

Vodivá pletiva

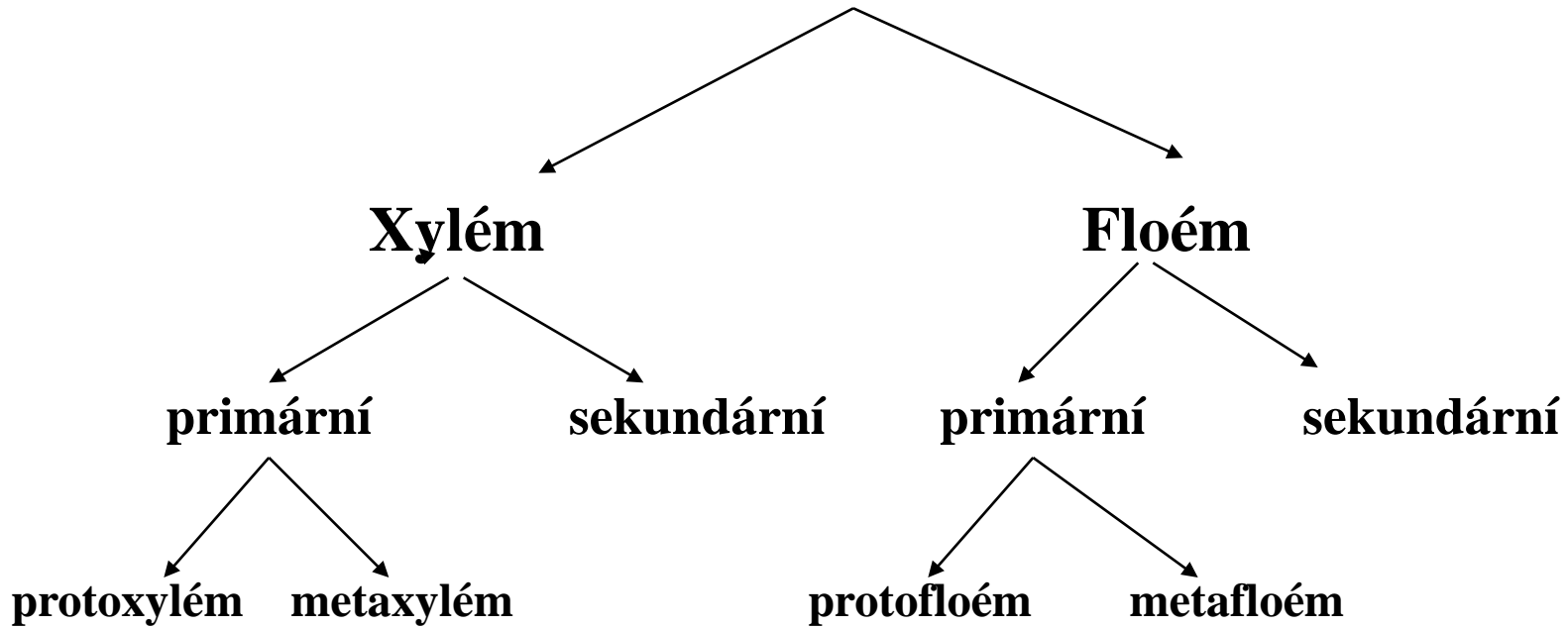
Vodivá pletiva tvoří souvislý systém prostupující celé rostlinné tělo; jsou specializována na **transport látek na dlouhé vzdálenosti**, který je nezbytný u rostlin s prostorovým oddělením orgánů pro příjem vody a živin z půdy (kořenů) a orgánů fotosyntézy (listů). V evoluci byl vznik vodivých pletiv spojen s přechodem z vody na souš.

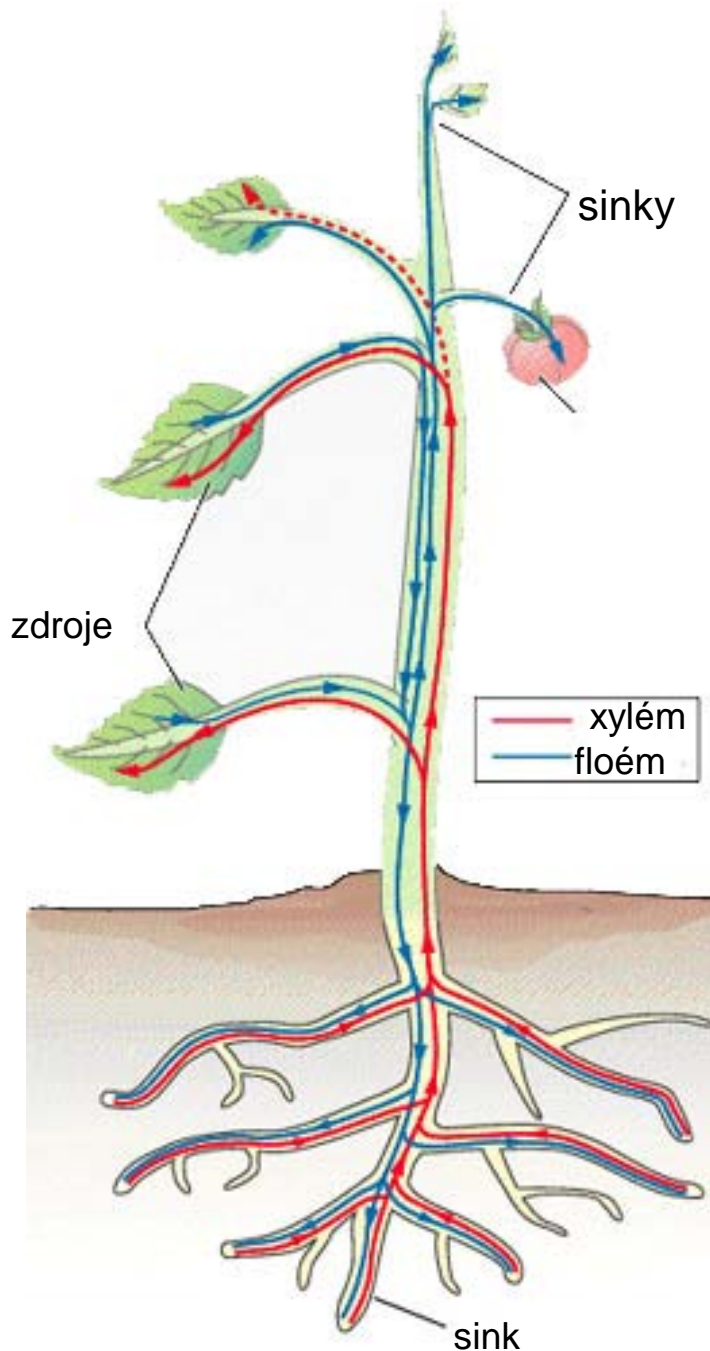
Vodivá pletiva mají dvě části – **xylém** a **floém**. Jak xylém, tak floém jsou **složená pletiva**, skládající se z více typů buněk. Základním typem buněk jsou vlastní **vodivé elementy**, které zajišťují tok látek v hlavním směru transportu. Kromě nich se mohou vyskytovat ve vodivých pletivech parenchymatické nebo sklerenchymatické buňky s různými funkcemi. **Parenchymatické buňky** se podílejí na transportu látek do vlastních vodivých drah a z nich. Velmi často také mají zásobní funkci. **Sklerenchymatické buňky** mají především funkci mechanickou a ochrannou, někdy i zásobní.

Z vývojového hlediska lze rozlišit **vodivá pletiva primární** a **vodivá pletiva sekundární**. Primární vodivá pletiva (primární xylém a primární floém) jsou součástí primárního rostlinného těla; vznikají **z prokambia**, které vzniká z derivátů apikálních meristémů. Sekundární vodivá pletiva (sekundární xylém a sekundární floém neboli deuteroxylém a deuterofloém) jsou součástí sekundárního rostlinného těla. Vznikají **z derivátů kambia**. Primární vodivá pletiva se vyskytují u všech rostlin, sekundární pouze u rostlin schopných sekundárního růstu.

V primárním xylému i v primárním floému jsou ještě rozlišitelné dvě části – **protoxylém, metaxylém** a **protofloém, metafloém**. Vznikají postupnou diferenciací prokambia. Blíže apikálním meristémům vzniká protofloém a protoxylém, dále pak metafloém a metaxylém.

Vodivá pletiva





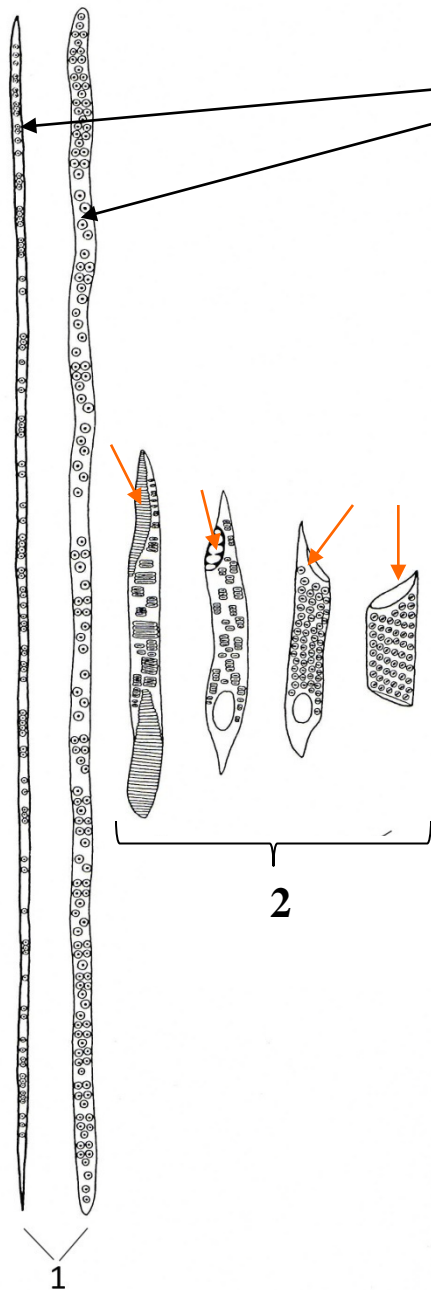
Xylémový transport probíhá od kořenů tzv. vzestupným proudem do nadzemních orgánů. Transportována je zejména voda a minerální živiny, avšak i některé organické sloučeniny – na obrázku je znázorněn červeně.

Floémem jsou transportovány zejména asimiláty, ale i voda a jiné organické i anorganické látky. **Floémový transport** (na obrázku je znázorněn modře) probíhá různými směry, od tzv. zdrojů, což jsou místa, kde asimiláty vznikají, především se jedná o listy, případně zásobní orgány, k tzv. sinkům, což jsou místa, kde se asimiláty spotřebovávají nebo ukládají do zásoby.

Xylém (dřevní část vodivých pletiv)

Buňky tvořící vodivé dráhy v xylému se nazývají cévní elementy. Jsou dvojího typu – tracheidy (cévice) a tracheální (cévní) články.

Čím se od sebe cévní elementy liší?

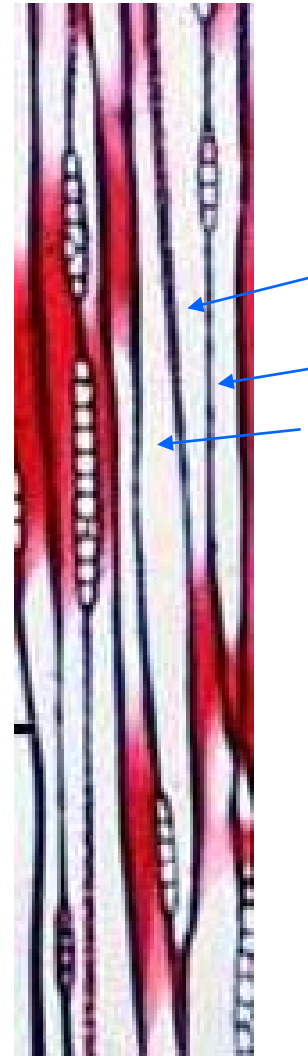


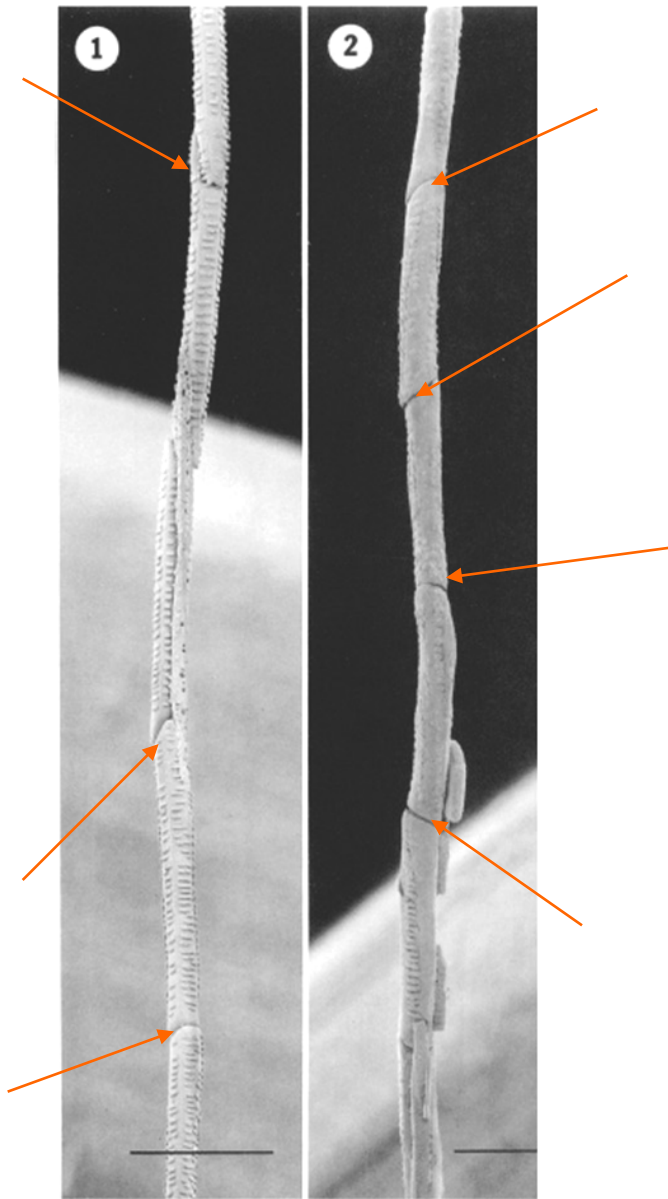
Tracheidy (cévice - 1) jsou úzké, často protáhlé, zašpičatělé nebo dlátovitě zakončené buňky, které tak nemají rozlišenou koncovou stěnu.

Cévní články (2) jsou širší a obvykle kratší než tracheidy; mají koncové stěny (viz červené šipky), jimiž se spojují do útvarů zvaných tracheje neboli cévy. Koncová stěna je v různé míře perforovaná; nazývá se perforační deska.

Tracheidy jsou uloženy paralelně; díky svému tvaru na sebe nemohou navazovat. Jejich typické uspořádání ukazuje schéma vlevo. Šipky naznačují směr transportu; transportované látky přecházejí z jedné tracheidy do druhé přes buněčné stěny a směr transportu není přímý.

Vpravo – část sekundárního xylému sekvoje – modré šipky ukazují tři tracheidy na okraji obrázku

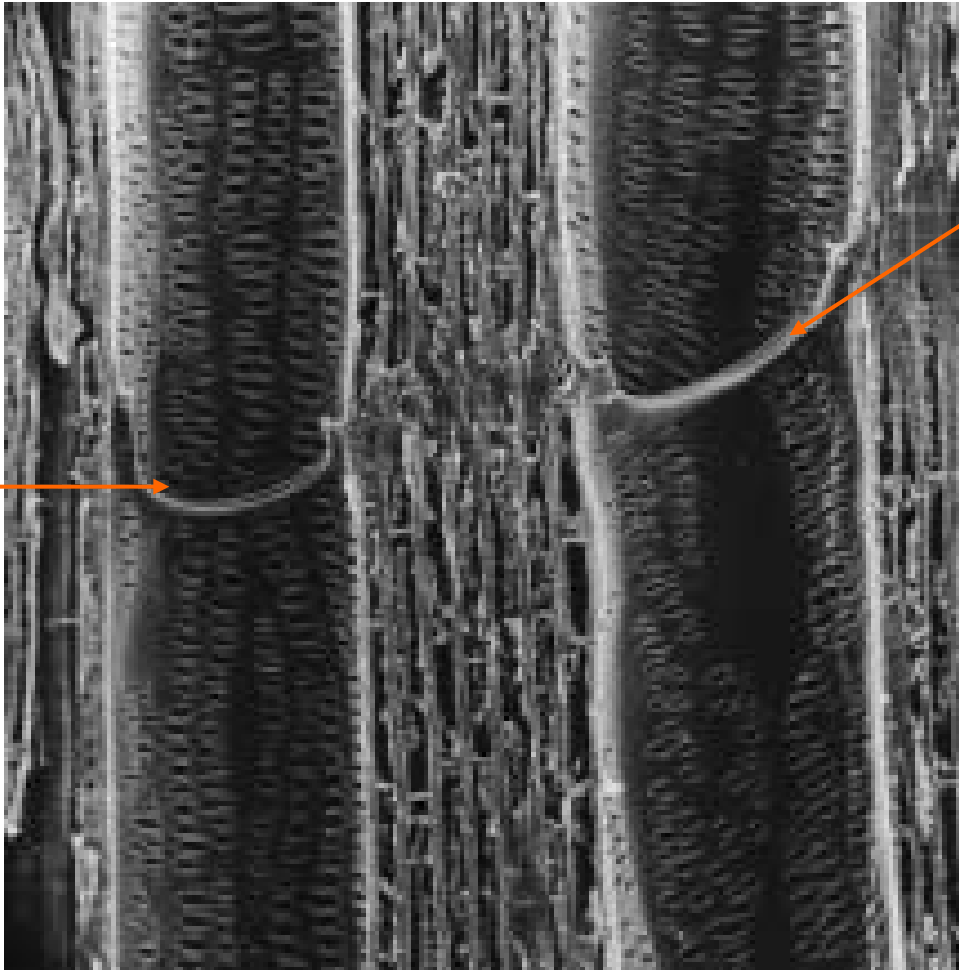




Tracheální články na sebe navazují svými koncovými stěnami, které jsou v různé míře perforované (tzv. perforační desky) a vytvářejí tak vícebuněčný útvar zvaný céva neboli trachea.

Odlitky dvou cév složených z cévních článků. Šipky označují hranice mezi jednotlivými články

Z Mauseth, Am. J. Bot. 1994

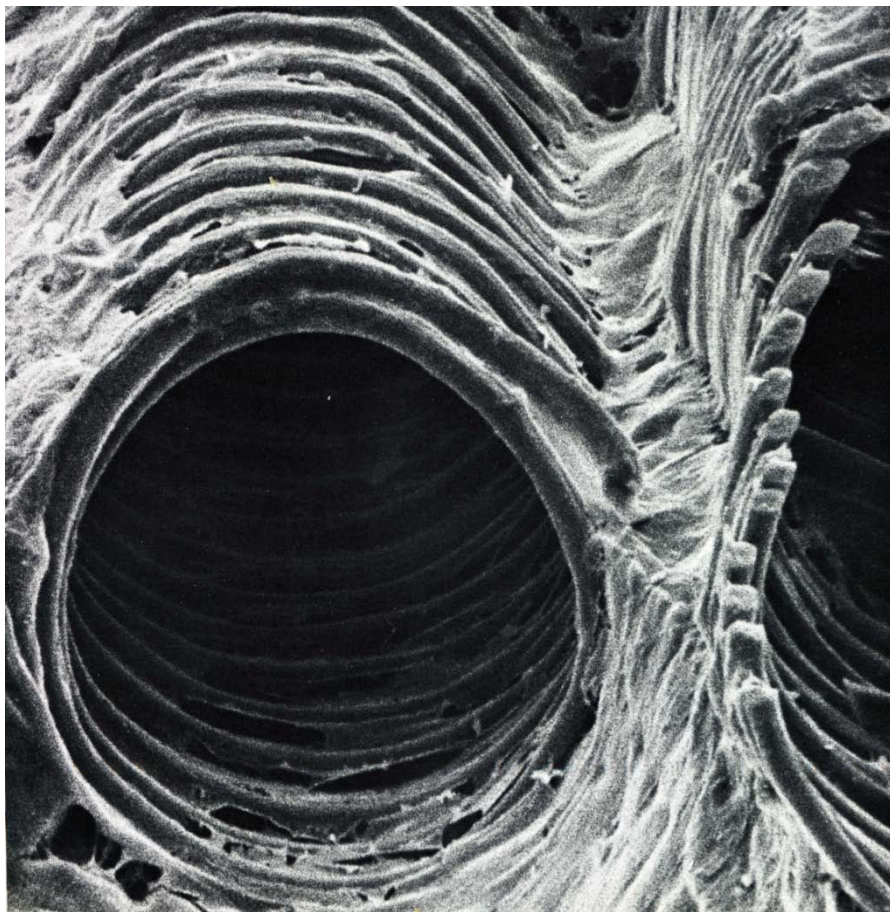


Elektronmikroskopický snímek dvou cév ze sekundárního xylému dubu, šipky ukazují hranice mezi cévními články

Z Taiz, Zeiger: Plant Physiology, 2002

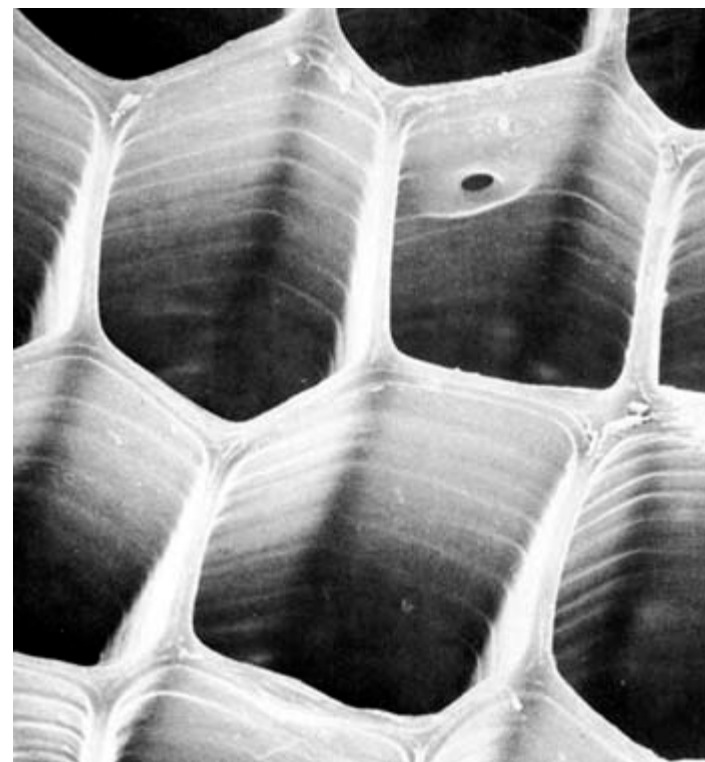
Co je tracheidám i cévním článcům společné?

