

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky

Diplomová práce

Fytolity ve výuce biologie na středních školách

Autor: Bc. Markéta Riemerová

Vedoucí práce: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

Obor: Učitelství chemie pro SŠ – Učitelství biologie pro SŠ (N 1407 CHEMIE)

Forma studia: prezenční (2. ročník)

Místo a datum odevzdání: Olomouc, červenec 2015

Anotace

Jméno a příjmení:	Markéta Riemerová
Název práce:	Fytolity ve výuce biologie na středních školách
Typ práce:	Diplomová práce
Pracoviště:	Katedra botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci
Vedoucí práce:	PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.
Rok obhajoby práce:	2015
Abstrakt:	

Fytolity jsou mikroskopické částice (inkluze) rostlinného původu. Práce se zabývá charakteristikou, popisem, klasifikací fytolitů a jejich využitím ve výuce biologie na středních školách.

Fytolity byly studovány na příčných řezech vybraných druhů rostlin, byla zhotovena jejich fotodokumentace (mikrofotografie), popis a klasifikace. Na tuto odbornou část práce navazuje část didaktická, která se zabývá problematikou fytolitů z hlediska školní praxe, tj. možnými aplikacemi poznatků o fytolitech ve výuce. Součástí práce je prezentační CD pro učitele středních škol.

Klíčová slova:	fytolity
Počet stran:	84
Počet příloh:	2
Jazyk:	český

Annotation

Autor's first name and surname: Markéta Riemerová
Title of the Thesis: Phytoliths During the Biology Teaching at High Schools
Type of thesis: Diploma
Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc
Supervisor: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.
Yearr of the Thesis defence: 2015
Abstract:

Phytoliths are microscopic particles (cellular pits) of plant origin. This work deals with the characteristics, description and classification of the phytoliths and their usage during the biology teaching at high schools.

Phytoliths were studied based on the cross sections of the chosen plant species, the photo documentation (micrographs) was made and the description and classification of the phytoliths were made as well. This academic part is followed by the didactical part which deals with the phytoliths issue from the point of view of the school practice, i.e. the possible applications of the findings about the phytoliths used during the tuition. The presentation CD for teachers of the high schools is also a part of this work.

Keywords: phytoliths
Number of pages: 84
Number of appendices: 2
Language: Czech

Prohlášení

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

V Olomouci dne:

.....

Bc. Markéta Riemerová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu práce PaedDr. Ing. Vladimíru Vinterovi, Ph.D., za pomoc při fotografování mikroskopických preparátů, odborné vedení a čas, který mi věnoval při konzultacích mé práce, především však za trpělivost. Chtěla bych rovněž poděkovat Mgr. Pavlovi Danišovi za proškolení a umožnění práce na fotomikroskopu na Gymnáziu Františka Palackého ve Valašském Meziříčí při zhotovení fotodokumentace a pořizování mikrofotografií.

Obsah

Úvod a cíle práce.....	9
1 Fytolity	10
2 Fytolitová analýza	12
2.1 Dinosauři - koprolity	14
2.2 Prehistorická domestikace mexických rostlin	15
2.3 Výživa u raných hominidů	15
2.4 Vykopávky	16
3 Klasifikační systém fytolitů	17
3.1 Klasifikace fytolitů	17
3.2 Aleuronová zrna	17
3.3 Klíč ke klasifikaci fytolitů podle tvaru	18
4 Didaktická část	20
4.1 Metody a organizační formy výuky	20
4.2 Didaktický test.....	21
5 Materiál a metodika.....	24
5.1 Postup při zhotovení jednoduchého přechodného preparátu.....	24
5.2 Sběr materiálu.....	24
5.3 Fixace a konzervace materiálu	27
5.4 Příprava preparátu	27
5.5 Postup při zhotovení otiskového preparátu	28
5.6 Postup při zhotovení roztlakového preparátu	28
5.7 Pozorování pod mikroskopem.....	28
6 Výsledky	29
6.1 Přehled pozorovaných fytolitů a jejich klasifikace	29
6.1.1 Styloidy	29
6.1.2 Rafidy	31
6.1.3 Drůzy.....	36
6.1.4 Cystolity	47
6.1.5 Idioblasty s fytolity	49

6.1.6	Inkrustace silikáty	49
6.1.7	Krystalický písek.....	51
6.1.8	Amyloplasty	52
6.2	Analýza učebnic biologie	53
6.3	Pracovní sešit.....	55
6.4	Didaktický test.....	56
6.5	Prezentační CD.....	66
7	Diskuze.....	70
8	Závěr	76
	Seznam literatury	79
	Internetové odkazy:.....	82
	Přílohy	84

Seznamy tabulek a obrázků

Tabulka č. 1: Tvary fytolitů.

