

# Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

## Nahosemenné

### Petr Bureš



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Společné znaky semenných rostlin, (nahosemenných i krytosemenných)

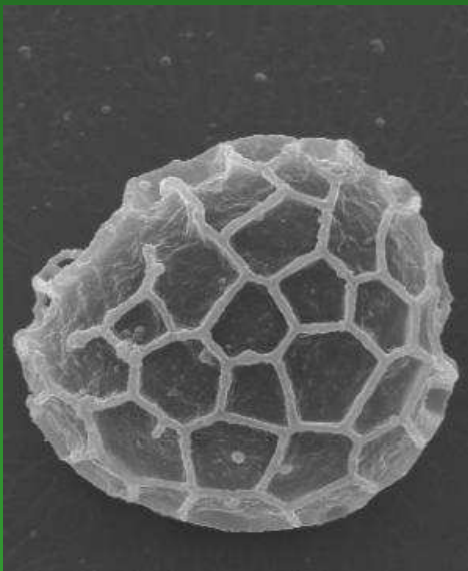
odlišující je od

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

# 1. Spora vers. semeno

## Spora čili výtrus

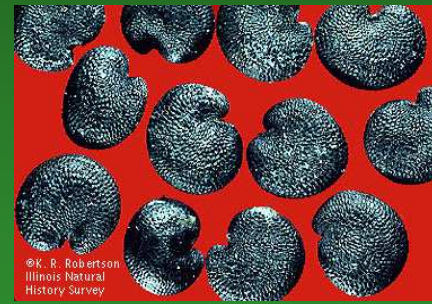
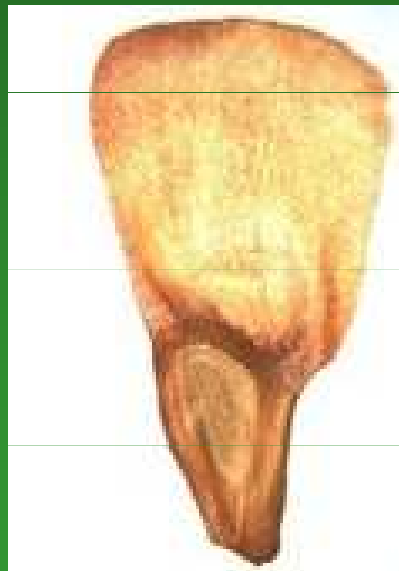
jednobuněčné  
rozmnožovací tělísko,  
vzniklé meiotickým  
dělením v zárodečné  
vrstvě sporangia



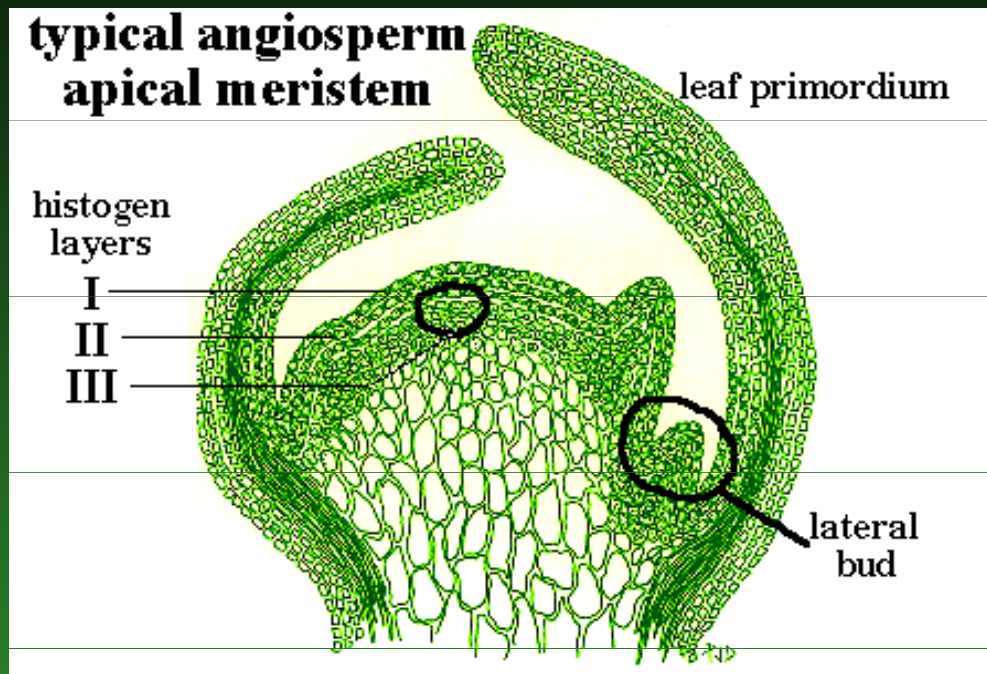
spóra *Lycopodium clavatum*

## Semeno

mnohobuněčný rozmnožovací orgán vzniklý z  
oplozeného vajíčka, na povrchu s osemením (testou)  
= přeměněný integument  
uvnitř s živným pletivem – primárním (megaprothalamium  
nahosemenných) nebo sekundárním (endosperm) a  
zárodkem (embryo)

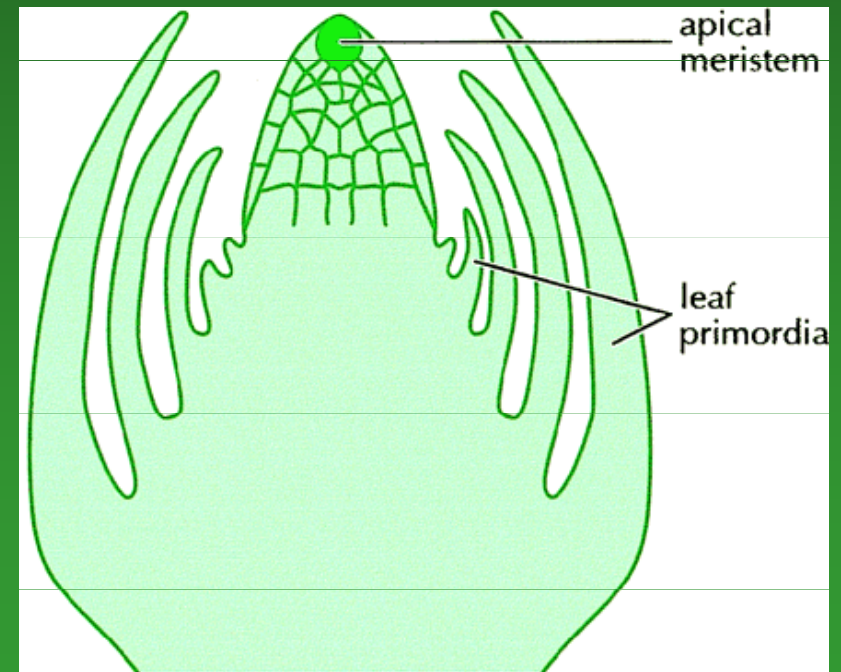


## 2. Apikální meristém



U semenných rostlin (nahosemenných i krytosemenných) je apikální meristém mnohobuněčný, vícevrstevný

U výtrusných vyšších rostlin (mechorostů, plavuní a monilofytů) je apikální meristém tvořený jedinou buňkou.



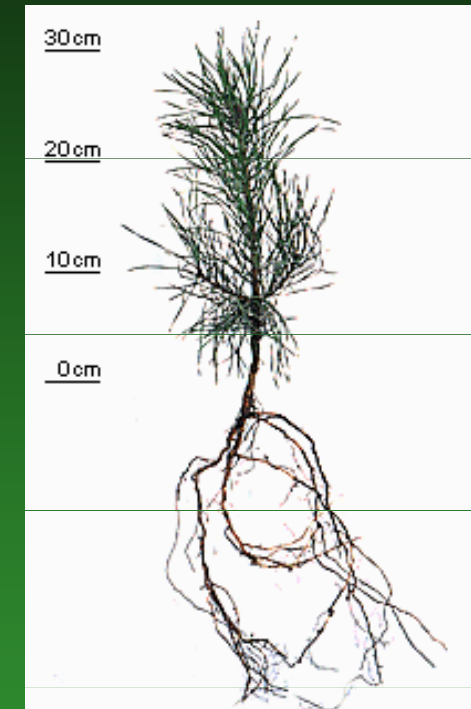
# 3. Pravé kořeny

Nepravé kořeny výtrusných



Pravé kořeny semenných rostlin

semenáček borovice



klíčící cykas



klíčící jinan



klíčící hrách

# 4. Vodivé elementy stonku

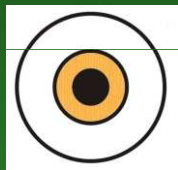
plavuňová větev



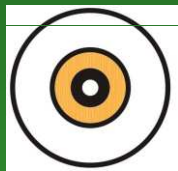
Plektostélé – odvozeno od protostélé, ve válci lýka roztroušené provazce dřeva (plavuně)



Aktinostélé – odvozeno od protostélé (plavuně, eusporangiátní kapradiny)



Protostélé – nejpůvodnější typ (ryniiofyty, palvuně, vz. kapradiny)



Sifonostélé – odvozeno od protostélé, v centrální části válec dřeně (sifon), (kapradiny)

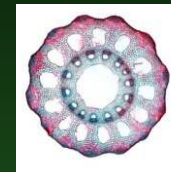


Solenostélé – odvozený typ od sifonostélé (dutina, lýko, dřevo, lýko) *Adiantum*, *Dicksonia*, *Marsilia*



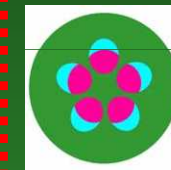
Diktyostélé – odvozeno od solenostélé, síť dřevostředných cévních svazků v oddencích kapradin

kapradňová větev



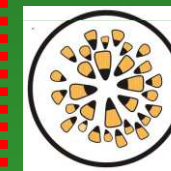
Arthrostélé – odvozeno od sifonostélé, do kruhu uspořádané uzavřené cévní svazky ve stoncích přesliček

přesličková větev



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

**nahosemenné a dvouděložné**



Ataktostélé – odvozený typ od eustélé, u tohoto typu se cévní svazky nepravidelně rozložily v parenchymu, nevyvíjí se zde kambium a rostliny tohoto typu tedy nemohou druhotně tloustnout

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

## Semenné rostliny

# 5. Pokročilá redukce gametofytu

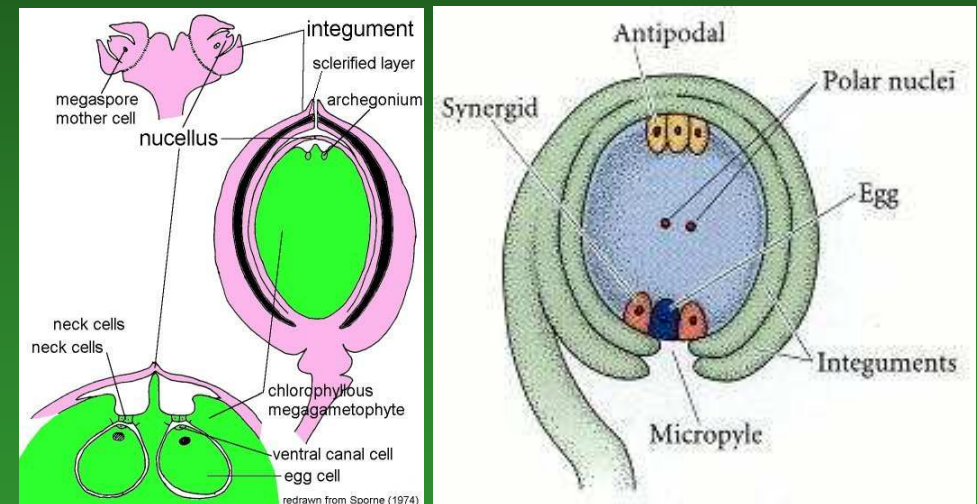
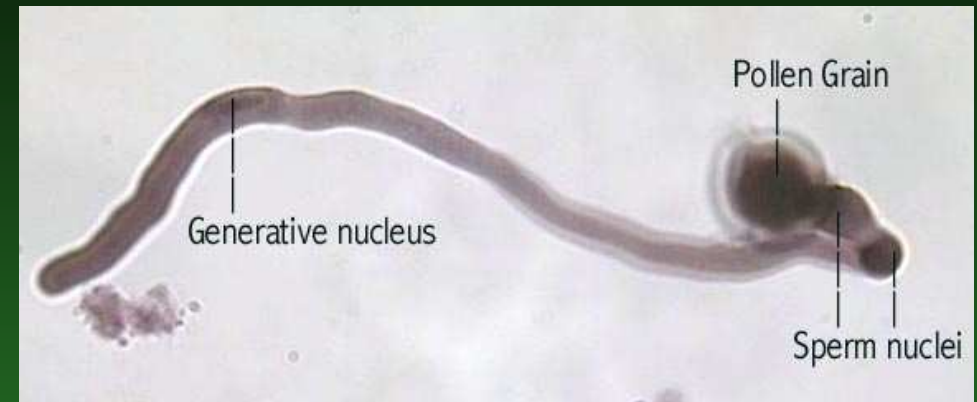
## Mikroprothalamium

= samčí gametofyt tvoří jen 5–3 buňky. – vývoj má několik fází:

- (1) v mikrasporangiu mnoho mikrospor
- (2) mikrospora se v mikrasporangiu endosporicky diferencuje 2-3 buněčné pylové zrno
- (3) pylové zrno (nezralý gametofyt) opouští mikrasporangium
- (4) na samičím orgánu blána úvodní spory (nyní pylového zrna praská) a gametofyt dozrává:
- (5) tvoří se pylová láčka vyživovaná u nahosemenných pletivem nucellu u krytosemenných pletivy pestíku
- (6) tvoří se 2 spermatozoidy nebo 2 spermatické buňky na konci láčky

## Megaprothalamium

- (1) jediná megaspóra v megasporangiu - nikdy jej neopustí
- (2) z megaspóry se diferencuje megaprothalamium uvnitř vajíčka = megaprothalamium je tak obaleno jak stěnou megasporangia, tak integumentem
- (3) u krytosemenných je megaprothaliem jen 8-jaderný zárodečný vak



nahosemenné

krytosemenné

# 6. Evoluce parazitismu a myko-heterotrofie

- Výtrusné autotrofní rostliny (řasy, mechorosty, plavuně a kaprad'orosty) nevytvářejí parazitické formy (výjimečně jen myko-heterotrofní gametofyty plavuní, a *Psilotales*)
- 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*



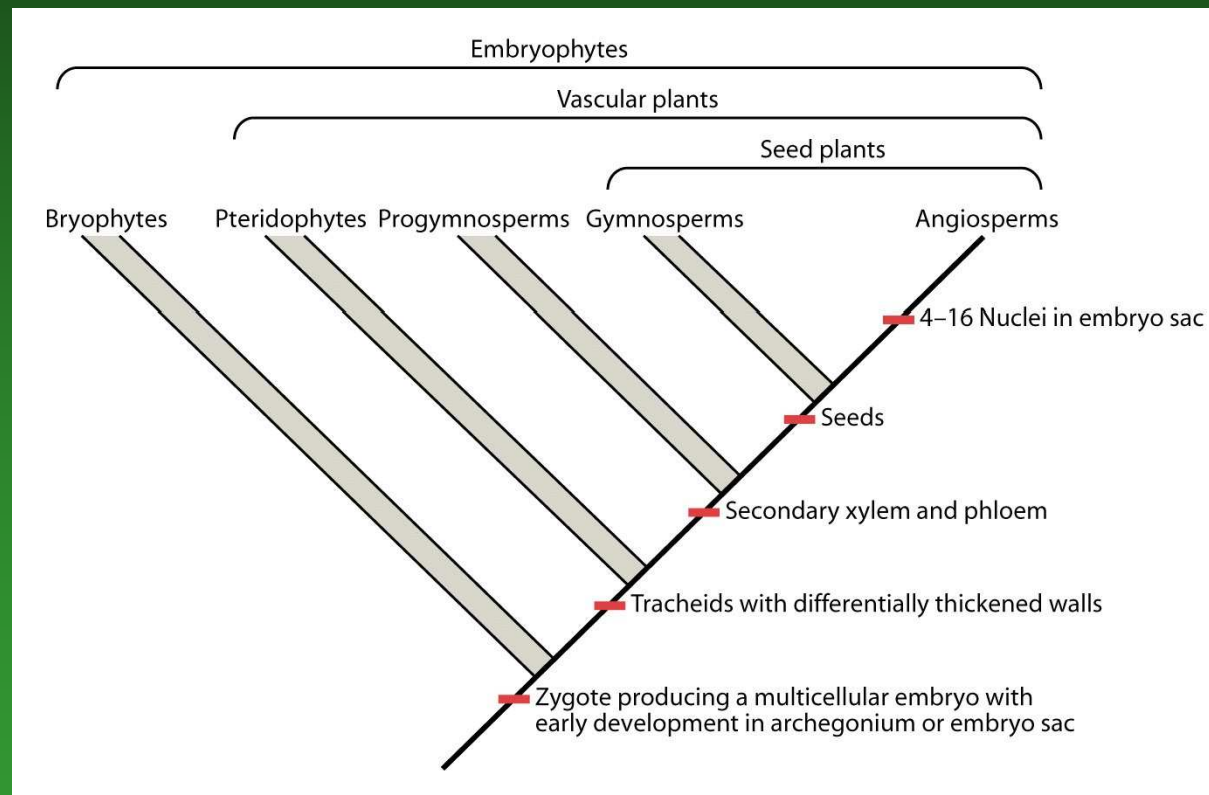
*Rafflesia, Rafflesiaceae*

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



# „pranaosemenné“

Heterosporické výtrusné rostliny se stavbou dřeva blízkou jehličnanům

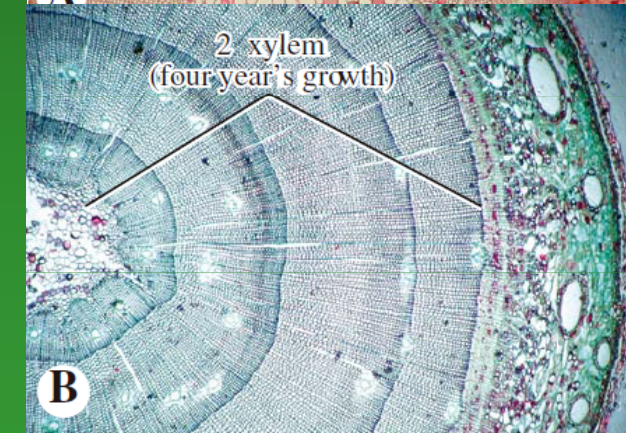
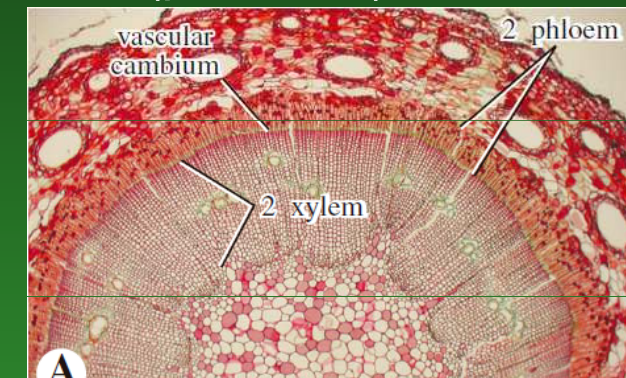
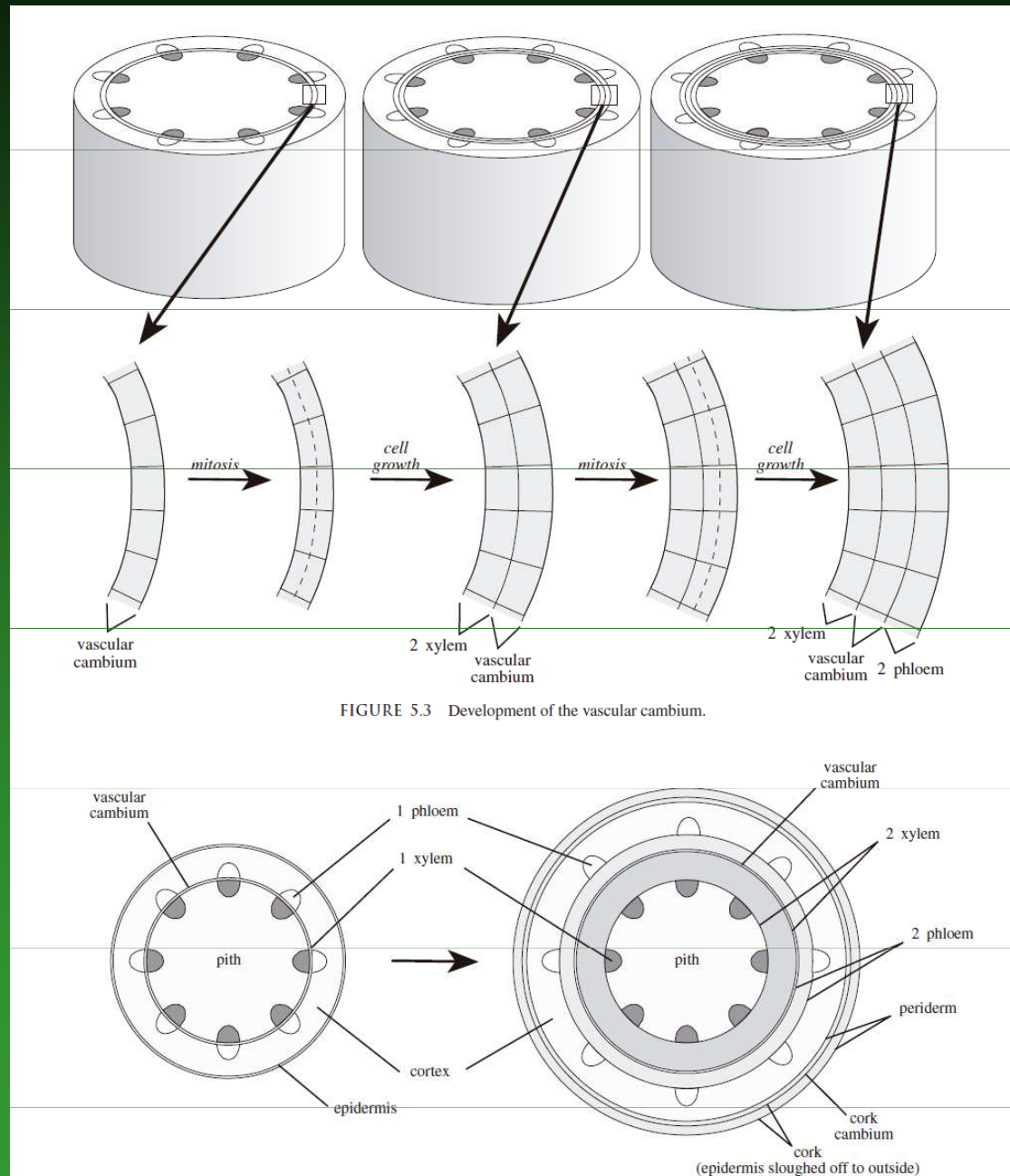


## Evolučními novinkami pranahosemenných jsou

(1) **kambium** =>  
schopnost sekundárního  
tloušťnutí, možnost růstu do  
větší výšky, schopnost nést  
těžké větve

+

(2) **korkové kambium** =>  
kůra (periderm)



1-letá a tříletá borovice

Podobné sekundární meristémy se nezávisle vyvinuly  
také u stromových plavuní a stromových přesliček

# Devon – karbon, stromy, keře vzhledu jehličnanů, kmen kryla korková borka

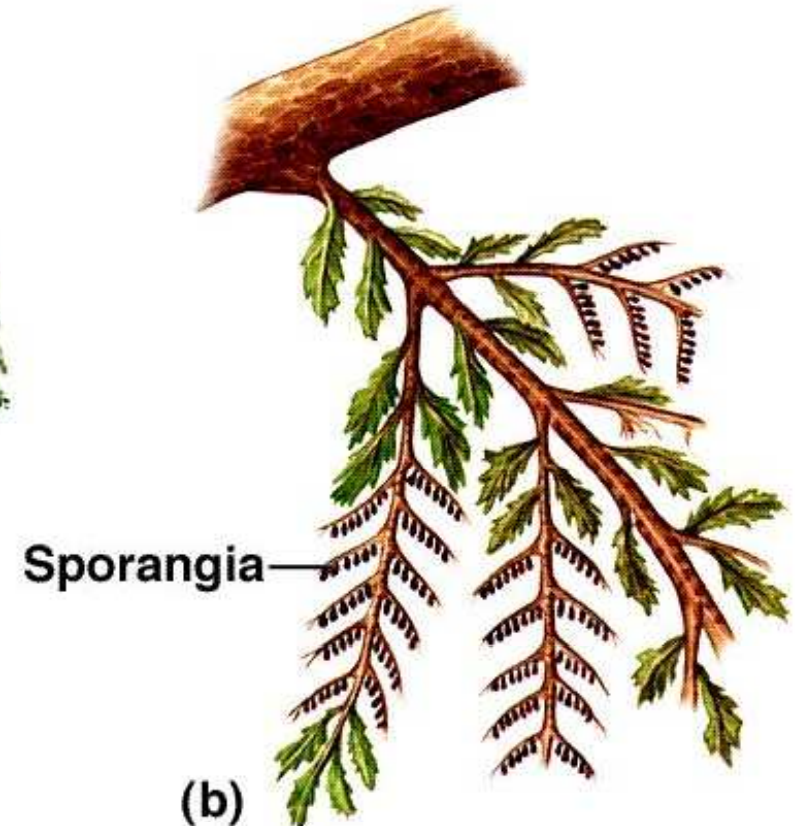


Randy Moore, Dennis Clark, And Darrell Vodopich, Botany Visual Resource Library © 1998 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

## Progymnosperms



(a)



(b)

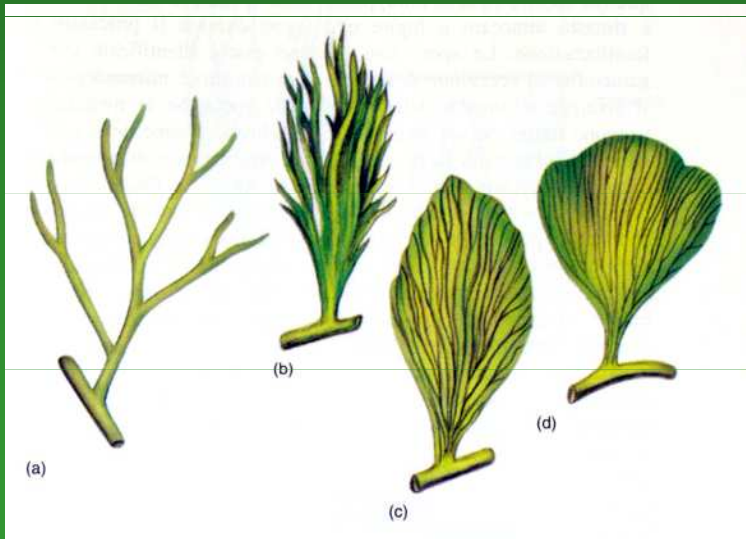
sekundárně tloustnoucí kmen, pyknoxylický (kompaktní stavby s minimem parenchymu); větve uspořádané spirálně

# Archaeopteris

stromy 4–8 m vysoké



listy 1x zpeřené

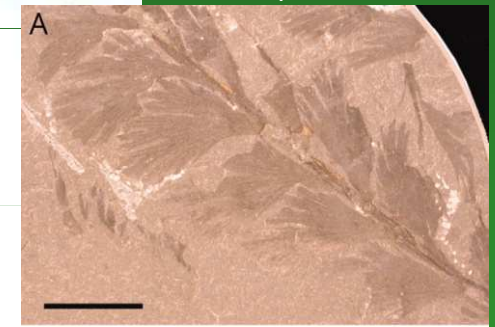


úkrojky s vějířovitou žilnatinou



tvar  
úkrojků  
druhovým  
znakem

*Archaeopteris macilenta*



*Archaeopteris obtusa*

# Archaeopteris - sporangia

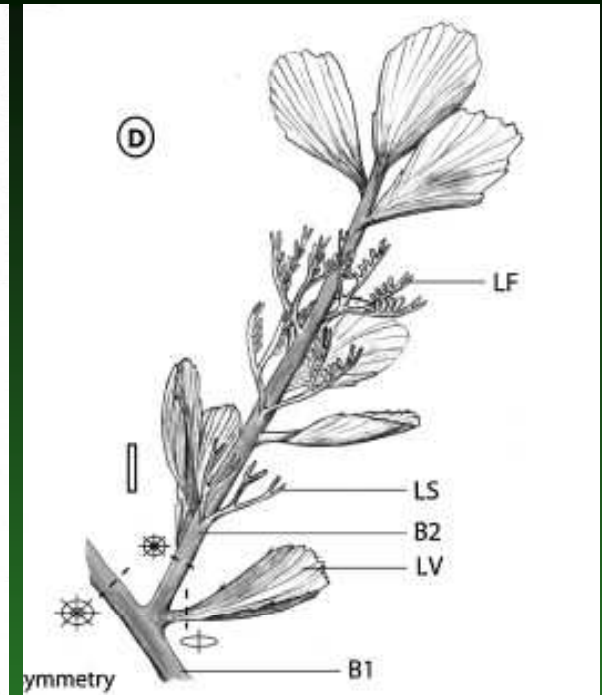
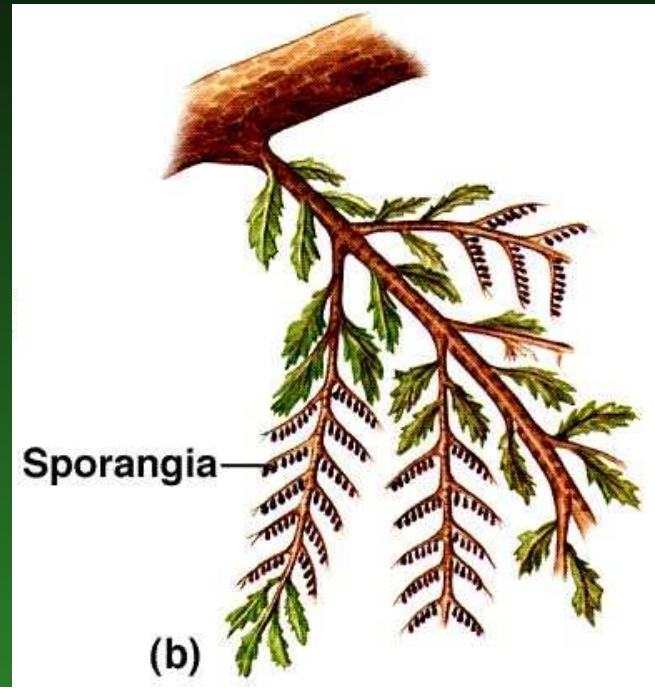
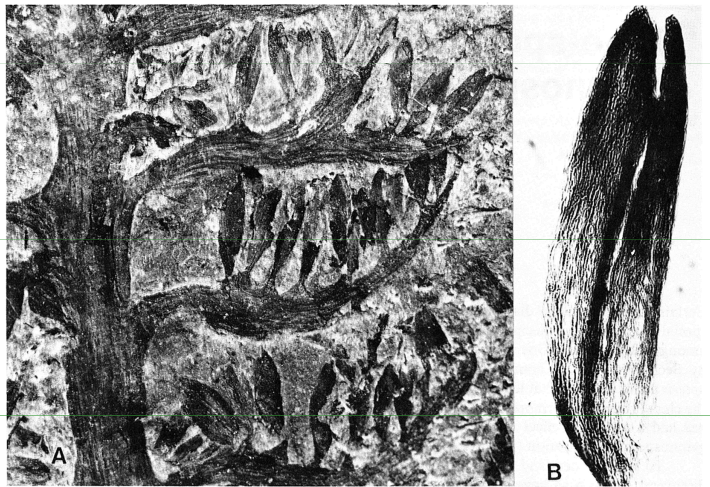


Figure 21.2. A. *Archaeopteris halliana*, sporangia attached along upper surface of dichotomously divided fertile leaves. B. *Archaeopteris* sp., single sporangium showing longitudinal dehiscence. A,B: Upper Devonian. (A,B from Phillips, Andrews, & Gensel, 1972.)



Vřetenovitá sporangia s podélnou dehiscencí na vidličnatě větvených „strobilech“ = přeměněných listových úkrojcích

Mikrosporangia a megasporangia se tvarem nelišila

Megasporangia obsahovala více megaspór

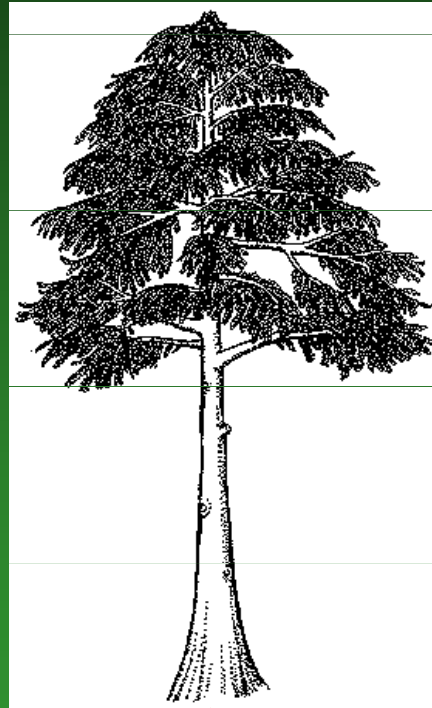
Mikrospóry 30-70  $\mu\text{m}$ ; megaspóry 100-500  $\mu\text{m}$

*Archaeopteris* tvoří fylogenetický spojovací článek mezi kapradinami a kordaity a na ně navazujícími jehličnany

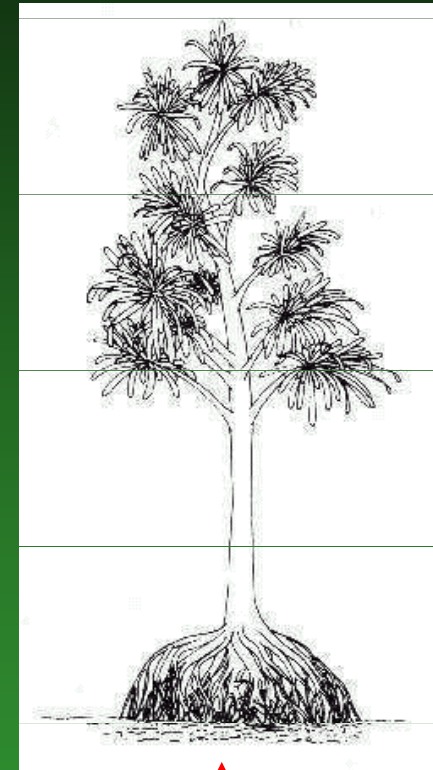
*Cyathea*



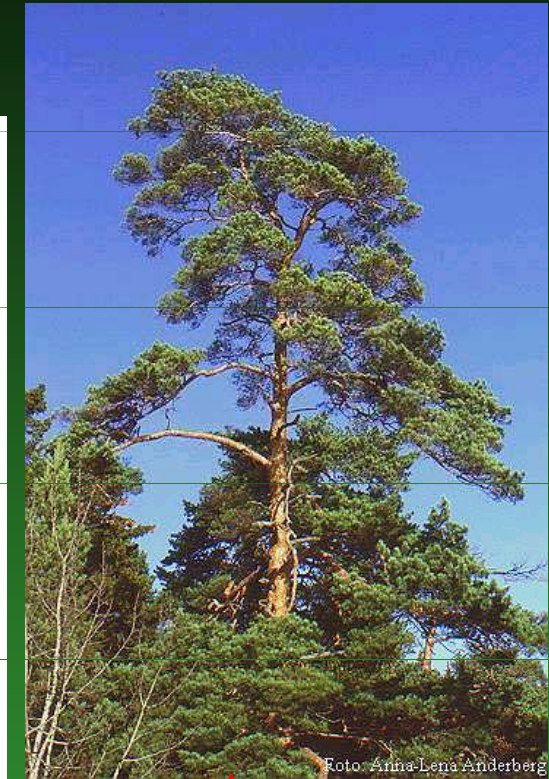
*Archaeopteris*



*Cordaites*



*Pinus*



# 1. řád *Cordaitales* (kordaity)



Fosilní nahosemenné dřeviny s páskovitými listy ? Předchůdci jehličnanů

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



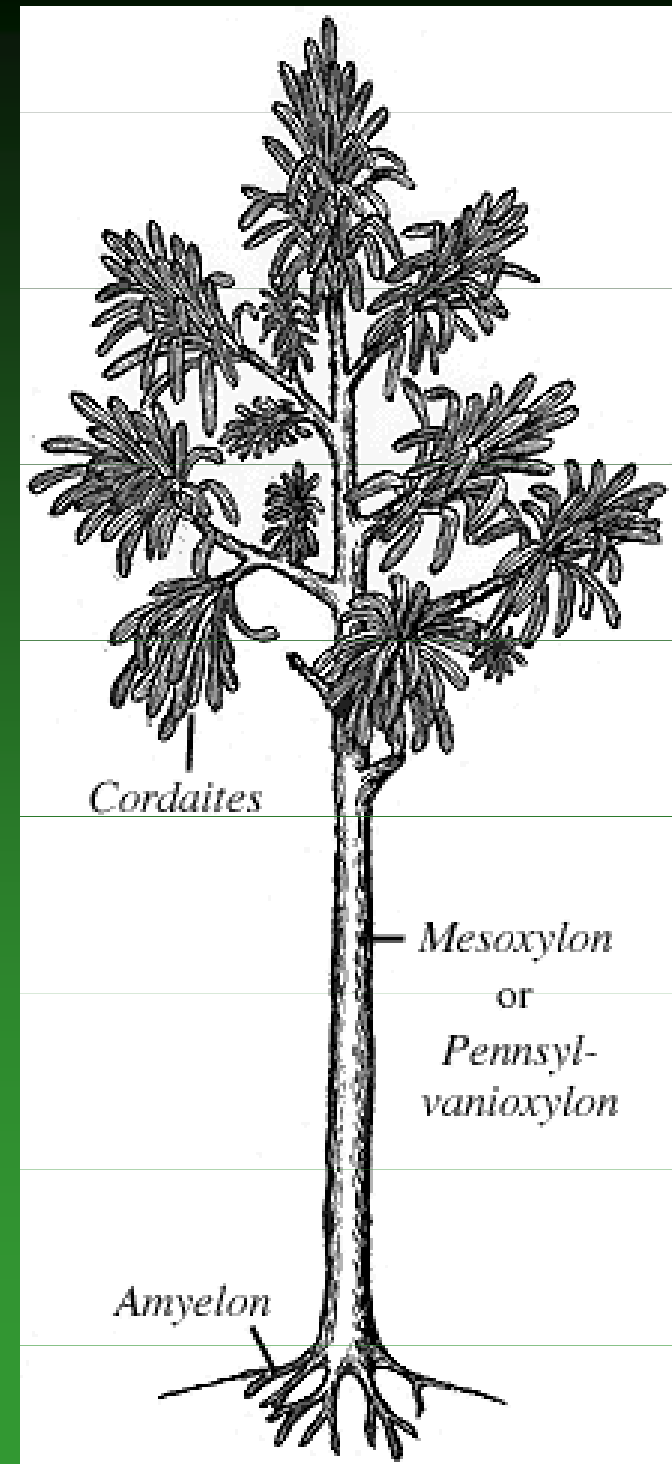


Původně rekonstruovány až jako 30 m vysoké stromy, podle novějších poznatků byly však menších rozměrů

Dřevo husté pyknoxylické jako u recentních jehličnanů.

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

Větve četné bohatě větvené



Kořeny chůdovité, jako u stromů v záplavových zónách s dlouho stagnující vodou (připomíná kořeny u stromů dnešních mangrove)

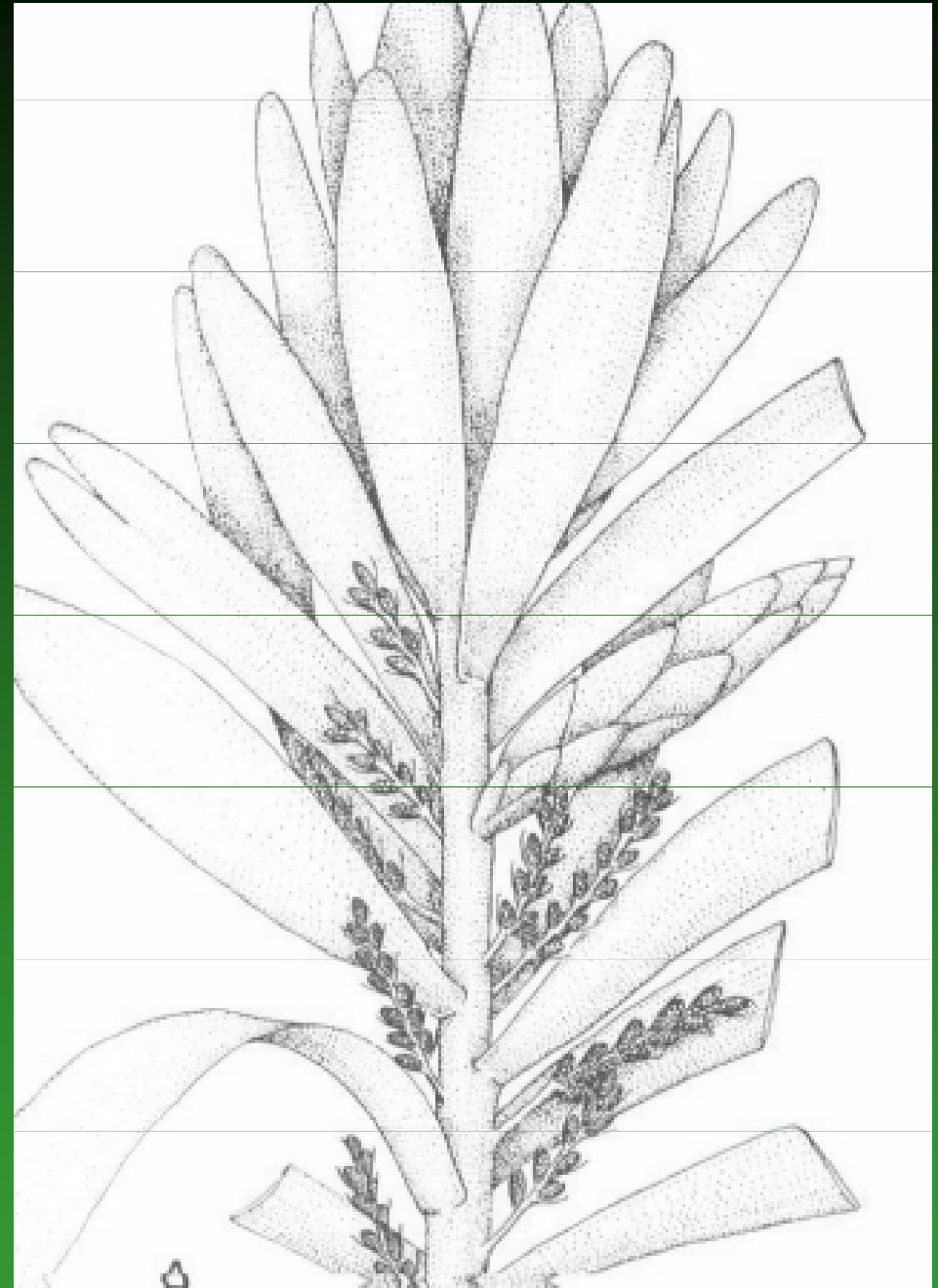


## Listy

jednoduché, kopinaté se souběžnou žilnatinou,  
20-70 cm dlouhé,  
střídavě postavené

