Systém a evoluce vyšších rostlin

Kapraďorosty

Petr Bureš

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Oddělení *Monilophyta*

Vzrostný vrchol prýtu tvoří jediná apikální buňka

Equisetum

Azola

Nephrolepis

Gametofyt buď

(i) krátkověký, zelený nadzemní připomínající frondózní játrovky, nebo

(ii) dlouhověký, nezelený, podzemní mykorrhiticky vyživovaný

1. třída Psilotopsida

Zelené výtrusné vytrvalé byliny, menších rozměrů, s tendencí k vidličnatému větvení
Mají veliké genomy 1C více než 35 pg

1. řád *Psilotales* (prutníky):

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

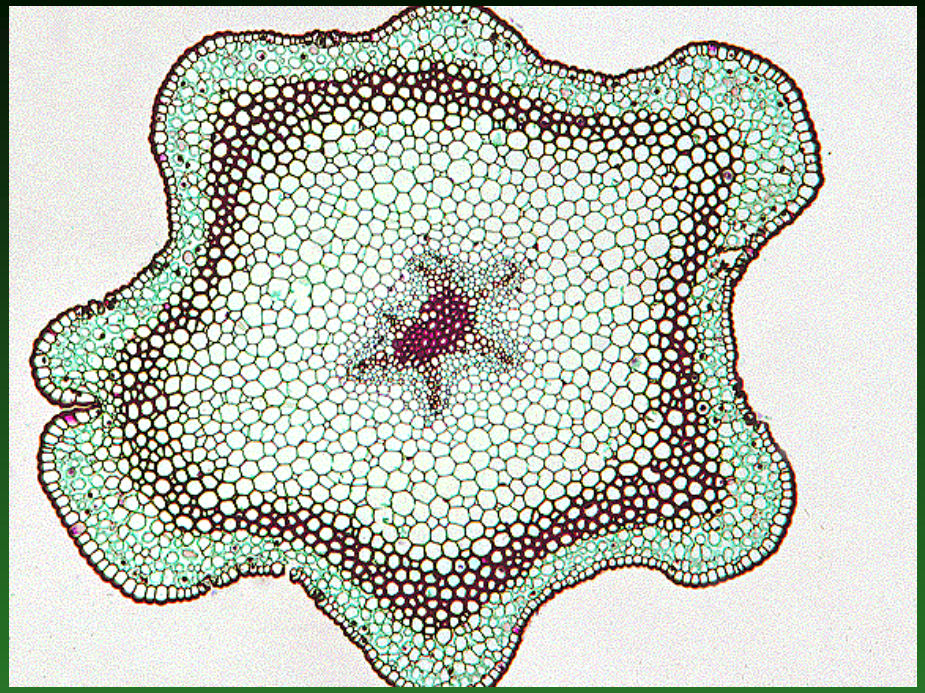
Psilotum triquetrum (= *Psilotum nudum*)
epifyt (max. 1 m vysoký), rozšířený v tropech a subtropech.

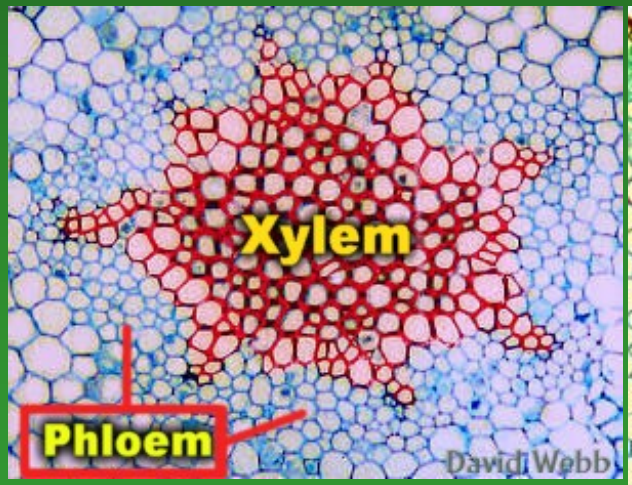
V Evropě nalezeno r. 1965 v J Španělsku, v provincii Cadiz.

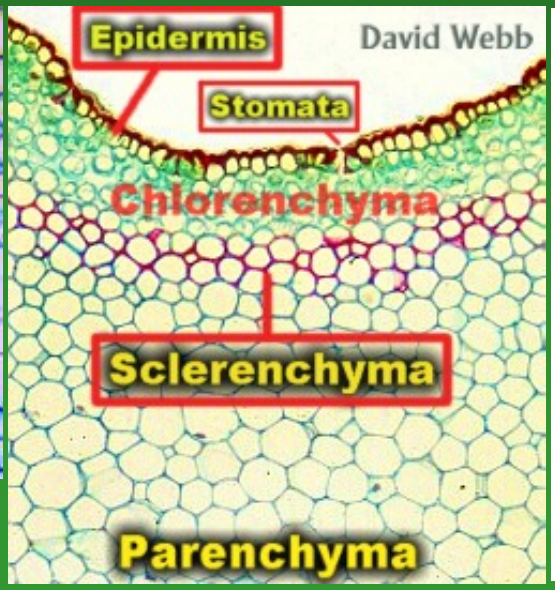
Nadzemní stonek - 20-30 cm (maximálně 1 m);
zelený, dichotomicky větvený

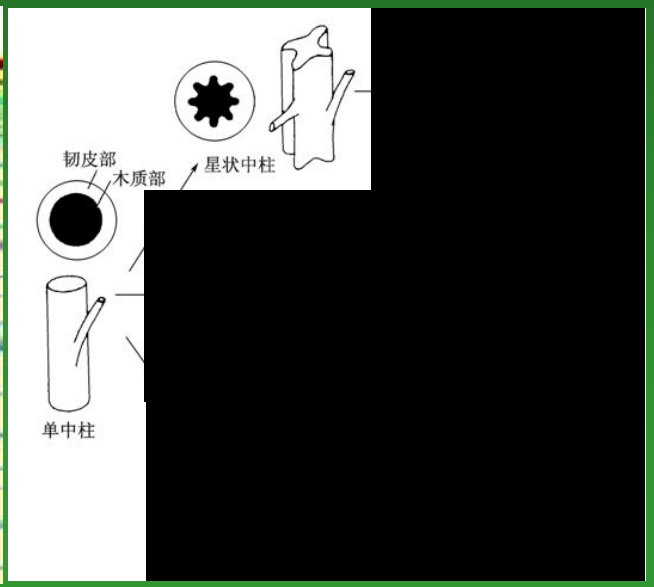
Vodivé elementy nadzemního stonku

Pod epidermis stonku asimilující chlorenchym, uvnitř aktinostélé

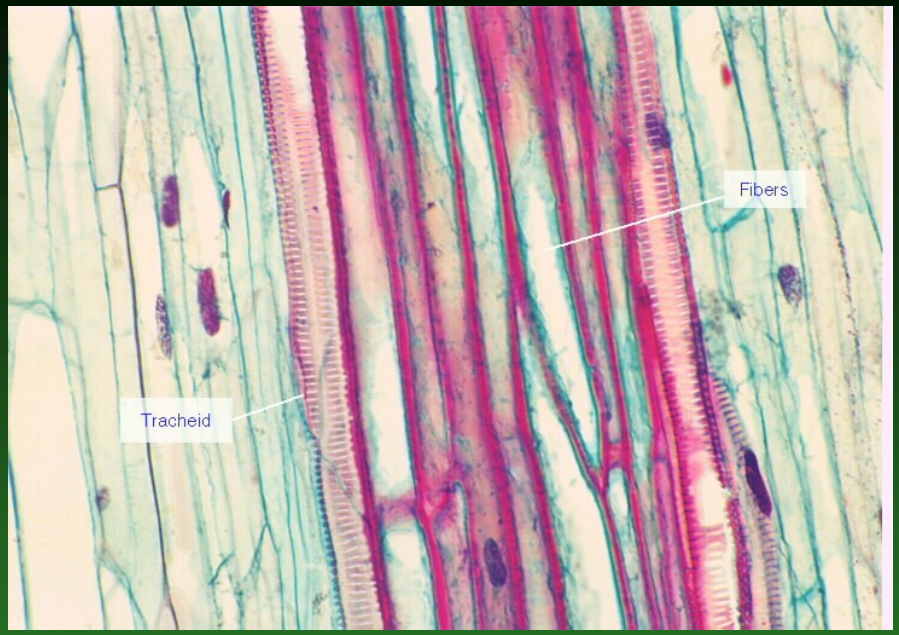


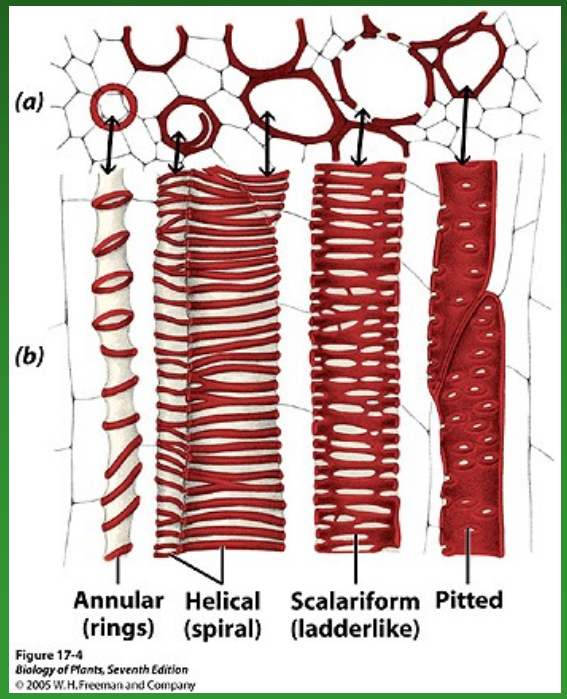




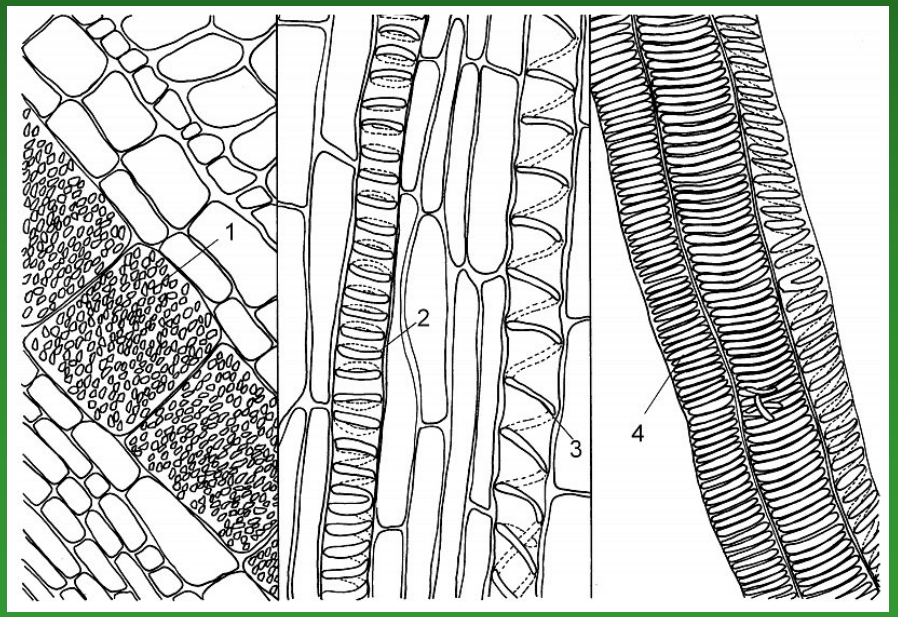


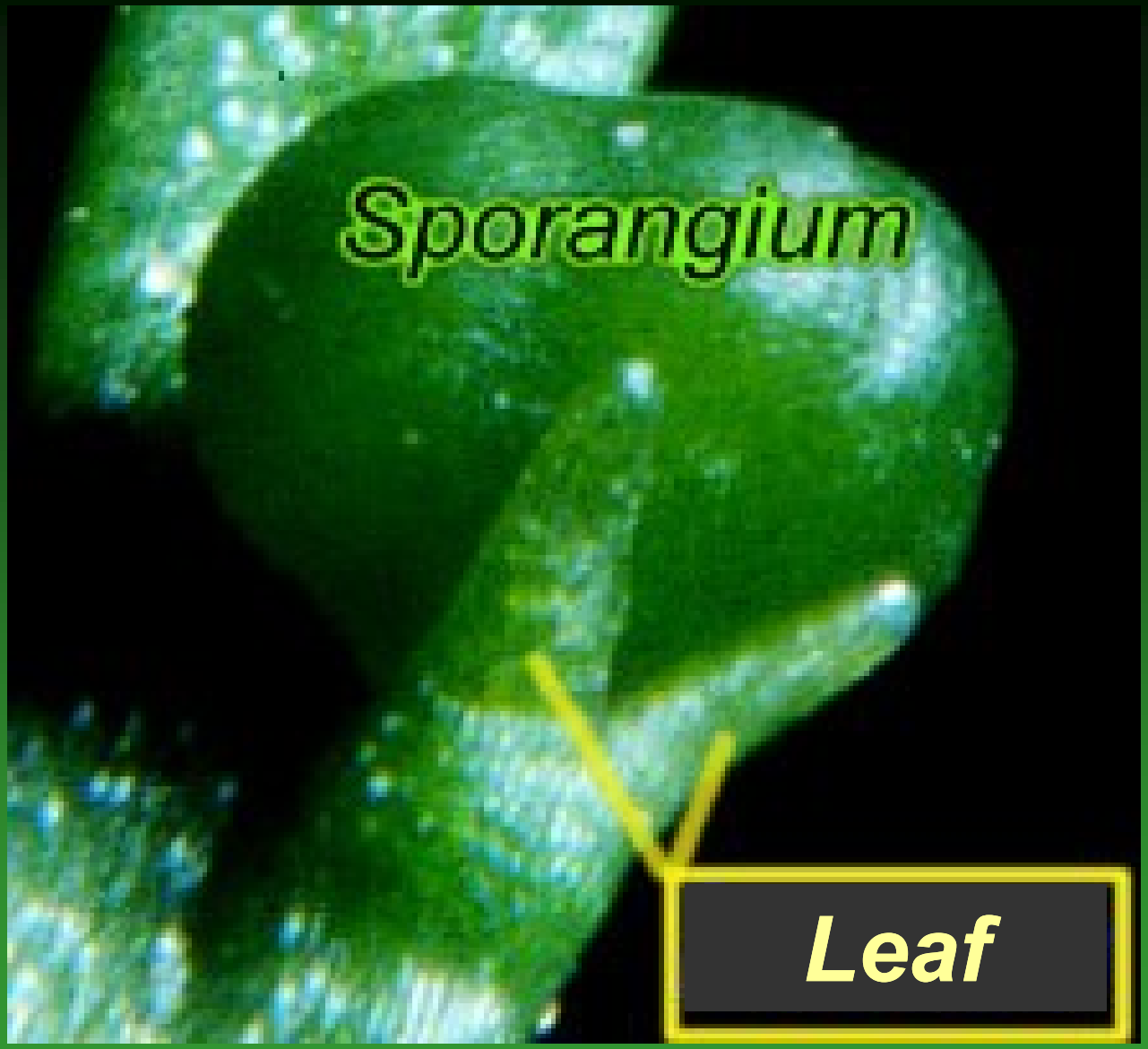
Xylém - kruhovitě, šroubovitě nebo schodovitě ztlustlé tracheidy





Typy tloustnutí stěn cév:
1 – síťovité;
2 – kruhovité;
3 – spirální;
4 – schodovité





Listy - drobné
šupinovité
vidličnatě
rozzvětvené
bezžilné
(enafyly)
střídavě
postavené

bez průduchů

Sporangia

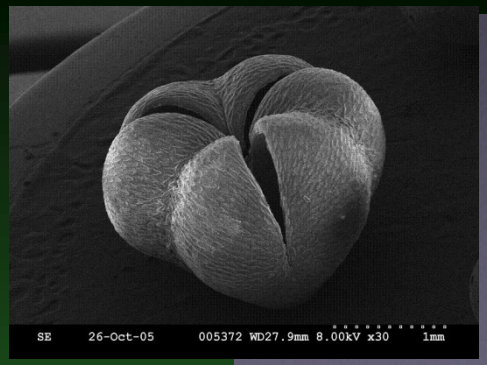
eusporangiátní,

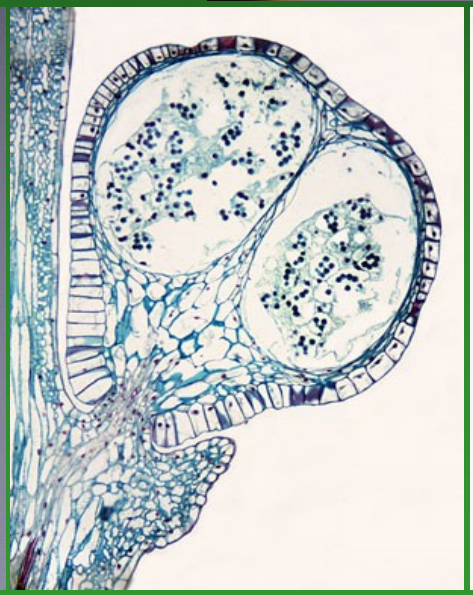
izosporická,

v paždí vidličnatých listů,

po třech srostlá v synangia.

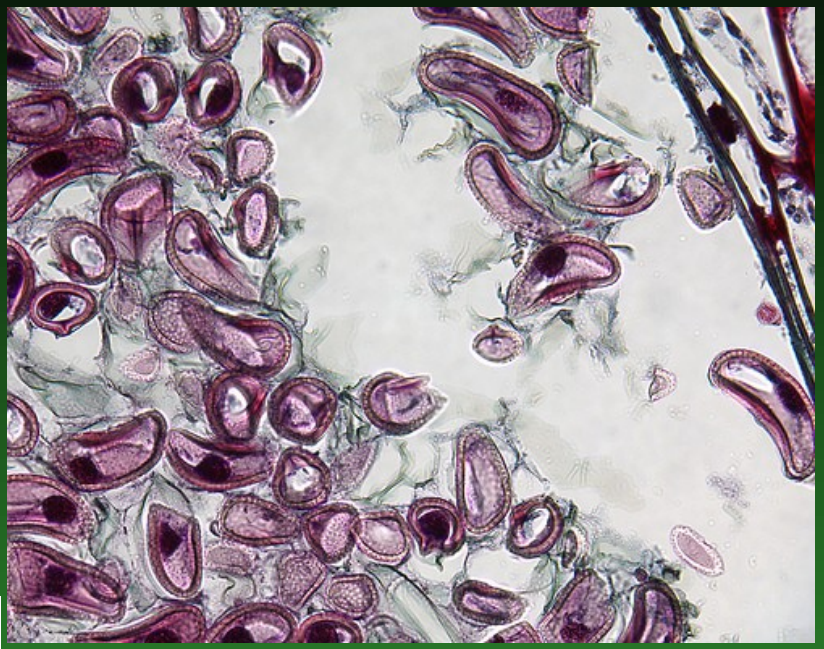
každé ze 3 pouzder s vlastní dehiscencí





Spory

monoletní
fazolovitého tvaru
bez chlorofylu



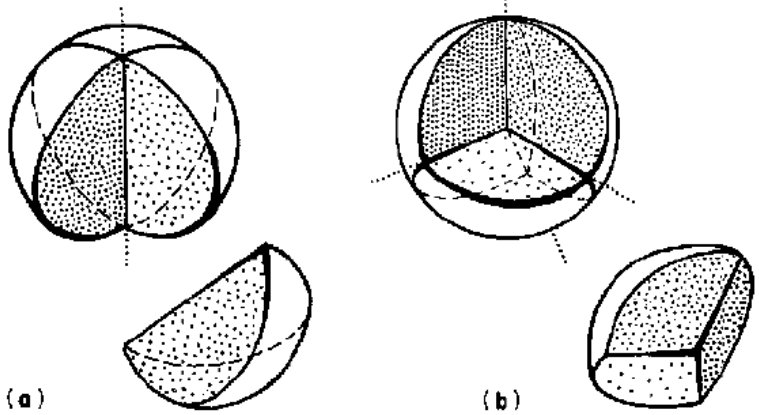


Figure 6.31 Diagrammatic representation of manner of formation of (a) monolete and (b) trilete spores.

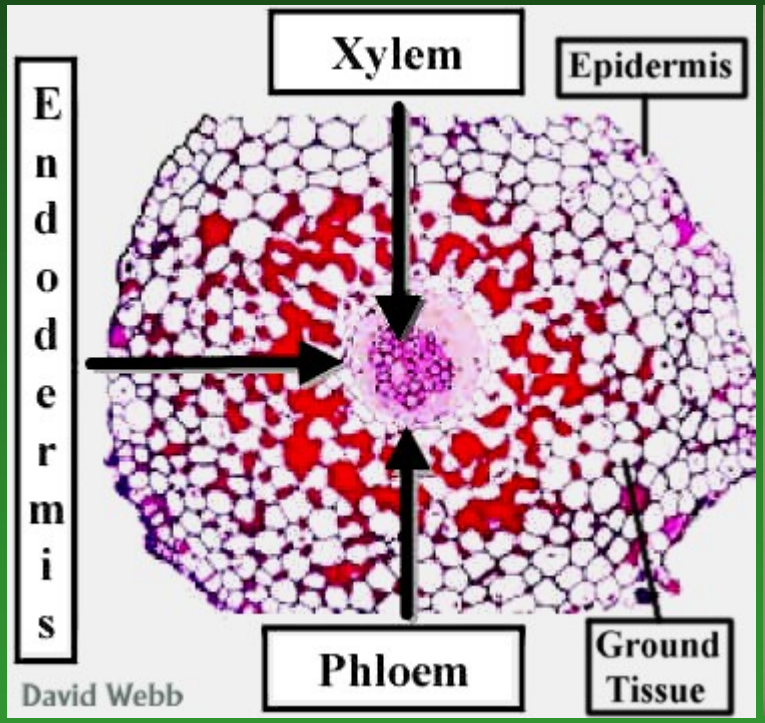
Vznikají také v tetrádách, ale v jiném prostorovém uspořádání, než spóry triletní

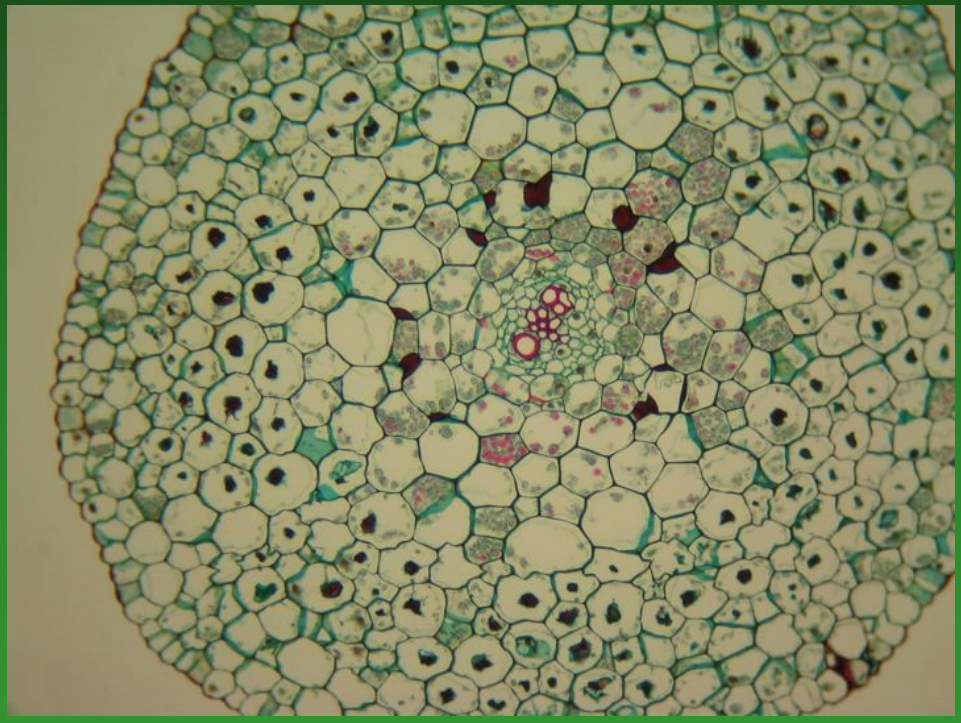
Rhizom (= podzemní stonek = oddenek) nahrazuje chybějící kořeny - nezelený, dichotomicky větvený, pokrytý rhizoidy a protkaný mykorrhizou

Vodivé elementy a výživa rhizomu

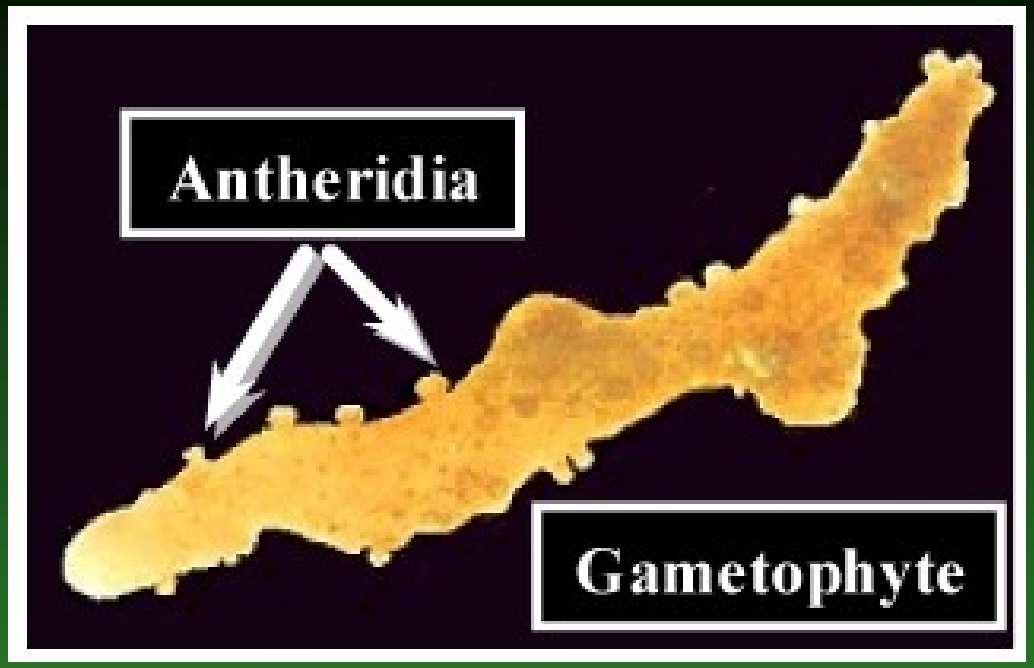
protostélé (později až aktinostélé)

mykotroficky vyživovaný (často i více let bez tvorby nadzemní zelené části); hyfy mykotrofního symbionta na snímku jako tmavé tečky

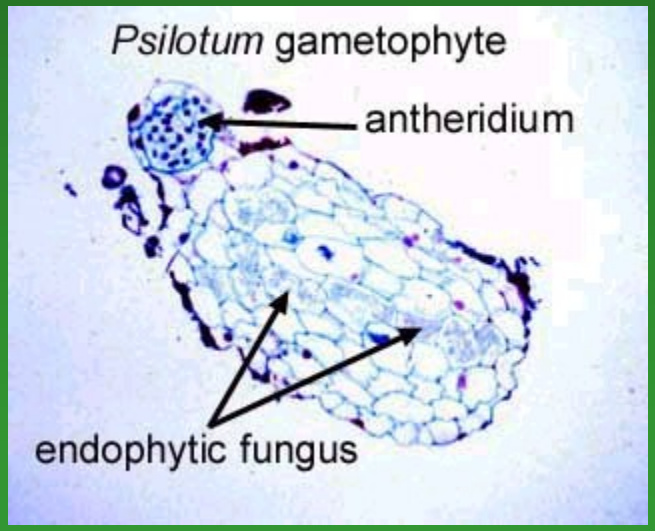




Gametofyt - podzemní, nezelený, dlouhověký, válcovitý nebo vidličnatý 2-10 cm,
<u>s cévním svazkem</u>

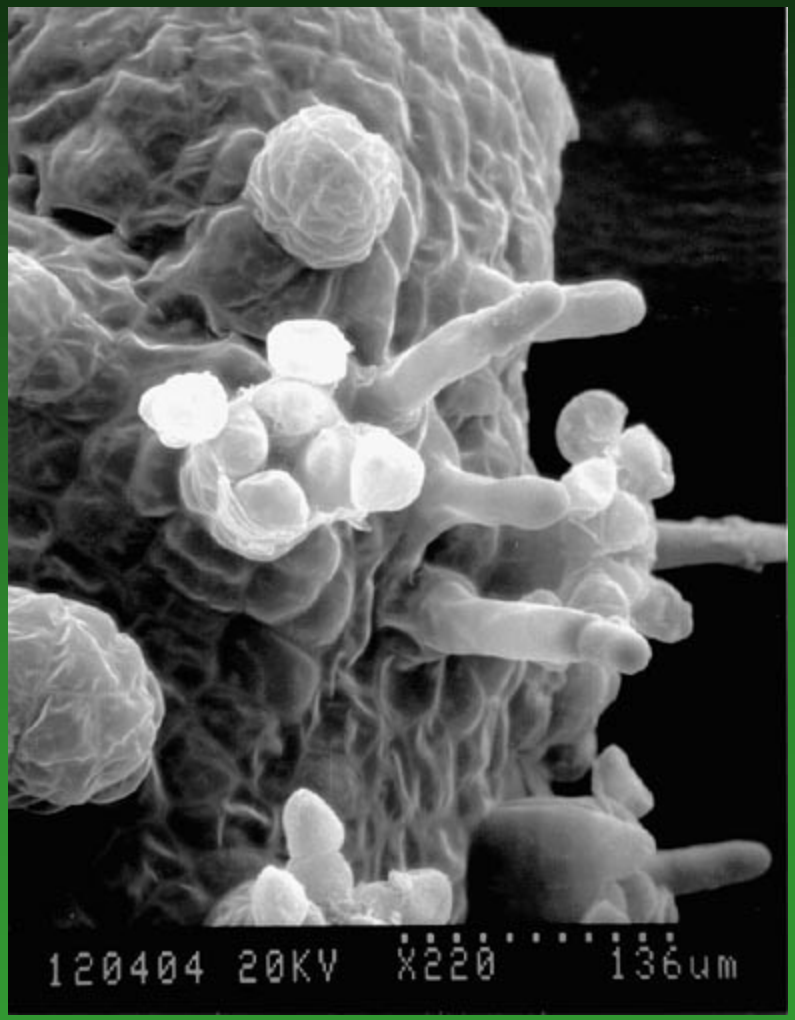


Má mykorrhizu, roste na kmenech stromových kapradin, ve štěrbinách skal naplněných humusem, či pod zemí.



