



Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

Kaprad'orosty

Petr Bureš



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Oddělení *Monilophyta*



psilotum nudum
Psilotaceae
© G. D. Carr



Botrychium lunaria (L.) SW
©Thomas Schoepke
www.plant-pictures.com



© Arnold
www.awi.ch



© Bruce G. Marcot



Vzrostný vrchol prýtu tvoří jediná apikální buňka



Equisetum



Azola



Nephrolepis

Sporofyt - zelený v ontogenezi převládá

Gametofyt - žije volně, mimo sporofyt; podporuje vznikající sporofyt.



Je buď:

krátkověký, zelený, nadzemní, bilaterálně souměrný (připomínající frondózní játrovky), nebo

Gametofyt - žije volně, mimo sporofyt; podporuje vznikající sporofyt.



Je buď:

krátkověký, zelený, nadzemní, bilaterálně souměrný (připomínající frondózní játrovky), nebo

dlouhověký, nezelený, podzemní, radiálně souměrný, mykorrhiticky vyživovaný

Oddělení *Monilophyta* = kaprad'orosty

má 5 tříd

1. *Psilotopsida* - prutníky

2. *Equisetopsida* - přesličky

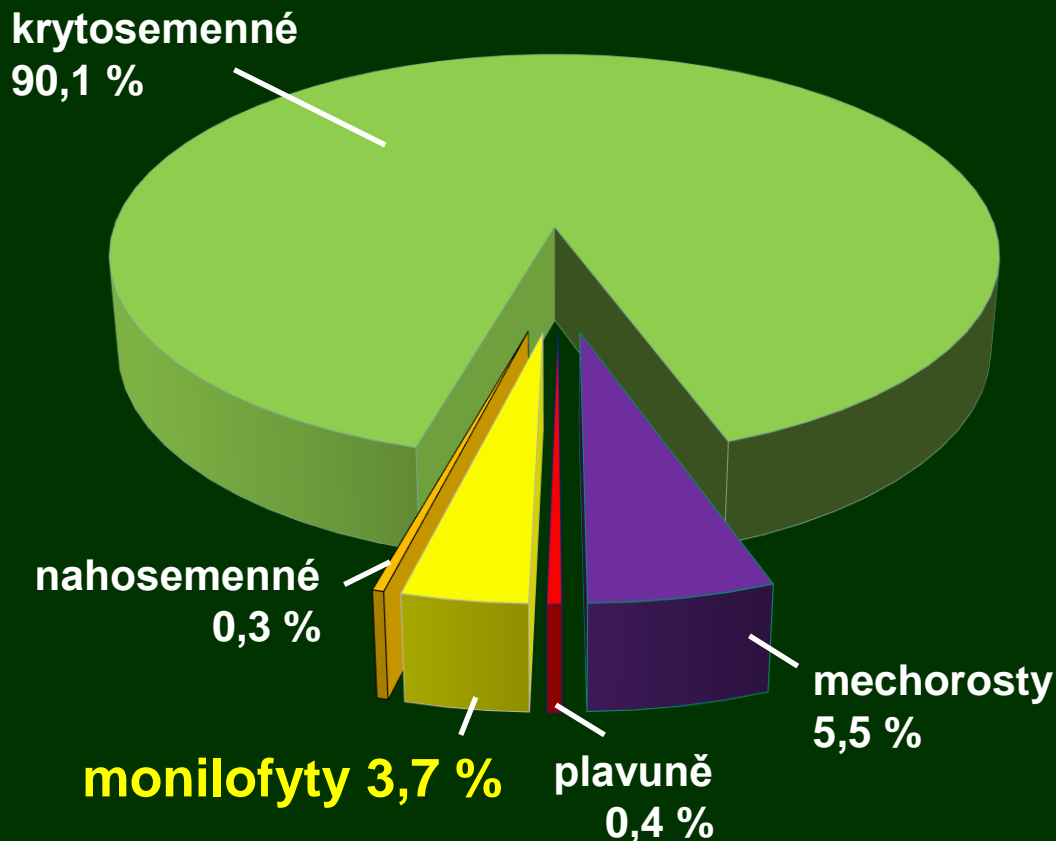
3. *Marattiopsida*

4. *Polypodiopsida* – kapradiny

5. *Pteridospermopsida* – kaprad'osemenné

Druhová diverzita monilofytů – v kontextu ostatních linií vyšších rostlin = 11 000 druhů (~ 3,7 %)

Podíl monilofytů na druhové diverzitě vyšších rostlin



Počty popsáných druhů

mechorosty	16 240
plavuně	1 260
monilofyty	11 000
nahosemenné	1 020
krytosemenné	268 600

1. třída *Psilotopsida*



Zelené výtrusné vytrvalé byliny, menších rozměrů, s tendencí k vidličnatému větvení

Mají obří genomy (jádra somatických buněk váží víc než 70 pg)

2 řády: *Psilotales* a *Ophioglossales*

1. řád *Psilotales* (prutníky)

whisk ferns



Zelené, suchozemské (epifytické nebo epilické), bezkořenné, jen 2 rody: *Psilotum* (2 druhy) a *Tmesipteris* (10 druhů)

Psilotum nudum

(= *Psilotum triquetrum*)

- tropy a subtropy

- na skalách (= epiliticky)

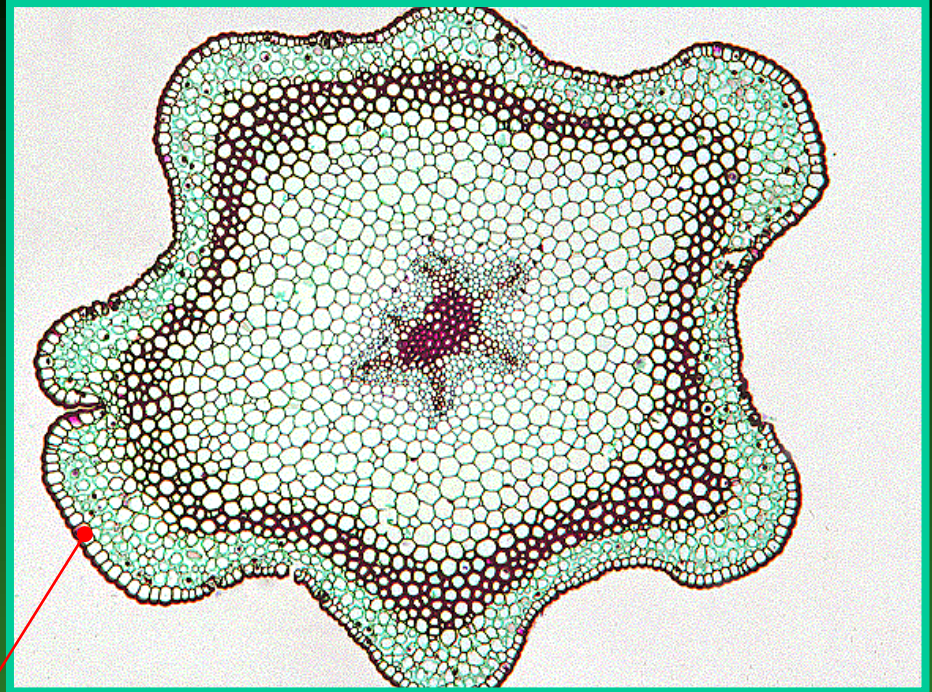


V Evropě nalezeno r. 1965 v J Španělsku, v provincii Cadiz

Nadzemní stonek - 20-30 cm (maximálně 1 m);
zelený, dichotomicky větvený, s drobnými listy a sporangii

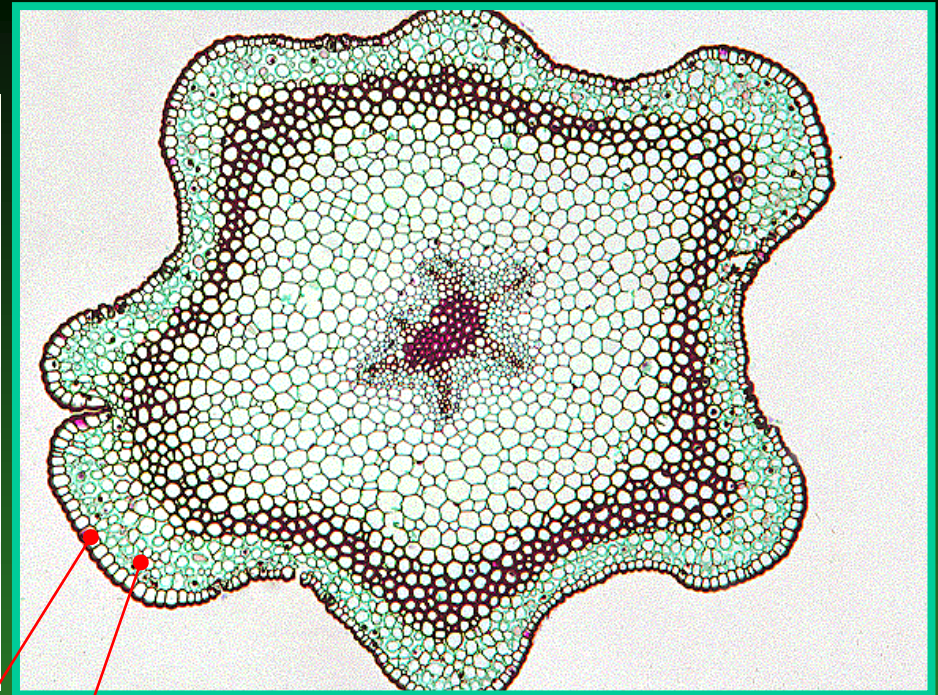


Nadzemní stonek



epidermis

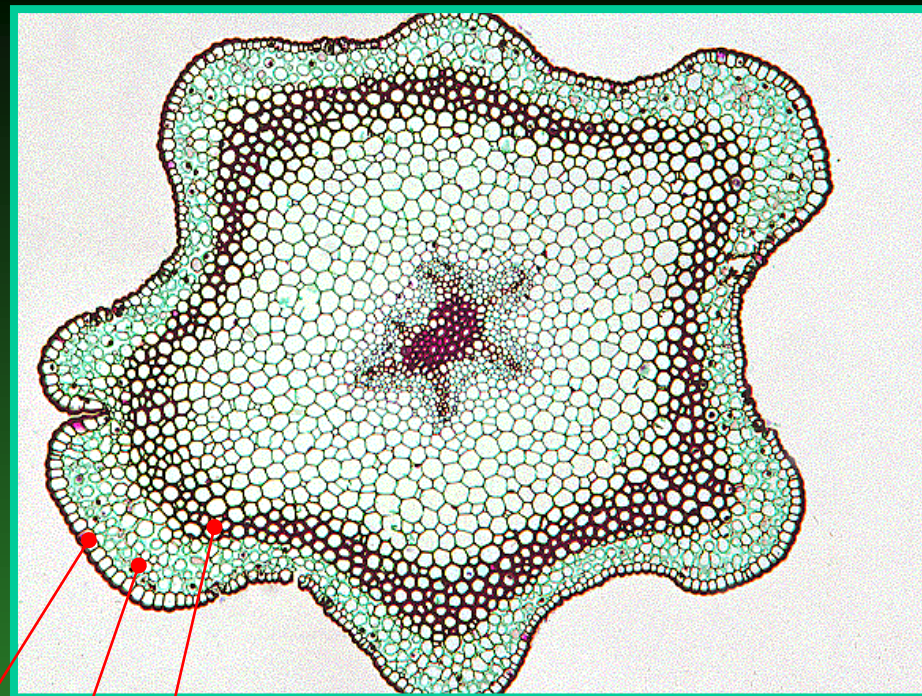
Nadzemní stonek



epidermis

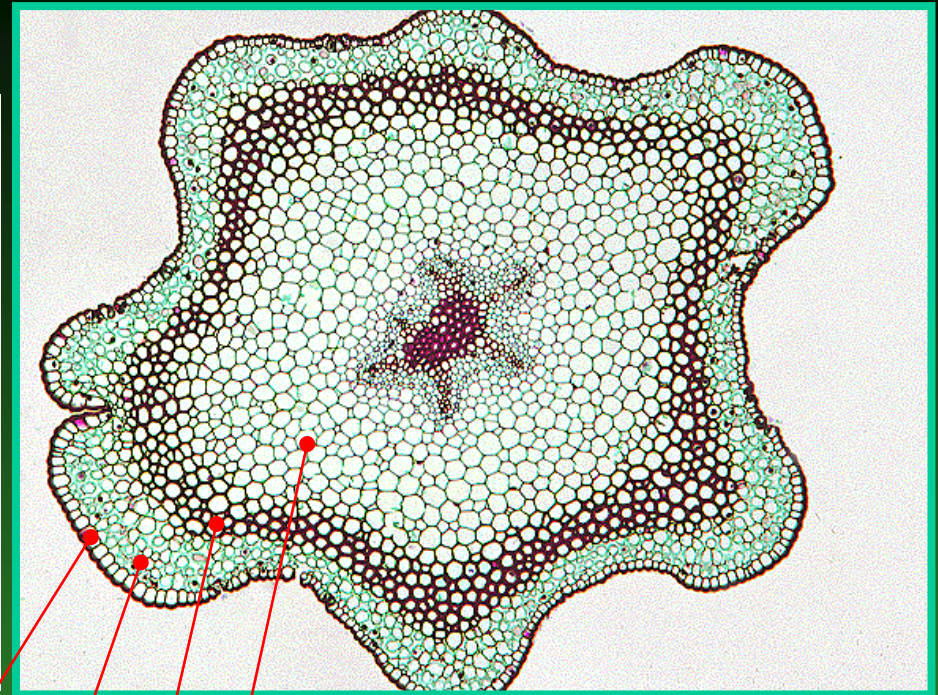
asimilující chlorenchym

Nadzemní stonek



epidermis
asimilující chlorenchym
zpevňující sklerenchym

Nadzemní stonek



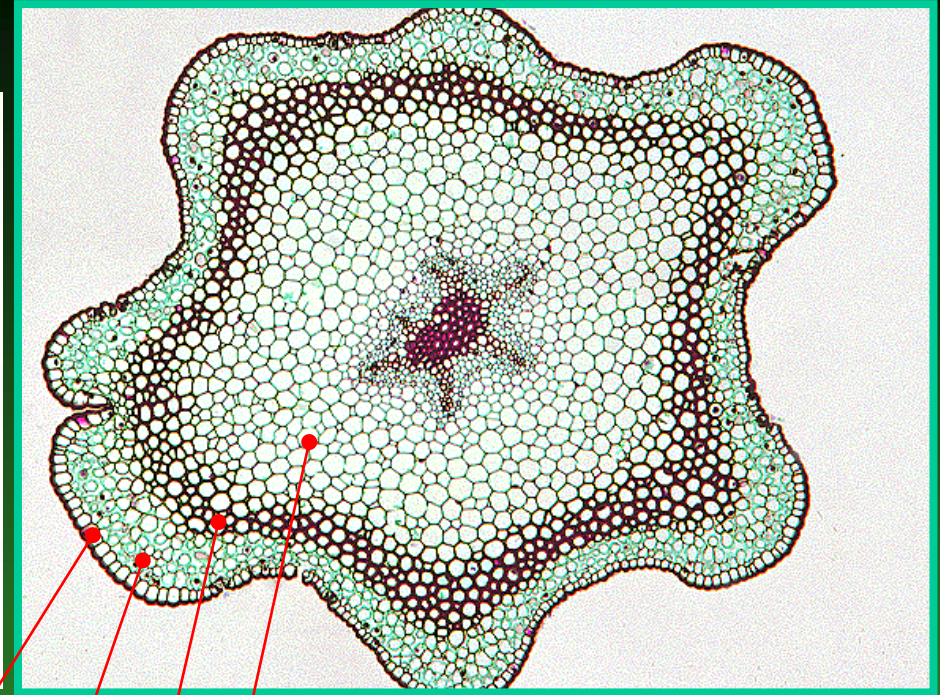
epidermis

asimilující chlorenchym

zpevňující sklerenchym

mohutná vrstva parenchymu

Nadzemní stonek

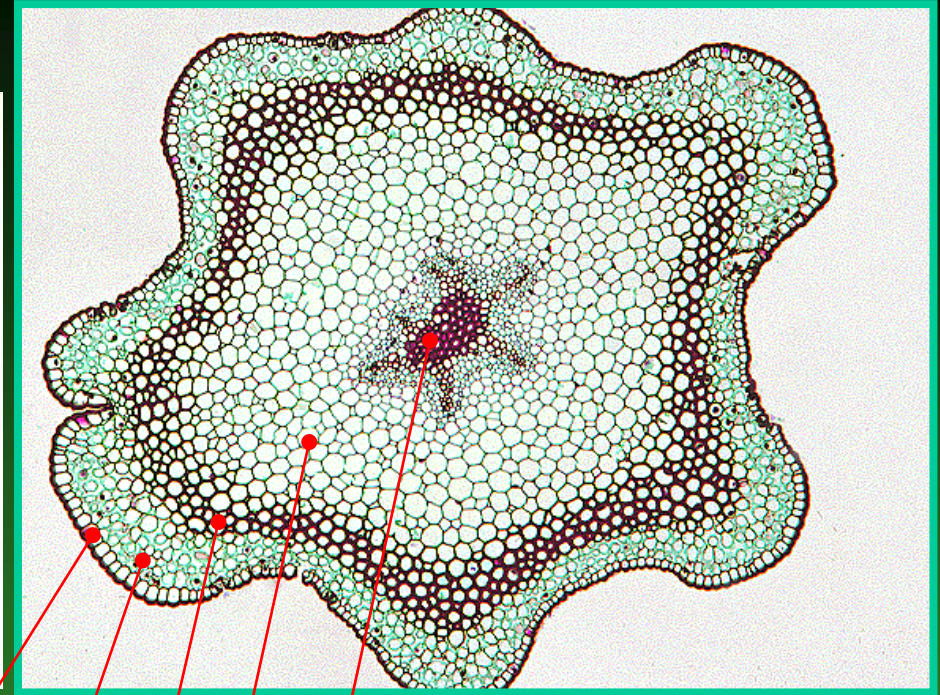


epidermis

vnější
střední
vnitřní
kortex

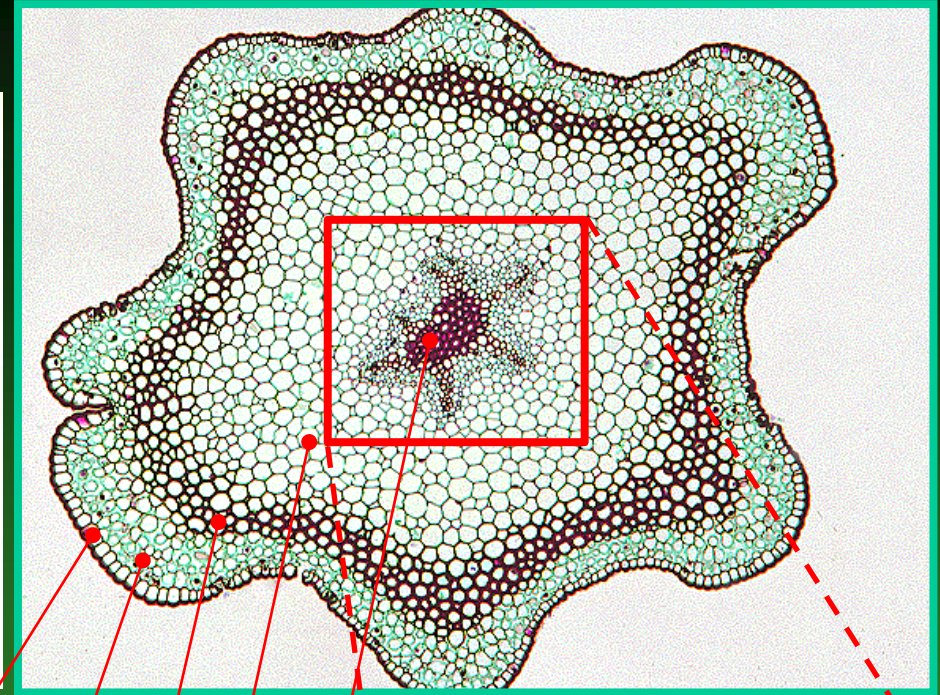
asimilující chlorenchym
zpevňující sklerenchym
mohutná vrstva parenchymu

Nadzemní stonek



- epidermis
- vnější { asimilující chlorenchym
- střední { zpevňující sklerenchym
- vnitřní { mohutná vrstva parenchymu
- kortex**
- endarchní aktinostélé

Nadzemní stonek



- epidermis
- vnější { asimilující chlorenchym
- střední { zpevňující sklerenchym
- vnitřní { mohutná vrstva parenchymu
- kortex**
- aktinostélé

Podzemní stonek = rhizom (oddenek)



nahrazuje chybějící kořen
nemá chlorenchym
nemá sklerenchym
nemá listy
má rhizoidy
má mykorrhizu



K druhotné ztrátě kořenů došlo v důsledku epilitismu / epifytismu

Listy

- drobné
- jednoduché nebo vidličnatě rozvětvené
- bezžilné (enafily)
- střídavě postavené
- bez průduchů



Sporangia

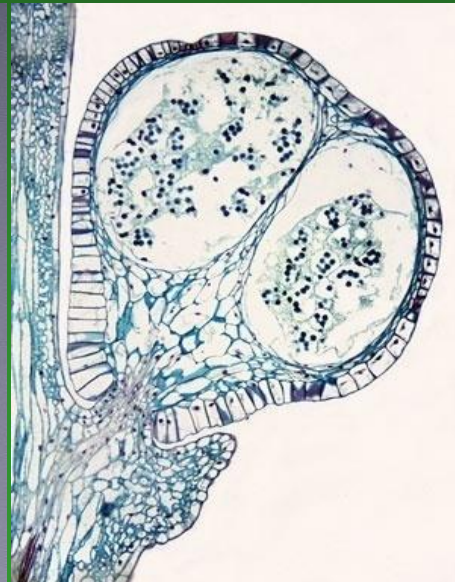
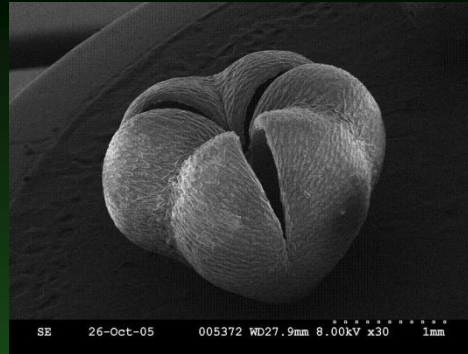
eusporangiátní

izosporická

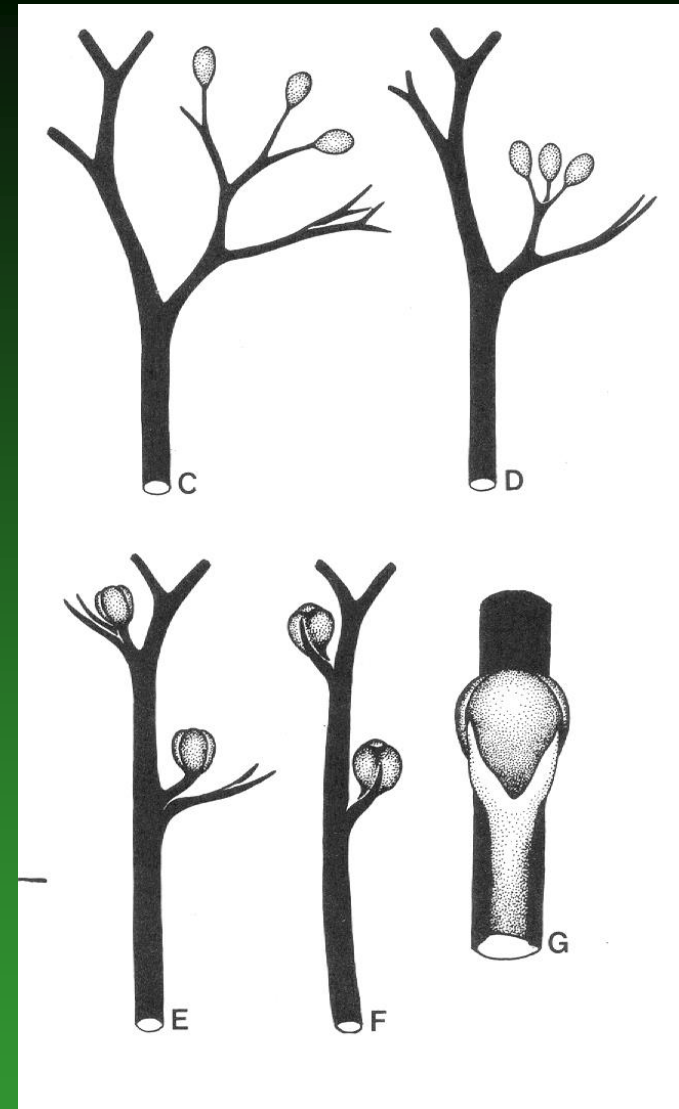
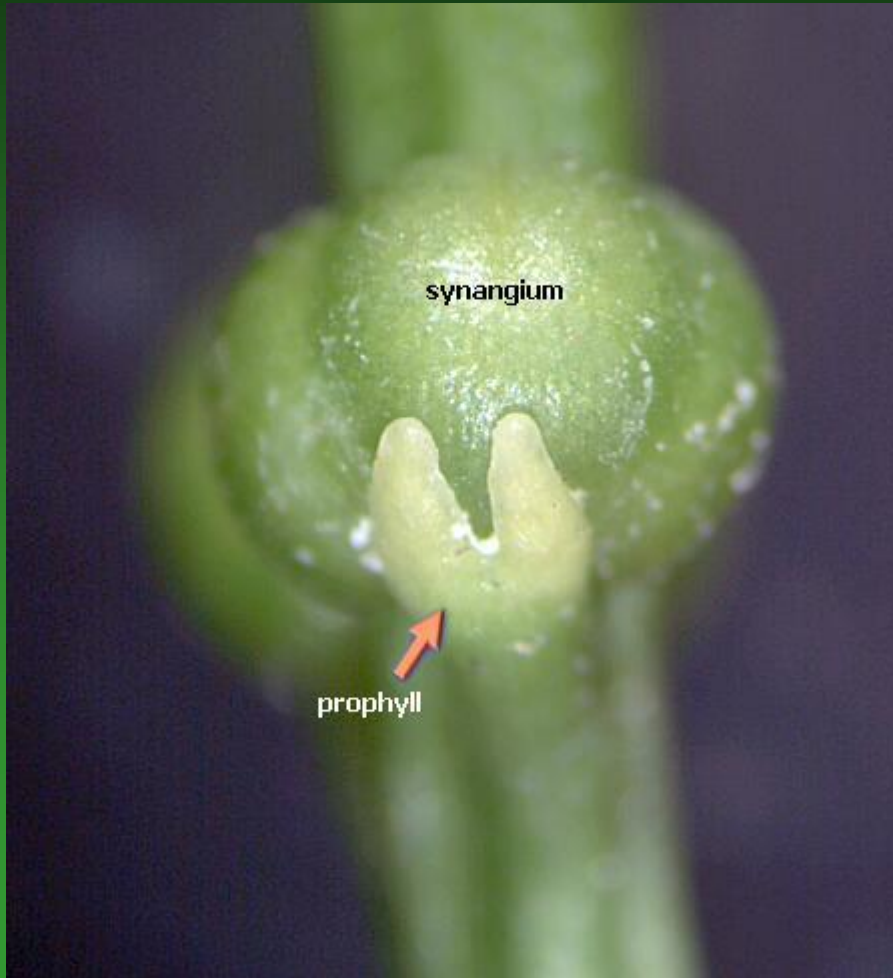
v paždí vidličnatých listů

po třech srostlá v
synangia

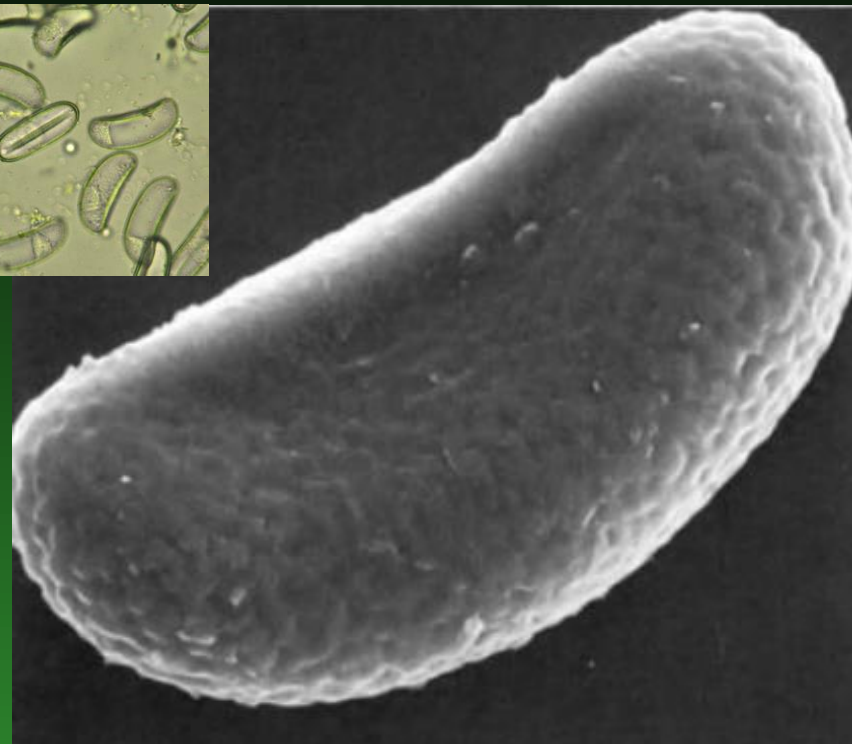
každé ze 3 pouzder má
vlastní dehiscenci



Hypotetická morfogeneze psilotofyt z trimerofyt podle telomové teorie



Spory
monoletní
fazolovitého tvaru
bez chlorofylu



Spory
monoletní
fazolovitého tvaru
bez chlorofylu

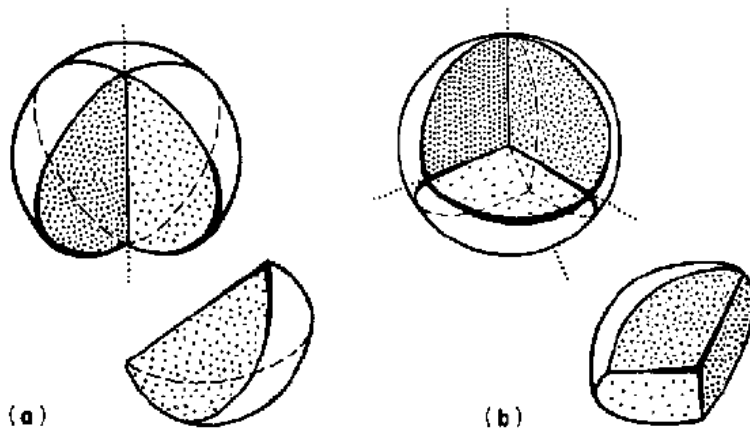
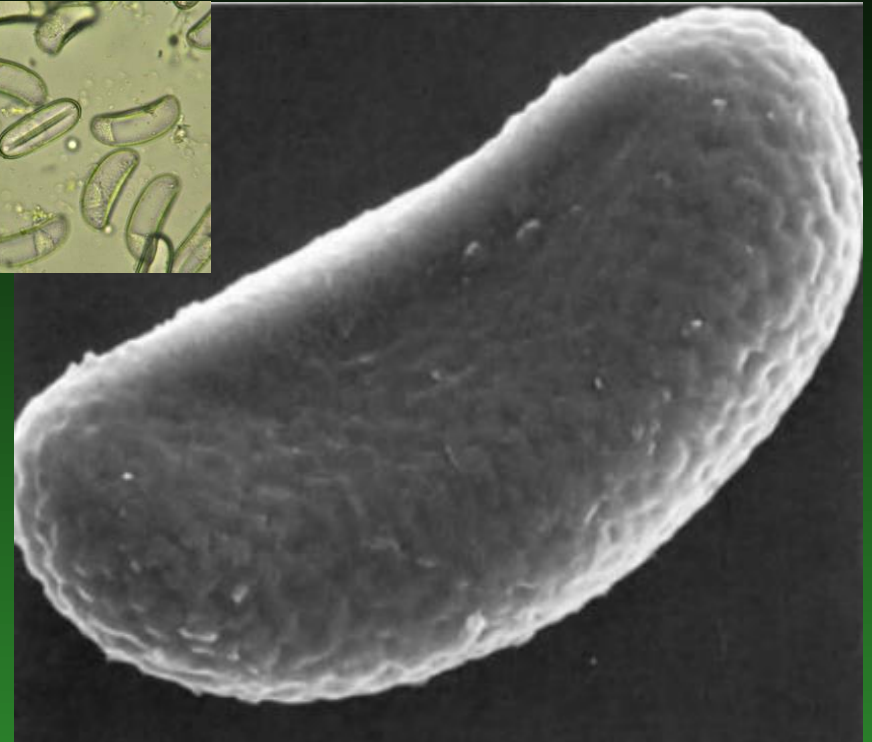
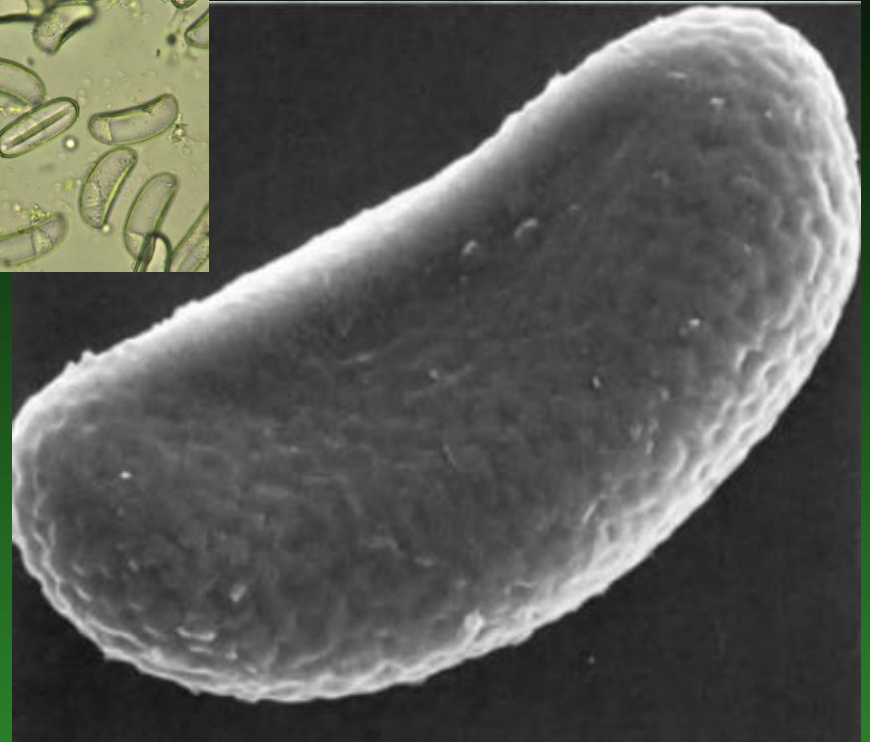


Figure 6.31 Diagrammatic representation of manner of formation of (a) monolete and (b) trilete spores.

Vznikají také v tetrádách, ale v jiném prostorovém uspořádání, než spóry triletní

Spory
monoletní
fazolovitého tvaru
bez chlorofylu



Meióza =
2 karyo-
2 cytokinéze

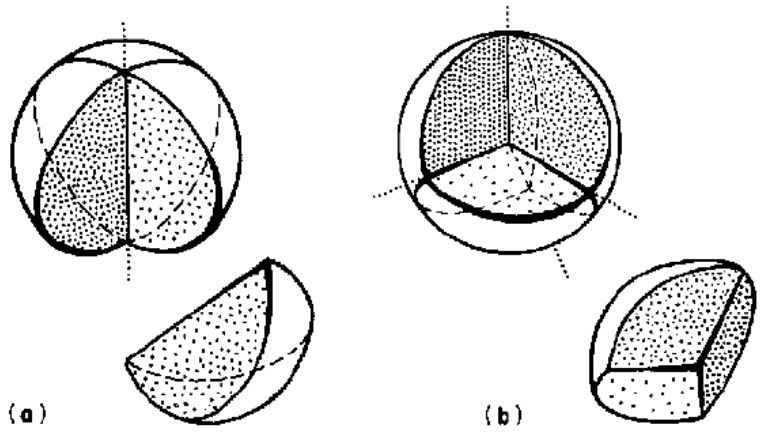
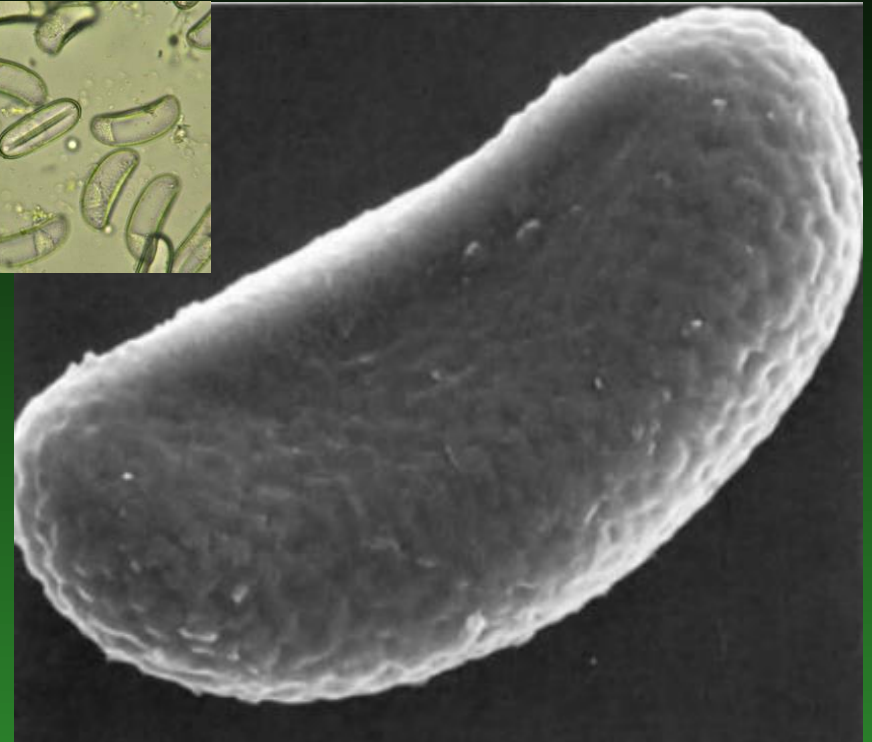


Figure 6.31 Diagrammatic representation of manner of formation of (a) monolete and (b) trilete spores.

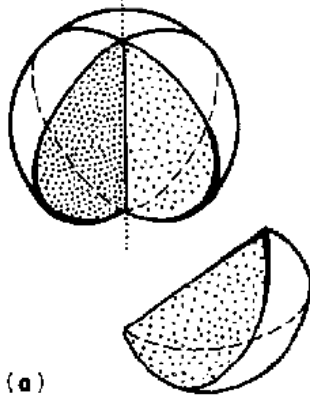
Vznikají také v tetrádách, ale v jiném prostorovém uspořádání, než spóry triletní

Spory
monoletní
fazolovitého tvaru
bez chlorofylu



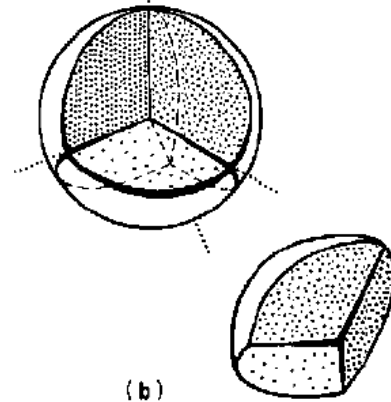
Vznikají také v tetrádách, ale v jiném prostorovém uspořádání, než spóry triletí

2 karyo-
2 cytokinéze



(a)

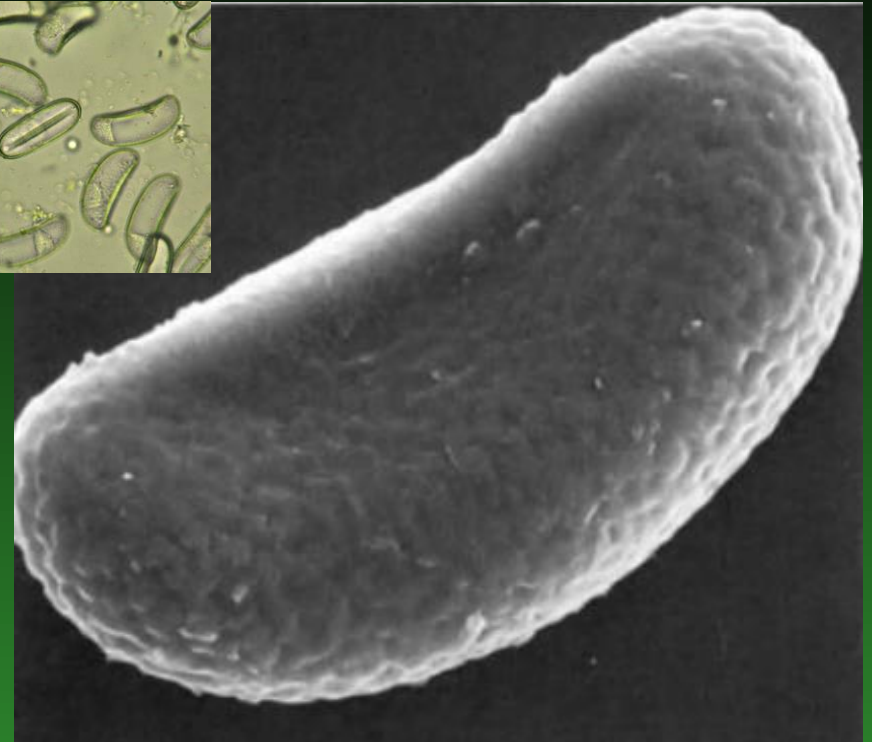
2 karyo-
1 cytokinéze



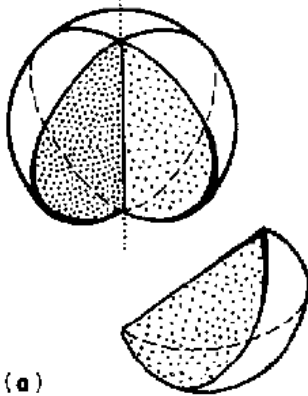
(b)

Figure 6.31 Diagrammatic representation of manner of formation of (a) monolete and (b) trilete spores.

Spory
monoletní
fazolovitého tvaru
bez chlorofylu

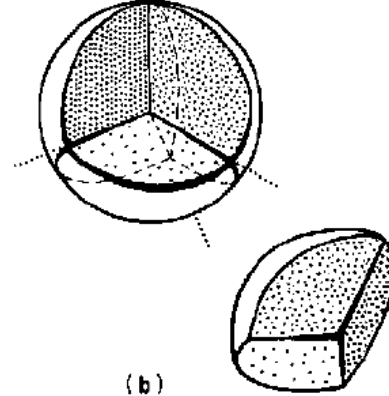


2 karyo-
2 cytokinéze



(a)

2 karyo-
1 cytokinéze



(b)

Figure 6.31 Diagrammatic representation of manner of formation of (a) monolete and (b) trilete spores.

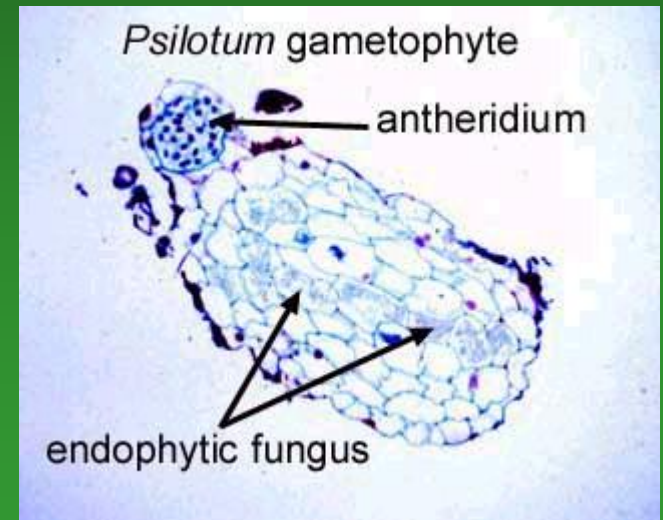
Vznikají také v tetrádách, ale v jiném prostorovém uspořádání, než spóry triletní

Většina kapradin má spóry fazolovité, menší část triletní

Gametofyt - podzemní,
nezelený, dlouhověký,
válcovitý nebo vidličnatý
2-10 cm,
s cévním svazkem



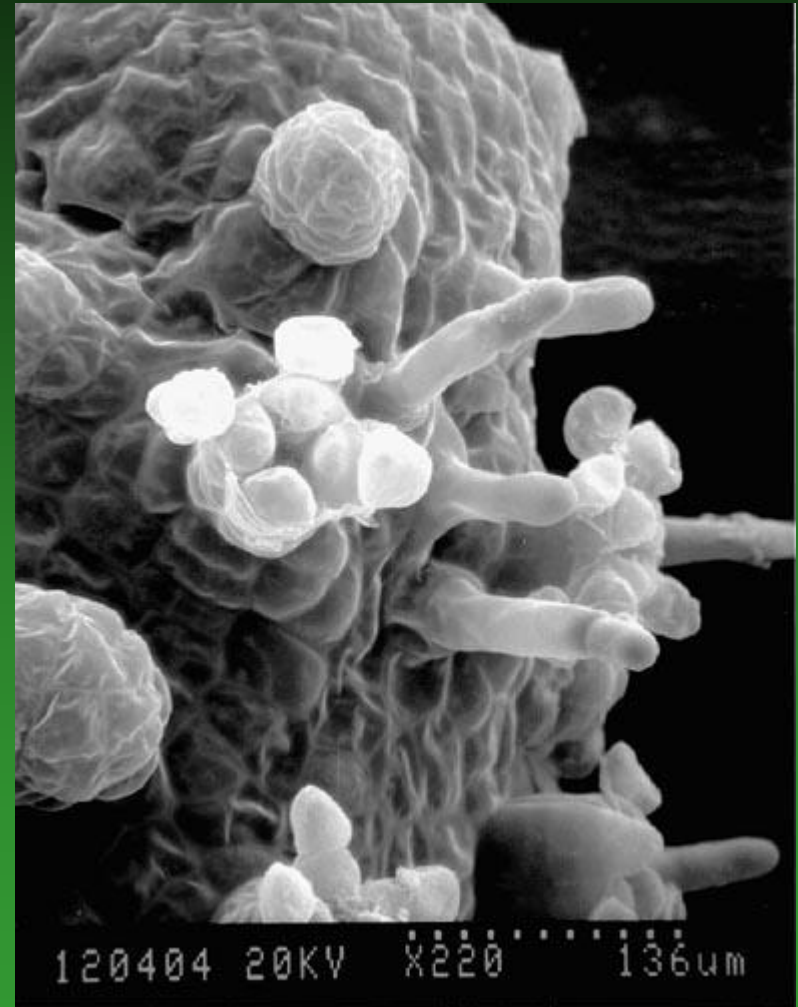
Má mykorrhizu,
roste na kmenech
stromových
kapradin, ve
štěrbínách skal
naplněných
humusem, či pod
zemí.