Oba typy cévních elementů jsou v dospělosti mrtvé, dochází k odumření protoplastu a transport pak probíhá mikrokapilárními prostory v místech původních protoplastů. Představuje typ apoplastického transportu.



Pohled do cévního článku ze stonku okurky seté (*Cucumis sativus*), který je tvořen pouze buněčnou stěnou.

Z Troughton, Donaldson: Probing Plant Structure, 1972



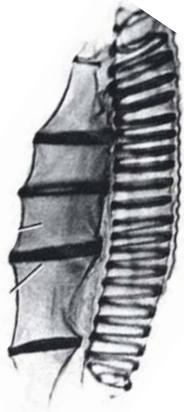
Pohled do tracheid douglasky (*Pseudotsuga menziesii*), které jsou tvořeny pouze buněčnými stěnami.

z Crang, Vassilyev Plant Anatomy, CD

Oba cévní elementy mají nerovnoměrně ztloustlé stěny, ve kterých se kombinuje tenká, primární stěna a ztloustlá, lignifikovaná, sekundární stěna. Tenká stěna je dobře propustná a umožňuje transport do a z cévních elementů. Sekundární stěna poskytuje mechanickou oporu a zabraňuje kolapsu buněk při transpiračním sání.

Možné vzory uspořádání buněčných stěn cévních elementů

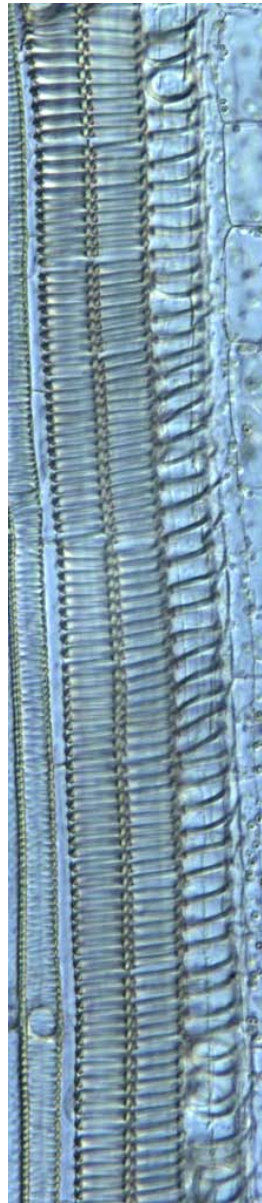
A – kruhové, B a C – šroubovitě, D – síťovité, E – schodovité, F – dvůrkaté



A



B



C

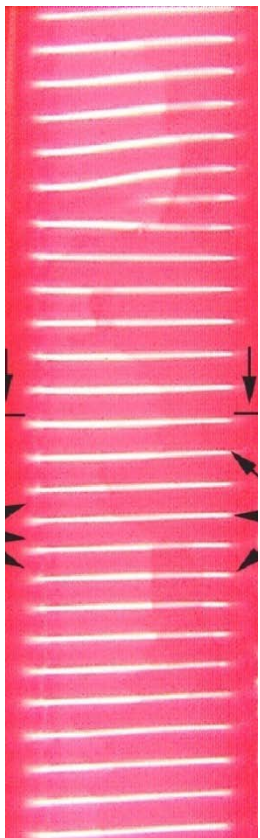
Různá uspořádání stěn cévních elementů

A – kruhovitě a šroubovitě ztloustlá tracheida z *Notocactus*

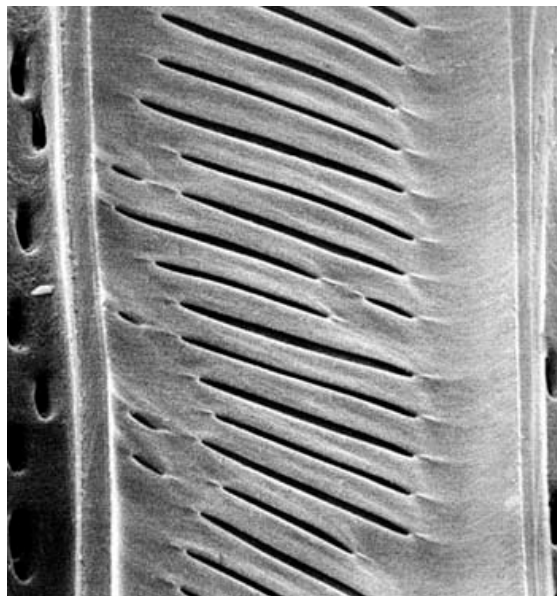
B – kruhovitě ztloustlé cévní články z kukuřice (*Zea mays*)

C - šroubovitě ztloustlé cévní články ze *Sanchezia nobilis*

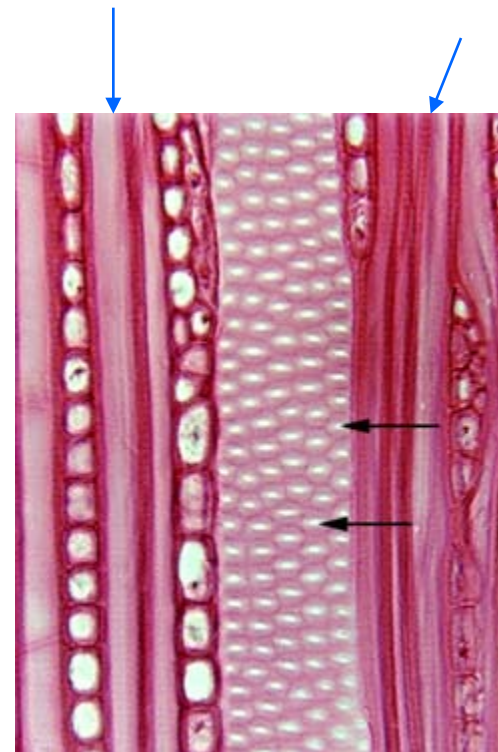
A – z Mauseth Plant Anatomy 1988, B – z <http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/weblab>



D



E



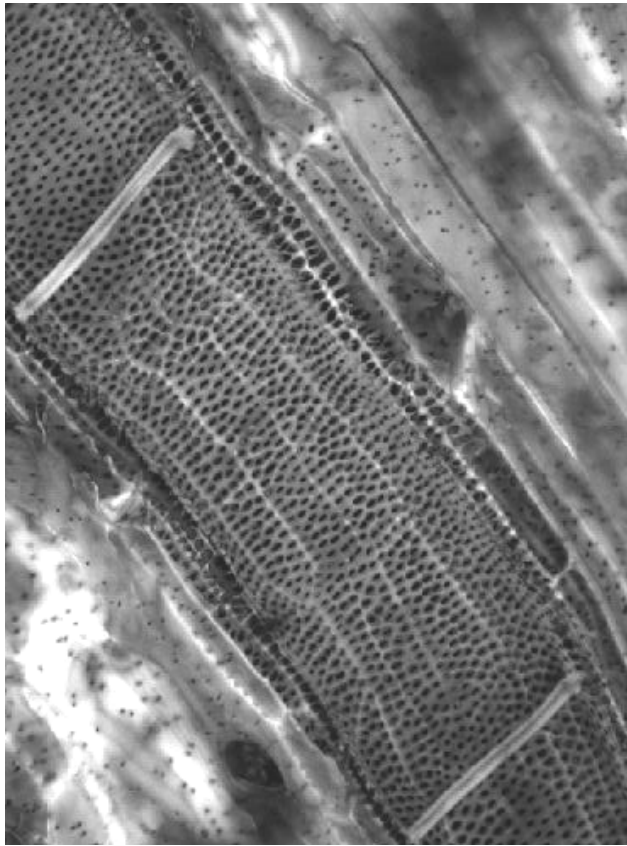
F

Různá uspořádání stěn cévních elementů článků

D a E - schodovitě ztloustlé cévní články u hasivky orličí (*Pteridium aquilinum*) a *Laurelia novae-zealandiae*, F – dvůrkatě ztloustlý cévní článek z habru (*Carpinus caroliniana*). Černé šipky označují dvě dvůrkaté ztenčeniny, modré šipky sklerenchymatická vlákna.

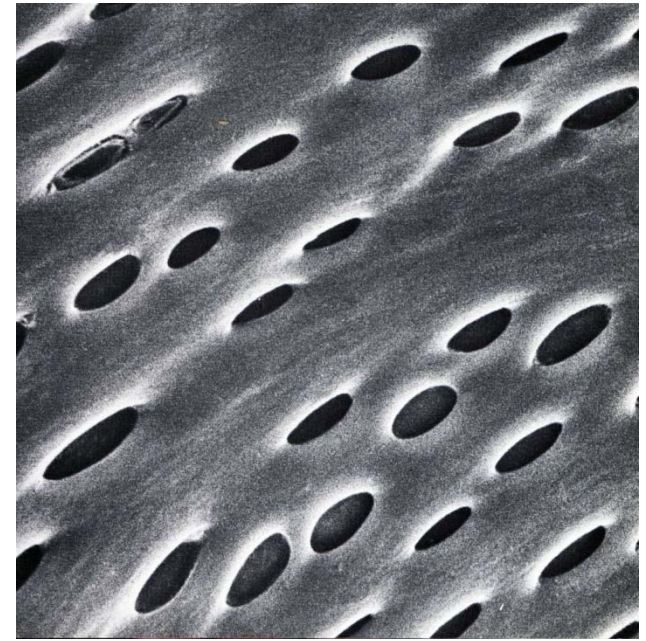
Pozn.: Hasivka je příkladem cévnatých rostlin výtrusných obsahující cévy.

D a F - <http://www.sbs.utexas.edu/mausethe/web/lab>, E – z Crang a Vassilyev Plant Anatomy CD

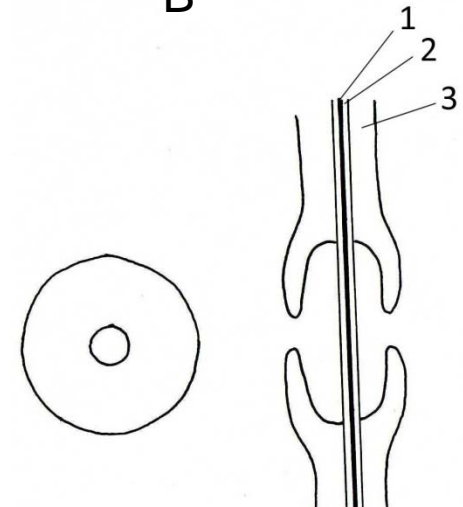


A

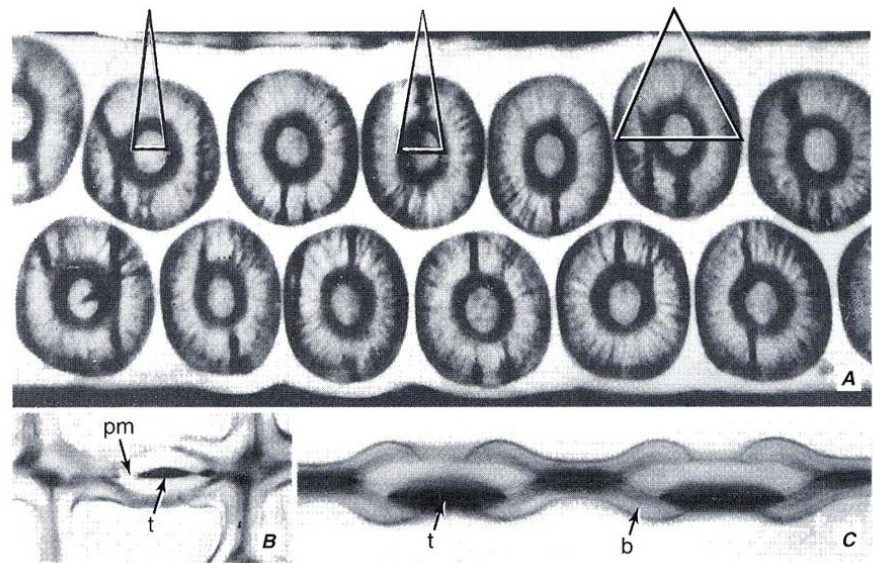
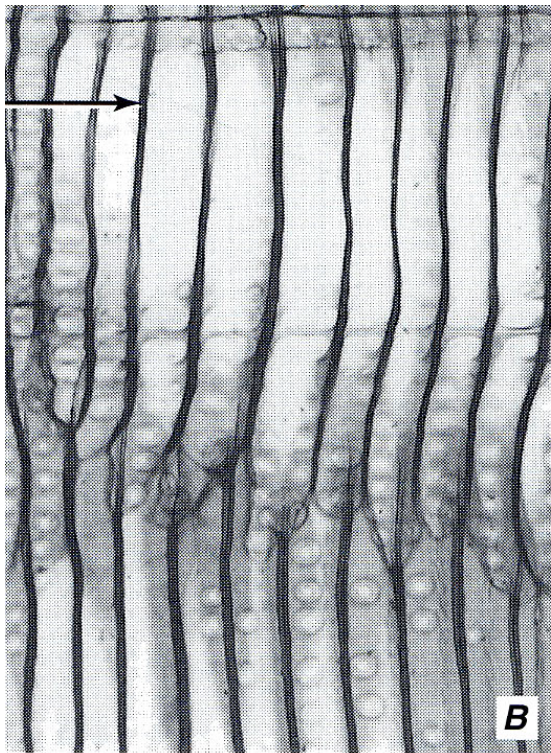
A - dvůrkatě ztloustlý článek cévy z oddenku rákosu (*Phragmites australis*), B – detail stěny cévního článku s dvůrkatými ztenčeninami, C – schéma dvůrkaté ztenčeniny, 1 – střední lamela, 2 – primární buněčná stěna, 2 – sekundární buněčná stěna (viz též prezentace Buněčná stěna)



B



C



Dvůrkatě ztloustlé tracheidy

Vlevo – podélný řez, na stěnách viditelné dvůrky, vpravo – detail stěn tracheid s dvůrkatými ztenčeninami, nahoře pohled shora u jedlovce (*Tsuga* sp.), dole ztenčeniny na řezu u jedle (*Abies* sp.) a borovice (*Pinus* sp.)

Tento typ tracheid je nejznámější a nejlépe prostudovaný, vyskytuje se u většiny nahosemenných, především v sekundárním xylému.

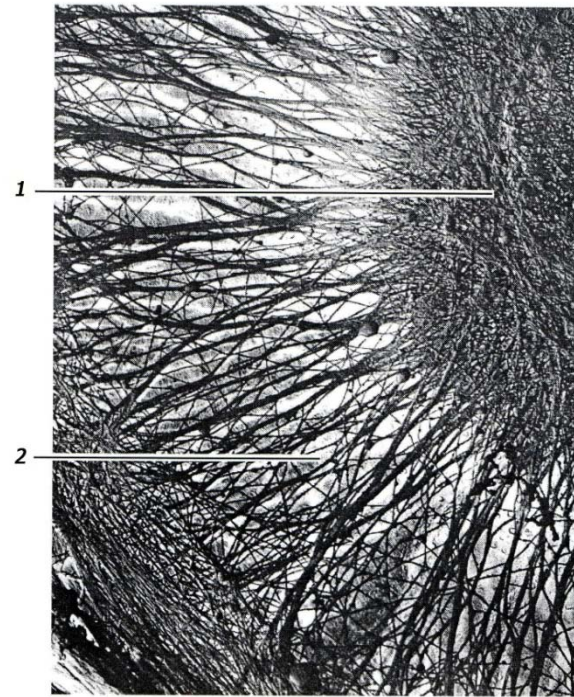
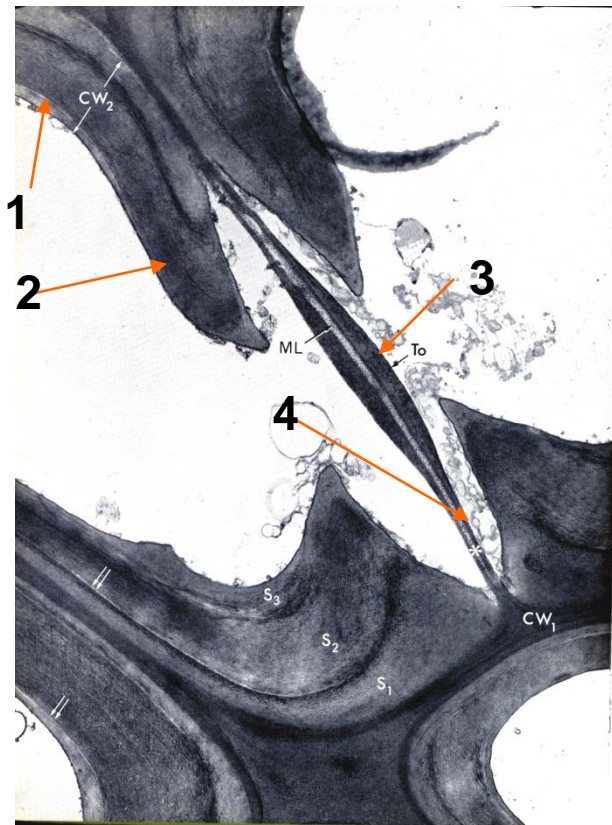


Tracheidy sekundárního xylému jehličnanů s dvůrkatými ztenčeninami

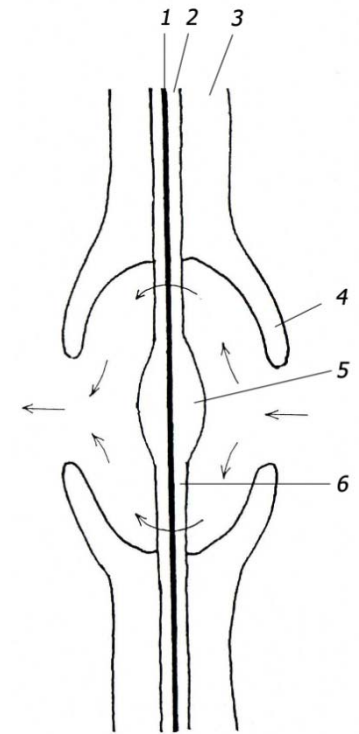
(některé jsou znázorněny modrými šipkami)

Podrobnější údaje na příštím obrázku a v kapitole Buněčná stěna

Z Crang, Vassilyev, Plant Anatomy, CD



B



A – příčný řez dvůrkatou ztenčeninou tisu, 1 - sekundární stěna, 2 - klenba dvůrku tvořená sekundární stěnou, 3 - torus, 4 - margo

B - pohled na dno dvůrkaté ztenčeniny nahosemenných rostlin, 1 – torus, 2 – margo

C – detail hranice mezi tracheidami v oblasti dvůrkaté ztenčeniny, 1 – střední lamela, 2 – primární stěna, 3 – sekundární stěna, 4 – klenba dvůrku tvořená sekundární stěnou, 5 – torus, 6 – margo. Šipky naznačují směr toku. Ten probíhá přes margo, kde je stěna dobře propustná, zatímco v oblasti toru nikoliv.