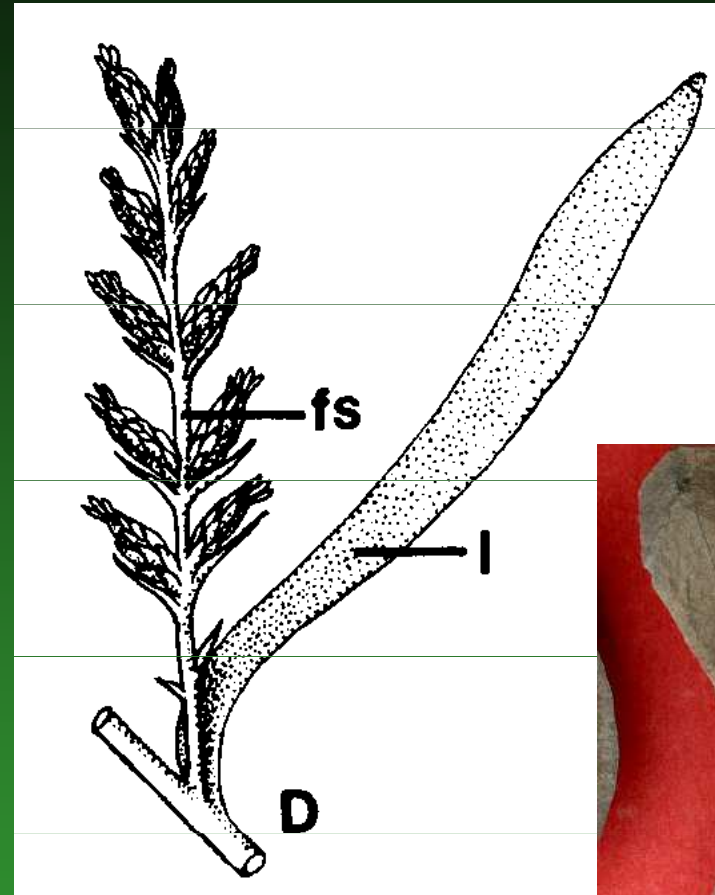
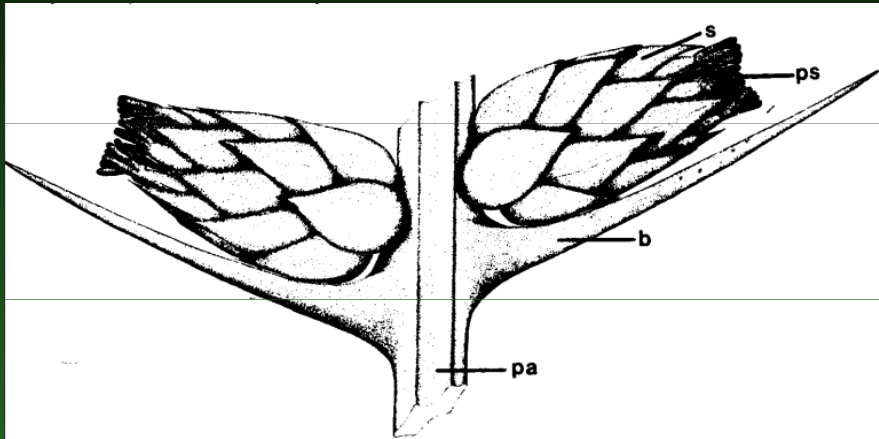
## Strobily

jehnědovité nebo klasovité,  
jednopohlavné

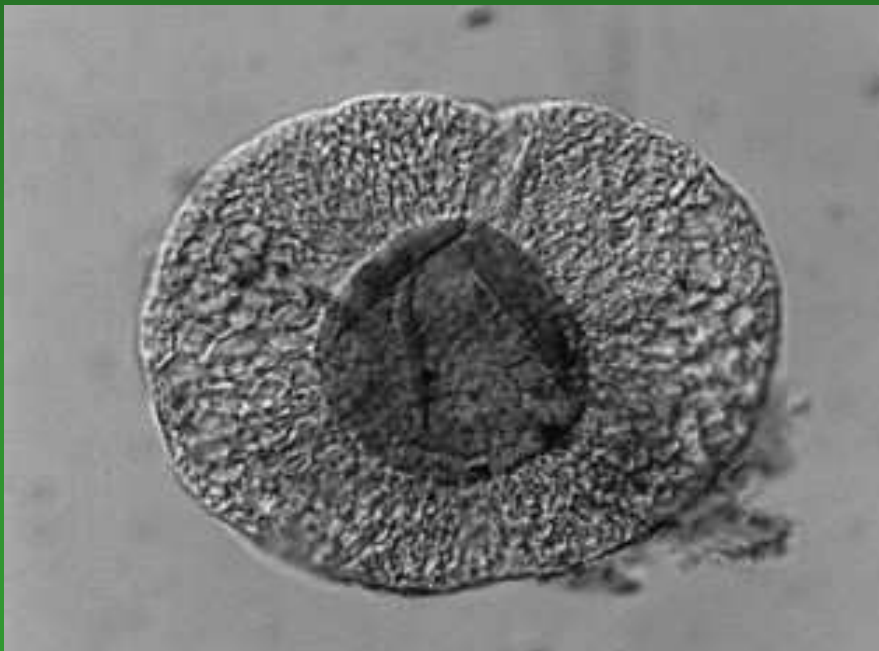


# Mikrostrobily – jehnědy nebo klasy tvořené drobnými šišticemi v paždí listenů

*Cordianthus concinnus*



Mikrosporofyly = tyčinky - na vrcholu drobných šištic

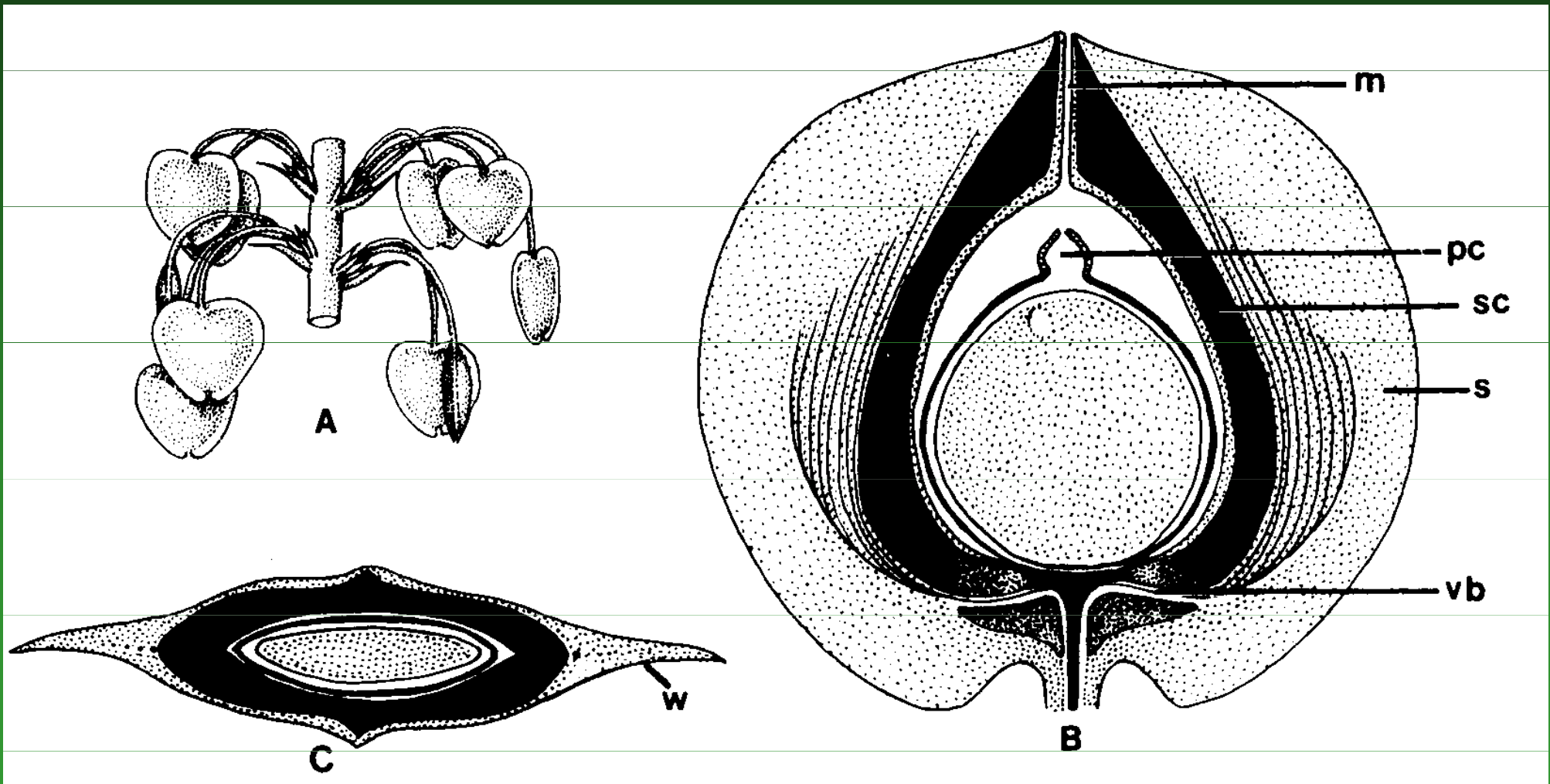


Pyl - s jedním nebo 2 vzdušnými vaky

# Megastrobily jehnědovité

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

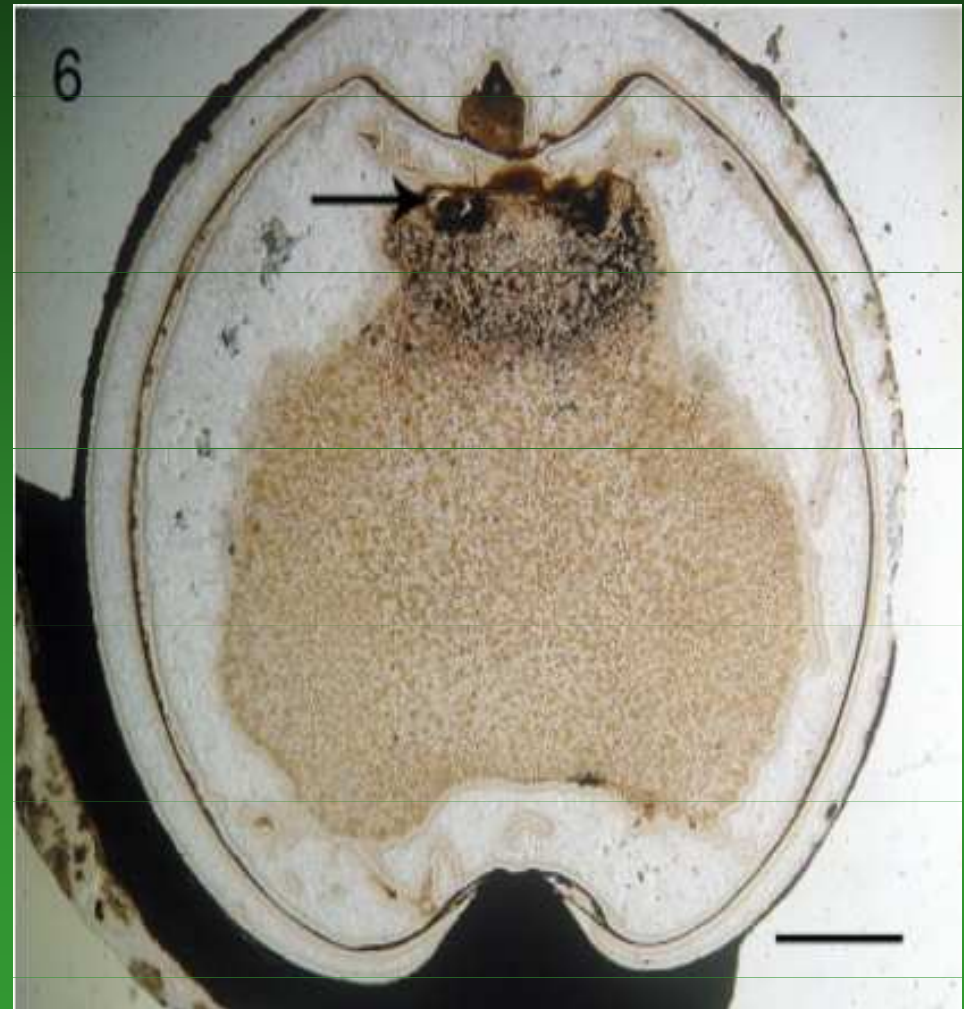
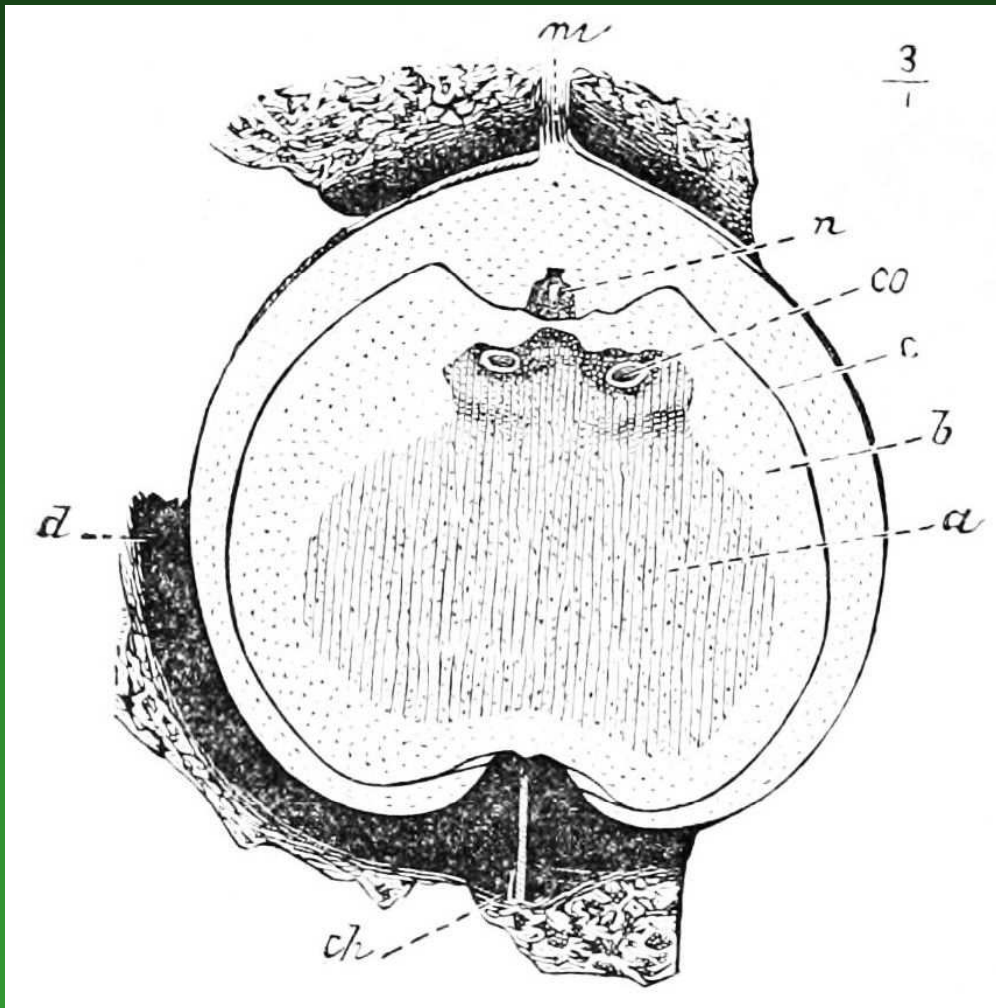
*Cardiopus cordei*



# Vajíčka

typická - s pylovou a archeconiální komorou

se dvěma archeconií



*Cardiopus sclerotesta*

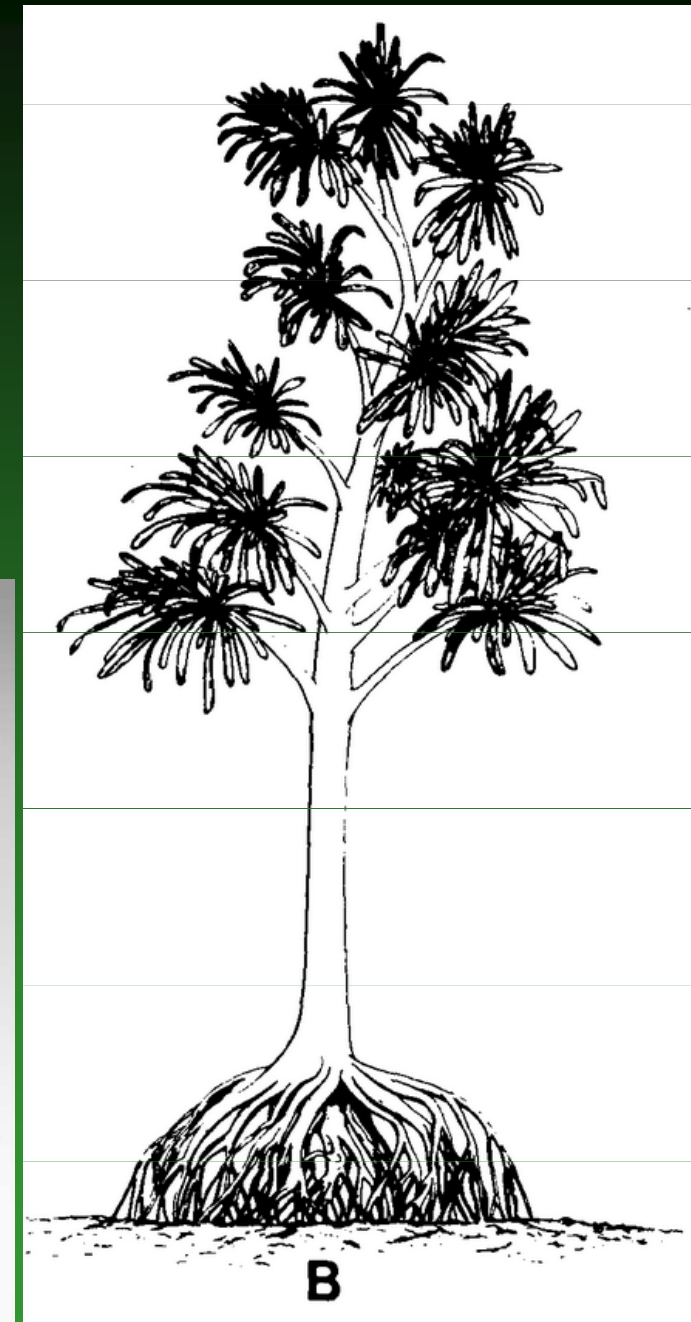
## Historie

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

navazují pravděpodobně na  
*Progymnospermopsida* jako  
mezičlánek k jehličnanům

**Zástupci** - rody *Cordaites*  
*principalis*

Naleziště: Německo, Belgie



## 2. řád *Cycadales* (cykasy)



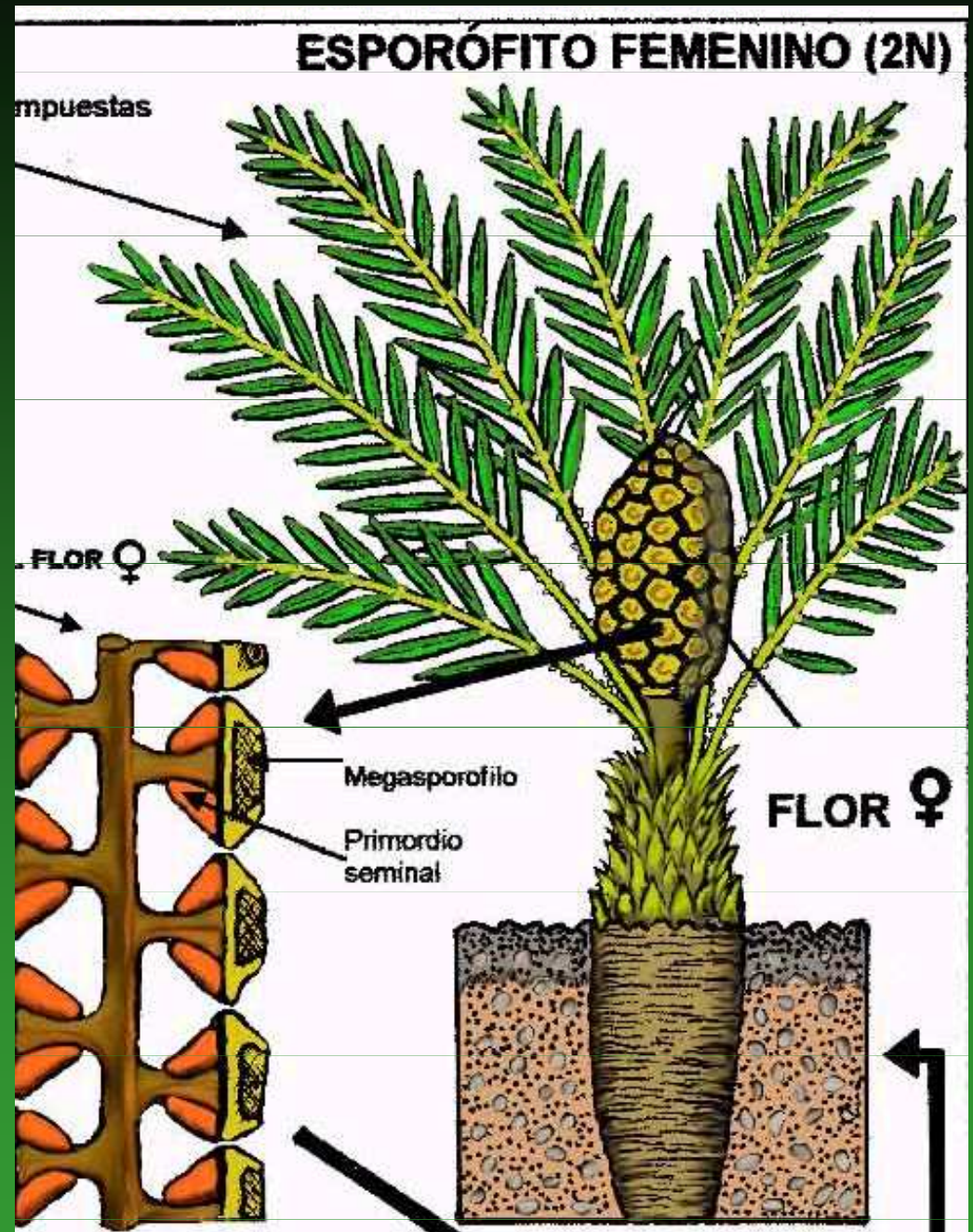


Stálezelené recentní i fosilní dvoudomé (pohlavní chromosomy) dlouhověké dřeviny, vzhledem připomínající palmy; recentně řád zahrnuje kolem 300 druhů. Rostou hlavně v tropických oblastech, avšak spíše na sušších stanovištích

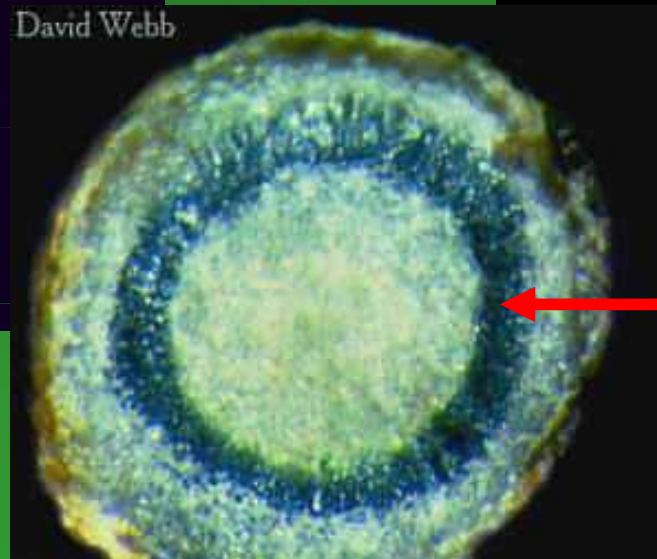
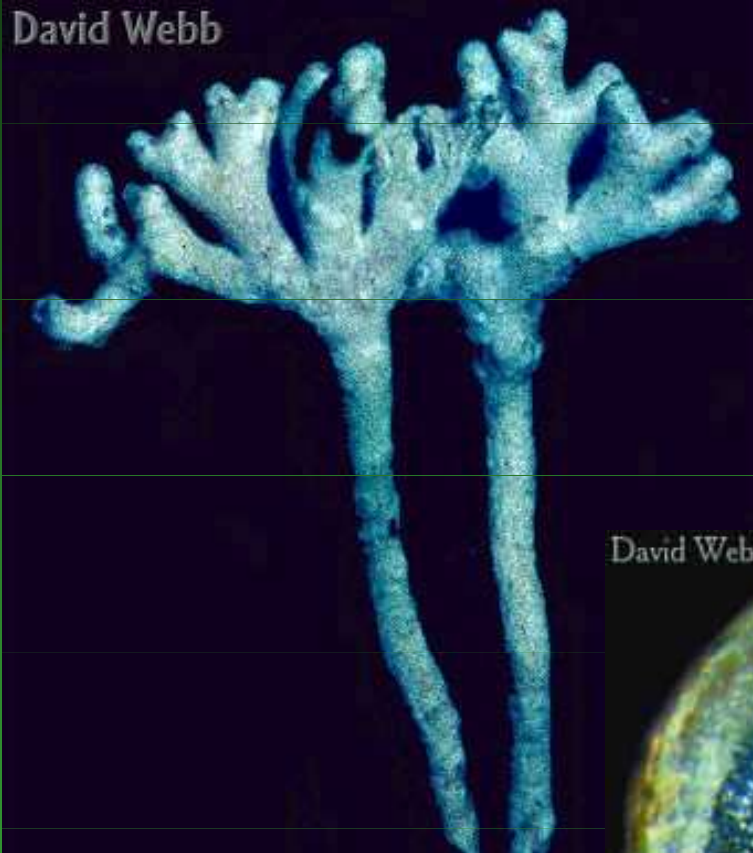


hlavní kořen křulovitý, s  
četnými postranními,  
dichotomicky větvenými

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 se ukládá v semenech

tmavá vrstva  
se sinicemi

Kmen štíhlý, válcovitý nebo kulovitý, většinou nevětvený vysoký až 20 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



Z dřeně kme-  
nů některých  
cykasů se  
dobývá  
nepravé ságo



Je to škrobnatá  
opalizující kaše,  
která se suší a drtí  
na mouku.



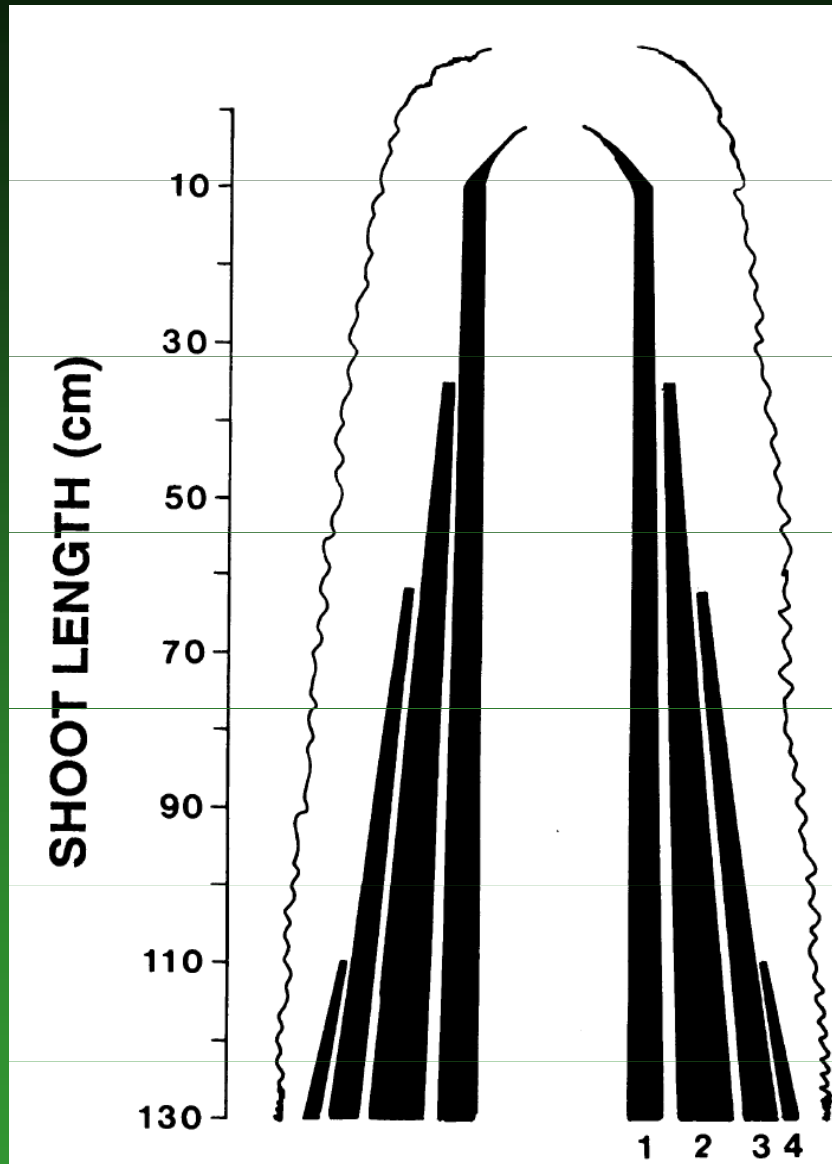
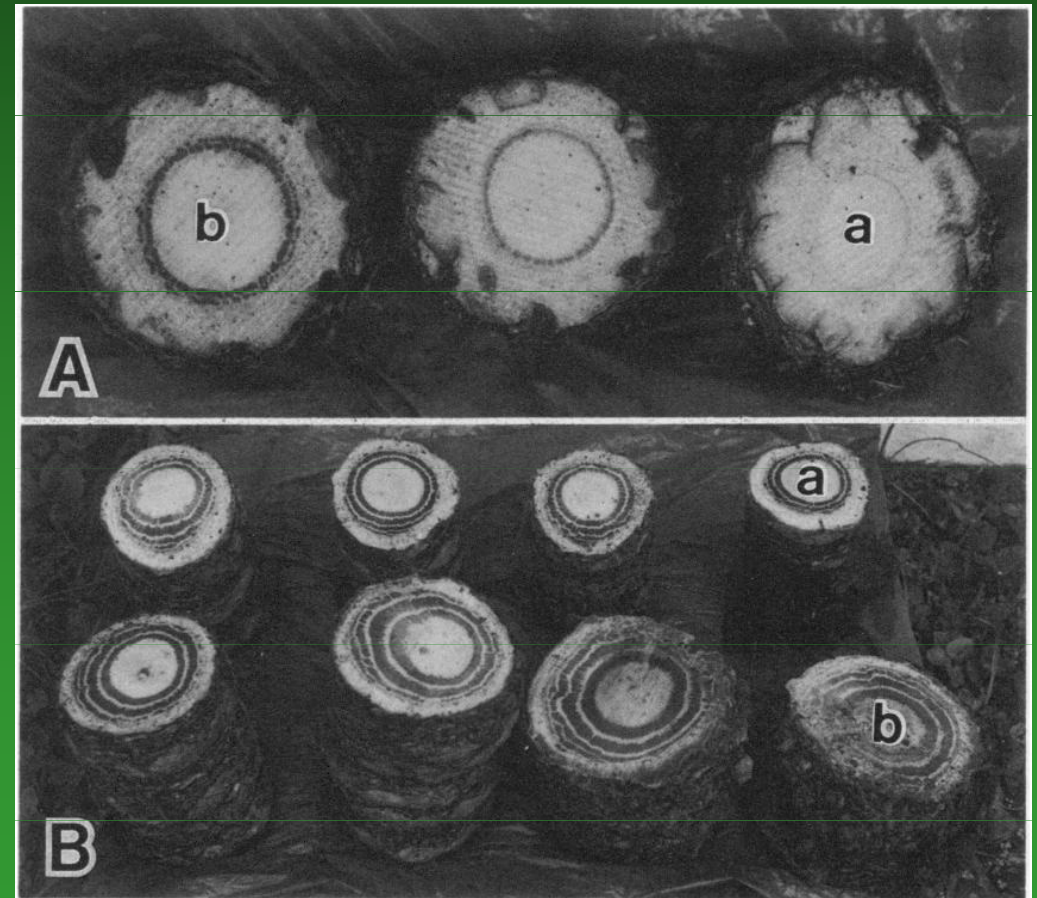
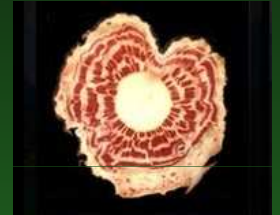


Fig. 1. Diagrammatic representation of the occurrence and maturation of the successive concentric vascular cylinders in *Cycas*. 1 = first vascular cylinder, 2-4 = successive vascular cylinders.

Kambiální vrstvy po několik let simultánně aktivní produkují koncentrické vodivé válce



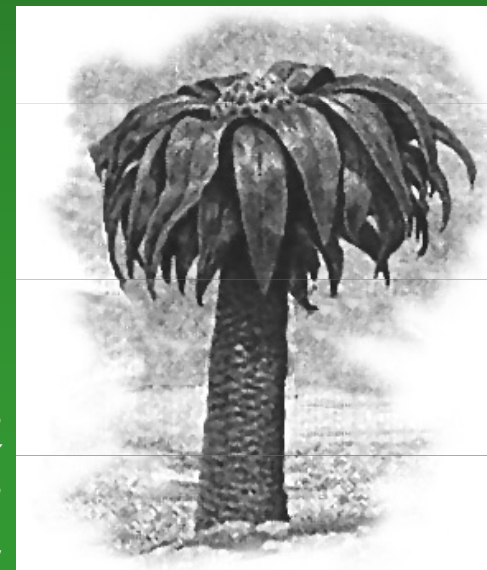
**Listy** nahloučené v chocholu nebo růžici na vrcholu kmene, řapíkaté, až 7 m dlouhé, kožovité, zpravidla 1x zpeřené (velmi vz. 2x zpeřené nebo jednoduché)



*Cycas micholitzii* s vidličnatě dělenými lístky



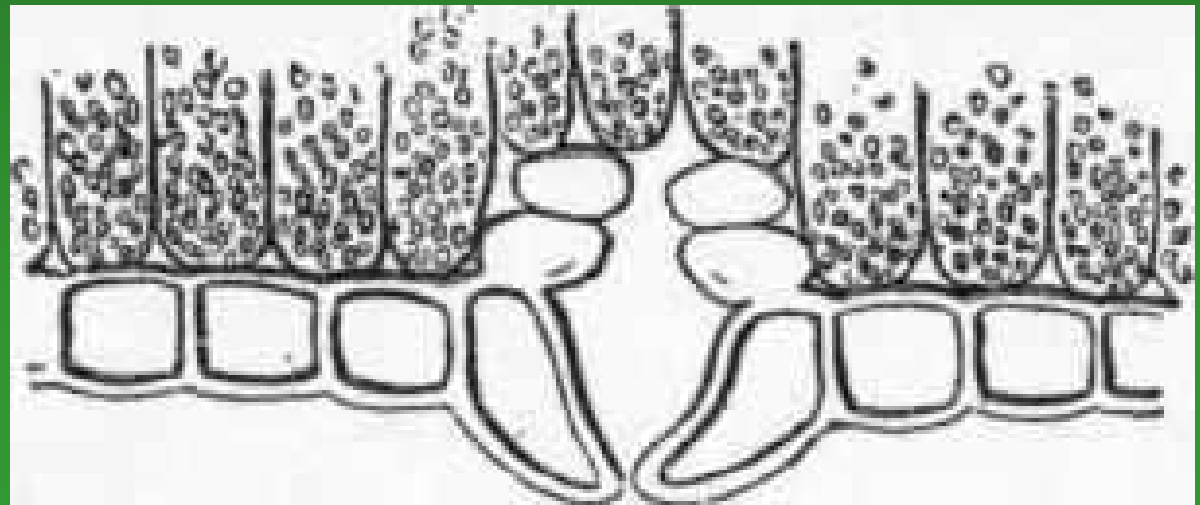
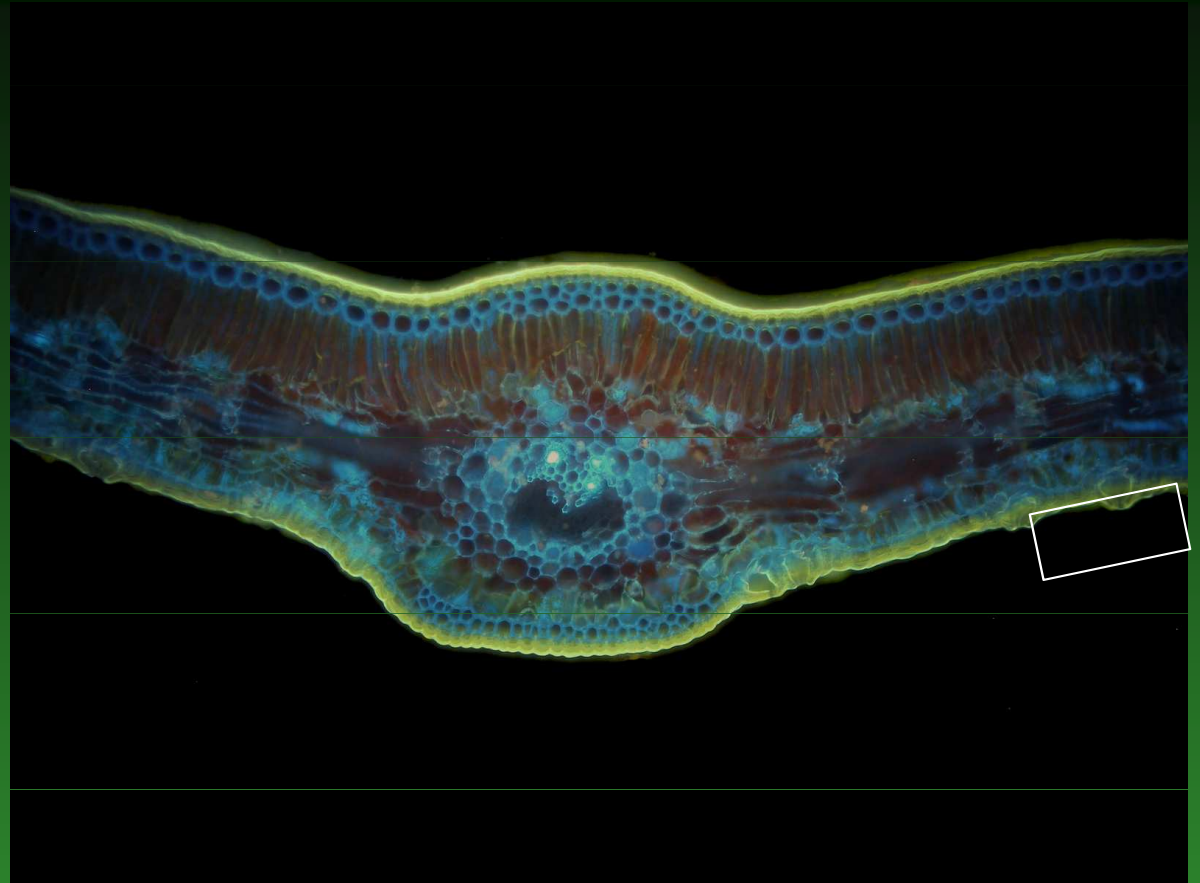
*Macrozamia stenomera* s vícenásobně vidličnatě dělenými lístky / úkrojky



Fosilní cykas  
*Bjuvia simplex*  
s jednoduchými listy

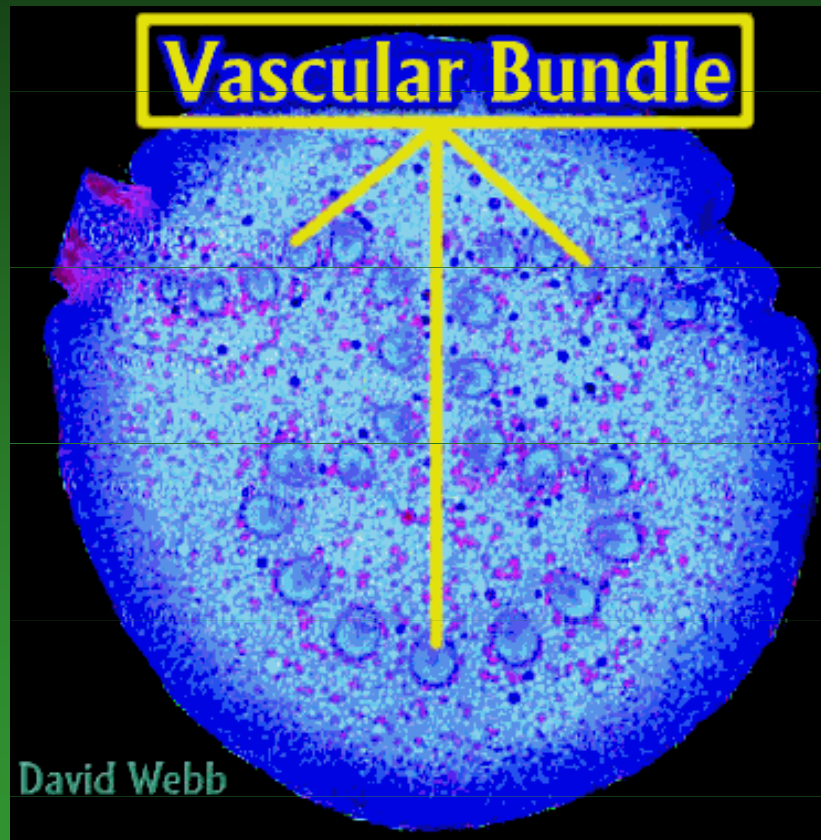
Kutikula silná

Průduchy  
hluboce zanořené





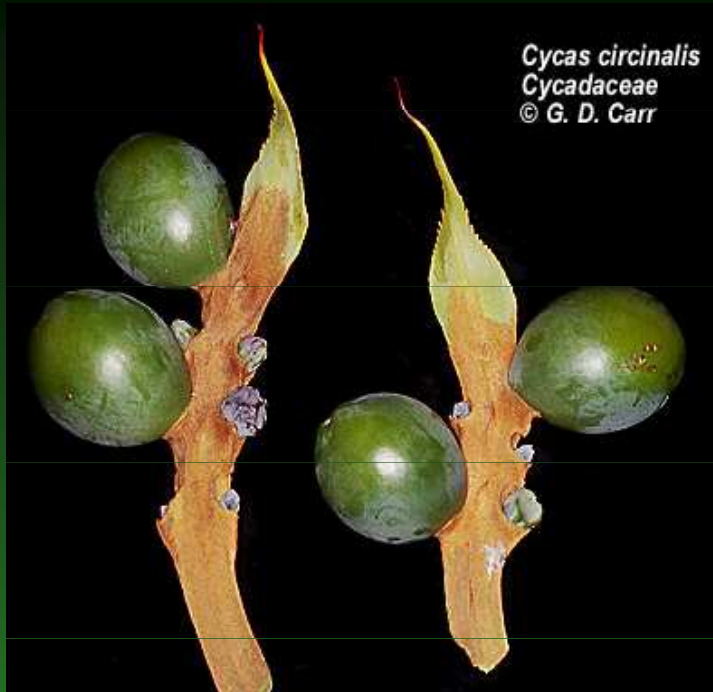
∩ Cévní svazek v řapíku a vřetení listu cykasů má tvar obráceného písmene omega



**Sporofyly často v šištících (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)



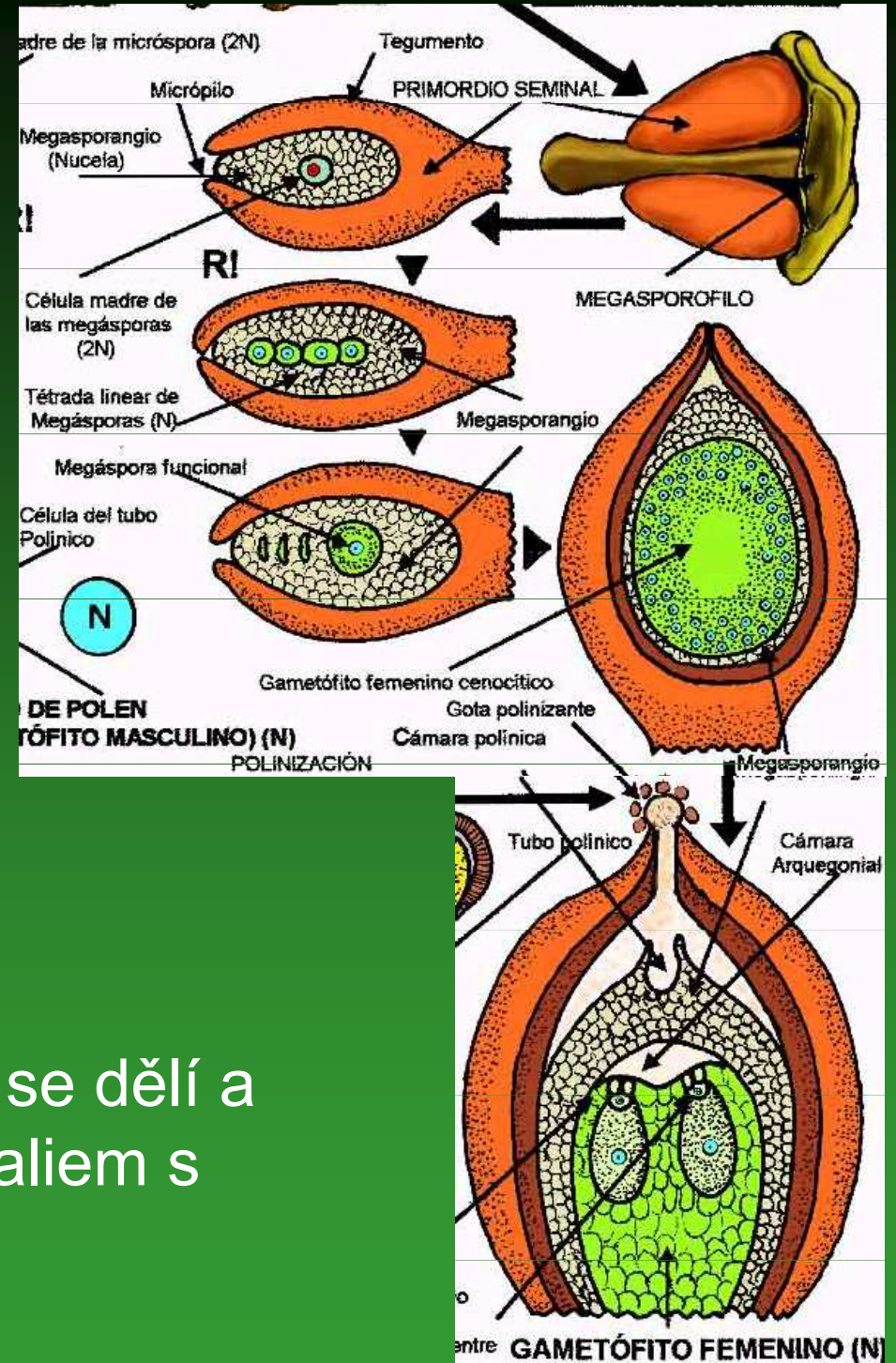
Vajíčko (= homolog  
megasporangia)

Pletivo uvnitř vajíčka =  
nucellus = (homolog  
archesporiu)

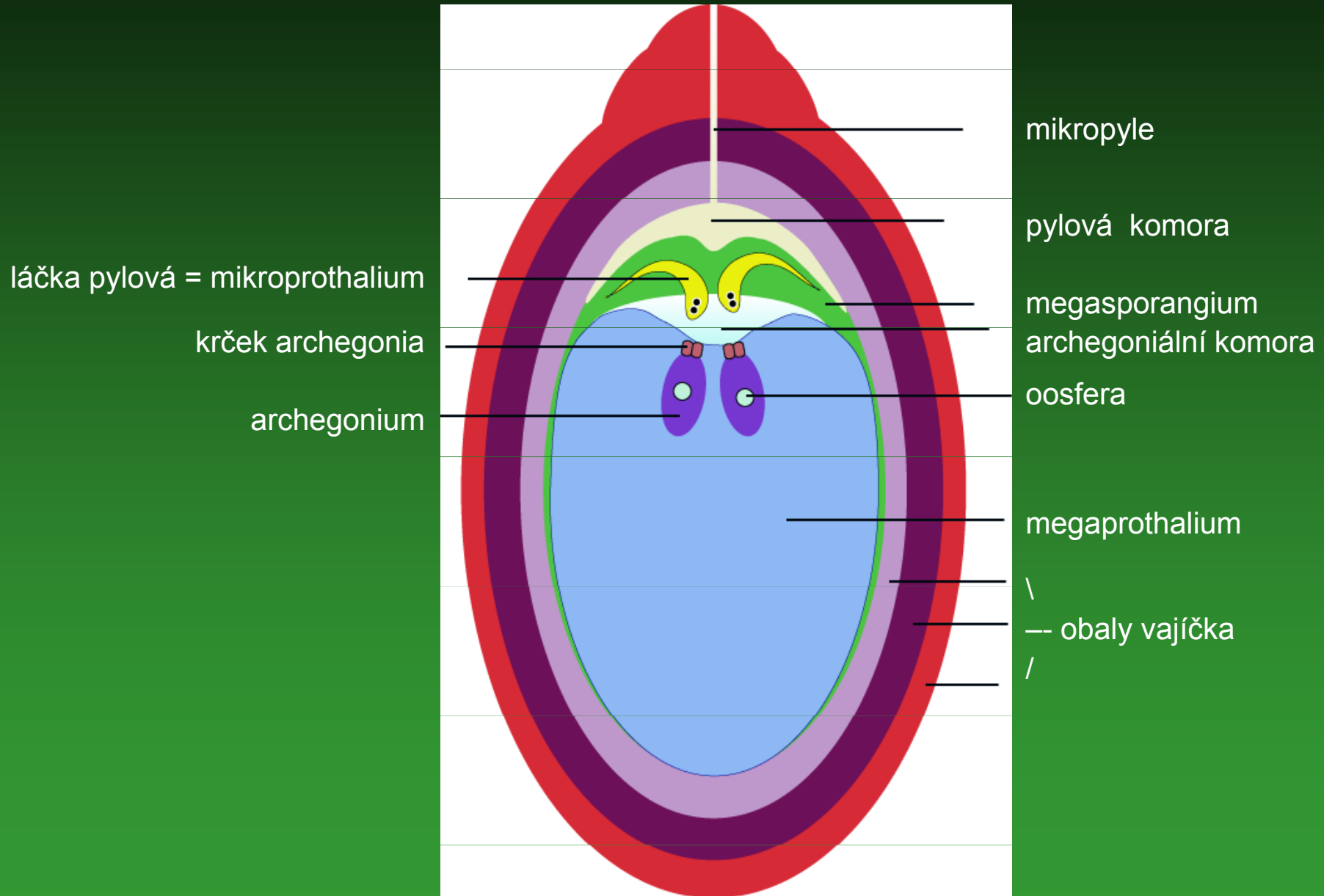
(1) Jedna z buněk nucellu se  
meiózou rozdělí na 4  
megaspory;

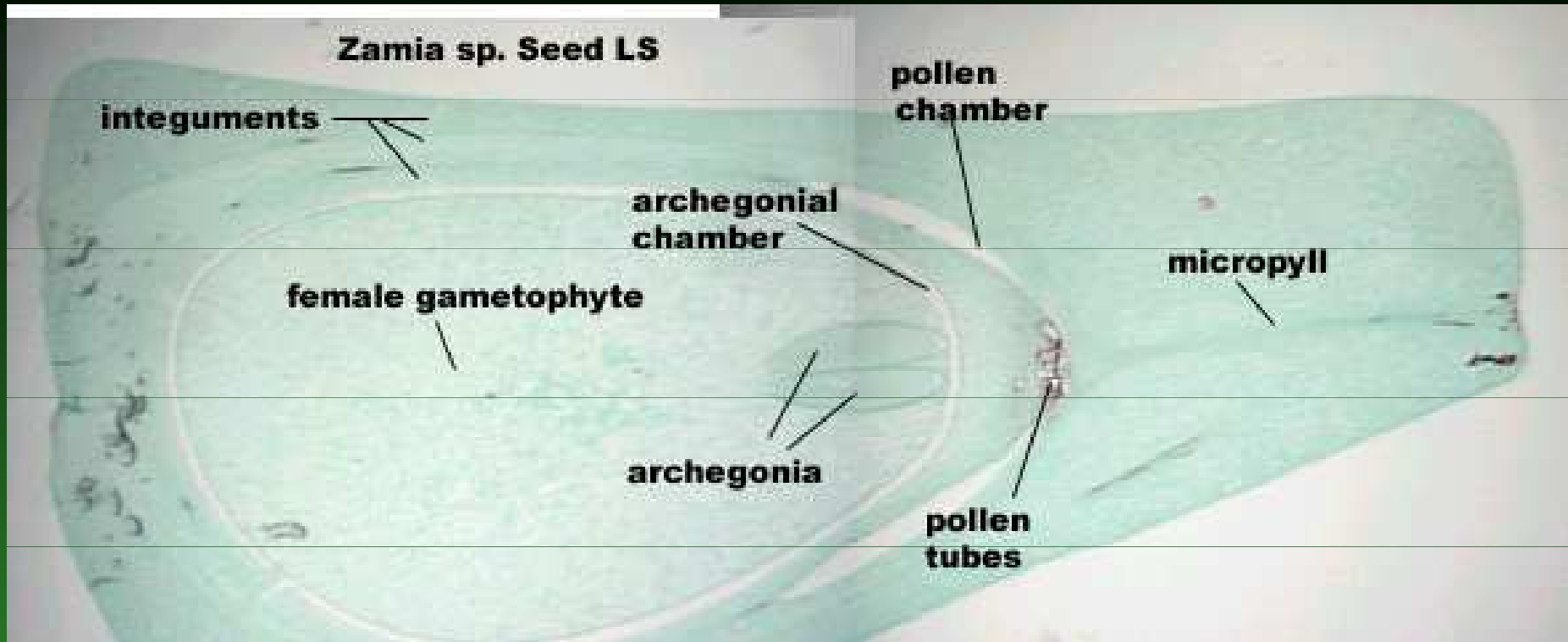
(2) Tři z nich zaniknou

(3) Zbylá jediná haploidní buňka se dělí a  
vyplní vnitřek vajíčka megaprothaliem s  
archegonií.

