



Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci
Katedra botaniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kateřina Zemánková

ANATOMICKÁ STAVBA ASIMILAČNÍCH LISTŮ VE VÝUCE BIOLOGIE NA ŠKOLÁCH GYMNAZIÁLNÍHO TYPU.

Vedoucí práce: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Dr.

Obor: Biologie, geologie a ochrana životního prostředí

Místo a datum odevzdání: Olomouc, duben 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracovala samostatně podle metodických pokynů vedoucího práce a za použití uvedené literatury.

V Olomouci, 27.4.2010

.....
Zemánková Kateřina

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu práce PaedDr. Ing. Vladimíru Vinterovi, Dr, RNDr. Radimu Vašutovi, Ph.D. za poskytnutí laboratoře a Doc. RNDr. Michaele Sedlářové, Ph.D. za proškolení na mikrofotografickém systému Olympus DP70.

1. BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Jméno a příjmení: Kateřina Zemánková

Název práce: ANATOMICKÁ STAVBA ASIMILAČNÍCH LISTŮ VE VÝUCE BIOLOGIE NA ŠKOLÁCH GYMNAZIÁLNÍHO TYPU.

Typ práce: Bakalářská práce

Pracoviště: Katedra botaniky

Vedoucí práce: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Dr.

Rok obhajoby práce: 2010

Abstrakt: Cílem mé práce je vytvořit materiál pro zefektivnění a usnadnění výuky anatomie listu na středních školách gymnaziálního typu. Determinace typu listu dle vnitřní stavby pomocí klasifikačního klíče s využitím fotografií preparátů ve formě PDF s popisem sledovaných struktur.

Klíčová slova: anatomie rostlin, list, vegetativní orgány

Počet stran: 38

Počet příloh: 1

Jazyk: český

2. BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION

Autor 's first name and surname: Kateřina Zemánková

Title: ANATOMICAL STRUCTURE ASSIMILATORY LEAVES IN EDUCATION BIOLOGY
AT A GRAMMAR SCHOOLS.

Type of thesis: Bachelor

Department: Department of Botany

Supervisor: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Dr.

The year of presentation: 2010

Abstrakt: Tendency of my bachelor is make material for more effective and convenience anatomy assimilatory leaf in education at a grammar schools. A determine of a leaf types by internal structure per classification keys and a presence of photo slides in pdf format with a description of the observed structures.

Keywords: plant anatomy, leaf, vegetative authorities

Number of pages: 38

Number of appendices: 1

Language: Czech

3. OBSAH

1. BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE.....	3
2. BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION.....	4
3.OBSAH.....	5
4. ÚVOD.....	6
5. TEORETICKÁ ČÁST S PŘEHLEDEM LITERATURY.....	6
5.1. ANATOMICKÁ STAVBA ASIMILAČNÍHO LISTU.....	7
5.1.1. PLETIVA.....	7
5.1.1.1. DĚLENÍ PLETIV DLE TLOUŠŤKY BUNĚČNÉ STĚNY.....	8
5.1.1.2. DĚLENÍ PLETIV DLE DĚLIVÉ AKTIVITY BUNĚK.....	10
5.1.1.3. DĚLENÍ PLETIV DLE FUNKCE.....	11
5.2. ONTOGENEZE LISTU.....	19
6. MATERIÁL A METODIKA PRÁCE	20
7. PRAKTICKÁ ČÁST S VÝSLEDKY	21
7.1. VÝSLEDKY.....	21
7.1.1. LISTY BIFACIÁLNÍ.....	23
7.1.2. LISTY HOMOFACIÁLNÍ.....	28
7.2. KLÍČ KE KLASIFIKACI ASIMILAČNÍCH LISTŮ PODLE ANATOMICKÉ STAVBY.....	31
8. DISKUZE.....	33
9. ZÁVĚR.....	35
10. PŘEHLED LITERATURY.....	36

4. ÚVOD

CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Seznámit se s dostupnou literaturou.
- Prostudovat anatomickou stavbu listu.
- Vybrat nejvhodnější objekty (didaktické typy) pro názorné využití ve výuce biologie na středních školách.
- Navrhnout klíč ke klasifikaci asimilačních listů dle anatomické stavby.
- Vytvořit přehlednou prezentaci.

5. TEORETICKÁ ČÁST S PŘEHLEDEM LITERATURY

List neboli fylom je plochý, postranní, většinou zelený orgán rostlin. Nejčastěji se vyznačuje omezeným růstem (Skalický a Novák, 2007). Vnitřní stavba dospělého listu je odlišná od vnitřní stavby stonku, přestože list svým vývojem souvisí se stonkem (Slavíková 2002). Hlavním úkolem listu je fotosyntetická asimilace a transpirace, další funkcí je ochrana, zásobní funkce, u některých rostlin zajišťuje vegetativní rozmnožování, zisk potravy, tj. listy lapací a exkreceční listy. Aby mohly listy zajišťovat tyto úkoly a funkce, musely v minulosti projít modifikačními procesy (metamorfóza listu). List představuje nejplastičtější rostlinný orgán – působení vnějších podmínek prostředí (především světla) vyvolává u listů výraznější adaptační změny než u jiných rostlinných orgánů (Vinter 2008). Listy, které jsou vystaveny vysokému ozáření (heliofilní, slunné)

5.1. ANATOMICKÁ STAVBA ASIMILAČNÍHO LISTU

Základní rozdělení je na svrchní a spodní epidermis, mezofyl, cévní svazky a jejich pochvy.

5.1.1. PLETIVA

Pletiva můžeme dělit podle různých kritérií. Jednoduchá rostlinná pletiva jsou tvořena pouze jedním typem buněk (Skalický, Novák 2007). Mezi tyto pletiva se řadí parenchym, kolenchym a sklerenchym, která se od sebe odlišují tloušťkou buněčných stěn. Dle zachování dělivosti se rostlinná pletiva dělí na dělivá (meristémy) a trvalá. Dalším kritériem je vznik pletiv. Vznikají-li druhotným seskupením volných buněk, pak jde o pletiva nepravá. Mezi ně patří pseudoparenchym a plektenchym u plodnic hub a stélek lišejníků. Naopak pravá pletiva vznikají dělením buněk, které zůstávají v komplexu. Podle funkce se dělí: krycí, základní, vodivá a zpevňovací.

KLASIFIKACE PLETIV			
Klasifikační kritérium	Typy pletiva		
Dle tloušťky buněčné stěny	parenchym	kolenchym	sklerenchym
Dle dělivé aktivity buněk	meristémy	trvalá pletiva	
Dle funkce	Systémy krycích pletiv		
	Systémy vodivých a zpevňovacích pletiv		
	Systémy základních pletiv		

5.1.1.1. DĚLENÍ PLETIV DLE TLOUŠŤKY BUNĚČNÉ STĚNY

- **Parenchym**

Je tvořen izodiametrickými (přibližně stejnými), tenkostěnnými buňkami. Můžou být protáhlé, paprscité nebo laločnaté. Parenchym je dominantou základních pletiv, ale často se vyskytuje u pletiv vodivých. V protoplastu se mohou vyskytovat různé složky, např. chlorofyl, pak nazýváme parenchym chlorenchymem nebo může obsahovat škrob, tuky, bílkoviny, vodu aj. zásobní látky, pak řadí k pletivům zásobním. V parenchymatickém pletivu se nacházejí četné mezibuněčné prostory (interceluláry).

Typy intercelulár dle Votrubové (Votrubová 2001). Nejběžnějším typem jsou schizogenní interceluláry, které vznikají rozestoupením buněk od sebe. Druhým typem intercelulár jsou interceluláry lyzogenní, které vznikají jako následek desintegrace, lyze, buněk, čímž vznikají obvykle větší prostory nejrůznějších tvarů. Třetím možným způsobem vzniku intercelulár je způsob rexigenní, kdy mezibuněčné prostory vznikají protrháním pletiva následkem nerovnoměrného růstu různých buněk v pletivu.

Převyšuje-li objem intercelulár nad objemem buněk, pak se jedná o typ parenchymu, tzv. aerenchym. Jestliže jsou buňky paprscité, jde o podtyp aerenchymu, tzv. aktinenchym. Tyto dva specifické typy parenchymu se nacházejí především u vodních rostlin. Zajišťují nadlehčování rostliny. Mimo to interceluláry umožňují pohyb plynů v rostlinném těle, zejména kyslíku ze zelených, asimilujících částí do částí nezelených (Černohorský 1952).

Často dochází k zakulacování parenchymatických buněk, které se označují jako merenchym. Merenchym se vyskytuje v lenticelách (čočinky).

- Palisádový parenchym – buňky jsou oválné, protáhlé, rovnoběžně vedle sebe, orientované kolmo k epidermis. Jsou-li tyto buňky kratší, jedná se o destičkový parenchym (např. v epidermis). Jeho buňky obsahují velké množství chlorofylu, a proto slouží hlavně k fotosyntéze. Slunné druhy mají buňky palisádového parenchymu protáhlé, kdežto stinné druhy krátké. U vícevrstvého palisádového parenchymu tvoří vnitřní vrstva přechodnou oblast mezi oběma parenchymy, ale u listů s jedno- nebo dvouvrstevným palisádovým parenchymem je hranice mezi oběma formami parenchymu vytvořena výrazně (Strasburger et al 1971).

- Houbový parenchym – má neodmyslitelnou funkci při transpiraci. Tvar buněk je variabilní, neboť zde existují všechny přechody od izodiametrického tvaru k paprskovitě rozvětveným buňkám (Strasburger et al 1971). Mezi buňkami je mnoho velkých intercelulár. Druhy slunných lokalit mají jen malé interceluláry, aby se omezila transpirace (Šebánek a Podešva, 1977).

