

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra biologie



Bakalářská práce

Bajerová Kateřina

**Náměty na pozorování rostlinných buněčných inkluzí
do přírodovědného praktika**

Olomouc 2018

vedoucí práce: RNDr. Olga Vránová, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že předloženou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené, odborné literatury a za odborného vedení RNDr. Olgy Vránové, Ph.D.

V Olomouci 16.4.2018

.....

Kateřina Bajerová

Poděkování:

Děkuji především mé vedoucí bakalářské práce RNDr. Olze Vránové, Ph.D. za čas, který mi věnovala, odborné vedení práce a pomoc při zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Janě Štěpánkové, Ph.D. za poskytnutí techniky pro focení mikrofotografií, za pomoc při jejich zhotovování a za čas, který mi věnovala. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během studia.

Obsah

1 Úvod	5
2 Cíle práce	6
3 Buněčné inkluze	7
4 Organické inkluze	9
4.1 Bílkoviny	9
4.2 Sacharidy	9
4.3 Oleje a tuky	9
4.4 Třísloviny	9
4.5 Alkaloidy	10
4.6 Silice	10
4.7 Přírodní barviva	11
5 Pevné inkluze	12
5.1 Aleuronová zrna	12
5.2 Škrob	12
5.3 Fruktany	12
5.4 Krystalické inkluze	12
5.5 Tělíska oxidu křemičitého	14
6 Buněčné inkluze u vyšších taxonomických skupin	15
7 Metodika	18
8 Soubor námětů pro pozorování buněčných inkluzí	20
8.1 Námět na pozorování leukoplastů	20
8.2 Námět na pozorování škrobových zrn	25
8.3 Námět na pozorování krystalických inkluzí	30
8.4 Námět na pozorování kapének tuku	38
8.5 Námět na pozorování změny barvy antokyanů	43
9 Diskuze	46
10 Závěr	47
Seznam použité literatury	48

1 Úvod

Buněčné inkluze jsou velmi různorodou skupinou látek různého chemického složení. Nemají jednotné označení, různí autoři pro ně používají různé názvy např. neživé uzavřeniny v protoplastu, paraplazmatické součásti buňky, metaplasma. Za buněčné inkluze se považují látky, které jsou odpadními látkami metabolismu buněk anebo slouží jako zásobárna látek (Dickison 2000, Němec 1930, Černohorský 1967). Většinou se v buňce nachází ve formě vodních roztoků, některé mohou tvořit tuhá tělesa. Vyskytují se na různých místech v buňce, v cytoplazmě, ve vakuolách, v plastidech, v mitochondriích a v jádře (Novák, Skalický 2012). Nachází se jak v rostlinné, tak v živočišné buňce. Živočišná buňka nemá plastidy a vakuoly, proto v nich nemá inkluze. V živočišné buňce jsou místo vakuol lysozomy. V živočišných buňkách se spíše nachází kapalně inkluze, většinou nemají krystalické inkluze, protože živočišné buňky vylučují přebytečné ionty do vnějšího prostředí (Crha, Churý, Fraňo, 1966). Rostlinná i živočišná buňka obsahuje v cytoplazmě kapénky tuku. Pro rostlinnou buňku je zdrojem energie škrob, pro živočišnou buňku je to glykogen. V rostlinné buňce se kromě kapének tuku a škrobu nachází také alkaloidy, trísloviny, silice, pryskyřice, šťavelan vápenatý, síran vápenatý, uhličitán vápenatý, šťavelan hořečnatý, kysličník křemičitý, barviva (Černohorský, 1967). V živočišné buňce se kromě kapének tuku a glykogenu nachází sekreční granula, krystaly bílkovin a pigmenty. Tuky slouží k dlouhodobé rezervě energie, zatím co glykogen slouží jako krátkodobá rezerva energie (Crha, Churý, Fraňo, 1966). Vakuoly zásobních orgánů ukládají rezervní látky na dlouhou dobu, např. semena, oddenky, hlízy (Vinter, 2009). Krystaly šťavelanu vápenatého vznikají při neutralizaci kyseliny šťavelové na kationty vápníku, kyselina šťavelová je pro buňky toxická, ale sůl šťavel toxický není. Barviva slouží k zabarvení květů, plodů a semen při dozrávání, chlorofyl umožňuje fotosyntézu (Novák, Skalický 2012). Organické inkluze jsou důležité pro výživu člověka. Sacharidy jsou nejdůležitějším a rychlým zdrojem energie. Proteiny jsou základní stavební složkou orgánů a tkání. Lipidy jsou součástí buněčných membrán, jsou rezervním zdrojem energie (Crha, Churý, Fraňo, 1966).

2 Cíle práce

- Zhotovit návody pro pozorování vybraných buněčných inkluzí v praktiku z přírodopisu
- Vybrat rostlinný materiál pro pozorování buněčných inkluzí, který se běžně nevyskytuje v návodech na laboratorní cvičení
- Zhotovit dočasné preparáty buněčných inkluzí z vybraného rostlinného materiálu, zhotovit jejich mikrofotografie

3 Buněčné inkluze

Pro buněčné inkluze se používaly a používají různé pojmy, neživé uzavřeniny v protoplastu, buněčné inkluze, krystalické inkluze, paraplazmatické součásti buňky, metaplazma. Za buněčné inkluze se považují látky, které jsou odpadními látkami metabolismu buněk anebo slouží jako zásobárna látek (Dickison 2000, Němec 1930, Černohorský 1967). Vyskytují se v kapalně a pevné formě (Černohorský 1967, Němec 1930, Novák, Skalický 2012). Pevné inkluze jsou považovány za výhradně zásobní látky (Novák, Skalický 2012, Kavina 1950). Dickison (2000) uvádí, že se mohou dostat do buňky i fagocytózou z okolního prostředí. Tyto látky se většinou nachází v cytoplazmě, ve vakuolách a v plastidech (Novák, Skalický 2012, Evert, Eichhorn, Esau, 2006).

Třídění buněčných inkluzí

Inkluze můžeme dělit podle skupenství, chemické podstaty a podle původu. Podle skupenství rozlišujeme inkluze kapalně a pevné. Mezi kapalně inkluze řadíme glykosidy, alkaloidy, třísloviny, oleje a tuky, silice a pryskyřice, mezi pevné inkluze řadíme škrobová zrna, šťavelan vápenatý, síran vápenatý, uhličitán vápenatý, šťavelan hořečnatý, kysličník křemičitý, síru (Černohorský, 1967). Podle chemické podstaty můžeme inkluze rozdělit na bílkoviny, cukry jednoduché a složité (polysacharidy), tuky a oleje, třísloviny, alkaloidy, silice, barviva, krystaly šťavelanu vápenatého a tělíska oxidu křemičitého (Kavina, 1950). Podle původu rozlišujeme exogenní a endogenní inkluze. Exogenní inkluze zahrnují částice, které se do buňky dostávají z vnějšího prostředí. Endogenní inkluze se vytváří v buňce, jsou to především produkty metabolismu, tukové kapénky, sacharidy, bílkoviny a také pigmenty (Vajner, Konrádová, Uhlík, 1998).

Tak jako se nachází inkluze v rostlinné buňce, se nachází i v buňce živočišné. Živočišné buňky neobsahují žádné plastidy ani velké zásobní vakuoly. Jako inkluze v živočišné buňce označujeme tukové kapky, které se nachází v cytoplazmě, glykogen, zásobní látka, která může být odbourána pro rychlý přísun energie, pigmenty (Črha, Churý, Fraňo, 1966). Mezi endogenní pigmenty se řadí hemosiderin, vzniká z rozpadlých erytrocytů, hematoidin, vzniká z krevních výronů, bilirubin, vzniká rozpadem hemu v játrech, slezině a kostní dřeni, melanin, vyskytuje se v buňkách pokožky, lipofuscin, vyskytuje se v kůře nadledvin, nervových buňkách a buňkách myokardu (Junqueira, Kelley, Carneiro, 1997).

Na buněčné inkluze lze nahlížet jako na metaplastické součásti buněk, bílkovinné rezerváty, anorganické krystaly metaplastické, amorfni tělíska metaplastická, cytoplazmatické inkluze nebo jako na neživé uzavřeniny v buňce, krystalické inkluze se označují jako fytolity.

Němec (1930) zahrnuje buněčné inkluze pod souhrnný název metaplastické součásti buněk. Definuje pojmy elaioplasty a oleoplasty. Elaioplasty jsou emulze olejů, které jsou uloženy v bílkovinné hmotě. Oleoplasty jsou plastidy, které si vytvářejí olej sami. Dále metaplastické součásti buněk zahrnují škrob, glykogen, bílkovinná tělíska, aleuronová zrna, síru, uhličitan vápenatý, celulózu, kyselinu křemičitou a šťavelan vápenatý.

Kavina (1950) dělí buněčné inkluze na bílkovinné rezerváty, anorganické krystaly metaplastické a amorfni tělíska metaplastická. Bílkovinné rezerváty jsou bílkovinné útvary, které mají rezervní funkci, zahrnují aleurony, krystaloidy, plastoidy. Krystaloidy se nachází v jádře, v aleuronech, nebo volně v cytoplazmě. Plastoidy jsou bílkovinné útvary, které mohou mít tyčinkovitý či vřetenovitý tvar. Anorganické krystaly metaplastické zahrnují šťavelan vápenatý, uhličitan vápenatý, síran vápenatý. Amorfni tělíska metaplastická zahrnují kysličník křemičitý, síru, oleje a tuky.

Černohorský (1967) nahlíží na buněčné inkluze jako na neživé uzavřeniny, které dále rozděluje na kapalné uzavřeniny v cytoplazmě, pevné uzavřeniny v cytoplazmě a uzavřeniny v plastidech. Kapalné uzavřeniny v cytoplazmě zahrnují glykosidy, alkaloidy, třísloviny, oleje a tuky, silice a pryskyřice. Pevné uzavřeniny v cytoplazmě zahrnují aleuronová zrna, šťavelan vápenatý, síran vápenatý, uhličitan vápenatý, šťavelan hořečnatý, kysličník křemičitý, síru. Uzavřeniny v plastidech zahrnují škrobová zrna.

4 Organické inkluze

4.1 Bílkoviny

Proteinové inkluze se v rostlinné buňce nachází v jádrech, plastidech, cytoplazmě, vakuolách, většinou se nachází v zásobních pletivech (Penka, 1978). V jádře se proteinové inkluze nachází např. u jasanu ztepilého, olivovníku evropského, šeríku obecného, krtičníku hlíznatého, divizny velkokvěté, lilie zlatohlavé, křivatce žlutého. V plastidech se proteinové inkluze nachází např. u vstavače nachového a prstnatce bezového. V cytoplazmě se proteinové inkluze nachází např. u bramborových hlíz, u hnědých řas, u kozlíku lékařského. Proteinové inkluze se nejčastěji nachází ve vakuolách, např. banánovníku a v semenech různých rostlin (Nováček, 1976-77).

4.2 Sacharidy

Sacharidy slouží jako zdroj energie (Penka, 1978). Jednoduché sacharidy jsou tělíska, která jsou uzavřena v cytoplazmě. Ve vodě ani v alkoholu se nerozpouštějí (Kavina, 1950). Jedná se hlavně o hroznový, třtinový a sladový cukr. Velký obsah sacharidů se nachází v bulvách cukrovky a ve dřeni cukrové třtiny (Černohorský, 1967). Významným polysacharidem živočichů, bakterií, sinic a hub je glykogen, u rostlin má tuto funkci škrob (Němec, 1930).