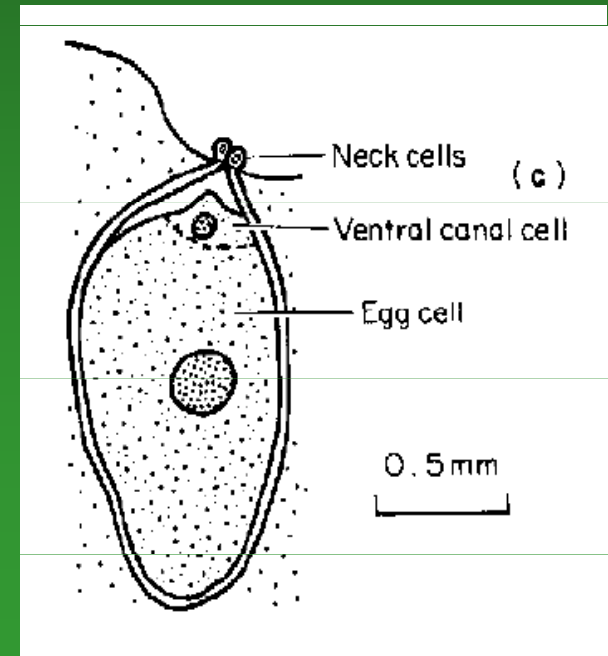


# Vajíčka mají vícevrstevný obal





Párovitá archegonia poměrně jednoduché stavby





*Zamia* sp.  
Cycadaceae  
© G. D. Carr

Mikrosporofyly  
štítkovité nebo  
šupinovité vždy  
ve strobilech



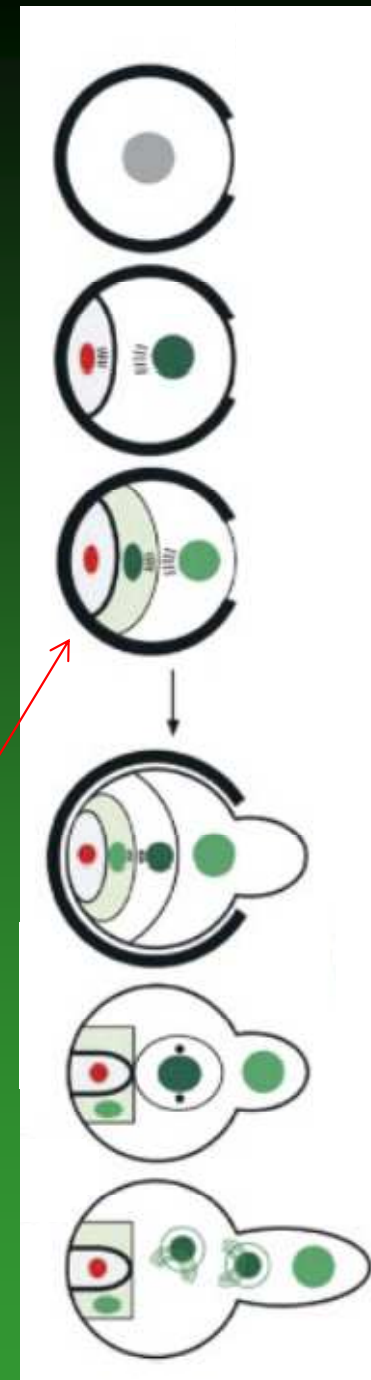
*Zamia* sp.  
Cycadaceae  
© G. D. Carr

Na jednom  
mikrosporofylu  
vždy více  
mikrosporangíí



# Vznik mikrospór v mikrosporangiu

1. Meiózou vzniká tetráda haploidních mikrospór.
  2. Každá z mikrospór se mitózou rozdělí ve dvoubuněčné pylové zrno, tvořené:
    - malou buňku prothaliovou
    - velkou buňkou antheridiovou
  3. Antheridiová buňka se rozdělí na buňku láčkovou a generativní.
- Zralé pylové zrno cykasů je tak trojbuněčné a obsahuje buňky: (1) prothaliovou, (2) láčkovou a (3) generativní



před opylením  
v mikrosporangiu

po opylení  
(ve vajíčku)



# Přenos pylových zrn brouky



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

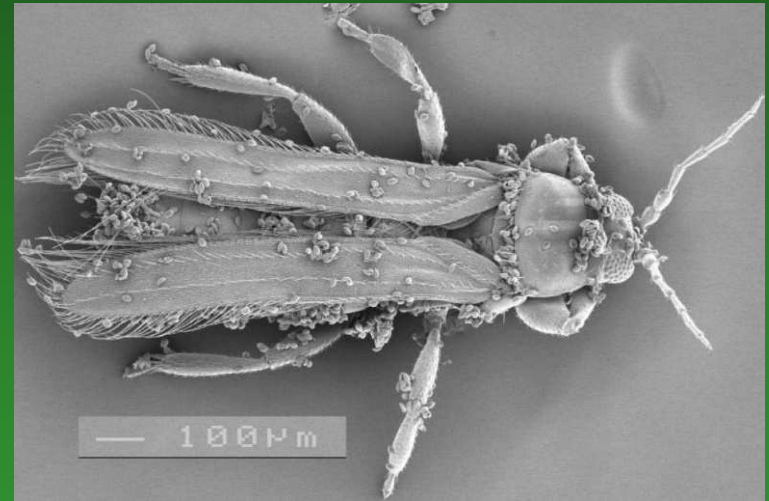


Idioblasty hromadí neurotoxiny  
sinic - vylučují je v samičích  
šišticích, aby uchránily vývoj  
vajíček

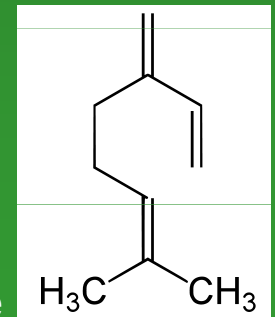
# Přenos pylových zrn třásněnkami

Mikrostrobily metabolicky zvyšují teplotu šištic až o 25 °C, tím se uvolňuje myrcen, odpuzující ve vysoké koncentraci třásněnky. Ty odletí a hledají pyl v podobně vonících šišticích samiččích.

Zahřívání se cyklicky opakuje => přenos pylu mezi pohlavími.



třásněnka *Cycadothrips chadwicki* pokrytá mikrospórami *Macrozamia lucida*



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

# Dozrání pylu v samčí gametofyt

3 jaderný pyl zachycen polinační kapkou na mikropylárním otvoru

Vysychání kapky vtáhne pyl do pylové komory

V pylové komoře se zvětšuje láčková buňka a protrhne obal => vyklíčí láčka

Láčka proroste skrz vnitřní obal vajíčka (nucellus)

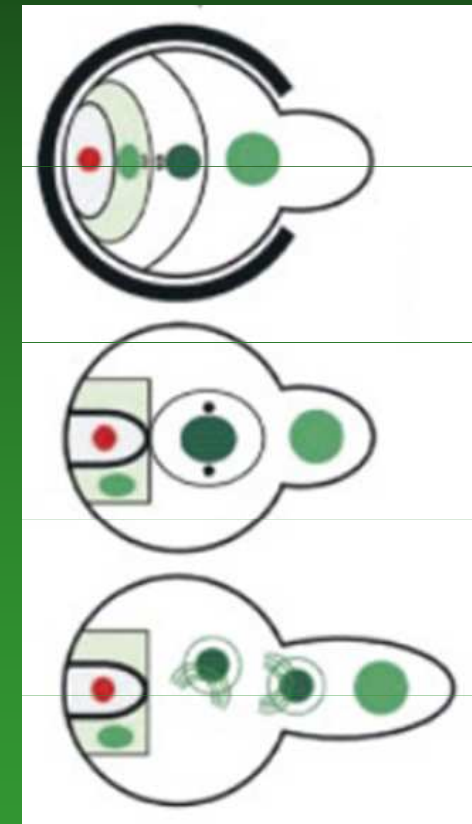
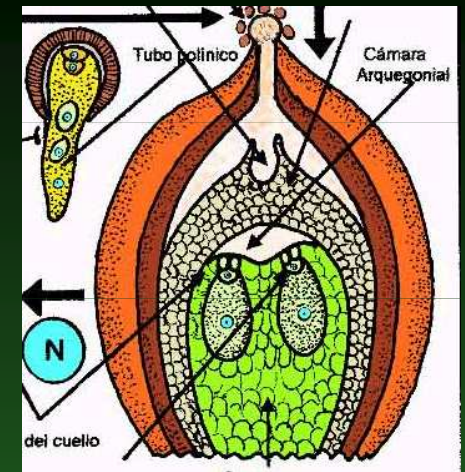
Generativní buňka se rozdělí na spermatickou a vegetativní.

Spermatická buňka se rozdělí na dva polyciliátní spermatozoidy.

Zralý samčí gametofyt má tedy 5 buněk/jader (prothaliová, láčková, vegetativní a dva spermatozoidy)

Spermatozoidy se uvolní z láčky do archeconiální komory

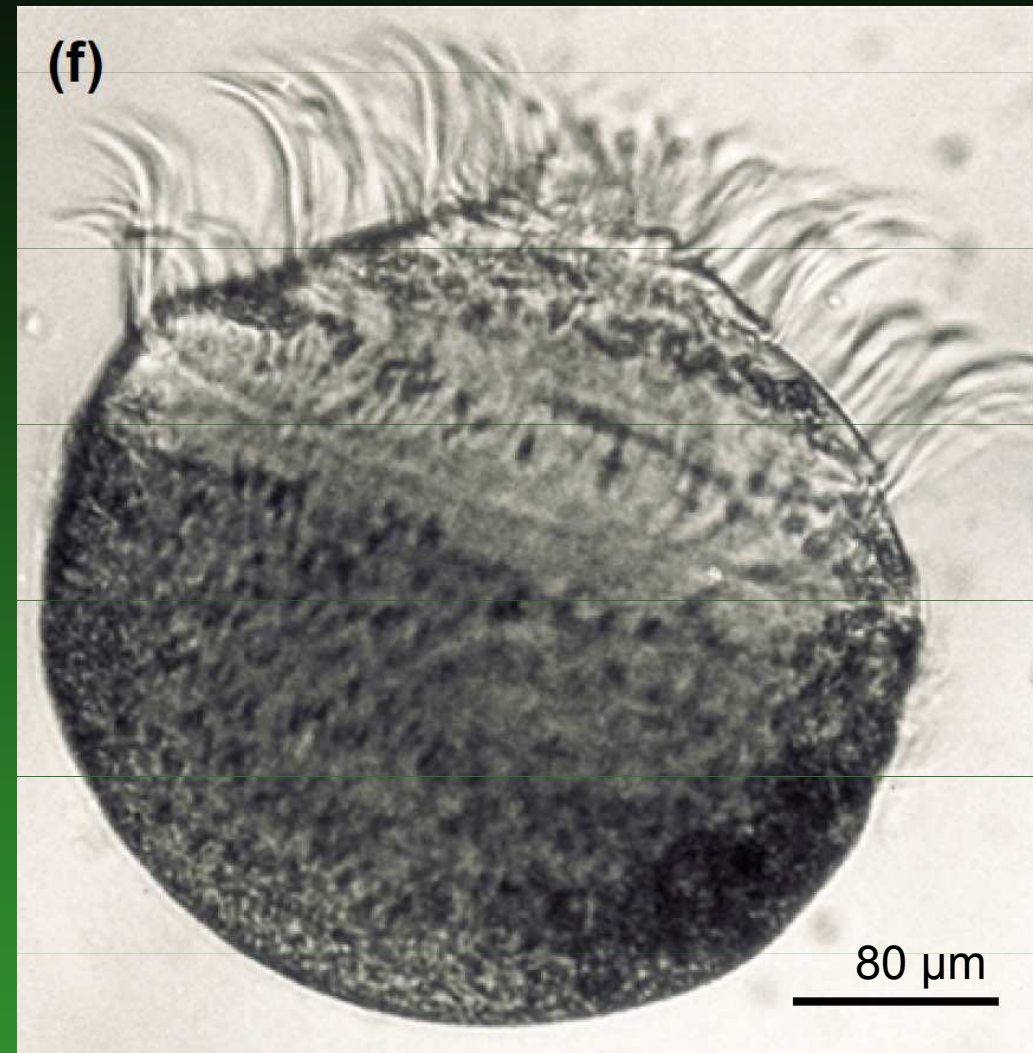
Pomocí bičků doplavou tekutinou v archeconiální komoře až k oosféře v archegoniu



Spermatozoidy  
obrovské, až 0,5 mm  
velké

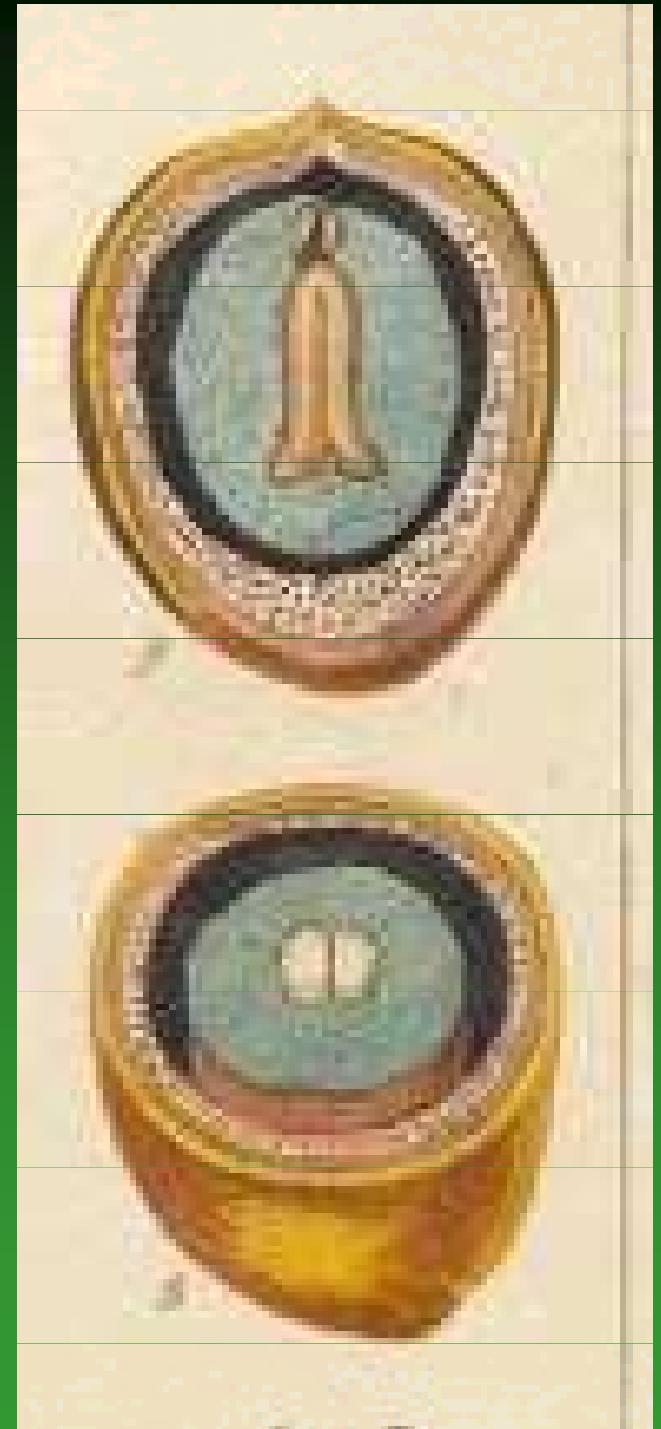
Největší samčí pohlavní  
buňky v rámci rostlinné i  
živočišné říše

mají až desítky tisíc  
spirálovitě uspořádaných  
bičíků

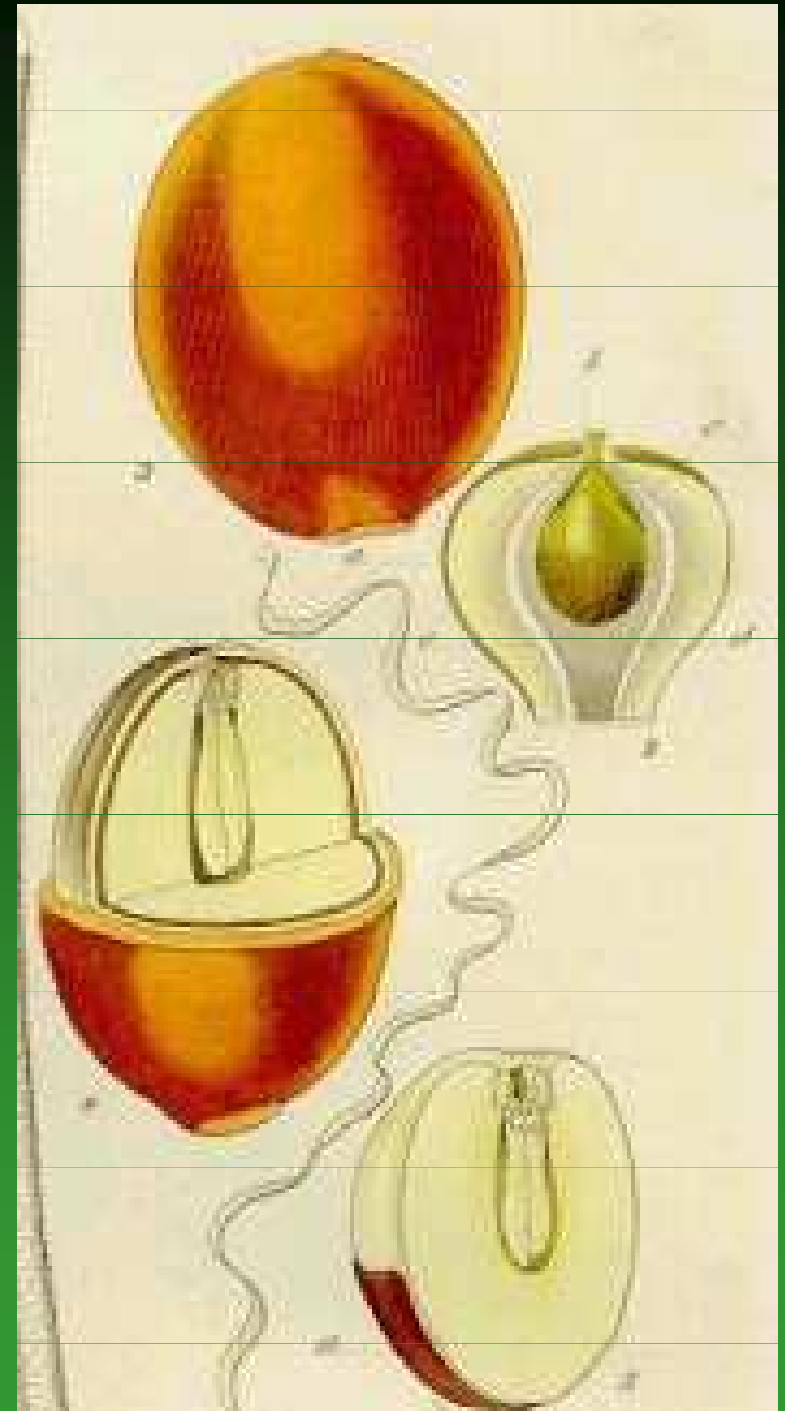


Oplozením oosféry se diferencuje  
embryo s 2-6 dělohami

Embryo vyživováno pletivem  
megaprothalia (má funkci  
primárního endospermu)



Zráním oplozeného vajíčka vzniká semeno. Jeho vnější obal je dužnatý sarkotesta; střední je tvrdý dřevnatý – sklerotesta; vnitřní je blanitý.



# Historie

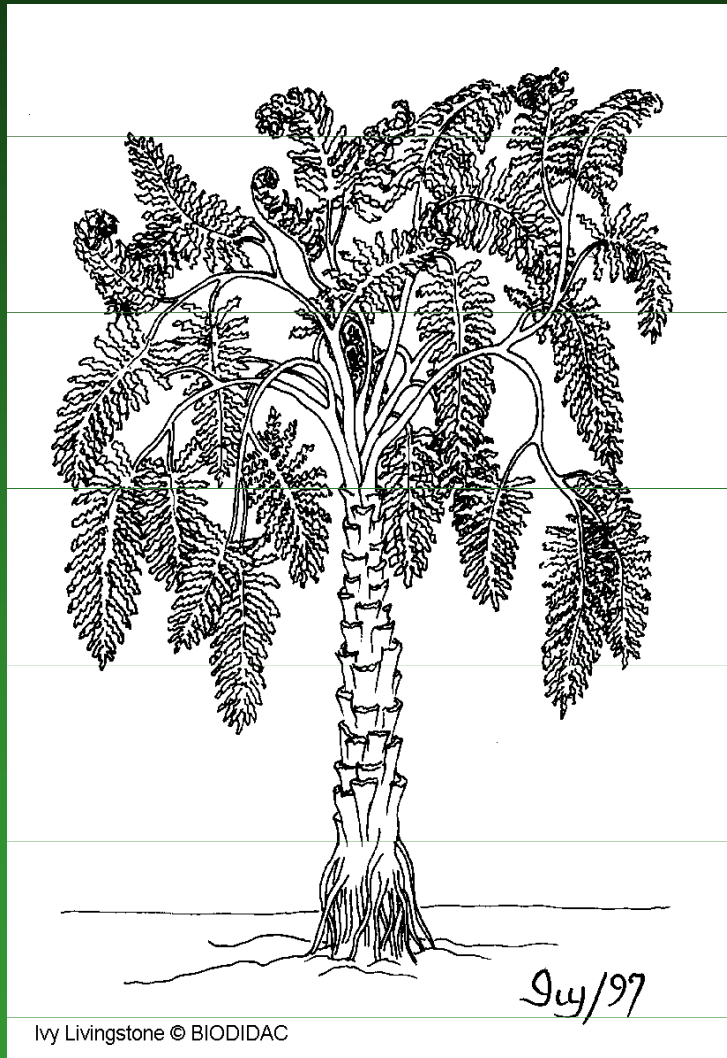
poprvé v permu,

vrchol v juře,

nyní 10 rodů se zhruba 300 druhy

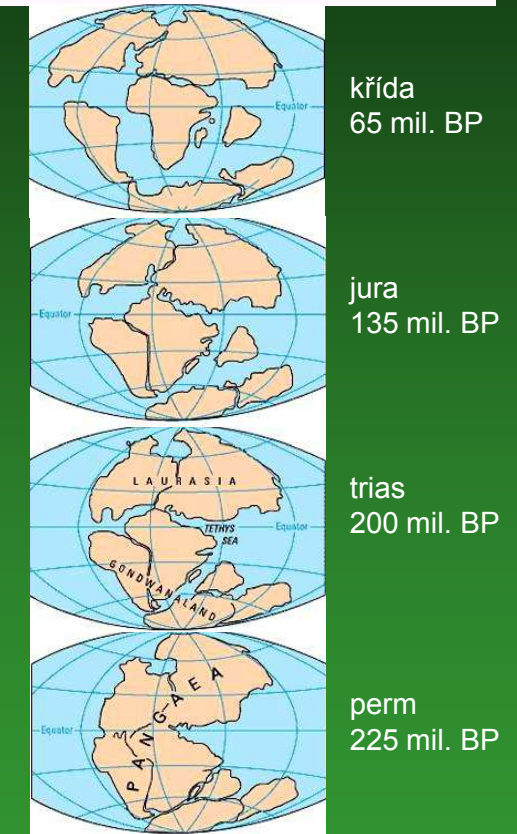
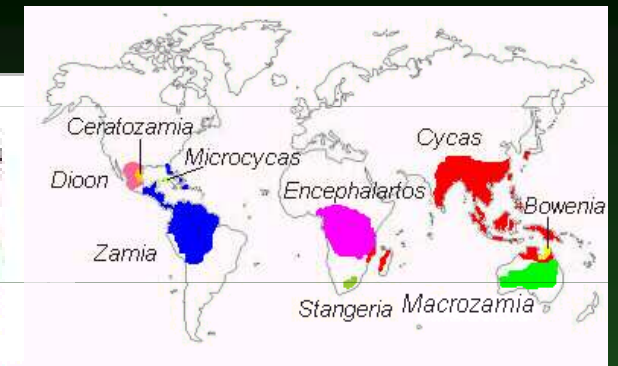
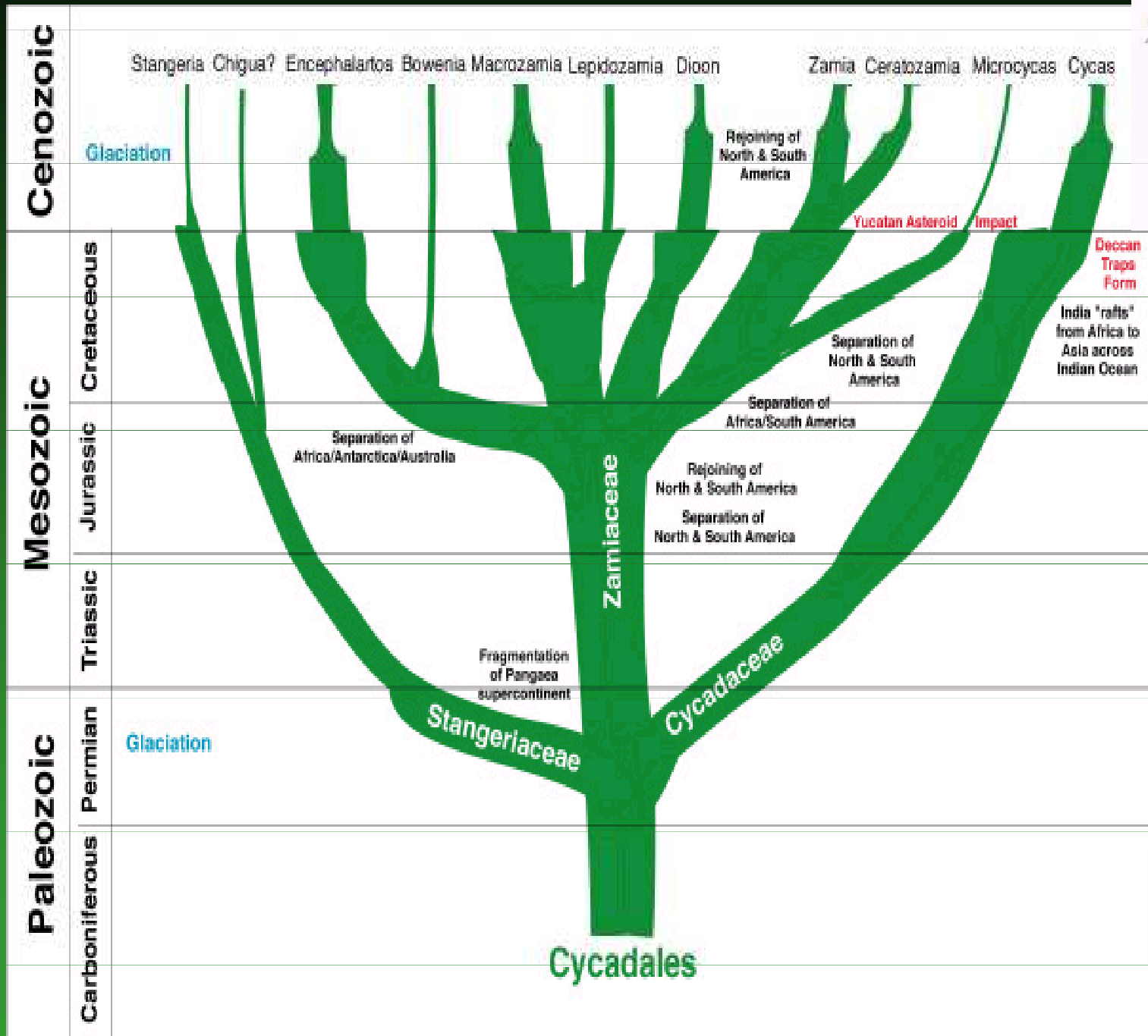


Fylogeneticky navazují  
*Cycadopsida* na řád *Medullosales*  
ze tř. *Pteridospermopsida*

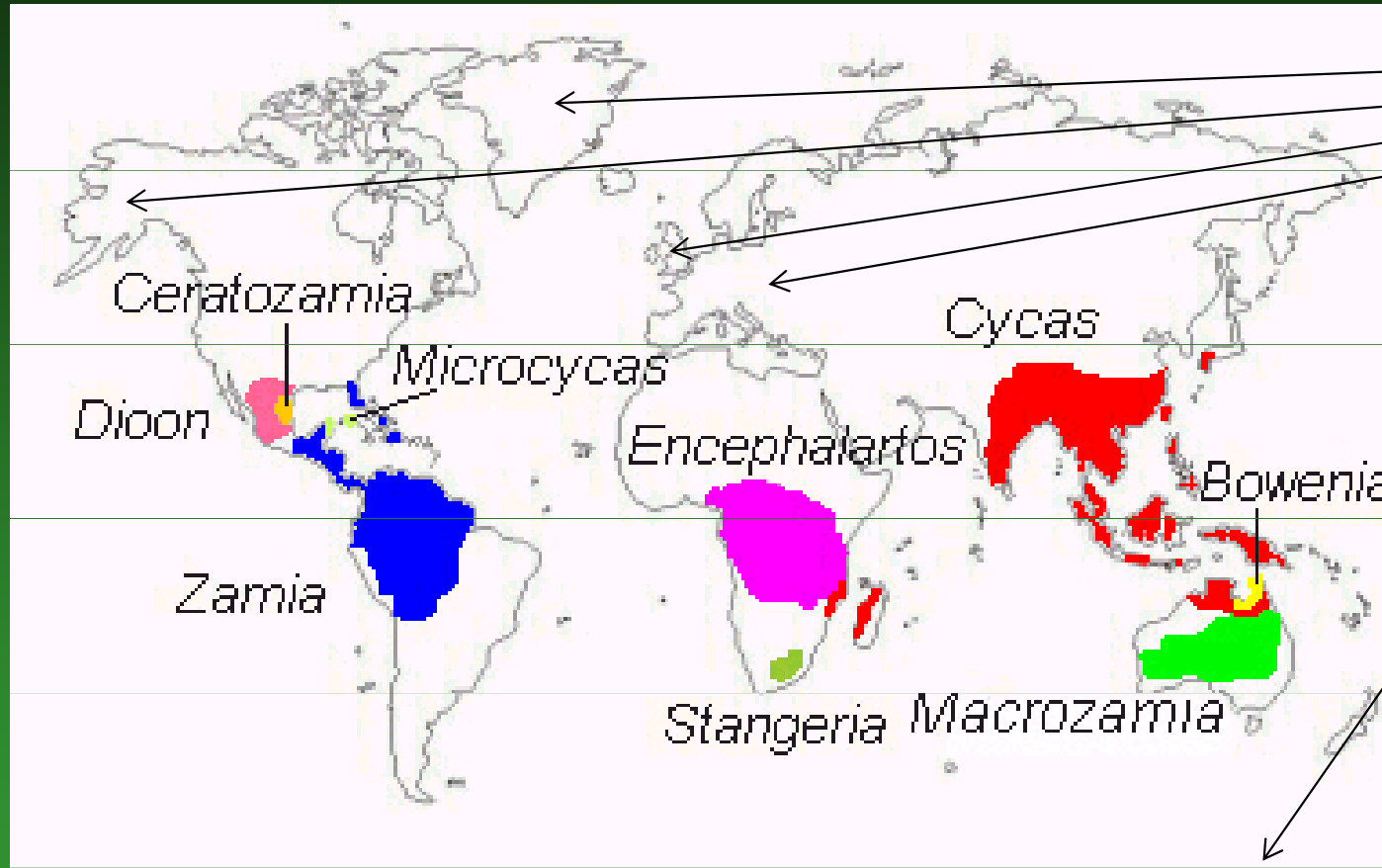




# Hlavní linie cykasů divergovaly v permu, na evuluci se projevil kontinentální drift



1. čel. *Cycadaceae* jediný rod *Cycas*.  
Převážně jihových. Asie, jediný druh na Madagaskaru a  
pobřeží vých. Afriky.



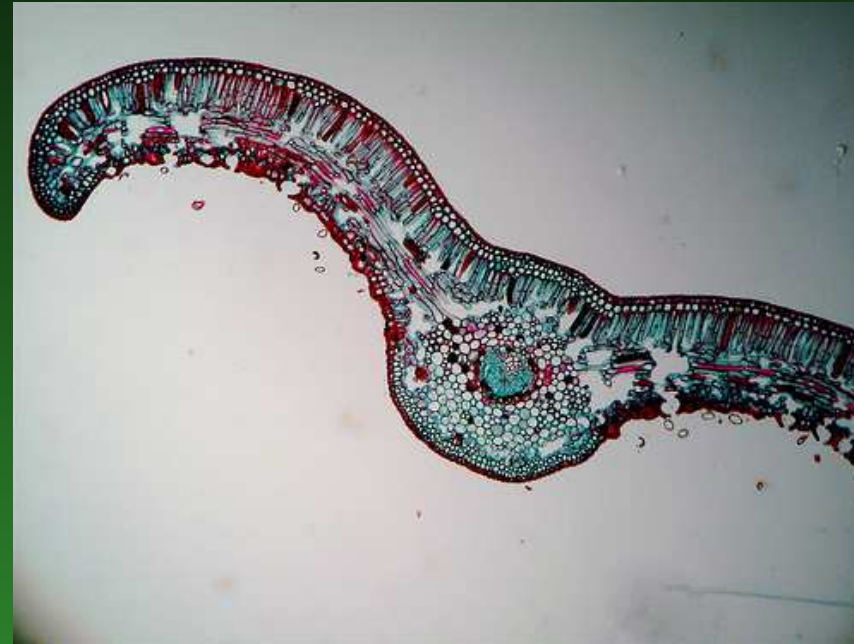
Fosilní doklady  
cykasů jsou po  
celém světě – mj.  
Aljaška,  
Antarktida,  
Evropa, Grónsko,  
...

Geografické rozšíření současných cykasovitých.

*Cycas* je nejprimitivnějším zástupcem oddělení - má ploché megasporofyly, které tvarem připomínají 1x zpeřené trofofyly, také jejich husté spirální uspořádání připomíná terminální chochol trofofylů



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



Úkrojky listů jednožilné

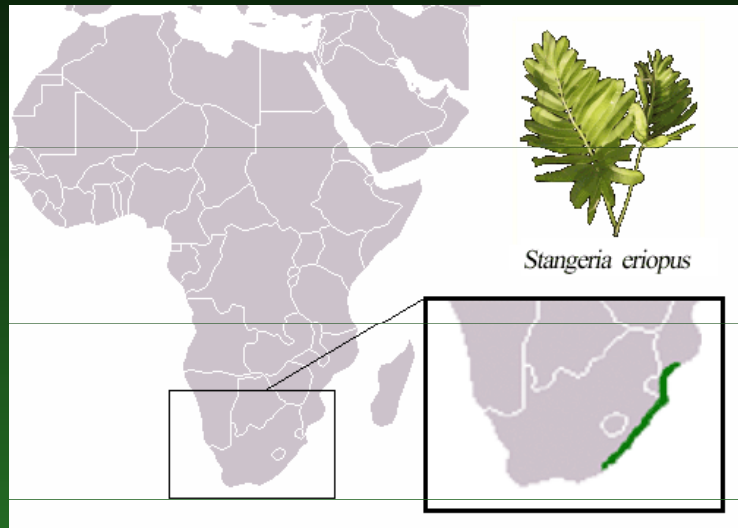
# Úkrojky cykasových listů jsou v mládí circinátně svinuté



# Kmen cykasů je pokrytý zbytky řapíků

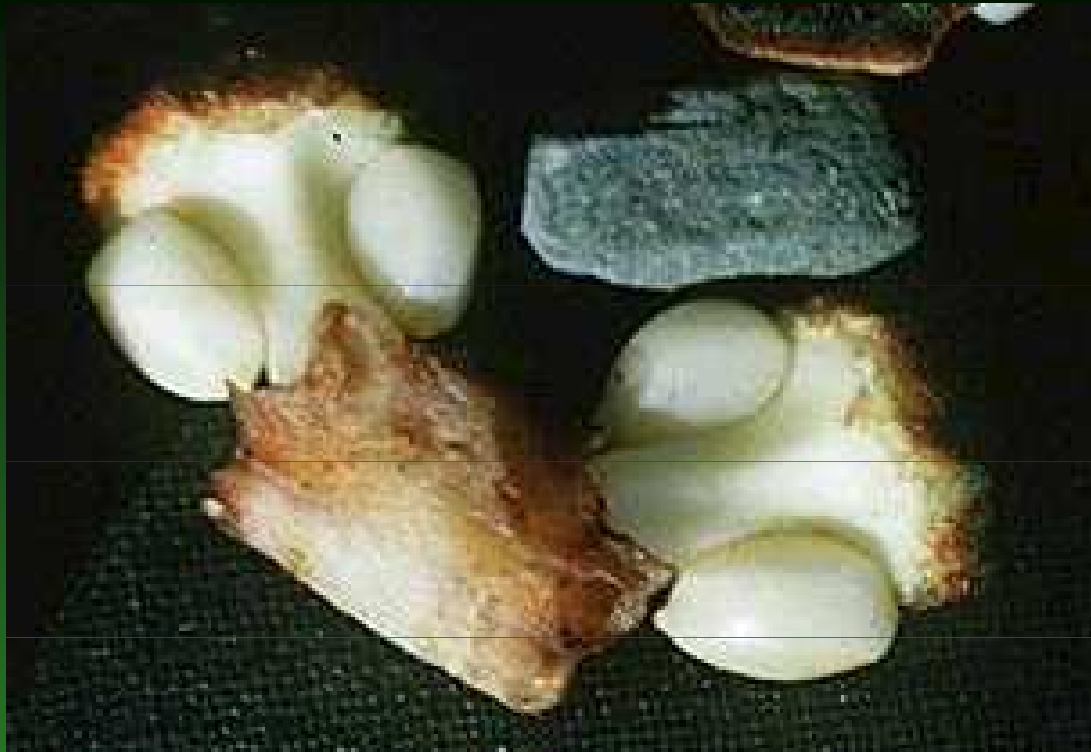


## 2. čel. *Stangeriaceae*



Centrální žilka a mnoho bočních (transverzálních) žilek rovnoběžných resp. zčásti vidličnatě větvených





### 3. čel. *Zamiaceae*

- megasporofyly se 2 vajíčky

- úkrojky listů vícežilné, v mládí ploché nebo konduplikátně svinuté

Čeľad' zahrnuje 8 rodů

Kmen často hladký (na obr. *Encephalartos*)

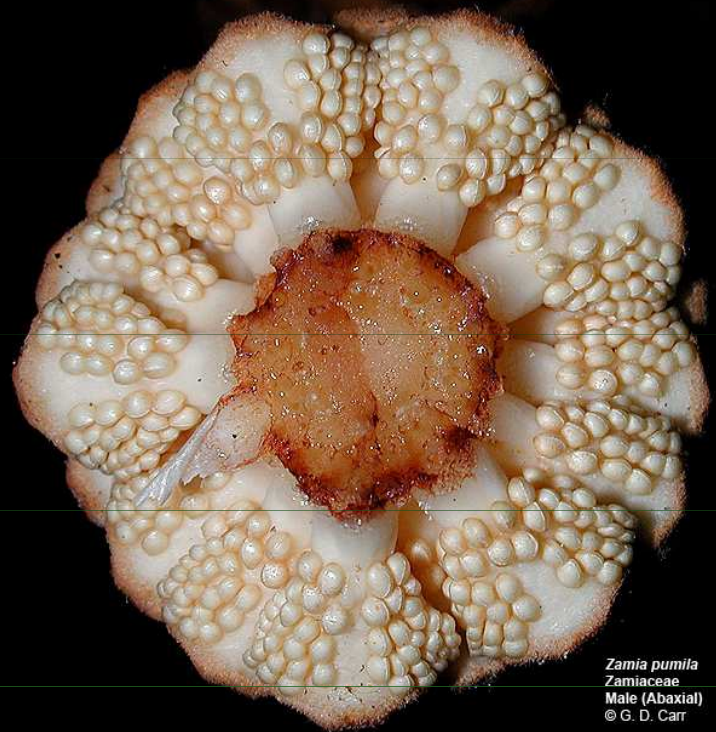




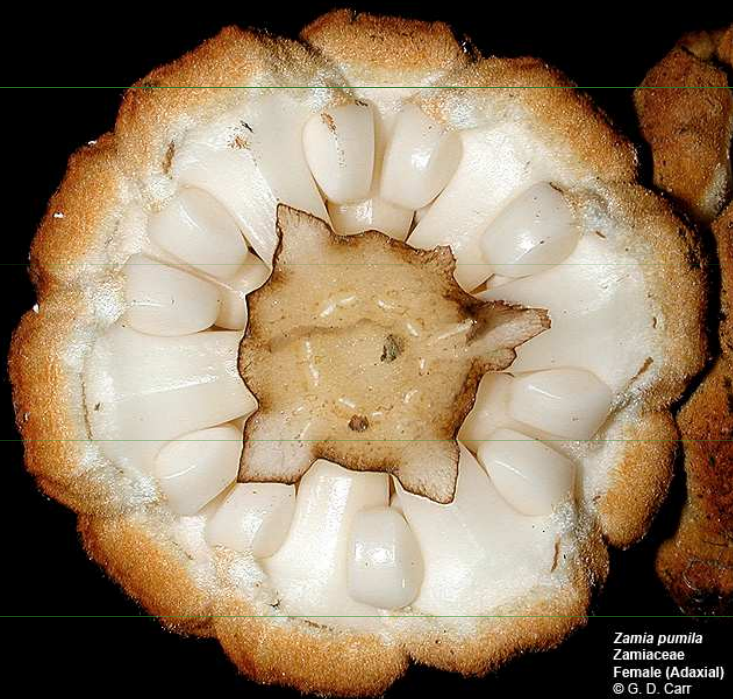
# *Zamia*

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





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



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

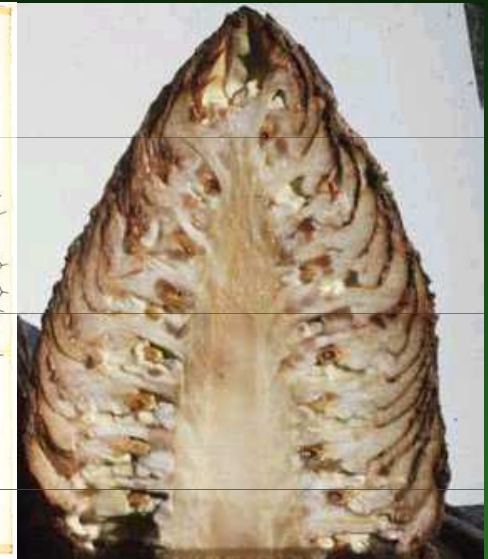
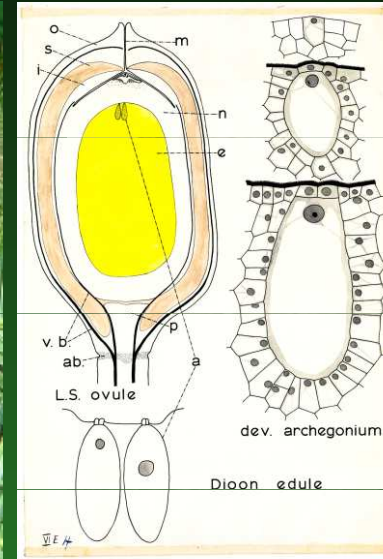


*Zamia pumila*  
Zamiaceae  
© G. D. Carr

# *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 rostlin v populacích většiny cykasovitých stále klesá, jestliže dojde k poklesu počtu jedinců v populaci pod kritickou mez, má to vzhledem k anemogamii zpravidla za následek totální absenci generativního rozmnožování, což proces vymírání urychlí. Celá řada druhů je proto ohrožena např. *Encephalartos*.



*Encephalartos*  
(Presly nazývaný  
píchoš) roste v Jižní  
Africe,



jeho strobily  
dosahují  
hmotnosti až 45  
kg, nejbohatší rod

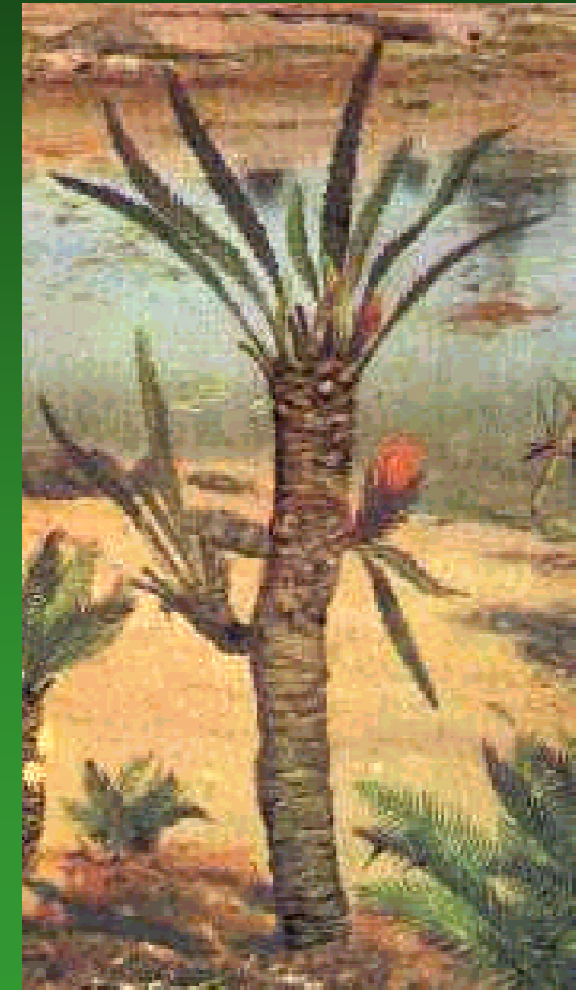
# 3. řád *Bennettitales*





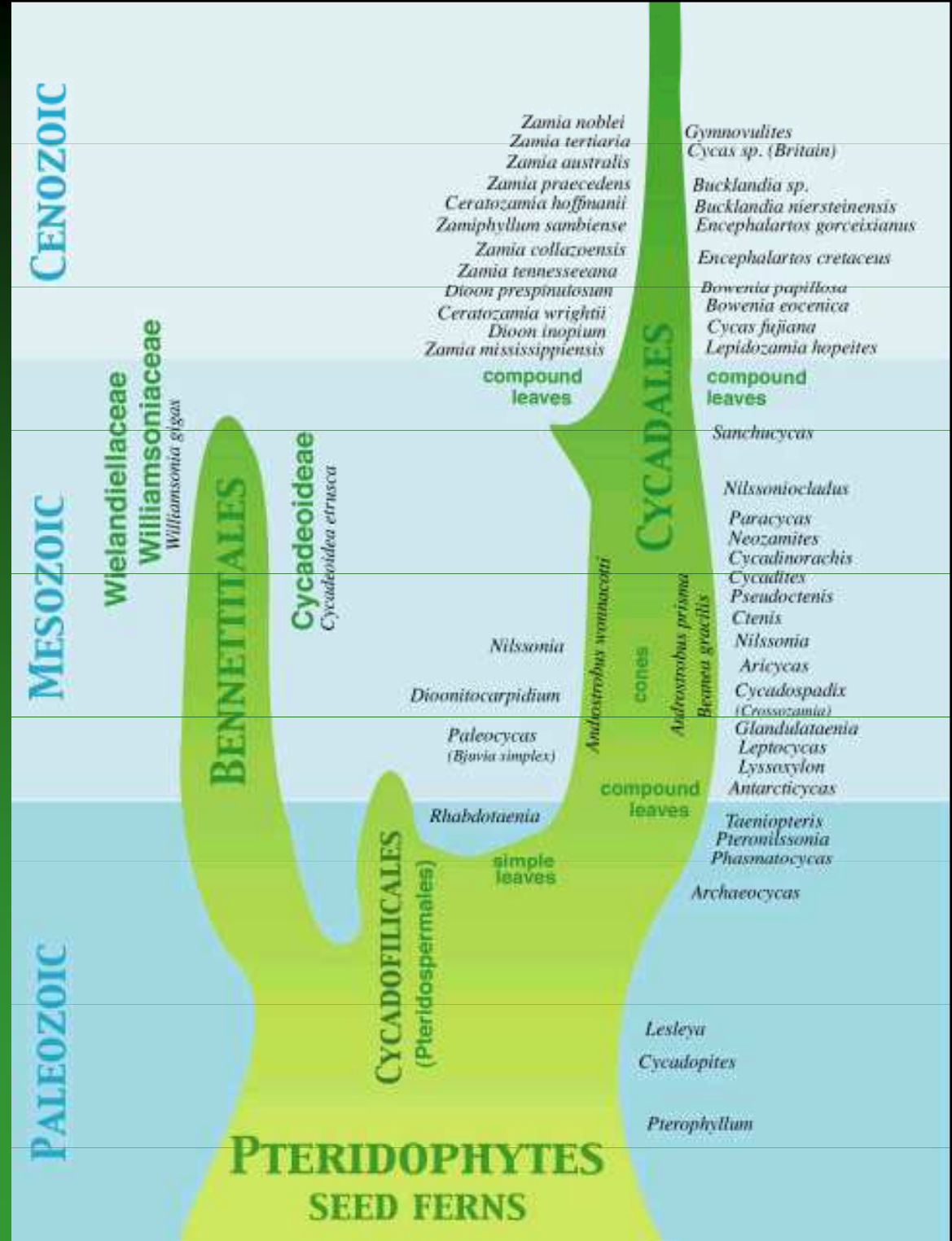
Fosilní dřeviny, vzhledem připomínající současné cykasy.

Liší se oboupohlavnými strobily!

