

## Anatomická stavba listu

**List (fylom)** je postranní, většinou plochý, zelený orgán omezeného růstu (s výjimkou některých tropických kapradin a *Welwitschia*), sloužící především k fotosyntetické asimilaci a transpiraci. Listy se zakládají exogenně - z periferních meristémů růstového vrcholu stonku.

Morfologicky bývá list rozlišen na řapík (petiolus) a listovou čepel (lamina) nebo je bezřapíkatý, přisedlý.

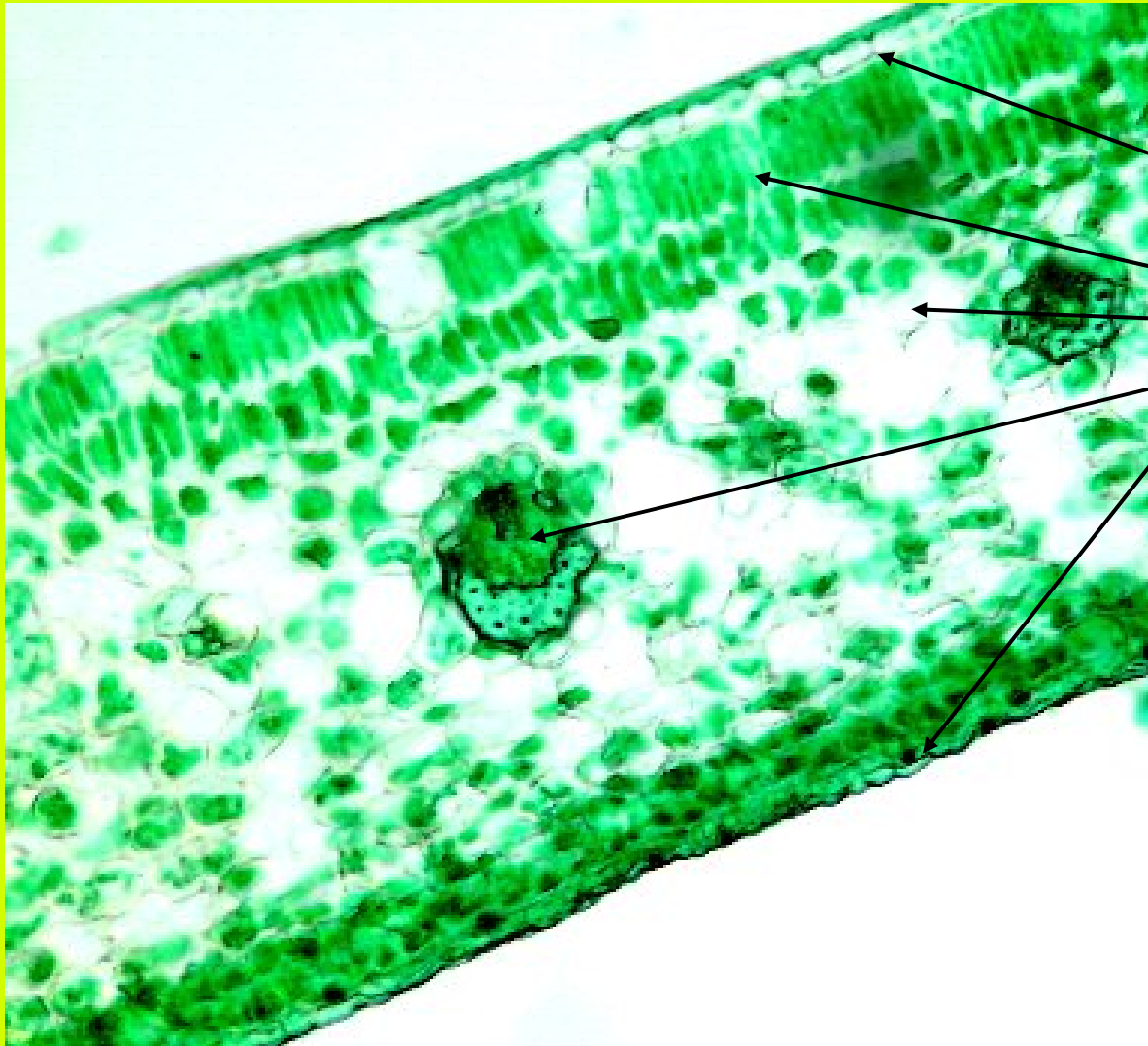


**Růstový vrchol** vodního moru kanadského (*Elodea canadensis*) se zakládá listů.

Nové listy se zakládají exogenně v podobě hrbolku, tzv. **listového primordia**, vznikajícího dělením buněk periferních meristémů po stranách vzrostného vrcholu. Epidermis a její deriváty vznikají z periferní vrstvy tuniky (L1), mezofyl z druhé podpovrchové vrstvy iniciál (L2) a vodivá pletiva z třetí vrstvy iniciál (L3).

Listové základy postupně přerůstají vrchol stonku, a to tím více, čím jsou od vrcholu vzdálenější, překrývají choulostivý vzrostný vrchol a tvoří s ním **pupen** (gemma), který je většinou ještě chráněn šupinami (tegmenta). U různých druhů rostlin je čepel mladých listů v pupenu složena různým způsobem - tzv. **listová vernace**.

Anatomicky sestává list ze svrchní a spodní **epidermis** s jejími deriváty, tj. stomaty, hydatodami a trichomy (krycí pletiva), **mezofylu** (základní pletivo), **cévních svazků** a **jejich pochev** (pletiva vodivá a zpevňovací).



**Příčný řez listem citroníku**  
(*Citrus lemon*).

svrchní epidermis

mezofyl:

palisádový parenchym

houbový parenchym

cévní svazek

spodní epidermis

## Klasifikace asimilačních listů podle anatomické stavby

❖ Příčný řez listem nelze rozdělit na dvě přibližně stejné poloviny, zřetelně rozlišena strana adaxiální (dorzální, svrchní) a abaxiální (ventrální, spodní).....**list bifaciální:**

- list bifaciální s mezofylem rozlišeným na palisádový a houbový parenchym (nejčastější typ);

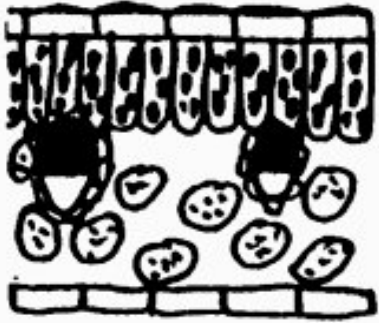
- list bifaciální s mezofylem nerozlišeným. Většinou pouze houbový parenchym, spodní strana zpravidla s většími intercelulárami (často u listů kapradin a trav);

- list ekvifaciální - anatomicky bifaciální listy jejichž svrchní a spodní strana je morfologicky podobná. Např. stonkové listy lociky kompasové nebo eukalyptů, jejichž listové čepele se staví hranou proti slunci (heliomorfní a xeromorfní adaptace jako ochrana před nadměrnou radiací), válcovité sukulentní listy rozchodníků, listy narcisů,, jehlicovité a šupinovité listy jehličnanů aj.

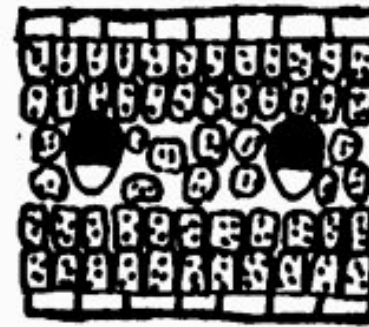
❖ Příčný řez listem lze rozdělit mnoha rovinami na přibližně stejné části – radiální souměrnost, list na řezu přibližně kruhovitý. Vznikl nadměrným vývojem spodní nebo svrchní strany, takže druhá strana téměř vymizela.....**list unifaciální – válcovitý** (např. listy některých česneků, listy skřípín, listeny některých sítin).

❖ Příčný řez listem lze rozdělit jednou rovinou souměrnosti na dvě přibližně shodné části – monosymetrická souměrnost, 2 stejné strany. Vznikl přeložením listu podél střední žilky svrchní stranou dovnitř a srůstem těchto ploch (patrné na bázi listu) nebo zploštěním kruhovitého unifaciálního listu.....**list unifaciální - monosymetrický (izolaterální list)** (např. list kosatce).

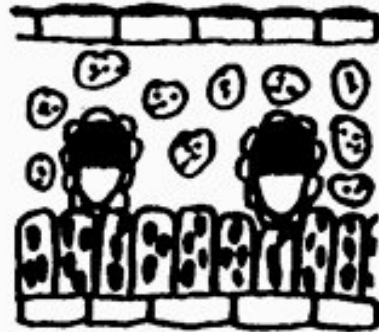
Termínem **monofaciální list** bývají v literatuře označovány listy ekvifaciální i unifaciální.



List bifaciální  
s mezofylem  
rozlišeným  
na palisádový  
a houbový  
parenchym.



