

VETERINÁRNÍ A FARMACEUTICKÁ UNIVERZITA BRNO

---

FAKULTA VETERINÁRNÍ HYGIENY A EKOLOGIE

Ústav výživa zvířat

Výukové a studijní materiály pro mikroskopické cvičení z předmětu Botanika

---

BRNO 2018

Tento projekt vznikl za finanční podpory Interní vzdělávací agentury VFU Brno  
(2018FVHE/2220/42)

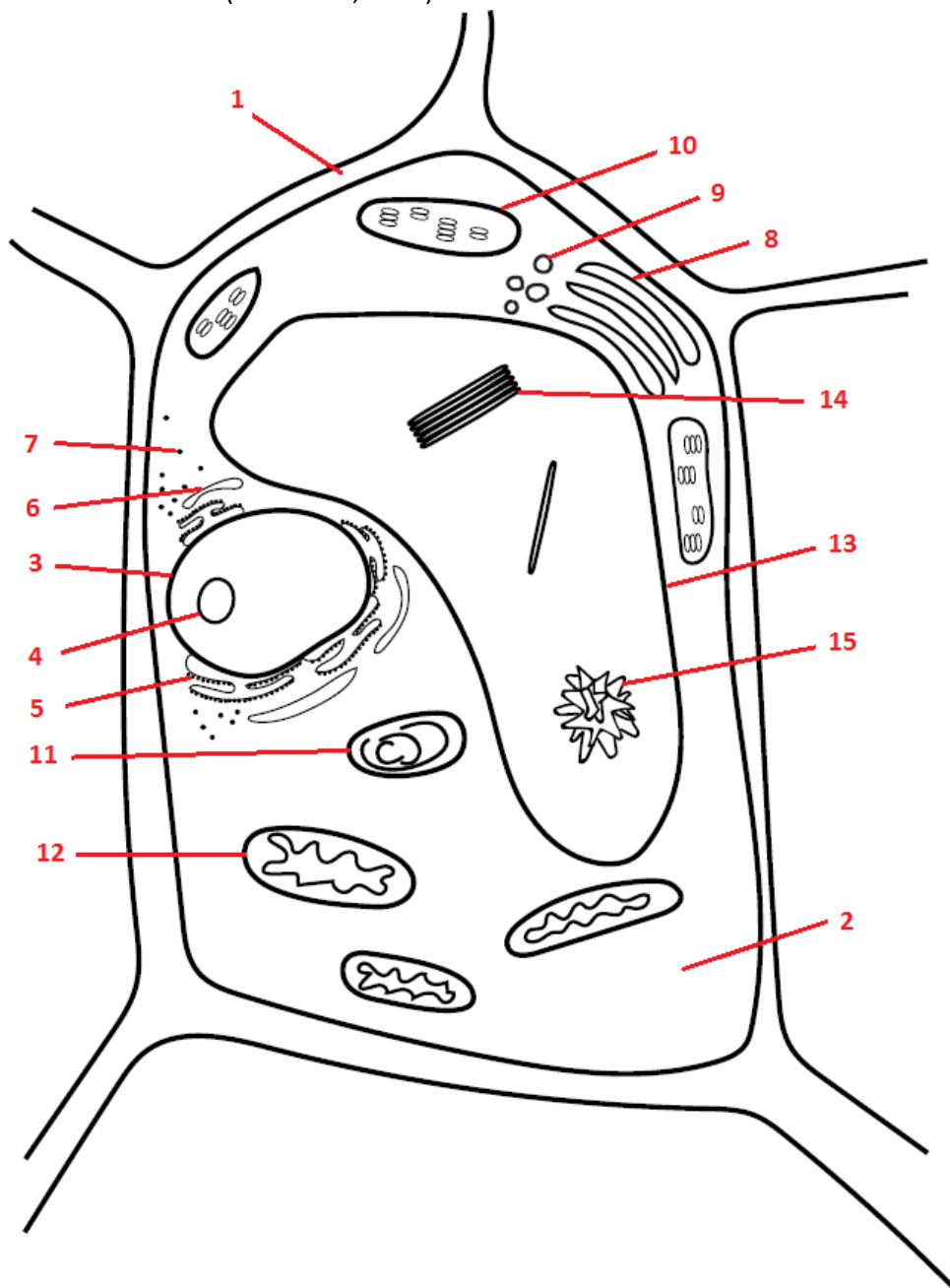
## Obsah:

Rostlinná buňka .....	4
Rostlinná pletiva .....	9
Orgány rostlin .....	17
Stavba kořene .....	22
Mikroskopické snímky kořene .....	27
Stavba stonku .....	31
Mikroskopické snímky stonku .....	36
Stavba listu .....	54
Mikroskopické snímky listu .....	59
Stavba květu .....	67
Stavba pylových zrn .....	71
Mikroskopické snímky květu .....	74
Stavba škrobových zrn .....	80
Mikroskopické snímky škrobových zrn .....	82
Mikroskopické preparáty .....	87
Řezy rostlinnými orgány .....	91
Práce s mikroskopem .....	94
Seznam úkolů prováděných na mikroskopickém cvičení .....	103
Seznam úkolů prováděných na mikroskopickém cvičení včetně postupů .....	104
Šablona protokolu do mikroskopického cvičení .....	107

## Rostlinná buňka

Rostlinná buňka se skládá z více nebo méně pevné buněčné stěny a z protoplastu (1). V protoplastu je obsažena cytoplazma a složitá a dynamická soustava membránových organel. Každá jednotlivá organela je vždy uzavřena, díky čemuž nedochází k mísení organelového obsahu s cytoplazmou, která má rozdílné složení. Mezi organelami se nachází čirá plazma (bez membránových systémů), která se nazývá cytosol (2).

Obrázek č. 1: Rostlinná buňka (Moravová, 2018)



**Legenda:** 1 – buněčná stěna a cytoplazmatická membrána, 2 – cytoplazma, 3 – jádro, 4 – jadérko, 5 – drsné endoplazmatické retikulum, 6 – hladké endoplazmatické retikulum, 7 – ribozomy, 8 – Golgiho komplex, 9 – membránové váčky, 10 – chloroplast, 11 – amyloplast, 12 – mitochondrie, 13 – membránové vakuoly, 14 – rafidy, 15 – drúza

### **Buněčná stěna**

Buněčná stěna je jedním ze základních znaků, typických pro rostlinné buňky. Jedná se o složku, která je charakteristická pro rostlinnou buňku a chybí u živočišné buňky. Buněčná stěna není pouze pasivní částí rostlinné buňky, ale vykonává důležité funkce – mechanická opora buněk a příjem a transport látek v rostlině (1). Buněčná stěna má čtyři hlavní části – celulóza, pektin, hemicelulóza a protein. Stavba buněčné stěny je určena celulózou (3).

### **Jádro (*nukleus, karyon*)**

Jádro je nejdůležitější částí eukaryotické buňky, pro kterou je řídicí jednotkou (2,4). V buňkách se nejčastěji nachází jedno jádro o velikosti okolo 8 až 10  $\mu\text{m}$  (4). Toto jádro v buňce plní dvě funkce – kontroluje syntézu proteinů a ukládá se v něm genetická informace. Jádro eukaryotické buňky má na svém povrchu jaderný obal, který je tvořen dvojitou membránou s póry na povrchu. Díky těmto pórům je zaručeno spojení jádra a endoplazmatického retikula a tedy zároveň i dalšími částmi buňky. Ve vnitřní části je přítomno jedno nebo dvě jadérka, ty jsou společně s okolím tvořeny především DNA a bílkovinami (1,2).

### **Jadérko (*nucleolus*)**

Jadérko nemá na svém povrchu přítomnu membránu. V nedělicím jádře je velice drobné velikosti a má kulovitý tvar. Jadérko není však přítomno neustále a v průběhu dělení zaniká, až během poslední fáze dělení se vytváří pronukleolus a jadérko se opět objevuje. Tento zánik jadérka během dělení jádra souvisí s naléhavou potřebou syntézy nových ribozomu pro metabolismus buňky. Základními strukturami jadérka jsou mikrofibrily a granulky. Jadérko řídí tvorbu RNA a ribozomu v buňce a obsahuje 10 % celkové RNA v jádře a 40 % proteinů (2).

### **Plastidy**

Plastid je charakteristickou součástí rostlinné buňky, který je specifický pro jejich látkový metabolismus. Je ohraničen dvojitou membránou a obsahuje fotosyntetický, nefotosyntetický pigment a zásobní látky. Uvnitř je plastid rozdělen systémem membrán nebo thylakoidy a matrix (*stroma*). Plastidy obsahují pigmenty, které dělíme do několika skupin. Pigment nacházející se u všech fotosyntetizujících rostlin, je modrozelený chlorofyl A. U vyšších rostlin a zelených řas se vyskytuje chlorofyl B a u ostatních řas chlorofyl C a D. Dále fotosyntetizující rostliny obsahují karotenoidy a to karoteny a xantofyly. Podle charakteru pigmentu se plastidy dělí na chloroplasty, chromoplasty a leukoplasty (2). Chloroplast obsahuje zelený pigment, díky čemuž je tento plastid centrem fotosyntézy. Jejich stroma obsahuje měchýřky – tylakoidy a grana, což jsou diskovité tylakoidy (3). Chromoplasty jsou také pigmentované, ale na rozdíl od chloroplastů je barva pigmentu variabilní, nejčastěji nabývá žluté, červené a oranžové zbarvení (2). Leukoplasty neobsahují žádný pigment ani membrány, díky čemuž je nejjednodušší ze všech zmíněných plastidů (2,3). Leukoplast se dále dělí, na základě svého obsahu látek a funkce na amyloplasty, proteinoplasty a eleioplasty (2).

### **Mitochondrie**

Mitochondrie jsou obdobně jako plastidy ohraničeny dvojitou membránou. Jsou to podlouhlé, malé útvary o velikosti 0,5  $\mu\text{m}$  a 1 – 4  $\mu\text{m}$ . Jejich počet v buňce je v řádech stovek. Vnější membrána je hladká, dobře propustná. Vnitřní membrána je početně vychlípená dovnitř mitochondrie. Tyto vchlípeniny se nazývají krysty, pokud jsou válcovité tak je označujeme jako tubuly. Vchlípeniny zvětšují povrch pro dýchací řetězec a tvorbu ATP. Vnitřní prostor mitochondrie je vyplněn gelovou hmotou, zvanou matrix. Mitochondrie je neustále v pohybu, dělí se a slučuje se. Je to hlavní zdroj energie pro buňku (2).

### **Mikrobodies**

Mikrobodies, mikrotělíška, membranové váčky nebo peroxizomy, toto jsou názvy pro membránové váčky různého původu, tvaru a funkce, které se nachází uvnitř buňky. Jejich společným znakem je schopnost produkovat peroxid vodíku, který je pro buňku jedovatý (2).

### **Vakuola**

Vakuola je spolu s buněčnou stěnou a plastidy, charakteristickou strukturou pro rostlinnou buňku (2). Je ohraničena jedno vrstvenou membránou nazývanou tonoplast a je vyplněna vodním roztokem nazývaným buněčná šťáva. Mladé buňky zpravidla mívají více menších vakuol. Stárnutím se vakuoly spojují a zvětšují v jednu velkou (4). Ta může zabírat až 90 % celkového objemu buňky. Vakuoly v buňce zaujímají různé funkce jako je např. depozit látek, udržení osmotických poměrů, zadržení odpadních látek, rezervoár protonů, obrana proti mikrobiálním patogenům a mnoho dalších (2). Vakuola samotná obsahuje mnoho látek, jednou z hlavních jsou barviva, mezi která patří anthokyany, flavony a antofeiny, které se podílejí na zbarvení květů, plodů a listů (2,5).

### **Ribozomy**

Ribozomy jsou nejmenší organelou v buňce, dosahují velikosti 17 – 23 nm. Skládají se ze dvou nesteréjně velkých podjednotek, které vznikají v jadérku (2,3). Odtud přechází do cytoplasmy, kde se váží na endoplasmatické retikulum nebo zůstávají volné (3). Seskupení ribozomu bývá označováno jako polyribozomy nebo polyzomy. Jejich důležitou funkcí je syntéza bílkovin. Počet závisí na intenzitě proteosyntézy, v rostlinných buňkách je obvykle v řádech desítek tisíc na buňku (2).

### **Endoplasmatické retikulum**

Endoplasmatické retikulum (ER) je složitý a rozsáhlý trojrozměrný systém membrán, kanálků a cisteren, které jsou navzájem spojeny (2). Slouží jako komunikační systém uvnitř buňky a je řazen mezi sekreční dráhy. Rozlišujeme dva typy ER – drsné a hladké. Drsné (granulární) ER má povrch membrány tvořený ribozomy, které produkují bílkoviny. Hladké (agranulární) ER je místem syntézy lipidů (2,3).

### **Golgiho komplex**

Golgiho komplex nebo Golgiho aparát je název pro diktyozomy, což jsou ploché diskovité měchýřky nebo cisterny, které se podílejí na sekrečních procesech v rostlinné buňce (2,3). Počet diktyozomů se nejčastěji pohybuje v desítkách a jsou rozmístěny po celé buňce. Golgiho komplex se dělí na stranu cis, ta je přivrácená k ER, a stranu trans, která je odvrácená od ER. Hlavní funkcí je postsyntetická úprava makromolekul lipidů a bílkovin (2).

### **Buněčné inkluze**

Při metabolismu rostlinných buněk, vznikají sekundární produkty označované jako buněčné inkluze. Tyto inkluze nejsou samy o sobě metabolicky aktivní. Kumulují se v cytoplasmě nebo jsou uloženy ve vakuolách, popřípadně v jiných organelách buňky. Buněčné inkluze buňka buďto dále využívá (např. škrobová zrna uložená v amyloplastech), nebo se jedná o produkty odpadní (např. uhličitán vápenatý, šťavelan vápenatý). Pokud jsou buněčné inkluze přítomny ve velkých množstvích, mohou ve vakuolách nebo cytoplasmě vykristalizovat ve formě solí – jak je tomu např. u šťavelanu vápenatého. Šťavelan se může vyskytovat v různých formách. Jedná se o tzv. krystalický písek – velké množství malých krystalů, styloidy – hranolovité krystaly, rafidy – dlouhé tenké jehlice uspořádané ve skupinách či drúzách – hvězdicovité útvary (6).

### **Cytoskelet**

Cytoskelet jsou vláknité a trubicové útvary, tvořící rozsáhlou síť. Tato síť se nachází u všech eukaryotických buněk a je označovaná jako kostra buňky (2,3). Tato kostra je tvořena dvěma základními jednotkami - tubulinem a aktinem. Složením tubulinu vznikají protofilamenty, z kterých následně vznikají mikrotubuly. Ty zastupují v buňce řadu funkcí – růst, vylučování Golgiho váčku, pohyb chromozomů a v neposlední řadě je důležitou stavební jednotkou flagel a cilií (2). Aktinové filamenty, které jsou také označovány jako mikrofilamenty, jsou složeny ze dvou řetězců aktinu. Jejich funkce je buněčný pohyb - pohyb jádra při dělení a uspořádání endoplasmatického retikula (2,3).

### **Plazmodesmy**

Plazmodesmy jsou tenké kanálky procházející buněčnou stěnou. Tyto kanálky jsou ohraničeny plazmatickou membránou a jejich stěnami prochází tubuly, nazývané desmotubuly (2).

### **Mezibuněčné prostory (intraceluláry)**

Velkou část rostlinného těla zaujímá mezibuněčný prostor, který je důležitý pro rychlý transport plynů, především vzduchu, uvnitř buňky. Tento prostor vzniká tam, kde sousedí tři a více buněk, nebo po rozpadu buňky (2).

### **Otestujte své znalosti:**

*Jak se liší rostlinná buňka od živočišné buňky?*

*Jaké typy plastidů znáš a čím jsou charakteristické?*

*Co je to fotosyntéza?*

### Použité zdroje literatury:

- (1) KUBÁT Karel, KALINA Tomáš, KOVÁČ Jaroslav, KUBÁTOVÁ Dagmar, PRACH Karel a Zdeněk URBAN. *Botanika*. Mníšek pod Brdy: Scientia, 1998. ISBN: 80-7183-053-4.
- (2) NOVÁK Jan a Milan SKALICKÝ. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN: 978-80-87415-53-5.
- (3) ANONYM Č. 2 [online, cit. 24.9.2018]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_211\\_multitext/obecna\\_botanika/index1.html](http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/index1.html)
- (4) VOTRUBOVÁ Olga. *Anatomie rostlin*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN: 978-80-2461-867-8.
- (5) BABULA Petr. *Cytologie a histologie rostlin*, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2016. ISBN 978-80-7305-774-9.
- (6) ANONYM Č. 3 [online, cit. 9.11.2018]. Dostupné z: [mikrosvet.mimoni.cz/pdf/3-bunka-3-bunecne-inkluze-stavelan-vapenaty](http://mikrosvet.mimoni.cz/pdf/3-bunka-3-bunecne-inkluze-stavelan-vapenaty)



## Rostlinná pletiva

Pro vyšší rostliny je charakteristické, že mají svá těla složená z pletiv. Pletivy rozumíme soubor buněk navzájem úzce spojených, obvykle mající stejný tvar a stejnou funkci. Pletiva dělíme podle původu na nepravá a pravá. Nepravá pletiva vznikají propletáním a druhotným nahloučením buněčných elementů, které byly původně volné. Pravá pletiva vznikají pravým spletením buněk (1). Nepravá pletiva se vyskytují u fylogeneticky původních oddělení rostlin – hlevíků, játrovek a mechů (2). Pletiva rostlin můžeme třídit dle různých hledisek (3). Jednoduchá pletiva jsou tvořena jediným typem buněk (např. korek), složená pletiva se skládají alespoň ze dvou typů buněk (např. dřevo) (4). Podle toho, zdali u pletiv přetrvává (stále nebo dočasně) schopnost dělení buněk, nebo jsou jejich buňky specializovány a trvale diferenciovány, rozeznáváme pletiva dělivá a trvalá. Podle ztloustnutí buněčné stěny rozlišujeme pletiva parenchymatická, kolenchymatická a sklerenchymatická. Podle topografie pletiv odlišujeme tři systémy pletiv, jedná se o pletiva pokožková, vodivá a základní. Podle funkce se pletiva třídí na pletiva dělivá, krycí, provětrávající, nasávací, vyměšovací, vodivá, mechanická, asimilační a zásobní (3).

### Dělivá pletiva (*meristémy*)

Nové buňky i pletiva vznikají díky činnosti dělivých pletiv tzv. meristémů. Meristémy jsou tvořeny poměrně malými buňkami, které mají tenké stěny, obsahují velká jádra a mají velké množství cytoplazmy. Mezi jednotlivými buňkami většinou nejsou mezibuněčné prostory (4). Dělivá pletiva zajišťují nejen vznik nových buněk, ale také díky nim rostlina roste. U rostlin nedochází k růstu všech částí (jak je to typické pro živočichy), u rostlin je růst lokalizován pouze do malé ohraničené části. Pro rostliny je charakteristický neukončený růst, to znamená, že rostliny jsou schopny po celou dobu své existence mít plně vyvinuté a tím i plně funkční orgány a zároveň neustále růst (3). Podle lokalizace meristémů v jednotlivých rostlinných orgánech rozlišujeme meristémy apikální (vzrostlý vrchol stonku), (sub)apikální (vzrostlý vrchol kořene), meristémy laterální (*kambium*, *felogén*) a meristémy interkalární, vmezeřené (např. kolénka trav) (2).

### Trvalá pletiva

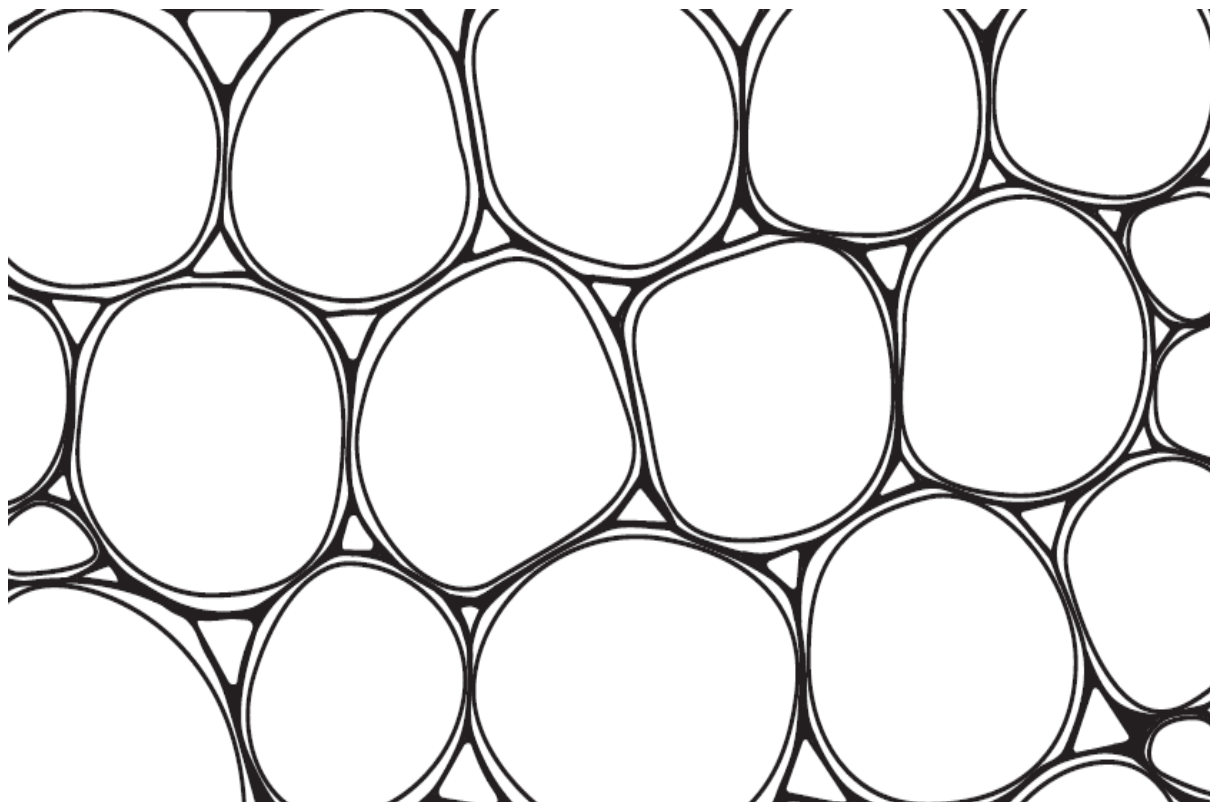
Mezi pletiva trvalá řadíme parenchym, sklerenchym a kolenchym. Tato pletiva jsou tvořena jedním typem buněk a liší se od sebe hlavně charakterem buněčné stěny (5).

### Parenchym

Parenchym je nejhojnější zastoupený typ základních pletiv (5). Parenchymatické buňky jsou nejuniverzálnější buňky rostlinného organismu (6). Jsou považovány za nejméně specializované ze všech typů buněk trvalých pletiv, a díky tomu mohou v rostlinném organismu vykonávat mnoho různých funkcí, kterým jsou přizpůsobeny jak tvarem, tak také svým vnitřním obsahem. Parenchym tvoří často souvislé, mnohdy poměrně mohutné vrstvy. Parenchym je složen z tenkostěnných buněk (7). Buňky parenchymu obvykle mají po celou dobu svojí existence živý protoplast (5). Tvar buněk je buď ve všech směrech stejných rozměrů (kulovitý, krychlovitý, ale i laločnatý a hvězdicovitý), nebo je protáhlý, případně deskovitý (7). V případě, že parenchymatická pletiva se vyznačují určitým charakteristickým znakem, popř. plní určitou specializovanou roli, lze pro jejich označení použít specifické termíny: prozenchym: je tvořený dlouze protaženými buňkami, aerenchym: má mezi buňkami velké intercelulární prostory, aktinenchym: je tvořený odumřelými parenchymatickými buňkami hvězdicovitého tvaru s velkými intercelulárami, chlarenchym: je zelený asimilační parenchym, jehož buňky obsahují chloroplasty (8), který se vyskytuje především v listech (3), merenchym: je pletivo sestávající z kulovitých parenchymatických buněk s četnými intercelulárami, transferový parenchym: je parenchym, který slouží k transportu látek na krátké vzdálenosti. Buněčná

stěna transferových buněk vytváří hojně výběžky. Transferový parenchym se vyskytuje v místech, kde je třeba zjistit intenzivní transport mezi sousedními buňkami (8). Parenchym je hlavním fotosyntetickým pletivem. Má také důležitou roli jako zásobní pletivo (ukládání energetické rezervy), dále může plnit mechanickou funkci, také zajišťuje různými způsoby transport, může se uplatnit i v sekreci látek, především různých typů sekundárních metabolitů (5).

Obrázek č. 1: Parenchym dřene bezu černého (*Sambucus nigra*) (Moravová, 2018)

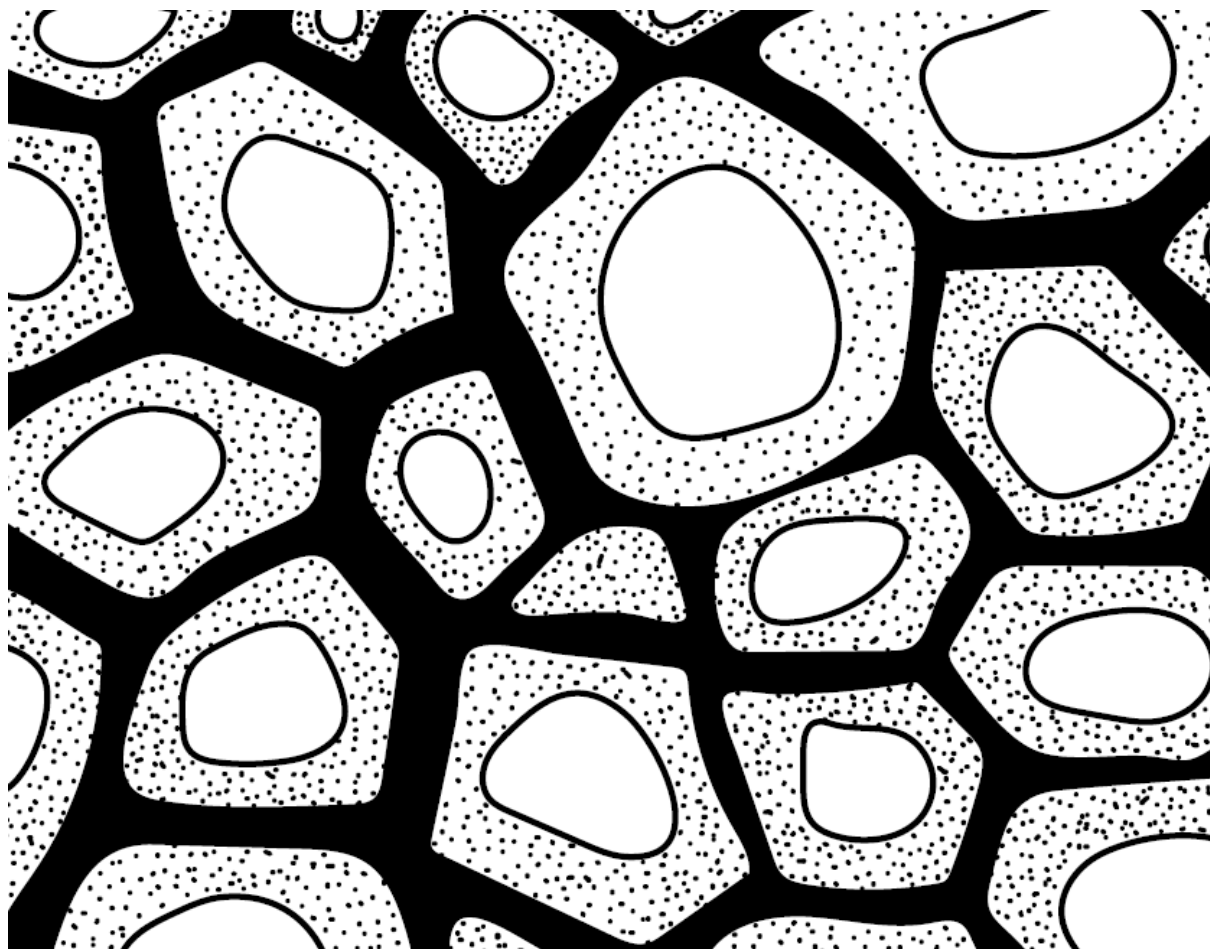


**Legenda:** parenchym s tenkou buněčnou stěnou s drobnými trojúhelníkovitými mezibuněčnými prostory.

### **Sklerenchym**

Sklerenchymatické buňky mají ztloustlou buněčnou stěnu po celém povrchu (4). Pro sklerenchym je typické, že buňky mají také sekundární buněčnou stěnu. Sklerenchym je pletivo, jehož stěny často (ne však vždy) lignifikují a protoplast sklerenchymatických buněk často odumírá, pokud dojde k odumření protoplastu, plní funkci jen zbylé stěny buněk (5). Rozeznáváme dva typy sklerenchymatických buněk: sklerenchymatická vlákna a sklereidy (3). Buňky sklereidů mají všechny rozměry téměř stejné (4). Sklereidy mají několik kategorií: brachylsklereidy, amkrosklereidy, osteosklereidy, astrosklereidy (3), trichosklereidy a filiformní sklereidy (2). Sklereidy jsou kratší buňky, které mají velmi rozmanitý tvar. Vzhledem k výrazné tloušťce stěny mívají ztenčeniny. Sklereidy jsou velice pevné, avšak na rozdíl od vláken nejsou zas tak dobře ohebné (5). Sklerenchymatická vlákna mají buňky protáhlé a zašpičatělé (4) na svých koncích. Vlákna mohou být dosahovat velké délky (25 až 55 cm). Sklerenchym je mechanické pletivo. Hlavní funkcí sklerenchymu je hlavně mechanická opora, která může v případě vláken být spojena se značnou mírou elasticity a také ochrana proti býložravcům a patogenům. Vyšší množství sklerenchymu, zejména pokud je lignifikovaný, zvyšuje tvrdost a způsobuje menší stravitelnost rostlin (5).

Obrázek č. 2: Sklerenchym stonku kopretiny bílé (*Chrysanthemum leucanthemum*) (Moravová, 2018) dle Pazourek and Votrubová (1997)

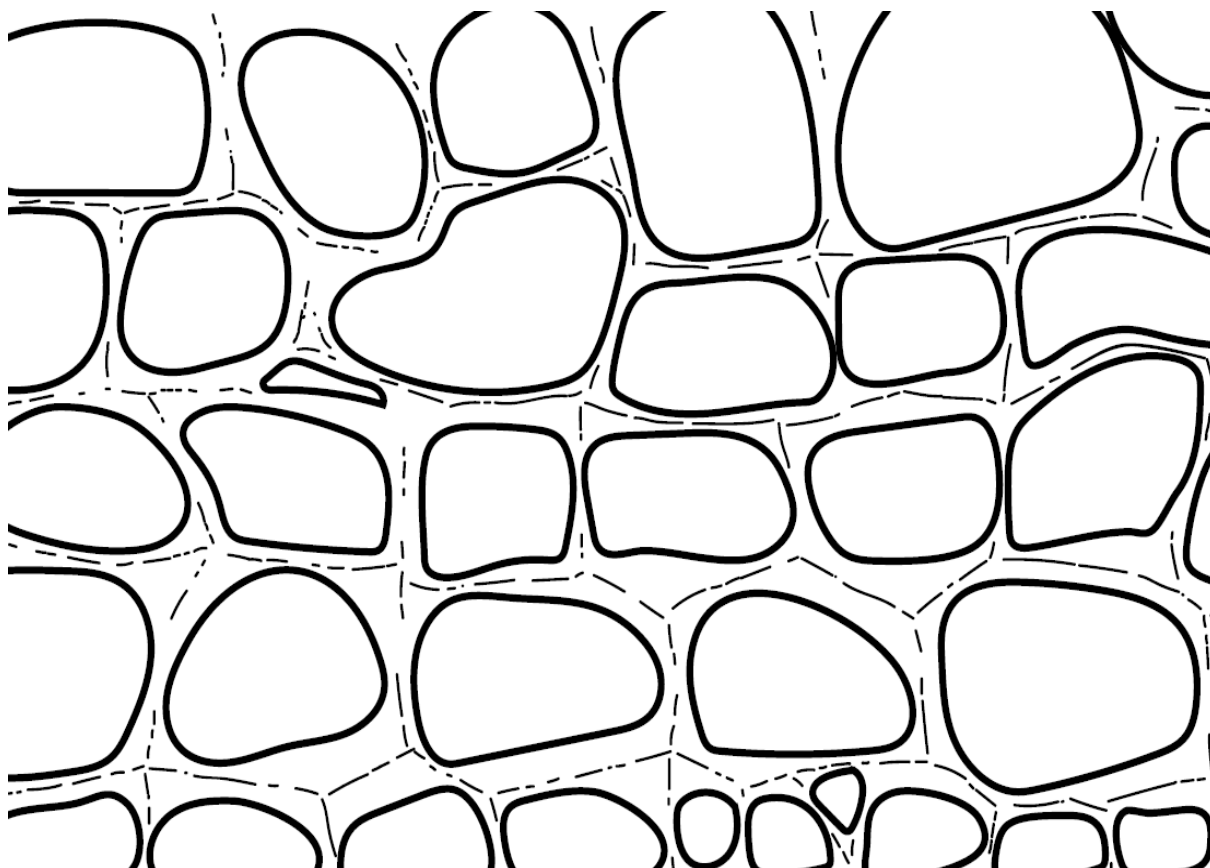


**Legenda:** po obarvení prostřední středová lamela (černá) vykazuje vyšší lignifikaci než sekundární stěna

### **Kolenchym**

Kolenchym je pletivo tvořené více či méně protáhlými živými buňkami (3). Mezi buňkami nejsou přítomny mezibuněčné prostory (4). Primární stěna nepravidelně tloustne, je tedy ztloustlá pouze v některých částech, méně často tloustne celá (2). Buňky kolenchymu jsou protáhlé a jejich mezibuněčné stěny jsou různě ztloustlé: Rohový kolenchym – buněčná stěna tloustne v místě, kde se dotýkají tří a více buněk, tedy v „rozích buněk“, deskový kolenchym – tloustne periklinálně (s povrchem orgánů rovnoběžné) buněčná stěna, mezerový kolenchym – tloustne buněčná stěna v okolí mezibuněčných prostor, mezerový kolenchym je jediným typem mechanického pletiva, který má vyvinut interceluláry, prstenový kolenchym – buněčná stěna tloustne víceméně rovnoměrně po celém povrchu buněk, ovšem na několika místech zůstává buněčná stěna neztloustlá (6). Kolenchym má především mechanickou funkci (3), zpevňuje a vyztužuje rostlinu. Najdeme jej především na hranách nebo žebrech stonků dvouděložných bylin (4). U jednoděložných není běžný (3). V rostlinách je lokalizován ve stoncích, a to především v povrchových vrstvách, bývá často přítomen také na listových řapících, eventuálně i v čepelích a v různých částech květů (6).

Obrázek č. 3: Kolenchym periferie stonku bezu černého (*Sambucus nigra*) (Moravová, 2018) dle Pazourek and Votrubová (1997)



**Legenda:** Periklinální stěny jsou zřetelně ztlustělé, zatímco antiklinální stěny jsou tenké.

### **Vodivá pletiva**

Vodivá pletiva se vyvíjela pozvolna společně s přechodem rostlin z vodního prostředí na pevninu (3). Vodivá pletiva zajišťují v organismu rostlin transport vodných roztoků organických a anorganických látek po celém rostlinném těle, tedy mnohdy na značně velké vzdálenosti (6). Pro transport látek na dlouhé vzdálenosti (dálkový transport) rostlina využívá dva druhy pletiv – dřevo (*xylém*) a lýko (*floém*) (1). Vodivá pletiva se mezi sebou odlišují svou stavbou i funkcí (6). Tato pletiva společně tvoří vaskulární systém (cévní svazky) (1).

### **Dřevo (*xylém*)**

Primární dřevo (*primární xylém*) vzniká dělením buněk prvotního dělivého pletiva, prokambia (4). Jeho jednotlivé části se nazývají protoxylém a metaxylém (3). První články primárního xylému se diferencují a v dospělosti je označujeme jako protoxylém. Ty, které dospívají později, nazýváme metaxylém (1). Xylém vzniká činností kambia (3). Dřevo může být tvořit až čtyřmi typy buněk: cévami (*tracheje*), cévicemi (*tracheidy*) (4), dřevními (sklerenchymatickými, libriformními) vlákny (3, 4) a dřevním parenchymem (4). Mezi základní vodivé buňky xylému patří tracheidy a tracheální články (články cév). Články cév se dále spojují ve sloupce – cévy (tracheje) (3). Xylémové elementy, které jsou základními funkčními jednotkami pro pohyb vody obsahující rozpuštěné minerální látky xylémem, jsou tvořeny mrtvými buňkami, jejich střední lumen neobsahuje žádnou cytoplazmu (1), jsou zde zachovány jen buněčné stěny (3). Oba typy dospělých tracheálních elementů jsou tvořeny prodlouženými buňkami, které mají sekundární stěnu (1). Další společnou vlastností cévních elementů je charakter buněčných stěn, které jsou nerovnoměrně sekundárně ztloustlé

a lignifikované, přičemž díky sekundárnímu tloustnutí vznikají ve stěně různé vzory (3). Toto ztloustnutí jim poskytuje značnou pevnost, především proti zmáčknutí. Stěny cév a cévic mohou být ztloustlé kroužkatě, šroubovitě, schodovitě nebo síťovitě. V některých případech jsou na jejich stěnách patrná ztenčená místa, jedná se o tzv. tečky (4). Cévice (*tracheidy*) jsou fylogeneticky starší cévní složky (3). Jedná o na sebe navazující buňky, které jsou úzké a mají trubicovitý tvar. V průběhu jejich růstu se stále více zešikmují (*prozenchym*). Stěny cévic v sobě nemají otvory (4). Z pohledu vodivosti jsou méně výkonné než tracheje, jelikož jsou úzké (10  $\mu\text{m}$ ) a voda a rozpuštěné látky musí při přechodu z jedné tracheidy do druhé překonat bariéru buněčné stěny (3). Cévy (*tracheje*) jsou více široké trubice, které vznikly z protáhlých, na sebe navazujících buněk částečným nebo úplným rozpuštěním příčných bariér (4). Tracheální články mohou být různého typu. Značně se odlišují např. šířkou, která je nejčastěji v rozpětí 10 až 200  $\mu\text{m}$ . Současně při zvětšování šířky elementu dochází obvykle i k jeho zkracování, výhodou je na druhou stranu výrazné zlepšení jejich vodivosti v závislosti na zvětšující se šířce. Další rozdíl je v uspořádání koncových stěn na rozhraní mezi dvěma tracheálními články v cévě. Koncová stěna článku je různě perforovaná – nazývá se také perforační deska. Xylém je pletivo principiálně specializované na transport vody a rozpuštěných minerálních živin, které rostlina přijímá za prostřednictvím kořenů z půdy (3). Pletiva dřevní části cévního svazku rozvádějí po rostlině vodu a vodní roztoky neústrojných látek od kořenů vzhůru (4) k nadzemním orgánům – tzv. vzestupný proud (1).

### **Lýko (floém)**

Prvotní lýko vzniká dělením buněk prvotního dělivého pletiva, prokambia (4). Tvoří jej protofloémem, který vzniká při prodlužovacím růstu, a metafloémem, který se diferencuje po skončení prodlužování. Sekundární floém vzniká činností kambia (3). Obdobně jako xylém je i floém tvořen čtyřmi typy buněk: sítkovými a průvodními elementy, lýkovým parenchymem a sklerenchymatickými lýkovými vlákny. První tři typy buněk fungují, jen v případě pokud jsou živé, lýková vlákna bývají s odumřelým protoplastem (4). Sítkové elementy jsou dvojího typu: sítkové buňky a články sítkovic (vytvářející sítkovice). Sítkové buňky mají úzký, značně protáhlý tvar se zašpičatělými konci (3). Články sítkovic jsou dokonalejší (9). Články sítkovic jsou kratší a širší (3). U sítkových buněk a sítkovic se ve stěně nacházejí tzv. sítková políčka. U sítkových buněk jsou rozmístěna rovnoměrně (jak na svislých, tak také na příčných stěnách), zatímco u sítkovic jsou situovány hlavně ve směru přenosu látek na vzájemně přilehlých koncích po sobě následujících člancích a tvoří dokonalejší sítko (9). Otvory usnadňují pohyb doprovodných látek (produktů fotosyntézy). Na konci vegetačního období se sítko ucpávají kalózou a sítkovice obvykle odumírají; jen výjimečně fungují déle než po dobu jednoho vegetačního období (4). Floém je pletivo specializované hlavně na translokaci asimilátů, která je nezbytná pro zásobování heterotrofních, nefotosyntetizujících částí rostliny a také pro ukládání rezerv v zásobních pletivech. Asimiláty jsou transportovány z míst jejich vzniku (především z listů), zatímco jejich přesun může směřovat dolů do podzemních orgánů, ale také i opačným směrem (3).

### **Cévní svazky**

Vodivá pletiva jsou sdružena do cévních svazků. Cévní svazky jsou tvořeny xylémem a floémem. Cévní svazky procházejí jako žilky všemi orgány rostlin. Po obvodu jsou ohraničeny pochvou ze sklerenchymatických buněk, která má funkci mechanického pletiva. Podle vzájemné polohy xylému a floému rozlišujeme několik typů cévních svazků (4). Koncentrický cévní svazek je nejjednodušším a nejprimitivnějším typem. U tohoto typu cévního svazku jeden typ vodivého pletiva je situován do středu a je obklopen druhým typem vodivého pletiva. Jestli je ve středu situován xylém, označujeme jej jako dřevostředný (hadrocentrický). Pokud je ve středu koncentrického cévního svazku floém, nazýváme jej jako lýkostředný (leptocentrický). Kolaterální cévní svazek je charakteristický pro nadzemní části vyšších rostlin. Oblasti xylému a floému v rámci jednoho cévního svazku spolu sousedí

a mají i typické umístění – např. u stonku se nachází xylémová část směrem dovnitř k ose stonku (centripetálně), floém se nachází naopak směrem ven (centrifugálně). Podobně uspořádaný je bikolaterální cévní svazek, u něhož dva póly floému lemují ze dvou stran xylém. Elementy floému nejsou úplně rovnocenné, floém na vnější straně cévního svazku je obvykle lépe vyvinut. Radiální cévní svazky jsou typické pro kořeny. Samostatné póly xylému a floému se v něm střídají po obvodu středního válce. Dle počtu oblastí vodivých elementů rozlišujeme radiální cévní svazky monoarchní (po jednom pólu xylému a floému), diarchní (po dvou pólech xylému a floému), triarchní (po třech pólech xylému a floému), tetrarchní (po čtyřech pólech xylému a floému), pentarchní (po pěti pólech xylému a floému) až polyarchní. V radiálních cévních svazcích se nejdříve diferencované elementy xylému a floému (protoxylém a protofloém) nacházejí vždy na vnější straně pólů vodivého pletiva, takže metaxylém a metafloém se diferencují směrem dovnitř (centripetálně) (6). Pro primární kořeny jsou charakteristické radiální (paprsčité) cévní svazky. Ve stoncích semenných rostlin se vyskytují kolaterální (bočné) a bikolaterální (dvojbočné) cévní svazky (9).