Antheridia - četná, na povrchu gametofytu nebo jen slabě ponořená

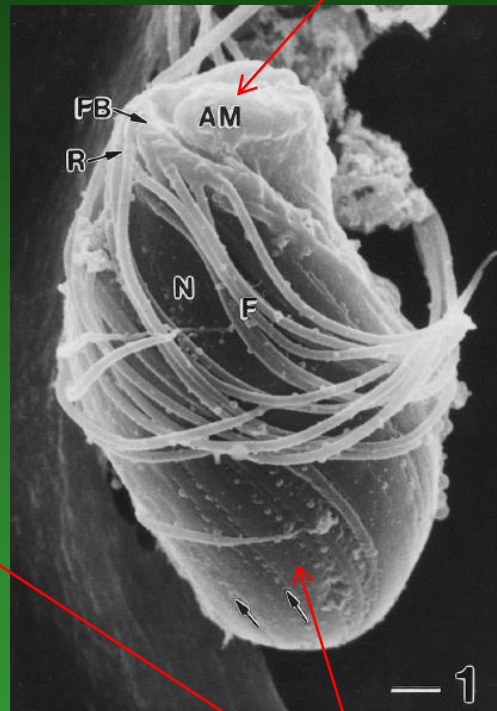
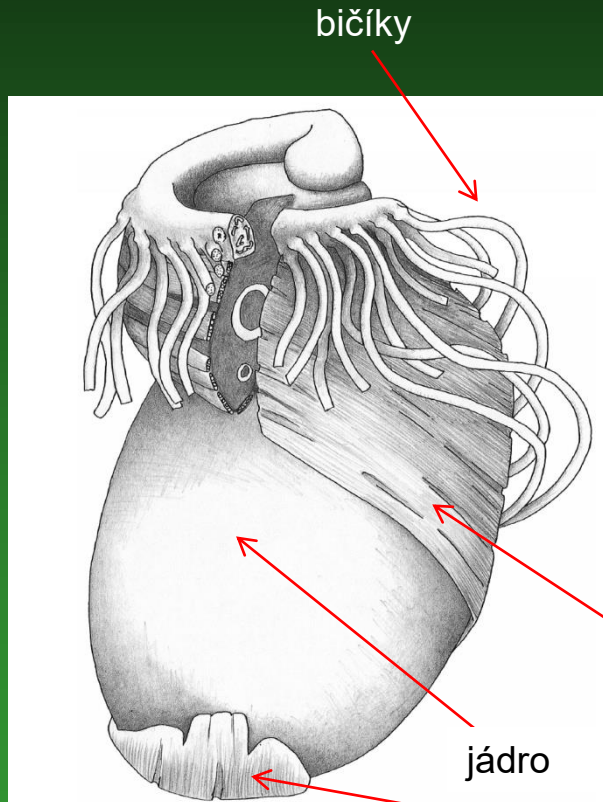


Archegonia - ponořená, s krčky (stylidium) vyčnívajícími



Spermatozoidy

- **polyciliární** (jako u šídlatek či přesliček) ~36 bičíků
- **spirálně stočené** (jako u přesliček) – 2 závity



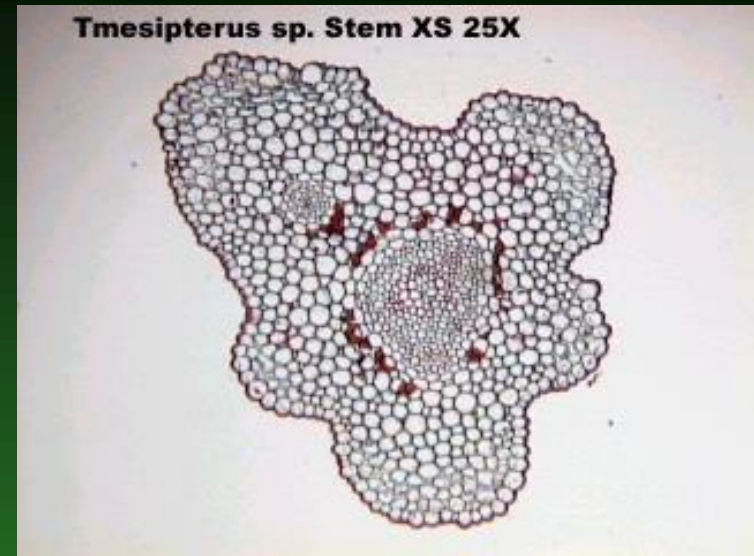
Gametofyt *Psilotum* pěstovaný *in vitro*

2. *Tmesipteris*

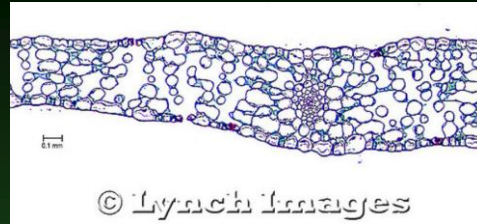
lodyhy jednoduché, nebo vzácně jednou
dichotomicky větvené

střední válec protostélé až polystélé

Tmesipteris tannensis, až 4 dm dlouhý
epifyt v Austrálii a Indo-malajské oblasti.

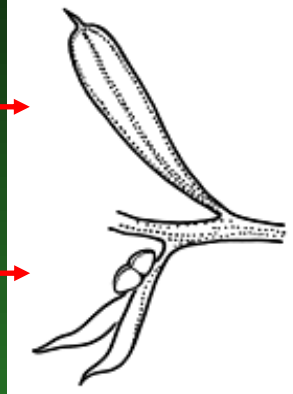


Listy - ploché s
průduchy

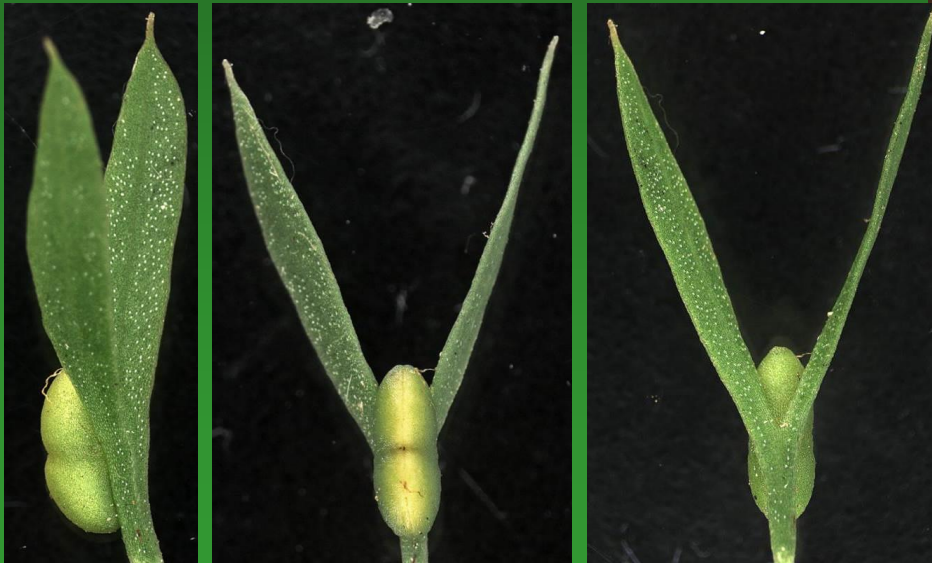
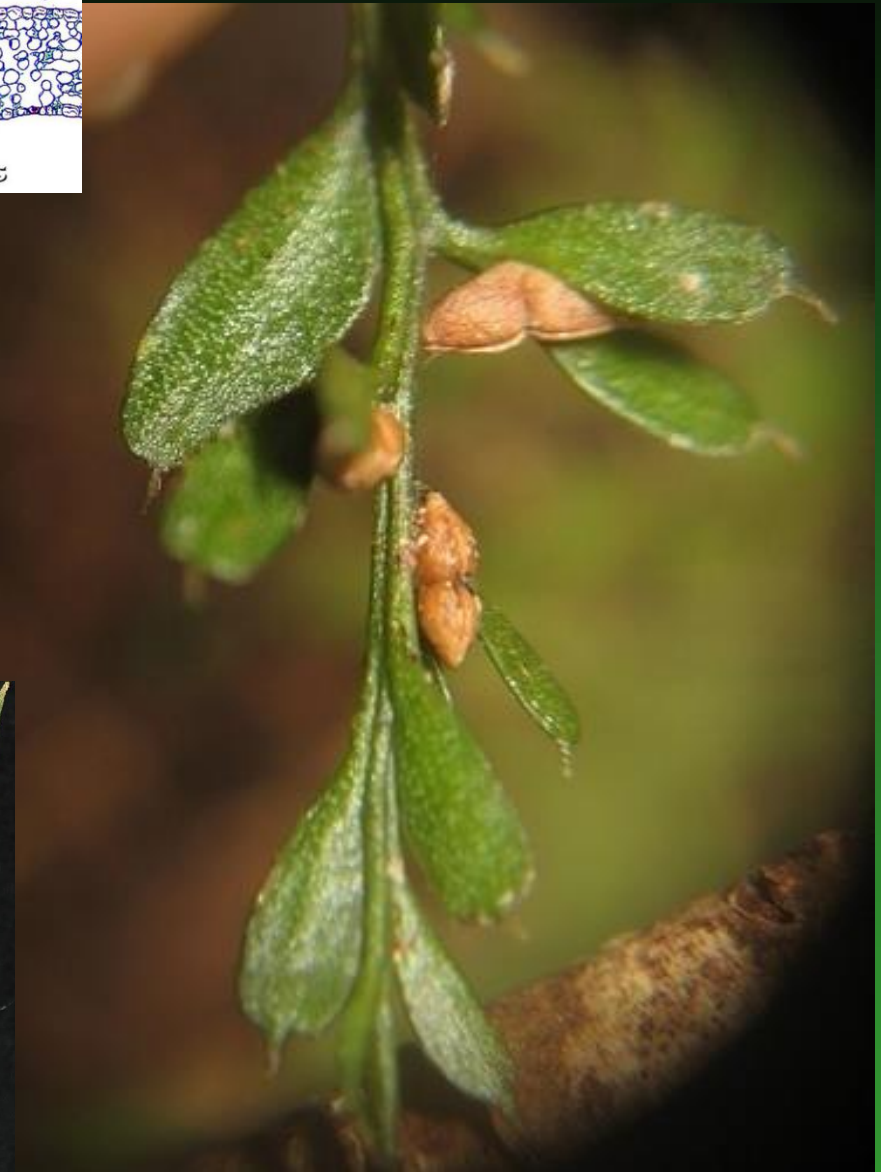


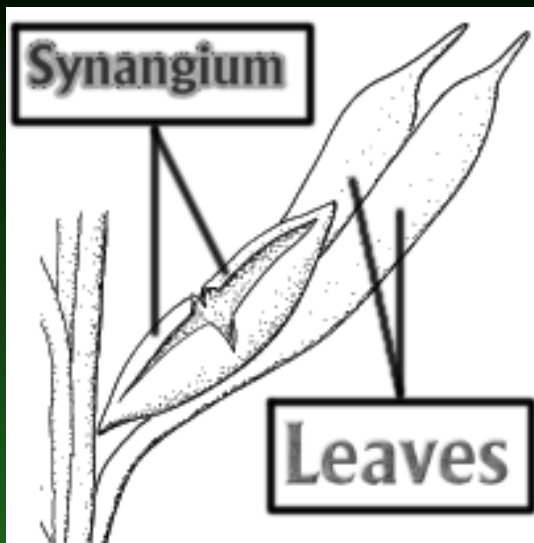
dvojího typu:

kopinaté jednožilné
trofofyly



vidličnatě rozeklané
sporofyly se sporangiem





Synangia - dvoupouzdrá na adaxiální straně sporofylů,





Botanical Journal of the Linnean Society, 2017, 183, 509–514. With 2 figures.

Genomic gigantism in the whisk-fern family (Psilotaceae): *Tmesipteris obliqua* challenges record holder *Paris japonica*

ORIANE HIDALGO¹, JAUME PELLICER¹, MAARTEN J. M. CHRISTENHUSZ², HARALD SCHNEIDER^{3,4} and ILIA J. LEITCH^{1*}

Tmesipteris obliqua –

endemit vých. Austrálie

největší genom mezi kapradinami
2C=301,22 pg

druhý největší mezi rostlinami
(mnohobuněčnými eukaryoty)

největší 2C = 304,46 pg
má *Paris japonica*



2. řád *Ophioglossales* moonworts



Drobného vzrůstu nadzemní části (~ listy) dichotomicky rozdělené na:
plochou sterilní čepel (trofofor)
a fertální sporofor hustě posetý sporangii. Pod zemí oddenek.

Příklady obdobné dvojtvárnosti listů u dalších, zcela nepříbuzných kapradin



Osmunda regalis



Anemia phyllitidis



Marsilea quadrifolia



Ophioglossum vulgatum

Ophioglossales 4/90 – od tropů po mírné pásmo

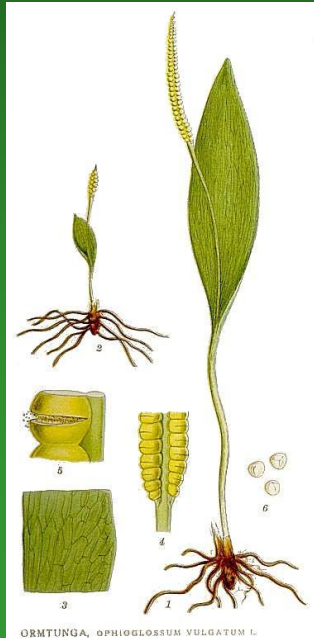


Rostou terestricky nebo epifytně

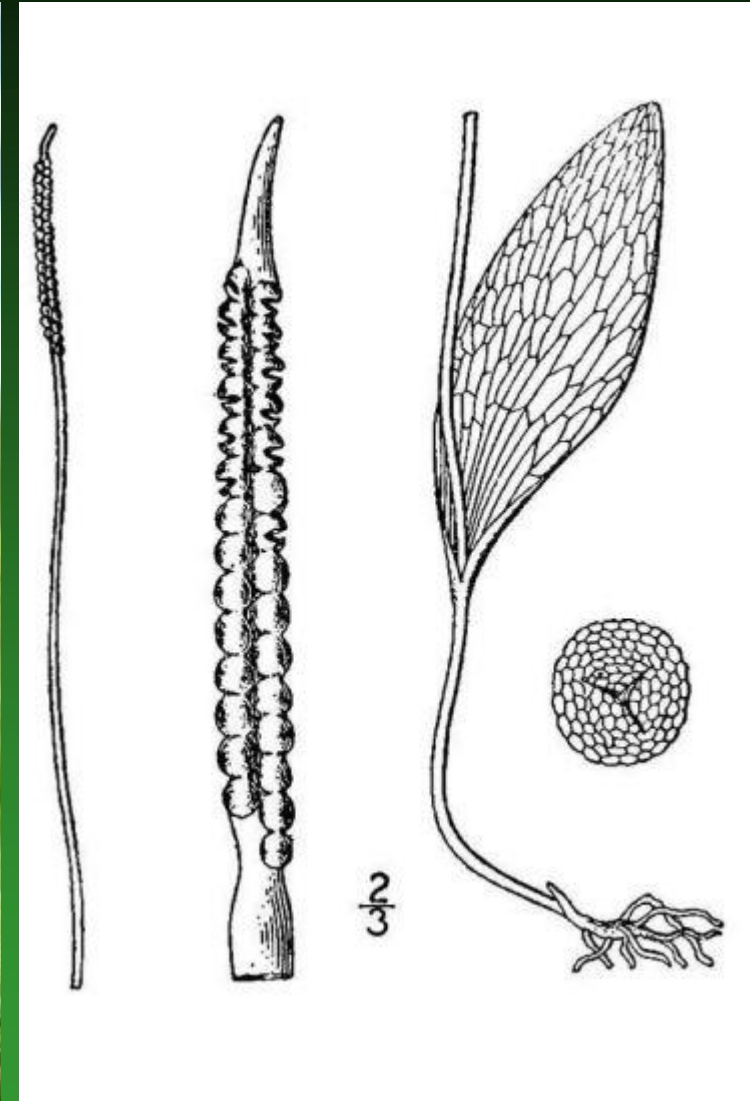


List u našich druhů jediný, u tropických jsou až 4.

častá je shoda v členění sterilní čepele a sporoforu



žilnatina čepele u našich druhů - vidličnatá až síťnatá





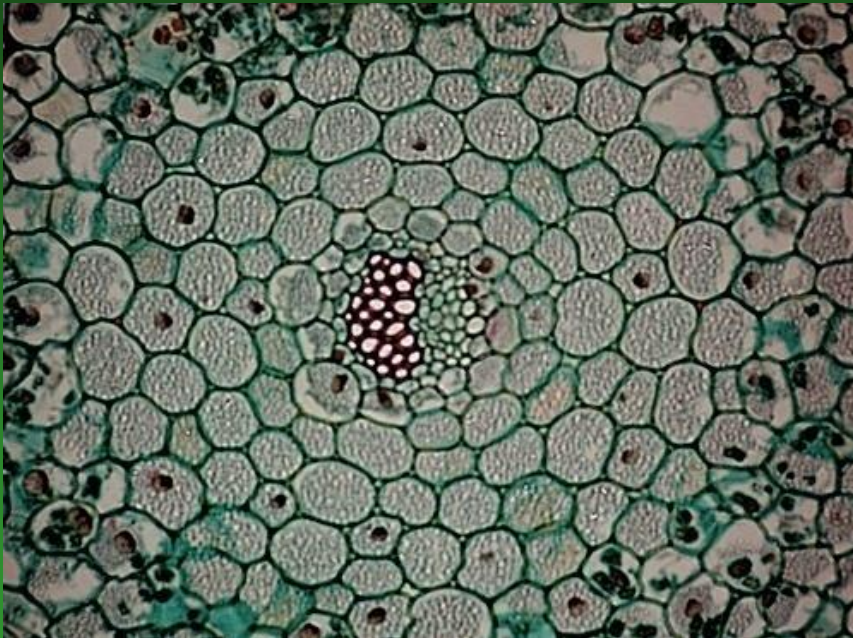
Oddenek našich druhů
hlízovitý nebo krátce plazivý

Kořeny
chudě vidličnatě větvené,
hladké bez rhizoidů

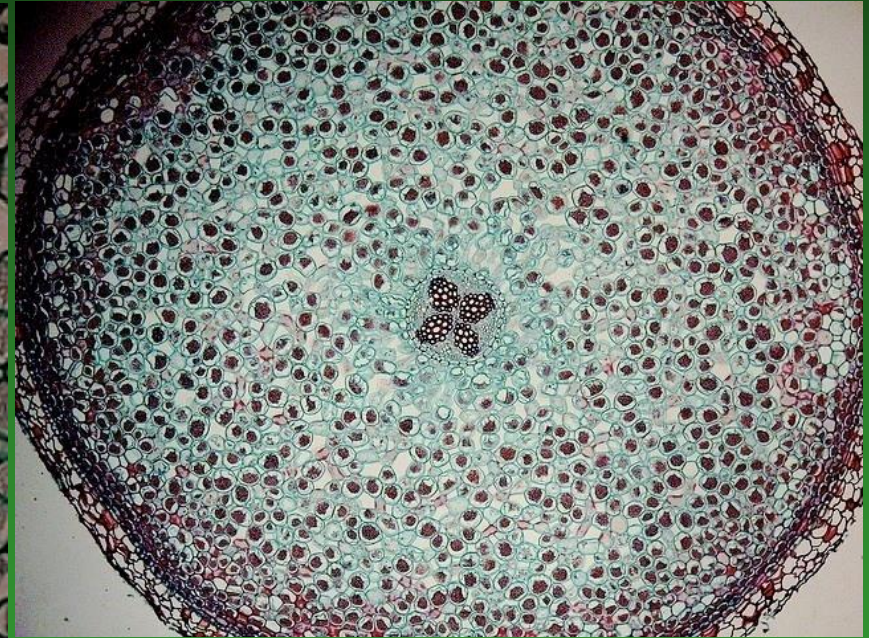


Mykorrhiza nahrazuje chybějící rhizoidy
(mykorrhizická vlákna = tmavé fialové tečky na snímcích)

Cévní svazek **v kořeni aktinostélé** – monoarchní (*Ophioglossum*)
nebo tetrarchní (*Botrychium*)



Ophioglossum - monoarchní cévní svazek



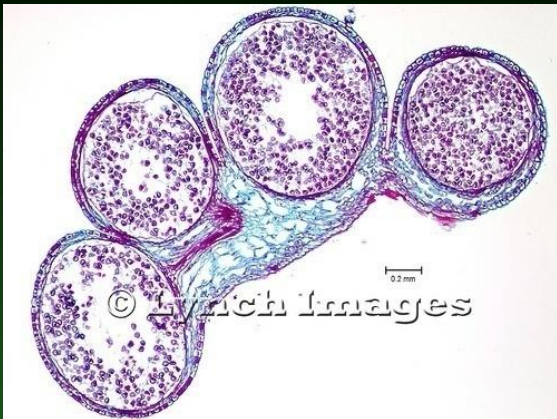
Botrychium - tetrarchní cévní svazek

Sporangia -

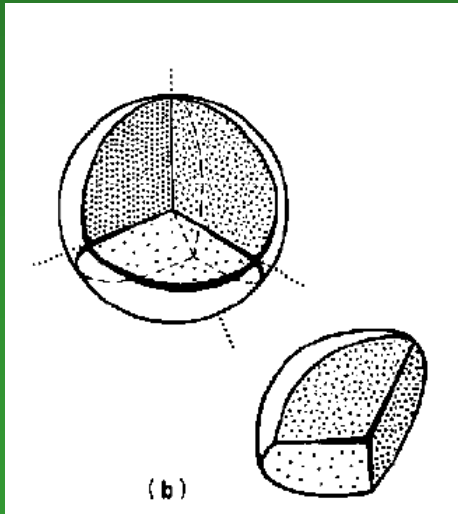
eusporangiátní, izosporická

Spóry -

triletní, bez chlorofylu



Meióza = 2 karyokinéze + 1 cytokinéze





Gametofyt (= prothallium), nezelený, podzemní, mykotrofně vyživovaný dlouhověký, (až 10 let, než vzniknou gametangia) kulovitý, válcovitý nebo vidličnatě větvený až 6 cm dlouhý

Gametangia ponořená do pletiva

Embryo může několik let žít v gametofytu, ten tak vyživuje sporofytní mladou rostlinku

gametofyt
Ophioglossum engelmannii



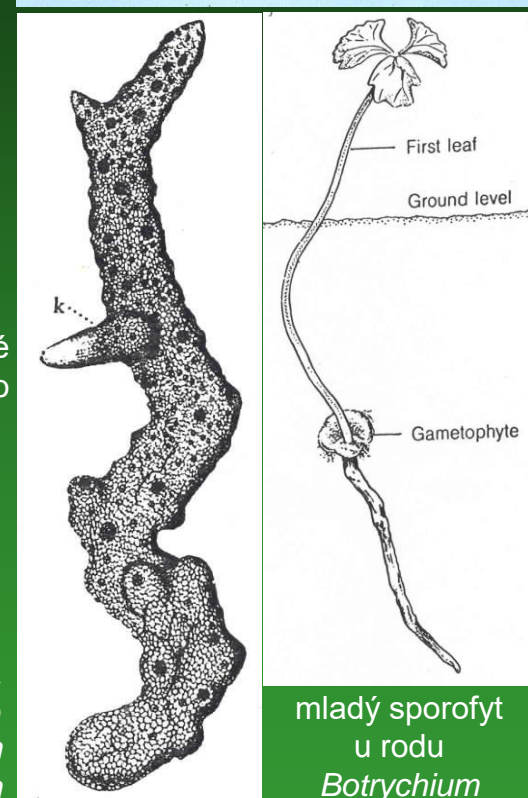
© Lynch Images



gametofyt rodu
Botrychium
pěstovaný *in vitro*

gametofyt a
embryo
Ophioglossum vulgatum

mladé
embryo

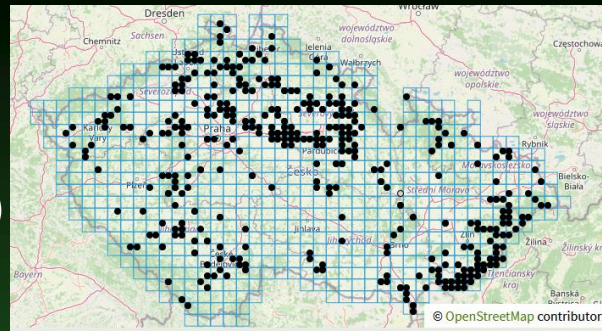


mladý sporofyt
u rodu
Botrychium

rod *Ophioglossum*,

(ca 30 většinou tropických druhů)
u nás jediný, velmi vzácný druh
Ophioglossum vulgatum

Sterilní čepel celokrajná, často vejčité
kopinatá.



ORMTUNGA, OPHIOGLOSSUM VULGATUM L.

rod *Ophioglossum*,

Eusporangiátní sporangia ponořená do pletiva sporoforu ve 2 řadách.

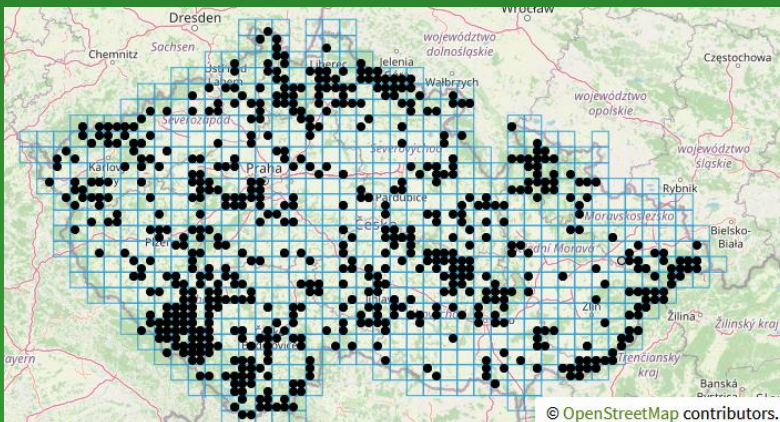


rod *Botrychium*

(ca 50 druhů po celém světě)
u nás vzácně 4 druhy relativně
nejhojněji *Botrychium lunaria*
sporangia pukají příčnou
štěrbinou

Sterilní čepel laločnatá, s
vidličnatou žilnatinou

Sporofor s přisedlými
výtrusnicemi zpeřený.





Helminthostachys zeylandica

Polynézie a Indomalajská oblast.

Dlanitě dělené čepele s výraznou střední žilkou

Sporangia ve spirále.

Domorodci jedí mladé spařené listy chřest
Bratři Preslové mu proto říkali hlízelka sladká.
(monotypický rod)



Podobná je *Mankyua chejuense*
na sopečném ostrově Cheju při pobřeží
Korejského poloostrova

Rekordní počty chromosomů

Ophioglossaceae mají vysoké počty chromosomů –

Ophioglossum reticulatum má dosud největší zjištěný počet chromosomů na světě
 $2n = \text{ca } 1440$



(nejmenší počty - 4 dosahují americký *Haplopappus gracilis* z čeledi *Asteraceae* a tráva *Zingiber biebersteiniana*)

2. třída *Equisetopsida* (přesličky)

horsetails



Podzemní orgány – oddenek s kořeny

adventivní, vyrůstají na oddenku



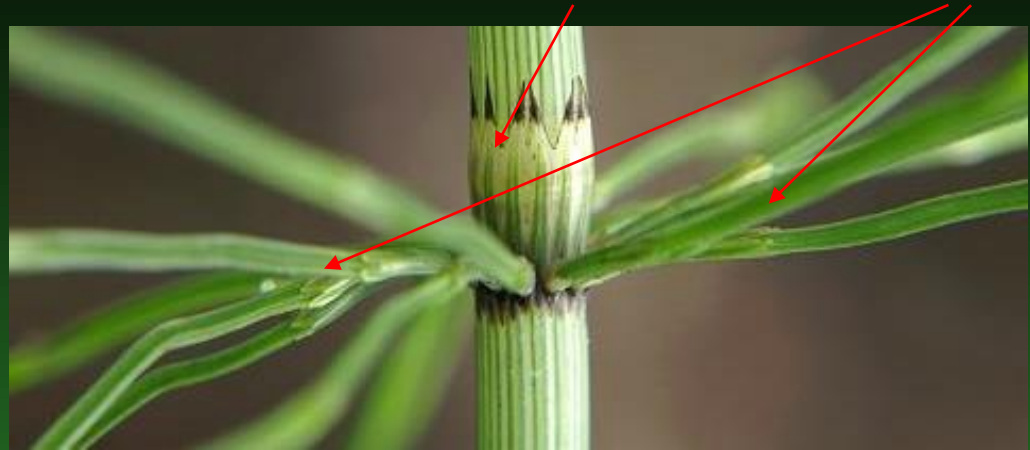
Listy – u recentních drobné a jednožilné



Listy – u recentních
drobné a jednožilné



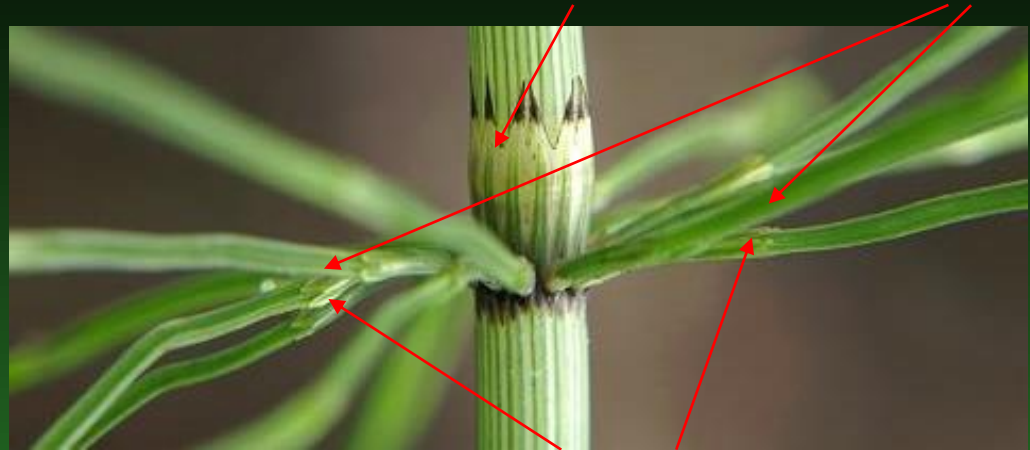
Bočně srůstají v zoubkovaný límeček nad přeslenem větví



Listy – u recentních
drobné a jednožilné



Bočně srůstají v zoubkovaný límeček nad přeslenem větví

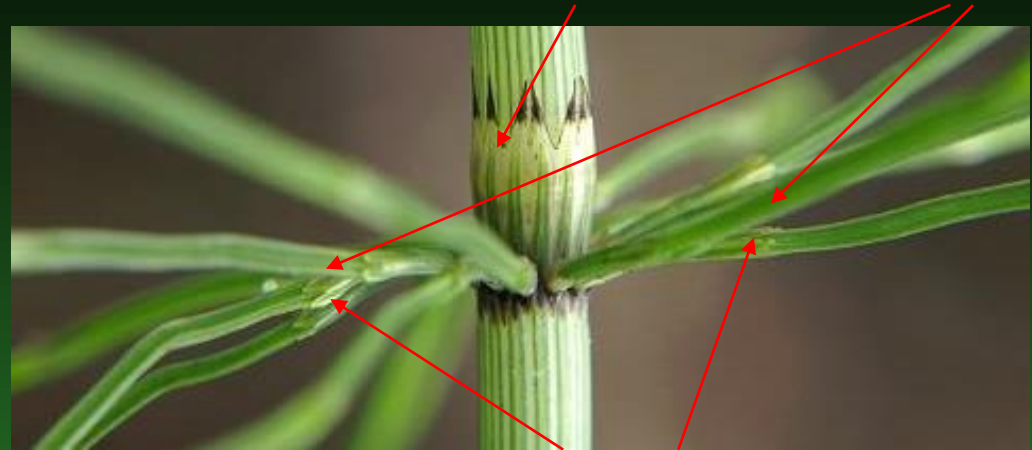


Jsou i na bočních větvích

Listy – u recentních
drobné a jednožilné



Bočně srůstají v zoubkovaný límeček nad přeslenem větví



Jsou i na bočních větvích

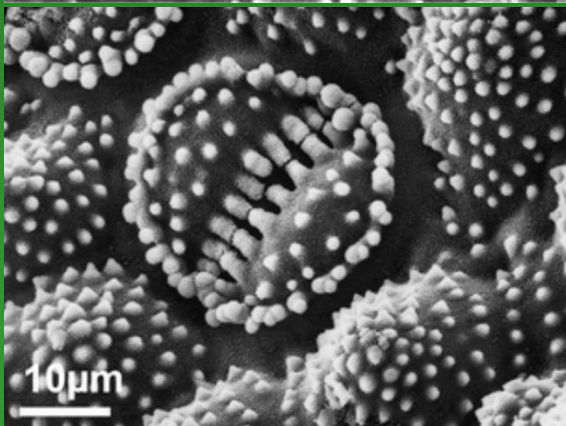
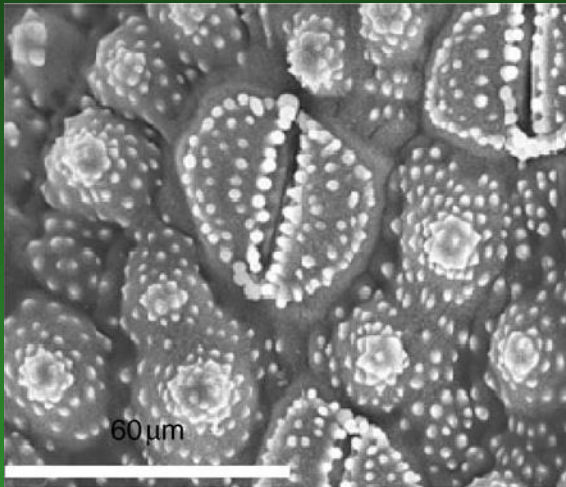
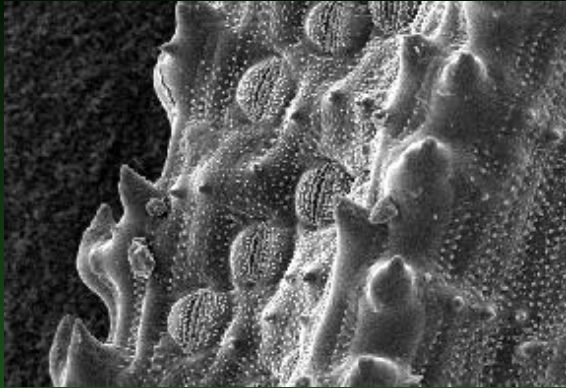
Vznikly redukcí vícežilných listů
fosilních přesliček



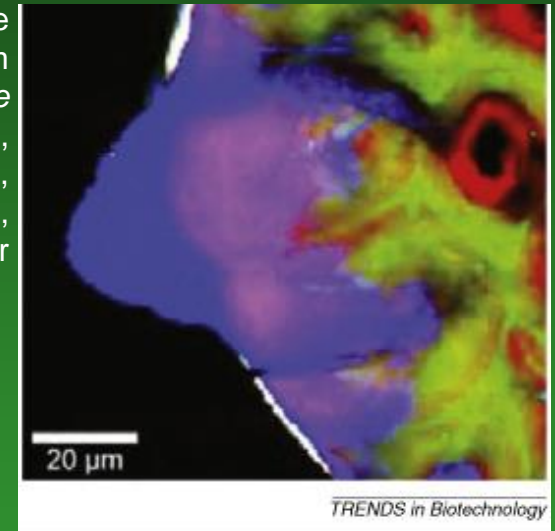
Epidermis - silně inkrustovaná SiO_2 .

Hroty křemičitých tělísek vyčnívají nad epidermis, která je proto drsná = ochrana proti herbivorům

Popelem přesliček bohatým na křemičitá tělíska se čistilo nádobí a leštily se kovové předměty

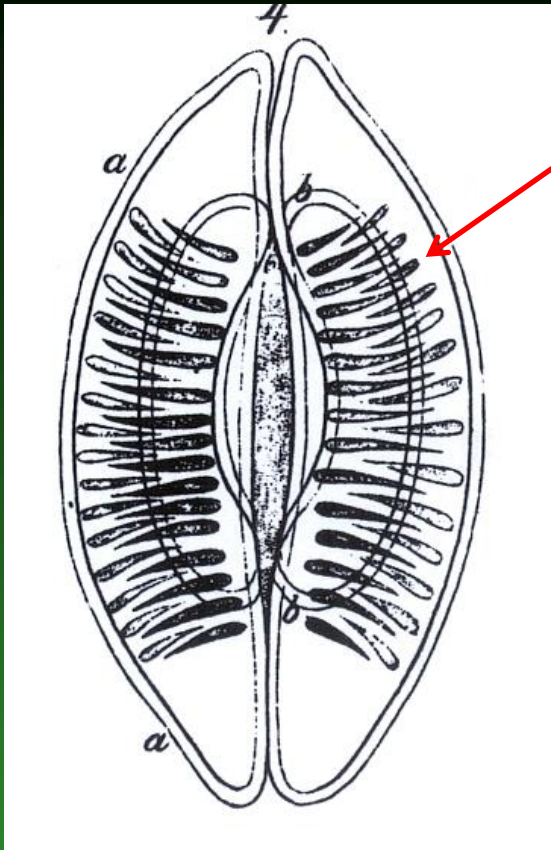


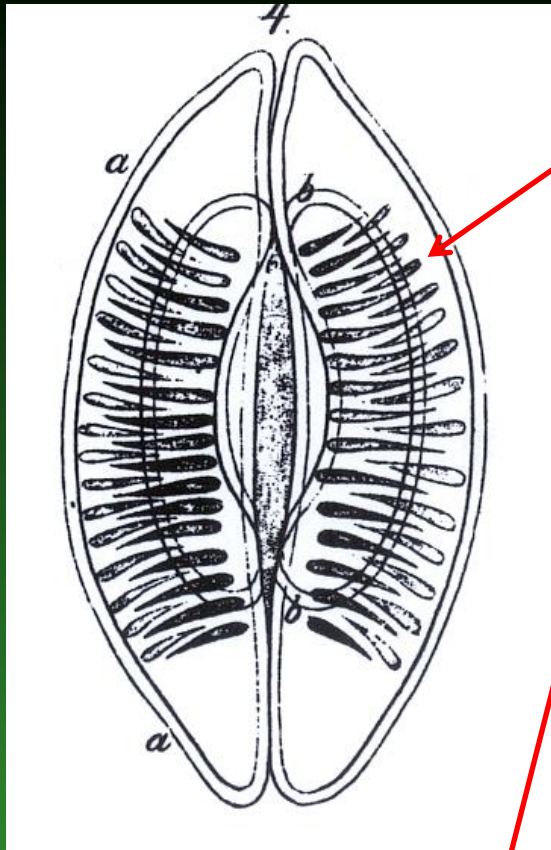
Konfokální Ramanova mikroskopie
příčný řez křemičným tělískem
Equisetum hyemale
blue = silica,
green = pectin,
red = cellulose,
white = cuticular layer



Přesličky = jediné rostliny, pro které je křemík nezbytnou, nikoli jen prospěšnou, živinou

**Průduchy unikátní stavby
subsidiární buňky s 7–24 žebry**





Průduchy unikátní stavby
 subsidiární buňky s 7–24 žebry
 svěrací buňky pod
 subsidiárními buňkami – u jiných rostlin jsou
 obojí v jedné rovině součástí povrchu epidermis

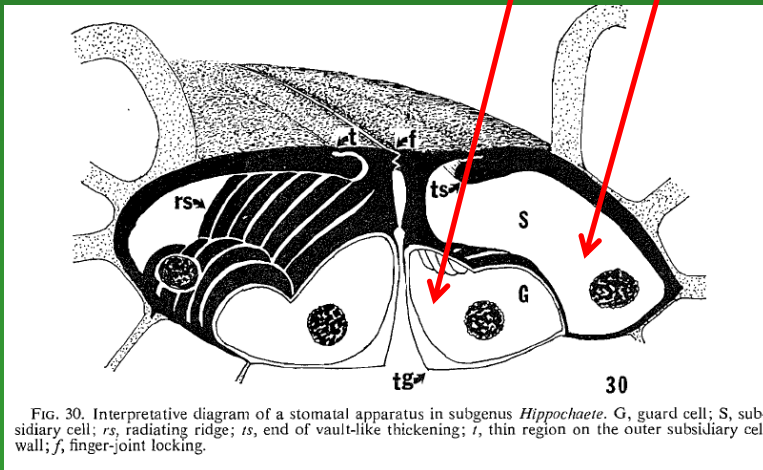


FIG. 30. Interpretative diagram of a stomatal apparatus in subgenus *Hippochaete*. G, guard cell; S, subsidiary cell; rs, radiating ridge; ts, end of vault-like thickening; t, thin region on the outer subsidiary cell wall; f, finger-joint locking.

Průduchy unikátní stavby
 subsidiární buňky s 7–24 žebry
 svěrací buňky pod

subsidiárními buňkami – u jiných rostlin jsou
 obojí v jedné rovině součástí povrchu epidermis

Druhy podrodu *Hipochaete* mají průduchy
 zanořené, druhy typového podrodu (*Equisetum*
 subgen. *Equisetum*) nikoli

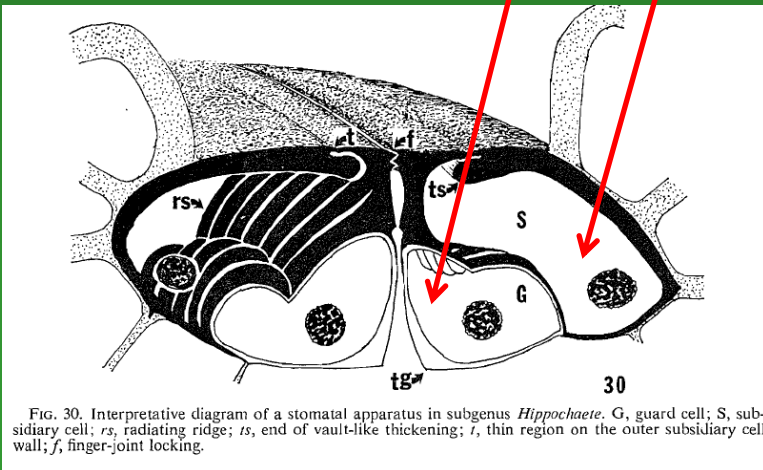
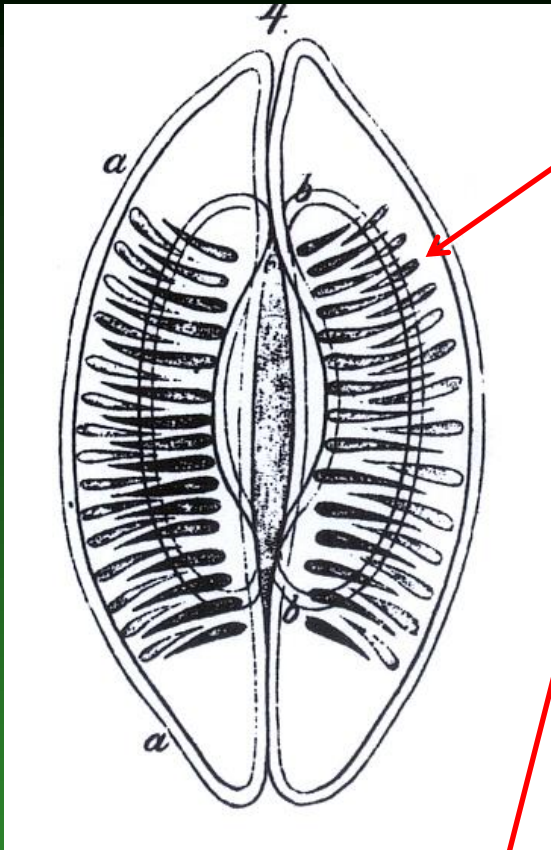
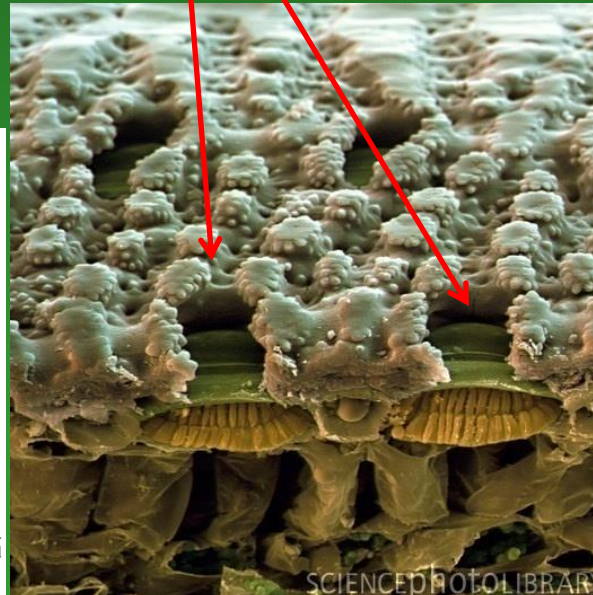


FIG. 30. Interpretative diagram of a stomatal apparatus in subgenus *Hipochaete*. G, guard cell; S, subsidiary cell; rs, radiating ridge; ts, end of vault-like thickening; t, thin region on the outer subsidiary cell wall; f, finger-joint locking.