Tabulka č. 2: Klasifikace didaktických testů dle Byčkovského (1982), Jeřábka a Bílka (2010).

Tabulka č. 3: Místa sběru materiálu jednotlivých druhů rostlin.

Tabulka č. 4: Seznam a srovnání studované literatury pro ZŠ, SŠ.

Tabulka č. 5: Přehled fytolitů v řezaných rostlinách.

Obr. 1: Molekulová struktura fytinu.

Úvod a cíle práce

Fytolity jsou mikroskopické částice rostlinného původu. Jejich studium je významné nejen z vědeckého hlediska (fytolitová analýza), ale i z hlediska didaktického. Dnešní školství je charakterizováno zaváděním badatelských přístupů do výuky (konstruktivismus), kdy je kladen důraz na samostatnou aktivitu žáků. Ve své diplomové práci jsem se proto zaměřila na možné využití fytolitů ve výuce biologie, především na jejich mikroskopování v praktickém cvičení.

Hlavní cíle diplomové práce lze shrnout takto:

- vybrat vhodný rostlinný materiál pro pozorování fytolitů;
- zhotovit mikroskopické preparáty listů, popř. stonků, vybraných druhů rostlin;
- zhotovit fotodokumentaci pozorovaných fytolitů (mikrofotografie);
- klasifikovat pozorované fytolity;
- vytvořit prezentační CD s tematikou fytolitů pro potřeby výuky na SŠ;
- sestavit pracovní sešit do biologického praktika pro studenty středních škol;
- zkonstruovat didaktický test k problematice fytolitů;
- porovnat vybrané středoškolské učebnice a zjistit, do jaké míry se problematikou fytolitů zabývají.

1 Fytolity

Význam slova fytolity je ukryt v řeckých výrazech pro rostlinu (*phyto*), a pro kameny (*lithos*) (Piperno 1988). Jedná se tedy o „rostlinné kameny“, přesněji fytolity jsou mikroskopické částice rostlinného původu. Z chemického hlediska se jedná o oxidy křemíku, převážně hydratovaný oxid křemičitý ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$), krystaly šřavelanu vápenatého ($(\text{COO})_2\text{Ca} \cdot n \text{H}_2\text{O}$), shluky uhličitanu vápenatého (CaCO_3) vzácně se vyskytují sféřity šřavelanu hořečnatého ($(\text{COO})_2\text{Mg}$), krystaly síranu vápenatého (CaSO_4), ale mohou také obsahovat stopové prvky (Al, Fe, N, P, Cu, atd.). Tato tělíčka s rozličným chemickým složením se mohou utvářet v jednotlivých částech rostlinných struktur. Zkoumáme různé atributy fytolitů (morfologie, velikost, barva, atd.). Jejich objemová hmotnost se pohybuje v rozmezí 1,5 – 2,3 g/cm³ a barva může být průhledná, bezbarvá přes růžovou až žlutou. Vinter (2008) uvádí, že fytolity nejčastěji inkrustují buněčné stěny rostlin nebo se tyto útvary nacházejí uvnitř rostlinných buněk, popřípadě se hromadí v mezibuněčných prostorách (intercelulárách). Z těchto buněk či prostor se uvolňují po smrti rostliny a během jejího rozkladu. Separace fytolitů podle Piperno (1988) probíhá třemi různými způsoby. Fytolity se mohou usazovat na stěně buňky podél membrány, v lumenu nebo se mohou shromažďovat v mezibuněčném prostoru.

Fytolity jsou produkovány v obrovském počtu u mnoha rodů vyšších rostlin, vykazují značnou životnost, v půdě zůstávají po velmi dlouhá časová období a odolávají i mechanickým a chemickým vlivům a slouží jako záznam minulé vegetace. Proto se fytolity staly velmi důležitým prvkem při studiích půd, archeologických a geologických sedimentů. Nejprve byly fytolity studovány jako poněkud záhadná složka půd či navátý prach a ne jako inkluze živých rostlin. Postupem času si získávaly zájem vědců a největší důležitosti dosáhly v oblasti paleobotaniky. Díky těmto drobným útvarům dnes víme, jaké rostliny se vyskytovaly na naší planetě Zemi v dávných dobách, které rostliny dominovaly na jednotlivých územích.