Nejčastěji se vyskytuje v listech a v horních vrstvách stonků.

- **Kolenchym**

Se sklerenchymem je dominantou mechanických pletiv. Kolenchym se vyskytuje především u dvouděložných rostlin. (Votrubová 2001) Buněčná stěna je nerovnoměrně ztloustlá, např. v rozích (rohový kolenchym) nebo jsou ztloustlé stěny kolmé k epidermis (deskový kolenchym). Buněčná stěna je schopná růstu, ale tato schopnost se s věkem rostliny snižuje. Nejčastěji se nachází ve stoncích a listových řapících.

- **Sklerenchym**

Jak jsem již zmínila, s kolenchymem tvoří dominantní část mechanických pletiv, ale jeho výskyt je rozmanitý. Můžeme ho najít i jako solitérní buňku (sklereida), hlouček buněk nebo v provazcích u vodivých (v xylému i floému) a základních pletivech. Sklerenchymatická vlákna jsou protažené buňky, na obou koncích zašpičatělé. Tato vlákna se zpracovávají v textilním průmyslu. Sklerenchymatické buňky jsou rovnoměrně ztloustlé. Sekundární buněčná stěna tloustne dostředivě. Protoplasm sklerenchymatických buněk často odumírá a pak mechanickou funkci v organismu plní pouze ztloustlé buněčné stěny (Votrubová 2001). Nachází se v listech, stoncích či plodech.

Díky charakteru svých stěn, zejména pokud v nich dochází k signifikaci, je i dobrou ochranou vůči býložravcům, protože zhoršuje stravitelnost rostlinných produktů. (Votrubová 2001)

5.1.1.2. DĚLENÍ PLETIV DLE DĚLIVÉ AKTIVITY BUNĚK

• Meristémy

Dělivá pletiva (meristémy) zajišťují růst rostlin. Růst rostlin je neukončený, což je dobrá životní strategie korigující nepohyblivost rostlin a je soustředěný v malá políčka, další odlišující faktor rostlin a živočichů. Iniciály jsou soustavně dělicí se buňky meristému, nachází se u některých vyšších řas, jätrovek, mechů a kaprad'orostů. Je-li to jediná konečná, vrcholová buňka, nazývá se terminála. Buňky meristemických pletiv jsou parenchymatické, tedy tenkostěnné, malých rozměrů, téměř pravidelného tvaru (izodiametrické), s velkými jádry, malými vakuolami a hustou cytoplazmou. Buněčné organely jsou nedokonale odlišené.

Podle umístění meristému na těle rostliny se dělí:

- meristémy apikální- růstový vrchol kořene a stonku
- meristémy laterální – po stranách orgánů
- meristémy interkalární – vmezeřeny mezi trvalá pletiva. K interkalárním meristémům patří i kambium, jež podmiňuje druhotné tloušťnutí a felogen, jež vytváří druhotnou kůru. (Balabán, Hejtmánek 1959)
- meristémy difuzní- všechny buňky tohoto pletiva si zachovávají dělicí schopnost a přitom mají funkci i jako buňky trvalé
- meristémy bazální – na bázi orgánů (uplatnění při růstu listů)
- meristémy marginální – na okraji orgánů (uplatnění při růstu listů)

• Trvalá pletiva

Jejich buňky se přestaly dělit. Nacházejí se v konečné fázi diferenciaci. Mají konečný tvar, funkci a tvoří trvalá pletiva. Trvalá pletiva jsou sestavena z parenchymatických, kolenchymatických a sklerenchymatických buněk

5.1.1.3. DĚLENÍ PLETIV DLE JEJICH FUNKCE

❖ Systémy krycích pletiv

- Epidermis

Epidermis patří mezi pletiva krycí. Skládá se z těsně na sebe navazujících buněk. U trav jsou ve svrchní pokožce některé buňky zvětšené (b. ohýbací, buliformní), bez kutikuly a tvoří podélné, brázdité pruhy, ve kterých se čepel za sucha řasnatě skládá. Neobsahují chloroplasty, s výjimkou kapradin a vodních rostlin, které rostou ponořené (Luxová, 1974). Většinou je jednovrstevná, ale existují i rostliny s epidermis vícevrstevnou např. *Ficus*. Těsně pod epidermis se u některých rostlin nachází hypodermis. Většinou je bez chloroplastů a bývá vícevrstevná. Je tvořena velkými buňkami, které mohou dobře zadržovat vodu, pak slouží jako hypodermální vodní tkáň. Její buňky jsou sklerenchymatické nebo kolenchymatické např. u jehlic borovice (*Pinus*). U zmiňovaného podrodu *Pinus* se vyvinula ještě jedna vnitřní forma epidermis tzv. endodermis, která obklopuje střední válec s cévními svazky. Z některých buněk epidermis vyrůstají papily nebo trichomy, nejsou to ovšem útvary nacházející se na každé rostlině. Převážně se vyvinuly jako adaptace na určitý ekologický faktor, nadměrné ozáření nebo nedostatek vody. Žláznaté trichomy mají funkci ochrannou. U některých rostlin dochází z mnoha příčin k impregnaci či inkrustaci buněčných stěn. Nejčastějším příkladem impregnace je kutikula. Jedná se o ochrannou vrstvu kutinu, často s výskytem epikutikulárního vosku. Kutikula není úplně homogenní, nacházejí se v ní drobné kanálky, tzv. dendrity, jimiž může voda pronikat k vnitřním pletivům (botany.upol.cz).

Mikroskopicky jsou tyto voskové vrstvy zrníčkovité (např. listy máku, zelí, cibule, karafiátu, tulipánu, skočce), vzácněji tyčinkovité či souběžně lupenité (stélka rákosu nebo třtiny cukrové nad uzlinou, listy banánu), někdy tvoří souvislý, korovitý povlak (jehlice jedle, zeravu, listy netřesků, lodyhy některých pryšců (Kavina 1950). Zmiňovaná ochranná funkce se hlavně týká ochrany před fyzikálními vlivy okolí, např. vysycháním, UV, průniku patogenních látek a před radiací. Proto se kutikula silnějších rozměrů vyvinula u sukulentů a tropických rostlin, např. u palem, které jsou těmto faktorům vystavovány v silnější míře, než je tomu u jiných rostlin. Ač už je to dáno prostředím nebo samotnou stavbou těla rostliny. K inkrustaci dochází zásobními látkami, zpevňujícími látkami nebo odpadními látkami. Zpravidla chrání rostlinu před okusem býložravci. Útvary, které inkrustují buněčnou stěnu

nebo prorůstají dovnitř buněk nebo mezibuněčných prostor (intercelulár) se nazývají fytolity. Pro vědce mají široký význam v mnoha oborech. Fytolitová analýza se uplatňuje při rekonstrukci vegetace příslušného období, při datování fosilních půd či určování éry dinosaurů.

Fytolity mohou v buňkách vytvářet (Vinter 2008) :

- krystalický písek
- styloidy (jednotlivé větší hranolovité krystaly)
- rafidy (svazek tenkých jehlicovitých zašpičatělých krystalů)
- drůzy (srostlice tvořené více krystaly)
- sféry (radiálně uspořádané jehlicovité krystaly)

• **Stomata**

Stomata (průduchy) jsou vmezeřeny mezi buňky epidermis. Slouží rostlinám k výměně plynů. Z ovzduší přijímají rostliny oxid uhličitý, který potřebují k fotosyntéze a kyslík potřebný k respiraci. Dále dochází k uvolňování vodní páry do okolí. Tyto procesy se souhrnně nazývají stomatární transpirace. Kromě stomatární transpirace známe transpiraci kutikulární, která probíhá povrchem listu a transpirace lenticelární, probíhající lenticelami.

U některých rostlin průduchové štěrbiny zcela chybí. Jsou to rostliny nezelené, jako hlístník hnízdák, hnilák nebo většina vodních rostlin.

Umístění průduchů na listu je dáno typem rostliny a její životní strategií. U dřevin na spodní straně, u suchozemských rostlin se většinou nacházejí na spodní i svrchní straně, u vodních rostlin s listy plovoucími na hladině jsou na straně svrchní.

Dělení podle umístění stomat dle Vintera (Vinter 2009):

- Hypostomatické: stomata se převážně nacházejí ve spodní epidermis, ve svrchní epidermis mohou úplně chybět;
- Amfistomatické: stomata jsou ve spodní i svrchní epidermis např. kosatec (*Iris*), většina trav;
- Epistomatické: stomata jsou pouze ve svrchní epidermis např. natantní listy leknínu (*Nymphaea*), stulíku (*Nuphar*), nebo u některých trav např. u kostřav (*Festuca*), strdivek (*Melica*), váleček (*Brachypodium*). Rozložení je převážně

rovnoměrné, výjimku tvoří dvojice stomat v epidermis řapíku kapradě samce (*Dryopteris filix - mas*) nebo u jehličnanů jsou průduchy řazeny do řad.

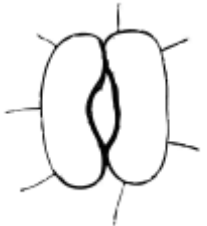
Další dělení je na základě postavení průduchů k rovině epidermis:


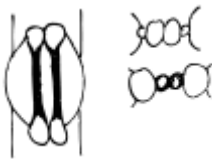


- Emerzní: vyčnívají nad úroveň epidermis, např. stomata hygrofytů, natantních rostlin a listů hydrofytů;
- Submerzní, kryptoporní: stomata jsou ponořena pod úroveň epidermis, např. stomata xerofytů;
- Faneroporní: stomata leží v jedné rovině s buňkami epidermis, u většiny rostlin.