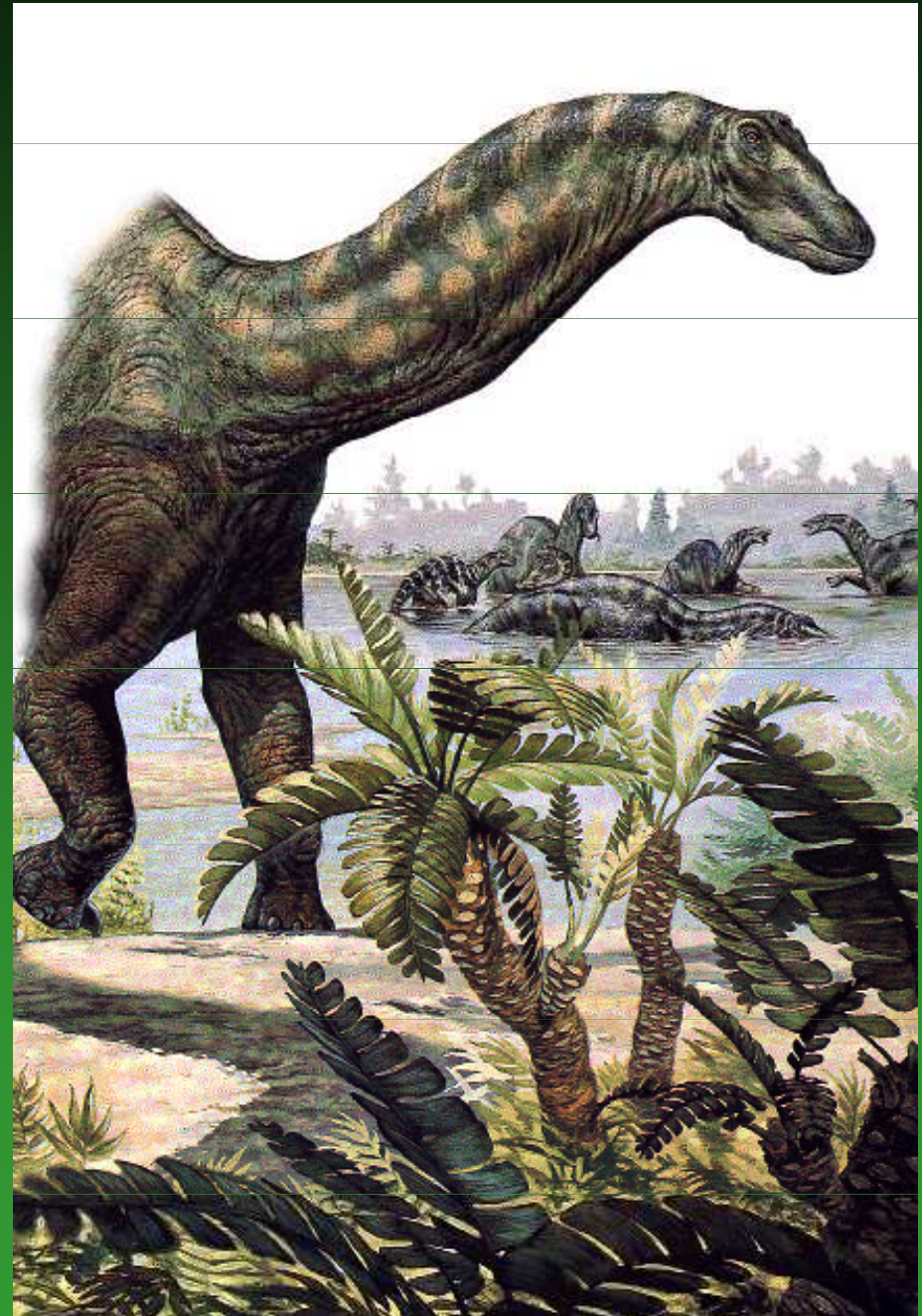
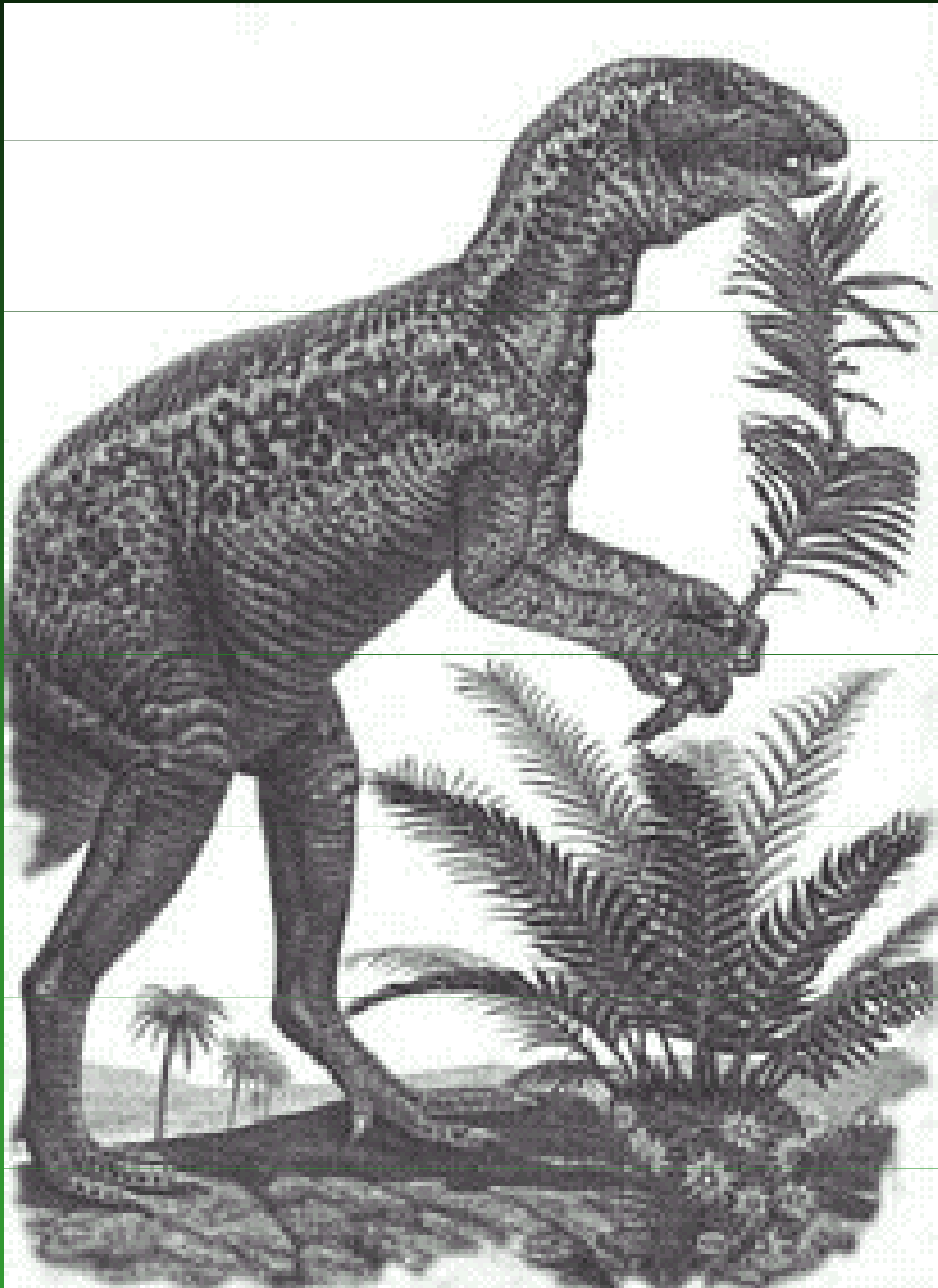


Jejich původ není zcela jasný - navazují však zřejmě na některý z řádů odd. kaprad'osemenných *Pteridospermales* (= *Cycadofilicales*)

Vymřely v horní křídě.



Dominovaly v druhohorách a byly proto pravděpodobně složkou potravy dinosaurů

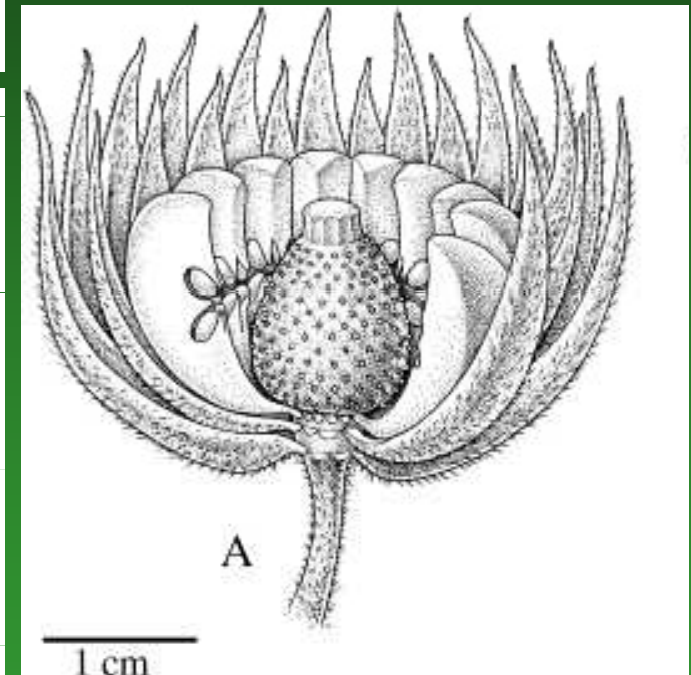
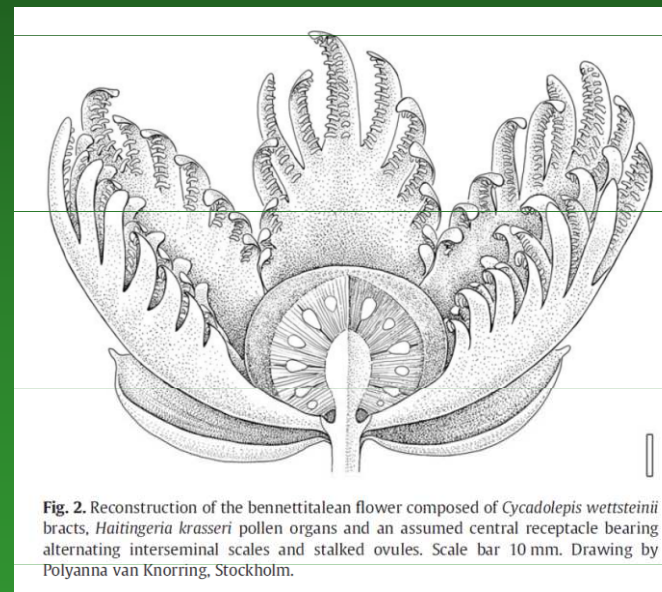
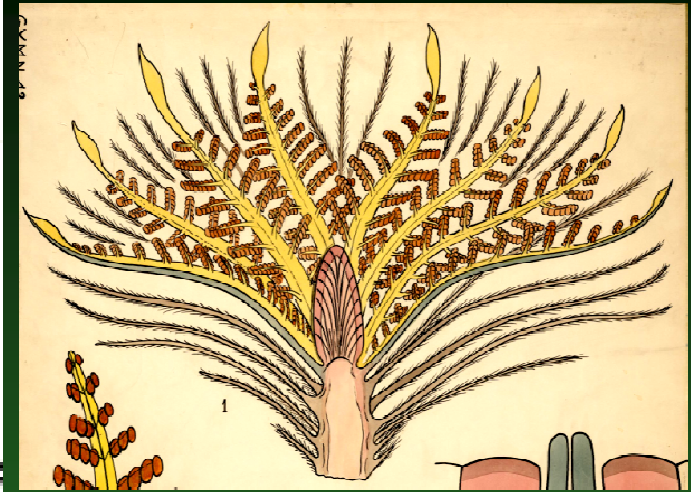
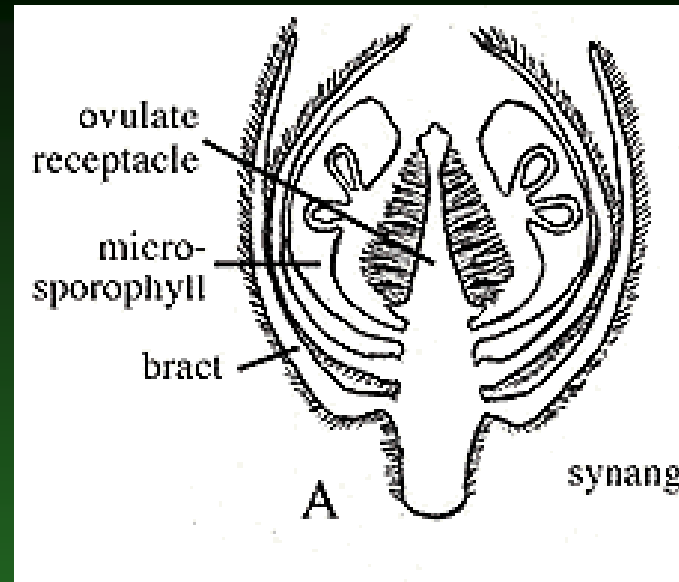


# Oboupohlavný strobilus = „květ“

1. Vnější kruh = okvěť“= obal z trofofylů

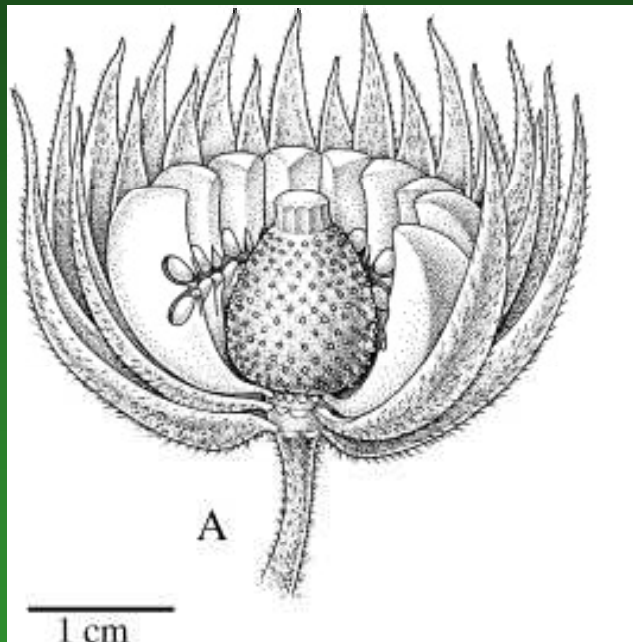
2. Mezikruh = zpeřené mikrosynangiální tyčinky

3. Střed = kuželovitě vyklenutá část se stopkatými vajíčky mezi zdužnatělými šupinami



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

*Williamsonia*



*Magnolia*



*Lilium*



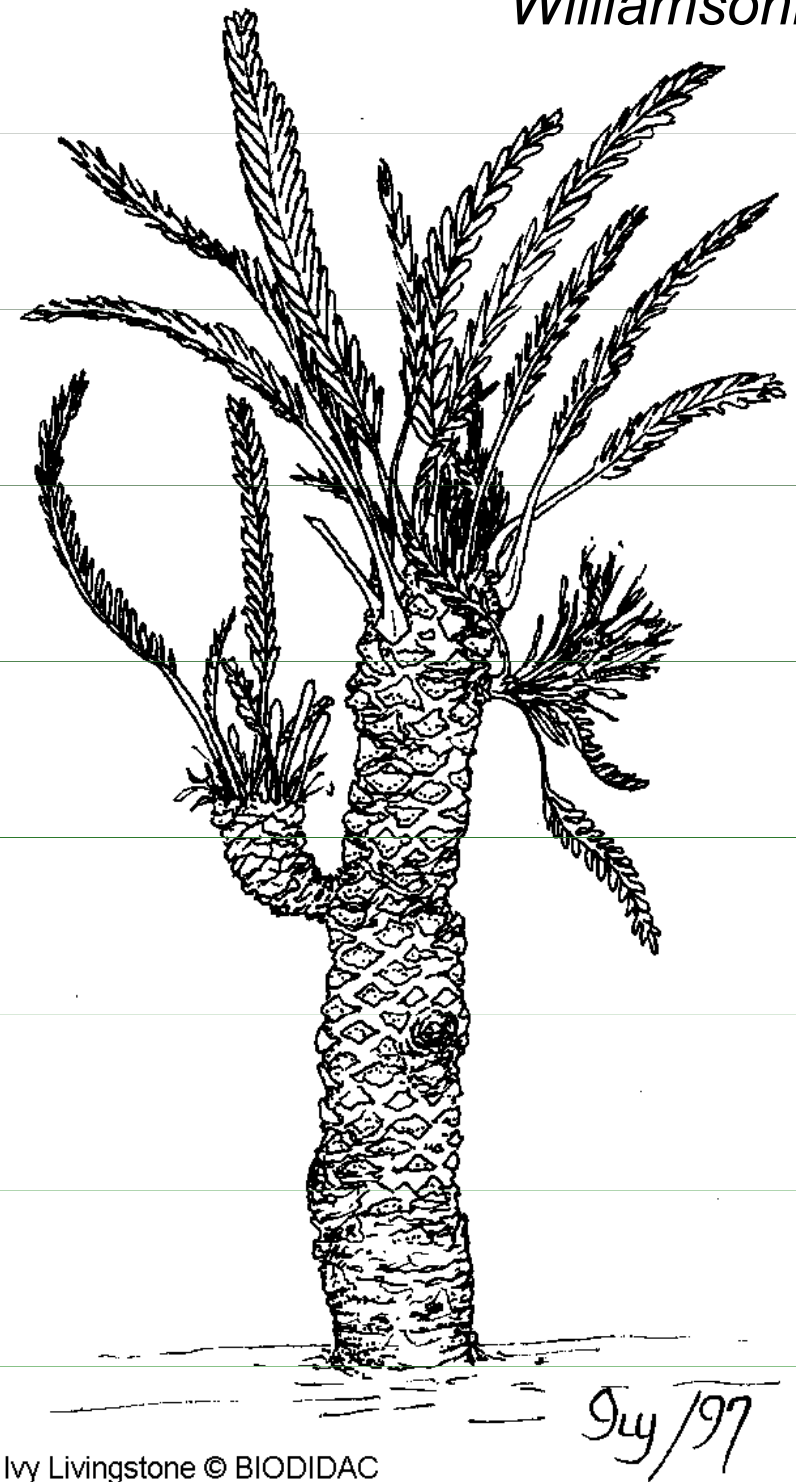
To považovali dřívější autoři za důkaz **teorie strobilární (=euanthiové)** odvozující od tohoto strobilu vznik oboupohlavného květu a považovali tak *Bennettiales* za ancestry krytosemenných.

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

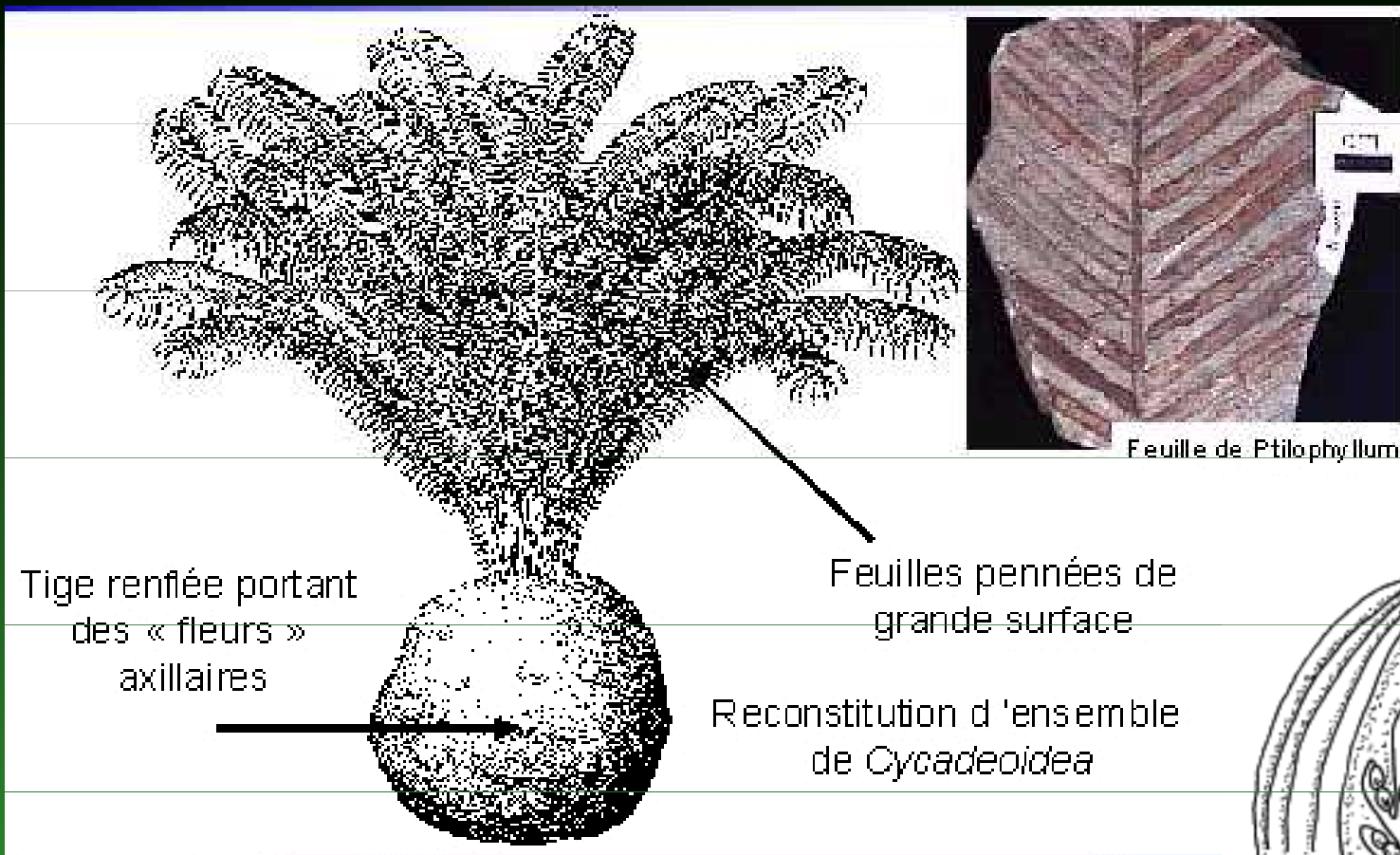


*Williamsoniella*

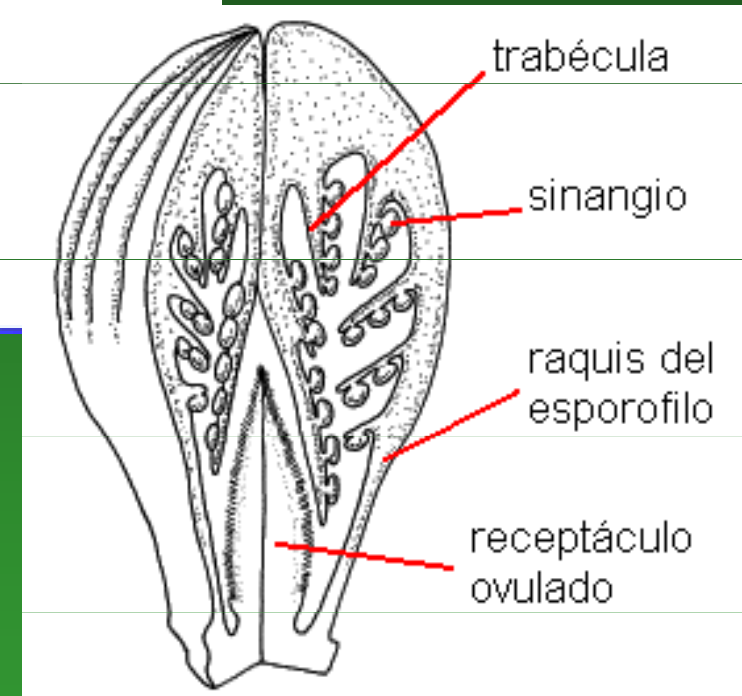
*Williamsonia*



Ivy Livingstone © BIODIDAC



***Cycadeoidea*** - krátký kůlovitý kmen, strobily přisedlé mezi listy megasporofyly téměř dokonale uzavřené v primitivních "pestících" s "pouzdry", uzavírajícími větší množství vajíček. Semena žebnatá až křídlatá



# 4. řád *Ginkgoales* (jinany)





Nahosemenné druhotně  
tloustnoucí dřeviny –  
stromy s pyknoxylickou  
stavbou



Fosilní, s jediným  
recentním zástupcem

jinanem dvoulaločným  
(*Ginkgo biloba*)



# Listy

jednoduché, vějířovité, ve  
dva laloky rozdělené

žilnatina vějířovitá

u fosilních čárkovité,  
kopinaté nebo vějířovitě  
dřípené v tenké úkrojky

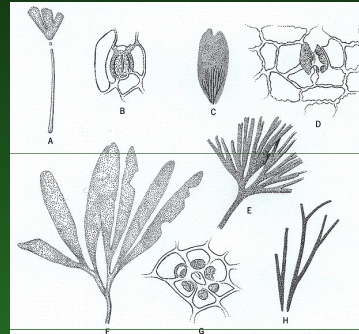


Fig. 11-14. Ginkgo leaf fossils from Scoresby Sound, East Greenland. A, B. *Ginkgo* *ambriata*: A, leaf, 0.5X; B, stomate, 300X. C, D. *Baiera* *longiliana*: C, leaf, 1X; D, stomate, 400X. E. *Ginkgo* *minuta*, 9X. F, G. *Ginkgo* *hermala*: F, leaf, 0.5X; G, stomate, 250X. H. *Baiera* *leptophylla*, 0.6X. (From Harris, 1935.)



spirálovitě ve svazečcích na  
koncích brachyblastů

na zimu opadávají

**Větve** - téměř vorovně odstálé,  
- s výraznými brachyblasty



**Kmen**

- do 30 m výšky, na bázi v obvodu až 9 m

**Borka kmenu**

- silná, záhy nahrazuje epidermis

- obsahuje taninové buňky, stejně jako borka jehličnanů

## Historie

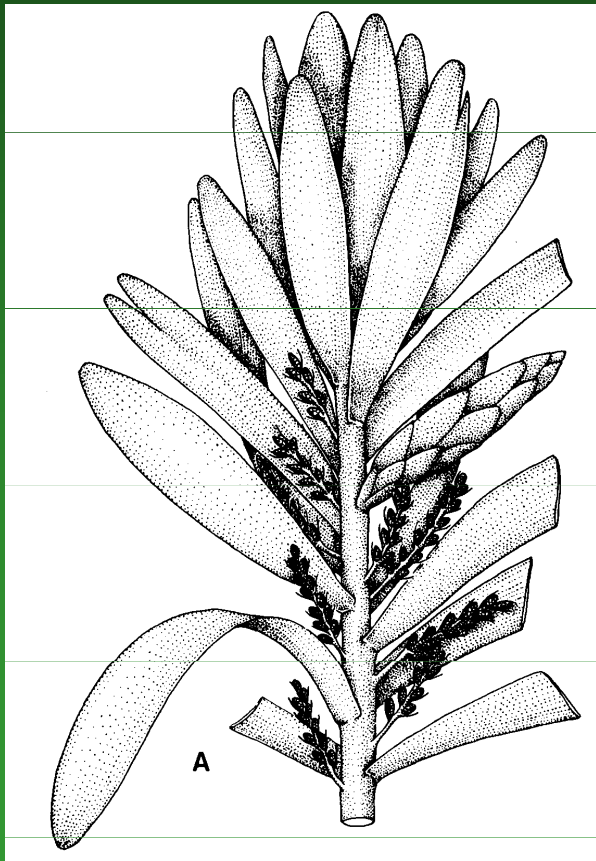
- poprvé svrchní perm
- vrchol v juře a křídě
- ústup ve třetihorách



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

# Evolučně navazují jinany pravděpodobně na kordaity

Cordaites



fosilní *Ginkgo*



*Ginkgo biloba*



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



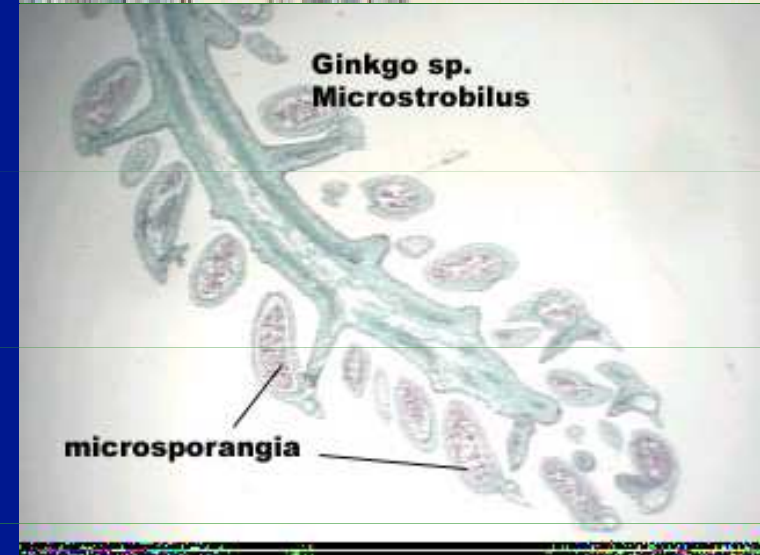
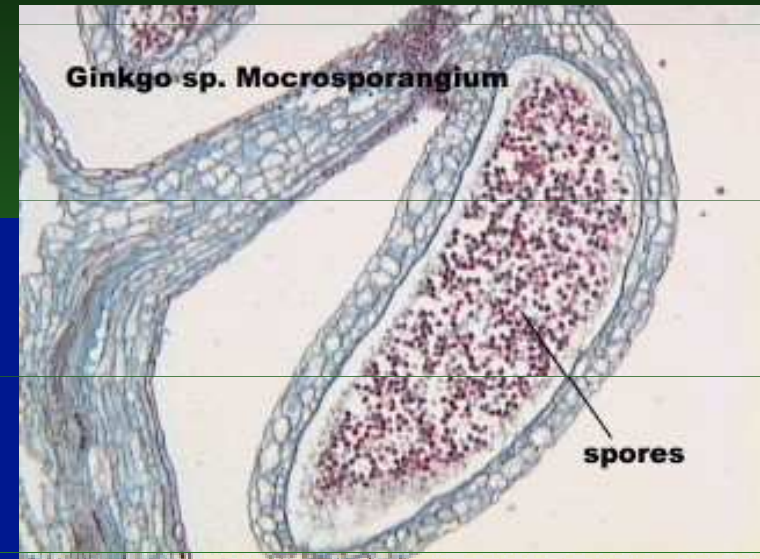
Jinan je  
dvoudomý  
strom s  
pohlavními  
chromosomy



má tedy samčí a  
samičí jedince

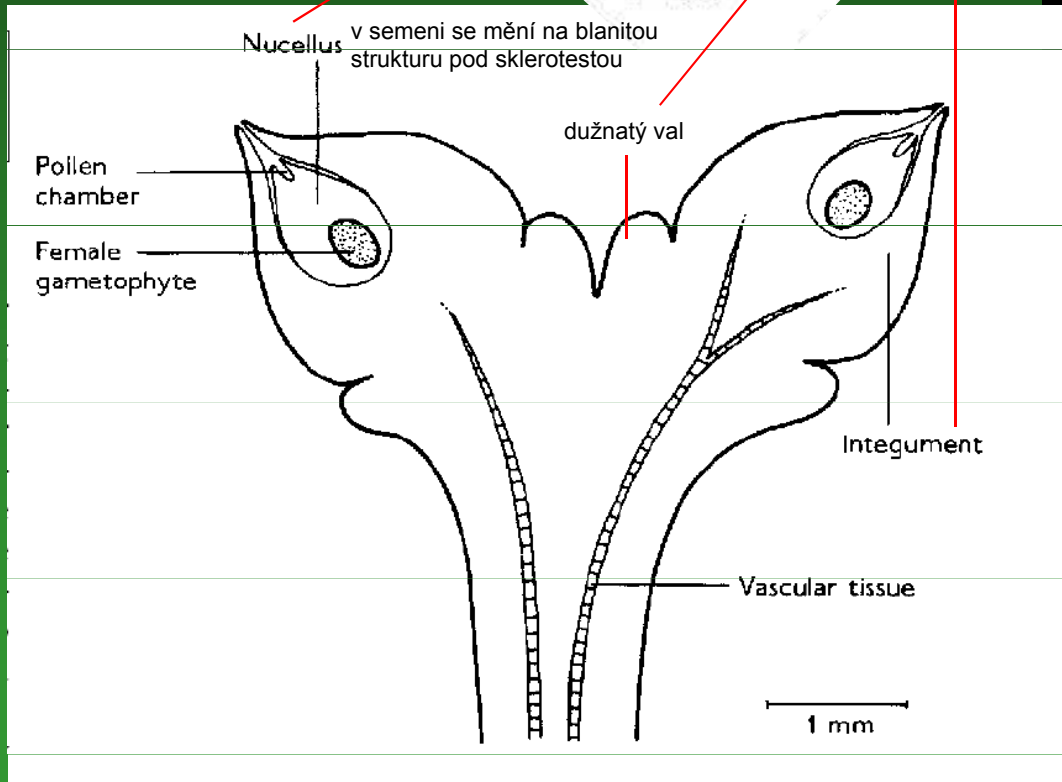
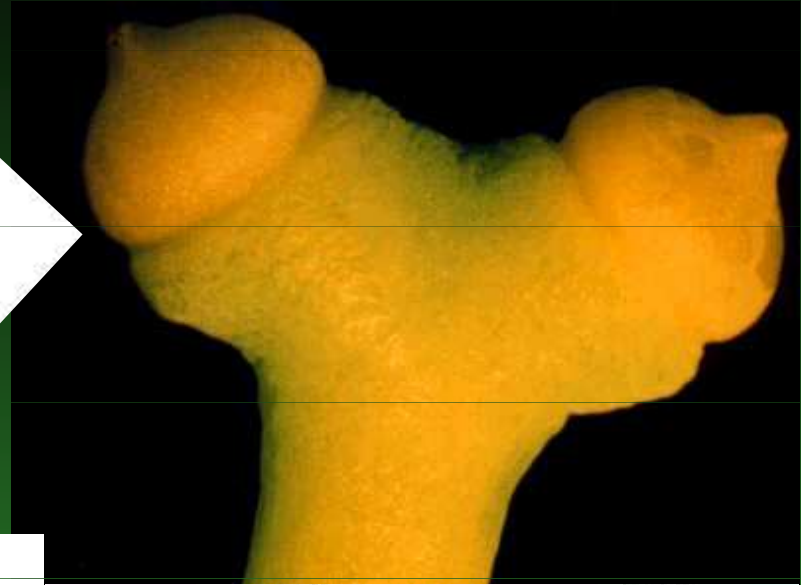
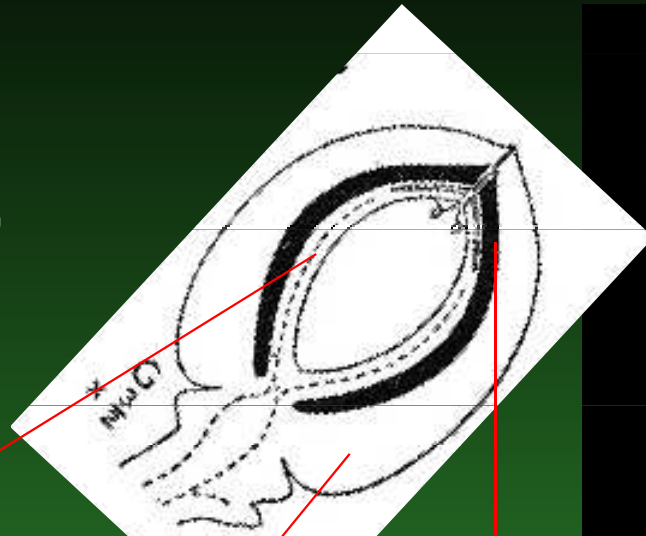
Mikrosporofyly (mikrosporangiofory)  
v jehnědovitých strobilech, obvykle  
se dvěma sporangii.

Pyl se tvoří na jaře.





Vajíčka nahá,  
na stopkách  
zpravidla dvě,  
transverzálně  
postavená



Jedno z vajíček zpravidla nedozrává - zakrňuje.



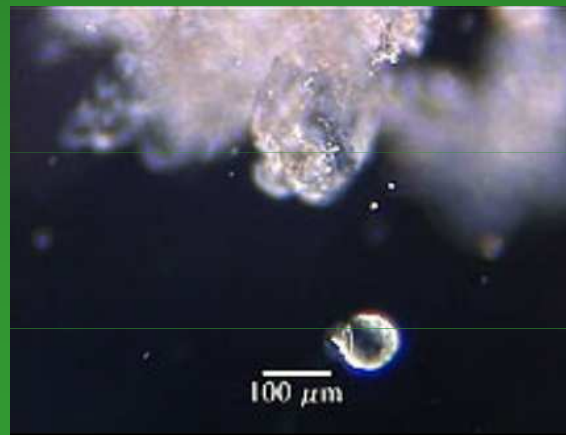
Vysycháním polinační kapky pyl vtahován do pylové komory

V pylové komoře vyklíčí láčka a proroste skrz stěnu nucellu do archegoniální komory

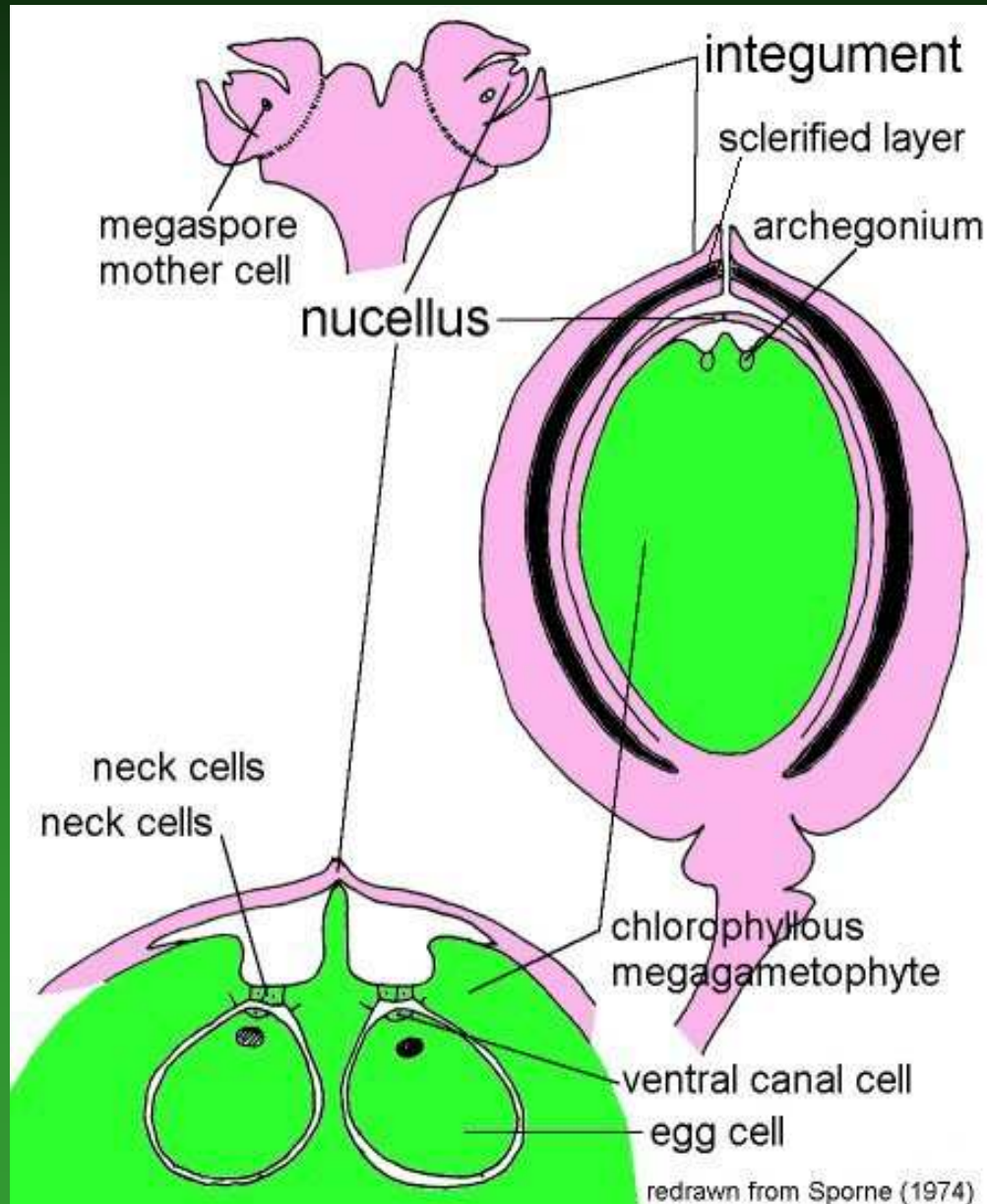
Do archegoniální komory ústí krčky 2-3 archegonií.

Na konci láčky vznikají dva polyciliární spermatozoidy (u cykasů a jinanů se s nimi setkáváme naposledy).

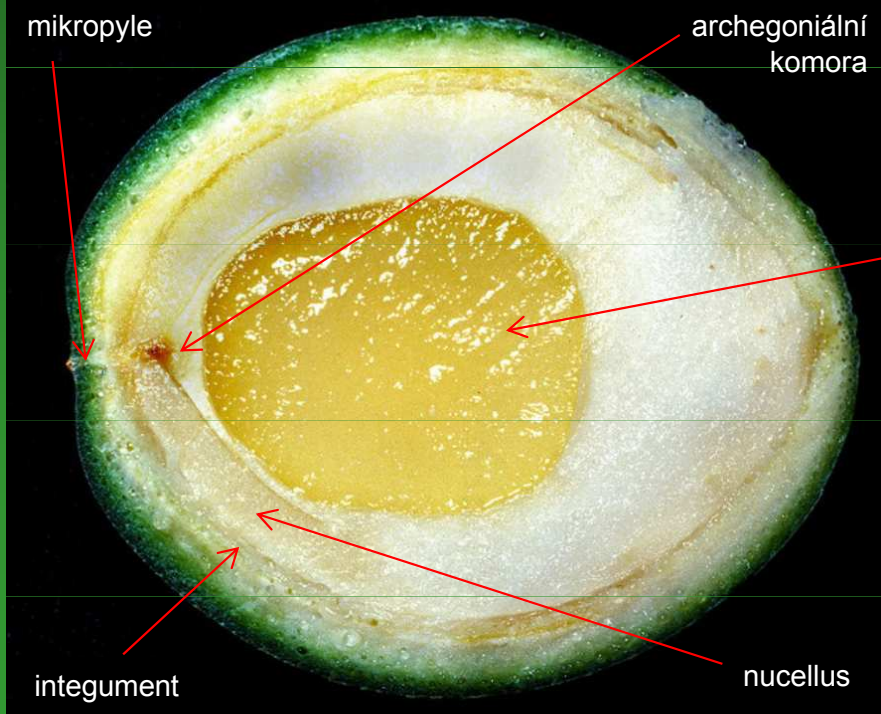
Spermatozoid (70–90  $\mu\text{m}$ ) oplodní vaječnou buňku až po odpadu semene na zem 4-7 měsíců po opylení



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



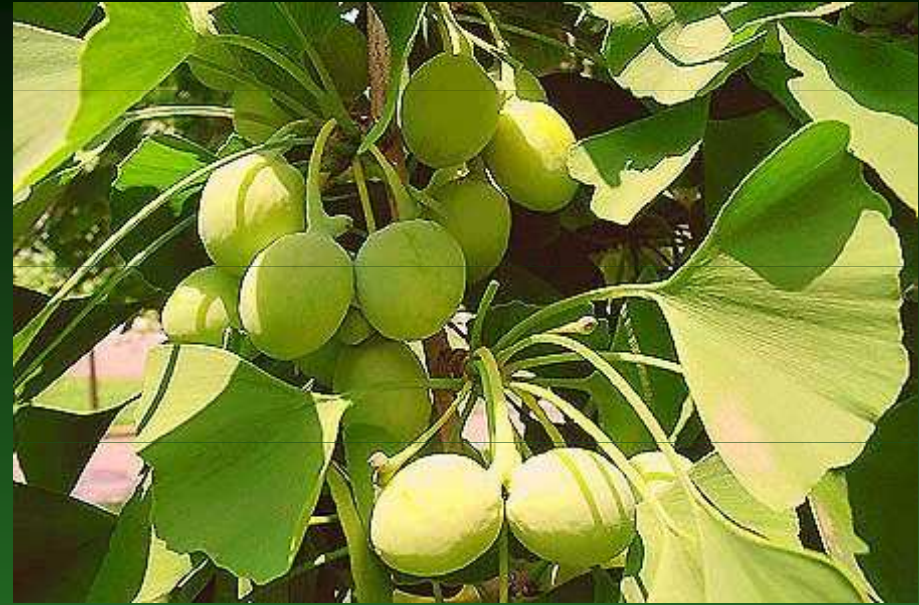
Semeno až 3 cm v průměru -  
na povrchu dužnatá sarkotesta,  
unitř tuhá sklerotesta, pod ní je  
škrobnaté živné pletivo s  
dvouděložným embryem.



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.

Zejména v posledních letech je z jinanu získávána řada léčivých produktů



© W.P. Armstrong 2000



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



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

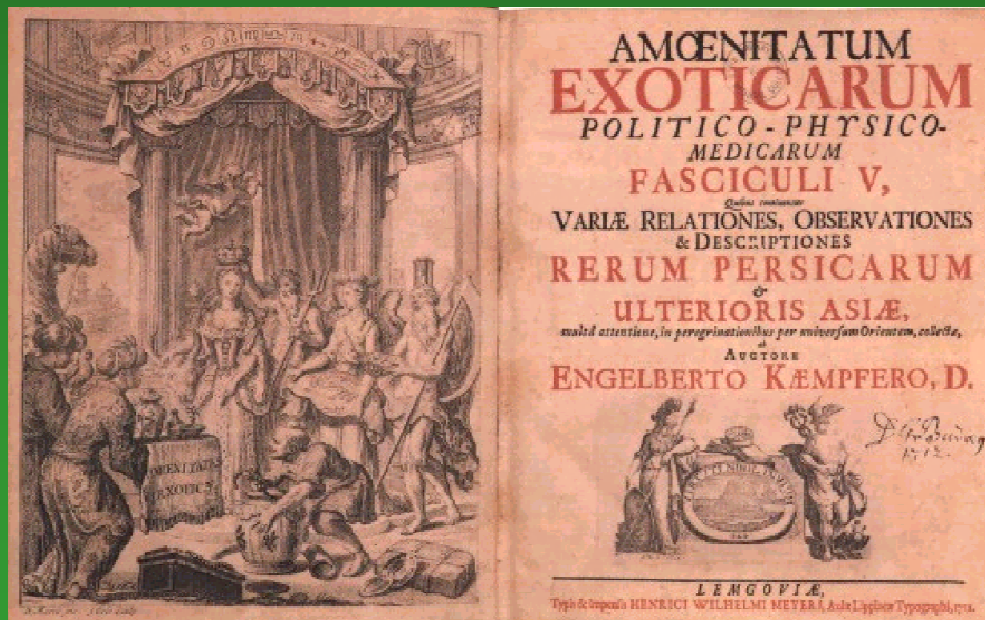
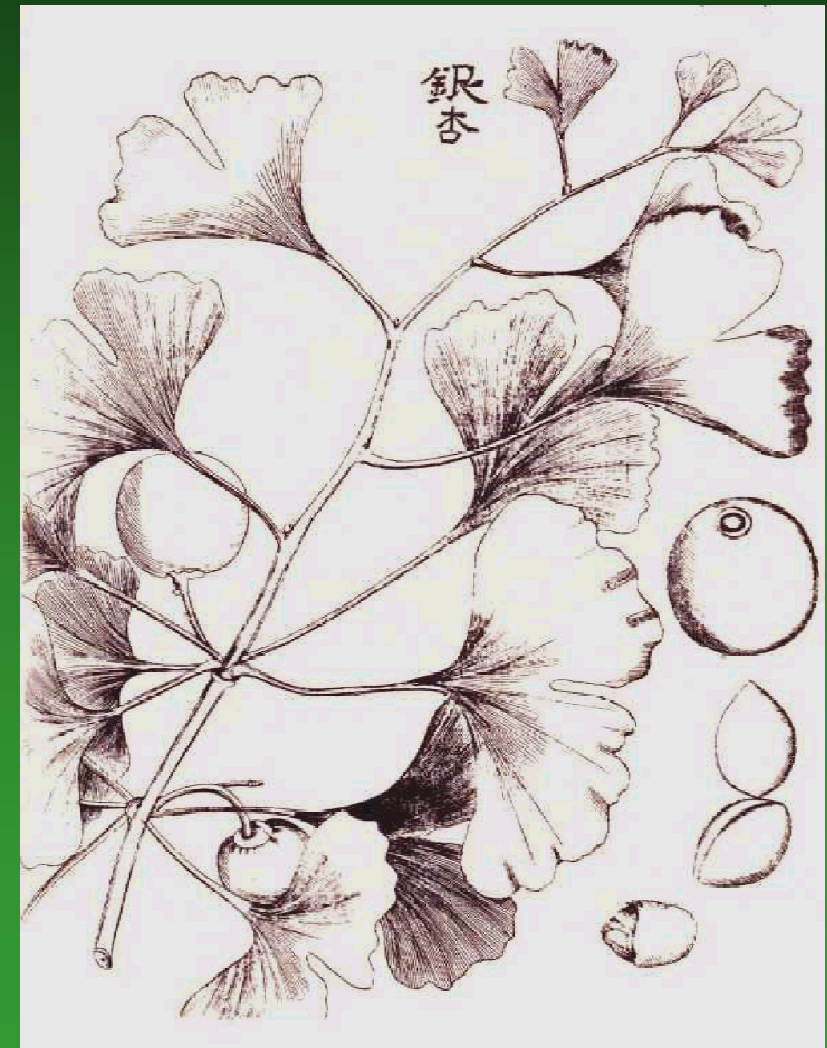


Odsud byl přenesen i do Japonska a Koreje ke stejnému účelu.



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.

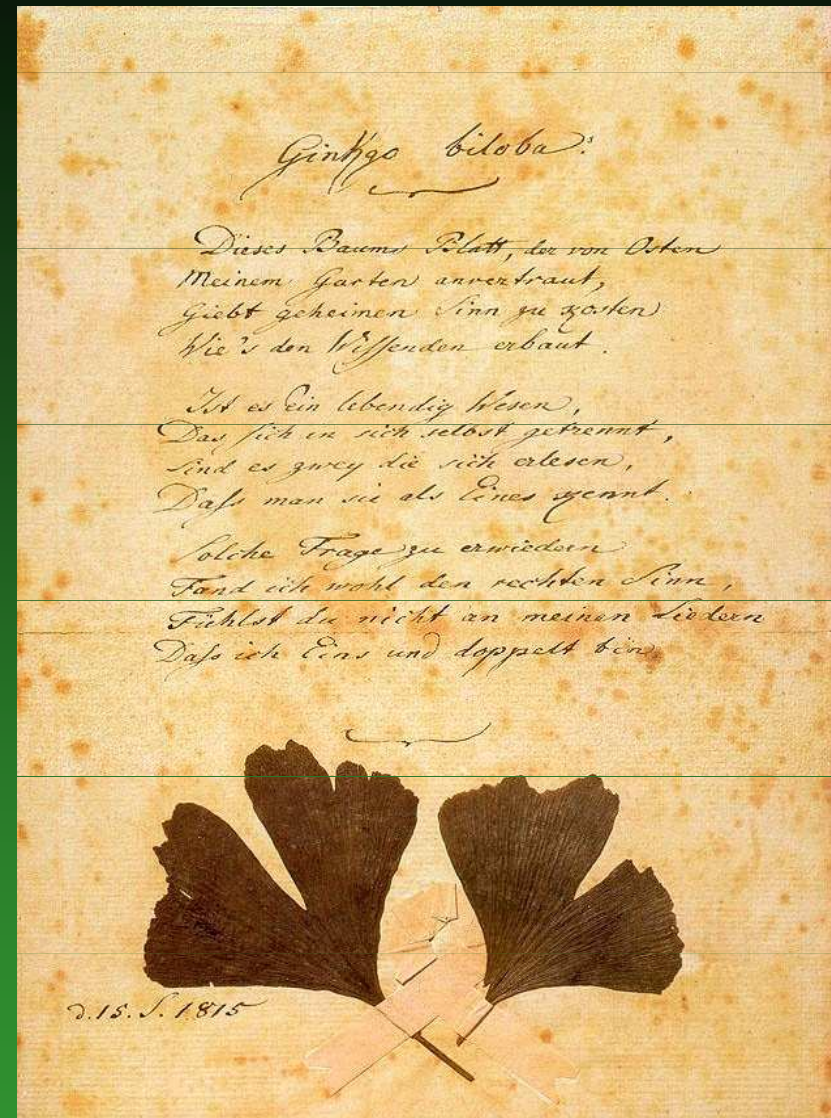
白果



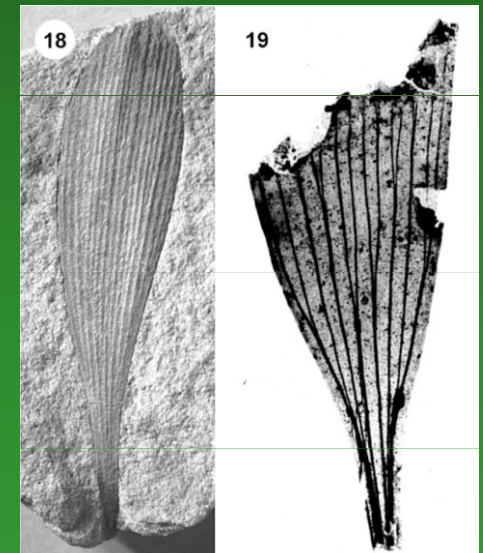
Teprve v roce 1956 bylo objeveno refugium v JV Číně - v horách Tien Mu Shan mezi provinciemi Zhejiang a Anhwei. Třetihorní areál zabíral téměř celou severní polokouli.