Pokud bychom se zajímali o velikost fytolitů, ta se pohybuje v řádech mikrometrů (5-200μm). Fytolity lze nalézt v živých rostlinách, ale obvykle jsou po

smrti rostliny uvolňovány do půdy, kde se většinou nachází 2-20 mg fytolitů v 1g suchého vzorku půdy. Tento údaj je však odlišný u různých druhů rostlin. Proto je důležité vědět, že schopnost rostlin produkovat fytolity se liší. Důležitou roli v produkci fytolitů hraje také podnebí, chemické a fyzikální vlastnosti půdy, stáří rostliny a její taxonomie. S jistotou můžeme říci, že velké množství fytolitů produkují lipnicovité (*Poaceae*), orchidejovité (*Orchidaceae*). Kdežto např. v šalvěji lékařské (*Salvia officinalis*) se žádné krystaly nevyskytují. Rostliny prostřednictvím svých kořenů absorbují oxid křemičitý ve formě křemičitanů (silikátů- ortosilikátů nebo monosilikátů) při pH 2-9. Není ještě zcela jasné, zda rostliny využívají aktivní nebo pasivní transport. Vědci se přiklánějí k oběma způsobům dopravy křemičitanů do těla rostliny. Během výzkumu fytolitů se také zjistilo, že některé rostliny využívají tyto krystaly k vytvrzení buněčné stěny na obranu rostliny proti houbám, které způsobují mykózy či okusu živočichů, a také mohou být využity v metabolismu rostliny. Doposud není známá přesná funkce fytolitů a jejich využití rostlinou. Fytolity jsou vlastně identitou rostliny, která je mnohem odolnější než rostliny samy (Dostál 2008, Vinter 2008, Romberger, Hejnowicz, Hill 1993, Persaits, Piperno 1988).

2 Fytolitová analýza

Nejprve byly fytolity studovány jako poněkud záhadná složka půd či navátý prach a ne jako inkluze živých rostlin. První snahy o výzkum fytolitů začaly v roce 1970, ale z počátku byli archeologové velmi pesimističtí. K pesimismu vedly vědce základní otázky, jakou byla př. taxonomie, výroba, uchování, technika. Roku 1971 se fytolitová analýza stává důležitou archeologickou i geologickou perspektivou a řadí se mezi paleoekologické disciplíny. Dolores R. Piperno (1988) dělí historii výzkumu fytolitů do čtyř období:

1. Objev a průzkumné fáze, od roku 1835 přibližně do roku 1900, kdy fytolity byly nejprve pozorovány u živých rostlin a půdních vzorků (Ehrenberg, německý vědec, "Phytolitharia", vyvinul první klasifikační systém fytolitů).
2. Botanická fáze, přibližně od roku 1900 do roku 1935, centrem výzkumu se stalo Německo. Byly provedeny studie týkající se produkce, morfologie, taxonomie a první archeologické aplikace fytolitové analýzy.
3. Období ekologického výzkumu, od roku 1955 do cca 1975, studie byly zahájeny na travách, jehličnatých i listnatých stromech. Fytolitová analýza byla nejprve aplikována na severu americké vegetace.
4. Moderní doba archeologického výzkumu fytolitů, začátek roku 1971, archeobotanické výzkumy vzniku a morfologie fytolitů, rozborů archeologických a geologických sedimentů.

V období 1955-1975 docházelo k šetření chemických a fyzikální vlastnosti, funkci oxidu křemičitého v rostlinách, načasování, povaha tvorby a rozpuštění fytolitů. Četné techniky byly vyvinuty pro izolaci, identifikaci a kvantifikaci oxidu křemičitého v rostlinách a sedimentech. Tyto analýzy byly komplikovány řadou biotických a abiotických faktorů, jako jsou klimatické změny, pH půdy, koncentrace železa a hliníku nebo množství oxidu křemičitého u jednotlivých druhů rostlin.