Ontogeneticky vznikají stomata v počátečních fázích histogeneze (vznik a vývoj tkání). Průduchová štěrbinu je vždy schizogenního původu (vznik oddělením buněk).

Z anatomického hlediska tvoří stomata dvě svěrací buňky, které uzavírají průduchovou štěrbinu. Svěrací buňky reagují na obsah vody v buňkách svým pohybem, který buď průduchovou štěrbinu otevírají, nebo zavírají. Možnost pohybu je dána celulóзовými fibrilami v buněčné stěně a jejich rozdílnou pružností. Pod průduchovou štěrbinou se nachází vnitřní dýchací dutina, vnější dýchací dutinu můžeme sledovat u submerzních stomat. Vnější dýchací dutinu často vyplňuje vosk, např. u jehličnanů, některých trav a sukulentů. U oleandru (*Nerium*) jsou zvláštností trichomy, vznikající z buněk dýchací dutiny (stomatální krypty).

Dělení dle anatomické stavby svěracích buněk (cs.wikipedia.org + doplnění dle Vinter 2009):

	<p>Typ Amaryllis (podle rostlin rodu <i>Amaryllis</i>)</p> <p>Svěrací buňky jsou ledvinité a nestejně ztlustlé. Vnitřní stěny (obrácené do štěrbinu) jsou totiž vyztužené dvěma podélnými lištami, naopak strana hřbetní (odvrácená od štěrbinu) je pružná. Když klesne turgor, buňky se napřimují a štěrbinu se uzavírá. Jedná se o průduch typický pro</p>
---	---

	jednoděložné rostliny, méně často je i u dvouděložných.
	<p>Typ Helleborus (podle rostlin rodu čemeřice, latinsky <i>Helleborus</i>) Svěrací buňky jsou rovněž ledvinité a nerovnoměrně zesílené, na příčném řezu mají tvar trojúhelníka, průduchová štěrbinu se otevírá nejen paralelním pohybem obou buněk, nýbrž také jejich vychylováním kolmo k rovině listu (princip otevírání dveří). Jedná se o průduch typický pro dvouděložné rostliny, méně často je i u jednoděložných.</p>
	<p>Typ Gramineae (podle skupiny <i>Gramineae</i>, tzn. česky „trávy“) Svěrací buňky mají piškotovitý (či činkovitý) tvar a opět nerovnoměrně ztlustlé stěny. Prostředí úzká část je ztlustlá, okrajové části mají stěny tenké. Při zvyšování turgoru se tenkostěnné okrajové části zvětšují, odtlačují se od sebe a štěrbinu zvětšují, obráceným mechanismem se otvor zmenšuje. Na pohybu svěracích buněk se výrazně podílejí i buňky vedlejší, jež vznikají syndetocheilicky. Stomata tohoto typu většinou vytvářejí pravidelné řady. Už podle názvu převažují u trav (<i>Poaceae</i>), ale i ostřic (<i>Carex</i>), sítin (<i>Juncus</i>), dále je však možné je najít na listech dubu cesmínového (<i>Quercus ilex</i>) a na specializovaných řapících (fylodiích) akácie (<i>Acacia</i>).</p>
	<p>Pteridofytní typ (podle skupiny <i>Pteridophyta</i>, tzn. česky <u>kaprad'orosty</u>) Svěrací buňky jsou v uzavřeném stavu oválné, pokud se turgor zvětšuje, buňky nabývají kulovitého tvaru a otevírá se mezi nimi štěrbinu. Jedná se o průduchy typické pro kapradiny.</p>
	<p>Gymnospermní typ (podle skupiny <i>Gymnospermae</i>, tedy česky <u>nahosemenné</u>) Jedná se o specifický typ průduchů zanořených hlouběji do pokožky a se ztlustlými lignifikovanými stěnami. Možnosti otevírání průduchů jsou tím velmi omezené, na zimu se ucpávají voskem. Jsou typické pro jehlice jehličnanů. Jsou situované do řádků.</p>

U rostlin adaptovaných na přebytek vody se fylogeneticky vyvinuly útvary sloužící k vytlačování nadbytečné vody ven z listu. Tyto útvary se jmenují hydatody. Jsou tvořeny svěřacími buňkami jako průduchy, ale nemají schopnost stahování, tudíž nemohou uzavřít štěrbinu, jsou tedy stále otevřené.

Vývoj průduchu dle cs.wikipedia.org

Průduch vzniká v rané fázi vývoje listu z části tuniky známé jako meristemoid. Buňky meristemoidu prochází asymetrickým dělením (inadekvátní mitóza) na jednu velkou epitelialní a jednu malou mateřskou buňku svěřacích buněk. Tato mateřská buňka se následně opět rozdělí na dvě buňky svěřací. Mezi nimi vznikne (tzv. schizogenně, tedy rozpuštěním přepážky mezi buňkami a následným oddělením buněk od sebe) průduchová štěrbinu, přes ni probíhá výměna plynů. Samotná mateřská buňka se však může rozdělit dvěma způsoby, na jejichž základě rozlišujeme:

- průduchy haplocheilické – mateřská buňka se přímo rozdělí na dvě svěřací; například u jehličnanů (*Pinophyta*), cykasů (*Cycadophyta*), lilií (*Lilium*), kosatců (*Iris*) atp.;
- průduchy syndetocheilické – mateřská buňka se dělí několikrát, ve vzniklé populaci buněk se jedna prostřední rozdělí na vlastní svěřací buňky, zatímco okolní buňky se mění na buňky vedlejší; tyto vedlejší buňky se liší od typických pokožkových buněk a účastní se mechanismu otevírání a zavírání průduchů.

Dělení průduchů na základě počtu, uspořádání a tvaru pokožkových buněk kolem:

- průduchy izocytické (anomocytické) – buňky kolem průduchů vypadají stejně jako epidermální buňky; vývoj je nejčastěji haplocheilický (tzn. bez vedlejších buněk);
- průduchy anizocytické – buňky kolem průduchů se liší od epidermálních buněk; vývoj je syndetocheilický (tzn., že mají buňky pomocné).

❖ **Systémy základních pletiv**

Pletiva základní jsou všechna ostatní, která se neřadí mezi krycí ani mezi vodivá pletiva (Campbell et al 2006). Vyplňují prostor mezi krycími a vodivými pletivy (Vinter 2009).

• **Asimilační pletiva**

Nacházejí se hned pod epidermis, tato pozice je nutností s přihlédnutím na chloroplasty, které pro svoji fotosyntetickou funkci potřebují dostatek světla. Přísun CO₂ zajišťují interceluláry (mezibuněčné prostory). Nezbytným faktorem pro fotosyntézu je voda, která je přiváděna xylémem a odváděna floémem. Buňky pletiva jsou tenkostěnné, parenchymatické. Asimilační pletiva jsou typická pro listy. Zde jsou nazývána jako mezofyl. Mezofylové buňky obsahují velkou středovou vakuolu, která vytlačí ostatní orgány na okraje buňky, kde vytváří tzv. nástěnný lem. Mezofyl bývá nejčastěji rozdělen na palisádový a houbový parenchym nebo je tvořen pouze houbovým parenchymem (Vinter 2009). Palisádový parenchym se nejčastěji nachází v jedné nebo více vrstvách těsně pod svrchní epidermis. Houbový parenchym obsahuje poměrně méně chlorofylu, než je tomu u palisádového parenchymu. Mezi buňkami se nachází rozsáhlé mezibuněčné prostory. Kromě listů mají schopnost asimilace také stonky a vzácně i kořeny.

• **Zásobní pletiva**

Složí k uchování produktů fotosyntézy. Buňky jsou parenchymatické s velkým množstvím vakuol. Nejčtenější zásobní látkou je škrob, dále inulin, zásobní proteiny (globuliny, prolaminy, albuminy aj.) a lipidy.

U sukulentů se vyvinuly pletiva zadržující vodu. Vodní pletiva (hydrenchym) se nacházejí především v listech (chylofyly) u netřesku (*Sempervivum*), rozchodníku (*Sedum*) a aloe (*Aloe*).

- **Provětrávací pletiva**

Slouží k příjmu a výdeji plynů a výdeji vodních par. Dále jako zásobárna vzdušného kyslíku u hygroytů a hydrofytů. U vodních rostlin mají také funkci nadlehčovací, např. aerenchym v řapících vodních rostlin umožňuje vynesení listové čepele blíže světlu (Vinter 2009). Mezi provětrávací pletiva se řadí i systém mezibuněčných prostor a systém otvorů v krycích pletivech, jako jsou stomata, lenticely a pneumatody.

- Stomata (viz. výše)
- Lenticely (čočinky) se nacházejí u druhotně tloustnoucích rostlin. Jsou tvořeny odumřelými parenchymatickými buňkami.
- Pneumatody jsou otvůrky v dýchacích kořenech tisovců a dřevin mangrove (Vinter 2009).
- Aerenchym je typický obřími intercelulárami, které zabírají většinu buňky. Nejběžněji se vyskytuje u bahenních a vodních rostlin, kde plní funkci vznášedla a jako zásobárna pro vzdušný kyslík. Aktinenchym je typem aerenchymu. Liší se specifickým hvězdicovitým tvarem buněk.

- **Vylučovací pletiva**

Vyměšují odpadní látky nebo látky, se kterými rostlina komunikuje s okolím. Vylučovací pletiva se nacházejí na povrchu nebo uvnitř rostliny.