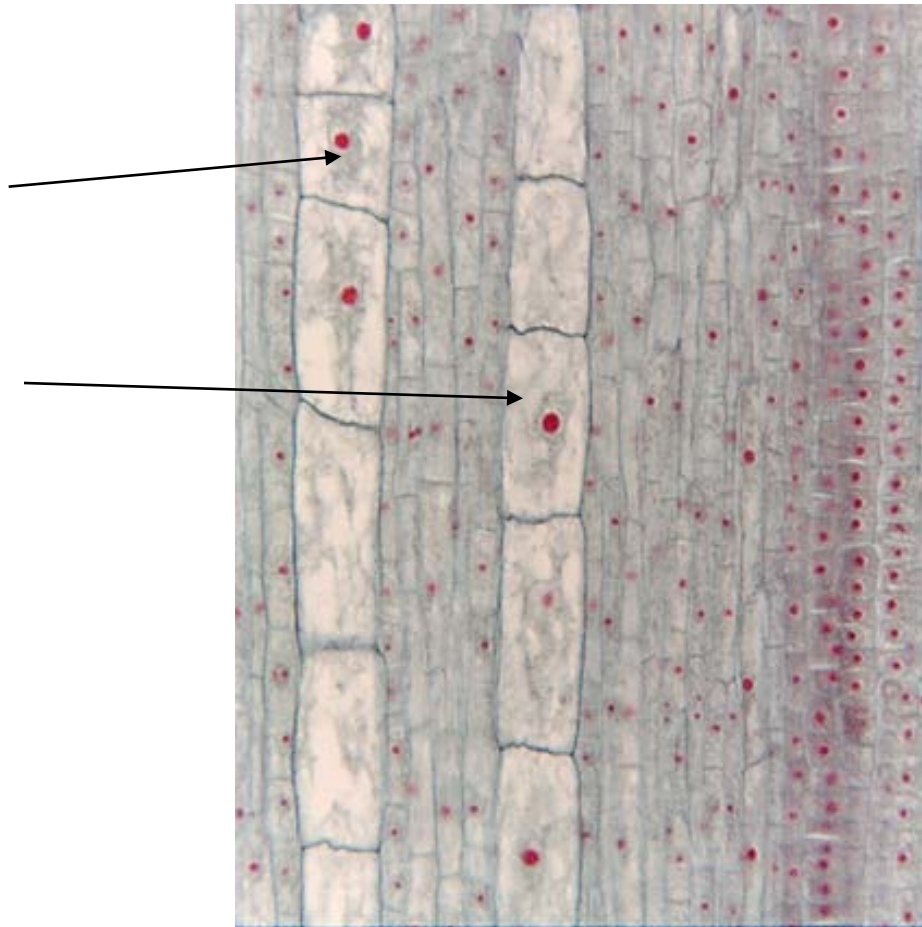
A - z Ledbetter, Porter: Introduction to the fine structure of plant cells, 1970, B – z Dickison, W. C.: Integrative Plant Anatomy, 2000

Jak vznikají cévní elementy? Vznikají procesem programované buněčné smrti, tedy regulovaným odumíráním protoplastu.

Vývin cévního článku

A – buňka s primární stěnou a kompletním protoplastem, B – růst buňky a počátek sekundárního tloušťnutí laterálních stěn a tloušťnutí budoucí perforační desky, ve vakuole se hromadí hydrolytické enzymy, C – dokončení tvorby sekundární stěny, prasknutí tonoplastu a počátek rozkladu protoplastu, počátek rozpadu stěny v místě budoucí perforační desky, D – dokončení rozkladu protoplastu a vývoje perforační desky

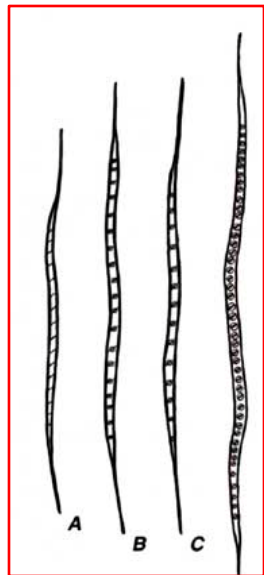
1 – jádro, 2 – tonoplast, 3 – sekundární stěna, 4 – perforační deska v různých stádiích vývoje



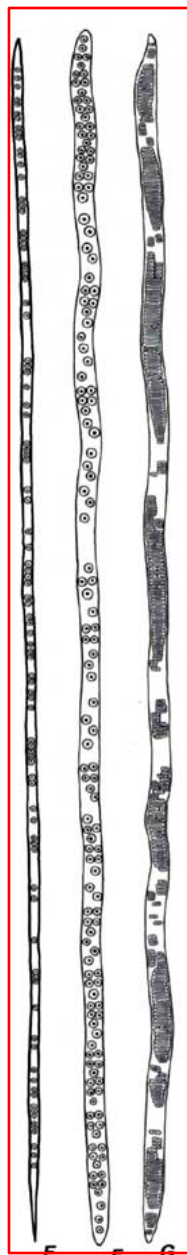
Vznikající cévy v kořeni orobince (*Typha* sp.)

Velké buňky tvořící řady (některé označené šipkami) jsou prekursori cévních článků. V této fázi vývoje mají pouze tenké primární stěny a kompletní protoplast. Tyto buňky výrazně rostou, zatímco okolní buňky se ještě dělí.

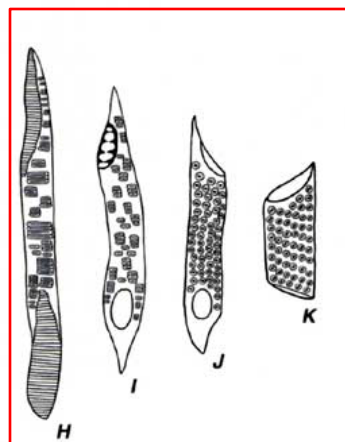
Evoluce cévních elementů



vlákna



tracheidy



cévní články

U prvních suchozemských rostlin byly cévními elementy tracheidy s jednoduchými vzory buněčných stěn. Postupně pak vznikaly složitější typy tracheid a posléze z tracheid vznikaly cévní články. První cévní články měly šikmé koncové stěny a schodovité perforační desky, ve kterých je větší počet otvorů, mezi nimiž je část stěny zachována. Později vznikaly články s méně šikmými až téměř příčnými koncovými stěnami a jednoduchými perforačními deskami s jedním velkým otvorem. Zároveň docházelo ke zkracování a rozšiřování cévních článků.

Současně z tracheid vznikala xylémová sklerenchymatická vlákna.

Tracheidy se vyskytují jako jediné cévní elementy u většiny cévnatých rostlin výtrusných a téměř u všech nahosemenných.

Cévní články jsou typické pro rostliny krytosemenné, kde se však vyskytují spolu s tracheidami a sklerenchymatickými vlákny. Vznik sklerenchymatických vláken zřejmě souvisel se snižováním mechanické pevnosti xylému s vysokým podílem cév.

Délka cév je velmi různá, nikdy však neprostupují celým rostlinným tělem. Jejich délka kolísá od necelého milimetru až po desítky centimetrů, vzácně i několik metrů. Počet článků jedné cévy se pohybuje od dvou do desítek, možná i stovek

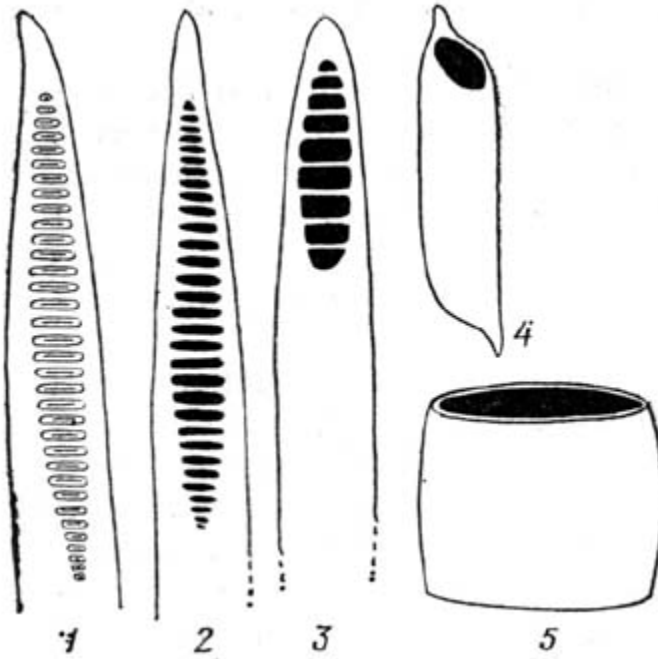


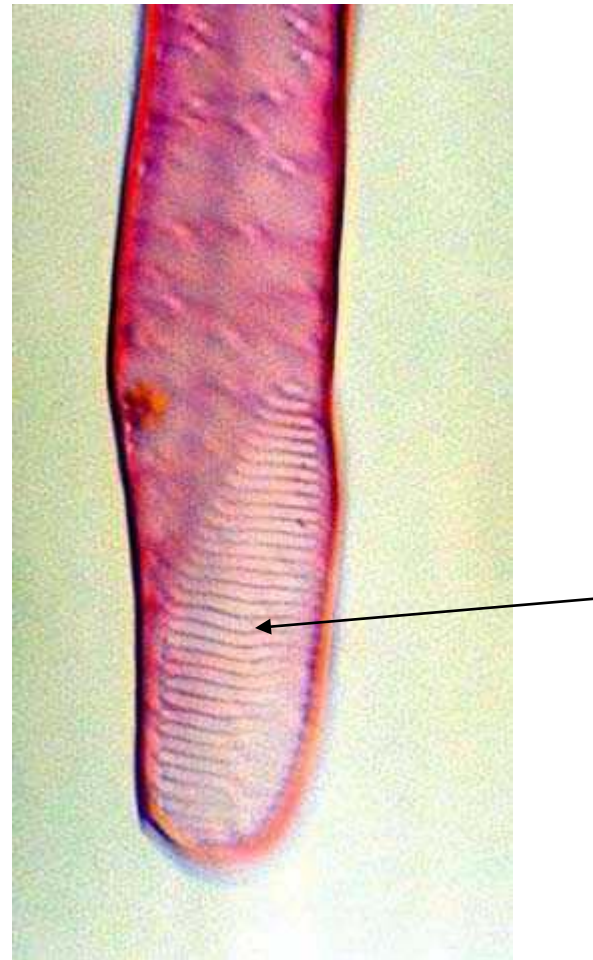
Schéma znázorňující pravděpodobnou evoluci cévních článků

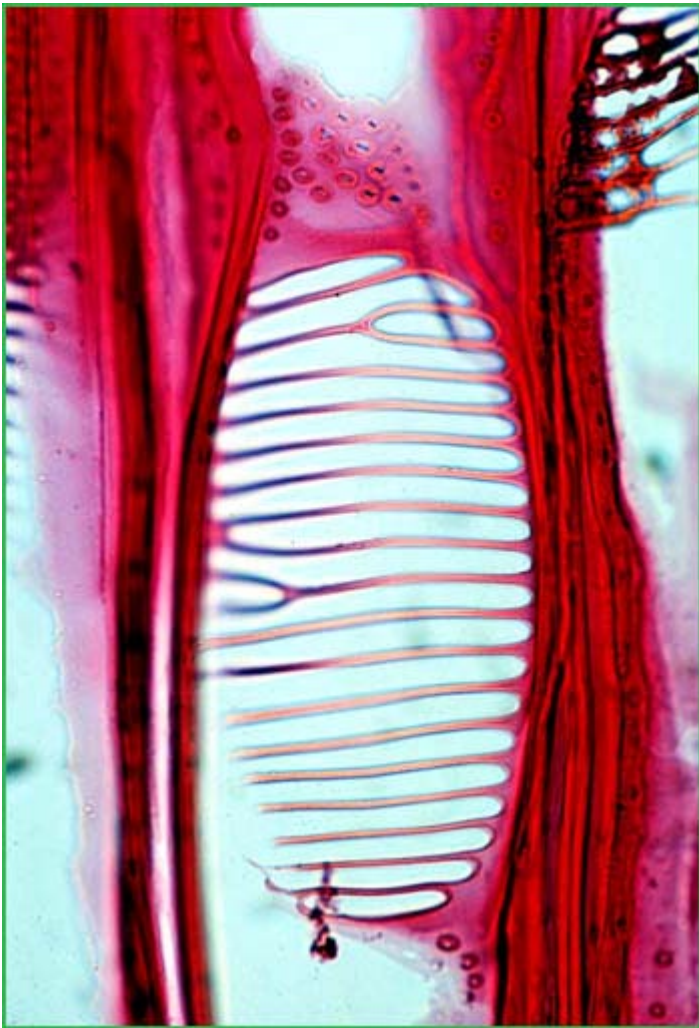
1 až 3 – články se schodovitou perforační deskou, ve které je zachována část původní stěny. Perforace jsou znázorněny černě, zbylá stěna bíle. Koncová stěna je různě šikmá.

4 a 5 – články s jednoduchou perforační deskou a s příčnou nebo téměř příčnou koncovou stěnou

**Schodovitá perforační deska
(šipka) v cévním článku
badyáníku (*Illicium sp.*)**

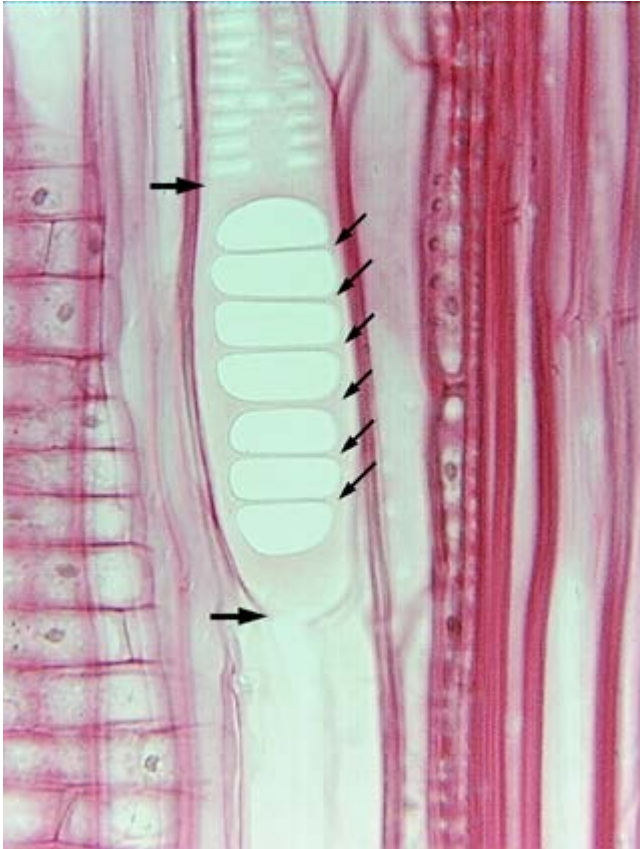
Z Crang, Vassilyev, Plant Anatomy CD





Schodovité perforační desky v cévních člancích olše (*Alnus rubra*) – vlevo a ambroně (*Liquidambar* sp.) - vpravo

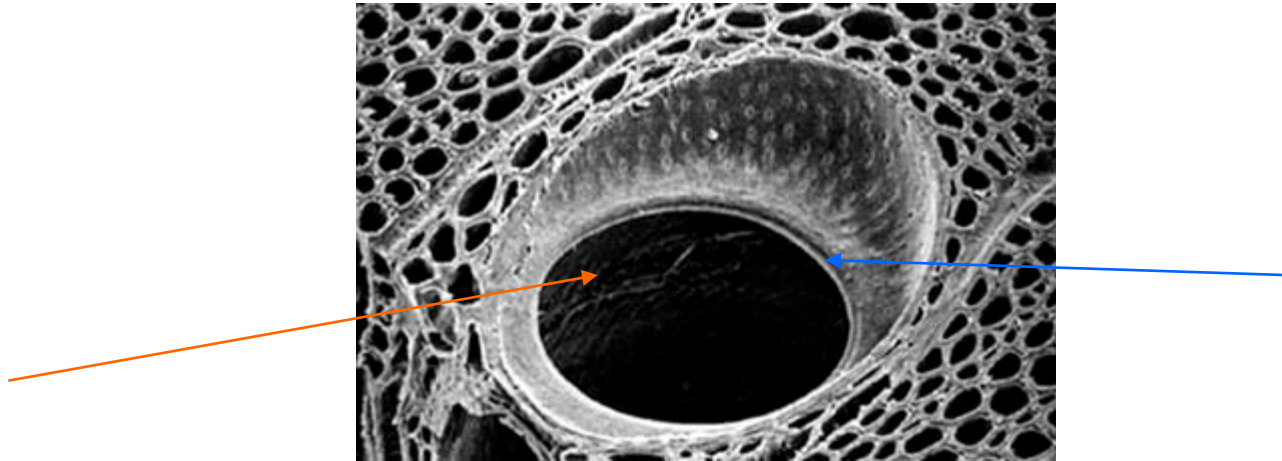
Vlevo z Crang, Vassilyev, Plant Anatomy CD, vpravo <http://bomi.ou.edu/bot4283/>



Schodovitá perforační deska magnólie (*Magnolia tripetala*).

Tenké šipky vpravo ukazují na zbytky buněčné stěny perforační desky, tlusté šipky vlevo konce perforační desky

<http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/weblab>



Jednoduchá perforační deska ze sekundárního xylému eukalyptu (*Eucalyptus delagatensis*) na snímku ze skenovacího EM.

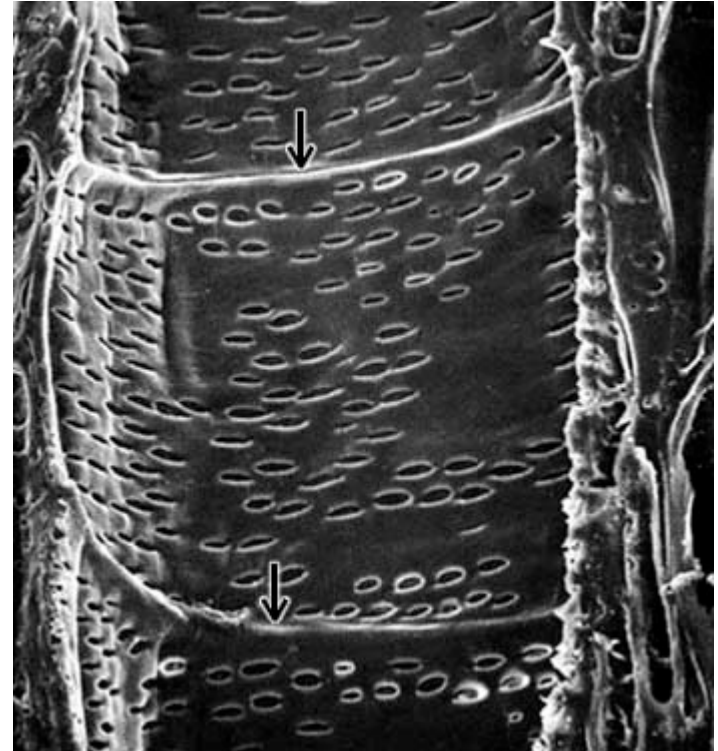
Otvor v perforační desce je znázorněn červenou šipkou, modrá šipka ukazuje na zachovanou okrajovou část původní buněčné stěny.

Z Crang, Vassilyev, Plant Anatomy CD

Část cévy tvořené evolučně nejpokročilejšími cévními články, které jsou krátké, široké a mají jednoduchou příčnou perforační desku.

Ze sekundárního xylému jilmu (*Ulmus sp.*).
Šipky ukazují na zbytky příčné stěny na okraji perforační desky.

Z Crang, Vassilyev, Plant Anatomy CD



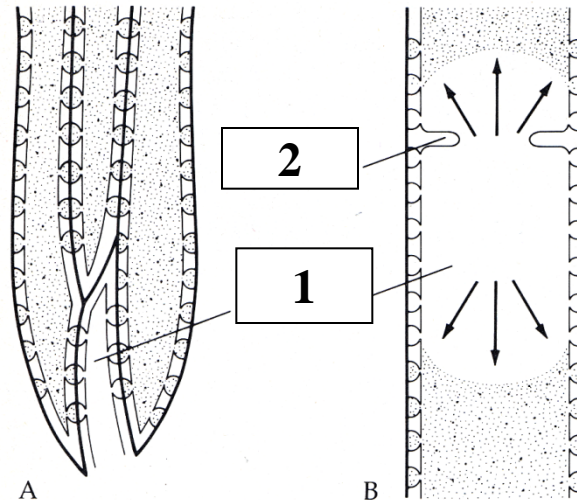
Jak je poháněn xylémový tok?

Transport vody směrem vzhůru, proti působení gravitace, je poháněn tlakovým gradientem, který vzniká mezi místem příjmu vody v kořenu a místem jejího výdeje v listu, kde je voda vydávána transpirací.

Schéma listu znázorňující transport plynů

1 – kutikula, 2 – epidermis, 3 – houbovitý parenchym, 4 – palisádový parenchym, 5 – xylém v cévním svazku obklopeném pochvou, **6 – šipky znázorňují transport vody z xylému přes pochvu cévního svazku do intercelulár, 7 – šipka znázorňuje výdej vodní páry průduchy z listu, 8 – šipka znázorňuje vstup CO₂ do intercelulár**
Výdej vody do intercelulár a pak průduchy do atmosféry jsou hlavní hnací silou xylémového transportu

Při intenzivní transpiraci je voda v kapilárách xylému vystavena tahu, napětí. Je tak v nestabilním stavu a může dojít ke kavitaci, přerušení vodního sloupce a k tzv. plynné embolii. K embolii může dojít nasáváním plynů ze sousedství vodivých drah, vystupováním bublinek rozpuštěných plynů z vody při transpiračním sání nebo na konci zimy při tání zmrzlé vody u dřevin, kdy dochází k expanzi zamrzlých plynů. V některých případech může dojít k odstranění embolie a obnovení transportu, často se však jedná o nevratný děj.