4.3 Oleje a tuky

Oleje a tuky se v buňce vyskytují v podobě jednotlivých kapének rozptýlených v cytoplazmě nebo jako složitější tělíska (oleosomy) (Skalický, Novák, 2007). Oleje jsou víceméně kulovité struktury, které dodávají zrnitý vzhled cytoplazmě rostlinné buňky. Pod mikroskopem mají tuková tělíska amorfni vzhled. Olejová tělíska jsou rozšířená po celém rostlinném těle, ale nejvíce jsou obsažena v plodech a semenech (Evert, Eichhorn, Esau, 2006). Slouží k ukládání rezervních tuků v buňce. Semena slunečnice, lnu, podzemnice olejné, sezamu obsahují ve svém objemu až polovinu tuků (Skalický, Novák, 2007).

4.4 Třísloviny

Třísloviny jsou deriváty kyseliny ellagové a gallové. Slouží rostlinám k ochraně proti býložravcům a mikrobiálním nákazám (Novák, Skalický, 2012). Mají trpkou, svíravou chuť. Kyselina tříslová (tanin) se nachází v kůře a ovoci různých rostlin. Velké množství tříslovin (70%) obsahují duběnkové hálky (Čopíková, Wimmer, Lapčík, Chalíková, Opletal, Moravcová, Drašar, 2014).

Taniny jsou různorodé látky, které mají svíravou chuť a mohou způsobovat opálení kůže. Můžeme je vidět při rozřezání materiálu jako různě velká zrnka (Evert, Eichhorn, Esau, 2006). Taniny jsou hojné v listech mnoha rostlin, v pletivech cévních svazků, plodech, semenech některých druhů rostlin a v patologických výrůstcích jako jsou např. hálky (Čopíková, Wimmer, Lapčík, Chalíková, Opletal, Moravcová, Drašar, 2014). Většinou se nachází ve vakuolách. Pro opalování se využívají taniny, které se nachází např. u škumy jedovaté, buku lesního, trnovníku akátu (Evert, Eichhorn, Esau, 2006). Primární funkce taninů je zřejmě ochranná, trpkost slouží jako odpuzující látka proti parazitickým organismům (Novák, Skalický, 2012). Rostliny vylučující do svého okolí toxické látky mohou zabránit v růstu jiným rostlinám, tento jev se nazývá alelopatie (Šarapatka, 2010). Taniny mohou být škodlivé pro některé druhy hmyzu, a to v případě, že listy rostliny obsahující taniny spadnou do vody a začnou se rozkládat. Větší množství tříslovin se může začít vytvářet při stresu rostliny. Taniny lze pozorovat ve vakuolách, ale také v cytosolu (Evert, Eichhorn, Esau, 2006).

4.5 Alkaloidy

Alkaloidy jsou dusíkaté látky zásaditého charakteru. Mnoho z nich patří mezi vysoce toxické látky. Mají hořkou chuť a často omamné účinky. V menším množství vyvolávají pocit úlevy, při častém požívání některých alkaloidů se na nich člověk stává závislým. Z dvouděložných rostlin jsou bohaté na alkaloidy zejména čeledi lilkovité (*Solanaceae*) (atropin, nikotin) a mákovité (*Papaveraceae*) (morfin, kodein, papaverin) (Novák, Skalický, 2012). Množství alkaloidů, nacházejících se v rostlině, se mění v závislosti na vývojovém stádiu rostliny. U výtrusných rostlin jsou alkaloidy vzácné, vyskytují se u některých hub, přesliček a plavuní. Alkaloidy jsou také vzácné u nahosemenných rostlin, najdeme je např. u tisu (*Taxus*) nebo chvojníku (*Ephedra*). U jednoděložných rostlin nejsou příliš časté (Kavina, 1950).

4.6 Silice

Silice vznikají při metabolismu buňky. Tvoří se téměř ve všech částech rostlinného těla. Většinou slouží k ochraně rostliny před okusem živočichů, nebo mohou sloužit k nalákání opylovačů (Novák, Skalický, 2012). Vysoký obsah silic se uvádí u následujících čeledí *Pinaceae* (borovicovité), *Lamiaceae* (hluchavkovité), *Zingiberaceae* (zázvorníkovité), *Piperaceae* (pepřovníkovité), *Lauraceae* (vavřínovité), *Rutaceae* (routovité), *Myrtaceae* (myrtovité), *Asteraceae* (hvězdnicovité), *Apiaceae* (miříkovité) (Novák, Skalický 2012).

4.7 Přírodní barviva

Přírodní barviva můžeme rozdělit na barviva xanthonová, flavony, antokyany a složitější pyranová barviva. Xanthony se nachází mezi antrachinonovými barvivými a pyranovými barvivými. Jejich zástupcem je gantisin, který se nachází např. v kořenu hořce (*Gentiana*) (Pacák, 1983-84). Flavony zahrnují různé žluté pigmenty. Nachází se např. u prvosenky, divizny a lnice (Novák, Skalický, 2012). Mezi složitější pyranová barviva se řadí brazilin, barvivo ze brazilských stromů *Caesalpinia crista* a *Caesalpinia brasiliensis* (Pacák, 1983-84).

Antokyany jsou hydrochromy, barviva rozpustná ve vodě, ale nerozpustná v tucích. Zbarvují četné květy, plody, listy a bulvy (Novák, Skalický, 2012). Jejich barva je závislá na hodnotě pH buněčné šťávy. Při kyselé reakci ($\text{pH} < 7$) jsou červené, při neutrální reakci ($\text{pH} = 7$) jsou fialové, při zásadité reakci ($\text{pH} > 7$) jsou modré (Balík, 2010). Antokyany zbarvují např. květy pelargonii, růží, macešek, petúnií, pivoňek, plody brusinek, třešní, červených hroznů (Pacák, 1983-84).

Tabulka 1: Přírodní antokyany (Převzato: Drábek, Jalůvková, Frébort, 2007)

Antokyan	Zdroj
Kyanidin	růže (<i>Rosa</i>), plody třešně (<i>Cerasus avium</i>), brusinky (<i>Rhodococcum vitis-idaea</i>), chrpa modrák (<i>Cyanus sequetum</i>), zelí červené (<i>Brassica oleracea</i>)
Pelargonidin	pelargonie (<i>Pelargonium</i>)
Peonidin	pivoňka (<i>Paeonia officinalis</i>)
Malvidin	prvosenka (<i>Primula</i>), sléz lesní (<i>Malva sylvestris</i>)
Kvercetin	jabloň (<i>Malus domestica</i>), švestka (<i>Prunus domestica</i>), broskvoň (<i>Prunus persica</i>), meruňka (<i>Prunus armeniaca</i>), třešeň ptačí (<i>Cerasus avium</i>)
Myrtilin, glukosid delfinidium	violka (<i>Viola tricolor</i>)
Sambubiosid	bez černý (<i>Sambucus nigra</i>)

5 Pevné inkluze

5.1 Aleuronová zrna

Aleuronová zrnka jsou tvořena rezervními bílkovinami. Vytváří se v semenech a u rostlin z čeledi lipnicovité (*Poaceae*) vytváří v obilkách aleuronovou vrstvu (Novák, Skalický, 2012). Vznikají ve vakuolách a nachází pod osemením (Černohorský, 1967). Aleuronová zrna jsou většinou drobná tělíška, mohou být uložena v jedné vrstvě, nebo i ve více vrstvách. Aleuronová zrnka neobsahují žádná barviva (Kavina, 1950).

5.2 Škrob

Škrob je nejrozšířenější zásobní látkou. Vytváří v chloroplastech (asimilační škrob) a amyloplastech (zásobní škrob). Mezi rostliny s vysokým obsahem škrobu se řadí např. lilek brambor, batatovník jedlý, banánovník, maniok. K ukládání škrobu slouží bezbarvé plastidy, amyloplasty (Vinter, 2009). Škrob lze barvit pomocí jodu na modrofialovou barvu. Škrobová zrna různých druhů rostlin se liší tvarem, velikostí. (Sax, 1856) Tvar rezervního škrobu je charakteristický pro jednotlivé druhy rostlin. Na zrcích lze pozorovat vrstvení, kolem centra se ukládají jednotlivé vrstvy, podle počtu center rozlišujeme jednoduchá a složená škrobová zrna (Kavina, 1950). Jednoduchá škrobová zrna lze pozorovat např. u lilku bramboru (*Solanum tuberosum*), pšenice (*Triticum*), ječmene (*Hordeum*), hrachu (*Pisum*), fazolu (*Phaseolus*), banánovníku (*Musa sp.*), batátů (*Ipomoea batatas*). Složená škrobová zrna lze pozorovat u ovsa (*Avena*), kukuřice (*Zea*), rýže (*Oryza*) (Novák, Skalický, 2012). Při fotosyntéze vzniká asimilační škrob, který je přenesen a spotřebován na míst spotřeby, nebo je uložen v zásobních orgánech do doby, než ho bude rostlina potřebovat. Škrob se ukládá v bezbarvých plastidech, leukoplastech. Dále se v rostlinách vyskytuje škrob přechodný (transitorní) (Černohorský, 1967).

5.3 Fruktany

Fruktany jsou důležité zásobní polysacharidy, v případě potřeby jsou buňkou rychle využity. Vyskytují se např. u jílku vytrvalého, bérů zeleného, ovsíku vyvýšeného, lipnice luční, heřmánku pravého, pampelišky lékařské, sedmikrásky chudobky, slunečnice roční, lilie zlatohlavé, křivatce žlutého (Luštinec, Žárský, 2005).

5.4 Krystalické inkluze

Krystalické inkluze se nepodílí na metabolismu buňky. Většinou jsou to krystalické zásobní látky. Nachází se ve vakuolách, cytoplazmě a plastidech (Skalický, Novák, 2007).

Šťavelan vápenatý

Krystaly šťavelanu vápenatého jsou častou inkluzí u rostlinných buněk. Krystaly vznikají při neutralizaci kyseliny šťavelové na kationty vápníku (Novák, Skalický, 2012). Při nedostatku vápníku v buňce se mohou krystaly rozpouštět. Nejvíce se vyskytují u jednoděložných a dvouděložných rostlin, u mechorostů se nevyskytují. Vytváří nejružnější tvary, krystalický písek, styloidy, rafidy, drúzy, sféridy (Kavina, 1950).

Krystalický písek se skládá ze zrnité hmoty, která vzniká nahromaděním jemných částic mikrokystalů, jsou rozptýleny v buňce a mají písečný vzhled (Němec, 1930). Krystalický písek se nachází u dřínu obecného, svídy krvavé, lebedy lesklé, merlíku bílého, kaliny obecné, zimolezu japonského aj (Dickison, 2000).

Styloidy jsou, dlouhé, samostatně se vyskytující krystaly, které jsou několikrát delší než širší, se zašpičatělými konci (Evert, Eichhorn, Esau, 2006). Styloidy se nachází např. u lilie zlatohlavé, tulipánu zahradního křivatce rolního a u kosatce. Ve dřevě některých stromů můžeme pozorovat několikanásobně větší styloidy než u ostatních rostlin (Dickison, 2000). Styloidy se většinou nachází v odumřelých buňkách (Kavina, 1950).