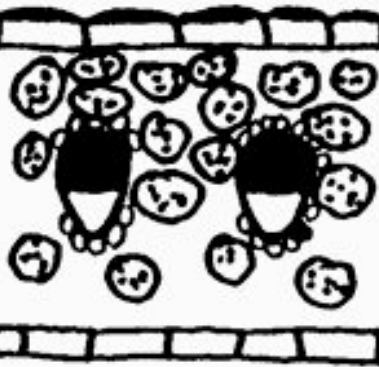
List ekvifaciální.



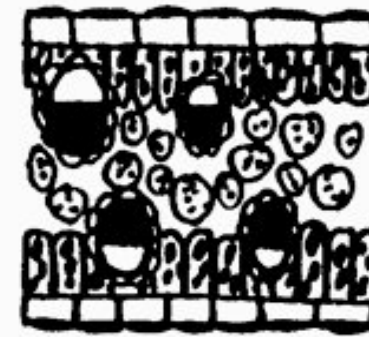
List bifaciální  
s inverzně  
uspořádaným  
mezofylem.



Ekvifaciální list  
jehličnanů.



List bifaciální  
s nerozlišeným  
mezofylem.



List unifaciální –  
izolaterální.



List unifaciální –  
válcovitý.

**Listové stopy:** cévní svazky vstupující ze stonku do listu.

Jehličnany – jedna listová stopa.

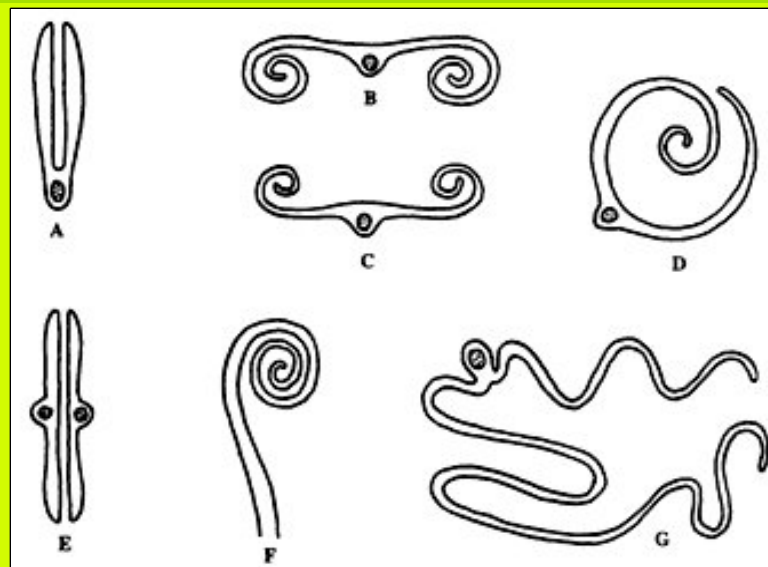
Dvouděložné rostliny – nejčastěji tři stopy.

Jednoděložné rostliny – mnoho listových stop.

**Listové mezery (=lakuny):** mezery ve válci vodivých pletiv vyplněné parenchymem vznikající v uzlině v místě odstupu listové stopy. U některých skupin, např. u plavuní, nejsou po listových stopách listové mezery. Podle počtu lakun v uzlině mohou být uzliny unilakunární, trilakunární (považovány za fylogeneticky původnější), multilakunární.

**Typy listové vernace (složení listů v pupenu) -**

A - složená, B - podvinutá, C - nadvinutá, D - svinutá, E - plochá, F - circinální, G – smuchlaná.



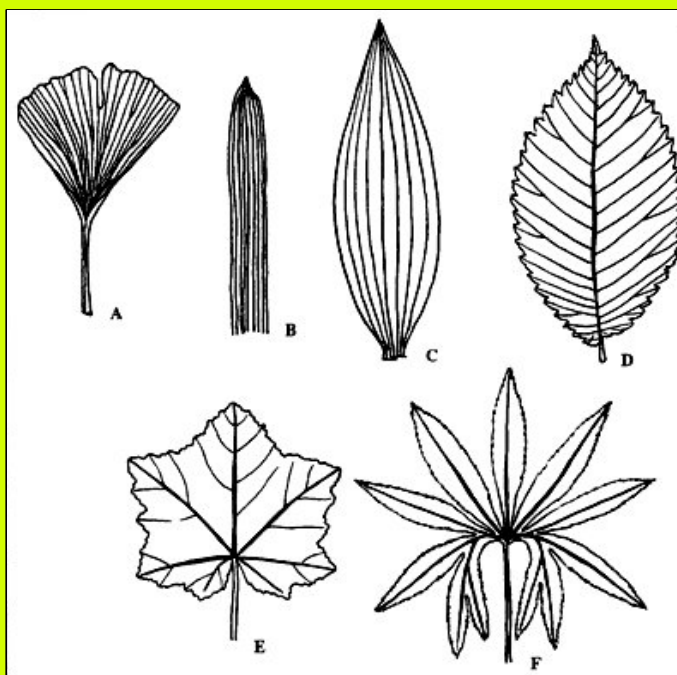
Trilakunární uzlina se třemi listovými stopami.



Unilakunární uzlina se třemi listovými stopami.



Unilakunární uzlina s jednou listovou stopou.

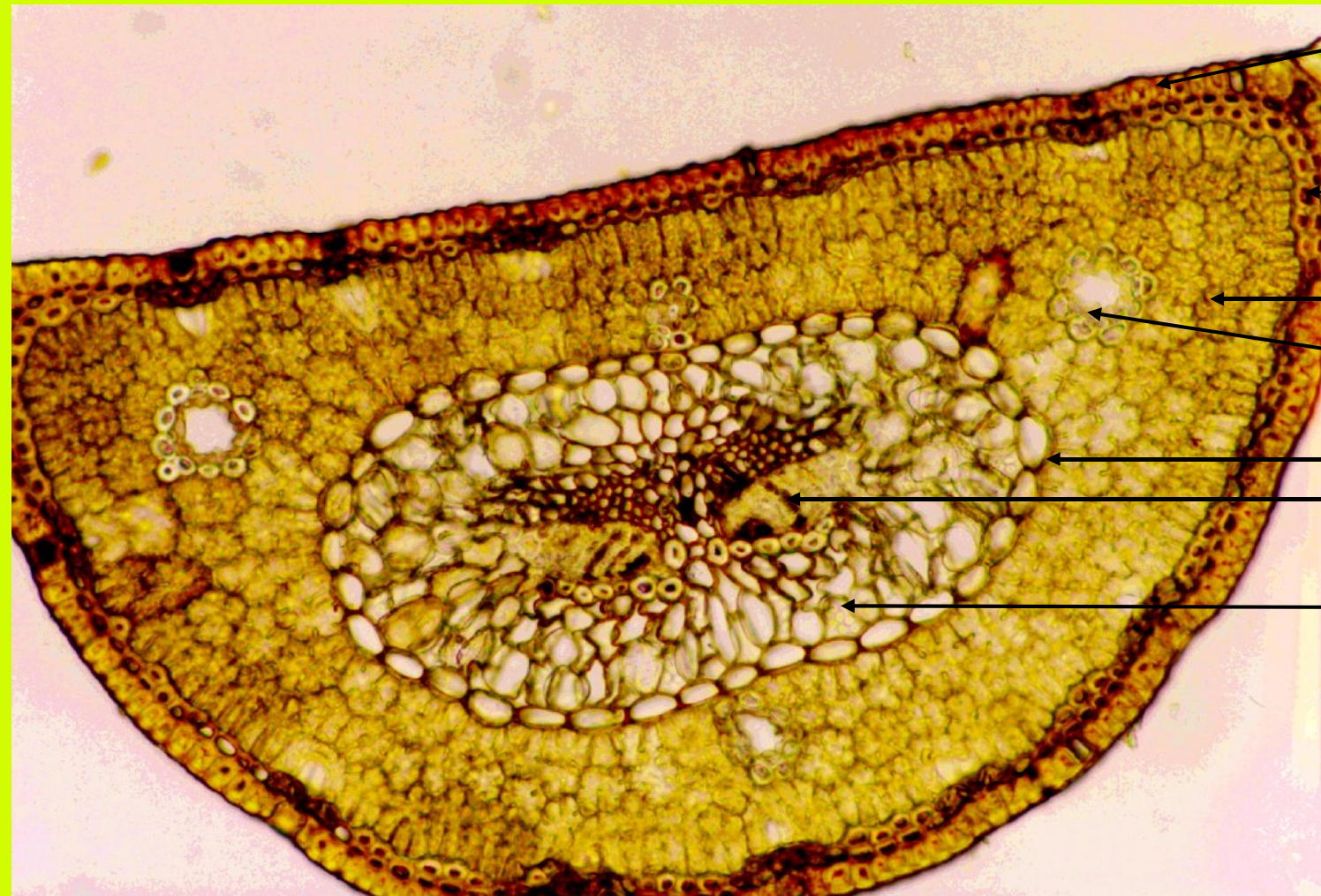


**Žilnatina (venace) –** soubor cévních svazků probíhajících listovou čepelí:

A – vidličnatá,  
B – rovnoběžná,  
C – souběžná,  
D – zpeřená,  
E - dlanitá,  
F – znožená.