Podle Vintera (2008) slouží fytolitová analýza k rekonstrukci vegetace příslušného období (nejčastěji starší holocén, pleistocén, ale i starší období), v archeologii při determinaci pěstovaných rostlin (často bývá zkoumán obsah

obilných jam), na dokumentování prehistorického zemědělství v tropických oblastech, kde jiné typy fosilií už dávno znehodnotilo tamější vlhké klima, při identifikaci fosilních půd, v některých případech umožňuje fytolitová analýza rozlišit mořské a terestrické sedimenty, může také sloužit v kriminalistice jako forenzní nástroj. Můžeme provádět výzkum a analyzovat fytolity na kamenech, ohništích, hnojištích, pozůstatků sila (obilnice), neolitických (i mladších) mlýnků na obilí, dokonce i zubech člověka a zvířat. Fytolity jsou nyní uplatňovány na celém světě ve všech typech prostředí. Fytolitová analýza má mnoho společného s palynologií (zkoumá pyl a spory výtrusných rostlin). LAPE (2013) uvádí, že na rozdíl od pylu se fytolity nezachovávají jen v anaerobním kyselém prostředí (typicky v rašeliništích), ale i ve většině méně extrémních podmínek, čehož se hojně využívá. V posledních třech desetiletích se fytolitová analýza stala doménou především Spojených států amerických, Nového Zélandu a Velké Británie. Fytolitová analýza napomáhá také v archeologii při identifikaci pěstovaných rostlin v Americe (kukuřice, tykve, dýně), v Asii (rýže), ve Starém světě (cereálie).

Práce americké archeoložky specializující se na archeobotaniku Dolores R. Piperno s fytolity, které probíhaly na archeologickém nalezišti nacházejícím se v jižních peruánských oblastech, pomohly poprvé prokázat, že fytolitové údaje mohou být velmi užitečné ve sledování domestikovaných rostlin v chladných horských oblastech. Kromě toho, tým evropských vědců nedávno uvedl nejstarší známý fytolit z trusu dinosaurů, kteří žili v Indii před 70 miliony let.

V České republice zatím chybí pracoviště, které by se detailněji zabývalo problematikou fytolitů. Přesto se v ČR nachází Laboratoř archeobotaniky a paleoekologie (LAPE 2013) spadá pod PřF JU v Českých Budějovicích a fytolity studuje. LAPE (2013) má veliký zájem o aplikaci metody fytolitové analýzy v podmínkách našeho území. LAPE přímo uvádí, že počítá s počátečním využitím metody jako součásti komplexního archeologického a archeobotanického výzkumu prováděného v současnosti na českých archeologických lokalitách ze zemědělského pravěku a středověku. Očekávaný přínos fytolitové analýzy tkví zejména v možnosti detekovat tehdejší praktiky při zacházení s rostlinným materiálem a rekonstruovat typ vegetačního pokryvu v okolí studovaných sídel. Častým typem zkoumaného

objektu je zde např. obilnice, tj. destruovaný pozůstatek síla, jehož výplň obsahuje uloženiny z doby současné nebo těsně následující dobu existence sídliště. LAPE (2013) předpokládá, že v takovýchto objektech nalezneme statisticky významné množství fytolitů, které by rámcově ukázaly skladbu rostlinného materiálu, s nímž bylo na sídlišti manipulováno. Vedle studia zahloubených objektů využije kulturních vrstev - tzv. životních horizontů - což jsou plošně rozsáhlé uloženiny, vznikající v obytných areálech zemědělských sídlišť pravěku a raného středověku. Síťovou metodou odebrané vzorky v okolí neolitických dlouhých domů pomohou při řešení otázek mikrodistribuce různých manipulací s rostlinným materiálem. Další variantou budou odběry vzorků přímo z neolitických (či mladších) mlýnků na obilí, kde se zachovávají fytolity pěstovaných cereálií ve vysokých koncentracích a v určitém stavu.