Stonek článkovaný, přeslenitě větvený, podélně rýhovaný

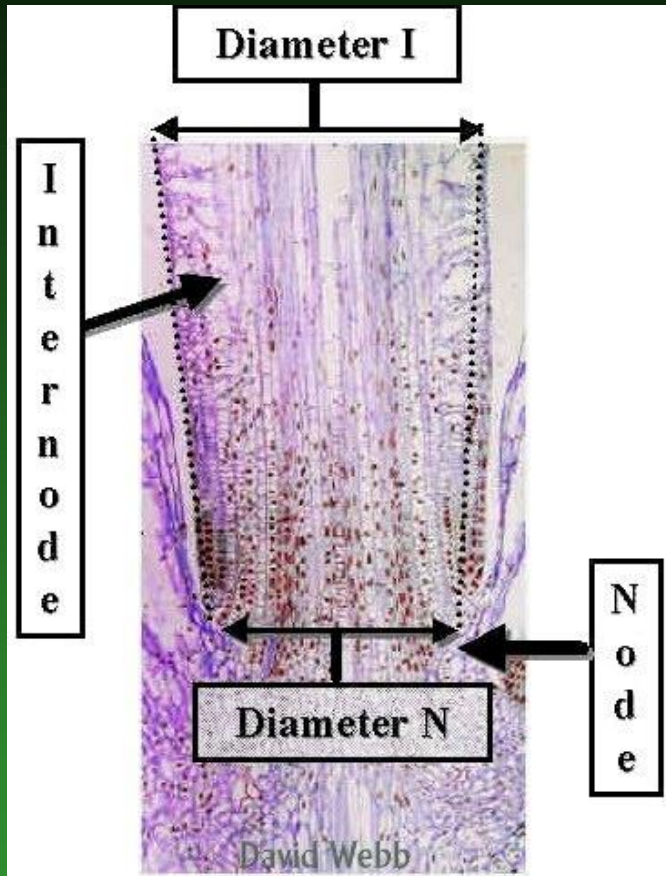


(C) 1999 Dr. Heather Poe. All Rights Reserved. P.O. Box 509, Redmond, WA. 98073
Digital photographs were either taken near Bear Creek or of species observed near Bear Creek.



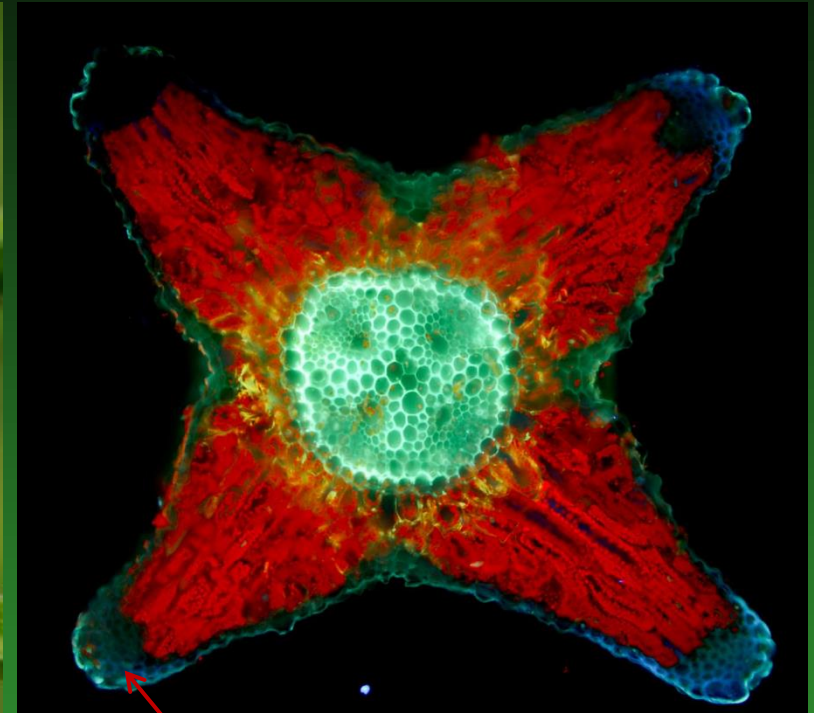
Boční větve vyrůstají mezi listy, zatímco u semenných rostlin v paždí listů

V nodech interkalární meristém

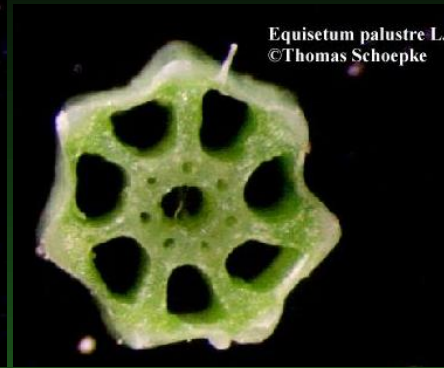
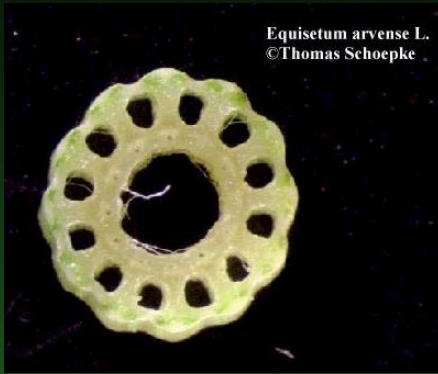


Zajišťující prodlužování stonku

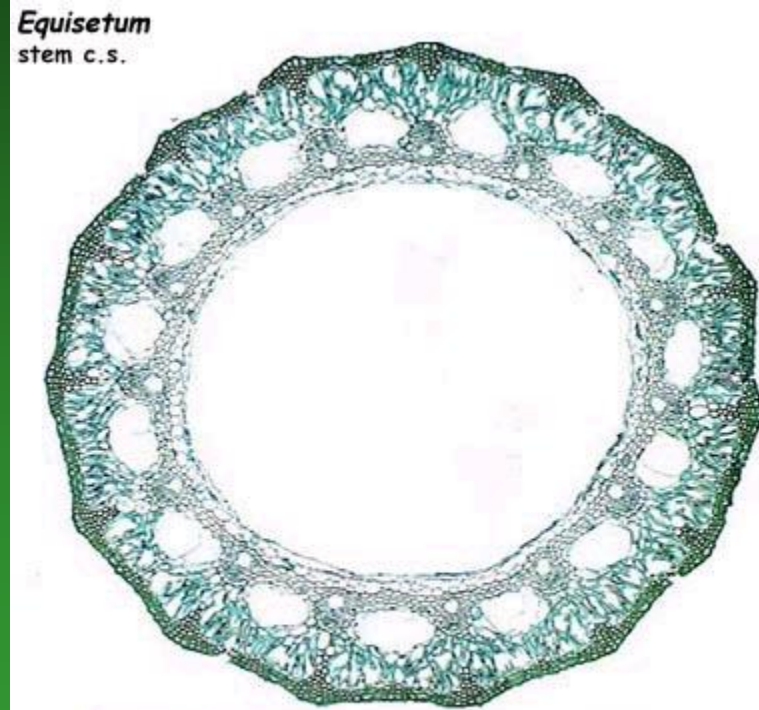
Boční větve méně žeber než hlavní stonek (u *Equisetum arvense* 4 žebra)



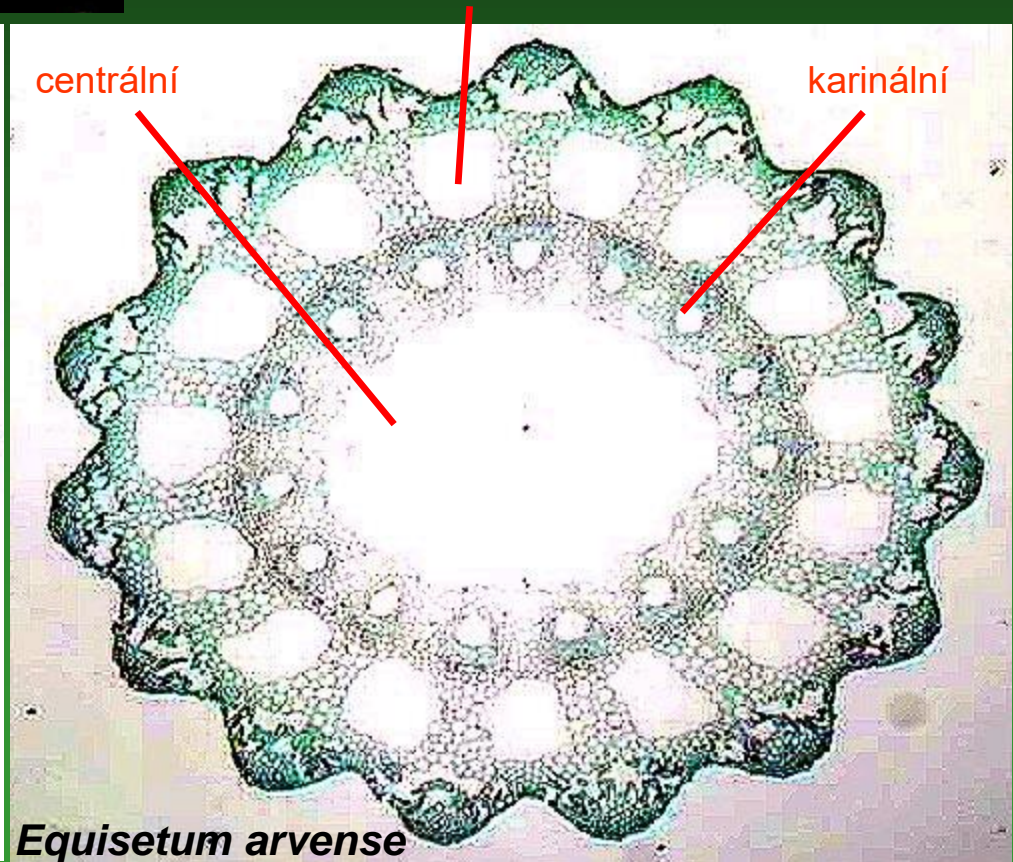
sklerenchym

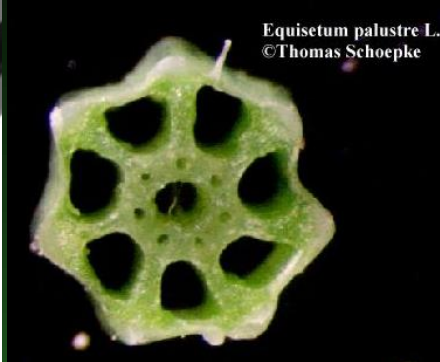


Rýhy (= valemulae) se střídají s žebry (= carinae), uvnitř stonku 3 typy dutin: (i) centrální (lysigenní), (ii) valemulárními a (iii) karinálními
Dutiny přerušené přepážkami v nodech



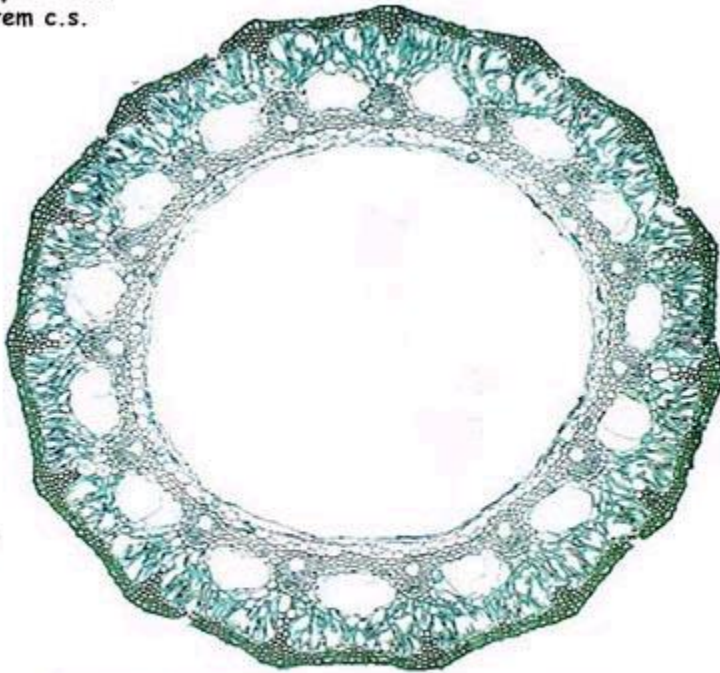
From Multimedia Toolkit for Educators in the Plant Sciences
Produced by Michael Clayton
Used with permission



Konstrukční pevnost, rozvod CO₂

Rýhy (= valemulae) se střídají s žebry (= carinae), uvnitř stonku 3 typy dutin: (i) centrální (lysigenní), (ii) valemkulárními a (iii) karinálními
Dutiny přerušené přepážkami v nodech

Equisetum
stem c.s.

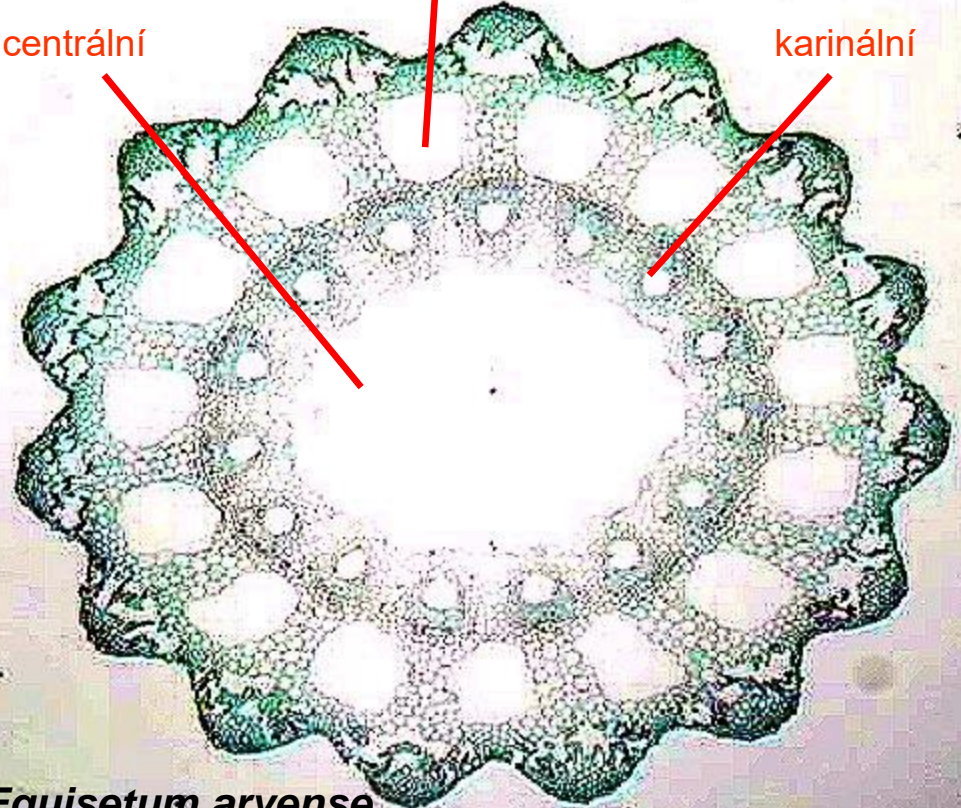


From Multimedia Toolkit for Educators in the Plant Sciences
Produced by Michael Clayton
Used with permission

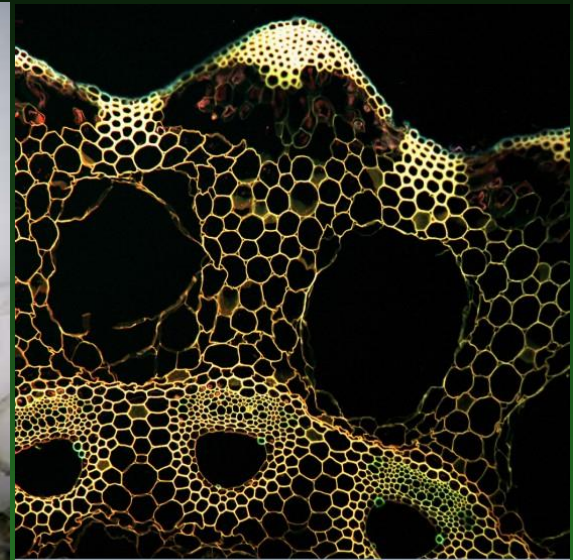
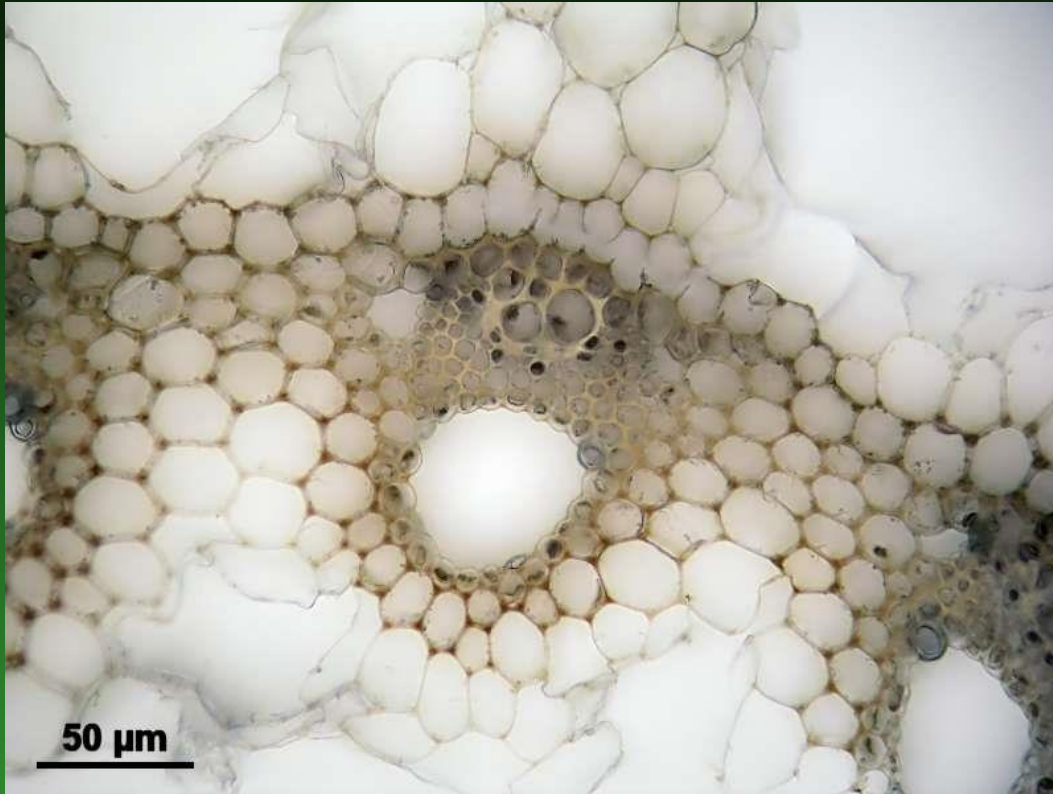
centrální

valemkulární

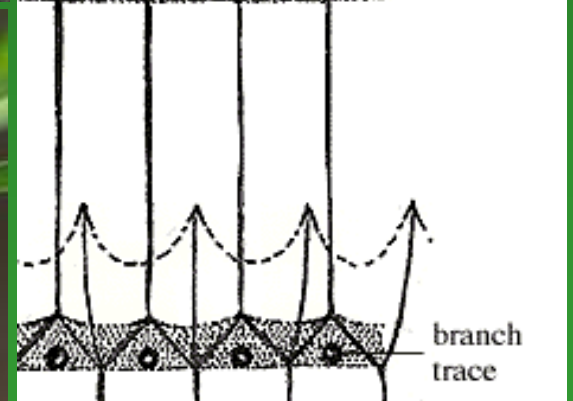
karinální

*Equisetum arvense*

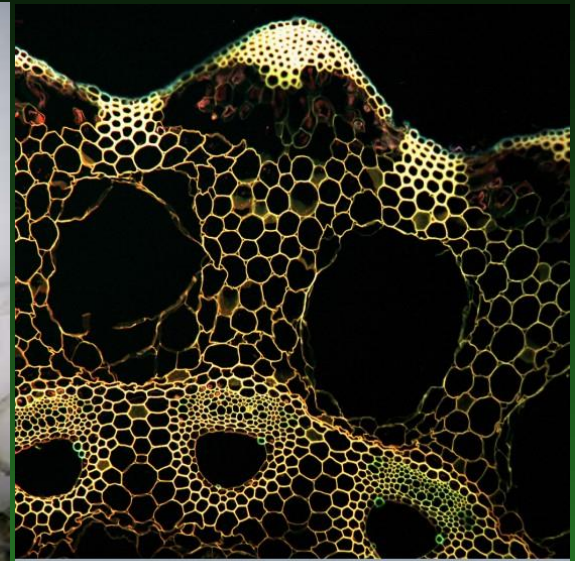
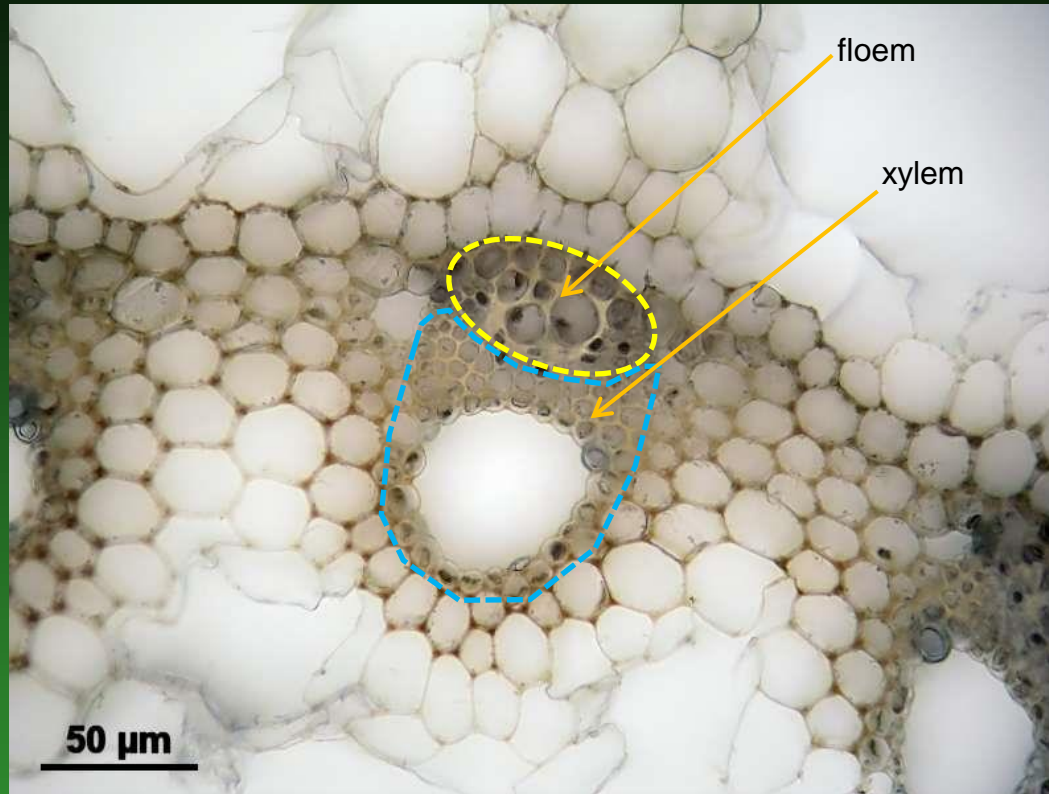
Vodivá pletiva – arthrostélé s „trachejemi“ (= dutinami karinálními)



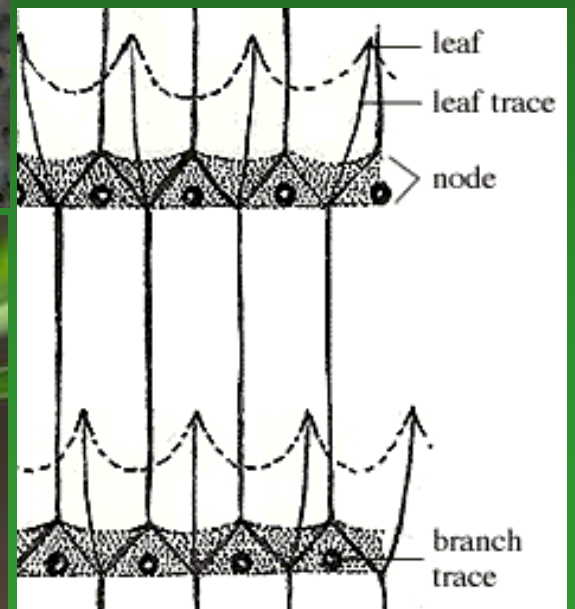
Wellcome Images



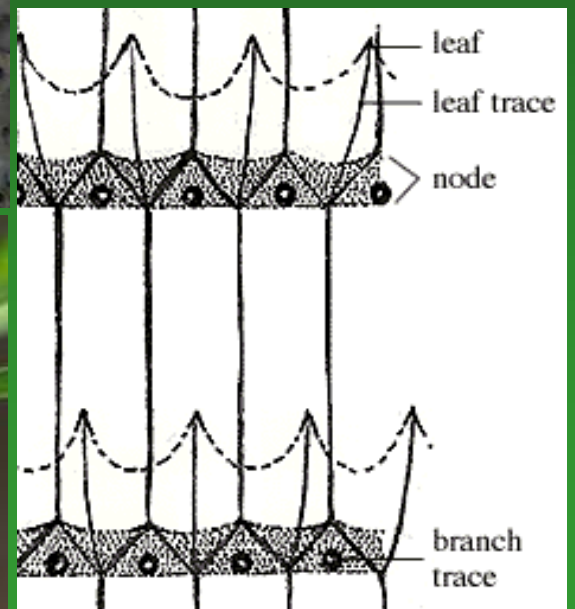
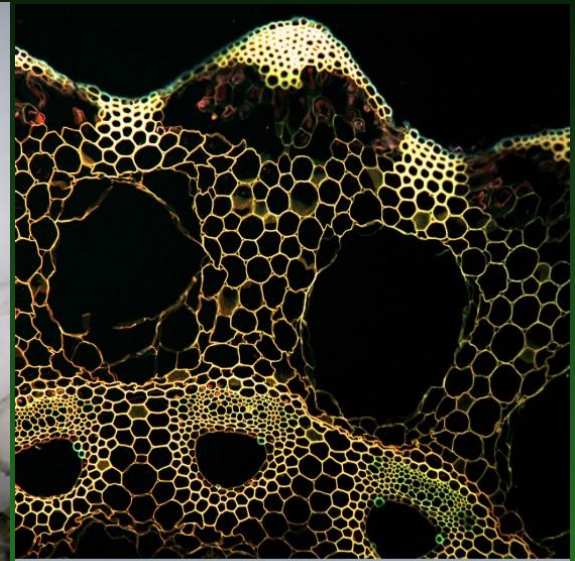
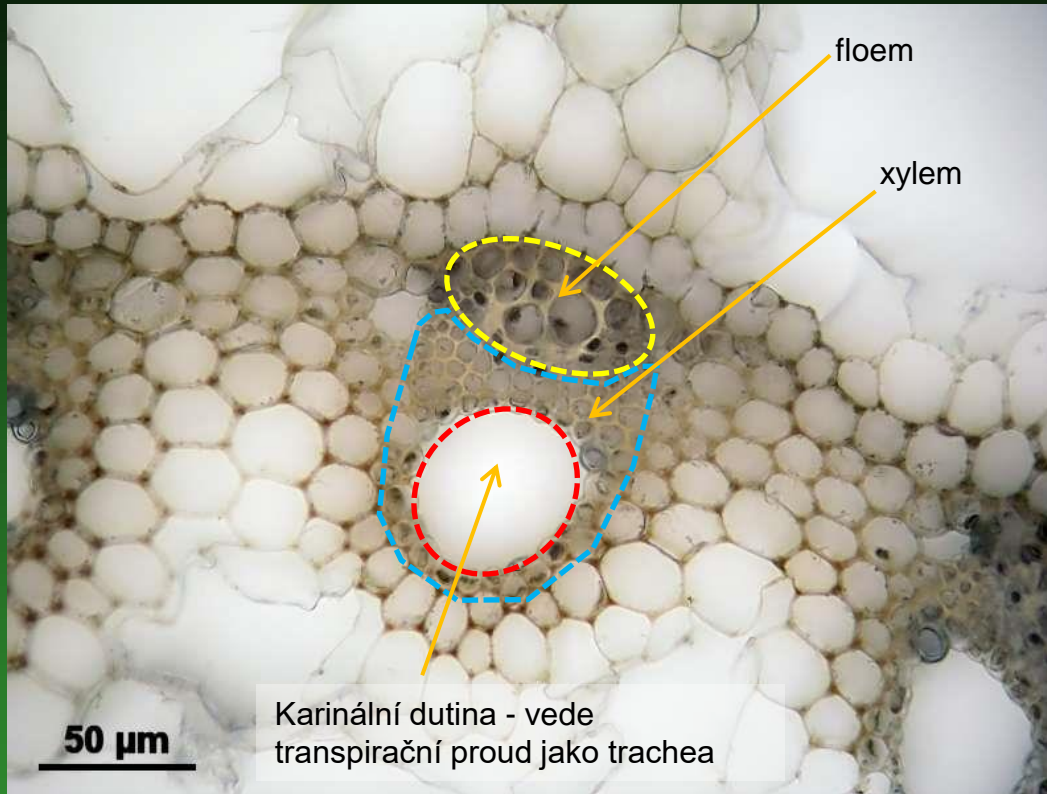
Vodivá pletiva – arthrostélé s „trachejemi“ (= dutinami karinálními)



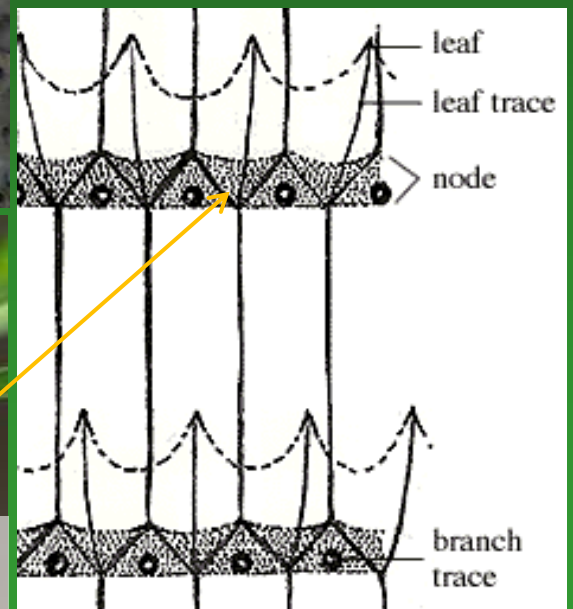
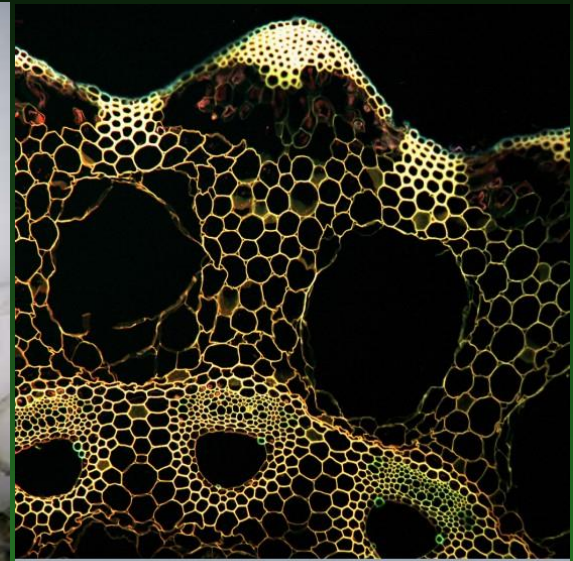
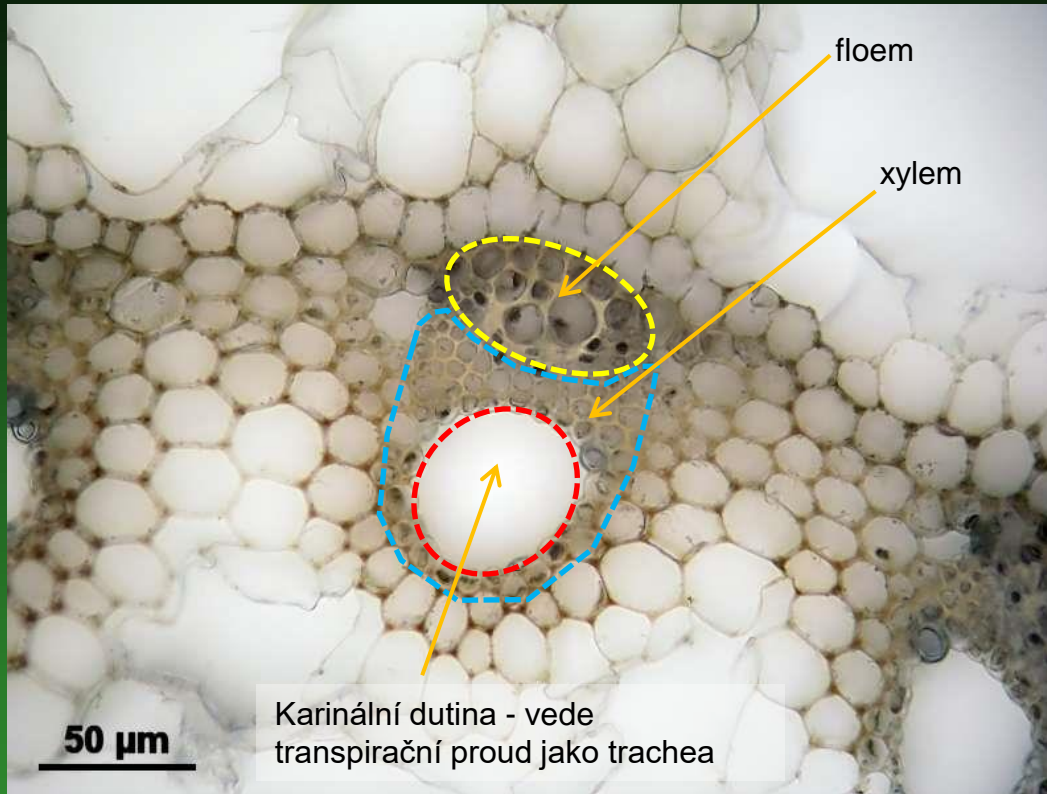
Wellcome Images



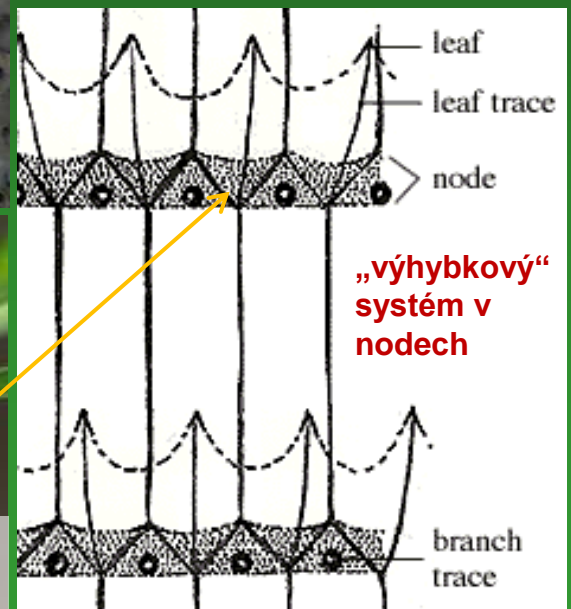
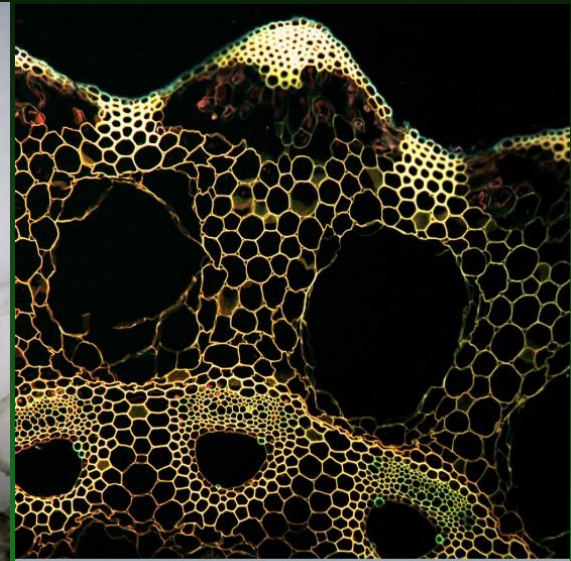
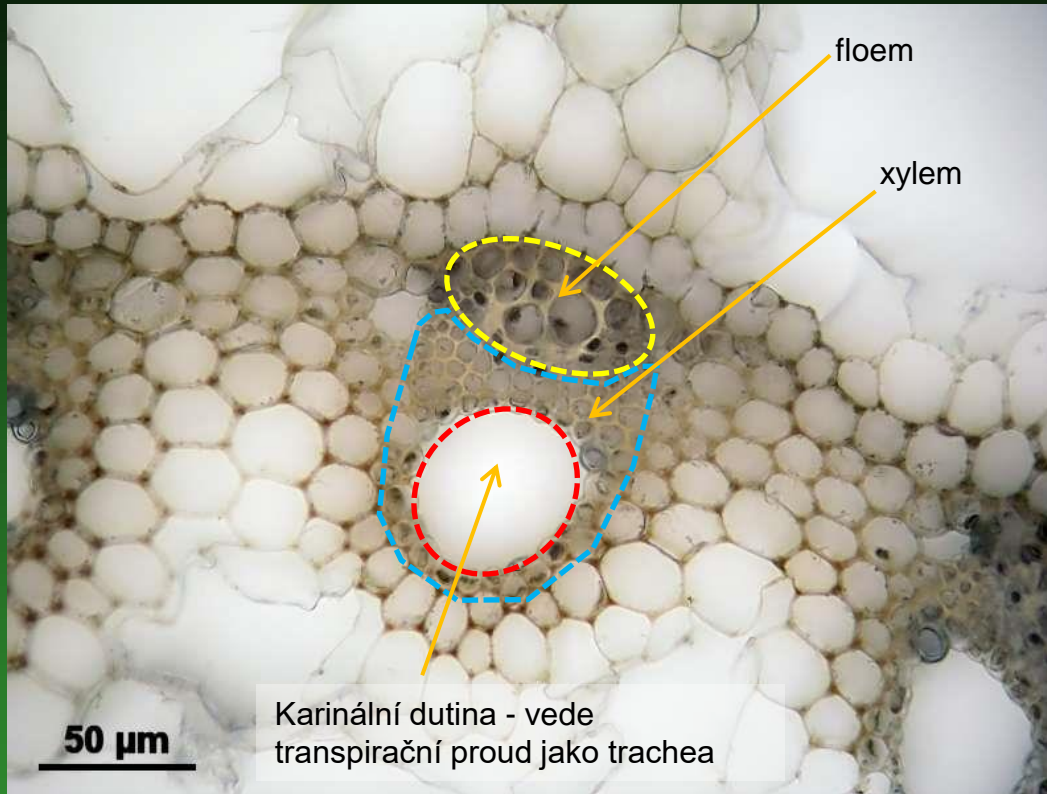
Vodivá pletiva – arthrostélé s „trachejemi“ (= dutinami karinálními)



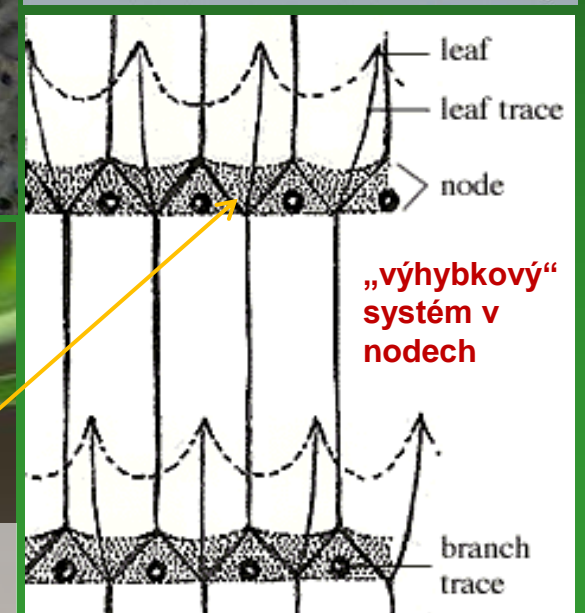
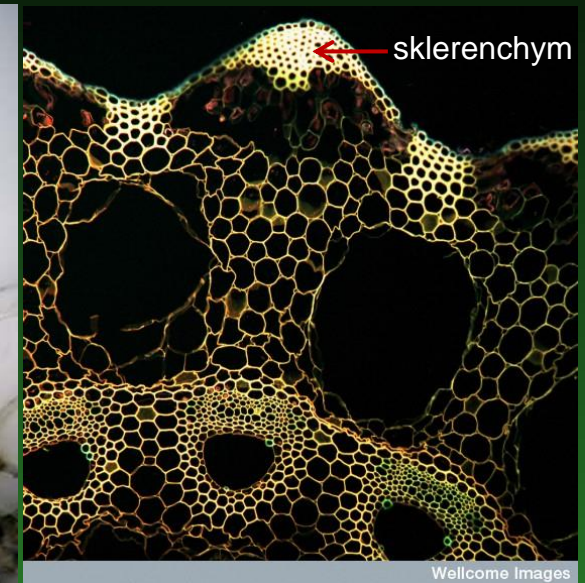
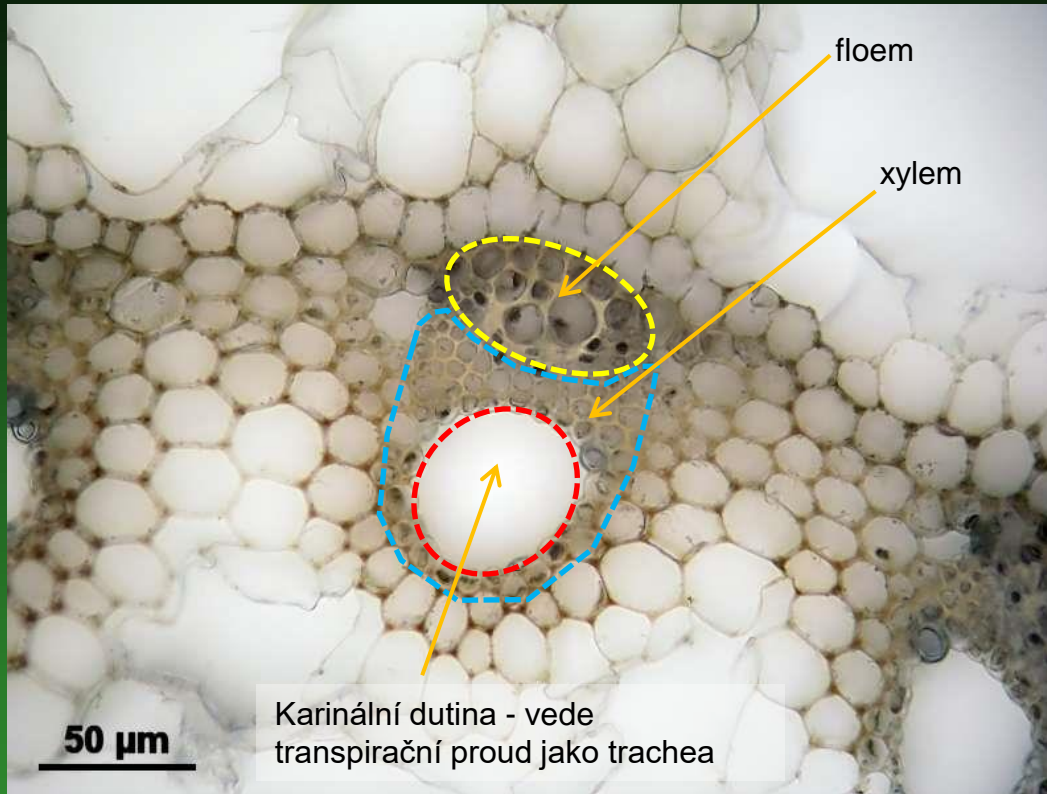
Vodivá pletiva – arthrostélé s „trachejemi“ (= dutinami karinálními)