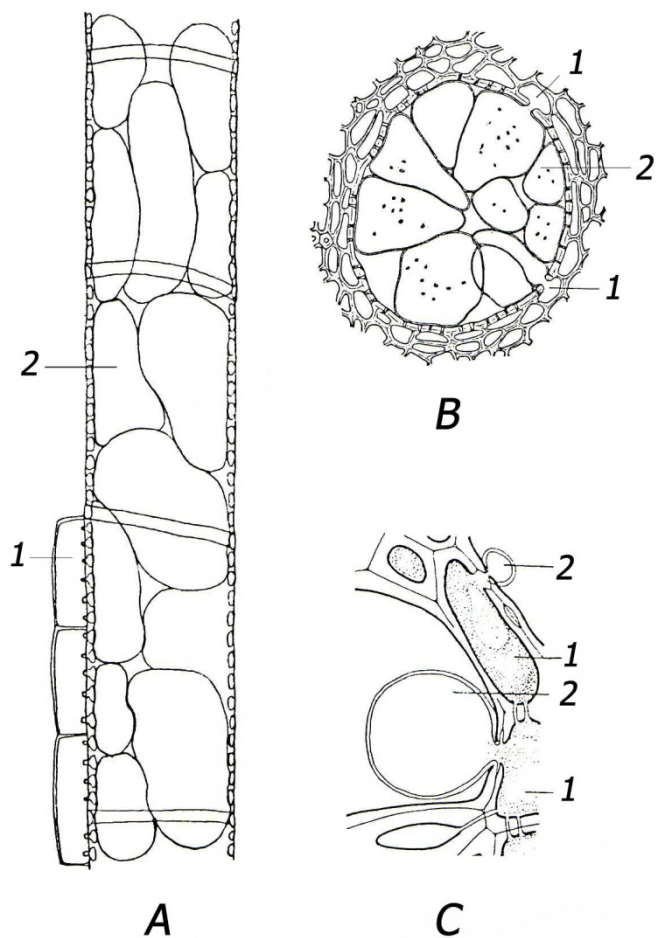


Přerušení vodního sloupce a vznik a šíření embolie

A – u tracheid, B – v cévě, 1 – plynná embolie, 2 – zbytek stěny u perforační desky

V tracheidách je menší pravděpodobnost šíření embolie do dalších tracheid. U cév se riziko vzniku embolie zvyšuje se šířkou, a díky perforačním deskám šíří v celé cévě.

Nefunkční vodivé elementy vyplněné vzduchem představují riziko např. pro šíření patogenů. V evoluci vznikly mechanismy, jak toto riziko snížit. U nefunkčních cév je jednou z možností vyplnění thylami, což jsou výrůstky sousedních parenchymatických buněk.



Thyly

A – podélný řez cévou uzavřenou thylami

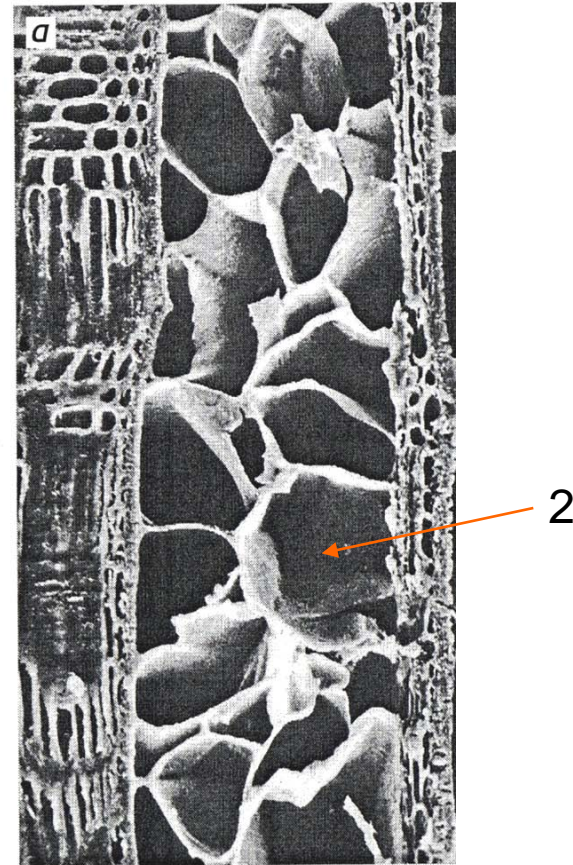
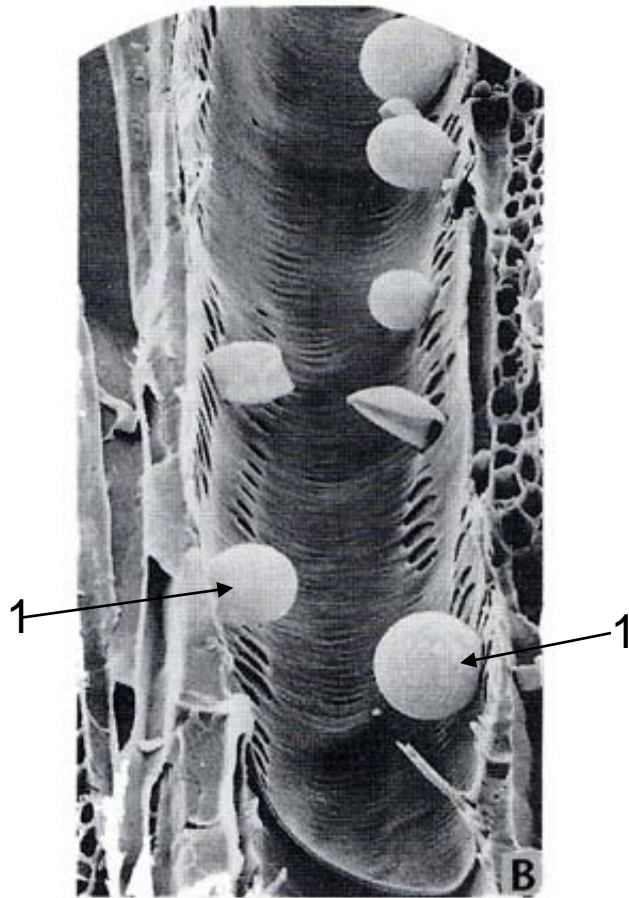
B – příčný řez cévou uzavřenou thylami

C – vznik thyl

1 – parenchym v sousedství cév vytvářející thyly,

2 – thyla

Buněčné stěny thyl mohou i lignifikovat.



Thyly

Vlevo – počátek tvorby thyli, vpravo – cévní článek vyplněný thylymi

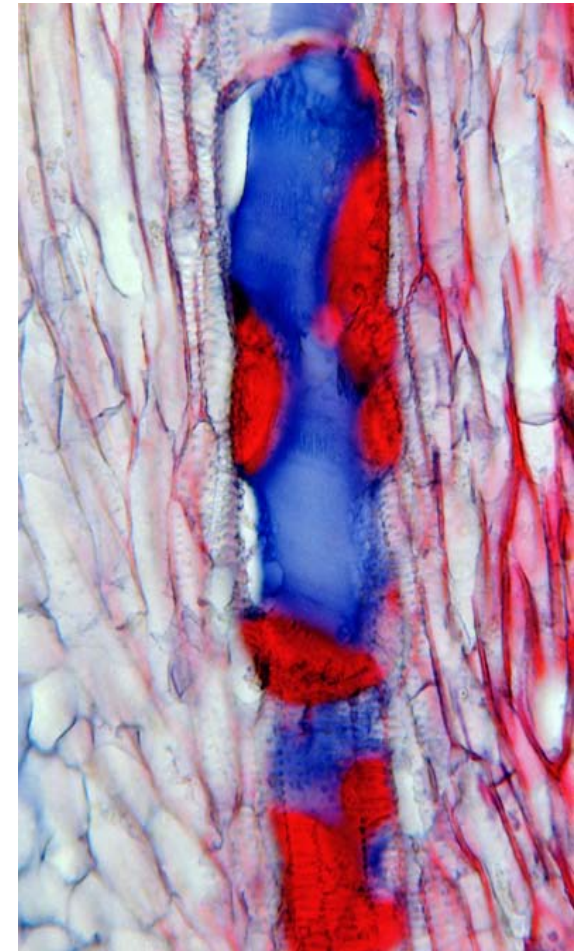
1 – vznikající thyly, 2 – thyly

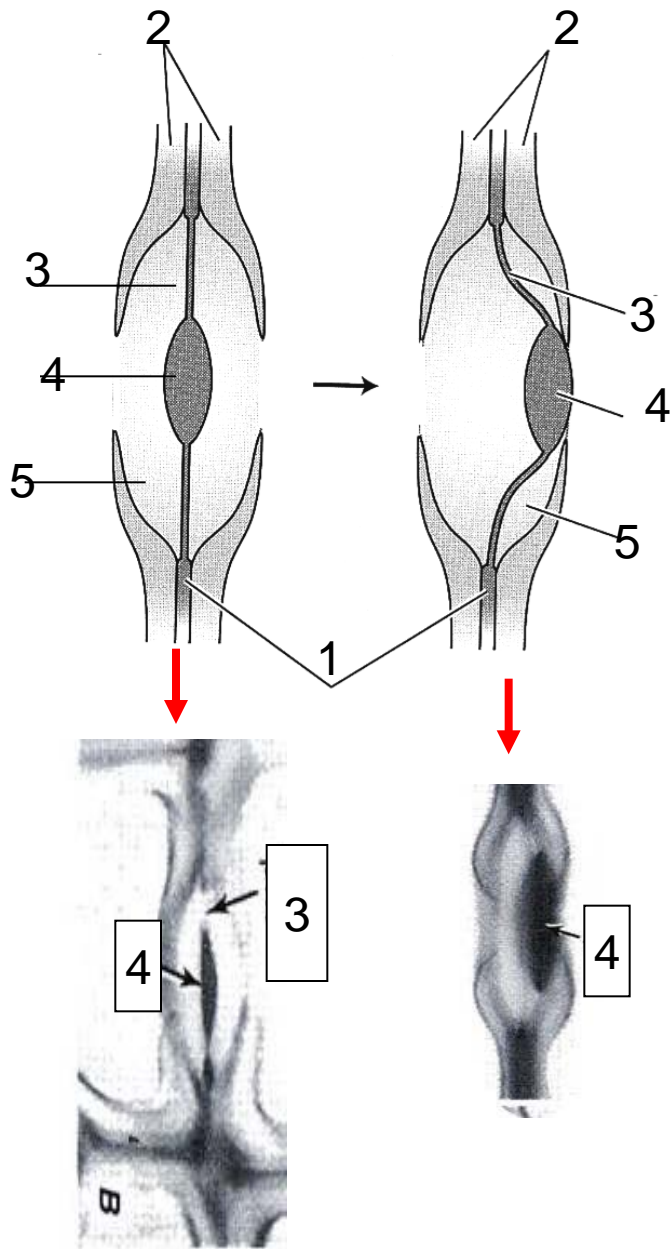
Vlevo z Sitte, P. et al.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 1998, vpravo z Evert: Esau's Plant Anatomy, 2006

Jinou možností uzavření nefunkčních cév je uzavření tzv. gumami neboli gely, což jsou látky vylučované do nitra cév živými parenchymatickými buňkami v okolí.



Příčný (vlevo) a podélný (vpravo) řez cévami z oddenku rákosu (*Phragmites australis*) vyplněnými gumami.





U tracheid s dvůrkatými ztenčeninami dochází při poškození k vychýlení flexibilního margu; vstup do dvůrku uzavře torus, jehož průměr bývá větší než průměr otvoru na vrcholu dvůrku

Horní schéma ukazuje dvůrkatou ztenčeninu s margem v normální poloze (vlevo) a s vychýleným margem u tracheidy s embolií. Ve spodní části jsou odpovídající mikrofotografie

1 – střední lamela + primární stěna, 2 – sekundární stěna, 3 – margo, 4 – torus, 5 – dutina dvůrku

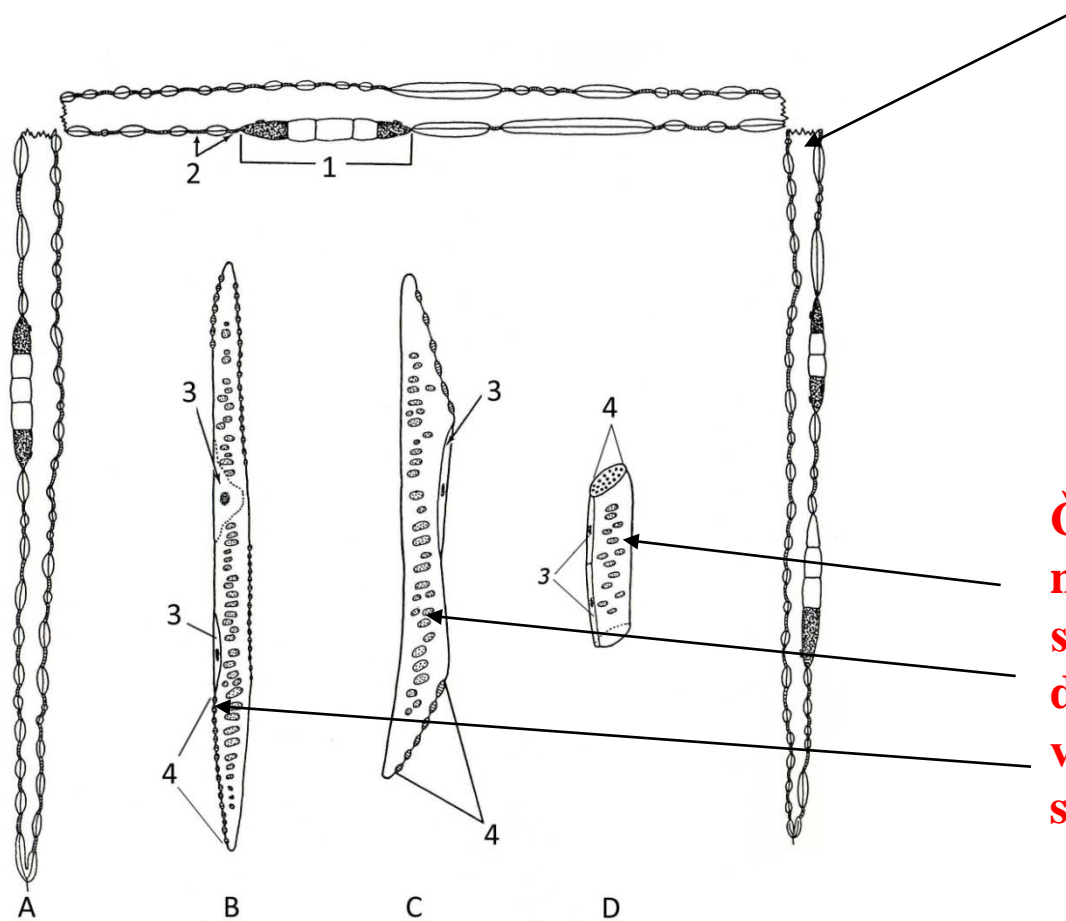
Floém – lýková část vodivých pletiv

Vodivé dráhy ve floému se nazývají sítkové elementy. Jsou dvojího typu. Sítkové buňky jsou původnější, vyskytují se u rostlin cévnatých výtrusných a nahosemenných. Články sítkovic, které se spojují do útvarů zvaných sítkovice, se nacházejí u rostlin krytosemenných.

Čím se od sebe sítkové elementy liší?

Sítkové buňky jsou obdobně jako tracheidy zašpičatělé, bez typických koncových stěn a jsou uloženy paralelně; díky svému tvaru na sebe nemohou navazovat.

Články sítkovic na sebe navazují svými koncovými stěnami (tzv. sítkovými deskami) a vytvářejí tak vícebuněčný útvar zvaný sítkovice.



Sítkové elementy

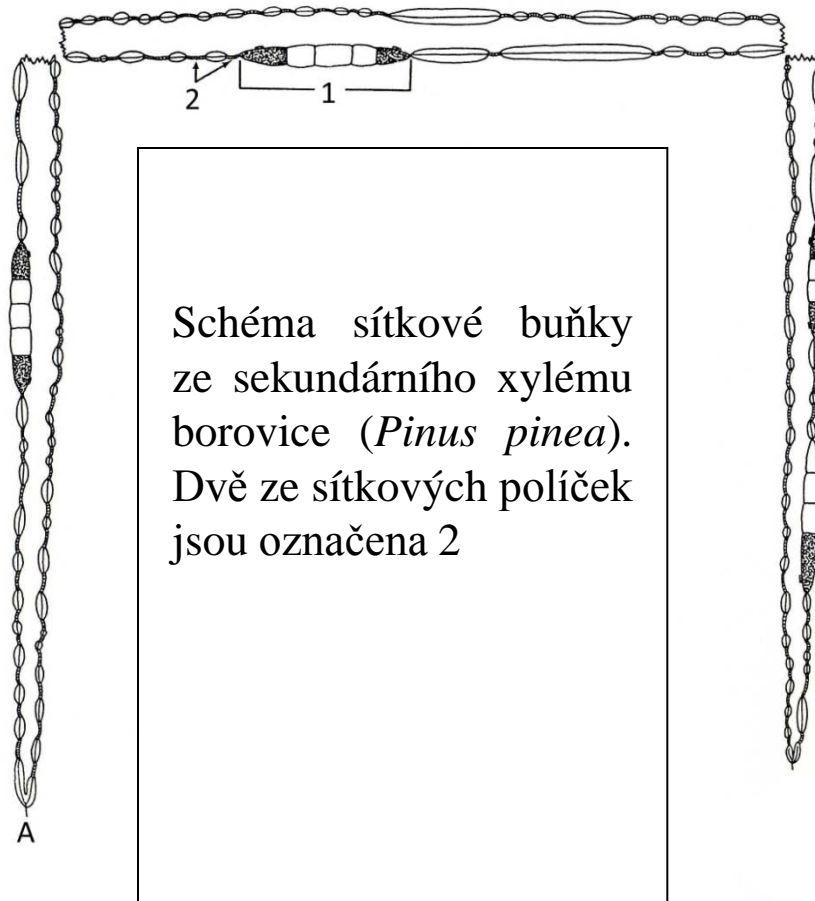
- A – sítková buňka z borovice pinie (*Pinus pinea*), 1 – parenchym paprskový, 2 – sítkové políčko
B až D – články sítkovic ukazující vývojový trend, tj. zkracování, rozšiřování, přechod od šikmé po příčnou koncovou stěnu a od složené po jednoduchou sítkovou desku
B – jablň domáci (*Malus domestica*)
C – liliovník tulipánokvětý (*Liriodendron tulipifera*)
D – vistárie čínská, (*Wisteria chinensis*)
3 – průvodní buňky, 4 – sítkové desky

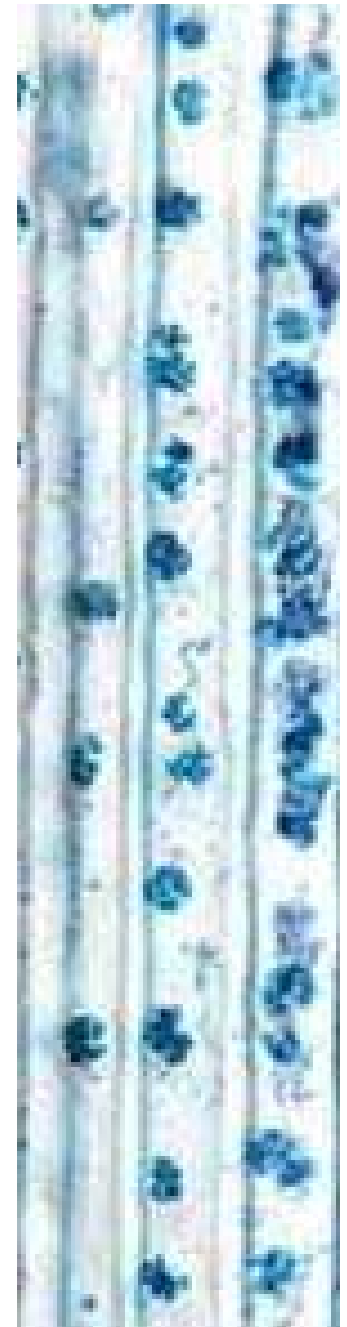
Co je oběma sítkovým elementům společné?

Oba typy sítkových elementů jsou živé buňky, dochází u nich však k výrazným modifikacím protoplastu, především k prasknutí tonoplastu a selektivnímu odbourání některých složek protoplastu (především buněčných jader).

U obou typů sítkových elementů se nacházejí oblasti buněčných stěn s četnými póry, kterými procházejí cytoplasmatické provazce propojující protoplasty sousedních sítkových elementů. Tyto oblasti stěn s perforacemi vzhledem připomínají sítko; označují se jako sítková políčka a odtud pochází název sítkové elementy. Perforace stěn s cytoplasmatickými provazci v sítkových políčkách jsou modifikované plasmodesmy a transport je typem symplastického transportu.

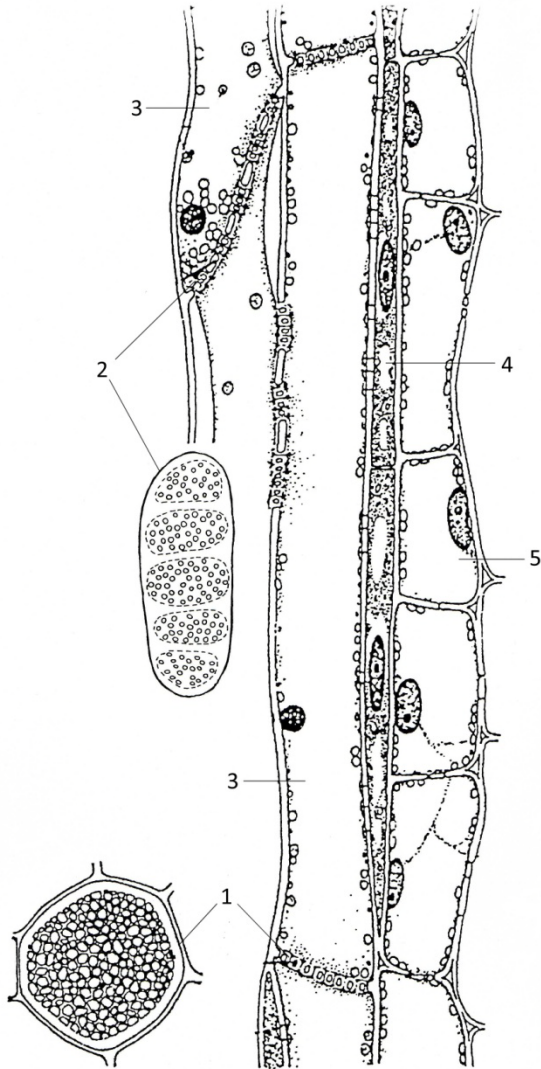
U sítkových buněk jsou všechna sítková políčka stejná s poměrně malými póry a jsou rozložena v celé buněčné stěně.