2.1 Dinosauři - koprolity

Koprolit neboli zkamenělý trus býložravých dinosaurů prozradil, že se tyto obří ještěři živili trávou. Český rozhlas (2005) uvedl, že se vznik travin posouvá o 10 milionů let dále do minulosti. Tým švédských paleontologů vedený Carolinou Strömbergovou ze stockholmského přírodovědného muzea se rozhodl prozkoumat jídelníček dinosaurů žijících na sklonku druhohor. Pro svůj výzkum si vědci zvolili býložravé titanosaury („titánské ještěry“). Tito obří dinosauři obývali oblast dnešní Dekanské plošiny (centrální Indie) před 65 miliony let. V této době hrozilo dinosaurům vyhynutí. Na konci druhohor po nich zbyly kromě obvyklých fosilií i tzv. koprolity. Tyto koprolity byly namlety na jemný prášek a švédští paleontologové očekávali, že naleznou křemičité částice tzv. fytolity, typických zástupců druhohorní flóry, a to fytolity jehličnanů a cykasů. Jejich objev byl však dech beroucí. Narazili na fytolity, které pocházely z trav, tudíž tento objev otřásl znalostmi, které měli doposud o travách. Vědci se domnívali, že se většina trav vyskytovala na Zemi až za éry velkých býložravých savců (koně, velbloudi, nosorožci, atd.), protože tyto živočichové měli přizpůsobeny zuby ke spásání trav. Kdežto dinosauři zuby se ke spásání tuhých stébel trav, které jsou vyztuženy fytolity,

nehodily. Nyní museli vědci přepsat evoluci trav (Smithsonian Institute 2015, Český rozhlas 2005).

2.2 Prehistorická domestikace mexických rostlin

Český rozhlas (2007) publikoval zprávu, že domestikace kukuřice setá pravá (*Zea mays*), tykve a dýně (*Cucurbita* sp.), zřejmě proběhla před 8 000 lety na pobřeží jihozápadního Mexika. Dále uvádí, že paleobotanikové ze Smithsonian Tropical Research Institute (STRI, Panama) hledali fosilie v sedimentech močálů a jezer v oblasti mezi Acapulkem a Mexico City. Jejich pozornost byla věnována hlavně prehistorickému dřevěnému uhlí, pylu a soustředili se také na fytolity – mikroskopická tělíška, která se vytvářejí v rostlinných orgánech. Paleobotanikové zjistili na základě radiokarbonové metody datování nálezů i geologického průzkumu, že podnebí kolem jezer muselo být v pleistocénu velmi chladné a suché. Na konci doby ledové nastupoval teplejší holocén (před 10 000 lety) a tato oblast se stala jedním z center zemědělské i jiné lidské činnosti. Kukuřice byla domestikována před 8 000 lety, avšak již z doby před 7 200 lety existují důkazy o rozšiřování zemědělství a mýcení lesů. Vinter (2008) uvádí, že analýza fytolitů v oblasti San Andrés v Mexiku prokázala pěstování rané formy domestikované kukuřice civilizace Olméků již před zhruba 7 300 (některé novější údaje naznačují ještě vyšší stáří) (Paleo Research Institute 2010, Smithsonian Institute 2015).

2.3 Výživa u raných hominidů

V roce 2011 probíhal výzkum dvou amerických antropoložek, Amandy Henryové a Alison Brooksové. Tyto vědkyně podrobně zkoumaly chrup (zuby) několika neandrtálců, kteří byli nalezeni v Belgii a Iráku. Odstranily dentálními nástroji fosilizovaný zubní kámen s povrchu zubů a po zakonzervování pozorovaly pod mikroskopem. Při této zajímavé studii byly objeveny v zubním kameni drobné částičky rostlinné potravy – škrobová zrnka a fytolity. To znamená, že neandrtálci se mohli živit rostlinami, když nebyl dostatek živočišné potravy. Není zcela jasné, zda

rostlinná potrava tvořila hlavní jídelníček neandrtálců, protože ji mohli přijímat z různých důvodů. Jedním z nich mohla být pravděpodobně katastrofa v podobě zalednění, změny klimatu a podnebí, kdy museli jíst, co zrovna bylo. Dalším důvodem mohlo být trávení. Například šimpanzi jedí rostlinnou potravu (listy) běžně, protože obsahuje vlákninu, která napomáhá jejich trávení. Není vyloučeno, že se neandrtálci na rostlinnou potravu pouze přeorientovali. Další studie zubního kamene odhalují, že i Australopitékové a další rané formy hominidů, př. *Australopithecus sediba*, se živili rostlinami. I na jejich chrupu byly patrné fytolity. Právě analýza těchto fytolitů umožnila vědcům zjistit skladbu jídelníčku daných jedinců. Snad vědcům studie zubů a zubního kamene, ve kterém se fytolity ukrývají, napoví do budoucna více (Český rozhlas 2005).