### **Střední válec (*stélé*)**

Stélé je souhrnné označení souboru cévních svazků spolu se základním zásobním pletivem (3).

### **Druhotné (sekundární) meristémy a pletiva**

Především u dřevin mají zásadní význam druhotné meristémy. Druhotné meristémy produkují pletiva, která jsou zodpovědná za růst kmenů, větví i kořenů do šířky – tloušťku. Veškerá dřevní hmota i borka stromů a keřů je tvořena druhotnými pletivy. U dvouděložných rostlin je činnost druhotných meristémů často velice omezená, u jednoděložných rostlin zcela chybí. K druhotným meristémům řadíme kambium, korkotvorné pletivo a felogén (4).

### **Kambium**

Svazkové kambium je tvořeno buňkami táhlými rovnoběžně s podélnou osou stonku (4). Kambium představuje meristém, který tvoří sekundární vodivá pletiva, tj. směrem dovnitř produkuje deuterxylém – sekundární xylém, a směrem vně tvoří deuterofloém – sekundární floém. Činnost kambia je periodická (2). Činnost kambia není u dřevin po celou vegetační dobu stejná (4). V mírných pásech, a to jak u opadavých, tak také i u neopadavých dřevin, aktivita kambia ustává na podzim a v zimě, na konci zimy opět obnovuje v závislosti na teplotě (2). Cévy nebo cévice vznikající v průběhu jara mírají užší stěny a větší průměr než léto. Předěl mezi buňkami letního dřeva a prvními buňkami jarního dřeva následujícího roku je na příčném řezu kmenem dobře viditelná; vytváří soustředné kružnice, které nazýváme „letokruhy“. Pomocí počtu „letokruhů“ jsme schopni zjistit stáří stromu. Stavba buněk dřevní části cévních svazků je pro jednotlivé dřeviny charakteristická; určení druhu stromu nebo keře je možné nejen podle kousku dřeva, ale i podle jejich zuhelnatělých zbytků. Vrstva lýka je ve srovnání s dřevem nepatrná, pouhým okem někdy pozorovatelná (4).

### **Korkotvorné pletivo (*felogén*)**

Felogén je tvořený pouze jedním typem buněk. Skládá se z tenkostěnných protáhlých, někdy nepravidelných parenchymatických buněk, které jsou radiálně zploštělé. Intercelulární prostory u tohoto pletiva chybí, s výjimkou felogénu u některých struktur jako jsou např. lenticely nebo čočky. Felogén je většinou jedno nebo dvouvrstevný, ve výjimečných případech vícevrstevný (2). Korkotvorné pletivo vzniká většinou jako válec v podkožkových vrstvách dřevnatých stonků a kořenů. Směrem dovnitř odděluje někdy tenkou vrstvu buněk zelené kůry, které obsahují chloroplasty a zůstávají po dlouhou dobu živé. Směrem vně oddělované buňky korkového pletiva (korek) následně odumírají, jejich stěny tloušťnou, korkovatějí nebo mohou i dřevnatět; mají

vynikající izolační vlastnosti. Korek, společně s felogénem a zelenou kůrou nahrazují pokožku, která se trhá, jak dřevnatý stonek tloustne. Dohromady bývají označovány jako druhotná kůra (4).

### **Vylučovací (vyměšovací) pletiva**

Mezi vylučovací pletiva zařazujeme skupinu buněk, které mají různý tvar a tenkou buněčnou stěnou. V těchto buňkách se hromadí a případně postupně vylučuje (vyměšuje) do vnějšího prostředí velké množství látek např. pryskyřice, vosky, nektar. Mezi vnější vylučovací pletiva řadíme: solné žlázy, hydatomy, nektária (medníky), slizové žlázy, vonné žlázy, žláznaté trichomy a žlázy masožravých rostlin. Mezi vnitřní vylučovací pletiva řadíme: idioblasty, vylučovací nádržky a kanálky a mléčnice (3).

### **Absorpční pletiva**

Rostliny musejí získávat z okolního prostředí živné látky, které potřebují pro složité biochemické reakce probíhající v jejich tělech, jenž jsou nezbytné pro zachování růstu a vývinu rostlin. Vodní rostliny jsou schopny absorbovat živiny celým povrchem těla, zatímco suchozemské rostliny k tomu mají k tomu zvlášť přizpůsobený orgán – kořen. Dostatečnou plochu absorpčního povrchu suchozemským rostlinám zajišťuje bohaté větvení kořenové soustavy (1).

### **Krycí pletiva**

Krycí pletiva jsou situována na povrchu rostlinného těla a ohraničují je vůči vnějšímu prostředí. Slouží jako ochrana rostlinných orgánů proti působení nepříznivých vnějších faktorů biogenních i abiogenních, ale současně zajišťují spojení mezi rostlinou a prostředím (8). Mezi primární krycí pletiva řadíme kutikulu, velamen (u kořenů epifytů) (3), stomata (průduchy), trichomy (2,3) a emergence (3). Mezi sekundární krycí pletiva řadíme lenticely (čočinky), rhytidomu (borku) (2,3), felogen, felém (korek) a polyderm (2).

### **Asimilační pletiva**

Pletiva asimilační se nacházejí obvykle těsně pod epidermis, jelikož jsou místem, kde dochází k fotosyntetické asimilaci, a proto potřebují dostatek světla (3). Jedná se o parenchymatické buňky s velkým množstvím chloroplastů. Tato pletiva se nacházejí v listech (palisádový a houbový parenchym) (10) a také v nezralých plodech (11).

### **Zásobní pletiva**

Mezi zásobní pletiva řadíme taková pletiva, která měla původně jinou funkci, ale nyní se v nich na delší dobu ukládají zásobní látky – škrob, tuky, bílkoviny a voda (3).

### **Provětrávací pletiva**

Provětrávací pletiva jsou pro rostlinu nepostradatelná pro umožnění fotosyntetické asimilace (fotosyntézy), která je spojená s dýcháním rostlin a výdejem vody (transpirací) (3).

### **Otestujte své znalosti:**

*Jak zní základní charakteristika pletiv?*

*Co to jsou meristémy a jaká je jejich definice?*

*Které pletiva klasifikujeme jako pletiva vodivá? Jaká je jejich základní charakteristika?*

### Použité zdroje literatury:

- (1) PROCHÁZKA Stanislav, ŠEBÁNEK Jiří, GLOSER Jan a Zdeněk SLADKÝ. *Botanika – Morfologie a fyziologie rostlin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. ISBN: 978-80-7375-125-8.
- (2) BABULA Petr. *Cytologie a histologie rostlin*, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2016. ISBN 978-80-7305-774-9.
- (3) NOVÁK Jan a Milan SKALICKÝ. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN: 978-80-87415-53-5.
- (4) KUBÁT Karel, KALINA Tomáš, KOVÁČ Jaroslav, KUBÁTOVÁ Dagmar, PRACH Karel a Zdeněk URBAN. *Botanika*. Mníšek pod Brdy: Scientia, 1998. ISBN: 80-7183-053-4.
- (5) VOTRUBOVÁ Olga. *Anatomie rostlin*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN: 978-80-2461-867-8.
- (6) ANONYM Č. 1 [online, cit. 19.7.2018]. Dostupné z: [http://www.sci.muni.cz/~anatomy/ground\\_tissues/html/intro.htm](http://www.sci.muni.cz/~anatomy/ground_tissues/html/intro.htm)
- (7) KREJČÍ Petra a Karel SLABÝ [online, cit. 19.7.2018]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_211\\_multitext/obecna\\_botanika/texty-histologie-pletiva\\_podle\\_BS.html](http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-histologie-pletiva_podle_BS.html)
- (8) ANONYM Č. 2 [online, cit. 19.7.2018]. Dostupné z: <http://www.botanika.upol.cz/atlasy/anatomie/anatomieCR14.pdf>
- (9) KREJČÍ Petra a Karel SLABÝ [online, cit. 20.7.2018]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_211\\_multitext/obecna\\_botanika/texty-histologie-pletiva\\_vodiva.html](http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-histologie-pletiva_vodiva.html)
- (10) ANONYM Č. 3 [online, cit. 31.7.2018]. Dostupné z: [ucitele.sci.muni.cz/materialy/177\\_2.ppt](http://ucitele.sci.muni.cz/materialy/177_2.ppt)
- (11) ANONYM Č. 4 [online, cit. 31.7.2018]. Dostupné z: [http://www.3zshol.cz/eu\\_dum/sada1\\_botanika/VY\\_32\\_INOVACE\\_lct5\\_PrP\\_2.pdf](http://www.3zshol.cz/eu_dum/sada1_botanika/VY_32_INOVACE_lct5_PrP_2.pdf)

### Nákresy:

- (12) PAZOUREK, Jaroslav a Olga VOTRUBOVÁ. *Atlas of plant anatomy*. Praha: Peres Publisher, 1997. ISBN: 80-901691-2-0.



## Orgány rostlin

Orgány rostlin se dělí na dvě skupiny – vegetativní a generativní orgány. Vegetativní orgány slouží rostlině především k látkové výměně a zajištění výživy. Generativní orgány potřebuje rostlina k pohlavnímu rozmnožování (1).

### VEGETATIVNÍ ORGÁNY

Mezi vegetativní orgány patří kořen, stonek a list (1).

#### **Kořen** (*radix*)

Kořen je obvykle podzemní část rostlin. Plní pro rostlinu důležité funkce. Například funkci syntetickou (vytváří látky, jako např. aminokyseliny či regulátory růstu), nasávací (pomocí kořenů přijímá živiny a vodu z půdy), vodivou (zajišťuje přestup látek z kořenové části do stonku), mechanickou (ukotvuje rostlinu v zemi) a zásobní (rostlina si v nich ukládá některé potřebné látky). Často není na povrchu chráněn kutikulou. Nemá ani průduchy či fotosyntetická barviva (1,2). Činnost apikálního meristému kořene umožňuje jeho neomezený růst do délky (3).

Při klíčení semene vidíme nejprve kořínek (radikula). Ten dále roste dolů směrem do půdy a mění se v hlavní kořen. Z něho následně vyrůstají postranní kořeny. Hlavní kořen společně s postranními kořeny vytvoří kořenový systém. Dle tvaru tohoto systému můžeme určit některé druhy rostlin (2). Hlavní kořen časem zastavuje svůj růst a jeho funkci přebírají vedlejší (adventivní) kořeny (3).

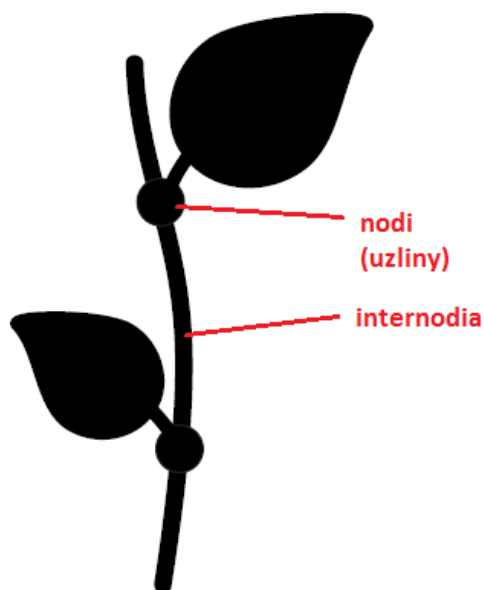
Dle tvaru kořene rozdělujeme kořen hlíznatý, chůdovitý, nitkovitý – tenký a dlouhý, válcovitý – v celé délce téměř stejně silný, kuželovitý – postupně se zužující, srdcovitý – krátký, silný a kořen řepovitý – krátký, dole se náhle zužující (3).

Pro člověka přináší kořeny význam především při využití jako suroviny v potravinářském průmyslu (např. řepa obecná - odrůda cukrová, mrkev obecná). Dále jsou významnou složkou krmiv pro hospodářská zvířata. Některé kořeny jsou využívány i pro výrobu léčiv (např. kostival lékařský) (3).

#### **Stonek** (*caulis, kaulom*)

Stonek je většinou nadzemní část rostlin, která na sobě nese listy, pupeny a reprodukční orgány (2). Zpravidla je radiálně souměrný (3). Stonek společně s listy tvoří prýt. Místa, kde na stonek nasedají listy, se nazývají uzliny (nody) a mají složitou vnitřní stavbu. Mezi nody (uzlinami) leží úseky zvané internodia. (Stonky mohou být i podzemní. Ty, na rozdíl od kořene, na sobě nesou šupinovité listy. Podzemní stonky mají funkci především zásobní) (2).

Obrázek č. 1: Rozmístění nodů a internodií na stonku rostliny (Moravová, 2018)



Stonk obsahuje dobře vyvinutá vodivá a mechanická pletiva. Plní především funkci přenosu živin a dalších důležitých látek mezi kořeny a listy. Dále slouží jako podpora pro listy zajišťující fotosyntézu a pro květy sloužící na rozmnožování (2).

Rostou především prodlužováním internodií (což jsou úseky stonku mezi uzlinami, na kterých vyrůstají listy). Na rozdíl od kořene, může stonk růst ve více zónách (zato kořen roste pouze z jedné růstové zóny). Jedna růstová zóna stonku může být až 10 cm dlouhá (2).

Stonky mohou být dužnaté (bylinné) nebo dřevnaté. Do typů stonků spadá lodyha – bylinný stonk s listy, stvol – bezlistý stonk zakončený květenstvím, stéblo – dutý stonk trav s uzlinami a kmen – nevětvený stonk u stromů. U keřů se kmen větví hned od země. U polokeřů je dřevnatá pouze spodní část, zato horní část je bylinná (dužnatá) (2).

Dle tvaru na příčném průřezu máme stonk rýhovaný, žebernatý, křídlatý, žebrovitý, válcovitý – na průřezu je okrouhlý až oválný a hranatý – na průřezu je čtyřhranný nebo obdélníkový (3).

Podle orientace růstu stonku jsou stonky přímé – rostou svisle, vystoupavé – jejich dolní část je položena na zemi a horní se vzpřimuje, plazivé – jsou celé položené na zemi a v uzlinách se zakořeňují, poléhavé – leží na zemi a v průběhu své délky nevytváří kořeny, ovíjivé – ty se ovíjí kolem své opory a popínavé – přichycující se k opoře různými způsoby (3).

Stonky slouží jako potravina především lidem (např. zelenina, koření, cukr z cukrové třtiny), ale i zvířatům (např. pícniny). Jejich využití se najde také v textilním průmyslu (např. len setý) (3).

### **List (*folium*)**

List je postranní orgán cévnatých rostlin. Na rozdíl od kořene a stonku mají listy omezený růst (kořen a stonk neomezený). Listy jsou významným orgánem pro rostlinu. Plní funkci fotosyntézy, transpirace a výměny plynů. Hlavní části listu jsou čepel, řapík a palisty (2).

Listy se vyvíjí v tzv. pupenech. (Tvary pupenů u dřevin jsou významné kurčení druhu dřeviny v zimním období.) Během vývoje rozlišujeme tři typy listů: dělohy – zárodečné listy nacházející se již ve stádiu semene, asimilační listy – plní asimilační funkci (skládají se z listové čepele a řapíku) a listeny – což jsou redukované listy, v jejichž úžlabí vyrůstají květy (2).

Dvoulicí listy mají odlišnou svrchní a spodní část, zato jednocíce je rozlišené nemají (2). Listy můžeme rozlišit na opadavé nebo vytrvalé. Podle umístění na stonku jsou buď přizemní, nebo lodyžní (3).

Většinou jsou listy souměrné (symetrické), ale lze nalézt i druhy rostlin s listy nesouměrnými (asymetrickými). Pokud se na jedné rostlině vyskytují listy různých tvarů, pak hovoříme o různolistosti. Některé rostliny mohou mít dokonce rozdílné tvary listů během ročního období, pak se jedná o sezónní různolistost (2).

Dle utváření listové čepele rozlišujeme jednoduché listy – které nemají členěné čepele nebo je mají členěné hlubokými zářezy se zachovanou celistvostí čepele, a složené listy – které mají čepel rozdělenou na jednotlivé lístky. Složené listy můžeme dále rozdělit na dlanitě složené, lichozpeřené a sudozpeřené (2).

Podle postavení listu na stonku rozlišujeme listy střídavé – z každé uzliny vyrůstá jeden list, vstřícné – z každé uzliny vyrůstají dva listy postavené naproti sobě a přeslenité – z každé uzliny vystupují nejméně tři listy (2).

Člověk našel využití listů jako potraviny (např. hlávkové zelí), léčivky (např. máta peprná), pícniny (např. jetel luční), koření (např. majoránka zahradní) i pro textilní průmysl (např. konopí seté) (3).

## GENERATIVNÍ ORGÁNY

Mezi generativní orgány krytosemenných rostlin patří květ, semeno a plod (2).

### Květ (*flos*)

Květ slouží rostlině k rozmnožování. Skládá se z květního lůžka, květních obalů a reprodukčních orgánů (tyčinek a pestíků). Velikost, tvar a barevnost květů je velmi rozdílná a závisí na druhu rostliny. Termín květ se využívá pouze u krytosemenných rostlin (u nahosemenných nikoli) (2,4).

Vůni některých květů způsobují látky, které produkují tzv. staminodia, což jsou tyčinky a korunní lístky. Jedná se například o terpenoidy (citral, menthol, limonem...), fenypropanderiváty (např. vanilin) či méně pro člověka vábné aminy (ty svou vůní připomínají fekálie či hnilý maso a lákají tak hmyz živící se mršinami, které sice potravu v květu nenaleznou, ale pomohou ho opylovat). Více voní květy opylované živočichy než květy opylované větrem (vůně pomáhá přilákat opylovače ke květu) (3).

Květy mohou růst jednotlivě na vrcholu stonku, pak hovoříme o terminálním květu, nebo mohou být seskupené v květenství. Květy nejčastěji vyrůstají v úžlabí lupenitých či šupinovitých listenů (3).

Můžeme je dělit dle souměrnosti na monosymetrické – květ má jen jednu rovinu souměrnosti, bisymetrické – má-li dvě osy souměrnosti, polysymetrické – pokud má více rovin souměrnosti a asymetrické – nemají žádnou osu souměrnosti (3).

Květy našly u lidí bohaté využití. Hojně jsou používány ve farmaceutickém průmyslu (například k přípravě čajů), v kosmetickém průmyslu (k výrobě krémů i parfémů) i pro vaření (jako koření). Důležitou vlastností květů je produkce pylu a nektaru využívaných včelami k výrobě medu (3).

### Semeno (*semen*)

Semeno je vlastní generativní orgán rostlin. Prvním krokem k vzniku semene je oplození vajíčka. Dále u krytosemenných rostlin vzniká diploidní zygota – z níž se vzápětí vyvine embryo a triploidní endosperm sloužící pro ukládání zásob. Potom vzniká semeno (4).

Semena mají různý tvar, barvu, povrch i velikost, čehož se využívá při určování druhů rostlin (4).

Semeno je na povrchu kryto osemením (*testa*), které může být blanité, kožovité, kamenné (s vysokým obsahem sklerenchymu) a dužnaté. Osemení je tvořeno vnitřní tvrdou sklerotestou a vnější dužnatou sarkotestou. Na semeni nacházíme i stopku, ze které mohou vyrůstat emergence. Dále na semeni vidíme *hilum* či *raphe*, což jsou pozůstatky vývoje vajíčka (4).

Okolo semene se nachází dužnatý míšek (*arilus*), který může být zcela uzavřený či otevřený (4).

### **Plod (*fructus*)**

Plod je generativní orgán rostlin, který chrání semena a pomáhá jejich šíření. (Existují výjimky plodů, které semena neobsahují.) Plody jsou pouze u krytosemenných rostlin (u nahosemenných leží vajíčko volně na plodolistech, zato u krytosemenných jsou plodolisty srostlé a uzavírají tak vajíčko) (3).

Ze stěny plodolistu vzniká oplodí plodu (*perikarp*), které může být kamenné, suché, blanité, dužnaté nebo šťavnaté. Na oplodí rozlišujeme tři vrstvy: vnější jednovrstevný exokarp, střední vícevrstevný mezokarp a vnitřní vícevrstevný endokarp (z endokarpu se u některých plodů vyvíjí pulpa) (3).

Dle konzistence rozlišujeme plody suché a dužnaté. Suché dále dělíme na pukavé, nepukavé a poltivé (3).

Podle vzniku je lze dělit na plody pravé – na vzniku se podílí pouze plodolisty a nepravé – kde se na vzniku podílí i jiné části květu (3).

Plody můžeme rozdělit na apokarpní – u kterých nedochází k srůstu plodolistů a nevytváří se pestík a na cenokarpní – u nichž plodolisty srůstají a vytváří se pestík. Do plodů apokarpních řadíme například měchýřek, lusk, bobulí aj. Do plodů cenokarpních spadá například tobolka, šešule, oříšek, obilka aj. (4).

Plody i semena jsou využívány jako potravina (např. jablka, hrušky, pomeranče), koření (např. kmín, pepř, vanilka) i jako léčivo (např. mák) (3).

### **Otestujte své znalosti:**

*K čemu slouží rostlině vegetativní orgány a jaké orgány do této skupiny patří?*

*Vyjmenujte 3 hlavní části listu a rozdělte listy dle 3 libovolných hledisek.*

*Z jakých částí se skládá květ a k čemu rostlině slouží?*

**Použité zdroje literatury:**

- (1) SLAVÍKOVÁ Zdeňka. *Morfologie rostlin*. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0327-6.
- (2) KINCL Lubomír, KINCL Miroslav a Jana JARKLOVÁ. *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií*. Praha: Fortuna, 2000. ISBN 80-7168-736-7.
- (3) NOVÁK Jan a Milan SKALICKÝ. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN: 978-80-87415-53-5.
- (4) BABULA Petr. *Cytologie a histologie rostlin*, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2016. ISBN 978-80-7305-774-9.

## Stavba kořene

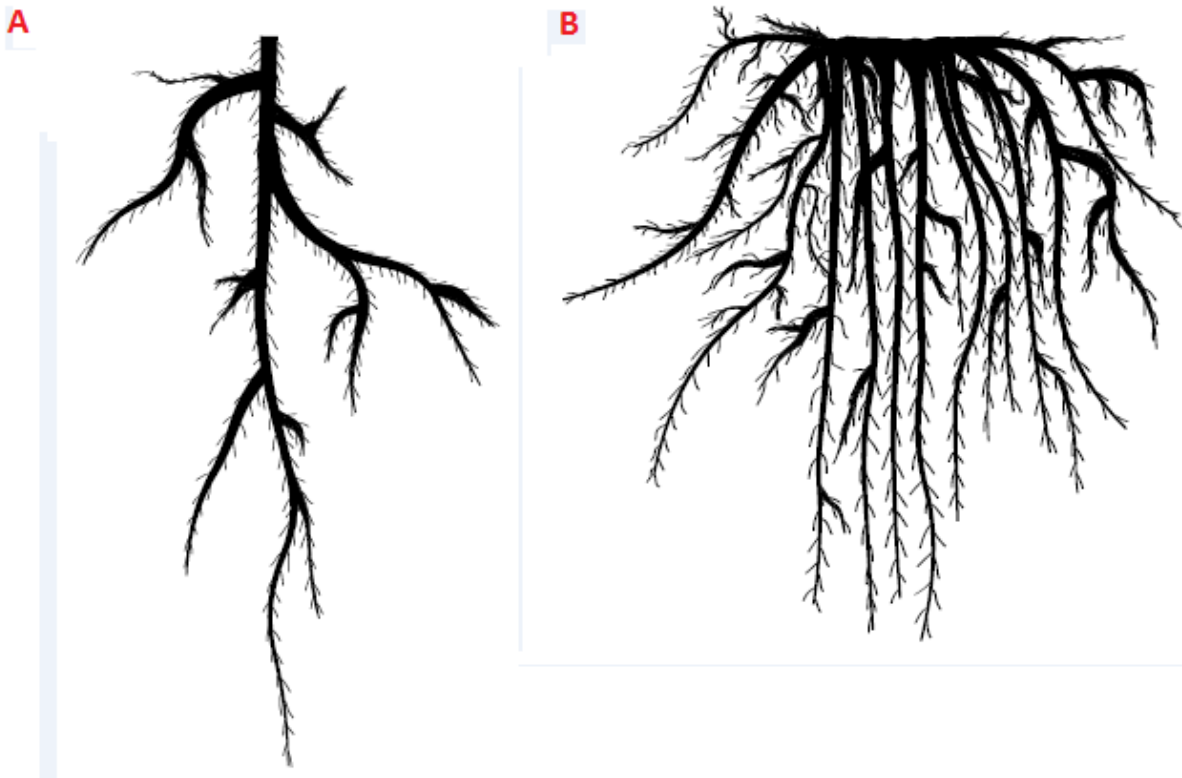
Kořen je nepravidelně se větvící se, většinou podzemní, nečlánkovaný orgán bez listu. Rostlina je upevněná pomocí kořene v půdě a slouží mu k nasávání a dopravě roztoků minerálních látek. Další jeho funkce je zásobní, vodivá a syntéza důležitých látek jako jsou např. aminokyseliny, alkaloidy a regulátory růstu (1). Kořen může také sloužit k vegetativnímu rozmnožování i zprostředkování symbiózy nebo parazitování jiné rostliny (2).

Kořenová pletiva neobsahují chlorofyl, a proto v nich neprobíhá fotosyntéza a nemají zelenou barvu. Prorůstání kořene do hloubky je dáno zejména rostlinným druhem, vlastností půdy a výškou podzemní vody (3). Pro kořen samotný je charakteristický neomezený růst do délky, který je umožněn činností apikálního meristému (2). Ten je chráněn čepičkou (*kalyptrou*). Místo přechodu kořene na stonek je označováno jako kořenový krček (3).

Při klíčení semenných rostlin, ze semene nejprve proráží kořínek (*radikula*). Ten roste směrem dolů, zakotvuje klíčící rostlinku a slouží jí k výživě. V primární kořen neboli hlavní kořen se mění kořínek při prorůstání do půdy (2). Ten buďto brzy zaniká nebo dál růst a nepravidelně se větvit, při růstu a nepravidelném větvení se tento typ kořenové soustavy nazývá allorhizie. Kořen je typický pro nahosemenné a dvouděložné rostliny.

Při zániku primárního kořene je nahrazen buďto kořeny náhradními, nebo kořeny adventivními (1). Tato kořenová soustava je tvořena po celé délce stejně tlustými a většinou málo nebo více větvenými kořeny. Tento typ kořenové soustavy nazýváme homorhizie (2). U jednoděložných rostlin kořen zastavuje růst a jeho funkci přebírají kořeny adventní, někdy též označované jako kořeny přídatné, které vyrůstají buďto v uzlicích těsně nad, či pod nimi anebo v článcích.

Obrázek č. 1: Allorhizie (A) a homorhizie (B) (Moravová, 2018) dle Krejčí a Slabý (nedatováno)



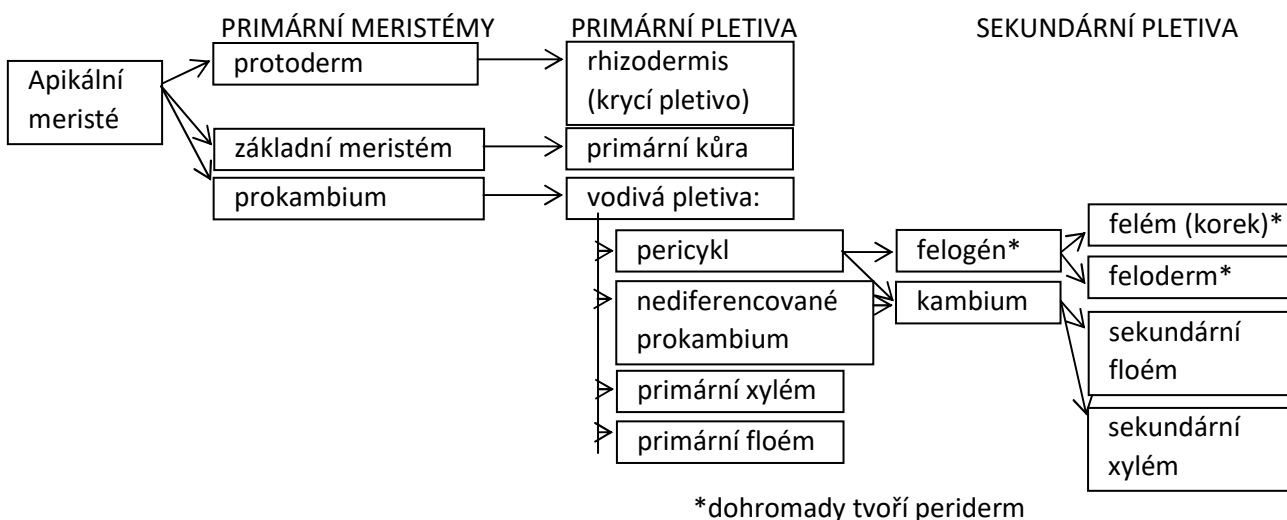
## PRIMÁRNÍ STAVBA

Na podélném řezu špičkou kořenu můžeme rozlišit tři pásma, která se s růstem kořene posouvají:

1. Pásma dělení je na vrcholu kořene a je chráněná čepičkou, probíhá zde intenzivní dělení buněk (2). Chrání vrcholové meristémy před poškozením a usnadňuje pronikání kořene do půdy (1).
2. Pásma prodlužovací (zóna elongační) je pásma, ve kterém se již počet buněk prakticky nemění, nedělí se ale rostou. Zde vzniká primární lýko a později primární dřevo.
3. Pásma absorpční, v němž probíhá diferenciací primárních pletiv kořene (2).

Na příčném řezu v absorpčním pásmu je primární stavba kořene složena ze tří základních pletivových celků - pokožka (*rhizodermis*), primární kůra (*cortex*) a střední válec (*stélé*). Na vrcholu kořene se nachází ještě kořenová čepička, která taktéž patří do primární stavby kořene, ale je lokalizována v dělicím se pásmu. Všechny tyto pletiva vznikají činností vrcholového meristému, přičemž na vzrostném vrcholu, lze rozlišit tři základní pletivové celky: protoderm – z něj se později diferencuje pokožka, základní meristém – vzniká z něj primární kůra a prokambium – ze kterého se vyvíjí střední válec (schéma č. 1) (1,3).

Schéma č. 1: Obecné souhrnné schéma vývoje kořenových pletiv u druhotně tloustnoucích rostlin během prvního roku růstu



### Kořenová čepička (*kalyptra*)

Kořenová čepička je složena z parenchymatických buněk a plní především ochrannou a mechanickou funkci. Umožňuje pronikání do substrátu a to díky svému slizovému povrchu a podílí se na aktivní látkové přeměně pomocí pletiv (3). Nápadně je vyvinutá u druhů rychle rostoucích, naopak méně je vyvinutá u druhů pomalu rostoucích a na stanovištích s vlhkou nebo kyprou půdou. Její velikost je velice variabilní, může úplně chybět, např. u řady vodních rostlin, ale může mít také od několika desetin mikrometrů až po několik desítek milimetrů (4).

### Kořenová pokožka (*rhizodermis*)

Kořenová pokožka se výrazně odlišuje svým složením i funkcemi od pokožky nadzemních orgánů. Je tvořena jednou vrstvou nekutinizovaných buněk s omezenou životností. Buňky rhizodermis mají oproti buňkám epidermis tenčí vnější buněčnou stěnu. Tím je propustná pro vodní roztoky anorganických látek (3). Z pokožkových buněk kořene vznikají kořenové vlásky (*rhiziny*) jako jejich

vychlípeniny. Ty zvětšují povrch kořene a zajišťují příjem vody s minerálními látkami. Životnost rhizodermis i kořenových vlásků je krátká, několik dní (5). Vzdušné kořeny epifytických rostlin obvykle mají pokožku vícevrstevnou (*velamen*) (6), která je tvořena mrtvými buňkami. Díky specifické stavbě dokáží přijímat vodu a také slouží jako mechanická ochrana primární kůry (5).

### **Primární kůra (*cortex*)**

Primární kůra se nachází pod pokožkou a je složena z exodermis, mezodermis a endodermis (3,5). Vnější vrstva exodermis po odumření pokožky zajišťuje její krycí funkci (5). Druhotně tloustnoucí druhy rostlin a druhy bez exodermis vytvářejí korkové kambium (*felogen*), přičemž u nich vrstva korku chrání celý orgán (3). Pokud exodermis korkovatí, může uvnitř svých stěn tvořit pásy tzv. Casparyho proužky, jenž jsou typické pro endodermis (5).

Převážná část primární kůry je parenchymatická a označuje se jako mezodermis. Mezi nimi jsou mezibuněčné kanálky (vzdušné kanálky) protažené ve směru podélné osy kořene (3).

Vnitřní vrstva je tvořena endodermis a má největší význam v příjmu vody a minerálních živin rostlinou (6). Bývá jednovrstevná a na radiálních stěnách (svislých i vodorovných) se v podobě úzkých rámečků vytváří Casparyho proužky (3).

Centrálně směřovaná část buněk k dřevní část cévního svazku je označovaná jako buňky propustné, ty zůstávají tenkostěnné a prolínají jimi roztoky anorganických látek (3). Během ontogeneze rostliny jsou endodermní buňky v různých fázích ztloustnutí (dřevnatění), což ovlivňuje Casparyho proužky v nichž se ukládá suberin a lignin. Poněvadž tyto látky jsou nepropustné pro vodu, slouží endodermis ve starších částech kořene jako bariéra, která brání zpětnému pohybu vody z cévních svazků do vnější kůry a okolního prostředí (5).

### **Střední válec (*stélé*)**

Střední válec je tvořen pericyklem (*perikambiem*), který obsahuje jediný radiální svazek cévní s paprscitě uspořádanými (*radiálně*) a pravidelně se střídajícími skupinami dřevních částí (*xylému*) a lýkových částí (*floému*) (3). Zakládají se v něm postranní kořeny, případně adventivní pupeny a u sekundárně tloustnoucích kořenů se podílí na tvorbě kambia a felogénu. Kořeny parazitů a vodních rostlin jsou bez pericyklu. Nejdůležitější částí je vodivý systém, který je v primárních kořenech složen z radiálních svazků cévních (5).

## **SEKUNDÁRNÍ STAVBA**

Sekundární stavba kořene je také označovaná jako druhotné tloustnutí kořene (3). To probíhá u většiny nahosemenných a dvouděložných dřevin, zatím co u většiny jednoděložných, dvouděložných bylin a cévnatých výtrusných kořenů druhotné tloustnutí neprobíhá. Druhotná pletiva vznikají činností sekundárního meristému - kambia (1).

Kambium se zakládá postupně, a proto má souvislé kambium na příčném řezu kořene svůj typický tvar v závislosti na typu radiálního svazku cévního (3). U diarchního cévního svazku má kambium na příčném řezu tvar oválu, u triarchního cévního svazku je tvar trojúhelníku a u tetrarchního, pentarchního a hexarchního je tvar hvězdicovitý (1). Kambium odděluje směrem ven elementy sekundárního lýka (*deuterofloém*) a směrem dovnitř odděluje elementy sekundárního dřeva (*deuteroxylém*) (7).

Současně s druhotným tloustnutím kořene v pericyklu vzniká a začíná fungovat korkotvorné pletivo (*felogén*), který směrem vně produkuje vrstvu z korkovatělých buněk - korek (*felém*) a směrem dovnitř vrstvu druhotného krycího pletiva (*feloderm*). Felogen, felém a feloderm tvoří dohromady tzv. periderm, který nahrazuje pokožku, neboť buňky primární kůry a pokožky jsou vrstvami korku odděleny od vnitřních živých pletiv a posléze praskají a odlupuje se (3).



**Otestujte své znalosti:**

*Jaká je funkce kořene?*

*Jaké zóny rozlišujeme na podélném řezu kořenem?*

*Jaké pletiva rozlišujeme na příčném řezu kořenem a jaká je jejich funkce?*

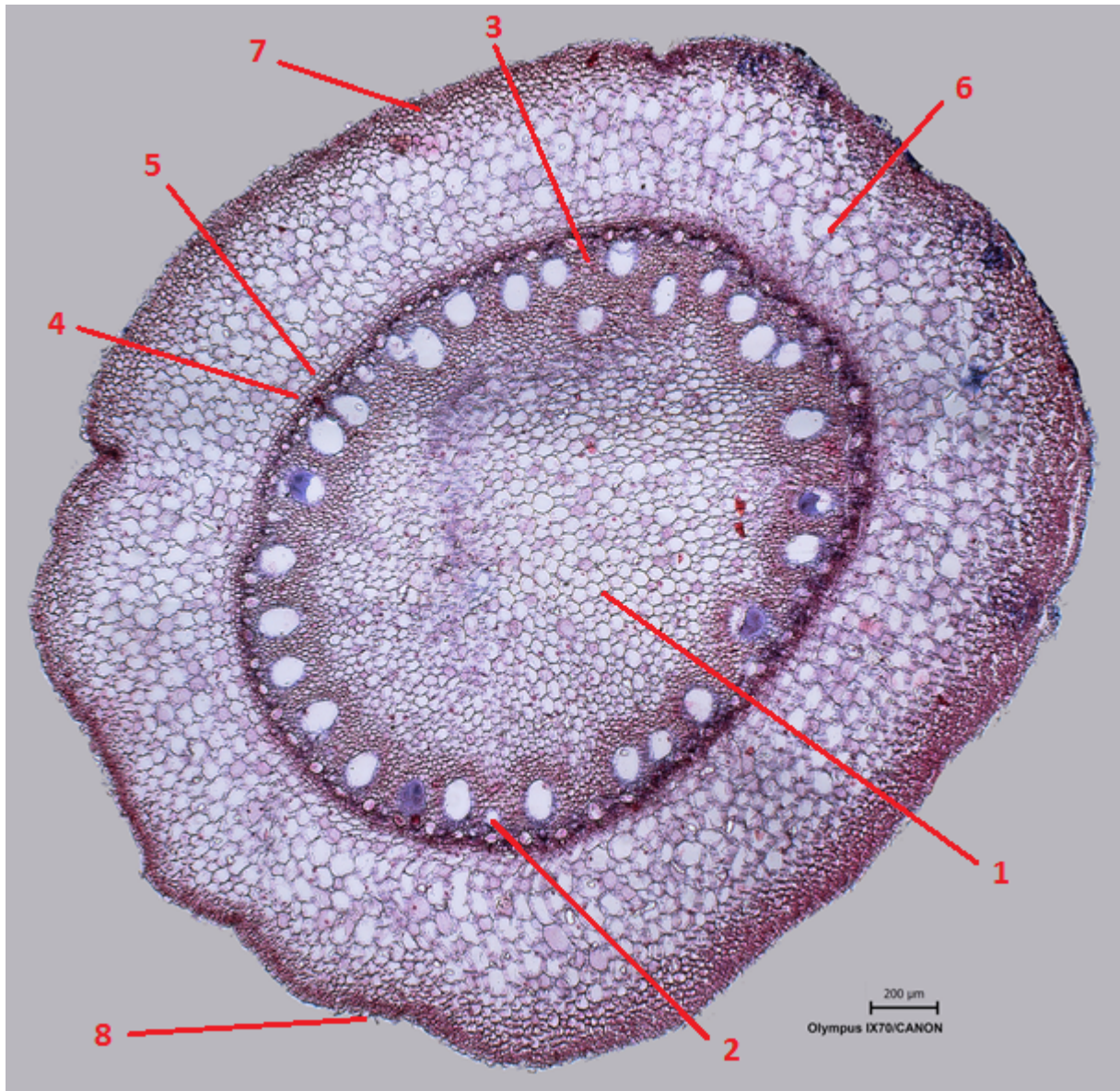
### Použité zdroje literatury:

- (1) KUBÁT Karel, KALINA Tomáš, KOVÁČ Jaroslav, KUBÁTOVÁ Dagmar, PRACH Karel a Zdeněk URBAN. *Botanika*. Mníšek pod Brdy: Scientia, 1998. ISBN: 80-7183-053-4.
- (2) NOVÁK Jan a Milan SKALICKÝ. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN: 978-80-87415-53-5.
- (3) ANONYM Č. 1 [online, cit. 22.9.2018]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_211\\_multitext/obecna\\_botanika/index1.html](http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/index1.html)
- (4) ANONYM Č. 2 [online, cit. 22.9.2018]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/~anatomy/roots/html/intro.htm>
- (5) KINCL Lubomír, KINCL Miroslav a Jana JARKLOVÁ *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií*. Praha: Fortuna, 2000. ISBN 80-7168-736-7.
- (6) SLAVÍKOVÁ Zdeňka. *Morfologie rostlin*. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0327-6.
- (7) BABULA Petr. *Cytologie a histologie rostlin*, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2016. ISBN 978-80-7305-774-9.