Antheridia - četná, na povrchu gametofytu nebo jen slabě ponořená

Archegonia - ponořená, s krčky (stylidium) vyčnívajícími



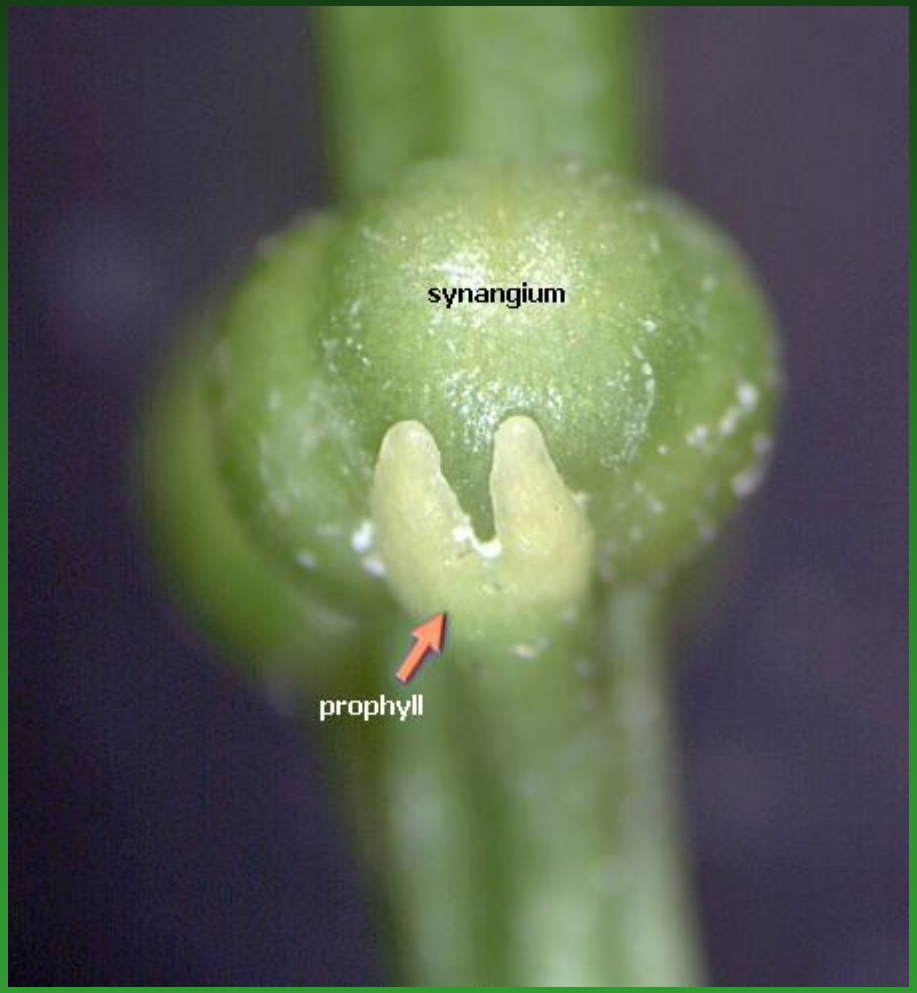
Spermatozoidy

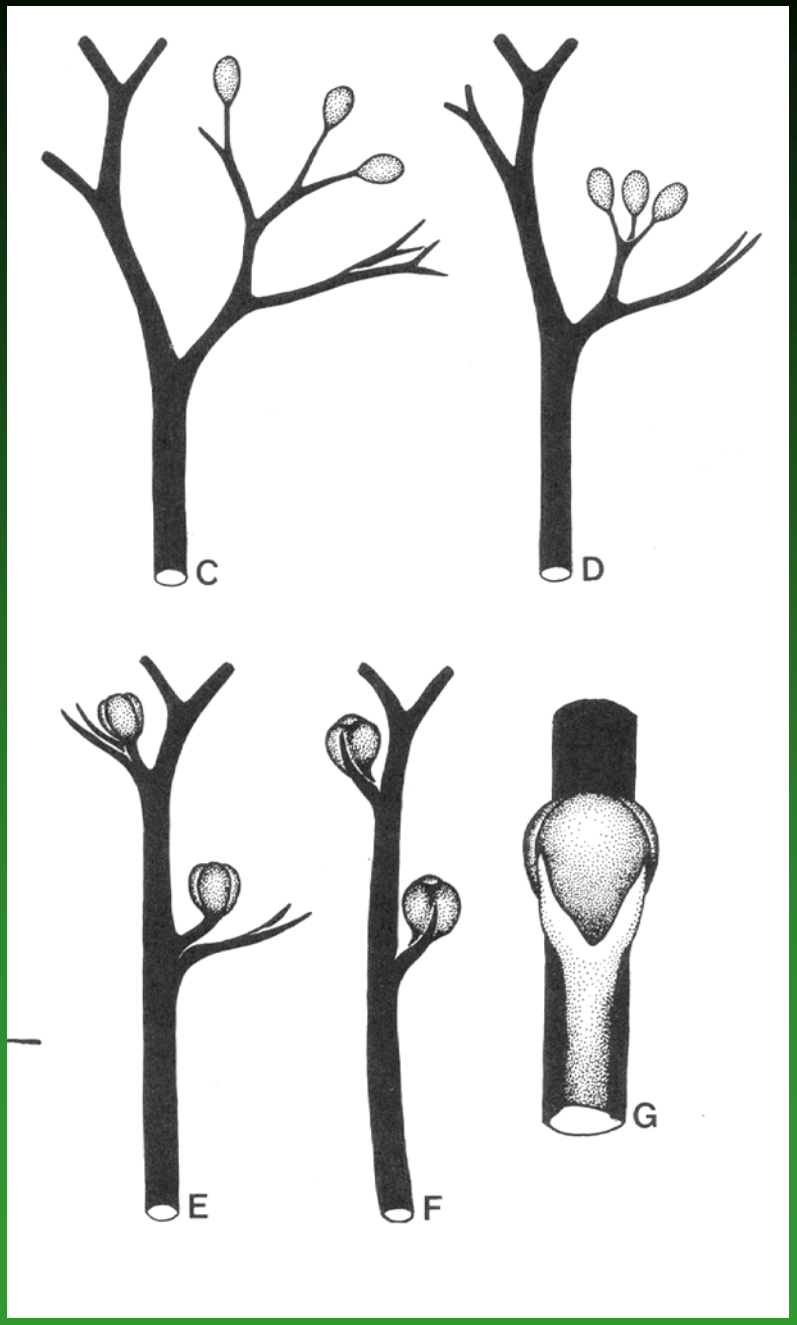
- polyciliátní (jako u šídlatek či přesliček)
- spirálně stočené (jako u přesliček)

Gametofyt *Psilotum* pěstovaný *in vitro*

Hypotetická morfogeneze psilotofyt z ryniofyt

podle telomové teorie



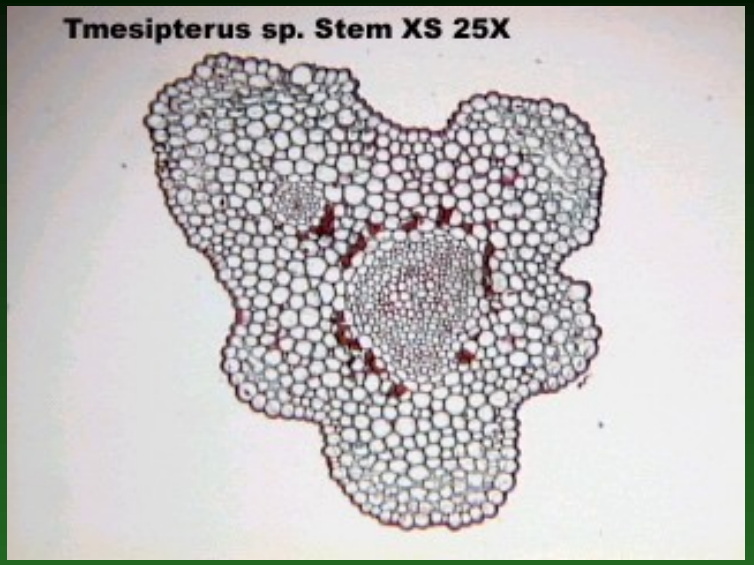


2. *Tmesipteris*

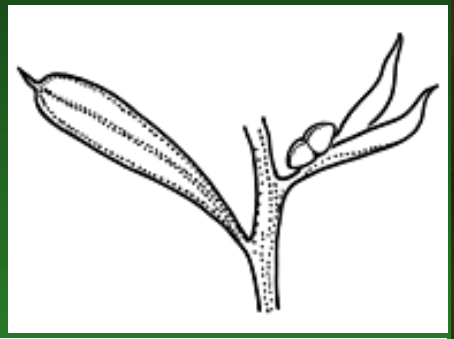
lodyhy jednoduché, nebo vzácně jednou dichotomicky větvené

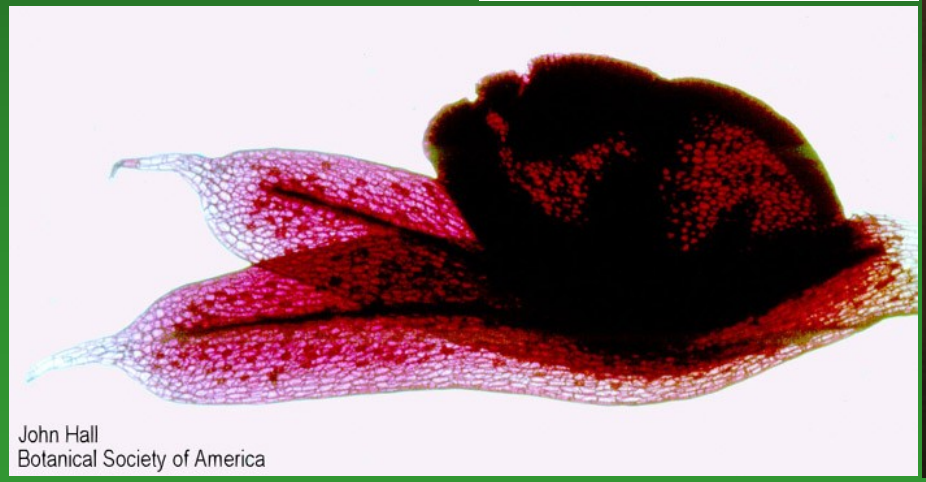
střední válec protostélé až polystélé

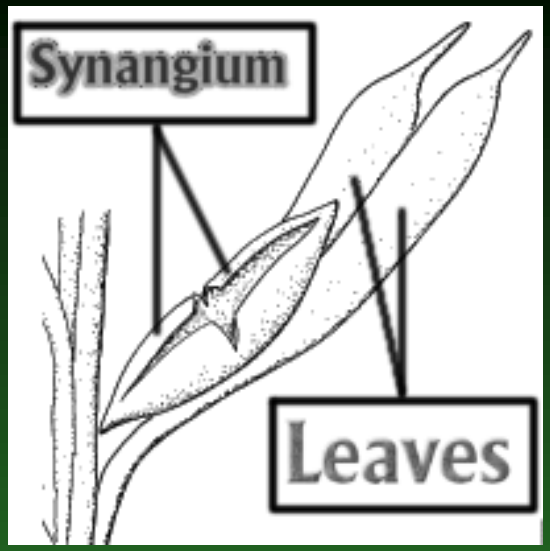
Tmesipteris tannensis, až 4 dm dlouhý epifyt v Austrálii a Indo-malajské oblasti.



Listy - ploché dvojího typu: (i) kopinaté jednožilné trofofyly (ii) vidličnatě rozeklané sporofyly; listy *Tmesipteris* jsou možná jen zploštělé větve stonku
Mají průduchy,







Synangia - dvoupouzdrá na adaxiální straně sporofylů,

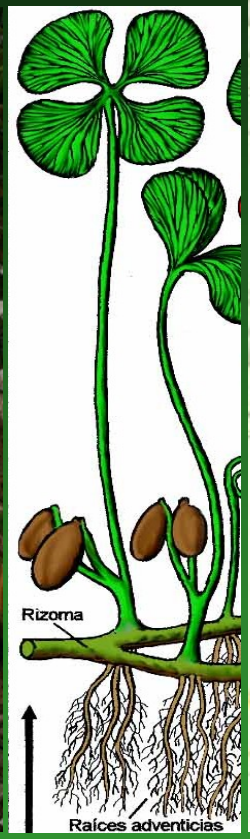
2. řád *Ophioglossales*

Drobného vzrůstu nadzemní část (list) rozdělená na plochou sterilní čepel (trofofor) a fertilní sporofor hustě posetý sporangii

Příklady obdobné dvojtvárnosti listů u dalších, zcela nepříbuzných kapradin

Osmunda regalis

Anemia phyllitidis



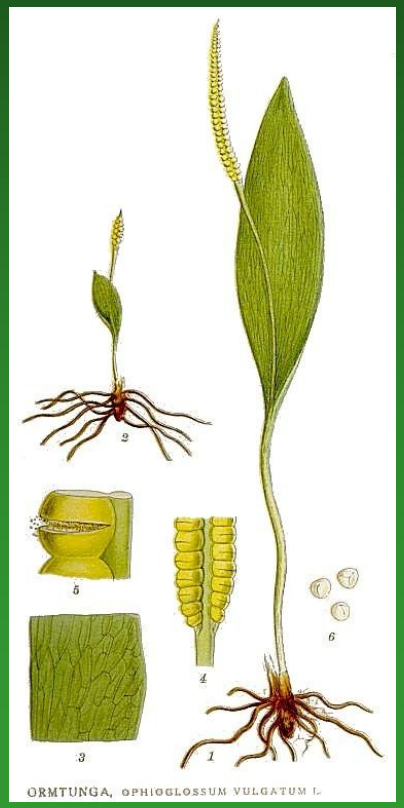
Marsilea quadrifolia

Ophioglossum vulgatum

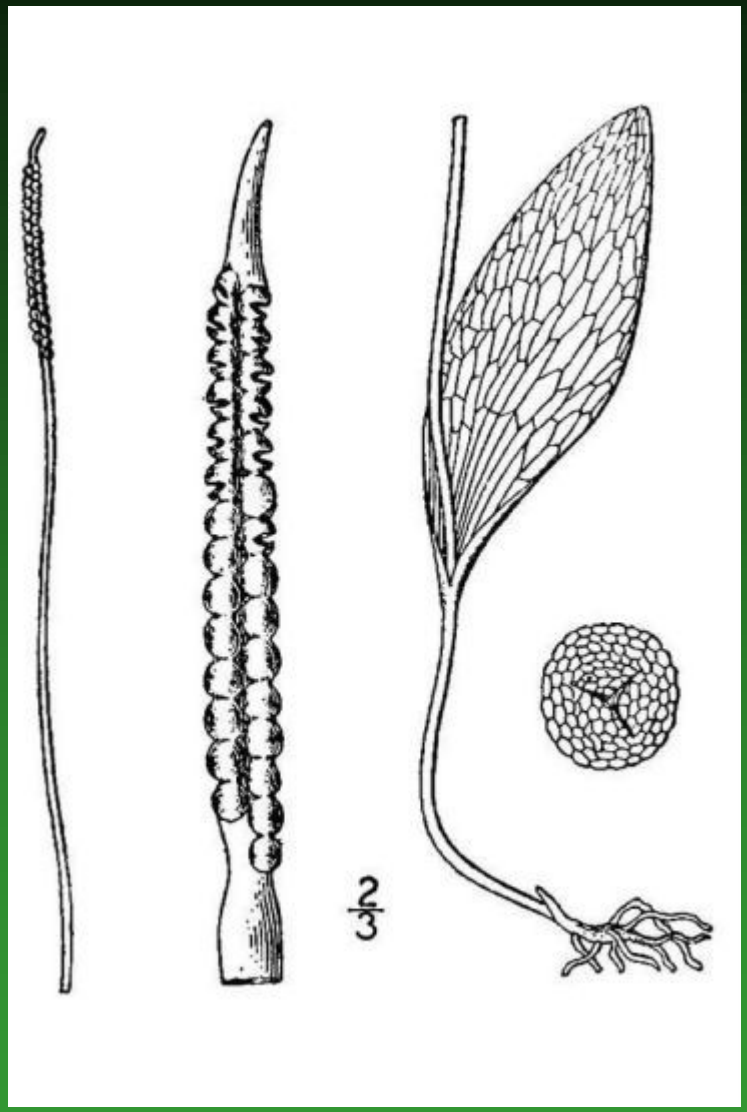
List u našich zástupců je jediný, u tropických jsou až 4.

Listy **ne**jsou v mládí circinátně svinuté

častá je shoda v charakteru členění sterilní čepele a sporoforu



žilnatina čepele - vidličnatá až síťnatá



Rostou terestricky nebo epifytně

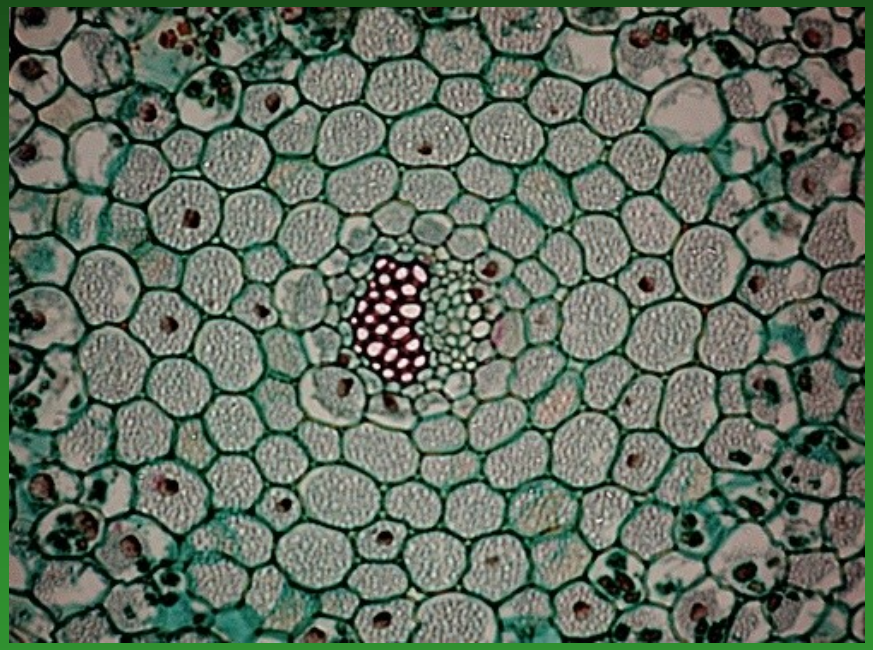
oddenek hlízovitý nebo krátký plazivý

kořeny adventivní (vyrůstají z oddenku)

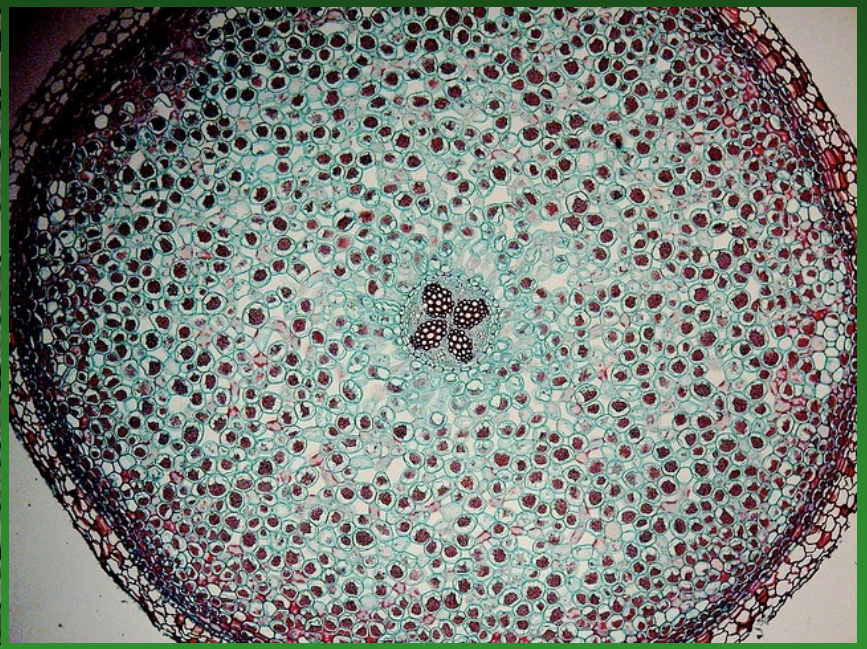
hladké bez rhizoidů

Kořenové vlášení nahrazuje mykorrhiza
(mykorrhitická vlákna = tmavé fialové tečky na snímcích)

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



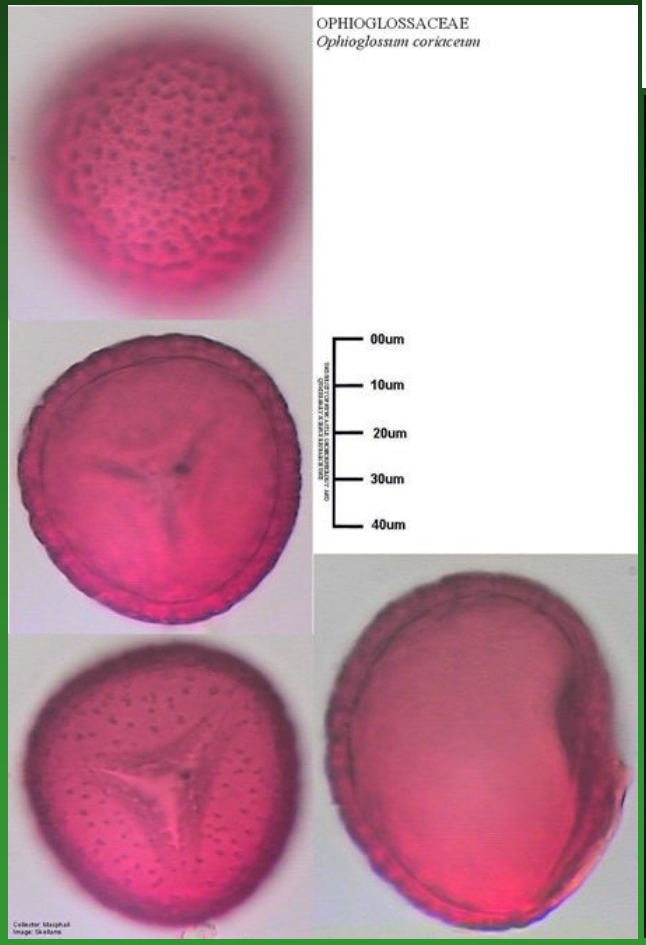
Ophioglossum - *mono*archní cévní svazek

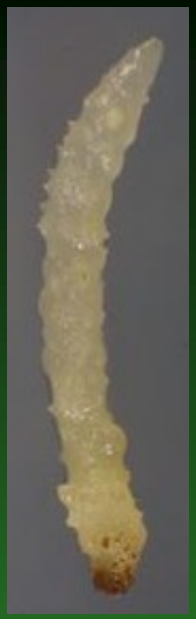


Botrychium - tetrarchní cévní svazek

Sporangia - eusporangiátní, izosporická

Spóry - triletní, bez chlorofylu



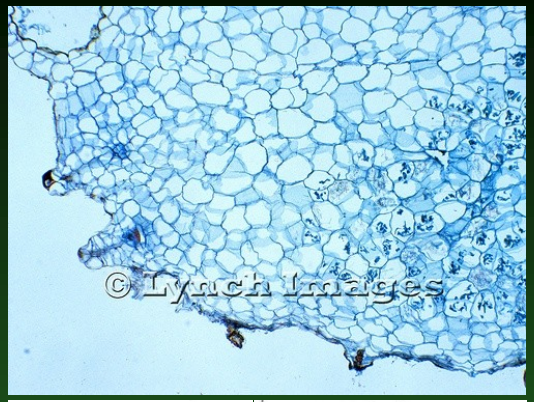


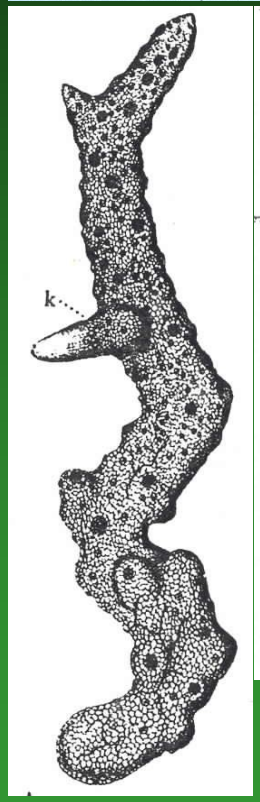
gametofyt *Ophioglossum engelmannii*

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

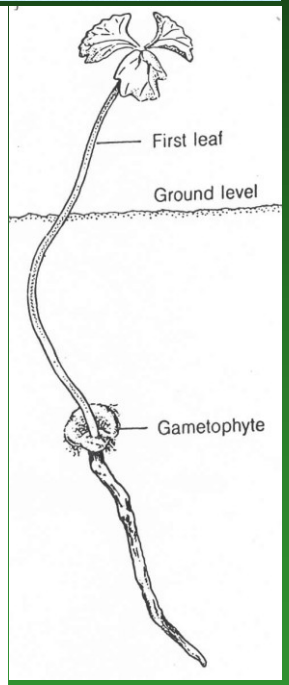
Gametangia ponořená do pletiva

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





mladé embryo



mladý sporofyt u rodu *Botrychium*

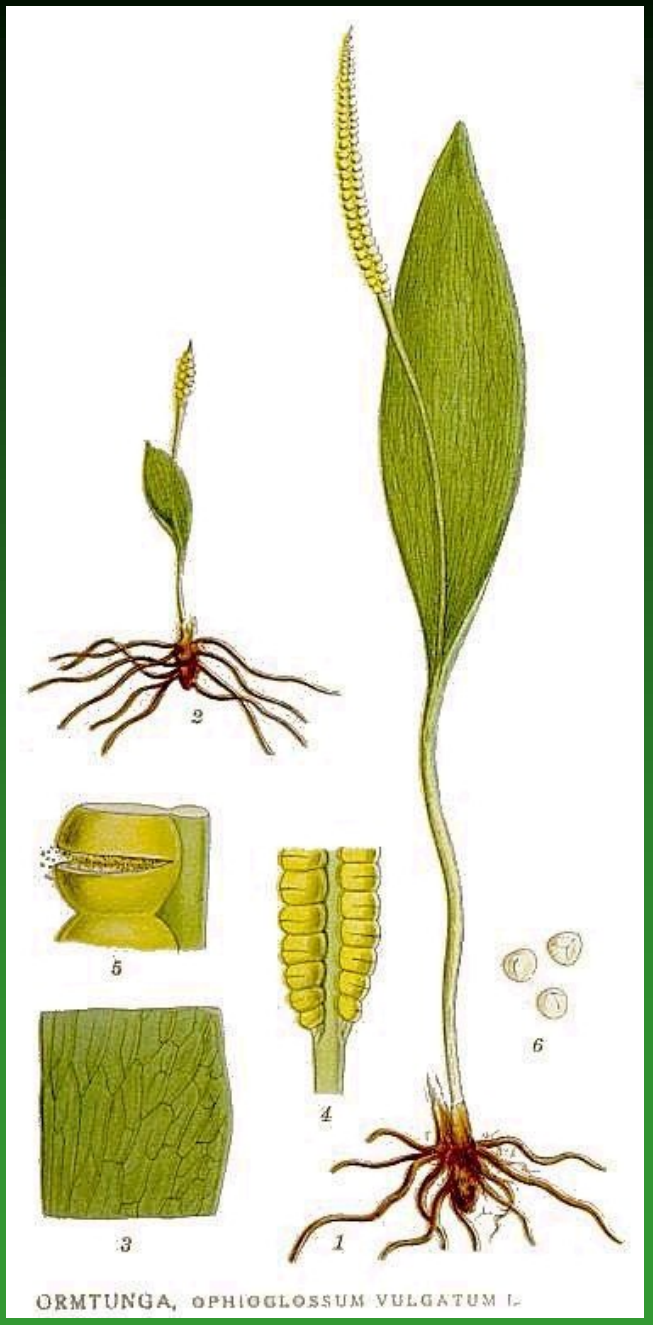
gametofyt rodu *Botrychium* pěstovaný *in vitro*

gametofyt a embryo *Ophioglossum vulgatum*

rod *Ophioglossum*,

(50 převážně tropických druhů)
u nás jediný, velmi vzácný druh
Ophioglossum vulgatum

Sterilní čepel celokrajná, často vejčitě kopinatá.



rod *Ophioglossum*,

Eusporangiátní sporangia ponořená do pletiva sporoforu ve 2 řadách.

rod *Botrychium*

(40 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 zeylandicum
Polynézie a Indomalajská oblast.

Dlanitě dělené čepele
Sporangia ve spirále.
Sporangia pukají podélnou štěrbinou.
Domorodci konzumován spařený jako chřest.
Bratři Preslové mu proto říkali hlízelka sladká.