Rafidy jsou dlouhé, tenké jehlice se špičatými konci, které jsou nahloučené do svazků. Jednotlivé krystaly jsou obklopeny membránou a celý svazek je obvykle pokryt vrstvou slizu (Němec, 1930). Buňky, ve kterých se nachází rafidy obsahují někdy více slizu než cytoplazmy (Kavina, 1950). Rafidy se nachází v buňkách, které se výrazně liší od okolních buněk. Lze je dobře pozorovat u jednoděložných i dvouděložných rostlin (Dickison, 2000). Tyto krystaly obsahuje např. druh arizéma (*Arisaema*), kterou chrání před okusem živočichů (Sekerka, 2017).

Drúzy jsou složené z mnoha krystalů jejichž konce vyčnívají a vytváří tak hvězdovitý vzhled (Evert, Eichhorn, Esau, 2006). Drúzy můžeme pozorovat u vikve plotní, slivoně obecné, hrachoru vonného, ořešáku královského, pohanky obecné, šťovíku kyselého, lípy srdčité aj (Dickison, 2000).

Výjimečně se vyskytují krystaly síranu vápenatého, uhličitanu vápenatého v odumřelých buňkách dřevin (Kavina, 1950). Cystolity jsou hroznovité útvary, jsou tvořeny šťavelanem vápenatým, nebo uhličitanem vápenatým, které pronikají do buněčných stěn. Cystolity se dobře pozorují u čeledi paznehtníkovité (*Acanthaceae*) a kopřivovité (*Urticaceae*) (Skalický, Novák, 2007).

5.5 Tělíska oxidu křemičitého

Kyselina křemičitá zpevňuje buněčné stěny rostlin silikátovými tělisky (Vinter, 2008). Nejvíce charakteristická tělíska oxidu křemičitého se nachází u trav (*Poaceae*). Vysoký obsah oxidu křemičitého se nachází u bambusu *Sasa veitchii* (bambusovníkové). Oxid křemičitý se také ukládá v kořenech trav (Evert, Eichhorn, Esau, 2006). Hromadění křemíku v rostlinách přispívá k pevnosti stonků a zajišťuje odolnost vůči patogenním houbám, hmyzu a okusování býložravců. Oxid křemičitý vytváří tělíska (Dickison, 2000). Tělíska oxidu křemičitého se také nachází v ovocné slupce, kde působí jako mechanická ochrana pro ovoce (Evert, Eichhorn, Esau, 2006).

6 Buněčné inkluze u vyšších taxonomických skupin

Buněčné inkluze se většinou vyskytují v cytoplazmě. U všech vyšších taxonomických skupin je nejčastější zásobní látkou škrob. Téměř u všech taxonomických skupin se nachází kapénky tuku. Krystaly šťavelanu vápenatého úplně chybí u ruduch, hnědých řas a mechorostů, zřídka se vyskytují u zelených řas a některých složitějších hub, nejrozšířenější jsou krystaly šťavelanu vápenatého u krytosemenných rostlin. Nejvíce různých buněčných inkluzí obsahují krytosemenné rostliny.

U sinic se setkáváme s těmito zásobními látkami, polysacharid, který je podobný glykogenu, tukové kapénky, cyanofycinová zrnka a polyfosfáty, které jsou uloženy v cytoplazmě (Urban, Kalina, 1977). Přítomnost glycidů u sinic je sporná, byla však dokázána přítomnost volutin, což jsou polyfosfátová zrnka. Pro volutin se také používá název metachromatická granula (Fott, 1956). Polyfosfátová zrnka se dobře barví roztokem metylenové modři do červené barvy. Polysacharid podobný glykogenu lze obarvit jodem dohněda (Urban, Kalina, 1977). Cyanofycinová zrnka, která obsahují bílkoviny, mají význam jako dusíkatá zásobní látka. Většinou je u sinic hlavní zásobní látkou sinicový škrob. Sinicový škrob je svými vlastnostmi shodný s glykogenem některých bakterií, hub a živočichů (Kalina, Váňa, 2005).

Zásobní látkou u ruduch je florideový škrob, polysacharid velmi podobný glykogenu (Němec, 1930). Škrob se nachází volně v cytoplazmě, nebo v těsné blízkosti chromatoforů. Florideový škrob se s použitím jodjodkalie barví žlutohnědě, později se barva mění v červenou až červenofialovou. U ruduch se škrob nikdy nebarví tmavomodře jako u vyšších rostlin (Fott, 1956). U ruduch zcela chybí krystaly šťavelanu vápenatého (Němec, 1930).

Obrněnky obsahují jako zásobní látku škrob, u některých druhů se nachází i kapénky tuku. Zásobní látky jsou uloženy v cytoplazmě (Urban, Kalina, 1977). Obrněnky mohou ve svých buňkách hromadit volutin, ortofosfáty, když je jich v jejich okolí nadbytek (Kalina, Váňa, 2005).

U skrytěnek je zásobní látkou škrob, jehož zrnka jsou uložena v plazmě. Škrob se shromažďuje na povrchu pyrenoidu, kde vytváří škrobový obal (Urban, Kalina, 1977). V plazmě se také nachází olejové krůpěje (Kalina Váňa, 2005).

Zásobními látkami u hnědých řas jsou chrysolaminaran, olejové krůpěje, volutin (polyfosfátová zrnka), u některých laminaran nebo mannitol. Elaioplasty obsahují velký počet

lipidových částic (Novák, Skalický, 2012). Oleoplasty jsou ze začátku malé, během vývoje se zvětšují a splývají spolu, nahromadí se na okraji plastidu, potom v podobě velké krůpěje vystupují z plastidu do cytoplazmy (Němec, 1930). Hnědé řasy nikdy nevytváří škrob, ale jiné sacharidy, které se nachází v buňkách v roztocích (Fott, 1956). Krystaly šťavelanu vápenatého u hnědých řas zcela chybí (Němec, 1930).

Zelené řasy vytváří jako zásobní látky především škrob. Jako doplňkové zásobní látky obsahují monosacharidy a disacharidy a jejich deriváty, volutin (polyfosfátová zrna). Některé zelené řasy obsahují mannan a xylan. Krystaly šťavelanu vápenatého se vyskytují zřídka (Němec, 1930). Škrobová zrna jsou uložena v chloroplastech nebo na povrchu pyrenoidu. U některých zelených se nachází také olej (Urban, Kalina, 1977).

Zásobní látkou hub je glykogen, volutin a tuk. U některých se vyskytuje i škrob (Kalina, Váňa, 2005). Výtrus obsahuje mimo jiné i zásobní látky, polysacharid glykogen aj. (Urban, Kalina, 1977). U některých složitějších hub se nachází krystaly šťavelanu vápenatého (Němec, 1930).

Asimilačním produktem mechorostů je škrob (Kalina, Váňa, 2005). Játrovky mají v buňkách bílkovinná tělesa proniknutá olejovými krůpějemi (Němec, 1930). Krystaly šťavelanu vápenatého se u mechorostů nevyskytují (Novák, Skalický, 2012).

Kaprad'orosty obsahují škrob jako zásobní látku (Kremer, Muhle, 1998). Některé kaprad'orosty obsahují elaioplasty, které obsahují lipidové částice. U některých druhů kyselina křemičitá vytváří v buňkách kolem cévních svazků křemičité zrno. Tyto buňky tvoří zvláštní pochvu, která je podobná vrstvám buněk obsahujících šťavelan vápenatý (Němec, 1930).

Nahosemenné rostliny obsahují jako zásobní látku škrob. Uhlíčitan vápenatý se vyskytuje např. v buňkách starých letokruhů dřevin. Některé nahosemenné rostliny obsahují pryskyřice nebo šťavelan vápenatý. Alkaloidy můžeme najít např. u tisu (*Taxus*) a chvojníku (*Ephedra*) (Novák, Skalický, 2012). Buňky nahosemenných rostlin dále obsahují elaioplasty, které obsahují olejové krůpěje, a kyselinu křemičitou, která v buňkách kolem cévních svazků vytváří křemičité zrno (Němec, 1930).

V buňkách krytosemenných rostlin nacházíme různé buněčné inkluze, škrob, který je základní zásobní látkou, dále monosacharidy, disacharidy, polysacharidy, rezervní bílkoviny, barviva, trísloviny, elaioplasty, šťavelan vápenatý, kyselina křemičitá aj. Elaioplasty obsahují

velký počet lipidových částic (Novák, Skalický, 2012). Krystaly šťavelanu vápenatého jsou u krytosemenných rostlin nejrozšířenější. Kyselina křemičitá vyplňuje často celý lumen buněk (Němec, 1930).

7 Metodika

Při psaní teoretické části jsem použila českou i zahraniční literaturu, která se zabývá rostlinnou morfologií, anatomií, cytologií, organologií, fyziologií rostlin a literaturu zaměřenou na laboratorní cvičení. V praktické části práce jsem se zaměřila na vytvoření návodů k pozorování buněčných inkluzí do přírodovědného praktika. Vytvořené náměty jsou návodem na praktické cvičení, obsahují metodický list pro učitele a návod na pozorování.

V metodických listech pro učitele jsou konkrétně popsána jednotlivá praktická cvičení. Jejich součástí je cílová skupina, pro kterou je praktické cvičení navrženo, časová dotace, souvislost s očekávanými výstupy RVP, mezipředmětové vztahy, výukové cíle a očekávané výstupy laboratorního cvičení. Dále obsahují motivaci, teoretický úvod a popis praktického cvičení. Při tvorbě metodických listů jsem vycházela z metodiky pro laboratorní cvičení (Fančovičová, Prokop, 2010, Maslowski, 1990, Dobroruková, Macháčková, Hašler a kol., 2015).

U každého metodického listu se nachází návod na pozorování. Inspirací pro jeho tvorbu byly návody na laboratorní cvičení uvedené v učebnicích pro 6. a 7. ročník základních škol. Návody obsahují název tématu, pomůcky, provedení, mikrofotografii pozorovaného preparátu a závěr.

Prostudovala jsem příručky pro učitele a učebnice přírodopisu a biologie, které nabízejí náměty na mikroskopická pozorování buněčných inkluzí. Dále jsem se inspirovala, hledala v odborné literatuře (anatomie, cytologie rostlin) údaje o přítomnosti buněčných inkluzí u konkrétních rostlinných druhů a jejich částí. Soubor vhodného rostlinného materiálu jsem vybrala na základě zhotovení a pozorování preparátů z částí vybraných druhů rostlin. Materiál jsem odebírala z pokojových rostlin, rostlin rostoucích volně v přírodě i pěstovaných na zahradě. Seznam použitých rostlin a jejich částí zobrazuje tabulka 2.

Autorka zhotovila dočasné preparáty z různých částí rostlin. Většinou byly preparáty nebarvené, jen pro zvýraznění škrobových zrn byla použita jodová tinktura. Pro zhotovení mikrofotografií preparátů byl použit mikroskop Olympus BX51 a fotoaparát Olympus Camedia C-4040 Zoom. Byly zhotoveny přechodné preparáty. Mikrofotografie byly pořízeny při celkovém zvětšení 150x a 300x, zvětšení objektivu 20x a 40x, zvětšení fotoaparátu 7,5.