Zářez rozeštělý 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. řád *Pinales* (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

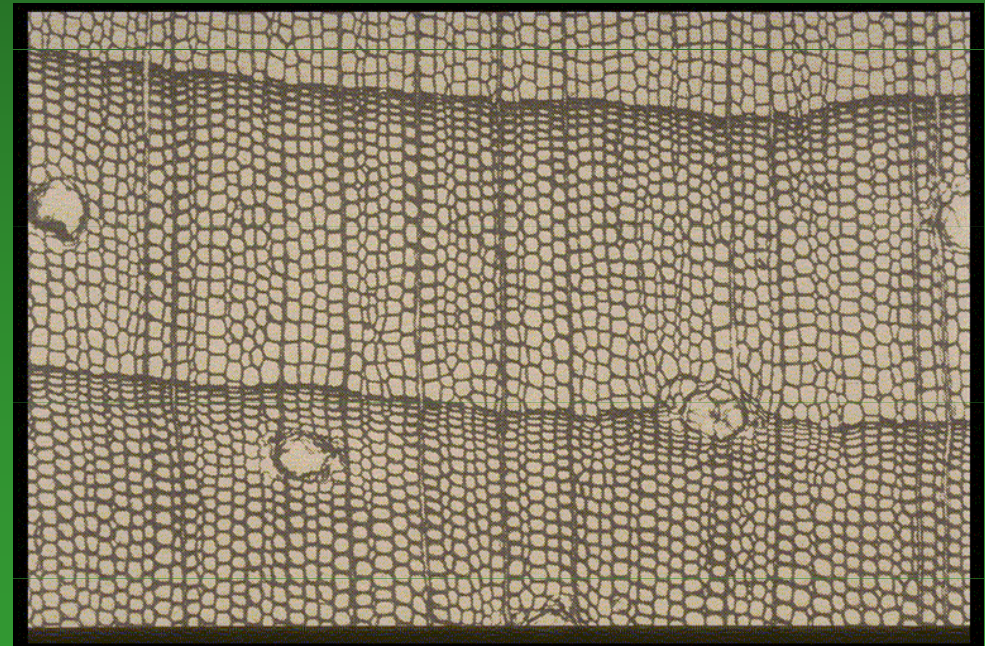
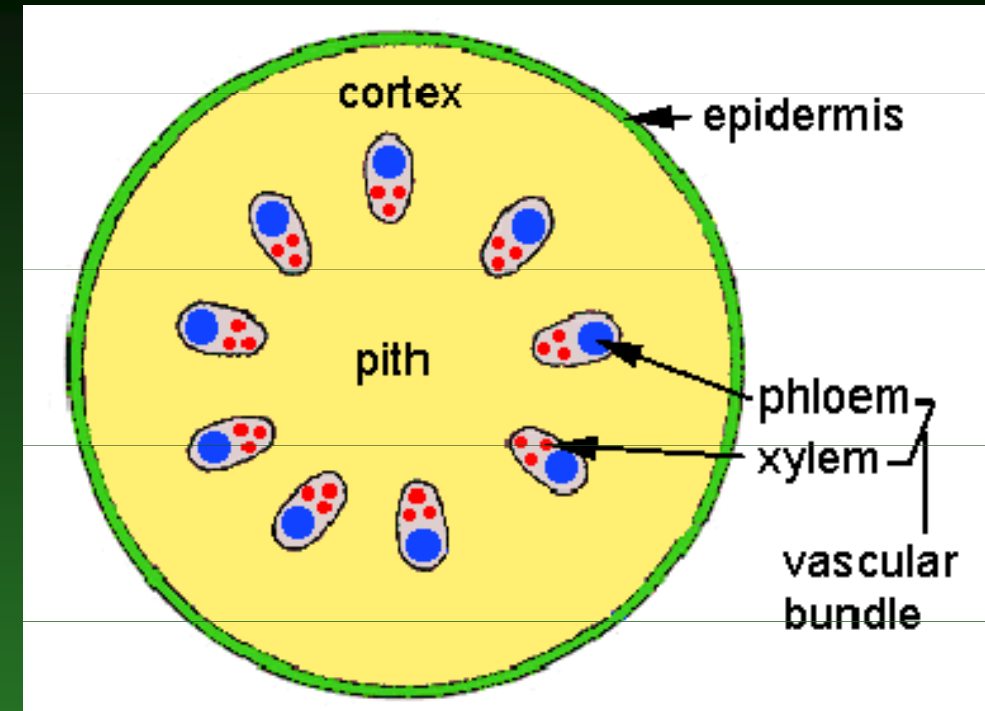
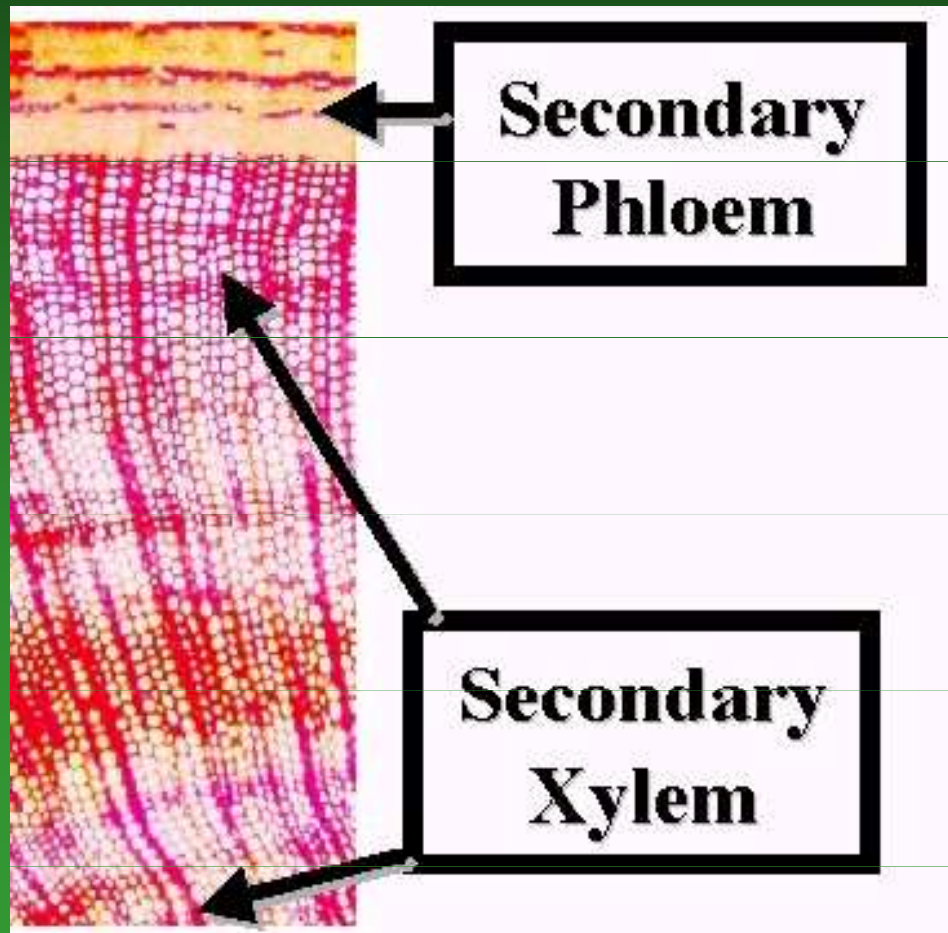


# Morfologie výhradně dřeviny převážně stromy (řidčeji keře)

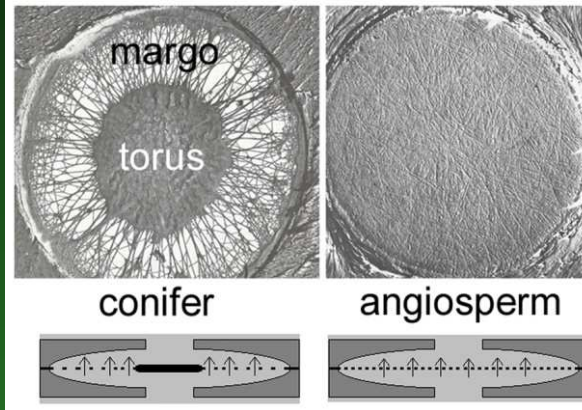
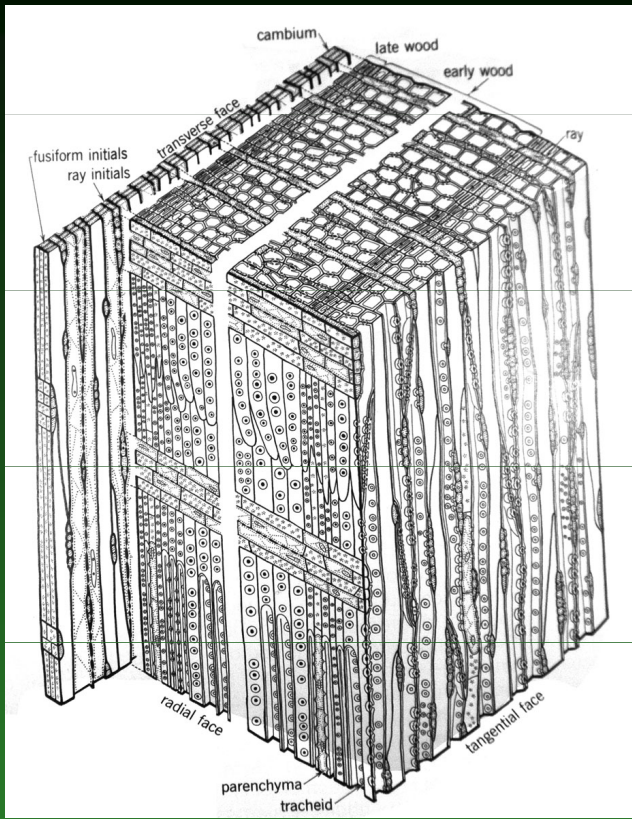


Vodivé elementy eustélické stavby.

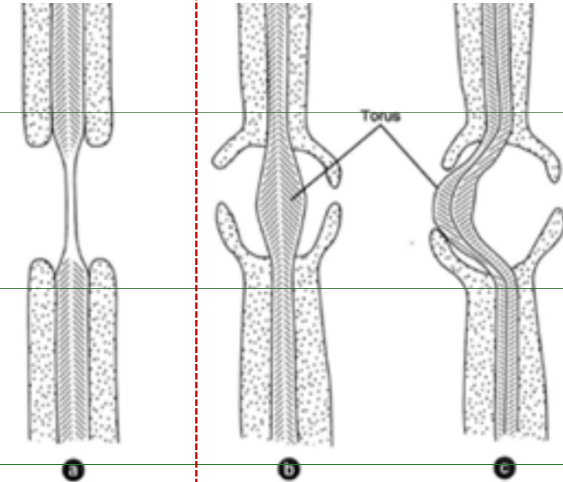
Kmen s druhotným tloušťnutím s letokruhy, pyknoxylické struktury (bez parenchymatické dřevě, dobře odolává mrazu)



# Tracheidy s dvůrkatými ztenčeninami

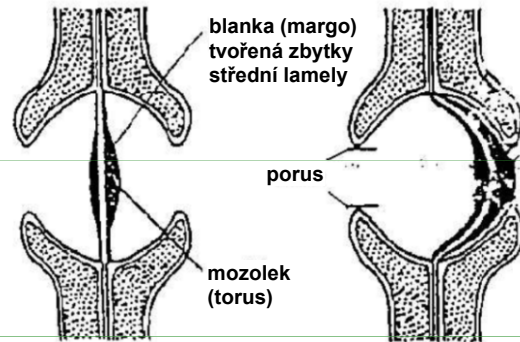
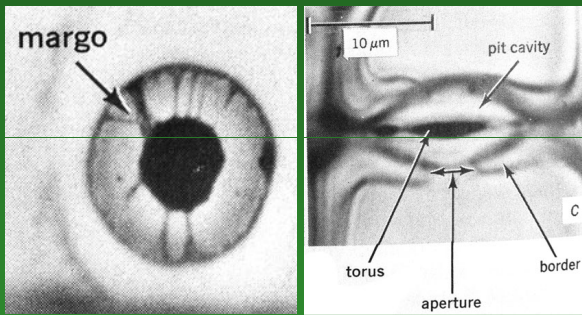
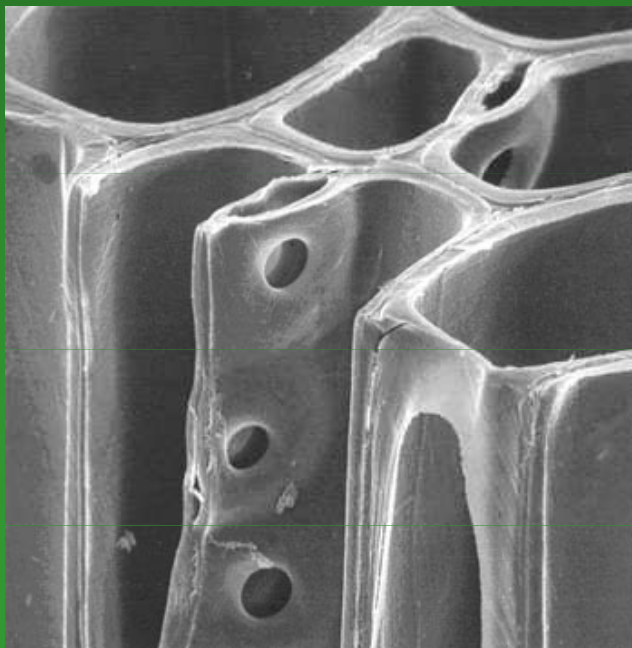


## Ztenčeniiny na tracheidách



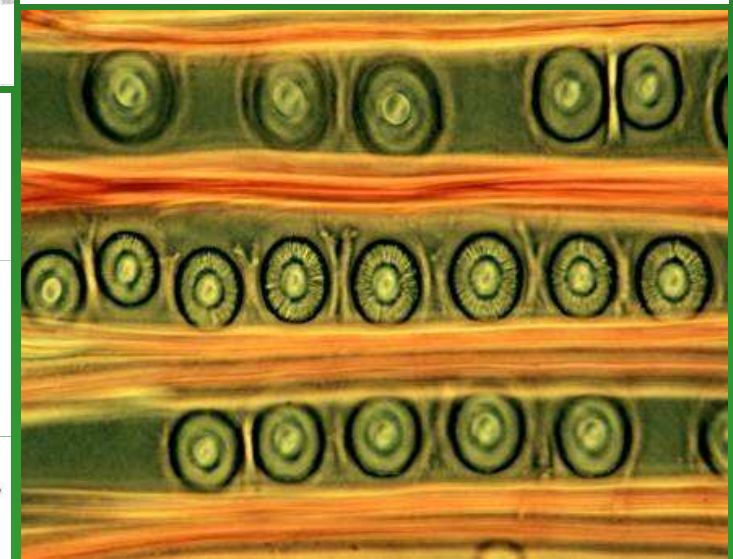
Krytosemenné

Nahosemenné

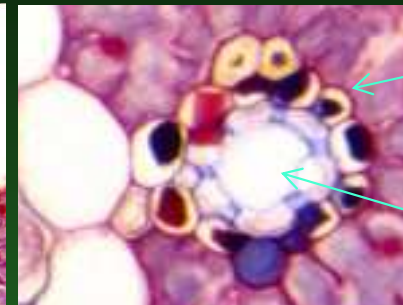


Dvůrkatá ztenčenina

Dvůrkatá ztenčenina, kdy  
otvor (porus) je uzavřen  
torusem

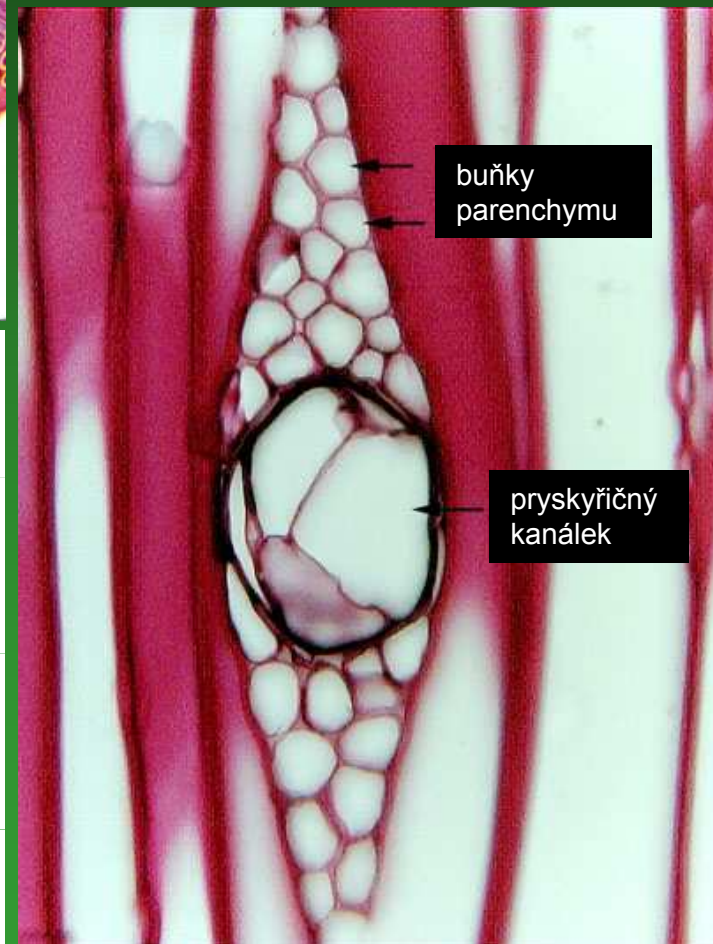


Dřevo i listy často s pryskyřičnými kanálky = ochrana před herbivorním hmyzem a druhotnými infekcemi (bakterií a hub)



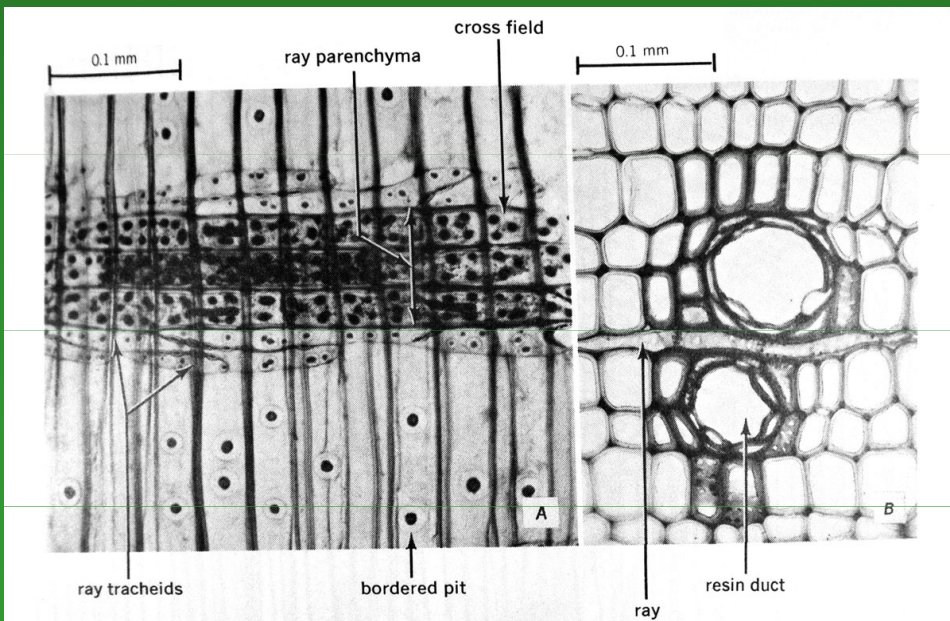
buňky parenchymu

pryskyřičný kanálek



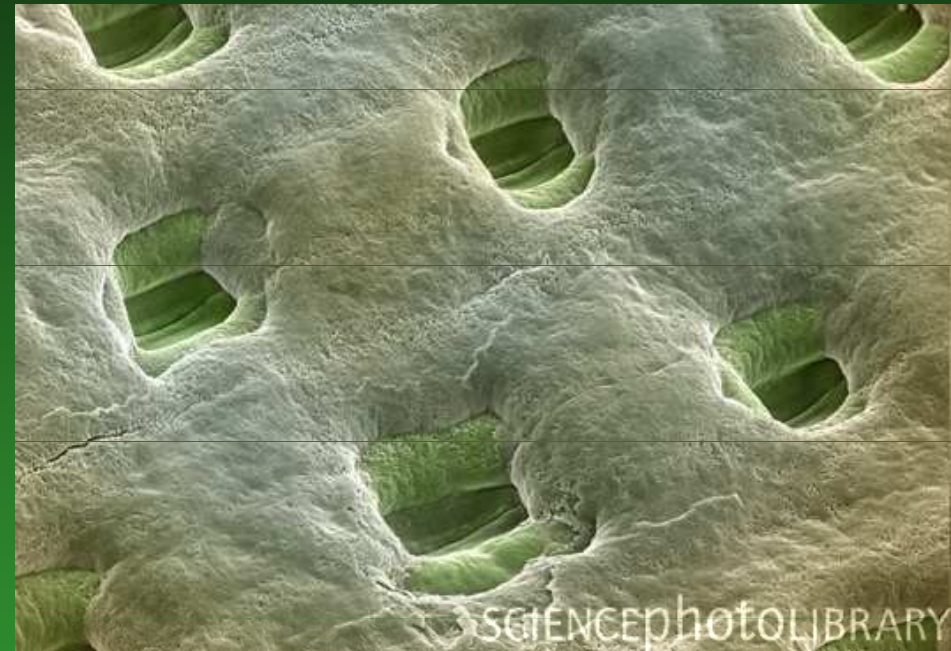
buňky parenchymu

pryskyřičný kanálek



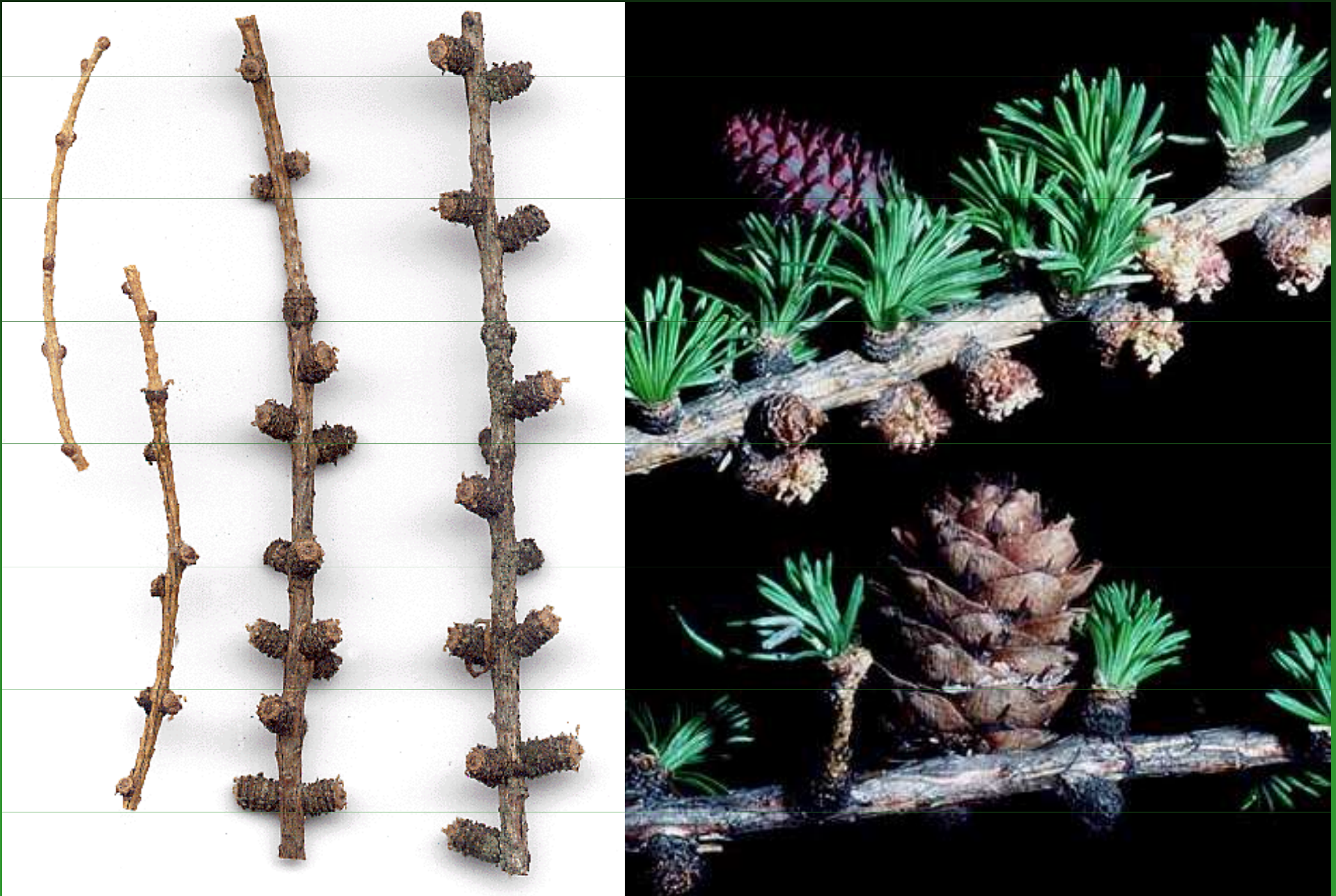


Průduchy hluboce  
zanořené pod povrch  
kutikuly a epidermis



Kutikula často silná

# Větve často s brachyblasty (nejvýraznější u modřínu)

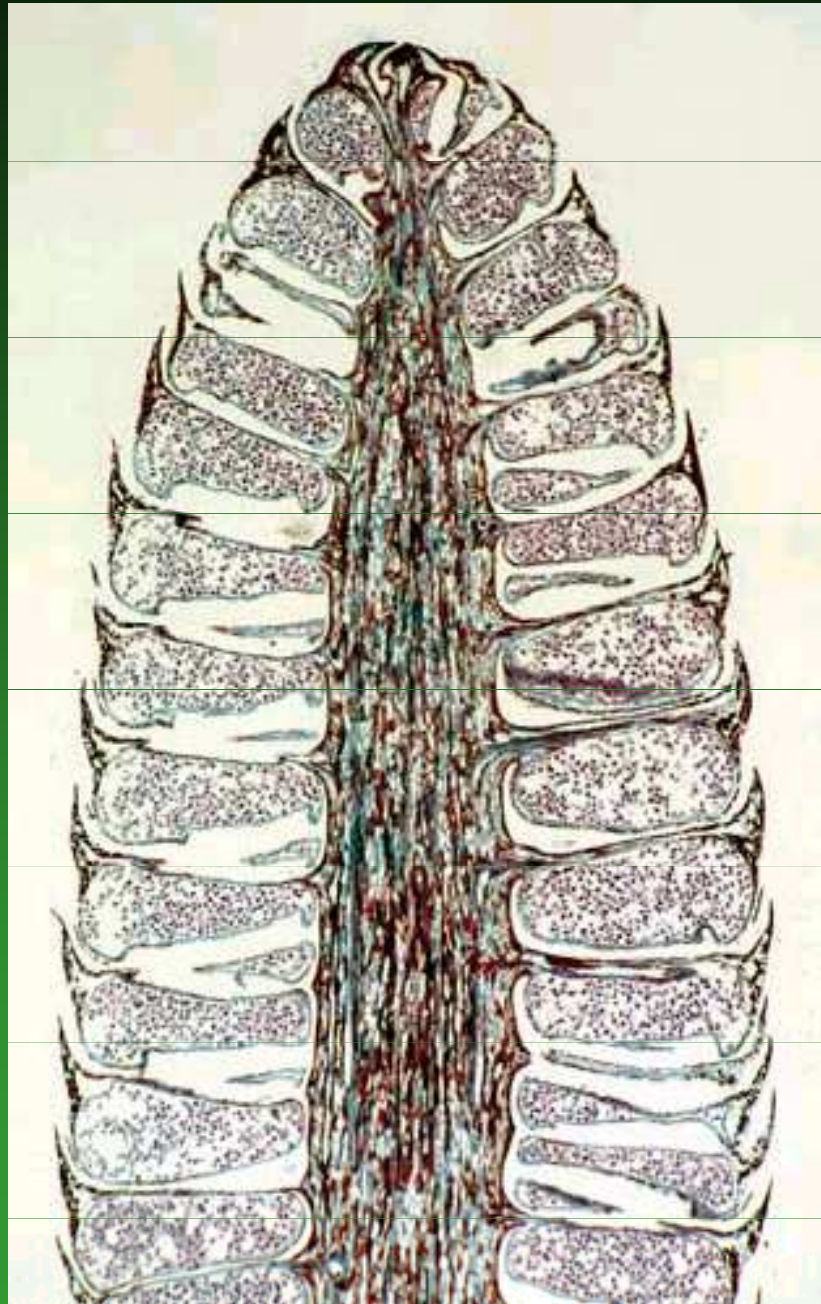


Listy většinou malé, jehlicovité nebo šupinovitě, většinou jednožilné

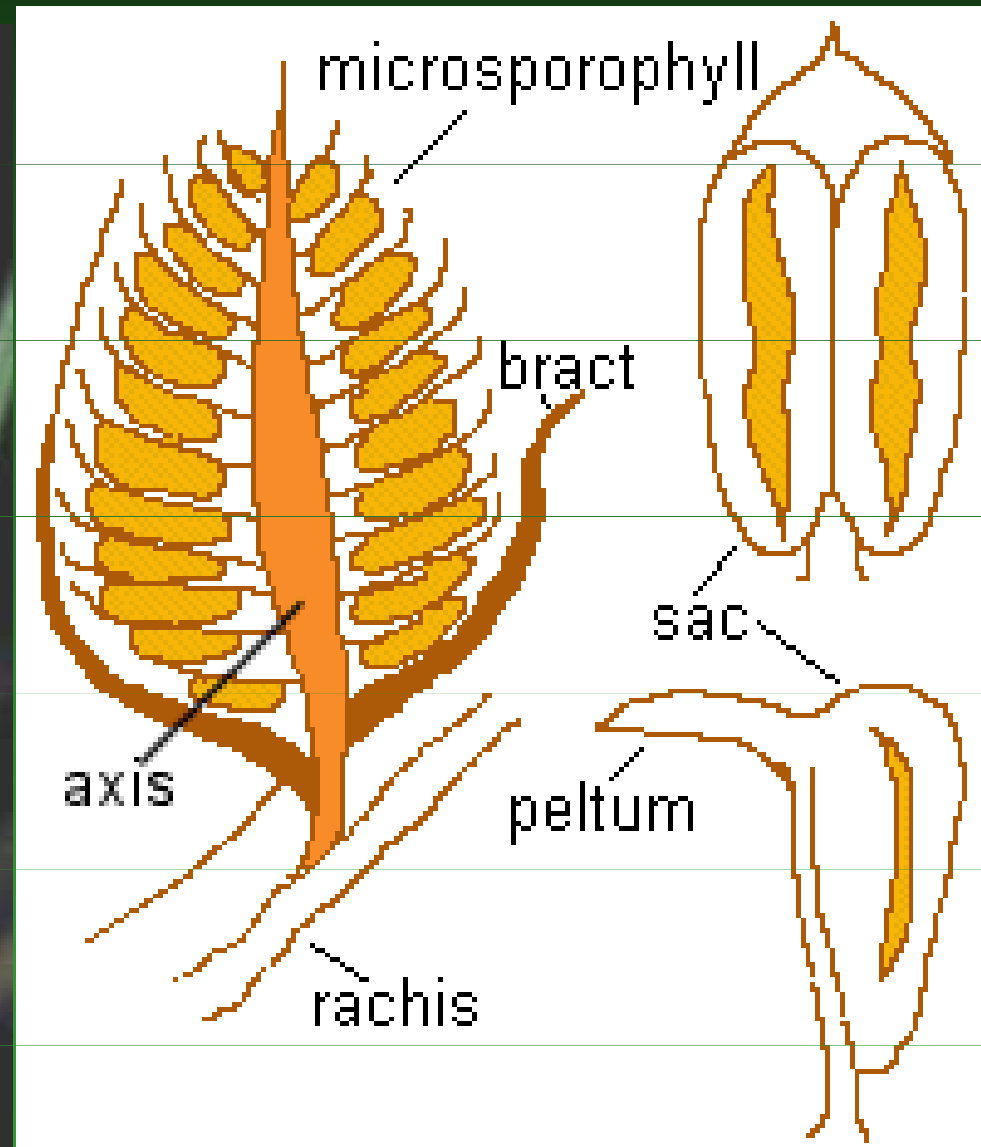




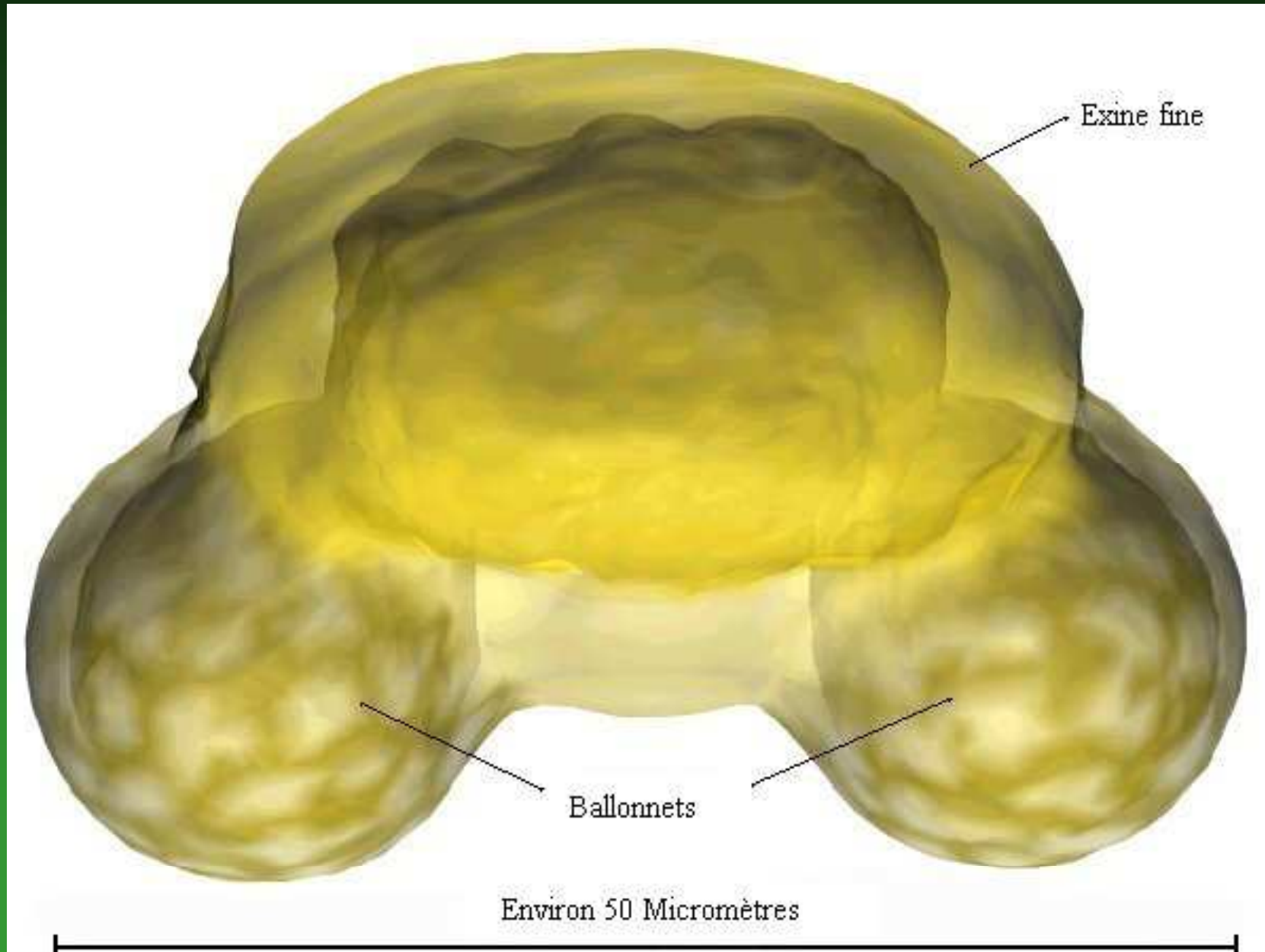
# Sporofyly šupinovitě, ve strobilech



Mikrostrobily na bázi s několika sterilními šupinami  
 mikrosporofyly na spodu se 2-20 mikrosporangii - prašnými  
 pouzdry



Pyl často se 2 vzdušnými postranními nebo jedním obvodovým vzdušným vakem (opylení výhradně anemogamní)



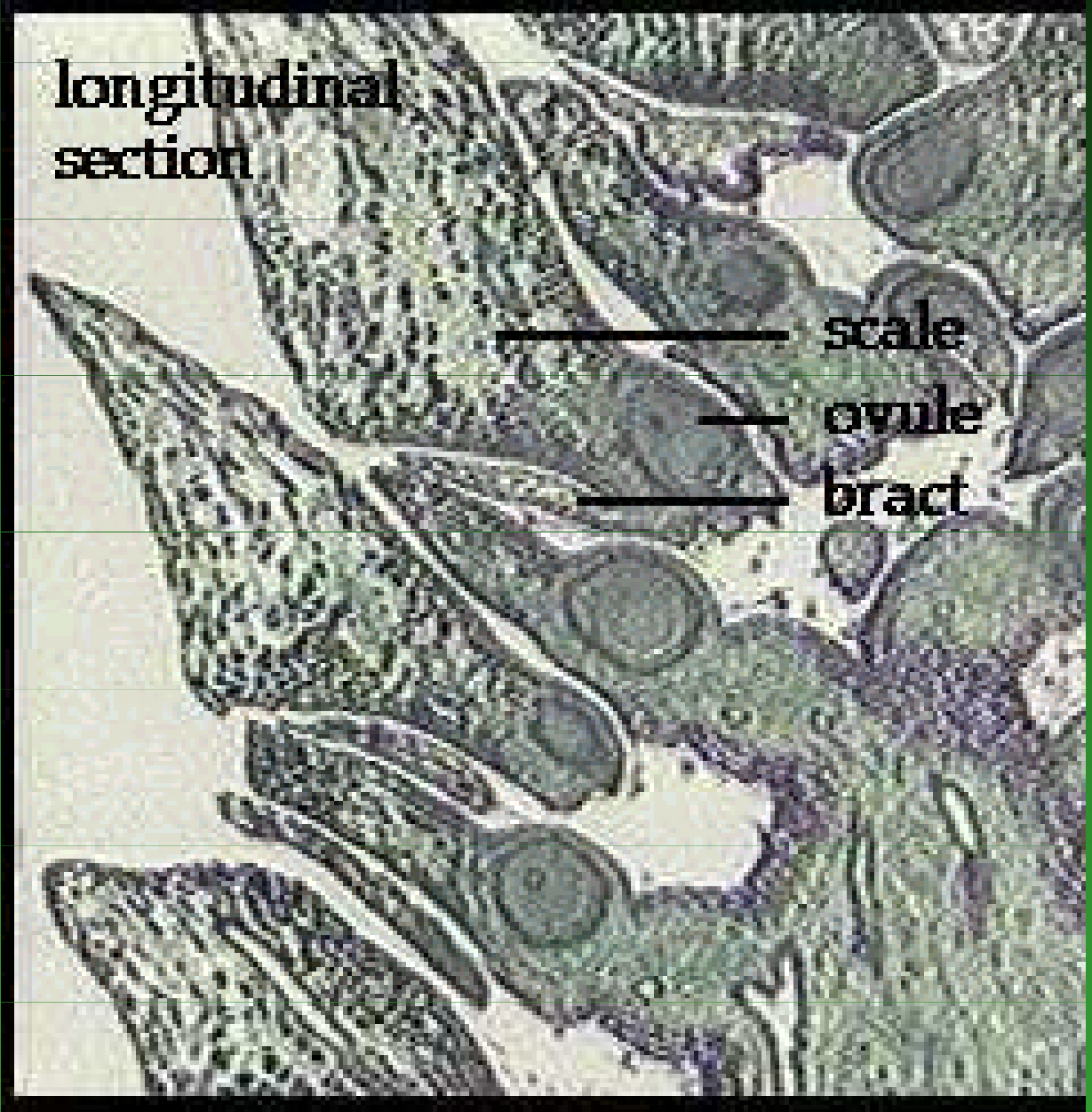
# Zralé pylové zrno sestává ze dvou buněk

*Pinus pollen*



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

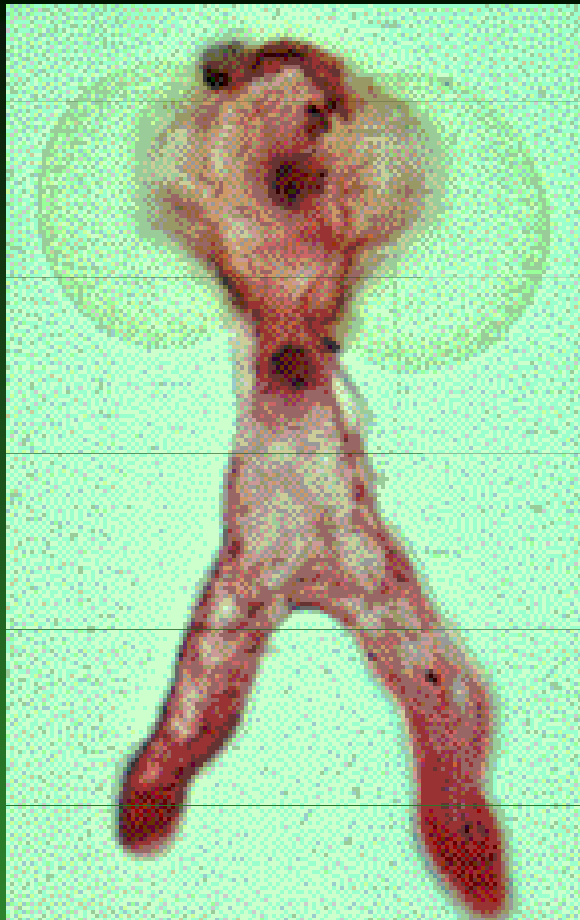
Megastrobily jsou tvořené 2 typy šupin - semennými a podpůrnými



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



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



Germinating Pine Pollen (400x)

Pollen Grain

Pollen Tube

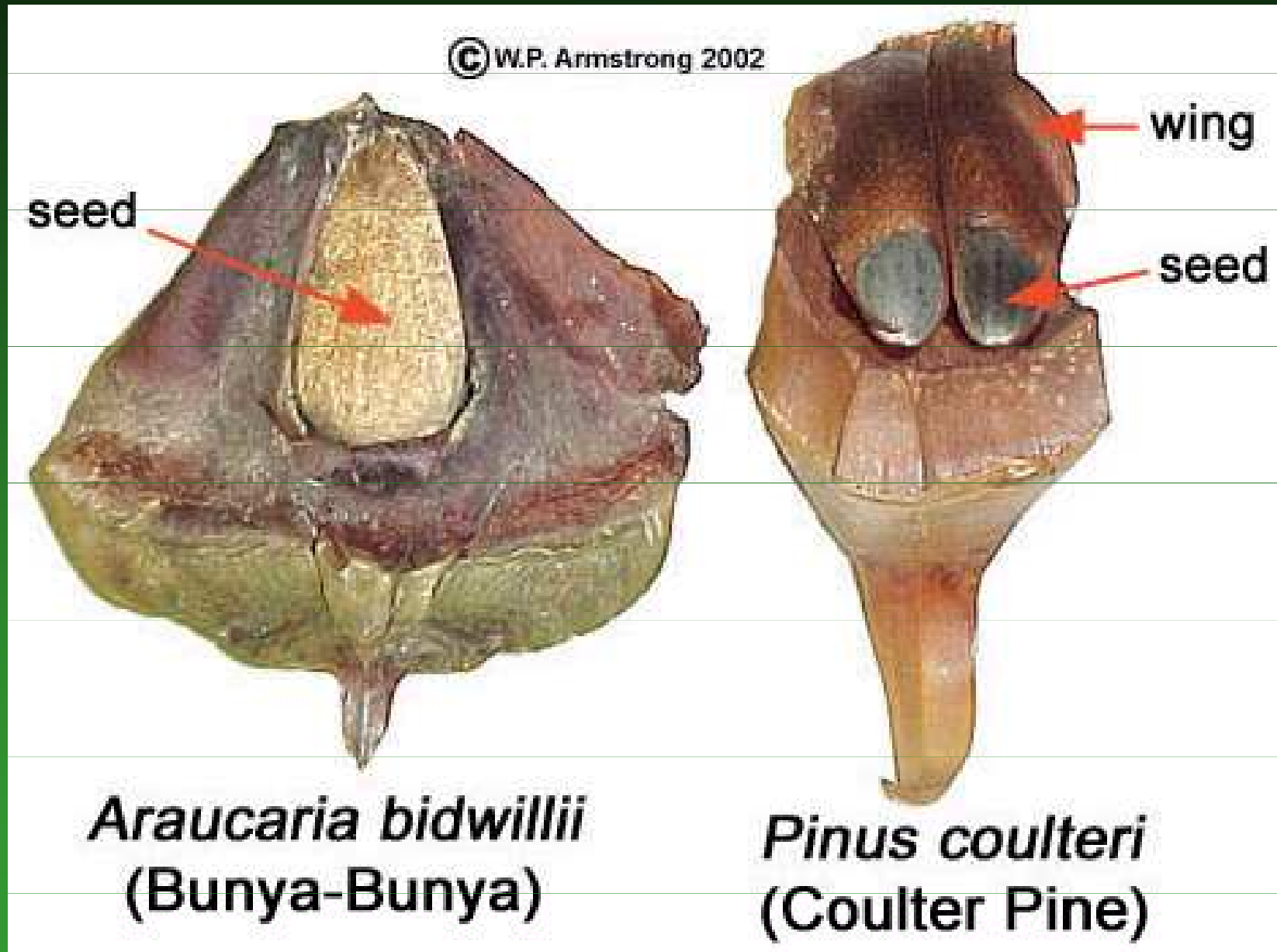
Tube Cell Nucleus

# Megastrobilus je složitěji stavěný u primitivnějších jehličnanů

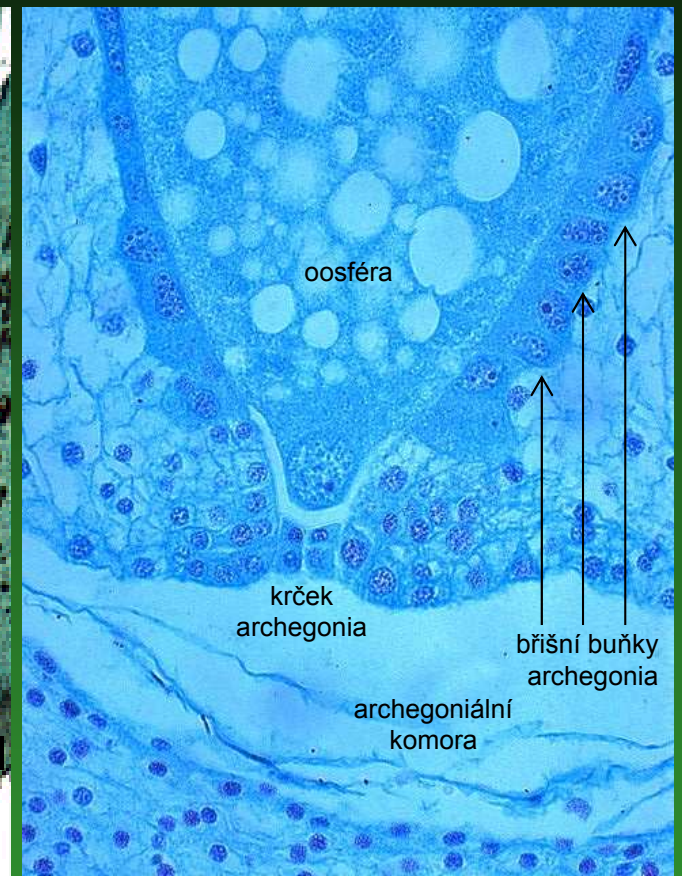
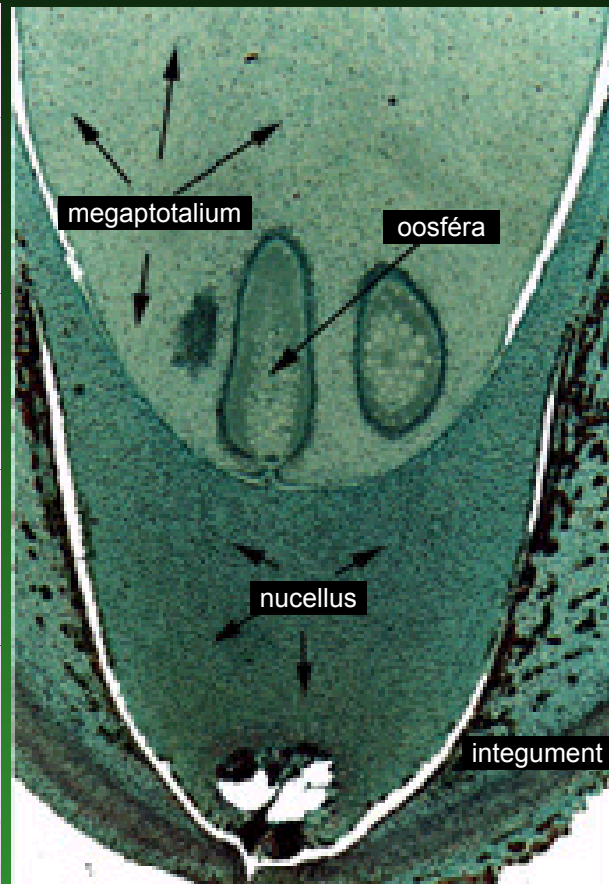
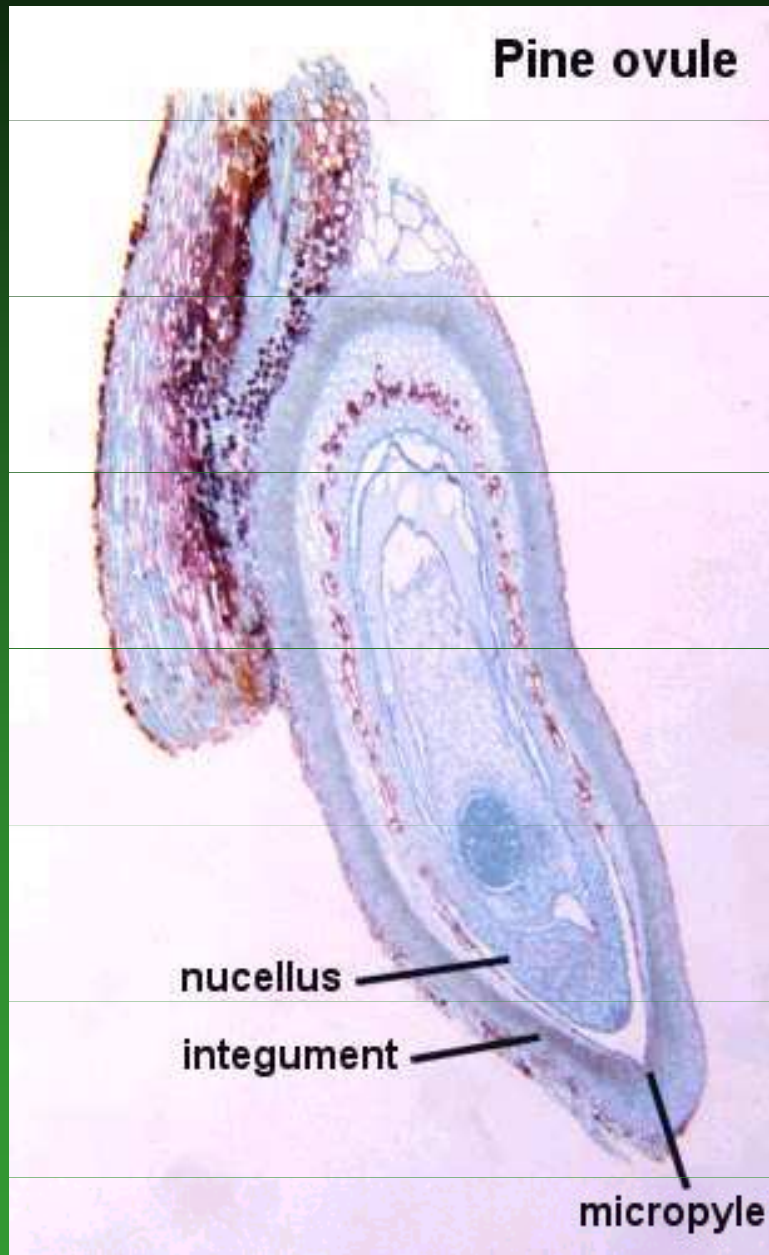