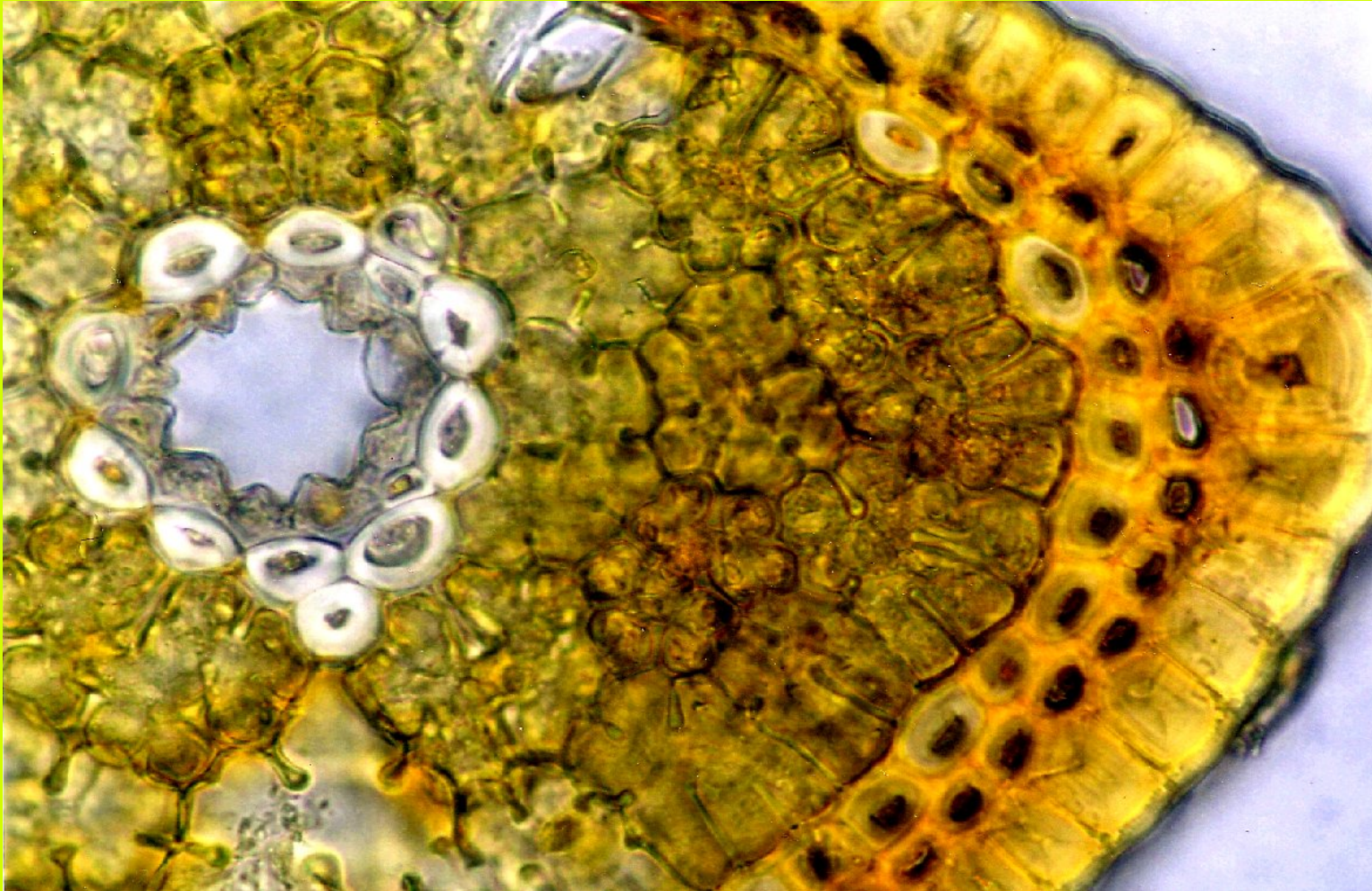
Žilnatina vytvářející anastomozy = **uzavřená**,  
žilnatina bez anastomoz = **otevřená**.

## Příčný řez jehlicí borovice černé (*Pinus nigra*).



- epidermis  
s ponořenými  
stomaty
- sklerenchymatická  
hypodermis
- mezofyl
- pryskyřičné  
kanálky
- endodermis
- dva kolaterální  
cévní svazky
- transfuzní pletivo

**Detail pryskyřičného kanálku, mezofylu, hypodermis a epidermis jehlice borovice černé (*Pinus nigra*).** Pryskyřičné kanálky vznikají rozpuštěním střední lamely a rozestoupením buněk (**schizogenní původ**). Vnější vrstva kanálku je sklerenchymatická, vnitřní parenchymatická vrstva vytváří výstelku (epitel) vylučující pryskyřici. Mezofyl je tvořen parenchymatickými buňkami s vychlípeninami buněčných stěn, směřujícími do nitra buňky (ramenovité buňky).



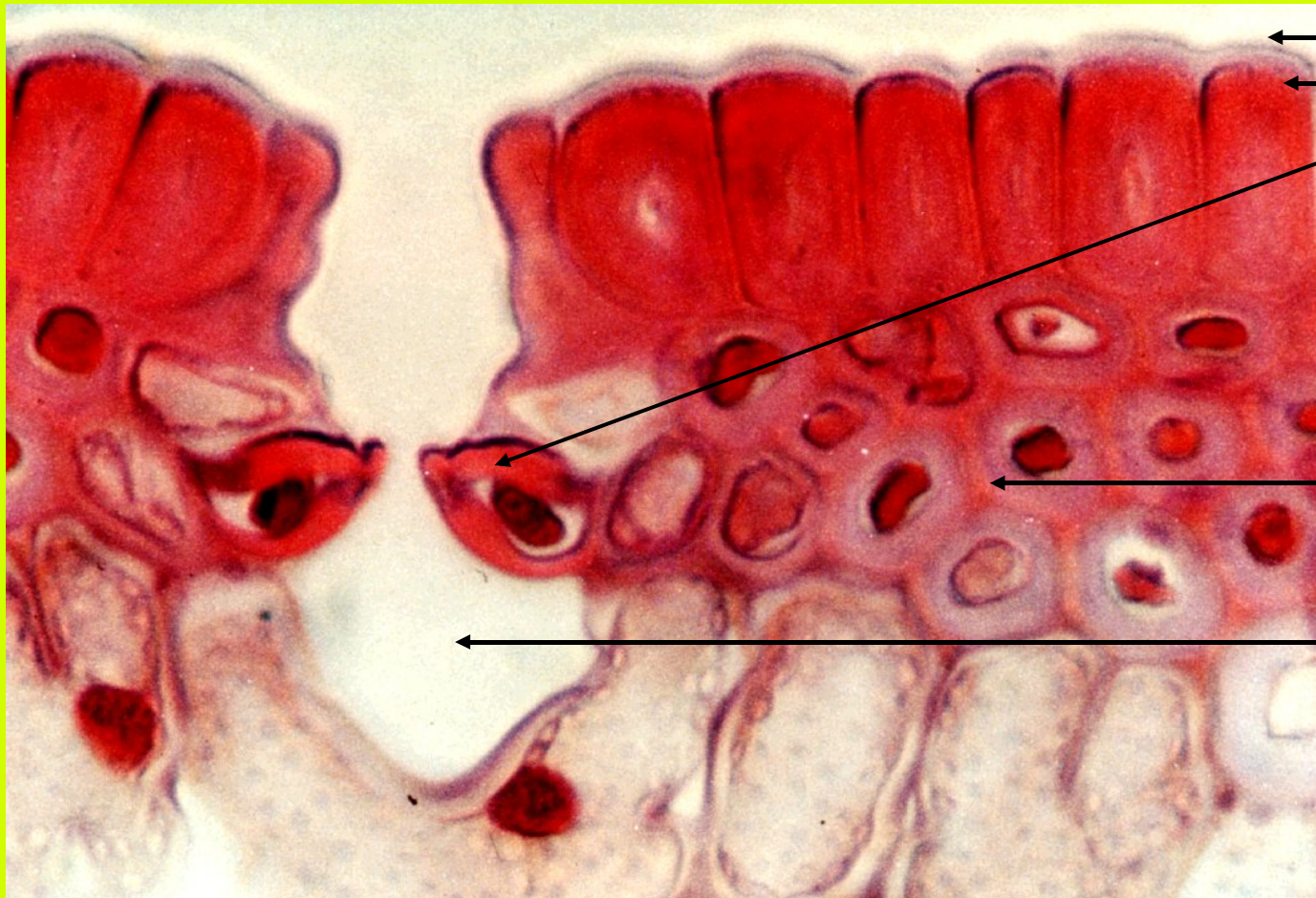
**Detail endodermis, transfuzního pletiva a cévních svazků jehlice borovice černé (*Pinus nigra*).**



- endodermis
- xylémová část cévního svazku
- floémová část cévního svazku
- sklerenchym
- transfuzní parenchym
- transfuzní tracheidy s dvojtečkami v buněčných stěnách (transfuzní pletivo zprostředkovává látkovou výměnu mezi cévními svazky a mezofylem).