### Nákresy:

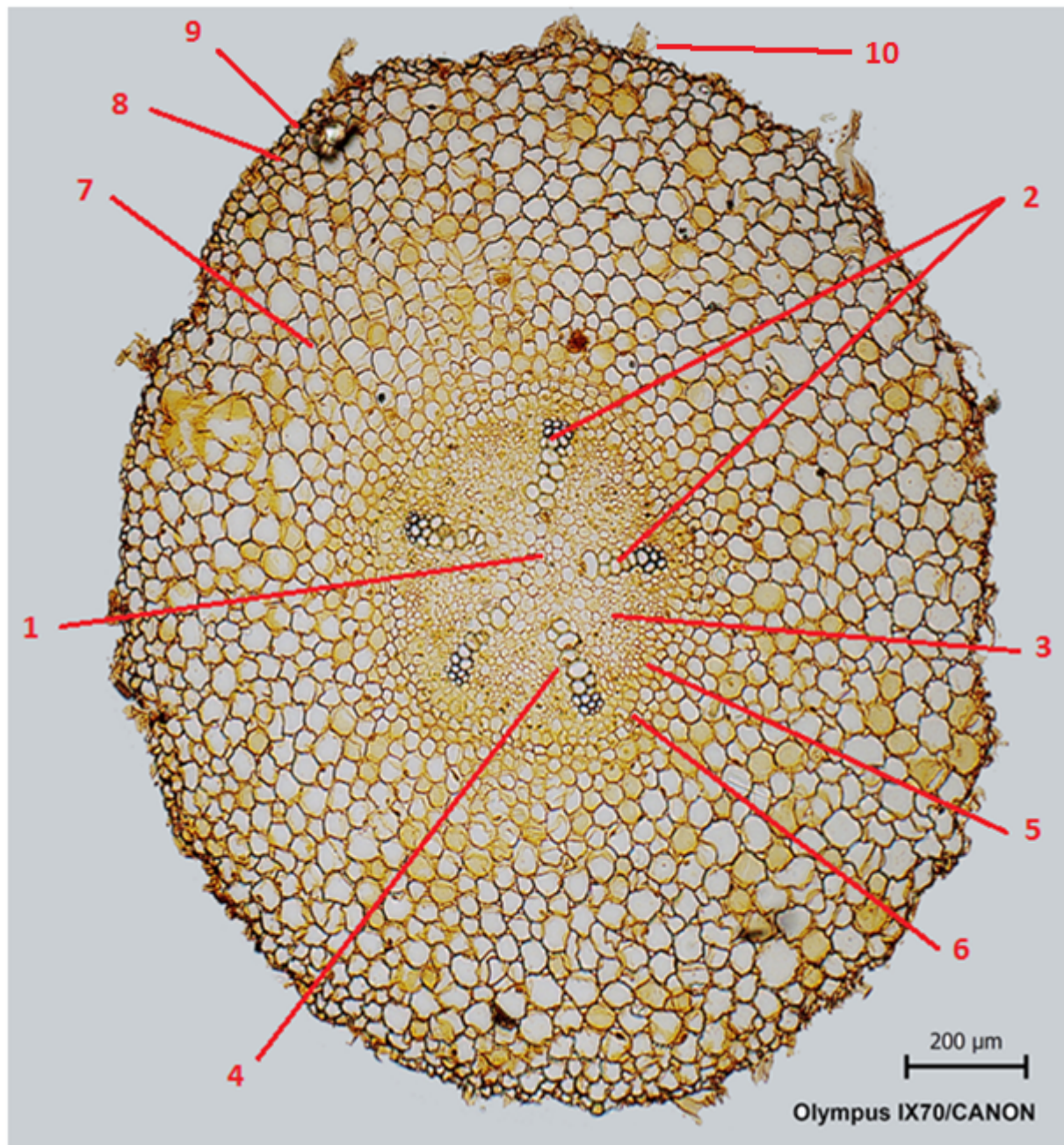
- (8) KREJČÍ Petra a Karel SLABÝ [online, cit. 3.11.2018]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_211\\_multitext/obecna\\_botanika/index1](http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/index1)

Kořen – příčný řez – jednoděložná rostlina – kukuřice setá (*Zea mays*)



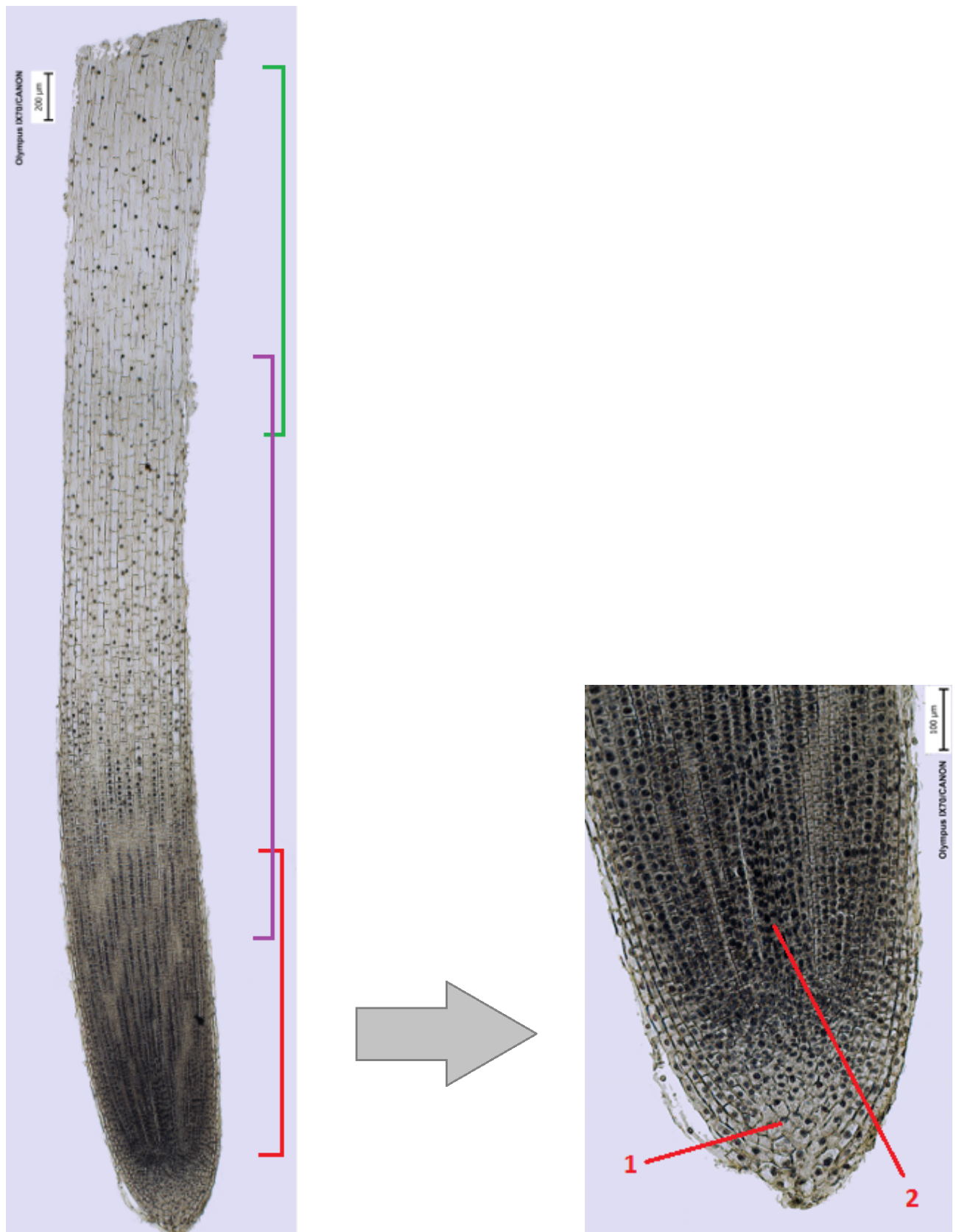
**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – dřevo (xylém), 3 – lýko (floém), 4 – pericykl, 5 – endodermis, 6 – mezodermis, 7 – exodermis, 8 – pokožka (rhizodermis)

Kořen – příčný řez – vyšší dvouděložná rostlina – bob obecný (*Vicia faba*)



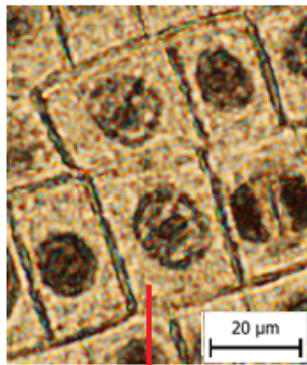
**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – dřevo (xylém), 3 – lýko (floém), 4 – kambium, 5 – pericykl, 6 – endodermis, 7 – mezodermis, 8 – exodermis, 9 – pokožka (rhizodermis), 10 – kořenový vlásek

Kořen – podélný řez – vyšší dvouděložná rostlina – cibule kuchyňská (*Allium cepa*)

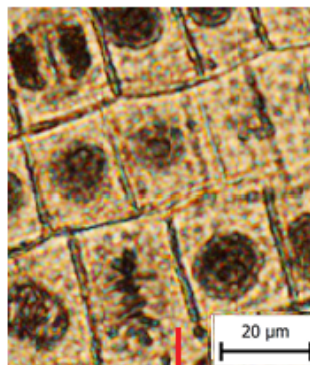


**Legenda:** červená – zóna dělení buněk, fialová – zóna prodlužovací, zelená – zóna absorpční, 1 – kořenová čepička, 2 – apikální meristém

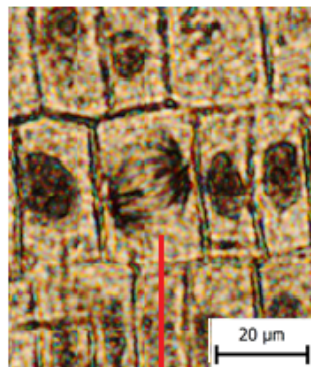
Kořen – podélný řez – zóna dělení – fáze mitózy – cibule kuchyňská (*Allium cepa*)



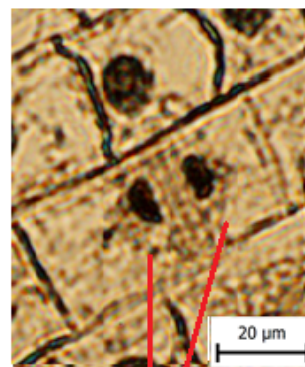
1



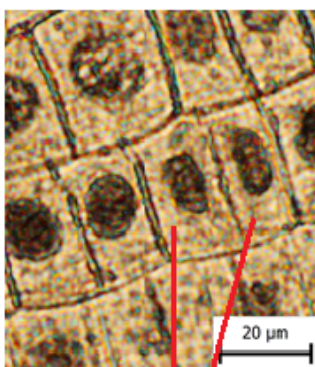
2



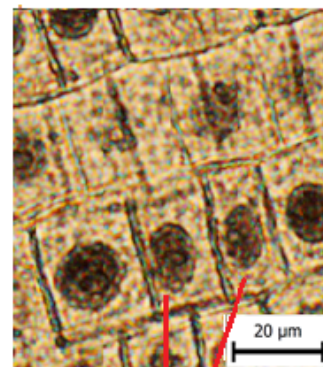
3



4



5



6

**Legenda:** 1 – profáze, 2 – metafáze, 3 – anafáze, 4 – telofáze, 5 – konec telofáze, 6 – dvě dceřiné buňky

## Stavba stonku

Stoněk je nadzemní část rostliny, která nese listy, pupeny a generativní orgány (květ, plod a semeno). Její další funkcí je ukládání zásob, zajištění transportu živin a případně má i funkci asimilační (pokud obsahuje chloroplasty) (1).

Rozlišujeme prvotní (primární) a druhotnou (sekundární) stavbu stonku (2).

U rostlin existují dva typy tloušťnutí – primární a sekundární. Primární tloušťnutí stonku se vyskytuje především u jednoděložných rostlin. Pod vzrostlým vrcholem se zakládá dělivé pletivo, jehož buňky se dělí rovnoběžně s povrchem. To způsobuje růst stonku do délky. Sekundární tloušťnutí stonku se vyskytuje především u nahosemenných a dvouděložných rostlin. Dochází při něm k přeměně primární stavby stonku na stavbu sekundární. Tak roste stoněk do šířky (3).

### PRIMÁRNÍ STAVBA

Primární stavba stonku u jednoděložných a dvouděložných bylin je odlišná.

U jednoděložných bylin se nachází: pokožka, sklerenchymatické buňky (tvořící mechanickou oporu) a uprostřed základní parenchym (4).

Stoněk dvouděložných bylin, tvořený primární stavbou, je zelený. Na povrchu jej kryje pokožka. Pokožka je často ještě na svém povrchu chráněná kutikulou. Pod pokožkou leží primární kůra. Uprostřed se nachází střední válec, který je ohraničený pochvou (2,4,5).

Pokud stoněk dorůstá na vzrostlém vrcholu z apikálního meristému, pak hovoříme o vrcholovém růstu (4). Mimo tento typ mohou stonky růst lineárně, kdy dochází k prodlužování jednotlivých článků (2). U některých rostlin je využíván interkalární růst, který je zajištěn činností interkalárního meristému (nacházejícího se např. na konci článků trav) (5). Při růstu dochází k dělení buněk a zvětšování jejich objemu. Uzliny (nody), na rozdíl od článků (internodií), se prodlužují jen nepatrně (2).

#### Pokožka (*epidermis*)

Pokožka je tvořena vrstvami buněk protáhlých ve směru podélné osy stonku. Buňky pokožky jsou na sebe těsně přisedlé a jsou tedy bez buněčných prostor (5).

Vnější vrstva buněk pokožky je ztlustělá (nejvíce u sukulentů) a pokryta silnou vrstvou kutikuly (acelulární vrstvy). U bylinných (dužnatých) stonků je typický výskyt průduchů (těch je na stonku méně než na listech) (5).

Některé buňky pokožky vybíhají v papily. Ty mohou být i větvené, pak se nazývají trichomy. Trichomy jsou žlaznaté či žahavé. Seskupení více trichomů na prýtu tvoří odění (*indumentum*). Mimo papily a trichomy nad pokožku vybíhají i emergence, které vznikají jak z buněk pokožky, tak i z buněk primární kůry (5).

Buňky pokožky se dělí kolmo k povrchu (antiklinálně), tím roste stoněk do šířky (5).

#### Primární kůra (*cortex*)

Primární kůra se nachází pod pokožkou. Plní funkci ochranou a zásobní. Obsahuje mechanická pletiva (kolenchym, sklerenchym), která mají za úkol zpevnit stoněk po obvodu (nebo v pružích u hranatých stonků) (5).

Tvoří ji tři vrstvy – *hypodermis*, *mezodermis* a *endodermis*. Vnější vrstva (*hypodermis*) je složena především z mechanických pletiv (kolenchymem a sklerenchymem). Střední část (*mezodermis*) tvoří tenkostěnné parenchymatické buňky s intercelulárami. U mladých rostlin se zde nachází také chloroplasty. V některých rostlinách jsou v této vrstvě uloženy mléčnice, u jiných zas krystaly

šťavelanu vápenného a u některých jsou zde vyměšovací kanálky. Vnitřní vrstva (*endodermis*) tvoří rozhraní mezi primární kůrou a středním válcem. U cévnatých výtrusných rostlin je souvislá, zato u některých kapradin obklopuje cévnaté svazky (3,5). Namísto endodermis se může vytvářet škrobová pochva, která obsahuje mnoho škrobových zrn. Škrobová pochva se nalézá především v oddencích (5).

### Střední válec (stélé)

Střední válec stonku je tvořen parenchymatickým pletivem. Mezi tímto pletivem jsou uloženy cévní svazky (3).

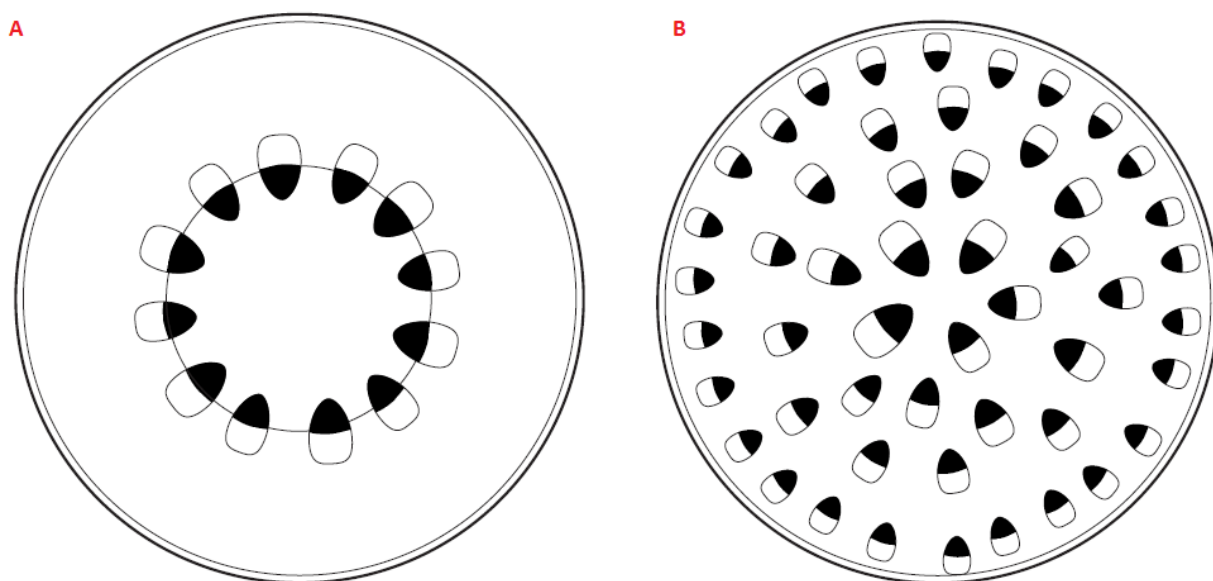
Pericykl odděluje primární kůru od středního válce. Dochází v něm k zakládání adventivních kořenů i kolaterálních cévních svazků (3).

Střed válce tvoří parenchymatická dřevň. Zde se ukládají zásobní látky (např. cukr), nebo se v ní nachází mléčnice, idioblasty či sklerenchymatické buňky. U dutých rostlin se v parenchymatické dřevni nachází rhexigenní dutina (3). U některých rostlin (např. jednoděložných) není střední válec vyvinut a cévní svazky tak prochází primární kůrou (tvořenou základním parenchymem) (5).

Vodivá pletiva jsou zde uspořádána kolaterálně. Na vnějším okraji se nachází protofloém, na vnitřním okraji se nalézá protoxylém, jehož diferenciace pokračuje ke středu svazku (3).

U nahosemenných a dvouděložných rostlin se nachází mezi xylémem (dřevem) a floémem (lýkem) část původního prokambia (3).

Obrázek č. 1: Rozmístění cévních svazků s vodivými pletivy u jednoděložných (A) a vyšších dvouděložných (B) rostlin (Moravová, 2018) dle Krejčí a Slabý (nedatováno)



### SEKUNDÁRNÍ STAVBA

Druhotná stavba je podmíněna druhotným (sekundárním) tloustnutím. Jde o proces nahrazení prvotní stavby stavbou druhotnou (2). Sekundární tloustnutí je typické pro nahosemenné a dvouděložné rostliny (u jednoděložných dochází k druhotnému tloustnutí pouze výjimečně) (6).

### Druhotná kůra (*periderm*)

Druhotná kůra může vznikat buď přímo v pokožce, nebo z vnější části primární kůry, nebo z vnitřní části primární kůry či z pericyklu. Jakmile vznikne druhotná kůra, primární kůra společně s pokožkou odumírají (3).



Z druhotné kůry vzniká vně korek (felém) a směrem vnitřním zelená kůra (feloderm), která obsahuje chlorofyl. Druhotná kůra neustále zaniká a následně se opět tvoří, tím se stále tvoří nový korek. Vnější části kůry při odumírání popraskají, a tak vzniká borka (*rhytidoma*) (3).

### **Kambium**

Důležitou strukturou sekundární stavby stonku je kambium, které vzniká z prokambia (3,6). Jedná se o vodivý meristém (3).

Rostliny s kambiem mají otevřený systém cévních svazků, neboť umožňují vznik druhotného dřeva (deuteroxylému) a druhotného lýka (deuterofloému). Zato u rostlin bez kambia je uzavřený systém cévních svazků (6).

Ve stoncích rostlin rozlišujeme dva typy kambia – svazkové a mezisvazkové. Svazkové (fascikulární) kambium se nachází v cévním svazku. Jedná se o primární meristém. Jeho funkcí je produkce druhotných pletiv, čímž umožňuje následné druhotné tloušťnutí stonku (5). Svazkové kambium je oddělováno parenchymem primárních dřeňových paprsků, které probíhají paprscitě z dřeně do primární kůry. Sekundární dřeňové paprsky uloženy v dřevu (xylému) a lýku (floému) v těchto strukturách končí. Úkolem dřeňových paprsků je přenos vody a živin, případně vytváření zásob (4,5). Mezisvazkové (interfascikulární) kambium se vyskytuje mezi svazky. Představuje sekundární meristém, z kterého vzniká souvislý kambiální válec (3,6).

Kambium bylin zastavuje svou činnost ve stejném vegetačním roce, kdy začala. Zato u dřevin se každoročně jejich činnost obnovuje (3).

### **Sekundární dřevo (deuteroxylém) a sekundární lýko (deuterofloém)**

Sekundární dřevo a sekundární lýko vzniká z kambia. Jako první se na jaře z kambia oddělí sekundární dřevo. Potom se střídavě oddělují sekundární lýko a sekundární dřevo (3,6).

Dřevo u nahosemenných rostlin je tvořeno z dvůrkatých tracheid. Tracheidy dřeva, které vznikly na jaře (jarní dřevo), jsou světlé a mají málo ztloustlé stěny. Tyto tracheidy mají funkci vodivou. V létě vznikají tracheidy tmavé se silnými stěnami a plní funkci mechanickou (letní dřevo). V dřevu nahosemenných rostlin se dále nachází buňky dřeňových paprsků a pryskyřičné kanálky (6).

U rostlin dvouděložných krytosemenných se v dřevu navíc (kromě tracheid) vyskytují i tracheje a *libriform* (pruhy sklerenchymatických buněk). Tracheje i tracheidy u nich plní funkci vodivou. Dle tloušťky stěn *libriformu* se dělí dřeva na měkké – mají slabě ztloustlé stěny (př. lípa, topol) a tvrdé – mají silně ztloustlé stěny (př. dub, buk) (6).

Letní a jarní dřevo se dále liší uspořádáním cév. Cévy jarního dřeva jsou světlé a poskládané do kruhů (tzv. dřevo kruhovitě pórové). Druhou variantou jsou cévy, které přechází plynule z velké světlosti do nižší světlosti (tzv. dřevo roztroušeně pórovité) (6).

Se stářím dřeva dochází k zániku jeho vodivé funkce, protože se jeho cévy ucpávají tyly (tenkostěnnými váčky), pryskyřicí, tříslovinami aj. K poruše funkce dochází ve středu, kde tak vzniká vnitřní tmavá část (*duramen*). Zato kolem obvodu, kde je dřevo stále vodivé má světlejší barvu (tzv. *albumen*, *splint* či běl) (6).

### **Letokruhy**

Střídání jarního a letního dřeva vytváří letokruhy. Jarní dřevo vytváří na příčném průřezu kmenem světlejší, měkkčí a širší kružnice, zato letní dřevo vytváří tmavé, tvrdší a slabší kružnice (6). Jeden letokruh představuje jedno vegetační období (v našich oblastech se jedná o jeden rok) (3).

**Otestujte své znalosti:**

*Které důležité části tvoří primární stavbu stonku a které sekundární?*

*Jaké vrstvy tvoří primární kůru (cortex)?*

*Z čeho vzniká sekundární dřevo (deuteroxylém) a sekundární lýko (deuterofloém)?*

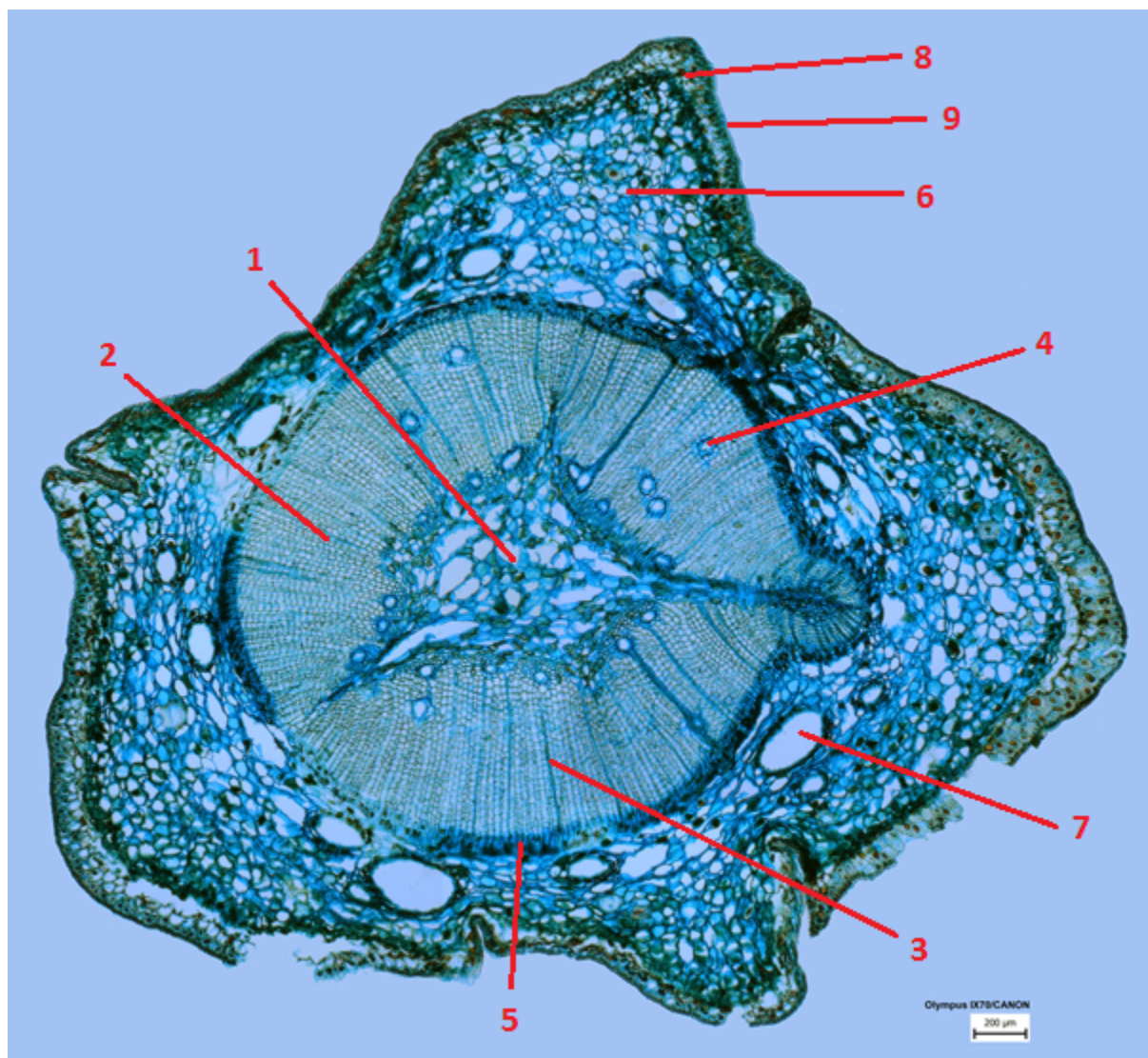
### Použité zdroje literatury:

- (1) BABULA, P., *Anatomie a morfologie rostlin*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2016. ISBN 978-80-7305-775-6.
- (2) KINCL, L., *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií*. 3., upr. vyd. Praha: Fortuna, 2000. ISBN 80-7168-736-7.
- (3) NOVÁK, J., *Botanika cytologie, histologie, organologie a systematika*. Praha: PBtisk s.r.o., 2006. ISBN 978-80-904011-5-0.
- (4) KUBÁT, K. a kol., *Botanika*. Praha: Scientia aspol. s.r.o., 2003. ISBN 80-7183-266-9.
- (5) SLAVÍKOVÁ, Z., *Morfologie rostlin*. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0327-6.
- (6) POCHÁZKA, S., *Botanika – Morfologie a fyziologie rostlin*. Brno, 2009. ISBN 978-80-7375-125-8.

### Nákresy:

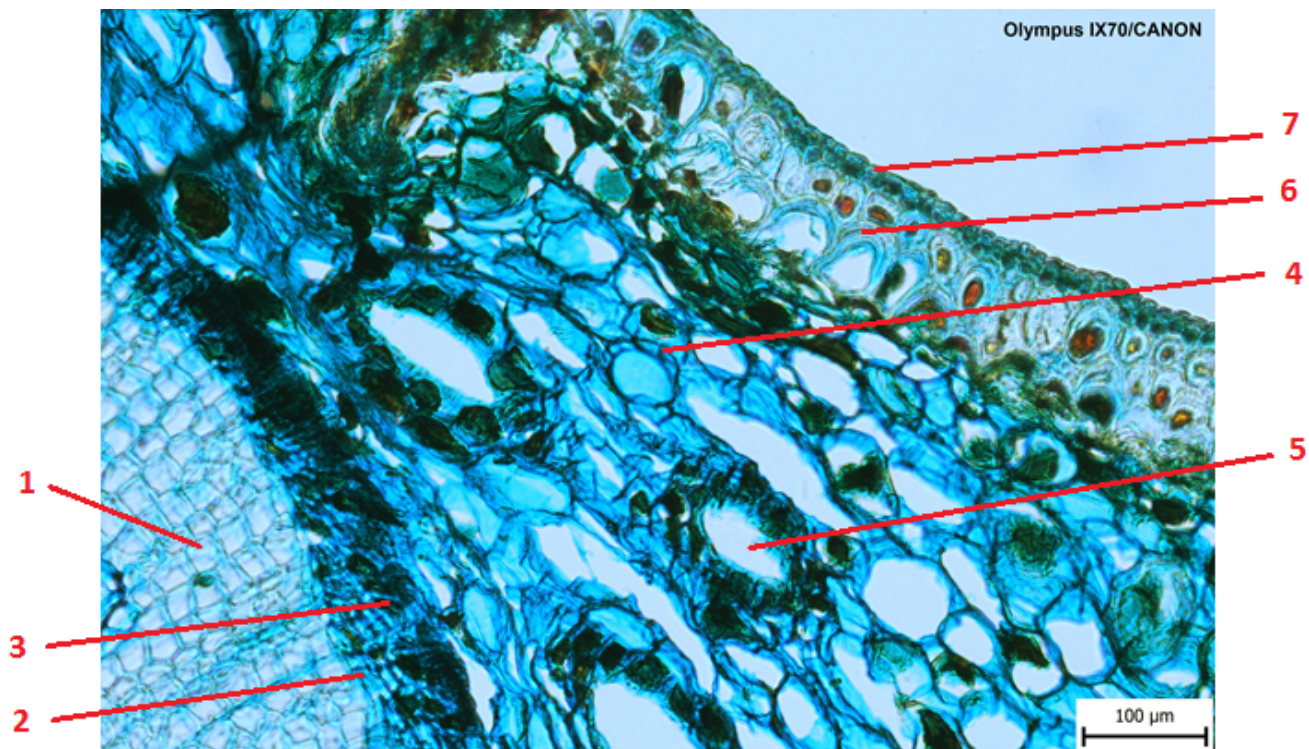
- (7) KREJČÍ Petra a Karel SLABÝ [online, cit. 8.11.2018]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_211\\_multitext/obecna\\_botanika/index1.html](http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/index1.html)

Stonek – příčný řez – nahosemenná rostlina – borovice (*Pinus*)



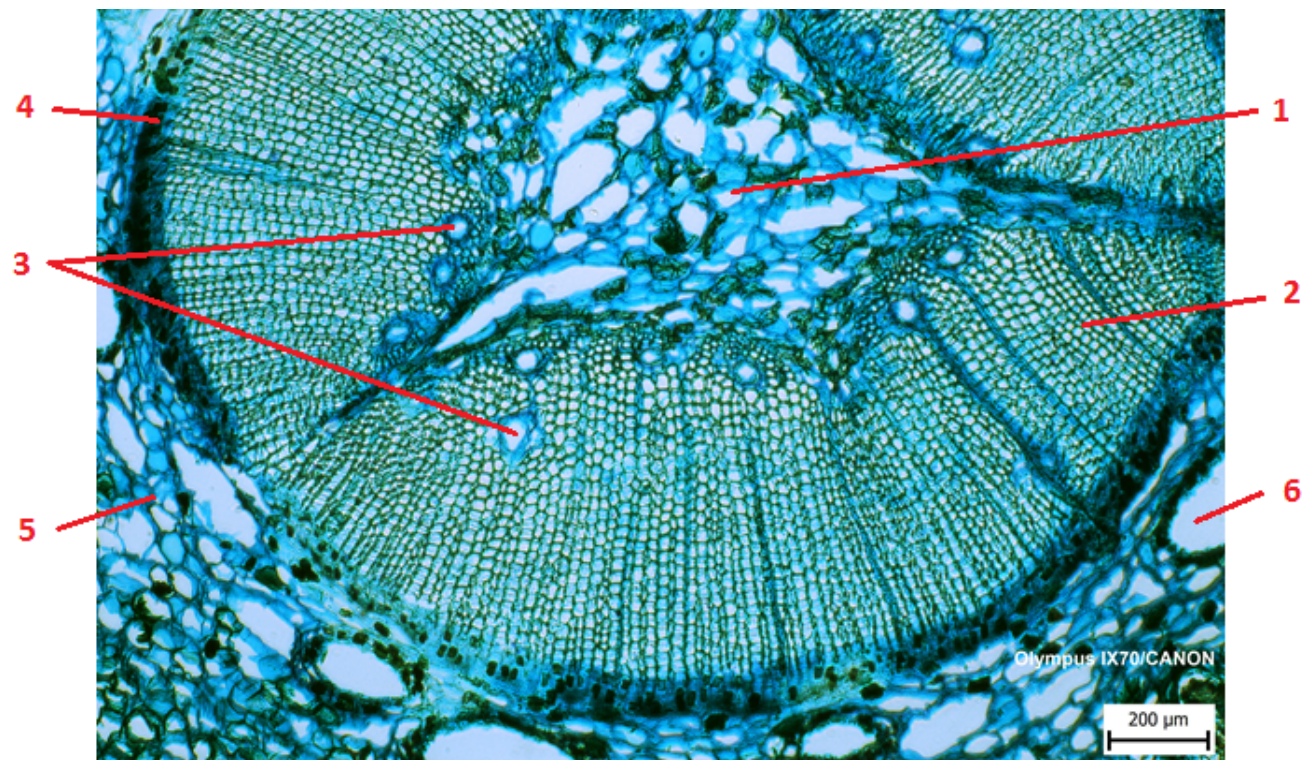
**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – dřevo (xylém), 3 – dřevový paprsek, 4 – pryskyřičný kanálek v xylému, 5 – lýko (floém), 6 – primární kůra, 7 – pryskyřičný kanálek v primární kůře, 8 – periderm, 9 – zbytky pokožky

Stonek – příčný řez – nahosemenná rostlina – borovice (*Pinus*)



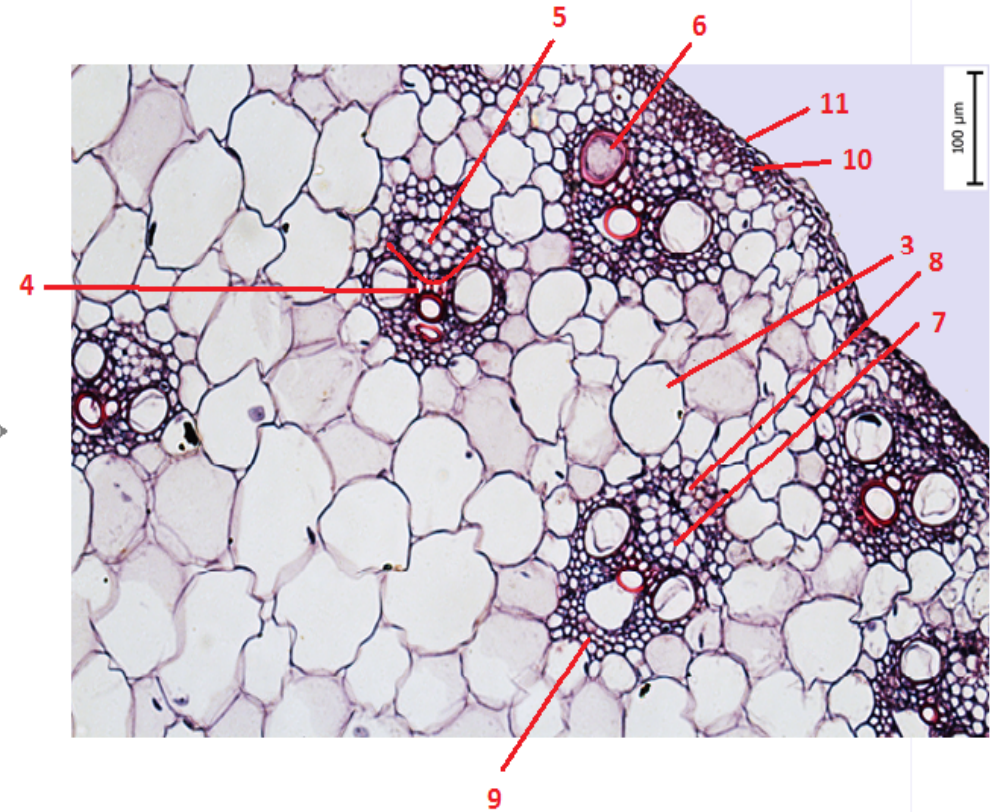
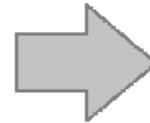
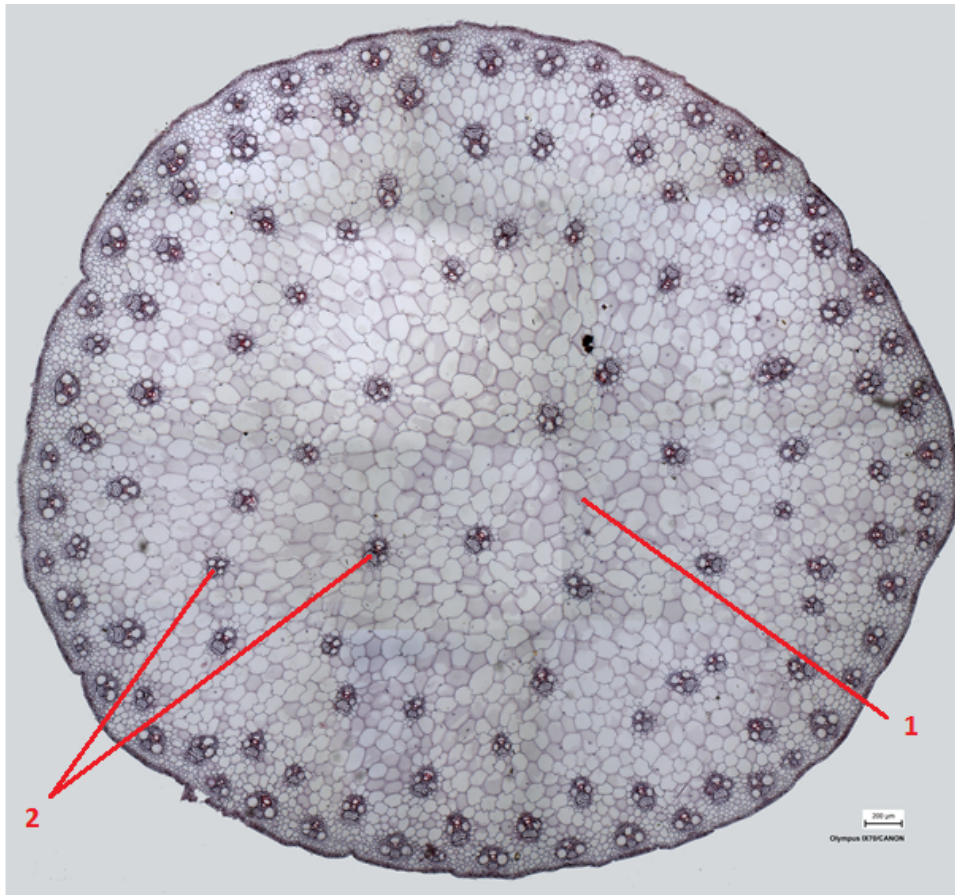
**Legenda:** 1 – dřevo (xylém), 2 – kambium, 3 – lýko (floém), 4 – primární kůra, 5 – pryskyřičný kanálek v primární kůře, 6 – periderm, 7 – pokožka (epidermis)

Stonek – příčný řez – nahosemenná rostlina – borovice (*Pinus*)