- Solné žlázy – Jsou výsledkem adaptace u rostlin, které obývají stanoviště bohaté na obsah solí, tzv. halofyty. Rostlina se brání vysokému zastoupení solí v těle jejich vypuzováním přes solné žlázy.
- Žláznaté trichomy – Hlavní funkcí je odpuzování býložravců nebo lákání opylovačů. Mezi látky vylučované trichomy patří terpeny, tuky, vosky atd. Jsou typické pro hvězdicovité (*Asteraceae*), konopovité (*Cannabaceae*), bukovité (*Fagaceae*) nebo hluchavkovité (*Lamiaceae*).
- Tentakule – jsou žláznaté útvary vyskytující se u masožravých rostlin. Vylučují lepkavou tekutinu, která slouží k nalákání a lapení hmyzu. V tekutině se nachází proteolytické enzymy, které štěpí bílkoviny hmyzího těla. Nacházejí se např. u rosnatek (*Drosera*), kde mají paličkovitý tvar.

- Hydatody- neboli vodní skuliny, slouží k vylučování nadbytečné vody z těla ven v podobě kapek (gutace). Jsou podobně stavěna jako stomata, ale jejich svěrací buňky jsou odumřelé, proto ztrácí možnost regulace velikosti otvoru a jsou stálé otevřené.
- Mléčnice – jsou idioblasty obsahující latex. Zakládají se již v semeni a postupně prorůstají celou rostlinou. Slouží k ochraně před býložravci a také jako první pomoc při poranění rostliny, uzavírá cévy. Nečláňkované mléčnice se nacházejí např. u pryšců (*Euphorbia*), barvínku (*Vinca*), fíkovníků (*Ficus*) a čláňkované u pampelišky (*Taraxacum*), lociky (*Lactuca*), vlaštovičníku (*Chelidonium*) a kaučukovníku (*Hevea*).
- Lyzigenní nádrčky- vznikají rozpuštěním buněk v listech a oplodí routovitých rostlin (*Rutaceae*), v listech myrtovitých (*Myrtaceae*).
- Schyzogenní kanálky- vznikají rozpuštěním střední lamely a rozestoupením buněk (Vinter 2009). Pryskyřičné kanálky se nacházejí u jehličnanů a siličné kanálky např. u některých miříkovitých (*Apiaceae*) nebo u třezalek (*Hypericum*).

- **Absorpční pletiva**

Slouží k nasávání roztoků z okolí do těla rostliny. Některé rostliny jsou schopny přijímat vodu absorpčními trichomy na listech nebo povrchem listů, kde není kutikula.

- ❖ **Systémy pletiv vodivých a zpevňovacích**

- **Vodivá pletiva (cévní svazky)**

Slouží k transportu látek na dlouhé vzdálenosti. Dělí se na dvě části, xylém a floém. Kolem cévních svazků se nacházejí pochvy, které zabraňují pronikání transportovaných látek mimo transportní dráhy. Pochva je tvořena sklerenchymatickými nebo parenchymatickými buňkami. Vodivá pletiva jsou složená, skládají se z více typů buněk (vodivé, mechanické, zásobní). Z histologického hlediska se dělí na primární a sekundární. Soubor cévních svazků v listové čepeli tvoří žilnatinu. Zpravidla lze v žilnatině rozlišit hlavní žebro a postranní žilky.

- Xylém (dřevní část) – zajišťuje (apoplastický) vzestupný proud vody s rozpuštěnými minerálními látkami (soli aj.), ale mohou být transportovány i organické látky (např. u opadavých dřevin dochází v jarních měsících k transportu organických látek ze zásobních pletiv pro tvorbu listů). Elementy xylému se dělí na tracheidy (cévice) a tracheje (cévy).
- Floém (lýková část) – zajišťuje (symplastický) sestupný proud vody s organickými látkami (glycidy, sacharóza, aminokyseliny aj.). Elementy floému se nazývají sítkovice.

Transport vzduchu je zajištěn zvláštním pletivem z prozenchymatických buněk.

- **Mechanická pletiva**

Slouží ke zpevnění rostlinného těla, aby mohlo odolávat mechanickému zatížení. Redukována jsou u hydrofytů. Ke zpevnování rostlinných orgánů slouží pletiva cévních svazků. Zde oporu tvoří tracheje a tracheidy se zdřevnatělými buněčnými stěnami a fibrily xylémového a floémového sklerenchymu. Dále sklerenchymatická pochva obklopující cévní svazky. Mimo cévní svazky zpevňují rostlinné tělo sklerenchymatická vlákna, sklereidy (sklerenchymatické buňky rozličných tvarů) a kolenchym.

5.2. ONTOGENEZE LISTU

Ontogeneze listu je podrobněji popsána v publikacích Vinter (2009) nebo Balabán a spol. (1963). Dále pak Campbell a Reece (2006) a Luxová (1974).

Nový list se zakládá exogenně v podobě listového primordia, vznikajícího dělením buněk periferních meristémů po stranách růstového vrcholu (Vinter 2009). Později aktivitou axilárních meristémů vznikají úžlabní pupeny. Pokožka a její deriváty vznikají činností iniciál v apikálním meristému. Pak se začíná list zplošťovat a hlavní aktivita růstu se soustřeďuje do střední části listového základu, což vede k rozšíření řapíku a čepele. Dalším krokem v růstu je diferenciací prokambia budoucí listové žilnatiny.

6. MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

Pro zhotovení mikroskopických preparátů jsem použila materiál nasbíraný v areálu a sklenících katedry botaniky UP na Šlechtitelů, v arboretu Žampach a vlastní rostlinný materiál. Inspiraci pro výběr materiálu jsem hledala v literatuře od Petersona (Peterson et all. 2008), Pazourka a Votrubové (Pazourek, Votrubová 1997), Strasburgera (Strasburger et all. 1991), Brauneho (Braune et all 1967) nebo Vintra (Vinter 2009). Preparáty jsem zhotovovala dvojího typu, hodinové do kapky vody a krátkodobé, které jsem fixovala v roztoku 70 % 20tanolu a glycerolu v poměru 1 : 2. Preparáty jsem řezala pomocí žiletky a bezové duše. Řezy jsem prováděla transverzálně (příčně). Také jsem zhotovila otiskové preparáty spodní strany listu a preparáty stažené epidermis, pro ukázkou průduchů získaných i jinou technikou, než jen příčného řezu listu. Při zpracování mikroskopické přílohy jsem použila mikroskopii v procházejícím světle. Pro zřízení fotografií jsem použila mikrofotografický systém Olympus DP70. Fotografie jsem následně upravovala v programu Picasa 3.

Sběr a úpravy rostlinného materiálu a zhotovování preparátu podrobněji popisuje Vinter (Vinter 2008), Jurčák (Jurčák 2001), Braune (Braune et al 1967) nebo Tereba (Tereba 1934).

7. PRAKTICKÁ ČÁST S VÝSLEDKY

7.1. VÝSLEDKY

Celá praktická část je zpracována v digitální podobě na CD a je dodána v příloze. Seznam všech sledovaných druhů je sepsán níže. Následující mikrofotografie s popisem anatomické stavby jsou jako příklad zpracování.

○ SEZNAM ŘEZANÝCH DRUHŮ

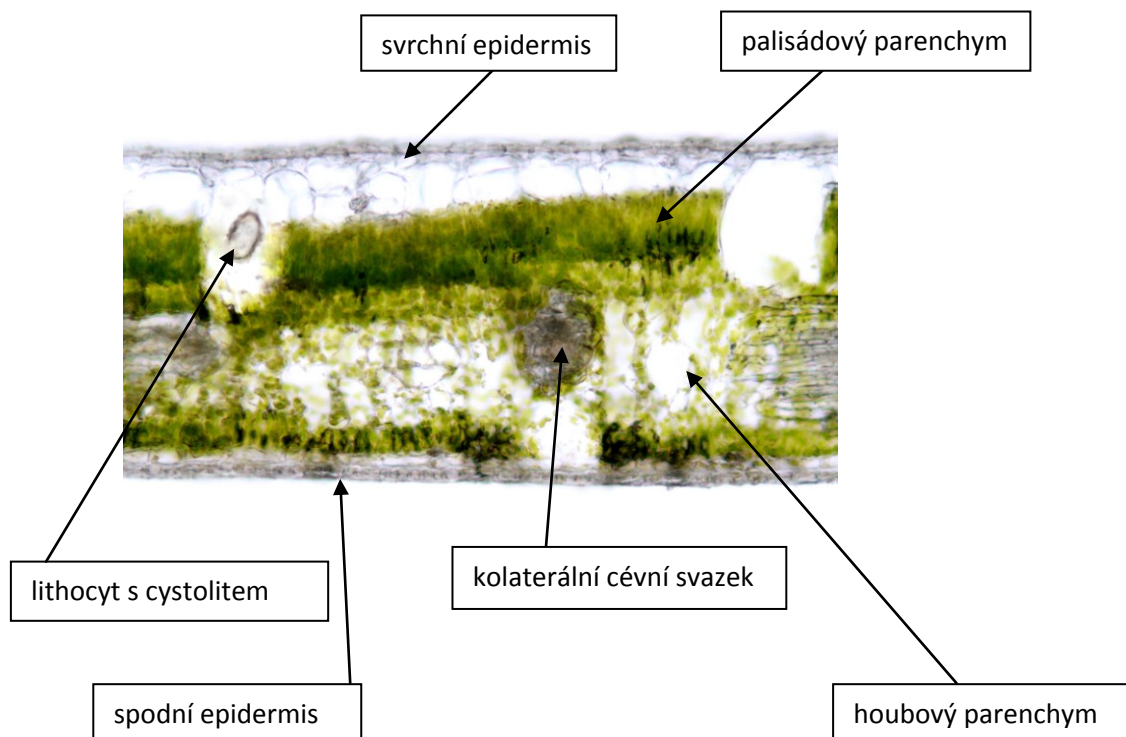
- **Aloe vera (*Aloe vera*)**
- **Amaryllis (*Amaryllis vittata*)**
- **Begónie (*Begonia*)**
- **Borovice černá (*Pinus nigra*)**
- **Borovice kleč (*Pinus mugo*)**
- **Borovice Jeffereyiova (*Pinus Jeffereyi*)**
- **Břečťan popínavý (*Hedera helix*)**
- **Cibule kuchyňská (*Allium cepa*)**
- **Čemeřice černá (*Helleborus nigra*)**
- **Divizna velkokvětá (*Verbascum densiflorum*)**
- **Fíkovník pryžodárný (*Ficus elastica*)**
- **Fíkovník malolistý (*Ficus benjamina*)**
- **Frézie (*Freesia corymbosa*)**
- **Hlošina úzkolistá (*Elaeagnus angustifolia*)**
- **Ibišek (*Hibiscus*)**
- **Kopřiva žahavka (*Urtica urens*)**
- **Kosatec německý (*Iris germanica*)**
- **Ledviník ztepilý (*Nephrolepis exaltata*)**
- **Medvědí tráva (*Xenophyllum tenax*)**
- **Narcis žlutý (*Narcissus pseudonarcissus*)**
- **Oleandr obecný (*Nerium oleander*)**
- **Pajehličník přeslenitý (*Sciadopitys verticillata*)**
- **Pažitka pobřežní (*Allium schoenoprasum*)**