Podobná je

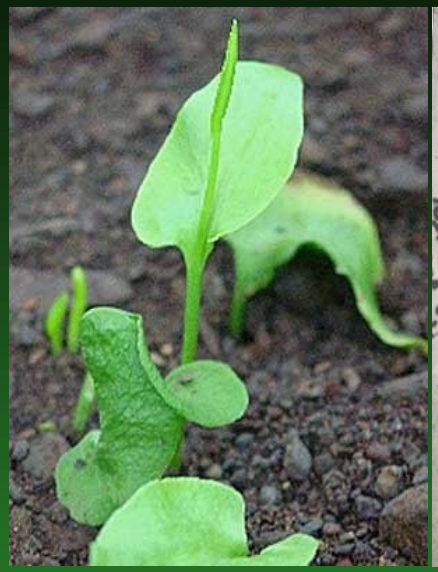
Mankyua chejuense

na ostrově Cheju při pobřeží Korejského poloostrova

Rekordní počty chromosomů

Ophioglossaceae mají vysoké počty chromozómů –

Ophioglossum reticulatum má dosud největší zjištěný počet chromozómů na světě 2n = ca 1260



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

2. třída *Equisetopsida* (přesličky)

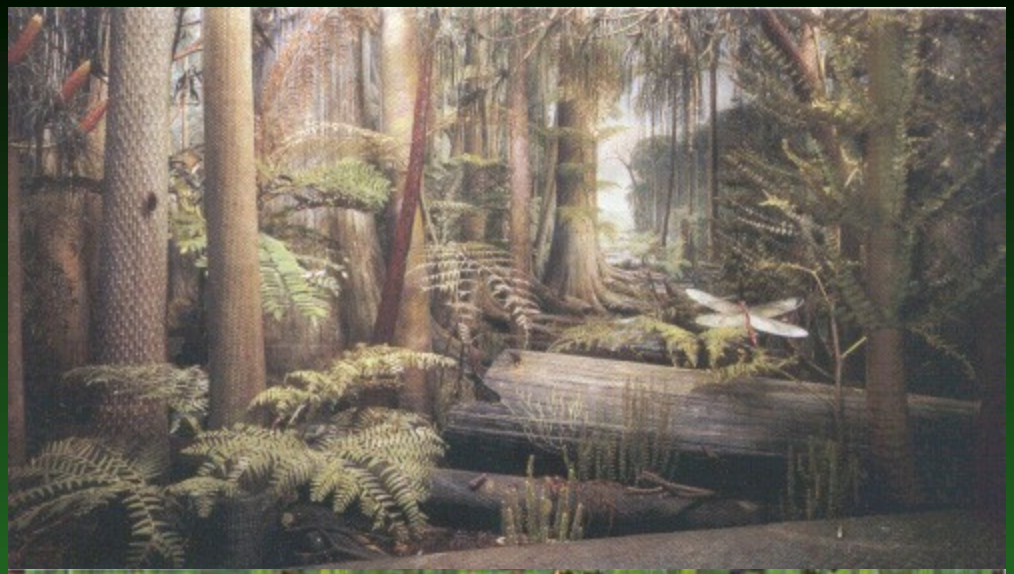
Fosilní záznam

devon --- vznik

karbon --- největší rozmach diverzity

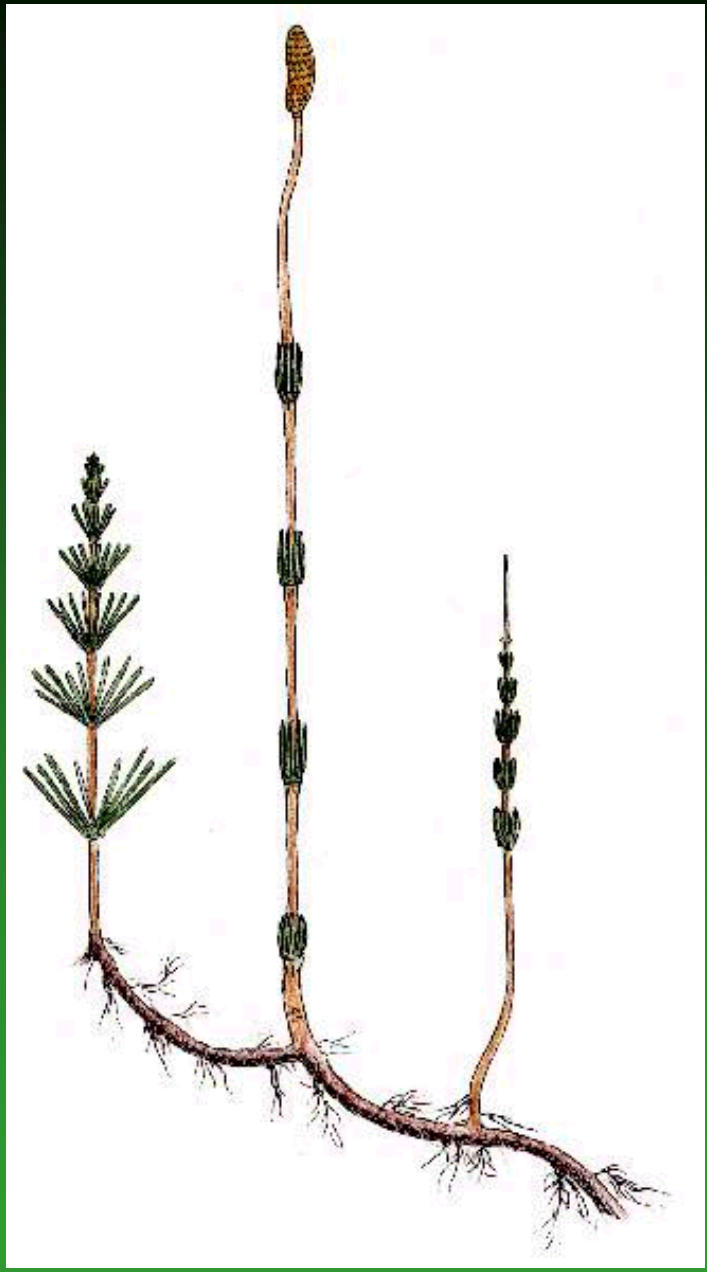
perm --- ústup,
zrychluje se dál během druhohor

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

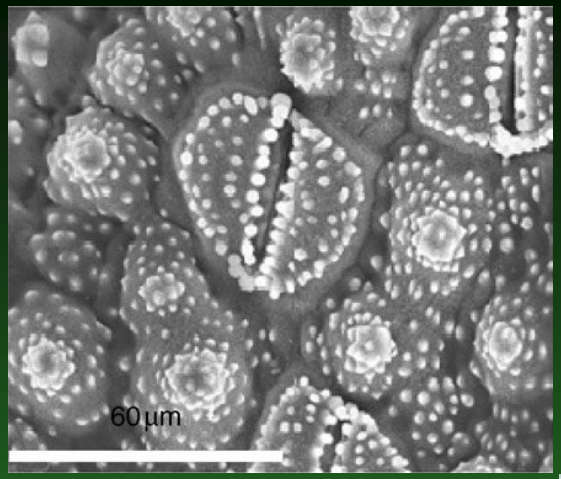


Kořeny

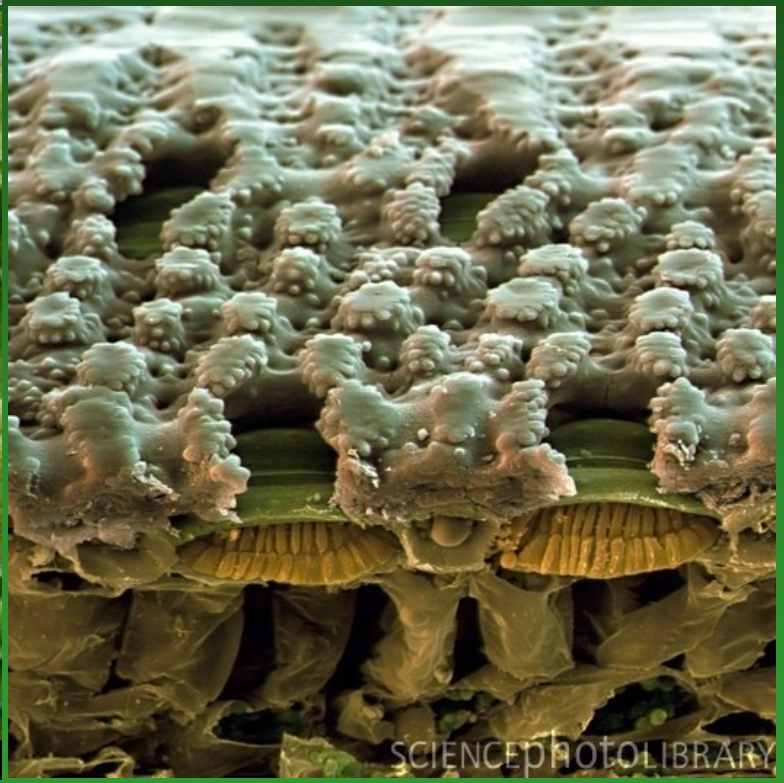
adventivní, vyrůstají na oddenku



Listy - drobné, jednožilné (sfenopsidní mikrofyly), odvozené redukcí od megafylů *Trimerophyt*, bočně srůstají v zoubkovaný límeček nad přeslenem větví (i na bočních větvích!)



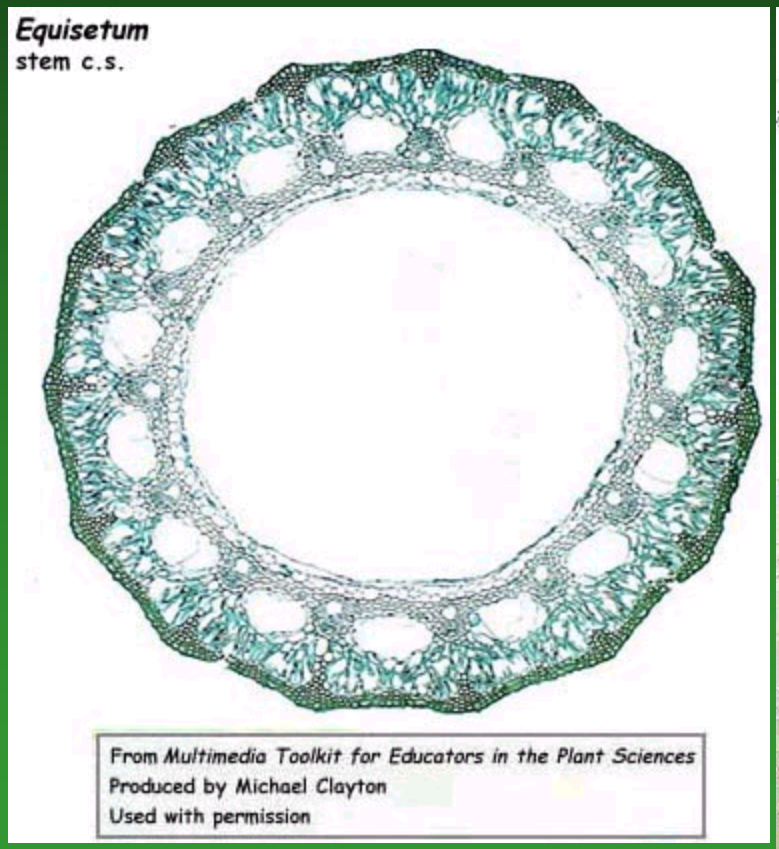
Epidermis - silně inkrustovaná SiO_2. Hroty křemičitých tělísek vyčnívají nad epidermis, která je v důsledku toho drsná. (popel přesliček bohatý na křemičitá tělíska se užíval k čištění nádobí zejména cínového a k leštění kovů)

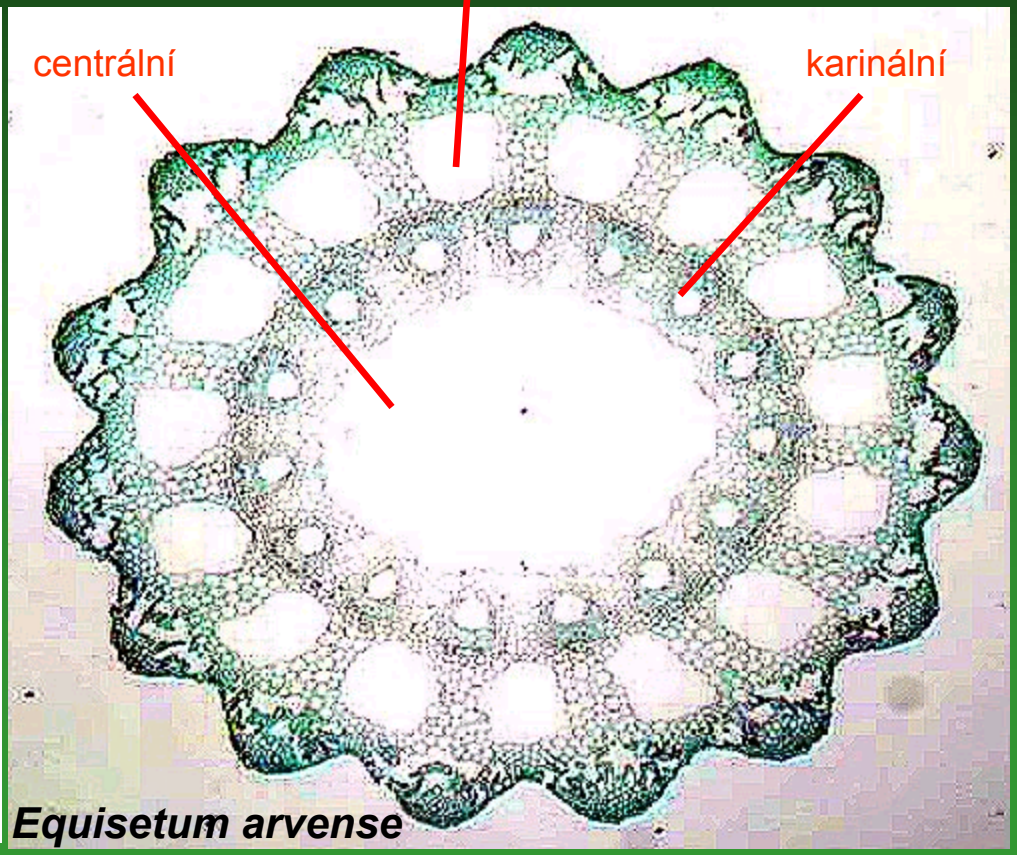


Stonek článkovaný, přeslenitě větvený, podélně rýhovaný

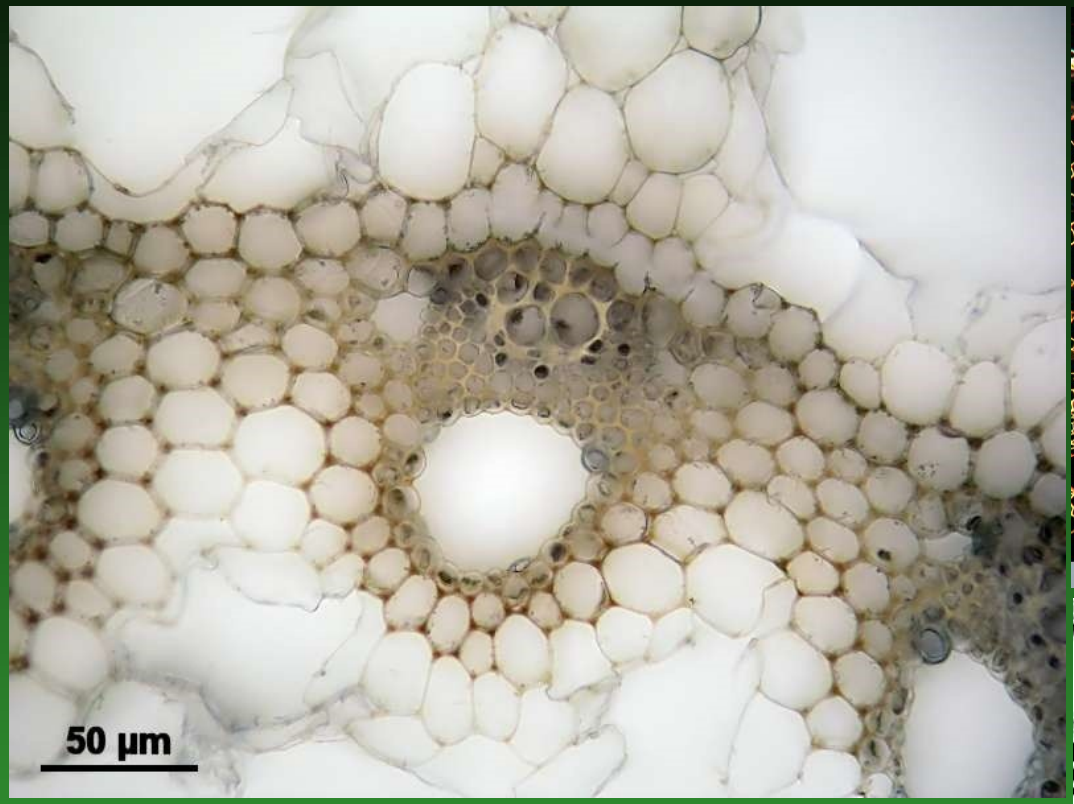
(C) 1999 Dr. Heather Poe. All Rights Reserved. P.O. Box 509, Redmond, WA. 98073
Digital photographs were either taken near Bear Creek or of species observed near Bear Creek.

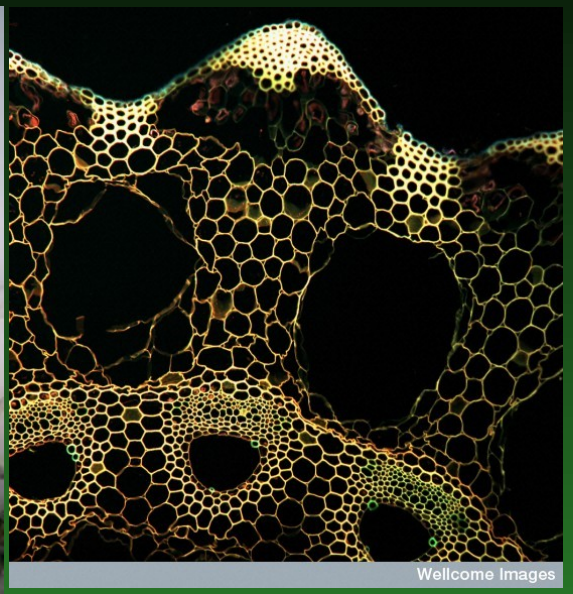
Rýhy (= valekulae) se střídají s žebry (= carinae), uvnitř stonku 3 typy dutin: (i) centrální (lysigenní), (ii) valekulárními a (iii) karinálními
Dutiny přerušené přepážkami v nodech

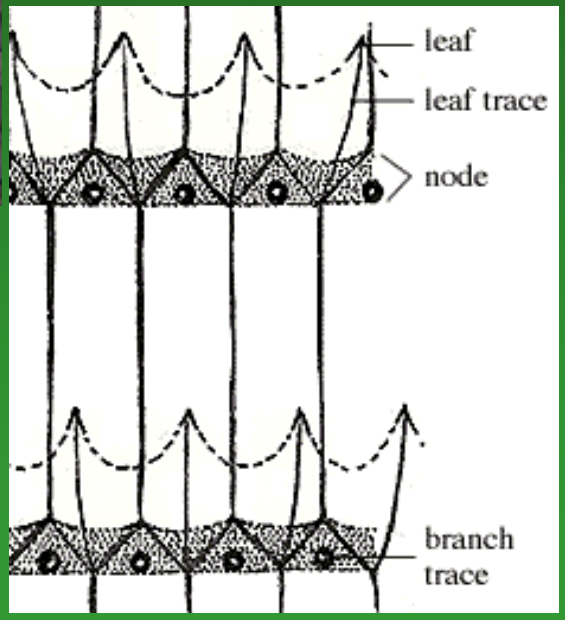




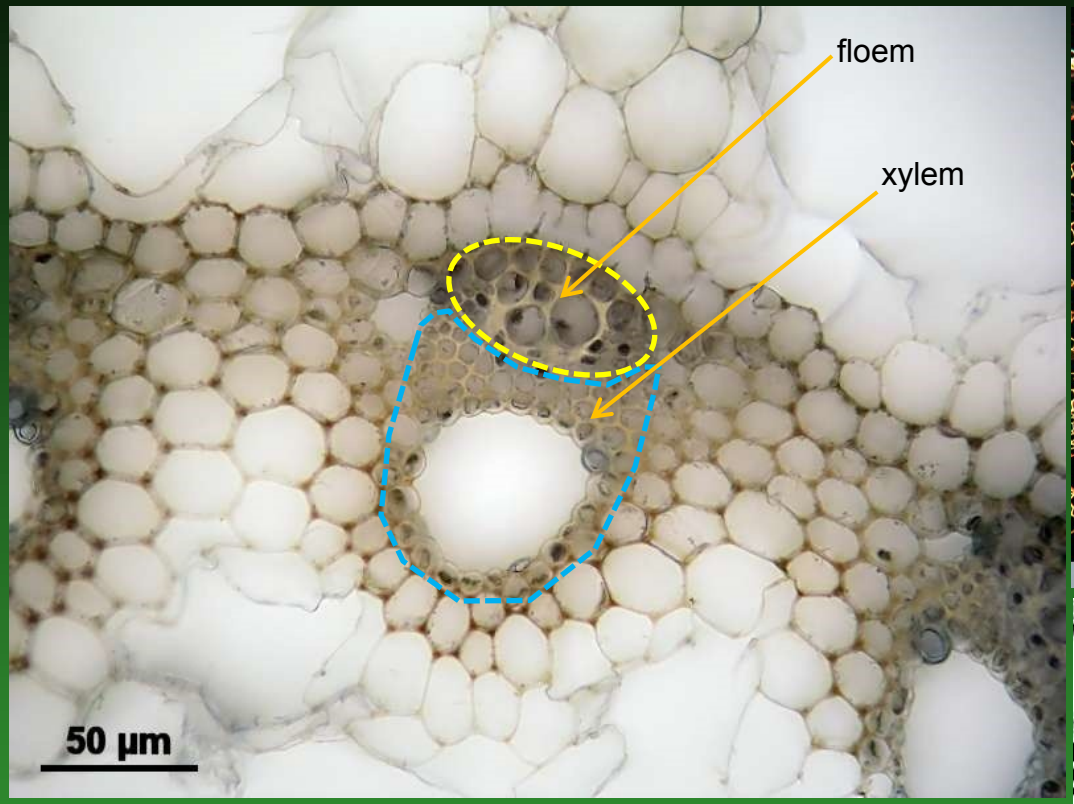
Vodivá pletiva – eustélé s primitivními trachejemi

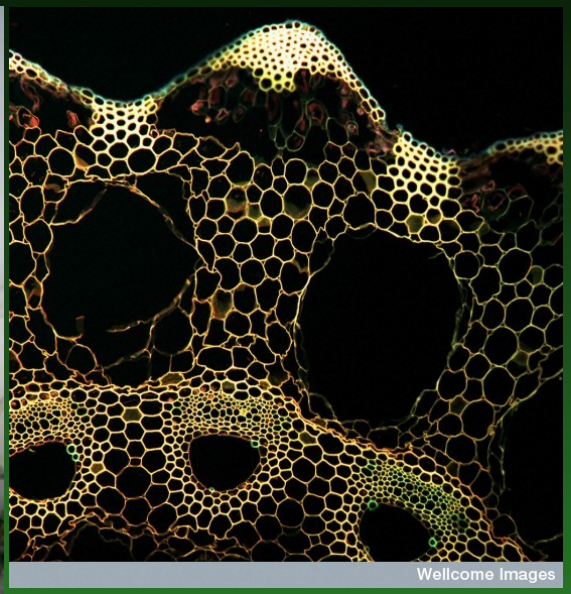


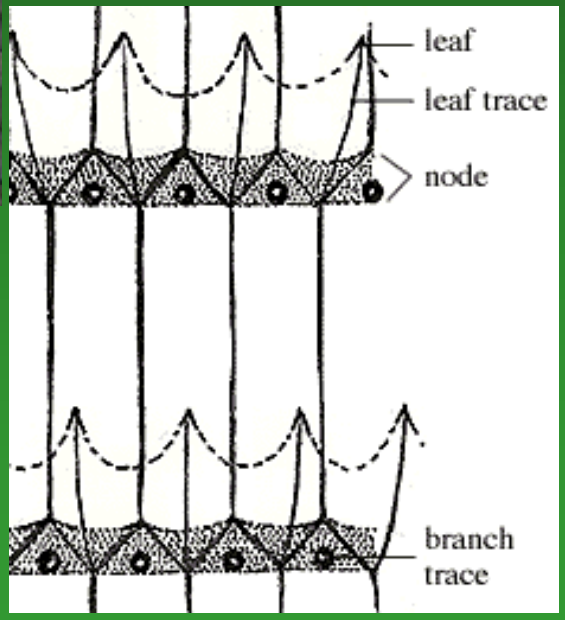




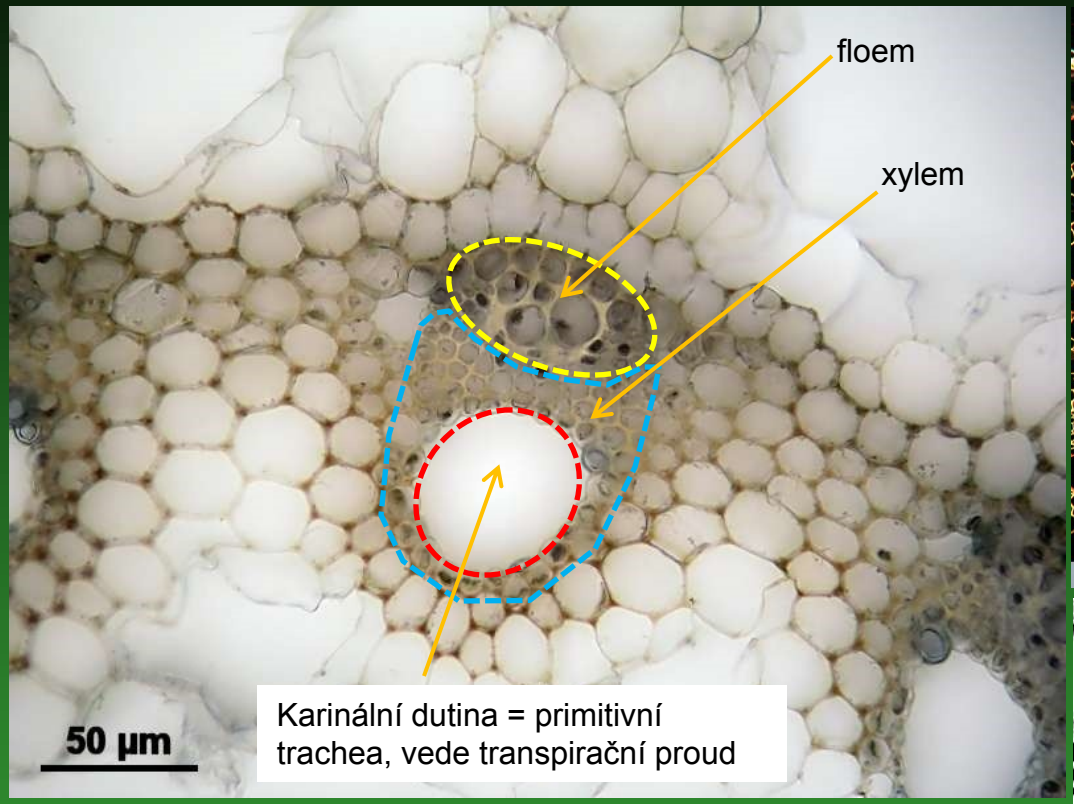
Vodivá pletiva – eustélé s primitivními trachejemi



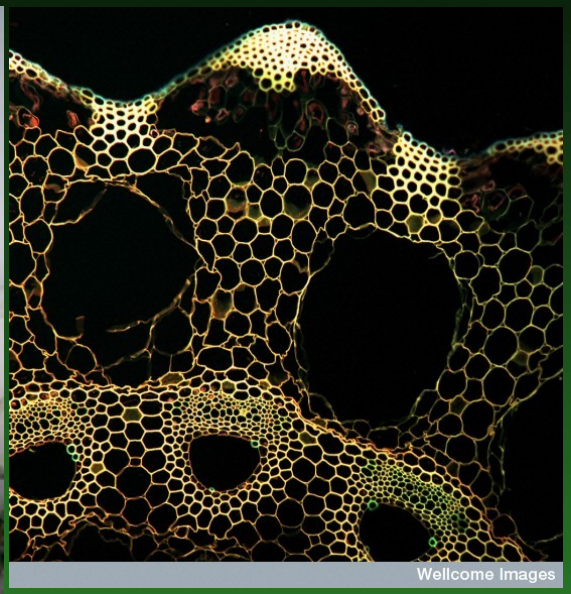


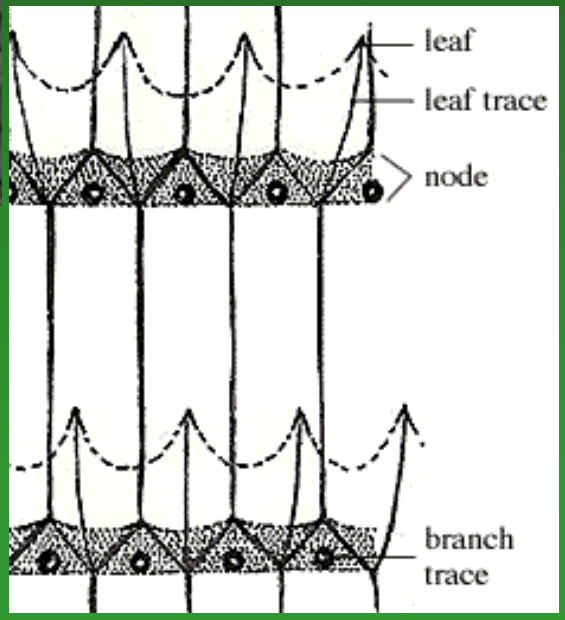


Vodivá pletiva – eustélé s primitivními trachejemi

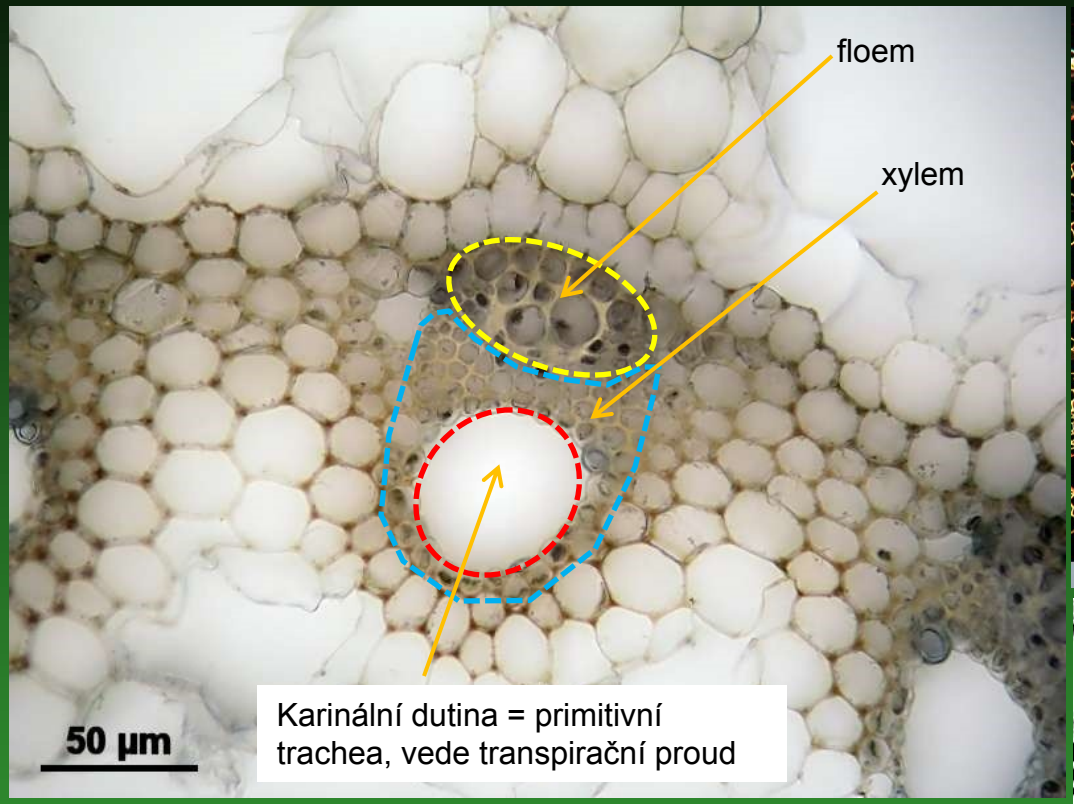


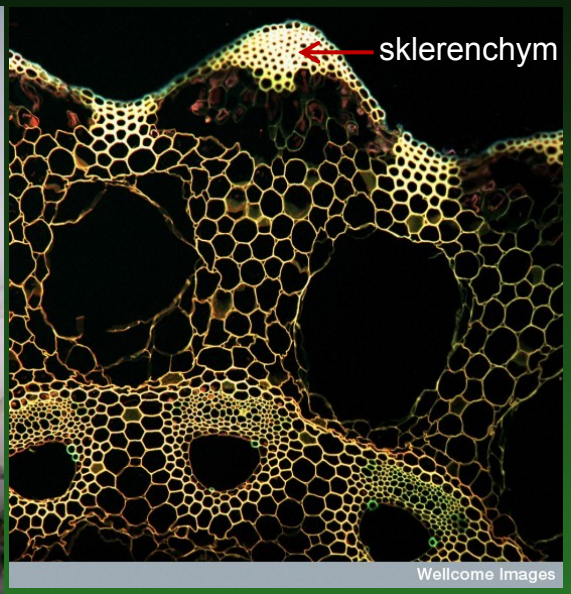
Karinální dutina = primitivní trachea, vede transpirační proud