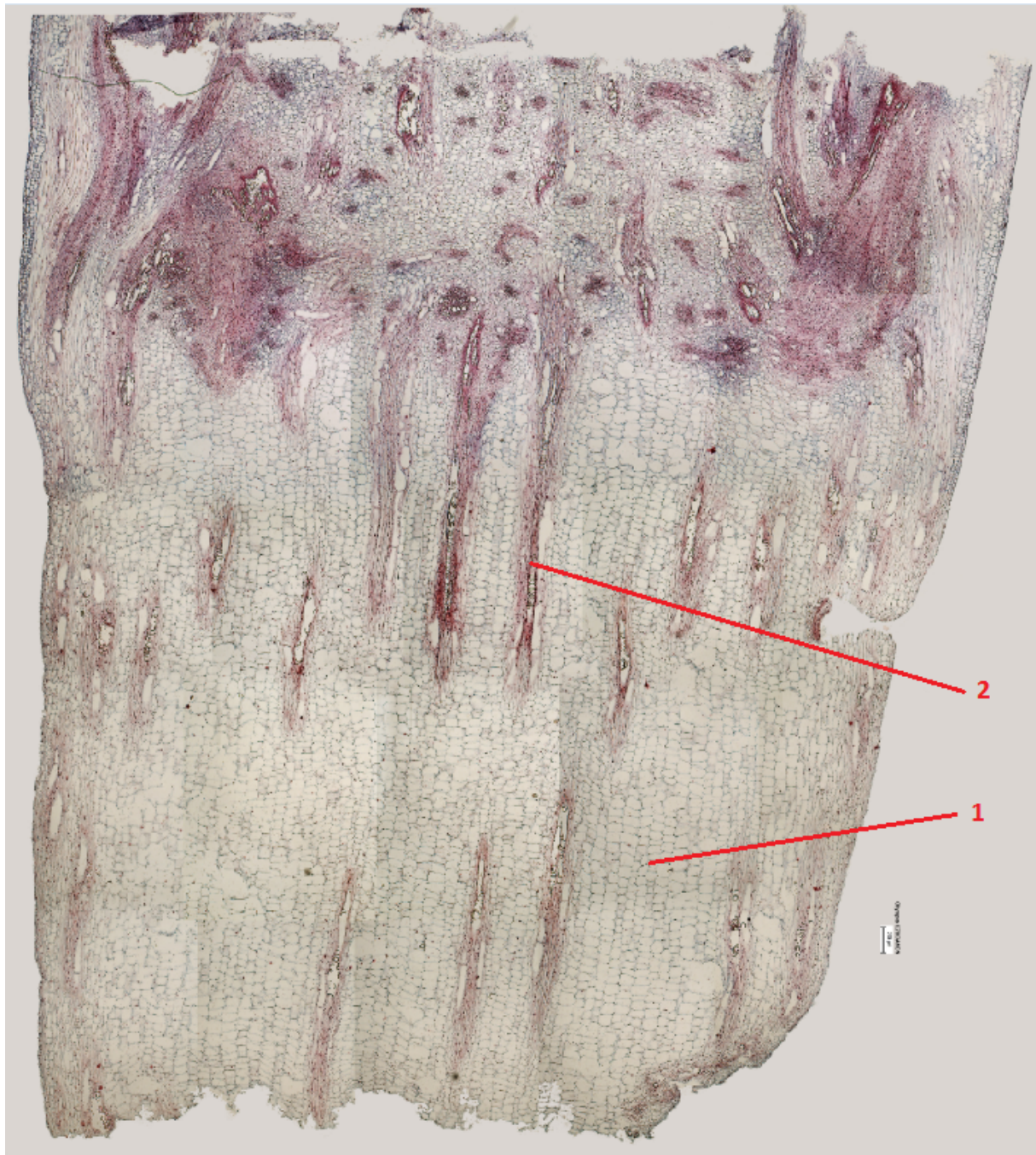
**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – dřevo (xylém), 3 – pryskyřičný kanálek v xylému, 4 – lýko (floém), 5 – primární kůra, 6 – pryskyřičný kanálek v primární kůře

Stonk – příčný řez – jednoděložná rostlina – kukuřice setá (*Zea mays*)



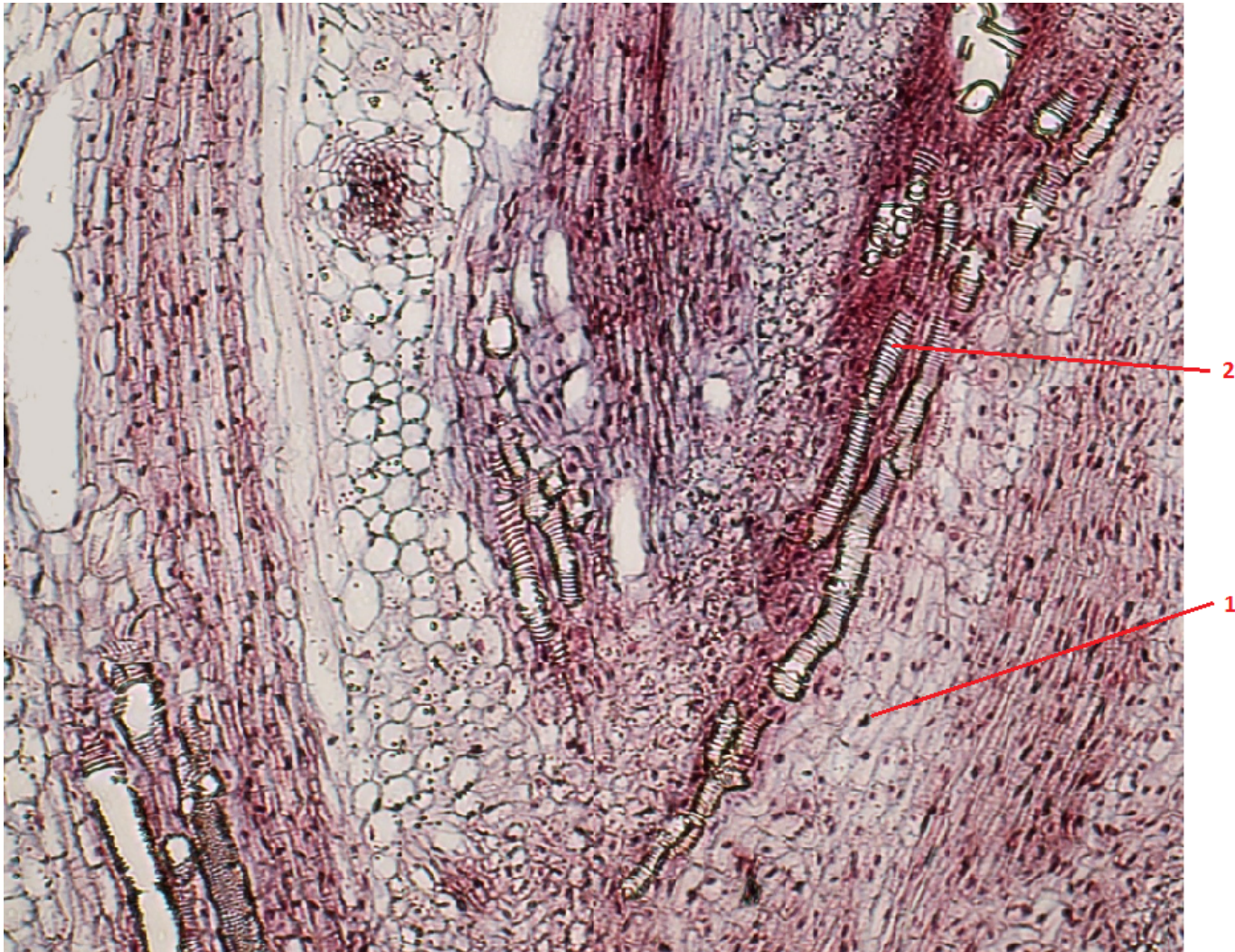
**Legenda:** 1 – základní parenchym, 2 – cévní svazky s vodivými pletivy, 3 – základní parenchym, 4 – dřevo (xylém) – od hranice směrem do středu, 5 – lýko (floém) – od hranice směrem vně, 6 – céva dřevní části svazku (metaxylému), 7 – lýko (floém), 8 – sklerenchymatická pochva, 9 – sklerenchymatická pochva, 10 – sklerenchym, 11 – pokožka (epidermis) s kutikulou

Stonek – podélný řez – jednoděložná rostlina – kukuřice setá (*Zea mays*)



**Legenda:** 1 – základní parenchym, 2 – cévní svazek s vodivými pletivy

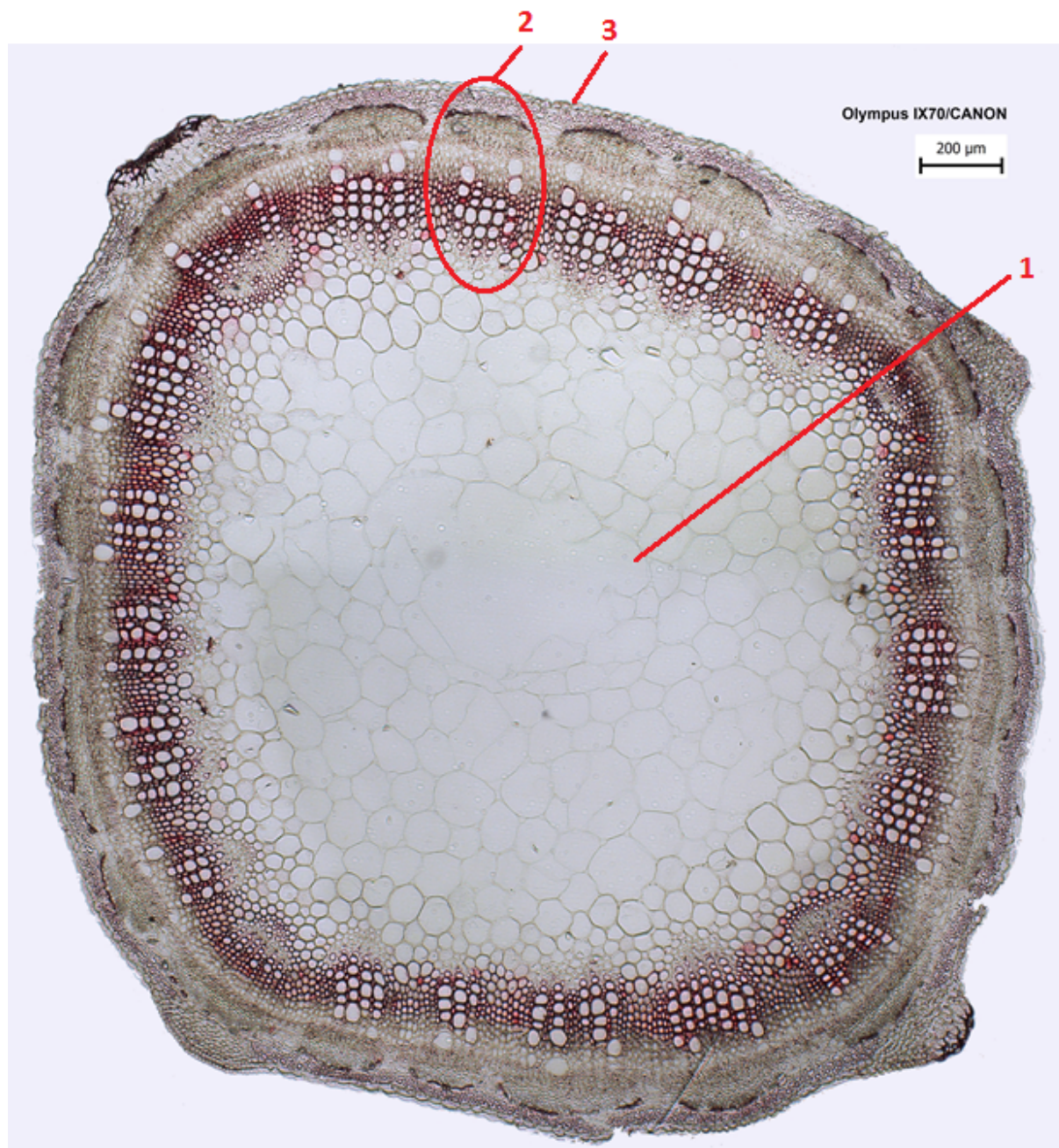
Stonek – podélný řez – jednoděložná rostlina – kukuřice setá (*Zea mays*)



**Legenda:** 1 – základní parenchym, 2 – cévice xylému (tracheidy)

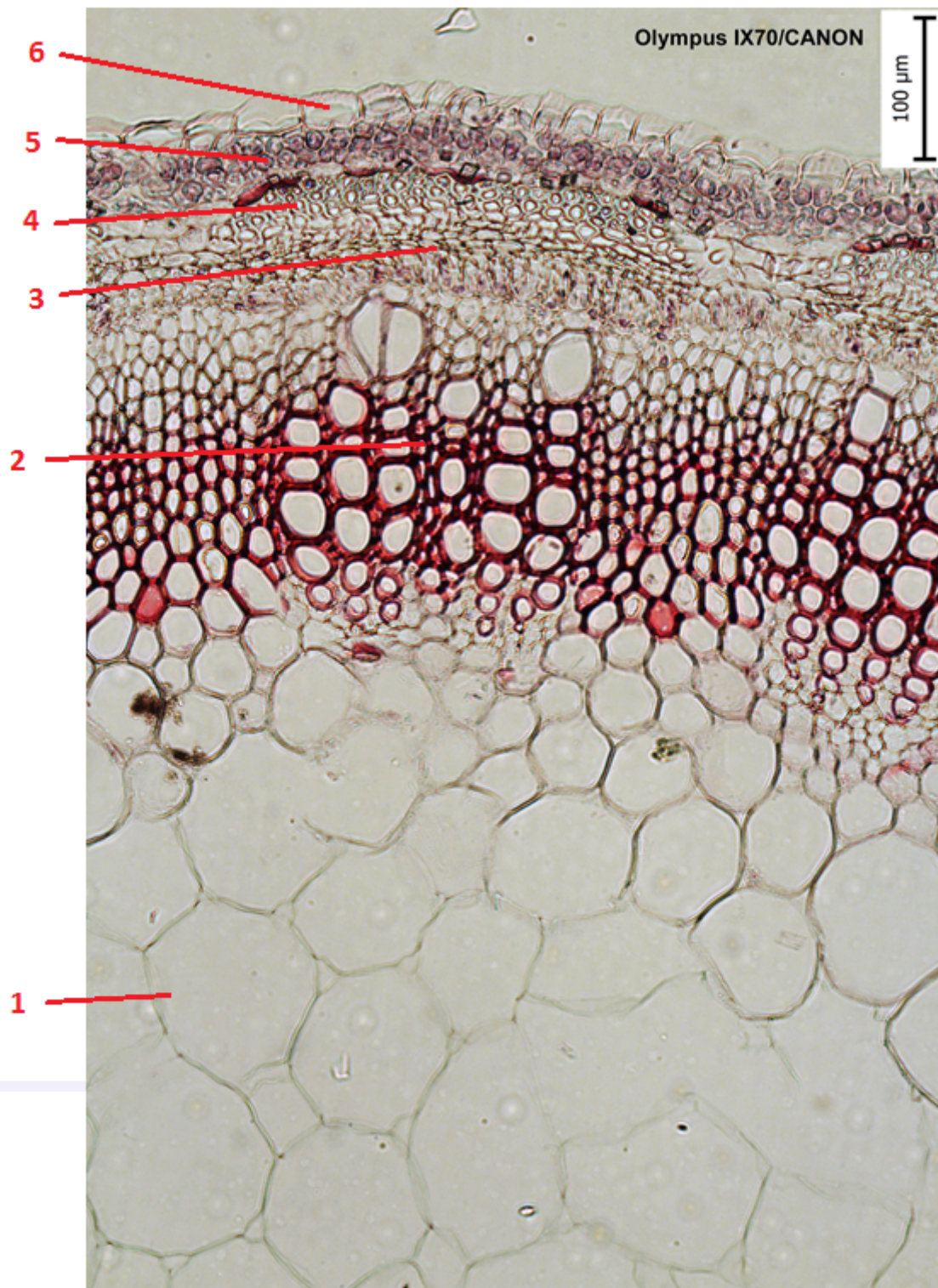


Stonek – příčný řez – vyšší dvouděložná rostlina – vojtěška setá (*Medicago sativa*)



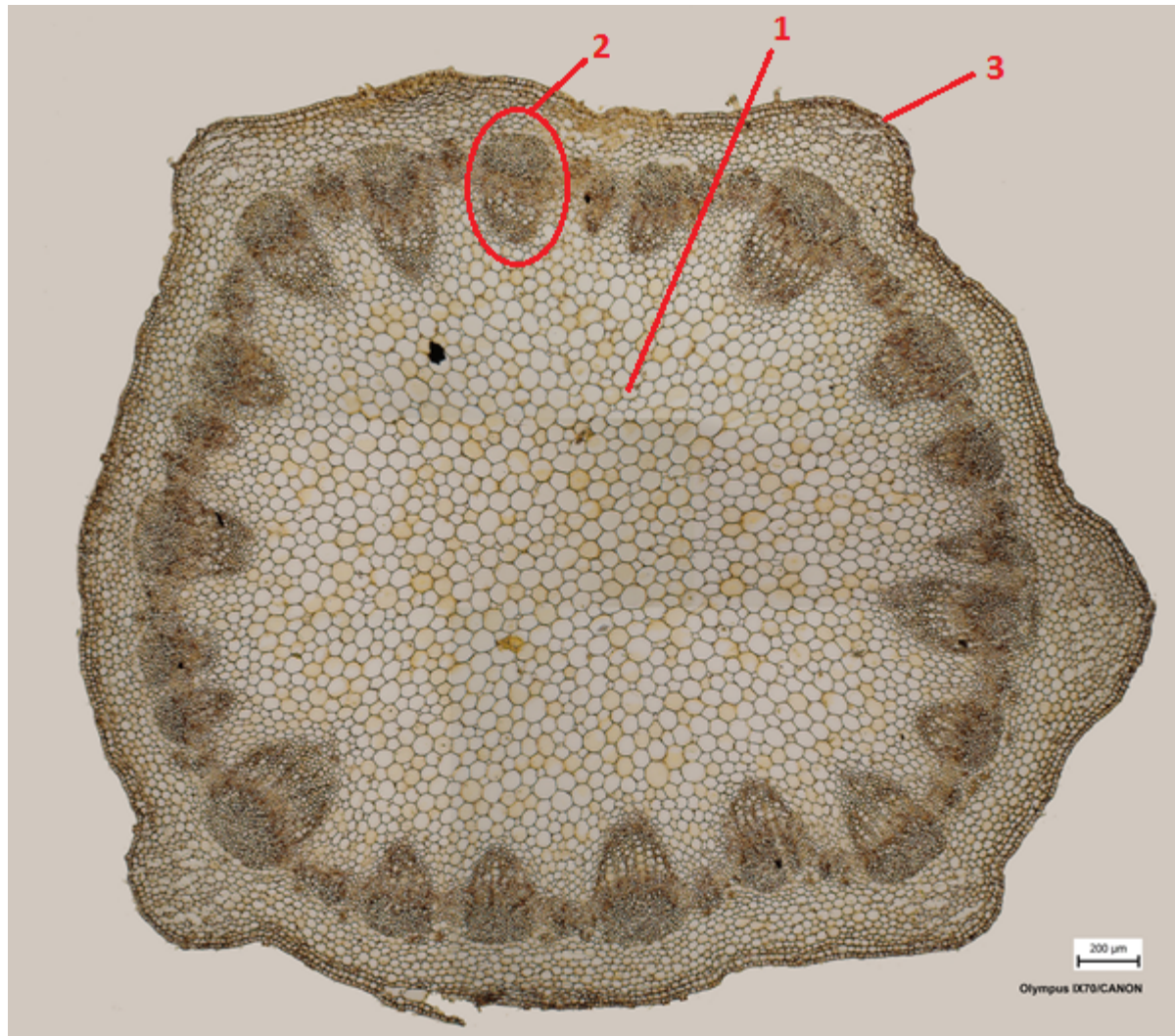
**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – cévní svazky s vodivými pletivy, 3 – pokožka (epidermis)

Stonek – příčný řez – vyšší dvouděložná rostlina – vojtěška setá (*Medicago sativa*)



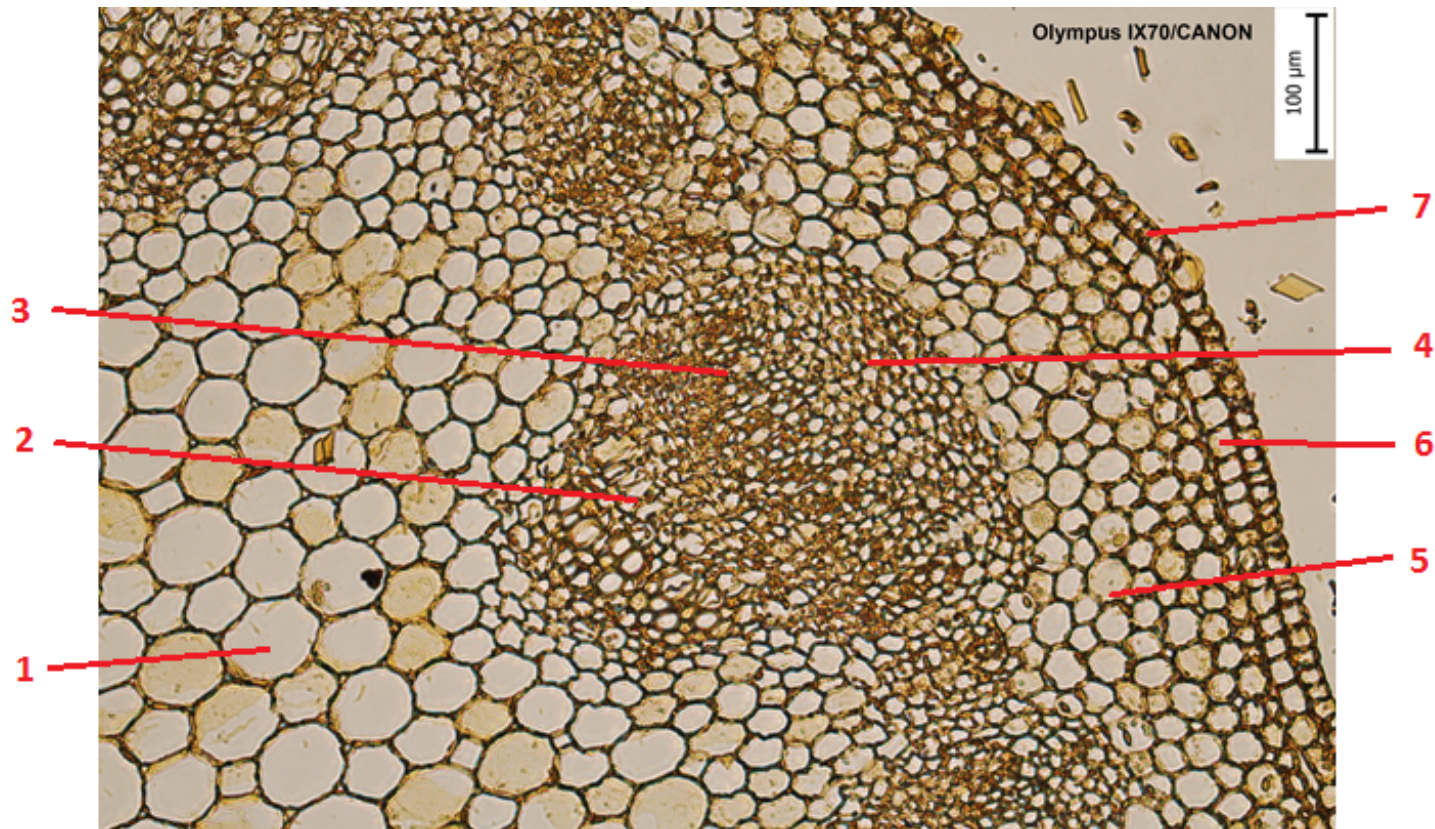
**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – dřevo (xylém), 3 – kambium, 4 – lýko (floém), 5 – kolenchym, 6 – pokožka (epidermis)

Stonek – příčný řez – vyšší dvouděložná rostlina – řebříček (*Achillea*)



**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – cévní svazky s vodivými pletiví, 3 – pokožka (epidermis)

Stonek – příčný řez – vyšší dvouděložná rostlina – řebříček (*Achillea*)



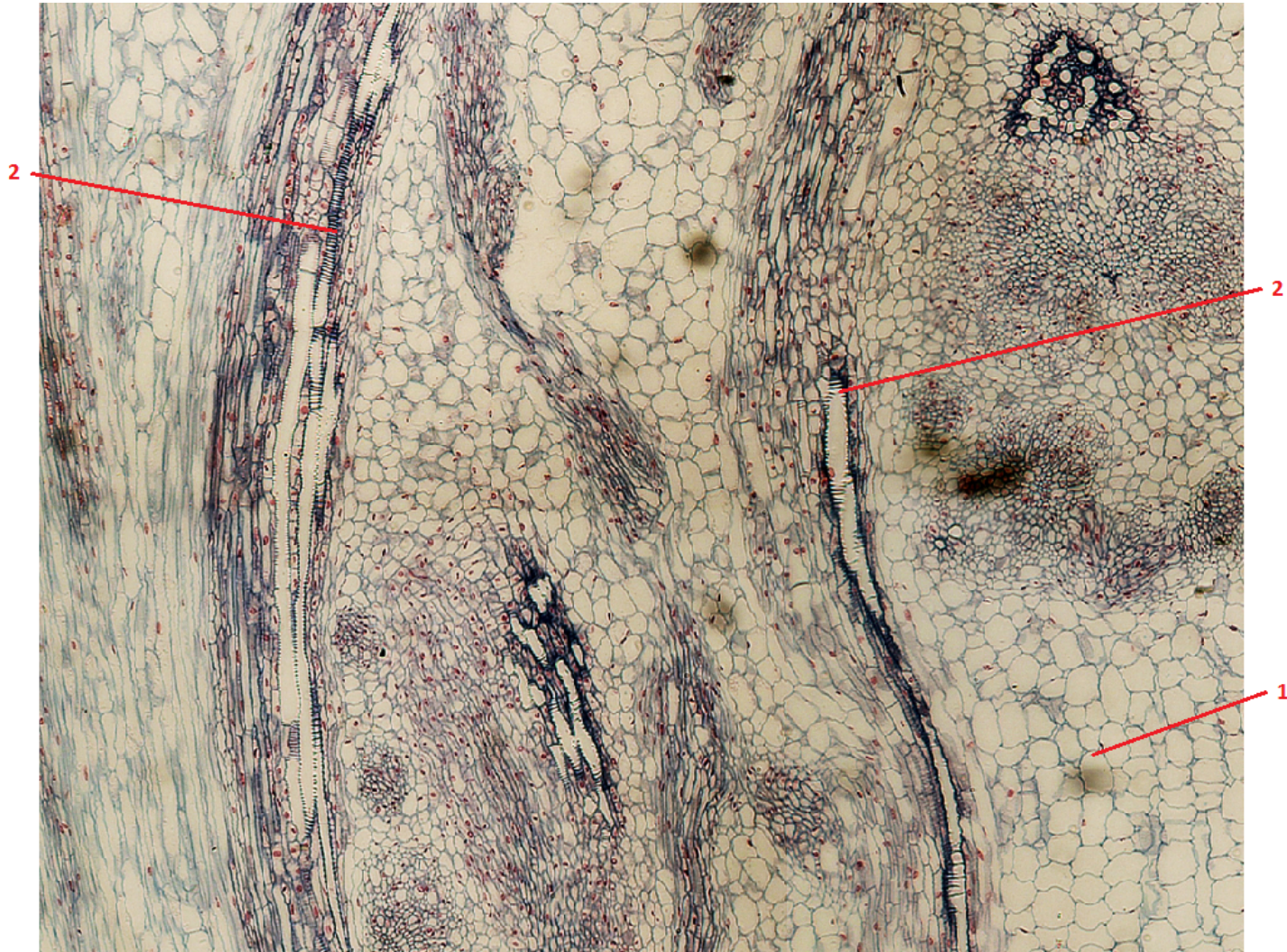
**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – dřevo (xylém), 3 – kambium, 4 – lýko (floém), 5 – primární kůra, 6 – kolenchym, 7 – pokožka (epidermis)

Stonek – podélný řez – vyšší dvouděložná rostlina – brukev (*Brassica*)



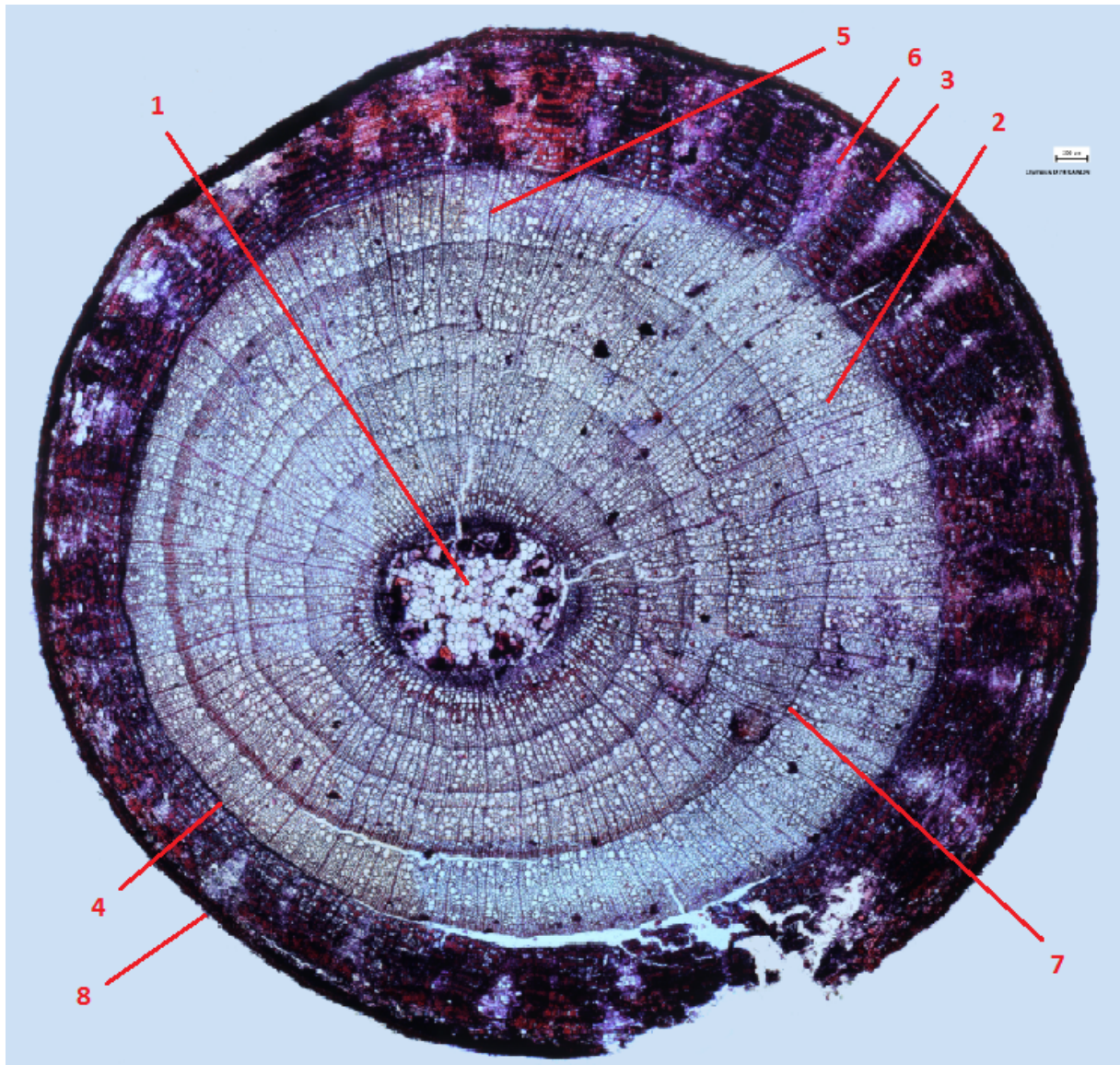
**Legenda:** 1 – základní parenchym, 2 – cévní svazek s vodivými pletivy

Stonek – podélný řez – vyšší dvouděložná rostlina – brukev (*Brassica*)



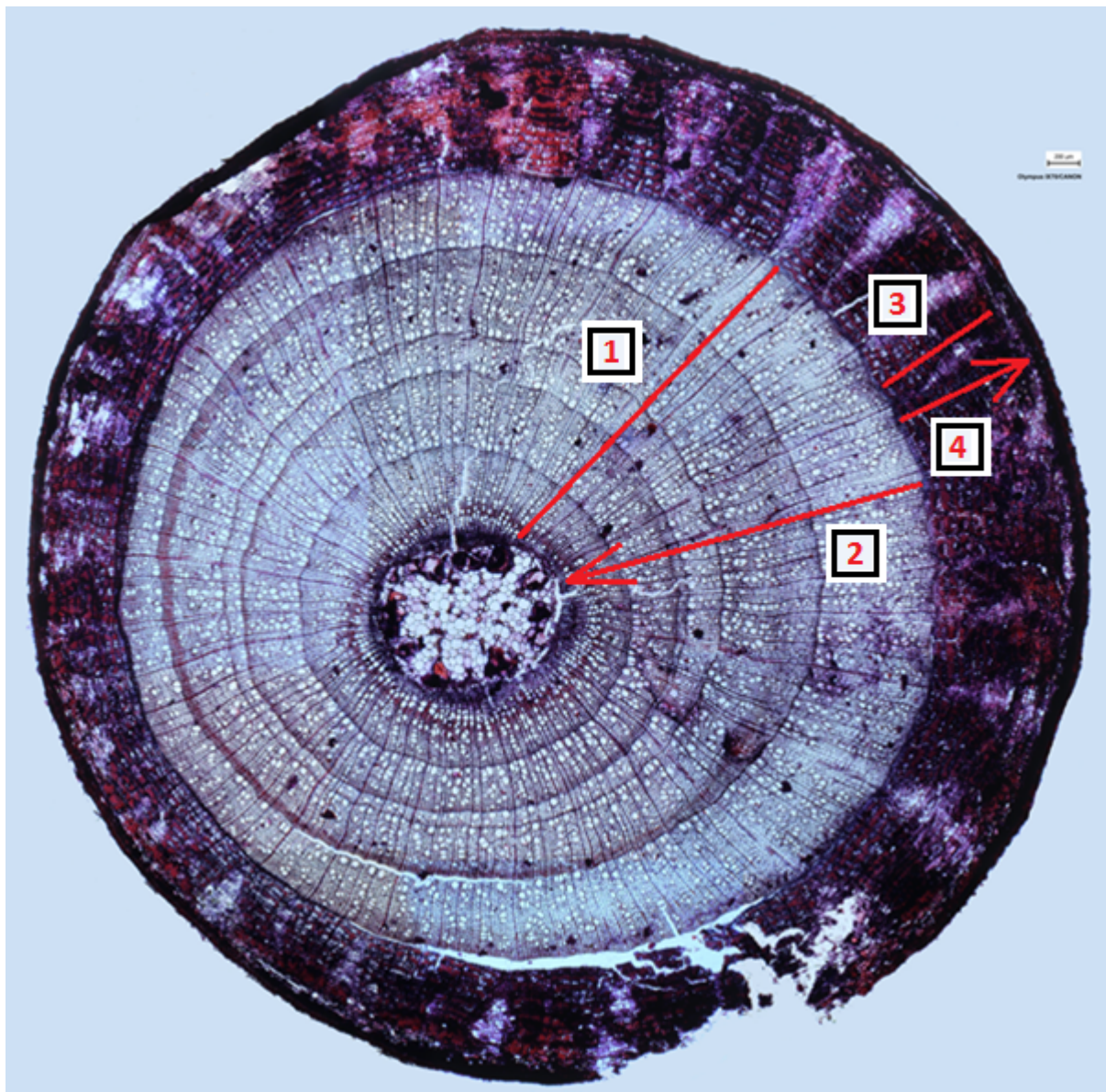
**Legenda:** 1 – základní parenchym, 2 – cévice xylému (tracheidy)

Dřevnatý stonek – příčný řez – vyšší dvouděložná rostlina – lípa srdčitá (*Tilia cordata*)



**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – dřevo (xylém), 3 – lýko (floém), 4 – kambium, 5 – dřeňový paprsek, 6 – dřeňový paprsek, 7 – hranice letokruhu, 8 – korek a zbytky pokožky (epidermis)

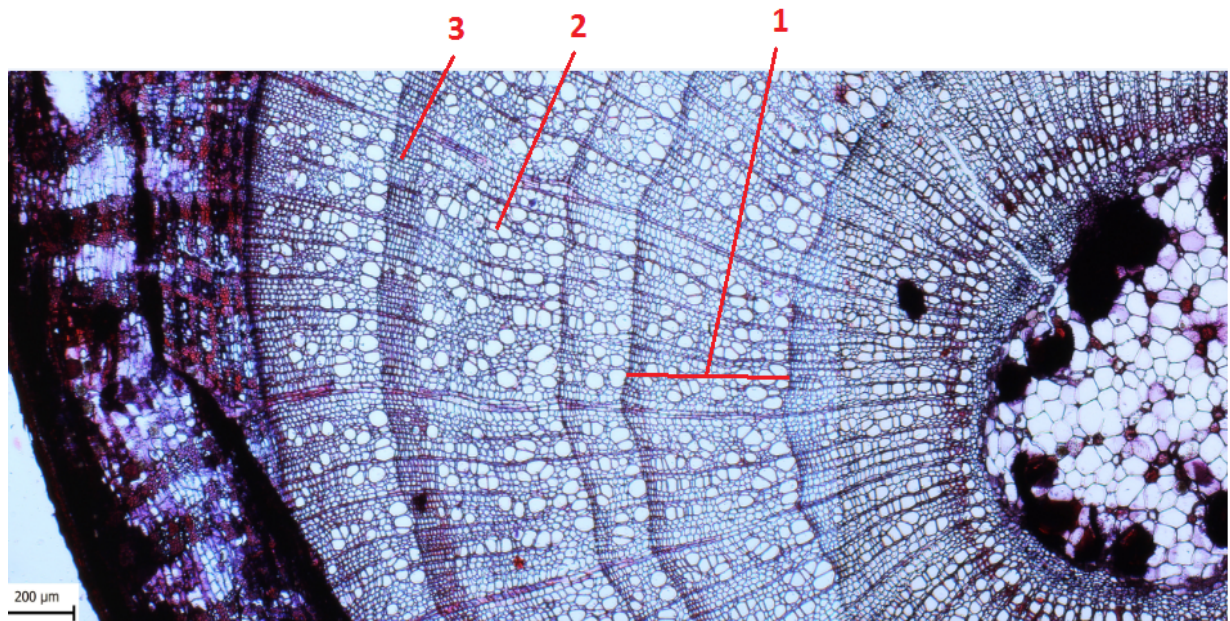
Dřevnatý stonek – příčný řez – vyšší dvouděložná rostlina – lípa srdčitá (*Tilia cordata*)



**Legenda:** 1 – dřevo (xylém), 2 – lýko (floém), 3 – směr růstu xylému, 4 – směr růstu floému

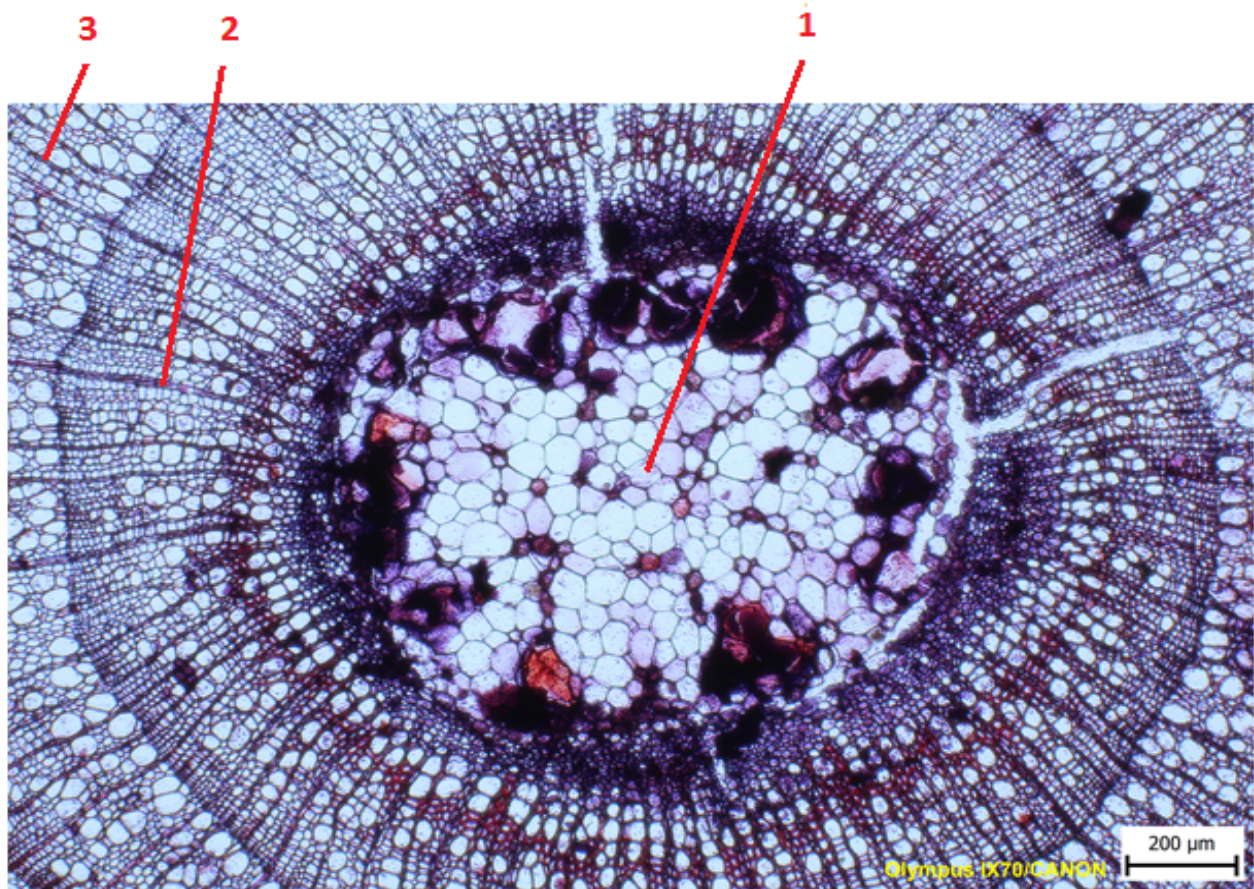


Dřevnatý stonek – vyšší dvouděložná rostlina – příčný řez – lípa srdčitá (*Tilia cordata*)