Vajíčka obvykle 2 (vzácně jedno nebo víc než 2) na adaxiální straně semenných šupin

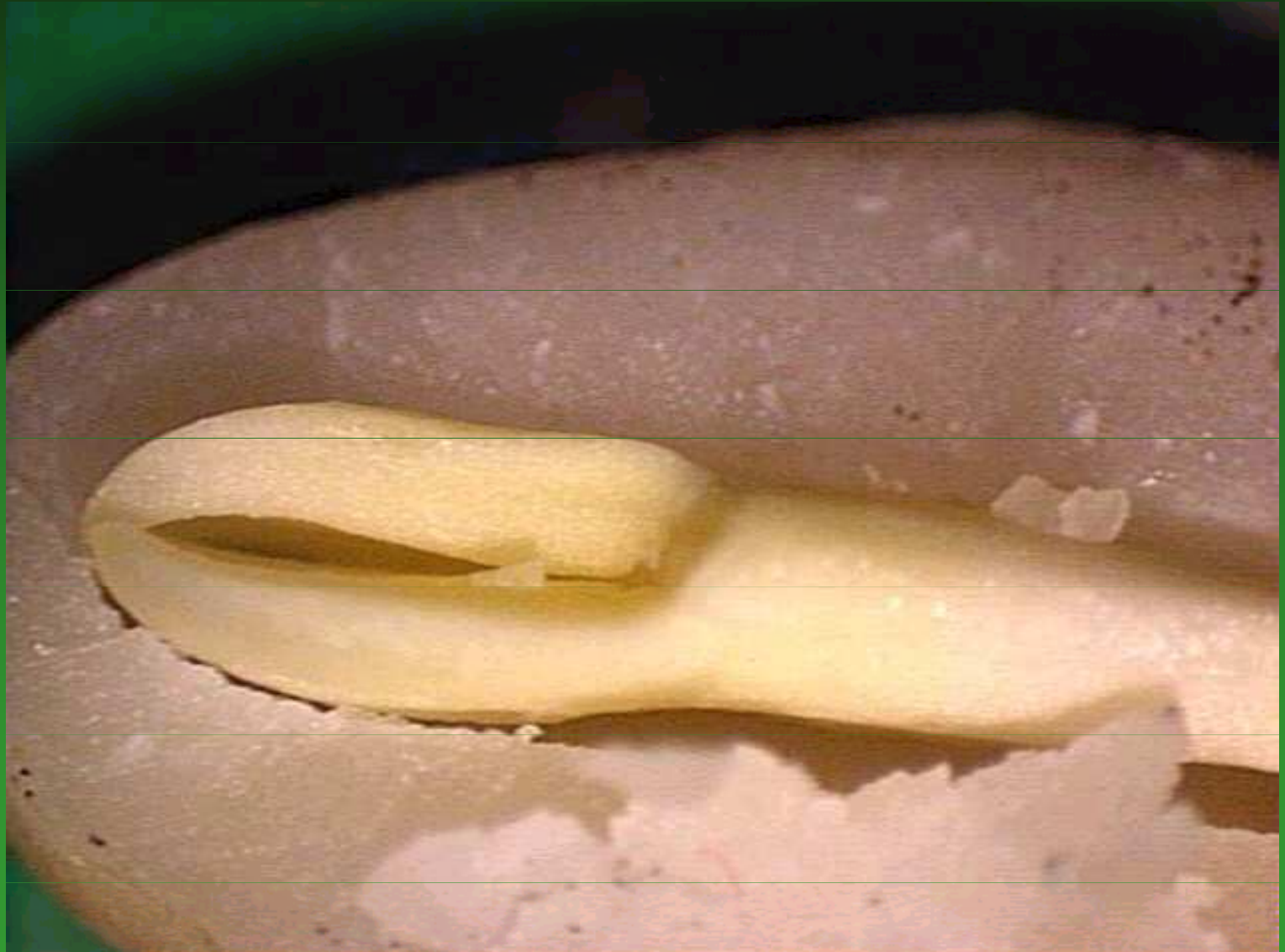


# Vajíčka s jedním integumentem, s archegonií ještě vyvinutými



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

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



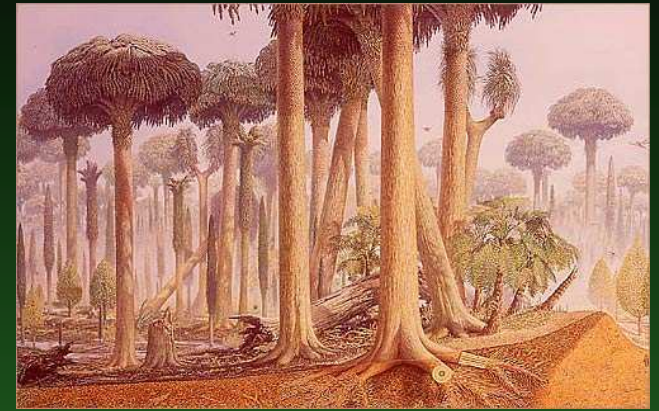
# Historie

poprvé - konec karbonu

divergence tvarů a druhů - v juře,

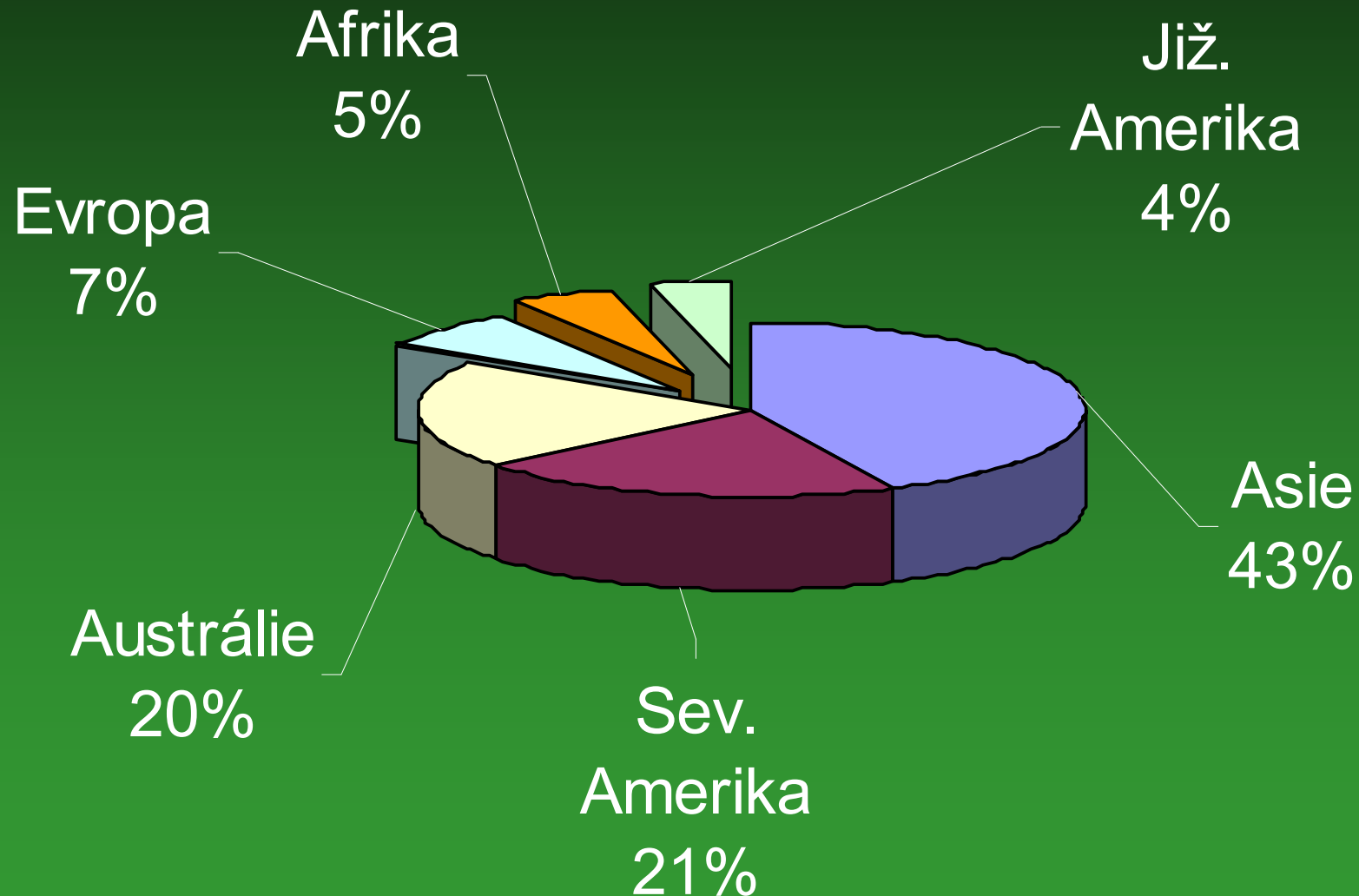
vrcholu - v křídě

V současnosti - druhově nebohatá skupina (60/600) – přesto významná dominancí v lesích především chladnějším 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* 3/40

Fosilní i recentní převážně dvoudomé stromy dosahující 60, 70 i více metrů výšky; kmen má bazální průměr až 2.5 m;

Dožívají se až 2000 let;

Fosilně doloženy již z Triasu



Větve araukarií v symetrických přeslenech (přesleny někdy 4  
četné - *Araucaria excelsa*) nápadně pravidelná stavba koru-  
ny působí až pravěkým dojmem



Listy neopadávají,  
často ploché  
vícežilné





Mikrostrobily střední velikosti, s až 1000 šupinami;

mikrosporofyly s 10-15 prašnými pouzdry;

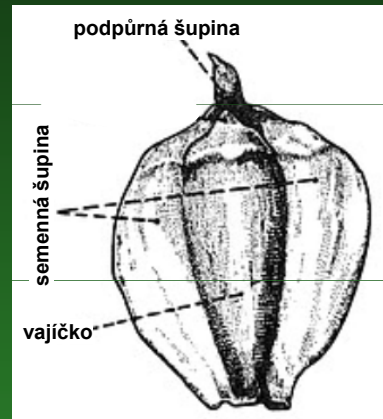


# Megastrobily

velké - až 35 cm,

kulovité

šupina semenná  
srůstá s podpůrnou  
a nese jediné  
vajíčko



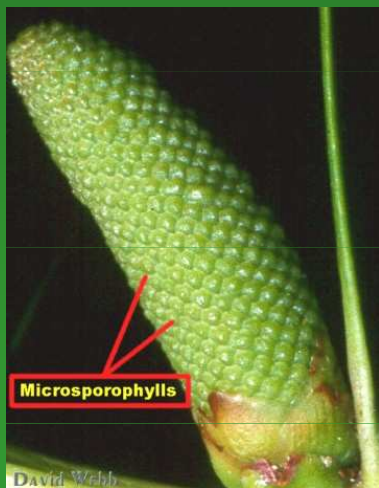
U nás se pěstuje často jako pokojová dřevina *Araucaria excelsa* - blahočet ztepilý, původní je na ostrově Norfolk u Nového Zélandu



*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



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 Austrálii

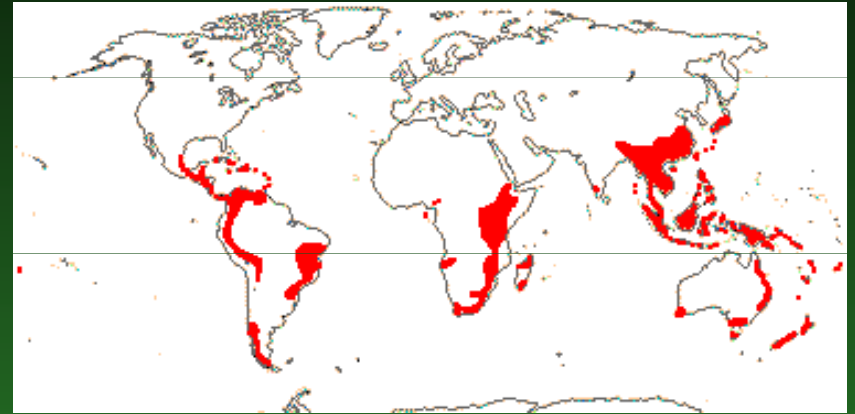


## 2. čel. *Podocarpaceae* 6-7/130

recentní i fosilní převážně stromové jehličnany s často širšími listy.

Již ve svrchním triasu.

Dnes hlavně v horách tropů a subtropů jižní polokoule.



Listy často ploché, kopinaté  
nebo čárkovité

*Podocarpus neriifolius*



*Podocarpus amarus*





Rod *Phyllocladus* z Nového Zélandu má listy nahrazeny fylokladii - přeměněnými brachyblasty



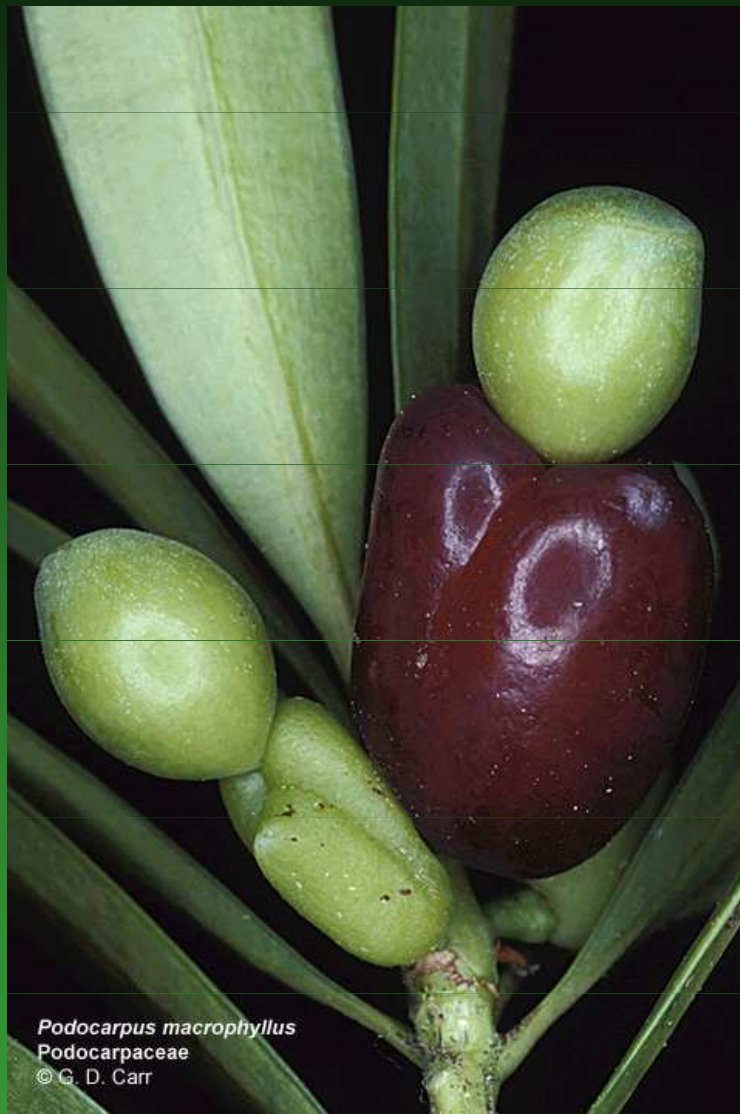
*Phyllocladus trichomanoides*

*Phyllocladus alpinus*



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

s jediným vajíčkem, semenné šupiny zanikly



*Podocarpus macrophyllum*  
Podocarpaceae  
© G. D. Carr

*Podocarpus macrophyllum* semena na zdužnatěném míšku - arillus



*Podocarpus angustifolius* mladé mikrostrobily

# 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.



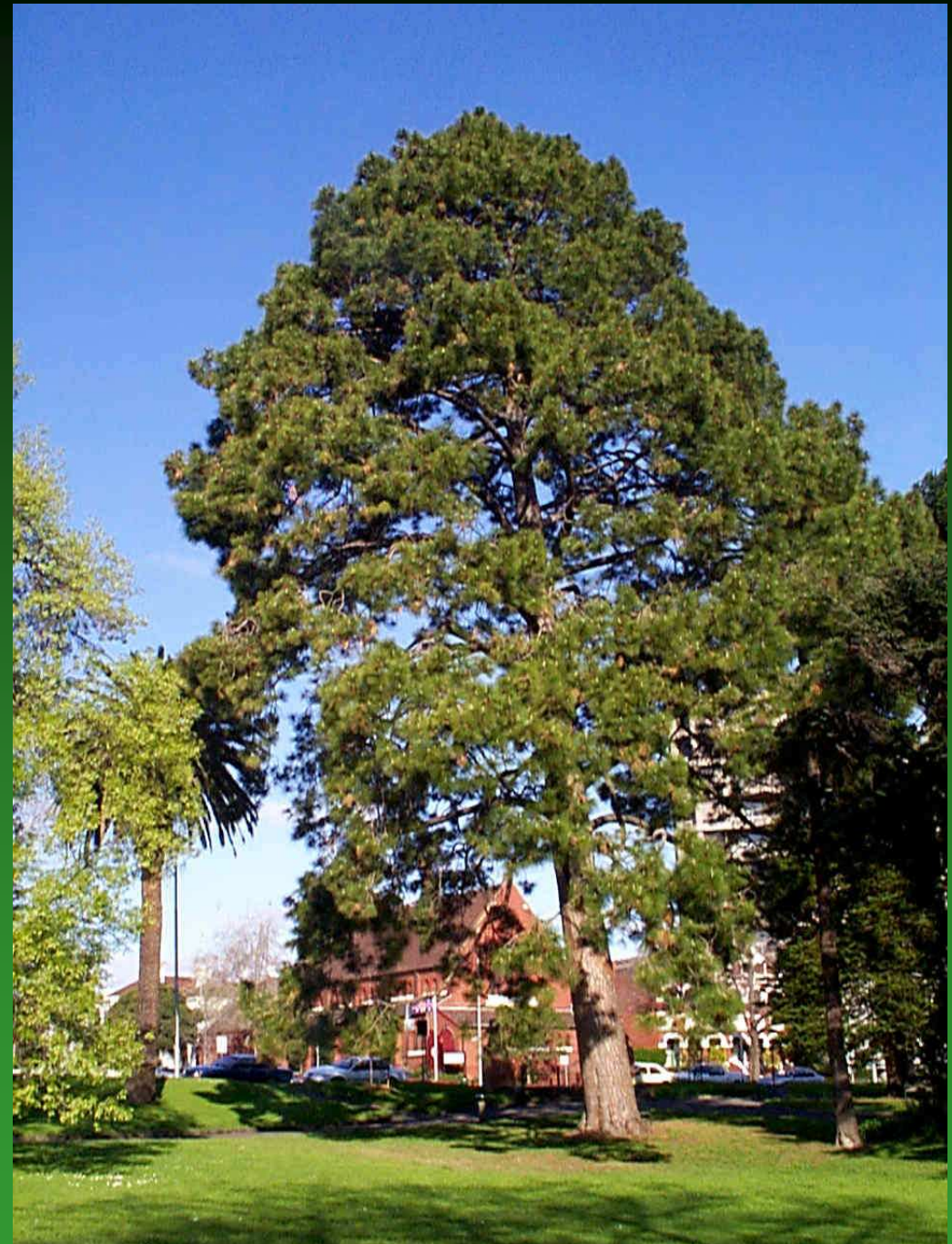
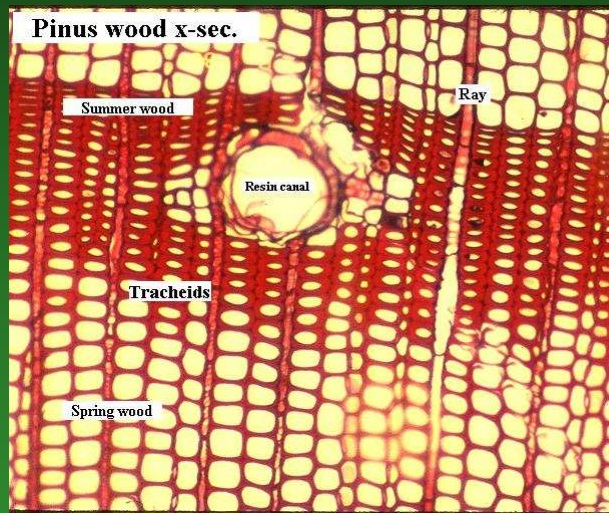
*Podocarpus  
falcatus*

### 3. čel. *Pinaceae*

jednodomé stromy s  
vytrvávajícími jehlicemi (výjimka  
modřín)

ve všech vegetativních částech  
mají pryskyřičné (balzámové)

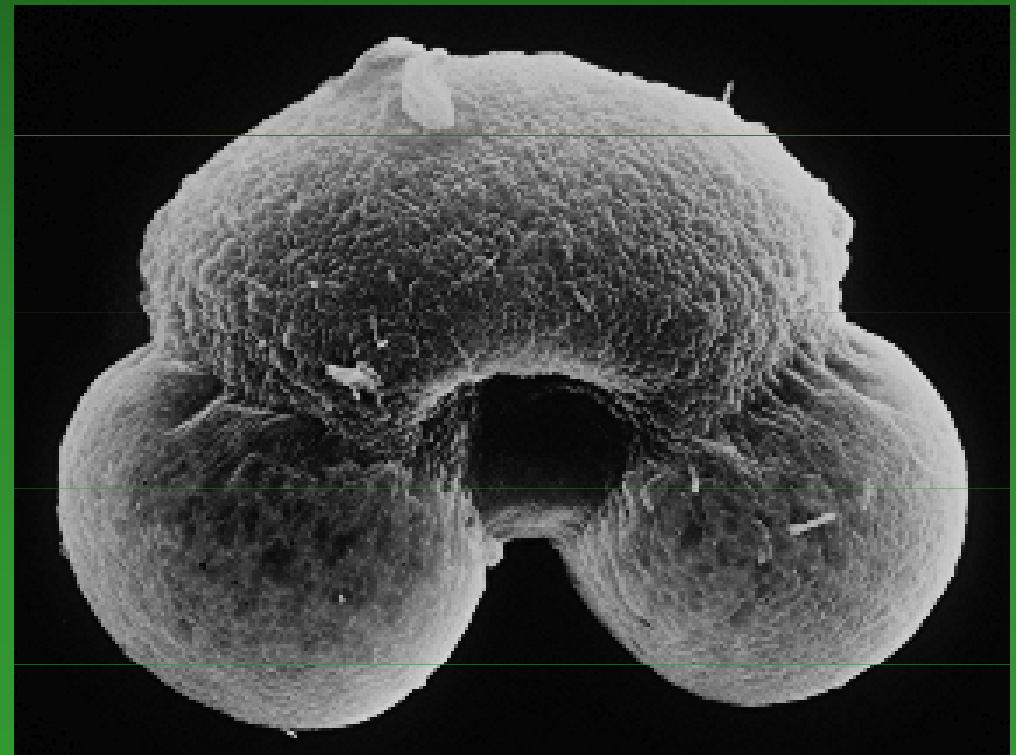
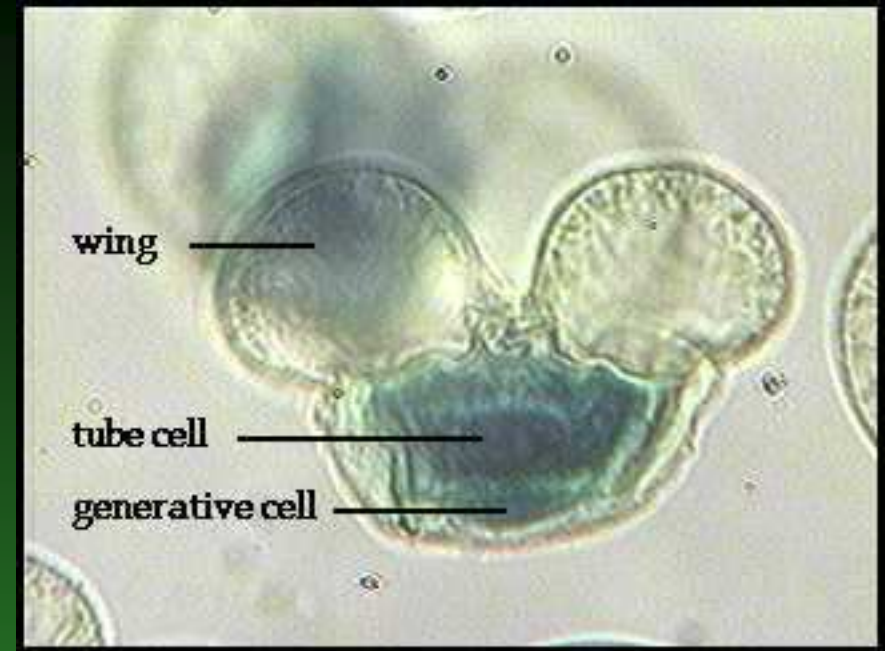
kanálky



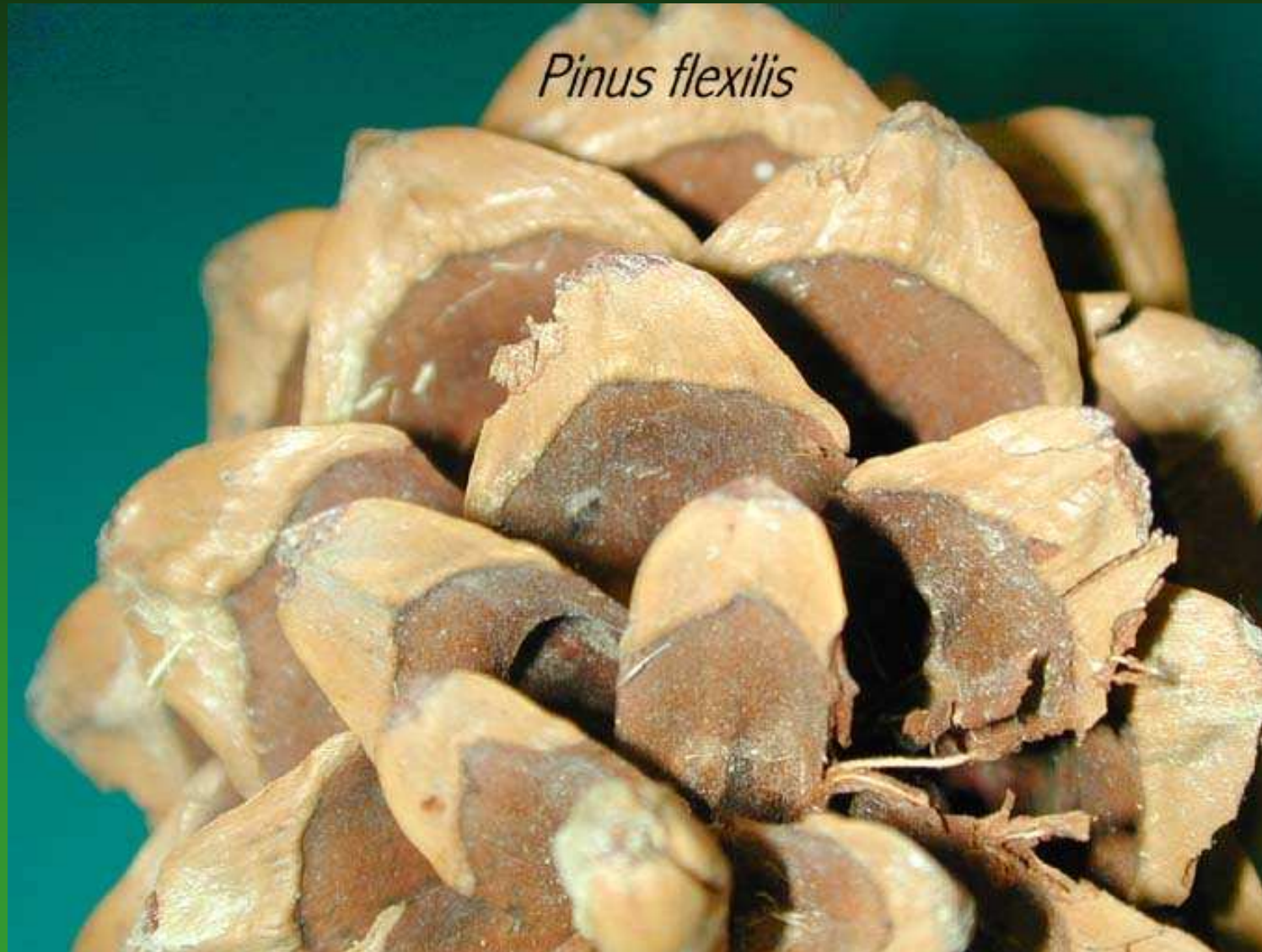
mikrostrobily malé

mikrosporofyly se 2 praš.  
pouzdry

mikrospóry se 2 vzduš. vaky



megastrobily velké, v době zralosti dřevnatí

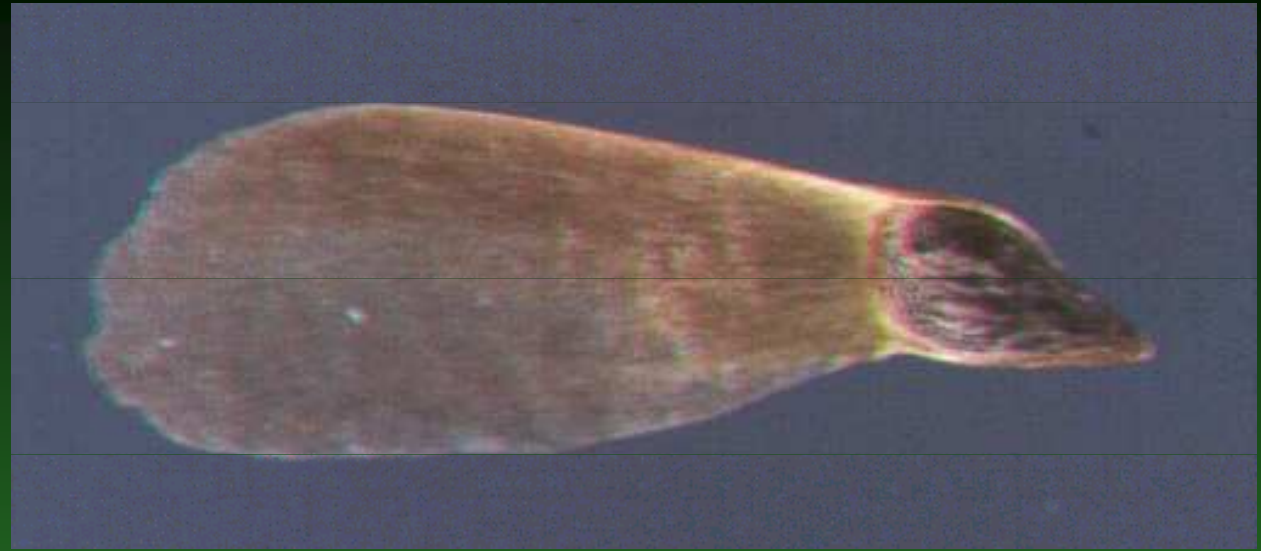


na svrchní straně semenných šupin 2 vajíčka (mezi opylením a oplozením uplyne často i 1 rok)





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



# Historie

poprvé - střední jura

rozmachu - křída

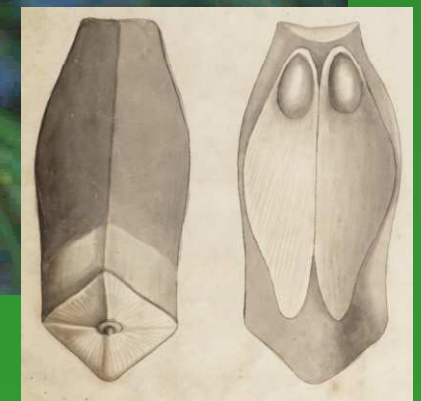
recenně zhruba 10/220

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  
všichni naši zástupci mají  
jehlice po dvou

*Pinus sylvestris* - borovice  
lesní; tvořila podstatnou část  
vegetace u nás na konci  
glaciálu; pak ustoupila na  
nevýhodné substráty (písky,  
skály, rašeliniště), kde tvoří  
reliktní bory a kde jediné  
odolala konkurenci jiných  
dřevin, jinak je ale často i  
sekundárně vysazovaná;  
za příhodných podmínek  
dosahuje výšky až 50 m a stárí  
až 500 let.



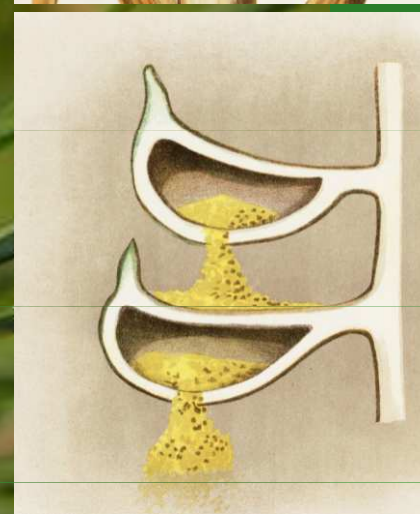
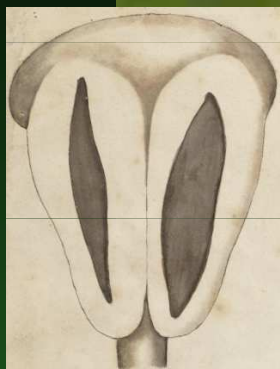




Foto: Anna-Lena Anderl

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 5četné  
svazečky





## *Picea* – smrk



Brachyblasty nenápadné,  
téměř zakrnělé s  
jednotlivými jehlicemi

Jehlice uspořádané  
víceméně všesměrně

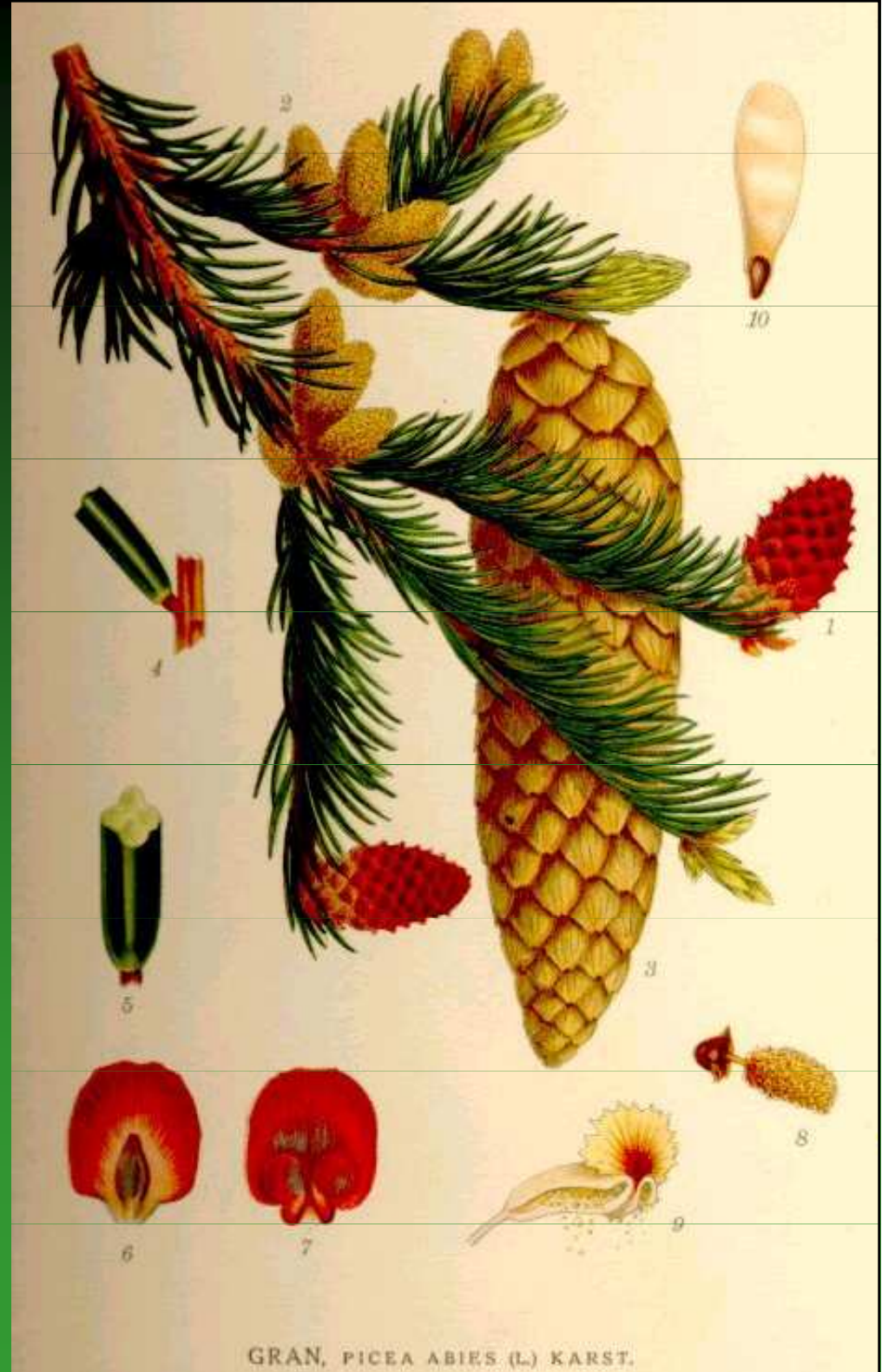


U nás jen *Picea abies* - smrk ztepilý (= *P. excelsa*)

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: (malá doba ledová, holoseče, skelné a železné hutě, výsadba) výsledek 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



## *Abies* – jedle

bez brachyblastů  
jednotlivé jehlice přisedají ploškou,  
často jsou dvouřadě uspořádané



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* - modřín

s výraznými brachyblasty se svazečky s nejčastěji 30-50 jehlicemi, které na zimu opadávají. U nás původně velmi vzácně, ale často vysazován *Larix decidua* - modřín opadavý. Původní jen v Jeseníkách jinak je ale v Karpatech a v Alpách. Kůra modřínu byla pro vysoký obsah tříslovin využívána v koželužnictví; dřevo dobře odolává hnilobě - lépe než dřeva ostatních našich jehličnanů.



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

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

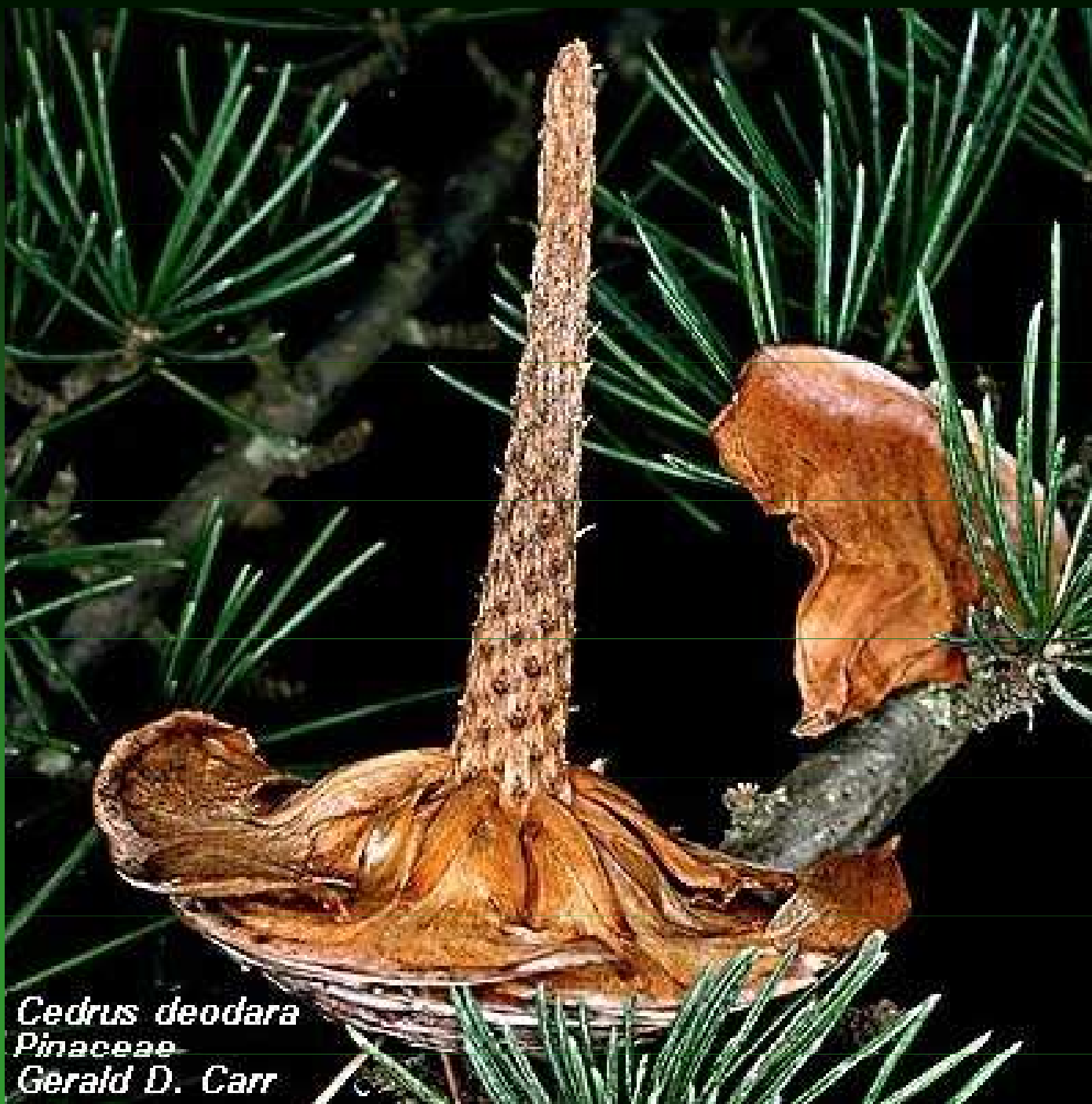


*Cedrus libani* - cedr libanonský od pohoří Taurus po Libanon





rozpadavá  
šišťice cedru

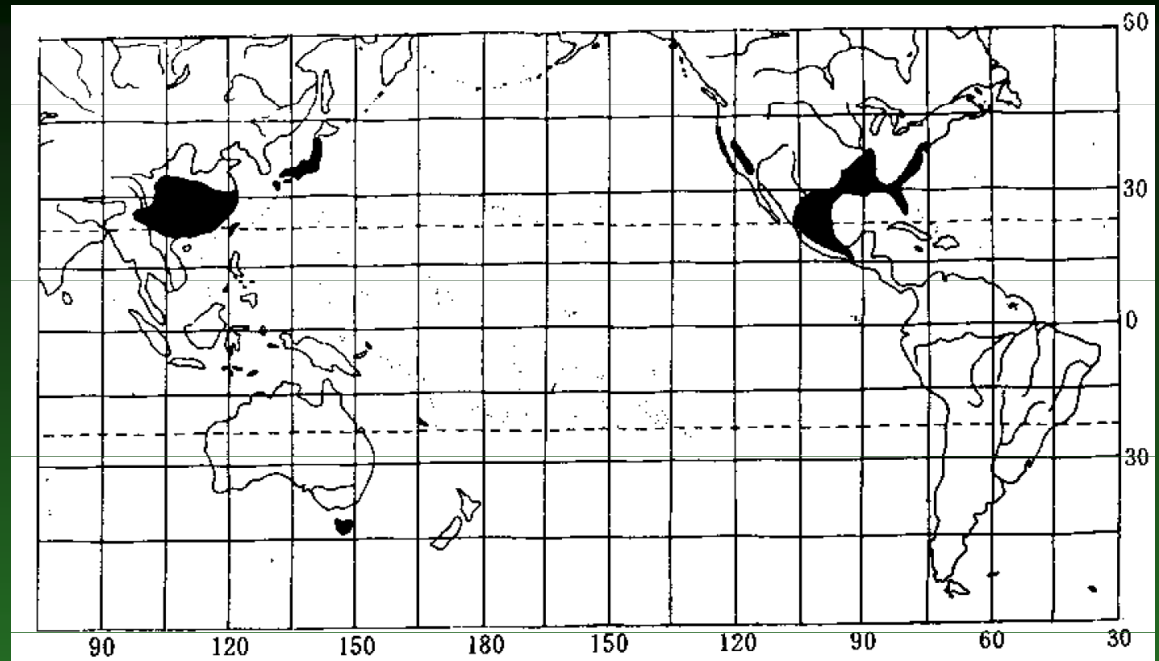


*Cedrus deodara*  
Pinaceae  
Gerald D. Carr

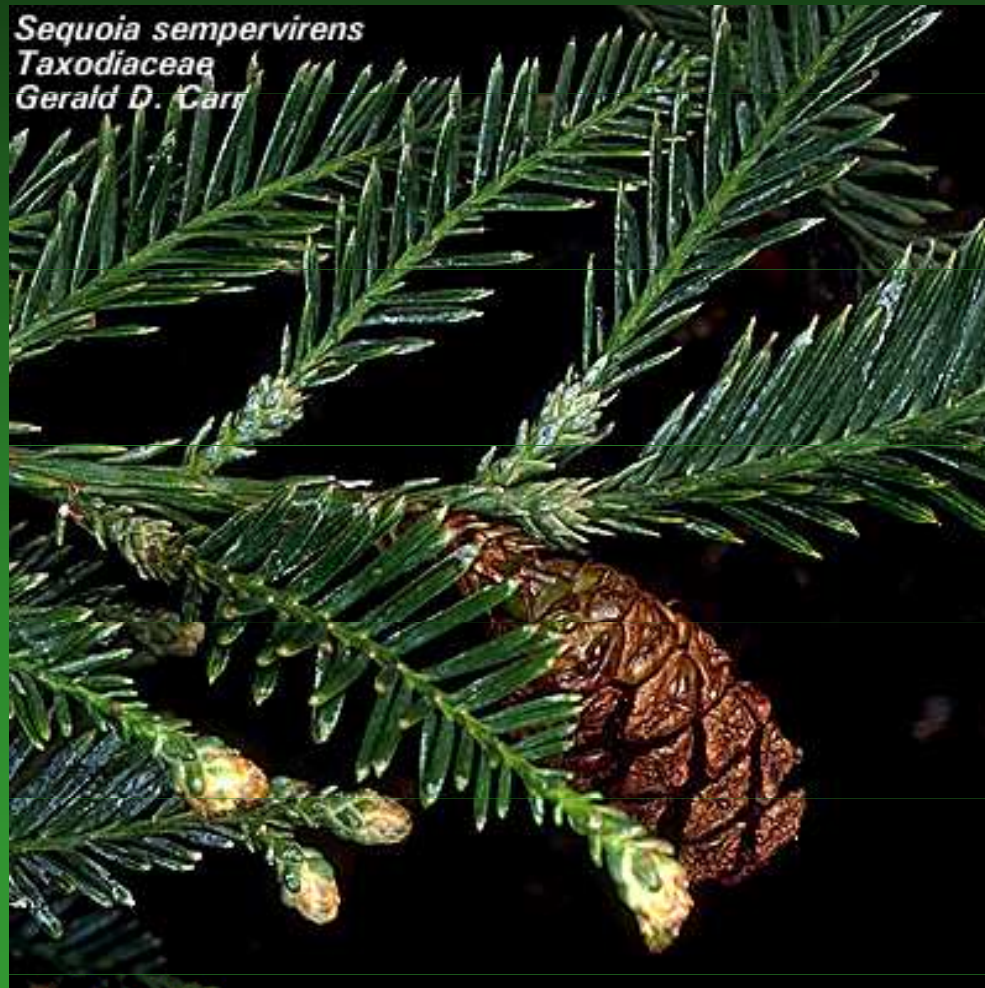
## 4. čel. *Taxodiaceae* - tisovcovité

9/15, u nás 0;

obrovské stromy;  
listy šupinovitě, nebo krátce  
jehlicovité;  
mikrosporofyly s 2-9 praš.  
pouzdry,  
mikrospóry 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 - nejstarší  
národní park na světě  
(1864).