**Detail povrchových vrstev jehlice borovice černé (*Pinus nigra*).** Povrch jehlice vykazuje anatomické **xeromorfní a heliomorfní adaptace** (adaptace snižující transpiraci a omezující vliv radiace) – **silná kutikula, sklerenchymatická epidermis a hypodermis, ponořené průduchy ucpávající se voskem, malý transpirační povrch.** Příčinou xeromorfní stavby jehlice je nedokonalé vedení vody tracheidami, potřeba překonání období fyziologického sucha (zmrzlá půda v zimě) a také ochrana před radiací.

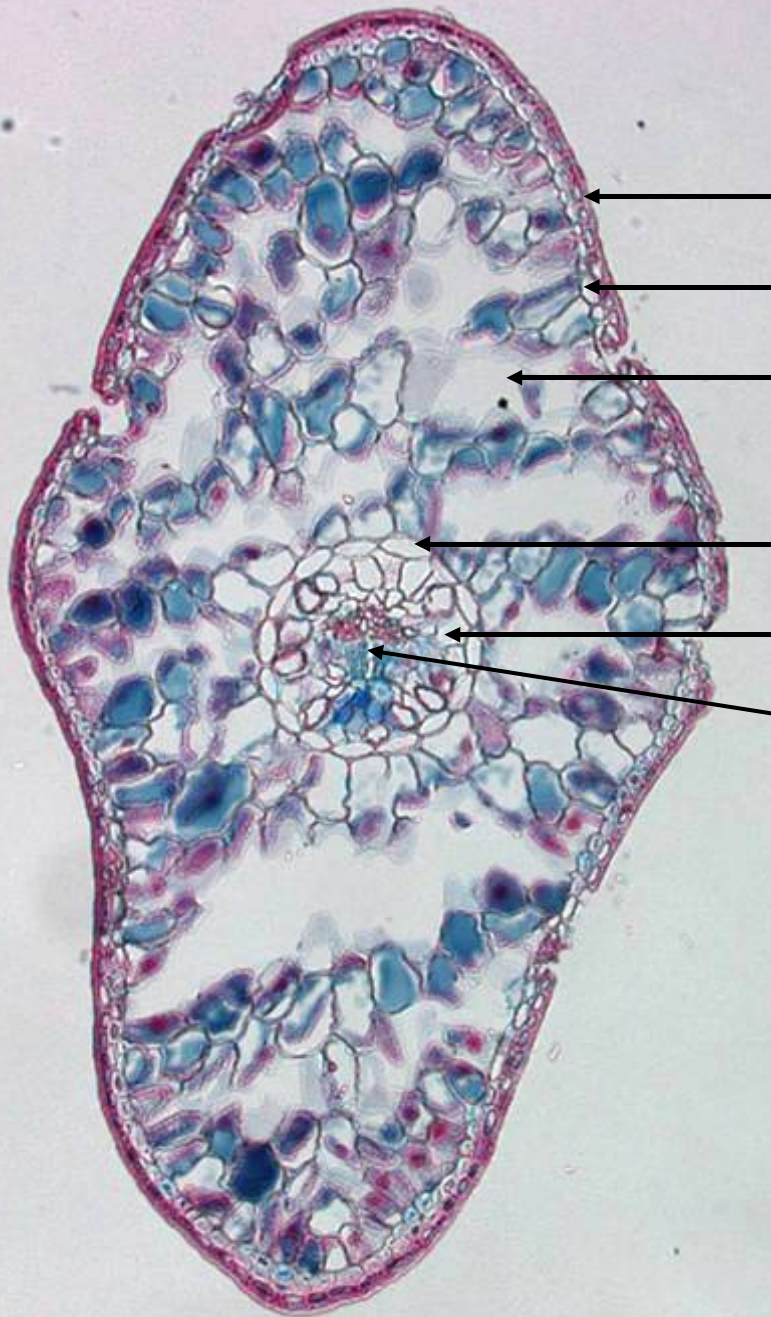


- ← kutikula
- ← silnostěnná epidermis
- ← svěrací buňky průduchu (průduchy jsou v epidermis jehlice umístěny v podélných řadách)
- ← vícevrstevná sklerenchymatická hypodermis
- ← dýchací dutiny (vnější – nad stomaty a vnitřní – pod stomaty) mezofyl

## Klíč k určování borovic (*Pinus*) podle anatomických znaků jehlic

- 1a Jehlice s 1 cévním svazkem (haploxylní).....10  
b Jehlice se 2 cévními svazky (diploxylní).....2
- 2a Tvar průřezu jehlicí je kruhová výseč s vnitřním úhlem 120° (u druhů se 3 jehlicemi).....3  
b Tvar průřezu jehlicí je půlkruh (u druhů se 2 jehlicemi).....5
- 3a Mezi cévními svazky nejsou sklerenchymatické buňky, hypodermis 1 - až vícevrstevná. ***P. rigida***  
b Mezi cévními svazky jsou sklerenchymatické buňky, hypodermis vždy vícevrstevná .....4
- 4a Buňky vnějších a vnitřních vrstev hypodermis stejné ..... ***P. jeffreyi***  
b Buňky vnější vrstvy hypodermis s tenčími stěnami než u vnitřních vrstev hypodermis.... ***P. ponderosa***
- 5a Hypodermis vícevrstevná .....6  
b Hypodermis jednovrstevná .....8
- 6a Pryskyřičných kanálků v chlorchymu (3) - 10 - 20 ..... ***P. nigra***  
b Pryskyřičné kanálky v chlorchymu 1 - 2 .....7
- 7a Pletivo mezi cévními svazky užší než šířka cévního svazku ..... ***P. contorta***  
b Pletivo mezi cévními svazky širší než šířka cévního svazku..... ***P. banksiana***
- 8a Pryskyřičné kanálky uvnitř chlorchymu ..... ***P. nigra***  
b Pryskyřičné kanálky při hypodermis.....9
- 9a Jehlice na příčném řezu ( puleliptické, více než dvojnásobně delší než široké, epidermální buňky čtvercové, pryskyřičných kanálků (7-) 10 - 16 (-20), mezi cévními svazky mnoho sklerenchymatických buněk ..... ***P. sylvestris***  
b Jehlice na příčném řezu ( půlkruhovitě, nejsou dvojnásobně delší než široké, epidermální buňky obdélníkovité, vyšší než široké, pryskyřičných kanálků 3 - 5 (-7), mezi cévními svazky málo sklerenchymatických buněk, nebo vůbec chybějí ..... ***P. mugo* a *P. rotundata***
- 10a Pryskyřičné kanálky nápadně velké, 2 - 3 uvnitř chlorchymu ..... ***P. cembra***  
b Pryskyřičné kanálky menší, 1 - 4 při hypodermis ..... ***P. strobus* a *P. flexilis***