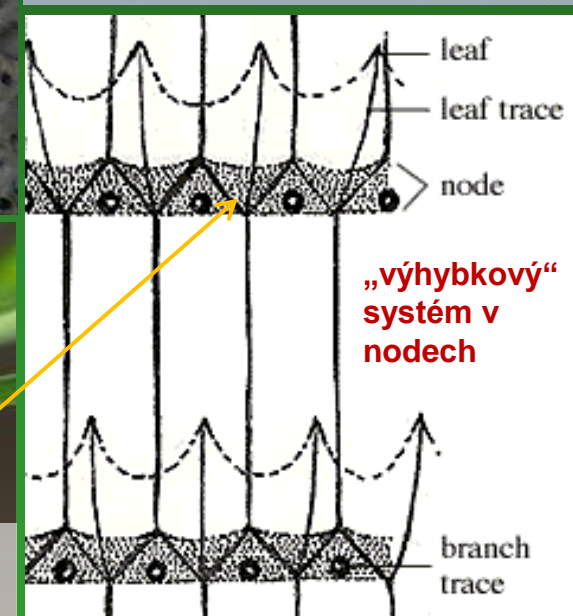
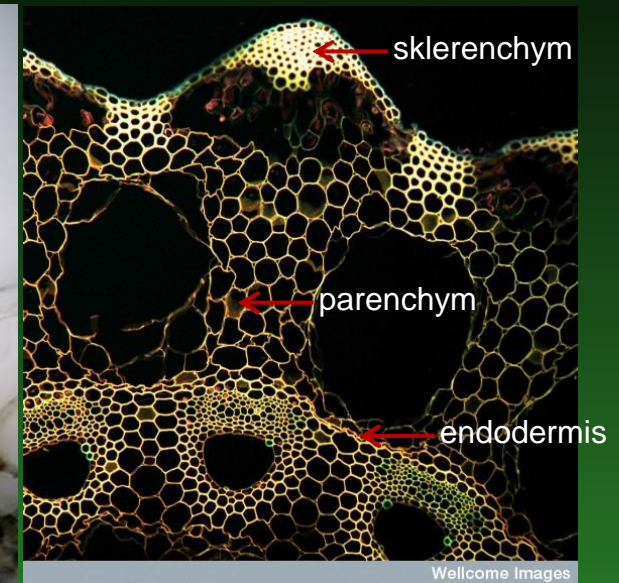
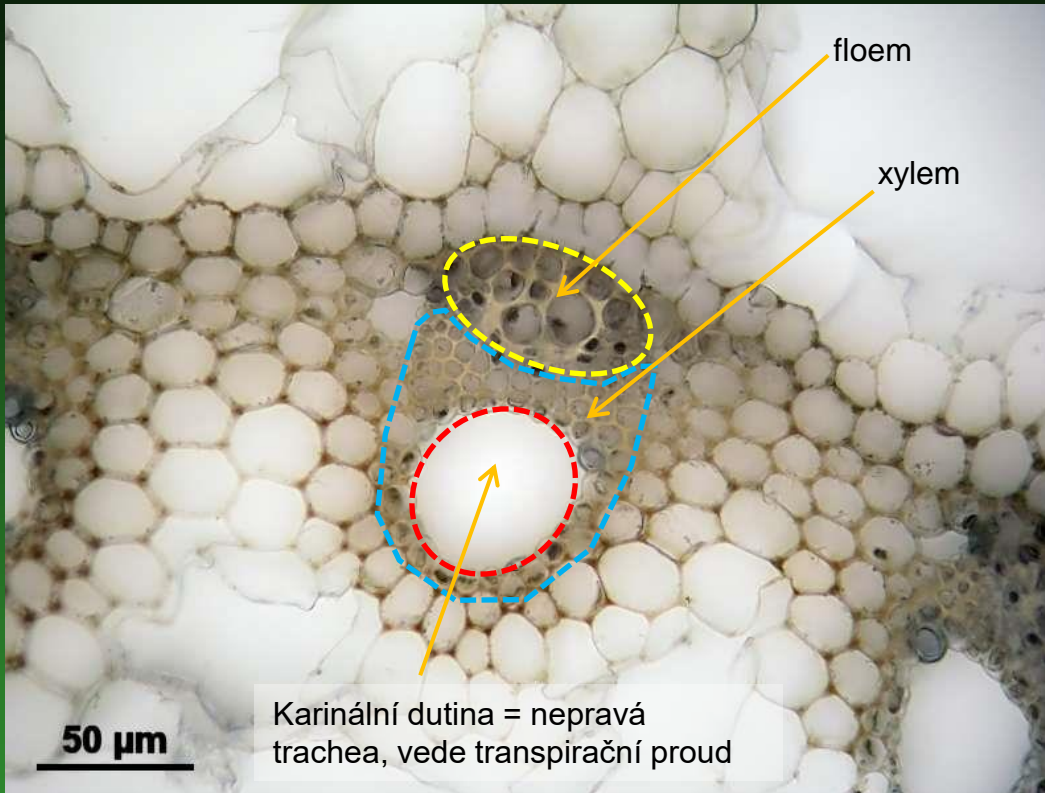
Vodivá pletiva – arthrostélé s „trachejemi“ (= dutinami karinálními)



Vodivá pletiva – arthrostélé s „trachejemi“ (= dutinami karinálními)

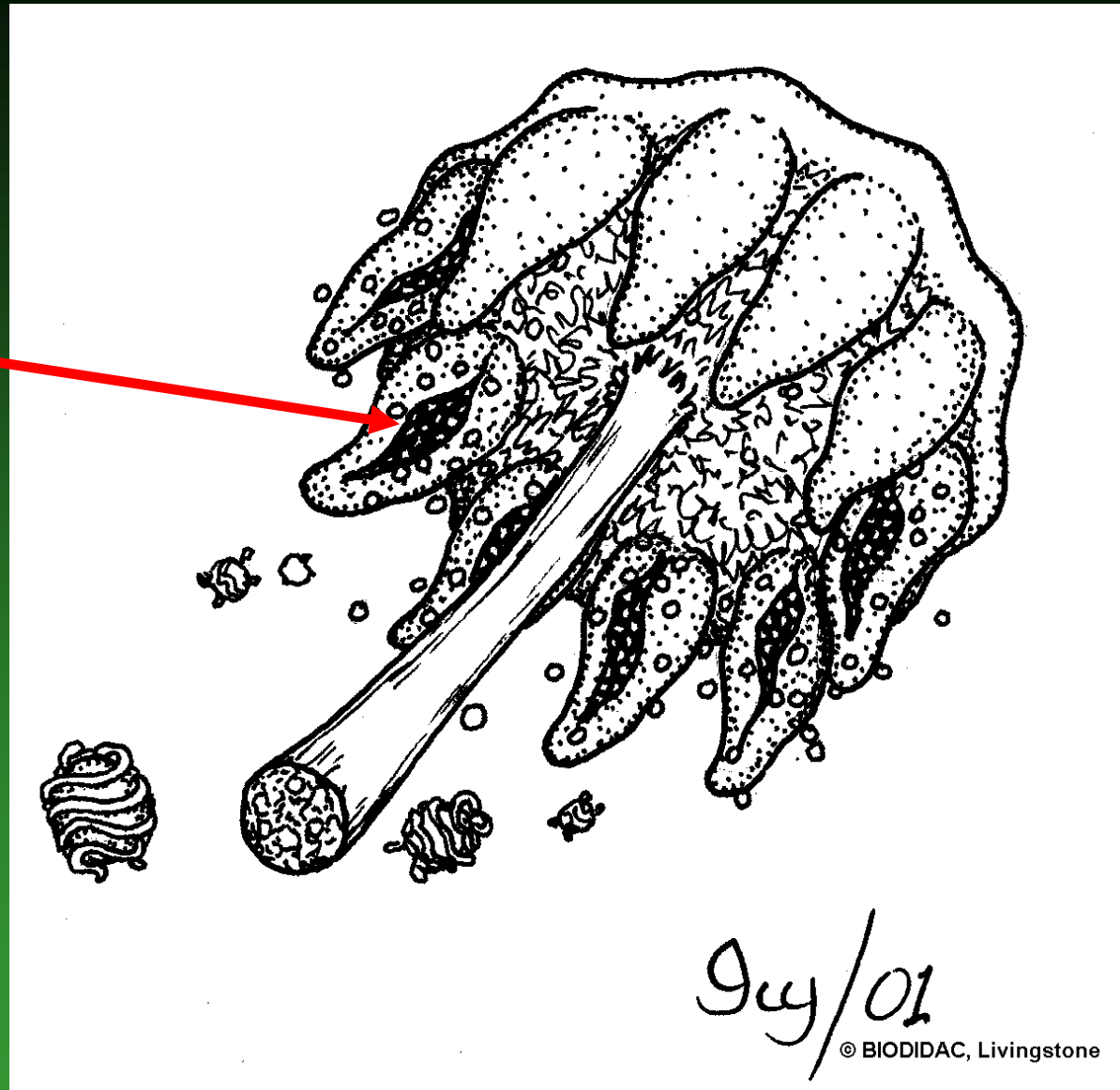


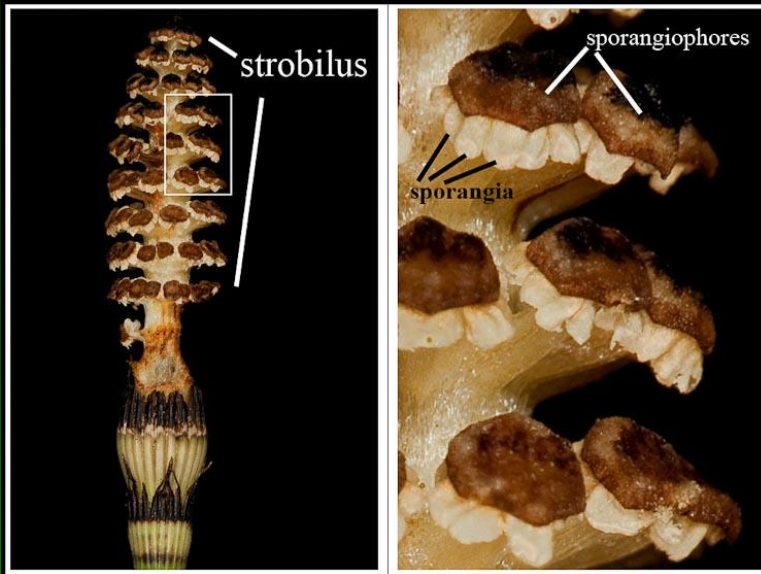
Vodivá pletiva – arthrostélé s „trachejemi“ (= dutinami karinálními)



Sporangia

eusporangiátní
elipsoidní, s
podélnou
dehiscencí



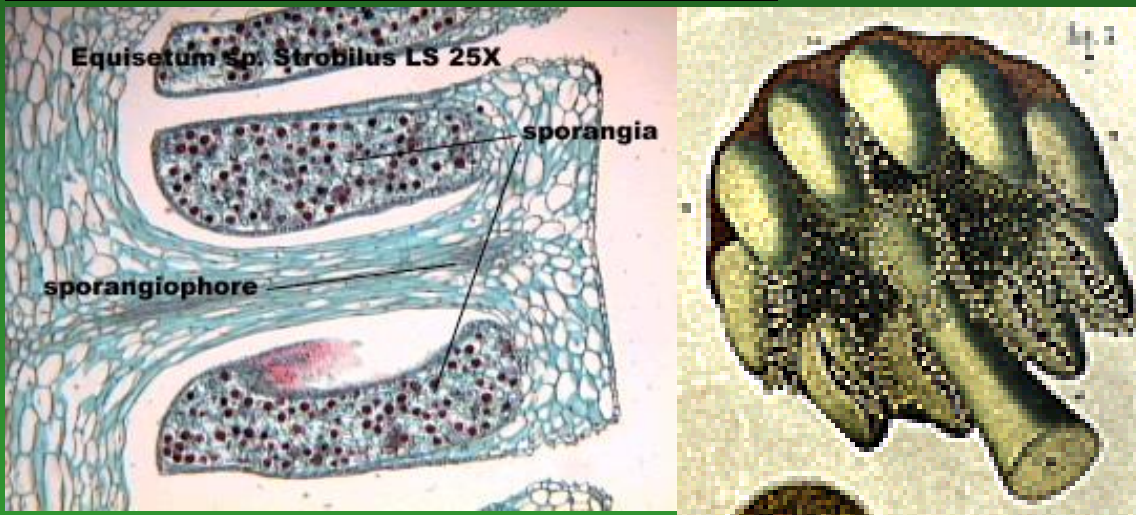


Sporangia

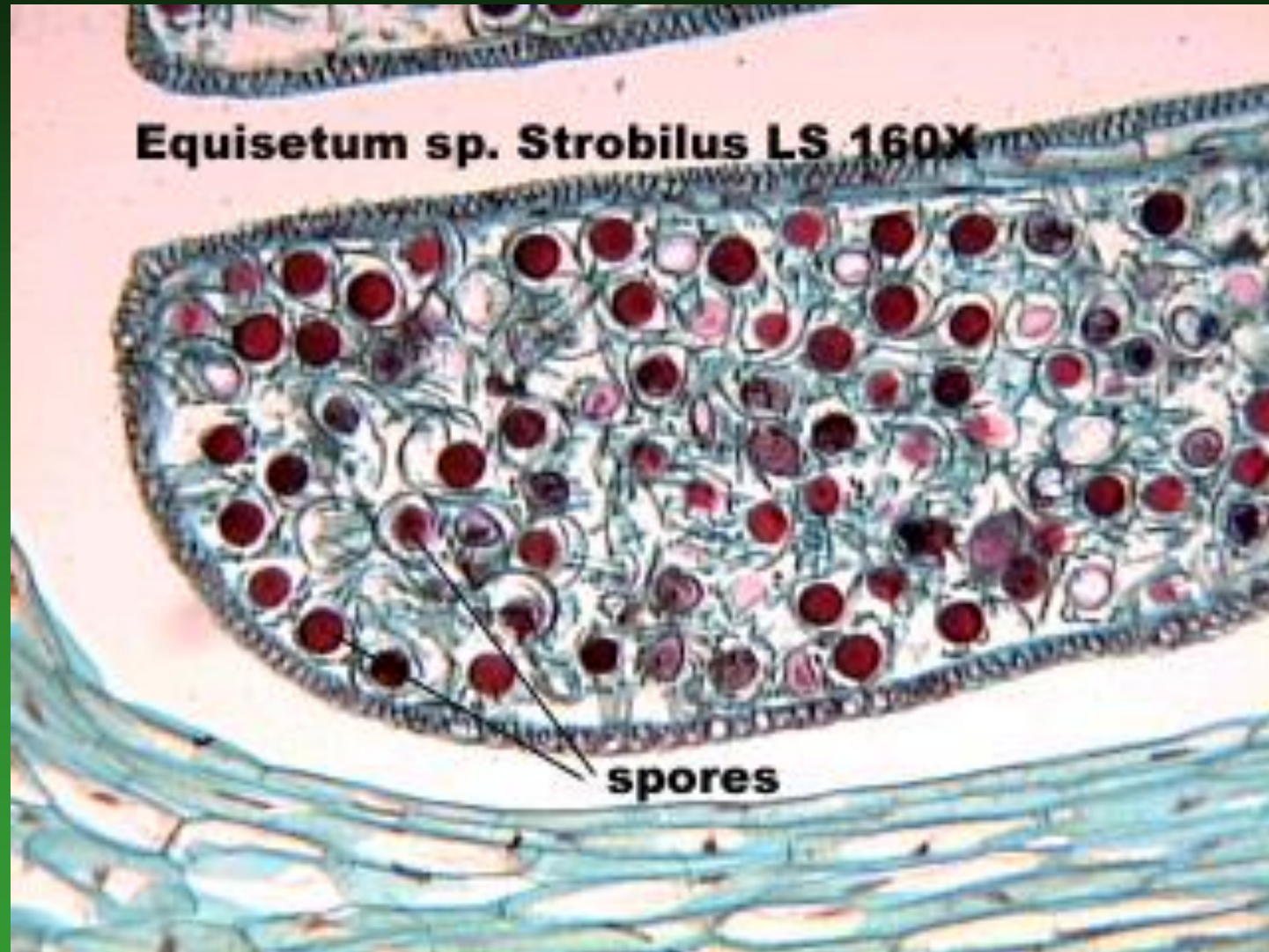
anatropní (= vrchol sporangia směřuje k bázi jeho zahnuté stopky nebo k bázi stopky sporofylu),

Sporofyl

„deštníkového“ tvaru - sporangiofor



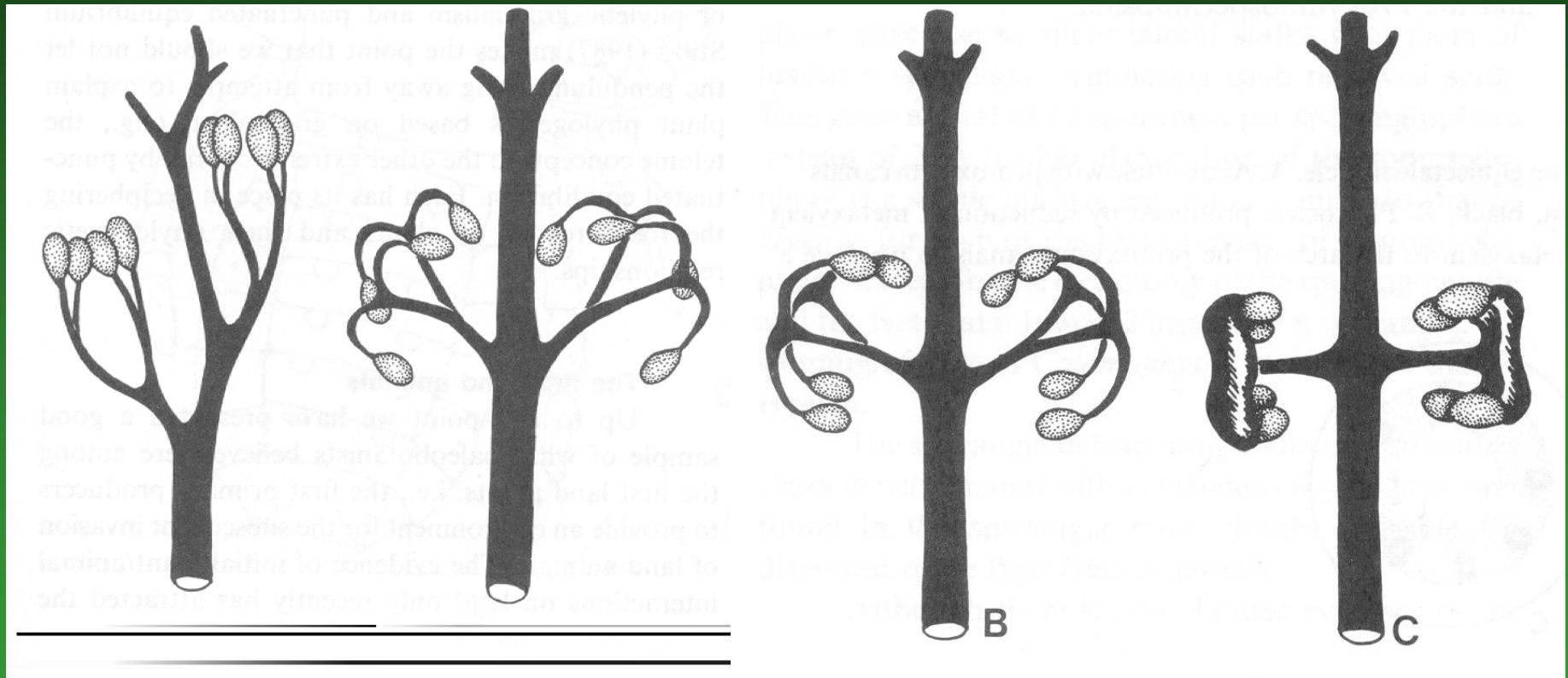
Spory homomorfní = tvarově stejné; mohou tvořit jednopohlavná i oboupohlavná protalia



Sporofyly - v terminálních strobilech



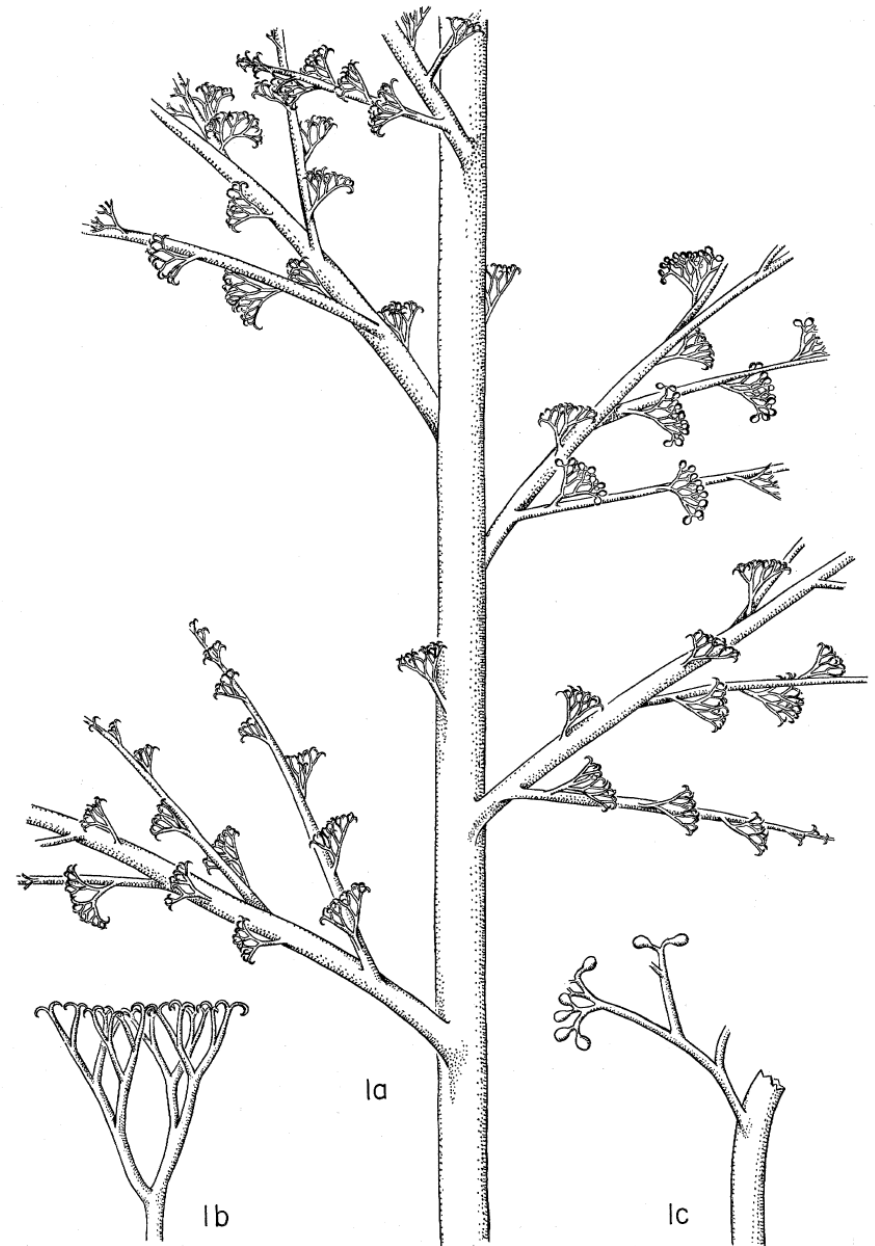
Odvození tvary sporofylů přesliček od ryniofyt



Spojovací článek mezi odd. *Trimerophyta* a přesličkami by mohl představovat rod *Ibyka* ze stř. devonu (ca 390 mya)

Ibyka amphikoma byla vysoká kolem 50 cm

Měla anatropní sporangia!



Fosilní záznam

devon --- vznik (400-360 mya)



Fosilní záznam

devon --- vznik (400-360 mya)

karbon --- největší rozmach
diverzity (360-300 mya)

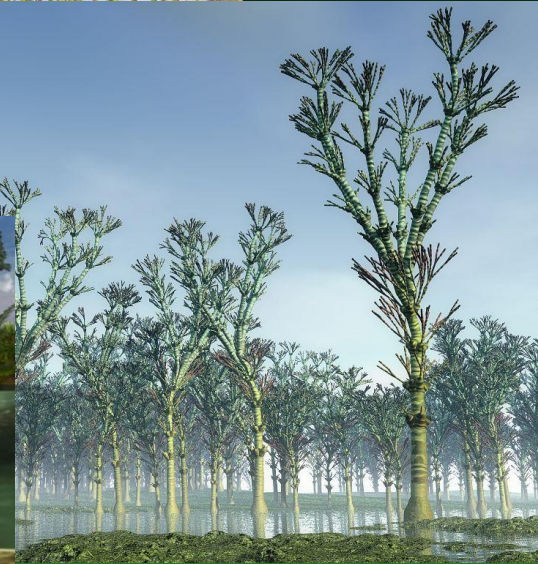


Fosilní záznam

devon --- vznik (400-360 mya)

karbon --- největší rozmach
diverzity (360-300 mya)

perm --- ústup (300-250 mya)



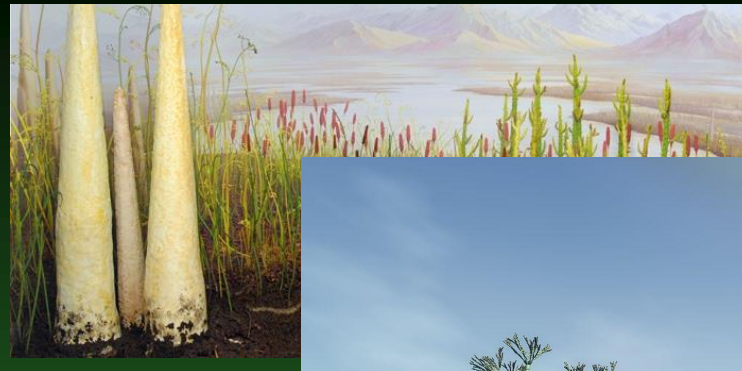
Fosilní záznam

devon --- vznik (400-360 mya)

karbon --- největší rozmach
diverzity (360-300 mya)

perm --- ústup (300-250 mya)

zrychluje se dál během
druhohor (250-65 mya)



Fosilní záznam

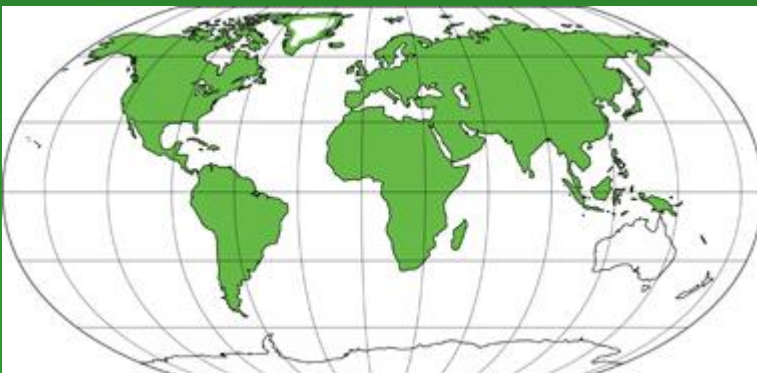
devon --- vznik (400-360 mya)

karbon --- největší rozmach
diverzity (360-300 mya)

perm --- ústup (300-250 mya)

zrychluje se dál během
druhohor (250-65 mya)

recentně --- 15 druhů v
jediném, kosmopolitně
rozšířeném rodu *Equisetum*



třída *Equisetopsida* (přesličky)

má v naší přednášce dva řády:

1. Calamitales
2. Equisetales

řád *Calamitales*

Stromovité přesličky z karbonu až permu
až 20 m vys., kmen u báze až 1 m

kmen krytý „kůrou“



Calamites



řád *Calamitales*

Stromovité přesličky z karbonu až permu
až 20 m vys., kmen u báze až 1 m

kmen krytý „kůrou“

Kmen strukturou podobný dnešním
gigantickým bambusům



Calamites



řád *Calamitales*

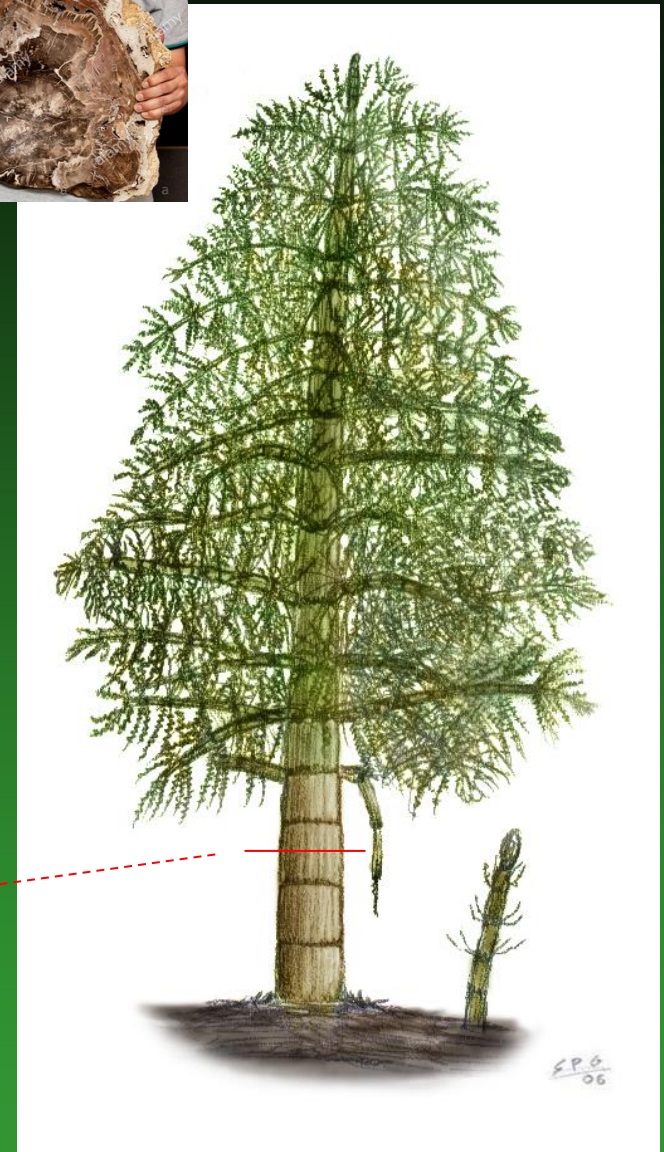
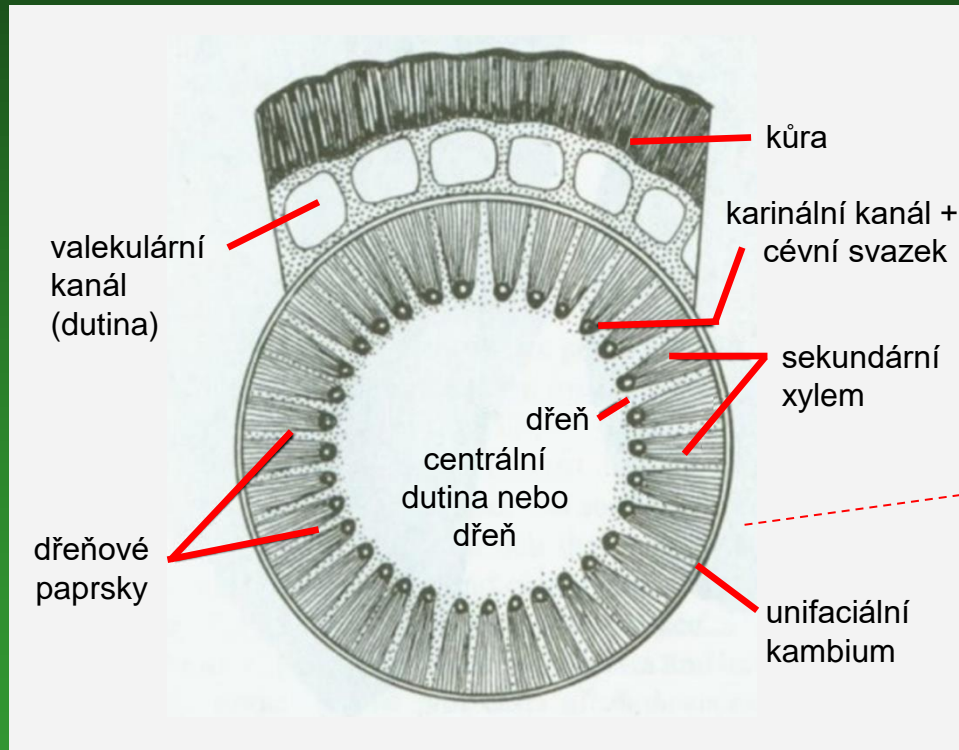
opora = sklerenchymatizovaná kůra

kambium – unifaciální – jen xylem dostředivě

dutiny – rozvod vzduchu obohaceného o CO₂
získaný ze substrátu k fotosyntéze ve větvích



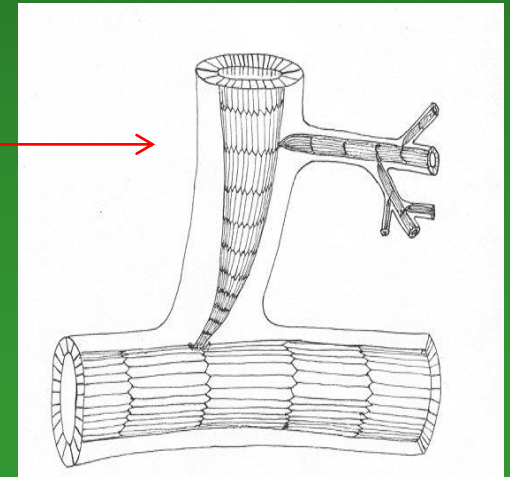
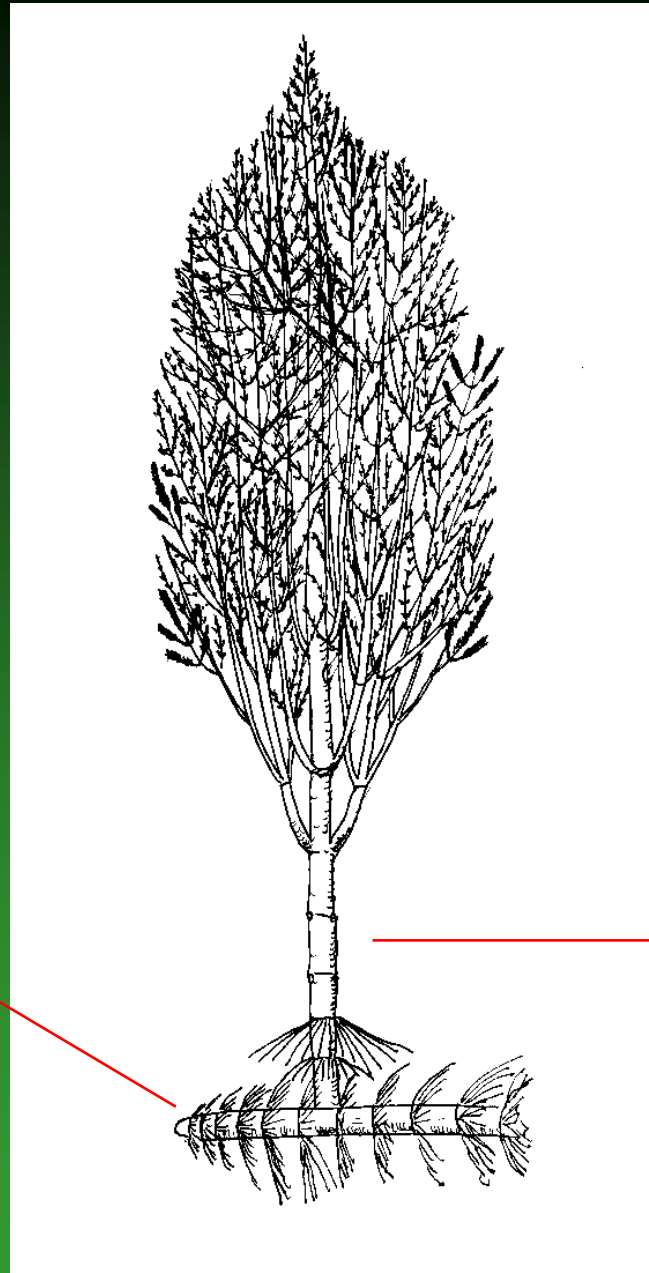
Calamites



Nezávislá evoluce struktury podobné lepidodendronům = konvergentní vývoj

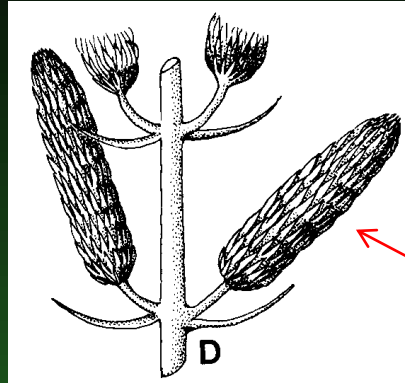
řád *Calamitales*

pod zemí systém oddenků
= klonální stromy (lesy)

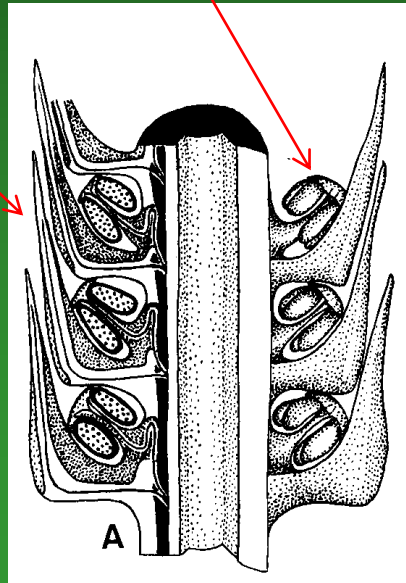


řád *Calamitales*

výtrusné strobily
na konci některých
bočních větví



= přesleny anatropních sporangioforů
+ přesleny listů

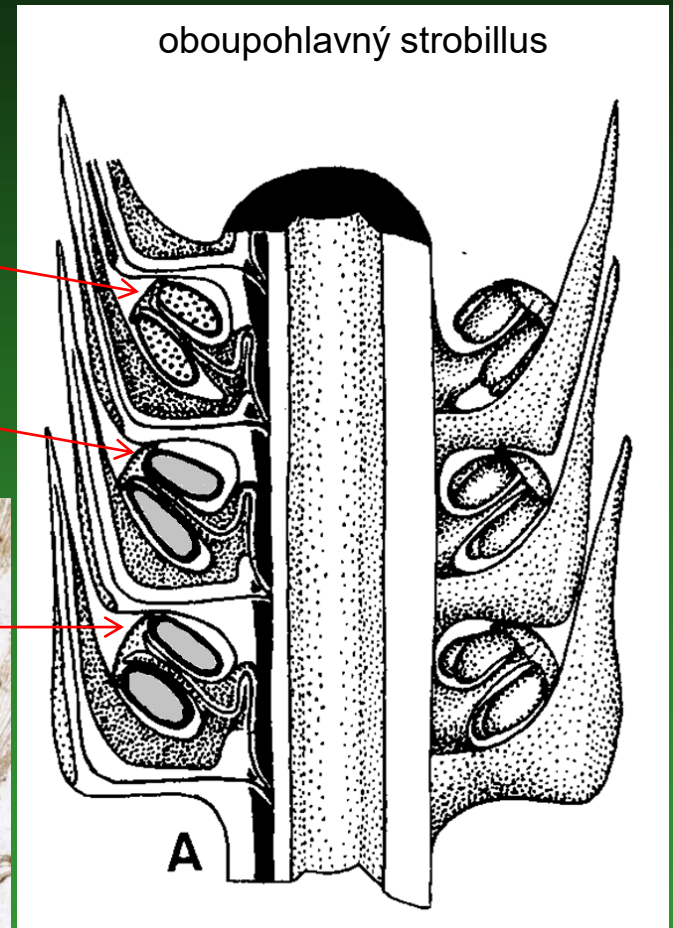
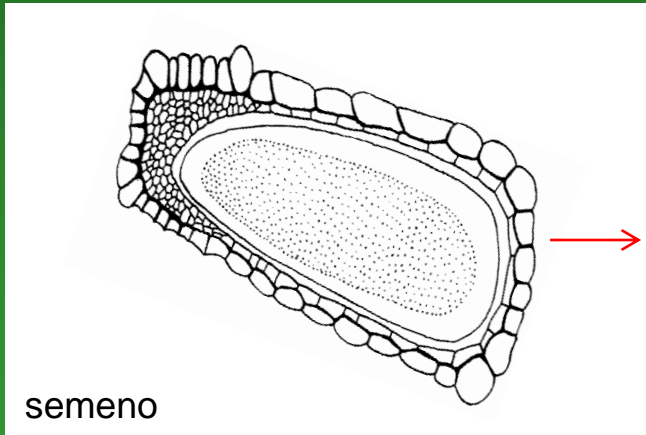


izosporické,
některé druhy i
heterosporické

Calamites



řád *Calamitales* – *Calamocarpon insignis* – v megasporangiích jediná megaspóra! = „semenná“ přeslička



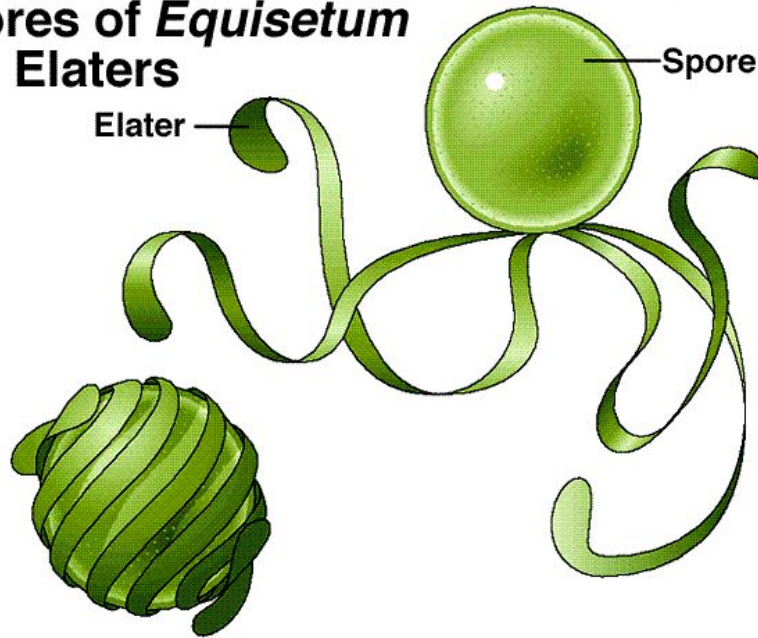
řád *Equisetales*

recentně byliny několik dm až m vysoké,
velmi uniformní stavba
jméno od slov *Equus*=kůň a *seta*=štetina, žíně



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

Spores of *Equisetum* and *Elaters*



Spory - kulovité,

zelené (s chlorofylem) – klíčí na světle

vnější obal tvoří 4 páskovité vychlípeniny
- (pseudo)elater, = haptery

haptery se hygroskopicky pohybují = tím
vytvářejí shluky

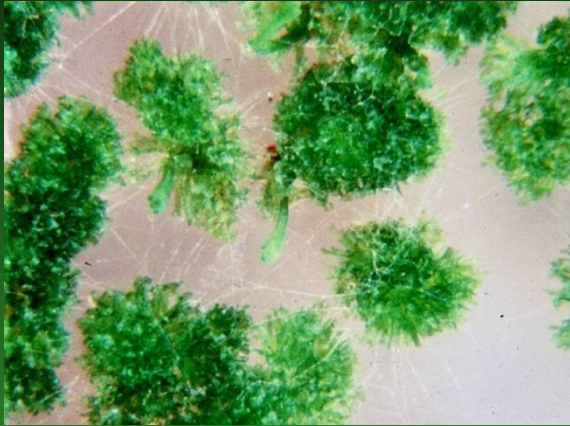
větrém se šíří celé shluky

živé ~1 týden

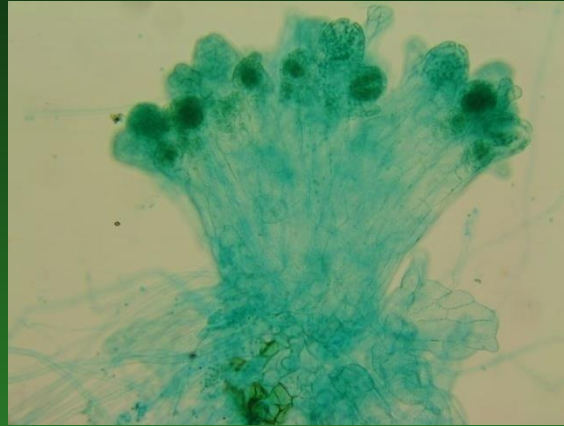


Gametofyt (prothalamium) nadzemní, zelený – **samčí + samičí** (díky hapterovým shlukům blízko sebe). Někdy prothalia **samčí + protogynicky oboupohlavná** (hlavně podrod *Hippochaete*)