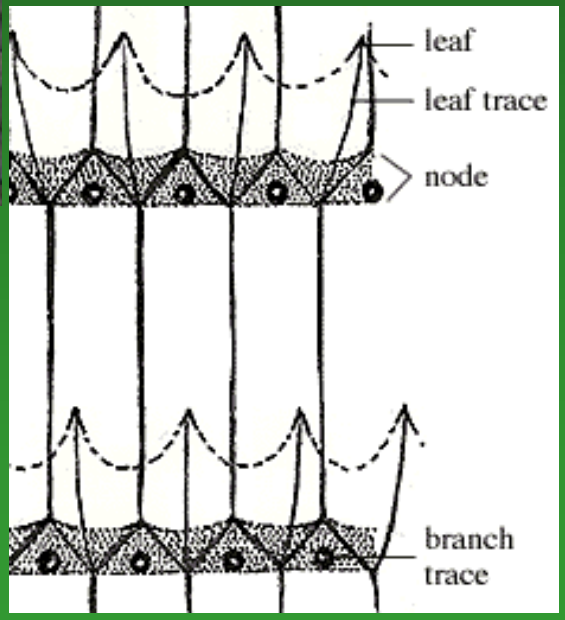




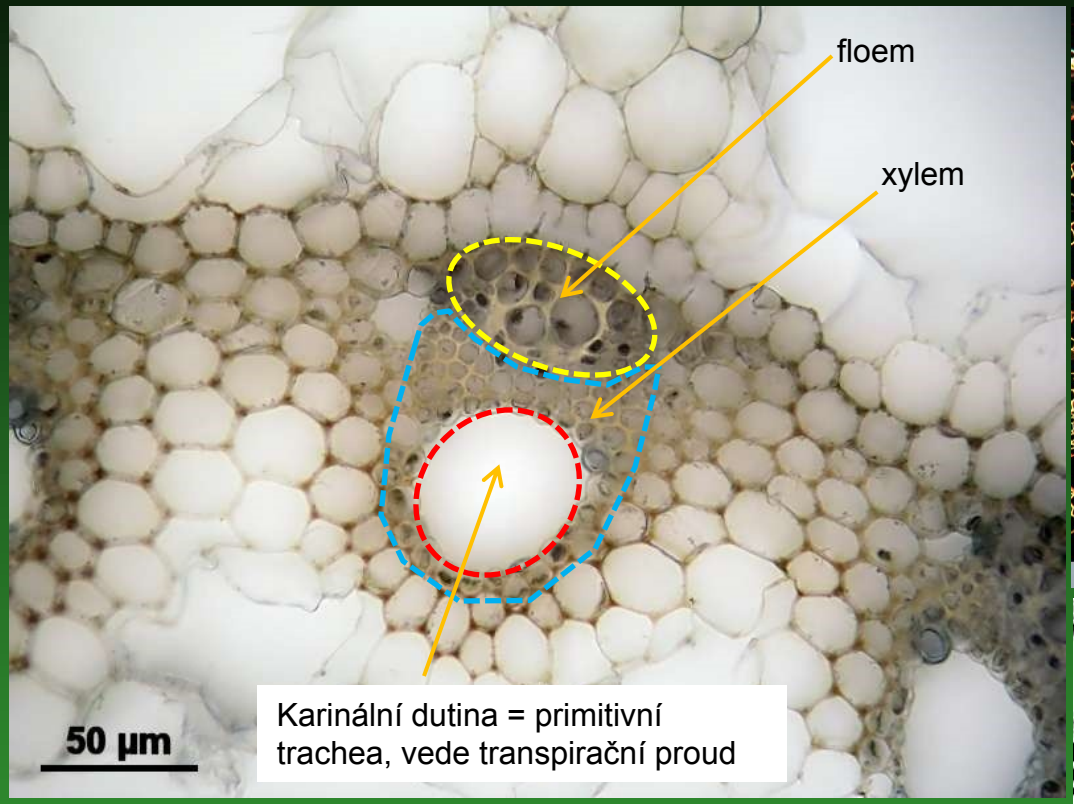
Vodivá pletiva – eustélé s primitivními trachejemi



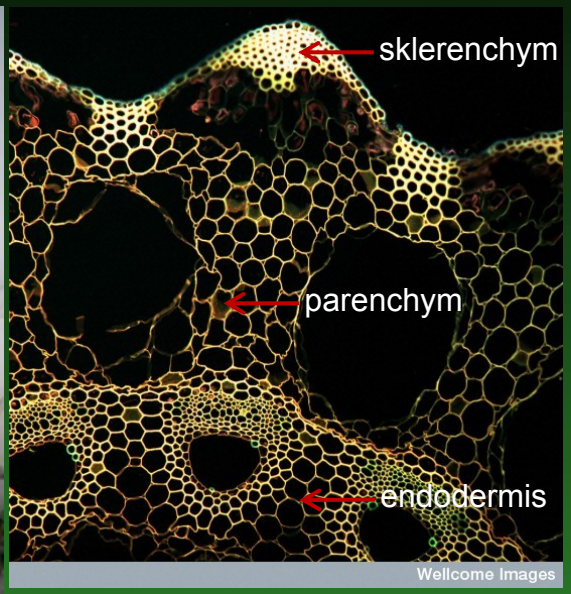


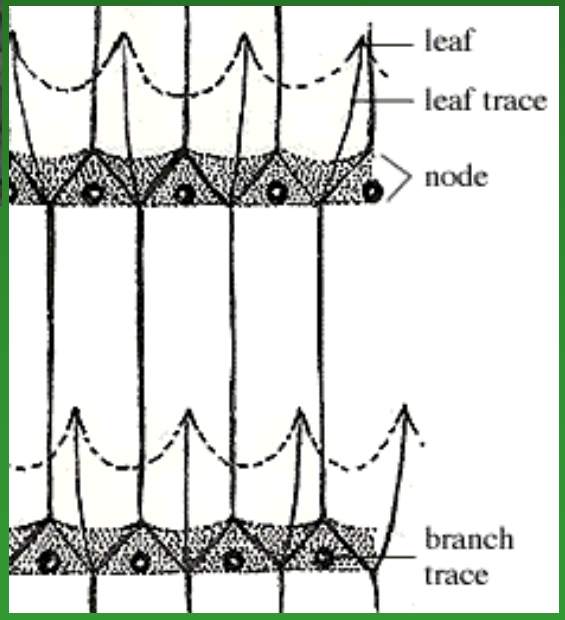


Vodivá pletiva – eustélé s primitivními trachejemi

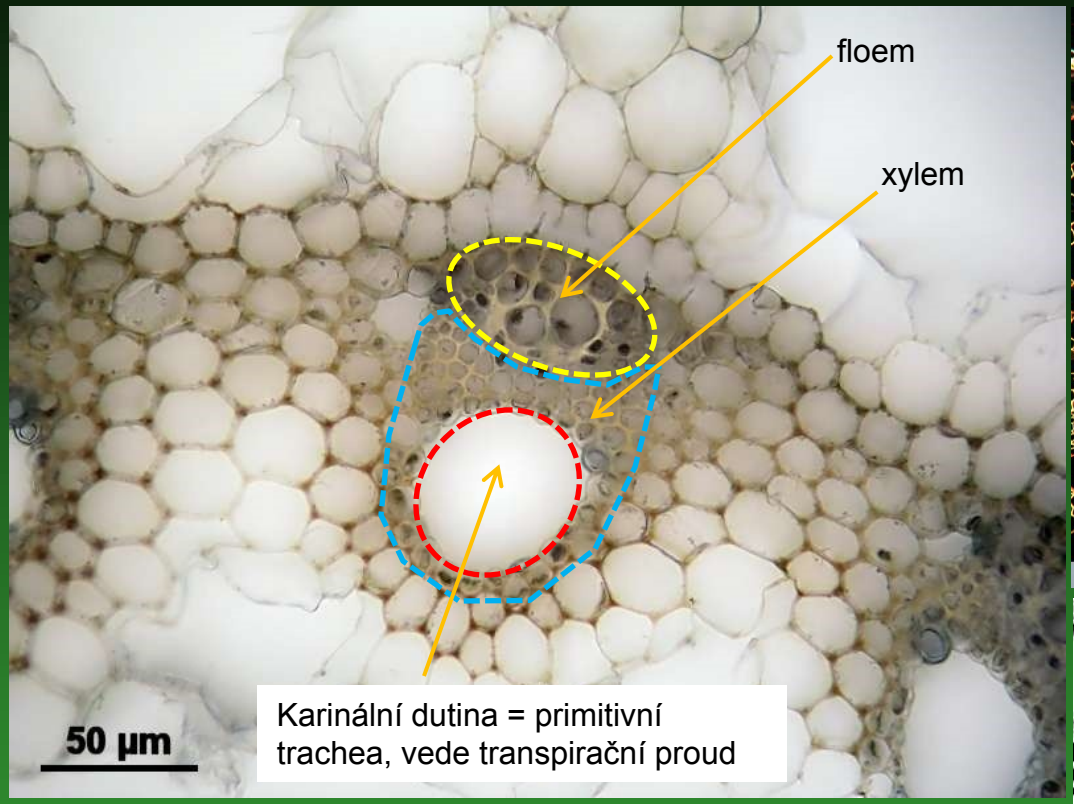


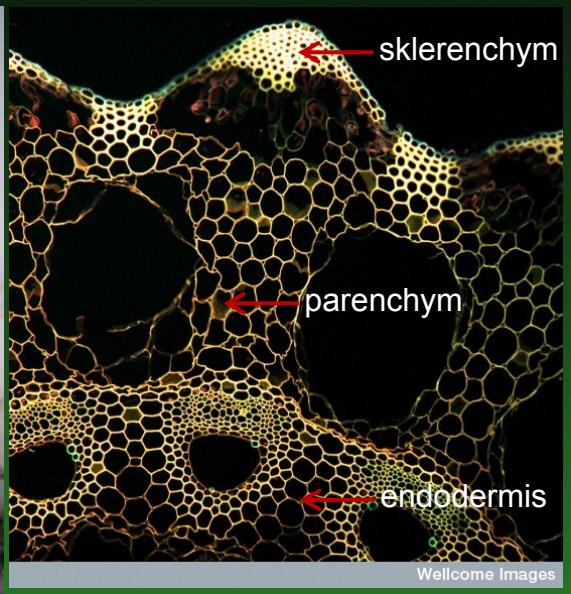
Karinální dutina = primitivní trachea, vede transpirační proud

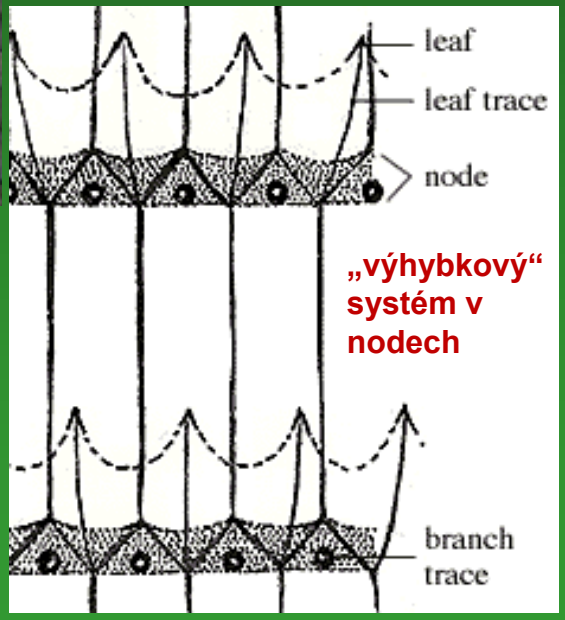


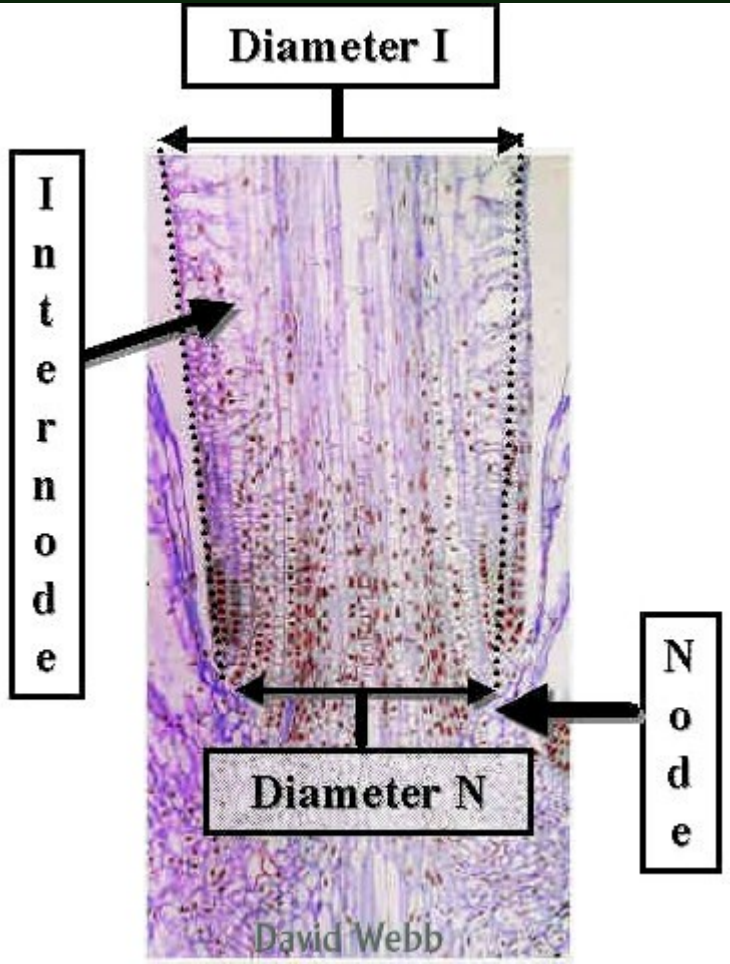


Vodivá pletiva – eustélé s primitivními trachejemi







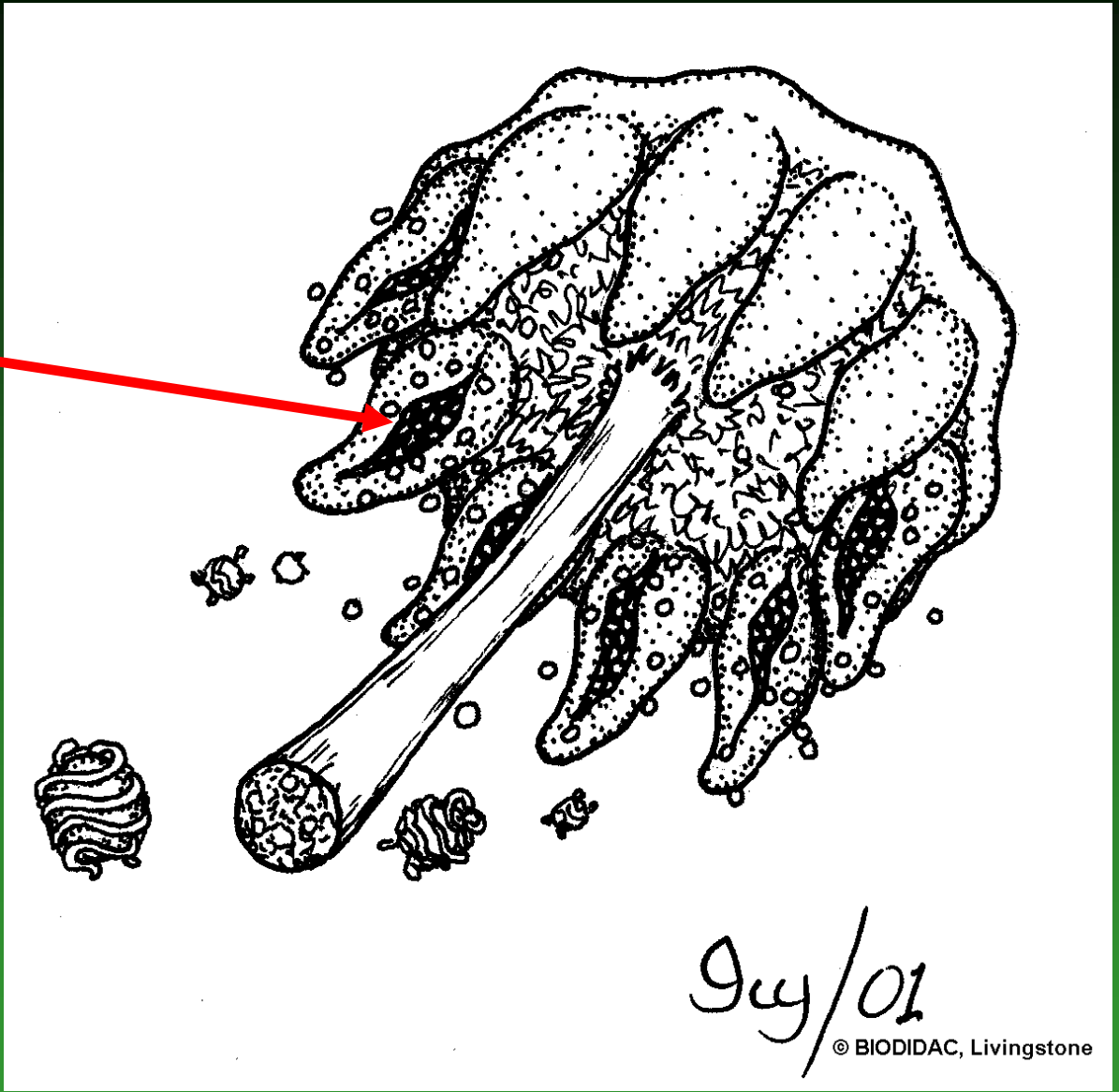


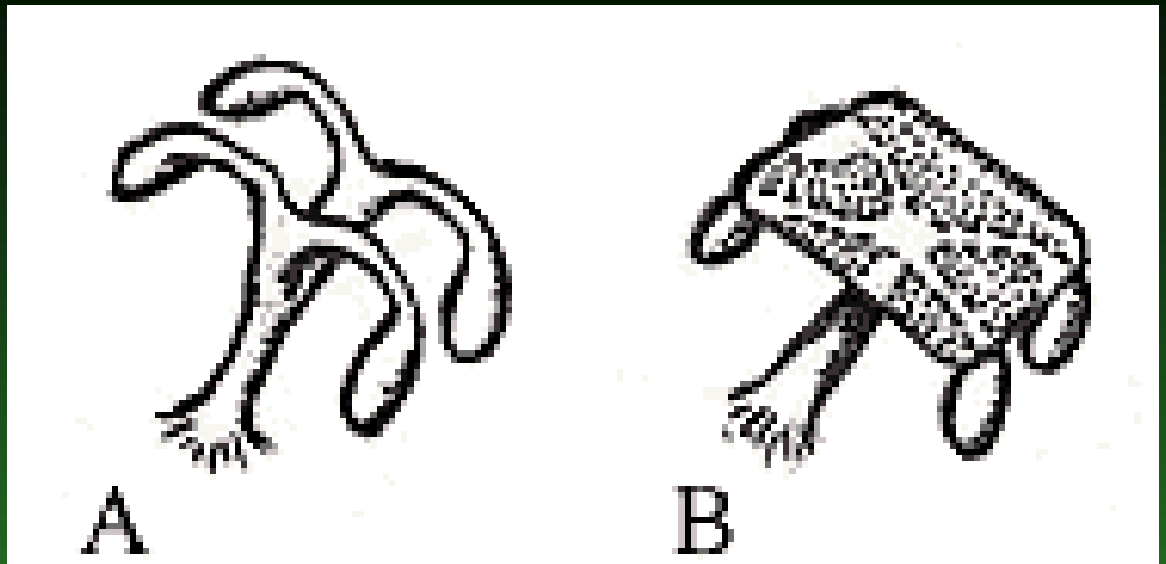
V nodech interkalární meristém

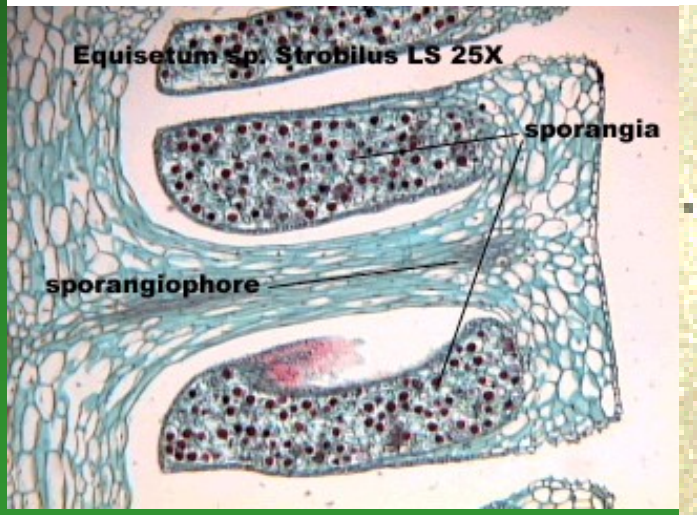
Zajišťující prodlužování stonku

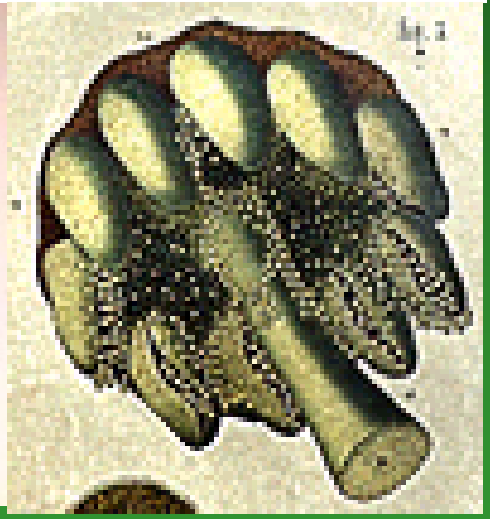
Sporangia

eusporangiátní elipsoidní, s podélnou dehiscencí









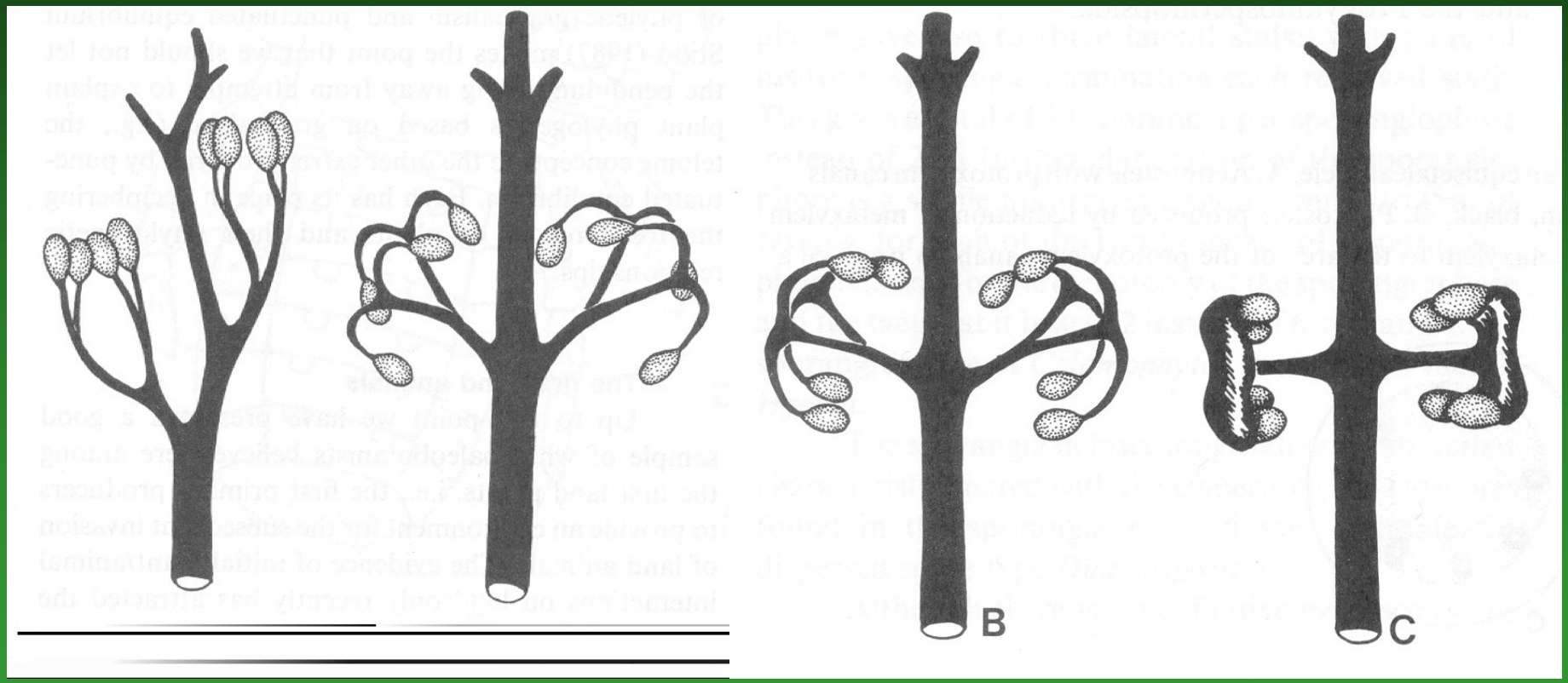
Sporangia

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

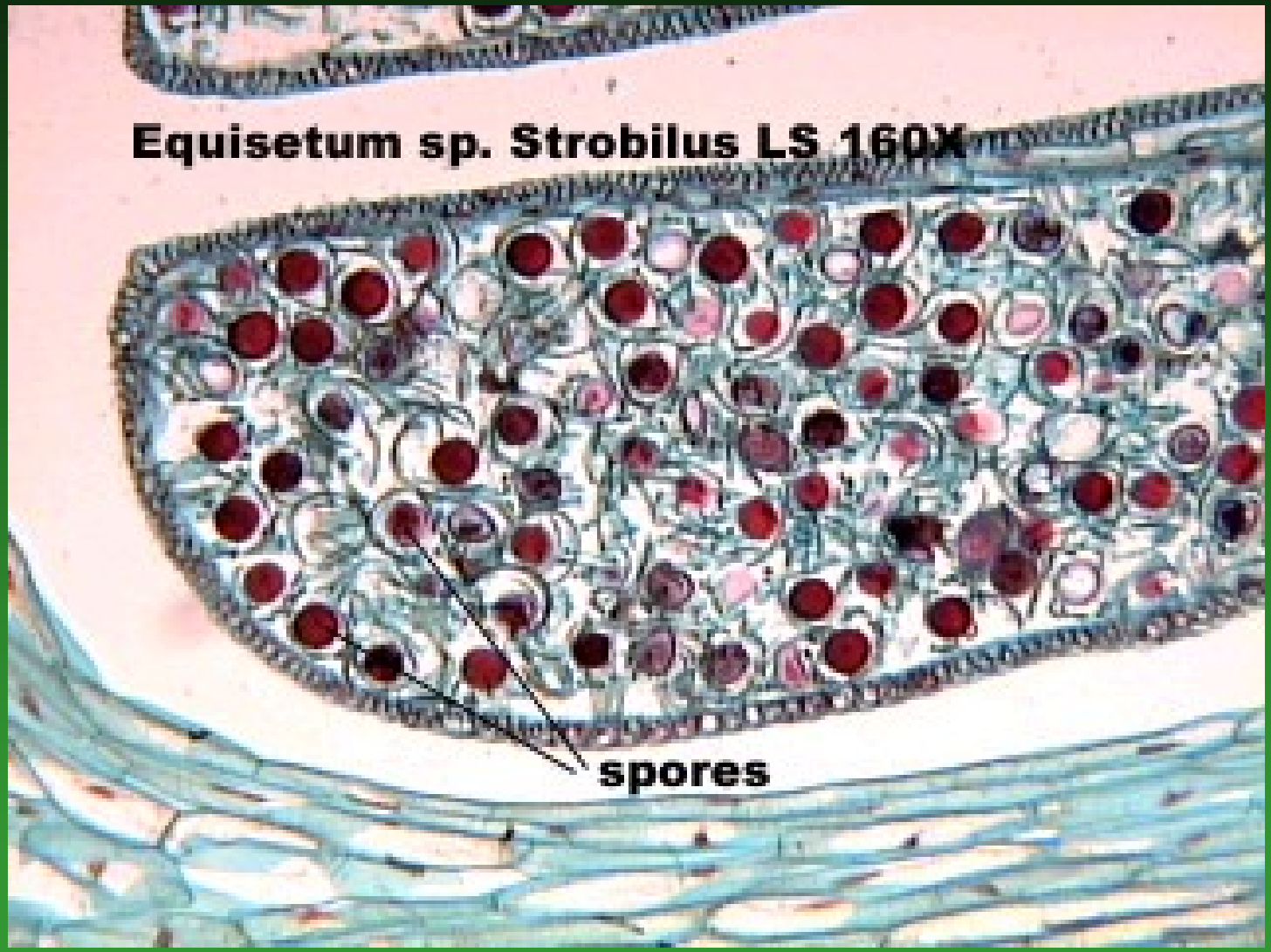
Sporofyl

„deštníkového“ tvaru - sporangiofor

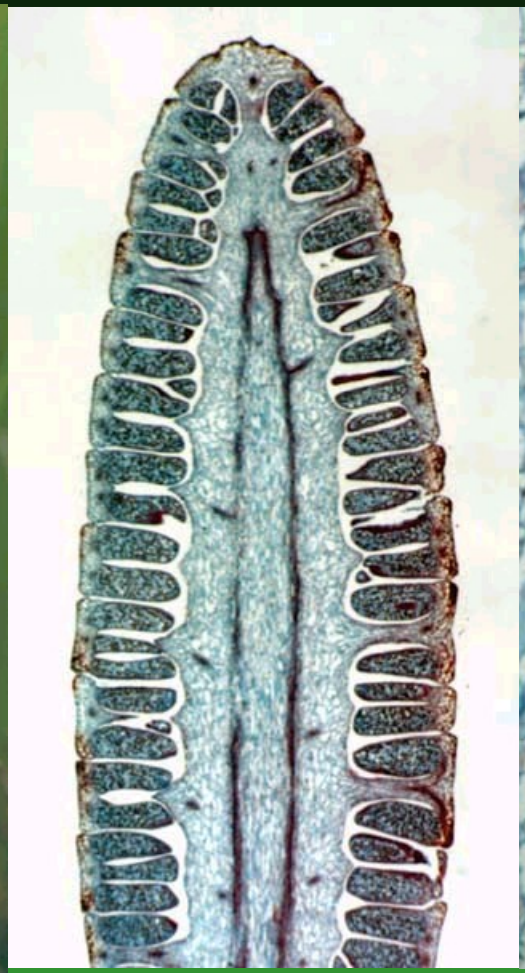
Odvození tvary sporofylů přesliček od ryniofyt