Tabulka 2: Použité rostliny a jejich částí

Druh rostliny	Použitá část rostliny
banánovník (<i>Musa</i>)	dužina plodu
bez černý (<i>Sambucus nigra</i>)	dřeň
brusnice borůvka (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	plod
kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i>)	stonek
kosatec německý (<i>Iris barbata nana</i>)	oddenek
lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>)	primární kůra
mečík obecný (<i>Gladiolus communis</i>)	hlíza
narcis bílý (<i>Narcissus poeticus</i>)	cibule
podzemnice olejná (<i>Arachis hypogaea</i>)	semeno
pomněnka rolní (<i>Myosotis arvensis</i>)	lodyha
pryšec kolovratec (<i>Euphorbia helioscopia</i>)	latex z lodyhy
slunečnice rolní (<i>Helianthus annuus</i>)	nažka
tenura (<i>Sansevieria cylindrica</i>)	list

8 Soubor námětů pro pozorování buněčných inkluzí

8.1 Námět na pozorování leukoplastů

Metodický list k pozorování leukoplastů

Cílová skupina: žáci 6. a 7. ročníku základní školy

Časová dotace: 90 minut

Prostorové zázemí: přírodovědná učebna

Souvislost s očekávanými výstupy RVP ZV:

Přírodopis: obecná biologie

P-9-1-02 žák popíše rostlinnou buňku a objasní funkci základních organel

Mezipředmětové vztahy:

Člověk a příroda: Zeměpis

hospodářsky významné rostliny, import, potravinové zdroje

Výukové cíle a očekávané výstupy laboratorního cvičení:

žák popíše stavbu bezbarvých plastid a jeho význam v rostlinné buňce

žák vyjmenuje typy bezbarvých plastid

žák vyjmenuje rostliny a jejich části ve kterých se bezbarvé plastidy nacházejí

Detailní popis průběhu jednotlivých částí praktického cvičení:

1. Motivace

10 minut

Popis činnosti:

Na začátku hodiny ukáže učitel žákům obrázky s různými typ plastidů. Vysvětlí žákům rozdíl mezi jednotlivými plastidy a jejich význam v rostlinné buňce.

2. Teoretický úvod

10 minut

Plastidy jsou organely, které se nachází v rostlinných buňkách. Jsou obaleny dvěma membránami, mají vlastní DNA a tělíska, kde probíhá tvorba bílkovin. Rozdělujeme je na tři typy: chloroplasty, chromoplasty a leukoplasty. Chloroplasty obsahující nejčastěji chlorofyl A a B slouží k fotosyntéze. Plastidy obsahující oranžová a žlutá barviva způsobují zbarvení květů, plodů a listů na podzim od žluté po červenou barvu.

Leukoplasty jsou plastidy, ve kterých se hromadí zásobní škrob, proteiny a tuky. Neobsahují barviva. Rozdělují se na plastidy, které obsahují škrob, plastidy, které obsahují bílkoviny, a plastidy, které obsahují lipidy. Pokud škrob vyplní obsah plastidu, přemění se na škrobové zrno. Škrobová zrna se nachází např. v podzemních hlízách, oddencích a obilkách. Bezbarvé plastidy se nachází např. v hlíze bramboru a mečíku, v oddenku kosatce, v obilce ovsa setého, pšenice seté, v semenech fazole obecné, v plodu banánovníku, v bobuli pámelníku.

3. Praktické cvičení

70 minut

Popis činnosti:

Žáci se rozdělí do skupin po dvou až třech. Každá skupina dostane oddenek kosatce a hlízu mečíku. Pomocí skalpelu se snaží udělat co nejtenčí řez, žáci vytvoří několik řezů z oddenku kosatce a hlízy mečíku, nejtenčí řez přenesou pomocí skalpelu a preparační jehly do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjí krycím sklíčkem.

Žáci upnou preparát do svorek křížového vodiče a umístí ho tak, aby byl pozorovaný objekt ve středu kondenzorové čočky. Podívají se do okuláru a makrošroubem přibližují

preparát k čelní čočce až do hrubého zaostření, doostří mikrošroubem. Pomocí křížového vodiče posouvají preparát a hledají dobré místo pro pozorování, které umístí do středu zorného pole. Otočením revolverového nosiče objektivů nastaví větší zvětšení a doostří mikrošroubem.

Preparát z oddenku kosatce je vhodné pozorovat při zvětšení 400x. Preparát z hlízy mečíku je vhodné pozorovat při zvětšení 100x. Při pozorování si žáci zakreslí pozorované bezbarvé plastidy do protokolů a zapíší si zvětšení, při kterém bezbarvé plastidy zakreslili.

Při pozorování mohou být pozorované struktury špatně viditelné může to být špatným nastavením clon, nebo je pozorovaný řez příliš tlustý.

V závěru žáci odpoví na otázky:

Ve kterých částech rostlin se buňky s bezbarvými plastidy nejčastěji vyskytují?

Jaké zásobní látky bezbarvé plastidy obsahují?

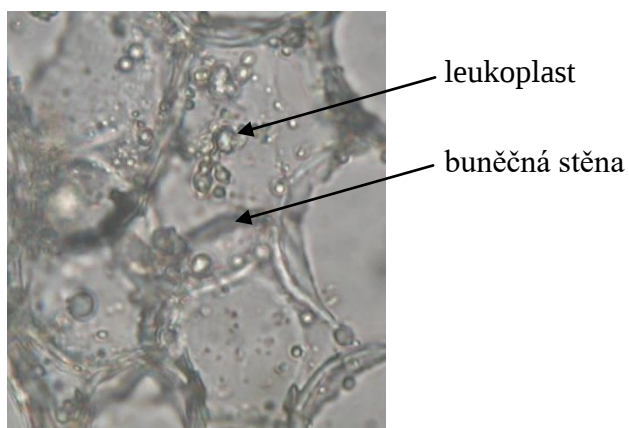
Pozorování leukoplastů

1. Úkol: Pozorování leukoplastů oddenku zakrslého kosatce

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Z oddenku kosatce řežeme skalpelem co nejtenčí řezy, které pomocí preparační jehly přeneseme do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



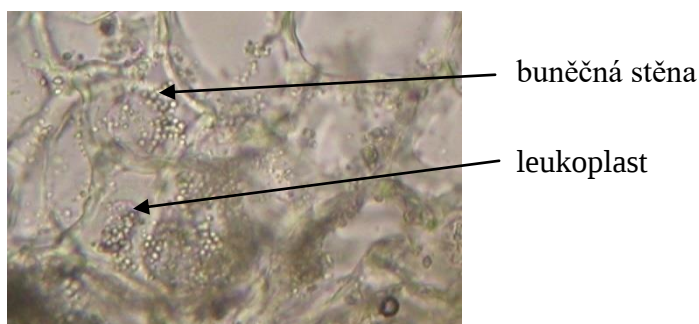
Obr. 1: Leukoplasty v oddenku kosatce, zvětšeno 300x

2. Úkol: Pozorování leukoplastů hlízy mečíku obecného

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Z hlízy mečíku řežeme skalpelem co nejtenčí řezy, které pomocí preparační jehly přeneseme do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



Obr. 2: Leukoplasty v hlíze mečíku obecného, zvětšeno 150x

Závěr: Leukoplasty lze nejčastěji pozorovat v buňkách, které nemají přístup ke světlu, v hlízách a oddencích. Neobsahují žádná barviva. Nejčastěji se v nich hromadí zásobní látky, např. škrob, bílkoviny, nebo lipidy.

8.2 Námět na pozorování škrobových zrn

Metodický list k pozorování škrobových zrn

Cílová skupina: žáci 6. a 7. ročníku základní školy

Časová dotace: 90 minut

Prostorové zázemí: přírodovědná učebna

Souvislost s očekávanými výstupy RVP ZV:

Přírodopis: obecná biologie

P-9-1-02 žák popíše rostlinnou buňku a objasní funkci základních organel

Mezipředmětové vztahy:

Člověk a příroda: Zeměpis

hospodářsky významné rostliny, import, potravinové zdroje

Výukové cíle a očekávané výstupy laboratorního cvičení:

žák objasní význam škrobu u rostlin

žák vyjmenuje využití škrobu

žák vyjmenuje rostliny a jejich části bohaté na škrob

žák rozpozná škrobová zrna vybraných rostlin podle tvaru a velikosti

Detailní popis průběhu jednotlivých částí praktického cvičení:

1. Motivace

10 minut

Popis činnosti:

Hodina je zahájena předvedením přítomnosti škrobu v potravinách. Při nakapání jodové tinktury na potravinu, která obsahuje škrob se škrob zbarví do tmavě fialova. Můžeme použít potraviny, které obsahují škrob, např. rozkrojenou hlízu brambory, kousek dužniny banánu, kečup, ale i potraviny, které škrob neobsahují, např. kostka cukru, mléko.

2. Teoretický úvod

15 minut

Škrob je nejrozšířenější zásobní látkou rostlin, vzniká při fotosyntéze a v rostlině slouží k ukládání energie. Většinou se škrob ukládá v podobě škrobových zrn v zásobních orgánech rostlin, např. hlízy, kořeny, oddenky a semena.

Škrobová zrna se vytváří v bezbarvých plastidech. Kolem krystalizačního centra se koncentricky ukládají krystalky škrobu a zrno tak postupně narůstá. Jednotlivé vrstvy škrobového zrna většinou pod mikroskopem nevidíme, ale u některých druhů rostlin jsou jednotlivé vrstvy pod mikroskopem pozorovatelné.

Škrobová zrna různých druhů rostlin se liší tvarem, velikostí a strukturou. Nejčastější je kulovitý, lasturnatý nebo elipsoidní tvar zrn. Pro jednotlivé druhy rostlin je tvar zrn charakteristický. Škrobová zrna mohou být jednoduchá nebo složená. Jednoduchá škrobová zrna lze pozorovat např. u hlízy lilku bramboru, obilky pšenice, obilky ječmene, dělohy hrachu, dělohy fazolu, banánovníku. Více zrnek držících pohromadě lze pozorovat např. u obilky ovsa, kukuřice, rýže.

Škrob se využívá v potravinářství (např. solamyl), ve farmacii, v textilním průmyslu (škrobení prádla, výroba aviváží), k výrobě lepidel, ve stavebním průmyslu (sádrokartonové desky).

3. Praktické cvičení

65 minut

Popis činnosti:

Žáci se rozdělí do skupin po dvou až třech. Každá skupina dostane kousek dužniny banánu a část rostliny pryšce kolovratce. Připraví si podložní sklíčka, na každé kapnou kapku vody a do kapky vody kapku jodové tinktury. Na jedno podložní sklíčko přenesou pomocí preparační jehly kousek dužniny banánu, rozmělní ho v kapce vody a přikryjí krycím sklíčkem. Do kapky vody na druhém podložním sklíčku kápnou latex, který vymáčknou z lodyhy pryšce kolovratce a přikryjí krycím sklíčkem.

Žáci upnou preparát do svorek křížového vodiče a umístí ho tak, aby byl pozorovaný objekt ve středu kondenzorové čočky. Podívají se do okuláru a makrošroubem přibližují preparát k čelní čočce až do hrubého zaostření, doostří mikrošroubem. Pomocí křížového vodiče posouvají preparát a hledají dobré místo pro pozorování, které umístí do středu zorného pole. Otočením revolverového nosiče objektivů nastaví větší zvětšení a doostří mikrošroubem.

Preparát z dužniny banánu je vhodné pozorovat při zvětšení 100x. Preparát z pryšce kolovratce je vhodné pozorovat při zvětšení 400x. Při pozorování si žáci zakreslí pozorovaná škrobová zrna do protokolů a zapíší si zvětšení, při kterém škrobová zrna zakreslili.

Při pozorování mohou být škrobová zrna špatně viditelná může to být způsobeno špatným nastavením clon, nebo použitím příliš velkého množství jodové tinktury.

V závěru žáci odpoví na otázky:

Do jaké barvy se zbarvila škrobová zrna po přidání jodové tinktury?

Jaký tvar mají škrobová zrna z dužniny banánu?