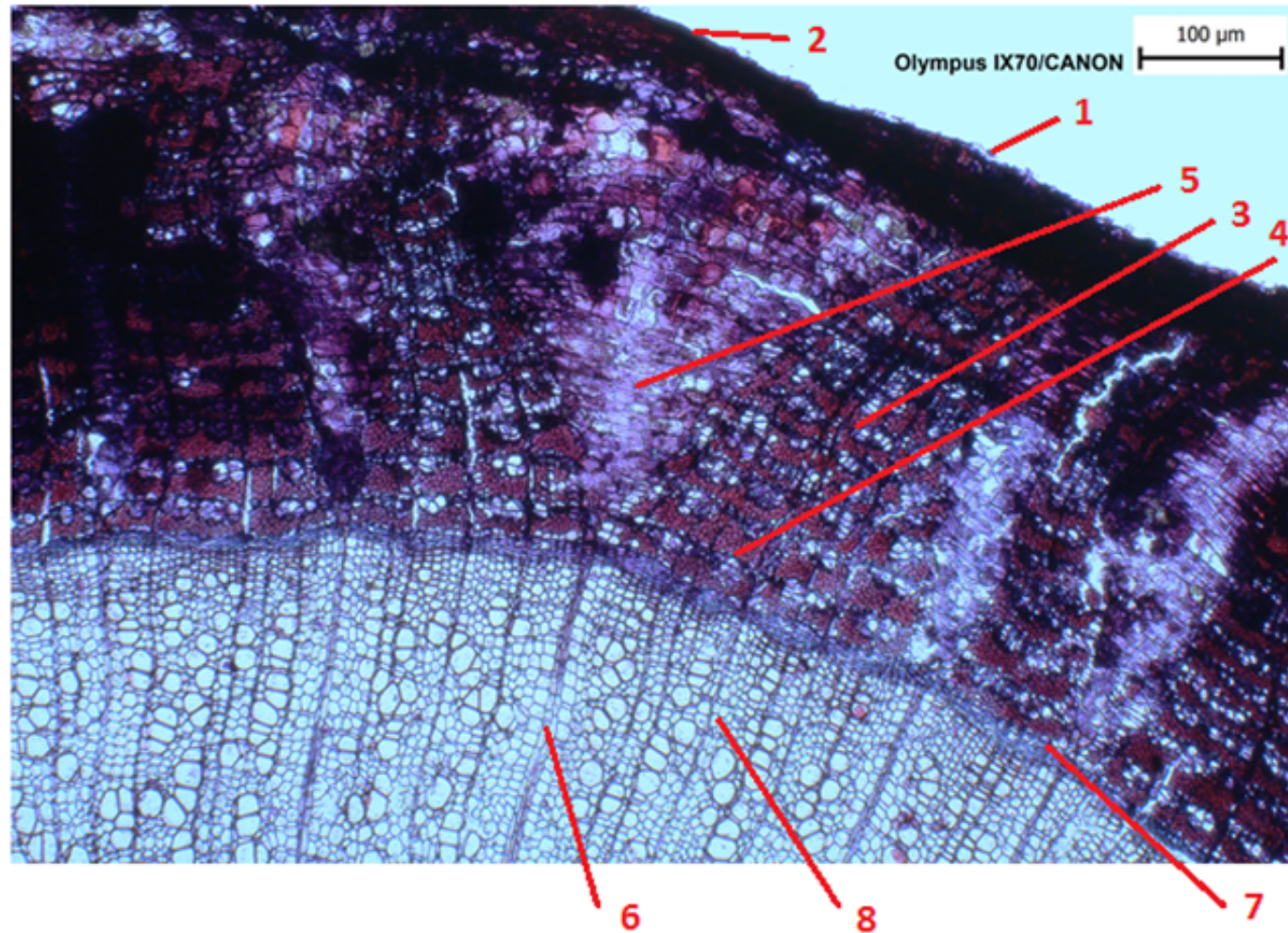
**Legenda:** 1 – úsek, mezi dvěma letokruhy; úsek, který vyrostl za jeden rok, 2 – jarní dřevo, 3 – letní dřevo

Dřevnatý stonek – vyšší dvouděložná rostlina – příčný řez – lípa srdčitá (*Tilia cordata*)



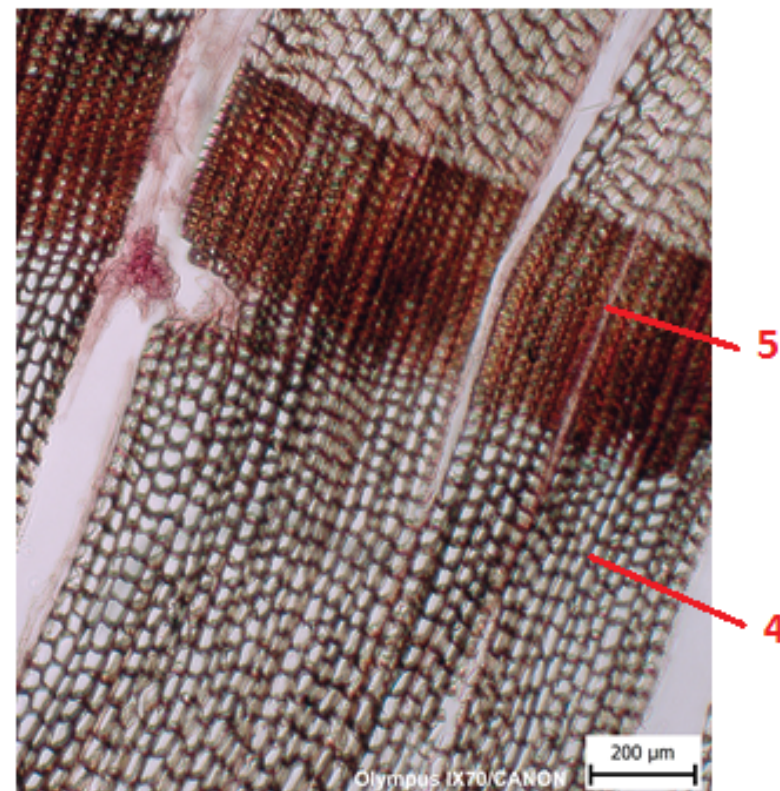
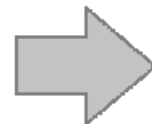
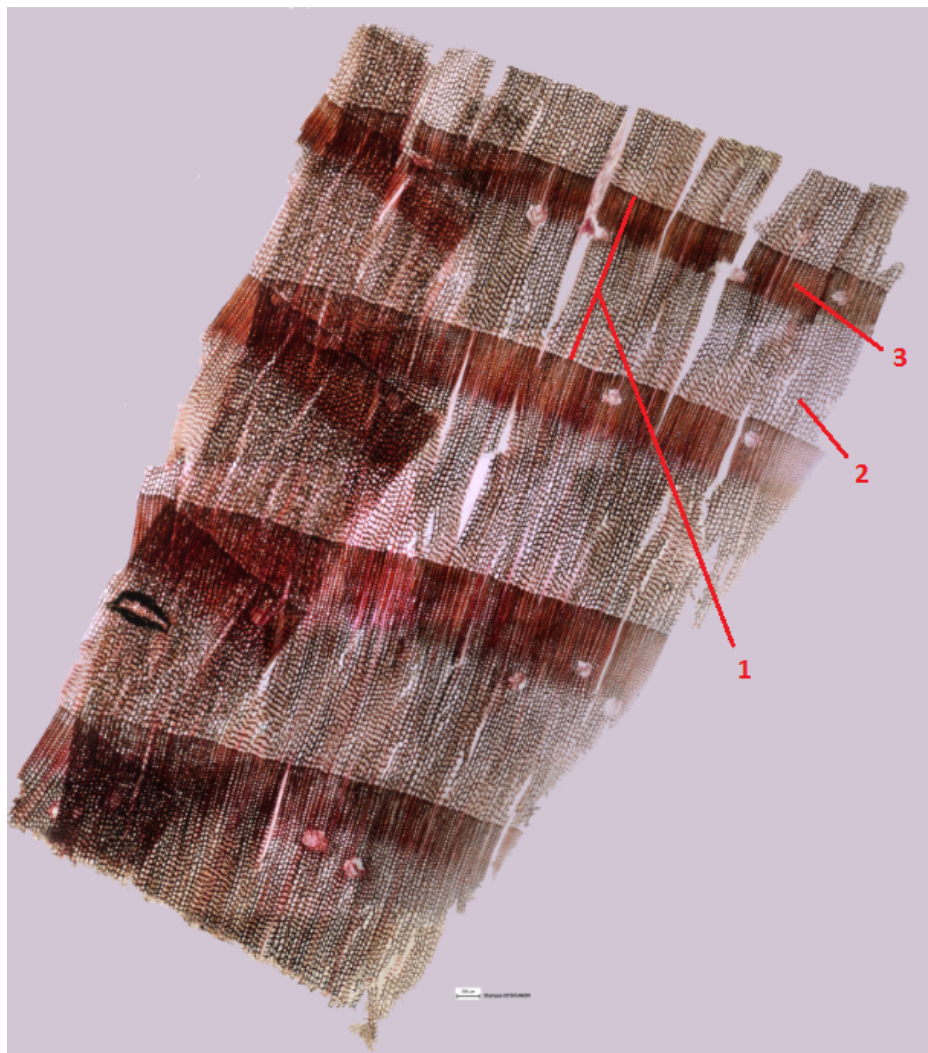
**Legenda:** 1 – dřeň, 2 – primární dřevňový paprsek, 3 – sekundární dřevňový paprsek

Dřevnatý stonek – vyšší dvouděložná rostlina – příčný řez – lípa srdčitá (*Tilia cordata*)



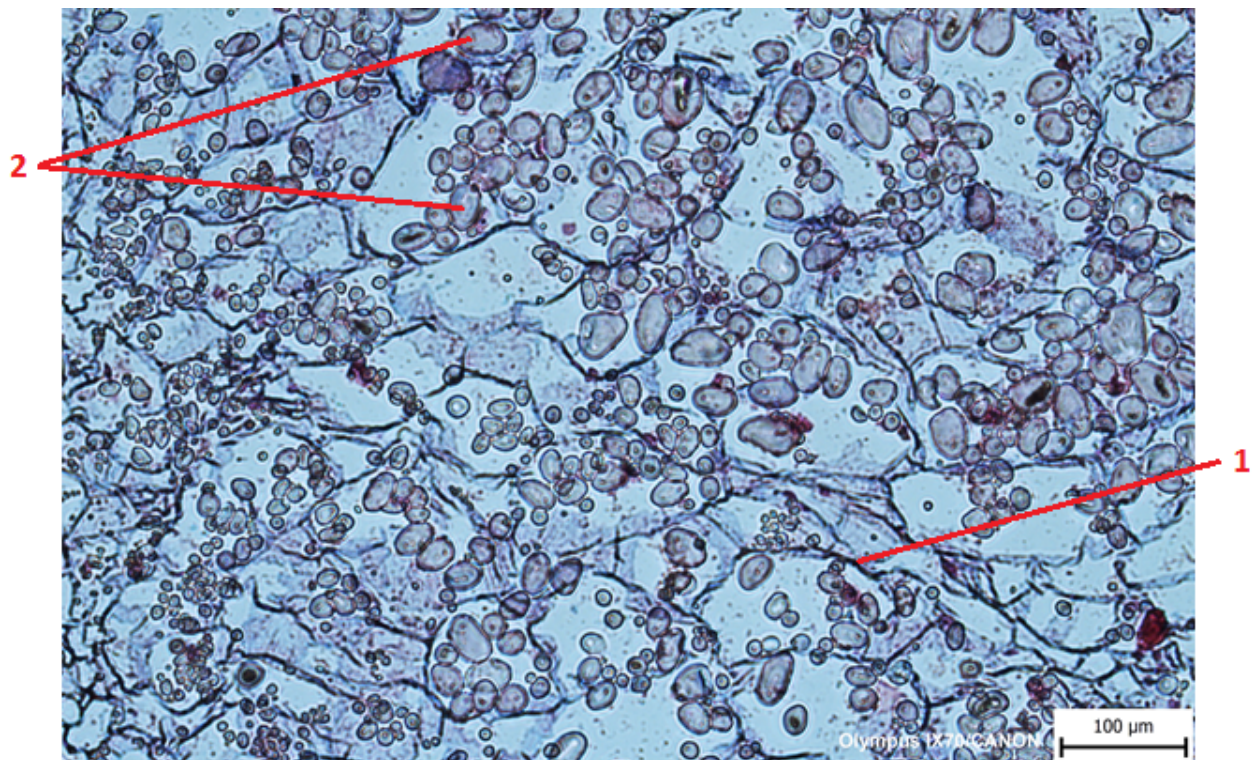
**Legenda:** 1 – zbytky pokožky, 2 – korek, 3 – tvrdé lýko, 4 – měkké lýko, 5 – dřevový paprsek, 6 – dřevový paprsek, 7 – kambium, 8 – dřevo (xylém)

Dřevnatý stonek – příčný řez – vyšší dvouděložná rostlina – borovice (*Pinus*)



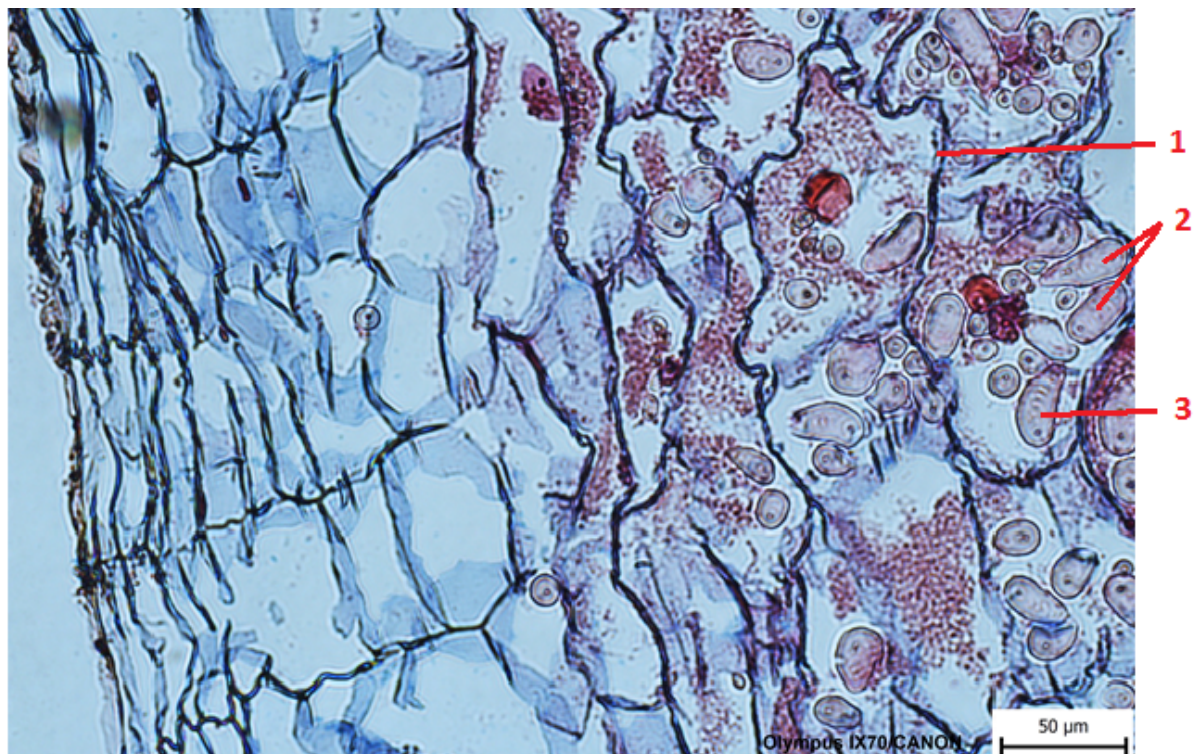
**Legenda:** 1 – úsek, mezi dvěma letokruhy; úsek, který vyrostl za jeden rok, 2 – jarní dřevo, 3 – letní dřevo, 4 – jarní dřevo, 5 – letní dřevo

Přeměna stonku – oddenková hlíza – lilek brambor (*Solanum tuberosum*)



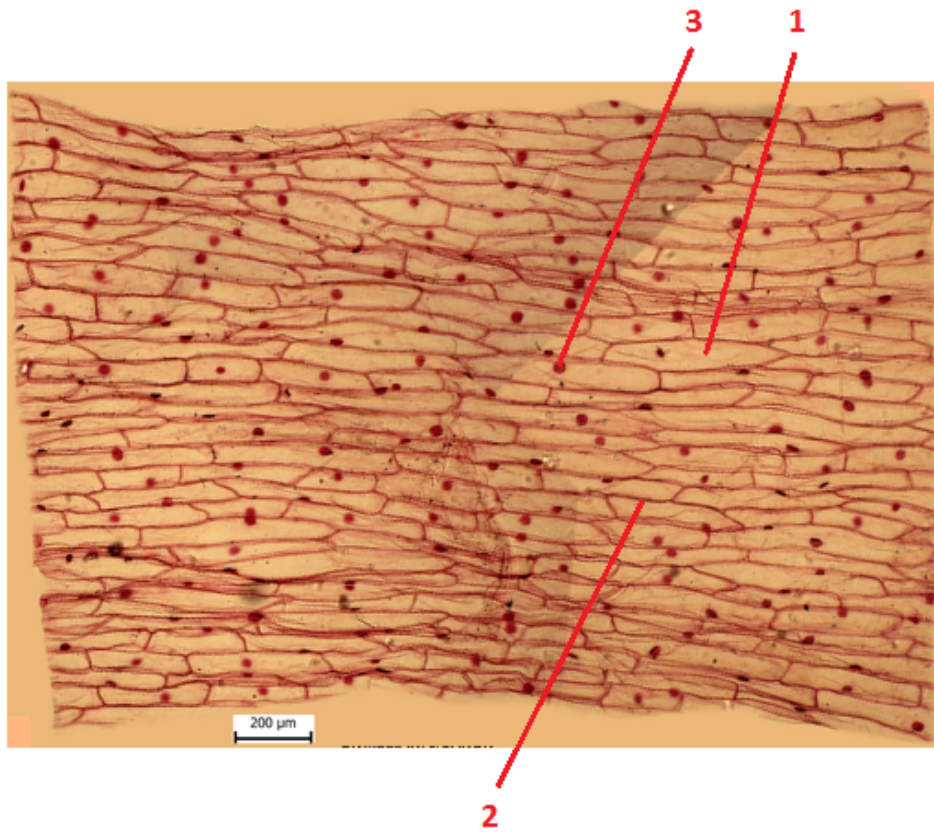
Legenda: 1 – amyloplast se škrobovými zrny, 2 – škrobová zrna

Přeměna stonku – oddenková hlíza – lilek brambor (*Solanum tuberosum*)



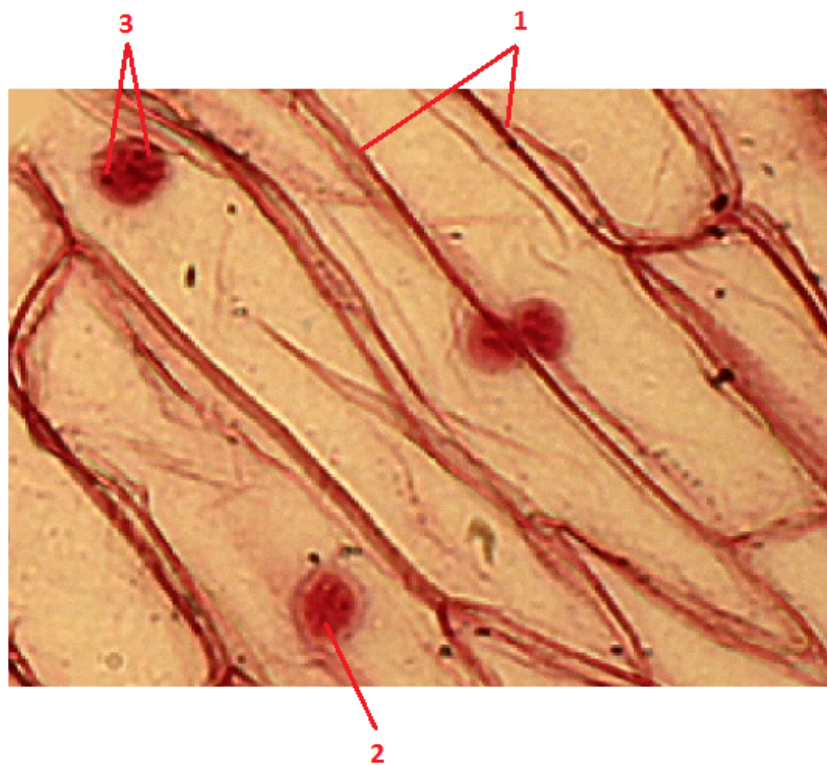
Legenda: 1 – amyloplast se škrobovými zrny, 2 – škrobová zrna, 3 – excentrické vrstvení škrobu ve škrobovém zrně

**Pokožka (epidermis) – cibule kuchyňská (*Allium cepa*)**



**Legenda:** 1 – buňka (parenchym), 2 – buněčná stěna, 3 – jádro

**Pokožka (epidermis) – cibule kuchyňská (*Allium cepa*)**



**Legenda:** 1 – buněčná stěna, 2 – jádro, 3 – jadérka

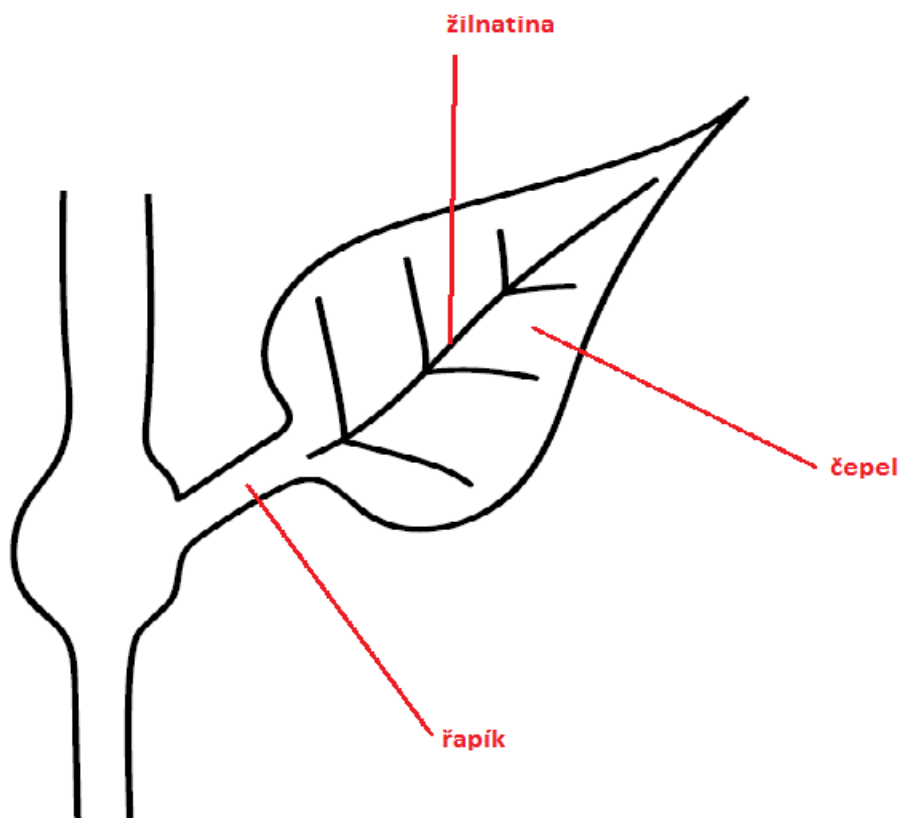
## Stavba listu

List (*folium*) je definován jako exogenně se zakládající orgán stonku s omezeným růstem, který společně s květy tvoří tzv. prýt. Mezi základní funkce listu patří fotosyntéza (fotosyntetická asimilace), výměna plynů a transpirace vody respektive gutace, což je sekrece vody pomocí specifických struktur listů (1). Listy jsou anatomicky a morfologicky velice rozmanité. Rozlišovat můžeme listy jednoděložných a dvouděložných rostlin a to podle typu žilnatiny. Jednoděložné rostliny mají žilnatinu rovnoběžnou nebo souběžnou, rostliny dvouděložné pak mají žilnatinu zpeřenou, dlanitou nebo znoženou (2).

### MORFOLOGICKÁ STAVBA LISTU

Morfologicky lze na bifaciálním listu, který se vyznačuje odlišností každé ze stran, rozlišit plochou listovou čepel (*lamina*) a zúžený řapík, pomocí něhož je list spojený se stonkem (3). Všechny listy nemusí mít řapík, v takovém případě se listy nazývají přisedlé, existují však i listy, které mají na řapíku párové výrůstky, tyto výrůstky se označují jako palisty. Některé listy mají výrazně vyvinutou listovou pochvu (*vaginu*), což je pro některé druhy charakteristické (1).

Obrázek č. 1: Základní morfologická stavba listu (Moravová, 2018)



### Listová čepel

Listová čepel je hlavní část listu a plní veškeré jeho funkce. Tvar je velice variabilní a je dán na základě druhu rostliny ale i vnějších podmínkách, ve které roste. Listová čepel může být jednoduchá nebo od ní odvozená, čepel složená (1).

U jednoduchých listů je čepel buďto celistvá, nebo členitá tzn., že je rozdělená různě hlubokými zářezy. Členěné listy mají čepel dlanitě nebo zpeřeně členěnou. Podle hloubky zářezů členěných listů

rozlišujeme laločné (zářezy do 1/3 listové čepele), klané (do 1/2 listové čepele), dílné (do 2/3 listové čepele) a sečné listy (více jak 2/3 listové čepele) (1,3).

Listy složené jsou složeny z jednotlivých lístků (čepel je rozdělena na jednotlivé lístky) a podle uspořádání jsou buďto zpeřené nebo dlanitě složené. Zpeřené listy mají na vřetenu řapíčkaté nebo přisedlé lístky seřazeny v párech a dlanité listy jsou tvořeny z paprscitého uspořádání na konci řapíku (1,3). Tento typ listu se dále dělí dle zakončení terminálního listu, pokud jsou terminální listy dva, označují se jako sudozpeřené, pokud je list jediný nazývají se jako lichozpeřené (1).

### **Řapík**

Řapík spojuje listovou čepel se stonkem. Listy, které mají řapík, jsou označovány jako řapíkaté, listy bez řapíku jsou přisedlé (1). Délka řapíku je variabilní a může dosahovat až několika centimetrové délky (4). V některých případech přejímá řapík funkci listové čepele, která může úplně chybět, v takovém případě se list označuje jako *fylogia* (5).

### **Palisty**

Palisty jsou párové výrůstky na bázi řapíku, řapíkatého listu, nebo listové čepele listu přisedlého. U celé řady rostlin se palisty vůbec nevyvíjí nebo po vyvinutí záhy opadávají (1). Palisty prchavé fungují jako šupiny chránící listové pupeny. Opadavé palisty opadávají během ontogenetického vývoje listu (5). Palisty vytrvalé jsou velké a zelené a vykonávají funkci asimilační, ty opadávají až s listy. Palisty postranní jsou nejčastější a vyrůstají po stranách řapíku. Palisty volné jsou, pokud srůstají s řapíkem svojí zúženou bází. Palisty srůstající po celé délce, jsou palisty přirostlé (1). Pro některé rostliny z čeledi mořenovitě jsou typické palisty vmezeřené, jsou to postranní palisty, které svým tvarem a velikostí připomínají listy (5). Posledním typem palisty je palist úžlabní, ten vyrůstá mezi stonkem a řapíkem (1). Srůstáním palistů dochází ke vzniku botky (*ochrea*), která objímá stonk těsně nad nodem (5). Palisty mohou být přeměněny také v trny (1).

### **Listová pochva**

Listová pochva vzniká nadměrným růstem spodní části listu (4). Je to rozšíření listu v jeho bázi, objímající stonk v jeho inzerci. Přítomnost pochvy je charakteristická pro některé druhy rostlin. U některých druhů je na konci rozšířená na dvě postranní ouška (1). Na rozhraní listové čepele a pochvy je u čeledi lipnicovitých přítomen také jazýček. Přítomnost a tvar jazýčku je důležitým určovacím znakem pro určování trav ve sterilním stavu (5).

### **Postavení listů na stonku (*fylotaxie*)**

Postavení listů na stonku je rozděleno dle počtu a postavení v jednom nodu (1). U dvou a více v nodu rozeznáváme listy vstřícné a přeslenité, jejichž uspořádání se řídí dvěma zákony: úhly mezi základy listy jsou v jednom nodu stejné, ve dvou sousedních nodech se postavení listů střídá. Pokud je nod jediný, jsou listy střídavé (4). Podle polohy jednotlivých listů v rámci listu střídavých, rozlišujeme listy dvouřadě uspořádané (*distichie*), což znamená, že list následující je na opačné straně nežli list předchozí. Střídavé listy mohou také tvořit spirálu, toto označujeme jako *spiristichie*. Posledním značením pro střídavé listy je uspořádání disperzní, toto uspořádání je to dáno pouze geneticky (1).

### **ANATOMIE LISTU**

Podle anatomické stavby můžeme listy rozdělit na monofaciální, unifaciální a bifaciální. Monofaciální (*izolaterální*) list se vyznačuje stejnostraností, tj. plochy list, jehož stavba je na obou stranách stejná, příkladem může být kosatec. Unifaciální (*monolaterální*) listy jsou jednostranné, většinou mývají tvar roury, válce, kde druhá strana listu je téměř vymizelá, např. cibule. Bifaciální (*dorziventrální*) listy,

jsou listy ploché a jejich vrchní strana (*adaxiální*) a spodní strana (*abaxiální*) se liší, tj. jsou různostranné (2,3). Tento typ listu je nejběžnější.

Dále můžeme rozeznat na povrchu listu pokožku, uvnitř listu pak vodivá pletiva a základní pletivo, které se nazývá mezofyl (3).

### **Pokožka (*epidermis*)**

Pokožka je tvořena jednou vrstvou, ojediněle u některých čeledí více vrstvá, parenchymatických buněk bez chloroplastu o různém tvaru, které jsou zpravidla na povrchu kryta ještě silnější vrstvou kutikuly (1,4). Pokožka listu obsahuje buňky ledvinovitého tvaru, které vytvářejí průduchy. Ty jsou tvořeny dvěma svěracími buňkami, mezi nimiž vzniká mezibuněčný prostor – průduchová štěrbina. Pohybem průduchů je regulovaná výměna plynů (4). Průduchy se vyskytují na povrchu listu (epistomatický list), na spodní straně listu (hypostomatický list) nebo z obou stran listu (amfistomatický list). Dále mohou být tyto průchody zanořené, vyvýšené nebo zarovnané s ostatními buňkami pokožky (1). U dvouděložných rostlin jsou průchody rozmístěny nepravidelně, zatímco u jednoděložných se vyskytují v řadách rovnoběžných s podélnou osou listu (3).

### **Listový mezofyl**

Listový mezofyl se nachází mezi vrchní a spodní stranou listu. Je tvořen především chlorenchymem a parenchymem obsahující chloroplasty, díky čemuž jeho hlavní funkce je fotosyntéza (6).

Parenchym je u velkého počtu rostlin rozlišen na parenchym palisádový a parenchym houbový (3). Palisádový parenchym se obvykle nachází na svrchní straně pod pokožkou a je tvořen jednou nebo více vrstvami válcovitých a protáhlých buněk (2). Počet buněk je, mimo jiné, závislí i na světelných podmínkách (1). Palisádové buňky jsou bez intercelulár a obsahují velké množství chloroplastů, které jsou hlavním producentem fotosyntézy (2).

Naproti tomu houbový parenchym se nachází na spodní straně, mezi parenchymem palisádovým a spodní pokožkou, jeho buňky jsou nepravidelného tvaru a uspořádání (4). Oproti palisádovému parenchymu, houbový parenchym obsahuje méně chloroplastů a více intercelulár, ty jsou propojeny s průduchy, umožňující výměnu plynů mezi pletivy listů a vnějším prostředím (1,2). To je významné pro fotosyntézu (4).

Jednou z možností rozlišení listů, je na základě rozložení houbovitého a palisádového parenchymu, můžeme takto lehce rozeznat, zda se jedná o list monofaciální, unifaciální nebo bifaciální (viz výše). U bifaciálního listu je houbovitý parenchym umístěny pod palisádovým parenchymem ve spodní straně listu. Unifaciální a monofaciální list má prostor z obou stran ohraničený parenchymem palisádovým a pouze ve středu je parenchym houbovité (1,4).

### **Žilnatina listu**

Žilnatina listu je tvořena vodivými pletivy listu (4). Ta zabezpečuje transport vodních roztoku organických a anorganických látek po těle rostliny. Vodivá pletiva můžeme rozdělit na dřevnatá (*xylém*) a lýková (*floém*). Dřevnatá část slouží k rozvádění vody a vně rozpuštěných látek po celém těle rostliny, směrem od kořene k listu, kde je výdej, toto nazýváme transpirační proud. Naproti tomu lýková část rozvádí energeticky bohaté látky syntetizované v procesu fotosyntézy (7).

Žilnatina listu je soubor cév probíhající listem (3). Těmito cévami prostupují látky mnohokrát snáze než buňkami (4). Svazky cévní se v listech rozvětvují a postupně se v anatomické stavbě zjednodušují (3). Spojení jednodušších svazků se složitějšími označujeme jako anastomóza (4). Na listu rozlišujeme centrální a postranní (kolaterální) žilky, jejichž prostoupení listem je často dokonalé a vyznačuje se pravidelnou orientací - xylémová část směřuje k adaxiální straně, zatímco část floémová ke straně abaxiální (3,4).



Dle zřetelnosti žilek, můžeme jednoduše rozdělovat listy bezžilné, skrytožilné, jednožilné a vícežilné. Další možností dělení je podle větvení a průběhu žilek v listu, tak lze rozlišit typ žilnatiny na vidličnatý, zpeřený, dlanitý, znožený, rovnoběžný, souběžný a síťnatý, který se dále dělí na uzavřenou s anastomózami a otevřenou bez anastomózy (4).

***Otestujte své znalosti:***

*Co patří mezi základní funkce listu?*

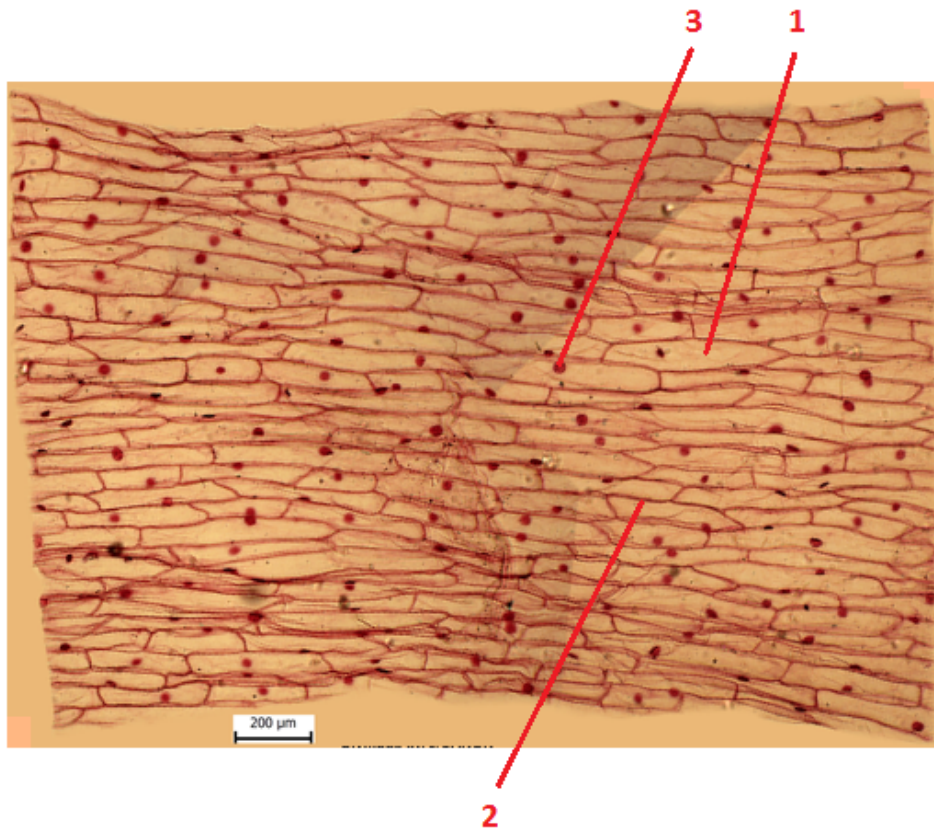
*Z čeho se anatomicky skládá list?*

*Z čeho se anatomicky skládá list?*

### Použité zdroje literatury:

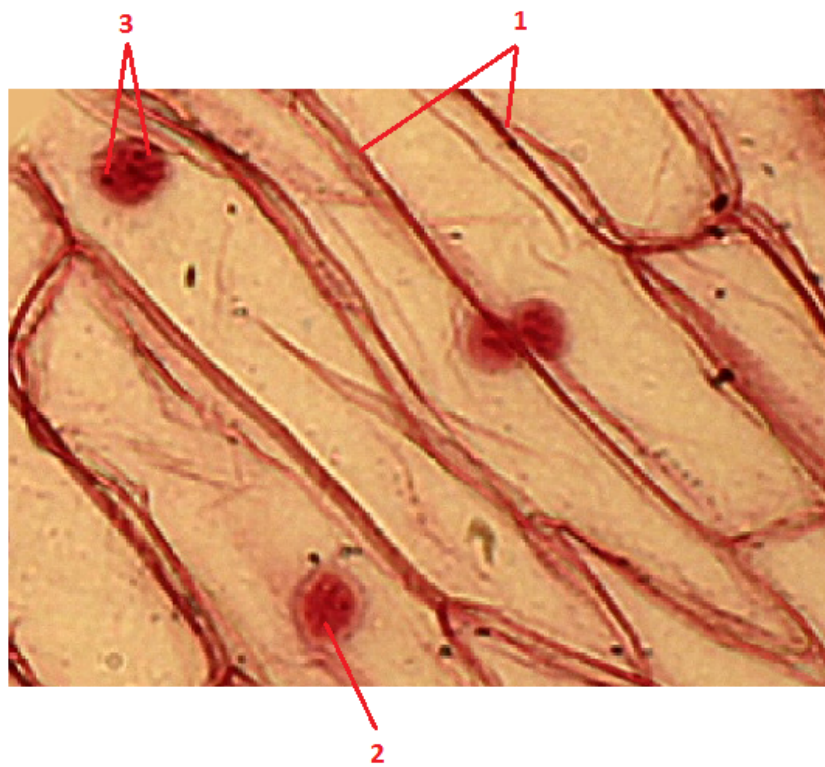
- (1) BABULA Petr. *Cytologie a histologie rostlin*, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2016. ISBN 978-80-7305-774-9.
- (2) ANONYM Č. 1 [online, cit. 22.9.2018] Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/~anatomy/leaves/html/intro.htm>
- (3) ANONYM Č. 2 [online, cit. 22.9.2018] Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_211\\_multitext/obecna\\_botanika/index1.html](http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/index1.html)
- (4) NOVÁK Jan a Milan SKALICKÝ. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN: 978-80-87415-53-5.
- (5) SLAVÍKOVÁ Zdeňka. *Morfologie rostlin*. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0327-6.
- (6) VOTRUBOVÁ Olga. *Anatomie rostlin*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN: 978-80-2461-867-8.
- (7) ANONYM Č. 3 [online, cit. 22.9.2018] Dostupné z: [http://www.sci.muni.cz/~anatomy/vascular\\_bundles/html/intro.htm](http://www.sci.muni.cz/~anatomy/vascular_bundles/html/intro.htm)

**Pokožka (epidermis) – cibule kuchyňská (*Allium cepa*)**



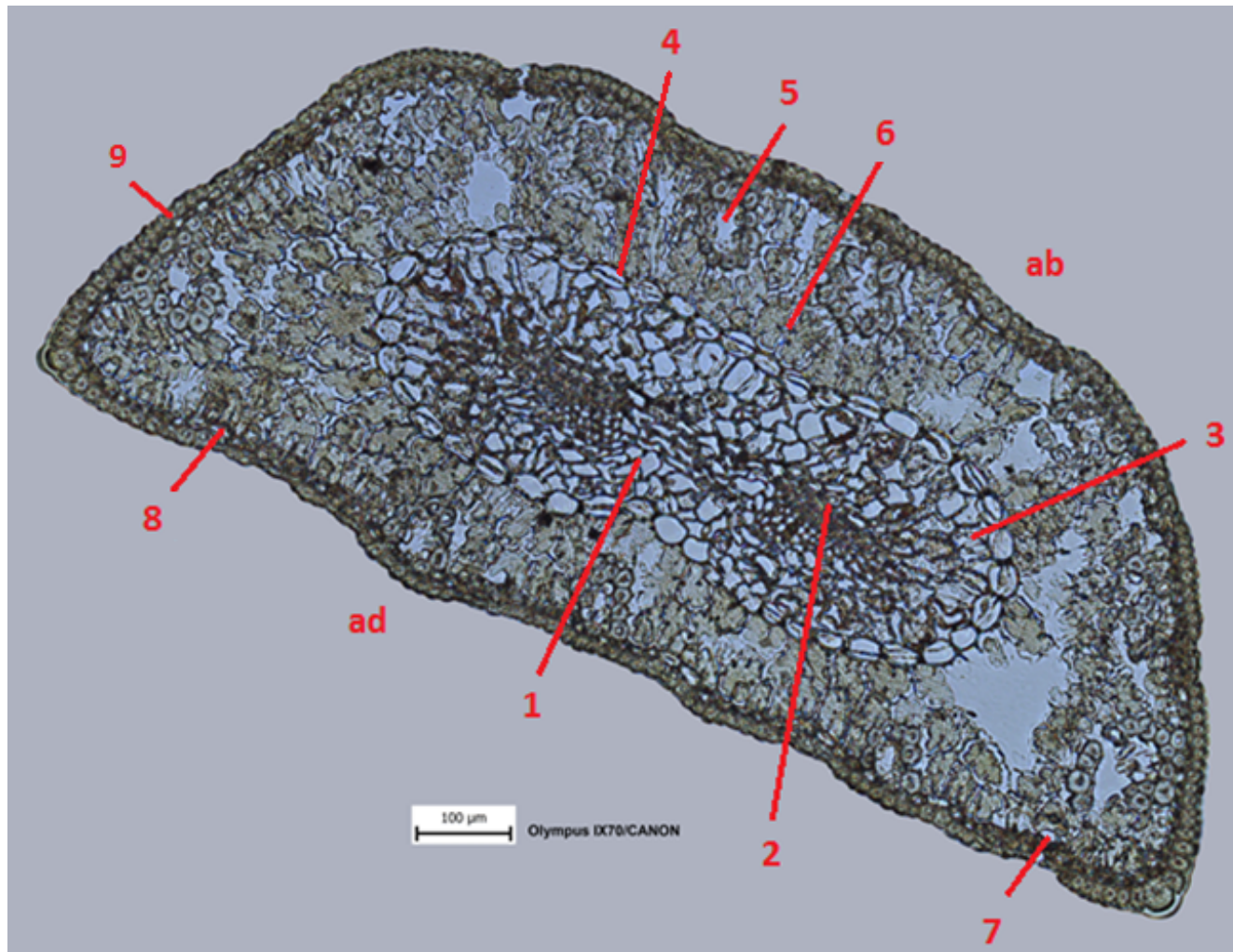
**Legenda:** 1 – buňka (parenchym), 2 – buněčná stěna, 3 – jádro