## Řez jehlicí smrku ztepilého (*Picea abies*).



epidermis s ponořenými průduchy

hypodermis

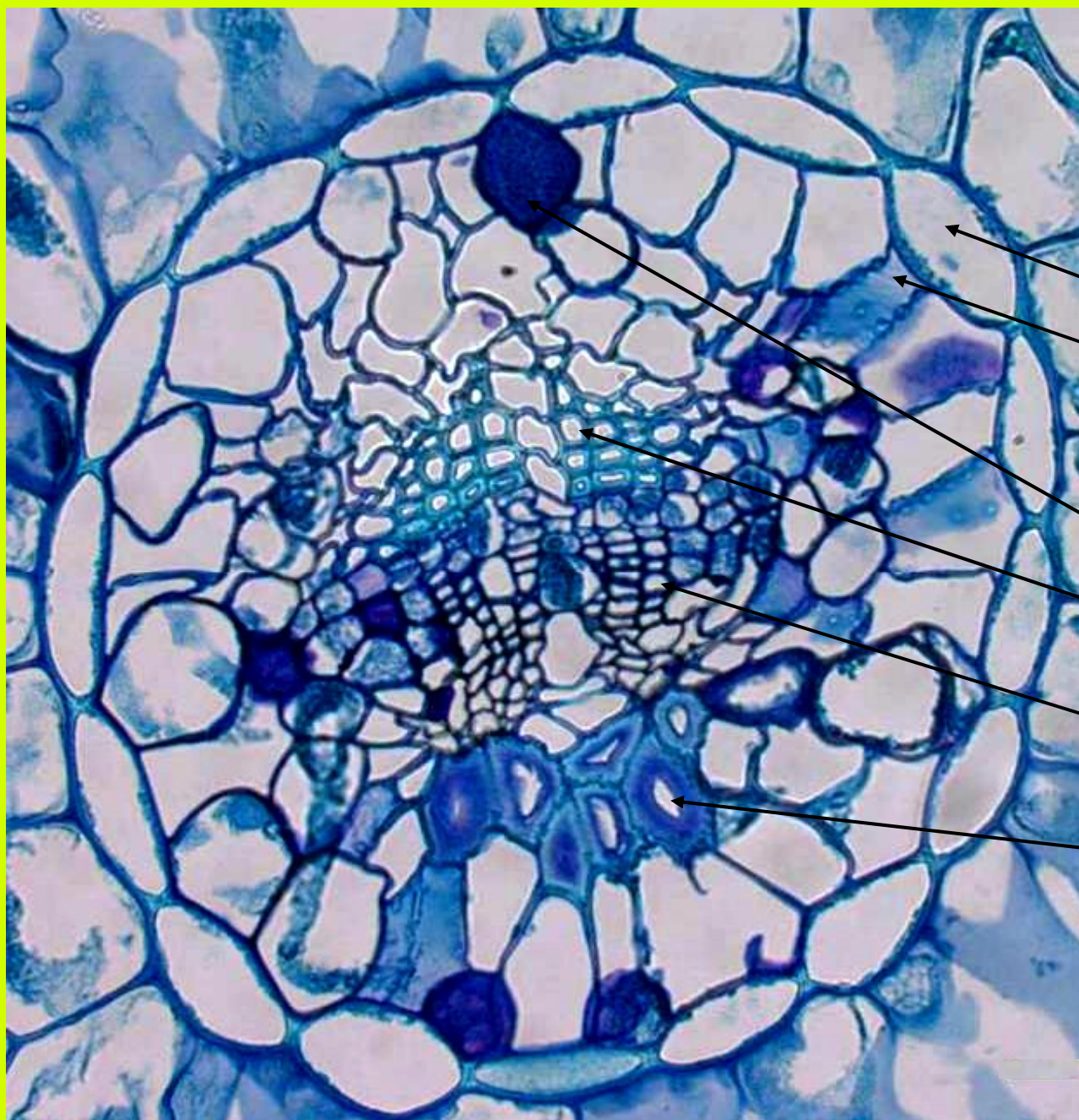
mezofyl

endodermis

transfuzní pletivo

cévní svazek

**Detail transfuzního pletiva a cévního svazku v jehlici smrku ztepilého (*Picea abies*).**



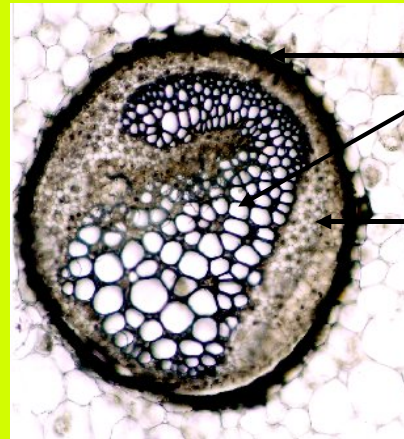
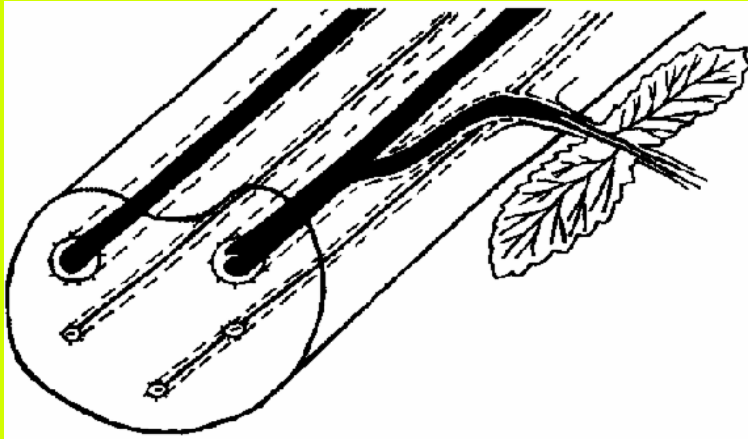
- endodermis
- transfuzní tracheidy s dvojtečkami v buněčných stěnách
- transfuzní parenchym
- xylémová část cévního svazku
- floémová část cévního svazku
- sklerenchym

## Podélný řez jehlicí smrku ztepilého (*Picea abies*).

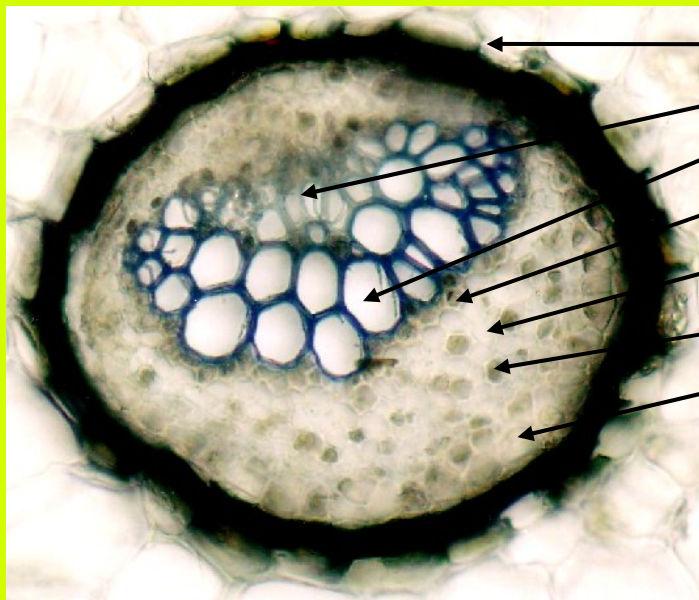
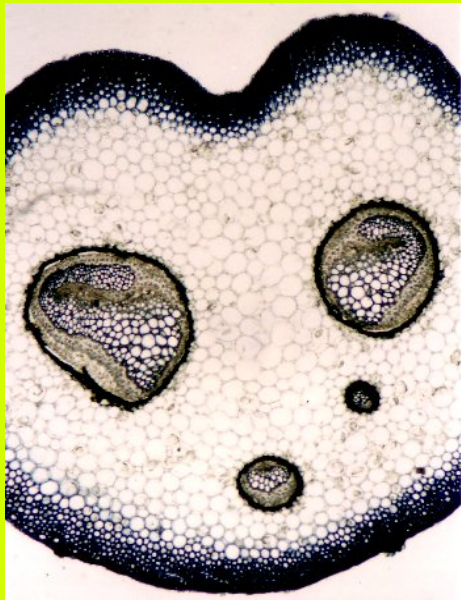


- epidermis s voskovou kutikulou
- hypodermis
- pryskyřičný kanálek
- mezofyl
- pryskyřičné kanálky

**Anatomická stavba řapíku kapradě samce (*Dryopteris filix-mas*).** Řapíkem a listovým vřetenem probíhají vždy dva velké hadrocentrické cévní svazky s podkovovitě uspořádaným xylémem, z nichž odstupují cévní svazky do řapíčků lístků a různý počet (u báze až 9) menších hadrocentrických cévních svazků s elipsovitě uspořádaným xylémem.