2.4 Vykopávky

Pravěká keramika nalezená ve vykopávkách přinesla pozoruhodný objev, že již v prehistorické době (před více než 6000 lety) si lidé připravovali pokrmy za použití planě rostoucích bylin, které jim sloužily jako běžné dnešní koření a dodaly jídlu na kořeněnou chuť. Vědecké analýzy bioarcheoložky Hayley Saulové z Univerzity of York ze střepů pravěké keramiky odhalily fytolity a díky jejich dramaticky delší životnosti, než je životnost rostlinných buněk, pomohly vědcům zjistit, o jakou bylinu se jednalo. Jednou z bylin, kterou používali dávní lidé z Dánska a Německa, byl česnáček lékařský (*Alliaria petiolata*), jehož chuť může připomínat česnek a hořčici. Chemické analýzy hrnců, nádob na vaření a keramických střepů dále odhalily zbytky tuků a masa, které pocházejí ze suchozemských a mořských živočichů, ryb. Není pochyb o tom, že již v mladší době kamenné lidé na evropském kontinentu kořenili své pokrmy z masa, ryb, mušlí a v bylinách našli oblibu již v období mezi rokem 6100 až 5750 před naším letopočtem, kdy na severu Evropy probíhalo takzvané neolitické šíření zemědělství (Český rozhlas 2015).

3 Klasifikační systém fytolitů

3.1 Klasifikace fytolitů

Ke klasifikaci fytolitů existuje několik přístupů, jejich systematické třídění je značně nejednotné. Pro svou diplomovou práci jsem si zvolila tradiční klasifikaci, podle struktury fytolitů, chemického složení a rozmístění v pletivech, který se používá v pedagogické praxi. Novější systém je značně nejednotný, zatím není širěji v povědomí učitelů a do výuky nepronikl.

Klasifikace fytolitů podle tradičního systému (Vinter 2008):

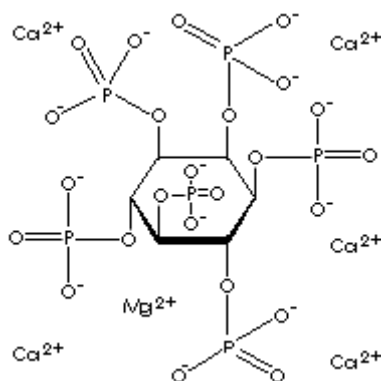
- **Styloidy** – jednotlivé větší hranolovité krystaly
- **Rafidy** – svazek tenkých jehlicovitých zašpičatělých krystalů
- **Drůzy** – srostlice tvořené více krystaly
- **Sférity (sférokrystaly)** – radiálně uspořádané jehlicovité krystaly
- **Cystolity** – fytolity vytvářející hroznovité shluky ve velkých idioblastech, tzv. lithocystách
- **Idioblasty** – zveličelé buňky odlišného tvaru a velikosti
- **Krystalický písek** – drobné krystaly vyskytující se ve velkém množství
- **Aleuronová zrna** – obsahují krystaloidy (krystalická forma bílkoviny) a globoidy (tvořeny fytinem)

3.2 Aleuronová zrna

Mezi fytolity jsou zařazeny i globoidy a krystaloidy, které se nachází v aleuronových zrnech. Podle Vintera (2008) vznikají aleuronová zrna tak, že prekurzory zásobních bílkovin pronikají z cytoplazmy do vakuoly a tam se mění na základní části zrna. Při postupném vysychání vakuoly se tato organela přemění v aleuronové zrno obsahující globoidy a krystaloidy. Globoid je tvořen fytinem, což je vápenato – hořečnatá sůl esteru kyseliny hexafosforečné a inositolu. Krystaloid je krystalická forma bílkoviny (např. prolaminy, globuliny). Fytin se získává ze semen některých rostlin, např. slunečnice (*Helianthus*), fazolu (*Phaseolus*), skočce (*Ricinus*)

nebo trav, kde aleuronová vrstva vytváří v semenech pod osemením. Fytin slouží jako zásobárna mobilního fosforu a je velmi důležitý pro růst tkání.

Obr. 1: Struktura fytinu.