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



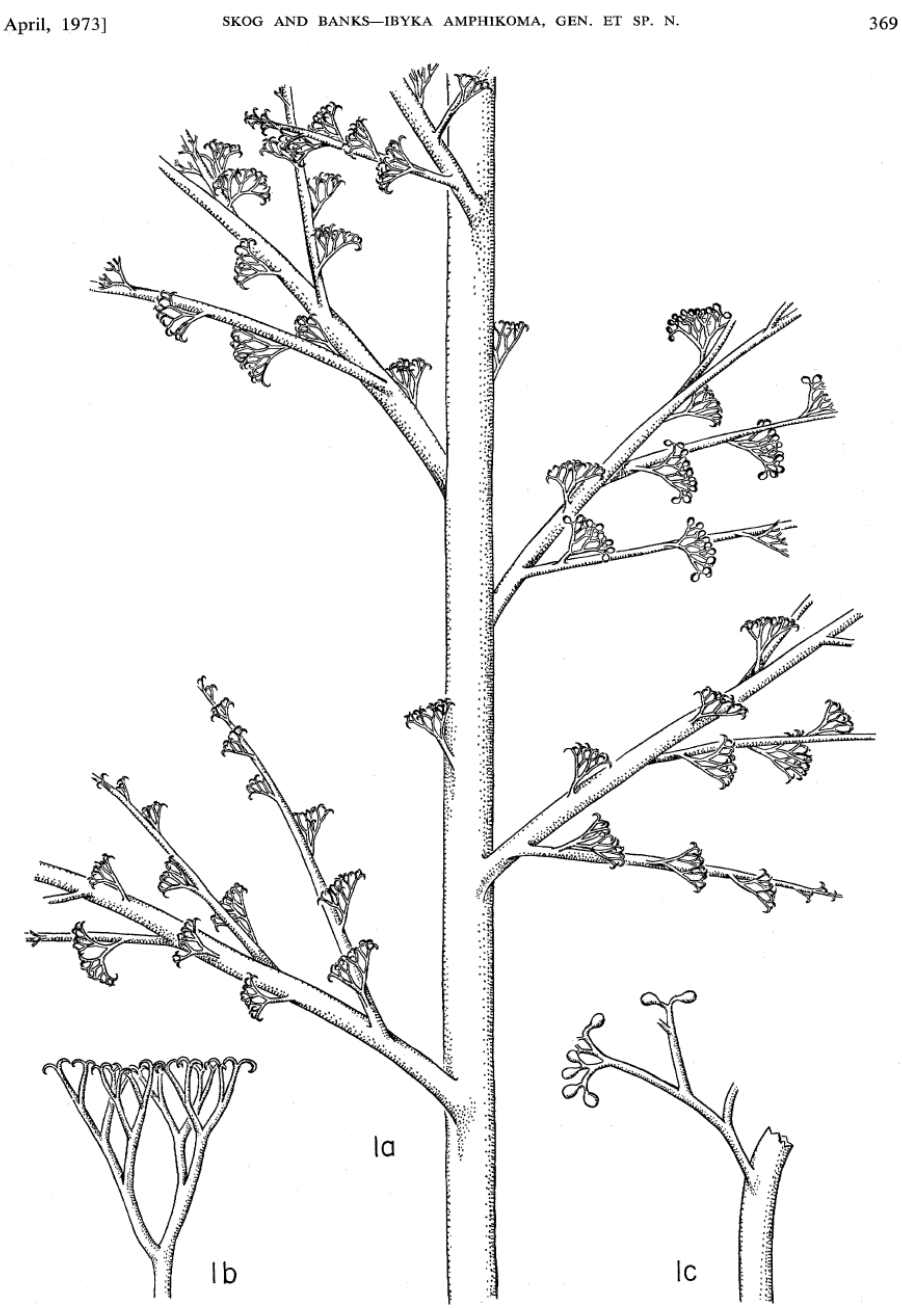
Sporofyly - v terminálních strobilech



Spojovací článek mezi odd. *Trimerophyta* a přesličkami by mohl představovat rod *Ibyka* ze stř. devonu

Ibyka amphikoma byla vysoká kolem 50 cm

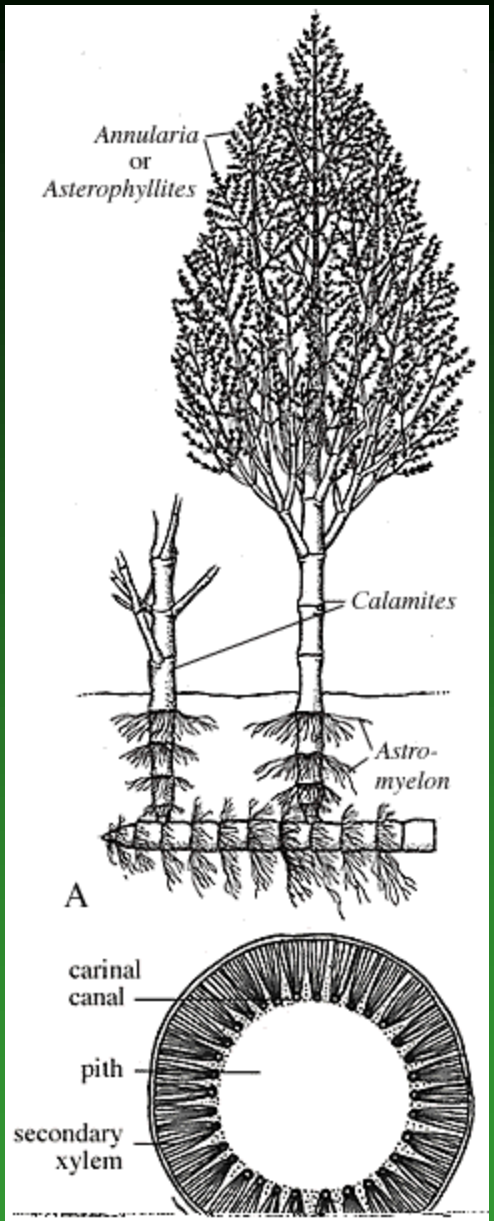
Měla anatropní sporangia!



řád *Calamitales*

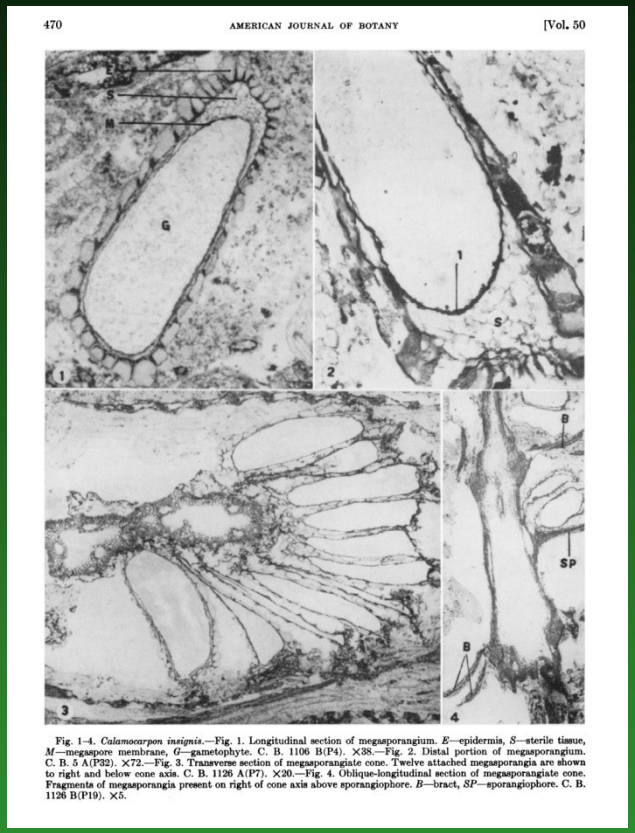
Stromy z karbonu a permu.

až 30 m vys., kmen u báze 1 m



Calamites

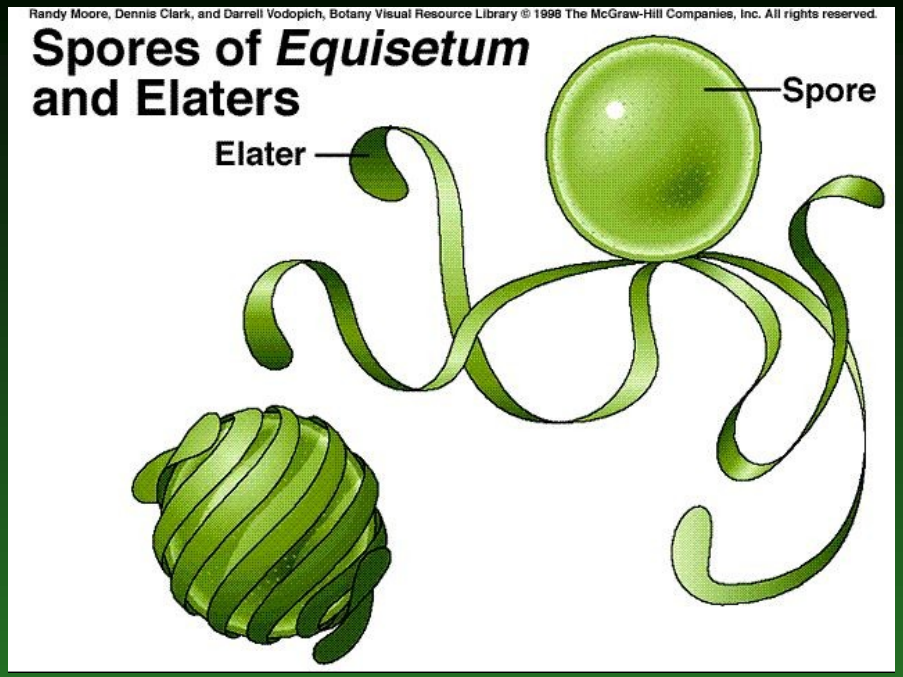
řád *Calamitales*



U heterosporického druhu *Calamocarpon insignis* se uvažuje o primitivní semennosti

řád *Equisetales*

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



Spory - kulovité,

zelené (s chlorofylem)

s vnějším obalem tvořeným 4 páskovitými vychlípeninami - (pseudo)elatery, = haptery.

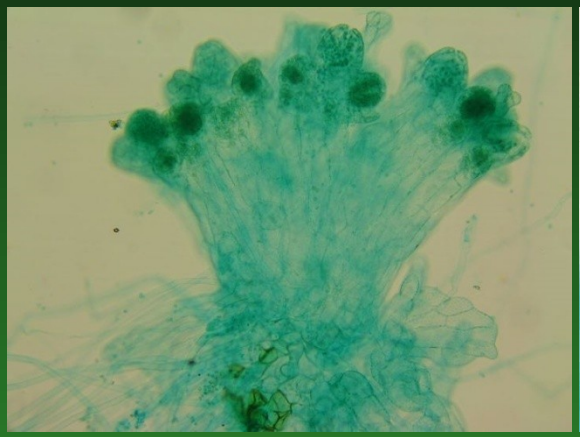
Elatery konají hygroskopické pohyby čímž vytvářejí shluky.

Větrem se šíří celé shluky

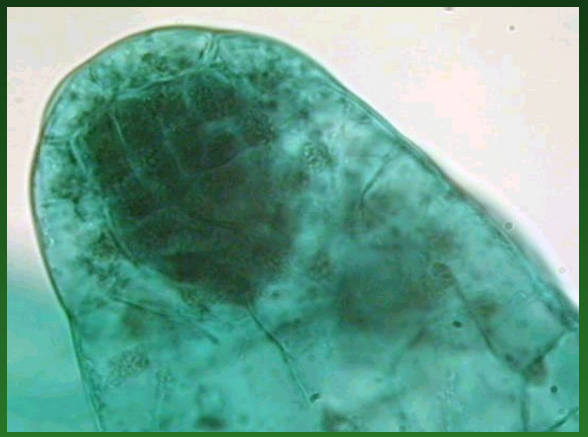
Gametofyt (prothalium) nadzemní, zelený; samčí a samičí rostou díky shlukům tvořeným elaterami blízko sebe

prothalia přesliček

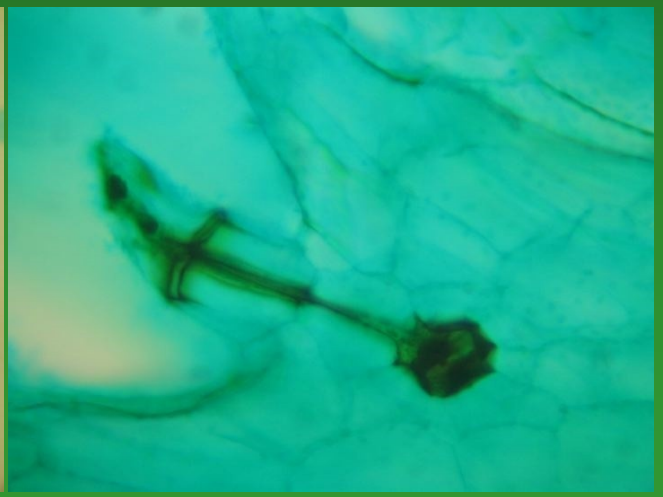
prothalium s antheridii



antheridium



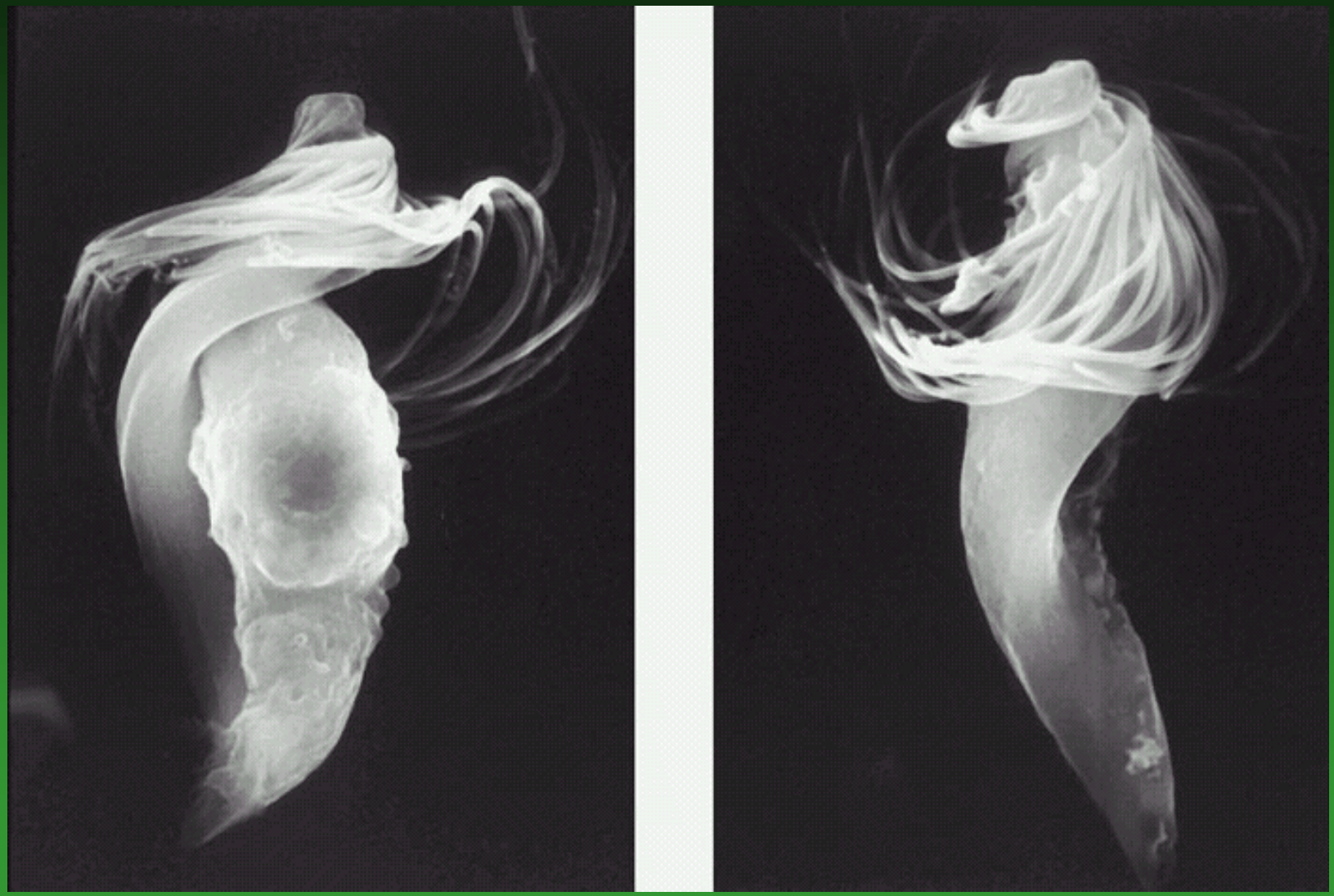
Prothalium s archegonii



archegonium

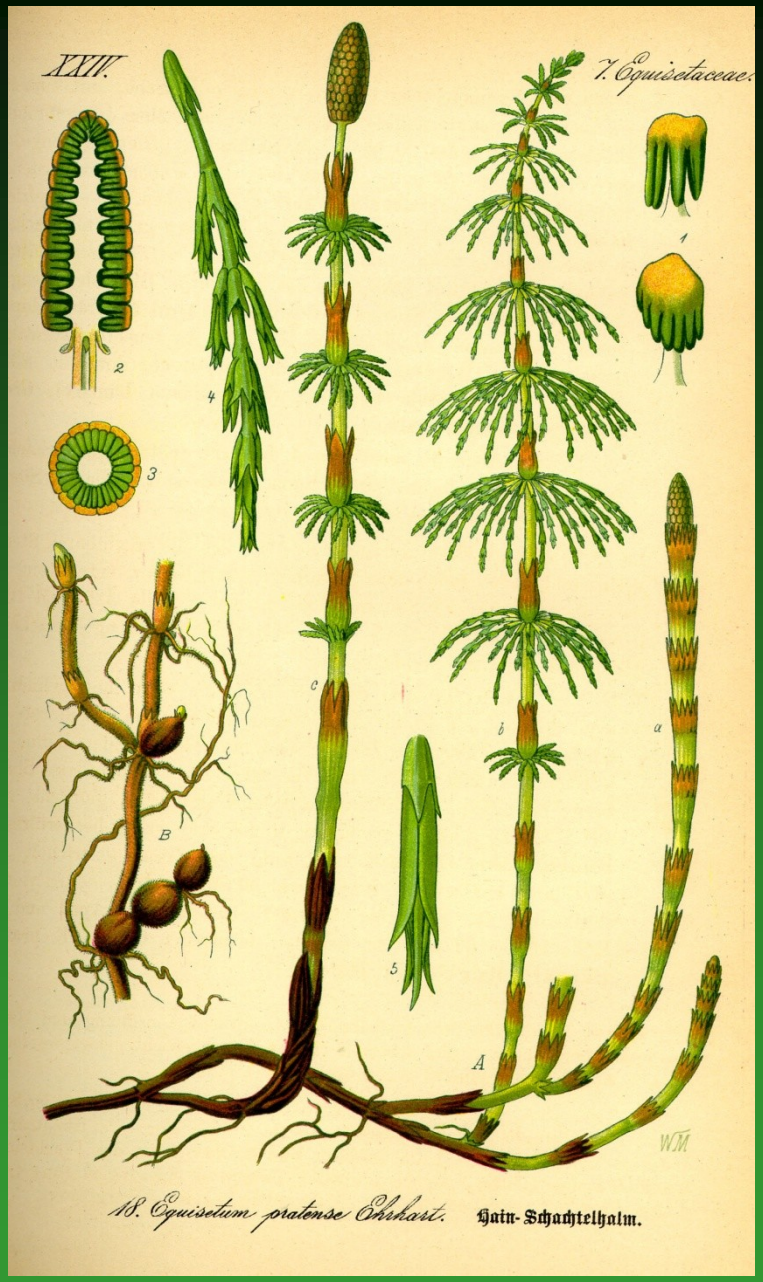
mladý sporofyt přesličky

Spermatozoidy polyciliátní



jediná čel. ***Equisetaceae***

Recentní zástupci značně uniformní v jediném rodu *Equisetum*.

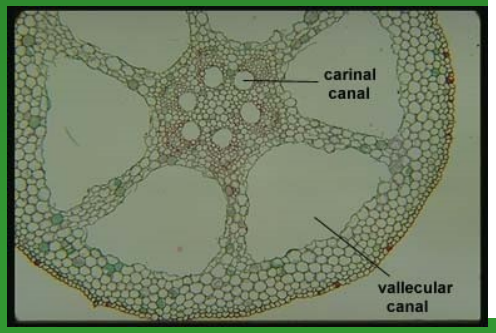


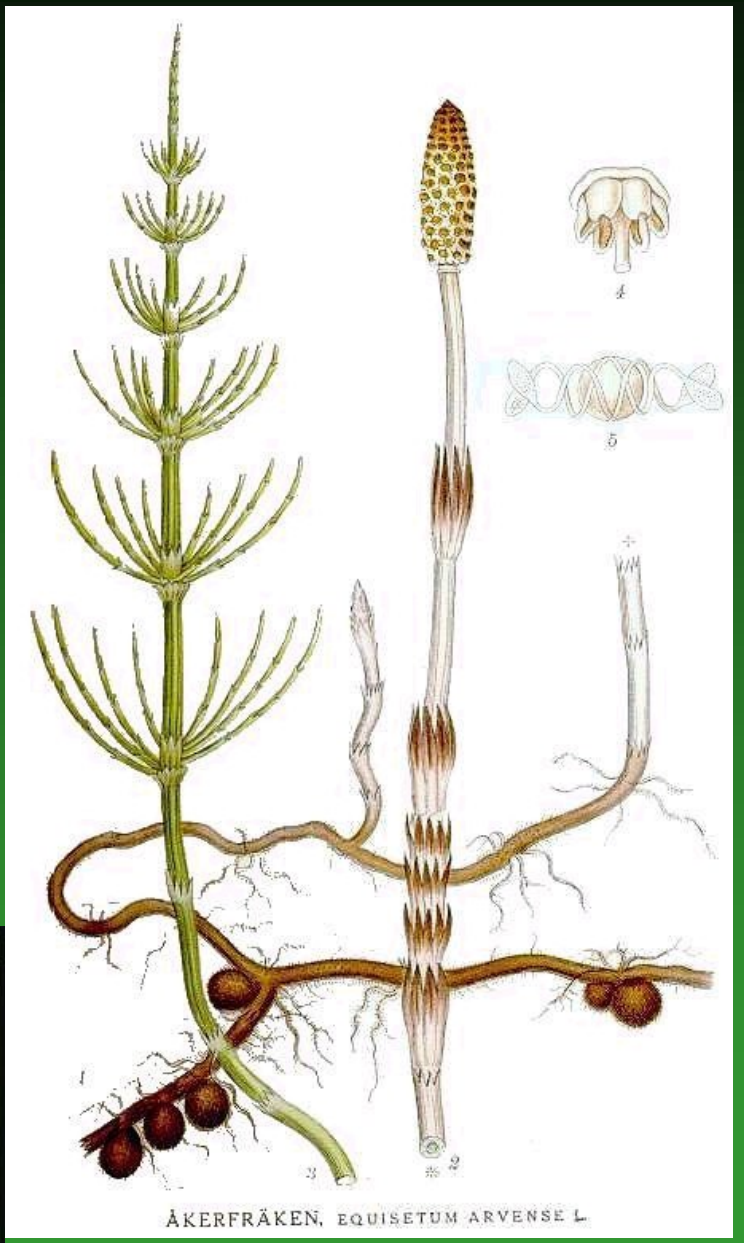
Equisetum arvense - přeslička rolní

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

Oddenek přesličky rolní akumuluje zásobní látky, nutné pro heterotrofní výživu jarních lodyh, formou ztluštělých bočních článků. Tyto zásobní hlízky jsou někdy vyrývány a požírány prasaty.

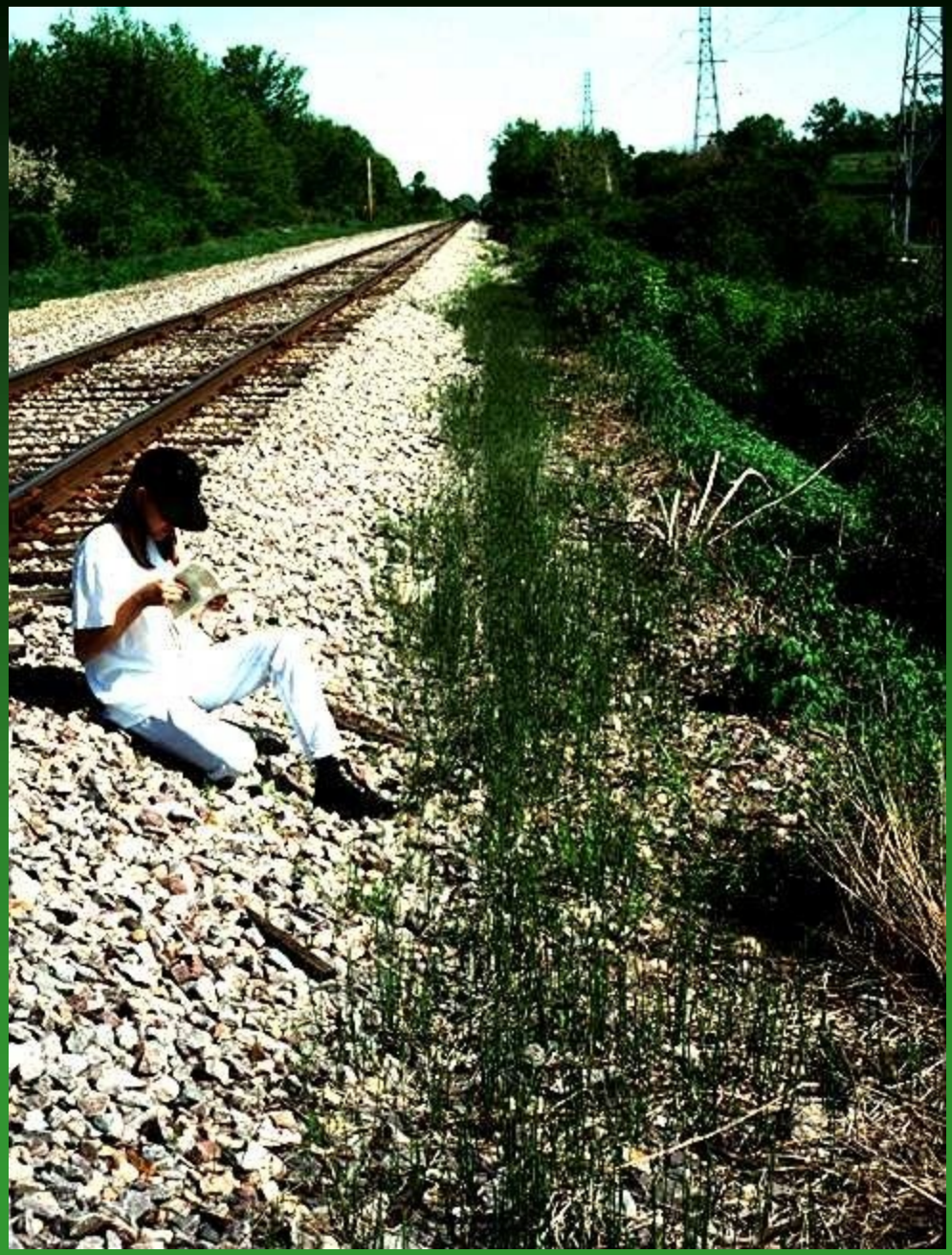
Řez oddenkem





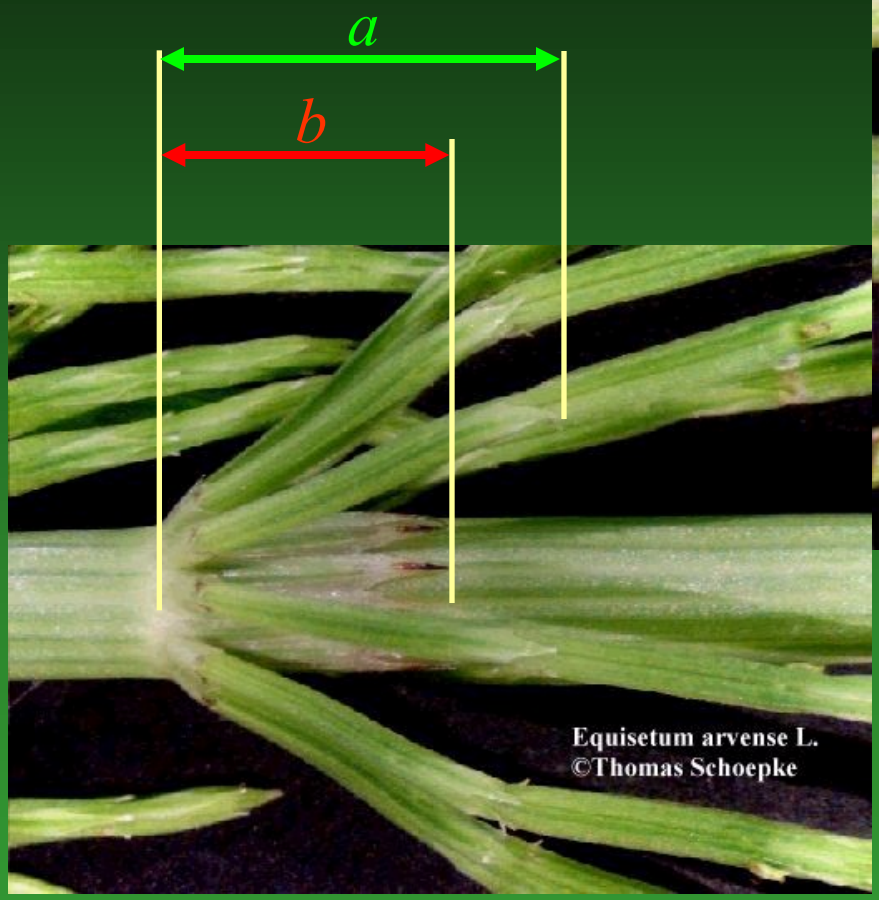
Přeslička rolní roste na loukách, podél komunikací i jako plevel na polích.