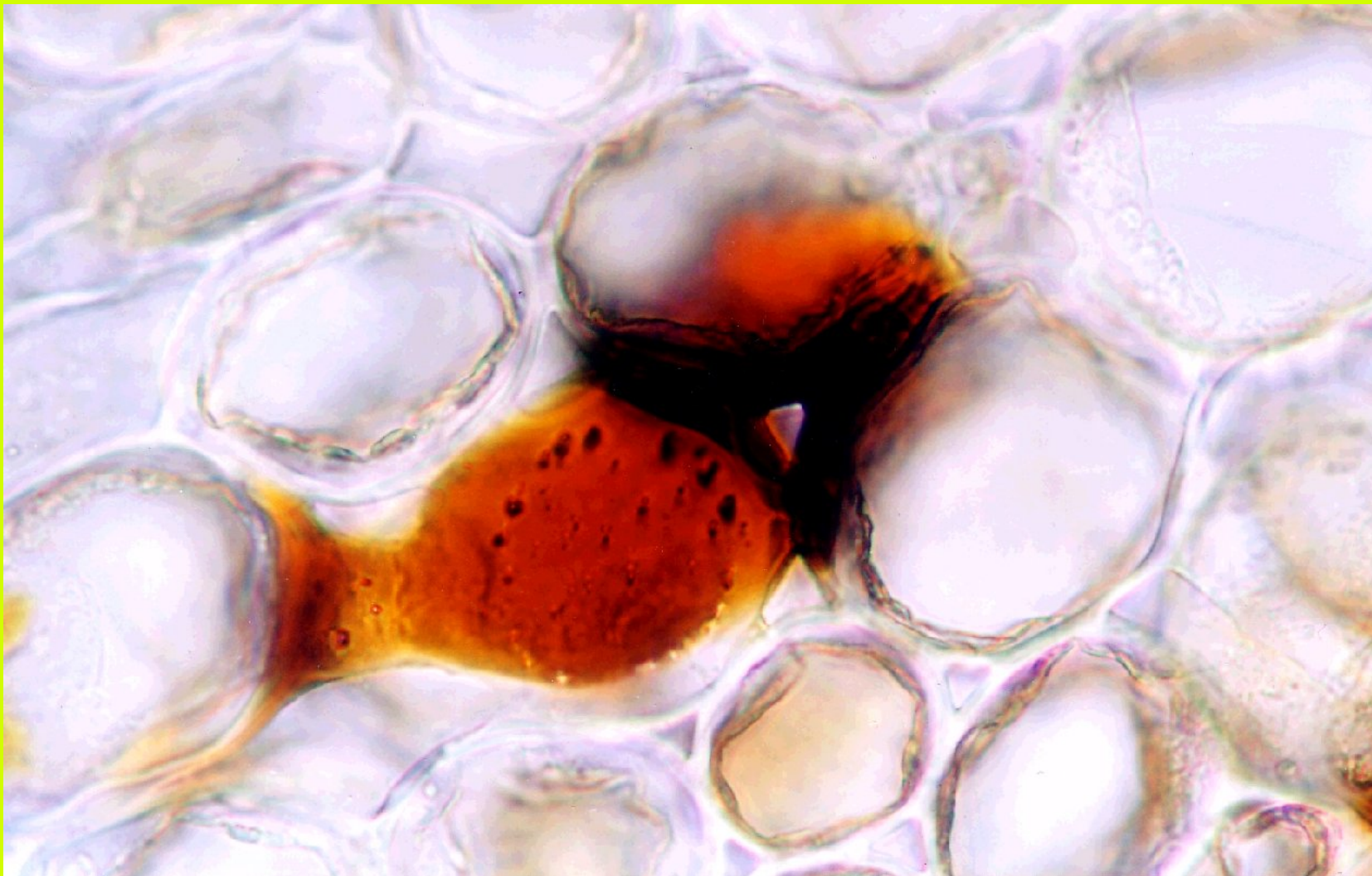


- endodermis
- primární xylém (tracheidy a buňky xylémového parenchymu)
- primární floém (světlejší sítkové buňky a tmavší buňky lýkového parenchymu)



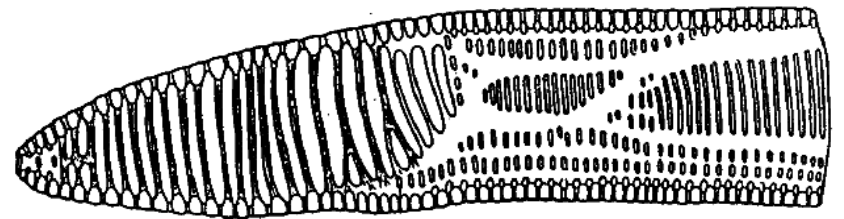
- endodermis
- endarchní obliterující protoxylém
- metaxylém
- konjunktivní parenchym
- sítkové buňky primárního floému
- buňky lýkového parenchymu
- pericykl

**Buňky s lokálně sklerifikovanými buněčnými stěnami v primární kůře báze řapíčku kapradě rezaté (*Dryopteris pseudomas*). Přítomnost těchto sklerifikovaných buněk se makroskopicky jeví jako drobná tmavá skvrna na bázi řapíčku (důležitý určovací znak zástupců polyploidního komplexu *Dryopteris filix-mas* s.l.). Tmavou skvrnu na bázi řapíčku mají apogamicky se rozmnožující druhy *Dryopteris pseudomas* (3n) a *Dryopteris x tavelii* (5n), u sexuálně se rozmnožujícího *Dryopteris filix-mas* (4n) tmavá skvrna chybí.**



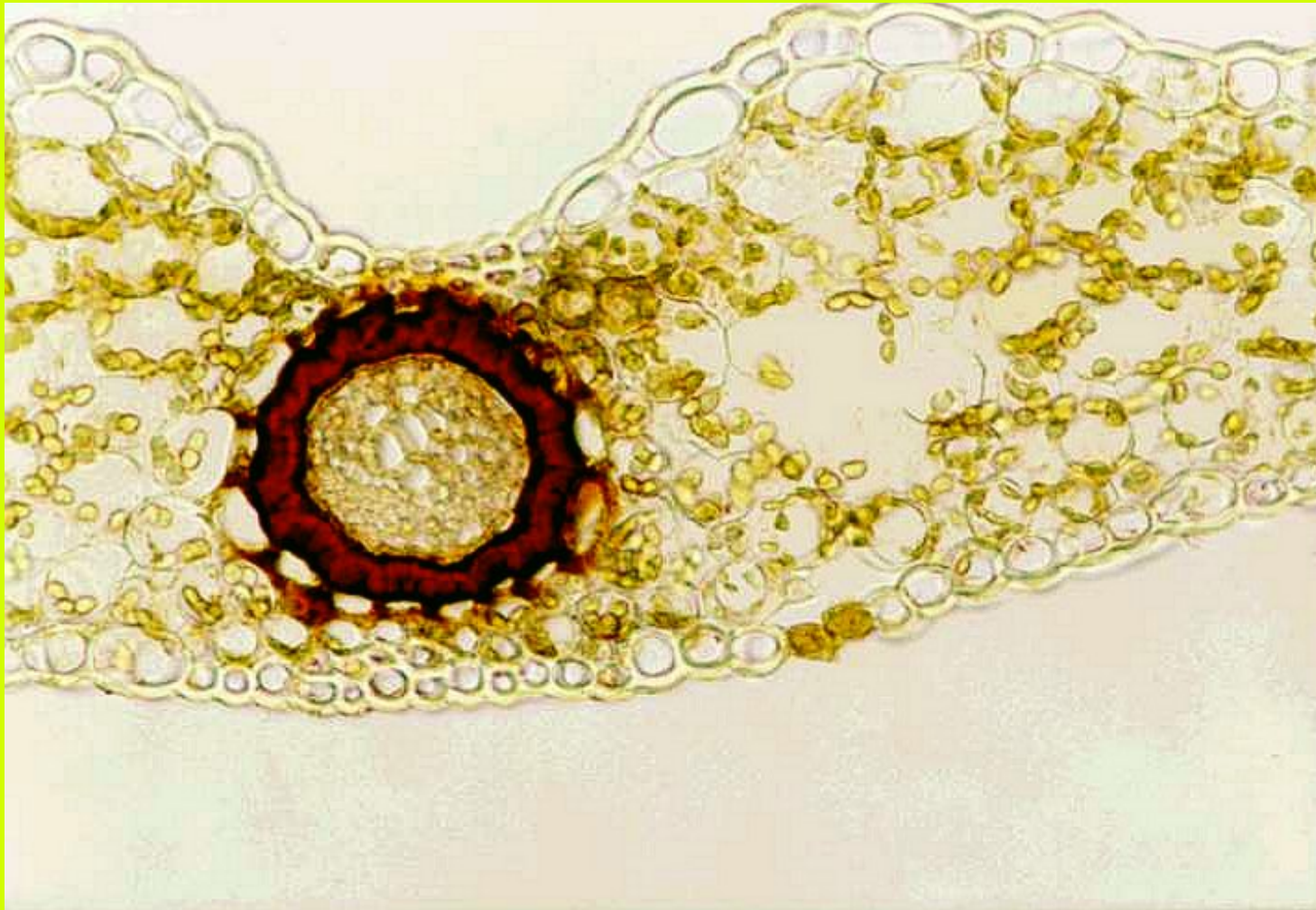


**Řez řapíkem** hasivky orličí (*Pteridium aquilinum*). Pod epidermis se nachází sklerenchymatická hypodermis (mechanická funkce). Mezisvazkovým parenchymem probíhají hadrocentrické cévní svazky obklopené endodermis. V xylémové části cévních svazků se nacházejí menší tracheidy protoxylému a velké tracheje metaxylému (heteroxylie). Tracheje hasivky jsou schodovitě zesílené, se schodovitými perforacemi v koncových, silně zešikmených stěnách.