Jaký tvar mají škrobová zrna pryšce kolovratce?

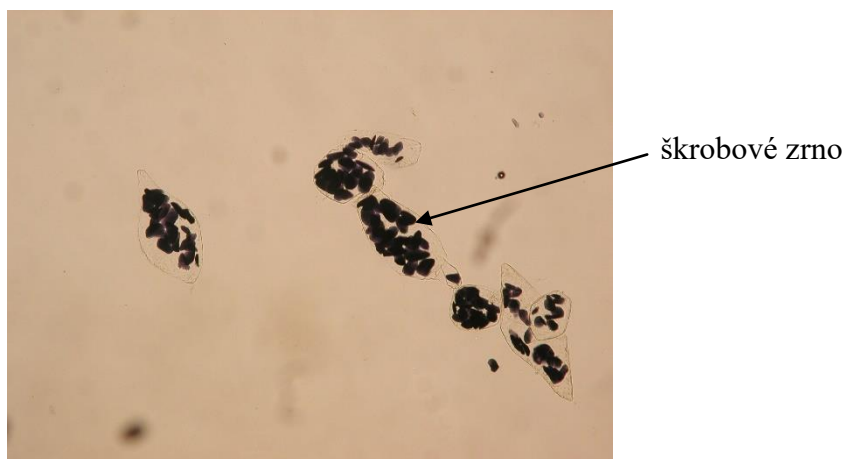
Pozorování škrobových zrn

1. Úkol: Pozorování škrobových zrn dužiny banánu

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko, jodová tinktura

Provedení: Na podložní sklíčko dáme pomocí kapátka kapku vody. Do kapky vody přikápneme jodovou tinkturu. Banán oloupeme, pomocí preparační jehly přeneseme do kapky vody s jodovou tinkturou na podložním sklíčku kousek dužiny banánu. Preparační jehlou kousek banánu rozmělníme a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



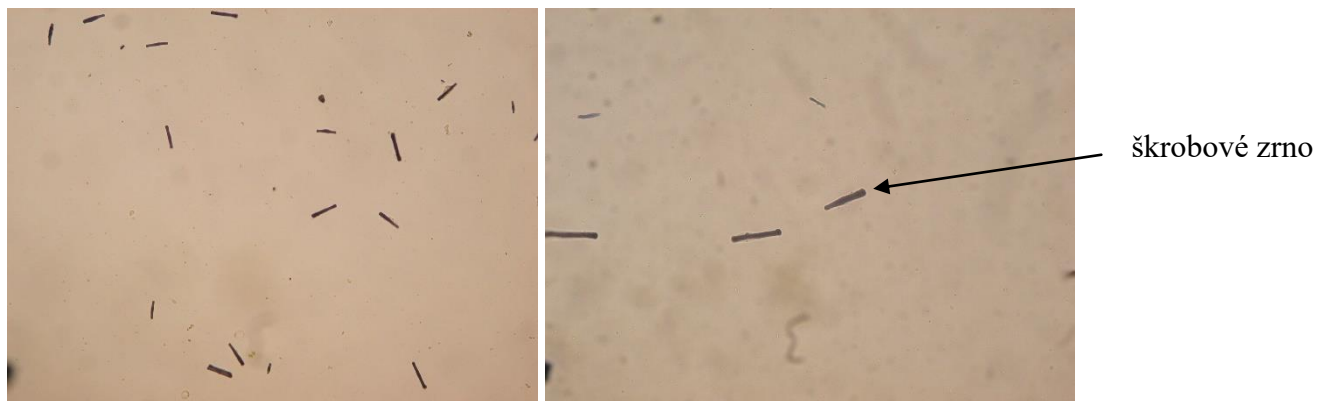
Obr. 3: Škrobová zrna z dužiny banánu, zvětšeno 150x

2. Úkol: Pozorování škrobových zrn pryšce kolovratce

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko, jodová tinktura

Provedení: Na podložní sklíčko dáme pomocí kapátka kapku vody. Do kapky vody přikápneme jodovou tinkturu. Z lodyhy pryšce kolovratce vymáčkne latex a pomocí preparační jehly přeneseme do kapky vody s jodovou tinkturou. Přikryjeme krycím sklíčkem a pozorujeme.

Pozorování:



Obr: 4: Škrobová zrna pryšce kolovratce, zvětšeno 150x a 300x

Závěr: Škrobová zrna se působením jodové tinktury zbarvila do fialova. Škrobová zrna z dužiny banánu jsou protáhlá, oválného tvaru, mají excentrické vrstvy škrobu. Škrobová zrna pryšce kolovratce mají neobvyklou podobu, zrna mají tvar stehenní kosti.

8.3 Námět na pozorování krystalických inkluzí

Metodický list k pozorování krystalických inkluzí

Cílová skupina: žáci 6. a 7. ročníku základní školy

Časová dotace: 90 minut

Prostorové zázemí: přírodovědná učebna

Souvislost s očekávanými výstupy RVP ZV:

Přírodopis: obecná biologie

P-9-1-02 žák popíše rostlinnou buňku a objasní funkci základních organel

Výukové cíle a očekávané výstupy laboratorního cvičení:

žák vysvětlí k čemu slouží krystalické inkluze v rostlinách

žák zařadí krystalické inkluze do typů podle tvaru

Detailní popis průběhu jednotlivých částí praktického cvičení:

1. Motivace

10 minut

Popis činnosti:

Na začátku hodiny učitel předloží před žáky obrázky s krystalickými inkluzemi. Ukáže žákům, že krystalické inkluze jsou různého tvaru a různé velikosti.

2. Teoretický úvod

30 minut

Krystalické inkluze jsou především zásobní látky v podobě krystalů, které se aktivně nepodílí na buněčném metabolismu, mohou být využity v případě potřeby. V buněčných stěnách přispívají ke zpevnění rostlinných pletiv a k ochraně rostlin před okusem býložravců. Také slouží k ochraně rostlin proti býložravému hmyzu.

Krystaly šťavelanu vápenatého jsou častou inkluzí u rostlinných buněk. Kyselina šťavelová je látka způsobující kyselost některých rostlin, např. rebarbory, špenátu, mangoldu a šťovíku, je pro buňky toxická, ale sůl šťavelan toxický není. Nejvíce se vyskytují u jednoděložných a dvouděložných rostlin. Vytváří nejružnější tvary, krystalický písek, hranoly, jehlice, srostlice.

Krystalický písek se skládá ze zrnité hmoty, je rozptýlen po celé buňce a má zrnitý vzhled. Krystalický písek lze pozorovat např. v dřeni bezu černého, ve stonku lilku.

Hranoly jsou velké, dlouhé, samostatně se vyskytující krystaly se zašpičatělými či čtvercovými konci. Lze je pozorovat např. v suknicí cibule kuchyňské a česneku kuchyňského, v řapíku africké fialky, v řapíku listu révy vinné, ve stonku hvozdíku.

Jehlice jsou dlouhé, tenké, se špičatými konci, které jsou nahloučené do svazků. Jehlice jsou poměrně běžné u mnoha jednoděložných rostlin, ale také u dvouděložných rostlin, např. v listu netýkavky obecné, ve stonku voděnky, v cibuli narcisu bílého, v listu tenury, v listech révy vinné.

Srostlice jsou složené krystaly, které jsou spojeny do ostré špičaté hmoty, ve které mnoho krystalů vyčnívá z povrchu, tato struktura má hvězdicový vzhled. Srostlice můžeme pozorovat např. v plodu růže šípkové, ve stonku kopřivy dvoudomé, v řapíku begónie, v primární kůře lípy srdčité, v listu ibišku, v řapíku listu kontryhelu, v řapíku listu ořešáku královského, v řapíku voskovky.

Krystaly šťavelanu nebo uhličitanu vápenatého mohou vytvářet v některých buňkách zvláštní hroznovité útvary, které se odborně nazývají cystolity. Slouží jako zásobní látka vápníku. Často jsou dost velké, a proto v mikroskopu dobře pozorovatelné, např. v listech kopřivy dvoudomé a kopřivy žahavky, v lodyze pomněnky rolní.

3. Praktické cvičení

50 minut

Popis činnosti:

Žáci se rozdělí do skupin po dvou až třech. Každá skupina si postupně připraví šest dočasných preparátů. Budou pozorovat jehlicovité krystaly, srostlice krystalů, hroznovité shluky krystalů a krystalický písek.

K pozorování jehlicovitých krystalů dostane každá skupina kousek cibule narcisu bílého a kousek listu tenury. Z cibule narcisu přenesou pomocí preparační jehly kousek suknice cibule do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjí krycím sklíčkem. Z listu tenury si připraví skalpelem co nejtenčí řezy. Nejtenčí řez přenesou pomocí preparační jehly do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjí krycím sklíčkem.

Žáci upnou preparát do svorek křížového vodiče a umístí ho tak, aby byl pozorovaný objekt ve středu kondenzorové čočky. Podívají se do okuláru a makrošroubem přibližují preparát k čelní čočce až do hrubého zaostření, doostří mikrošroubem. Pomocí křížového vodiče posouvají preparát a hledají dobré místo pro pozorování, které umístí do středu zorného pole. Otočením revolverového nosiče objektivů nastaví větší zvětšení a doostří mikrošroubem.

Preparát ze suknice cibule narcisu je vhodné pozorovat při zvětšení 100x a 400x. Preparát z listu tenury je vhodné pozorovat při zvětšení 400x. Při pozorování si žáci zakreslí pozorované rafidy do protokolů a zapíší si zvětšení, při kterém rafidy zakreslili.

Jehlicovité krystaly mohou být špatně viditelné může to být způsobeno špatným nastavením clon, nebo příliš tlustým řezem.

Při pozorování srostlic krystalů žáci řeží se stonku kopřivy dvoudomé co nejtenčí řezy, které pomocí preparační jehly přenesou do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjí krycím sklíčkem. Dále z větvičky lípy řeží co nejtenčí řezy, nejtenčí řez pomocí preparační jehly přenesou do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjí krycím sklíčkem.

Žáci mikroskopují připravené preparáty stejným způsobem jako předchozí preparáty. Preparát ze stonku kopřivy je vhodné pozorovat při zvětšení 400x a preparát z větvičky lípy je vhodné pozorovat při zvětšení 100x a 400x.

Dále budou žáci pozorovat shluky krystalů uhličitanu vápenatého v lodyze pomněnky rolní. Z lodyhy pomněnky rolní si žáci připraví co nejtenčí řezy, nejtenčí řez pak pomocí preparační jehly přenesou do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjí krycí sklíčkem.

Při mikroskopování postupují stejným způsobem jako u pozorování předchozích preparátů. Preparát z lodyhy pomněnky rolní je vhodné pozorovat při zvětšení 100x a 400x.

Poslední krystalickou inkluzí, kterou budou žáci při tomto cvičení pozorovat je krystalický písek. Z dřene bezu černého nařeží žáci co nejtenčí řezy, nejtenčí řez přenesou do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjí krycím sklíčkem.

Žáci mikroskopují preparát stejným způsobem jako předchozí preparáty. Krystalický písek z dřene bezu černého je vhodné pozorovat při zvětšení 400x.

V závěru žáci odpoví na následující otázky:

Jaký tvar mají rafidy?

Porovnejí velikost jehlicovitých krystalů v suknicí cibule narcisu bílého a v listu tenury, které pozorovali při zvětšení 400x.

Jaký tvar mají drúzy?

Jaký tvar má cystolit?

Čím je tvořen krystalický písek?