Letní lodyhy se sbírají jako léčivka.



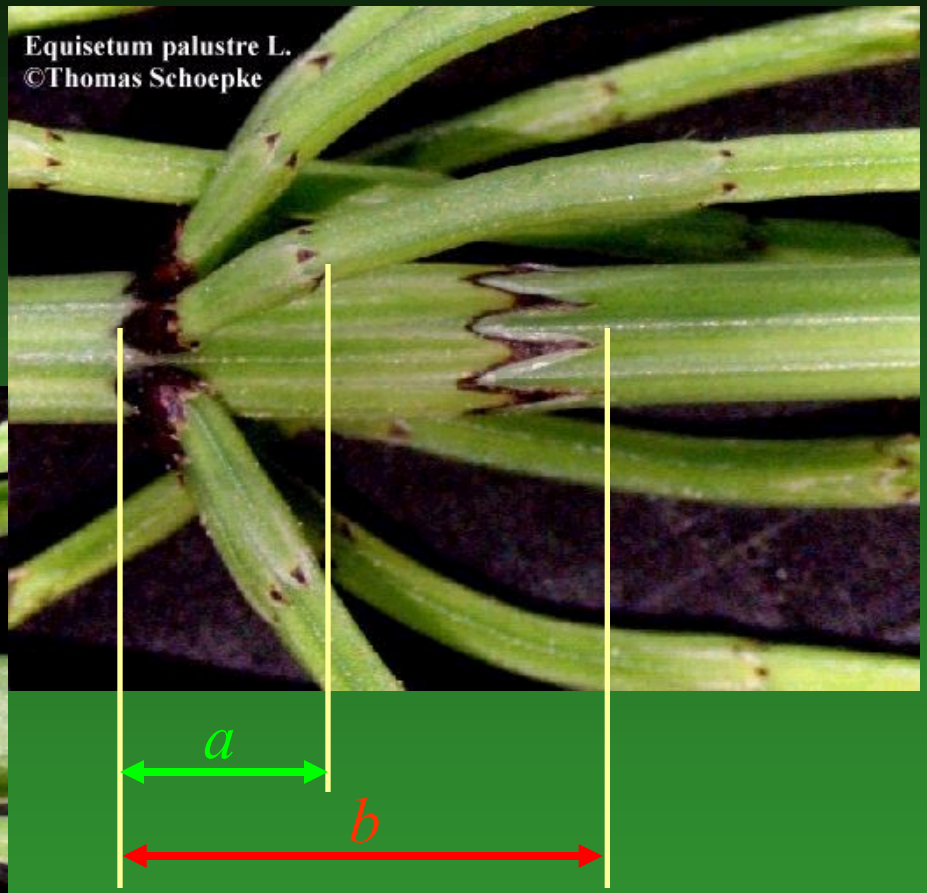
Equisetum palustre - přeslička bahenní Po dozrání výtrusnic jarní lodyha neodumírá, ale zezelená a stává se letním asimilačním typem. Obsahuje jedovatý piperidinový alkaloid palustrin, jehož účinek se neruší sušením. Roste na vlhčích loukách.

Rozdíl mezi přesličkou rolní a přesličkou bahenní



Equisetum arvense *b* < *a*

Equisetum palustre *a* < *b*



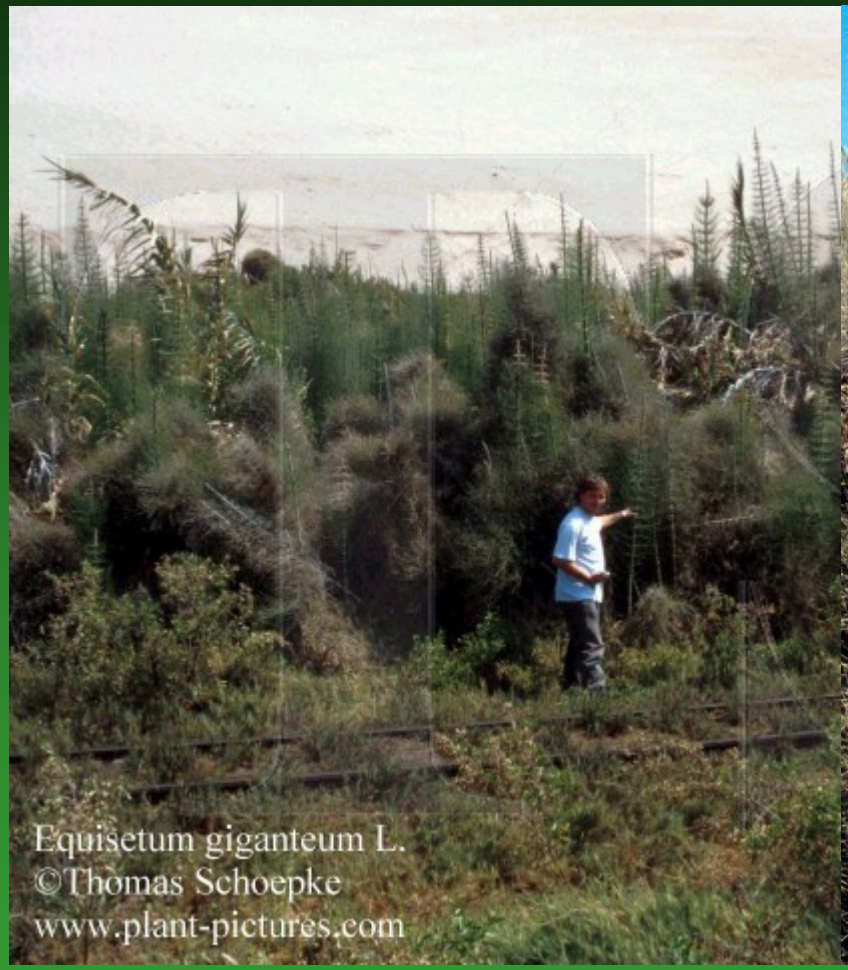
a = první článek větve

b = list hlavní lodyhy

Equisetum sylaticum - přeslička lesní

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

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



U nás je největším druhem až 2 m vysoká *Equisetum telmateia.*

3. třída *Marattiiopsida*

recentní i fosilní byliny i stromy s obrovskými listy
(150 druhů v tropech)

Listy s dlouhými škrobnatými řapíky, v chocholu na vrcholu oddenku či kmene,

na bázi řapíku nápadná párovitá aflebia (většinou mušlovitého nebo ouškovitého tvaru)

Marattia

recentní i fosilní dřeviny s nízkým většinou kulovitým kmenem

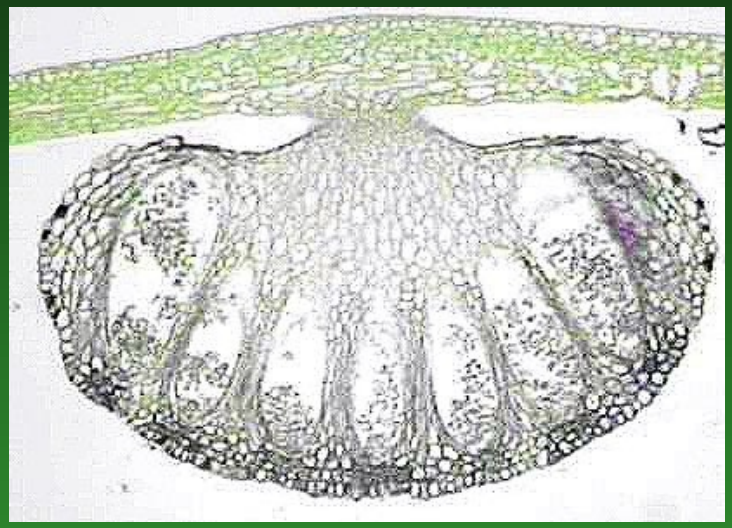
listy mnohonásobně zpeřené nebo dlanitě složené, vzácně i jednoduché, až 6 m dlouhé

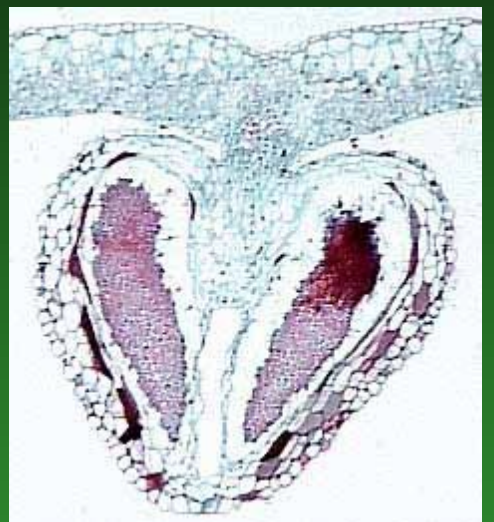
asi 60 druhů pantropického rozšíření (v tropech Starého i Nového světa)

Sporangia na rubu listů,

eusporangiátní,

izosporická,





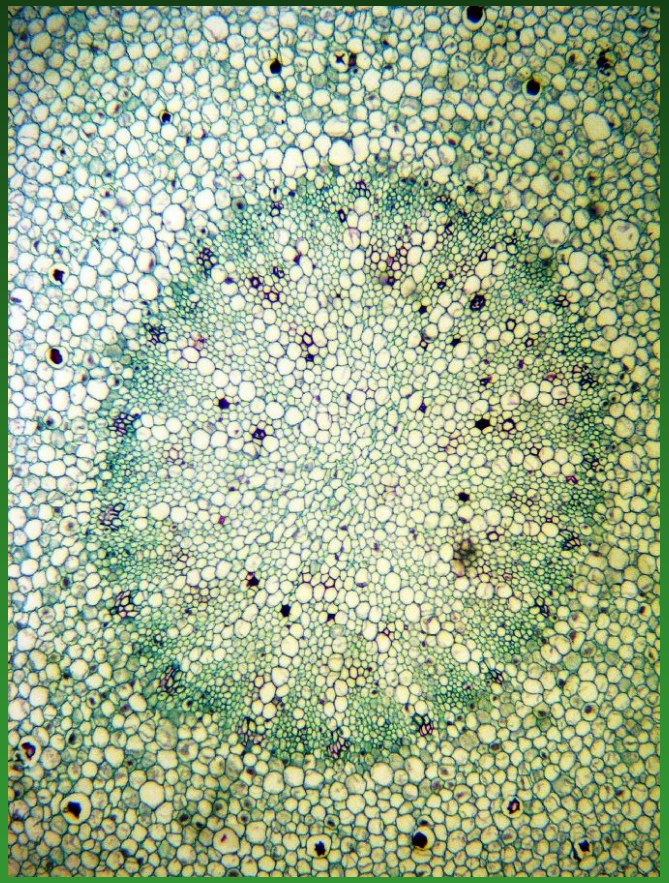
Srostlá v synangia
Marattia

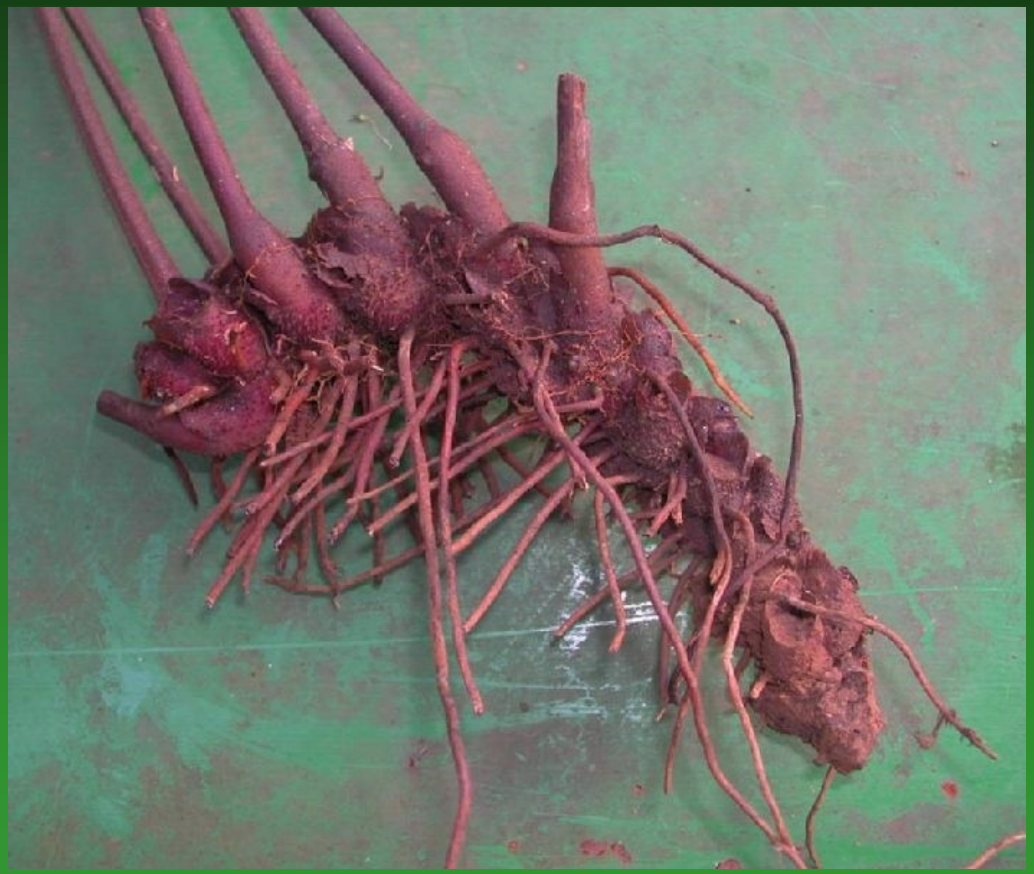
Nesrostlá, ale v těsných shlucích
Angiopteris

Zduřelé báze vřeten vedlejších úkrojků vyplněné zásobními látkami *Angiopteris*

Danaea – parechymatické pletivo oddenku má červené zbarvení

Kořeny adventivní, vyrůstají na oddenku. Polyarchní vodivé elementy na příčném řezu kořenem – typický znak pro *Marattiopsida*





Řapík listu – polycyklické diktiostélé

Danaea media

Marattia laevis

řapíky, kořeny a oddenky protkány sliznatými kanálky

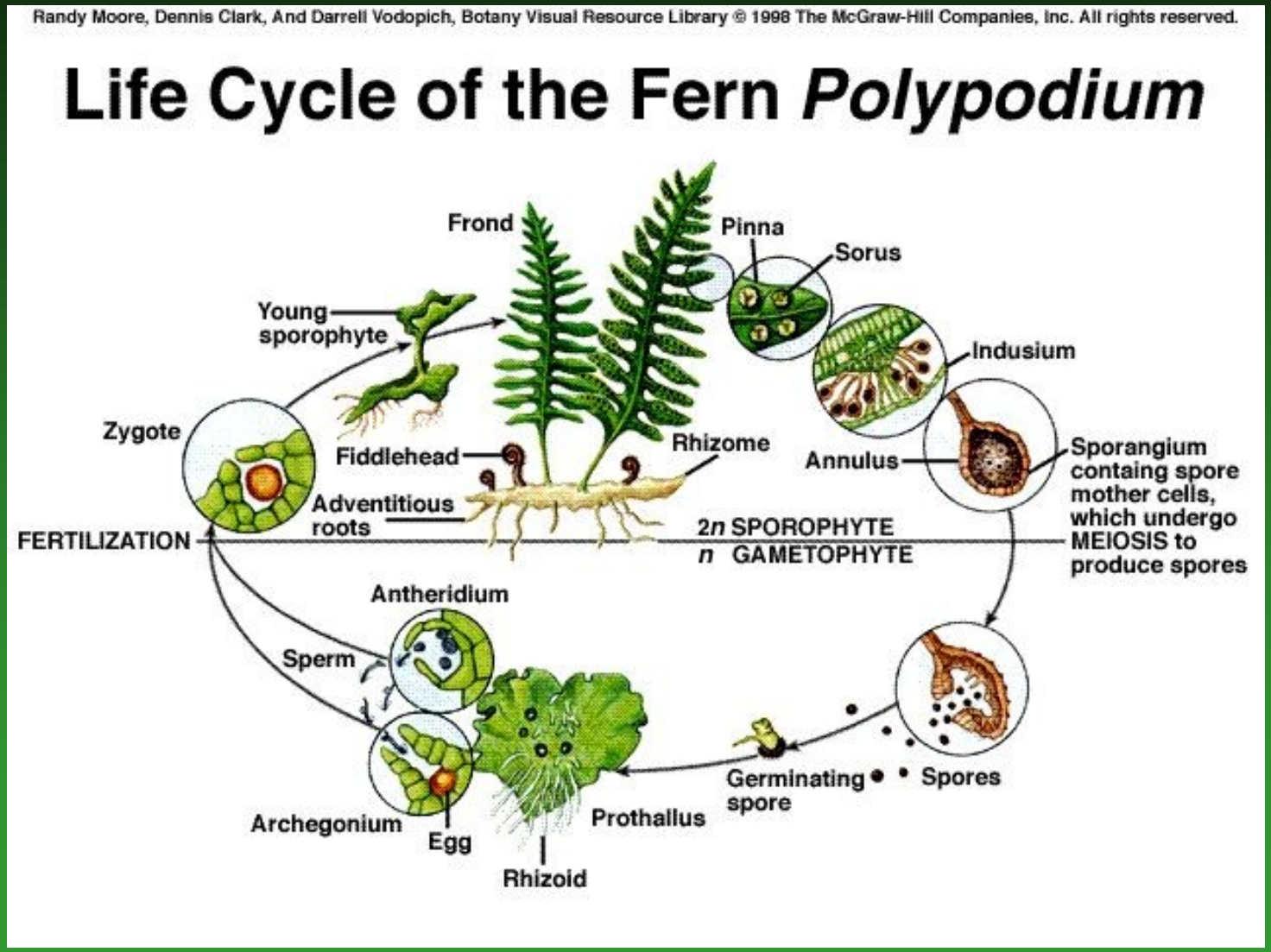
Gametofyt (prothalium)
nadzemní,
dlouhověký,
připomínající frondózní játrovky

Angiopteris evecta gametofyt s mladým sporofytem

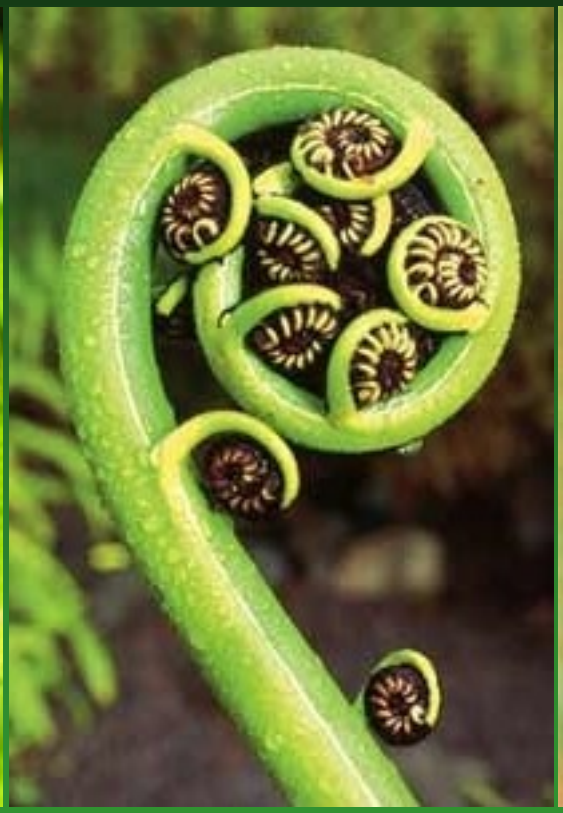
4. třída *Polypodiopsida*
(kapradiny)

Izosporické terestrické leptosporangiátní kapradiny (9600 druhů)

heteromorfická rodozměna obdobná jako u plavuní a přesliček čili sporofyt zcela převládá nad gametofytním prothaliem



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



někdy diferenciace listů na sporofyly a trofofyly;

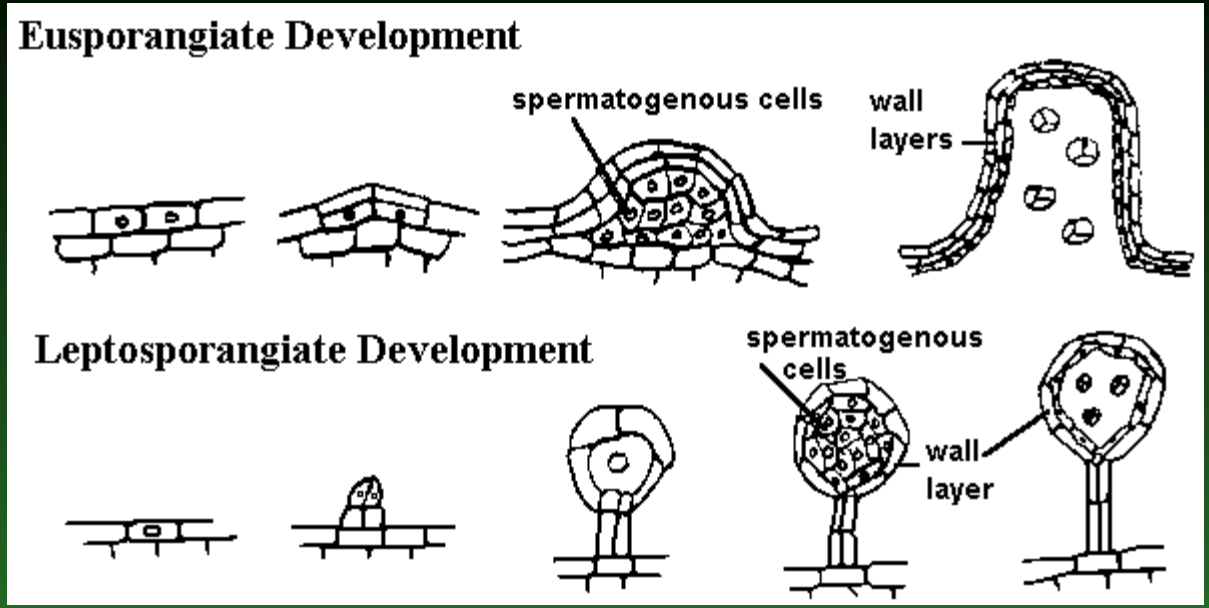
jindy se trofosporofyly od trofofylů neliší

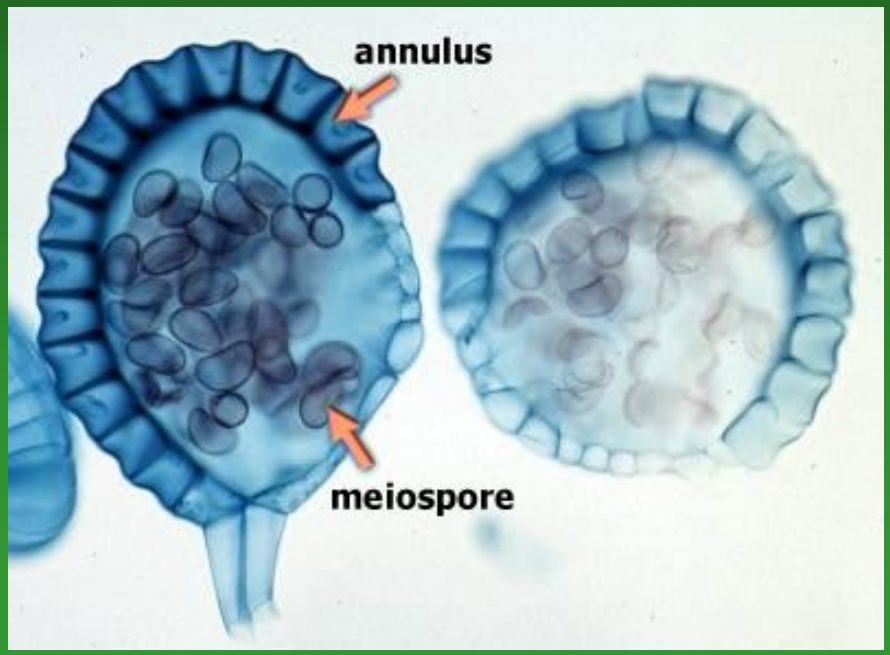
Osmunda cinnamomea

Asplenium trichomanes

Sporangia tentostěnná **leptosporangiátní**

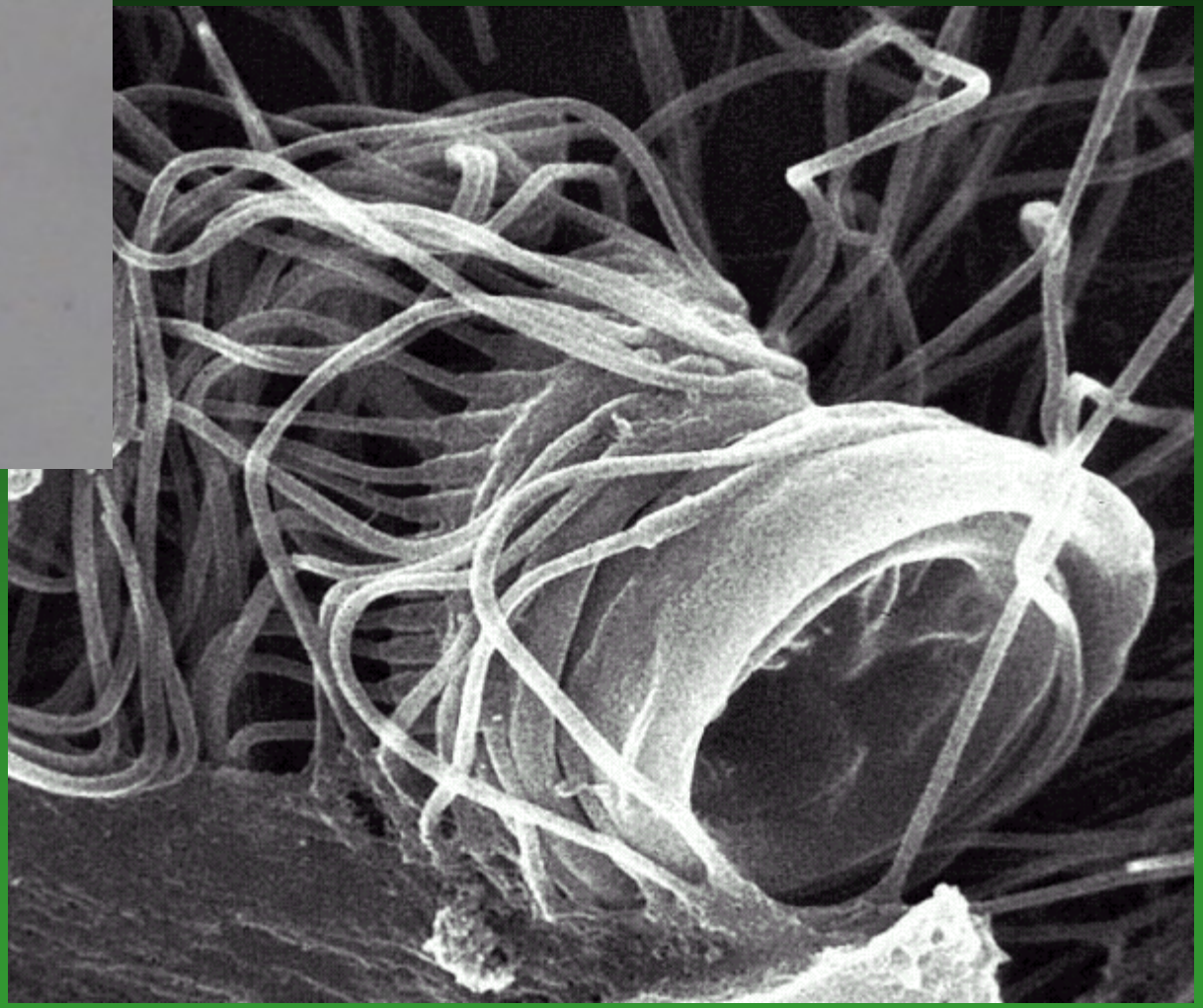
Na rozdíl od **eusporangiátních** se diferencují ven, ne dovnitř





spermatozoidy polyciliátní

http://wn.com/release_of_sperm_in_fern



1. řád *Polypodiales*

recentní i fosilní, terestrické

listy velké, většinou trofosporofylního ch*ar*akteru peřeně členěné, vzácněji i jednoduché nejrůznějšího tvaru a velikosti

řapíky listů i stonky popř. spodní strana listů s trichomy nebo šupinovitými blanitými plevinami (paleae) žlutavé, rezavé, hnědé až černé barvy

izosporické, sporangia volná (nikdy nesrůstají v synangia), zřetelně stopkatá, velmi vzácně i přisedlá,

Největší diverzita ve vlhkých tropech

Byliny terestrické i epilitické

vzácněji dřeviny až 25 m vysoké

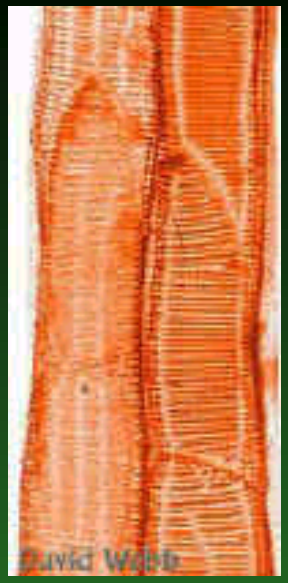
nebo epifyty

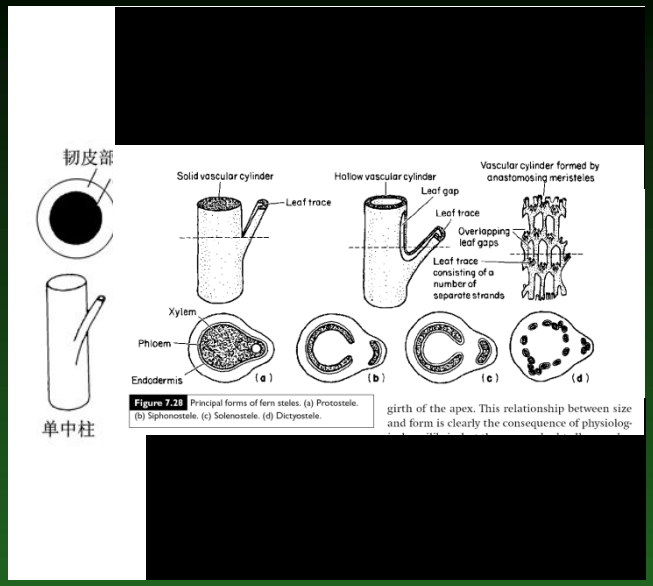
Většina druhů kapradin jsou rostliny lesního podrostu