- **Pelargonie páskatá (*Pelargonium zonale*)**
- **Potos = šplhavnice (*Scindapsus*)**
- **Srha říznačka (*Dactylis glomerata*)**
- **Šáchor papírodárný (*Cyperus papyrus*)**
- **Tis červený (*Taxus baccata*)**
- **Vřesovec plet'ový (*Erica carnea*)**
- **Zeravinec japonský (*Thujopsis dolabrata*)**

7.1.1. LISTY BIFACIÁLNÍ

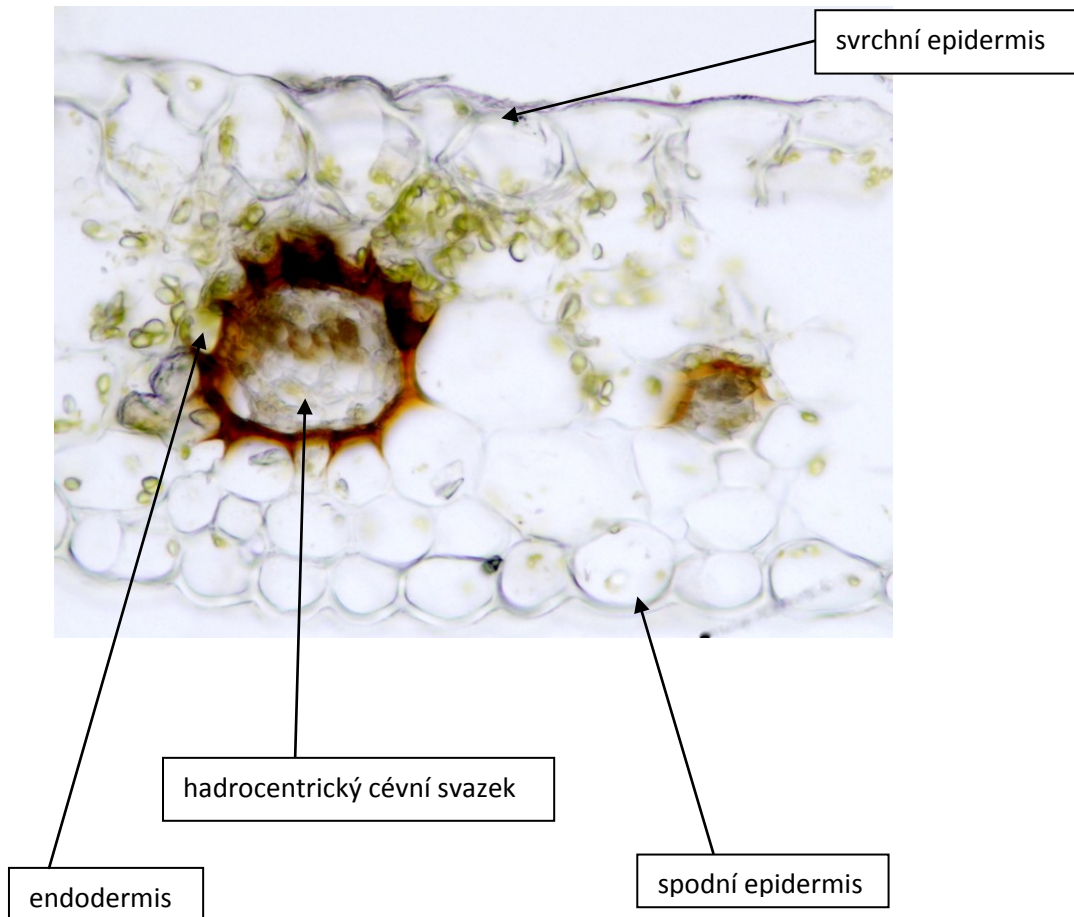
Fíkovník malolistý (*Ficus benjamina*)

List bifaciální normální s rozlišeným mezofylem. Vícevrstevný palisádový parenchym je pod svrchní epidermis a houbový je přilehlý ke spodní. Pokožka je třívrstevná s lithocyty, ve kterých se nachází cystolity šťavelanu vápenatého. Drůzy šťavelanu vápenatého se nacházejí i mezi buňkami palisádového parenchymu. Ve střední části listu se nachází kolaterální cévní svazky, orientované xylémem ke svrchní epidermis.



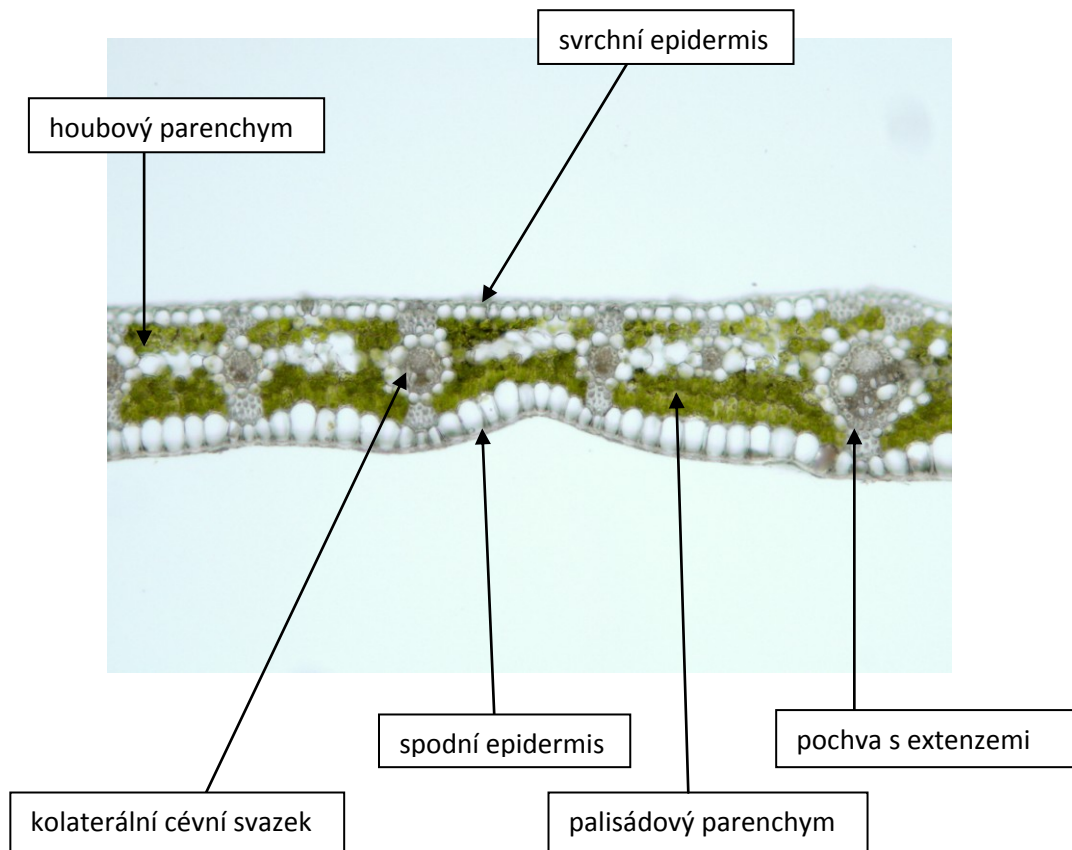
Ledviník ztepilý (*Nephrolepis exaltata*)

List bifaciální normální s nerozlišeným mezofylem. Pokožka je jednovrstevná, obsahující chloroplasty. V mezofylu jsou hadrocentrické cévní svazky, které obklopuje endodermis.