Pozorování krystalických inkluzí

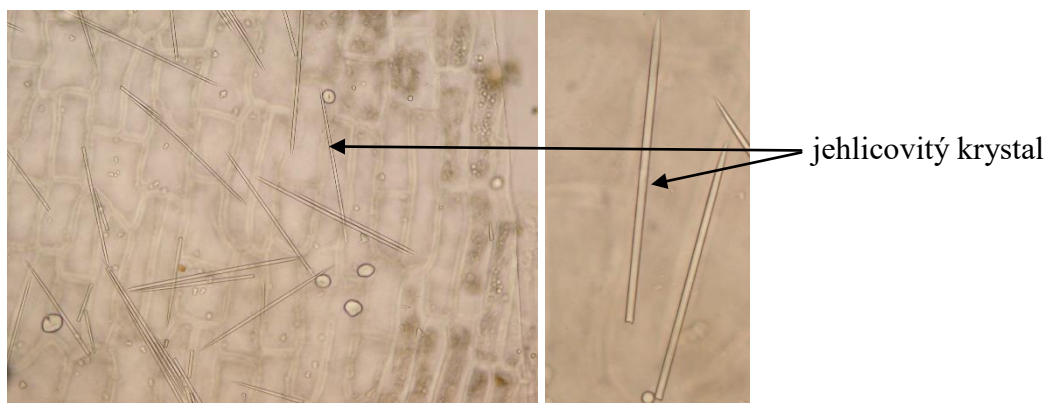
Jehlicovité krystaly (rafidy)

1. Úkol: Pozorování jehlicovitých krystalů cibule narcisu bílého

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Z cibule narcisu pomocí preparační jehly přeneseme kousek suknice do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



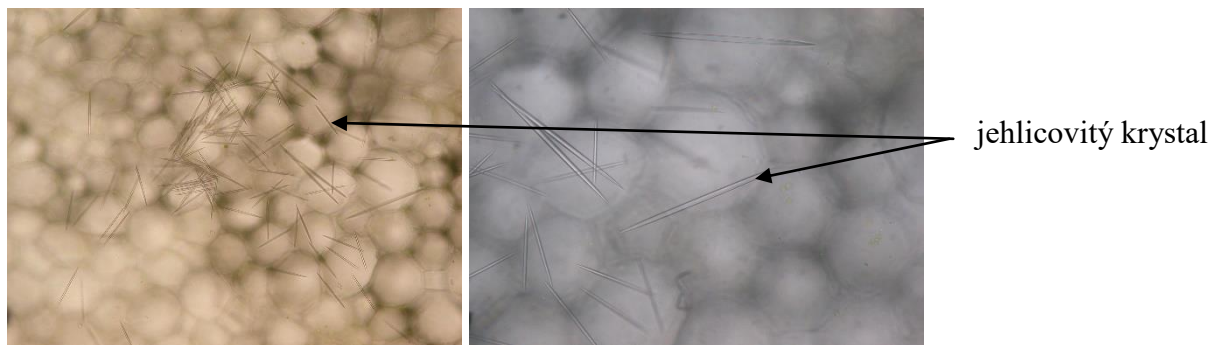
Obr. 5: Jehlicovité krystaly cibule narcisu bílého, zvětšeno 150x a 300x

2. Úkol: Pozorování jehlicovitých krystalů v listu tenury

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Z listu tenury řežeme skalpelem co nejtenčí řezy, které pomocí preparační jehly přeneseme do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



Obr. 6: Jehlicovité krystaly v listu tenury, zvětšeno 150x a 300x

Závěr: Jehlicovité krystaly jsou úzké jehlice tvořené šťavelanem vápenatým. Jehlicovité krystaly v cibuli narcisu bílého jsou větší než rafidy v listu tenury.

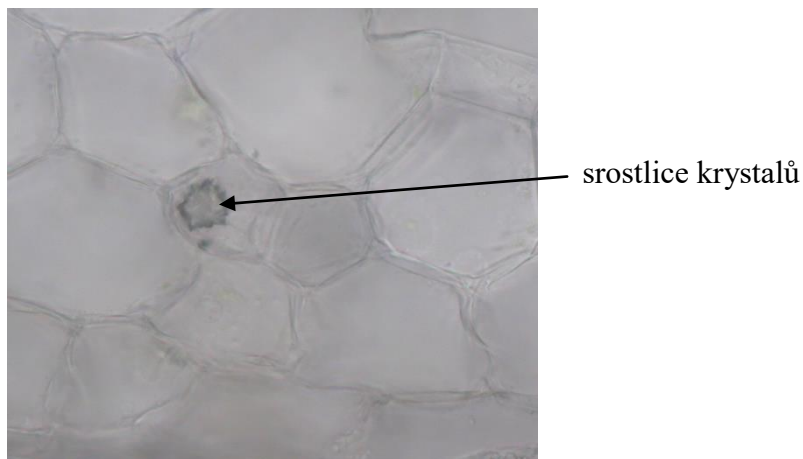
Srostlice krystalů (drúzy)

1. Úkol: Pozorování srostlic krystalů ve stonku kopřivy dvoudomé

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Ze stonku kopřivy dvoudomé řežeme skalpelem co nejtenčí řezy, které pomocí preparační jehly přeneseme do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



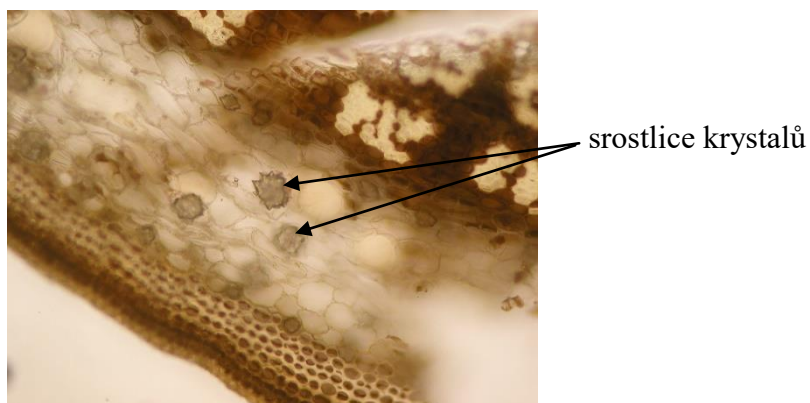
Obr. 7: Srostlice krystalů ve stonku kopřivy dvoudomé, zvětšeno 300x

2. Úkol: Pozorování srostlic krystalů v primární kůře lípy srdčité

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Z větvičky lípy řežeme skalpelem co nejtenčí řezy, které pomocí preparační jehly přeneseme do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



Obr. 8: Drúzy v primární kůře lípy srdčité, zvětšeno 150x

Závěr: Drúzy jsou shluky šťavelanu vápenatého, které se na sebe vrství. Mají tvar hvězdicovitých srostlic.

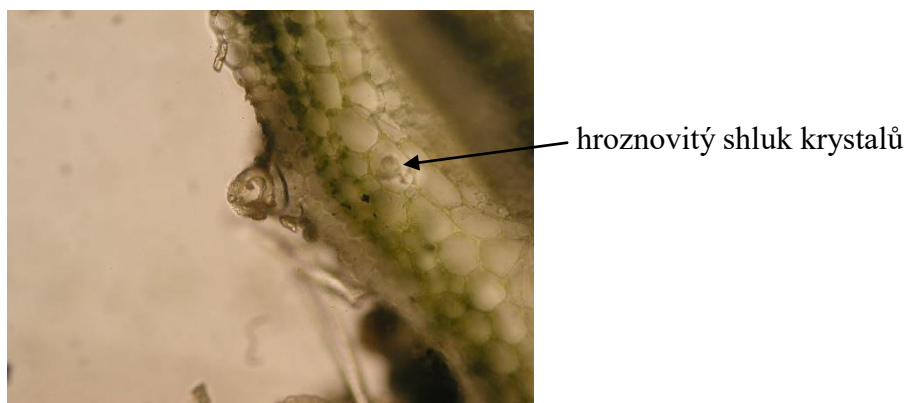
Hroznovité shluky krystalů (cystolity)

Úkol: Pozorování hroznovitých shluků krystalů ve stonku pomněnky rolní

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Z lodyhy pomněnky rolní řežeme skalpelem co nejtenčí řezy, které pomocí preparační jehly přeneseme do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



Obr. 9: Cystolit v lodyze pomněnky rolní, zvětšeno 150x

Závěr: Cystolit je hroznovitý útvar, který je zásobárnou vápníku, je tvořen uhličitanem vápenatým.

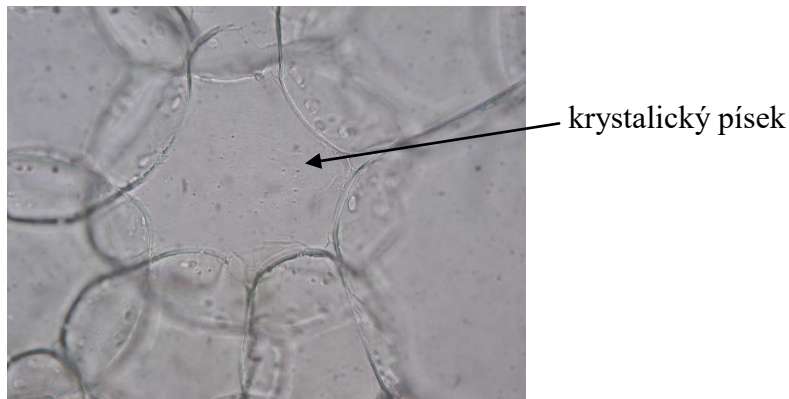
Krystalický písek

Úkol: Pozorování krystalického písku dřenež bezu černého

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Z dřenež bezu černého řežeme skalpelem co nejtenčí řezy, které pomocí preparační jehly přeneseme do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



Obr. 10: Krystalický písek v dřeni bezu černého, zvětšeno 300x

Závěr: Krystalický písek je dalším příkladem krystalických inkluzí. Krystalický písek tvoří drobné krystaly, které se v buňkách dřenež bezu vyskytují ve velkém množství.

8.4 Námět na pozorování kapének tuku

Metodický list k pozorování kapének tuku

Cílová skupina: žáci 6. a 7. ročníku základní školy

Časová dotace: 90 minut

Prostorové zázemí: přírodovědná učebna

Souvislost s očekávanými výstupy RVP ZV:

Přírodopis: obecná biologie

P-9-1-02 žák popíše rostlinnou buňku a objasní funkci základních organel

Mezipředmětové vztahy:

Člověk a příroda: Zeměpis

hospodářsky významné rostliny, import, potravinové zdroje

Výchova ke zdraví

lidský organismus – získávání energie

Výukové cíle a očekávané výstupy laboratorního cvičení:

žák vysvětlí k čemu slouží tuk v rostlinách

žák vyjmenuje rostliny, které obsahují velké množství tuku

žák vyjmenuje rostlinné tuky, které doma používají

Detailní popis průběhu jednotlivých částí praktického cvičení:

1. Motivace

5 minut

Popis činnosti:

Na začátku hodiny učitel rozdrtí kousek jádra vlašského ořechu mezi dvěma papíry. Tuky obsažené v ořechu vytvoří na papíře mastnou skvrnu. Tím předvede žákům, že ořechy obsahují velké množství rostlinných tuků.