**Pokožka (epidermis) – cibule kuchyňská (*Allium cepa*)**



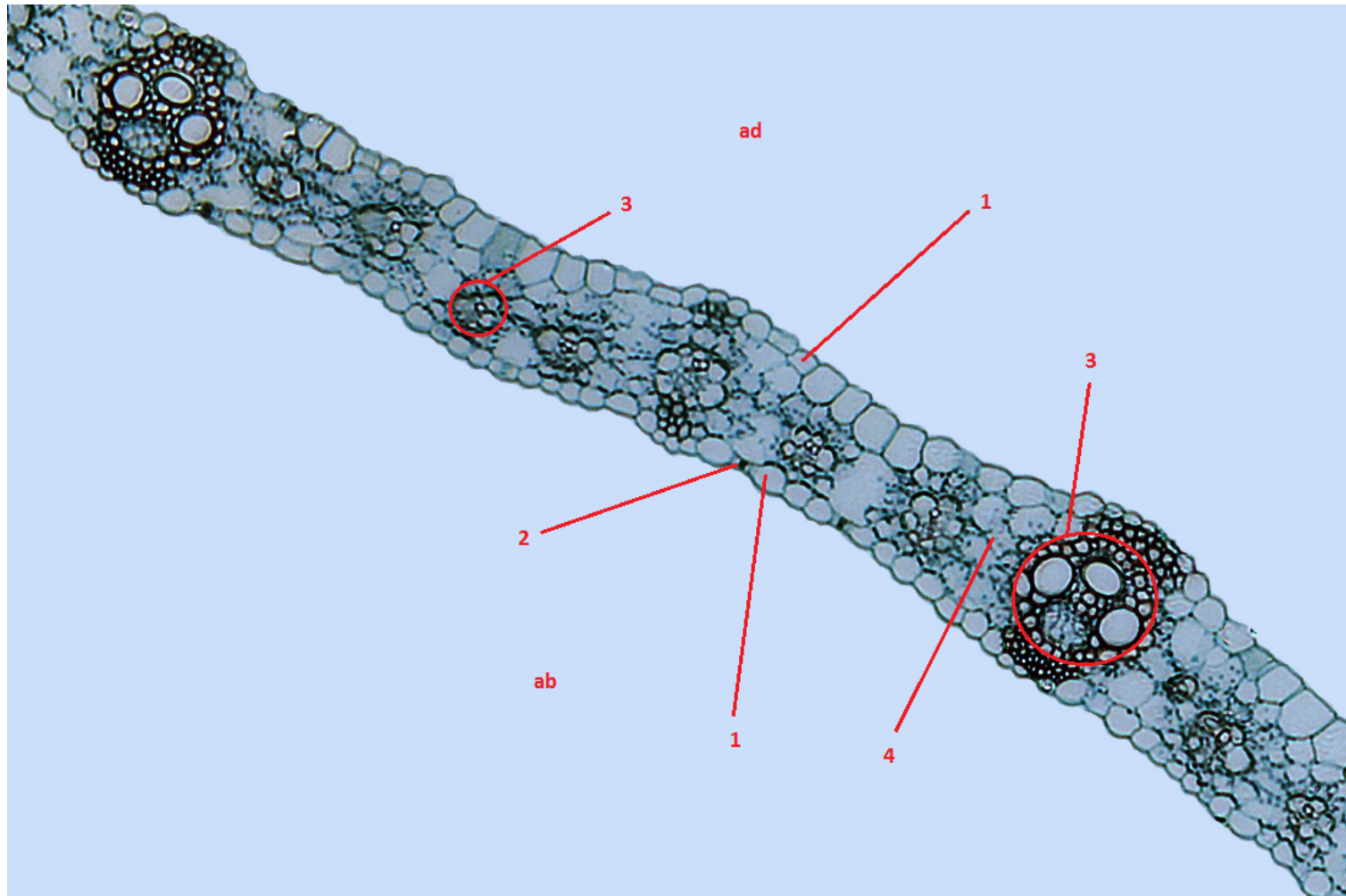
**Legenda:** 1 – buněčná stěna, 2 – jádro, 3 – jadérka

Jehlicovitý list – příčný řez – borovice černá (*Pinus nigra*)



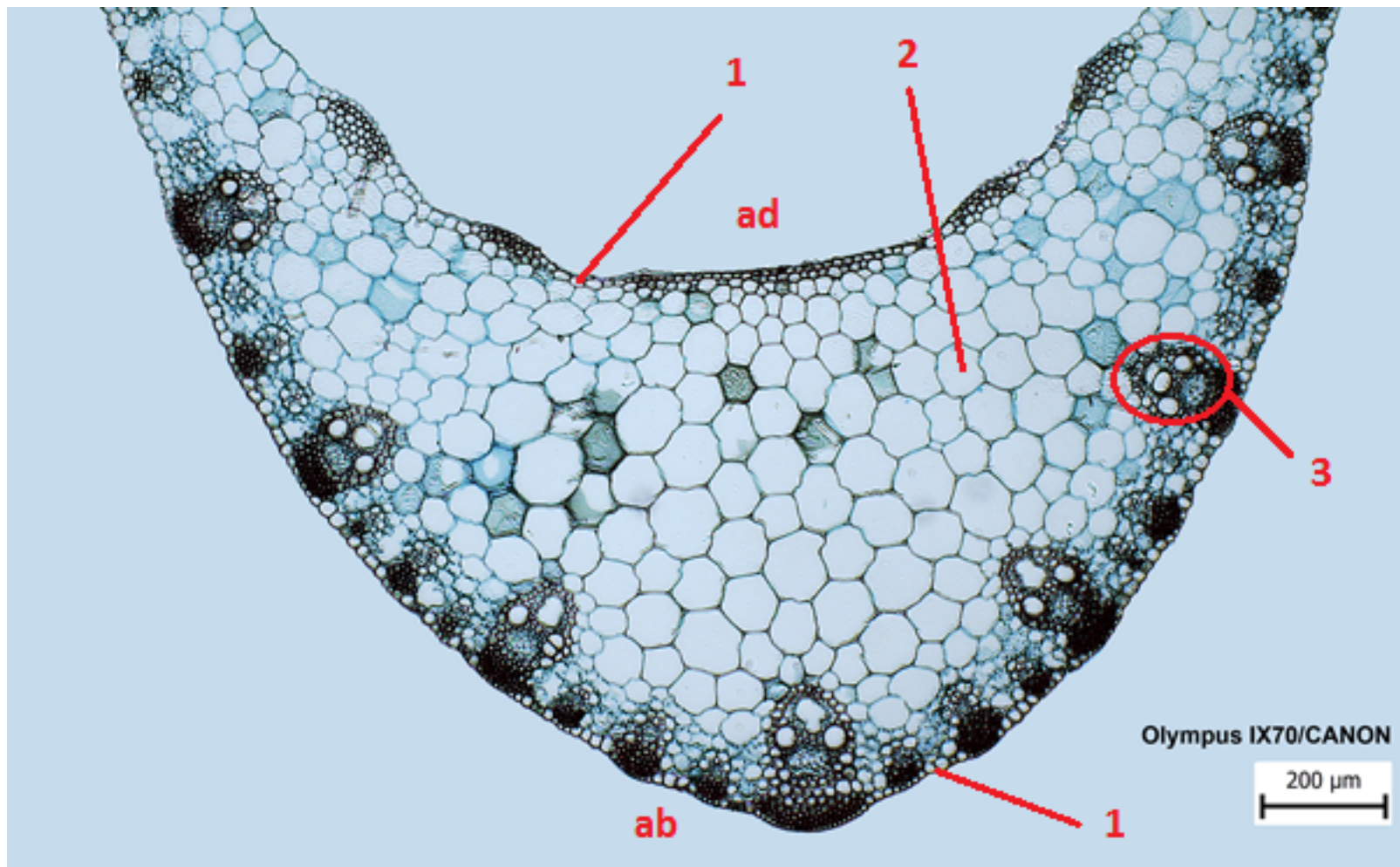
**Legenda:** 1 – sklerenchym, 2 – cévní svazek, 3 – transfúzní pletivo, 4 – endodermis, 5 – pryskyřičný kanál, 6 – listový mezofyl, 7 – stoma, 8 – hypodermis, 9 – pokožka (epidermis), ab – abaxiální (spodní) strana jehlicovitého listu, ad – adaxiální (svrchní) strana jehlicovitého listu

## Monofaciální list – příčný řez



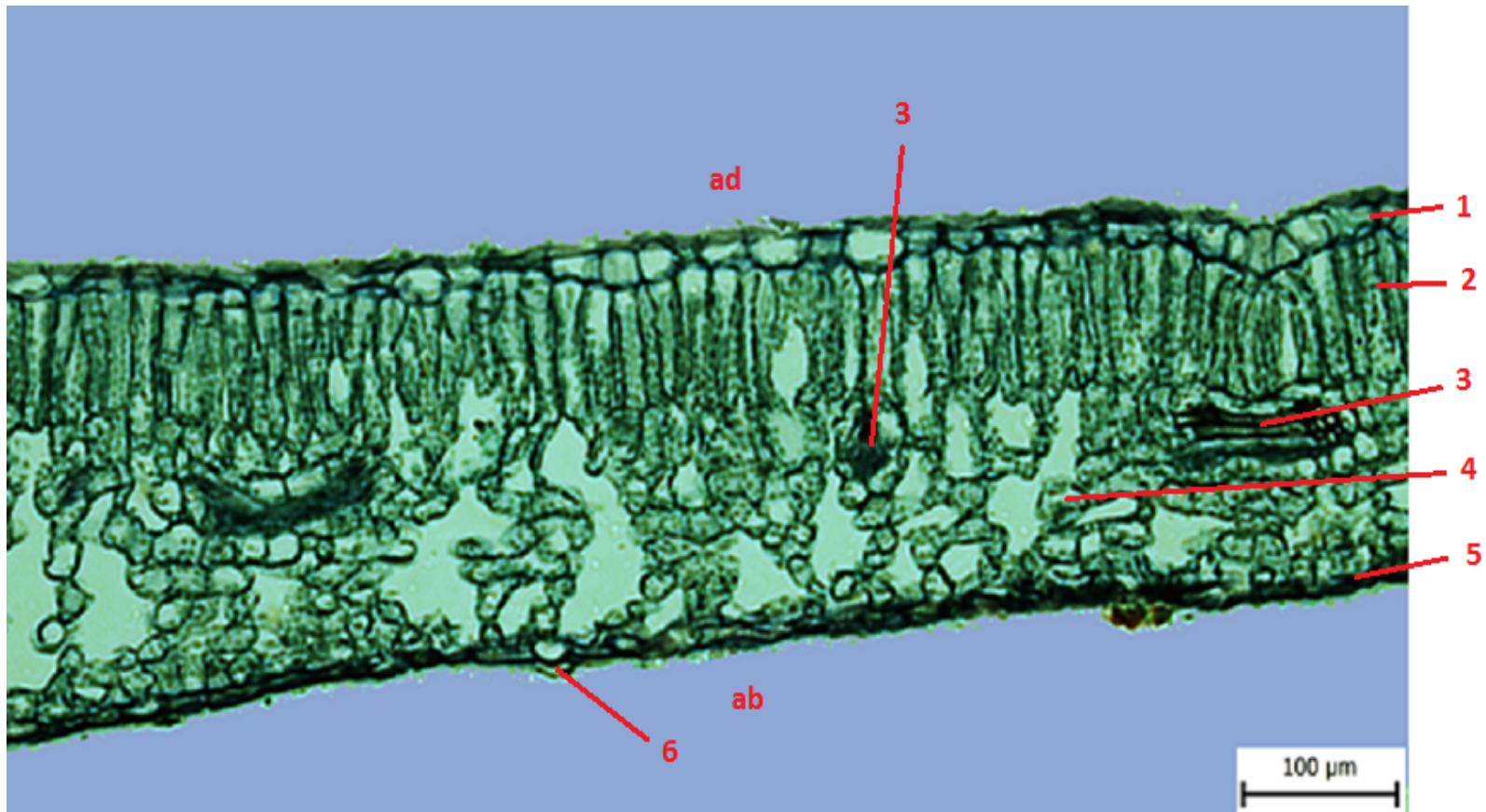
**Legenda:** 1 – pokožka (epidermis) s kutikulou, 2 – průduch, 3 – cévní svazky s vodivými pletivy, 4 – mezofyl, ab – abaxiální (spodní) strana monofaciálního listu, ad – adaxiální (svrchní) strana monofaciálního listu

**Monofaciální list – příčný řez**



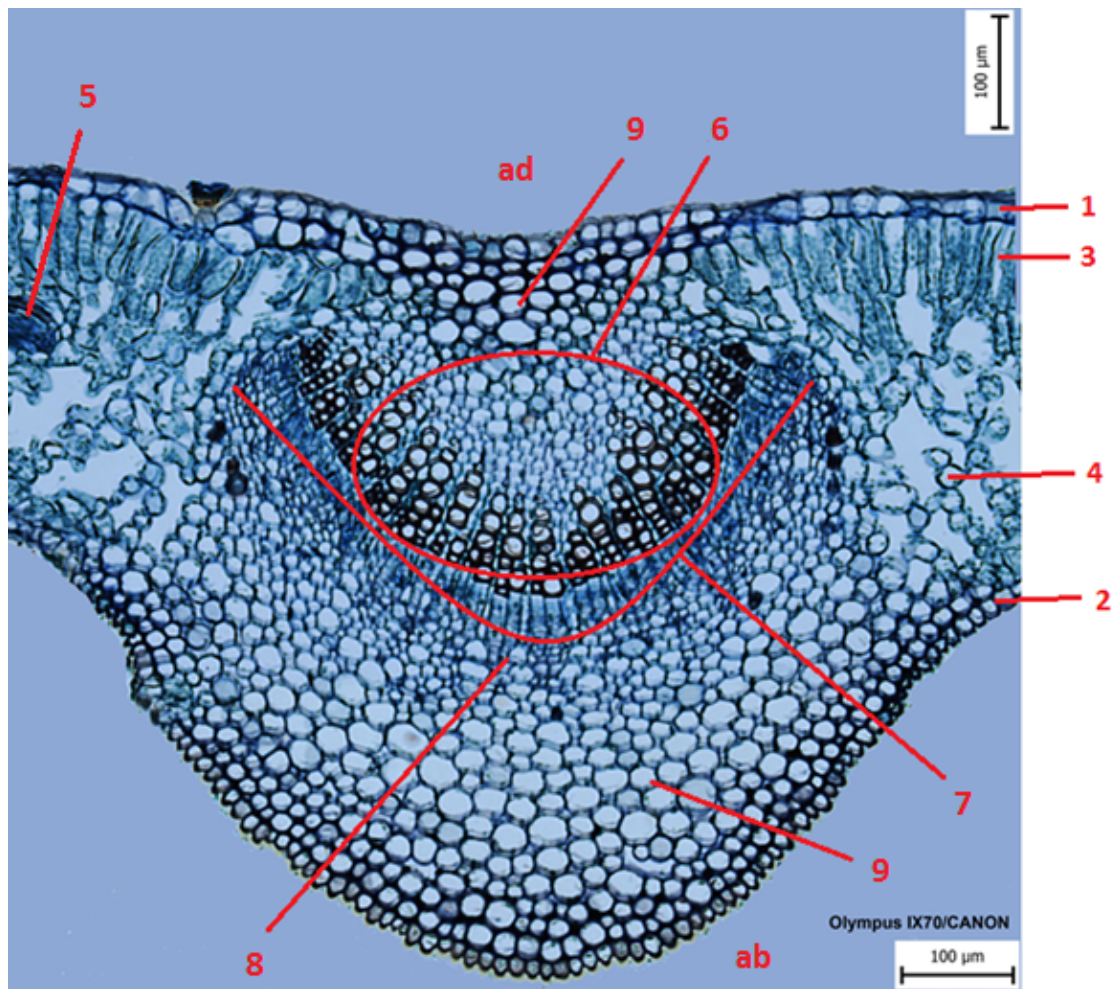
**Legenda:** 1 – pokožka (epidermis) s kutikulou, 2 – mezofyl, 3 – cévní svazek s vodivými pletiví, ab – abaxiální (spodní) strana monofaciálního listu, ad – adaxiální (svrchní) strana monofaciálního listu

## Bifaciální list – příčný řez



**Legenda:** 1 – svrchní pokožka (epidermis) s kutikulou, 2 – palisádový parenchym, 3 – cévní svazek s vodivými pletivy, 4 – houbový parenchym, 5 – spodní pokožka s kutikulou, 6 – průduch, 2 a 4 – mezofyl, ab – abaxiální (spodní) strana bifaciálního listu, ad – adaxiální (svrchní) strana bifaciálního listu

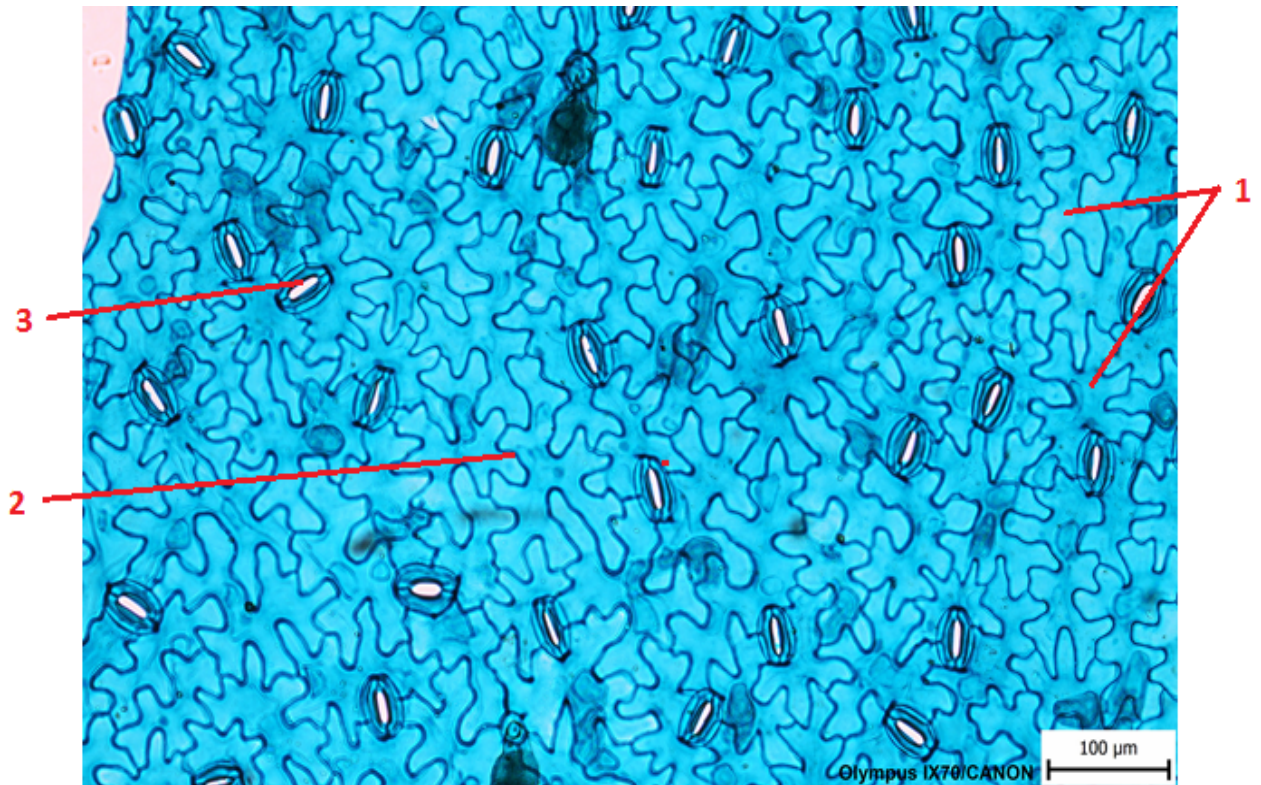
**Bifaciální list – příčný řez v oblasti hlavní žilnatiny listu**



**Legenda:** 1 – svrchní pokožka (epidermis) s kutikulou, 2 – spodní pokožka (epidermis) s kutikulou 3 – palisádový parenchym, 4 – houbový parenchym, 5 – cévní svazek s vodivými pletivy, 6 – xylém, 7 – floém, 8 – parenchym, 9 – kolenchym, ab – abaxiální (spodní) strana bifaciálního listu, ad – adaxiální (svrchní) strana bifaciálního listu

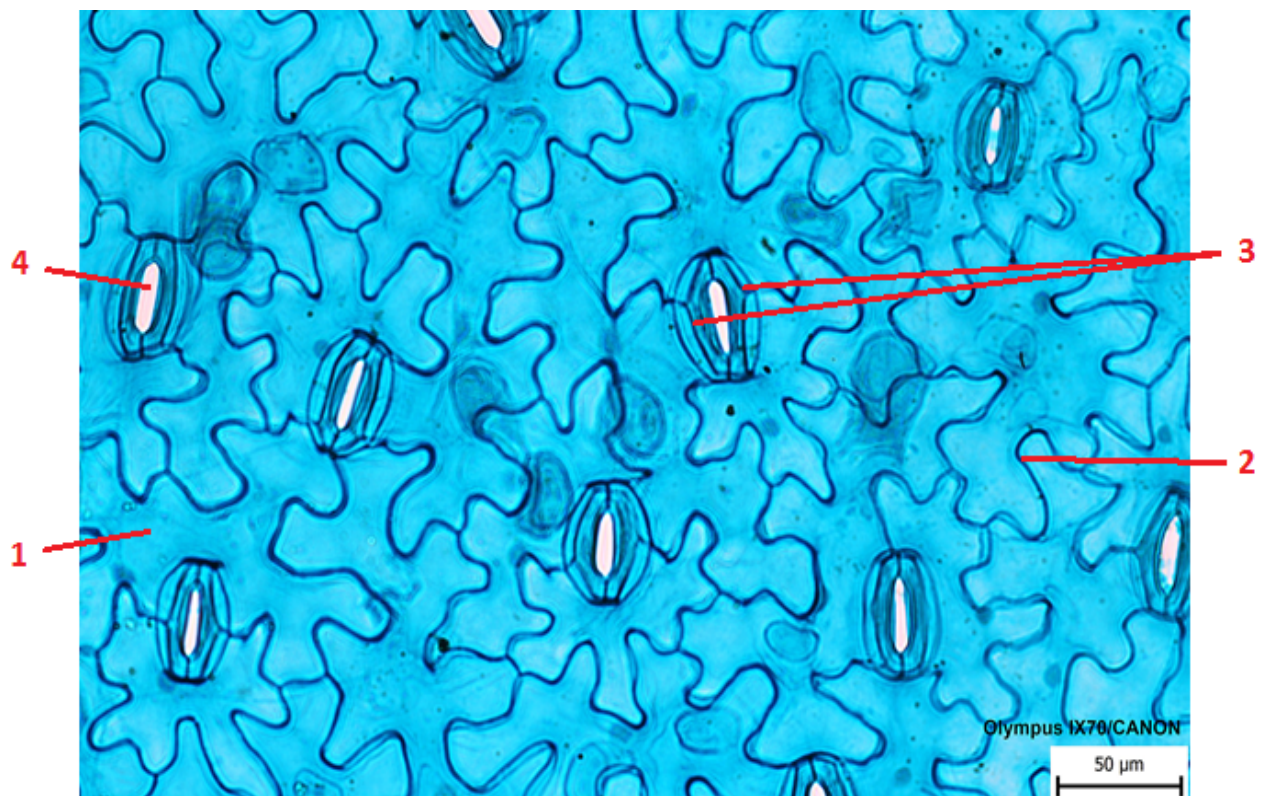


### Pokožka (epidermis) listu s průduchy



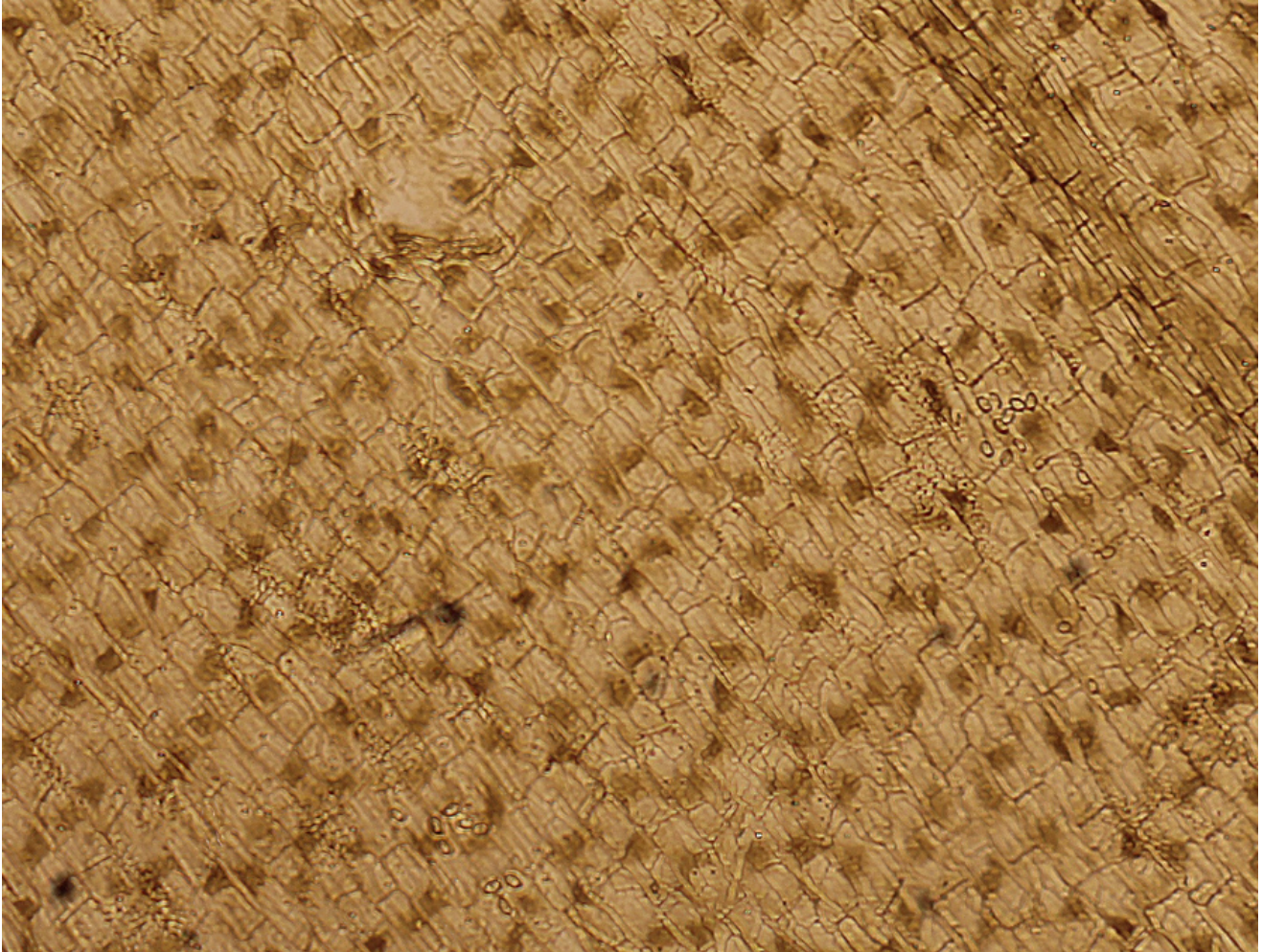
**Legenda:** 1 – buňky pokožky, 2 – buněčná stěna, 3 – průduch

### Pokožka (epidermis) listu s průduchy



**Legenda:** 1 – buňka pokožky, 2 – buněčná stěna, 3 – průduchuchové ledvinovité svěrací buňky, 4 – průduchová štěrbin (skulina)

## Chloroplasty v buňkách

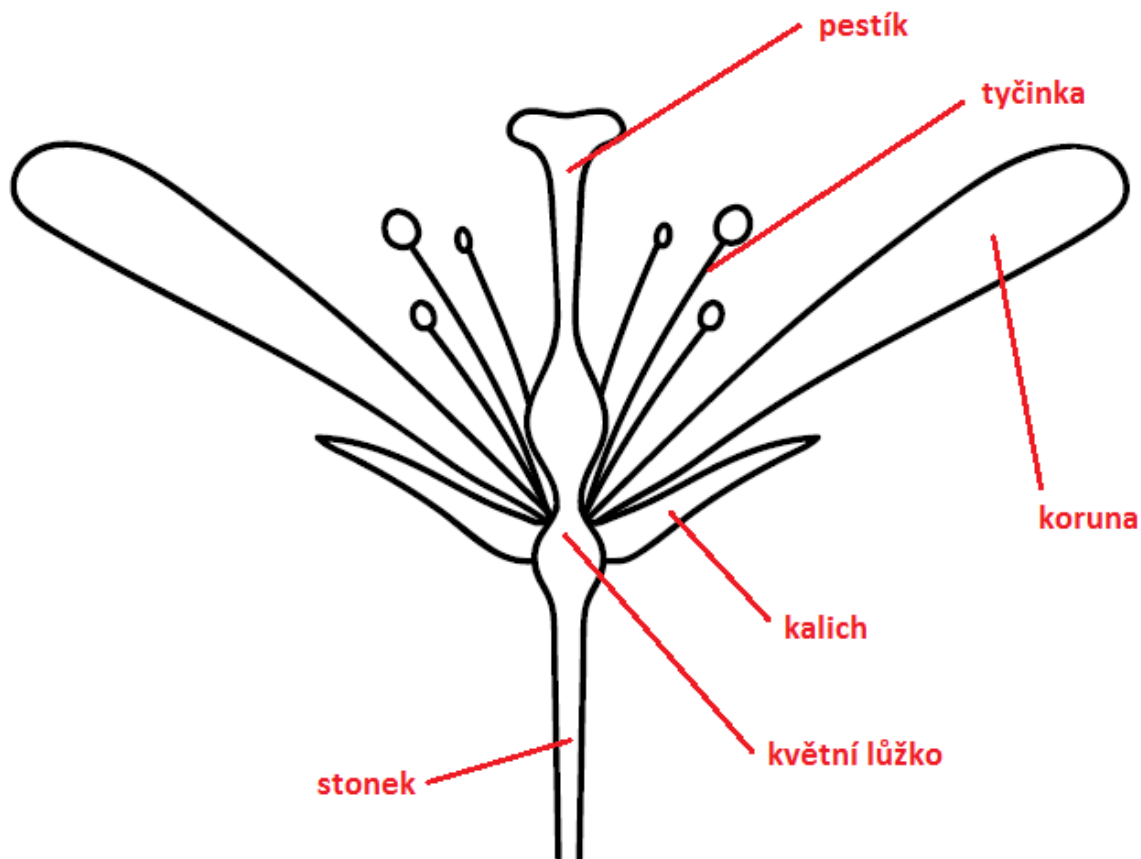


## Stavba květu

Květ je reprodukční generativní orgán krytosemenných rostlin. Jeho funkcí je pohlavní rozmnožování rostlin (1).

Květ nejčastěji vyrůstá na květní stopce. Je složen z květního lůžka, květních obalů, tyčinek a pestíků. Rozeznáváme samčí (tyčinky) a samičí orgány (pestíky). U květů opylovaných hmyzem nacházíme navíc nektária, ve kterých se vytváří nektar (2). Květní obaly společně s tyčinkami a pesíky vystupují z květního lůžka. Orgány květu se za běžných okolností vzájemně střídají (1).

Obrázek č. 1: Základní stavba květu (Moravová, 2018)



Jednotlivé orgány květu mohou srůstat. Rozlišujeme srůstání kongenitální – jenž probíhá na začátku vývoje orgánů a postgenitální – kde orgány srůstají až po jejich vývoji. Srůsty mohou být buď tangenciální – u nich dochází k srůstání sousedních orgánů v kruhu a srůstání radiální – kde srůstají orgány různých kruhů (1).

### **Květní lůžko** (*receptaculum*)

Květní lůžko nasedá na květní stopku. Je článkované a jeho články (internodia) jsou zkrácené. Z květního lůžka vyrůstají květní obaly, tyčinky i pestíky. Jeho funkcí je tedy především podpora ostatních orgánů květu (1).

Mezi typy květního lůžka patří lůžko prodloužené – považované za původní, anthofor – protažené lůžko nesoucí korunu s tyčinkami, androgynofor – nesoucí tyčinky s plodolisty a gynofor – nesoucí pouze plodolisty (1).

### **Květní obaly** (*periant, perianthum*)

Do květních obalů patří kalich, koruna a okvěť. Jedná se o části květu, které se přímo neúčastní pohlavního rozmnožování rostlin (tzv. sterilní části květu) (1).

Uspořádání květních obalů na lůžku může být acyklické – kde jsou orgány uspořádány do šroubovice, dále cyklické – kde jsou orgány v kruzích (dle počtu kruhů mohou být například tetracyklické, pentacyklické, hexacyklické) a spirocyklické – což je přechodový typ, kde je část orgánů poskládána do kruhů a část do šroubovice (2).

**Kalich** (*calyx*) je vnější část květních obalů chránící květ během ontogenetického vývoje (ve stádiu poupěte). Jeho lístky zpravidla bývají kratší než lístky koruny (1,2). Kališní lístky jsou volné (pak tvoří kalich chorisepalní) nebo mohou srůst (pak se jedná o kalich synsepalní) (2). Kalich se může vyvinout a vytvořit tak jiné morfologické struktury k ochraně plodu. Barvy kalichu mohou být od zelené po barvy pestré přitahující opylovače. Může mít různou konzistenci (bylinnou, suchomázdřitou). Dle vytrvalosti jej dělíme na kalich opadavý, prchavý a vytrvalý. Dle souměrnosti rozdělujeme kalich na aktinomorfní či zygomorfní. U některých rostlin se vnější strana kalichu vyvíjí v kalíšek (*calyculus*), který je menší než kalich (1).

**Koruna** (*corolla*) je vnitřní část květních obalů a svým pestrým zbarvením slouží k lákání opylovačů (1,2). Koruna je složena z korunních lístků (*petala*). Zajímavé zbarvení koruny je způsobeno přítomností glykosidů, nacházejících se ve vakuolách buněk, dále přítomností iontů a chromoplastů (ty obsahují karotenoidy a xanthofyly) (1).

Stejně jako kališní lístky i lístky koruny mohou být volné (koruna choripetalní) nebo srostlé (koruna sympetalní) (2). Na korunních lístcích rozlišujeme tři části – nehet (*unguis*), čepel (*laminula*) a pakorunku (*paracorolla*) (1). Srostlou (sympetalní) korunu rozdělujeme na korunní trubku a korunní lem. Dle tvaru můžeme srostlé (sympetalní) koruny zařadit do různých skupin (trubkovité, nálevkovité, kulovité, zvonkovité, baňkovité, kolovité, řepicovité, jednopyskové, dvoupyskové, tlamaté, jazykovité a šklebivé). Takzvané prchavé koruny opadávají (2).

Protážením koruny (nebo okvětních lístků) vzniká dutá kuželovitá ostruha (*calcar*). Dále na koruně mohou vznikat výrůstky zabraňující vniknutí nechtěného velkého hmyzu i nepotřebnému množství vody. Mohou na ní vznikat i efigurace (což jsou výrůstky, které mohou být chlupovité, žlaznaté nebo šupinovité) (1).

**Okvěť lístky** (*perigonium*) bývají uspořádané po třech lístcích do dvou kruhů. Nacházíme je u rostlin, kde není květ rozdělen na kalich a korunu. Mohou být stavebně stejné (homotepalní perigon) nebo odlišné (heterotepalní perigon) (1).

### **Tyčinky** (*stamen*)

Všechny tyčinky jednoho květu jsou uspořádané do souboru (*androecium*). V souboru jsou poskládány do šroubovice nebo do kruhu (do jednoho či do více kruhů). Vyrůstají před korunními lístky (epipalní tyčinky) nebo před kališními lístky (episepalní tyčinky) (1).

Tyčinku lze rozdělit na tři části – prašník (*anthera*), konektiv (*connectivum*) a nitku (*filamentum*). Prašník se skládá z dvou prašných váčků (mikrosynangií) a čtyř prašných pouzder (mikrosporangii). Prašníky se mohou například otevírat směrem ke květnímu obalu (extrorzní), směrem bočním (laterální), směrem ke středu květu (introrzní) nebo směrem k vrcholu. Konektiv spojuje prašné váčky (1,2). Časem z tyčinky vzniká patyčinka (*staminodium*), což je stav, kdy došlo k redukci prašníku (nebo nebyl vůbec vyvinut) a tyčinka tím ztratila svou funkci (2).

Některé části květu mohou s tyčinkami srůst nebo mohou srůst jednotlivé části tyčinek navzájem. Vzniká tak například synandrium – kde došlo k spojení nitek s prašníky (synandrium také vzniká srůstem pouze nitek či pouze prašníků), gynostegium – u kterého došlo k srůstu tyčinek s plodolisty a gynostemium – u něhož se spojila čnělka s tyčinkami (2).

### **Plodolisty (*gyneceum*)**

Jednotlivé plodolisty, zvané karpel (*carpellum*), jsou poskládané do souboru (*gyneceum*) (1).

Na plodolisticích vyrůstají vajíčka, která jsou s nimi spojena pomocí placenty. Dle způsobu jejich srůstu jsou rozdělena na placentaci laminární – vajíčka leží po celé délce plodolistu a placentaci marginální – vajíčka jsou pouze na okraji (1).

Pokud k srůstu *gynecea* nedochází, označuje se jako *gyneceum* apokarpní. Pokud jednotlivé listy *gynecea* srůstají, pak se *gyneceum* nazývá cenokarpní. Cenokarpní *gynecea* jsou dále dělena na synkarpní – u kterých plodolisty srůstají stěnami, parakarpní – která jsou spojena svými okraji a lyzikarpní – vyznačujícími se sloupkem vyrůstajícím ve středu semeníku (2).

**Pestík (*pistillum*)** vzniká u krytosemenných rostlin srůstem plodolistů (*gynecea*). Má tři základní části: semeník (*ovarium*), čnělku (*stylus*) a bliznu (*stigma*). Semeník tvoří dolní část pestíku, je dutý a slouží k uchování vajíček. Čnělka nacházející se ve středu pestíku má trubičkovitý tvar a spojuje semeník s bliznou. (U některých rostlin čnělka chybí.) Blizna uložená na vrcholu pestíku je důležitá pro záchyt pylových zrn. Přenosu pylu z prašníku (tzn. z tyčinky) na bliznu se říká opylení. K opylení může dojít pomocí živočichů, pak hovoříme o opylení zoogamním. Opylení přímo hmyzem se nazývá entomogamní. Anebo může dojít k opylení větrem (anemogamní opylení) (2).

### **Vajíčko (*ovulum*)**

Vajíčko vzniká z dělivého pletiva plodolistu (z placenty) (1). Celé vajíčko je pokryto vaječným obalem (*integumentem*), pouze na jednom místě je volný otvor (*mikropyle*). Tento otvor je umístěn na vrcholu vajíčka. Mikropyle umožňuje prorůstání pylové láčky do vajíčka. K placentě je vajíčko připoutané pomocí vaječného poutka. V poutku se nachází místo, označované jako chaláza, kudy proniká do vajíčka cévní svazek. Největší část vajíčka tvoří výživné pletivo (*nucellus*) (2).

Vajíčka lze rozdělit na přímá (atropická) – jejichž osa prochází stejným směrem jako osa poutka, obrácená (anatropická) – která se během vývoje obrací a jejich osa je pak rovnoběžná s osou poutka a příčná (kampylotropická) – u kterých prochází osa vajíčka kolmo na osu poutka (2).

### **Otestujte své znalosti:**

*Jaké části květu patří do květních obalů?*

*Vyjmenujte části tyčinky a části pestíku.*

*K čemu květ slouží?*

**Použité zdroje literatury:**

- (1) BABULA Petr. *Cytologie a histologie rostlin*, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2016. ISBN 978-80-7305-774-9.
- (2) NOVÁK Jan a Milan SKALICKÝ. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN: 978-80-87415-53-5.

## Pylová zrna

Pylová zrna patří mezi samčí reprodukční orgány semenných rostlin, který dokáží sám sebe nebo pomocí větru, hmyzu, vody oplodnit samičí rostlinou buňku. Je představen mikrosporou semenných rostlin nebo mikrogamtofytem, což je zralé pylové zrno (1).

V průběhu vývoje, dochází k dozrání mikrospor, které se mění v pylová zrna, ty jsou v prašných pouzdrech, mohou být buďto dvoubuněčná nebo trojbuněčná (2,3).

Vývoj mikrospony v pylové zrno je dvouetapový. V první etapě mikrospona roste a vakuolizuje se, v druhé etapě se dělí na dvoubuněčné až trojbuněčný útvar a dozrává v pylové zrno (2).

### Dvoubuněčné pylové zrno

Dvoubuněčné pylové zrno je tvořené větší vegetativní neboli láčkovou buňkou, vytvářející později pylovou láčku, a menší generativní buňkou. Tyto dvě buňky jsou od sebe odděleny kalozovou stěnou, která se brzy rozpouští a to umožní vstupu generativní buňky, do buňky vegetativní. Úlohou vegetativní buňky je zabezpečit růst a vývoj pylového zrna při dozrání a klíčení. Úlohou generativní buňky je přenos genetické informace (2).

### Trojbuněčné pylové zrno

Trojbuněčné pylové zrno je tvořeno taktéž vegetativní buňkou a generativní buňkou. Tato generativní buňka se ovšem dělí na dvě samčí gamety (spermatické buňky), které se vytvoří ještě před vyklíčením pylového láčku uvnitř pylového zrna (2).

### Velikost a tvar

Jejich velikost, tvar i povrch jsou rozdílné, avšak pro určitý druh charakteristické a přizpůsobené pro daný způsob opylení (4,5). Velikost pylového zrna se pohybuje od 2  $\mu\text{m}$  do 240  $\mu\text{m}$  (3). Primitivnější čeledi mají většinou větší pylová zrna (2). Tvar pylových zrn je nejčastěji kulovitý nebo elipsovitý (3). Látkové složení pylu odpovídá vysokým energetickým požadavkům kladené zrnem, během růstu a oplození. Pyl má také vysokou nutriční hodnotu a to zejména pro jeho proteinový obsah, který slouží pro výživu mladých včel (2). Pylová zrna vznikají v tetradách, ale výjimečně může být i jiné seskupení např. polyády (3,4). Ve směru ze středu tetrády rozlišujeme na pylovém zrně dva póly, proximální (blíže k centru tetrády) a distální (směrem vně) (4).