Stonek nečlánkovaný, obvykle jen jako oddenek

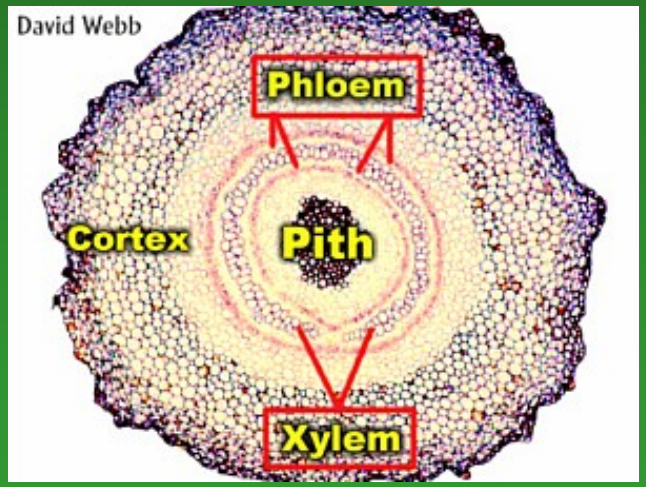
Vodivé elementy stonku: sifonostélé, solenostélé až diktiostélé

xylem cévních svazků s tracheidami

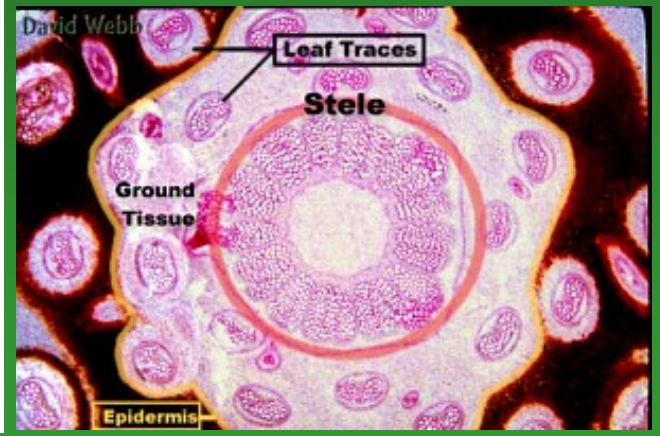




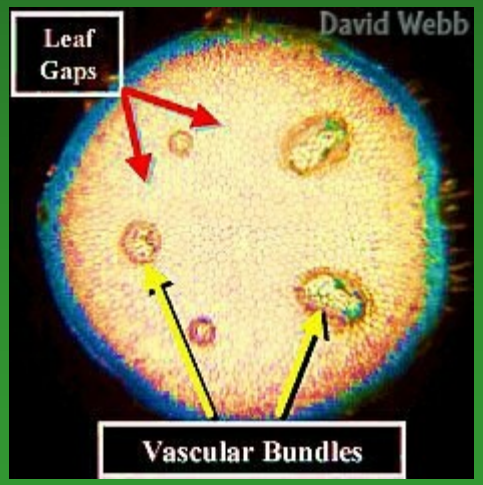
Dicksonia: Sifonostélé; listové přerušení je patrné na pozici „6:00“; uprostřed dřeň



Osmunda : sifonostélé; stopy listové patrné jako samostatné svazky vně hlavního kruhu; tmavý obal je tvořen hustým porostem trichomů

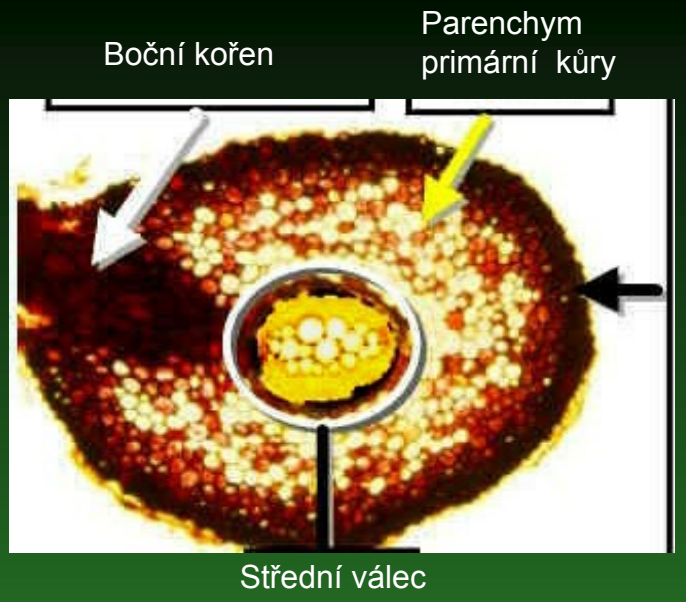


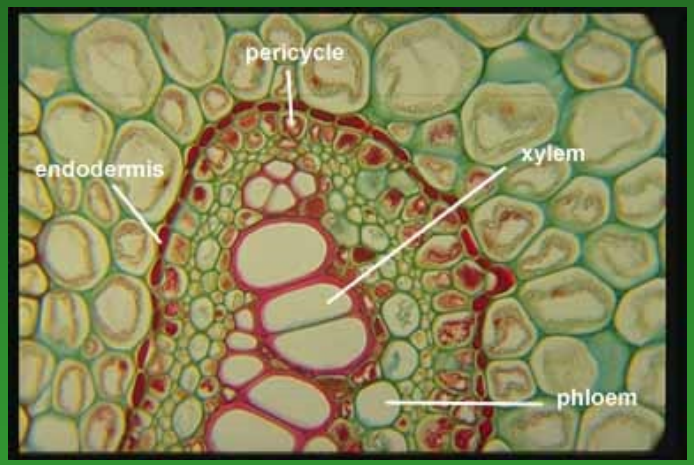
Mnoho samostatný ch sifonálních svazků = dictyostélé



Kořeny adventivní - vyrůstají na oddenku nebo na nadzemních stolonech

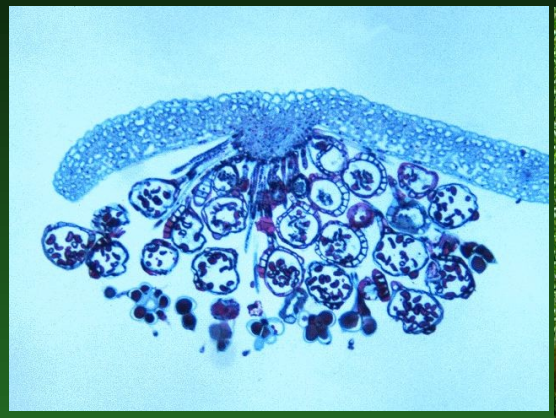
Vodivé elementy kořenů monoarchní až polyarchní

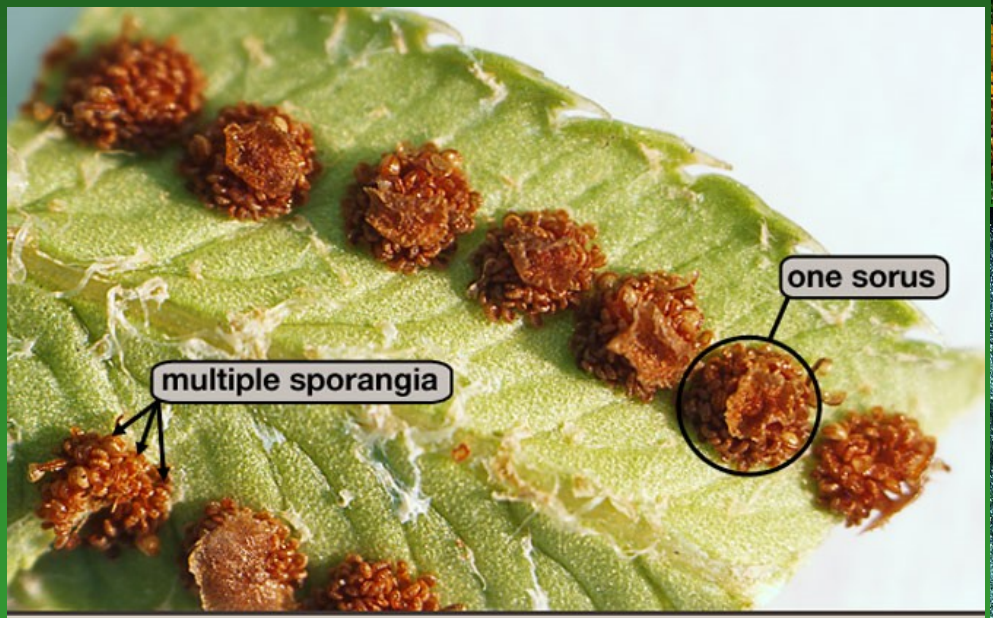


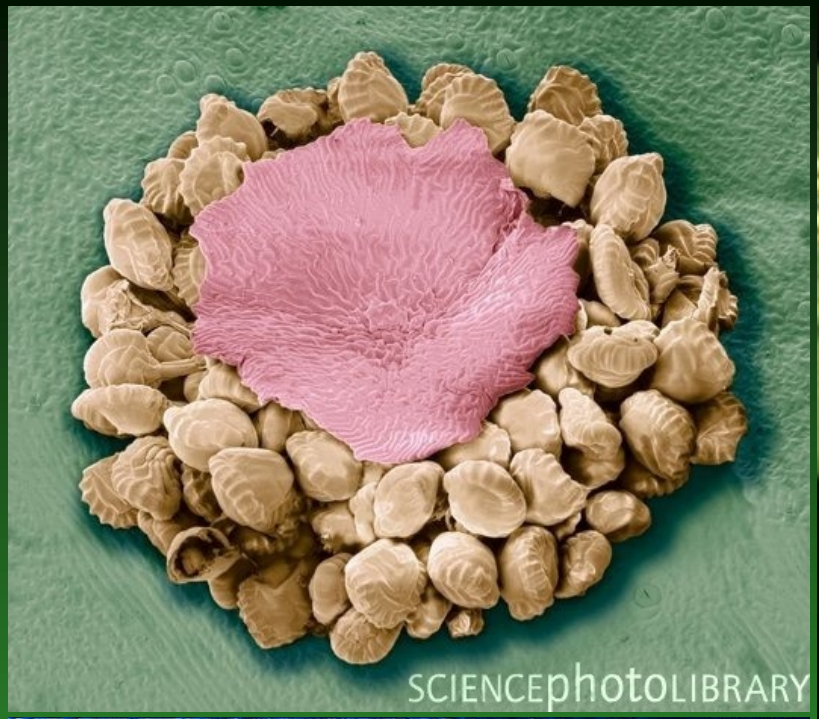


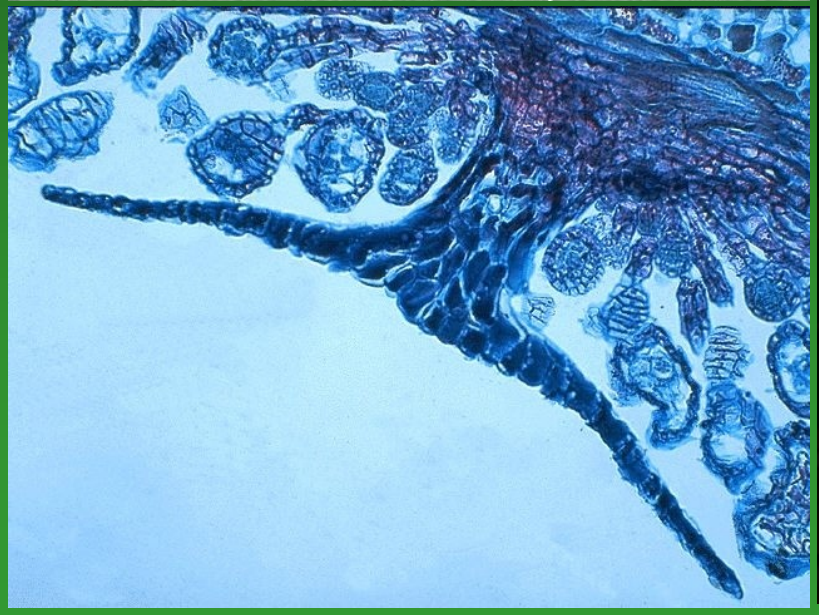
Sporangia na spodní straně listů, nikdy nejsou ve strobilech!

Sporangia ve shlucích sorech; slévají-li se sory na větší ploše, mluvíme o coenosorech





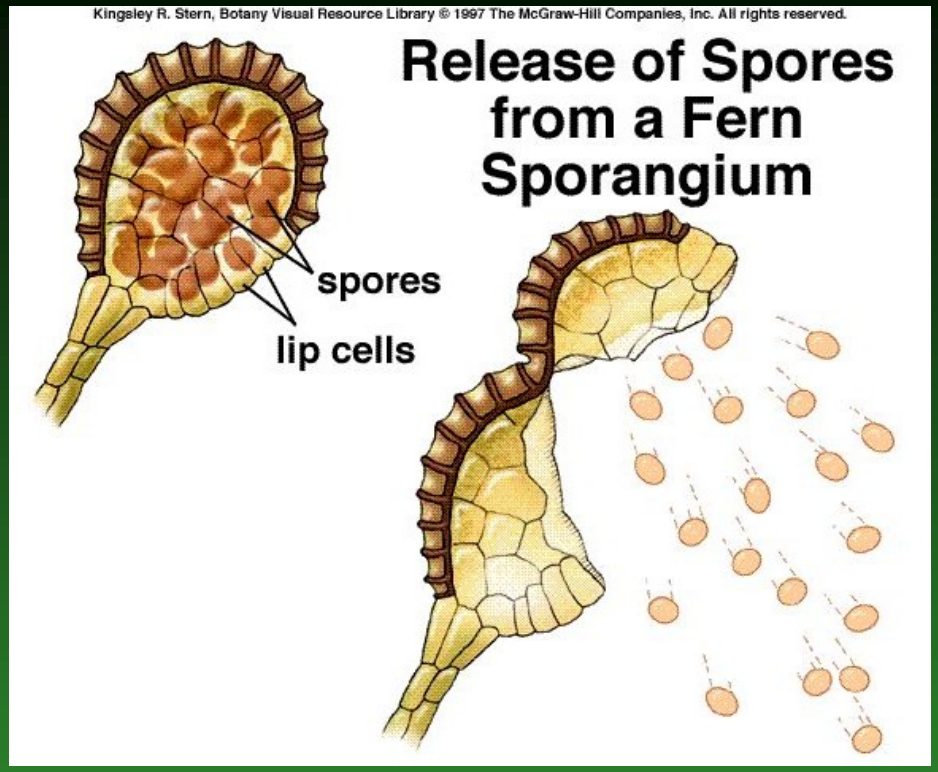




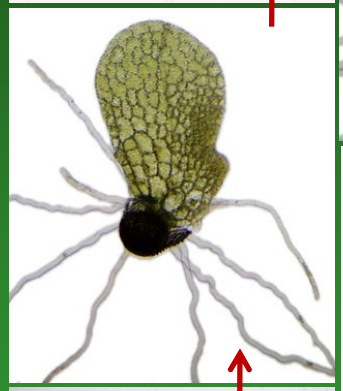
Sory někdy kryje ostěra
(= indusium)

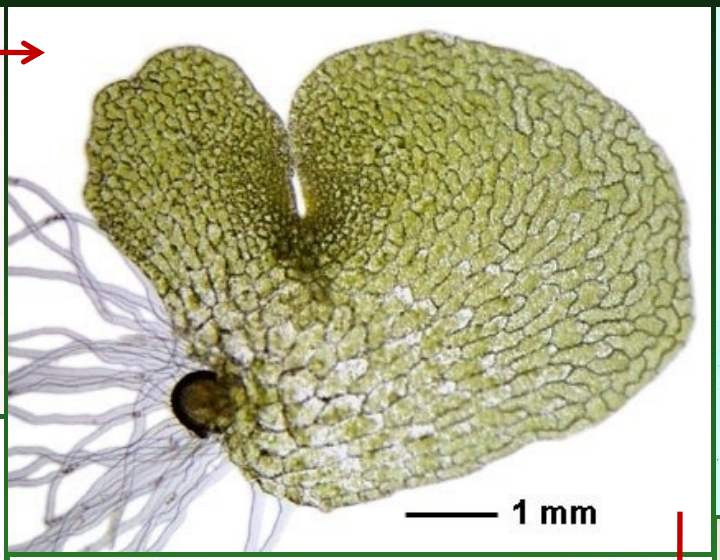
Prstenec (= annulus) je řada buněk se ztlustou vnitřní stěnou, která zavírá a otvírá sporangia

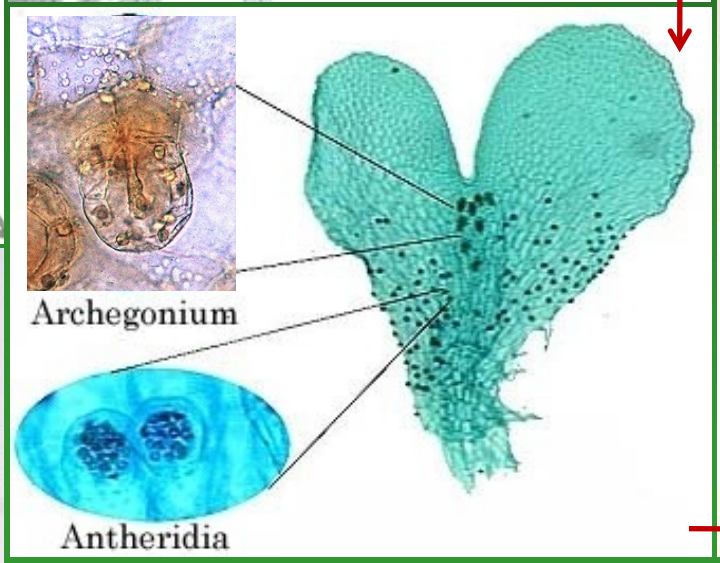
Spory nezelené, monoletní „fazolovitého“ tvaru

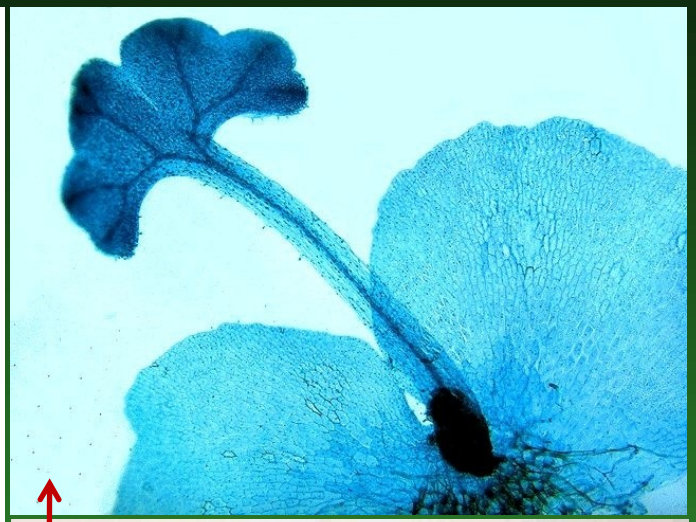


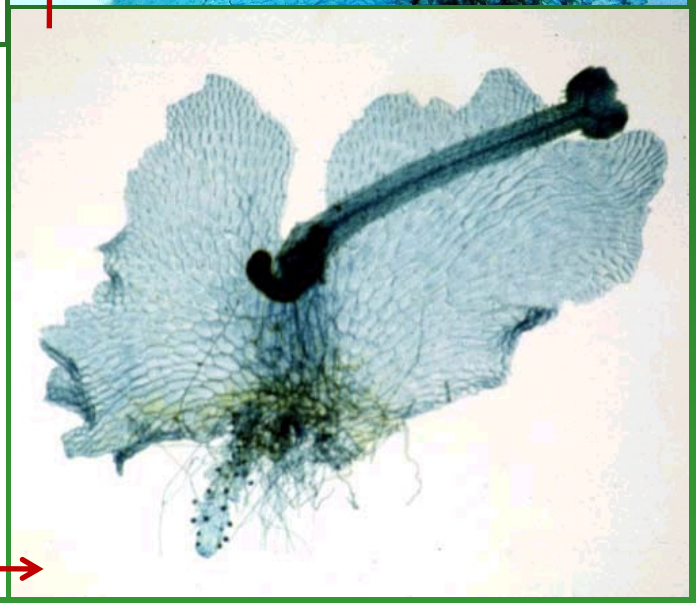
Gametofyt, (prothalium) nadzemní, zelený, obvykle srdčitého nebo ledvinitého tvaru, na spodu s rhizoidy a gametangii, často krátkověký





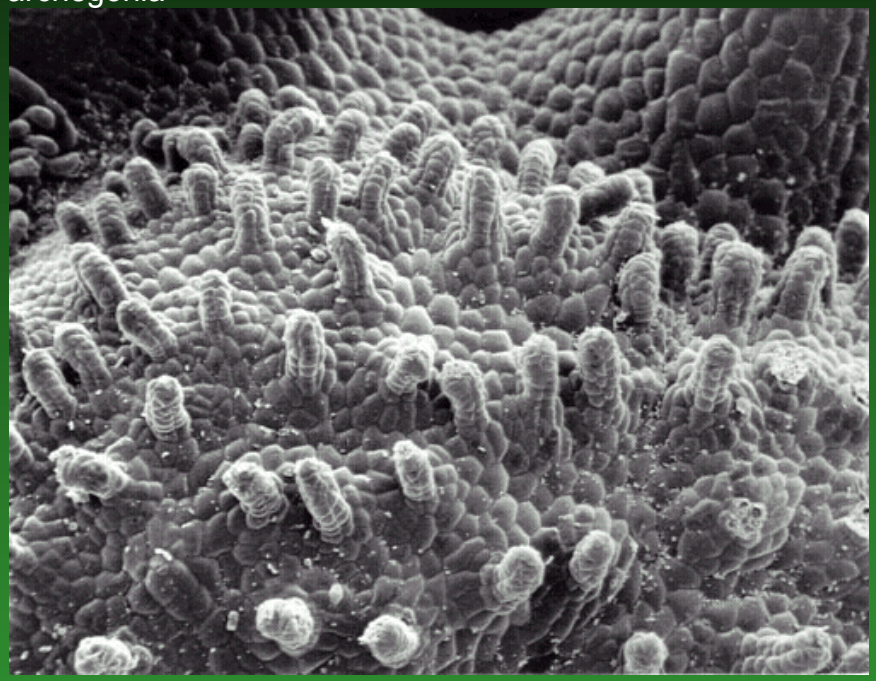


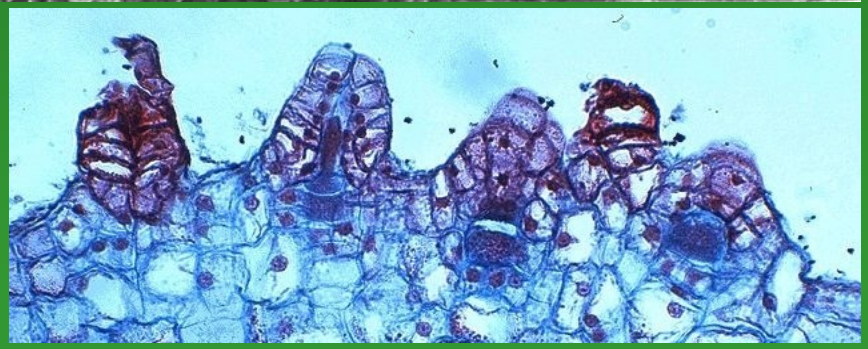




Gametangia neponořená, nebo jen slabě ponořená do pletiva; spermatozoidy polyciliátní (obvykle jich je v antheridiu 32)

archegonia





antheridia

Pteridium aquilinum - hasivka orličí - naše největší kapradina (listy až 2.5 m dlouhé) u nás hojná na nejrůznějších spíše prosvětlených stanovištích, jinak má kosmopolitní rozšíření, jedovatá - kyanogenní sloučeniny.

sporangia v sorech kryta podvinutým okrajem listu

Dennstaedtiaceae (170 druhů hlavně v tropech)

Notholaena marantae -
podmrvka jižní zasahuje k nám ze Středomoří jedinou nejsevernější lokalitou na hadcových skalách u Mohelna. (nedávno i v Čes. Krasu)

Pteridaceae (950 druhů hlavně v tropech)

Nejčastěji u nás pěstovaná pokojová kapradina, dobře snášející i suchý vzduch panelových bytů je ***Nephrolepis exaltata***

Lomariopsidaceae –
70 druhů hlavně tropy

Stromové až 20 m vysoké recentní kapradiny patří především k rodům ***Dicksonia*** (Dicksoniaceae - 30 druhů) a ***Cyathea*** (Cyatheaceae - 600 druhů)

Mají kmen nevětvený, štíhlý, pokrytý trichomy a často i kořeny.
Listy až 3 m dlouhé, vícenásobně zpeřené. Sporangia v sorech krytá ostěrami

U nás v horských lesích roste ***Blechnum spicant*** - žebrovice různolistá. Listy má rozlišené na trofofyly a trofosporofyly. Výtrusnice v coenosorech rovnoběžných s okrajem listových úkrojků

Blechnaceae – 200 druhů hlavně v tropech

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

Thelypteridaceae – 950 druhů hlavně tropy

Nejhojnější kapradinou našich lesů je ***Athyrium filix-femina*** - papratka samičí. Má čárkovité sori kryté lištovitým indusiem

Woodsiaceae - 700 druhů hlavně tropy

Cystopteris fragilis - puchýřník křehký častý na skalách a zdech

Woodsiaceae

Gymnocarpium dryopteris
bukovník kapraďovitý častý v bukových lesích

Woodsiaceae

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

Onocleaceae

Na skalách na různých substrátech je hojný ***Asplenium trichomanes*** - sleziník červený

Aspleniaceae – 700 druhů

Na vápencích a zdech lze nalézt ***Asplenium ruta-muraria*** - slezinník routičku zední *Aspleniaceae*

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

Aspleniaceae

Hojnou kapradinou našich lesů je
Dryopteris filix-mas -
kapraď samec s ledvinitými indusii

Dryopteridaceae – 1700 druhů

Kapraď samec
v minulosti léčivka
(proti střevním hlístům a
tasemnicím, příp. jako
prostředek na zahánění
ďábla, později v peřinách
jako odpuzovač blech).
Celá rostlina je však
jedovatá - způsobuje těžké
otravy - zvracení, křeče,
žluté vidění, poruchy
dechu, bezvědomí, smrt.
Při vyléčení dochází často k
trvalé slepotě v důsledku
dlouhotrvajících křečí
sítnicových cév.

známým je na skalách hojně se vyskytující ***Polypodium vulgare*** - osladič obecný

Polypodiaceae – 1200 druhů

Do čel. *Polypodiaceae* patří také tropické epifyty z rodu ***Platycerium*** - parožnatka se zajímavě heterofylními listy. Jsou s oblibou pěstovány ve sklenících a někdy i v bytech.

2. řád *Salviniales*

heterosporické leptosporangiátní kapradiny

1. čel. *Marsileaceae*

bahenní a vodní v půdě kořenující byliny
horizontální plazivý oddenek

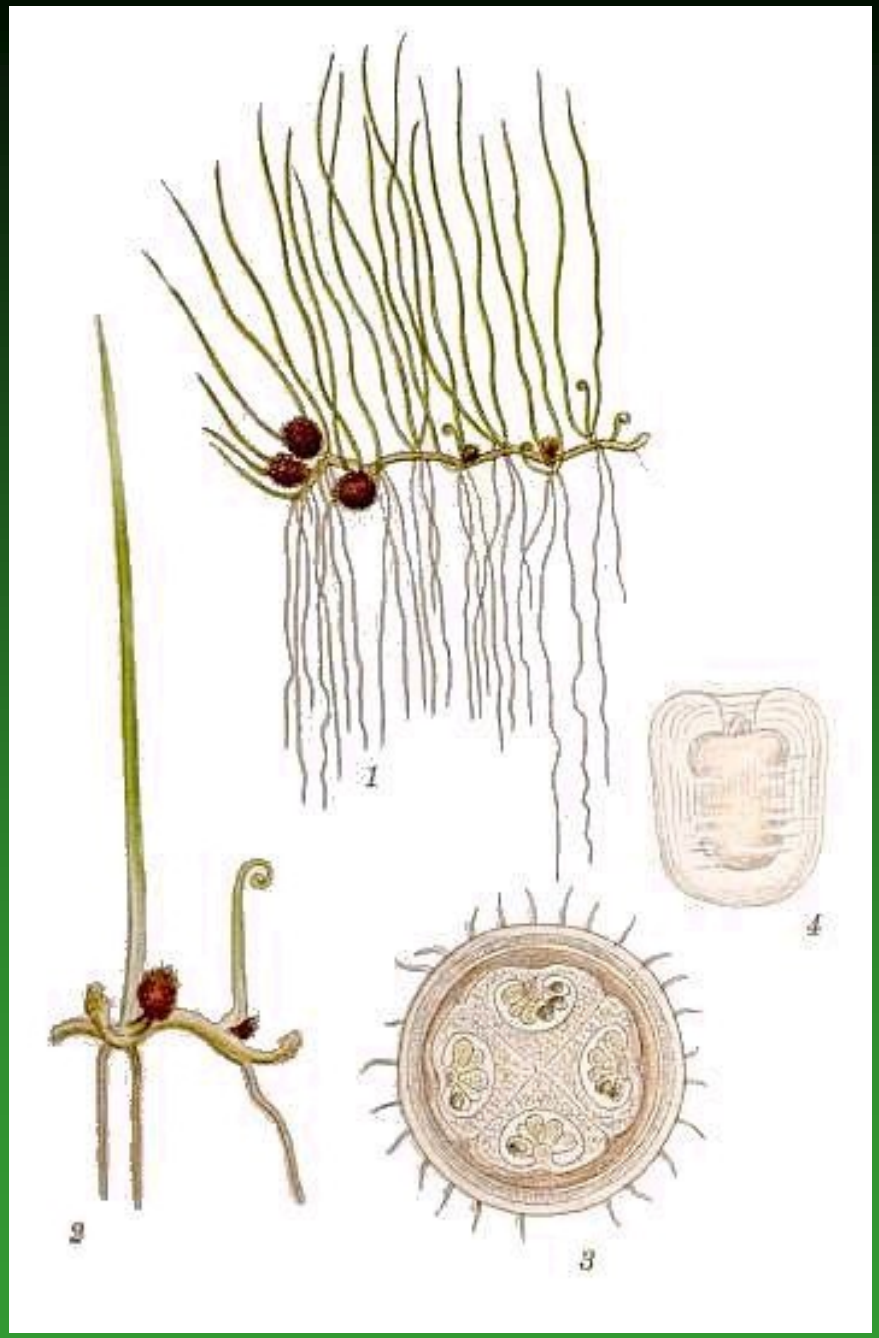
listy šídlovité nebo s plochou čepelí - 2 nebo 4 četné s dlouhým řapíkem

sporangia leptosporangiátní avšak hetrosporická
anulus téměř zcela absentuje
sory zcela uzavřené přeměněnými listovými úkrojky ve sporokarpech oválného nebo kulovitého tvaru
v jednom sporokarpu jsou jak megasporangia tak i mikrosporangia, vývoj prothalií probíhá uvnitř spór.
uvnitř sporokarpia tak přečkává rostlina nepříznivé podmínky

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.