2. Teoretický úvod

10 minut

Oleje a tuky se v buňce vyskytují v podobě jednotlivých kapének rozptýlených v cytoplazmě nebo jako složitější tělíska (oleosomy), slouží jako zásobní látky. Olejová tělíska jsou rozšířená po celém rostlinném těle, ale nejvíce jsou obsažena v plodech a semenech. Velké množství tuku obsahují semena slunečnice roční, brukve řepky olejky, podzemnice olejné, konopí setého, lnu setého, také dužina plodů palmy olejné a jádro plodu palmy kokosové obsahují velké množství olejů.

Tuky patří mezi jednu ze základních živin, jsou bohatým zdrojem energie pro lidský organismus. Napomáhají k udržení tělesné teploty a vytváří obal kolem vnitřních orgánů a tím je mechanicky chrání. Jsou důležité pro správné využívání vitamínů, které jsou rozpustné v tucích, jsou základem některých hormonů. V lidské stravě by tuky měli tvořit 30–35 % celkového denního příjmu energie. Rostlinné tuky obsahuje např. Rama, Flora, Perla, Hera. Mezi běžně používané rostlinné oleje patří olivový, řepkový, slunečnicový, sójový atd. Živočišné tuky obsahuje např. máslo a sádlo.

3. Praktické cvičení

75 minut

Popis činnosti:

Žáci se rozdělí do skupin po dvou až třech. Každá skupina si vytvoří dva přechodné preparáty, které bude pozorovat. Nejprve vytvoří co nejtenčí řezy z nažky slunečnice roční. Nejtenčí řez přenesou pomocí preparační jehly do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjí

krycím sklíčkem. Dále vytvoří co nejtenčí řezy ze semene podzemnice olejné. Nejtenčí řez přenesou pomocí preparační jehly do kapky vody na druhém podložním sklíčku a přikryjí krycím sklíčkem.

Žáci upnou preparát do svorek křížového vodiče a umístí ho tak, aby byl pozorovaný objekt ve středu kondenzorové čočky. Podívají se do okuláru a makrošroubem přibližují preparát k čelní čočce až do hrubého zaostření, doostří mikrošroubem. Pomocí křížového vodiče posouvají preparát a hledají dobré místo pro pozorování, které umístí do středu zorného pole. Otočením revolverového nosiče objektivů nastaví větší zvětšení a doostří mikrošroubem.

Preparát z nažky slunečnice rolí je vhodné pozorovat při zvětšení 100x a 400x. Preparát ze semene podzemnice olejné je vhodné pozorovat při zvětšení 400x. Při pozorování si žáci zakreslí pozorované kapénky tuku do protokolů a zapíší si zvětšení, při kterém kapénky tuku zakreslili.

Kapénky tuku mohou být špatně viditelné může to být způsobeno špatným nastavením clon, nebo příliš tlustým řezem.

V závěru žáci odpoví na následující otázky:

Které části rostliny jsou bohaté na tuky?

K čemu slouží kapánky tuku v rostlině?

Vyjmenujte rostliny, jejichž semena jsou bohatá na tuky.

Jaký tvar mají tukové kapénky, jaké množství je v buňkách?

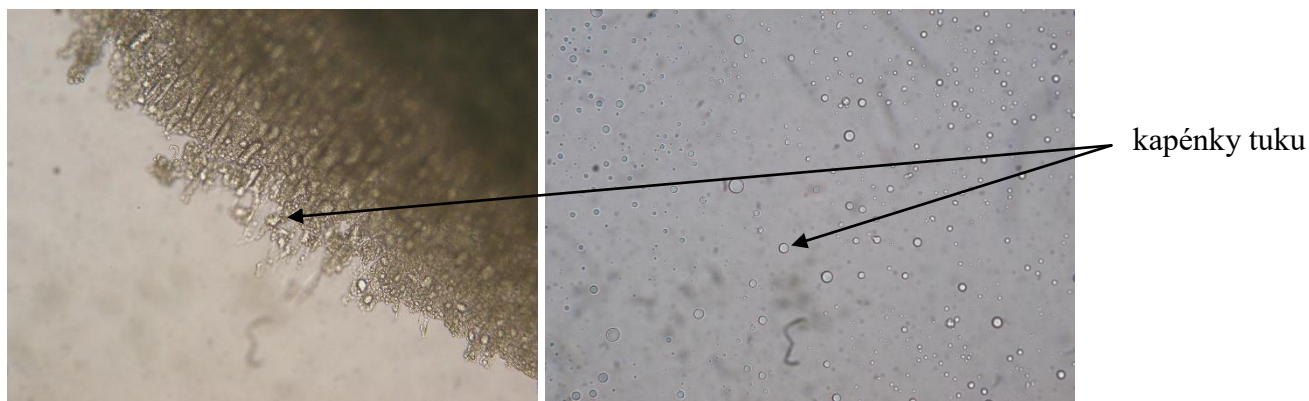
Pozorování kapének tuku

1. Úkol: Pozorování kapének tuku v nažce slunečnice roční

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Z nažek slunečnice roční řežeme co nejtenčí řezy, které přeneseme pomocí preparační jehly do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



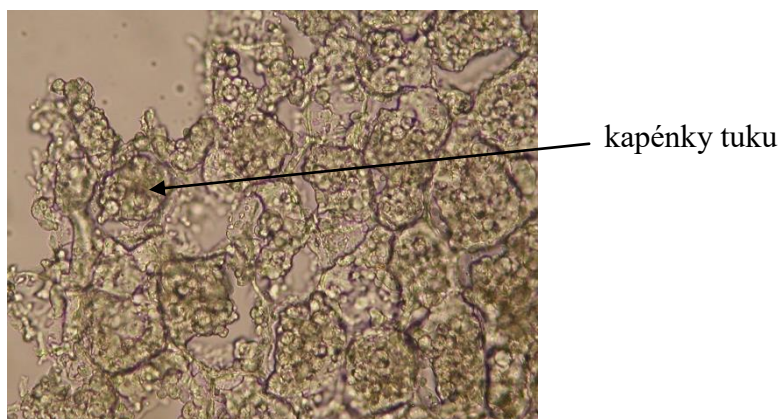
Obr. 11: Kapénky tuku nažky slunečnice roční, zvětšeno 150x a 300x

2. Úkol: Pozorování kapének tuku v semenu podzemnice olejné

Pomůcky: Mikroskop, podložní sklíčko, krycí sklíčko, preparační jehla, skalpel, kapátko

Provedení: Ze semene podzemnice olejné řežeme skalpelem co nejtenčí řezy, které přeneseme preparační jehlou do kapky vody na podložním sklíčku a přikryjeme krycím sklíčkem.

Pozorování:



Obr. 12: Kapénky tuku podzemnice olejné, zvětšeno 300x

Závěr: Nejvíce jsou obsažena v plodech a semenech. Slouží k ukládání rezervních tuků v buňce. Semena slunečnice roční, brukve řepky olejky, podzemnice olejné, konopí setého, lnu setého jsou bohatá na tuky. Tukové kapénky mají kulovitý tvar, v semenech výše uvedených rostlin se vyskytují ve velkém množství.

8.5 Námět na pozorování změny barvy antokyanů

Metodický list k pozorování změny barvy antokyanů

Cílová skupina: žáci 6. a 7. ročníku základní školy

Časová dotace: 90 minut

Prostorové zázemí: přírodovědná učebna

Souvislost s očekávanými výstupy RVP ZV:

Přírodopis: obecná biologie

P-9-1-02 žák popíše rostlinnou buňku a objasní funkci základních organel

Výukové cíle a očekávané výstupy laboratorního cvičení:

žák vysvětlí pojem pH indikátor

žák vysvětlí, jak se mění barva antokyanu v závislosti na pH prostředí

žák vyjmenuje rostliny a jejich části, které obsahují antokyan

Detailní popis průběhu jednotlivých částí praktického cvičení:

1. Motivace

5 minut

Popis činnosti:

Na začátku hodiny učitel ukáže žákům potraviny, které jsou dobarvovány pomocí antokyanů např.: smetanový jogurt borůvka od výrobce Kunín, bonbóny Haribo Mega-roulette, borůvkový dezert ze zakysané smetany od výrobce Česká chuť, Blackcurrant sorbet od výrobce Galatelli, džus Relax brusinka, tyčinka s kousky třešní od výrobce Pribináček, lentilky od výrobce Orion, Mentos rainbow.

2. Teoretický úvod

10 minut

Antokyany jsou nejznámější barviva rozpustná ve vodě, ale nerozpustná v tucích. Jejich barva je závislá na hodnotě pH buněčné šťávy. Při kyselé reakci, $\text{pH} < 7$, jsou červené, při neutrální reakci, $\text{pH} = 7$, jsou fialové, při zásadité reakci, $\text{pH} > 7$, jsou modré. Zbarvují četné květy, plody a listy červenolistých odrůd zelenin a květin, někdy i bulvy. Květy zbarvují u pomněnky, plicníku a kostivalu, plody zbarvují u rybízu, ostružníku a borůvky, listy zbarvují u červeného zelí a červené řepy.

3. Praktické cvičení

75 minut

Popis činnosti:

Žáci se rozdělí do skupin po dvou až třech. Nejprve si každá skupina připraví výluh z bobulí borůvek. V třetí misce rozetřou 40 g borůvek a přilijí 50 ml vody, následně výluh scedí. Dále si do kádinek připraví zkoumané látky a označí si jaká látka je v které kádince, do první vymačkají šťávu z citronu, do druhé vymačkají šťávu z pomeranče, do třetí nalijí 25 ml vody a přidají 2 g tekutého mýdla, pomocí tyčinky smíchají, do čtvrté nalijí 10 ml vody a přidají 5 g jedlé sody, pomocí tyčinky smíchají. Do páté kádinky nalijí čistou vodu.

Připraví si Petriho misky, do každé odměří 5 ml jedné ze zkoumaných látek: šťáva z citronu, šťáva z pomeranče, čistá voda, roztok mýdla, roztok jedlé sody. Poté do každé Petriho misky přidají 1 ml vylouhovaného barviva z borůvek, pozorované barevné změny zapíší do tabulky.

V Petriho misce s citronovou šťávou se barva změnila na růžovočervenou, v misce s pomerančovou šťávou se barva změnila na červenou, v misce s čistou vodou zůstala barva fialová, v roztoku mýdla se barva změnila na světle fialovou a v roztoku jedlé sody se barva změnila na modrou.

V závěru odpoví na následující otázky:

Jaké části rostliny antokyany zbarvují?

Proč se mění barva antokyanu?

Uveďte, jakou má antokyan barvu v kyselém, neutrálním a zásadité prostředí.

Uveďte alespoň čtyři příklady rostlin, které obsahují antokyany.

Pozorování barevné změny antokyanu

Úkol: Pozorování barevných změn antokyanu při různém pH

Pomůcky: Plody borůvek, třecí miska, cedník, kádinky, tyčinka, Petriho misky, odměrný válec, citronová šťáva, šťáva z pomeranče, mýdlo, jedlá soda, voda

Provedení: V třecí misce rozetřeme 40 g borůvek, přilejeme 50 ml vody a scedíme. Do každé misky dáme 5 ml jedné ze zkoumaných látek: citronová šťáva, šťáva z pomeranče, čistá voda, roztok mýdla, roztok jedlé sody. Do každé Petriho misky přidáme 1 ml vyluhovaného barviva z borůvek. Pozorujeme barevné změny, které zapíšeme do tabulky.



Obr. 13: Změna barvy antokyanu. Pořadí látek: citronová šťáva, šťáva z pomeranče, čistá voda, roztok mýdla, roztok hašeného vápna.