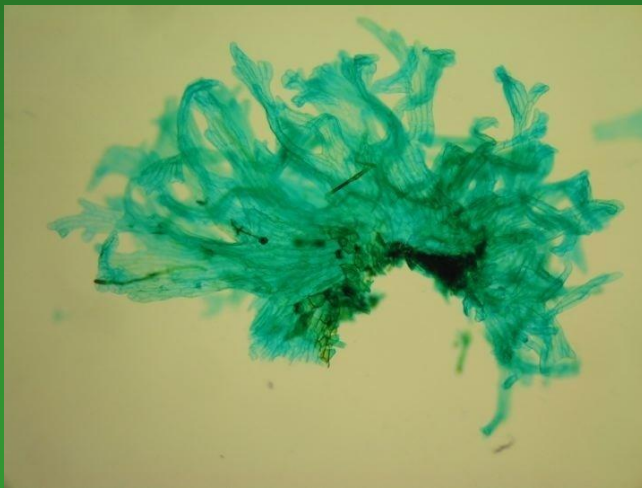
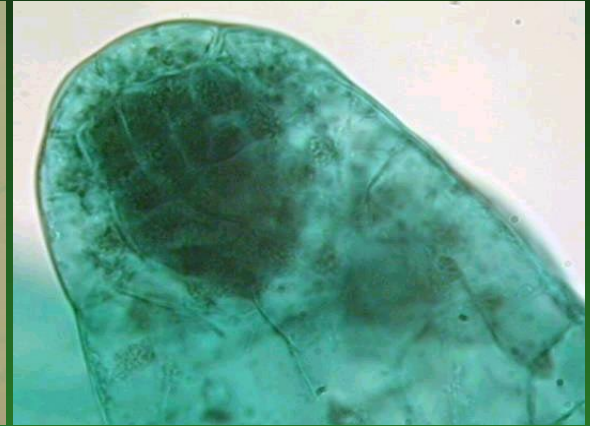
prothalia přesliček



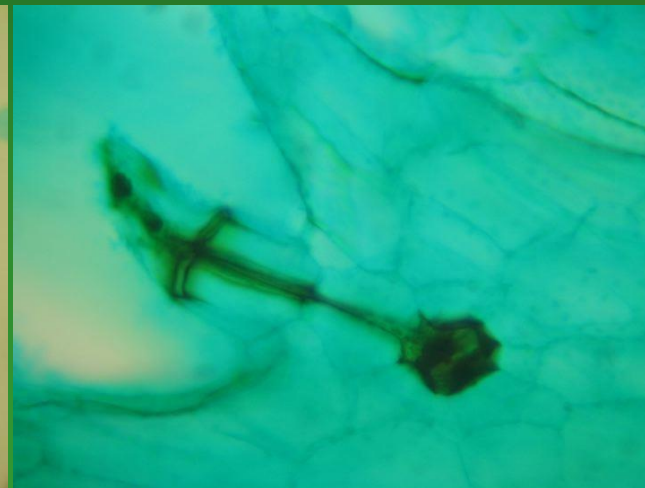
prothalamium s antheridii



antheridium



prothalamium s archegonii

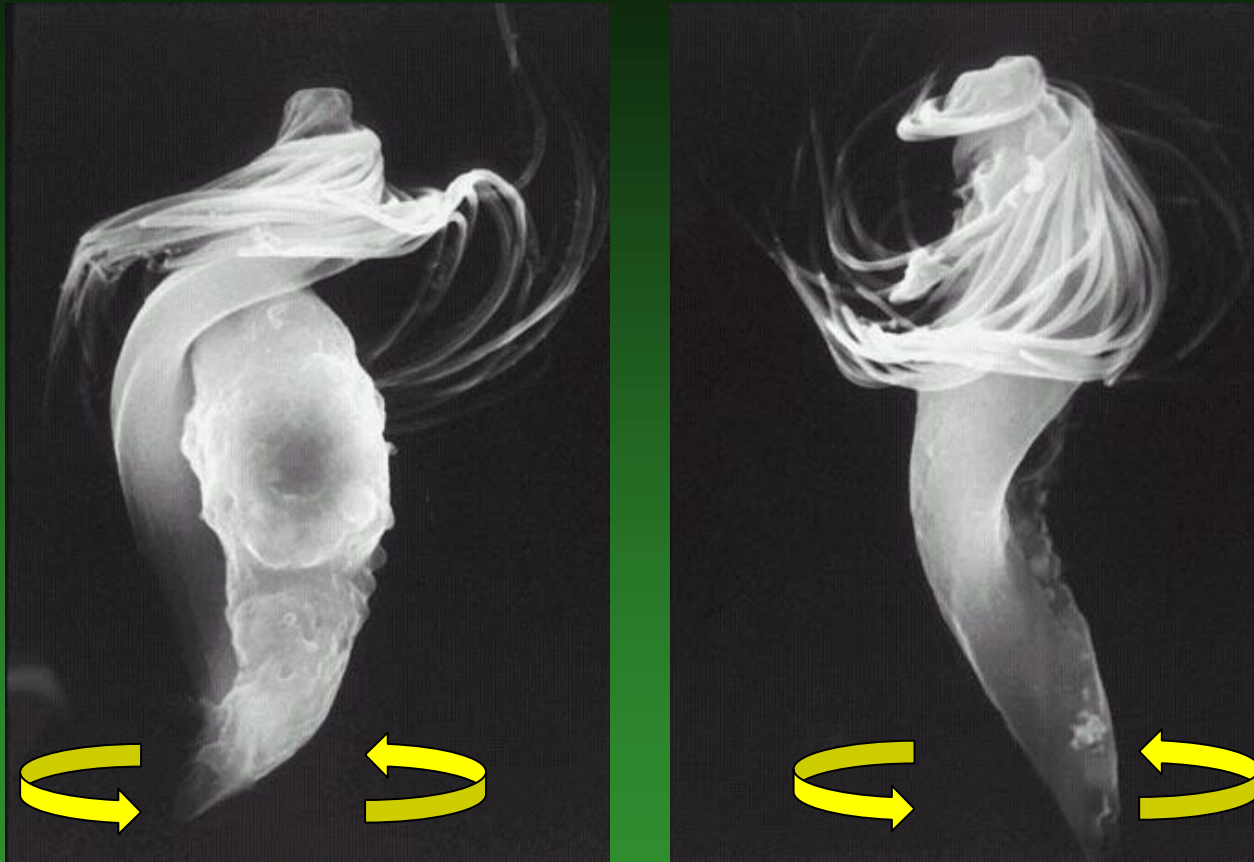


archegonium



mladý sporofyt přesličky

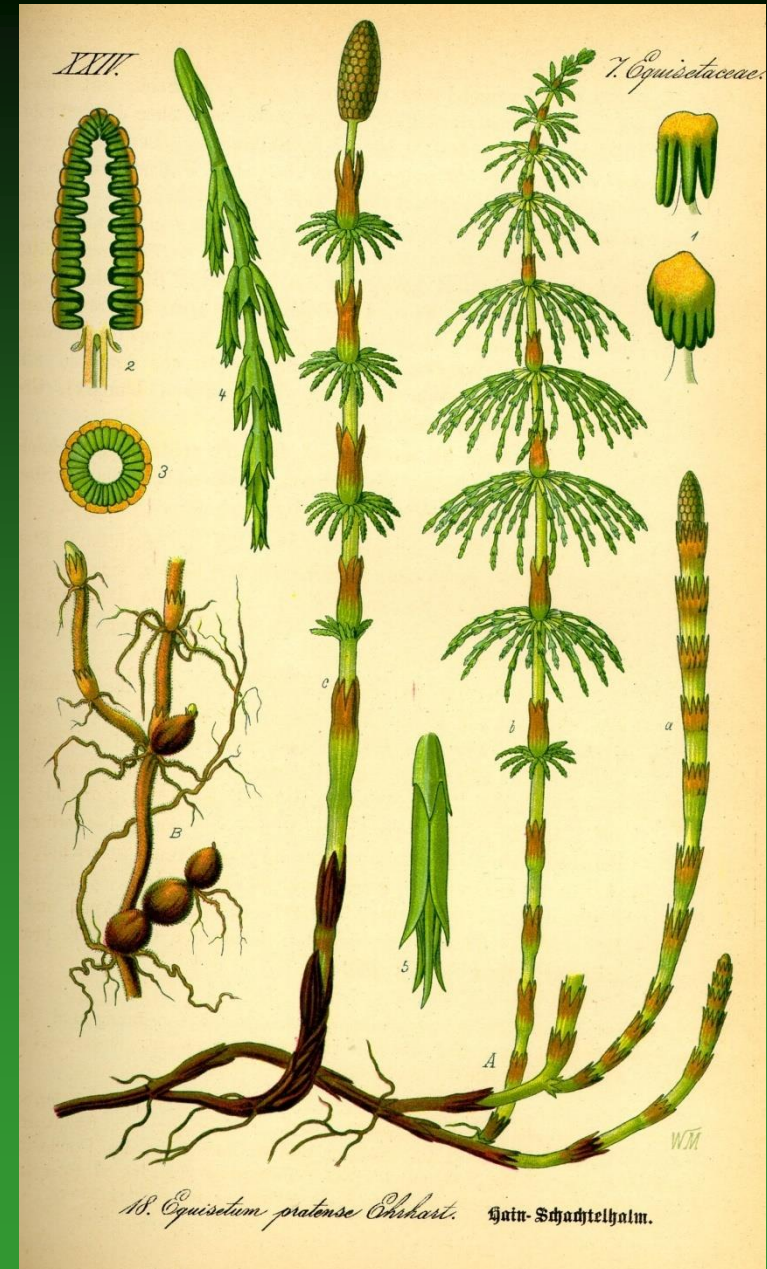
Spermatozoidy polyciliární (50–80 bičíků)



šroubovitý tvar (2,5–3,5 závitů), velké jádro zabírá pevnou horní část buňky; při pohybu rotují kolem podélné osy pomocí bičíků a vlní se spodní částí

jediná čel. *Equisetaceae*

Recentní zástupci značně
uniformní v jediném rodu
Equisetum.



Equisetum arvense - přeslička rolní

Z oddenku vyrůstá nejprve jarní nevětvená nezelená fertilní lodyha se sporofyly (ta po vyprášení uhyne) po té vyrazí z oddenku letní zelená sterilní lodyha.



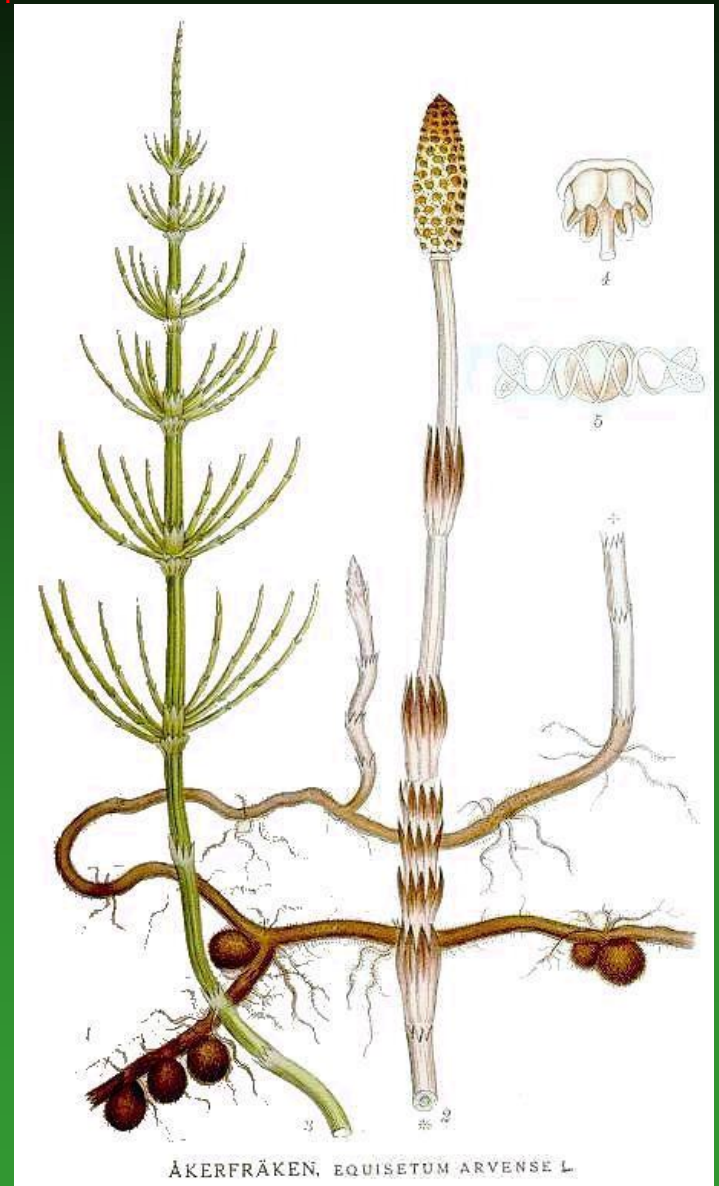
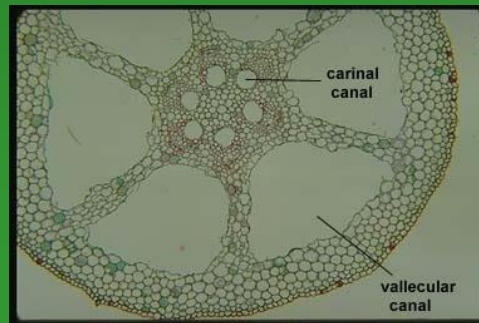
Foto: Ane Anderberg

Equisetum arvense - přeslička rolní pensum!

oddenek akumuluje ve ztluštělých bočních
článcích zásobní látky pro heterotrofní
výživu jarních lodyh; tyto hlízky někdy
vyrývány a požívány prasaty



Řez oddenkem



Equisetum arvense - přeslička rolní pensum!

roste na loukách,
podél komunikací

i jako plevel na
polích

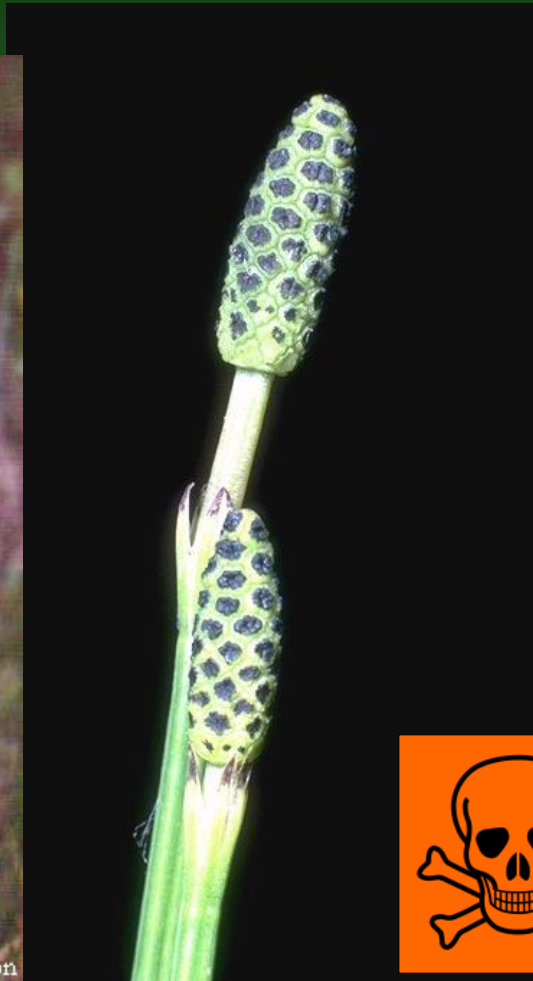
Letní lodyhy se
sbírají jako léčivka



Equisetum palustre – přeslička bahenní

pensum!

Po dozrání výtrusnic jarní lodyha neodumírá, ale zezelená a stává se letním asimilačním typem. Obsahuje jedovatý piperidinový alkaloid palustrin, jehož účinek se neruší sušením. Roste na vlhčích loukách.



Rozdíl mezi přesličkou rolní a přesličkou bahenní



Equisetum arvense

a = první článek větve

Rozdíl mezi přesličkou rolní a přesličkou bahenní



Equisetum arvense

$b < a$

a = první článek větve

b = list hlavní lodyhy

Rozdíl mezi přesličkou rolní a přesličkou bahenní

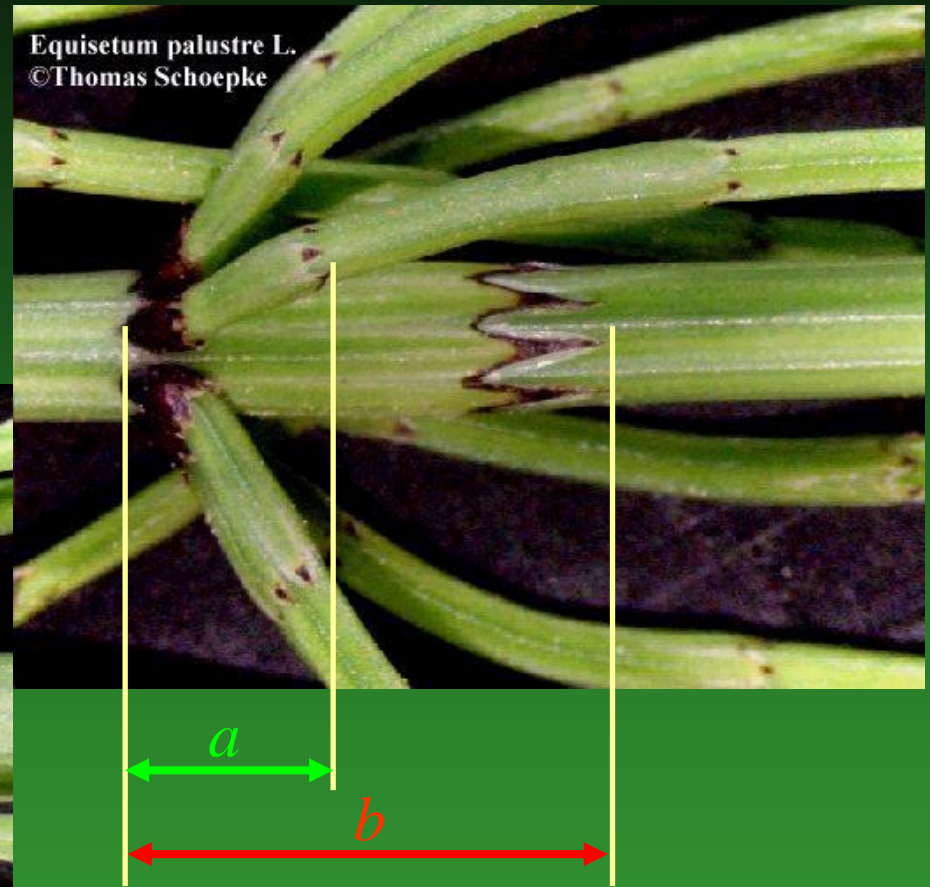


Equisetum arvense

$b < a$

Equisetum palustre

$a < b$



$a =$ první článek větve

$b =$ list hlavní lodyhy

Equisetum sylvaticum - přeslička lesní

pensum!

Také u ní po dozrání výtrusnic jarní lodyha neodumírá, ale mění se na zelenou letní. Na rozdíl od přesličky bahenní má boční větve tenčí a vícenásobně větvené. Roste ve světlejších a vlhčích jehličnatých lesích a na jejich okrajích.



Foto: Arne Anderberg

Největší zástupce současných přesliček najdeme v pralesích severním Chile – *Equisetum giganteum* – 5–13 m vysoká.

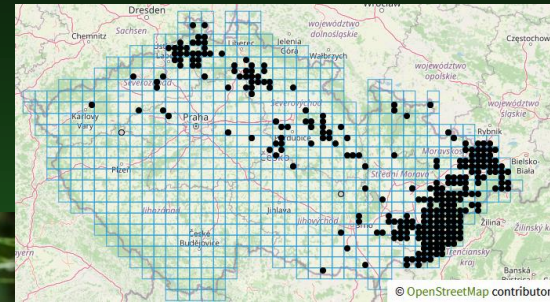


Equisetum fluviatile – přeslička říční
vlhčí místa, břehy stojatých vod, příkopy,
velká centrální dutina,
stonek téměř hladký,





U nás je největším druhem až 2 m vysoká
Equisetum telmateia



3. třída *Marattiopsida*

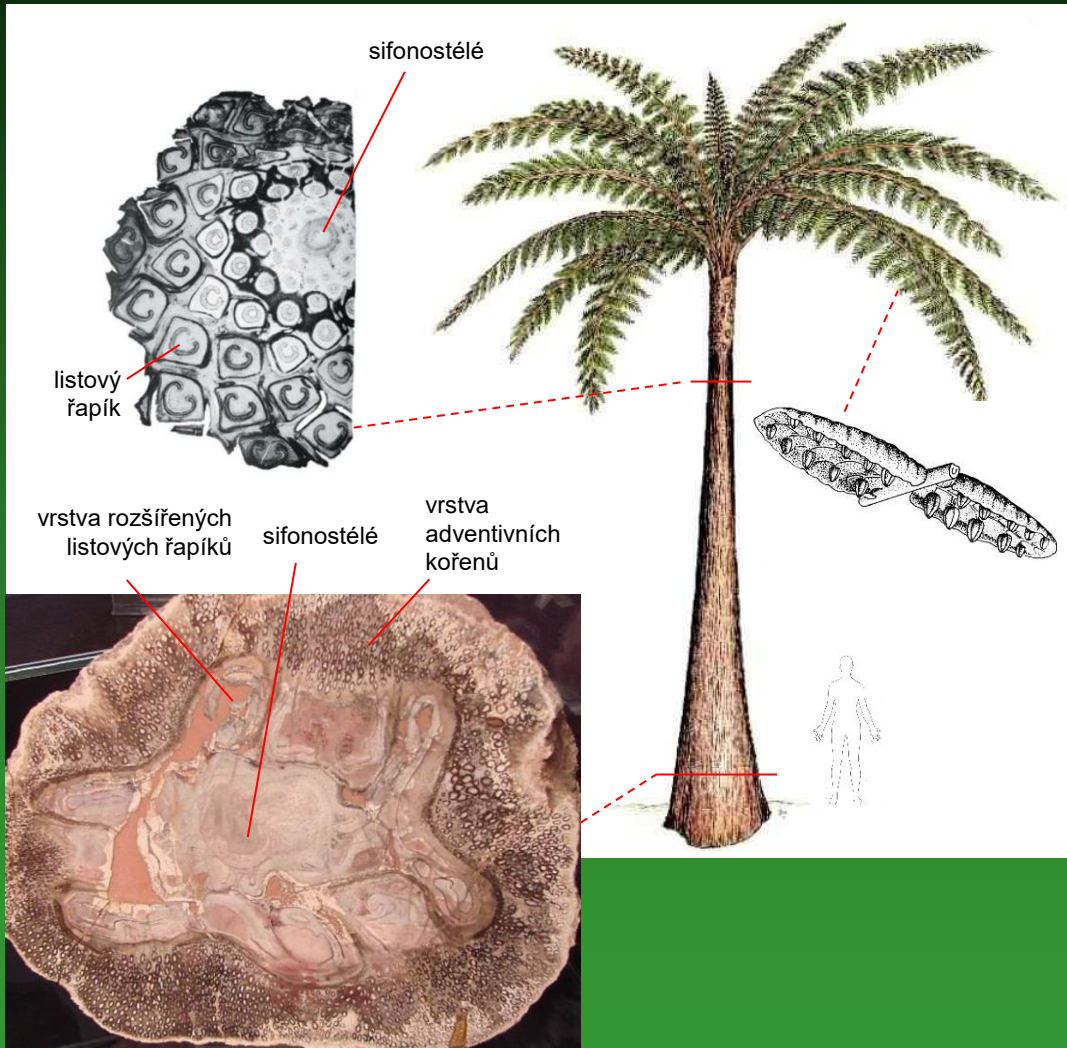


recentní i fosilní byliny i stromy s obrovskými listy
(110 druhů v tropech celého Světa)

Kmen - kulovitý až soudkovovitý



Karbonský *Psaronius* měl pseudokmen = svazek mohutných řapíků
obrostlý adventivními kořeny



Listy

- vícekrát zpeřené nebo dlanitě složené, vzácně i jednoduché,
- až 6 m dlouhé
- ve spirále na vrcholu kmene



Listy

- vícekrát zpeřené nebo dlanitě složené, vzácně i jednoduché,
- až 6 m dlouhé
- ve spirále na vrcholu kmene

Příklad 2x zpeřeného listu



Listy

- vícekrát zpeřené nebo dlanitě složené, vzácně i jednoduché,
- až 6 m dlouhé
- ve spirále na vrcholu kmene

Příklad 2x zpeřeného listu

Úkrojek 2. řádu



Listy

- vícekrát zpeřené nebo dlanitě složené, vzácně i jednoduché,
- až 6 m dlouhé
- ve spirále na vrcholu kmene

Příklad 2x zpeřeného listu

Úkrojek 2. řádu

Úkrojek 1. řádu



Listy

- vícekrát zpeřené nebo dlanitě složené, vzácně i jednoduché,
- až 6 m dlouhé
- ve spirále na vrcholu kmene

Příklad 2x zpeřeného listu

Úkrojek 2. řádu

Úkrojek 1. řádu

vřeteno



Listy

- vícekrát zpeřené nebo dlanitě složené, vzácně i jednoduché,
- až 6 m dlouhé
- ve spirále na vrcholu kmene

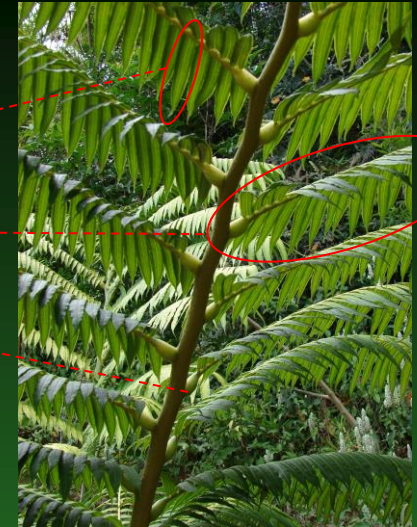
Příklad 2x zpeřeného listu

Úkrojek 2. řádu

Úkrojek 1. řádu

vřeteno

řapík





Mladé
listy
circinálně
svinuté

Řapíky – dlouhé, škrobnaté

– na bázi řapíku nápadná párovitá **aflebia** (= palisty, mušlovitého nebo ouškovitého tvaru)

Řapík listu – polycyklické diktyostélé

(diktyostélé = protostélické elementy v 1 kruhu; více kruhů = polycyklické diktyostélé)

Danaea media

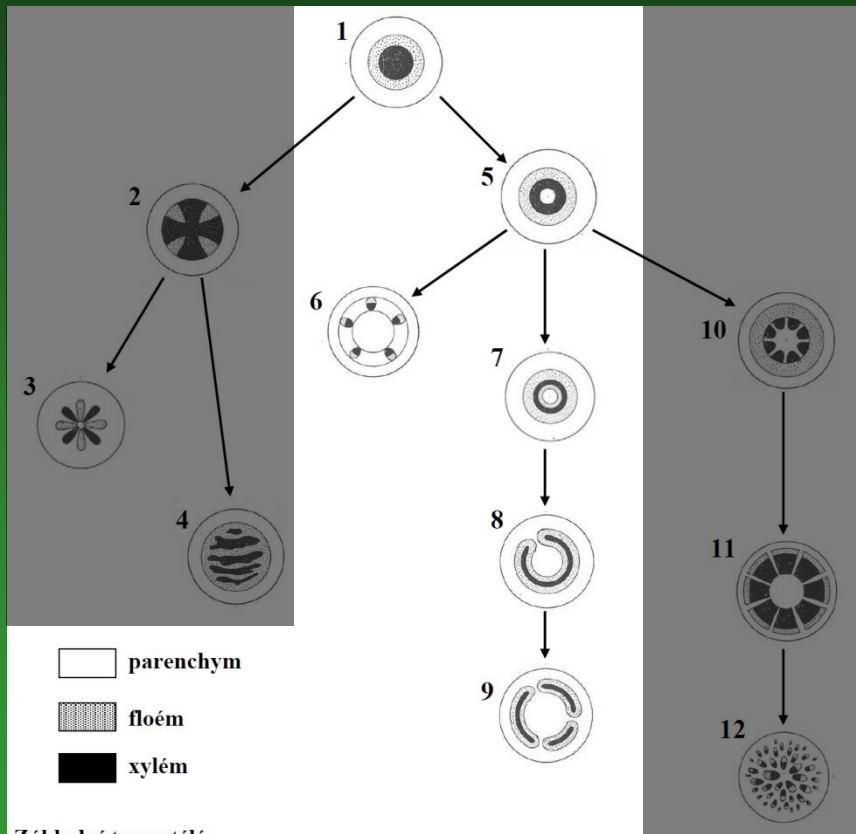


Marattia laevis



řapíky, kořeny a oddenky protkány sliznatými kanálky

Danaea – parenchymatické pletivo oddenku má červené zbarvení oddenek má také diktyostélé



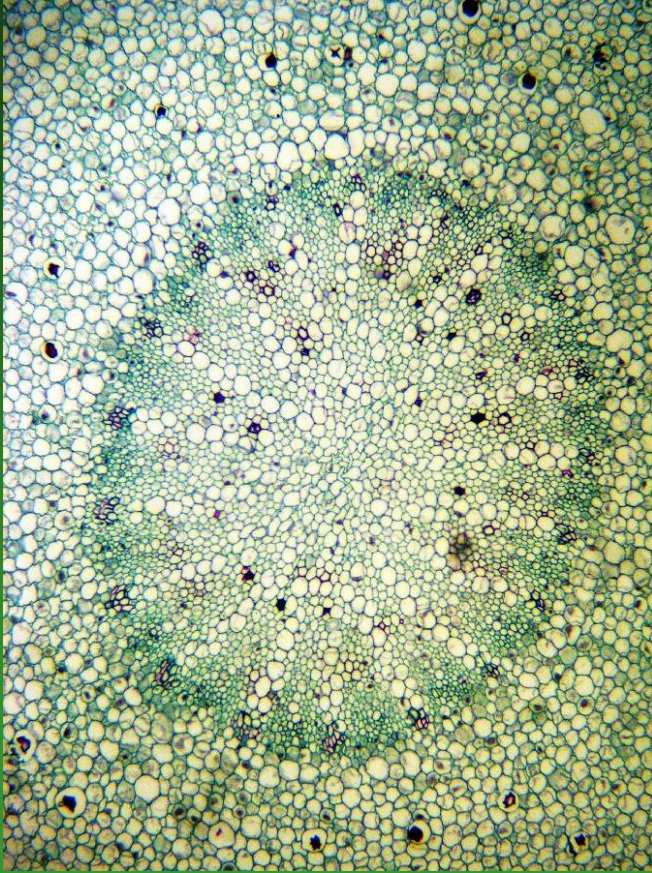
Základní typy stélé

1 protostélé, 2 stelární protostélé, 3 aktinostélé, 4 plektostélé, 5 sifonostélé ektofloické, 6 artrostélé, 7 sifonostélé amfloické, 8 solenostélé, 9 diktyostélé, 10 diktyostelické monostélé, 11 eustélé, 12 ataktostélé



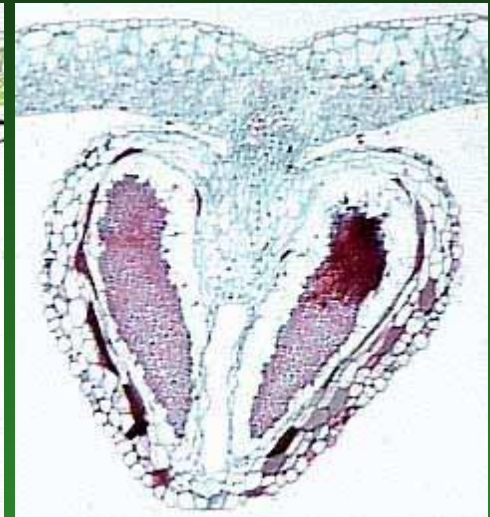
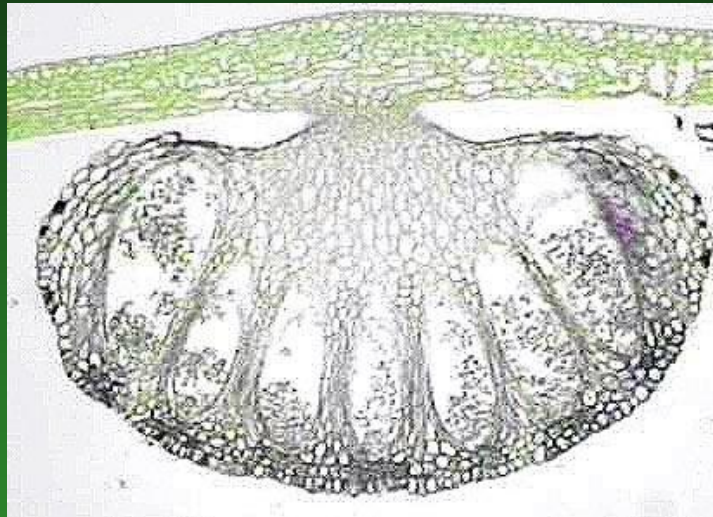
Zduřelé báze větven
vedlejších úkrojků
vyplněné parenchymem
se zásobními látkami
Angiopteris

Kořeny - polyarchní vodivé elementy na příčném řezu kořenem – typický znak pro *Marattiopsida*



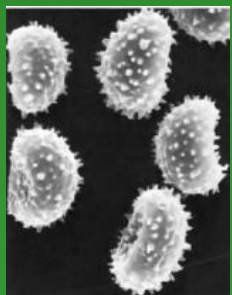


Sporangia na rubu listů,
eusporangiátní,
izosporická,

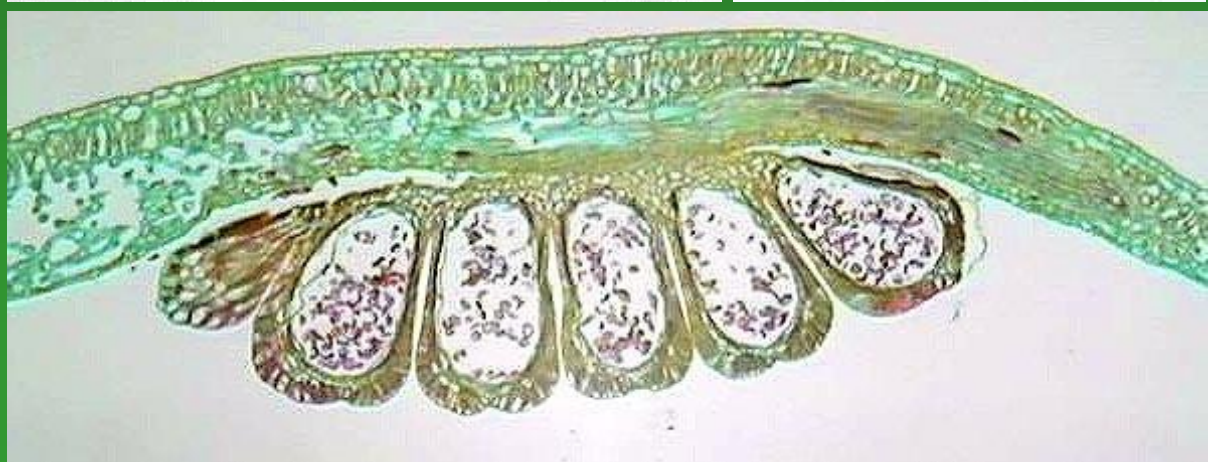


Srostlá v elipsoidní
synangia *Marattia*

Nesrostlá, ale v
těsných shlucích
Angiopteris



Spóry
fazolovité





Gametofyt (prothallium)
nadzemní, z více vrstev buněk,
dlouhověký, připomínající
frondózní játrovky
oboupohlavný



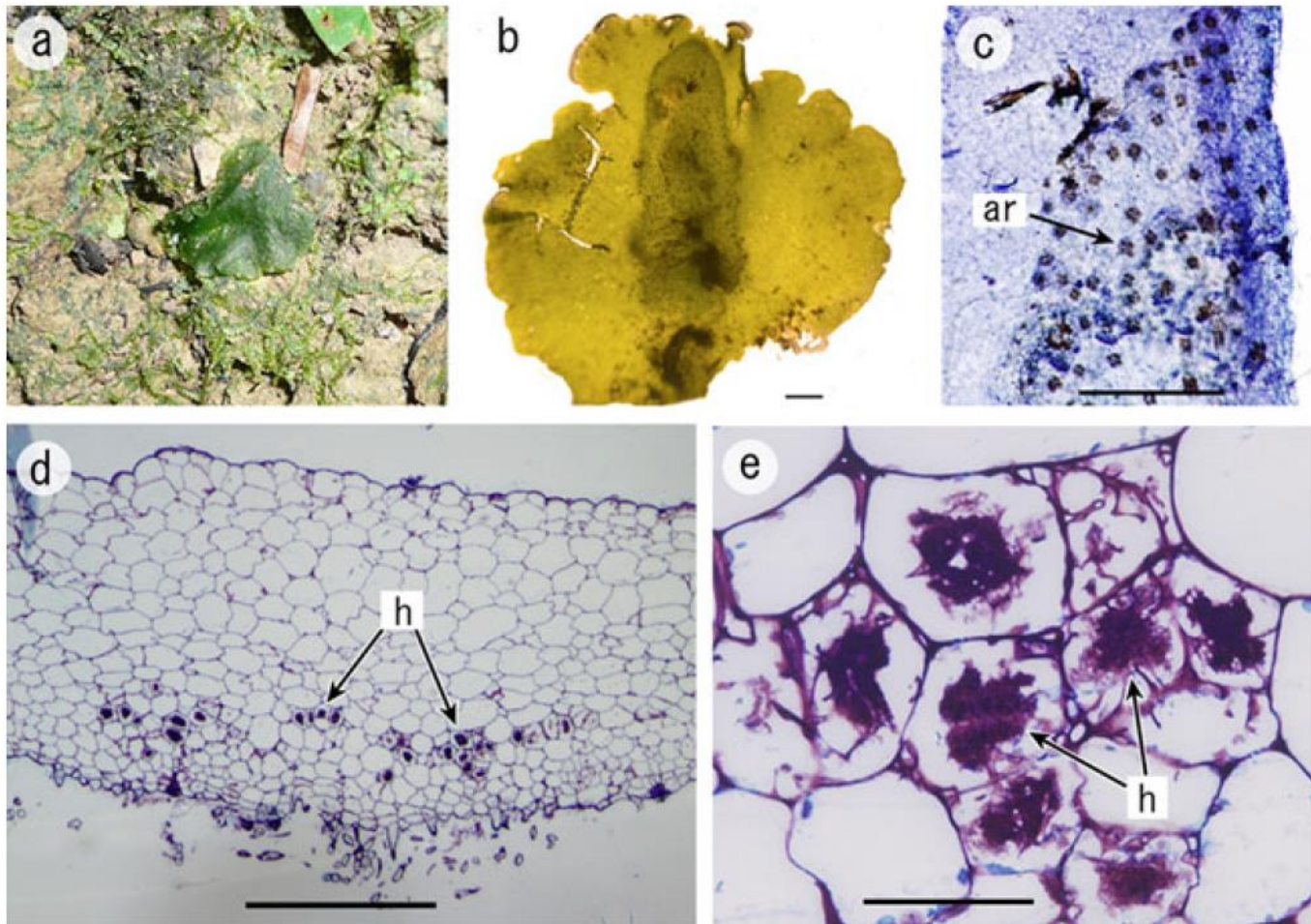
Archangiopteris –
otevřené ústí krčku
v pletivu
zanořeného
archegonia

Angiopteris evecta gametofyt s mladým
sporofytem



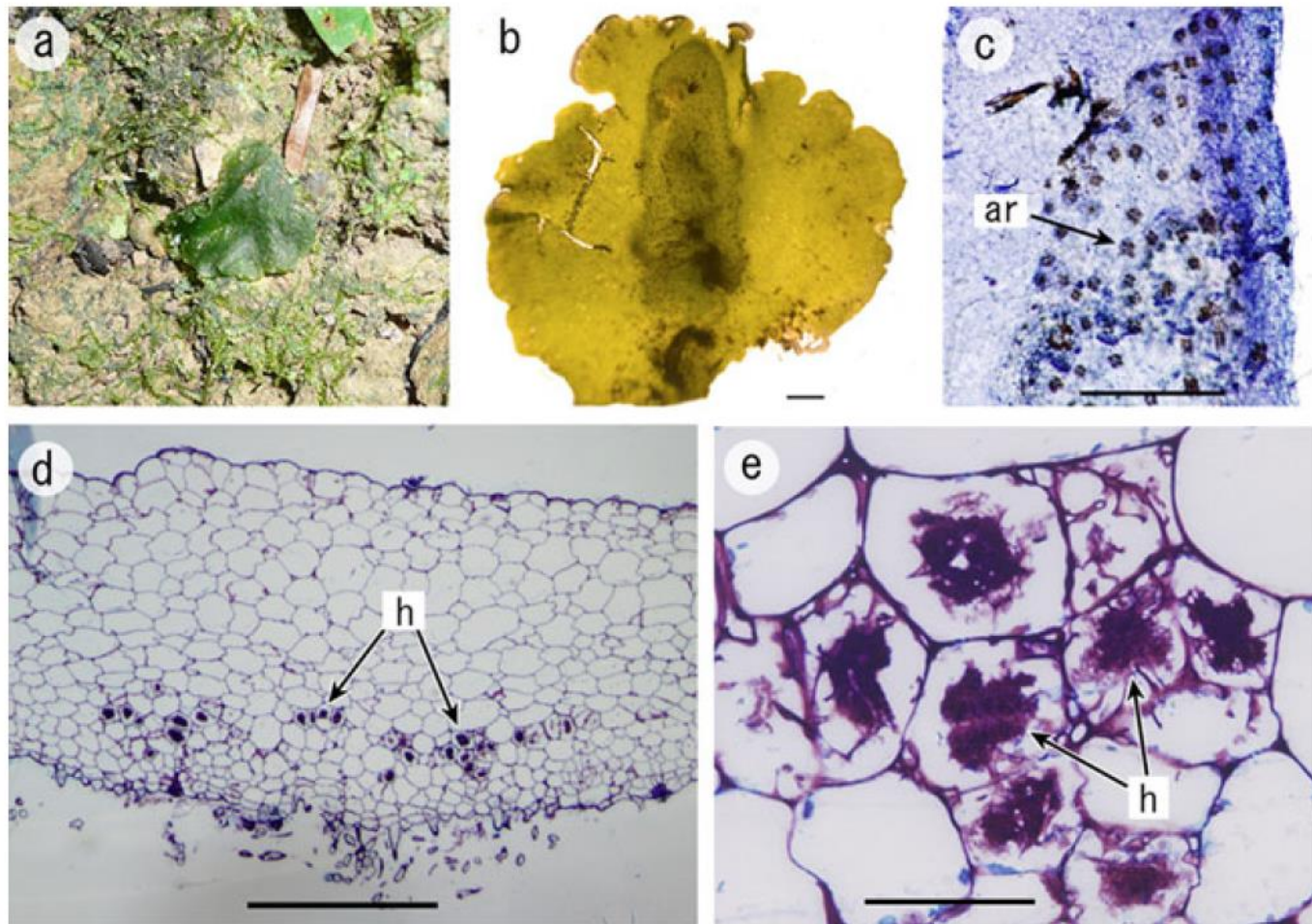
Arbuscular mycorrhiza formation in cordate gametophytes of two ferns, *Angiopteris lygodiiifolia* and *Osmunda japonica*Yuki Ogura-Tsujita · Aki Sakoda · Atsushi Ebihara ·
Tomohisa Yukawa · Ryoko Imaichi**Gametofyt (prothalamium)**

má taky mykorrhizu, ačkoli je zelené !

*Angiopteris lygodiiifolia* –
arbuskulární mykorrhiza
v gametofytu!

Arbuscular mycorrhiza formation in cordate gametophytes of two ferns, *Angiopteris lygodiiifolia* and *Osmunda japonica*Yuki Ogura-Tsujita · Aki Sakoda · Atsushi Ebihara ·
Tomohisa Yukawa · Ryoko Imaichi**Gametofyt (prothalamium)**

má taky mykorrhizu, ačkoli je zelené !