# *Taxodium distichum* - tisovec dvouřadý

Velký objem kmene

mohutné vertikálně rostoucí  
dýchací kořeny – pneumatofory

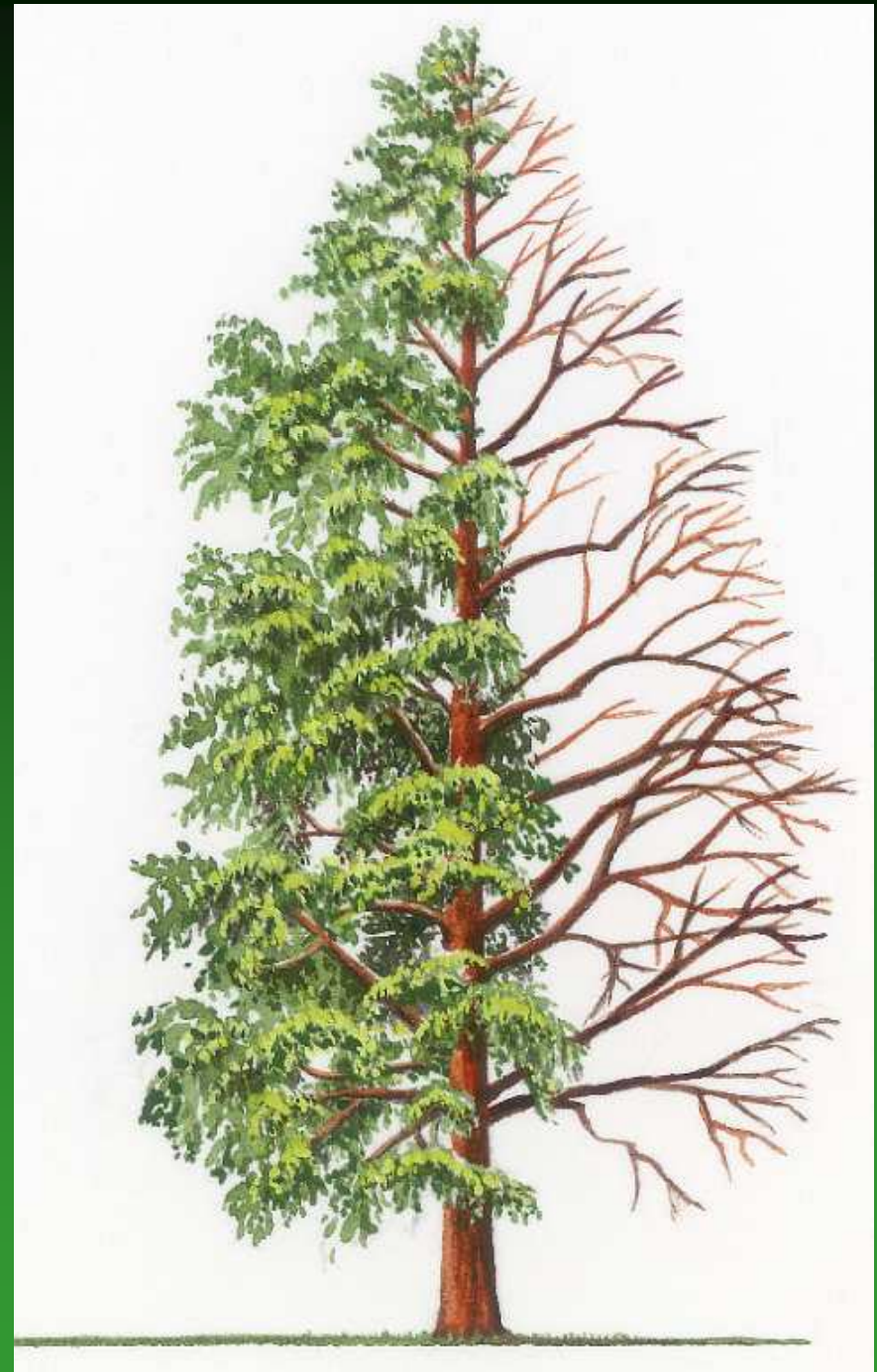
v povodí řeky Cash ve státě  
Arcansas byly objeveny  
pneumatofory až 30 m vysoké

Původní je u Golfského zálivu - od  
Floridy po Mexiko



# *Metasequoia glyptostroboides*

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



# *Cryptomeria japonica* – kryptomérie japonská

Kuželovitá koruna

ve své domovině dorůstá až 70 m při tloušťce  
kmene až 4 m. Může se dožít věku i přes 7000 let!

Spirálně uspořádané srpovitě zahnuté krátké (do 1  
cm) jehlice

strobily drobné do 2 cm v průměru

původní ve východní Asii



## 5. čel. *Cupressaceae* - cypřišovitě

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 s 2-  
6 prašnými mikro-  
sporangii  
megastrobily z  
málo šupin,  
tvořených srůstem  
šupin semenných a  
podpůrných  
mikrospóry bez  
vaků,  
semena bez křídel



U nás jen *Juniperus communis* - jalovec obecný - ten byl dříve zvláště na pastvinách značně rozšířen, dnes je na ústupu.

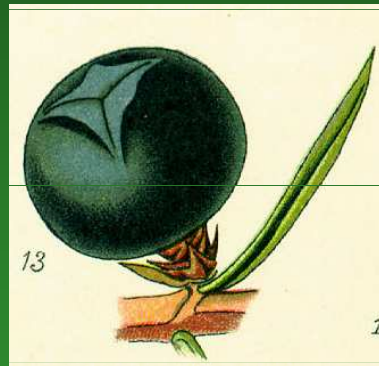
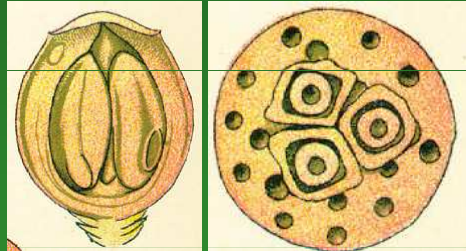
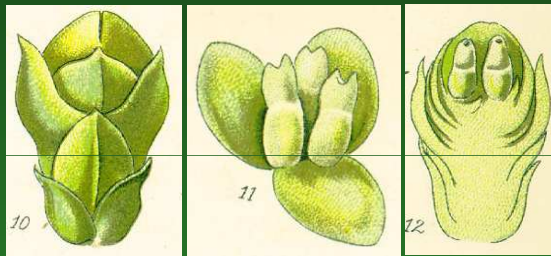
- jehlice v trojčetných přeslenech

- v semenné zralosti terminální semenné šupiny zdužnatí a srostou, tím se vytvoří zdužnatělá šištice = galbulus vzhledu bobule, sloužící k endozoochorii.



# *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



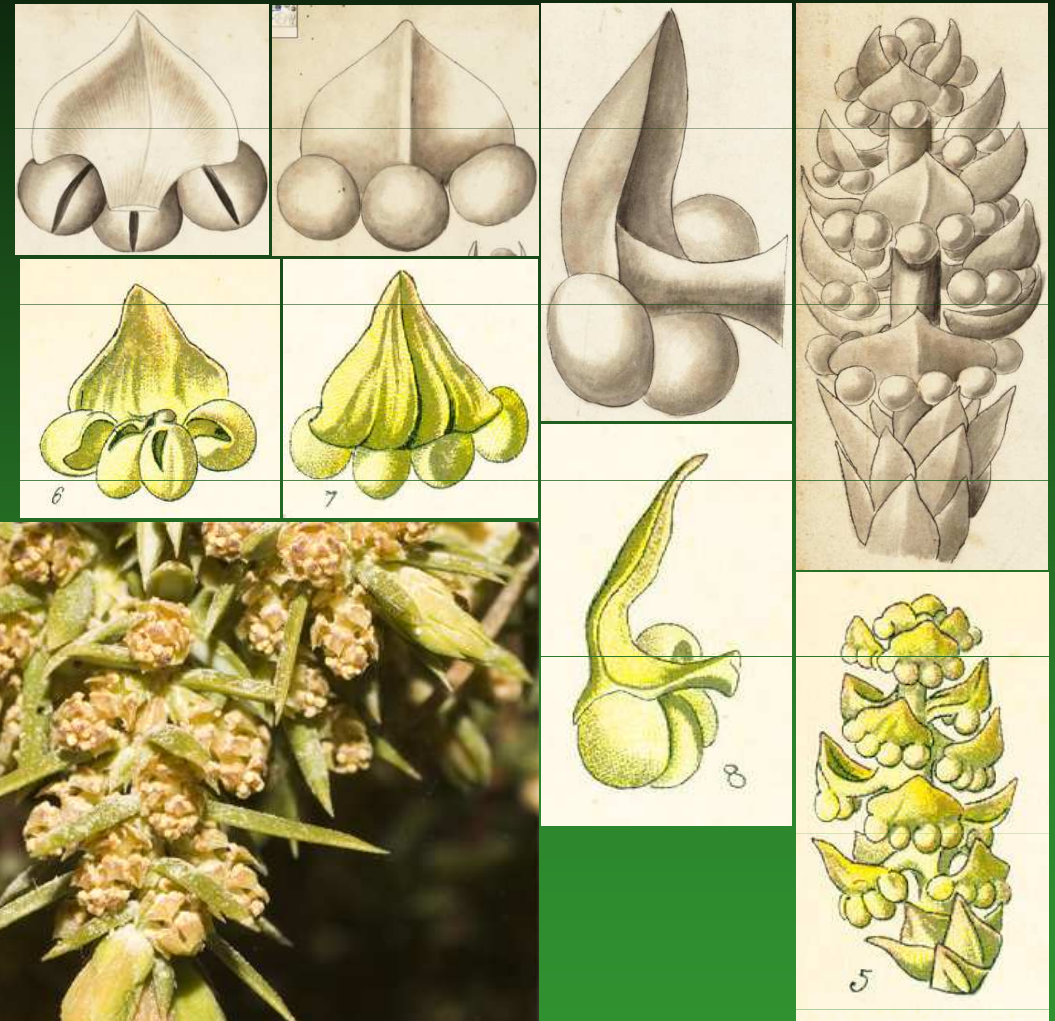
počet  
zdužnatělých  
šupin může být u  
různých druhů  
různý –

*Juniperus  
californica*

mladý megastrobilus

# *Juniperus communis* – mikrosporofyly v mikrostrombilu křížmostojně

Jeden mikrosporofyl nese na bázi 3–4 mikrosporangia



# Z jalovčinek *Juniperus communis* se vyrábí Gin a Borovička.



Z dřeva *Juniperus virginiana* se vyrábějí tužky a získává se z něj olej pro imersní objektivy.



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



## 6. čel. *Taxaceae* - tisovité

5/20 u nás jen 1/1,

*Taxus baccata* - tis červený

V minulosti častější, dnes velmi vzácný a ohrožený strom.

Roste na pro jiné dřeviny nevýhodných stanovištích (skály)

Mírný až tropický pás S polokoule.

Listy jehlicovité, vytrvalé, dvouřadě uspořádané;



Zpravidla dvoudomý, ale někdy i jednodomý.



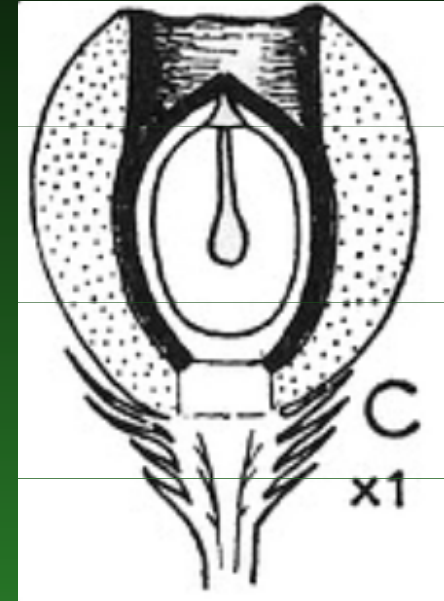
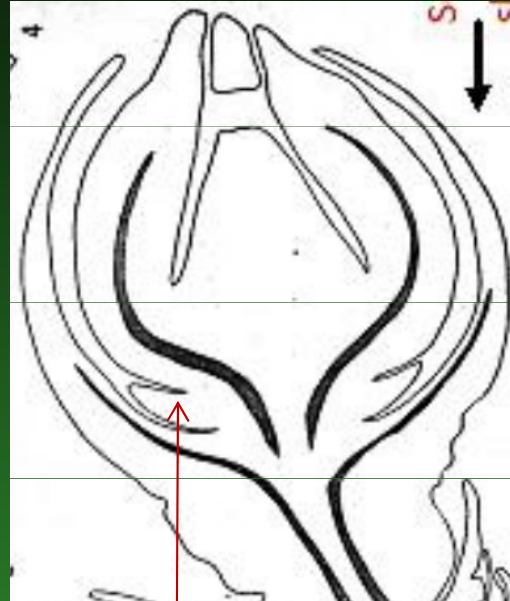


Mikrostrobily malé kulovité, na spodu s několika páry křížmostojných šupin; mikrosporofyly štítkovité šupiny, ve strobilu je jich 8-10, na spodu mají 5-9 prašných vaků



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

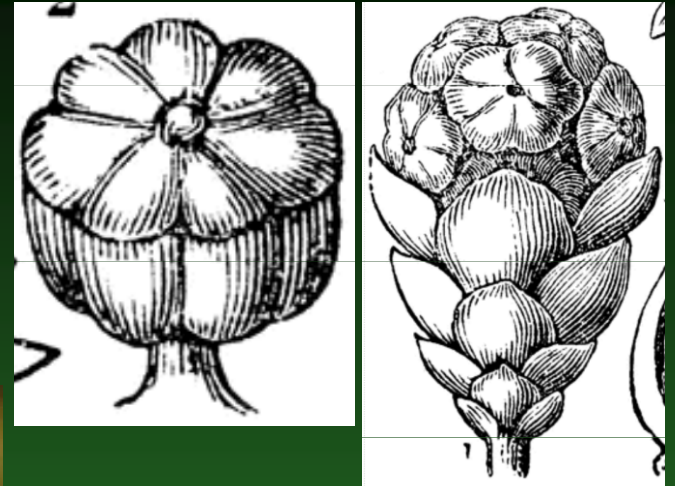
**Megastrobily** – drobné, jakoby pupeny s několika páry křížmostojných šupin na bázi, s jediným vajíčkem na vrcholu; mají dobře patrný mikropylární otvor s polynační kapkou



základ míšku = prstencovitý val



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

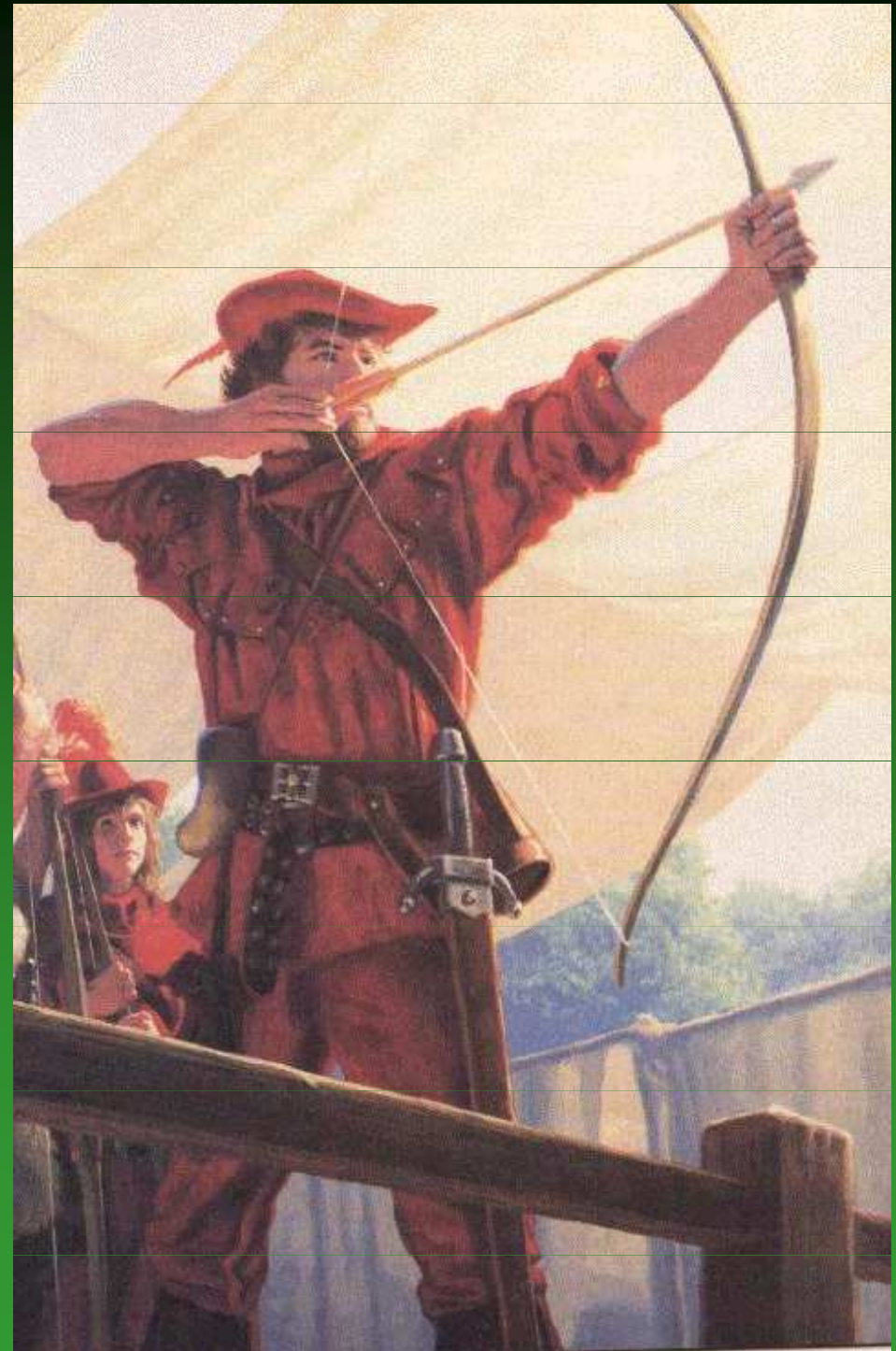
## Dřevo tisu

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.

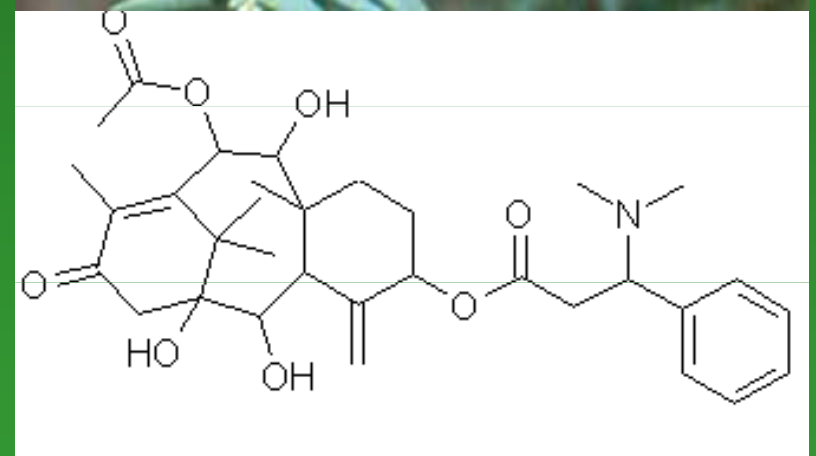


Celá rostlina s výjimkou dužnatého míšku obsahuje jedovatý alkaloid taxin. (ochrnutí dýchacího svalstva, mozkové edémy, smrt).

Dále obsahuje i glykosid taxatin. Nebezpečný zvláště pro děti!

Míšek sladký, není jedovatý, ale semena v něm obalená jsou prudce jedovatá.

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



Taxin B

# 6. řád *Gnetales* (liánovce)



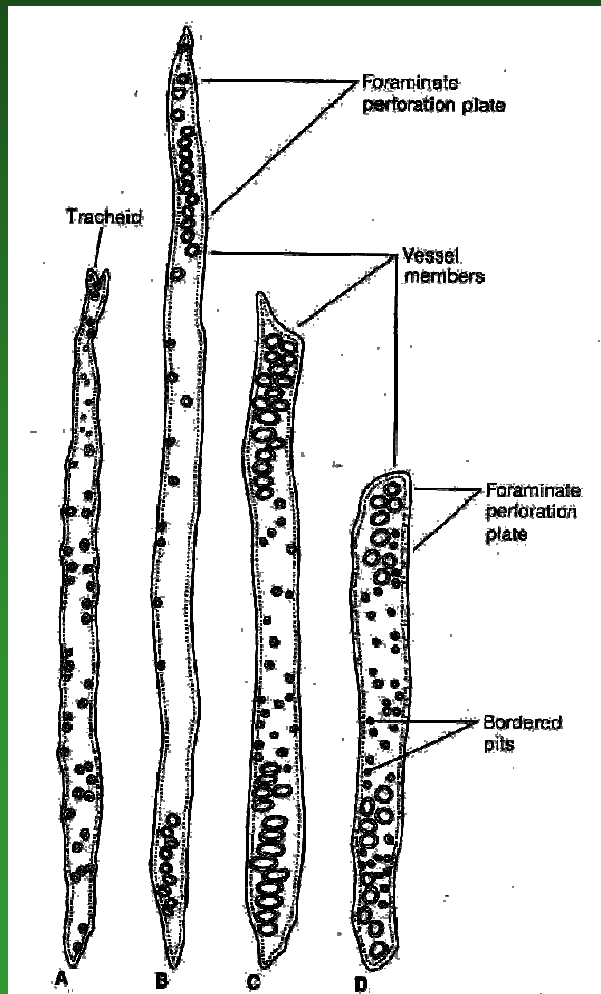
# Dvoudomé i jednodomé dřeviny rozmanitého vzhledu, spíše nižšího vzrůstu



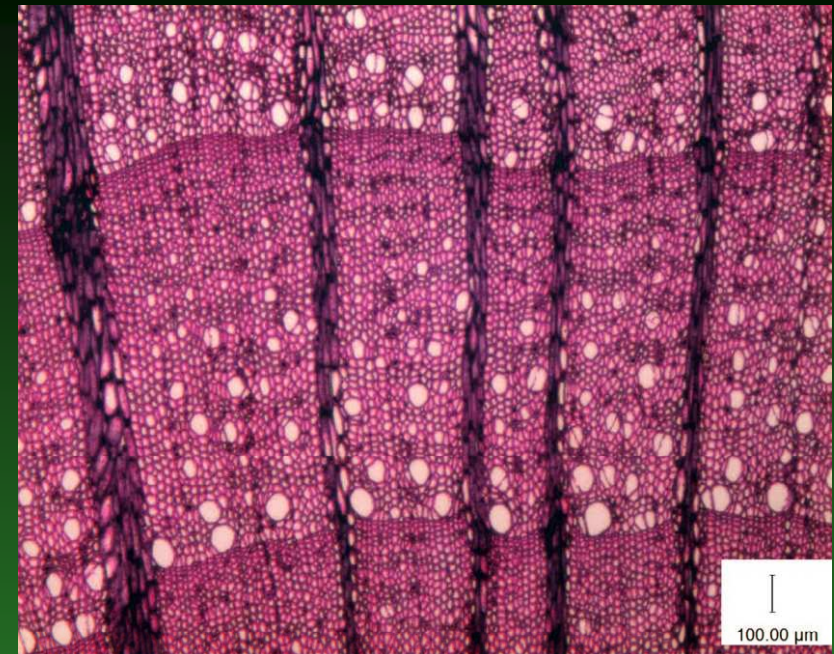


# Cévní svazky – eustéličné

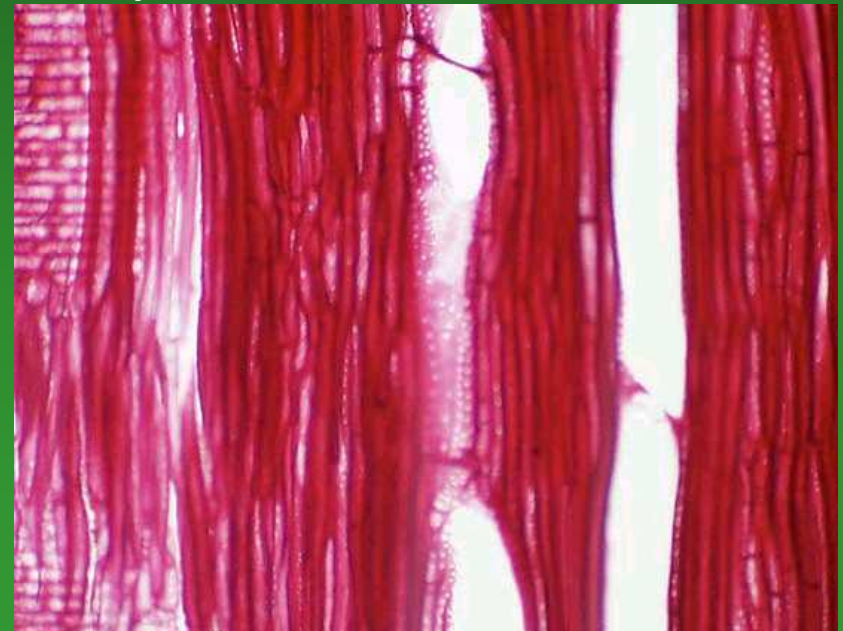
- kromě tracheid mají i atypické tracheje
- dřevo bez pryskyřičných kanálků



*Ephedra californica*



*Ephedra trifurca* - příčný řez stonkem s trachejemi v mladších částech letokruhů



Listy megafylního původu, jednoduché, rozmanitého tvaru, **vstřícně postavené**



# Mikrosrobily

- s přeslenitými límečky

nebo

- s křížmostojnými šupinami



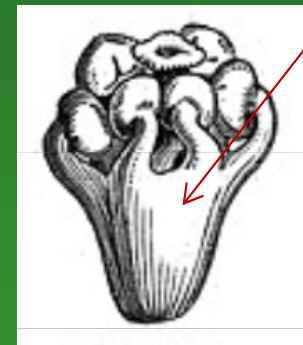
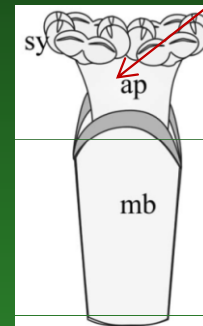
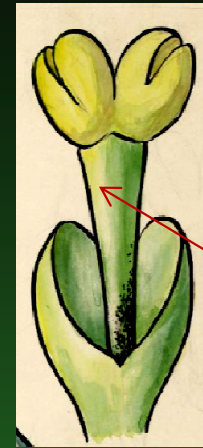
*Ephedra*



*Welwitschia*



*Gnetum*



# Mikrosporofyly

= „tyčinky“

„nitkami“ srůstají ve sloupek

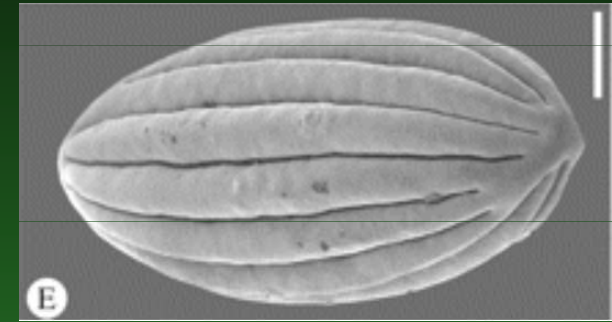
nebo

„baňku“

- na vrcholu nesou jedno až několik synangií

- mikrosynangia 2-3 pouzdrá

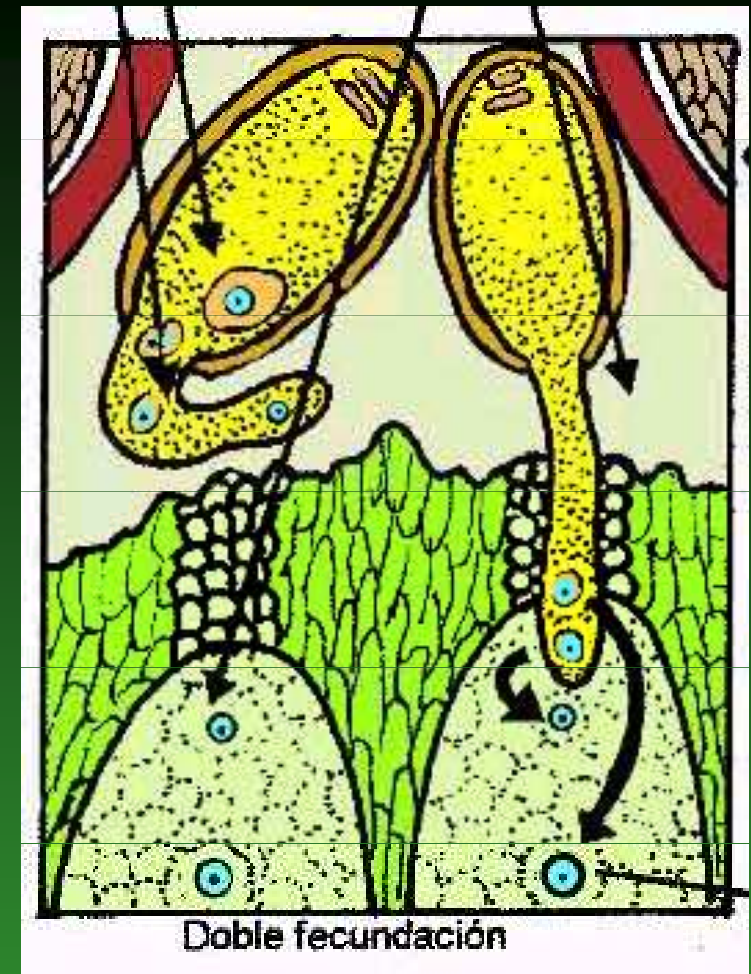
# Pyl bez vzdušných vaků



# „Dvojit oplození“

(*Ephedra* a *Gnetum*)

- Jedna ze spermatických buněk z pylové láčky splyne s buňkou vaječnou → standardní zygota → embryo
- Druhá spermatická buňka splyne s břišním kanálovým jádrem → nadbytečná zygota,
- Nadbytečná zygota se může dokonce několikrát mitoticky rozdělit a hrát roli při iniciaci diferenciaci standardního embrya

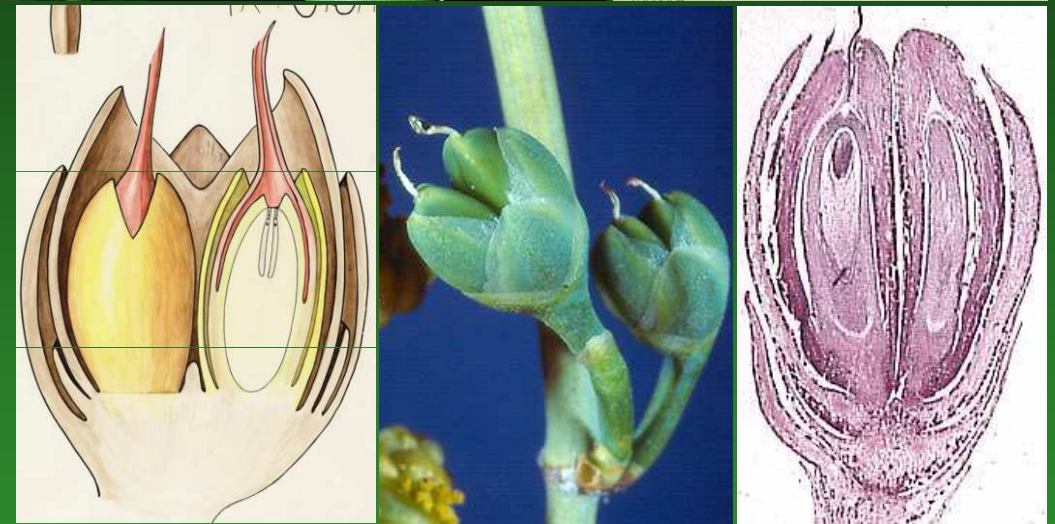


# Strobily s křížmostojnými šupinami



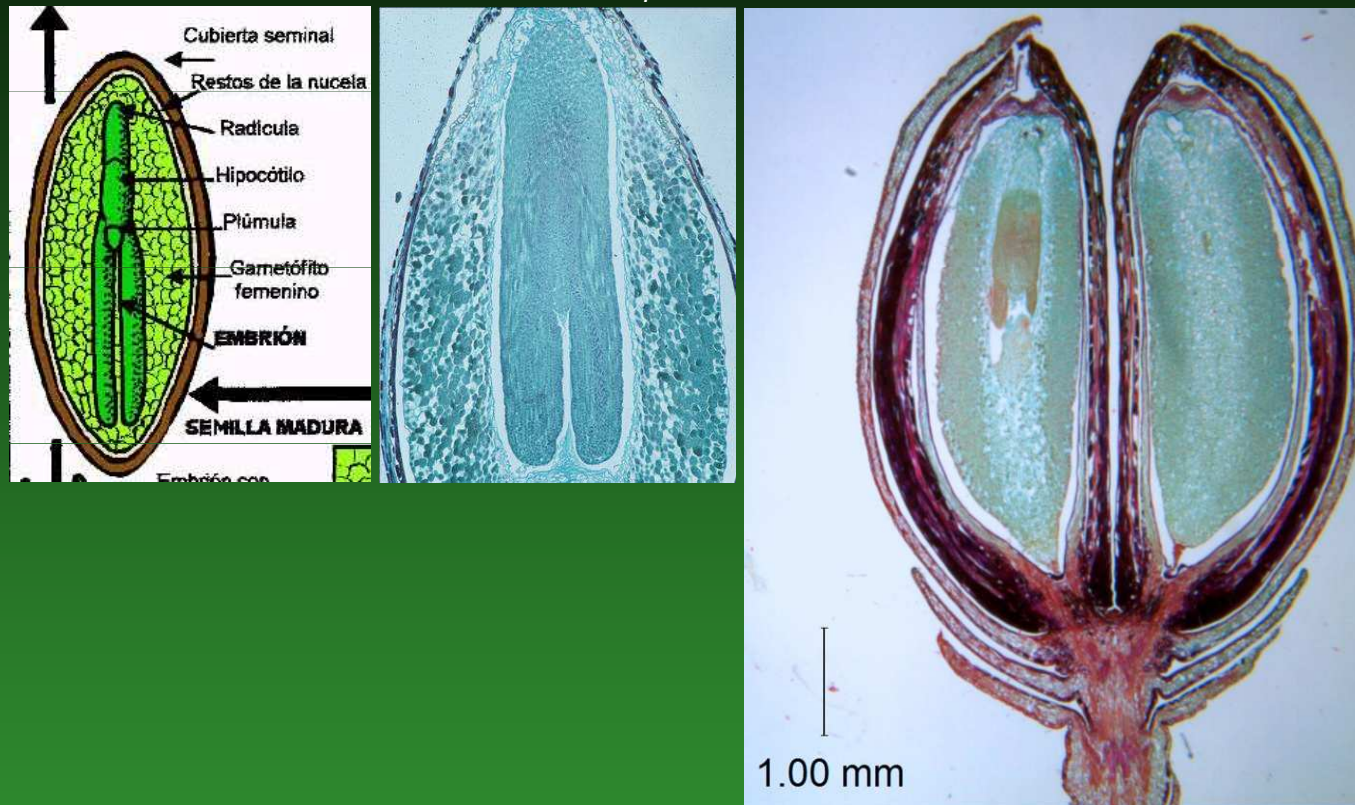
# Vajíčka

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



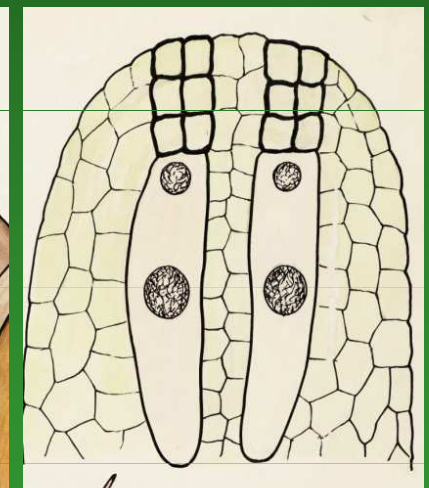
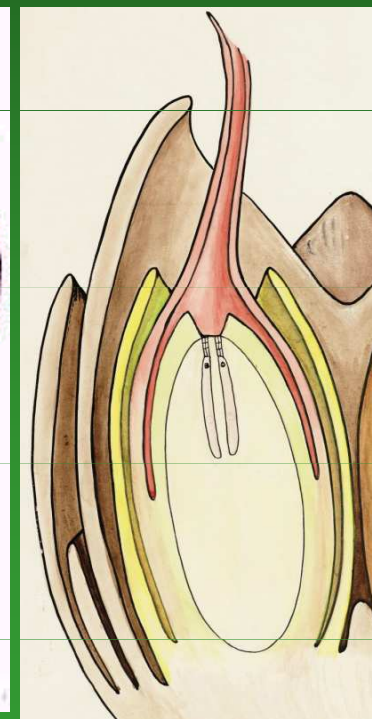
# Embryo se 2 dělohami

*Ephedra*





Archegonia vyvinuta jen u  
rodu *Ephedra*  
U rodů *Gnetum*, *Welwitschia*  
redukovaná na nahé oosféry

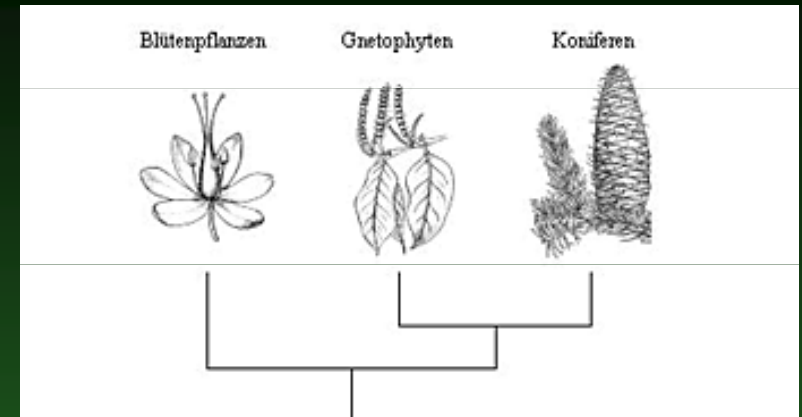
*Ephedra*

# Fylogenetický původ a historie

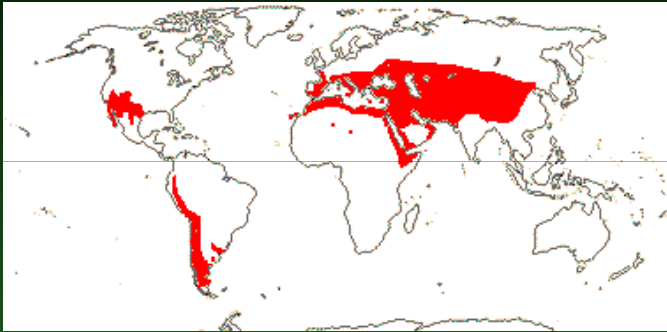
poprvé ve spodní  
juře

dnes jejich zástupci  
tvoří 3 izolované  
rody - ve třech  
samostatných  
podtřídách

sesterská linie  
*Pinales*



# 1. čeleď *Ephedraceae* - jediný rod *Ephedra*; 1/40



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

Na Slovensku ojedinele u Štúrova.



# větévky článkované, asimilující, jemně podélně rýhované



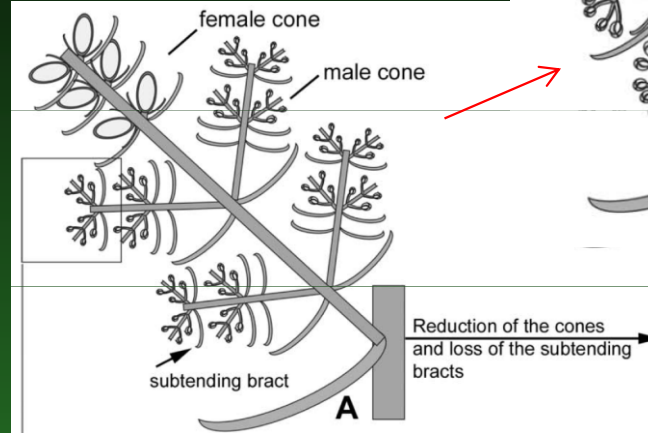
větévky článkované, asimilující  
listy drobné, šupinovitě, křížmostojné, v pochvy srostlé;



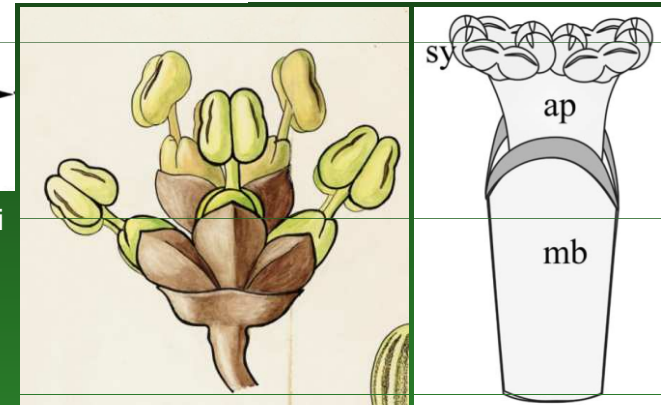
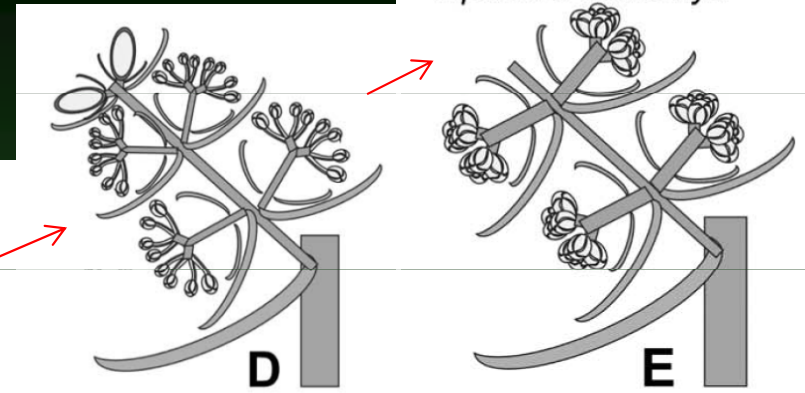
# Mikrostrobilus má 8–12 synandií (= mikrospoangioforů)



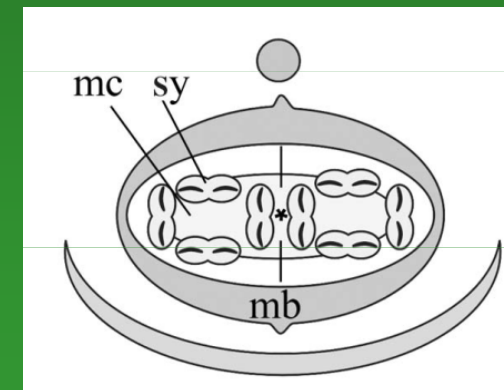
Evuce mikrostrobilu u *Ephedra*



Hypotetický ancestor s oboupohlavnými šišticemi

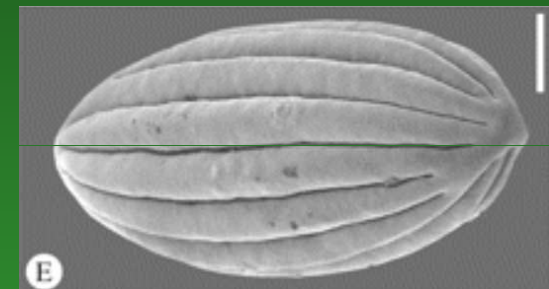
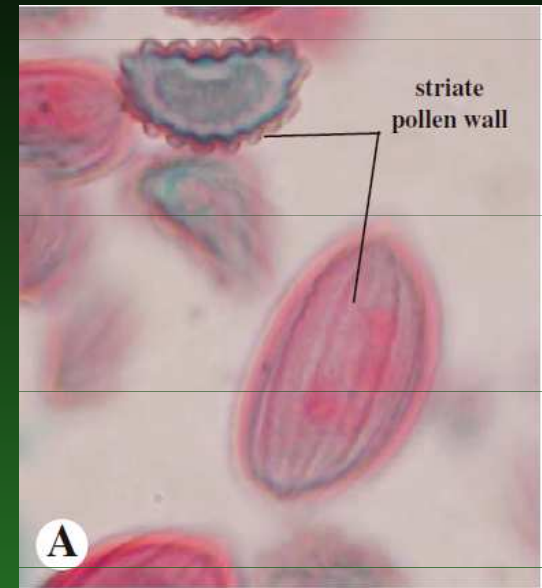


Synandrium vzniklo srústem 4 nebo 8 tyčinek =  
každé nese 4 nebo 8 dvoupouzdrých synangií

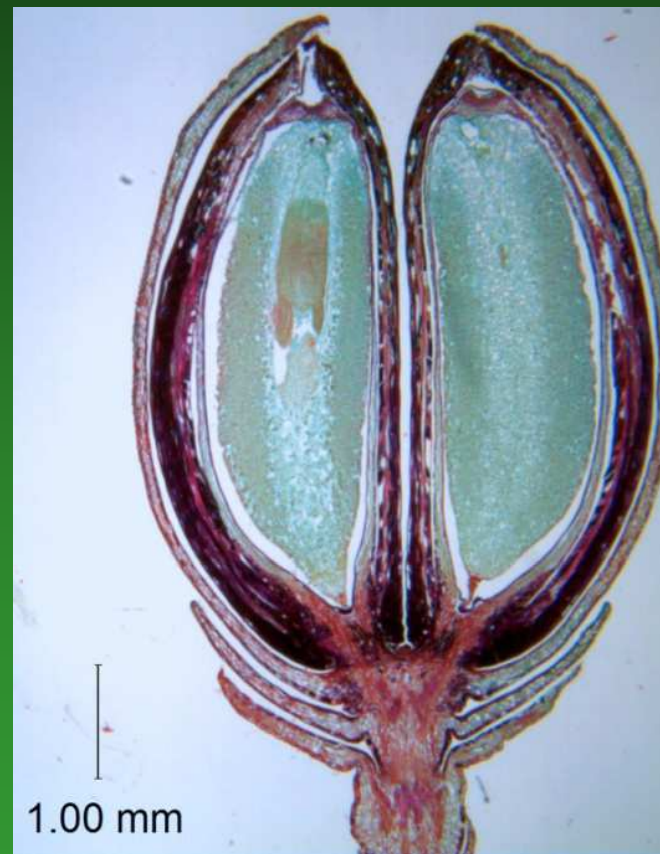
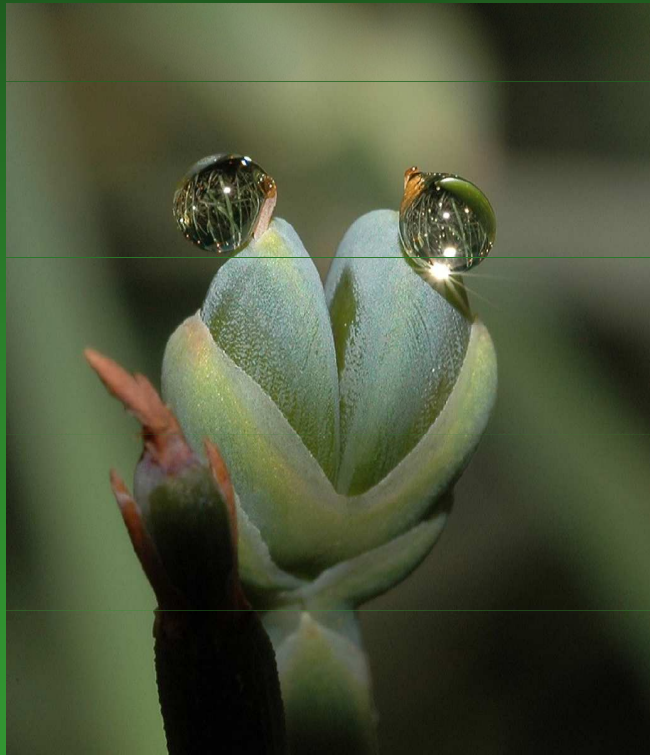