Prostředí	Barva roztoku
citronová šťáva	růžovočervená
šťáva z pomeranče	červená
čistá voda	fialová
roztok mýdla	světle fialová
roztok jedlé sody	modrá

Závěr: Barva závisí na pH prostředí. Antokyany jsou přírodní indikátory, látky, které se v prostředí s určitým pH charakteristicky zbarvují. Čím je roztok kyselější, tím více jsou antokyany zbarvené do červena. Čím je roztok zásaditější, tím více jsou antokyany zbarvené do modra. Antokyany zbarvují květy, plody, listy rostlin a někdy i bulby. Antokyany se nachází u pomněnky, červeného zelí, červené řepy a rybízu.

9 Diskuze

Existují různé názory na to, k čemu slouží buněčné inkluze v buňce. Funkce některých buněčných inkluzí je zcela jasná, ale u krystalických inkluzí, tzv. fytolitů, nejsou autoři schopni se shodnout. Všichni autoři se shodují, že buněčné inkluze vznikají při metabolismu buňky.

Novák, Skalický (2012) a Evert, Eichhorn, Esau (2006) uvádí, že olejová tělíska jsou nejvíce obsažena v plodech a semenech. Na základě vlastního pozorování s autory souhlasím. Obsah olejových tělísek v buňkách nažky slunečnice a semene podzemnice olejné byl kolem 50 %.

U všech autorů je škrob uveden jako základní zásobní látka, která vzniká při fotosyntéze. Podle Vintera (2009) patří kromě bramboru k nejvýznamnějším škrobovým rostlinám také banánovníky. Vlastním pozorováním jsem se přesvědčila, že dužina banánu obsahuje velké množství škrobových zrn, která lze dobře pozorovat.

Dickison (2000), Němec (1930), Kavina (1950) a Evert, Eichhorn, Esau, (2006) se shodují, že krystalické inkluze se nejvíce vyskytují u jednoděložných a dvouděložných rostlin. Z vlastních pozorování mohu potvrdit hojný výskyt krystalických inkluzí u dvouděložných rostlin. Ve své práci jsem rozdělila fytolity dle jejich tvaru podle Vintera (2009).

Evert, Eichhorn, Esau (2006) se domnívají, že hromadění křemíku v rostlinách přispívá k pevnosti stonků a zajišťuje odolnost vůči patogenním houbám, hmyzu a okusování býložravců. Vinter (2009) a Evert, Eichhorn, Esau (2006) se shodují na tom, že kyselina křemičitá inkrustuje buňky epidermis u trav (*Poaceae*) a ve větším množství se nachází u bambusu (*Sasa veitchii*).

10 Závěr

V bakalářské práci byly zkoumány buněčné inkluze, byl popsán jejich význam v buňkách, výskyt, látkové složení, klasifikace. U vybraných druhů rostlin byly zhotoveny návody pro pozorování buněčných inkluzí v přírodovědném praktiku nebo kroužku.

Bylo navrženo pět námětů na pozorování buněčných inkluzí s 13 úkoly:

- Pozorování leukoplastů
- Pozorování škrobových zrn
- Pozorování krystalických inkluzí – jehlicovité krystaly (rafidy), srostlice krystalů (drúzy), hroznovité shluky krystalů (cystolity), krystalický písek
- Pozorování kapének tuku
- Pozorování změny barvy antokyanů

Při sestavování cvičení bylo použito 13 vybraných druhů rostliny, použila jsem rostliny pokojové i rostliny volně rostoucí na zahradě. Seznam rostlin a jejich použitých částí je uveden v tabulce 2.

Náměty na praktická cvičení obsahují metodický list pro učitele a návod na pozorování. Rostlinný materiál byl zvolen tak, aby byl odlišný od toho, který je doporučen v již existující návodech na laboratorní cvičení. Pro dokumentování vybraných inkluzí byly zhotoveny přechodné preparáty, většinou řezové, vybraných druhů rostlin, ze kterých byly vytvořeny mikrofotografie při celkovém zvětšení 150x a 300x. Ke zhotovení mikrofotografií byl použit mikroskop Olympus BX51 a fotoaparát Olympus Camedia C-4040 Zoom.

Seznam použité literatury

BALÍK, Josef. *Anthokyaninová barviva v hroznech a vínech*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010, 108 s. ISBN 978-80-7375-412-9.

CRHA, Jan, CHURÝ, Jiří, FRAŇO, Jan. *Biologie se základy zoologie*. Praha: SZN, 1966. 529 s.

ČERNOHORSKÝ, Zdeněk. *Základy rostlinné morfologie*: 4. uprav. vyd. Praha: SPN, 1967.

ČOPÍKOVÁ, Jana, WIMMER Zdeněk, LAPČÍK Oldřich, CAHLÍKOVÁ Lucie, OPLETAL Lubomír, MORAVCOVÁ Jitka a DRAŠAR Pavel. Přírodní látky svíravé a trpké chuti. *Chemické listy*. 2014, 108, 1053–1057. ISSN 1213-7103.

DICKISON, William C. *Integrative plant anatomy*. San Diego, Calif.: Harcourt/Academic Press, 2000, 533 s. ISBN 0-12-215170-4.

DOBROUKOVÁ, J., MACHÁČKOVÁ, P., HAŠLER, P. a kol. *Biologie – laboratorní a terénní cvičení: metodika*. Olomouc: Vydavatelství UP, 2015, 175 s.

DRÁBEK, Jiří, JALŮVKOVÁ Michaela a FRÉBORT Ivo. Laboratorní přístroje a postupy: Kvantitativní PCR detekce nepovoleného přibarvení vína bezinkami. *Chemické listy*. 2007, 101, 550-555.

EVERT, Ray Franklin, Susan E. EICHHORN a Katherine ESAU. *Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development*. 3rd ed. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, 2006, xx, 601 s. ISBN 0-471-73843-3.

FANČOVIČOVÁ, Jana a Pavol PROKOP. *Didaktická příručka z biologie pre 2. stupeň základných škôl*. Trnava: Trnavská univerzita v Trnavě, 2010, 56 s. ISBN: 978-80-8082-364-1.

FOTT, Bohuslav. *Sinice a řasy*. Praha: Československá akademie věd, 1956, 372 s.

JUNQUEIRA, Luiz Carlos Uchôa, KELLEY, Robert O., CARNEIRO, José. *Základy histologie*. 7. vyd., v ČR 1. Jinočany: H & H, 1997, 502 s. ISBN 80-85787-37-7.

KALINA, Tomáš a Jiří VÁŇA. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Praha: Karolinum, 2005, 606 s. ISBN 80-246-1036-1.

- KAVINA, Karel. *Anatomie rostlin*. 2. Praha: Nakladatelství českých zemědělců Brázda, 1950.
- KREMER, Bruno P. - MUHLE, Hermann. *Lišejníky, mechorosty, kaprad'orosty: evropské druhy*. Praha: Ikar, 1998, 286 s. ISBN 80-7176-804-9
- LUŠTINEC, Jiří a Viktor ŽÁRSKÝ. *Úvod do fyziologie vyšších rostlin*. Praha: Karolinum, 2005, 261 s. ISBN 80-246-0563-5.
- MASLOWSKI, Oton. *Didaktika biologie: určeno pro posluchače přírodovědecké fakulty a pedagogické fakulty Univerzity Palackého*. Olomouc: Univerzita Palackého, 1990. 145 s.
- NĚMEC, Bohumil. *Rostlinopis*. Editor Silvestr PRÁT. Praha: Aventinum, 1930, 705 s.
- NOVÁČEK, František. Proteinové inkluze rostlinné buňky a jejich histologický a histochemický rozbor. *Přírodní vědy ve škole: časopis pro teorii a praxi vyučování přírodním vědám a zeměpisu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1977, 28(10), 361-365.
- NOVÁK, Jan, SKALICKÝ, Milan. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. 3. vyd. Praha: Powerprint, 2012, 336 s. ISBN 978-80-87415-53-5.
- PACÁK, Josef. Přírodní barviva II. *Přírodní vědy ve škole: časopis pro teorii a praxi vyučování přírodním vědám a zeměpisu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1984, 35(2), 58-60.
- PENKA, Miroslav. *Obecná botanika: (cytologie a fyziologie rostlin)*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská, 1978, 220 s.
- SAX, Julius. O škrobu. *Živa : časopis přírodnický*. 1856, 4(1), 43.
- SEKERKA, Pavel. *Lítostky s ďábelskou pověstí: Rod indiánského tuřínu* [online]. 17.11.2017 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://www.stoplusjednicka.cz/litostky-s-dabelskou-povesti-rod-indianskeho-turinu>
- SKALICKÝ, Milan a Jan NOVÁK. *Botanika I.: anatomie a morfologie rostlin*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2007, 146 s. ISBN 978-80-213-1724-6.
- ŠARAPATKA, Bořivoj. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut, 2010, 440 s. ISBN 978-80-87371-10-7.

URBAN, Zdeněk a Tomáš KALINA. *Sinice, řasy, houby: systém a vývoj*. Praha: Univerzita Karlova, 1977, 253 s.

VAJNER, Luděk, KONRÁDOVÁ, Václava, UHLÍK, Jiří. *Funkční histologie*. Jinočany: H&H, 1998, 363 s. ISBN 8086022358

VINTER, Vladimír. *Fytolity*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008, 4 s. ISBN 978-80-244-2187-2.

VINTER, Vladimír. *Rostliny pod mikroskopem: základy anatomie cévnatých rostlin*. 2., dopl. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, 200 s. ISBN 978-80-244-2223-7.

ANOTACE

Jméno a příjmení:	Kateřina Bajerová
Katedra:	Biologie
Vedoucí práce:	RNDr. Olga Vránová Ph.D.
Rok obhajoby:	2018

Název práce:	NÁMĚTY NA POZOROVÁNÍ ROSTLINNÝCH BUNĚČNÝCH INKLUZÍ DO PŘÍRODOVĚDNÉHO PRAKTIKA
Název v angličtině:	SUGGESTIONS FOR OBSERVATION OF PLANT CELL INCLUSIONS IN NATURAL HISTORY PRACTICE
Anotace práce:	Buněčné inkluze jsou kapénkovité nebo krystalické struktury v cytoplazmě, plastidech a vakuolách. Skládají se z rezervních nebo odpadních látek, které vnikají při metabolismu buňky. Práce se zabývá charakteristikou, popisem, klasifikací a významem buněčných inkluzí v rostlinách. Inkluze byly studovány na příčných řezech vybraných druhů rostlin, byly zhotoveny mikrofotografie a popis. Součástí práce jsou návody na pozorování buněčných inkluzí v praktiku přírodopisu, leukoplastů, škrobových zrn, rafidů, drúz, cystolitů, krystalického písku, kapének tuku a antokyanů.
Klíčová slova:	škrob, šťavelan vápenatý, barviva, třísloviny, alkaloidy, oleje, silice
Anotace v angličtině:	Cellular inclusions are droplet or crystalline structures in the cytoplasm, plastids and vacuoles. They consist of reservoirs or waste materials that enter the cell metabolism. The thesis deals with characterization, description, classification and significance of cellular inclusions in plants. Inclusions were studied on transverse sections of selected plant species, microphotograph and descriptions were made. Part of the thesis is a guideline for observing cellular inclusions in the practice of natural science, leucoplasts, starch grain, raphides, druses, cystoliths, crystal sand, oil bodies and anthocyanin.

Klíčová slova v angličtině:	starch, calcium oxalate, dyestuffs, tannins, alkaloids, oil, essential oils
Rozsah práce:	50 stran
Jazyk práce:	Čeština