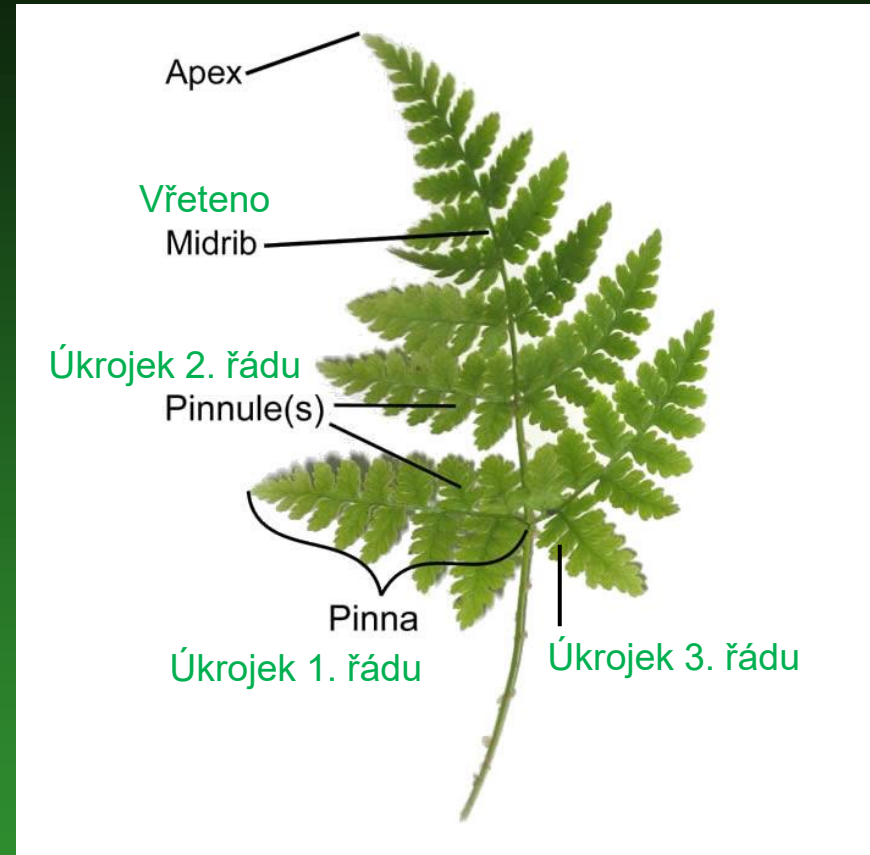
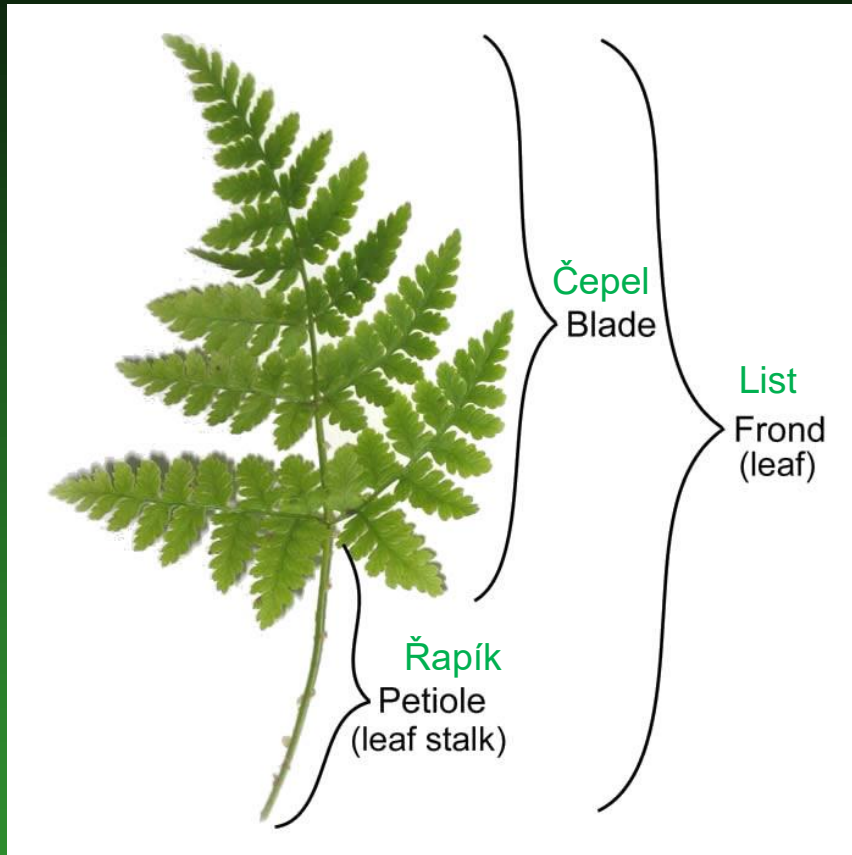
*Angiopteris lygodiiifolia* –
arbuskulární mykorrhiza
v gametofytu!Polyciliální
spermatozoidy
„nebozezovitého“ tvaru
jako u přesliček s 50–80
bičíky

4. třída *Polypodiopsida* (vlastní kapradiny)



Izosporické terestrické leptosporangiální kapradiny (~10 500 druhů)

listy megafylní, často složité stavby a inervace



listy megafylní, často složité stavby a inervace, v mládí
circinálně svinuté



někdy diferenciace
listů na
sporofyly a trofofyly

jindy se trofosporofyly od
trofofylů neliší

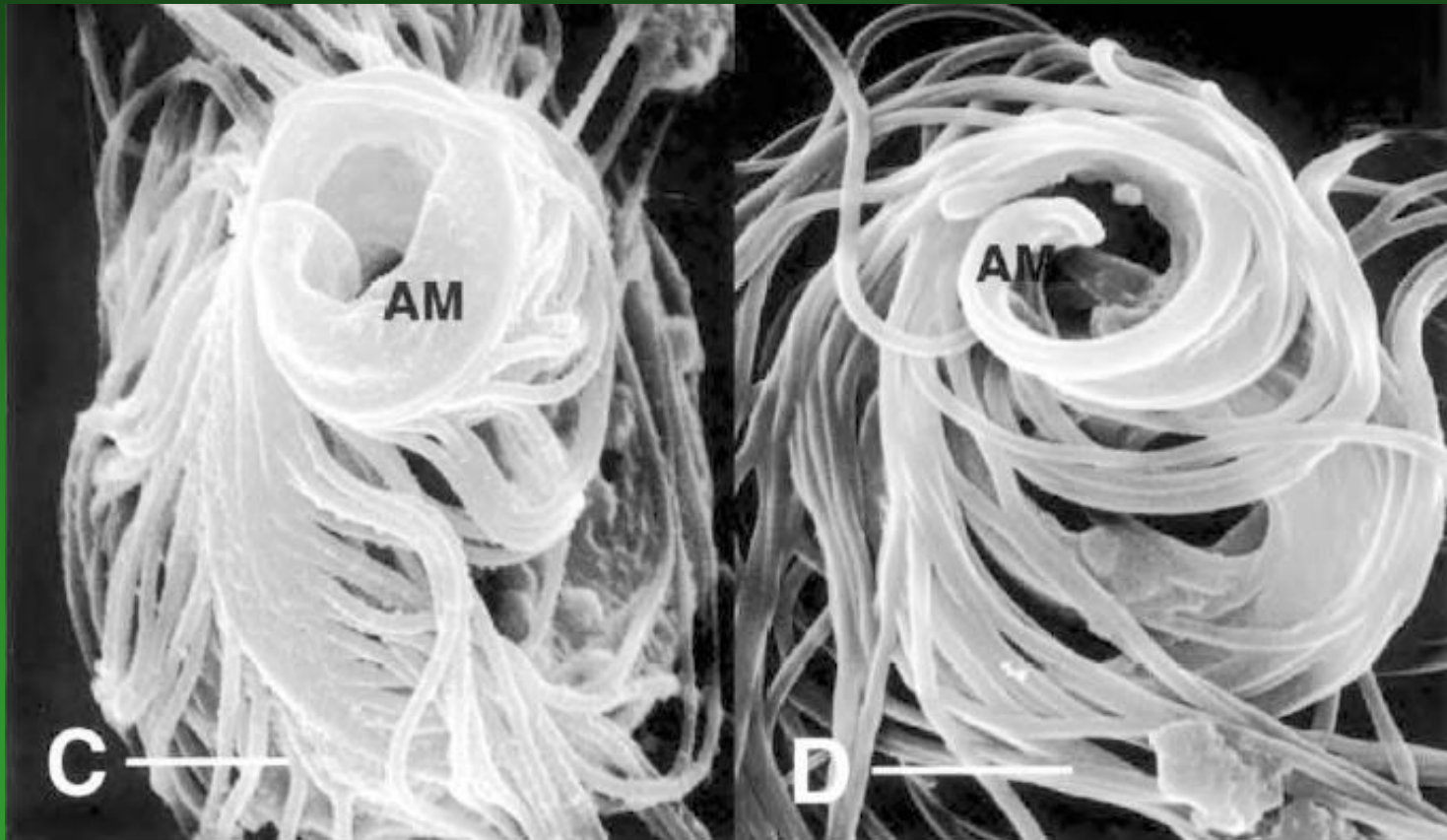


Osmunda cinnamomea



Asplenium trichomanes

spermatozoidy polyciliární – protáhlé tenké s více spirálními závity s ca 80 bičíky



třída *Polypodiopsida*

má 2 řády:

Polypodiales

Salviniales

1. řád *Polypodiales*

recentní i fosilní,

listy většinou trofosporofylní, peřeně členěné

izosporické,

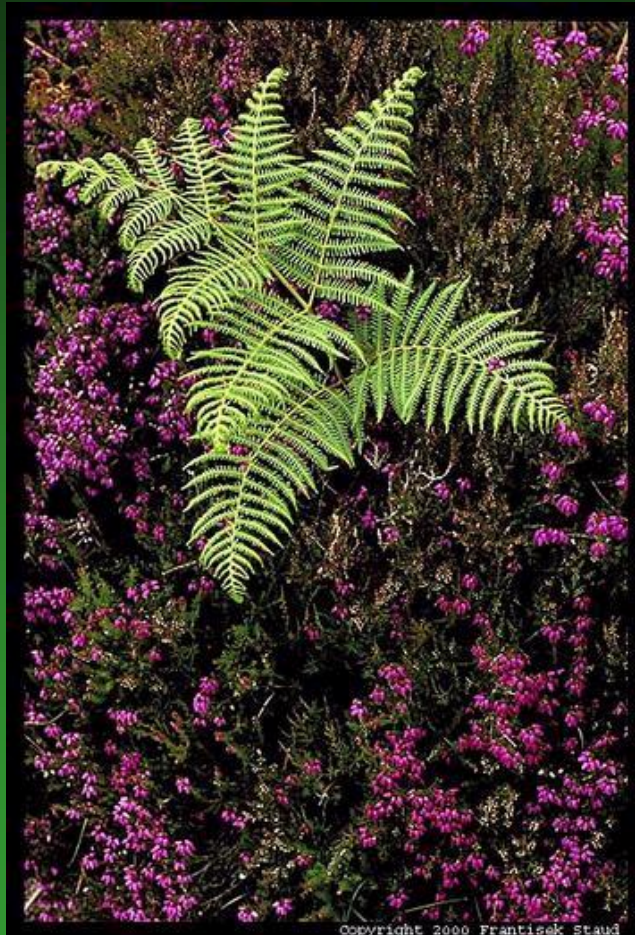
sporangia – tenkostěnná (leptosporangiální),
drobná, stopkatá

patří sem většina kapradin



Největší diverzita ve vlhkých tropech

Byliny terestrické
i epilitické



vzácněji dřeviny
až 25 m vysoké



nebo epifyty



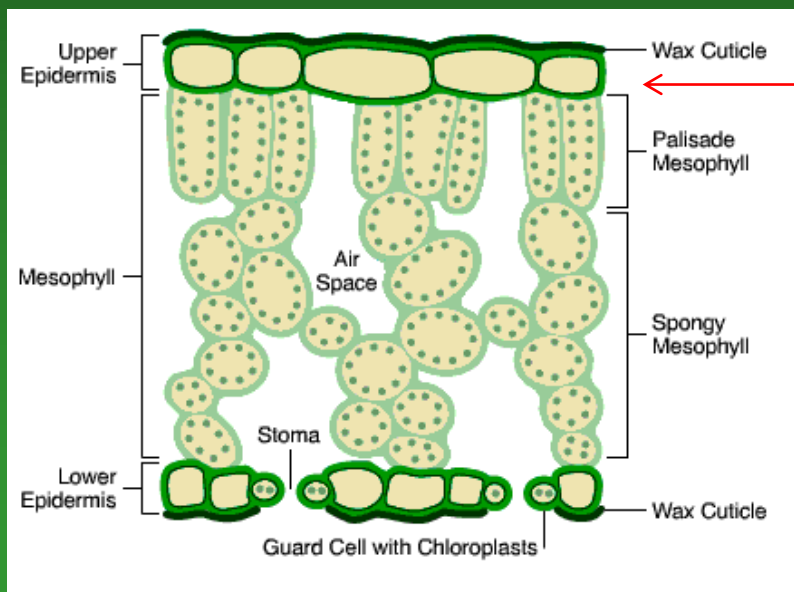
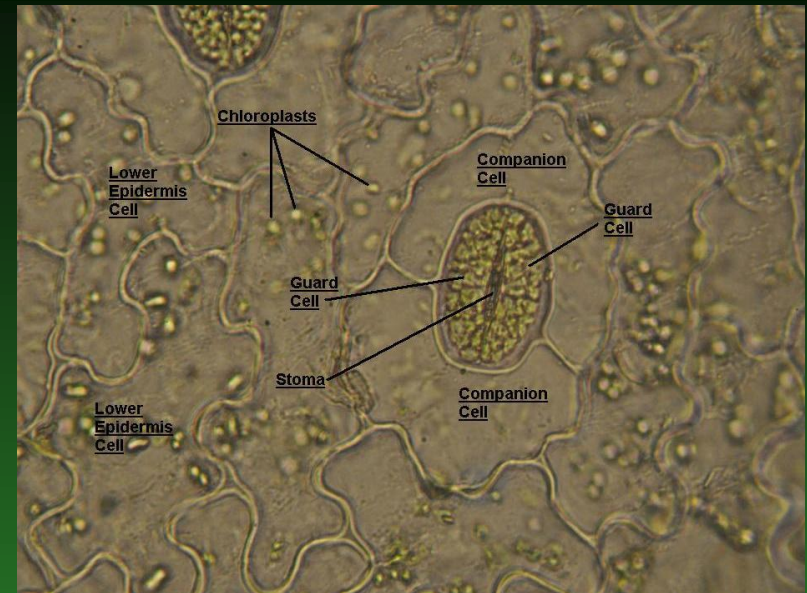
Většina druhů kapradin roste v lesním podrostu



Divergence v druhohorách a třetihorách

Nebyly „vytlačeny“ krytosemennými, jak se někdy uvádí. Naopak patrovitá struktura lesů semenných rostlin zřejmě vytvořila nové niky a tedy prostor k divergenci leptosporangiátních kapradin

Listy – u stínomilných kapradin mohou mít chloroplasty i v epidermálních buňkách →



Krytosemenné rostliny mají v epidermis chloroplasty jen ve svěracích buňkách.

V epidermis ponořených listů mohou mít chloroplasty některé vodní rostliny

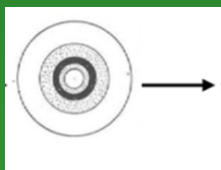
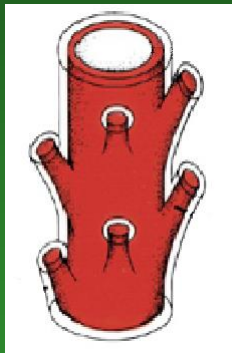
Stonek nečlánkový,
obvykle jen podzemní =
oddenek (rhizom)



Vodivé elementy stonku (oddenku)

xylem - tracheidy

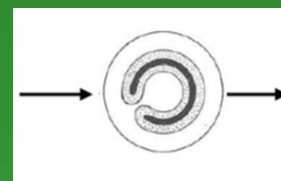
bez jizev



sifonostélé
(amfifloické)



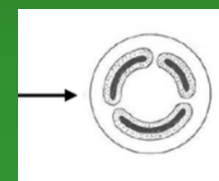
ojedinělé
podlouhlé
jizvy



solenostélé



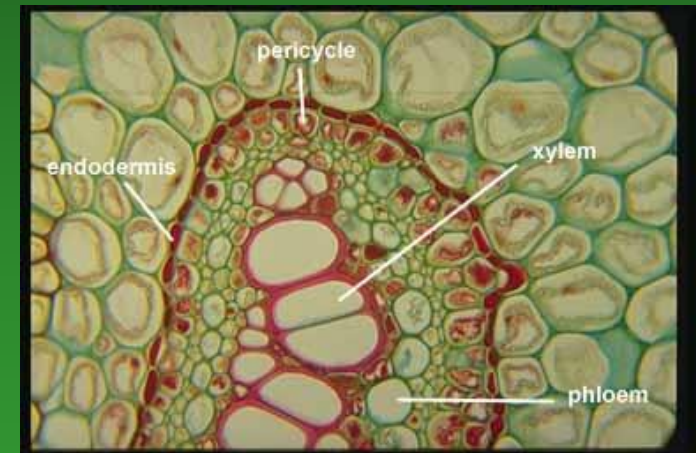
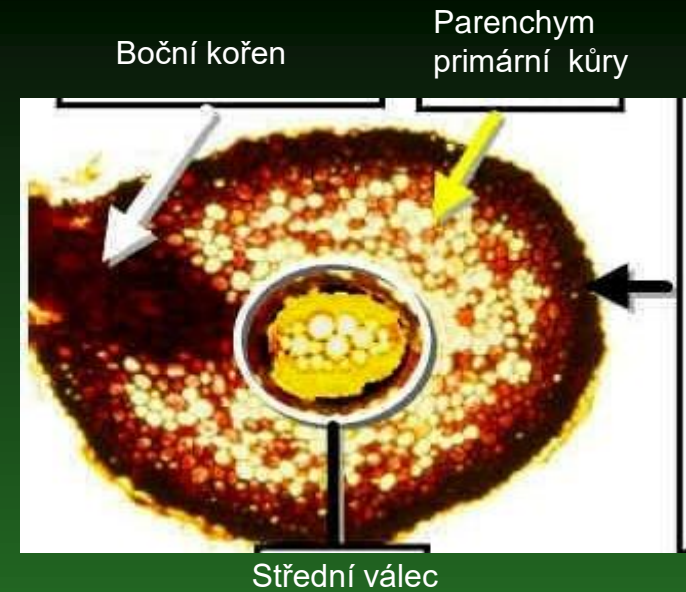
četné
paralelní
jizvy



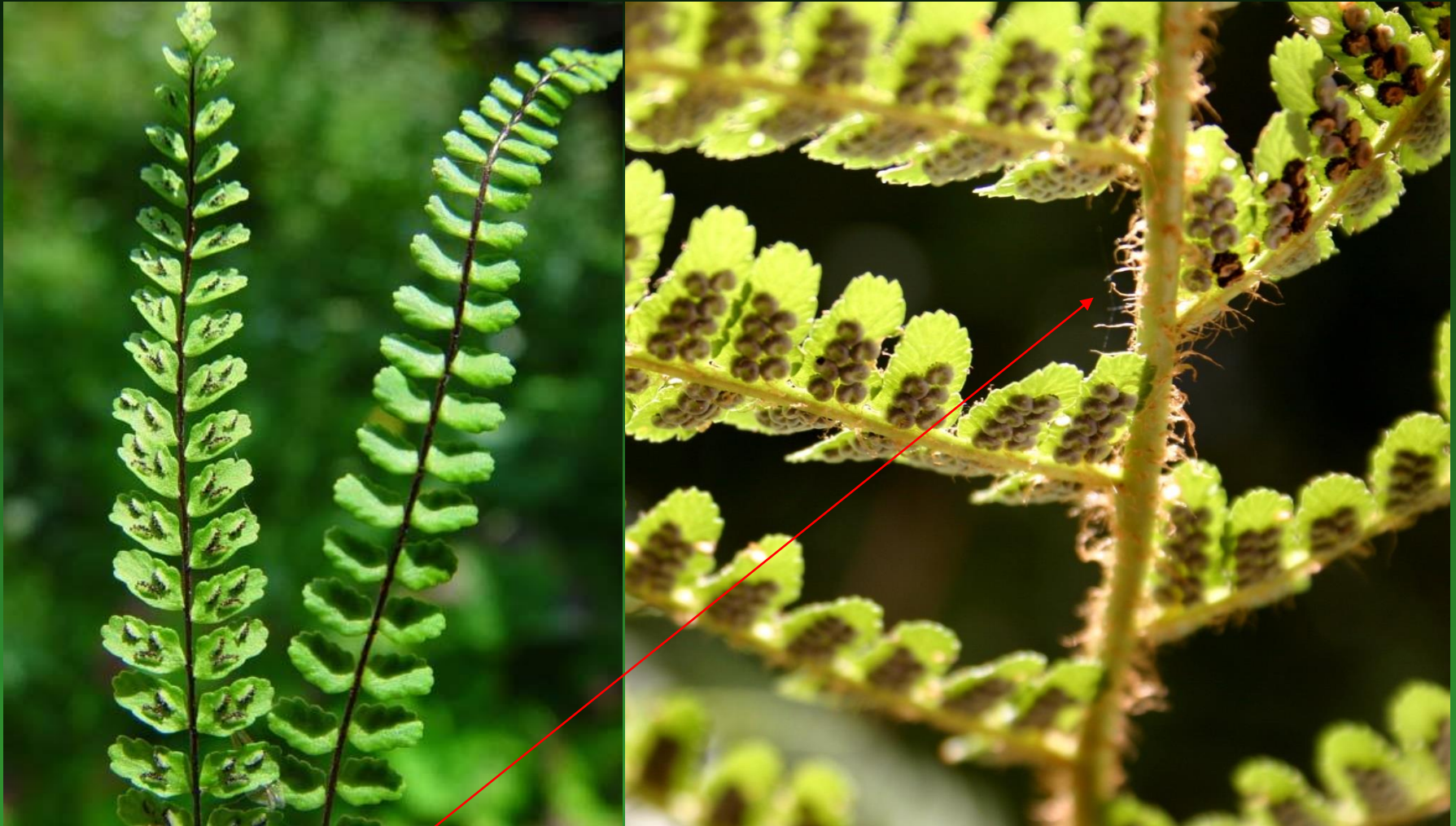
diktyostélé

Kořeny - vyrůstají na oddenku nebo na nadzemních stolonech

Vodivé elementy kořenů **aktinostélé**
monoarchní až polyarchní

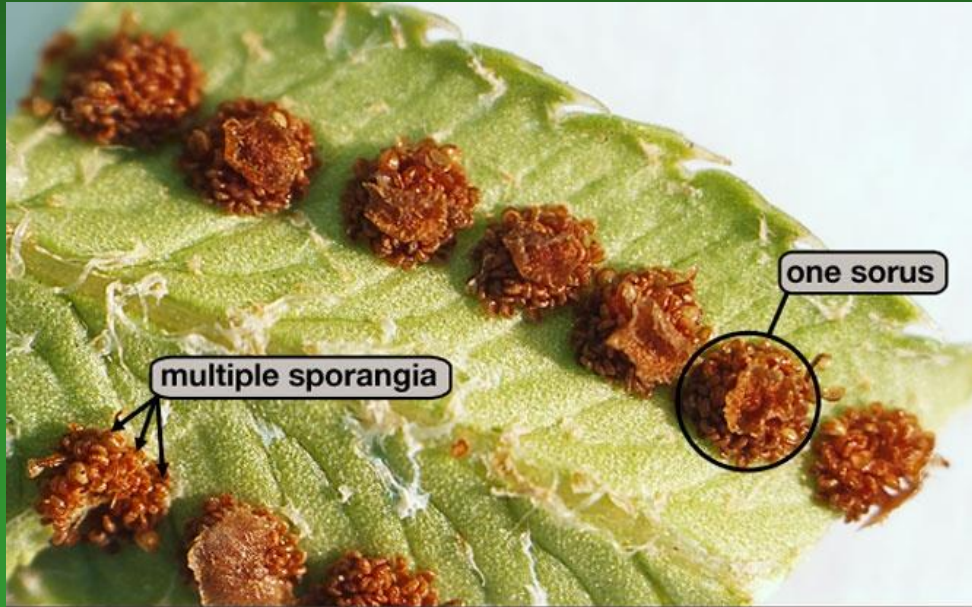
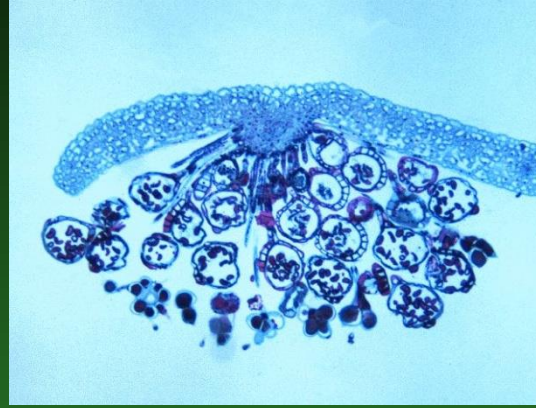


Sporangia na spodní straně listů, nikdy ne ve strobilech!



Pleviny (paleae) = šupinovitě blanité trichomy žlutavé, rezavé, hnědé až černé barvy

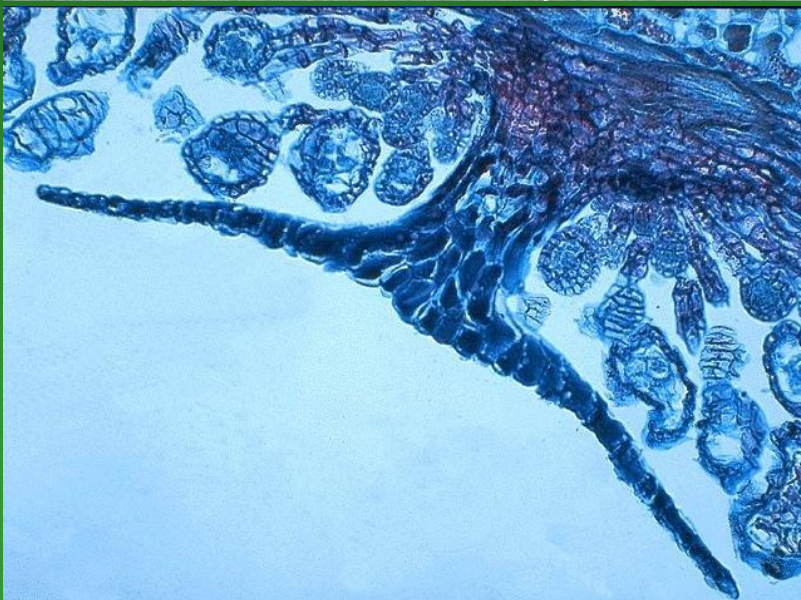
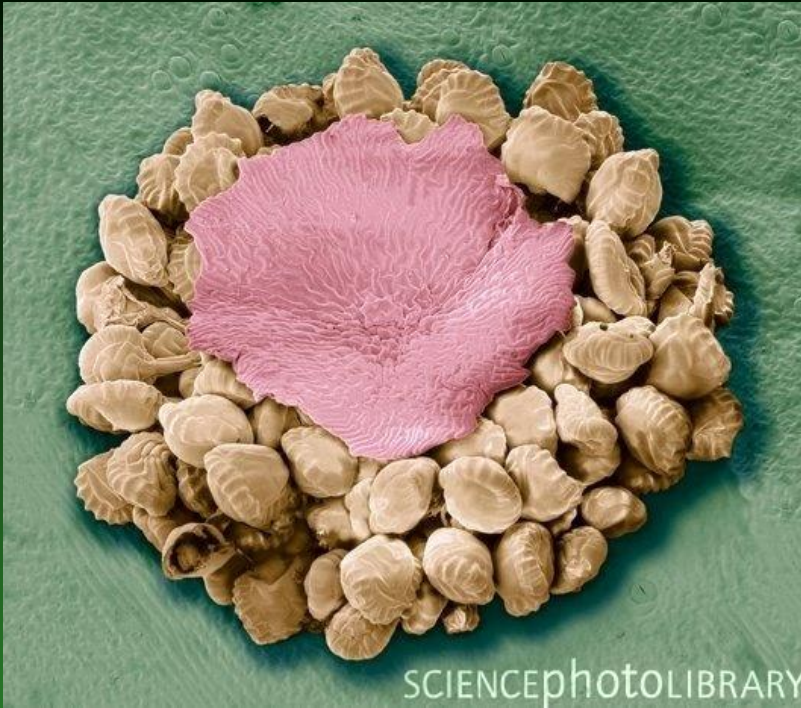
Sporangia ve shlucích - sorech; slévají-li se sory na větší ploše, mluvíme o coenosorech, volná (nikdy nesrostlá v synangia)



Fern sori on the underside of a frond

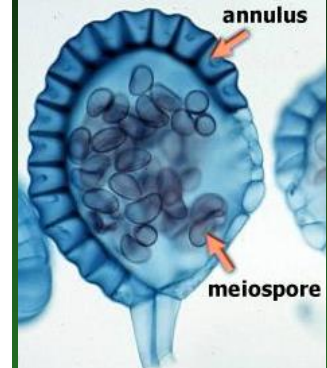
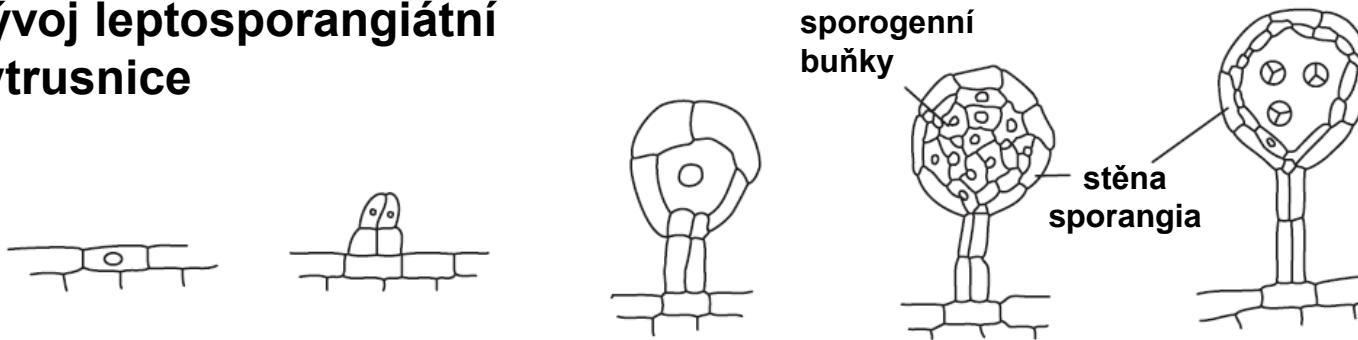


Sory někdy kryje ostěra
(= indusium)

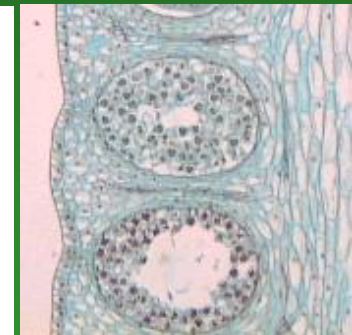
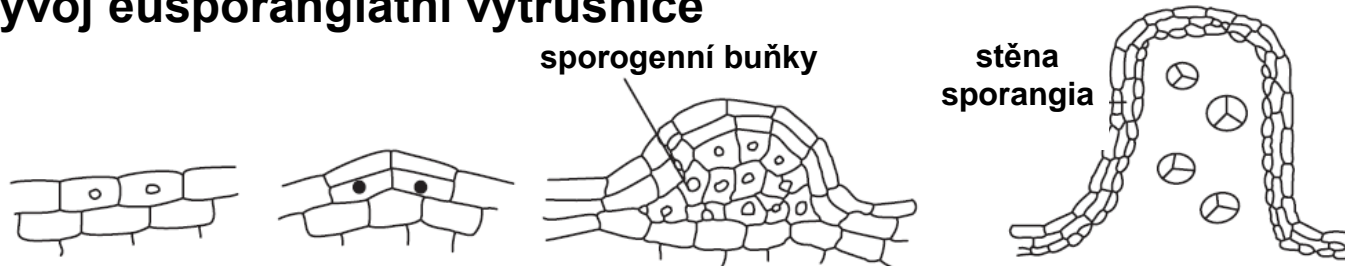


Sporangia **leptosporangiátní** = tentostěnná (1 vrstva buněk)
diferencují se vně pletiva (**eusporangiátní** dovnitř pletiva)

Vývoj leptosporangiátní výtrusnice



Vývoj eusporangiátní výtrusnice



Ophioglossum

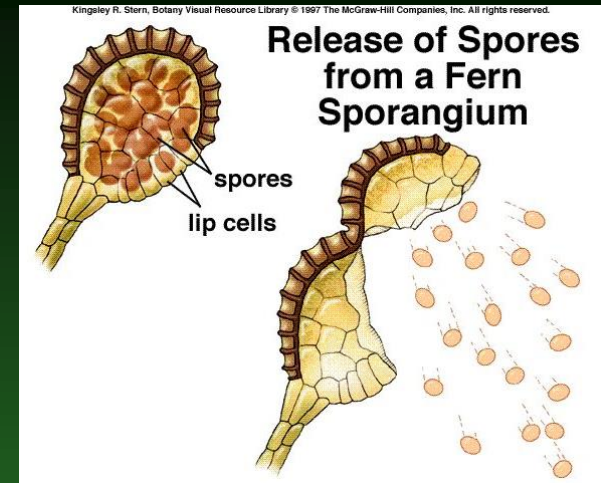
leptosporangiátní sporangia většinou obsahují

64 spór = 4x mitóza + 1 meióza (nebo méně)

Prstenec (= annulus) je řada buněk na kýlu sporangia

1. Otvírá a zavírá sporangia
2. Katapultuje spory

Prstencové buňky mají ztlustou vnitřní stěnu a stěnu se sousední prstencovou buňkou



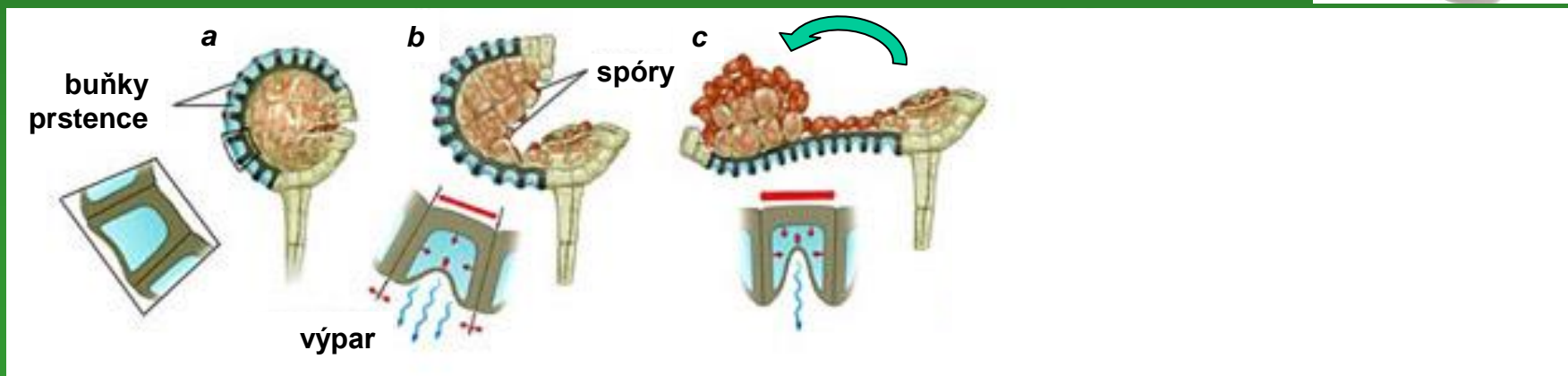
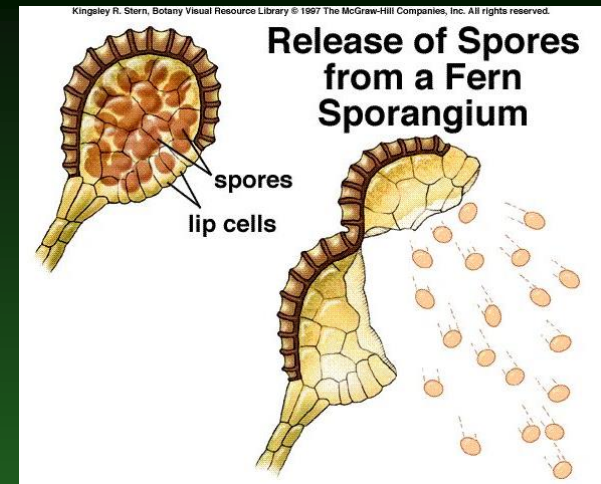
Prstenec (= annulus) je řada buněk na kýlu sporangia

1. Otvírá a zavírá sporangia
2. Katapultuje spory

Prstencové buňky mají ztlustou vnitřní stěnu a stěnu se sousední prstencovou buňkou

V suchém počasí:

1. Natahování katapultu: vysycháním buňky prstence zmenšují objem – jejich vnější stěna se deformuje – prstenec se prohýbá – sporangium se pomalu otvírá – protitlak vnitřních stěn buněk annulu narůstá – katapult se natahuje (celé trvá několik sekund)



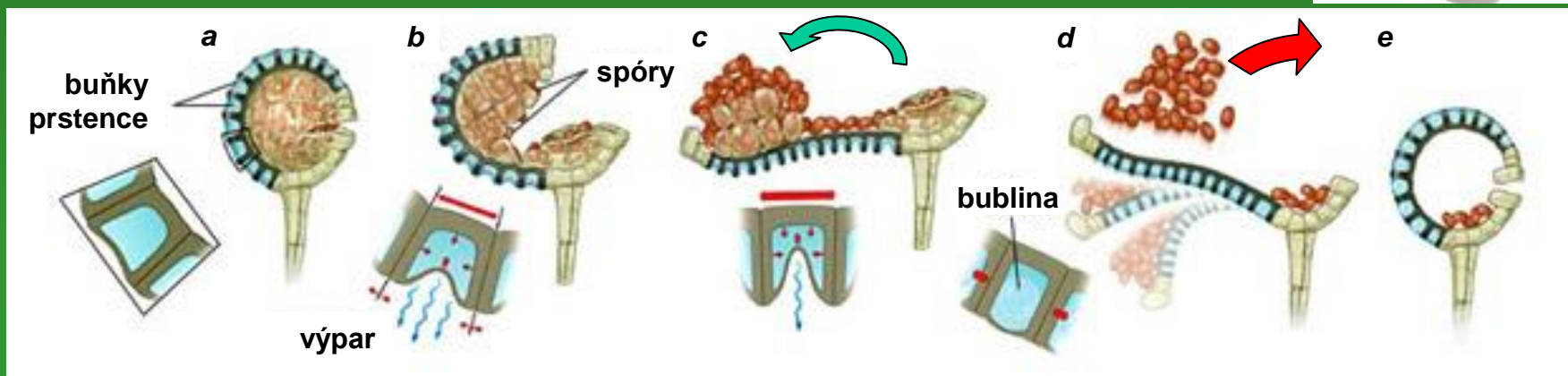
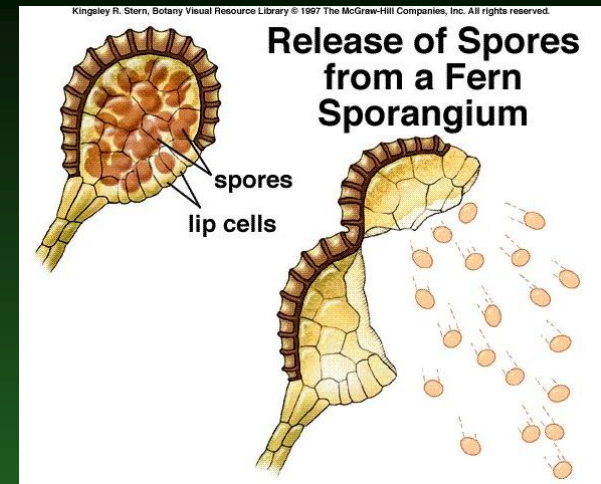
Prstenec (= annulus) je řada buněk na kýlu sporangia

1. Otvírá a zavírá sporangia
2. Katapultuje spory

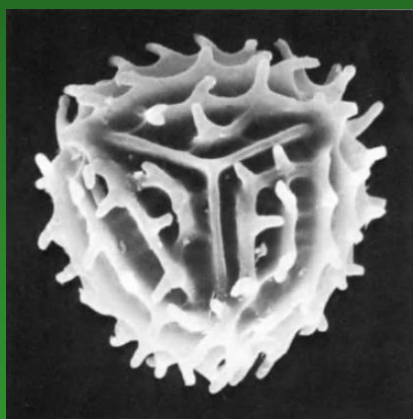
Prstencové buňky mají ztlustlou vnitřní stěnu a stěnu se sousední prstencovou buňkou

V suchém počasí:

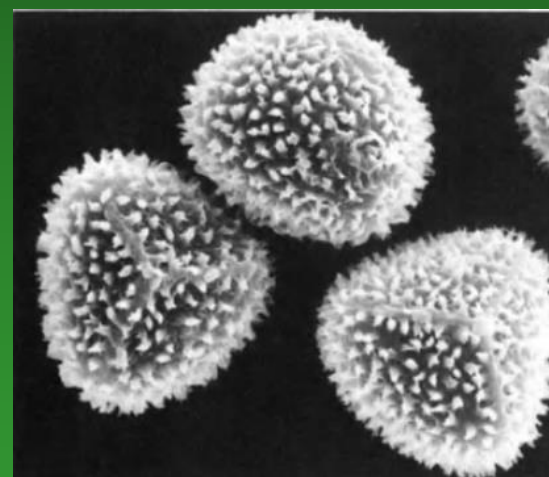
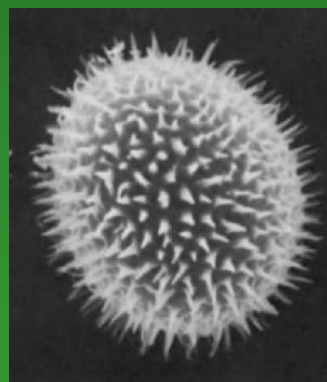
1. **Natahování katapultu**: vysycháním buňky prstence zmenšují objem – jejich vnější stěna se deformuje – prstenec se prohýbá – sporangium se pomalu otvírá – protitlak vnitřních stěn buněk annulu narůstá – katapult se natahuje (celé trvá několik sekund)
2. **Výstřel** = kavitační kolaps vyplní buňky vzduchem – buňky dostanou původní tvar a tak vrátí prstenec prudce do původní polohy – spory jsou během okamžiku katapultovány (rychlostí ca 10 m/s) – sporangium se zavře



Spory nezelené, monoletní, fazolovitého tvaru, hladké, řidčeji triletní

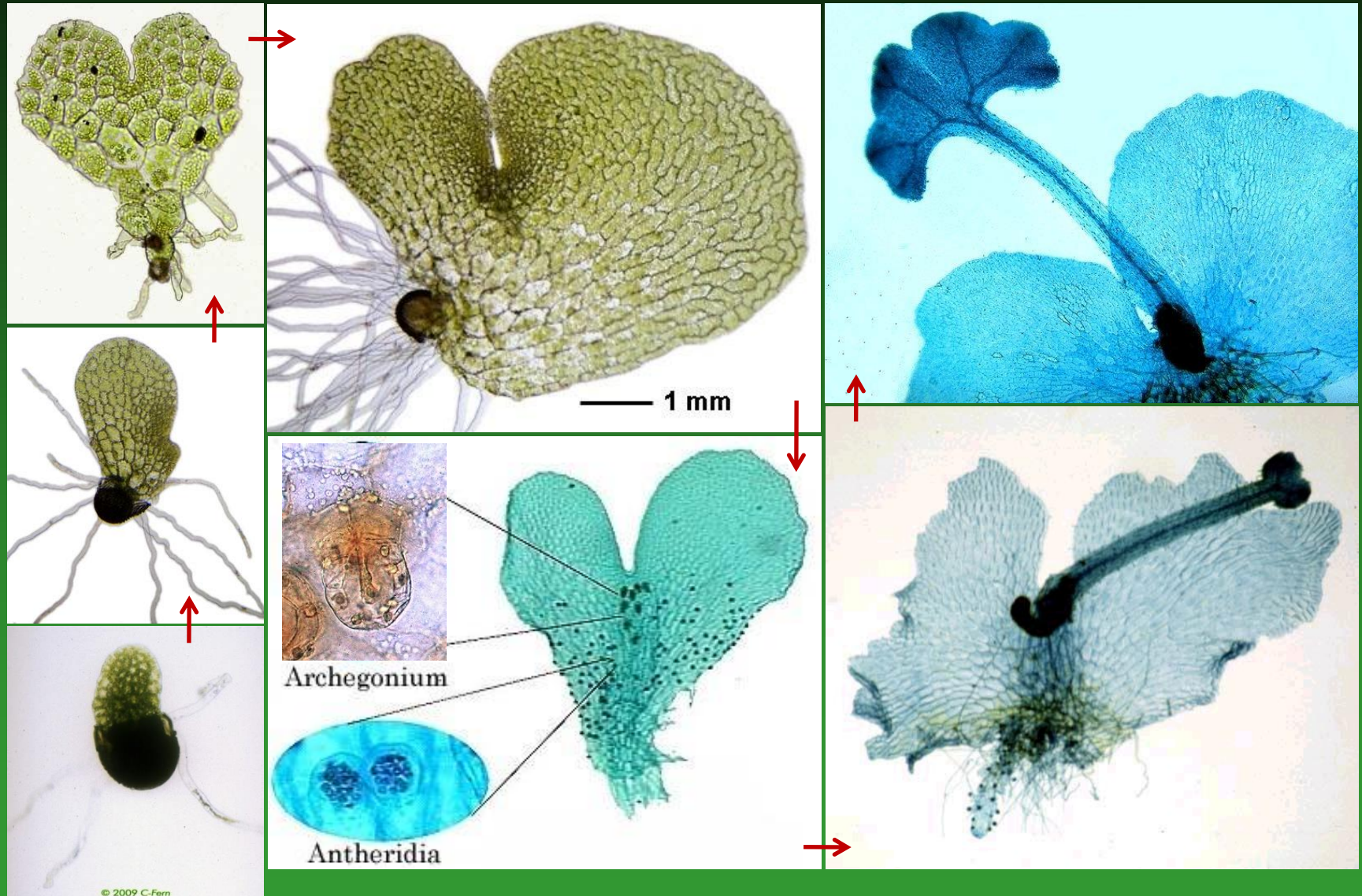


Někdy s háčkovitými útvary připomínajícími entomogamní pyl



Výrůstky = šíření více spór pohromadě jako u přesliček

Gametofyt (prothalamium) – nadzemní, zelený, obvykle srdčitého tvaru, jednovrstevvý, na bázi vícevrstevný s rhizoidy a gametangii, často krátkověký