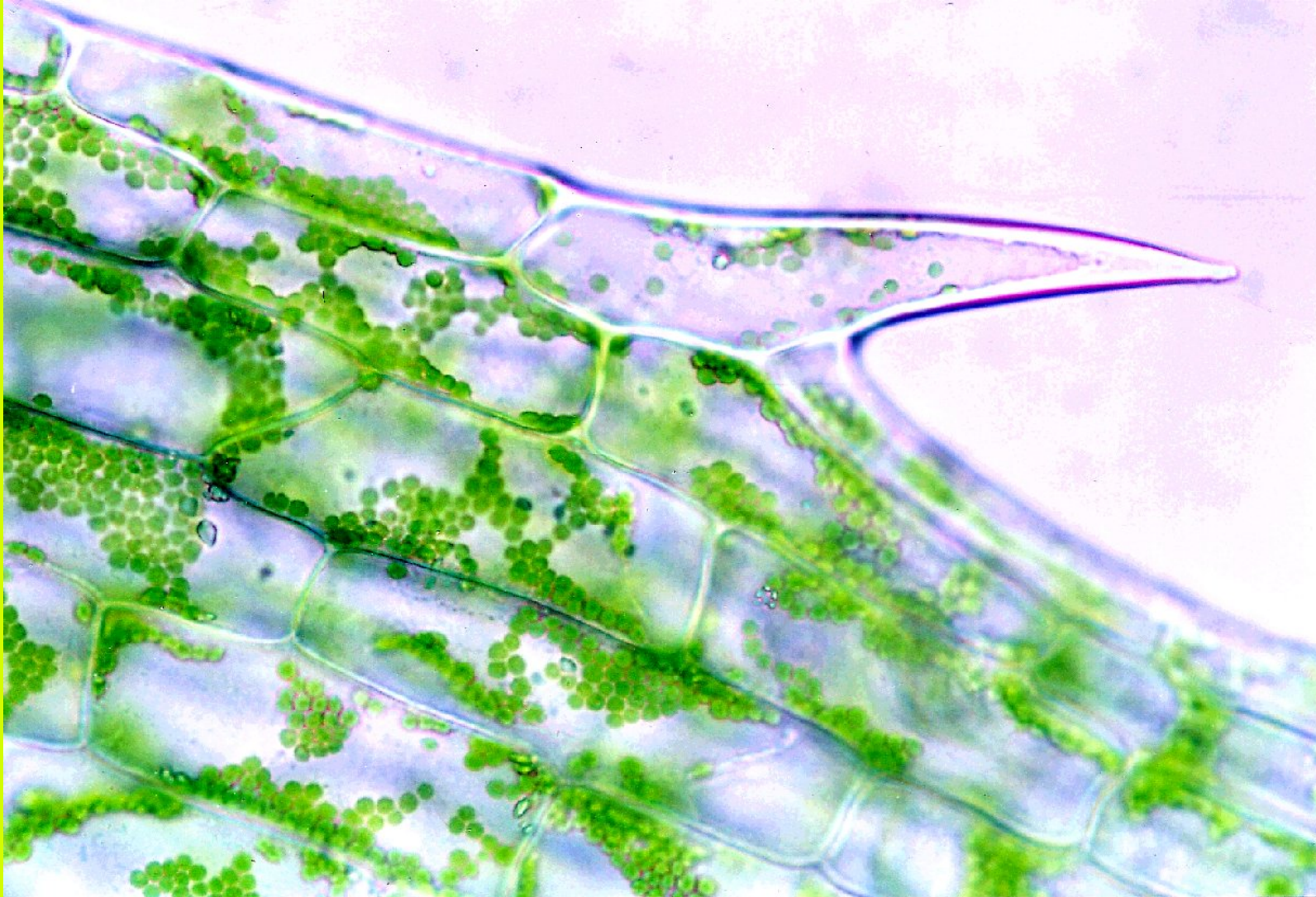




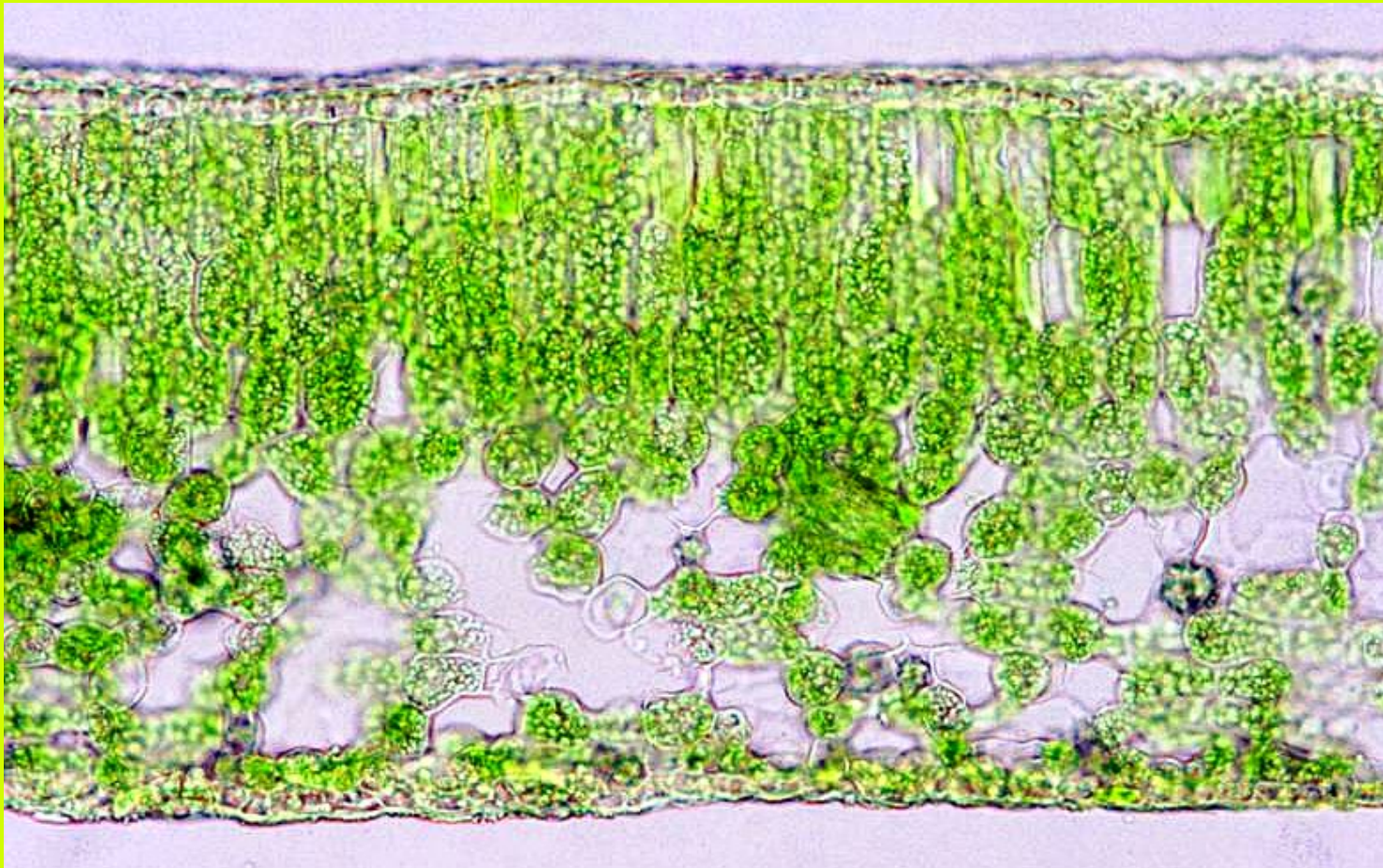
**Bifaciální list s nerozlišeným mezofylem (pouze houbový parenchym) kapradiny *Nephrolepis exaltata*.** Hadrocentrický cévní svazek obklopuje nápadná endodermis. Ve spodní epidermis se nachází stoma tvořené dvěma svěřacími buňkami vyplněnými chloroplasty.



**Detail okraje listu** vodní rostliny vodního moru kanadského (*Elodea canadensis*). Listové čepele vodních rostlin mají redukovaná vodivá a zpevňovací pletiva, chloroplasty se nacházejí i v epidermálních buňkách.