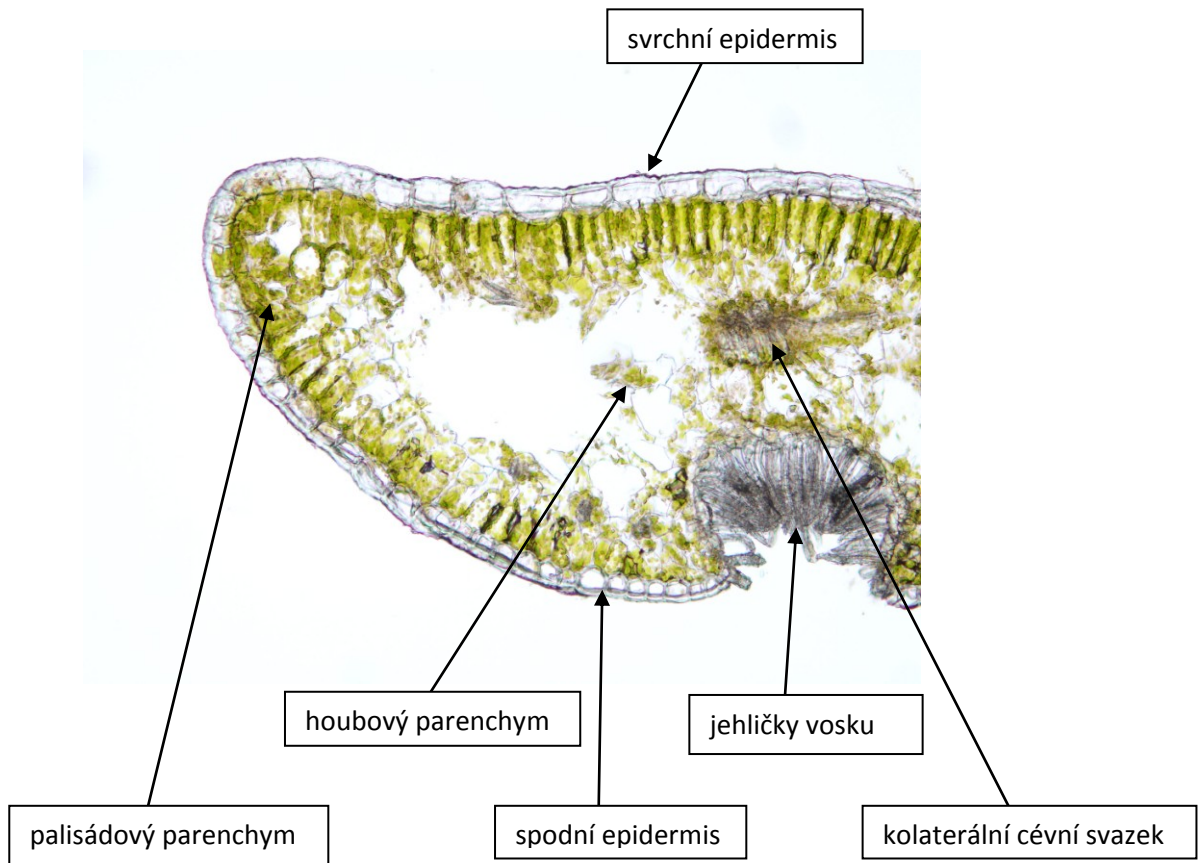
Šáchor papírodárný (*Cyperus papyrus*)

List bifaciální inverzní. Palisádový parenchym přiléhá ke spodní epidermis a houbový ke svrchní. Kolaterální cévní svazky jsou orientované xylémem k adaxiální straně listu, jsou obklopeny sklerenchymatickou pochvou s extenzemi. Epidermis jednovrstevná.



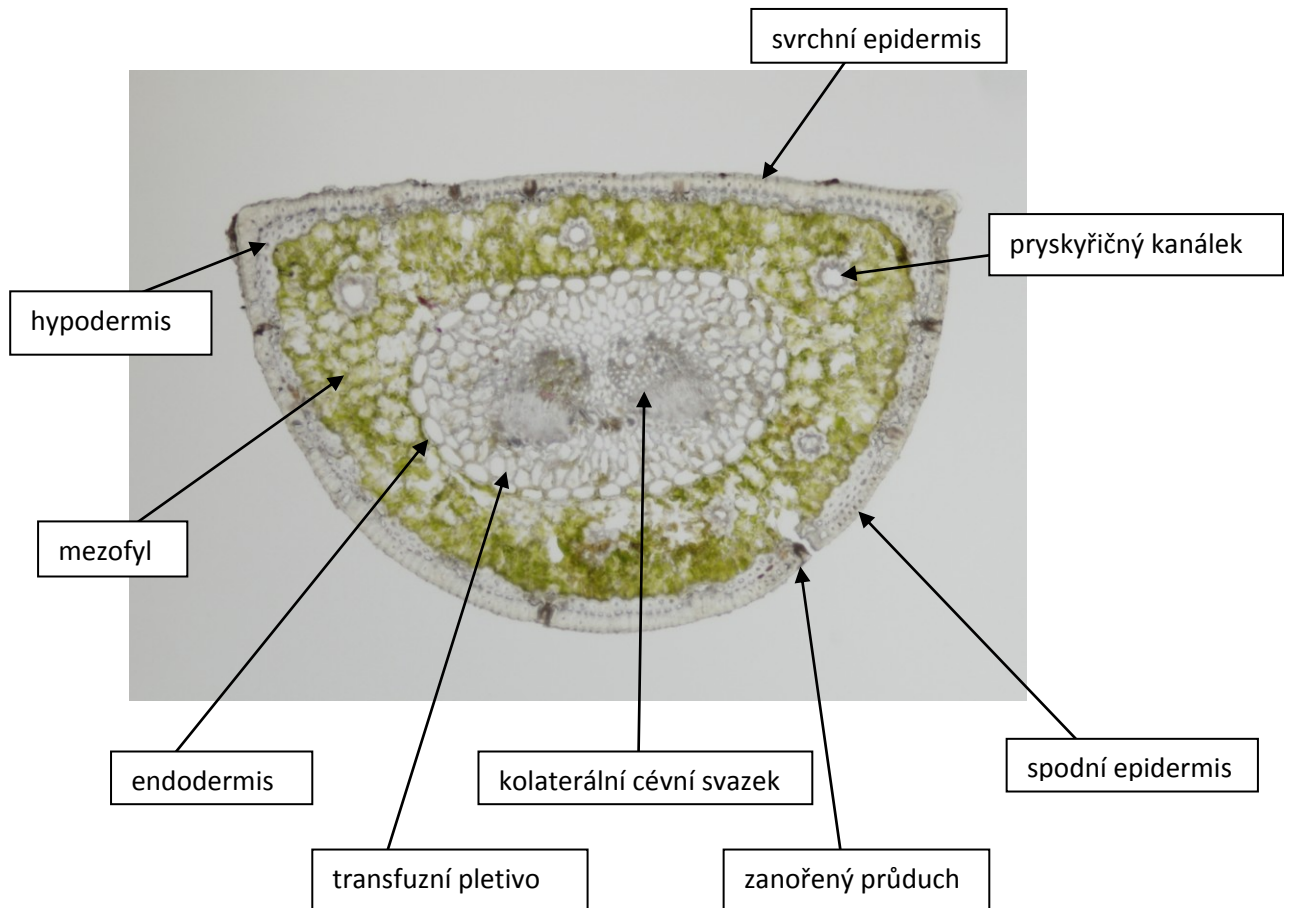
Vřesovec plet'ový (*Erica carnea*)

List trifaciální. Vnitřní stavbou odpovídá listu bifaciálnímu, ale došlo k podvinutí listových okrajů, až do té míry, že se vytvořila strana třetí. Zde se na ní vytvořily jehličky vosku. Ve střední části listu se nachází kolaterální cévní svazek, orientovaný xylémem ke svrchní epidermis.



Borovice černá (*Pinus nigra*)

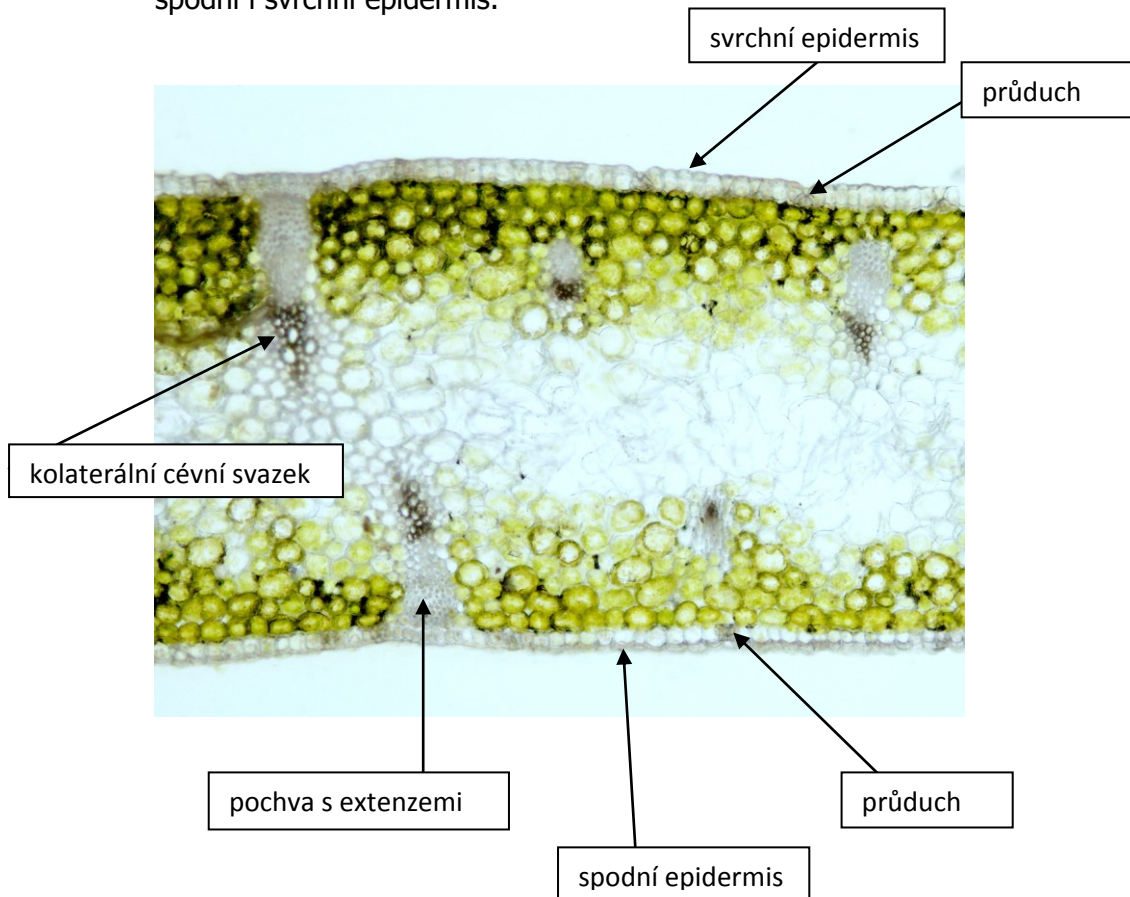
List ekvifaciální s nerozlišeným mezofylem. Centrální válec je ohraničen endodermis a vyplněn transfúzním pletivem. Uvnitř jsou dva kolaterální cévní svazky orientované xylémem ke svrchní epidermis. Epidermis jednovrstevná se zanořenými průduchy. Je krytá silnou kutikulou. Pod epidermis je sklerenchymatická hypodermis.