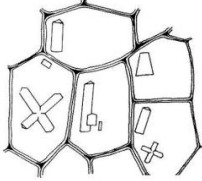
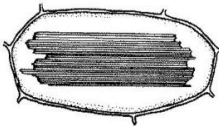
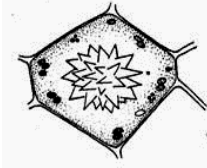


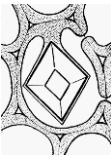
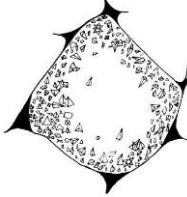
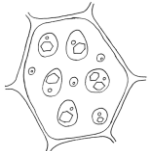


Podle Piperno (1988) není klasifikace fytolitů jednotně stanovena (standardizována). Autorka uvádí dva přístupy, podle kterých lze fytolity klasifikovat: taxonomické a netaxonomické schéma klasifikace. V případě netaxonomického přístupu jsou zdůrazňovány tvary fytolitů, bez ohledu na příbuzenský vztah rostlin, které dané fytolity vyprodukovaly. Naproti tomu taxonomické schéma poukazuje na vztah mezi tvary fytolitů, druhy rostlin, které je vytvořily a také spojitost s jejich evolucí. Autorka je přesvědčena, že většina fytolitů může být přiřazena ke specifickému místu vzniku na základě jejich morfologie, a proto preferuje systém, který popisuje a vyjmenovává hlavní kategorie fytolitů dle jejich výskytu v živých tkáních. Mezi hlavní umístění silikátů patří části rostlin, jakými jsou například epidermis, trichomy, stomata, hypodermis, mezofyl, a podobně (Piperno 1988).

3.3 Klíč ke klasifikaci fytolitů podle tvaru

Pro lepší představu a orientaci v tradičním systému klasifikace fytolitů podle jejich struktury jsem vytvořila tabulku, kde jsou kresbou znázorněny typické tvary nejruznějších druhů fytolitů, se kterými se můžeme běžně setkat v literatuře.

Tabulka č. 1: Tvary fytolitů.

<p>Styloidy</p>	
<p>Rafidy</p>	
<p>Drůzy</p>	
<p>Sférity (sférokryštaly)</p>	
<p>Cystolity</p>	
<p>Idioblasty s fytolity</p>	
<p>Krystalický písek</p>	
<p>Aleuronová zrna</p>	

4 Didaktická část

4.1 Metody a organizační formy výuky

Metoda výuky je koordinovaná činnost učitele a žáků, která směřuje k dosažení výukového cíle. Jedná se o určitý promyšlený způsob, jímž se realizuje výuka biologie. Mezi nejužívanější metody patří výklad, přednáška, rozhovor, práce s literaturou, pokus (experiment), pozorování (observace) (Maslowski 1990, Vinter a kol. 2009).

Výklad – verbální monologická metoda (nejužívanější v hodinách základního typu), kdy učitel studentům sděluje systematicky a logicky utříděné nové poznatky. Výklad je velmi efektivní metodou, chceme-li studenty rychle seznámit s fakty, které žáci nemohou sami odvodit. Mezi nevýhody výkladu patří omezená zpětná vazba a pasivní předkládání učiva (Vinter 2009, Altman 1985).

Práce s literaturou – metoda výuky, která zahrnuje práci s učebnicí, pracovními sešity a listy, atlasy přírodnin, určovacími klíči, časopisy a odbornými publikacemi, internetem.

Organizační forma výuky představuje uspořádání podmínek k realizaci výuky. Tvoří rámec vzdělávacího procesu vymezený prostorově, časově, obsahově, použitými didaktickými prostředky a také vymezený mírou individualizace, diferenciací a kooperací studentů (Nezvalová 2010, Vinter 2009).

Praktické cvičení – představuje náročnou organizační formu výuky, je zaměřeno především na samostatnou práci studentů. Praktika se nejčastěji konají ve speciálně vybavené biologické laboratoři, na školním pozemku či ve třídě (Vinter a kol. 2009).

Badatelství (konstruktivismus)

Jednu z možných cest v inovaci školství dnešní doby reprezentuje konstruktivismus, který vnímá žáka jako aktivní, společenský a kreativní subjekt, který je schopen samostatného myšlení a uvažování. Žák si konstruuje vlastní poznávání na základě svých předchozích zkušeností (prekonceptů) svým osobitým

způsobem a učitelé již nejsou hlavními zdroji sdělení, ale pouze pomáhají a radí žákům při získávání informací z různých zdrojů, dohlíží nad jejich činností, kterou kontrolují a směřují žáky k danému cíli (Nezvalová 2010).