Části tří sítkových buněk z borovice vejmutovky (*Pinus strobus*) vlevo při větším, vpravo při menším zvětšení. Obrázky ukazují distribuci sítkových políček. Póry v sítkových políčkách jsou obarveny tmavomodře.

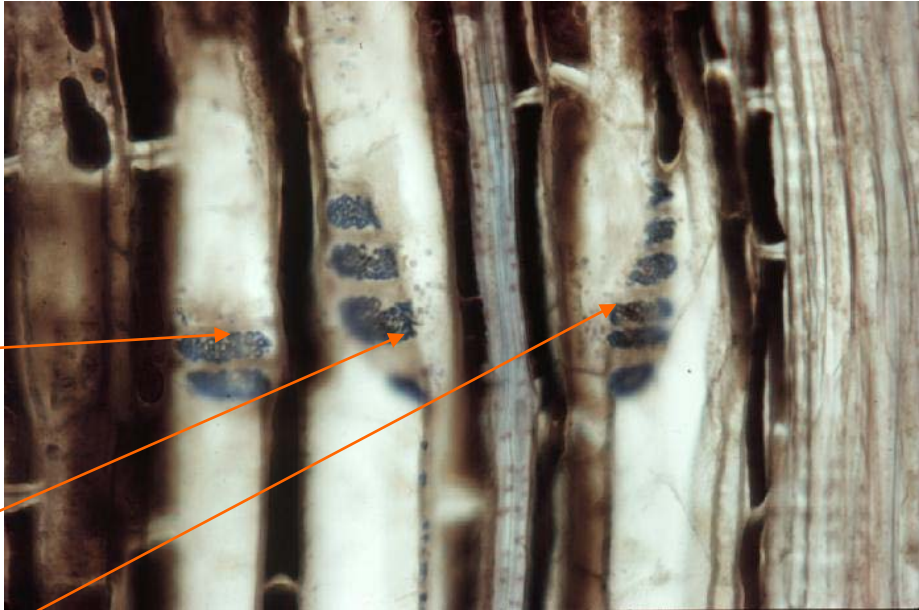
Vlevo: <http://bomi.ou.edu/bot4283/>, vpravo Crang, Vassilyev Plant Anatomy, CD



Sítkovice jsou složeny z článků, které jsou spojeny svými koncovými stěnami, tzv. sítkovými deskami. Sítková políčka v sítkových deskách obsahují velké množství pórů, které mohou dosahovat značných velikostí. Sítkové desky mohou být složeny nebo jednoduché (viz obr.); jednoduché desky jsou pokročilejším znakem.

Schéma floému krytosemenné rostliny

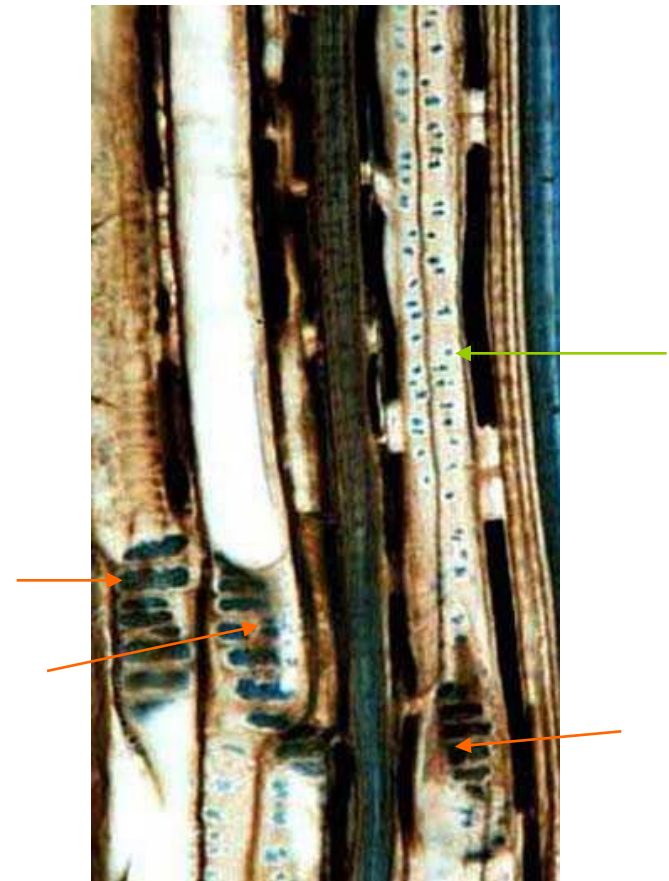
1 – jednoduchá sítková deska, vlevo pohled shora, vpravo na řezu, 2 – složená sítková deska, dole pohled shora, nahore na řezu, 3 – články sítkovic, 4 – průvodní buňky, 5 – floémový parenchym



Podélný řez floémem révy vinné (*Vitis vinifera*) se třemi sítkovicemi

Sítkové desky (viz šipky) jsou složené, póry sítkových políček jsou obarveny tmavomodře.

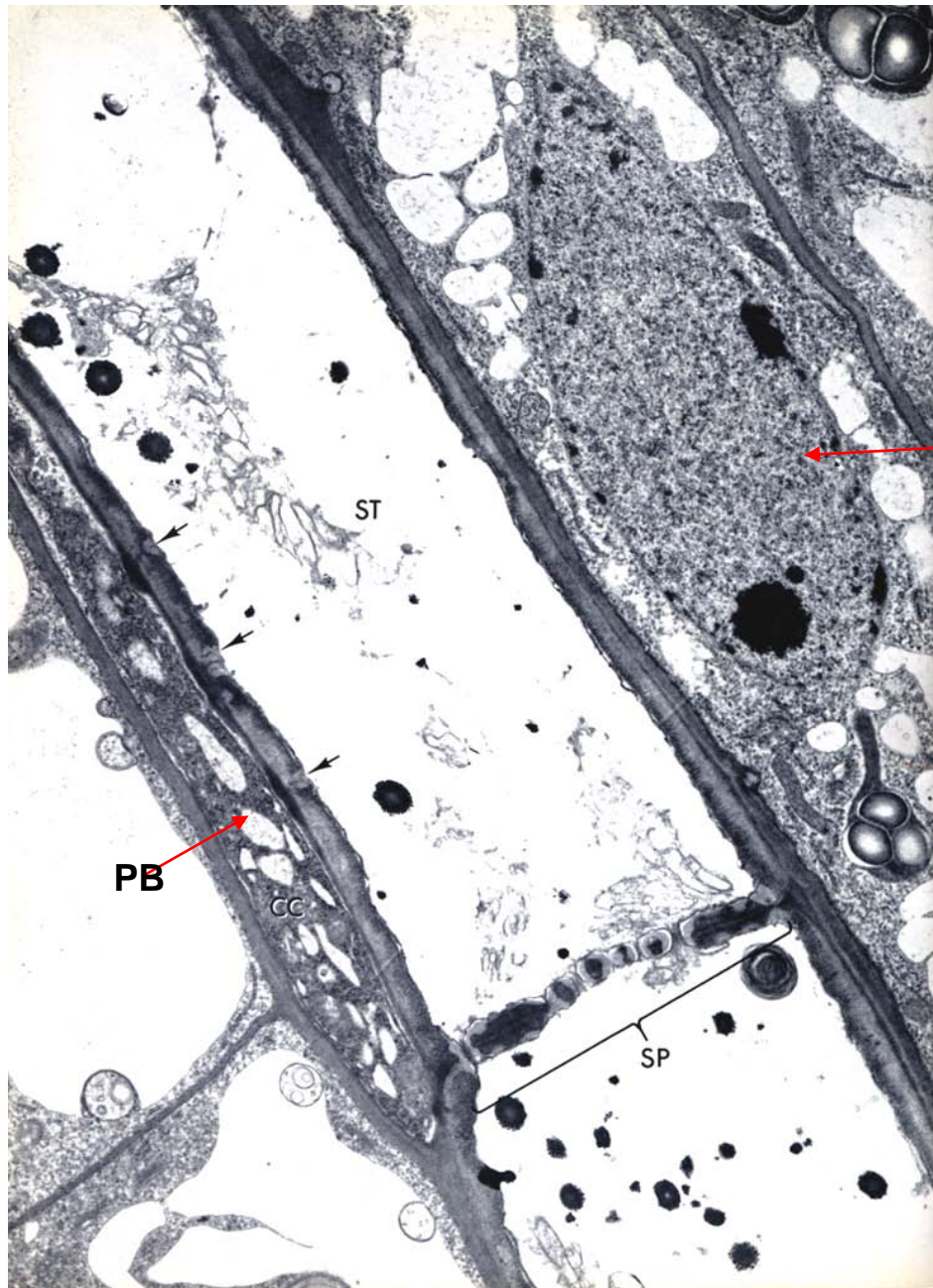
<http://bomi.ou.edu/bot4283/>



Řez floémem révy

Krom složných sítkových desek (červené šipky) s výraznými sítkovými políčky jsou vidět i malá sítková políčka na podélných stěnách (zelená šipka), póry všech sítkových políček jsou obarveny tmavomodře.

Z Crang, Vassilyev Plant Anatomy, CD

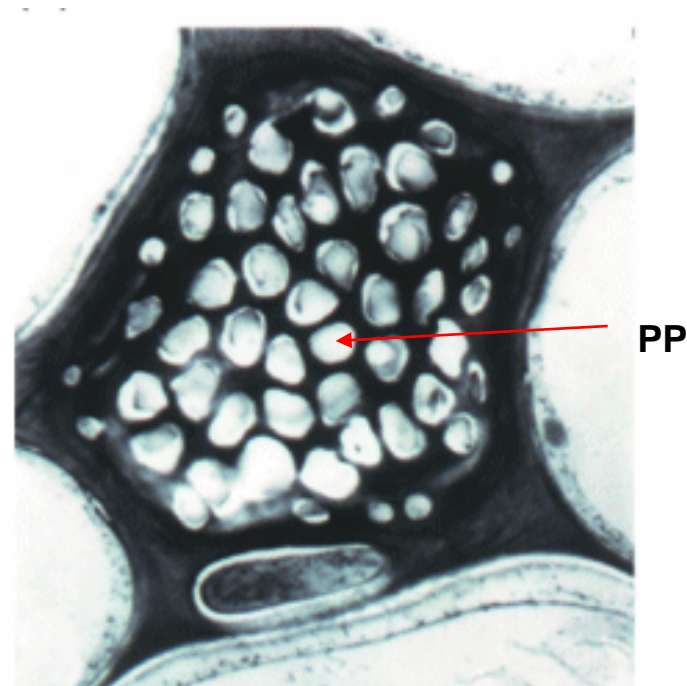


PA

**Elektronmikroskopický snímek
podélného řezu částí floému
huseníčku (*Arabidopsis thaliana*)**

ST – článek sítkovice, SP – jednoduchá
sítková deska, PB – průvodní buňka, PA –
parenchymatická buňka floému. Černé
šipky ukazují četné plasmodesmy spojující
průvodní buňku a článek sítkovice

Z Ledbetter , Porter: Introduction to the fine
structure of plant cells, 1970



Detail jednoduché sítkové desky huseníčku (*Arabidopsis thaliana*)

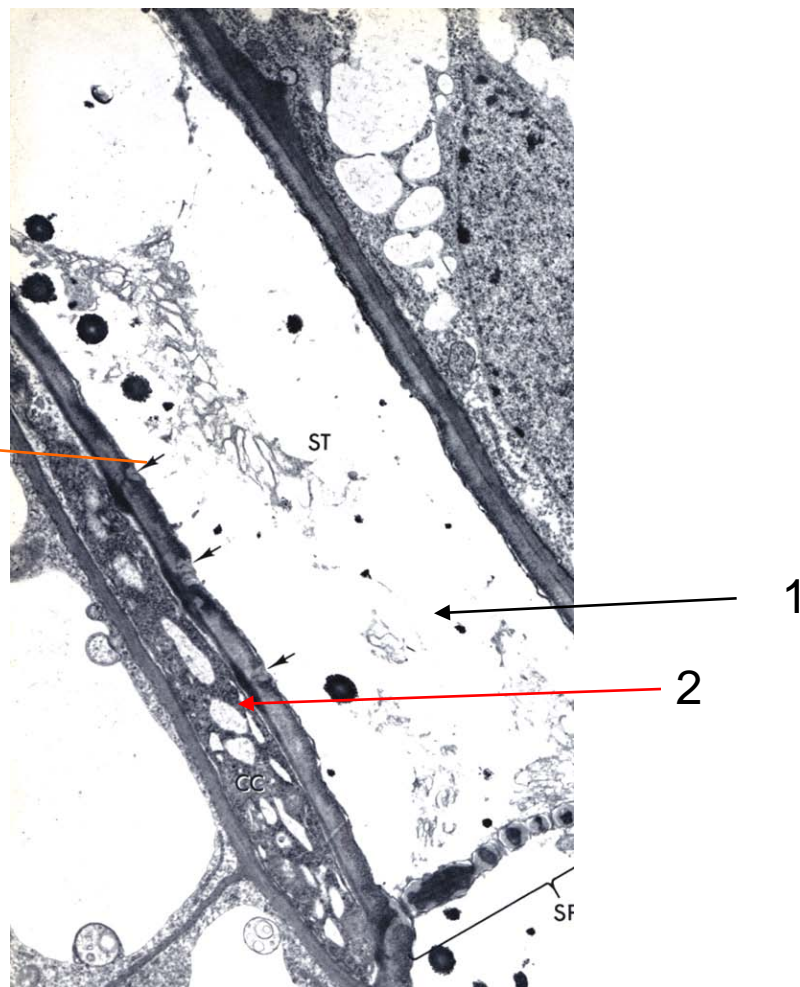
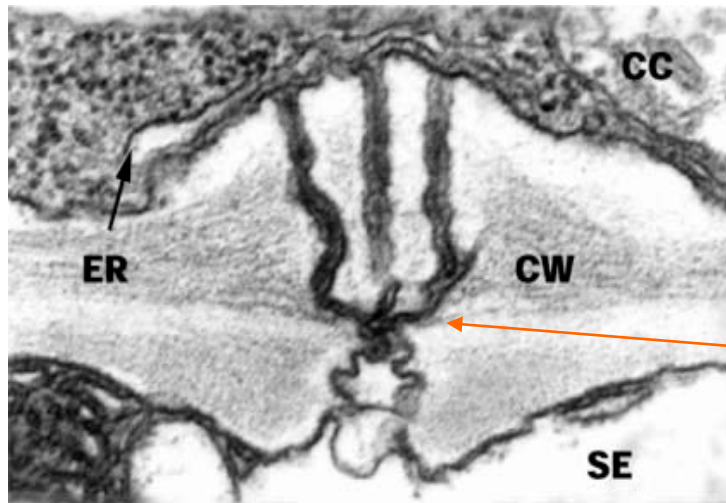
Vlevo – podélný řez, vpravo – pohled shora

PM – plasmalema, CW – buněčná stěna, PP – pór ve stěně, C – polysacharid kalóza lemující pór

Vlevo z Ledbetter, Porter: Introduction to the fine structure of plant cells, 1970, vpravo z Buchanan, B. B. et al :Biochemistry and Molecular Biology of Plants. 2000

Sítkové elementy coby bezjaderné buňky fungují pouze v součinnosti se sousedními parenchymatickými buňkami. U článků sítkovic se jedná o sesterské buňky (tzv. průvodní buňky), které jsou propojeny s článkem sítkovice četnými, často větvenými plasmodesmy; těmi mohou být transportovány i velké molekuly, např. proteiny.

U sítkových buněk mají obdobnou funkci tzv. Strassburgerovy buňky. Tyto parenchymatické buňky však nemusí být sesterskými buňkami sítkových buněk. Obecně je funkce a struktura sítkových buněk podstatně méně známa než funkce a struktura sítkovic.

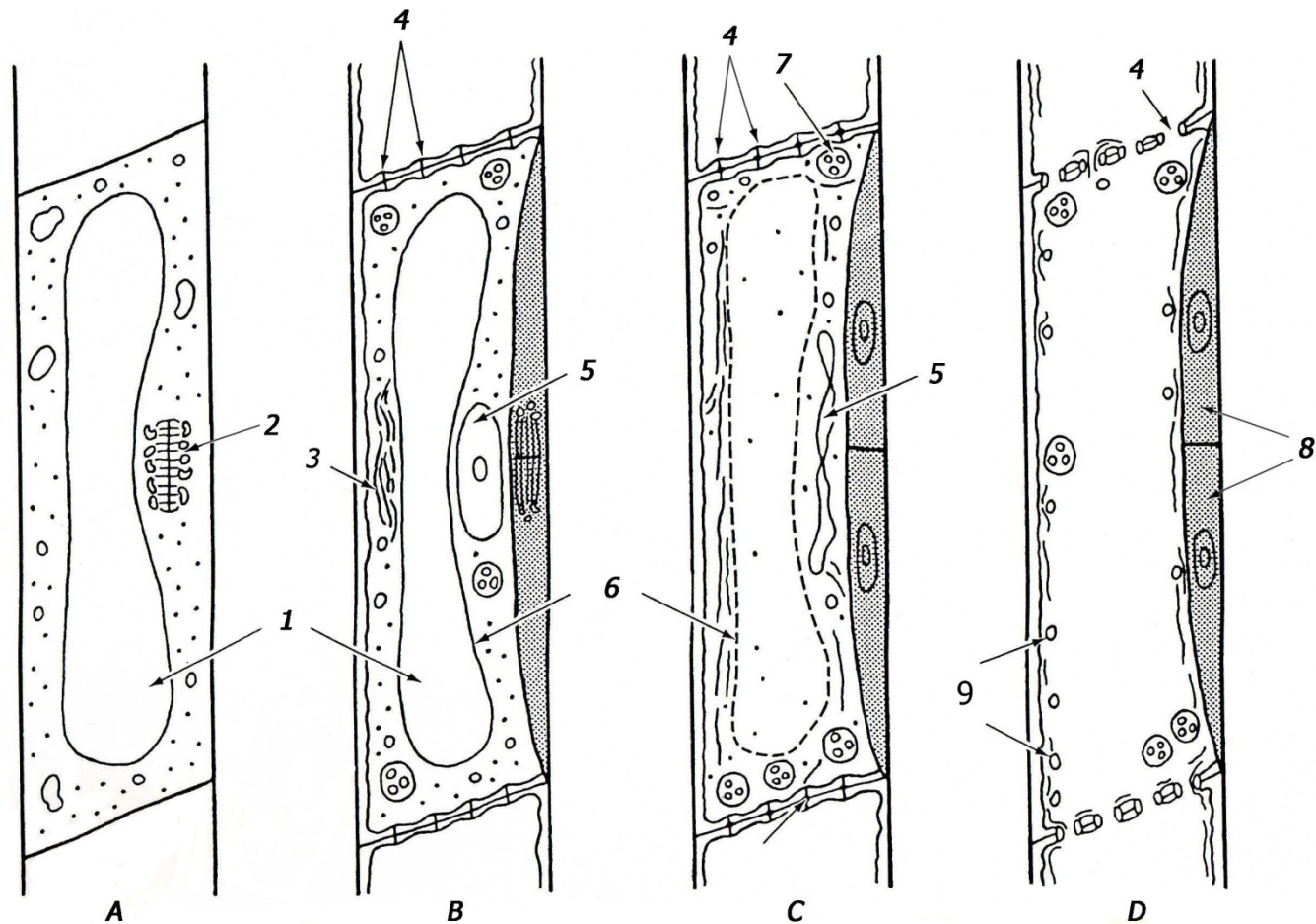


Pravý obrázek: 1 – článek sítkovice, 2 – průvodní buňka, šipky označují místa s plasmodesmy

Levý obrázek, plasmodesmy mezi článkem sítkovice a průvodní buňkou SE – článek sítkovice, CC – průvodní buňka, CW – buněčná stěna

Vlevo - z Buchanan, B. B. et al :Biochemistry and Molecular Biology of Plants. 2000, vpravo z Z Ledbetter , Porter: Introduction to the fine structure of plant cells, 1970

Jak probíhá diferenciacce sítkovic?