7.1.2. LISTY HOMOFACIÁLNÍ

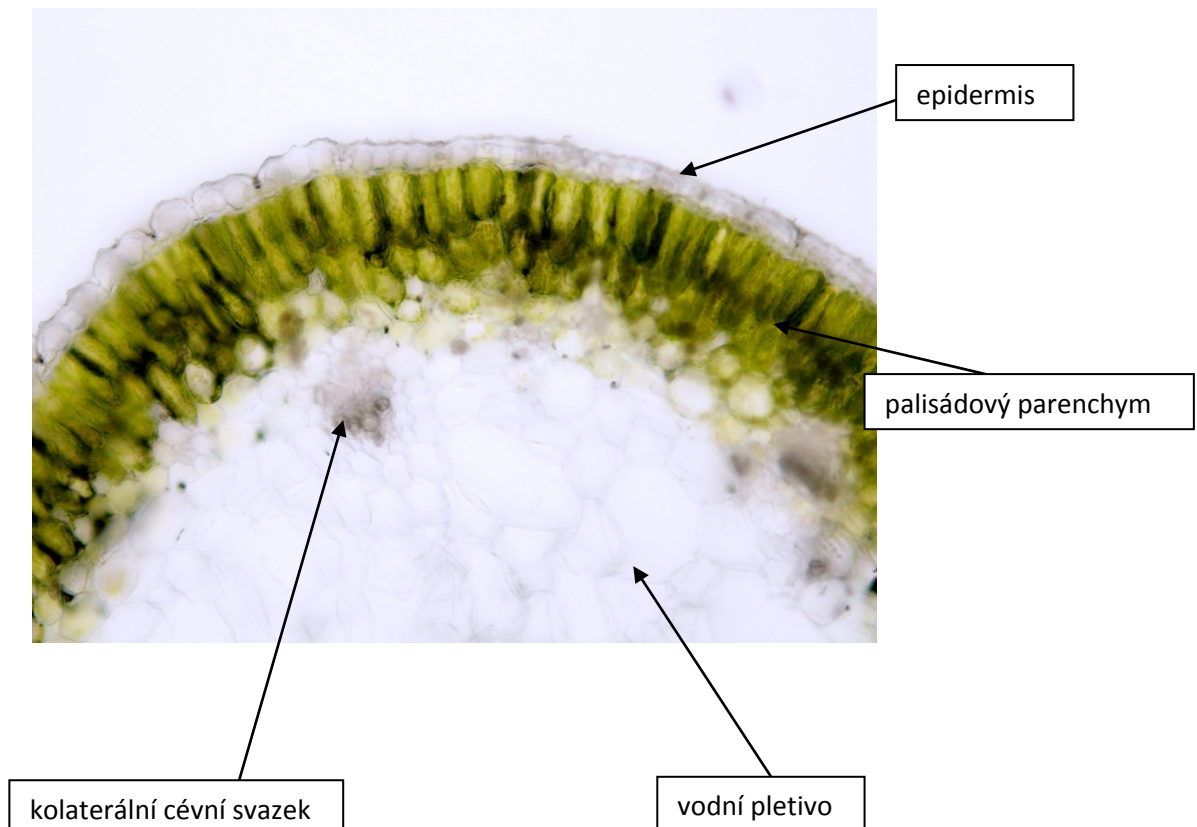
Kosatec německý (*Iris germanica*)

List homofaciální, unifaciální, isolaterální s nerozlišeným mezofylem. Epidermis je jednovrstevná. Kolaterální cévní svazky jsou přilehlé k oběma epidermis, xylémem orientované proti sobě, dovnitř listu. Stomata jsou ve spodní i svrchní epidermis.



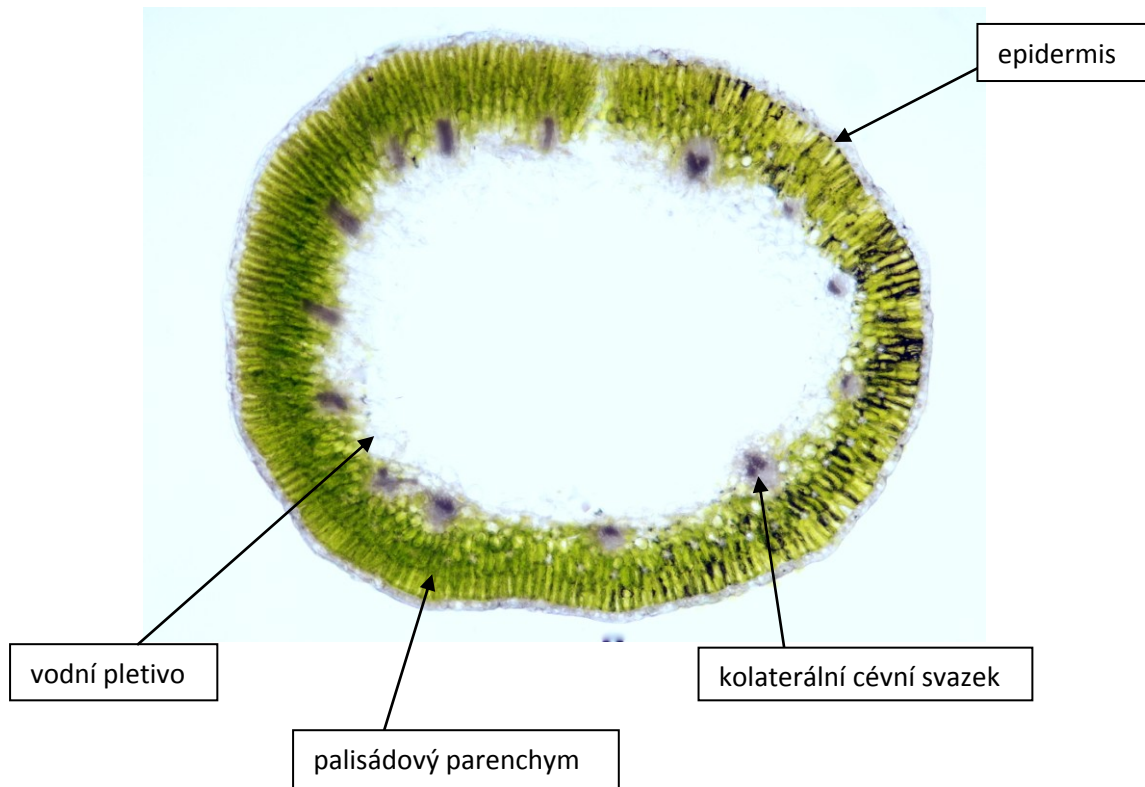
Cibule kuchyňská (*Allium cepa*)

List homofaciální, unifaciální, válcovitý s rozlišeným mezofylem. Epidermis jednovrstevná. Kolaterální cévní svazky jsou xylémem orientované dovnitř listu. Pletiva uvnitř vyplňují celý list. Zde funkce vodního pletiva. Palisádový parenchym je pod epidermis a pod ním je houbový.



Pažitka pobřežní (*Allium schoenoprasum*)

List homofaciální, unifaciální, trubkovitý s rozlišeným mezofylem. Kolaterální cévní svazky jsou xylémem orientované dovnitř listu. Pletiva uvnitř nevyplňují celý list, je dutý.



7.2. KLÍČ KE KLASIFIKACI ASIMILAČNÍCH LISTŮ PODLE ANATOMICKÉ STAVBY

- 1.** Listová čepel je na průřezu plochá, mezofyl je rozlišený na palisádový parenchym a houbový parenchym.....1.1.
1.2.
1.3.
- 1.1. Palisádový parenchym je pod svrchní epidermis a houbový parenchym přiléhá ke spodní epidermis.....**list bifaciální (normální)**
- 1.2. Palisádový parenchym je přilehlý ke spodní epidermis a houbový parenchym je pod svrchní epidermis.....**list bifaciální (inverzní)**
- 1.3. List je stavbou bifaciální s podvinutými okraji.....**list trifaciální**
- 2.** Listová čepel je na průřezu plochá až kruhovitá, mezofyl a cévní svazky jsou jinak uspořádané.....list homofaciální.....3.
4.
- 3.** Listová čepel je na průřezu kruhovitá, cévní svazky jsou orientované xylémem do středu listu.....list unifaciální.....5.
- 4.** Listová čepel je na průřezu plochá, pletiva pod svrchní epidermis a nad spodní epidermis jsou přibližně shodná, list lze rozdělit podélně na 2 téměř shodné poloviny.....
list monofaciální.....4.1.
- 4.1. Cévní svazky jsou uloženy uprostřed mezofylu a jsou orientovány xylémem ke svrchní epidermis.....list ekvifaciální.....4.1.1.
4.1.2.
- 4.1.1. V mezofylu není palisádový parenchym.....
**list ekvifaciální s nerozlišeným mezofylem**
- 4.1.2. V mezofylu je palisádový parenchym.....
**list ekvifaciální s rozlišeným mezofylem**
- 5.**.....5.1. Uvnitř listu je dutina.....list trubkovitý.....5.1.1.
5.1.2.
-5.2. Pletiva vyplňují celý list.....list válcovitý.....5.2.1.
5.2.2.