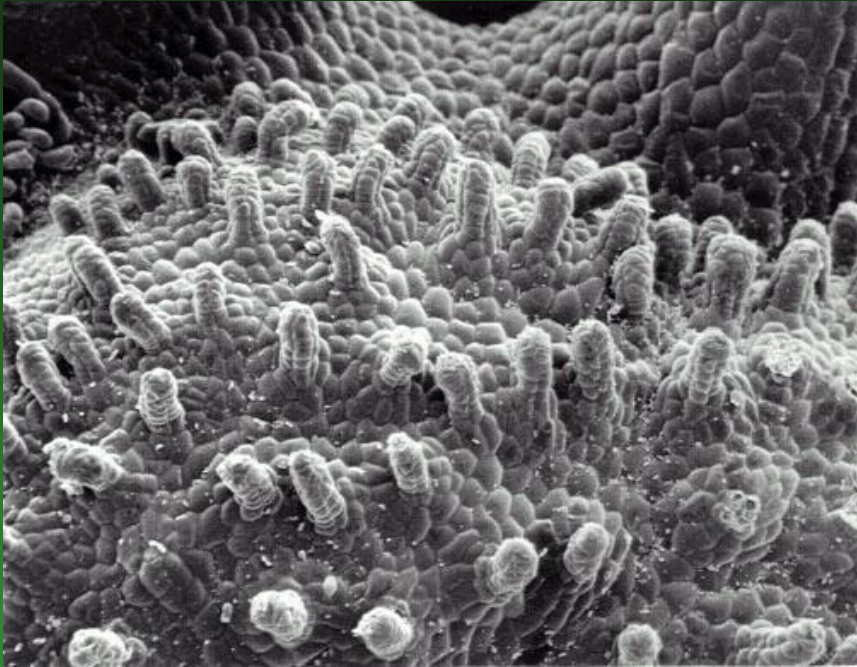


Gametofyt (prothalamium) – vlhká půda a skály, často pospolitě, či mezi mechem

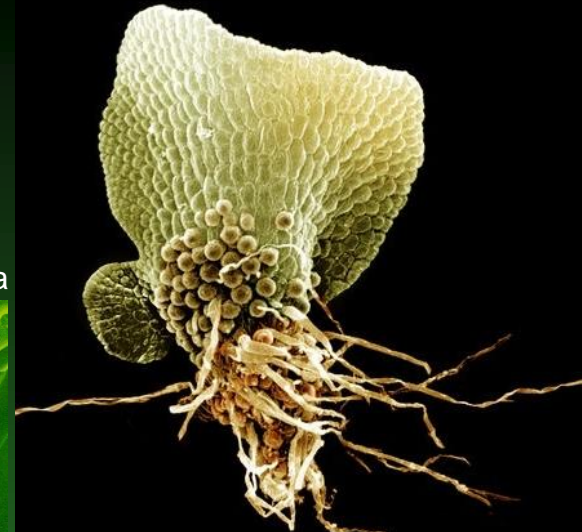


Gametangia – neponořená (antheridia), nebo slabě ponořená (archegonia) do pletiva báze; spermatozoidy polyciliární (často po 32 v antheridiu)

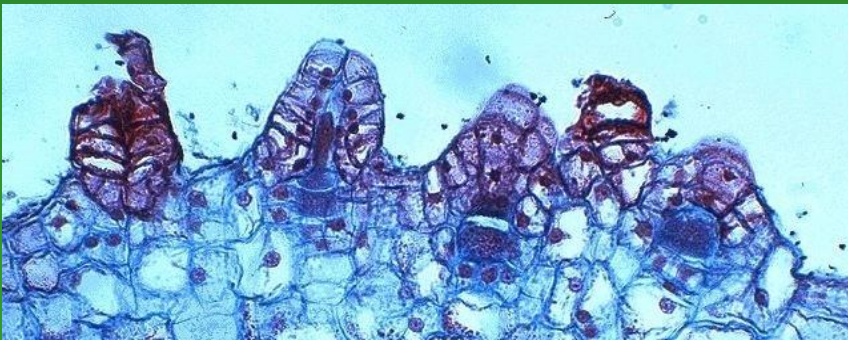
archegonia



antheridia



SCIENCEPHOTOLIBRARY



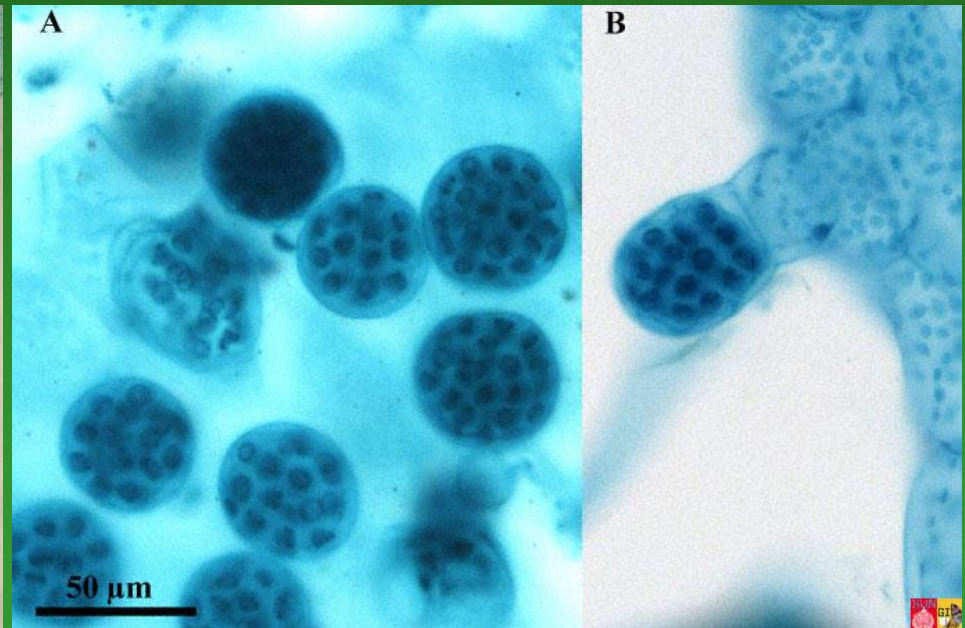
Prothalia – primárně oboupohlavná, druhotně často jedнопohlavná

Nejpokročilejší prothallium pomocí fytohormonů (antheridiogenů ze skupiny giberelinů) – ovlivní ostatní tak aby tvořila jen antheridia

= prevence inbrední deprese, která by při samooplození v rámci jednoho gametofytu byla daleko razantnější, než při samooplození u krytosemenných. (Jiný typ prevence = protandrie = antheridia dřív dozrají)

Důvod: gametofyt nepodstupuje při tvorbě gamet meiozi, nedochází k segregaci a všechny jím vytvořené gamety jsou geneticky identické

Fern Prothallium (Gametophyte) Fertilization X 40



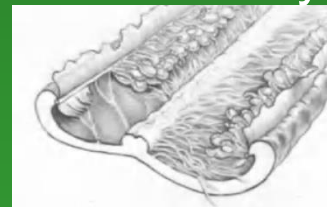
Pteridium aquilinum - hasivka orličí - naše největší kapradina (listy až 2.5 m dlouhé) světlejší stanoviště, celkově kosmopolitní rozšíření, jedovatá - kyanogenní sloučeniny.



Coenosory kryté podvinutým krajem listu a tenkým lištovitým indusiem



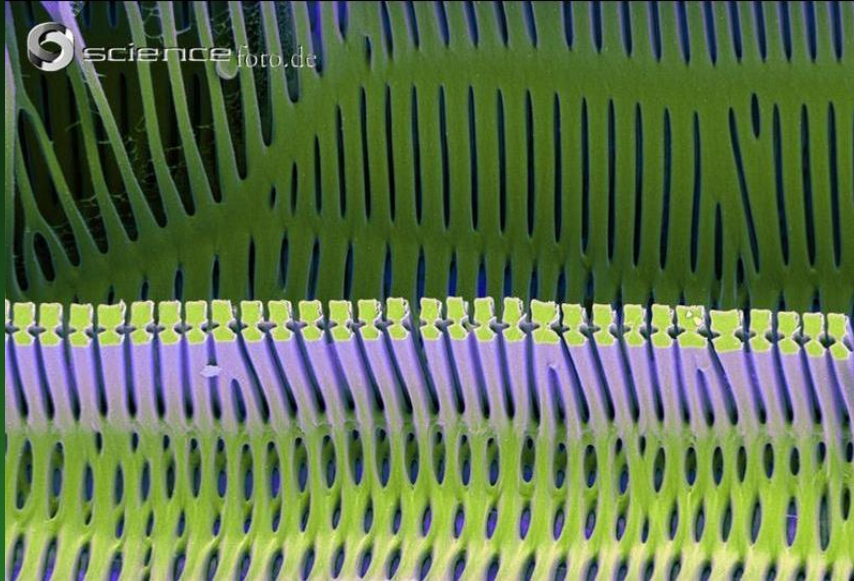
Spóry triletní



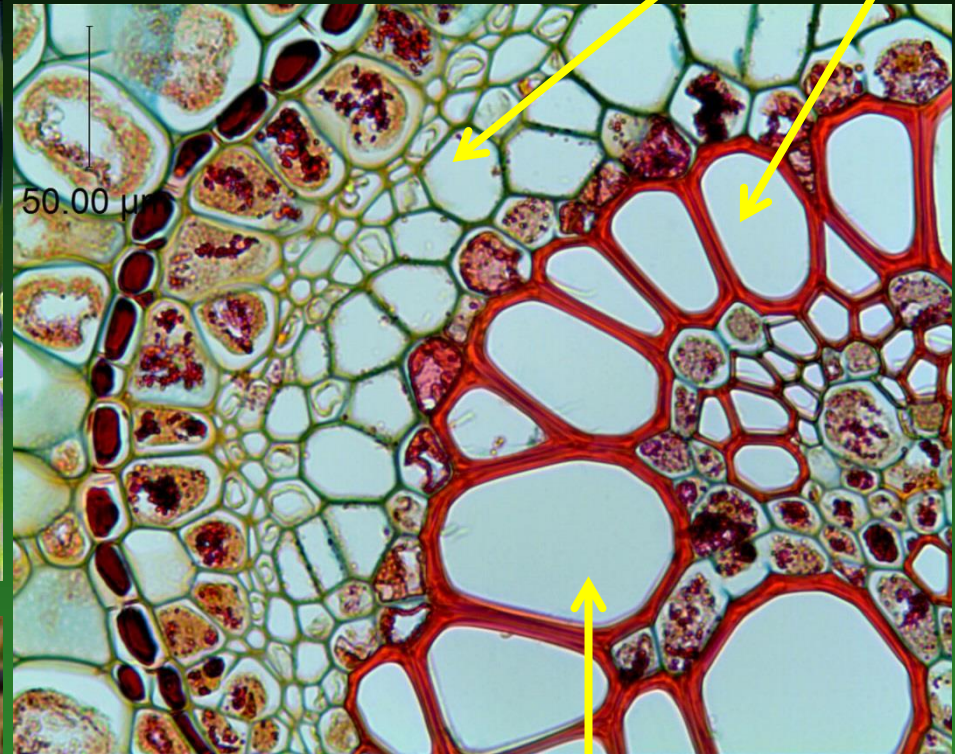
Dennstaedtiaceae (170 druhů hlavně tropy)

Pteridium aquilinum – vyvinuly se u ní tracheje !

floem xylem



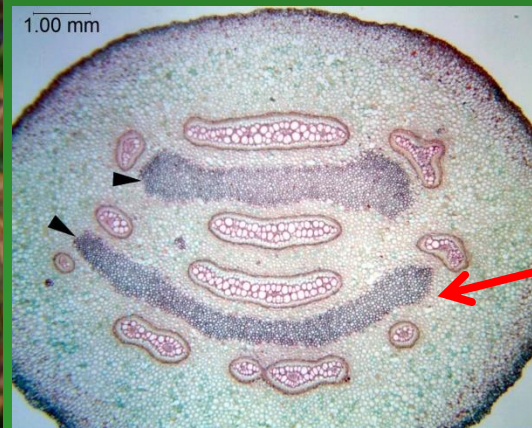
(c) G. Wanner, Ludwig Maximilian University, Munich, Germany



© 2012 by Mihai Costea



© T. Abe Lloyd



© 2012 by Mihai Costea

Tracheje na příčném řezu oddenkem *Pteridium aquilinum*

sklerenchymatické fibrily

terminální a boční perforace se liší jen málo

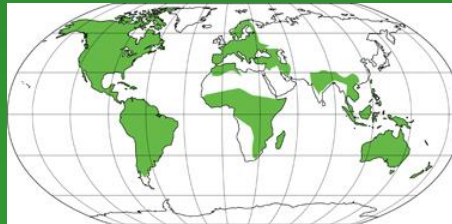


Notholaena (*Paraceterach*)

marantae - podmrška jižní zasahuje k nám ze Středomoří na hadcových skalách u Mohelna a v Čes. Krasu. Kožovité přezimující listy, na rubu hustě rezavě plevinaté.



Hadcová step u Mohelna



Pteridaceae
(950 druhů hlavně tropy)

Do stejné čeledi *Pteridaceae* patří také

Anogramma leptophylla

– hojný v subtropích a mírném pásmu, např. ve Středozeří – „**mechorostový**“ **životní cyklus**

sporofyt - žije krátce, obvykle 1 sezónu

samičí gametofyt - má hlízkku a žije několik let !

z hlízkky žije částečně i mladý sporofyt !



Ann. Bot. Fennici 48: 465–472 ISSN 0003-3847 (print) ISSN 1797-2442 (online)
Helsinki 30 December 2011 © Finnish Zoological and Botanical Publishing Board 2011

Gametophyte features in a peculiar annual fern,
Anogramma leptophylla

Emilia Pangua*, Isabel Pérez-Ruzafa & Santiago Pajarón



Fig. 1. Photograph of an *Anogramma leptophylla* prothallium with a well developed tubercle. Bar = 1 mm.



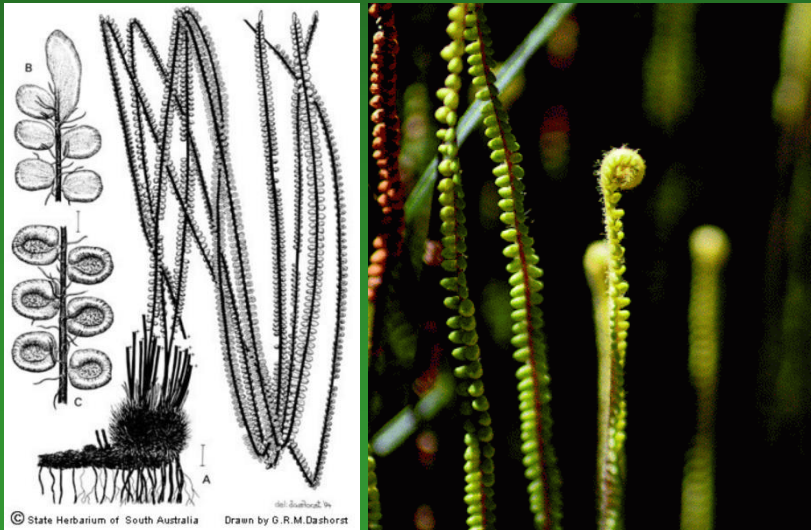
Do stejné čeledi *Pteridaceae* patří také australská
Platyzoma microphyllum

pseudo**heterosporická** leptosporangiátní kaprad'

2 velikosti spór:

velké (175 μm – 16 / sporangium) → samčí prothalia

malé (85 μm – 32 / sporangium) → protogynická
 hermafroditní prothalia

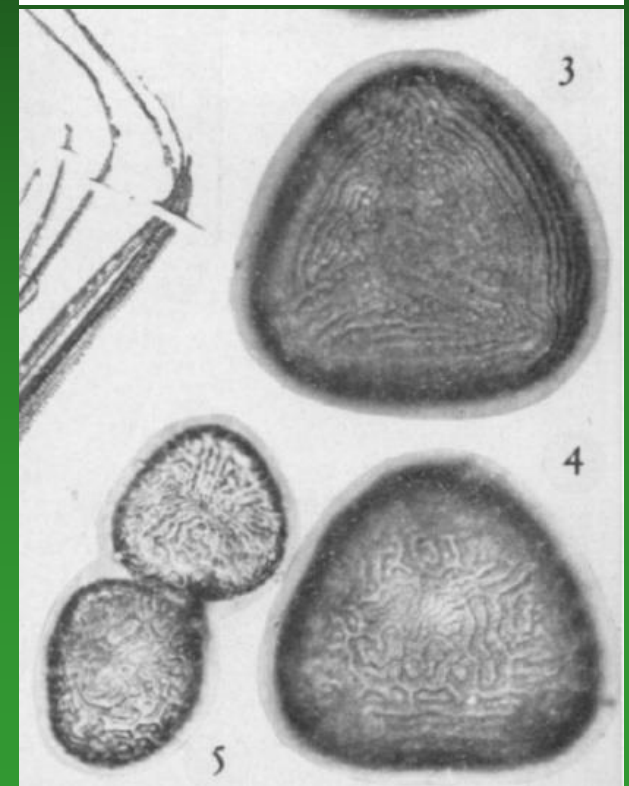


Amer. Jour. Bot. 51(9): 939-942. 1964.

PLATYZOMA—A QUEENSLAND FERN WITH INCIPIENT HETEROSPORY!

ALICE F. TRYON

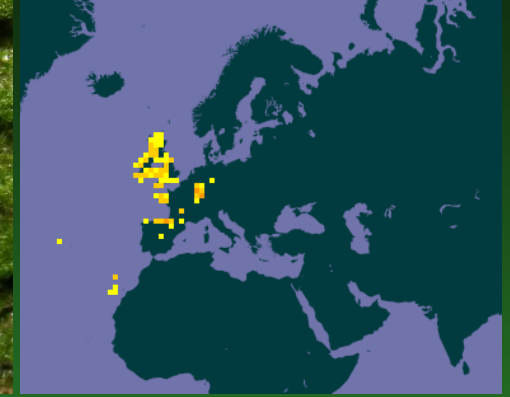
Gray Herbarium, Harvard University, Cambridge, Massachusetts



Trichomanes speciosum – atlantský druh – u nás jen vlhké
pískovcové skály Česko-saského Švýcarska – jen vláknité (!)
gametofyty. Sporofytní listy jednovrstevné bez průduchů.



gametofyt připomíná
vláknité protonema
mechorostů



čel. *Hymenophyllaceae*

Nephrolepis exaltata - nejčastěji u nás pěstovaná pokojová kapradina, dobře snáší suchý vzduch panelových bytů. Původně epifyt tropických oblastí. Okrouhlá induzia.

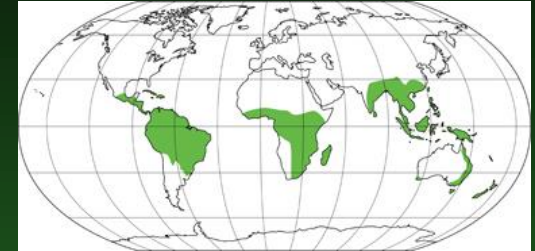


© Jardín Mandani ©

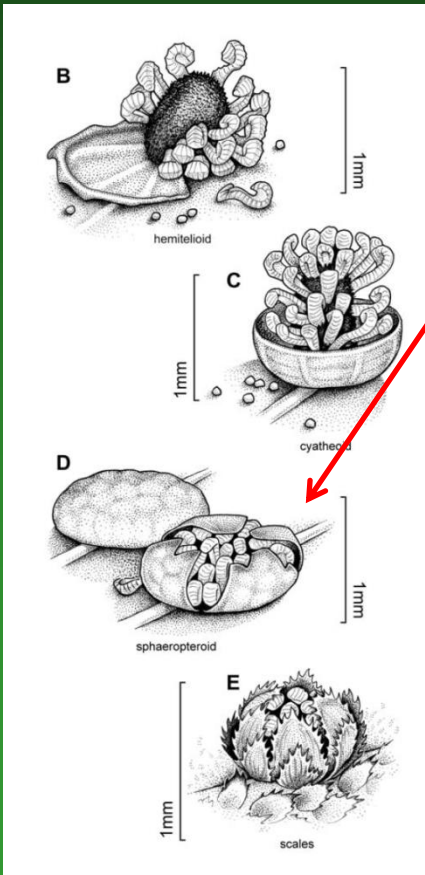


Nephrolepidaceae
– tropické epifyty

Recentní stromové kapradiny (až 20 m vys.) patří k rodům **Dicksonia** (Dicksoniaceae - 30 druhů) a **Cyathea** (Cyatheaceae - 600 druhů)

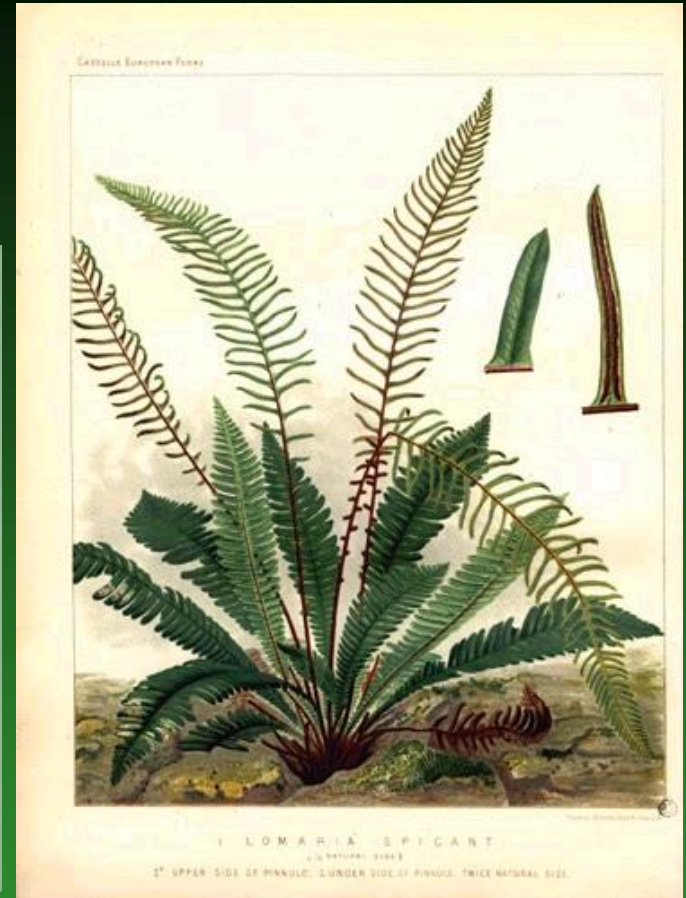


- kmen nevětvený, štíhlý, pokrytý trichomy
- listy až 3 m dlouhé, vícenásobně zpeřené.
- sporangia v sořech krytá ostěrami (miskovitými, „tortillózními“, až „hlávkovo-zelíoidními“)
- i zde klasická krátkověká srdčitá prothalia



Blechnum spicant - žebrovice různolistá

- u nás horské lesy
- dimorfní listy
(trofofyly a trofosporofyly)
- výtrusnice v coenosorech
podél žilky úkrojků

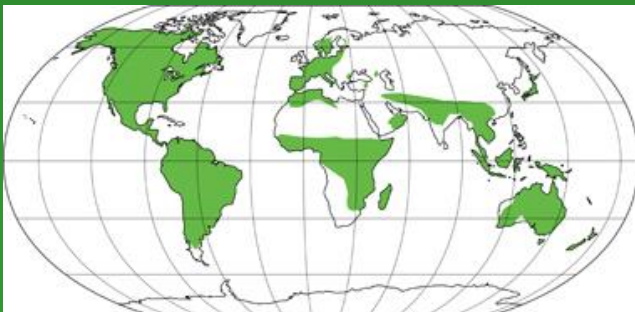


Blechnaceae –
200 druhů
hlavně tropy

stromové
Blechnum cycadifolium
na ostrově Juan
Fernandes



Phegopteris connectilis -
bukovinec osladičovitý roste u
nás často v bukových lesích



Thelypteridaceae – 950 druhů
hlavně tropy

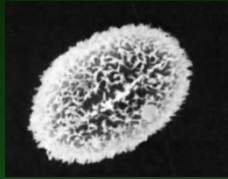
Athyrium filix-femina - papratka samičí

Nejhojnější kapradina našich lesů. Čárkovité sori s lištovitým indusiem



Athyriaceae - hlavně tropy, u nás jen papratka

Cystopteris fragilis - puchýřník křehký častý na skalách a zdech



Cystopteridaceae - u nás 2 rody, oválné sori na žilkách s malým šupinovitým induziem nebo bez



Gymnocarpium dryopteris
bukovník kaprad'ovitý častý v
bukových lesích
Induzium chybí

Cystopteridaceae



Pěstovaný *Matteucia struthiopteris* - pérovník pštrosí s listy výrazně rozlišenými na trofofyly a sporofyly (Preslové mu říkali peropušník)



Onocleaceae – 5 druhů hlavně v mírném pásu sev. polokoule

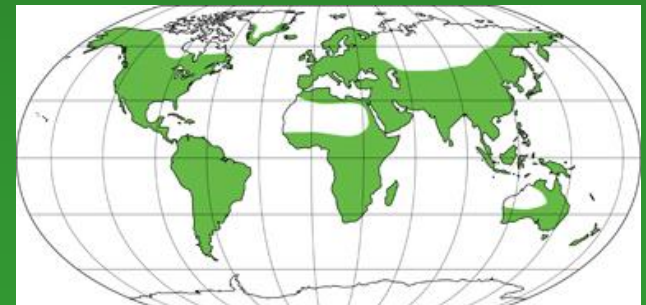
Asplenium trichomanes

pensum

sleziník červený – na různých
skalních substrátech hojně



Aspleniaceae – 700
druhů

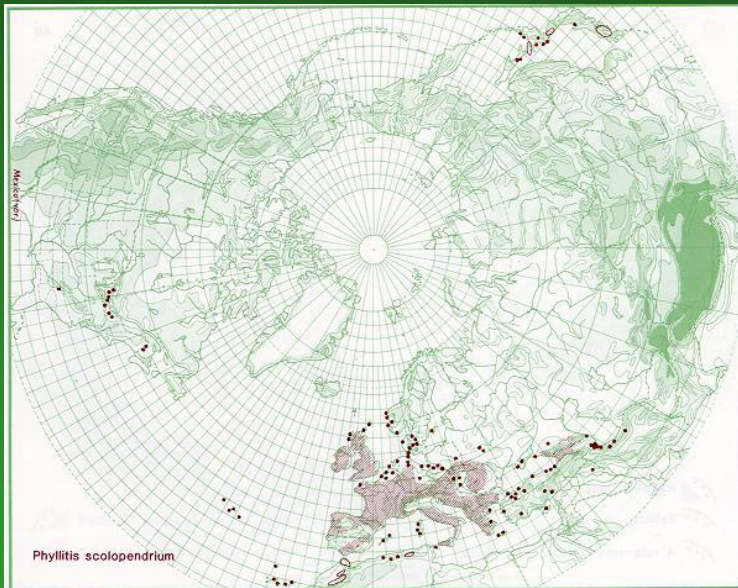


Asplenium ruta-muraria - sleziník routička zední –
vápencové skály a zdi



Aspleniaceae

Velmi vzácný je u nás
Phyllitis scolopendrium -
jelení jazyk celolistý (vzácně
např. v Mor. Krasu) s
celistvými listy a čárkovitými
coenosory



Aspleniaceae

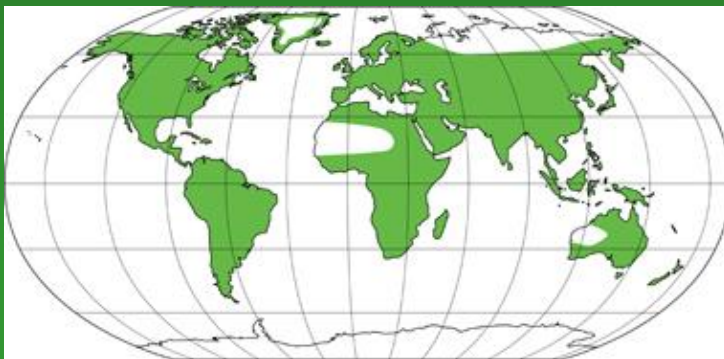


Dryopteris filix-mas

pensum

kaprad' samec

- hojná v lesích
- ledvinitá indusia = znak rodu *Dryopteris*



Dryopteridaceae – 1700 druhů



Kaprad' samec v minulosti léčivka

(Proti střevním hlístům a tasemnicím,
příp. jako prostředek na zahánění
d'ábla, později v peřinách jako
odpuzovač blech)

Celá rostlina jedovatá - těžké otravy -
zvracení, křeče, žluté vidění, poruchy
dechu, bezvědomí, smrt.

Při vyléčení často trvalá slepota =
důsledek dlouhotrvajících křečí
sítnicových cév



Dryopteris carthusiana
pensum
kaprad' osténkatá



Polypodium vulgare - osladič obecný
 na skalách hojně

okrouhlé sori
 bez induzií
 na jednoduchých
 úkrojcích
 ve 2 řadách

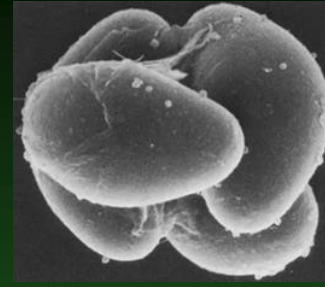
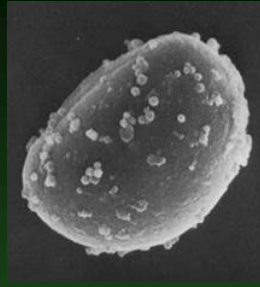


Polypodiaceae – 1200 druhů

Do čel. *Polypodiaceae* patří také tropické epifyty z rodu *Platynerium* - parožnatka se zajímavě heterofylními listy. Pěstovány ve sklenicích a někdy i v bytech.



Do čel. *Polypodiaceae* patří i tropické epifyty z rodu ***Lecanopteris*** rostoucí v Indonézii. Jejich oddenky jsou duté a poskytují místo pro kolonie mravenců, kteří konzumují a rozšiřují jejich tukem bohaté lepkavé spóry



© Andreas Wistuba

2. řád *Salviniales*



heterosporické leptosporangiátní vodní a bahenní kapradiny
zahrnující 3 čeledi *Marsileaceae*, *Salviniaceae* a
Azollaceae

***Marsileaceae* – marsilkovité**

v půdě **kořenující** byliny

horizontální plazivý oddenek

listy - šídlovité nebo

- s plochou čepelí - 2 nebo 4 čtne s dlouhým řapíkem

sporangia – leptosporangiátní ale **hetrosporická**

shluky sporangií sori – uzavřené v přeměněných listových úkrojcích – **ve**
sporokarpech – oválného nebo kulovitého tvaru

v jednom sporokarpu jsou mega- i mikrosporangia,

prothalia se vyvíjejí uvnitř spór

jako sporokarpium přečkává rostlina nepříznivé podmínky



Marsileaceae – marsilkovité

bahenní a vodní v půdě kořenující
byliny

kořeny i stonky s provětrávacími
dutinami

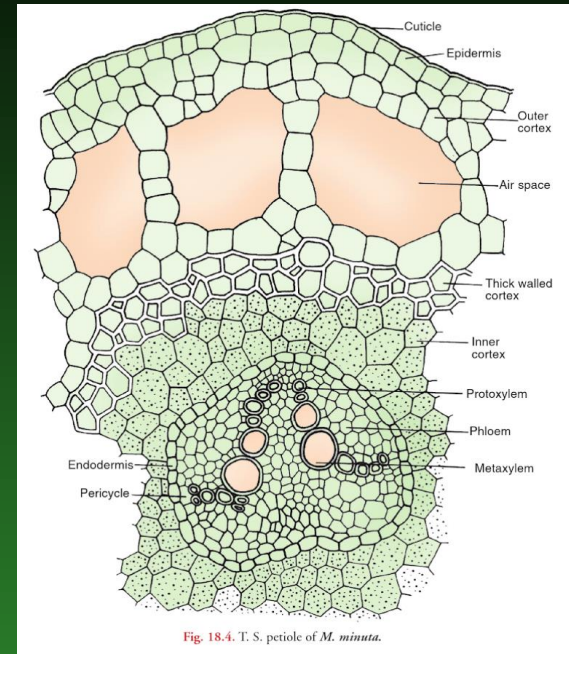


Fig. 18.4. T.S. petiole of *M. minuta*.

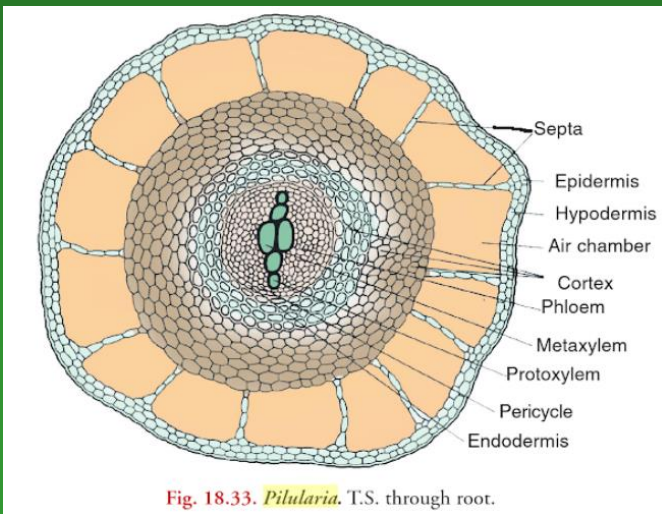


Fig. 18.33. *Pilularia*. T.S. through root.

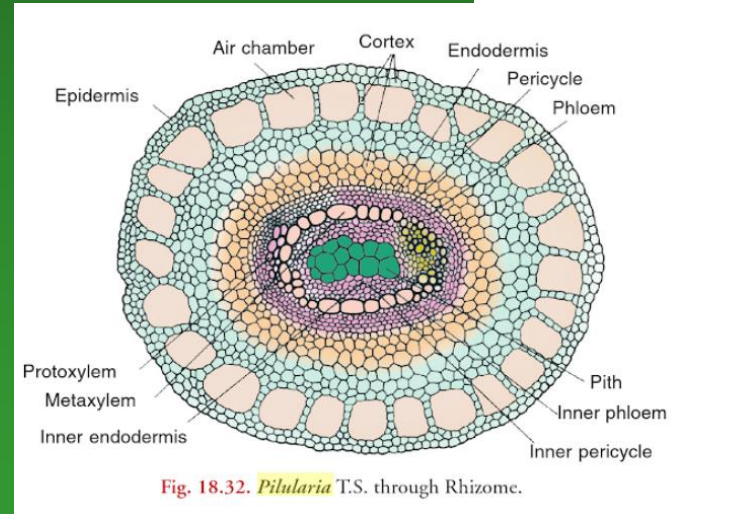


Fig. 18.32. *Pilularia* T.S. through Rhizome.

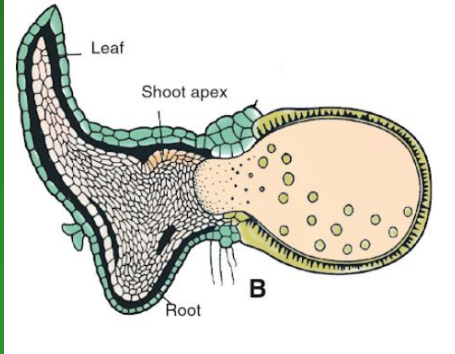
Marsileaceae - marsilkovité (75 druhů)

U nás jen velmi vzácně
- *Pilularia globulifera* - míčovka kulkonosná
s šídlovitými listy, kdysi vzácně na Třeboňsku.
Na Slovensku vzácně tam, kde byla nebo jsou
rýžová pole.





© - josef hlasek
www.hlasek.com
Ptilularia globulifera aj0699



dospělé
megaprothalam
s mladým
sporofytem



Dnes v u nás jediná lokalita – ryb.
Karhov u Studené v Jihlavských vrších
– objevena r. 2007

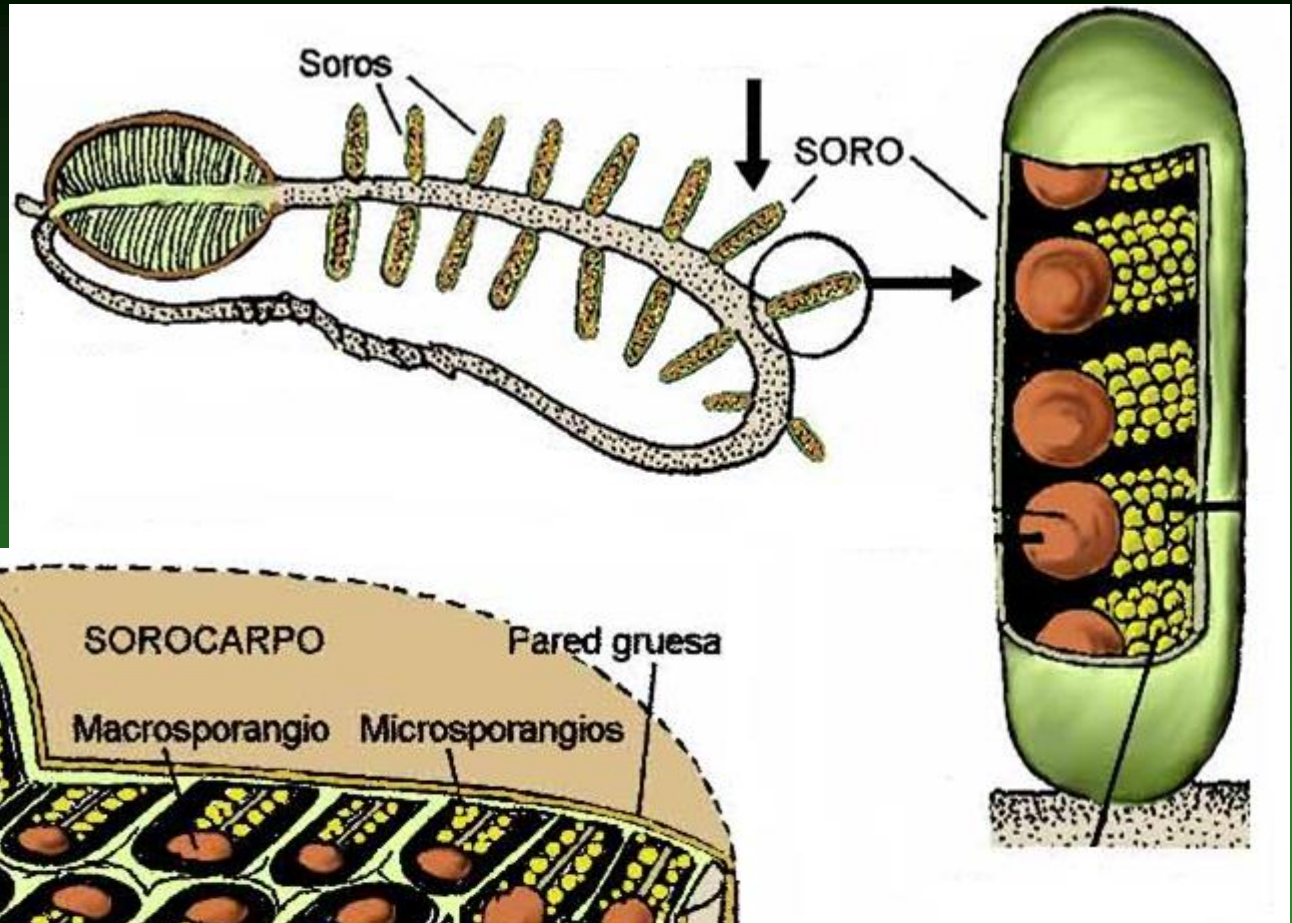
Marsilea quadrifolia - marsilka čtyřlistá

velmi vzácná bahenní rostlina s dlouze
řapíkatými čtyřčetnými listy; na JV Slovensku



Otevřený sporokarp

marsilky se sory na sliznaté stopce soroforu



zapouzdřené sory nesou megasporangia s jedinou megaspórou a mikrosporangia s 64 spórami

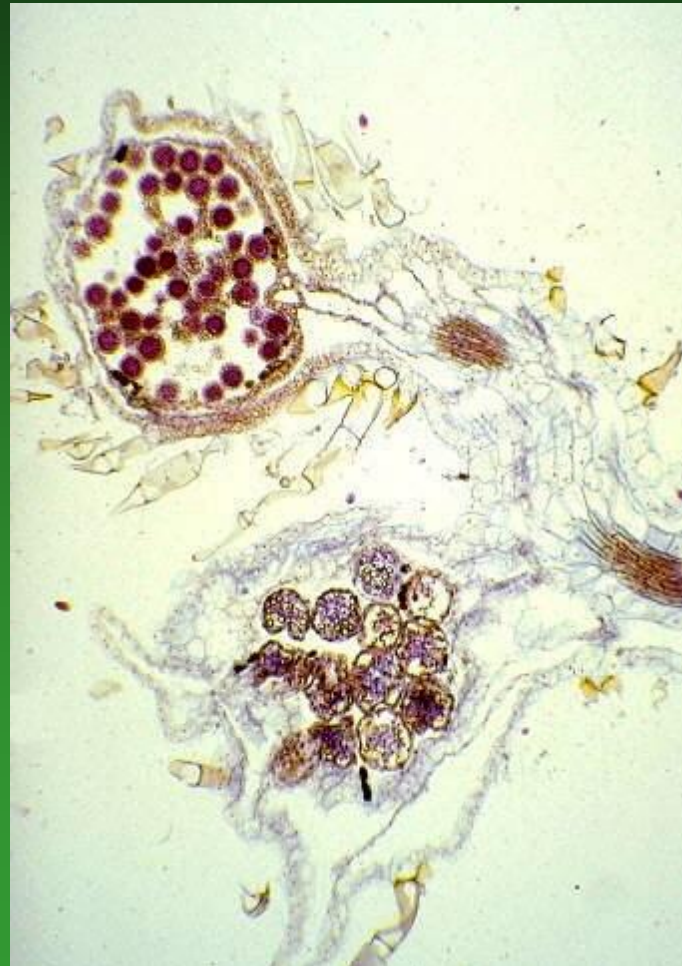
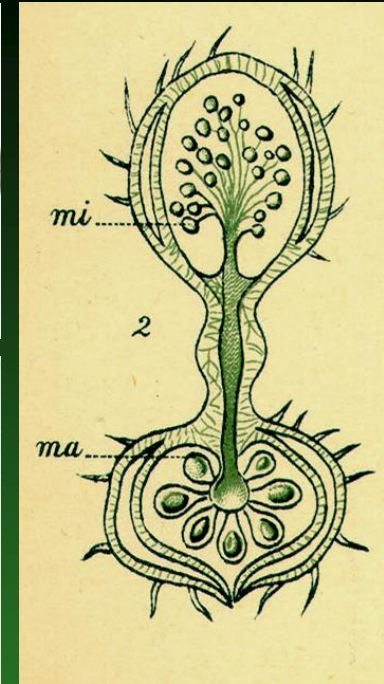
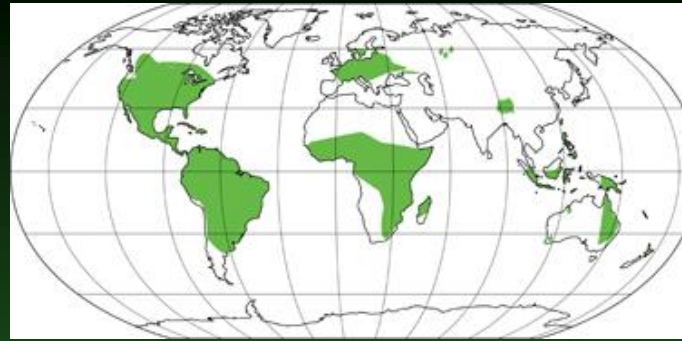
Salviniaceae – nepukalkovité (16 druhů)

jednoleté, na hladině plovoucí

heterosporické

sporangia v jednopohlavných
indusiem obalených sorech

(= v jednom soru buď jen mikro-
nebo jen megasporangia)

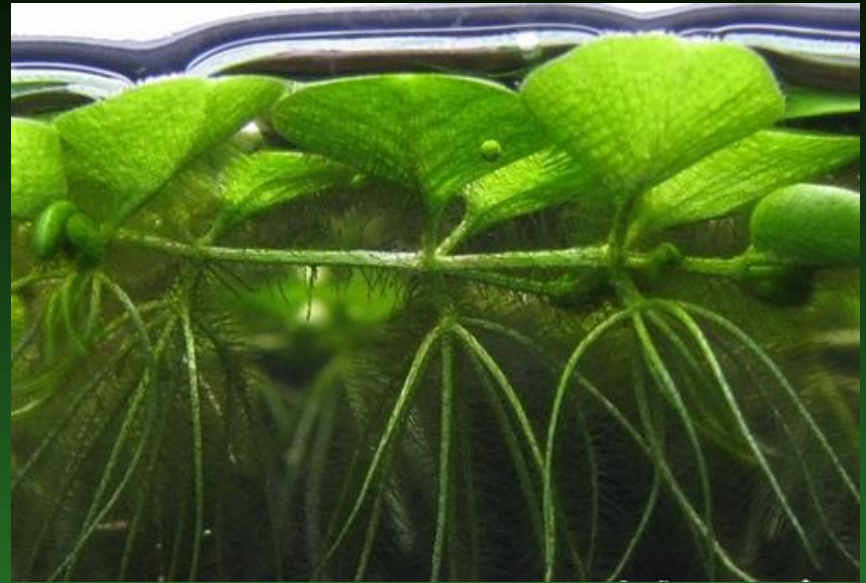


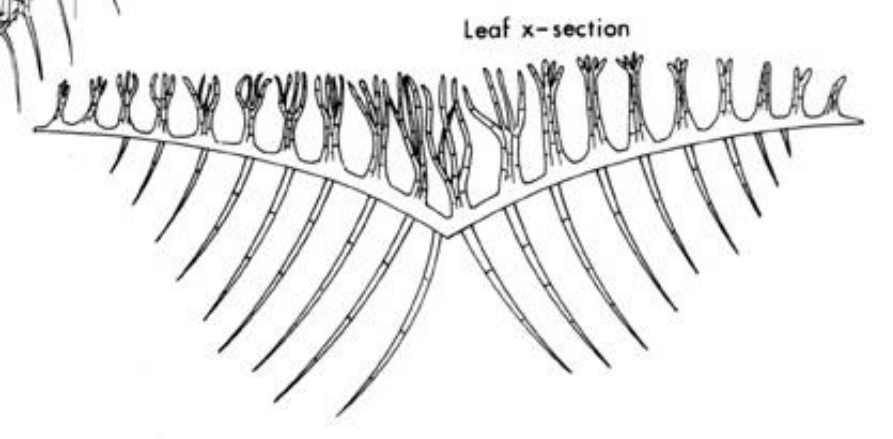
U nás jen *Salvinia natans* - nepukalka vzplývající

jednoletá rostlina s plovoucím stonkem,
listy v „trojčetných“ přeslenech - 2 listy
vegetativní, zbývající jeden je přeměněn
ve svazek dlouhých do vody visících
vláken, jež mají funkci kořenů,
vytvářejíce i vlášení

kořen = přeměněný list

čel. *Salviniaceae* -
nepukalkovité
(celosvětově 1/25)





Listy - kryty nesmáčivými trichomy, bez průduchů



Sporokarpy = sorofory – členěné,
indusia se vzduchovými dutinami uzavírají buď
mega-, nebo mikrosory

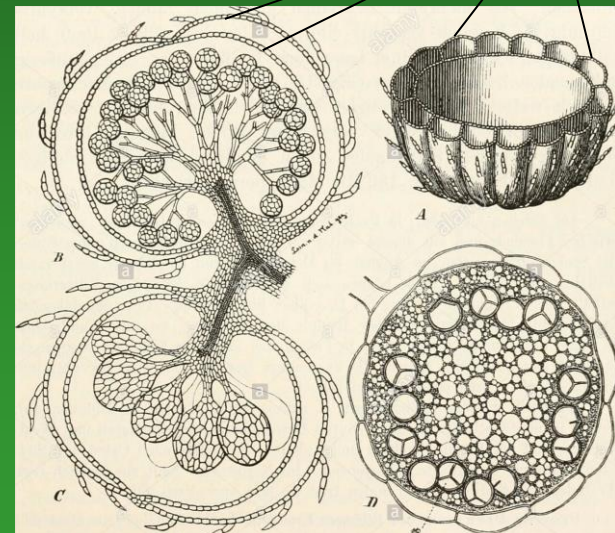
Megaspory – 75 µm
32 / megasporangium

Mikrospory – 20 µm
64 / mikrosporangium

sporokarp

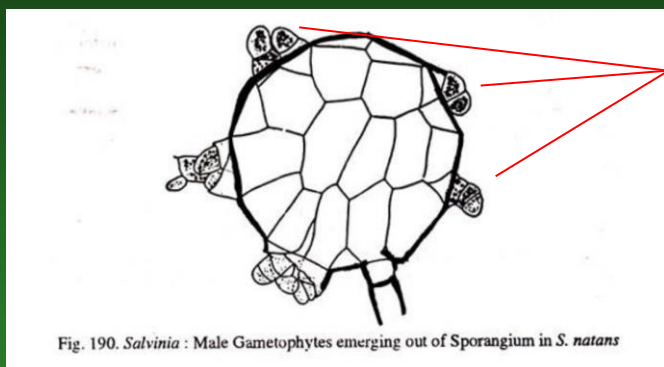


indusia



Jednoletý životní cyklus

- na podzim odumírá,
- přes zimu spóry v detritu
- na jaře prothalia, oplození, mladý sporofyt
- vegetativní přes léto



mikroprothalia s antheridii vznikají na povrchu mikrosporangia

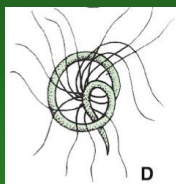


Fig. 190. *Salvinia*: Male Gametophytes emerging out of Sporangium in *S. natans*

mladé a starší megaprothalamium

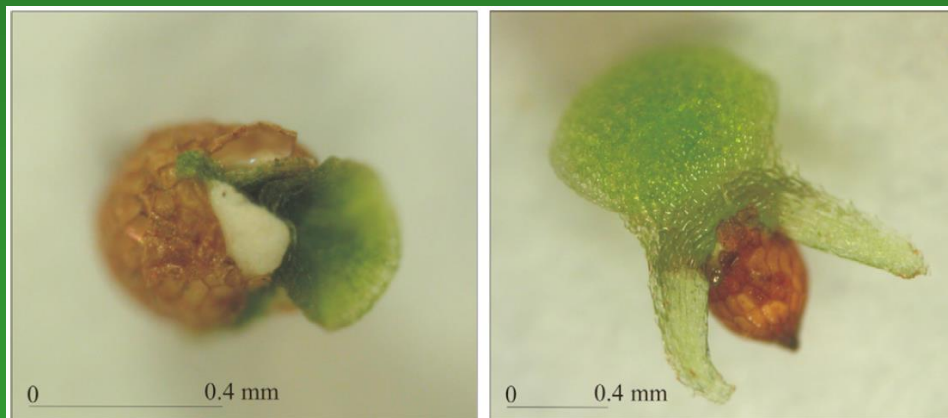


Fig. 2. Female gametophyte development stages: early (left) and late (right).