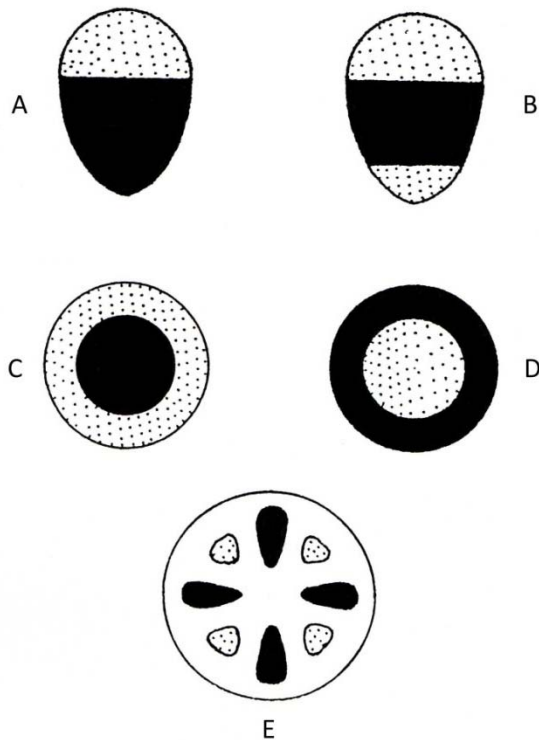
Diferenciace článku sítkovice

A – inekvální dělení mateřské buňky článku sítkovice, B – vznik dvou nestejně velkých buněk, větší je budoucí článek sítkovice, menší se dále dělí za vzniku průvodních buněk, C – rozpad tonoplastu a selektivní odbourávání některých částí protoplastu, D – diferencovaný článek sítkovice s dvěma průvodními buňkami

1 – vakuola, 2 – dělicí se jádro, 3 – P protein, 4 – plasmodesmy v koncové stěně a z nich vznikající póry, 5 – jádro článku sítkovice, 6 – tonoplast, 7 – plastid, 8 – průvodní buňky, 9 – mitochondrie

Uspořádání primárních vodivých pletiv.

Primární vodivá pletiva jsou obvykle uspořádána v pruzích zvaných cévní svazky, které se od sebe liší vzájemnou polohou xylému a floému.

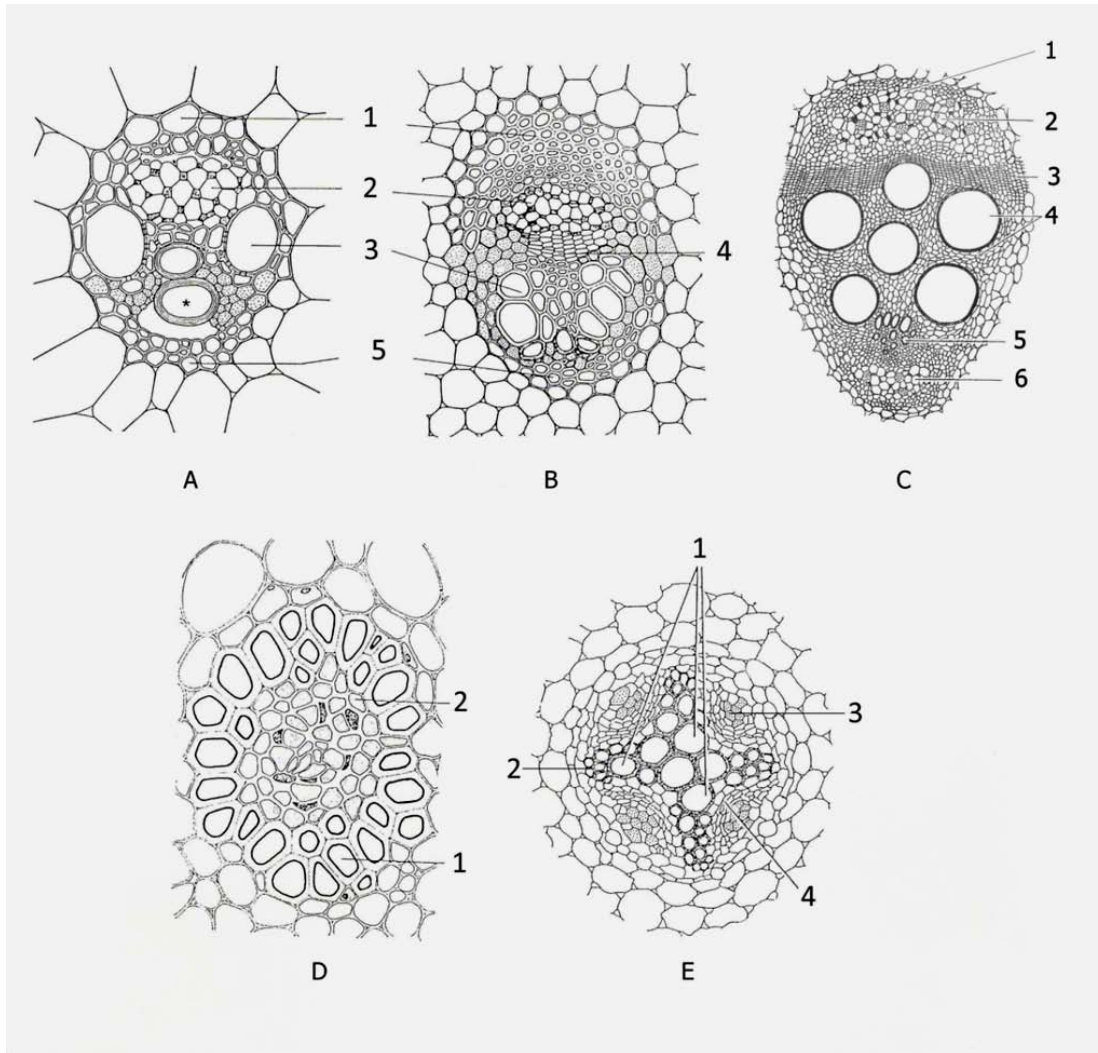


Základní typy cévních svazků

A – kolaterální, B – bikolaterální, C – hadrocentrický, D – leptocentrický, E – radiální
Černě znázorněn xylém, tečkovaně floém

Kolaterální svazky jsou nejčastějšími svazky ve stoncích a v listech, bikolaterální se vyskytují ve stoncích některých skupin rostlin (např. tykvovité, lilkovité), hadrocentrické u některých cévnatých rostlin výtrusných a leptocentrické ve stoncích některých jednoděložných rostlin. Radiální uspořádání je typické pro kořeny.

Typy cévních svazků



A – kolaterální uzavřený svazek kukuřice (*Zea mays*) a B – kolaterální otevřený svazek pryskyřníku plazivého (*Ranunculus repens*)

1 – sklerenchym, 2 – floém, 3 – xylém, 4 – prokambium, 5 – sklerenchym

C – bikolaterální svazek okurky seté (*Cucumis sativus*)

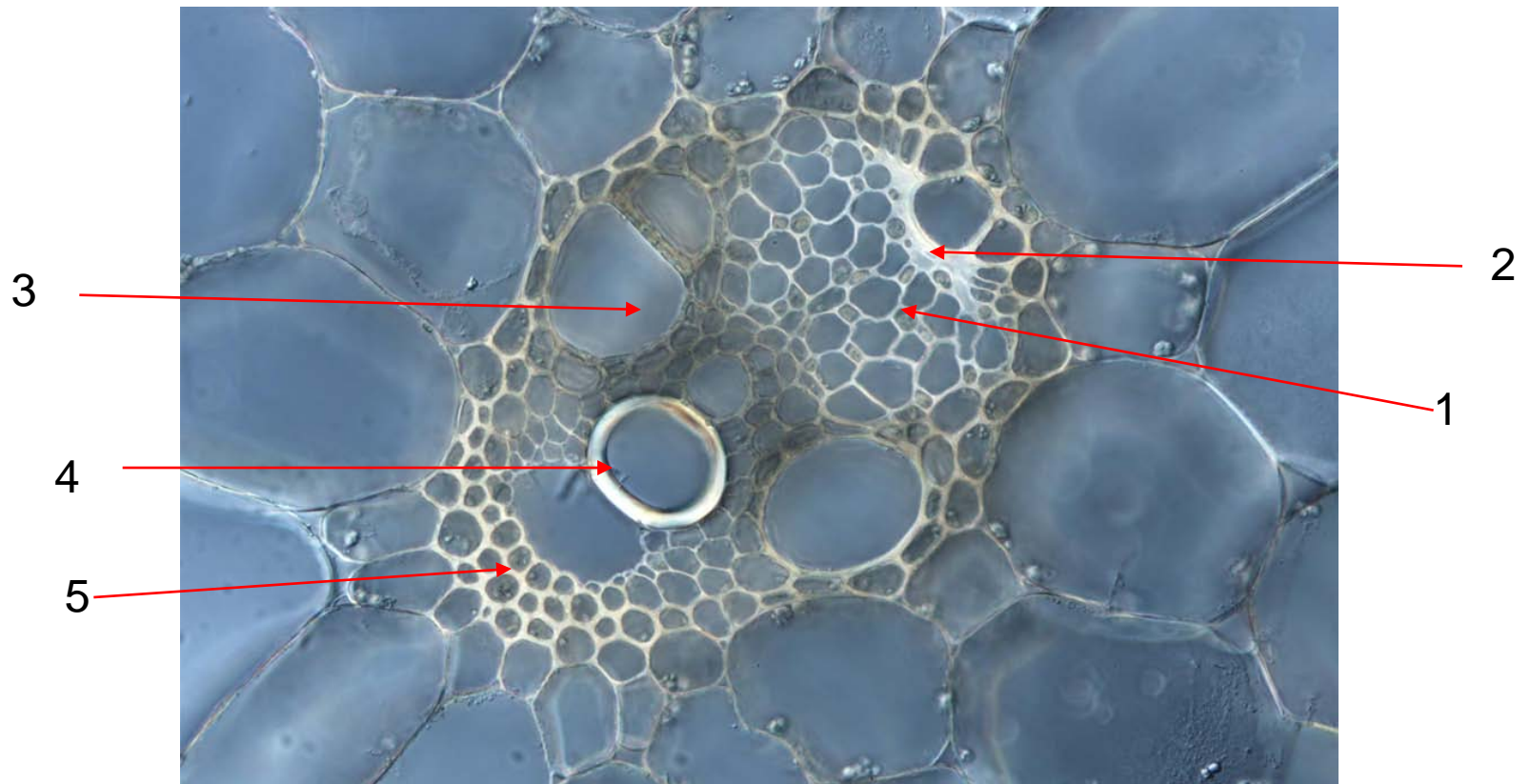
1 – zbytky protofloému, 2 – vnější floém, 3 – prokambium, 4 – metaxylém, 5 – zbytky protoxylému, 6 – vnitřní floém

D – leptocentrický svazek konvalinky vonné (*Convallaria majalis*),

1 – xylém, 2 – floém

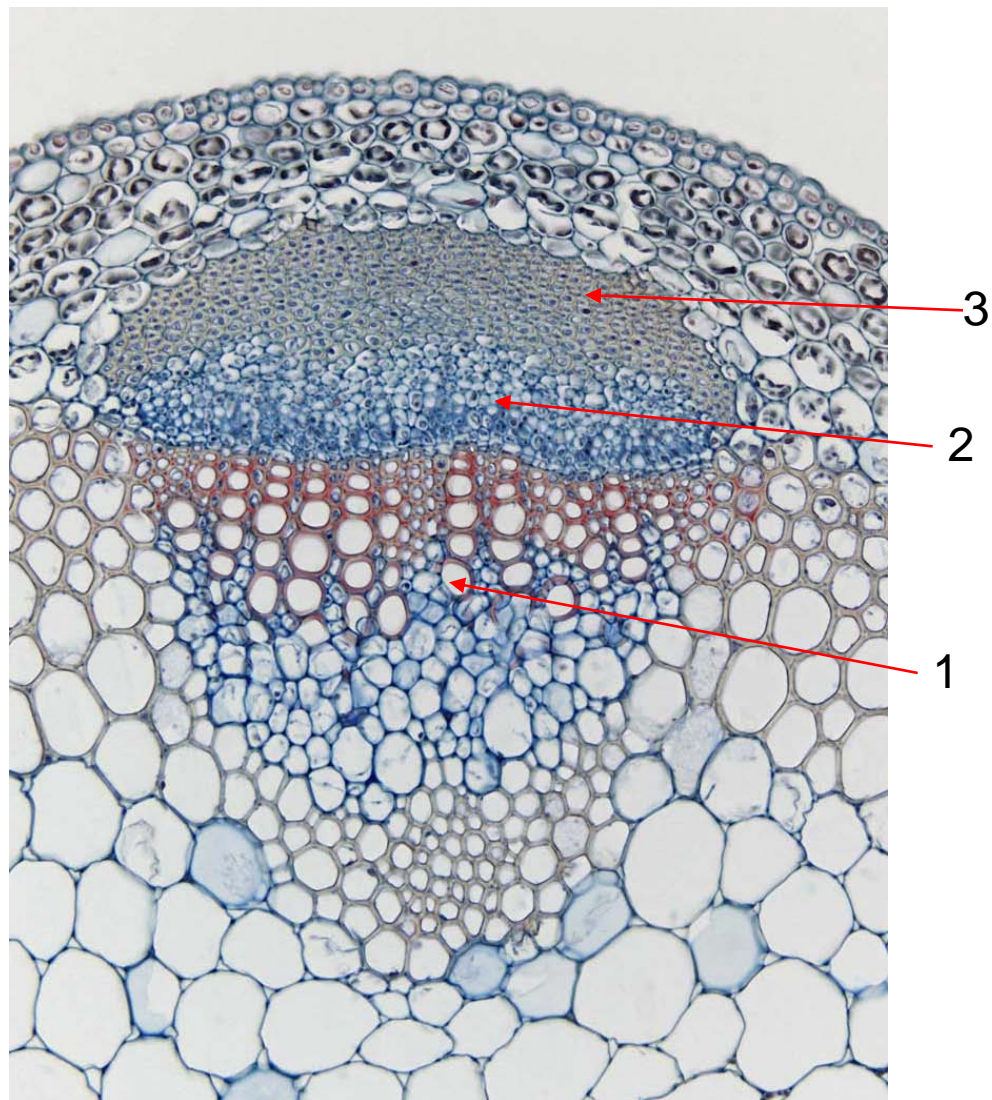
E – radiální tetrarchní svazek

1 – metaxylém, 2 – protoxylém, 3 – floém, 4 – parenchym mezi floémem a xylémem



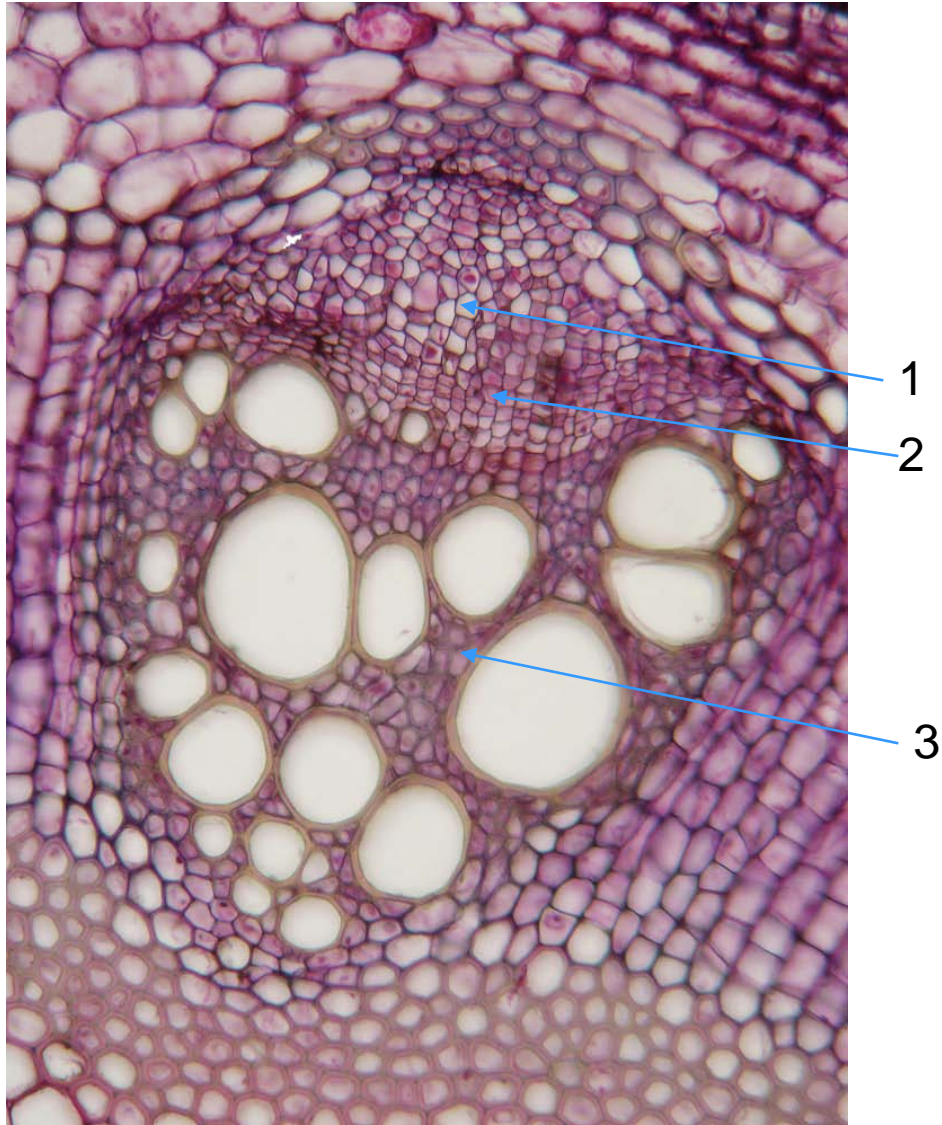
Kolaterální cévní svazek ze stonku kukuřice seté (*Zea mays*).

1 – metafloém, 2 – protofloém, 3 – metaxylém, 4 – protoxylém, 5 - sklerenchym



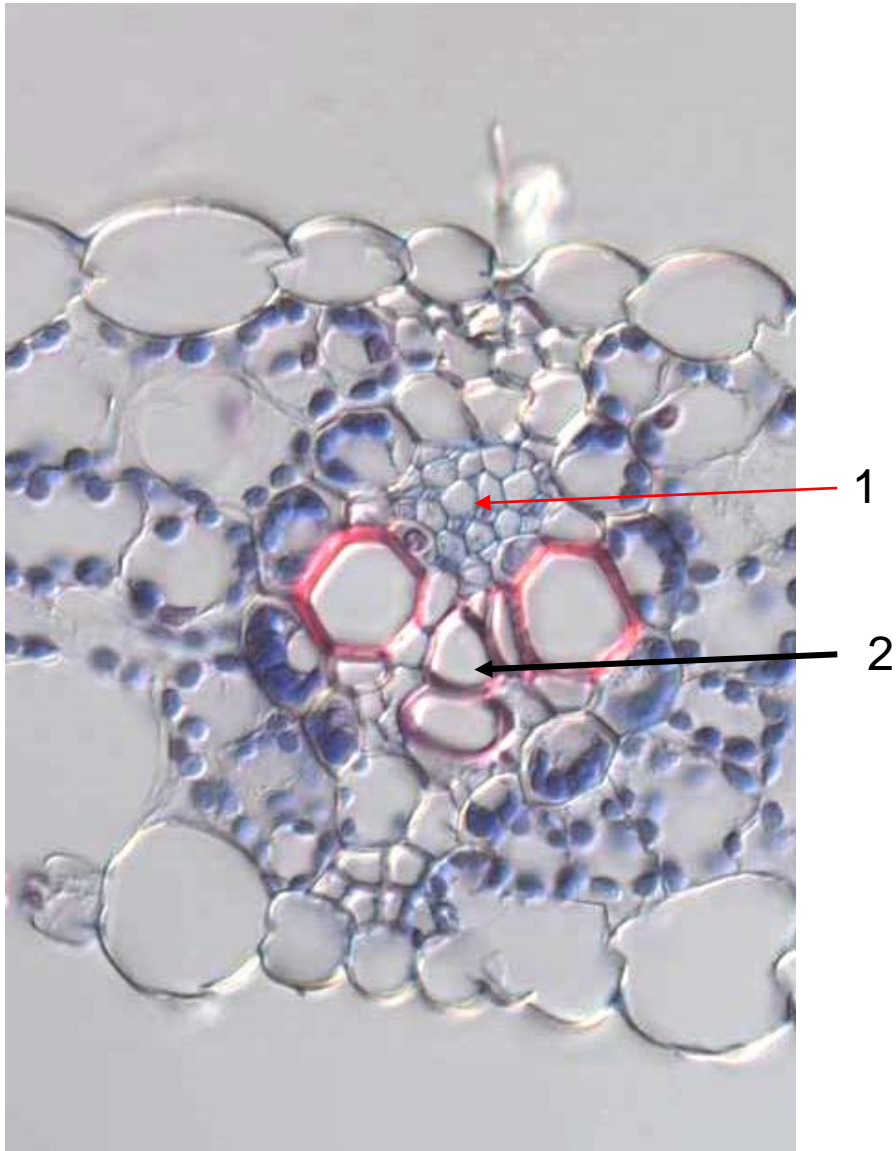
**Kolaterální cévní svazek ze
stonku jetele lučního
(*Trifolium pratense*)**