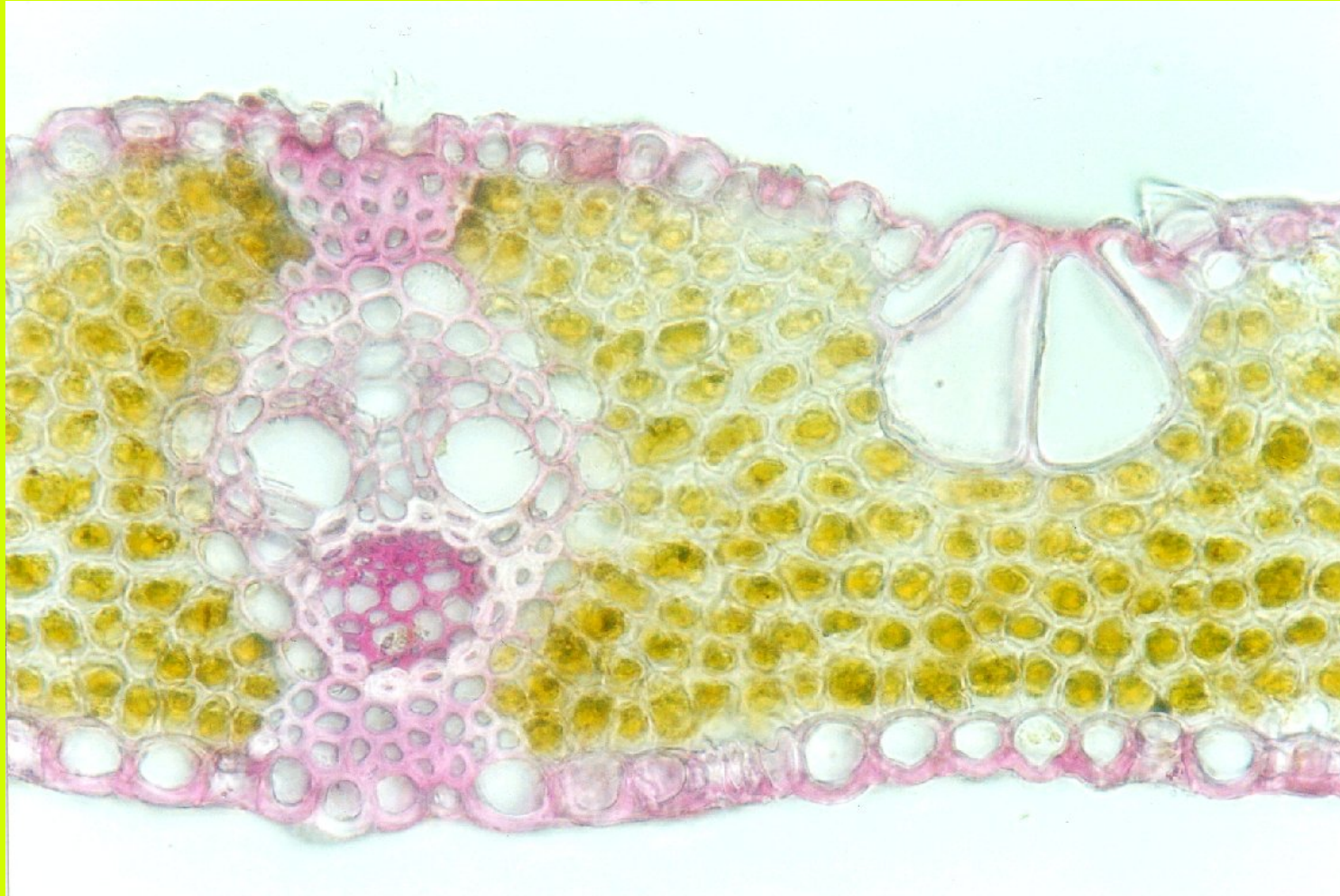
**Bifaciální list s mezofylem rozlišeným na palisádový a houbový parenchym břečťanu popínavého (*Hedera helix*). V mezofylu se nacházejí drůzy šťavelanu vápenatého.**

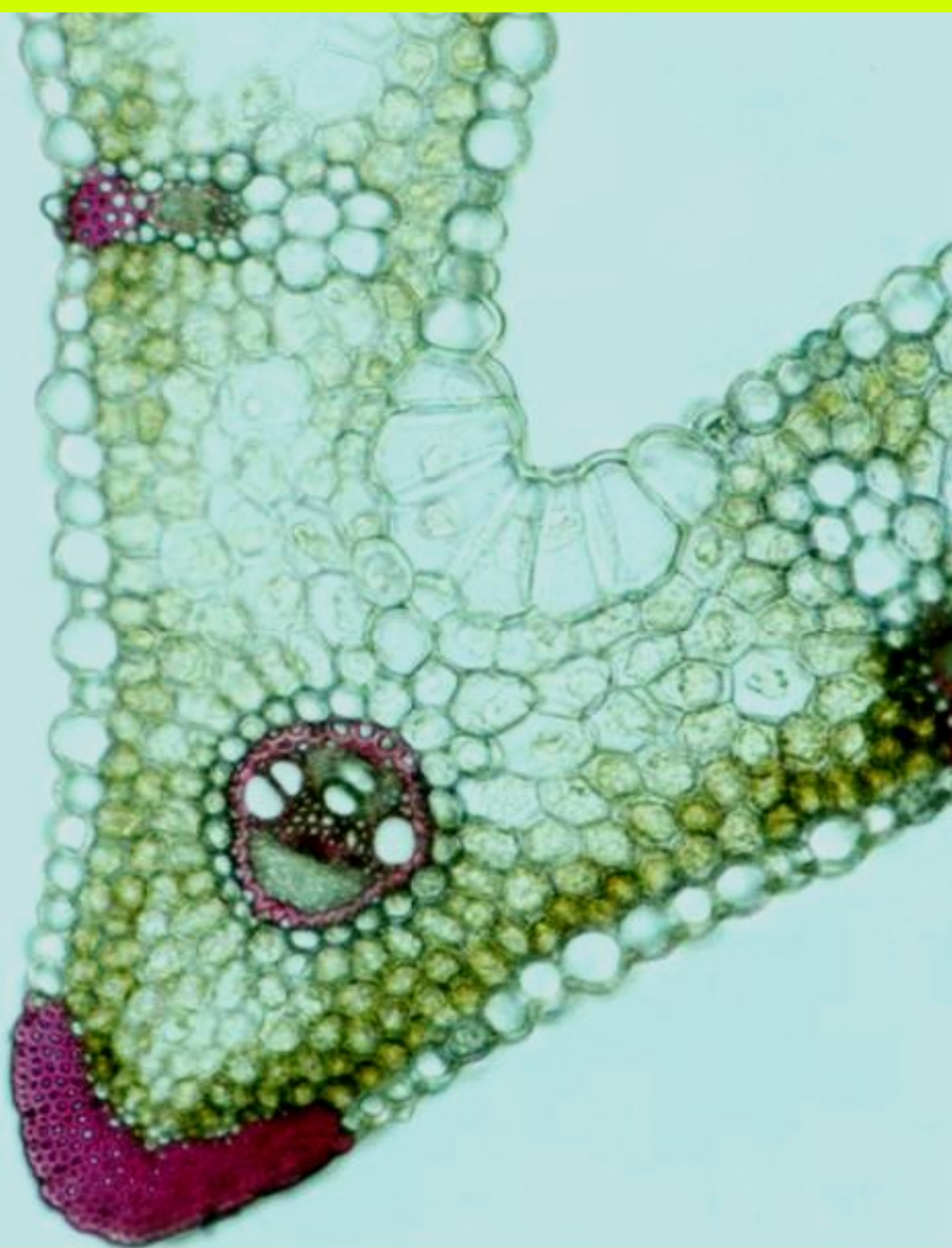




**Bifaciální list** fíkovníku bengálského (*Ficus bengalensis*) s fytolity. Ve třívrstevné svrchní epidermis se nacházejí zveličelé buňky - **lithocycy** v nichž se na celulózních stopkách vytvářejí fytolity. U fíkovníků jsou to hroznovité shluky uhličitanu vápenatého - **cystolity**. Podobné útvary lze pozorovat také např. u zástupců čeledí *Urticaceae* (kopřivovité), *Moraceae* (morušovníkovité), *Boraginaceae* (brutnákovité), *Cucurbitaceae* (tykvovité), *Rutaceae* (routovité) aj.

**Řez listem** bezkolence modrého (*Molinia caerulea*). **List bifaciální, s nerozlišeným mezofylem.** Kolaterální cévní svazky a sklerenchymatická vlákna nacházející se mezi cévním svazkem a svrchní a spodní epidermis rozdělují list na jednotlivé izolované části (heterobarický list) – xeromorfní adaptace. V horní epidermis se nacházejí velké **parenchymatické ohýbací buňky (buliformní buňky, motorické buňky)**, které za sucha umožňují podélné svinování listové čepele.





**Řez listem** srhy říznačky (*Dactylis glomerata*). List **bifaciální**, s **nerozlišeným mezofylem**. Podélné složení listu umožňují **ohýbací (buliformní) buňky** v horní epidermis. Abaxiální strana listu je v místě ohybu zpevněna **sklerenchymem** (sklerenchymatická vlákna probíhající ve směru podélné osy listu). Kolaterální cévní svazky obklopuje **vnitřní sklerenchymatická a vnější parenchymatická pochva**.

**Řez unifaciálním – izolaterálním listem kosatce sibiřského (*Iris sibirica*).**



**Řez listem** prosa setého (*Panicum miliaceum*). List s věnčitou parenchymatickou pochvou kolem cévního svazku a mezofylem radiálně uspořádaným kolem věnčité pochvy (tzv. **Kranz typ**). **Věnčité uspořádání chlorenchymu** je typické pro **C4 rostliny** (primárním produktem temnostní fáze fotosyntézy jsou čtyřuhlíkaté kyseliny – malát, aspartát, oxalacetát). U C4 rostlin dochází ke dvojí, prostorově oddělené karboxylaci: 1) v buňkách mezofylu za vzniku C4 kyselin, které jsou transportovány do buněk věnčité pochvy, 2) v buňkách věnčité pochvy, kde se dekarboxylací uvolněný CO<sub>2</sub> využívá při redukční asimilaci (syntéza cukrů) v Calvinově cyklu. C4 rostliny využívají lépe slunečního záření při fotosyntéze než C3 rostliny (malá až nulová fotorespirace).