### Obal pylového zrna

Pylová zrna jsou chráněna pylovým obalem (*sporoderma*), který se dělí na 2 vrstvy - na vnější exinu, nebo také označovaná jako exospora, a vnitřní intinu, označovanou jako endospora (2,6). Intina je tenká, jemná souvislá pektocelulózní vrstva, zatím co exina je tlustá a tvrdá vrstva a to díky pevným uhlovodíkům – sporopoleninům (2,4).

### Exina

V tvrdé exině jsou tzv. klíční otvory, neboli apertury, které se vyznačují ztenčením a slouží k vyklíčení pylového láčku. Rozlišujeme dva typy apertur, jedním z nich jsou kolpy (*colpi*) a druhým jsou póry (*pori*). Kolpy jsou primitivnější než póry a mají tvar štěrbin, která je na obou pólech zužená, naproti tomu póry jsou oválnější, kruhové. Pylová zrna s kolpy jsou označovaná jako kolpátní, pylová zrna s póry se nazývají porátní. Jsou-li apertury kombinované, tj. kolpy i póry dohromady, nazývají se zrna kolporátní (2,3,5). Exina se dále rozděluje na vnitřní nexinu a vnější sexinu. Pokud se v sexině nacházejí dutiny oddělené sloupky (*columela*), jedná se o exinu tektátní, pokud je bez dutin, je to exina pilátní (7).

## **Intina**

Intina, jak už bylo uvedeno výše, je tenčí, složená převážně z pektinu a celulózy. Odděluje tvrdou exinu, konkrétně část nexinu, od plasmatické membrány buňky (7).

## **Způsob přenosu pylových zrn**

Přenos pylových zrn je děj nazývaný jako opylení. V jeho průběhu dochází k přenosu pylu z prašníku na bliznu, jenž je součástí pestíku. K opylení může dojít pylem z vlastního květu, to označováno jako samosprašnost (*autogamie*), cizosprašnost (*alogamie*) je označováno opylení pylem z jiné rostliny (4). Tento jev je častější, k jeho uskutečnění je zapotřebí opylovače (5). Rostliny mohou být opyleny hmyzem – hmyzosprašné (*entomogamní*), větrem – větrosprašné (*anemogamní*), vodou – vodosprašné (*hydrogamie*) a dalšími způsoby, které nejsou v ČR příliš časté (4,5).

## **Otestujte své znalosti:**

*Jak vzniká pylové zrno?*

*Jak se dělí obal pylového zrna?*

*Jak se přenáší pylové zrno?*



### Použité zdroje literatury:

- (1) ANONYM Č. 1 [online, cit. 2.10.2018] Dostupné z:  
<http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/anatomie/slovník/slovník.htm#zrno>
- (2) SLAVÍKOVÁ Zdeňka. *Morfologie rostlin*. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0327-6.
- (3) VINTER Vladimír. [online, cit. 22.9.2018] Dostupné z:  
<http://www.botanika.upol.cz/atlasy/anatomie/anatomieCR44.pdf>
- (4) NOVÁK Jan a Milan SKALICKÝ. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN: 978-80-87415-53-5.
- (5) ANONYM Č. 2 [online, cit. 22.9.2018] Dostupné z:  
[https://web2.mendelu.cz/af\\_211\\_multitext/obecna\\_botanika/texty-organologie-tycinka\\_pylova\\_zrna.html](https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-tycinka_pylova_zrna.html)
- (6) ANONYM č. 3 [online, cit. 2.10.2018] Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/pollen>
- (7) ANONYM Č. 3 [online, cit. 2.10.2018] Dostupné z:  
<http://www2.le.ac.uk/departments/genetics/people/twell/lab/pollenis/wall>

**Květ – průřez otevřeným prašníkem**



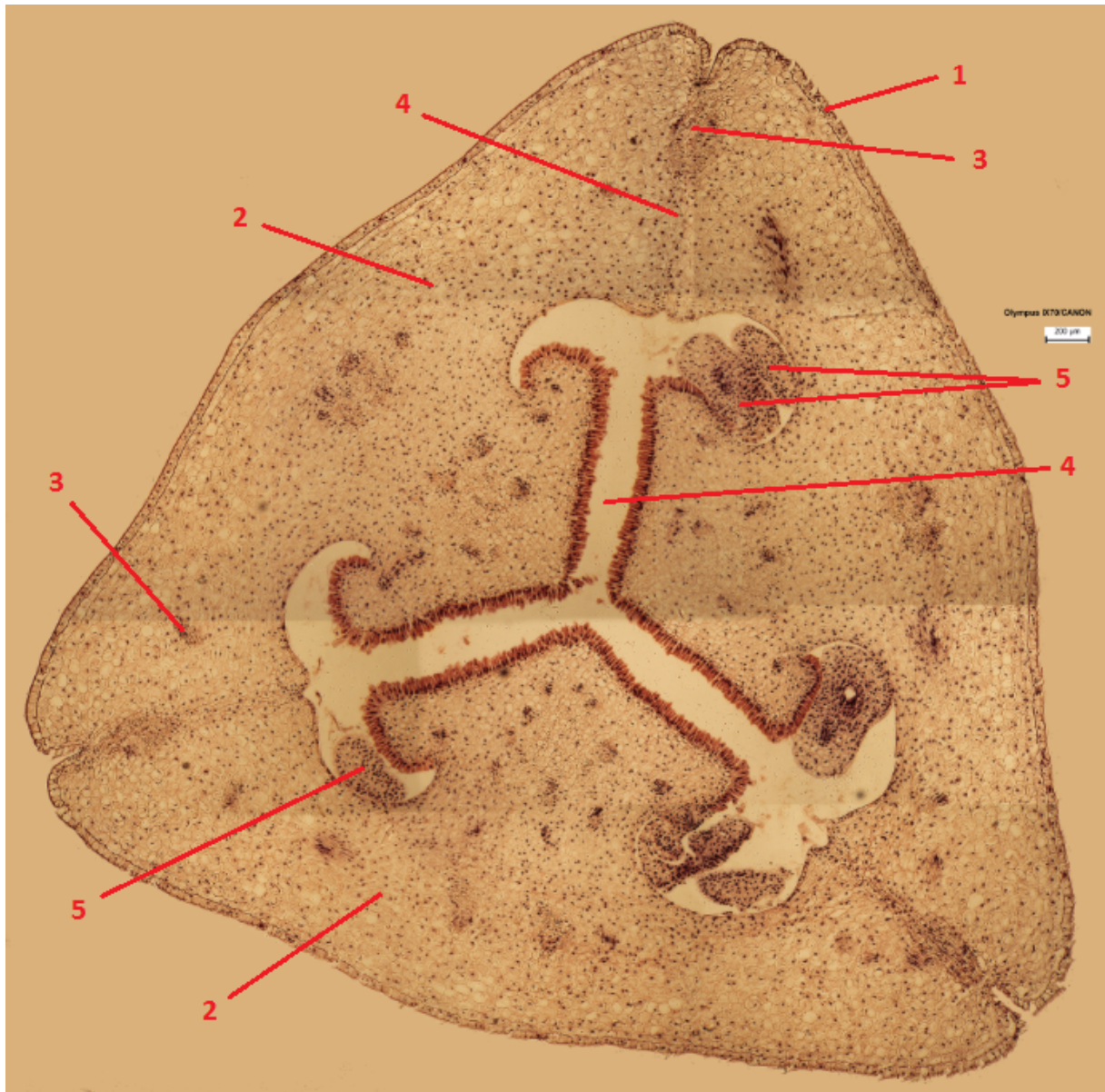
**Legenda:** 1 – prašný váček, 2 – prašné pouzdro, 3 – cévní svazek procházejí konektiv (spojidlo), 4 – stěna prašníku, 5 – pylová zrna

**Květ – průřez otevřeným prašníkem**



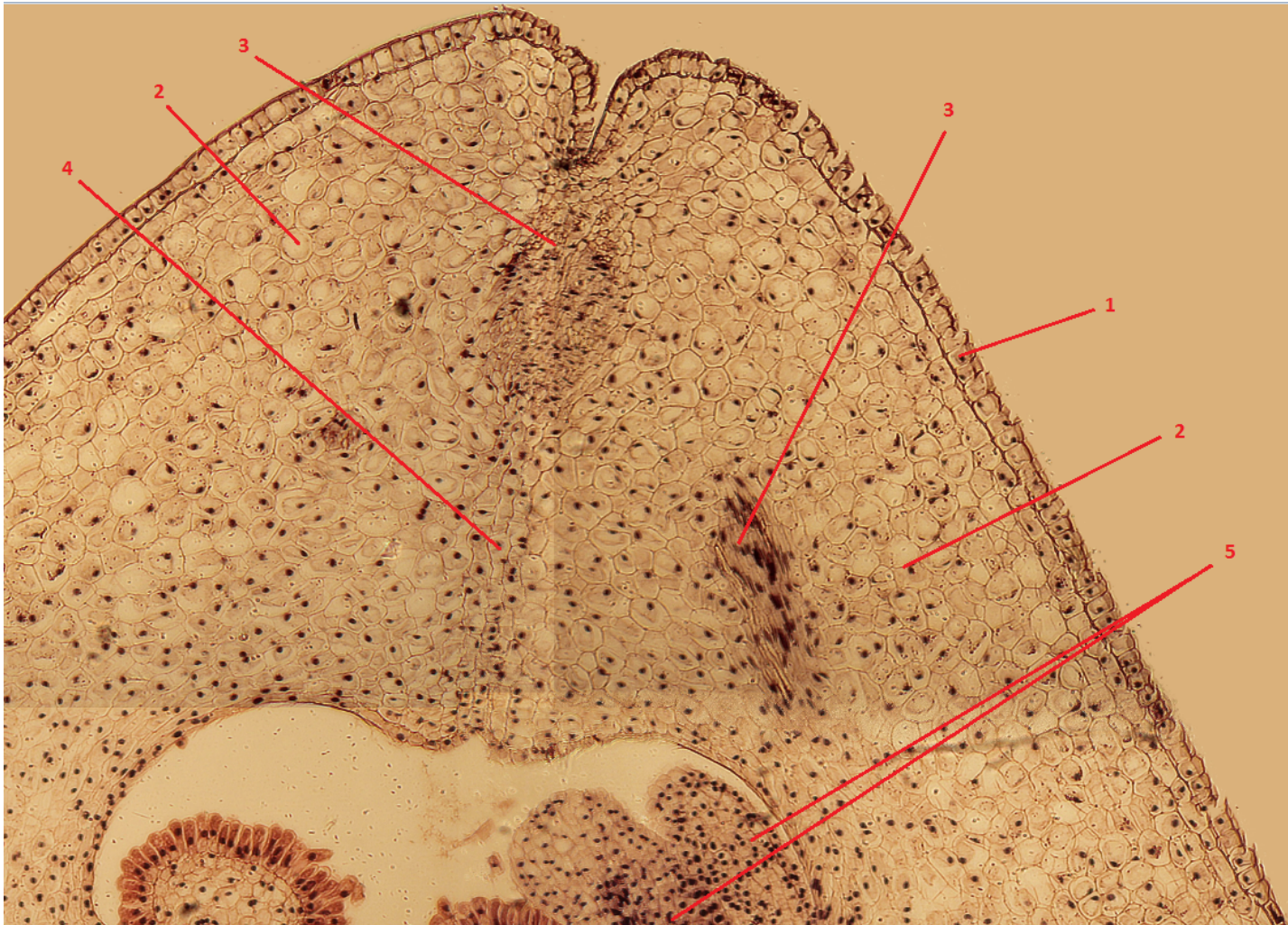
**Legenda:** 1 – exothecium, 2 – endothecium, 3 – výstelkové pletivo (tapetum), 4 – prašné pouzdro, 5 – pylová zrna

## Květ – průřez semeníkem



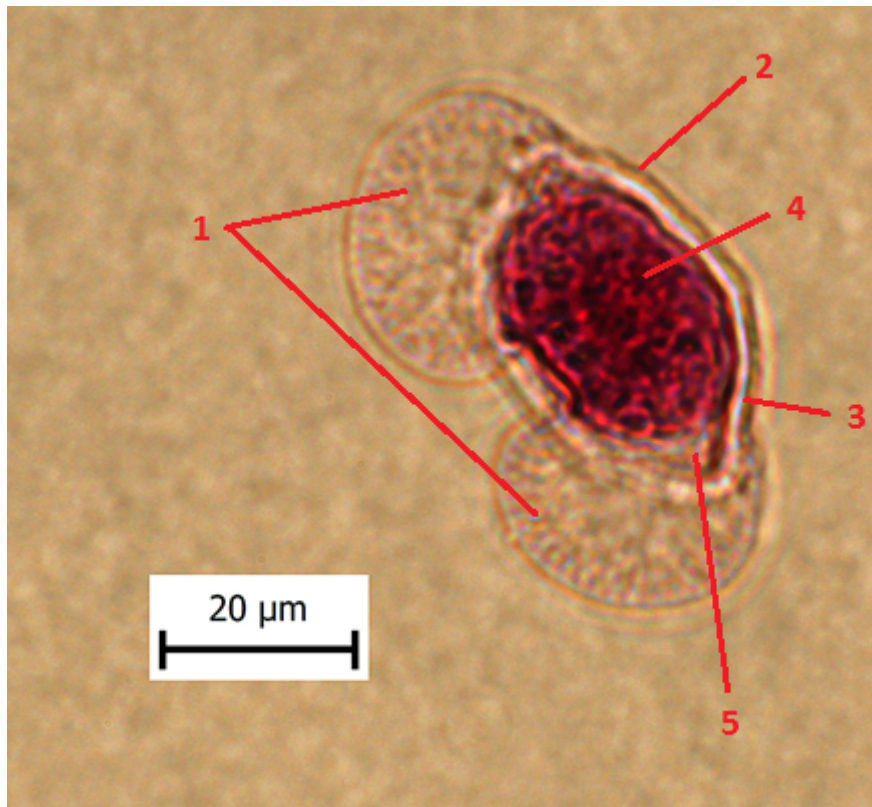
**Legenda:** 1 – pokožka (epidermis), 2 – mezofyl plodolistu, 3 – cévní svazky, 4 – místo srůstu (švy) plodolistů, 5 – obrácená vajíčka

## Květ – průřez semeníkem



**Legenda:** 1 – pokožka (epidermis), 2 – mezofyl plodolistu, 3 – cévní svazky, 4 – srůst (švy) plodolistů, 5 – obrácená vajíčka

**Pylové zrno – borovice (*Pinus*)**



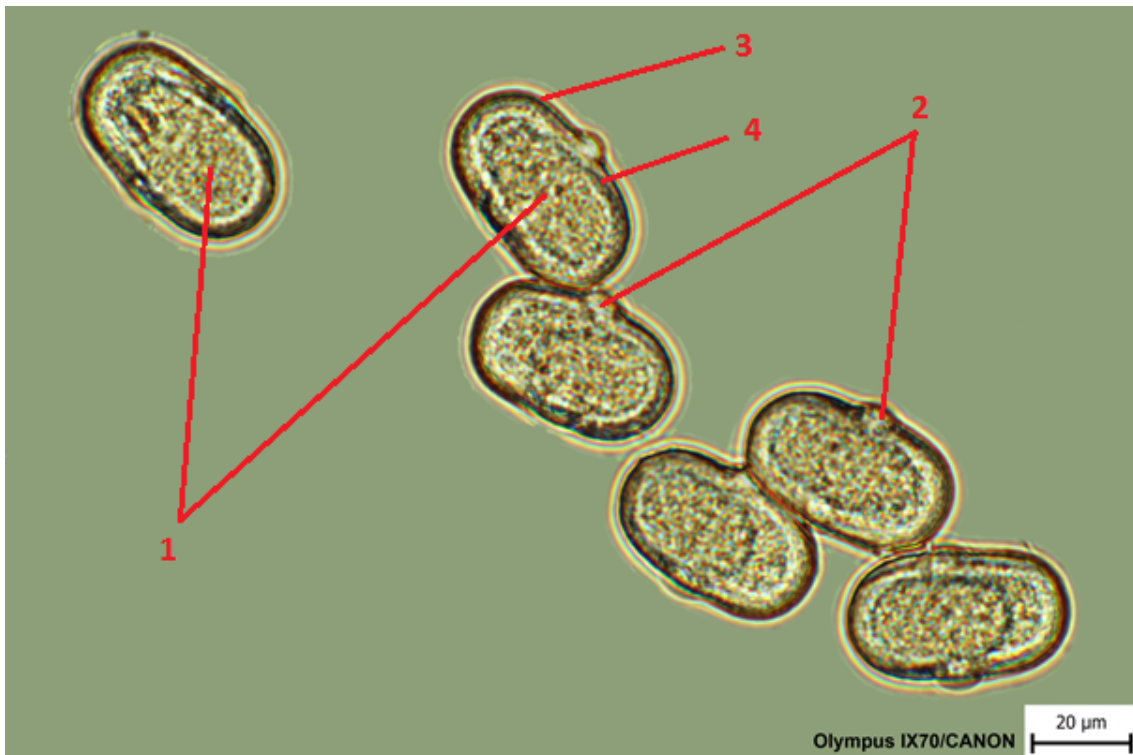
**Legenda:** 1 – vzdušné vaky, 2 – exina, 3 – intina, 4 – generativní buňka, 5 – klíční pór

**Pylová zrna – lilie (*Lilium*)**



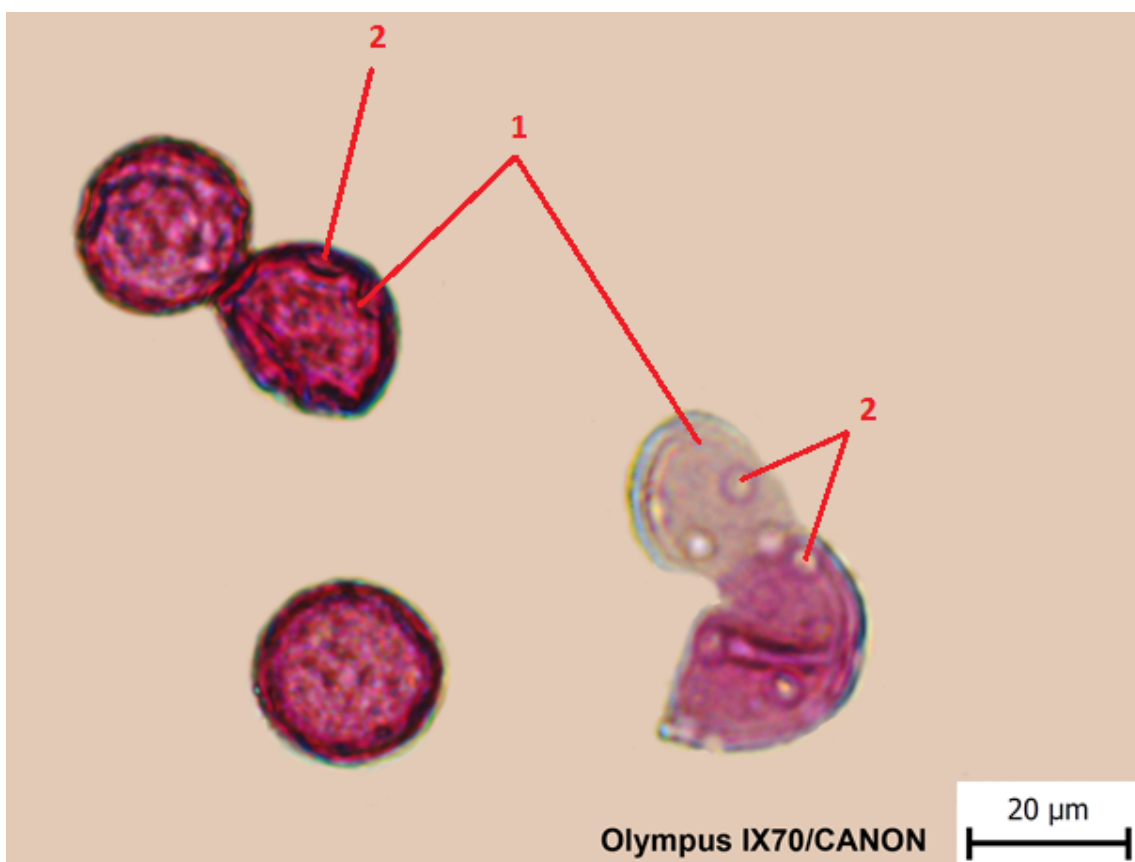
**Legenda:** 1 – exina, 2 – intina

**Pylová zrna – hrách setý (*Pisum sativum* ssp. *hortense*)**



**Legenda:** 1 – pylová zrna, 2 – vzdušní vaky, 3 – exina, 4 – intina

**Pylová zrna – jitrocel (*Plantago*)**



**Legenda:** 1 – pylová zrna, 2 – klíčící póry

Pylová zrna – tykev (*Cucurbita*)



Legenda: 1 – pylové zrno, 2 – ostnité výrůstky exiny, 3 – exina, 4 – intina, 5 – klíčící pór

## Škrobová zrna

Škrobové zrno je tvořeno škrobem, který je zásobní látkou u vyšších rostlin (1). Škrob je polysacharid, tvořený směsí amylozy a amylopektinu, ve kterém se ukládá energie z procesu fotosyntézy (1,2). Vzniká ve specializovaném typu plastidů - amyloplastech. Škrobové zrno vzniká nabalováním vrstev, kolem již vzniklého zrna, které vzniklo za pomoci tzv. iniciálního bodu (1). Tento bod je tvořen krystalizačním centrem a kolem něj se poté uspořádají jehlicovité krystalky škrobu (*trichity*), čímž vznikají vrstvy a zrno narůstá (2). Trichity nejsou v mikroskopu obvykle patrné, ale u některých zrn jdou vidět jednotlivé vrstvy, z nichž se zrno skládá, to je dáno obsahem vody, která kolísá (1,2).

V průběhu růstu mohou škrobová zrna dosáhnout takové velikosti, že protrhnou membránu amyloplastu a uvolní se do cytoplazmy (2).

Zrno je pro jednotlivé druhy rostlin charakteristické. Typy zrn se liší velikostí, tvarem, počtem iniciálních bodů a vrstevnatostí (1).

Podle počtu iniciálních bodů, můžeme zrna dělit na jednoduchá a složená. Jednoduchá mají pouze jeden bod např. lilek brambor (*Solanum tuberosum*), zatímco složená zrna mají více iniciálních bodů a to v řádech jednotek až tisíců, příkladem může být oves setý (*Avena sativa*) nebo kukuřice setá (*Zea mays*) (1,3).

Podle pozice krystalizačního centra lze zrna dělit na koncentrická a excentrická vrstevnatá zrna (1). Koncentrická vrstevnatá zrna jsou uložena soustředně, to je typické např. pro škrobové zrno kukuřice seté (*Zea mays*). Krystalizační centra mimostředná, jsou označeny jako excentrická vrstevnatá zrna a příkladem může být např. lilek brambor (*Solanum tuberosum*). Často lze na zrnu najít tzv. rhexigenní dutinu, ta vzniká vlivem prnutí po vyschnutí (1,3).

### **Otestujte své znalosti:**

*Kde vzniká škrobové zrno?*

*Podle jakých hledisek lze dělit škrobová zrna?*

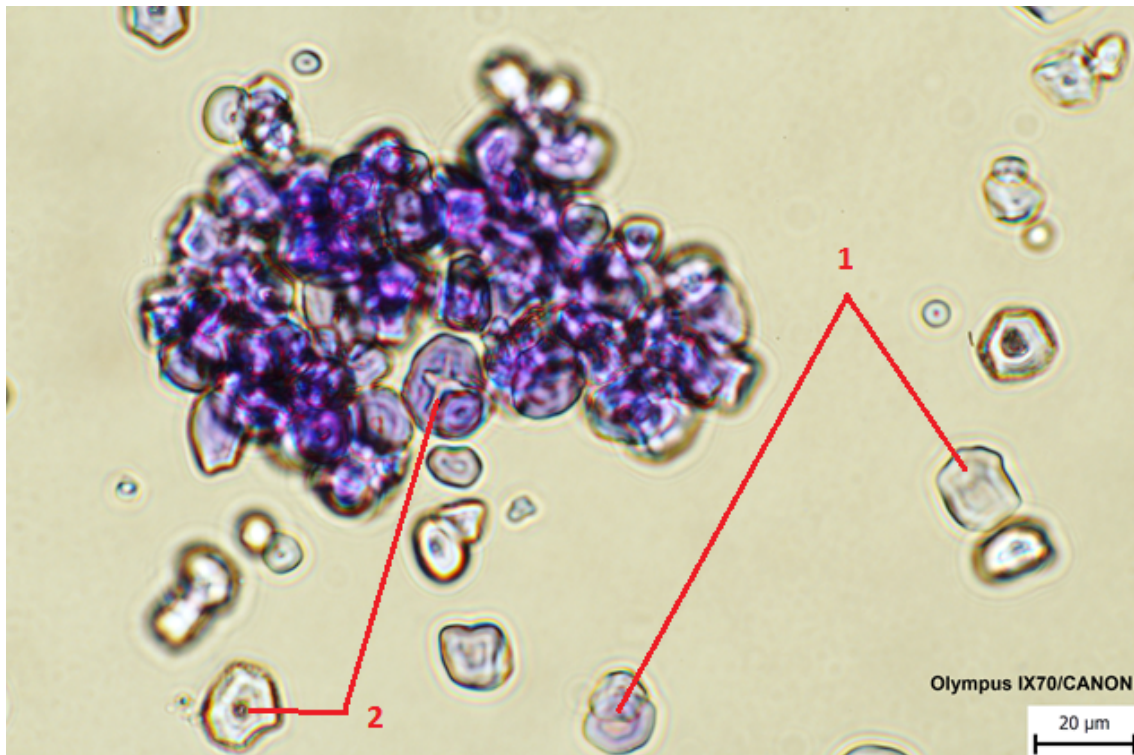
*Jsou všechny zrna stejná? Lze jednotlivé druhy od sebe odlišit?*



**Použité zdroje literatury:**

- (1) NOVÁK Jan a Milan Skalický. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Praha: PBTisk s.r.o., 2006. ISBN 978-80-904011-5-0.
- (2) ANONYM Č. 1 [online, cit. 23.10.2018] Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1441/podzim2017/Bi2BP\\_FYRL/um/Cviceni\\_1.pdf](https://is.muni.cz/el/1441/podzim2017/Bi2BP_FYRL/um/Cviceni_1.pdf)
- (3) ANONYM Č. 2 [online, cit. 23.10.2018] Dostupné z: <http://mikrosvet.mimoni.cz/pdf/2-bunka-2-bunecne-inkluzne-skrobova-zrna-dalsich-rostlin>

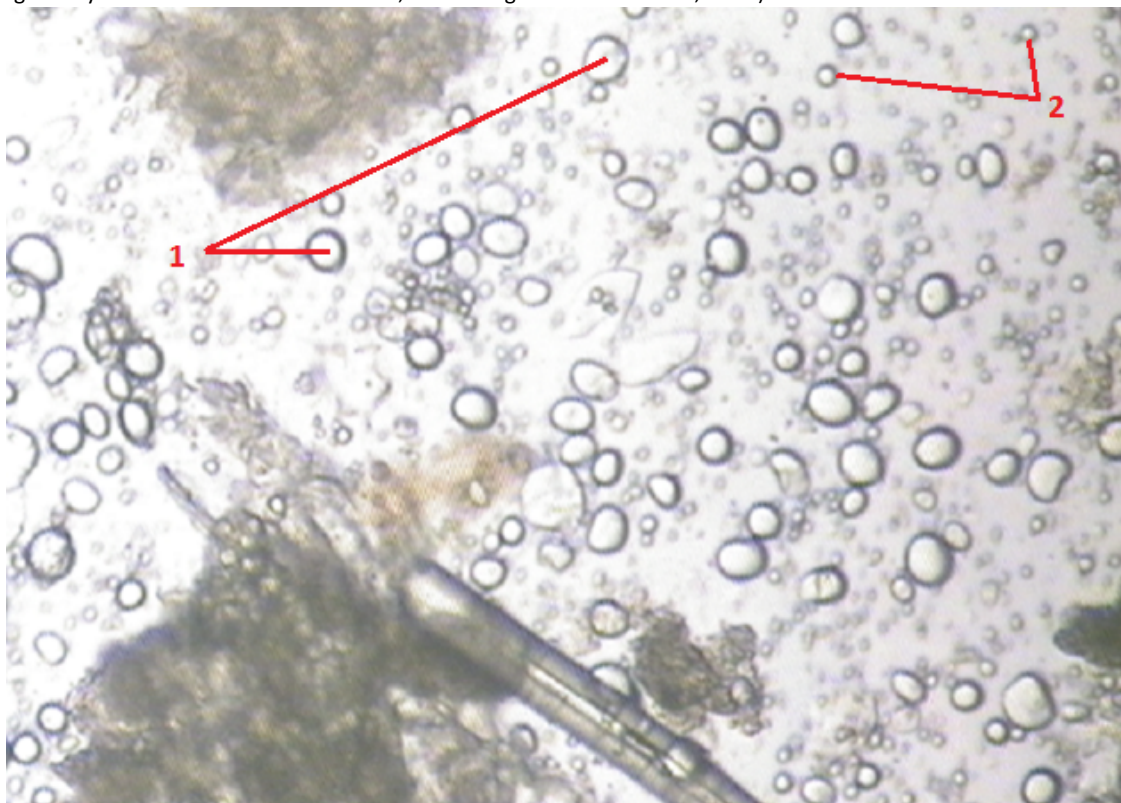
**Škrobová zrna – kukuřice setá (*Zea mays*)**



**Legenda:** 1 – škrobová zrna (obvykle s pěti hranami), 2 – charakteristické rhexigenní dutiny ve středu škrobových zrn

**Obilný šrot se škrobovými zrny – pšenice obecná (*Triticum aestivum*)**

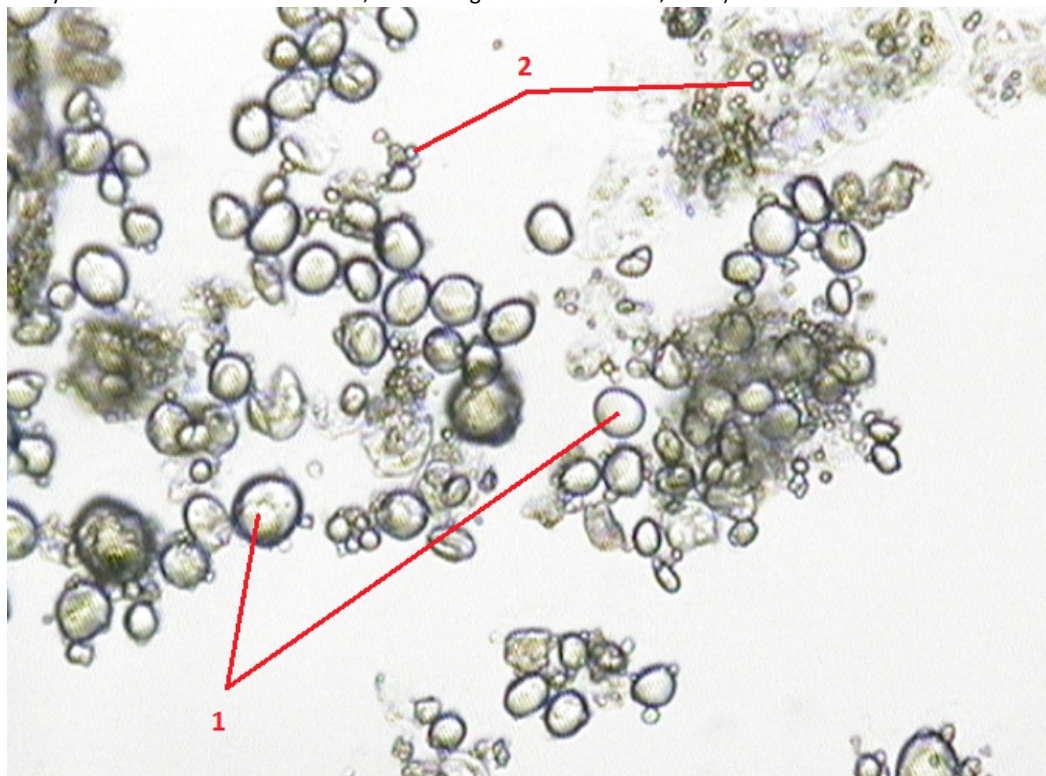
(Fotografie vytvořena MVDr. Evou Štercovou, Ph.D. a Mgr. Lucií Polcarovou, Ph.D.)



**Legenda:** 1 – velká škrobová zrna, 2 – malá škrobová zrna

**Obilný šrot se škrobovými zrny – ječmen obecný (*Hordeum vulgare*)**

(Fotografie vytvořena MVDr. Evou Štercovou, Ph.D. a Mgr. Lucií Polcarovou, Ph.D.)



**Legenda:** 1 – velká škrobová zrna, 2 – malá škrobová zrna

**Obilný šrot se škrobovými zrny – žito seté (*Secale cereale*)**

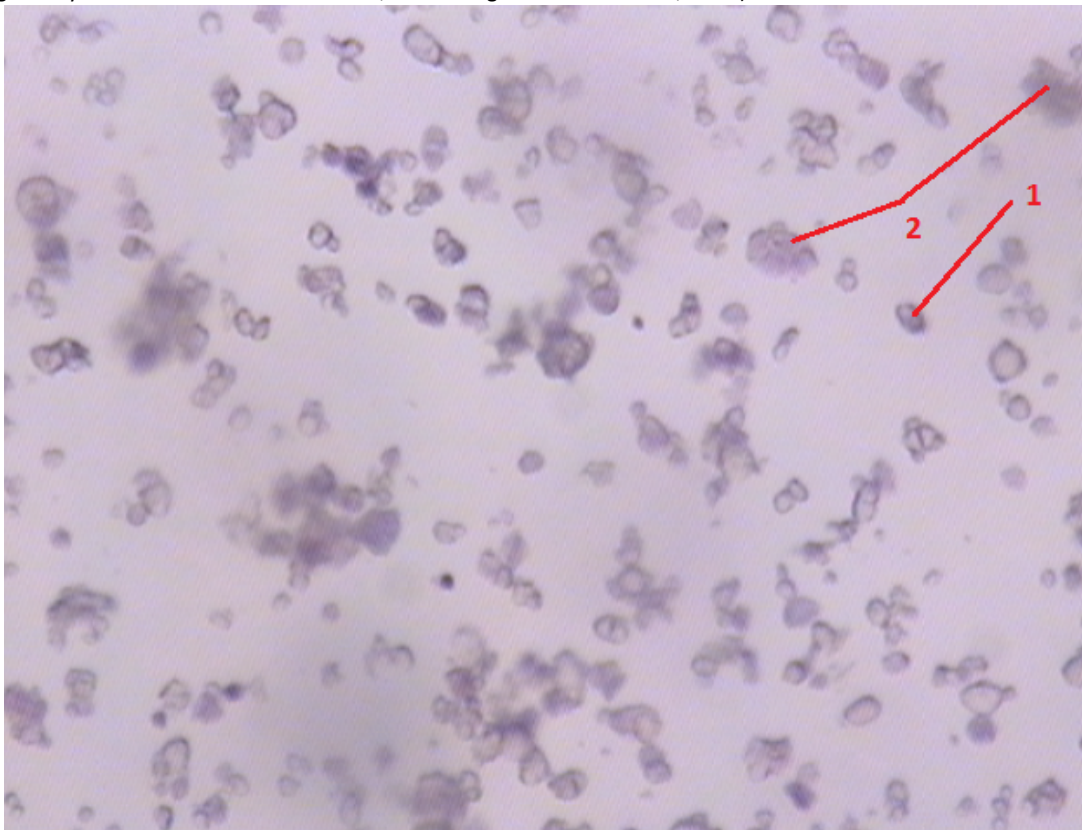
(Fotografie vytvořena MVDr. Evou Štercovou, Ph.D. a Mgr. Lucií Polcarovou, Ph.D.)



**Legenda:** 1 – škrobová zrna, 2 – charakteristická rhexigenní dutina ve škrobovém zrně

**Obilný šrot se škrobovými zrny – oves setý (*Avena sativa*)**

(Fotografie vytvořena MVDr. Evou Štercovou, Ph.D. a Mgr. Lucií Polcarovou, Ph.D.)



**Legenda:** 1 – drobné elementární škrobové zrno, 2 – velká složená škrobová zrna

**Vikvový šrot se škrobovými zrny – vikev setá (*Vicia sativa*)**

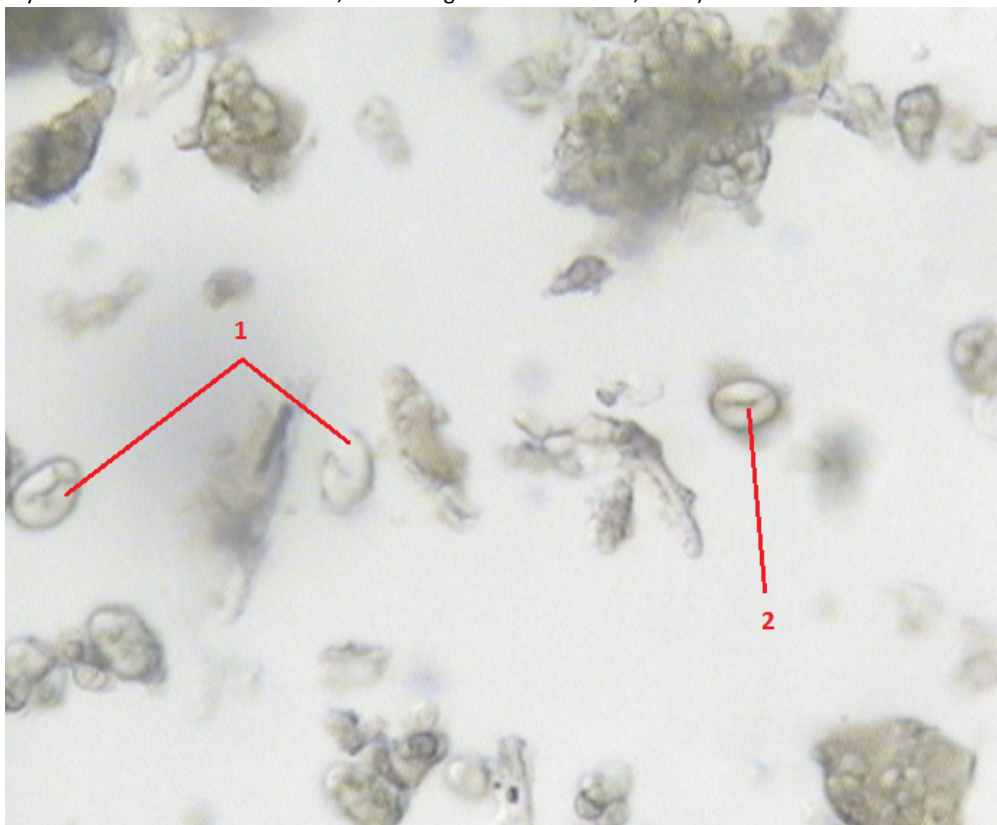
(Fotografie vytvořena MVDr. Evou Štercovou, Ph.D. a Mgr. Lucií Polcarovou, Ph.D.)



**Legenda:** 1 – škrobové zrno, 2 – charakteristická rhexigenní dutina ve škrobovém zrnu

**Hrachový šrot se škrobovými zrny – hrách setý zahradní (*Pisum sativum* ssp. *hortense*)**

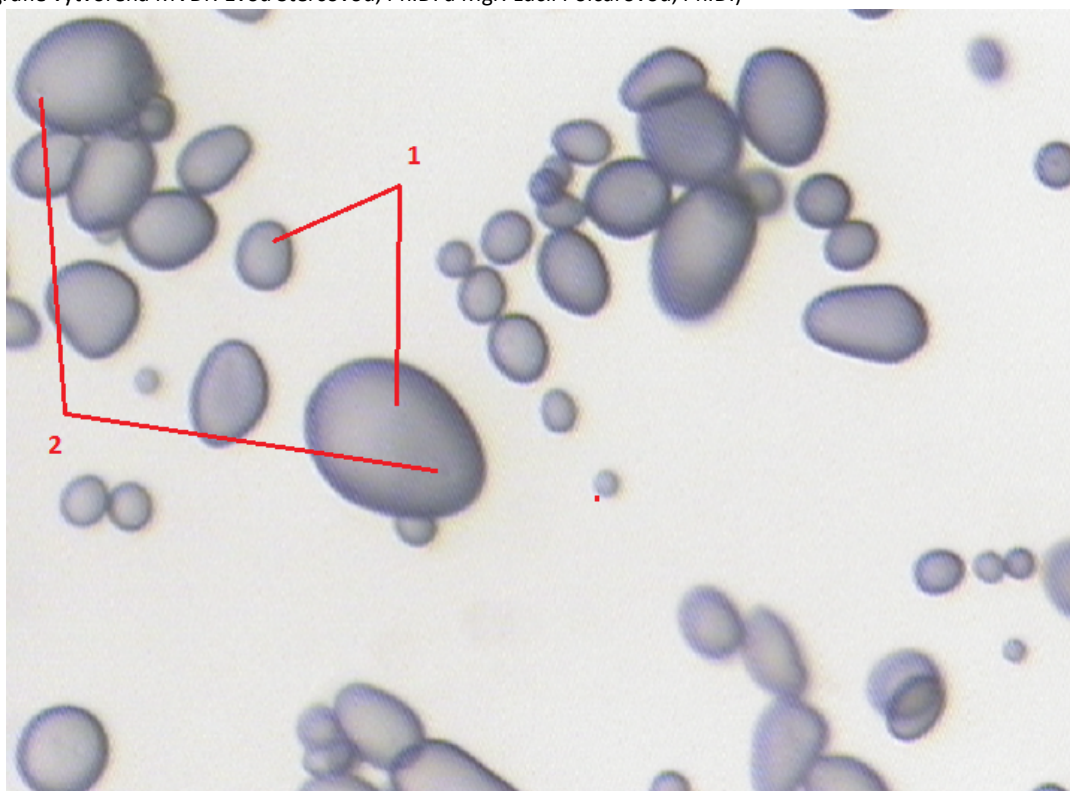
(Fotografie vytvořena MVDr. Evou Štercovou, Ph.D. a Mgr. Lucií Polcarovou, Ph.D.)