1 – xylém, 2 – floém, 3 –
sklerenchym



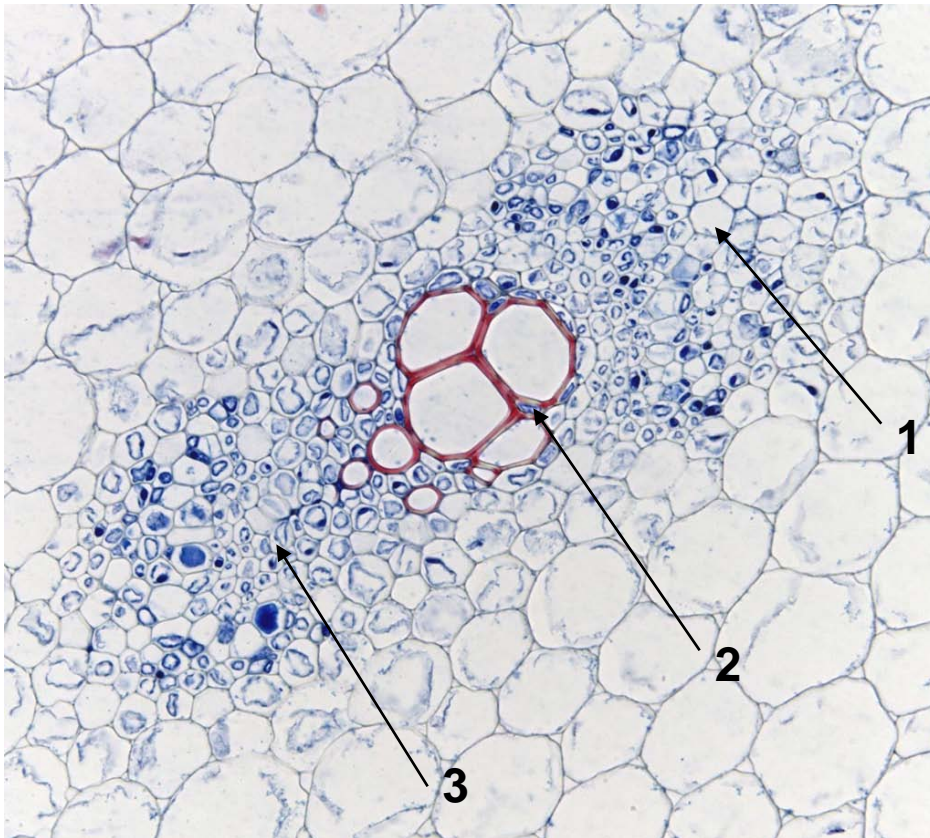
**Kolaterální cévní svazek ze
stonku pepřovníku (*Piper
nigrum*)**

1 – floém, 2 – prokambium, 3 –
xylém



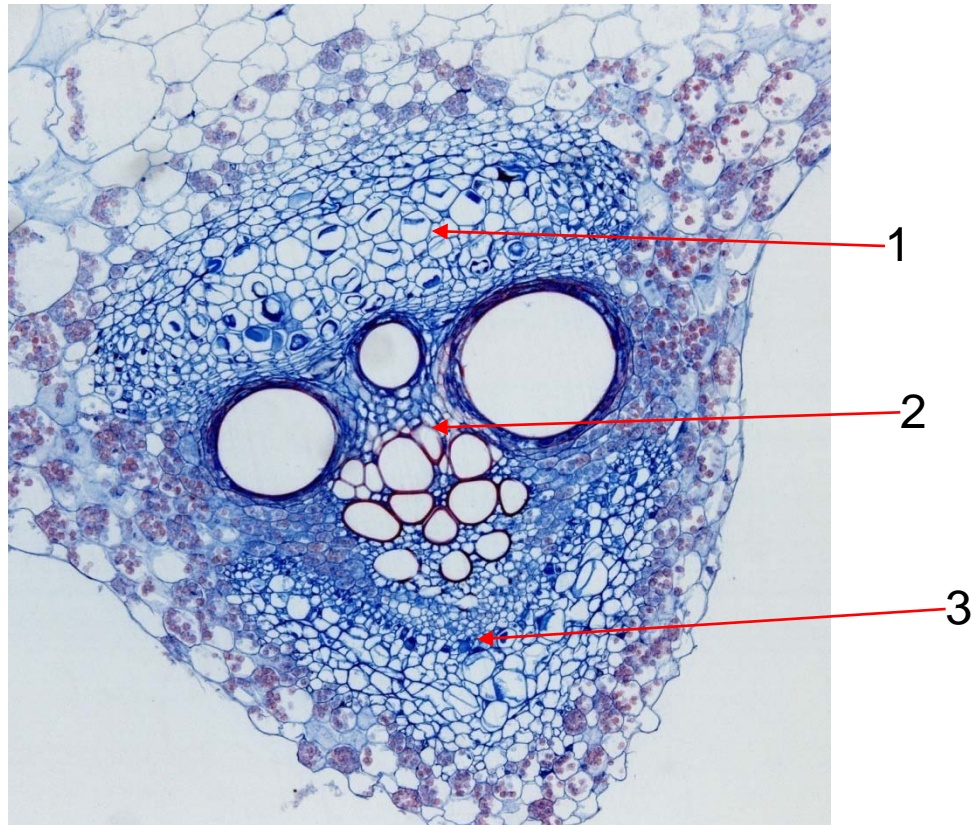
**Kolaterální cévní svazek z listu
kukuřice seté (*Zea mays*)**

1 – floém, 2 - xylém



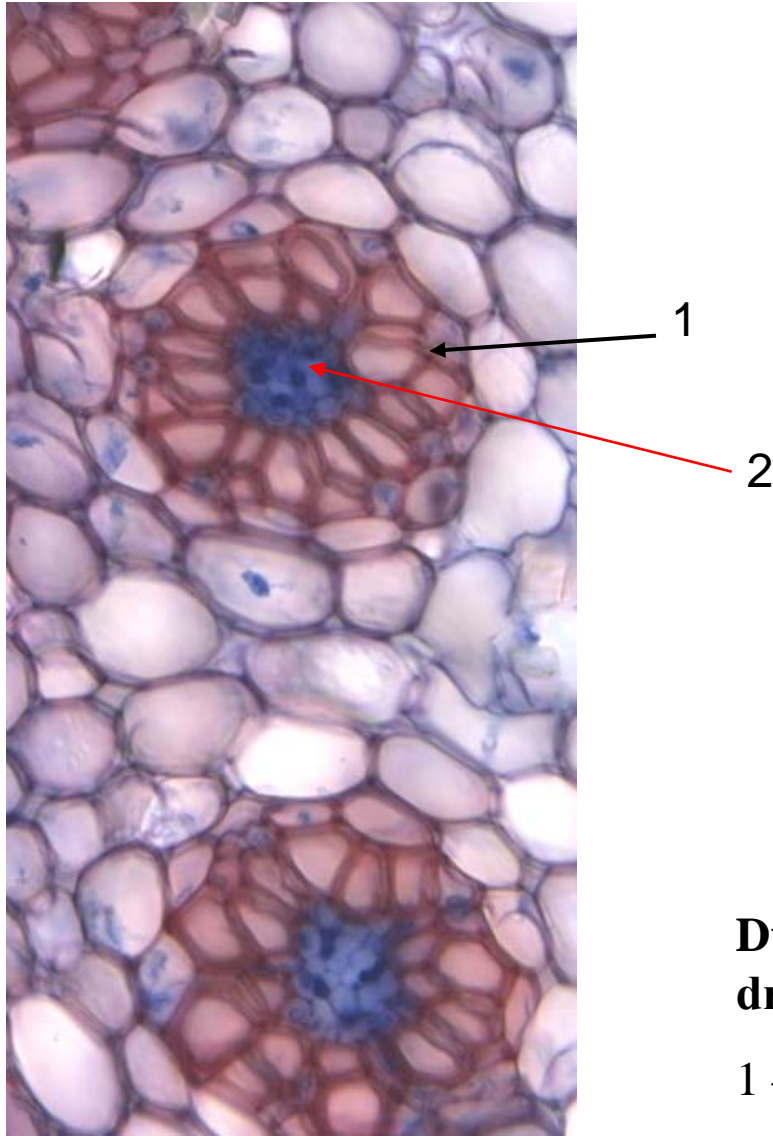
Bikolaterální cévní svazek ze stonku posedu bílého (*Bryonia alba*)

1 – vnější floém, 2 – xylém, 3 – vnitřní floém



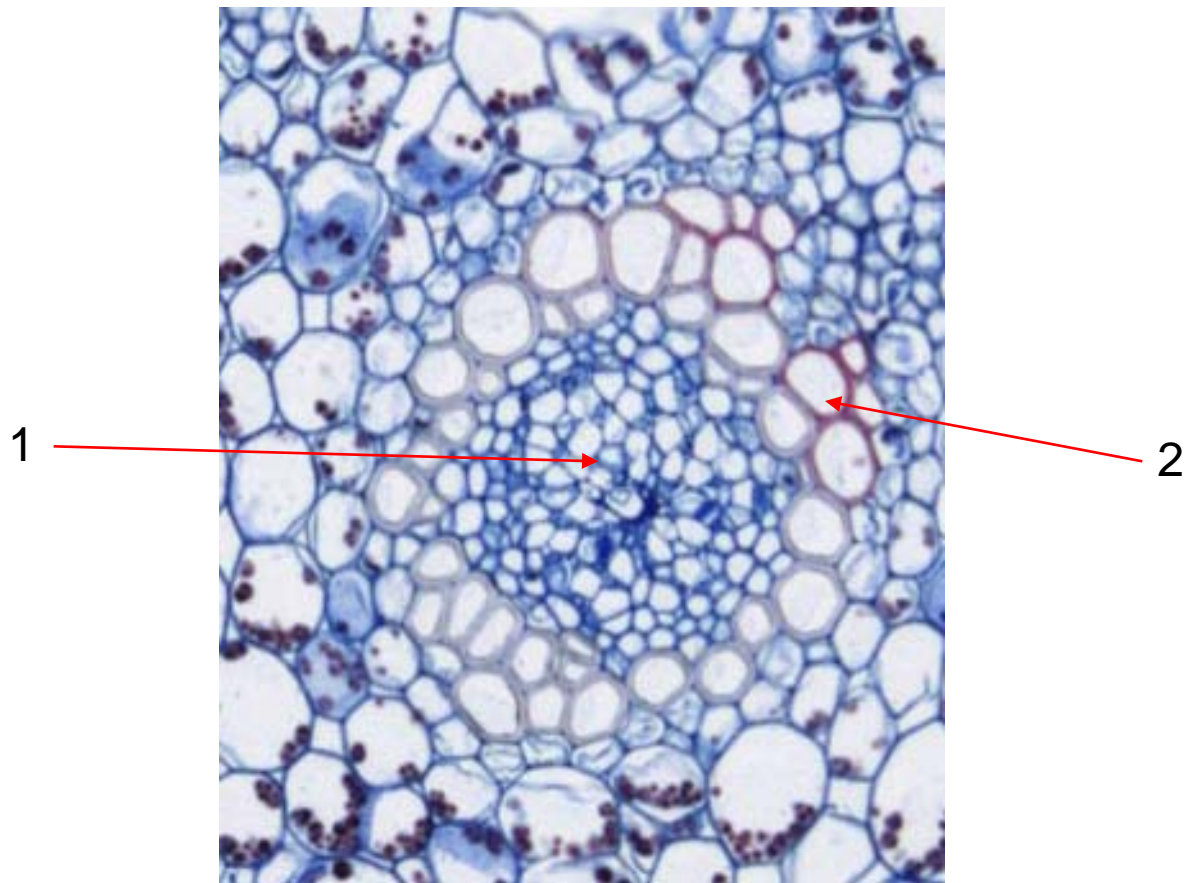
Bikolaterální cévní svazek ze stonku tykve (*Cucurbita* sp.)

1 – vnější floém, 2 – xylém, 3 – vnitřní floém



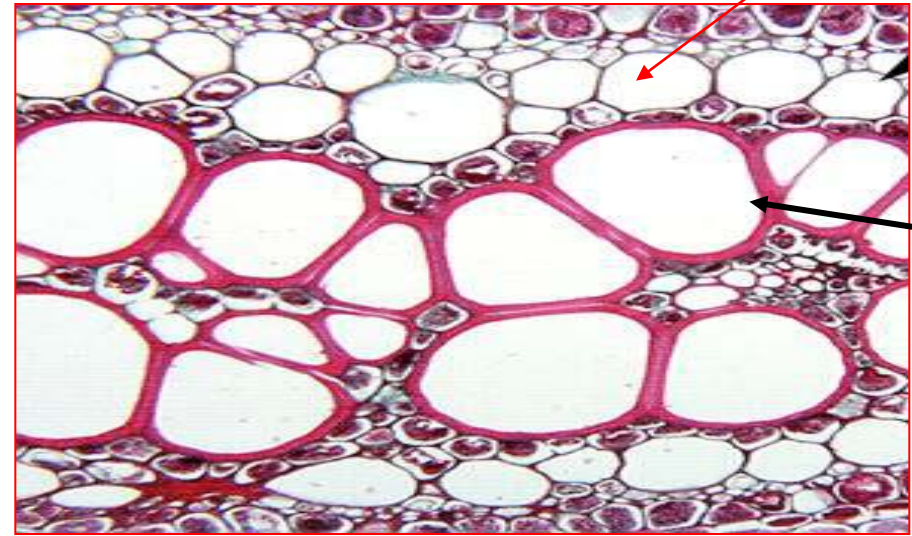
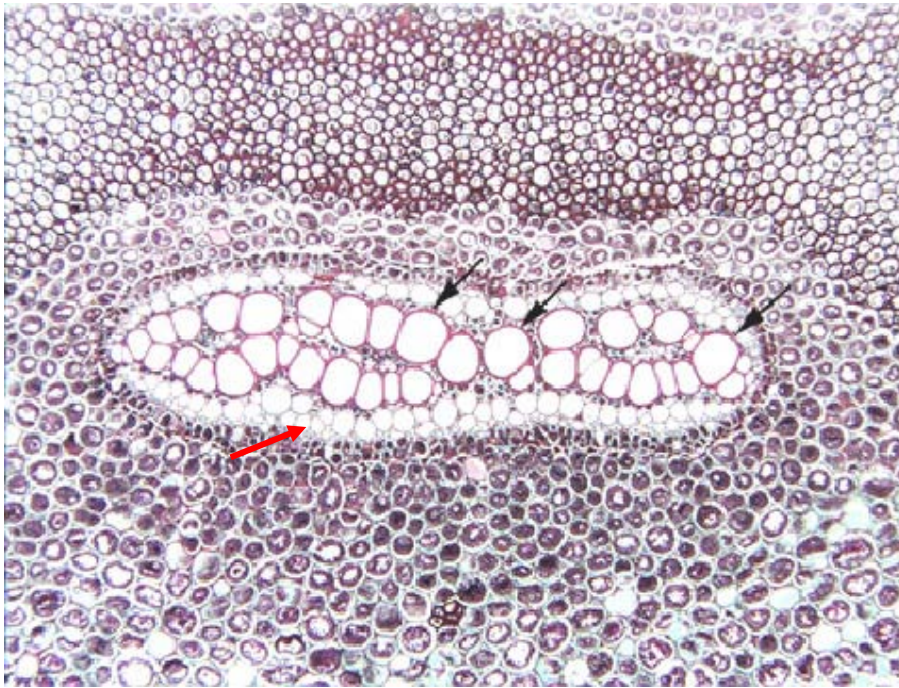
Dva koncentrické cévní svazky ze stonku dračince (*Dracaena* sp.)

1 – xylém, 2 - floém



Cévní svazek v oddenku konvalinky vonné (*Convallaria majalis*)

1 – floém, 2 - xylém

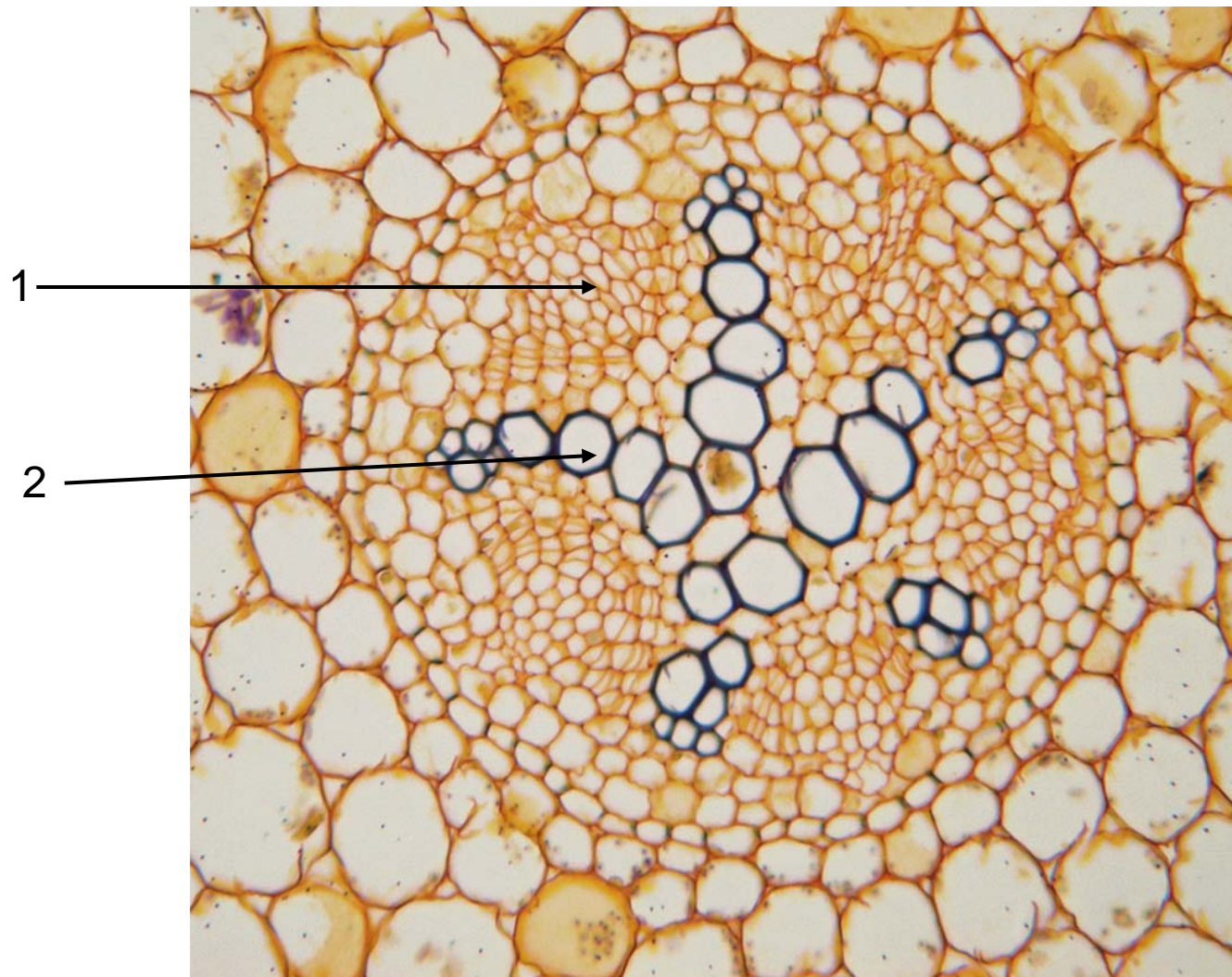


Cévní svazek z oddenku kapradiny hasivky (*Pteridium*)

Černé šipky označují xylém, červené floém

Vlevo - celkový pohled, vpravo - detail

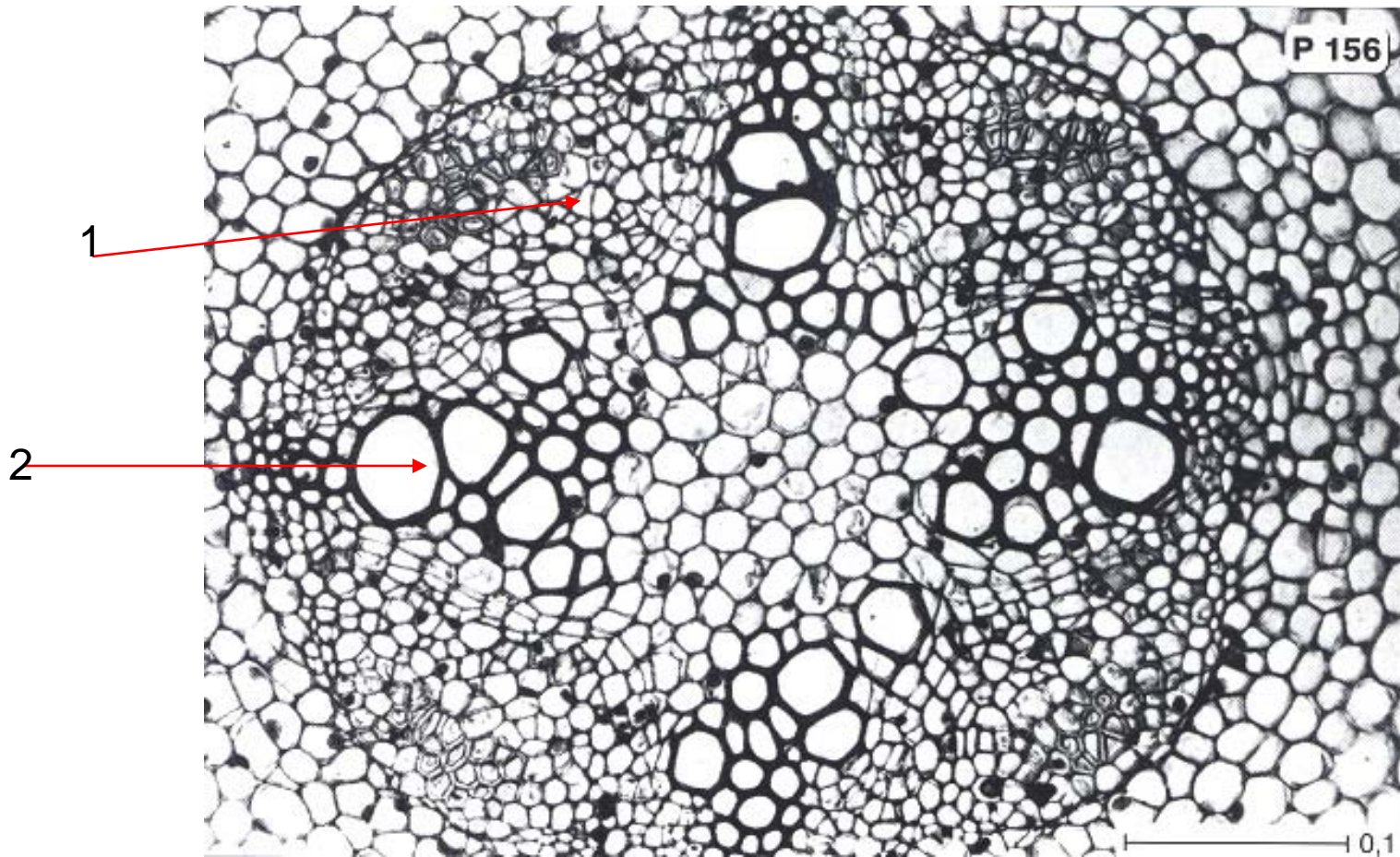
<http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/weblab>