Phenology of the aquatic fern *Salvinia natans* (L.) All. in the Vistula Delta in the context of climate warming

Agnieszka Gałka, Józef Szmeja*

University of Gdańsk, Department of Plant Ecology, 80-308 Gdańsk, Wita Stwosza 59, Poland

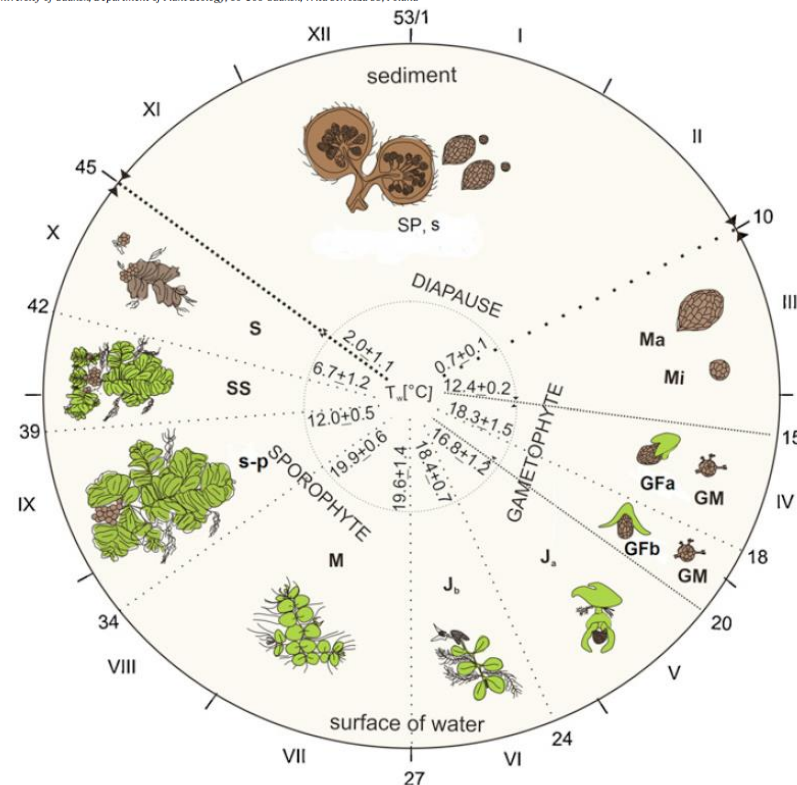


Fig. 3. Diagram of the *Salvinia natans* annual development cycle. Abbreviations: SP: sporocarp; s: spore; Ma: macrospore; Mi: microspore; GM: male gametophyte. Female gametophyte development stages: GF_a: early, GF_b: late. Sporophyte development stages: J: juvenile; J_a: early; J_b: late; M: mature; s-p: spore-producing; SS: subsenile; S: senile. Roman numerals indicate consecutive months, and Arabic numerals on the circumference of the circle indicate the week of the year.

Azolla caroliniana – azola americká – pěstovaná akvaristy a zplaňující

jednoledá, bahenní až vodní vzplývavá rostlina

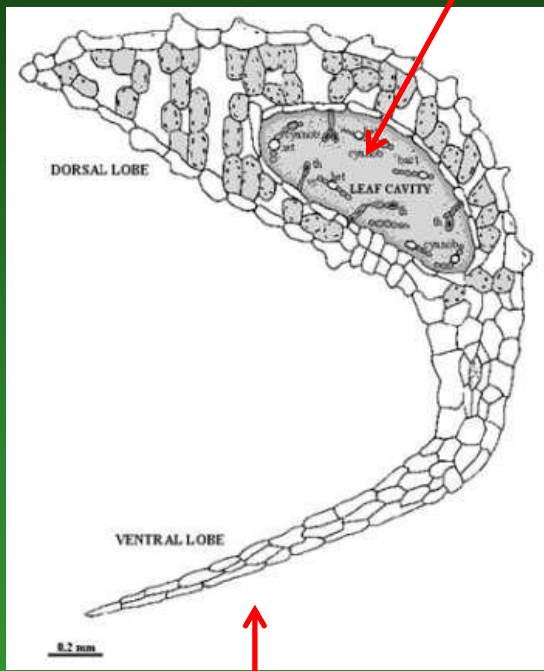
lodyha – vidličnatě větvená s drobnými hustými listy a adventivními kořeny



3. čel.
Azollaceae -
azolovité
(celosvětově
1/5)

Azolla caroliniana

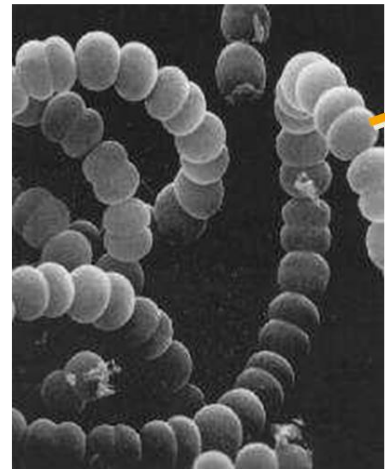
Sterilní listy – dvoulaločné – dorzální lalok bachratý vyplněný jednak aerenchymem a dále slizovou dutinkou, v ní žije endosymbiontní sinice *Anabaena azollae*



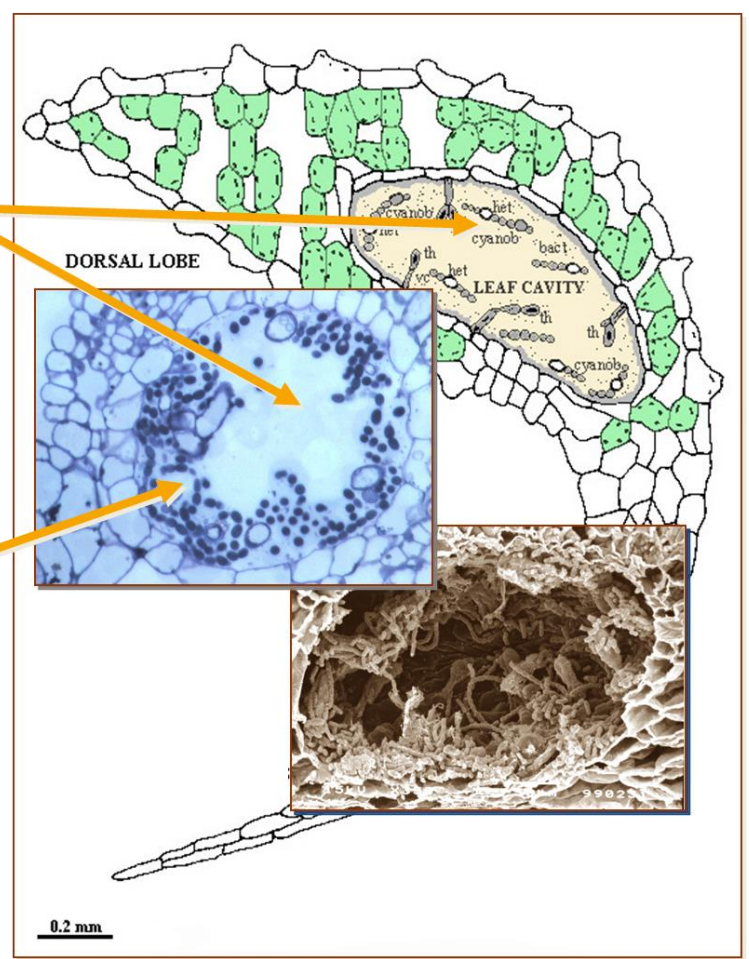
ventrální lalok plochý



Azolla leaf



Anabaena



Azolla caroliniana – sporokarpy – na bázi listových laloků



Megasporokarp

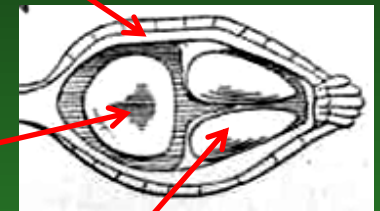
(menší – 0,5 mm)

obsahuje jediné
megasporangium

s jedinou

megaspórou

se 3 vzdušnými vaky

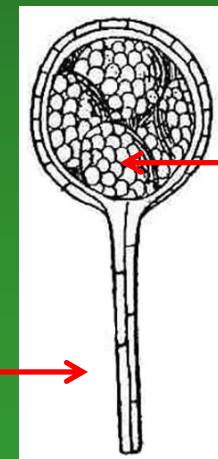
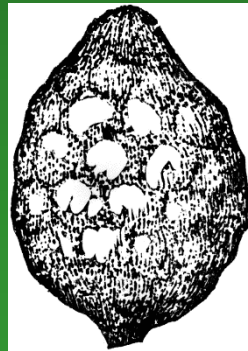


Mikrosporokarp

(větší – 2 mm)

s mnoha
stopkatými mikrosporangii

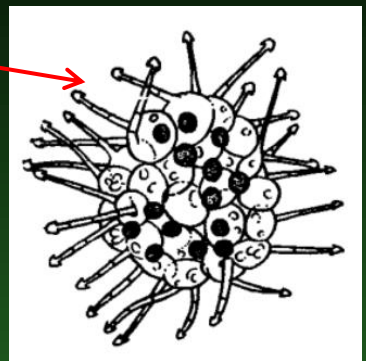
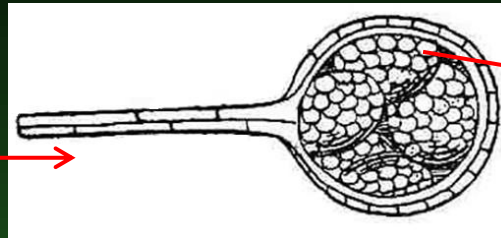
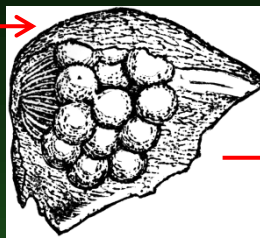
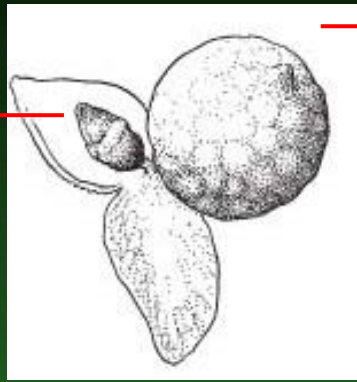
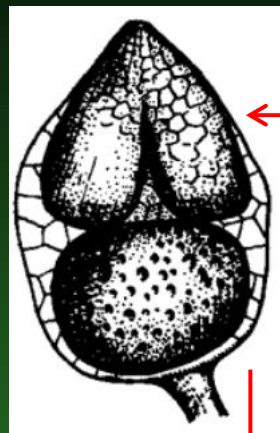
každé s 64 mikrospórami



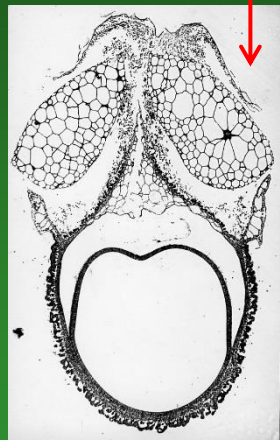
mikrospóry

ve shlucích
=massulách

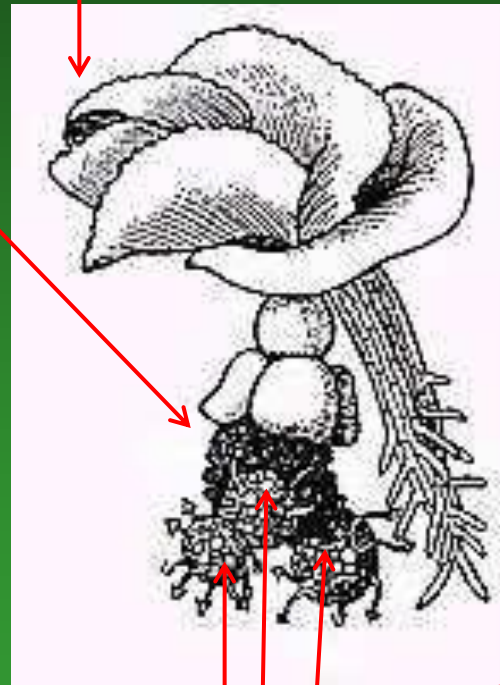
Azolla caroliniana – massy a massuly



sporofyt vzniká z jediného oplodněného archeonia



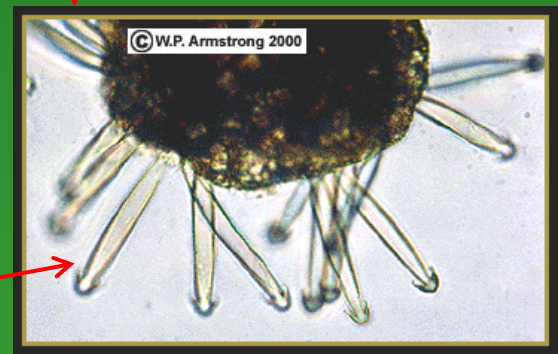
Massa = megaprotalium plovoucí za pomoci vzdušných vaků



Massula = shluk mikroprotálií s háčky - glochidiemi, které se zachycují za chloupky na povrchu megaspóry



massuly



Semenné typy kapradin

5. třída *Pteridospermopsida*

(*Lyginodendrales*, *Cycadofilicales*) - kaprad'osemenné

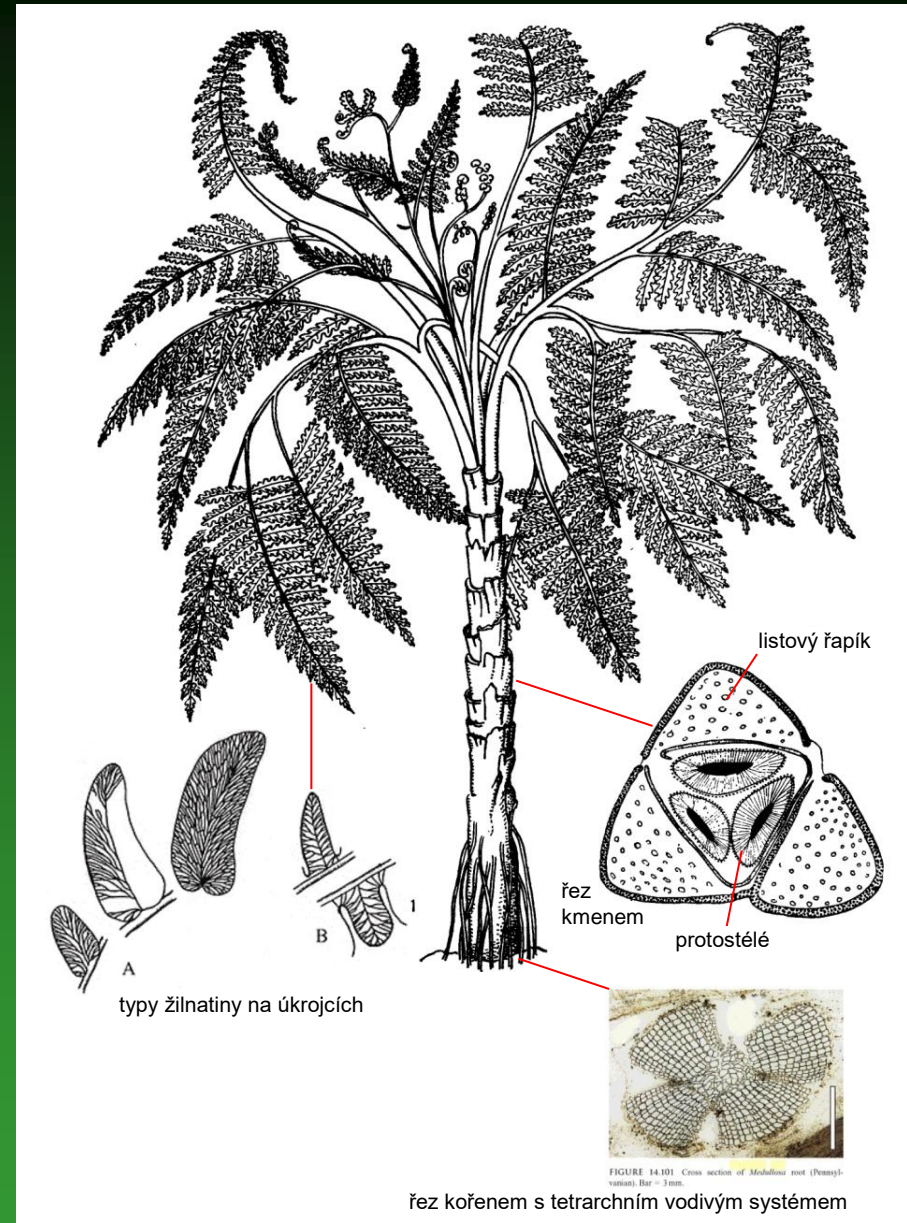


semenná linie karbonských až druhohorních kapradin

(k semenným rostlinám je v podobném vztahu jako *Zosterophyllopsida* k plavuním)

řád *Medullosales*

- svrchní karbon–perm (360–250 mya)
- vzhled stromových kapradin
- „kmen“ - více protostélických vodivých svazků, obklopených parenchymem (manoxylická struktura – rostly v teplejších oblastech), obalený listovými pochvami
- každý ze svazků má vlastní vaskulární bifaciální kambium produkující dovnitř xylem a vně floem
- listy většinou vícenásobně zpeřené s větvením dichotomicky větveným
- žilnatina úkrojků síťnatá nebo s 1 nevětvenou hlavní žilkou a vidličnatě větvenými paralelními žilkami vedlejšími
- kořeny adventivní zpravidla s tri- až tetrarchními vodivými elementy



řád *Medullosales*

Mikrosporangia - srůstají v „baňkovitá“
mikrosynangia

- na větvení listu mezi úkrojky

- nebo celé úkrojky přeměněné v mikrosynangia

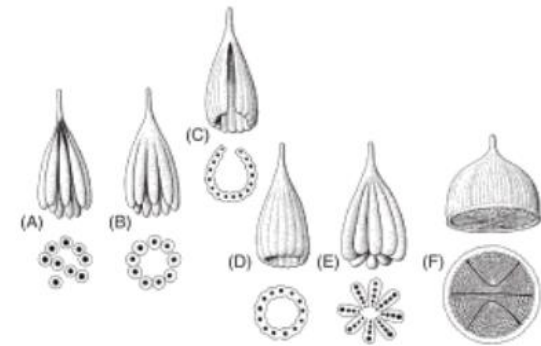
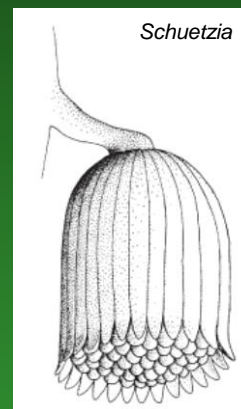
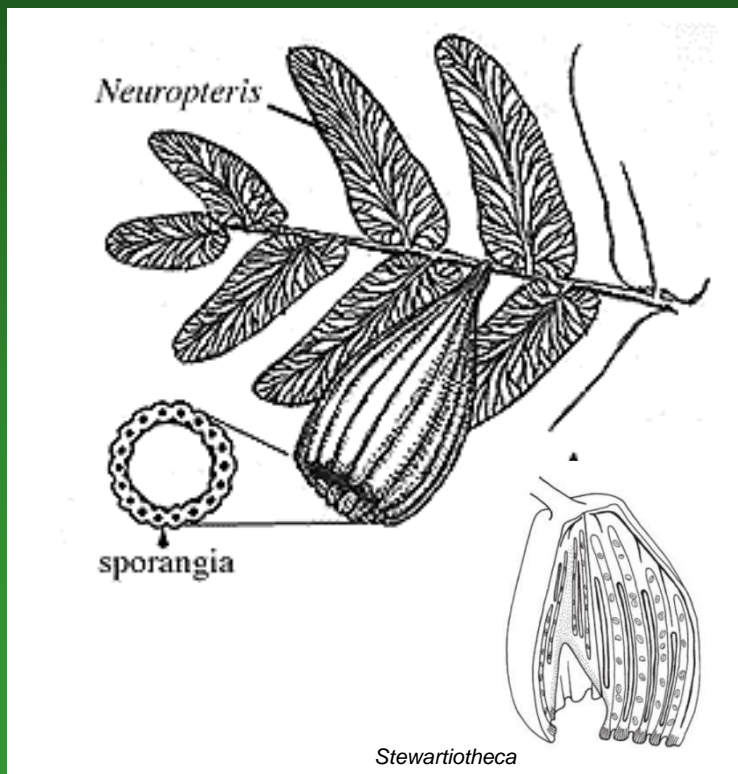
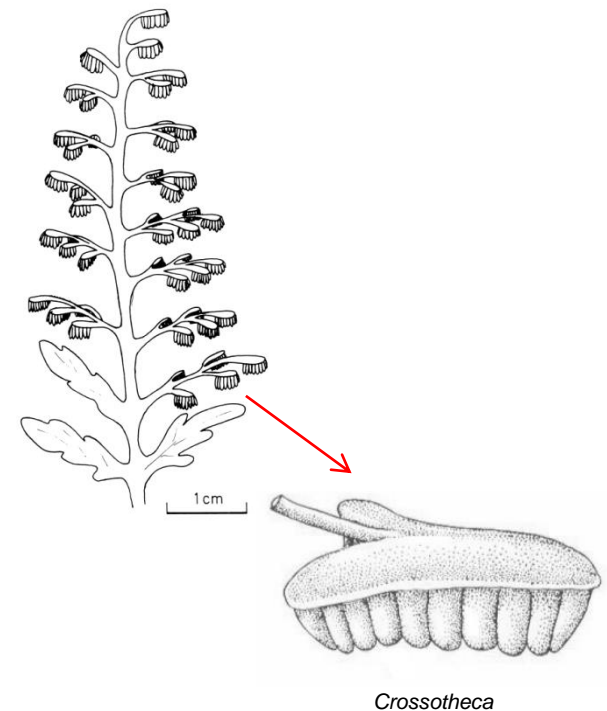


FIGURE 14.157 Suggested evolution among selected medullosan pollen organs. A. Cluster of terminal sporangia of a progymnosperm. B. Pollen sacs of the *Codonotheca*-type pollen organ. C. Incomplete fusion of pollen sacs to form a bilateral pollen organ like that of *Parasporotheca*. D. Fused ring of pollen sacs like that of *Halletheca*. E. Pollen organ showing plication like that of *Sullitheca*. F. Compound pollen organ like that of *Bernaudtia*. (From T. Taylor, 1988b.)



řád *Medullosales*

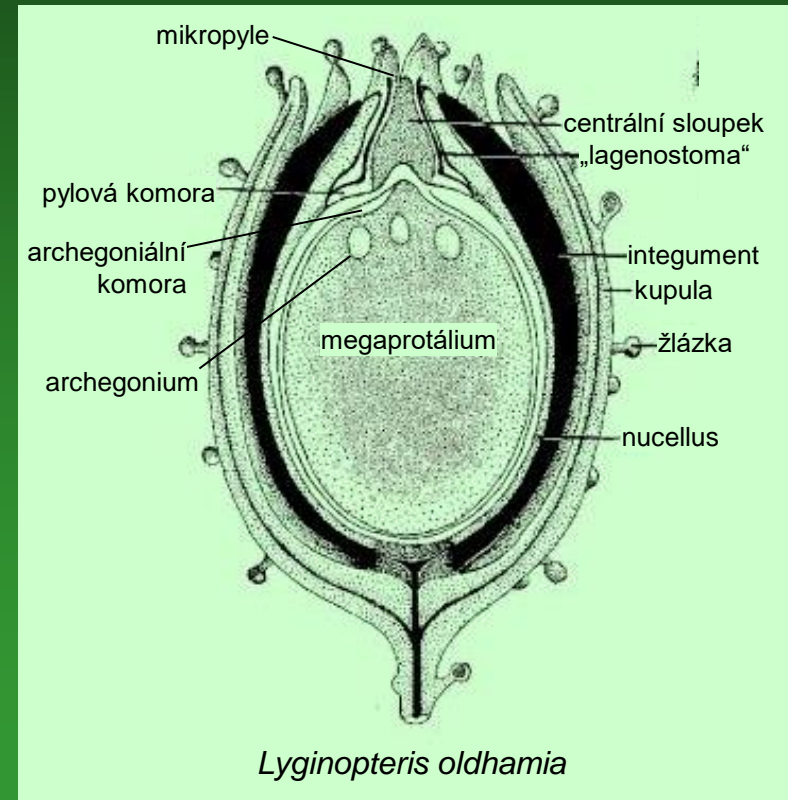
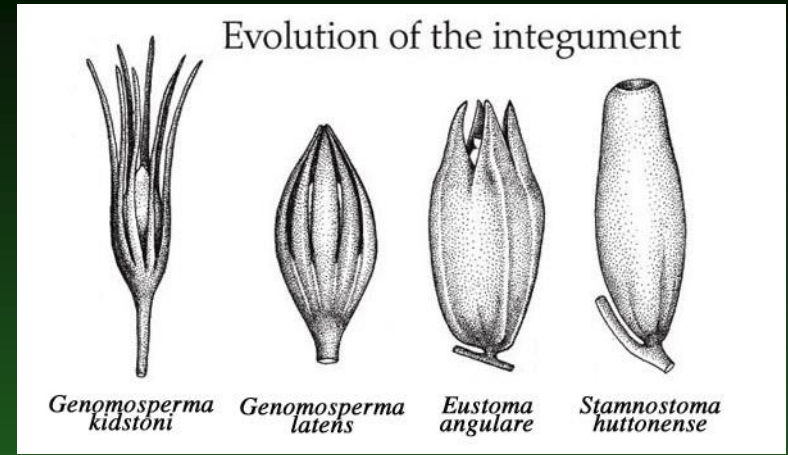
Megasporangia s jedinou megaspórou
= vajíčka v „trojobalu“:

- (1) nucellus = vnitřní obal = původní pletivo sporangia, než z něj meiozou vznikla megaspóra
- (2) integument = střední obal = vlastní stěna sporangia
- (3) kupula (číška) = bočně srostlé telomy (? zesterilnělá paralelní sporangia), syntelomizace nemusí být úplná

Mikropyle = otvor klový (mikropyle) – protáhlé v trubičkovité !kutikulou tvořené lagenostoma – na něm polinační kapka k zachycení mikrospór (pylu)

Centrální sloupek – ozavře po opylení otvor klový

Žlázky na kupule – k lákání brouků – opylovačů?



řád *Medullosales*

Megasporangia – ve skupinkách nebo jednotlivě na větvi listů

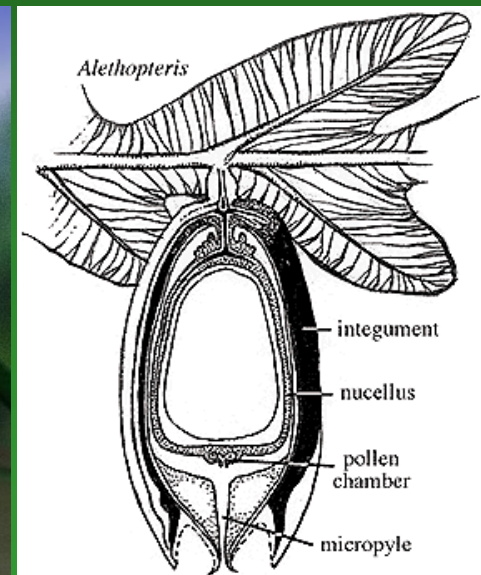
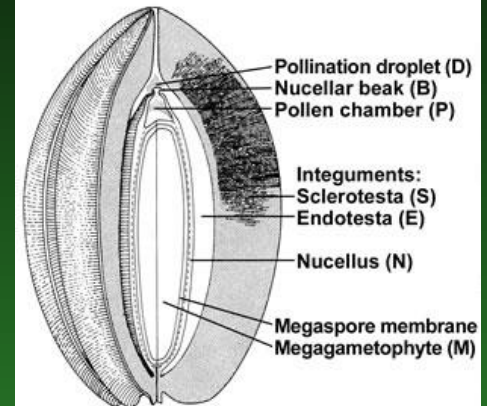
Semena - velká až 10 cm

Obal semen (testa):

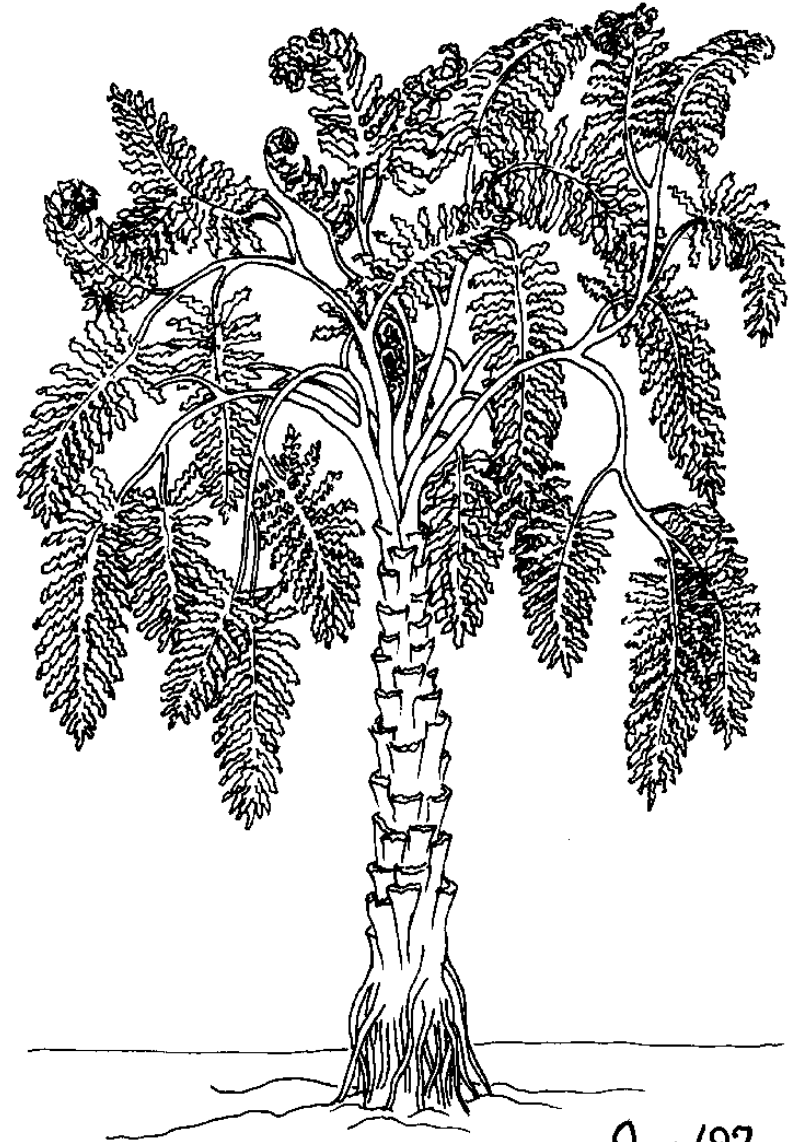
(1) vnější dužnatá sarkotesta

(2) vnitřní dřevnatá sklerotesta

Polypterosperrum renaultii - seed fern ovules from the late Carboniferous of France



Medullosa noei
keřovitěho až stromkovitého
vzřůstu, 3,5 m vysoká



Ivy Livingstone © BIODIDAC

Mohly by být fylogenetickým předchůdcem cykasů



Cyathea



Medullosa

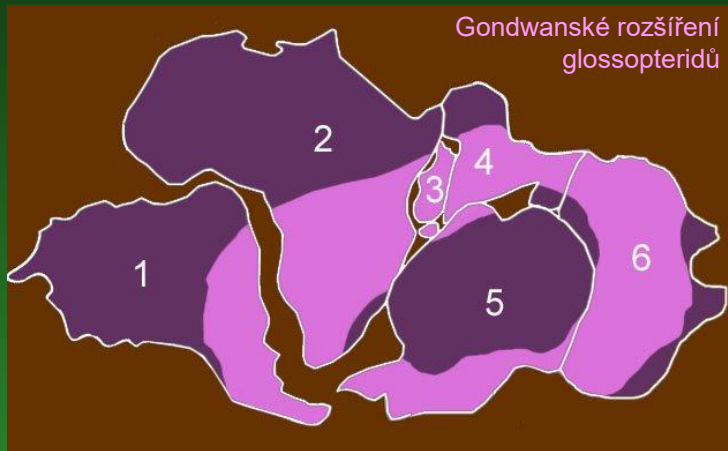


Encephalartos



řád *Glossopteridales*

- dominanty permské flóry na jižním – Gondwanském – superkontinentu



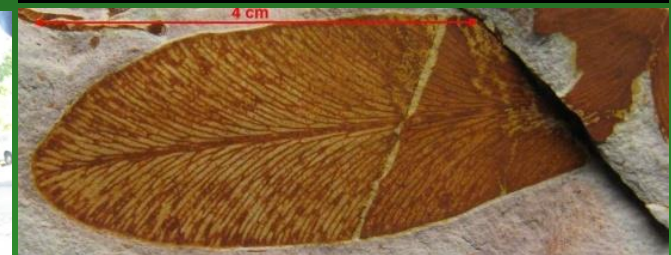
- opadavé stromy (i přes 30 m vys.) bažinatých stanovišť chladnějších středních a vyšších poloh
- podílejí se významně na permských uhelných depozitech
- kmeny s pyknoxylickou stavbou s výraznými letokruhy
- kořeny s tri- až polyarchní vodivou soustavou



řád *Glossopteridales*

Listy

- jednoduché, celistvé
- obkopynaté až podlouhle eliptické, připomínající jazyk (odsud jméno)
- obvykle kolem 10 cm dlouhé,
- s výraznou hlavní žilkou a síťnatě větvenými tenkými bočními žilkami
- spirálovitě na větvích
- na podzim opadavé



řez kmenem

řád *Glossopteridales*

Mikrosporangia

- ve shlucích srostlá v šišticovitá mikrosynangia,
- mikrosynangia dlouze stopkatá se stopkou zčásti přirostlou k listové čepeli, někdy synangia na listu v páru
- pyl s jedním nebo dvěma vzdušnými vaky, jako u jehličnanů



FIGURE 14.218 Monosaccate (arrow) and bisaccate pollen grains in a glossopterid pollen sac. Bar = 50 μ m. (Courtesy S. McLoughlin.)

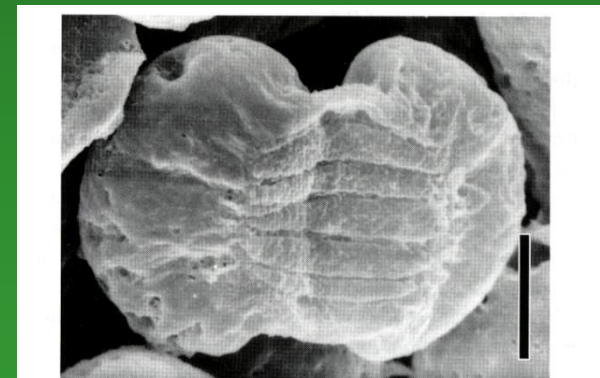


FIGURE 14.217 Pollen grain with proximal striations. Bar = 10 μ m. (Courtesy S. McLoughlin.)

řád *Glossopteridales*

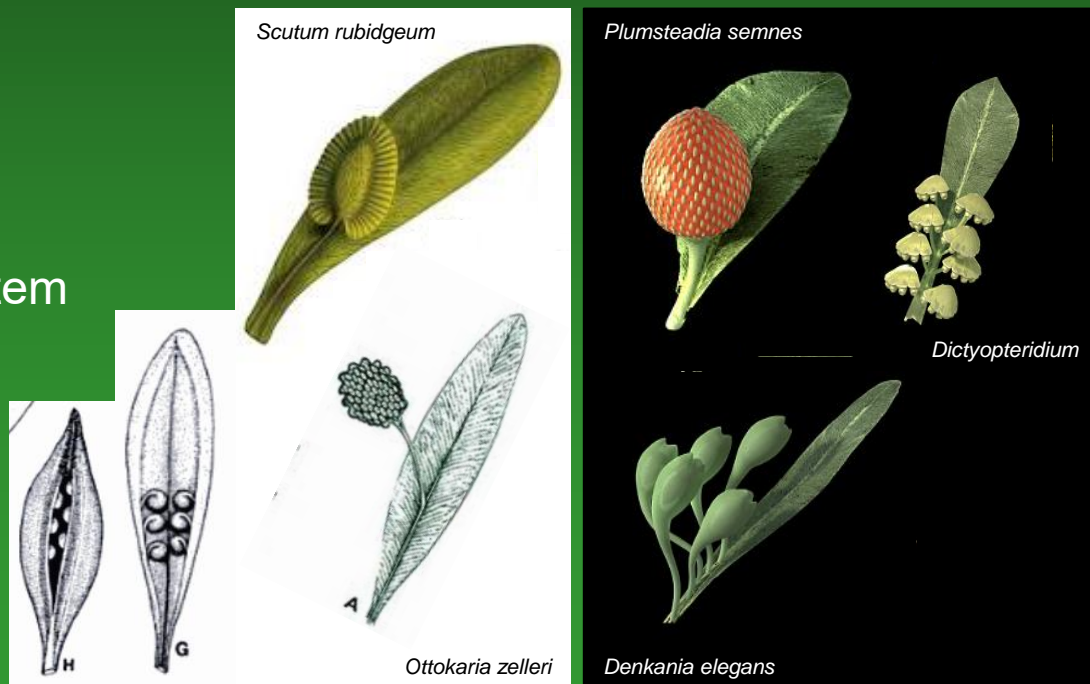
Megasporangia (vajíčka)

- ve stopkatých megasynangiích, popř. i ponořená v čepeli listu
- stopka přirostlá zčásti k listové čepeli, jednotlivě, nebo dvouřadě ve skupinkách

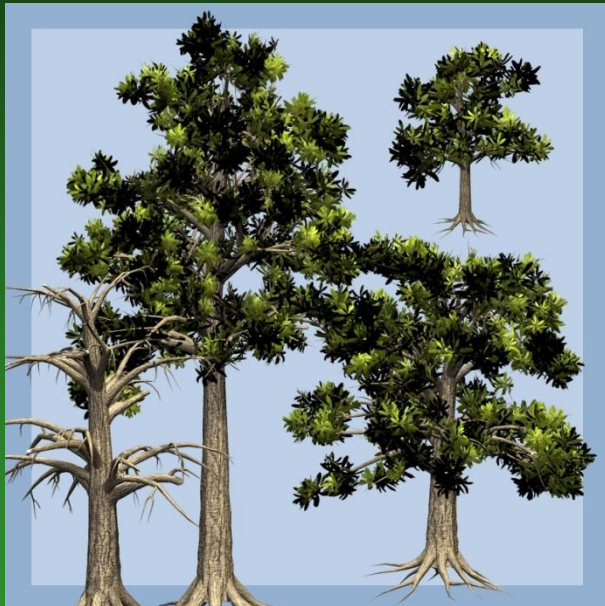
připomíná to plody lípy



- někdy jednotlivá anatropní, chráněná při vývinu konduplikátně svinutým listem



Mohly by být fylogenetickým předchůdcem kordaitů a jinanů



Glossopteris



Cordaites



Ginkgo