**Legenda:** 1 – škrobová zrna, 2 – charakteristická rhexigenní dutina ve škrobovém zrně

**Škrobová zrna hlízy – lilek brambor (*Solanum tuberosum*)**

(Fotografie vytvořena MVDr. Evou Štercovou, Ph.D. a Mgr. Lucií Polcarovou, Ph.D.)



**Legenda:** 1 – škrobová zrna, 2 – iniciální bod ve škrobových zrnech

## Škrobová zrna hlízy – lilek brambor (*Solanum tuberosum*)

(Fotografie vytvořena MVDr. Evou Štercovou, Ph.D. a Mgr. Lucií Polcarovou, Ph.D.)



**Legenda:** 1 – škrobová zrna, 2 – iniciální bod ve škrobových zrnech, 3 – excentrické vrstvení škrobu ve škrobovém zrně

## Mikroskopické preparáty

Mikroskopickým preparátem se označuje dostatečně tenký objekt (1). Jedná se o biologický objekt umístěný mezi podložním a krycím sklem. Podle možnosti jejich uchování je rozdělujeme na dvě základní skupiny, a to na dočasné preparáty a trvalé preparáty (2).

### Dočasné preparáty

Tyto preparáty slouží pro aktuální pozorování a mají krátkou životnost (2). Dočasné preparáty obvykle zhotovíme, prozkoumáme, popíšeme a pak odstraníme. Připravují se ze živých objektů nebo jejich částí, např. pomocí řezů. Pozorovaný objekt se zpravidla vkládá do vody/se zakapává vodou (3) a může být také obarvován (1).

### Trvalé preparáty

Trvalé preparáty prochází procesem fixace (2). Tento fixační proces zajišťuje, aby preparáty mohly být používány opakovaně po dlouhou dobu (1). Trvalé preparáty mohou vydržet i desítky let (3). Hlavní podstatou fixování je proces denaturace bílkovin v preparátu. Tento postup zabraňuje posmrtným změnám ve tkáních a rostlinných pletivech. Důležitou podmínkou je však zachování barvitelnosti. Zafixovaný preparát je přenesen na podložní sklo, je k němu přidáno uzavírací médium a přiloženo krycí sklo. Uzavíracím médiem je nejčastěji kanadský balzám, parafín, želatina a celoidin (2).

U některých preparátů se snažíme zviditelnit, zdůraznit či odlišit jejich mikroskopické struktury. Tedy z tohoto pohledu rozdělujeme preparáty na nebarvené a barvené (4).

Barvení je chemická metoda, kterou se přidá k substrátu specifická barvicí látka (barvivo) a slouží v biologii k prokázání výskytu (kvalifikaci) nebo množství (kvantifikaci) specifické látky ve zkoumané tkáni nebo v pletivu, nebo k obarvení celých struktur a objektu (5). Barviva se rozlišují podle vlastností nebo podle původu (5, 6). Podle původu dělíme barviva na přírodní a umělá. Mezi přírodní zařazujeme např. hematoxylin, karmín, orcein nebo šafrán, mezi umělá patří např. eosin, erytrosin, Janusova zeleň nebo sudanova čerň (5). Podle vlastností rozlišujeme barviva kyselá a zásaditá. Mezi barviva kyselá patří kyselina nebo její sůl (např. eosin, indigokarmín, kongo červeň, kyselý fuchsin, kyselina pikrová, modř anilínová) a mají schopnost obarvit např. plazmatické struktury a celulózní blány buněčné. Mezi barviva zásaditá patří báze nebo její sůl (např. karmín, metylénová modř, safranin, violeť gencianová, zásaditý fuchsin, zeleň metylová) a mají schopnost obarvit např. jádro, blány buněčné impregnované ligninem. Dále máme také tzv. barviva speciální – např. rozpustná v tuku (alkanin, Sudan III, Sudan IV), zdřevnatělé blány buněčné (síran anilínu), jaderné struktury (berlínská modř). Při barvení se objekt barví buď do žádoucího zbarvení, nebo naopak se přebarvuje a pak postupně odbarvuje, a následně se přebytečné barvivo vymývá. Často se barví postupně několika barvivy, mezi kterými nesmí docházet k chemickým reakcím. Pro zajištění lepší kvality obarvení je často nutná předpříprava mořidlem (soli kovů, tanin v 0,5 – 5% roztoku). Doba barvení se musí vyzkoušet, jelikož každý preparát vyžaduje individuální zacházení, což také zahrnuje délku barvení. Pro barvení je často nutná komplikovaná úprava rostlinného materiálu. Někdy může barvivo zbarvit různými odstíny různé složky pletiv (metylénová violeť barví červeně blánu buněčnou, modrofialově jádro, žlutě sliz). V některých případech dochází v buňkách k chemickým reakcím, což může mít za následek výsledné zbarvení např. ninhydrin - modrá po zahřátí, biuretová reakce (KOH a  $\text{CuSO}_4$ ) (6).

## **Příprava trvalých mikroskopických preparátů**

Příprava trvalých preparátů do mikroskopie zahrnuje následující kroky: odběr, fixaci, vypírání, zalévání, řezání, odparafinování, barvení a uzavírání. Nyní si řekneme něco blíže k jednotlivým krokům (7).

### **Odběr**

Odběr by měl probíhat rychle a šetrně, aby bylo zaručeno co nejmenší poškození buněk a aby byly buňky vystaveny co nejkratší dobu působení vnějších vlivů. Důležitá je také volba velikosti odebíraného vzorku, protože příliš velký kus se nemusí dostatečně profixovat (8). Proto volíme tkáňový bloček o maximální velikosti 1 cm<sup>3</sup> (7).

### **Fixace**

Jedná se o rychlé usmrcení buněk fixačním prostředkem, který zamezuje autolytickým procesům ve tkáni a tvorbě artefaktů. Fixační médium by mělo buňkami rychle pronikat, nemělo by měnit strukturu buněk a fixované buňky by měly zůstat barvitelné (8). Podstata tohoto kroku je v denaturaci proteinů (7).

### **Vypírání**

Pro vypírání volíme vodu nebo alkohol. Cílem této fáze je odstranění zbytků fixačního činidla a zastavení fixačního procesu (7).

### **Zalévání**

Cílem této fáze je zalití bločku do pevné, avšak zároveň krájitelné hmoty. Postup zalévání závisí na použitém médiu. Nejčastěji se používá parafín nebo celoidin (médium nerozpustné ve vodě) nebo želatina (médium rozpustné ve vodě).

Níže je uveden příklad postupu při zalévání do parafínu:

Odvodnění se provádí tzv. vzestupnou alkoholovou řadou. Jedná se o proces, kdy je bloček postupně ponořován do 50%, 80% a absolutního alkoholu. Dále prosycení tkáně benzenem (benzen se mísí s alkoholem a zároveň rozpouští parafin). Poté následuje prosycení tkáně parafinem a vlastní zalití do parafínu (7).

### **Řezání**

Řezání se většinou provádí na mikrotomech (8). Používají se sáňkové nebo rotační mikrotomy. V této fázi tedy dochází ke krájení zalitých tkáňových bločků (7). Krájení nám umožní přípravu řezů o známé tloušťce (několika mm) (8). Vzniklé řezy následně umístíme na podložní sklo, všechny další procesy jsou prováděny na řezu, který je pevně připevněný na podložním skle (7). Pro botaniku je však typické ruční řezání, kdy se objekt bez předchozí fixace a zalévání řeže buď přímo v ruce žiletkou, nebo se nejdříve upevní do kousku bezové duše, mrkve, bramboru, mrkve či řepy a žiletkou nebo ručním mikrotomem se pak řeže spolu s okolním zpevňujícím pletivem (8).

### **Odparafinování**

Jedná se o proces, který má opačný sled než je ve fázi zalévání (7).

### **Barvení**

Barvením řezů se zviditelní nebo zvýrazní buněčné nebo tkáňové struktury, které by byly jinak těžko odlišitelné od okolní tkáně (8). Většina barvicích postupů je empiricky vypracovaných. Blíže informace o barvivech jsou zmíněny výše v textu (7).



### **Uzavírání**

Jedná se o poslední krok, kdy je na preparát položeno krycí sklo, které je na preparát uchyceno uzavíracím médiem (7). Příklady nejčastěji používaných uzavíracích médií najdete uvedeny výše v textu.

### **Otestujte své znalosti:**

*Jak zní stručná charakteristika dočasných a trvalých preparátů?*

*Jaké kroky zahrnuje tvorba trvalých preparátů a jaké úkony tyto kroky zahrnují?*

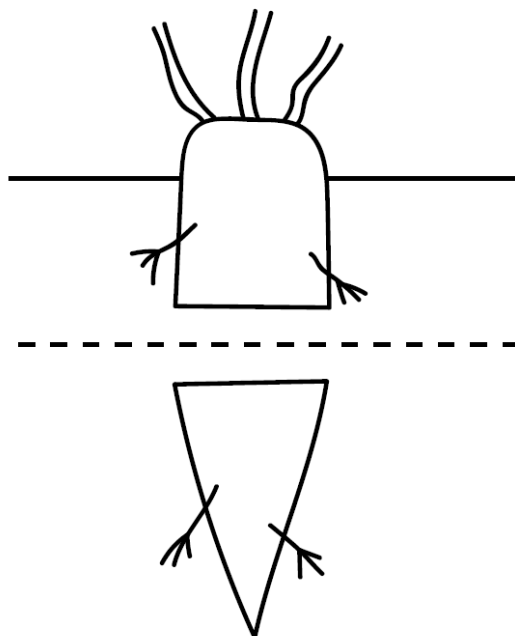
*Dle jakých hledisek klasifikujeme barviva? U každého dělení uveďte příklad.*

### Použité zdroje literatury:

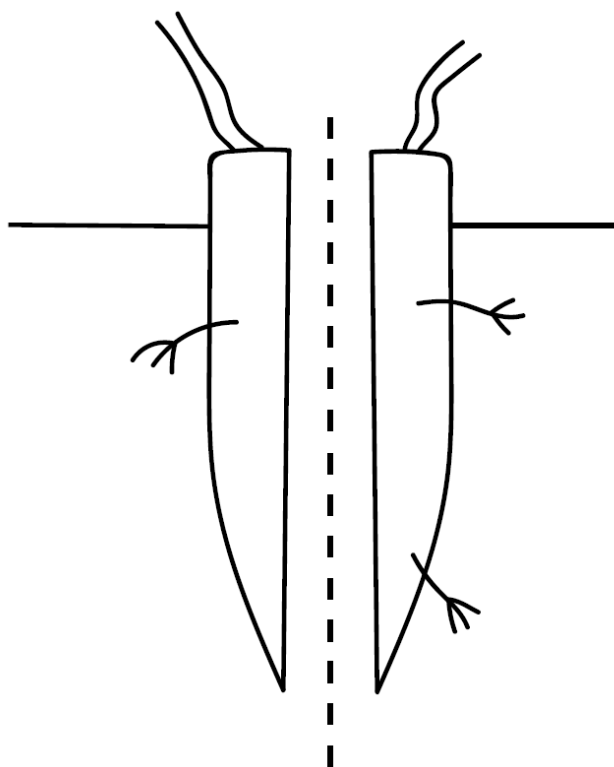
- (1) ANONYM Č. 1 [online, cit. 25.5.2018]. Dostupné z: [http://www.rustreg.upol.cz/\\_materials/bubcv/1\\_BUBCV\\_2011.pdf](http://www.rustreg.upol.cz/_materials/bubcv/1_BUBCV_2011.pdf)
- (2) ANONYM Č. 2 [online, cit. 25.5.2018]. Dostupné z: [http://www.rustreg.upol.cz/\\_materials/bubcv/1\\_BUBCV\\_2011.pdf](http://www.rustreg.upol.cz/_materials/bubcv/1_BUBCV_2011.pdf)
- (3) ANONYM Č. 3 [online, cit. 25.5.2018]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/tupwu/PastrnkovaPrilohy2.pdf>
- (4) ANONYM Č. 4 [online, cit. 25.5.2018]. Dostupné z: [http://botanika.unas.cz/dok/cvic\\_skripta.pdf](http://botanika.unas.cz/dok/cvic_skripta.pdf)
- (5) ANONYM Č. 5 [online, cit. 25.5.2018]. Dostupné z: [http://www.gjs.cz/vedy-o-zemi/Ruda/cviceni/Bi-1\\_rocnik/01-Zaklady-mikroskopovani.pdf](http://www.gjs.cz/vedy-o-zemi/Ruda/cviceni/Bi-1_rocnik/01-Zaklady-mikroskopovani.pdf)
- (6) ANONYM Č. 6 [online, cit. 4.6.2018]. Dostupné z: [www.pf.jcu.cz/stru/katedry/bi/bt-barveni\\_mikroskopickych\\_preparatu.pps](http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/bi/bt-barveni_mikroskopickych_preparatu.pps)
- (7) ANONYM Č. 7 [online, cit. 4.6.2018]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/podzim2009/Bi2080c/8994773/Priprava\\_trvalych\\_histologickych\\_preparatu.pdf](https://is.muni.cz/el/1431/podzim2009/Bi2080c/8994773/Priprava_trvalych_histologickych_preparatu.pdf)
- (8) ANONYM Č. 8 [online, cit. 28.8.2018]. Dostupné z: <http://regent.jcu.cz/blt-3.pdf>

## Vedení příčného a podélného řezu na kořeni stonku a vedení příčného řezu na listu

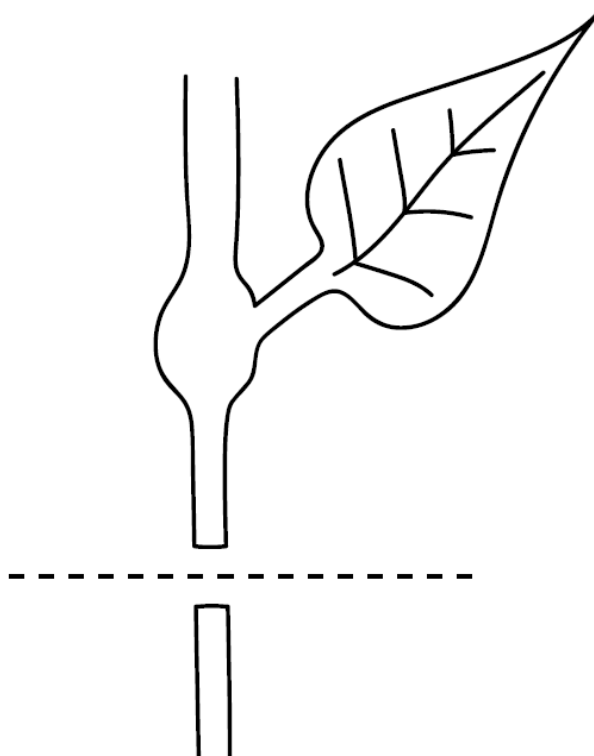
Příčný řez kořenem (Moravová, 2018)



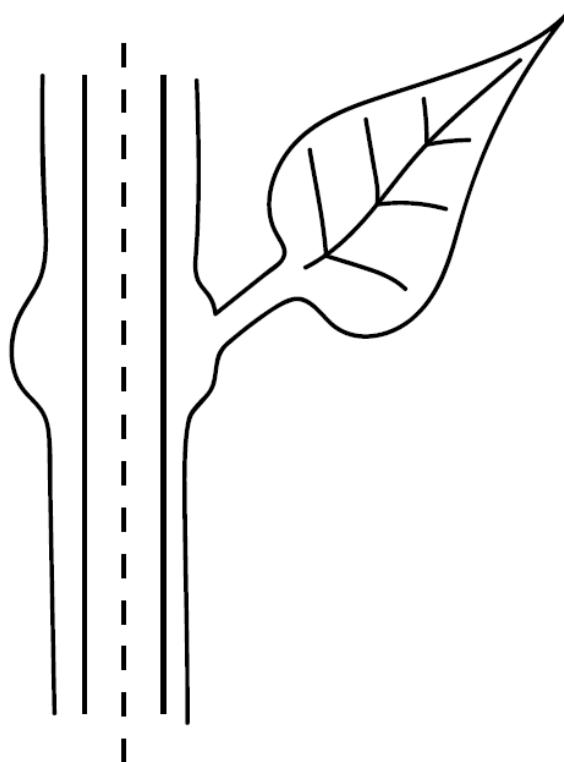
Podélný řez kořenem (Moravová, 2018)



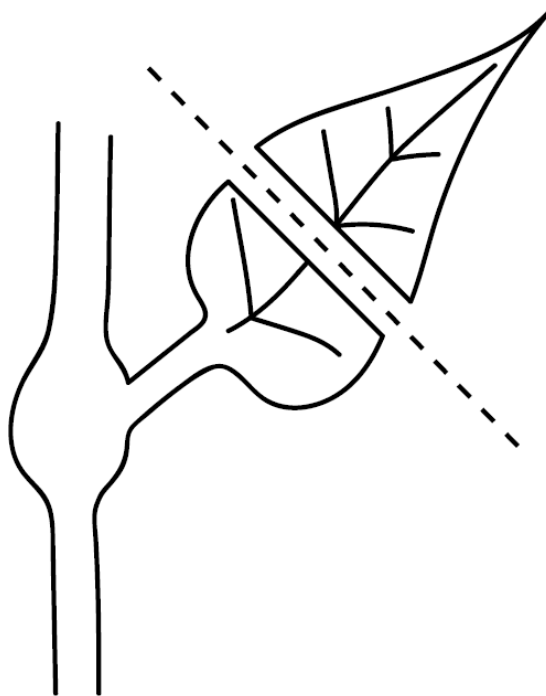
**Příčný řez stonkem (Moravová, 2018)**



**Podélný řez stonkem (Moravová, 2018)**

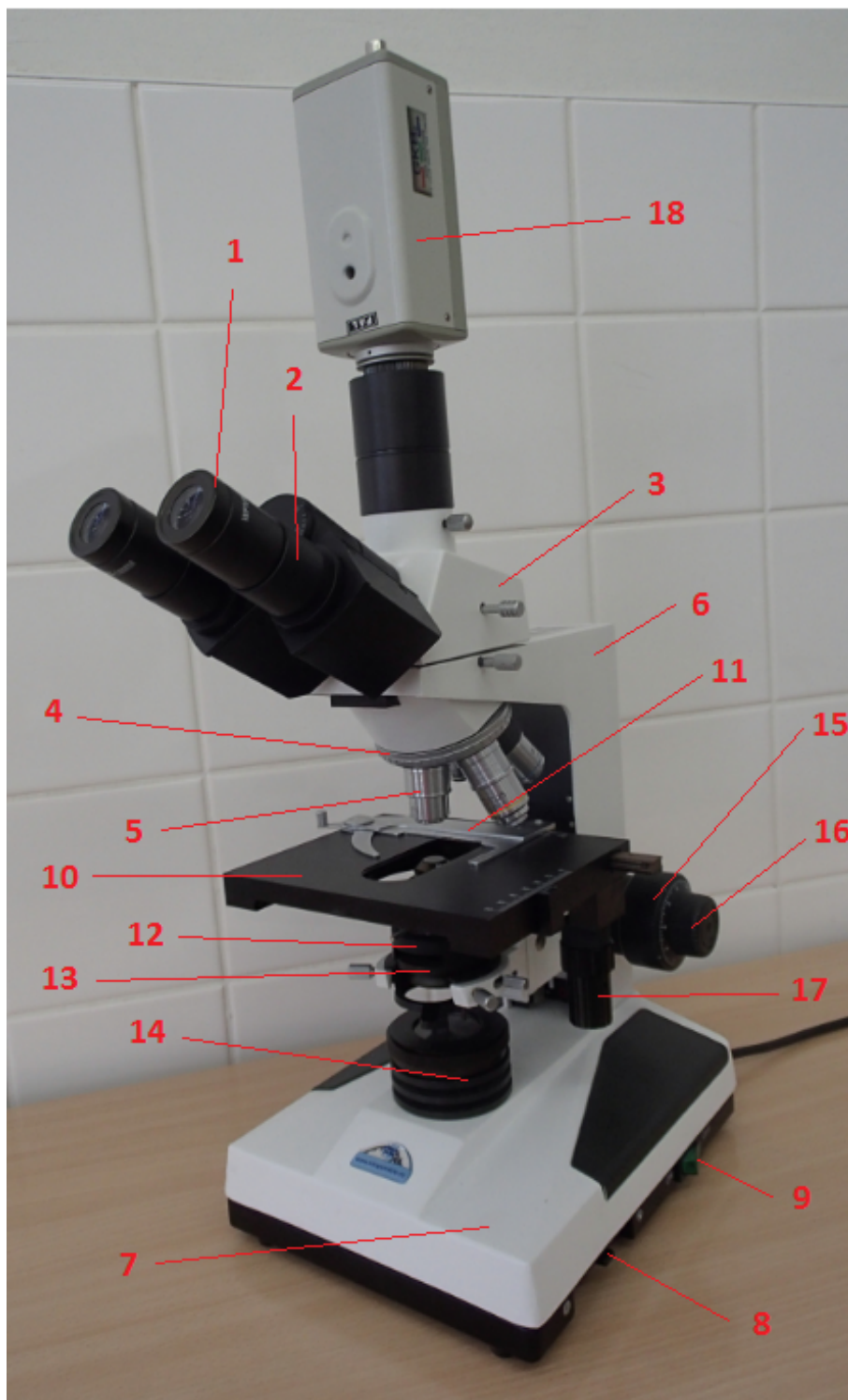


**Příčný řez listem (Moravová, 2018)**



## Práce s mikroskopem

Mikroskop a jeho jednotlivé části:



Vysvětlivky: **1** – okulár, **2** – okulárový tubus, **3** – hlavice mikroskopu, **4** – otočná hlavice s objektivy, **5** – objektiv, **6** – rameno mikroskopu, **7** – základna mikroskopu, **8** – ovladač regulace osvětlení, **9** – vypínač osvětlení, **10** – pracovní stůl, **11** – držák preparátu, **12** – kondenzor, **13** – irisová clona, **14** – kolektor osvětlení, **15** – šroub pro makrozaostřování, **16** – šroub pro mikrozaostřování, **17** – šroub pro posun preparátu na pracovním stole, **18** – kamera na přenos obrazu na televizor

## **Funkce jednotlivých částí mikroskopu:**

### **Okulár**

Okulár je základní optický prvek mikroskopu, do kterého se díváme očima při pozorování preparátu v mikroskopu (1). Okulár může mít různé hodnoty zvětšení nebo může být mikroskop vybaven motivem (např. ukazovací jehla, kříž, kříž se stupnicí, síťka) (2). Zvětšení okuláru společně se zvětšením objektivu nám udává výsledné zvětšení mikroskopu pro danou kombinaci okuláru a objektivu. Jako příklad uveďme pozorování preparátu pod okulárem, který má zvětšení 10× a objektivem, který má zvětšení 4×. Výsledné zvětšení v tomto případě je tedy 40× ( $10 \times 4 = 40$ ) (1).

### **Okulárový tubus**

Okulárový tubus je část mikroskopu, ve které je umístěn okulár (1). Okulárový tubus slouží k umístění okuláru do správné pozice (2).

### **Vhledová hlavice mikroskopu**

Vizuální hlavice mohou být trojího druhu. 1) monokulární – tedy s jedním okulárem, kdy preparát pozorujeme pouze za pomoci jednoho oka, 2) binokulární – tedy se dvěma okuláry, kdy je možné daný preparát sledovat oběma očima (více pohodlné pro pozorovatele než u verze monokulární), většina laboratorních mikroskopů je vybavena binokulární hlavici, 3) trinokulární – tedy hlavice se dvěma okuláry, v tomto případě je zde ještě třetí tubus, který slouží pro možnost připojení digitální kamery, případně fotoaparátu (1). Trinokulární mikroskop je možné vidět na přiložené fotografii s popisem mikroskopu.

### **Otočná (revolverová) hlavice s objektivy**

V útrokách hlavici jsou umístěny objektivy, nejčastěji tři až čtyři, u laboratorních mikroskopů může být i pět (1). Tato část mikroskopu slouží k jednoduché záměně objektivů (2).

### **Objektiv**

Objektiv mohou mít různé hodnoty zvětšení (2). Jedná se o základní optickou část mikroskopu, který směřuje přímo ke sledovanému preparátu. Zvětšení objektivu společně se zvětšením okuláru udává výsledné zvětšení mikroskopu pro danou kombinaci okuláru a objektivu. Nejvíce často se setkáme se zvětšením objektivu 4×, 10×, 40× a 100× (1).

### **Rameno mikroskopu**

Rameno mikroskopu slouží k uchopení a přenesení/přesunu mikroskopu (1).

### **Základna mikroskopu**

Základnu mikroskopu nazýváme spodní část stativu. V této části je umístěn osvětlovací systém (1).

### **Pracovní stolek**

Jedná se o pracovní plochu mikroskopu.

### **Držák preparátu**

Některé modely bývají vybaveny buď pérovým držákem na preparáty, jiné modely mají buď křížový vodič preparátu, nebo přímo křížový stůl, díky němuž je zajištěn pohodlný a přesný posun preparátu pod objektivem a pomůže zlepšit orientaci v pozorovaném preparátu (2). Křížový stůl je možné vidět na přiložené fotografii s popisem mikroskopu.

### **Kondenzor s irisovou clonou**

Kondenzor zajišťuje měnit kontrast obrazu (2). Jedná se o optický prvek, který umožňuje dodat dostatek světla pro osvětlení pozorovaného preparátu, respektive koncentruje světlo z osvětlovače do úzkého svazku paprsků, které dopadají na pozorovaný preparát (1).

### **Kolektor osvětlení**

Kolektor osvětlení soustřeďuje paprsky světla (2).

### **Ovladač regulace osvětlení**

Pomocí posuvného kolečka ovladače je možné zvětšit/zmenšit intenzitu dopadajícího světla.

### **Vypínač osvětlení**

Tato část slouží k zapnutí/vypnutí osvětlení mikroskopu.

### **Makroposuv (zaostřovací šroub)**

Tento šroub nám umožní hrubé zaostření pozorovaného preparátu (2), tedy takové zaostření, abyste jej zhruba viděli a poté pouze doostřili pomocí šroubu na jemné zaostření/šroubu na doostření (1).

### **Makroposuv (zaostřovací šroub)**

Tento šroub zajistí dokonalé zaostření pozorovaného preparátu, tedy umožní nám přesné a pohodlné doostření sledovaného preparátu po předešlém hrubém ostření (viz předchozí bod) (1).

### **Šroub pro posun preparátu na pracovním stole**

Šroub sloužící na posun sledovaného preparátu v zorném poli.

### **Popis základní techniky práce s mikroskopem:**

- 1) podložní sklo s preparátem zakryté krycím sklem připevníme na pracovní stůl mikroskopu
- 2) pozorovaný objekt nastavíme do středu nad čočku kondenzoru
- 3) pomocí otočné hlavičky s objektivy nastavíme nejmenší zvětšení
- 4) clonu kondenzoru nastavíme asi do 1/2 až do 1/3 otevření
- 5) pracovní stůl s pozorovaným preparátem posuneme pomocí šroubu pro makrozaostřování tak, aby byl objektiv těsně nad preparátem (správnost umístění zkontrolujeme pohledem z boku)
- 6) pomocí šroubu pro makrozaostřování zvětšujeme vzdálenost mezi objektivem a pozorovaným preparátem, okulárem pozorujeme preparát
- 7) pomocí revolverové hlavičky s objektivy můžeme zvolit větší zvětšení a sledovaný preparát doostřujeme pomocí šroubu na mikrozaostřování
- 8) upravit osvětlení můžeme pomocí manipulace s pomocí kondenzoru, nebo pomocí ovladače regulace osvětlení

### **Chyby při mikroskopování:**

viditelné skvrny → znečištěná optika

nedostatečné osvětlení → nesprávně nastavené zrcátko, příliš zatažená irisová clona

zorné pole nemá tvar kruhu → objektiv nezapadl do správné polohy

málo kontrastní obraz → příliš otevřená irisová clona

nelze zaostřit → na krycím skle je voda (3)



**Otestujte své znalosti:**

*Jaké části má mikroskop?*

*Jaké jsou zásadní body správné práce s mikroskopem? Jaké jsou nejčastější chyby při mikroskopování?*

*Jakými částmi mikroskopu se dá ovládat nebo regulovat osvětlení?*

**Použité zdroje literatury:**

- (1) ANONYM Č. 1 [online, cit. 23.5.2018]. Dostupné z: <https://www.mikroskopy-arsenal.cz/popis-mikroskopu/>
- (2) ANONYM Č. 2 [online, cit. 23.5.2018]. Dostupné z: <http://www.mikroskop-mikroskopy.cz/popis-mikroskopu/>
- (3) ANONYM Č. 3 [online, cit. 29.8.2018]. Dostupné z: [http://botanika.unas.cz/dok/cvic\\_skripta.pdf](http://botanika.unas.cz/dok/cvic_skripta.pdf)

## Práce s mikroskopem – fotografická příloha

Fotografie č. 1: Box s pomůckami pro vytvoření dočasného preparátu



Fotografie č. 2: Pomůcky pro vytvoření dočasného preparátu

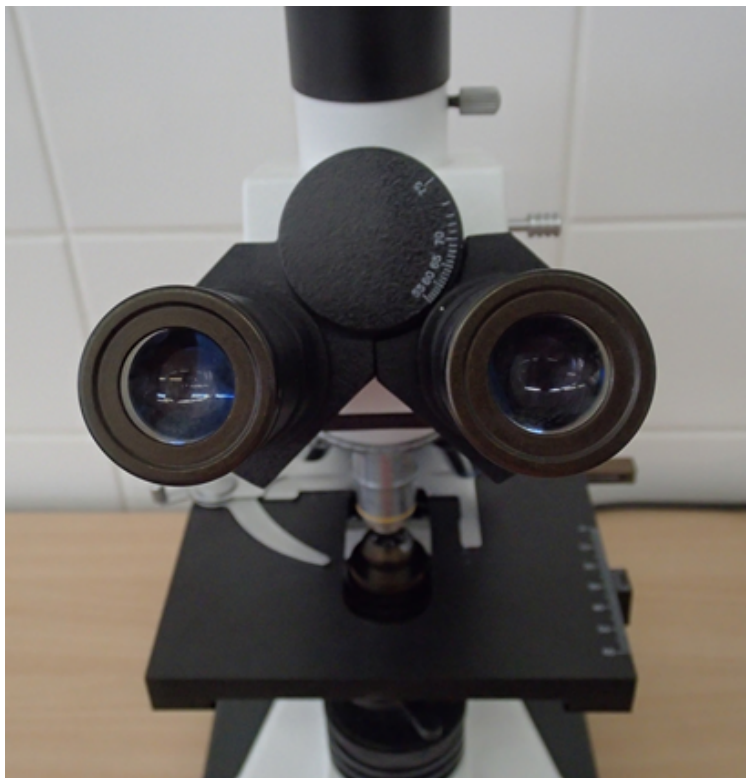


Vysvětlivky: zleva pinzeta, nůžky, skalpel, preparační jehly, žiletka

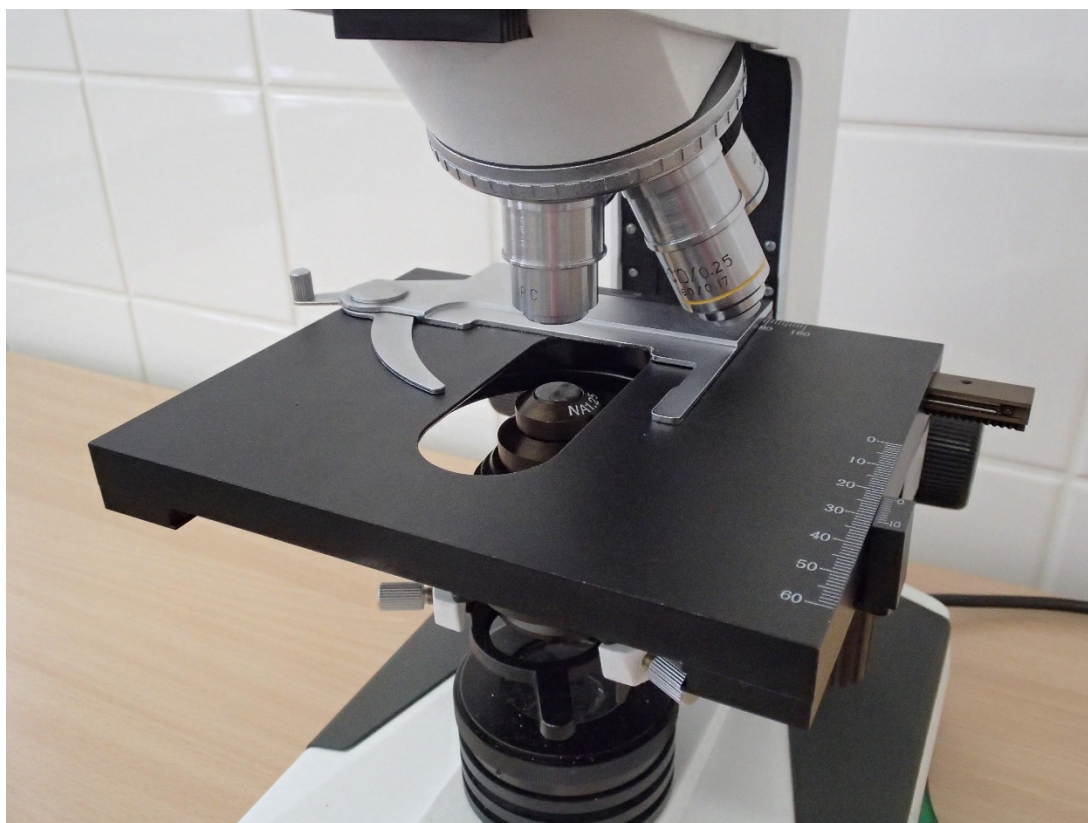
Fotografie č. 3: Mikroskop v naší laboratoři používaný na cvičení z mikroskopie rostlin



Fotografie č. 4: Detailní záběr na okuláry mikroskopu



Fotografie č. 5: Detailní záběr na otočnou hlavici s objektivy a pracovní stůl s držákem preparátu



Fotografie č. 6: Detailní záběr na šrouby pro mikro- a makro-zaostřování



# Mikroskopické cvičení z předmětu Botanika

## Seznam úkolů

### Úkol č. 1:

Pozorování buněčné stěny, jádra a jadérka v epidermálních buňkách suknice cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

### Úkol č. 2:

Pozorování styloidů (krystaly šťavelanu vápenatého) v buňkách suché suknice cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

### Úkol č. 3:

Pozorování chromoplastů a drúz (krystaly šťavelanu vápenatého) v plodu růže šípkové (*Rosa canina*)

### Úkol č. 4:

Pozorování škrobových zrn hlízy lilku bramboru (*Solanum tuberosum*)

### Úkol č. 5:

Pozorování škrobových zrn z endospermu obilek pšenice (*Triticum*), žita (*Secale*), nebo ovsu (*Avena*)

### Úkol č. 6:

Pozorování buněk pokožky, průduchů a trichomů na spodní straně listu muškátu (*Pelargonium*)

### Úkol č. 7:

Pozorování trvalého preparátu – příčný řez kořenem bobu obecného (*Vicia faba*)

### Úkol č. 8:

Pozorování trvalého preparátu – podélný řez špičkou kořene cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

### Úkol č. 9:

Pozorování a srovnání stavby stonku jednoděložné a vyšší dvouděložné rostliny na trvalých preparátech – příčný řez stonkem kukuřice seté (*Zea mays*) a vojtěšky seté (*Medicago sativa*)

### Úkol č. 10:

Pozorování trvalého preparátu – příčný řez dřevnatým stonkem lípy srdčité (*Tilia cordata*)

### Úkol č. 11:

Pozorování trvalého preparátu – příčný řez listem slunečnice seté (*Helianthus annuus*)

### Úkol č. 12:

Pozorování a srovnání pylových zrn na trvalých preparátech – pylová zrna hrachu setého (*Pisum sativum*) a jitrocele kopinatého (*Plantago lanceolata*)

# Mikroskopické cvičení z předmětu Botanika

## Seznam úkolů včetně pracovních postupů (1/3)

### Úkol č. 1:

#### Název:

Pozorování buněčné stěny, jádra a jadérka v epidermálních buňkách suknice cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

#### Postup:

1. pomocí žiletky a pinzety nebo preparační jehly stáhneme kousek vnitřní epidermis z povrchu dužnaté šupiny (suknice) cibule kuchyňské
2. preparát položíme na podložní sklo a zakápneme destilovanou vodou
3. pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do protokolu a popíšeme jednotlivé struktury

### Úkol č. 2:

#### Název:

Pozorování styloidů (krystaly šťavelanu vápenatého) v buňkách suché suknice cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

#### Postup:

1. pomocí nůžek ustříhneme kousek suché suknice z povrchu cibule kuchyňské
2. preparát položíme na podložní sklo a zakápneme destilovanou vodou
3. pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do protokolu a popíšeme jednotlivé struktury

### Úkol č. 3:

#### Název:

Pozorování chromoplastů a drůz (krystaly šťavelanu vápenatého) v plodu šípku růže šípkové (*Rosa canina*)

#### Postup:

1. zralý šípek/suchý předem namočený šípek rozřízneme nožem nebo žiletkou
2. špičkou preparační jehly odebereme kousek červené dužniny těsně pod pokožkou ze stěny souplodí
3. vzorek rozmělníme v kapce destilované vody na podložním sklíčku
4. je nutné nemít preparát příliš hustý, poté nebude dobře přehledný
5. pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do protokolu a popíšeme jednotlivé struktury



## Mikroskopické cvičení z předmětu Botanika

### Seznam úkolů včetně pracovních postupů (2/3)

#### Úkol č. 4:

##### Název:

Pozorování škrobových zrn hlízy lilku bramboru (*Solanum tuberosum*)

##### Postup:

1. skalpelem rozkrojíme hlízu lilku bramboru
2. pomocí skalpelu nabere trochu tekutiny z řezné plochy
3. tekutinu z hlízy lilku bramboru přeneseme na podložní sklo
4. zakápneme destilovanou vodou a promícháme
5. zhotovený preparát srovnáme s trvalým preparátem škrobových zrn bramboru
6. pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do protokolu a popíšeme jednotlivé struktury

#### Úkol č. 5:

##### Název:

Pozorování škrobových zrn z endospermu obilky pšenice (*Triticum*), žita (*Secale*), nebo ovesa (*Avena*)

##### Postup:

1. skalpelem nebo žiletkou rozkrojíme předem namočenou obilku
2. pomocí preparační jehly vyškrábneme část endospermu z rozpůlené obilky
3. jehlu omočíme v připravené kapce destilované vody na podložním sklu, promícháme
4. pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do protokolu a popíšeme jednotlivé struktury

#### Úkol č. 6:

##### Název:

Pozorování buněk pokožky, průduchů a trichomů na spodní straně listu muškátu (*Pelargonium*)

##### Postup:

1. pomocí žiletky, skalpelu nebo preparační jehly sloupneme kousek spodní epidermis z listu muškátu
2. seškrábnutý vzorek ponoříme do připravené kapky destilované vody na podložním sklu
3. pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do protokolu a popíšeme jednotlivé struktury

## Mikroskopické cvičení z předmětu Botanika

### Seznam úkolů včetně pracovních postupů (3/3)

#### Úkol č. 7:

**Název:**

Pozorování trvalého preparátu – příčný řez kořene bobu obecného (*Vicia faba*)

**Postup:**

- pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do sešitu a popíšeme

#### Úkol č. 8:

**Název:**

Pozorování trvalého preparátu – podélný řez špičkou kořene cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

**Postup:**

- pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do sešitu a popíšeme

#### Úkol č. 9:

**Název:**

Pozorování a srovnání stavby stonku jednoděložné a vyšší dvouděložné rostliny na trvalých preparátech – příčný řez stonkem kukuřice seté (*Zea mays*) a vojtěšky seté (*Medicago sativa*)

**Postup:**

- pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do sešitu a popíšeme

#### Úkol č. 10:

**Název:**

Pozorování trvalého preparátu – příčný řez dřevnatým stonkem lípy srdčité (*Tilia cordata*)

**Postup:**

- pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do sešitu a popíšeme

#### Úkol č. 11:

**Název:**

Pozorování trvalého preparátu – příčný řez listem slunečnice seté (*Helianthus annuus*)

**Postup:**

- pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do sešitu a popíšeme

#### Úkol č. 12:

**Název:**

Pozorování a srovnání pylových zrn na trvalých preparátech – pylová zrna hrachu setého (*Pisum sativum*) a jitrocele kopinatého (*Plantago lanceolata*)

**Postup:**

- pozorujeme pod mikroskopem, zakreslíme do sešitu a popíšeme

## Mikroskopické cvičení – protokol

Jméno a příjmení studenta/studentky:

Název fakulty a číslo studijní skupiny:

Datum:

---

### Úkol č. 1:

**Název:** Pozorování buněčné stěny, jádra a jadérka v epidermálních buňkách suknice cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

### Úkol č. 2:

Pozorování styloidů (krystaly šťavelanu vápenatého) v buňkách suché suknice cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 3:**

Pozorování chromoplastů a drúz (krystaly šťavelanu vápenatého) v plodu šípku růže šípkové (*Rosa canina*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 4:**

Pozorování škrobových zrn hlízy lilku bramboru (*Solanum tuberosum*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 5:**

Pozorování škrobových zrn z endospermu obilky pšenice (*Triticum*), žita (*Secale*) nebo ovsu (*Avena*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 6:**

Pozorování buněk pokožky, průduchů a trichomů na spodní straně listu muškátu (*Pelargonium*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 7:**

Pozorování trvalého preparátu – příčný řez kořene bobu obecného (*Vicia faba*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 8:**

Pozorování trvalého preparátu – podélný řez špičkou kořene cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 9:**

Pozorování a srovnání stavby stonku jednoděložné a vyšší dvouděložné rostliny na trvalých preparátech – příčný řez stonkem kukuřice seté (*Zea mays*) a vojtěšky seté (*Medicago sativa*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 10:**

Pozorování trvalého preparátu – příčný řez dřevnatým stonkem lípy srdčité (*Tilia cordata*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 11:**

Pozorování trvalého preparátu – příčný řez listem slunečnice seté (*Helianthus annuus*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**

**Úkol č. 12:**

Pozorování a srovnání pylových zrn na trvalých preparátech – pylová zrna hrachu setého (*Pisum sativum*) a jitrocele kopinatého (*Plantago lanceolata*)

**Nákres:**

**Zvětšení:**