Radiální uspořádání vodivých pletiv v kořenu blatouchu (*Caltha palustris*)

s pěti xylémovými a pěti floémovými částmi

1 – floém, 2 - xylém



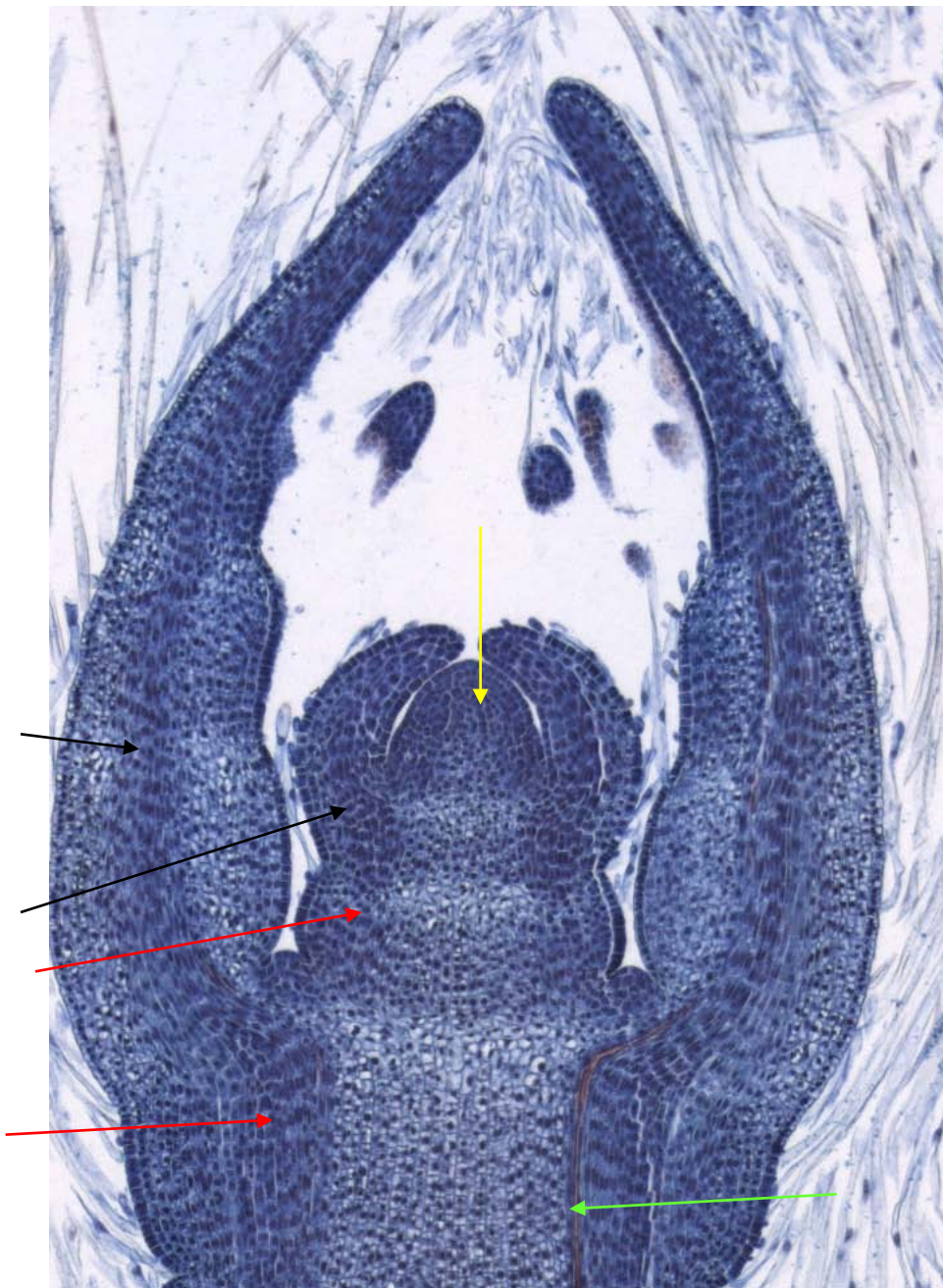
Radiální uspořádání vodivých pletiv v kořenu bobu (*Vicia faba*)
se čtyřmi xylémovými a čtyřmi floémovými částmi
1 – floém, 2 - xylém

Vývin primárních vodivých pletiv

Primární vodivá pletiva se diferencují z primárního meristému **prokambia**, který je produkován apikálními meristémy prýtu i kořene. Prokambium je tvořeno protáhlými buňkami, které se postupně přeměňují na primární floém a primární xylém. V první fázi, blízko apikálním meristémům, se část prokambia diferencuje na **protofloém** a **protoxylém**, zatímco část prokambia zůstává nediferencována. Později, ve větší vzdálenosti od apexu, se zbytek prokambia diferencuje na **metafloém** a **metaxylém**. Pokud není diferencováno veškeré prokambium, vzniká cévní svazek otevřený. Děje se tak u rostlin se schopností sekundárního růstu, u kterých se toto zbylé prokambium později přemění na kambium. Pokud je diferencováno veškeré prokambium, vzniká svazek uzavřený; sekundární růst v tomto případě neprobíhá.

Jaký je důvod této postupné diferenciaci?

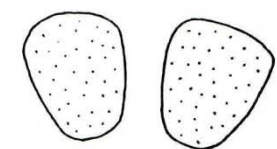
Vznik vodivých pletiv v blízkosti apikálních meristémů je nezbytný pro dostatečné zásobení dělicích se buněk asimiláty, vodou a dalšími látkami. V blízkosti meristémů proto vzniká protofloém a protoxylém. V této oblasti však ještě nebývá ukončen prodlužovací růst a buňky protofloému i protoxylému jsou tímto růstem natahovány a často posléze i roztrhány. Mezitím probíhá diferenciaci zbytku prokambia na metafloém a metaxylém. Jejich diferenciaci je dokončena již v místech ukončení prodlužování a nejsou tak ovlivněny růstem orgánu.



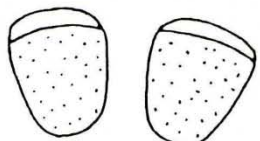
Vrchol prýtu plaménku plotního (*Clematis vitalba*)

Žlutá šipka označuje apikální meristém, černé šipky prokambium v listech, červené prokambium ve stonku a zelená šipka označuje již diferencovaný protoxylém. Vpravo od protoxylému je ještě nediferencované prokambium

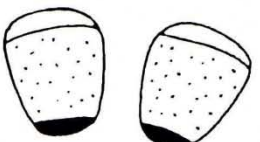
Schéma vývinu vodivých pletiv v kolaterálním cévním svazku



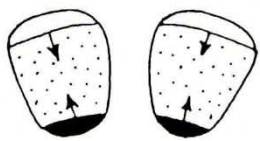
A



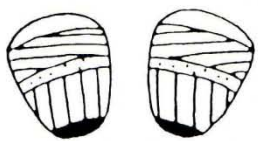
B



C



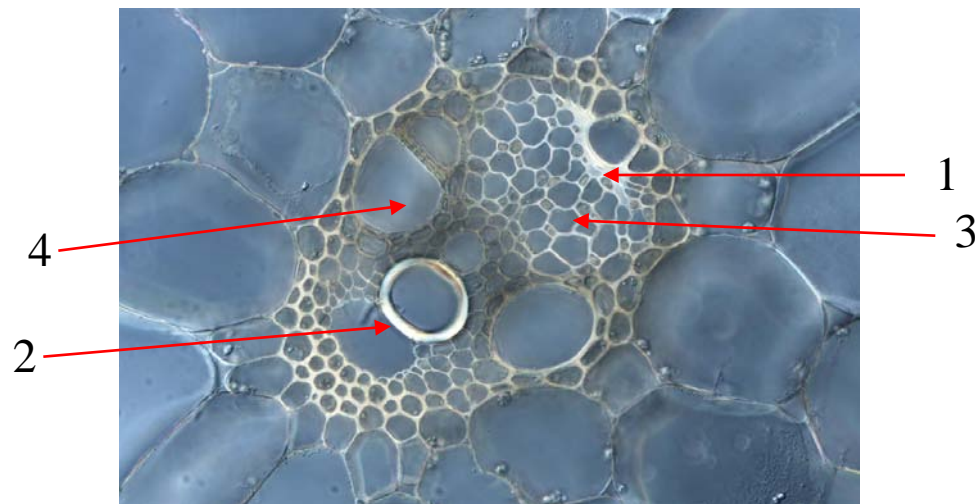
D



E

A – prokambium, B – vytvoření protofloému, C – vytvoření protoxylému, D – postupná diferenciacce metafloému a metaxylému směrem do středu svazku, E – plně diferencovaný otevřený kolaterální svazek

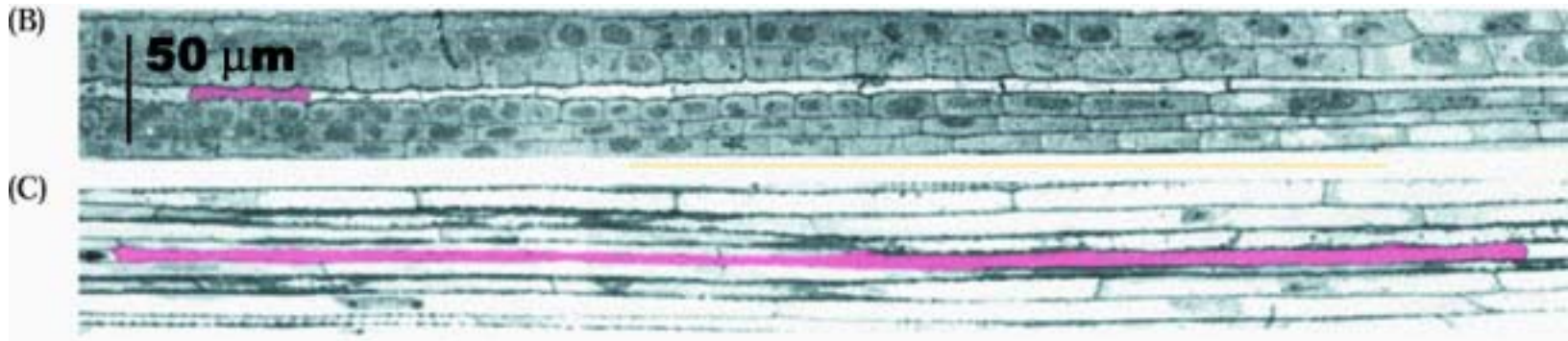
Tečkovaně znázorněno prokambium, bíle protofloém, černě protoxylém, šrafovaně metafloém a metaxylém



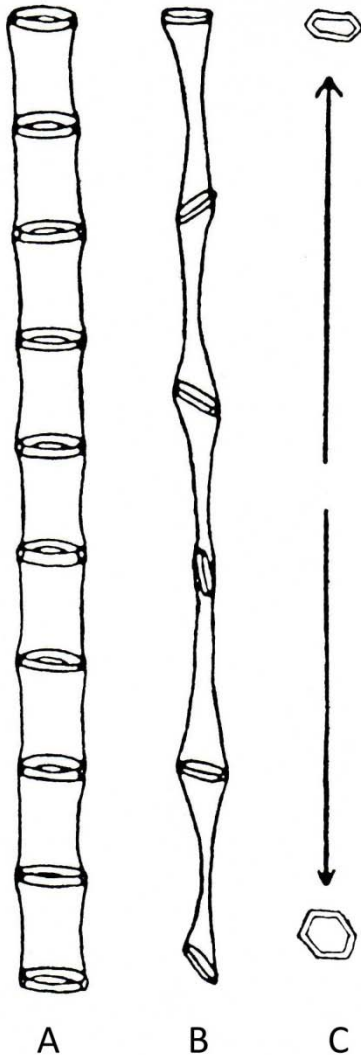
Kolaterální uzavřený cévní svazek ze stonku kukuřice seté (*Zea mays*).

Natahování protofloémových vodivých elementů může být značné.

Na obrázku (B) je růžově znázorněn článek sítkovice protofloému na počátku diferenciaci, na obrázku (C) je tatáž buňka po skončení růstu



Natahování protoxylémových elementů je problematičtější vzhledem k přítomnosti sekundární lignifikované stěny. Proto v protoxylémových elementech (tracheidách i tracheálních člancích) jsou obvyklé kruhovitě, případně šroubovitě ztlustliny. V těchto typech cévních elementů je vysoký podíl tenké primární stěny, která se může do určité míry natahovat. Nicméně i tyto elementy se mohou po určité době přetrhnout.



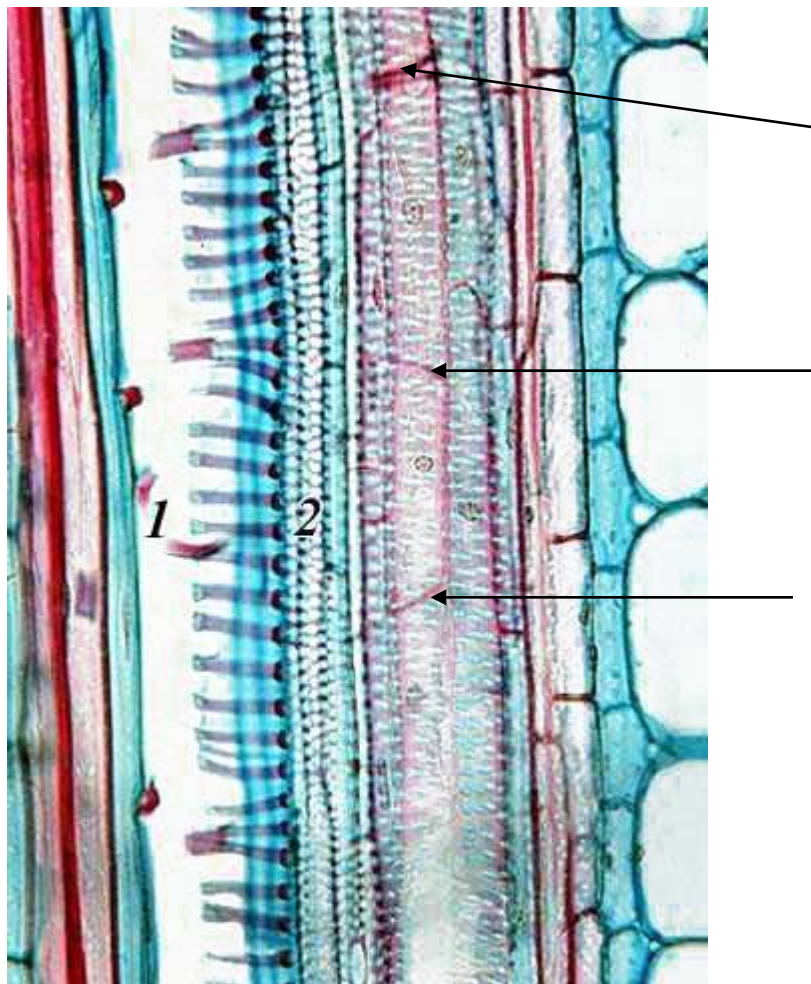
Cévní článek protoxylému

A – nově vzniklý článek s kruhovitými ztlustlinami, B – vzdalování kruhovitých ztlustlin při natahování cévního článku během růstu orgánu, C – přetržený cévní článek, zbytky ztlustlin

Protoxylém a metaxylém v cévním svazku

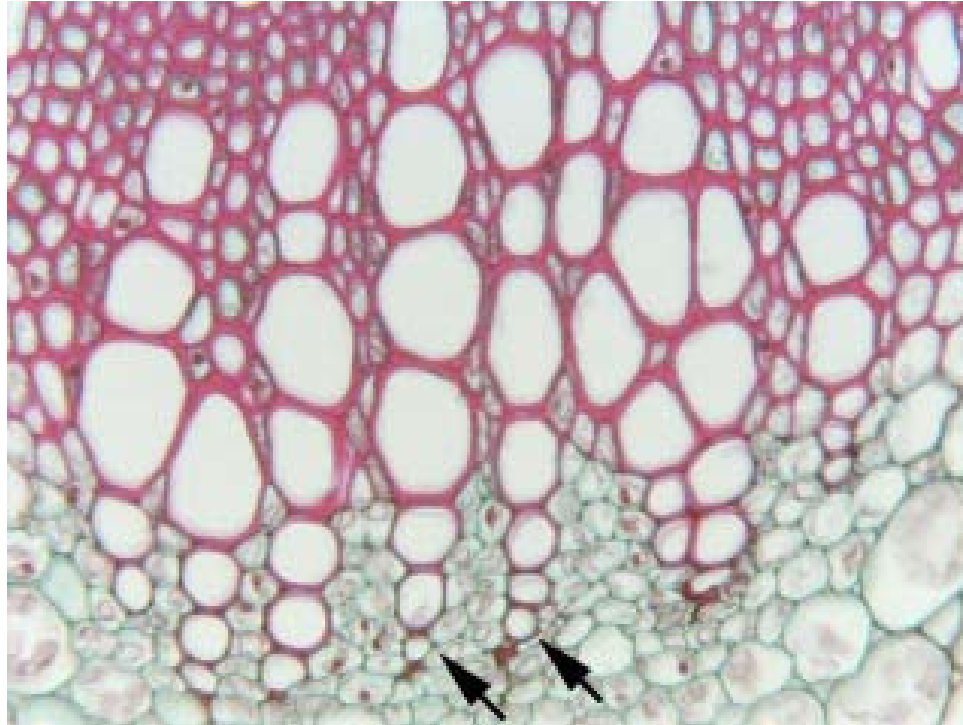
A – podélný řez primárním xylémem v cévním svazku stonku okurky seté (*Cucumis sativus*). Protoxylém je situován vpravo, metaxylém vlevo. Zcela vpravo je nefunkční protoxylém, se zbytky potrhaných kruhovitých ztlustlin.

B – příčný řez kolaterálním cévním svazkem ze stonku libečku lékařského (*Levisticum officinale*), 1 – floém, 2 – xylém, 3 – rozmačkané zbytky protoxylému, 4 – přechod mezi protoxylémem a metaxylémem, 5 – metaxylém, 6 – rozmačkaný protofloém, 7 - metafloém



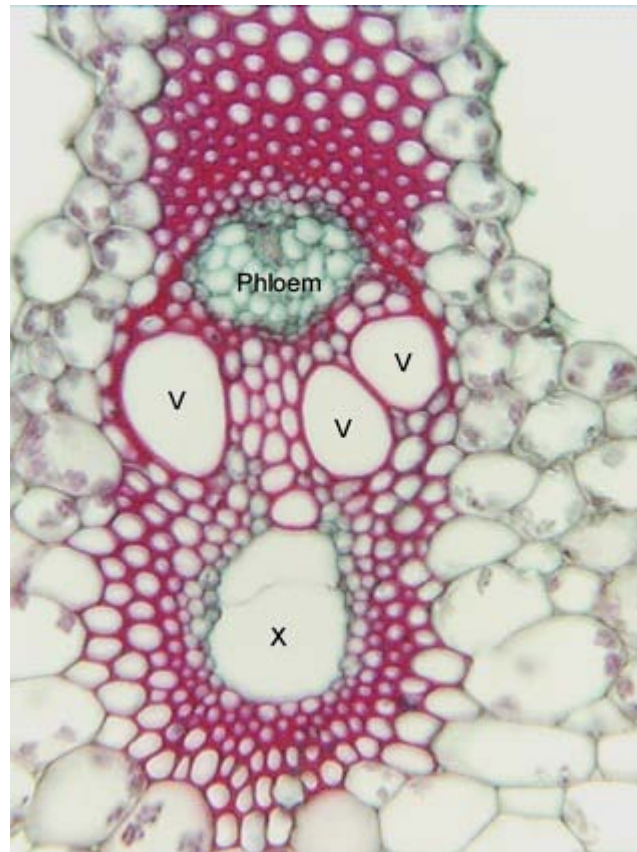
Podélný řez kolaterálním cévním svazkem ze stonku kukuřice (*Zea mays*)

1 – přetržený protoxylémový element s kruhovými ztlustlinami (srovnej s příčným řezem na obrázku 53), vpravo od něho element rovněž s kruhovými ztlustlinami, který se ale diferencoval později a není přetržený. Dále vpravo elementy metaxylému s dvůrkatými ztenčeninami. V jedné z cév jsou dobře vidět perforační desky (viz šipky)



Xylémová část cévního svazku pryšce (*Euphorbia* sp.)

Šipky označují úzké elementy protoxylému, směrem dolů od šipek lze vidět potrhané elementy, směrem vzhůru se nachází metaxylém



Kolaterální cévní svazek skřípiny (*Scirpus*)

V – cévy metaxylému, X – dutina vzniklá na místě potřhaného protoxylému

Srovnej s cévním svazkem kukuřice