Synandrium podepřeno dvěma srostlými  
vstříčnými listeny  
Navíc leště jednou šupinou (listenem)

Pyl chvojníků má charakteristický striátní povrch

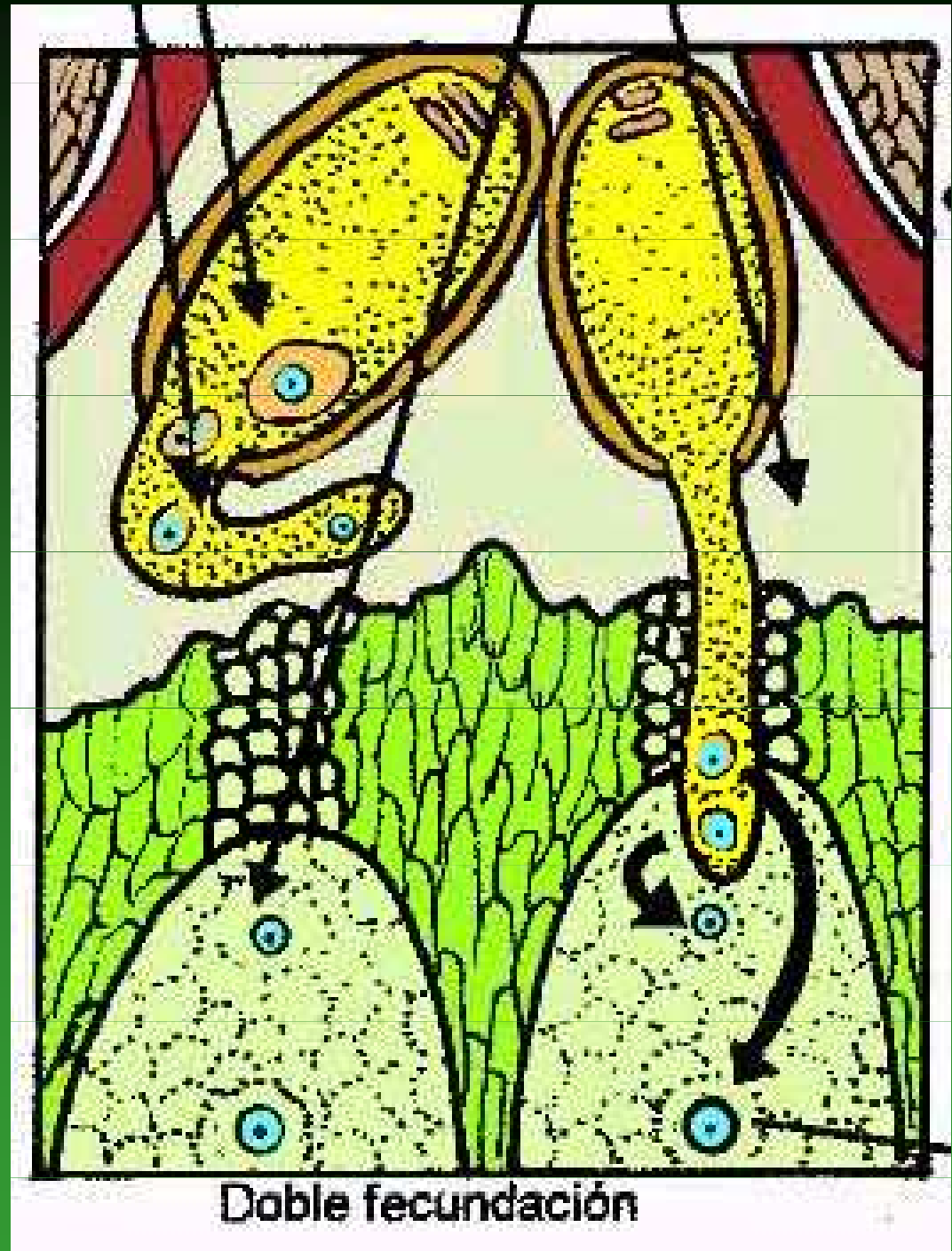


V megastrobilu obvykle 2 vajíčka  
v zárodečném vaku 2 archegonia





Při oplození jedna spermatická buňka splývá s břišní buňkou archegonia - náznak dvojího oplození



# Semena

- hnědá až černá, jedovatá
- obalená zdužnatělými šupinami megastobilu
- červené až bělavé barvy



*Ephedra frustillata*



*Ephedra aphylla*



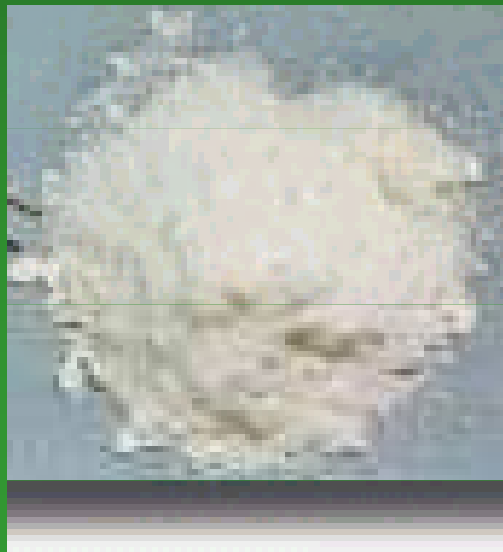
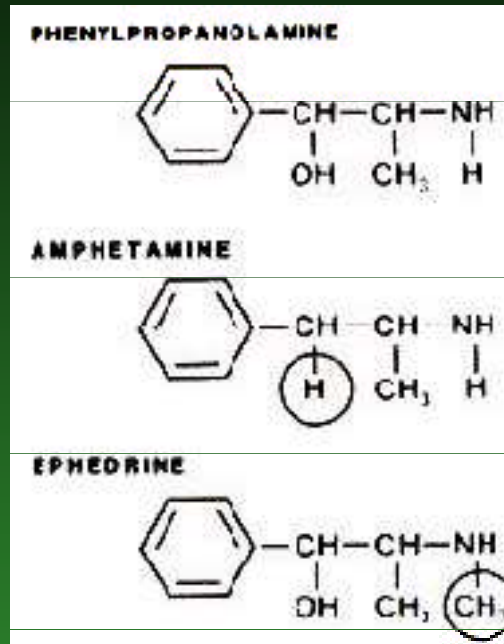
*Ephedra aphylla*



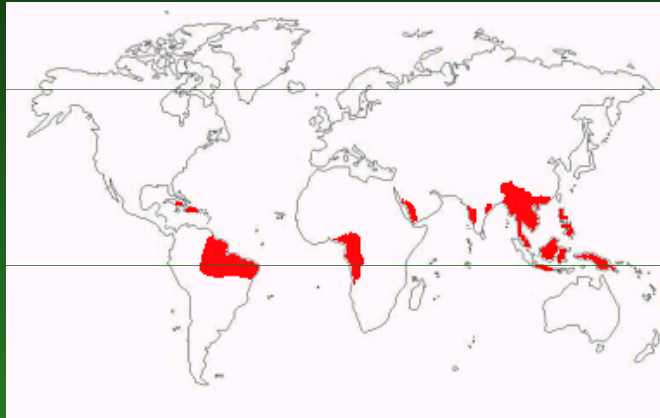
*Ephedra ciliata*



Alkaloid ephedrin bývá součástí antitusik. Vyrábí se však synteticky (používán také jako surovina při výrobě pervitinu).

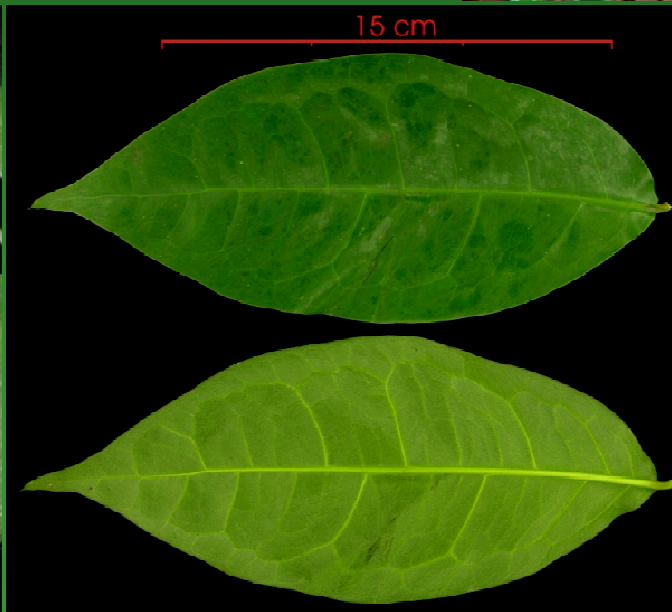


2. čel. *Gnetaceae* 1/30;  
většinou dvoudomé dřeviny -  
liánovité, stromovité až  
keřovité; listy kožovité, široce  
kopinaté



# Listy

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

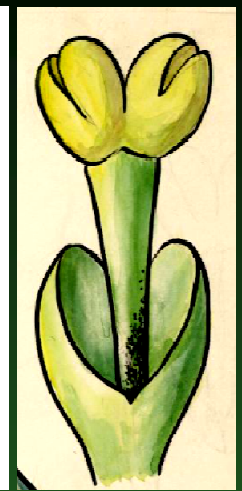
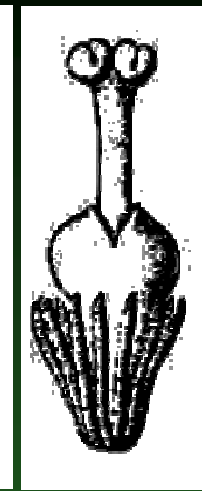
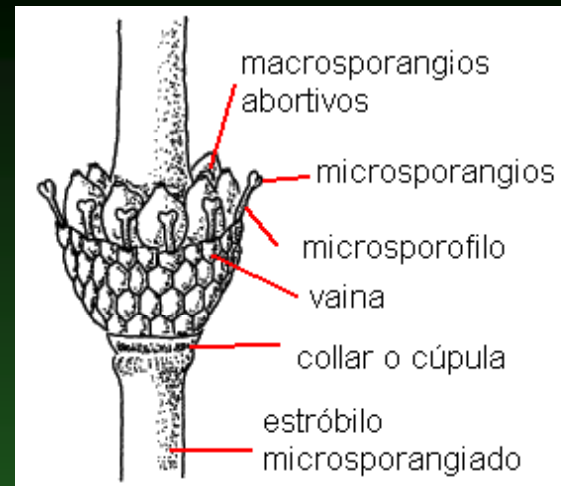


# Samčí strobily

- jehnědovité, s „tyčinkami“ v přeslenech, chráněnými límečkem ze srostlých šupin

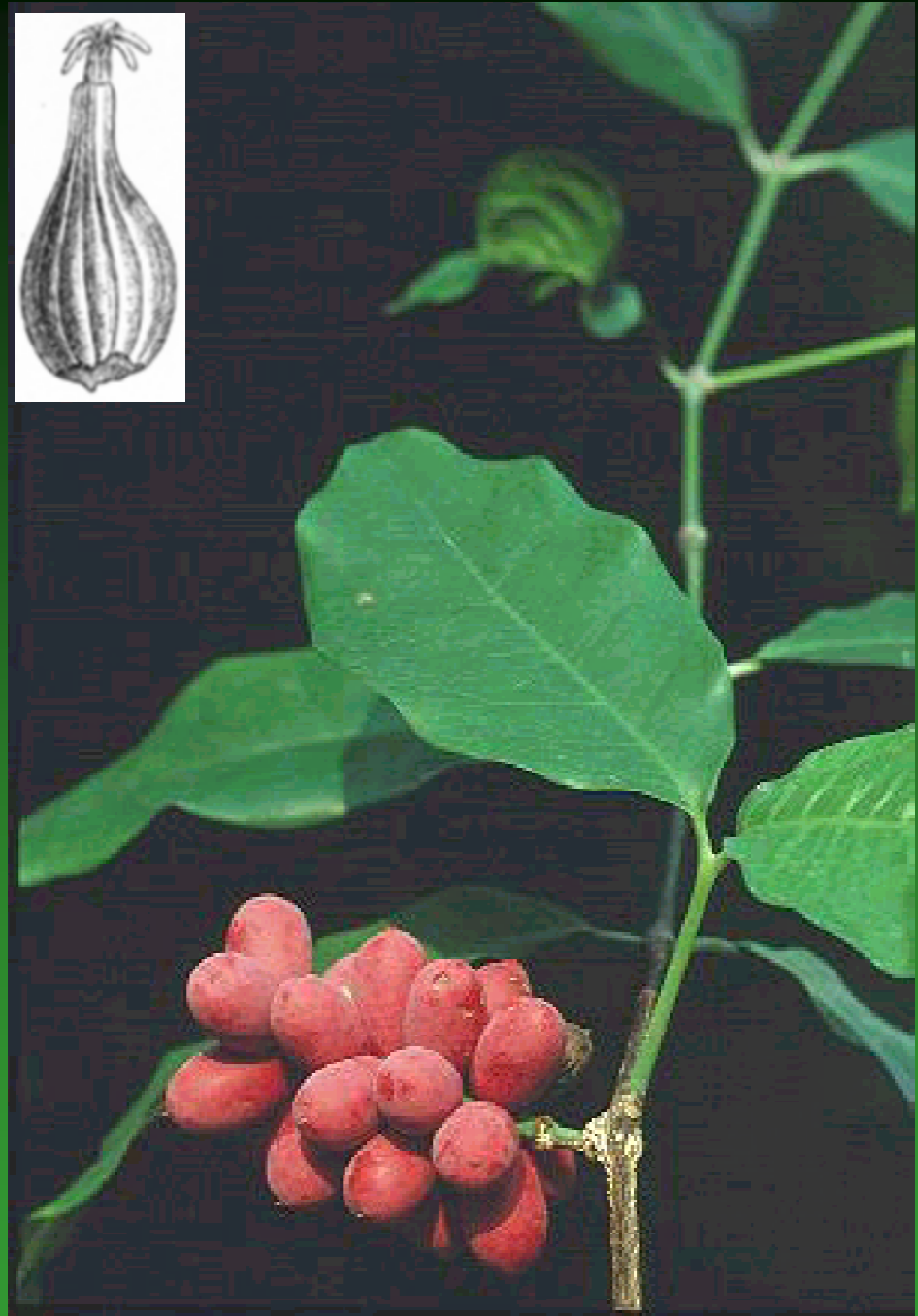
„tyčinky“ = nitka + dvoupouzdré synangium

báze nitky - obalena pochvou (= srostlá dvojice šupin) a 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*))

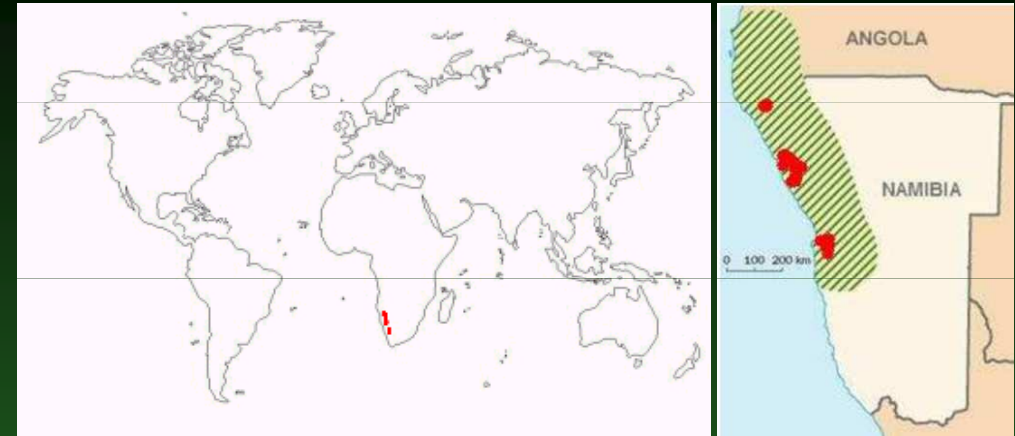


# *Gnetum gnemon* pěstuje se v JV Asii jako ovoce





**3. čel. *Welwitschiaceae*,**  
 monotypická až do druhu  
*Welwitschia mirabilis*. Roste v JZ Africe,  
 v poušti 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, 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 působením větru třepí a odumírají

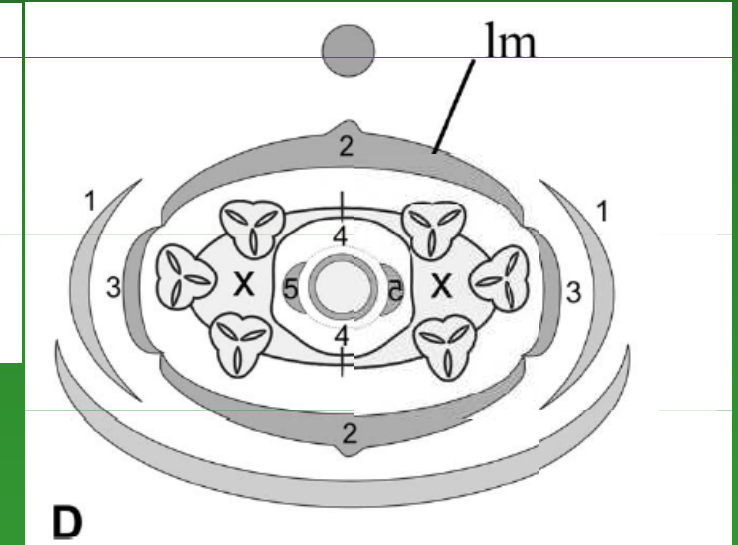
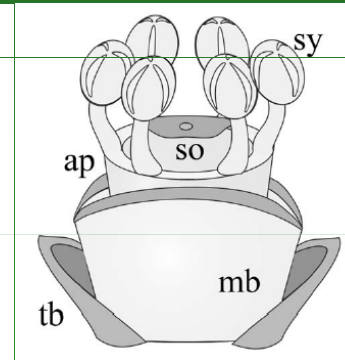
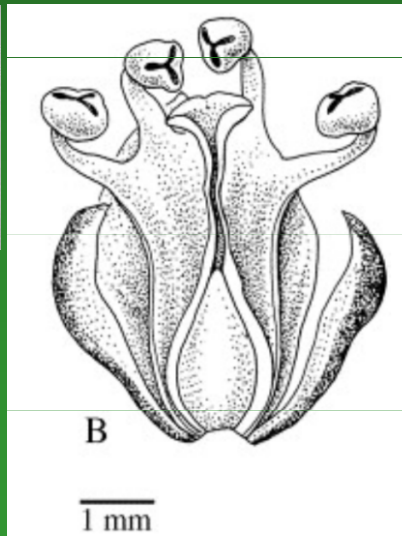


## Samčí šištice ze 4 řadě postavenými šupinami



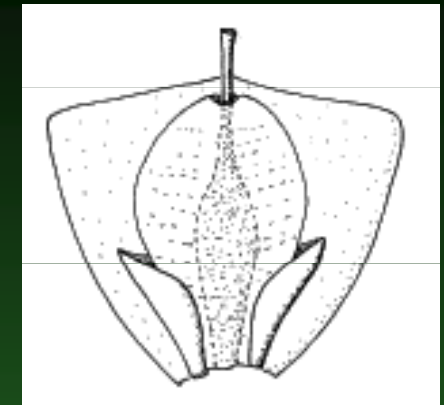
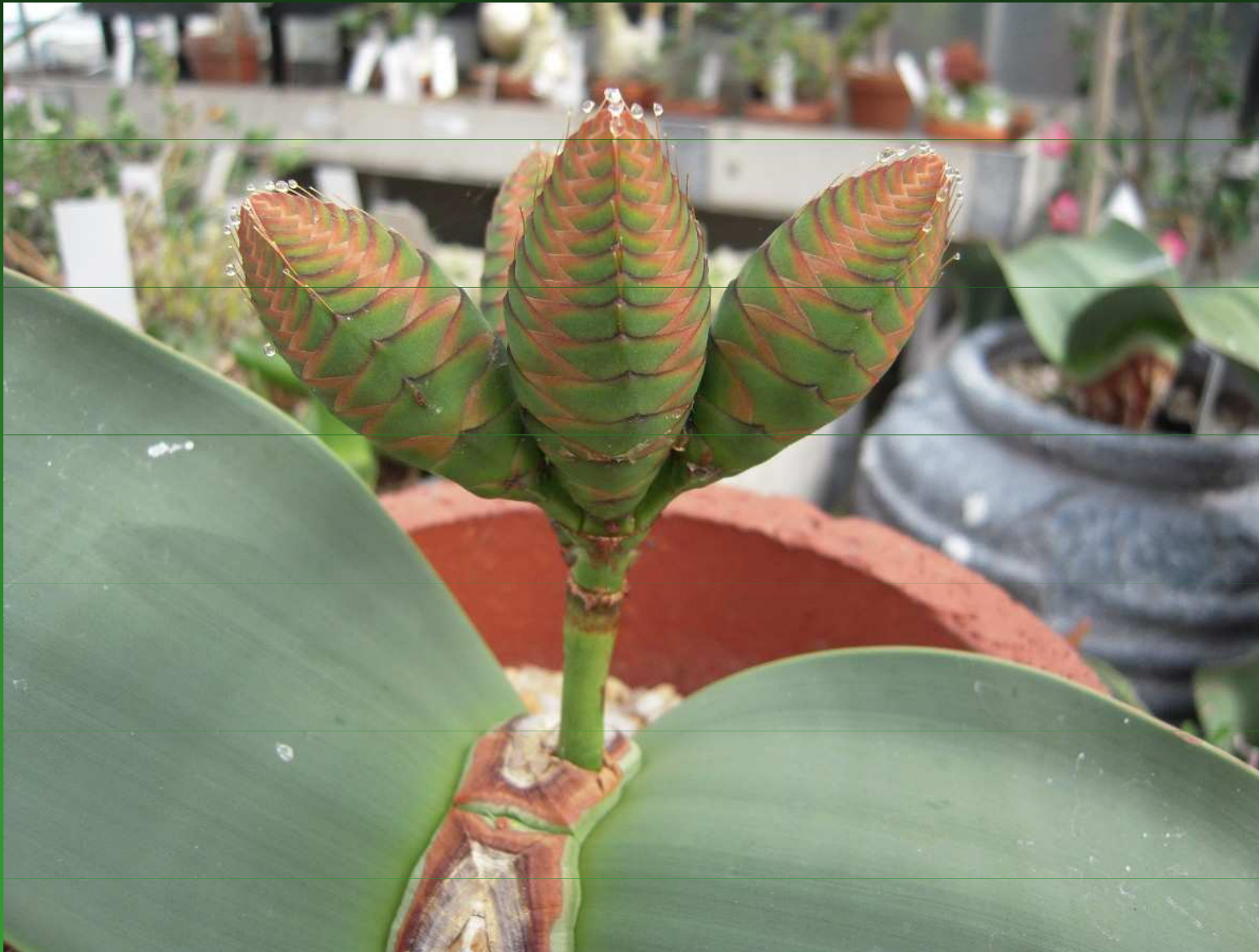
# Synandrium

- Vzniklo srůstem 6 tyčinek srostlých k sobě nitkami
- Srostlé nitky tvoří baňkovitou „trubičku“ na obvodě jejího ústí je šest trojpouzdrých synangií
- Ve středu baňkovité trubičky je rudiment vajíčka
- Synandrium je na bázi podepřeno 3 páry křížmostojných šupin (2 + 2 nejvnitřnější srůstají) a dále ještě jednou vnější šupinou

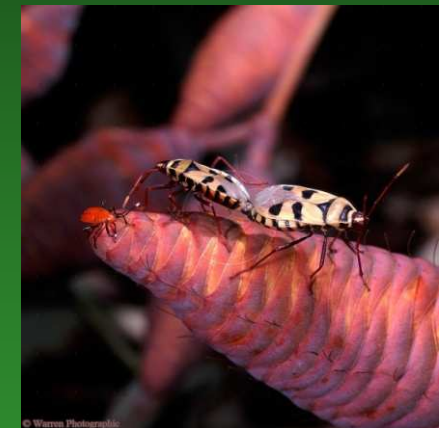


# Samičí šištice

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

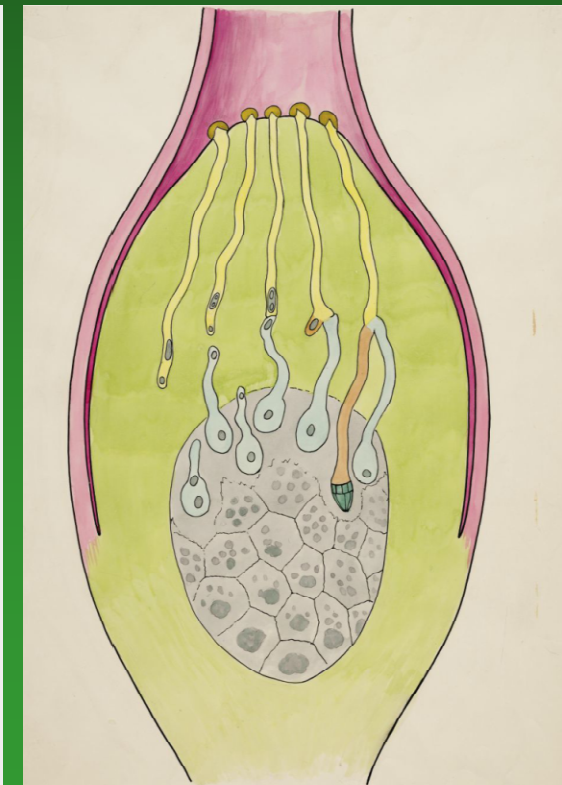
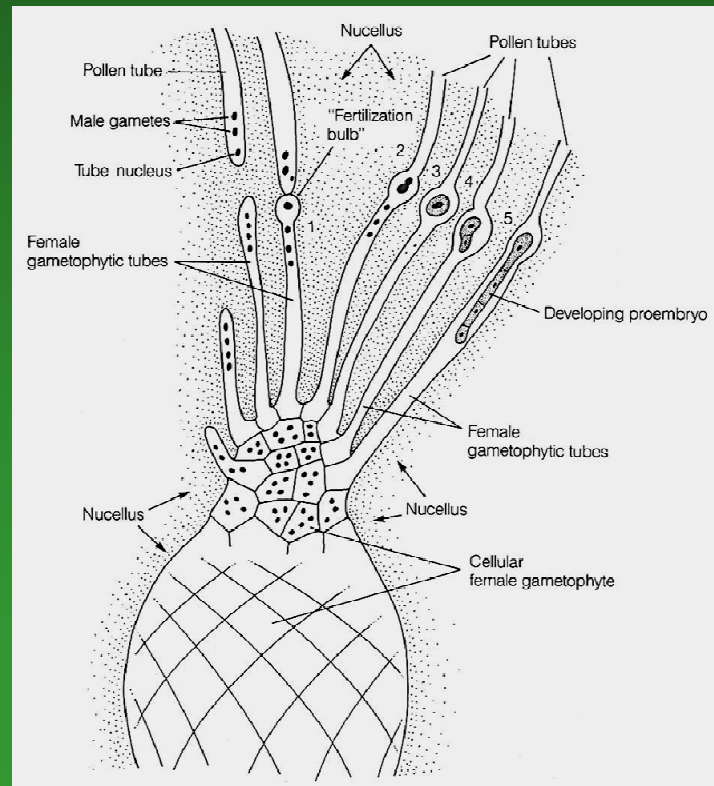


Opylení větrem nebo plošticemi *Probergrothius sexpunctatus*



# Oplození – poněkud bizarní

- archegonia se nevytvářejí
- pylová láčka proroste do nucellu
- naproti ní vyrazí „vaječná“ láčka
- v místě setkání a spojení láček dojde ke splynutí jádra oosféry s jádrem 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

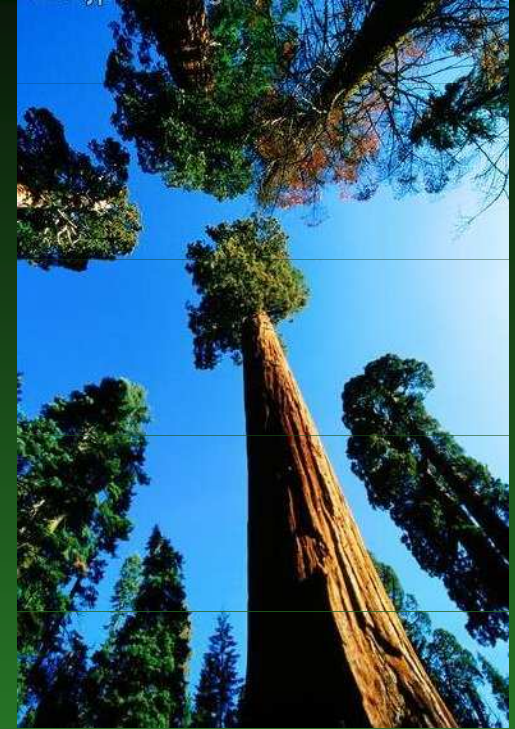
# krytosemenných rostlin

# 1. Dřevinný charakter

dlouhověké stromy (nejstarší a nejtěžší živé organismy)

zřídka keře, nikdy byliny

*Sequoia*



*Ginkgo*

*Ephedra*



*Juniperus*

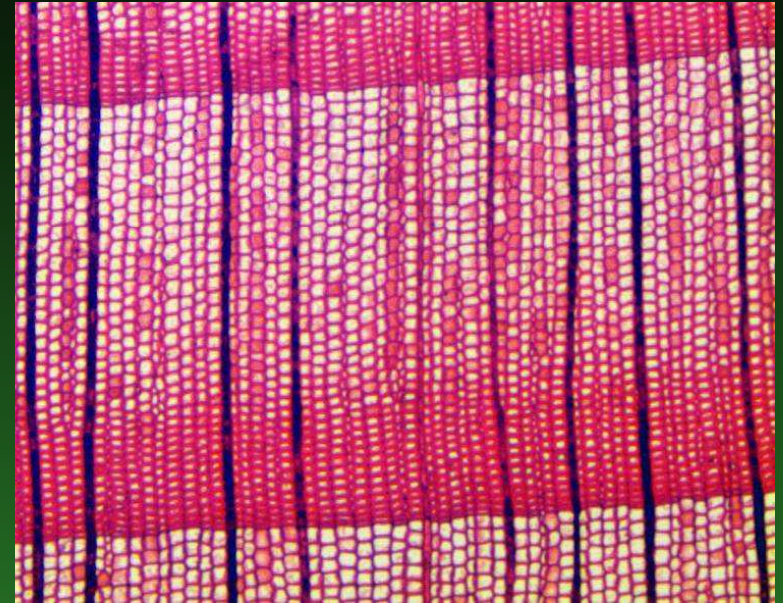


*Zamia*

## 2. Homoxylární dřevo bez trachejí

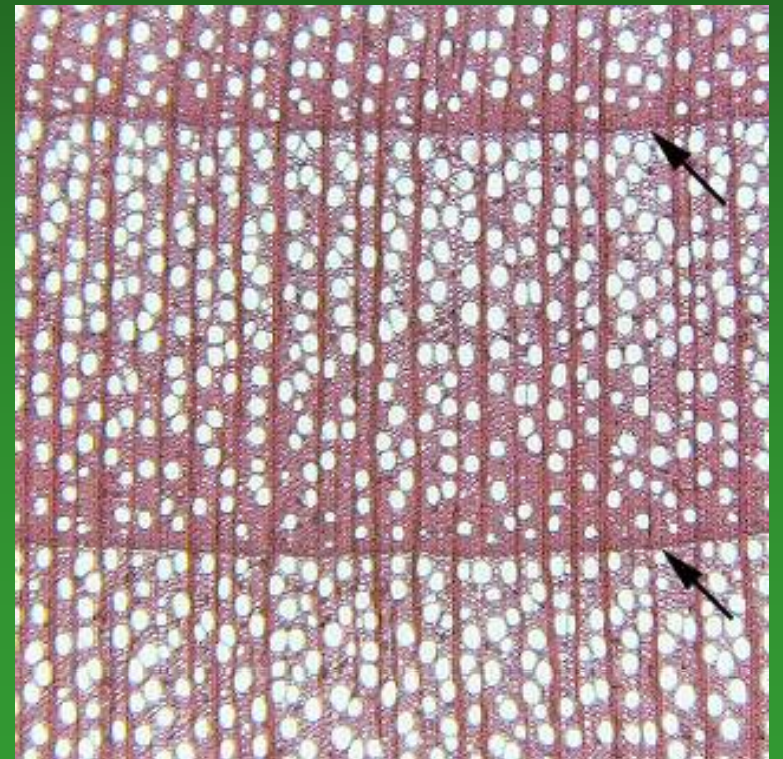
zerav (*Thuja*)  
příčný řez

**homoxylární dřevo bez trachejí**

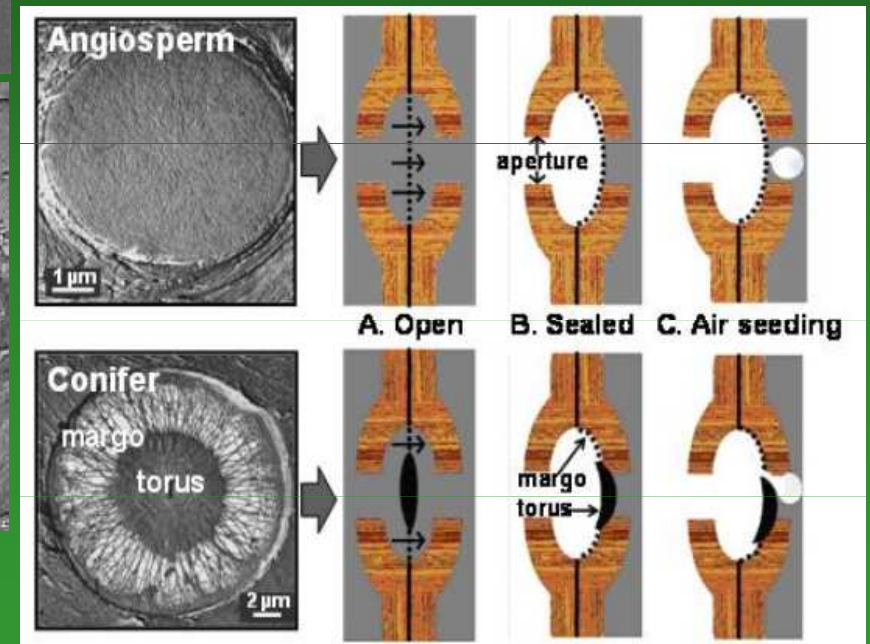
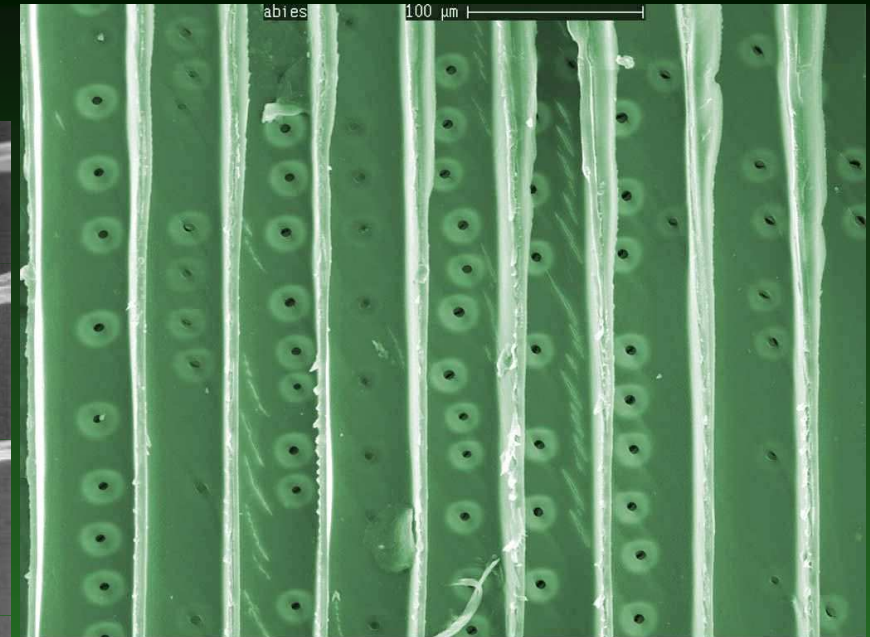
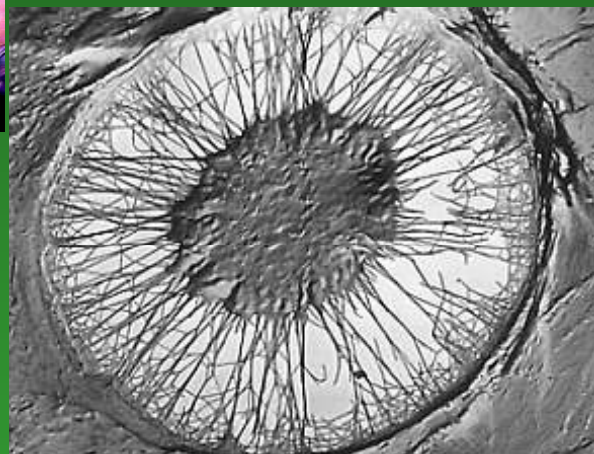
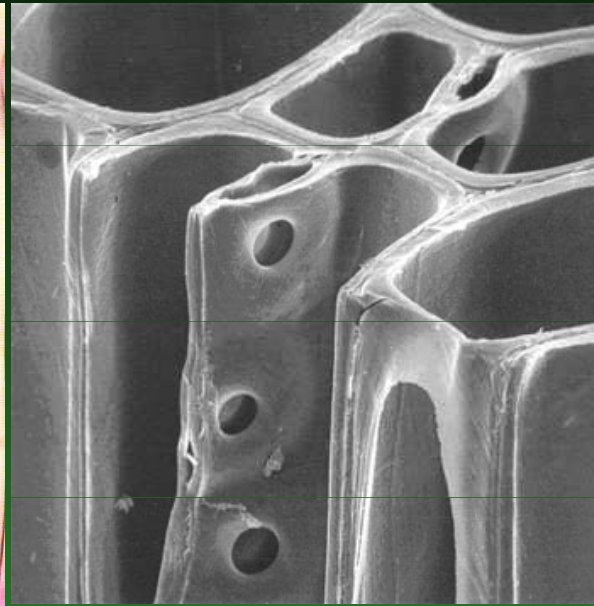
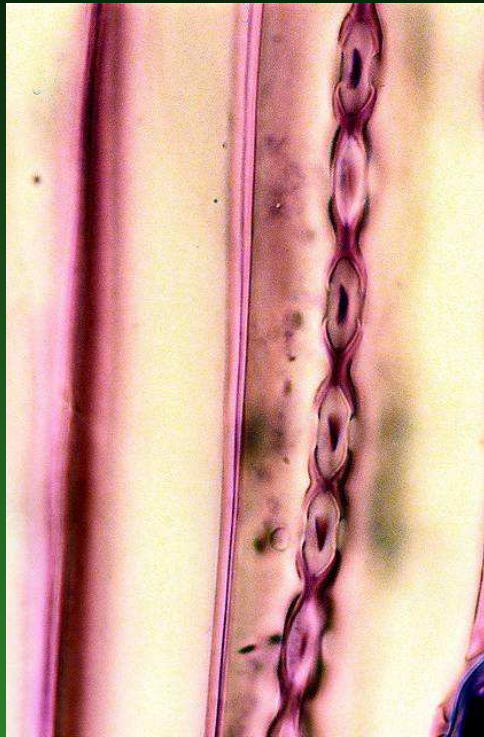


hrušeň (*Pyrus*)  
příčný řez

**heteroxylární dřevo s trachejemi**

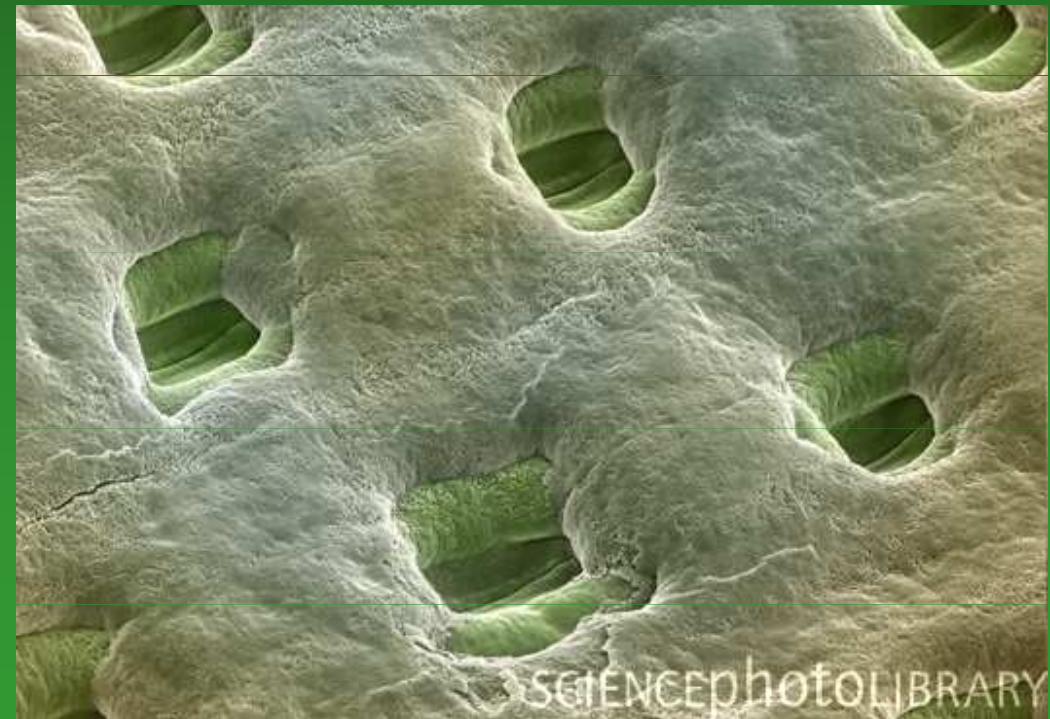
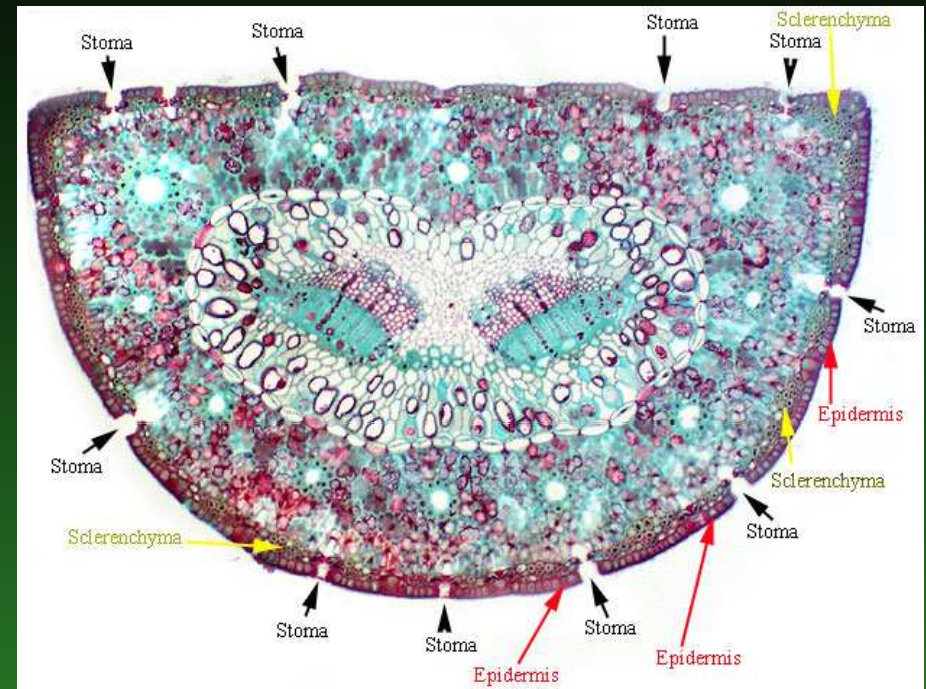


### 3. Tracheidy s dvůrkatými tečkami



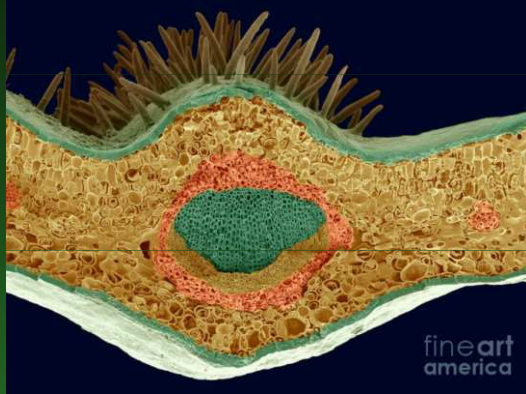
## 4. Xeromorfní adaptace listů

- tlustá kutikula
- zanořené průduchy
- sklerenchymatické svazky



# 4. Jednoduchá žilnatina listů

*Cycas* jediná centrální žilka v listovém úkrojků



*Stangeria* zpeřená žilnatina s rovnoběžnými bočními žilkami



*Pinus* dvě žilky jehlicovitém listu



*Zamia* – souběžná žilnatina listových úkrojků



*Ginkgo* – vějířovitá žilnatina listů



*Picea* dvě žilky jehlicovitém listu





## 5. Generativní orgány

v šisticích (megastrobilech a mikrostrombylech) = také xeromorfní adaptace

často dvoudomé nebo jednodomé

oboupohlavné strobily výjimečně

tendence k redukci počtu vajíček a mikrosporangií na sporofylech



## 6. Častá anemogamie

při vzniku  
nahosemenných asi  
chyběli hmyzí opylovači

přesto v některých liniích  
specifická evoluce  
entomogamie  
(*Cycadales*,  
*Bennettitales?*,  
*Gnetales*)



## 7. Samčí gametofyt často redukovaný 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*)

# 8. Jednotná vnitřní stavba vajíček

velká vajíčka

mohutný integument

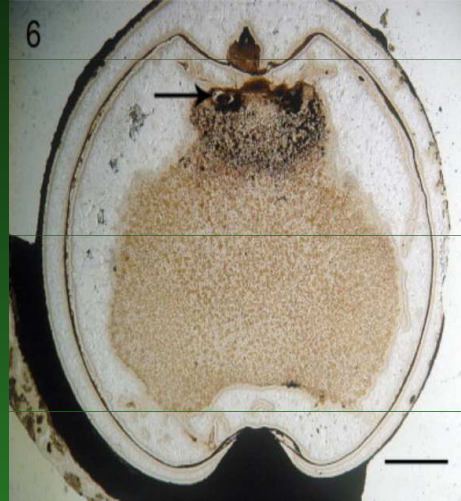
pylová komora

archegoniální komora

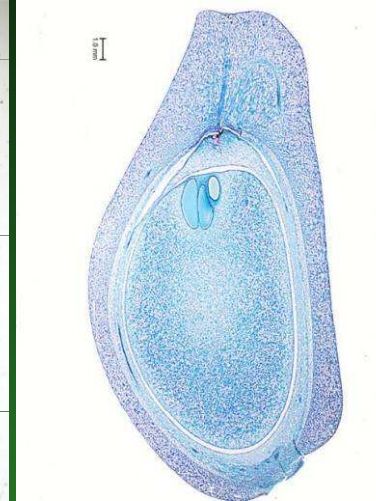
tendence od  
jednoduchých archegonií  
k „nahým“ oosférám

primární živné pletivo

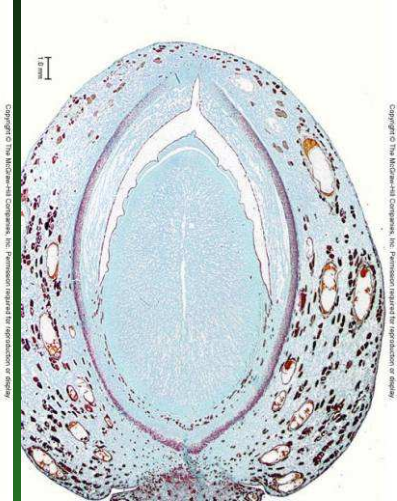
1. *Cordaites*



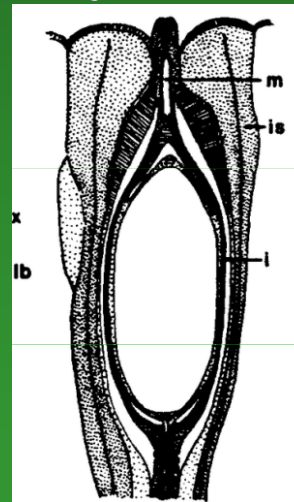
2. *Cycas*



3. *Ginkgo*



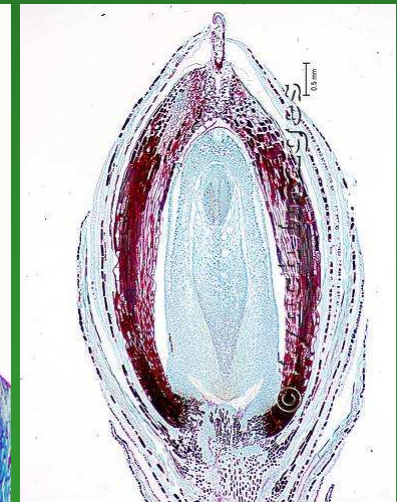
4. *Cycadeoidea*



5. *Pinus*



6. *Ephedra*



# 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

