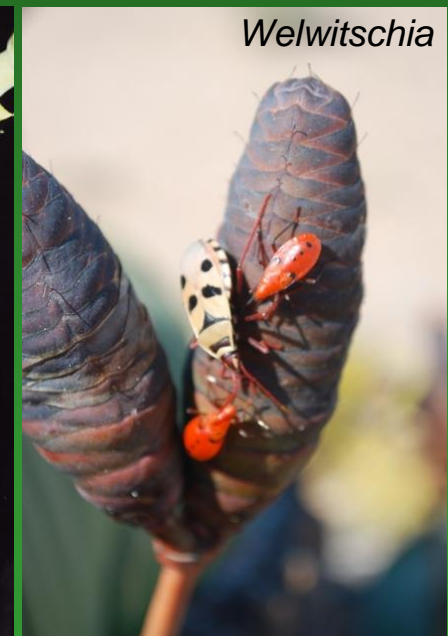
Cycadeoideopsida



Gnetum



Welwitschia



8. Generativní orgány v šišticích

(megastrobilech a mikrostrombilech) = 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

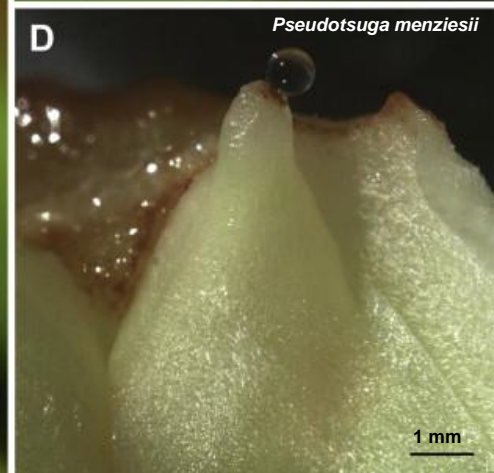
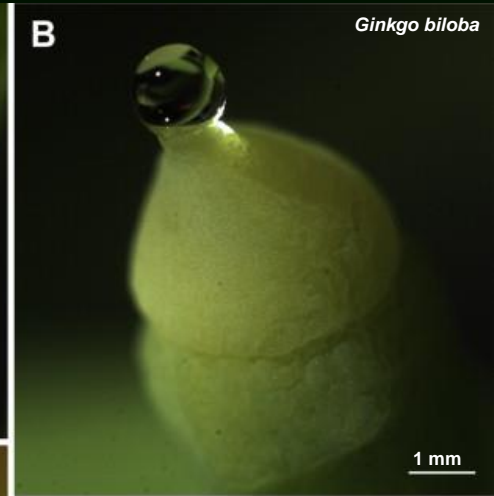
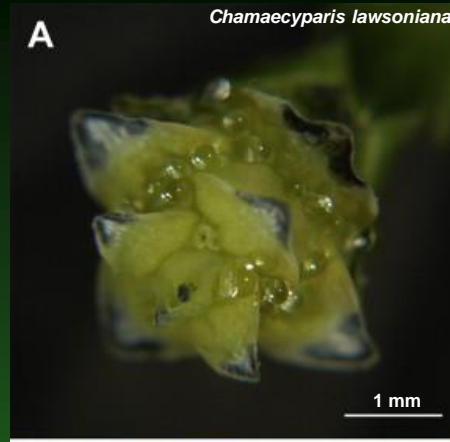
= „blizna“/„nektar“ nahosemenných

Polinační tekutina = produkt nucellu

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

Láká hmyzí opylovače, kteří ji konzumují

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 = prothaliová 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

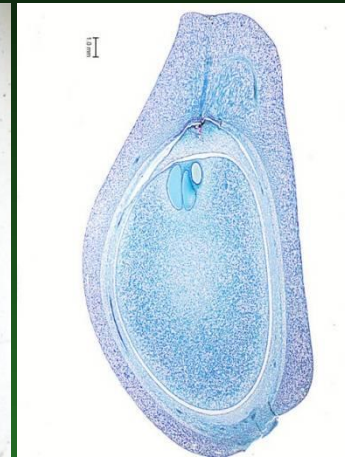
tendence od
jednoduchých archegonií
k „nahým“ oosférám

primární živné pletivo

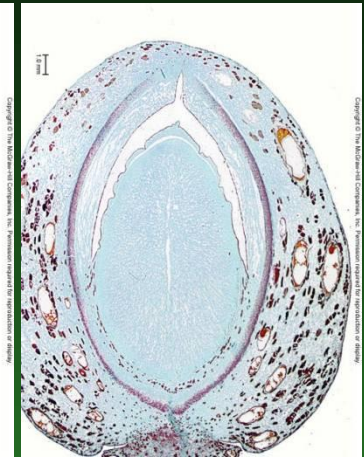
1. *Cordaites*



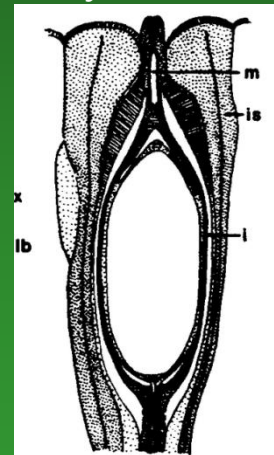
2. *Cycas*



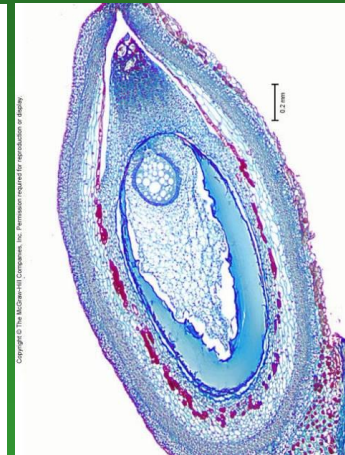
3. *Ginkgo*



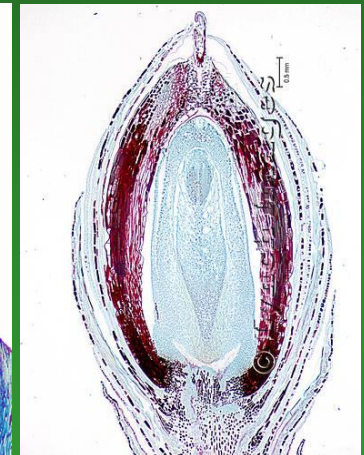
4. *Cycadeoidea*



5. *Pinus*



6. *Ephedra*



12. Korelace pohlavnosti a mechanismu šíření:

Dvoudomé linie – zpravidla endozoochorní
(kordaity, cykasy, jinany, Podocarpaceae, ale také Taxaceae, jalovec, většina liánovců kromě *Welvichia*)

Jednodomé linie – zpravidla anemochorní
(ostatní nahosemenné)

ostatní jednodomé se suchými semeny

13. 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