- 5.1.1. V mezofylu není palisádový parenchym.....
.....**list trubkovitý s nerozlišeným mezofylem**
- 5.1.2. V mezofylu je palisádový parenchym.....
.....**list trubkovitý s rozlišeným mezofylem**
- 5.2.1. V mezofylu není palisádový parenchym.....
.....**list válcovitý s nerozlišeným mezofylem**
- 5.2.2. V mezofylu je palisádový parenchym.....
.....**list válcovitý s rozlišeným mezofylem**

8. DISKUZE

K vypracování mé bakalářské práce mě vedlo přesvědčení, že názornost při výuce biologie je nepostradatelná. Vyučující díky mé práci mohou již při výkladu studentům prezentovat fotografie stavby listů a následně v laboratorních cvičeních budou studenti vědět, jak má daný řez přibližně vypadat a mohou využívat klíč ke klasifikaci a tím se z největší části při práci osamostatnit.

Prostudovala jsem anatomickou stavbu všech typů asimilačních listů, jak je dělí např. Vinter (Vinter 2009). Ale v literaturách jsem narazila na nejednotnost tohoto základního dělení. V Jurčákovi (Jurčák 2001) řadí ekvifaciální typ listu do homofaciálních listů. Po prostudování např. řezu borovice jsem se ztotožnila s názorem uvedeným ve Vinterovi (Vinter 2009), že borovice (*Pinus*) je listem ekvifaciálním, typem bifaciálního listu, jehož svrchní a spodní strana je stavbou pouze podobná. Už jen díky tvaru průřezu, uložení pryskyřičných kanálků nebo zesílení hypodermis v rozích řezu, nelze řez přehnou dle rovnoběžné roviny souměrnosti na dvě stejné poloviny.

Další diskuze by se mohly rozvádět při řezání listu pažitky pobřežní (*Allium schoenoprasum*). Juvenilní list by se dle vnitřní stavby mohl řadit k listům válcovitým, protože pletiva vyplňují celý vnitřek listu, ale během ontogeneze dochází k protrhávání vnitřních pletiv s následným utvořením centrální rhexigenní dutiny. Dle tohoto faktu se již vyvinutý list řadí k listům trubkovitým.

Ani počet vrstev palisádového parenchymu nemusí být vždy u daného druhu shodný, dokonce u vybraného jedince nemusí odpovídat. Tloušťka mezofylu je závislá na síle působení ekologických faktorů, v tomto případě zejména na intenzitě slunečního záření. Velikost a počet intercelulár v houbovém parenchymu je závislá na stupni adaptace rostliny vůči vysychání a přehřívání. Např. pelargonie páskatá má interceluláry v houbovém parenchymu poměrně malé. Povrch listu má chráněný silnou kutikulou a krycími trichomy.

Při výběru materiálu jsem se inspirovala literaturami o anatomii listu a návody do laboratorních cvičení, abych pokryla co nejvíce specifických struktur.

Trichomy mají velice rozmanitou stavbu. Od jednoduchých výběžků epidermis až po složitě větvené kandelábrovitě nebo hvězdicovité struktury. Typologii, podle stavby i funkce dle Jurčáka (Jurčák 2001), jsem obsáhla celou. Podařily se mi preparovat jednobuněčné nevětvené žahavé trichomy kopřivy žahavky (*Urtica urens*), vícebuněčné jednořadé nevětvené žláznaté trichomy pelargonie páskaté (*Pelargonium zonale*), vícebuněčné jednořadé větvené krycí trichomy divizny velkokvětě (*Verbascum densiflorum*) i vícebuněčné hvězdicovité krycí trichomy hlošiny úzkolisté (*Elaeagnus angustifolia*).

Preparáty stomat jsem získávala stažením epidermis a také příčnými řezy listů. Nezdařil se mi pouze příčný řez stomatem Pteridofytního typu. Z důvodu, že jsem materiál sbírala v zimě a brzy zjara, jsou zanořené průduchy borovic (*Pinus*) zalité voskem.

V řezech jsem pozorovala četné fytolity, převážně drůzy u břečťanu popínavého (*Hedera helix*), pelargonie páskaté (*Pelargonium zonale*), oleandru obecného (*Nerium oleander*), fíkovníku pryžodárného (*Ficus elastica*) a fíkovníku malolistého (*Ficus benjamina*). Dále styloidy u begónie (*Begonia*) a cystolity u fíkovníku pryžodárného (*Ficus elastica*) a fíkovníku malolistého (*Ficus benjamina*).

Cévní svazky listů jsou kolaterální vyjma hadrocentrického cévního svazku ledviníku ztepilého (*Nephrolepis exaltata*). Orientované jsou xylémem ke svrchní epidermis. Počet je závislý na počtu žilek v listu. Jeden cévní svazek se nachází například u tisu červeného (*Taxus baccata*), vřesovece plet'ového (*Erica carnea*) nebo zeravince japonského (*Thujopsis dolabrata*), dva u pajehličníku přeslenitého (*Sciadopitys verticillata*) nebo borovice černé (*Pinus nigra*). U ostatních druhů je počet svazků vyšší.

Významnou odlišností u borovic (*Pinus*) je střední válec, obklopený endodermis, vyplněný transfuzním pletivem, který ukrývá kolaterální cévní svazky. V buňkách endodermis by měly být vidět Casparyho proužky, ale v mém řezu bohužel nejsou pozorovatelné.

Pryskyřičné kanálky jsou další zajímavostí nenacházející se v každém řezu. Jsou schizogenního původu a jejich počet je u rodu borovice (*Pinus*) jedním z determinačních znaků. Dalším druhem s pryskyřičnými kanálky je pajehličník přeslenitý (*Sciadopitys verticillata*) nebo zeravinec japonský (*Thujopsis dolabrata*).

9. ZÁVĚR

Byla bych ráda, kdyby se moje práce stala didaktickou příručkou pro učitele středních škol a nejen gymnaziálního typu.

Vhodné by bylo prostudovat vnitřní stavbu i na podélném (longitudinálním) řezu.

Podélný řez listů a náměty do laboratorních cvičení společně s didaktickým zpracováním a vyhodnocením jejich složitosti bude předmětem mé diplomové práce.

- Dosažení cílů bakalářské práce:
 - Byla prostudována anatomická stavba všech typů listů.
 - Vybraný materiál splňuje požadavky kladené na didaktický typ.
 - Navrhla jsem jednoduchý klíč ke klasifikaci asimilačních listů dle anatomické stavby.
 - Vytvořila jsem přehlednou prezentaci v programu PowerPoint 2007.

10. PŘEHLED LITERATURY

- Balabán, K.; a spol. (1963): Botanika obecná, Anatomie a morfologie rostlin- SPN, n.p., Praha
- Balabán, K.; Hejtmánek, J. (1959): Botanika obecná. Anatomie rostlin. – Státní nakladatelství technické literatury, Praha
- Braune, W.; Leman, A. et Taubert, H. (1967): Pflanzenanatomisches Praktikum. – VEB Gustav Fischer – Verlag, Jena
- Campbell, N.A. et Reece, J.B. (2006): Biologie. – Computer Press, Brno
- Černohorský, Z. (1952): Základy rostlinné morfologie: Nauka o buňce, pletivech a ústrojích – Přírodovědecké vydavatelství, Praha
- Hendrych, R. (1979): Systém a evoluce vyšších rostlin. – SPN, Praha
- Jurčák, J. (2001): Základní praktikum z botanické mikrotechniky a rostlinné anatomie (s návody do praktických cvičení). - Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc
- Kavina, K. (1950): Anatomie rostlin. – Nakladatelství českých zemědělců Brázda, Praha
- Kubát, K. et al. [eds.](2002): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha
- Luxová, M. (1974): Zemědělská botanika I. Anatomie a morfologie rostlin. – SZN, Praha
- Pazourek, J. et Votrubová, O. (1997): Atlas of Plant Anatomy. – Peres Publishers, Praha
- Skalický, M.; Novák, J. (2007): Botanika I. Anatomie a morfologie rostlin. – Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha
- Slavíková, Z. (2002): Morfologie rostlin. – Univerzita Karlova, Praha
- Strasburger, E.; Noll, F.; Schenk, H. et Schimper, A.F.W. (1991): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York
- Šebánek, J.; Podešva, J. (1977): Botanika, Morfologie rostlin- Vysoká škola zemědělská v Brně, Brno
- Tereba, L. (1934): Botanické praktikum. – J.Gusek, Kroměříž
- Vinter, V. (2008): Fytolity. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc
- Vinter, V. (2008): Listy. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc
- Vinter, V. (2008): Mikrotechniky. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc

- Vinetr, V. (2009): Rostliny pod mikroskopem, Základy anatomie cévnatých rostlin. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc
- Votrubová, O.; Opatrná, J. et Beneš, K. (2001): Základní slovník rostlinné anatomie I – VI. – Živa, Academia, (1 – 6), Praha
- Votrubová, O. (2001): Anatomie rostlin. - Karolinum, Praha

Jiné zdroje:

www.sci.muni.cz/~anatomy/leaves/html

cs.wikipedia.org

botany.upol.cz