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



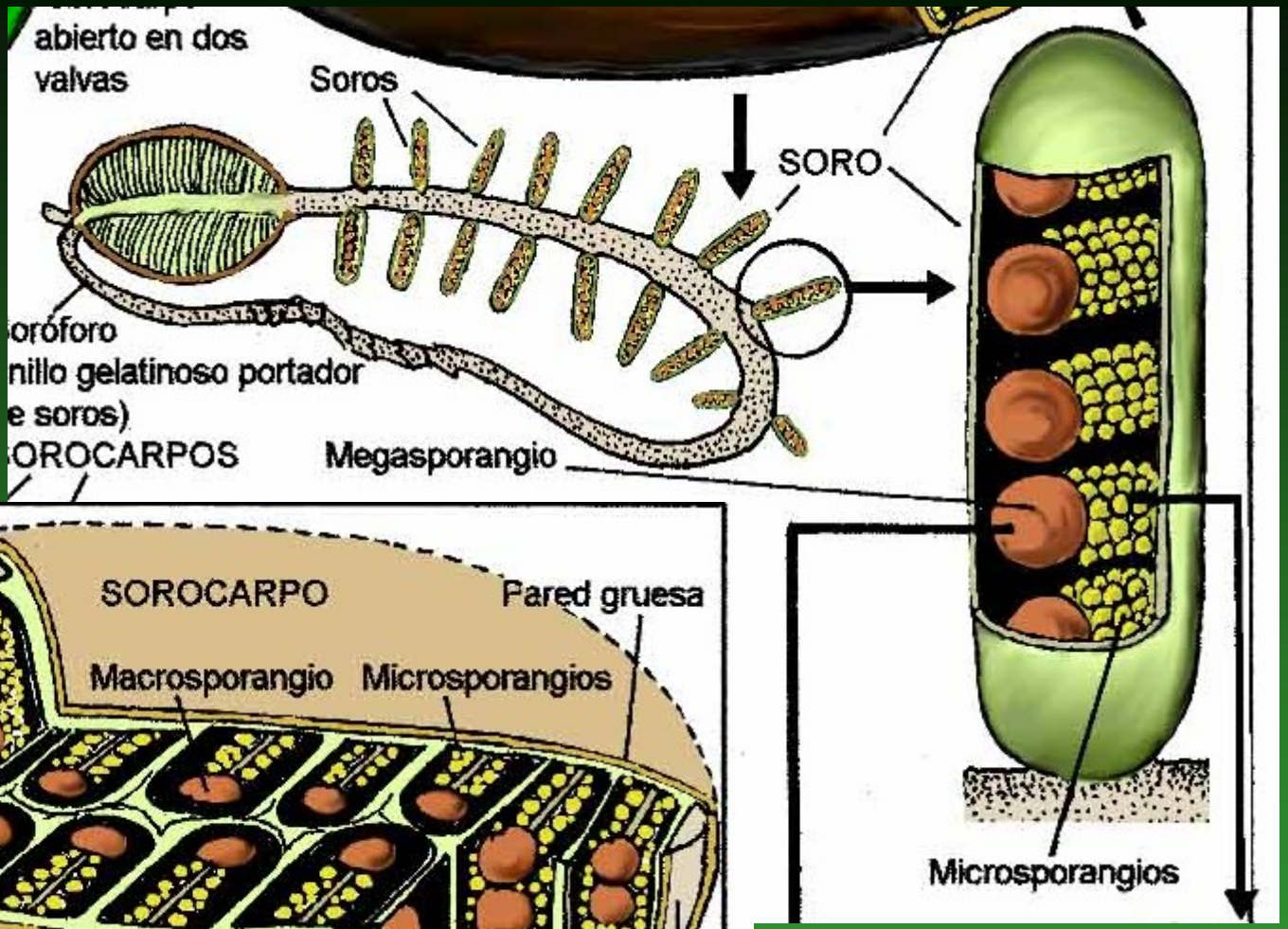
© - josef hlasek
www.hlasek.com
Pilularia globulifera ai8980

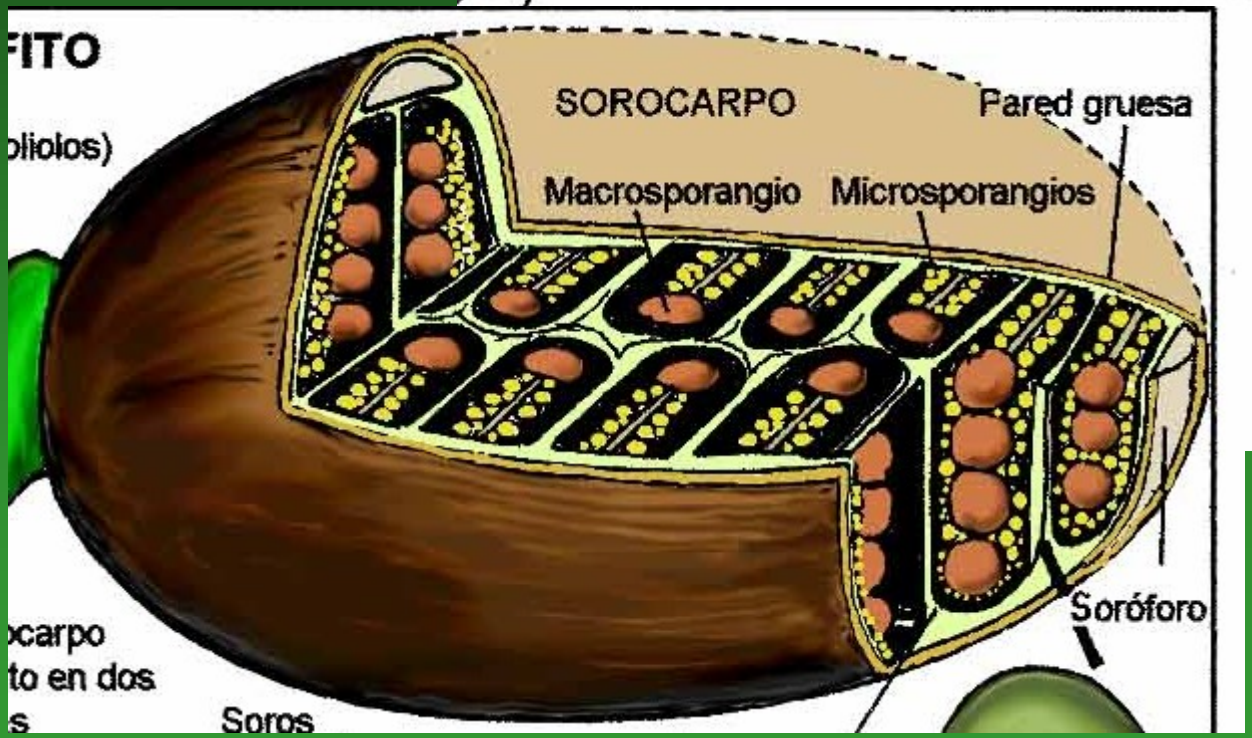
Marsilea quadrifolia - marsilka čtyřlistá

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

Otevřený sporokarp

marsilky se sory na šňůrce soroforu





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

2. čel. *Salviniaceae*

(16 druhů)

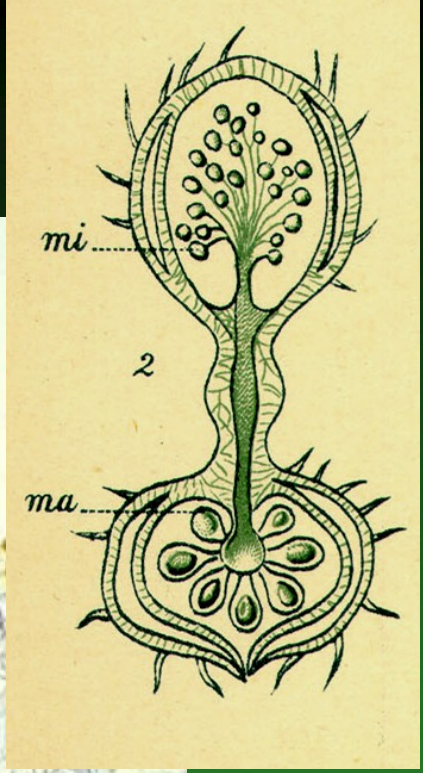
jednoleté na vodní hladině plovoucí drobné byliny

listy kryty nesmáčivými trichomy, bez průduchů

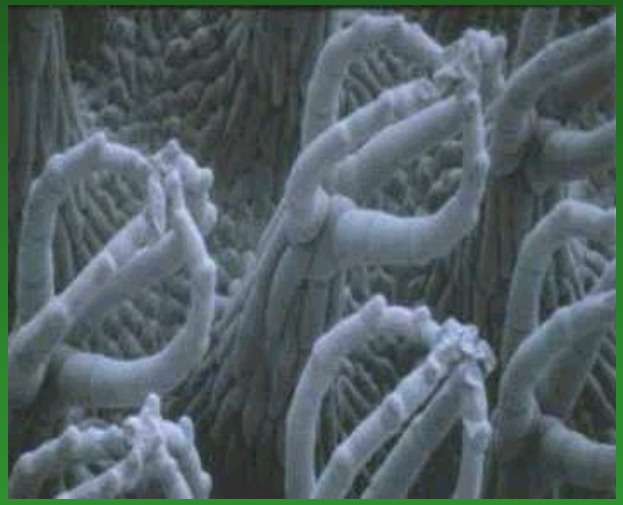
heterosporické

sporangia sdružená v sorech a ty obalené ve sporokarpech

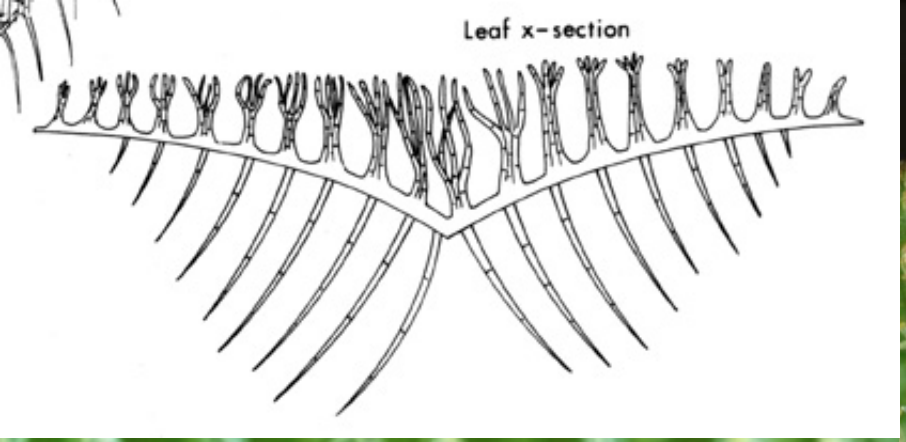
v jednom sporokarpu jen mikro nebo jen mega sporangia



U nás jen ***Salvinia natans*** - nepukalka vzplývající
Vodní natantní jednoletá rostlina s přeslenitými listy na vodorovném, jednoduchém nebo větveném rhizomu (3četné přesleny - 2 listy zelené vegetativní (nesmáčivé díky trichomům), zbývající jeden je přeměněn ve svazek dlouhých do vody visících vláken, jež mají funkci kořenů, vytvářejíce i vlášení - pozoruhodný případ, kde list přejímá funkci kořene



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


Leaf x-section

UGA0002133

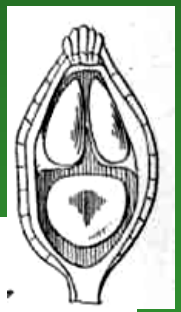
Photo Credit: USDA, Scott Bauer

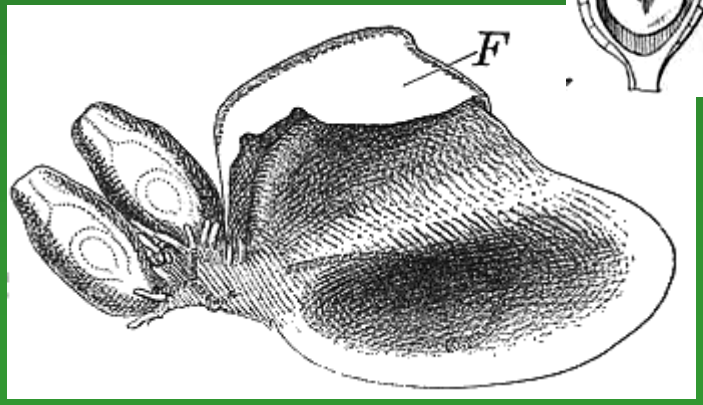
U nás jen zplanělá díky akvaristům, kteří ji pěstují ***Azolla caroliniana*** - azola americká. Jednoledá, bahenní až vodní vzplývavá rostlina s drobnými kořeny, vidličnatě větvenou lodyhou a 2laločnými listy.

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

Horní laloky bachraté s dutinkami vyplněnými vzduchem nadnášejí rostlinu.

Mikrosporokarpy s mnoha stopkatými mikrosporangii s 64 mikrospórami

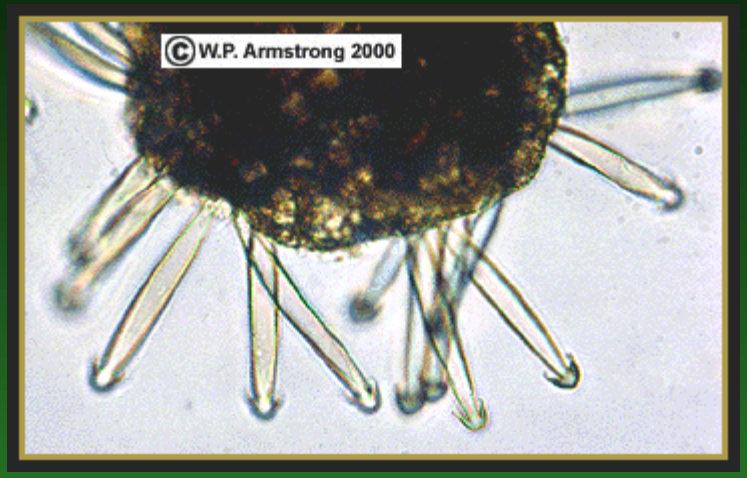




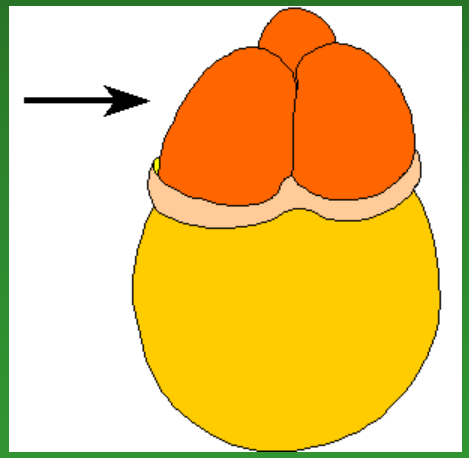
V dutinkách žije sinice *Anabaena azollae*

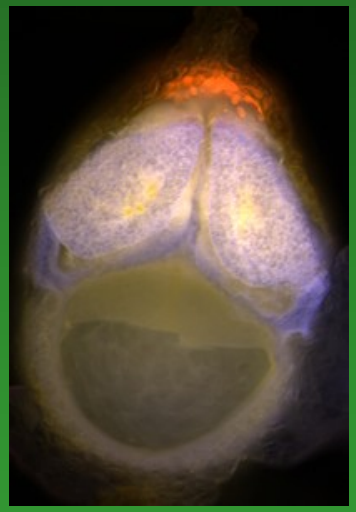
Dva megasporokarpy obsahující po jediném megasporangiu s jedinou megaspórou se 3 plovacími vaky

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

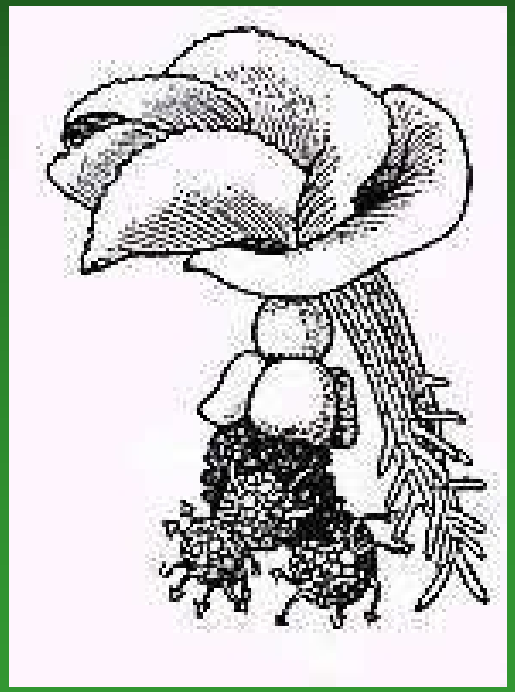


Massa = plovoucí megaspóra – plave díky vakům na hladině





Z jediného oplodněného archegonia se diferencuje nový sporofyt



Semenné typy kapradin

=

přechody k nahosemenným

5. třída *Pteridospermopsida*

(Lyginodendrales, Cycadofilicales) (kapraďohosemenné)

Karbon, perm

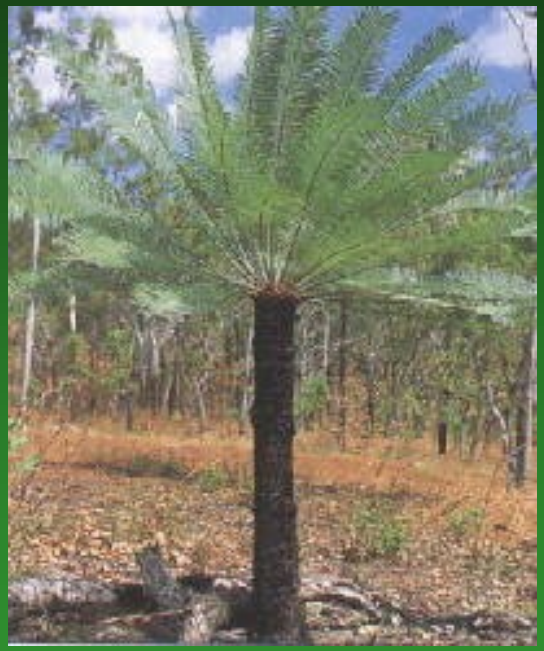
vzhled jako stromové kapradiny

„Kmen“ s polystélickými vodivými elementy, monožstvím parenchymu = manoxylické struktury, obalený listovými pochvami

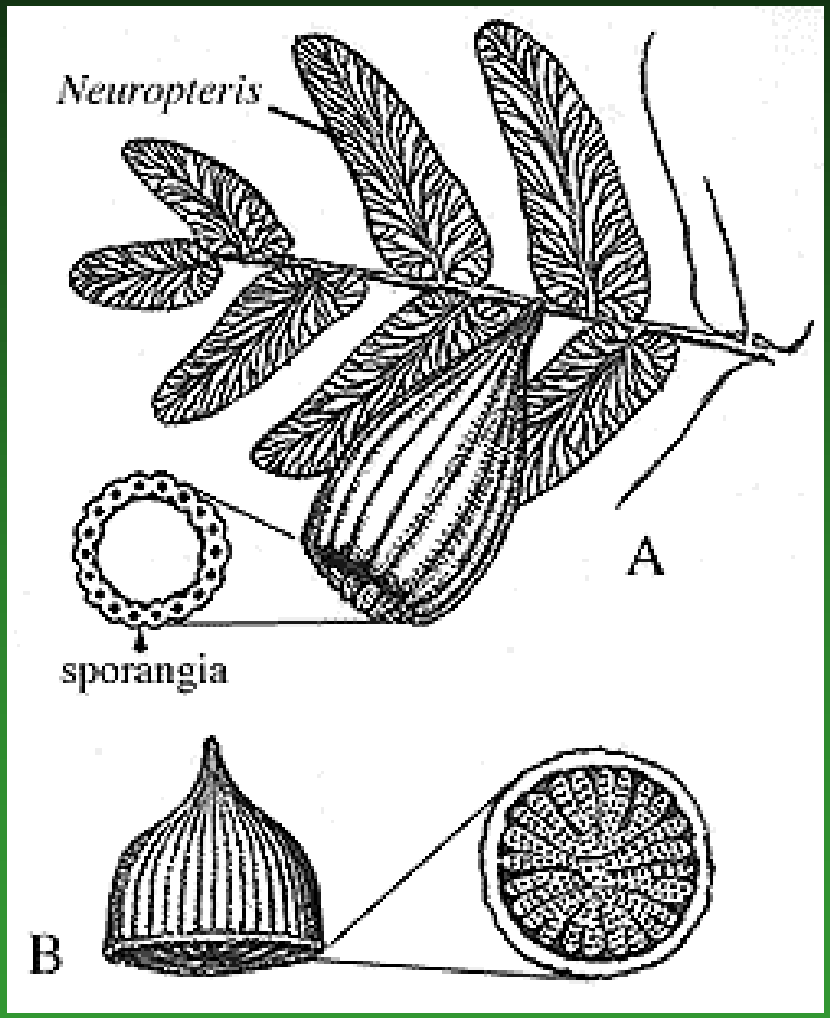
Listy většinou vícenásobně zpeřené s vřetenem dichotomicky větveným

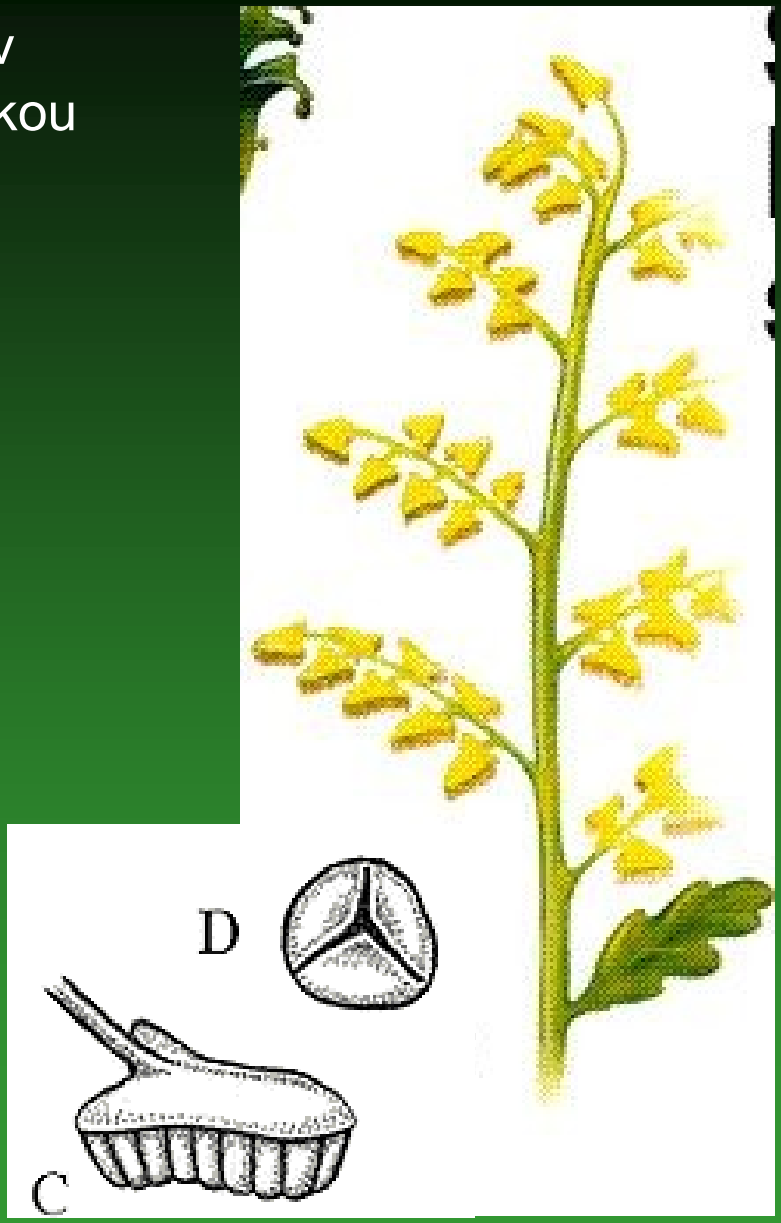
Рис. 159. Медуллоза Ноэ́ (Medullosa noei):
1 — общий вид, реконструкция; *2* — схема поперечного среза через стебель с тремя меристелами.

Jsou fylogenetickým spojovacím článkem navazujícím na kapradiny a tvořícím předchůdce cykasů

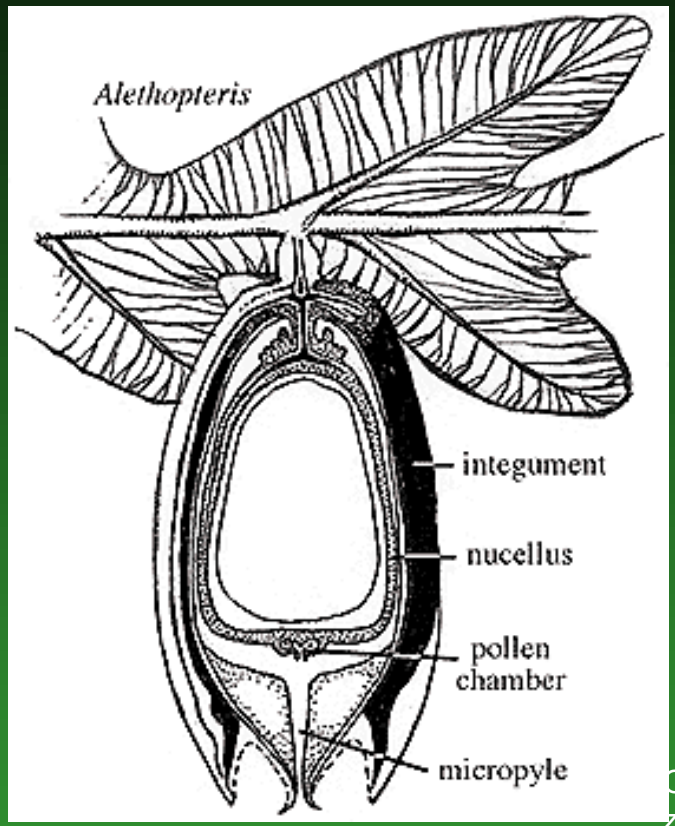


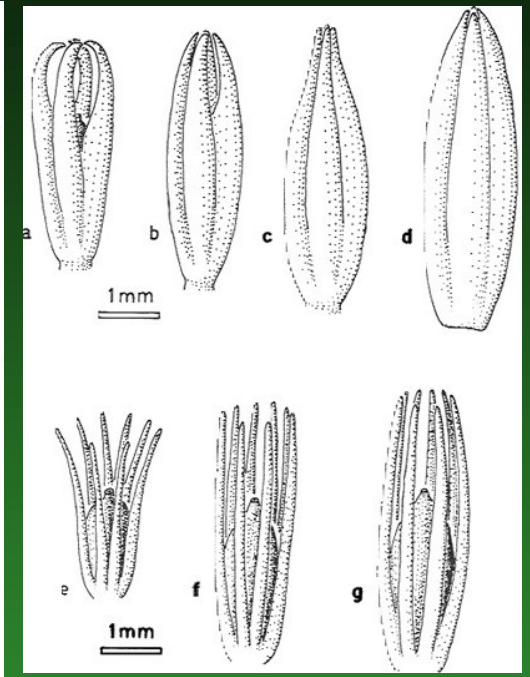
Mikrosporangia bočně srůstají v kruhovité mikrosynangium se stopkou





Vajíčko: jediné centrální megasporangium s jedinou megaspórou obrostlo bočně srůstajícími telomy, tvořícími obal - integument



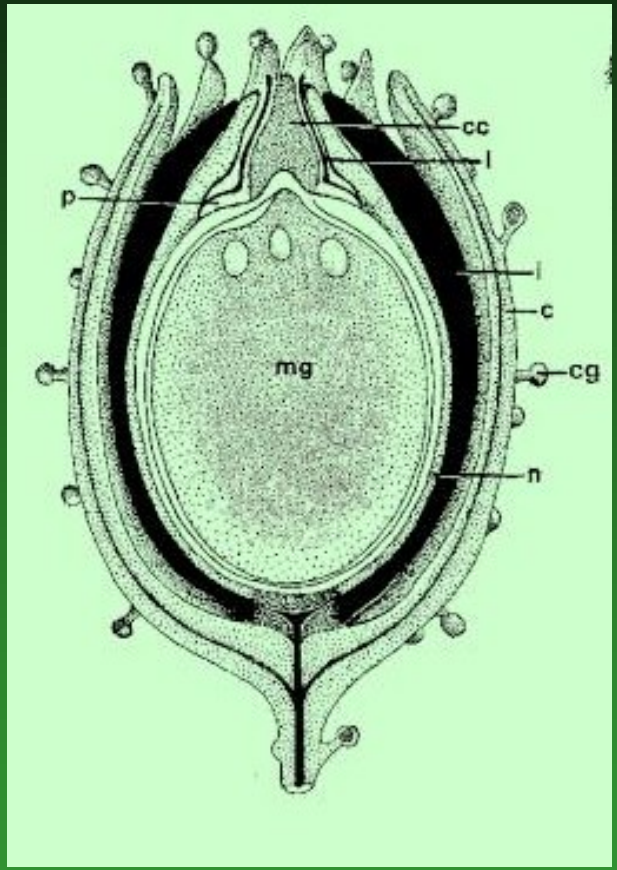


Otvírání a zavírání obalů vajíčka před a po opylení

semeno se sarkotestou

megaprothalium se vyvíjí uvnitř megasporangia
archegonia ústí do pylové komory

centrální sloupek kuželovitého tvaru uzavře pylovou komoru



Lyginopteris oldhamia

Přenos mikrospór asi větrem

snad i brouky které mohly lákat žlázky na kupule (číšce)

Fosilie karbonského brouka

Medullosa noei

keřovitého až stromkovitého vzrůstu, 3,5 m vysoká