Motivace patří mezi velice důležité a často rozhodující činitele v procesu učení každého žáka. Můžeme ji podpořit zajívkou vedeným výkladem a následným praktickým cvičením probírané látky. Poutavě zpracovaný materiál je důležitým motivačním prvkem, především z hlediska vnitřní motivace žáka, která je nepostradatelnou součástí badatelství. Dle Urbanovské (2006) motivace podněcuje, směřuje a udržuje aktivitu člověka, je vnitřní hybnou silou jeho činnosti a je úzce spjata s výkonností každého z nás.

4.2 Didaktický test

Macháčková (2012) uvádí, že pojem didaktický test není v odborné literatuře přesně definován. Byčkovský (1982) definuje didaktický test jako „nástroj systematického zjišťování (měření) výsledků výuky“. Většina autorů se však shoduje, že se jedná o zkoušku, jejímž cílem je objektivně určit úroveň zvládnutí učiva u určité skupiny osob. Na rozdíl od běžné zkoušky se didaktický test liší tím, že je navržen, ověřen, hodnocen a interpretován podle určitých, předem stanovených pravidel (Macháčková 2012). Jedná se o typ zkoušky, jehož účelem je zjišťování výsledků výuky, tzv. vědomostí a dovedností žáků (Zieleniecová 2013).

Podle serveru Nová maturita má didaktický test většinou písemnou podobu a v porovnání s ústní zkouškou mu náleží především tyto výhody:

- menší subjektivní vliv osobnosti učitele na zadání úkolů a hodnocení jejich řešení,
- srovnatelné podmínky (úkoly, čas, hodnotící kritéria) pro všechny žáky, snížená časová náročnost (Nova maturita 2010).

Didaktické testy lze rozlišovat z různých hledisek. Mohou se lišit vlastnostmi, plánováním a konstrukcí, charakteristikou výzkumného vzorku atd. Jeřábek a Bílek (2010) uvádí, že první rozdělení testů u nás provedl Vrána (1938) již v roce 1938.

Tabulka č. 2 (uvedená níže) přehledně znázorňuje rozdělení didaktických testů dnešní doby podle různých klasifikačních hledisek.

Tabulka č. 2: Klasifikace didaktických testů dle Byčkovského (1982), Jeřábka a Bílka (2010).

Klasifikační hledisko	Druhy testů		
Měřená charakteristika	rychlosti		
	úrovně		
Dokonalost přípravy testu a jeho příslušenství	standardizované		nestandardizované
Povaha činnosti testovaného	kognitivní		psychomotorické
Míra specifičnosti učení zjišťovaného testem	výsledků výuky		studijních předpokladů
Interpretace výkonu	rozlišující (relativní výkon)		ověřující (absolutní výkon)
Časové zařazení do výuky	vstupní	průběžné	výstupní
Tematický rozsah	monotematické		polytematické
Míra objektivitý skórování	objektivně srovnatelné		subjektivně srovnatelné

Zieleniecová (2013) uvádí, že o kvalitě didaktického testu rozhoduje jeho objektivita a srovnatelnost, reliabilita (přesnost a spolehlivost), validita (platnost), citlivost (rozlišovací schopnost). Podle Vintera a kol. (2009) se mezi důležité vlastnosti řadí také praktičnost. Všechny tyto vlastnosti jsou ukazatelem dobrého testu.

Objektivita znamená, že výsledek testu závisí pouze na znalostech a dovednostech jednotlivých žáků, nezávisí na dalších okolnostech mimo něj (tj. nepromítá se do něj subjektivní vliv učitele). Správná konstrukce testu, jednoznačná formulace testových úloh, jednotné podmínky při jeho zadávání a přesná pravidla hodnocení přispívají k vysoké míře objektivitý didaktického testu (Vinter a kol. 2009, Zieleniecová 2013).

Reliabilita didaktického testu vyjadřuje míru chyby a představuje dvě složky: přesnost a spolehlivost. Test je spolehlivý, pokud by při opakovaném zadání stejného testu týmž žákům přinesl stejné (velmi podobné) výsledky. K posouzení míry reliability testu slouží koeficient reliability (hodnoty od 0 až po hodnoty blízké 1) (Chráska 1999, Zieleniecová 2013).

Validita neboli platnost didaktického testu představuje stupeň přesnosti. Test je validní, pokud prověřuje jen to, co má být skutečně prověřováno a pro co byl sestaven (Jeřábek a Bílek 2010).

Citlivost didaktického testu nám přináší informace o výkonu různých žáků s různými skutečnými znalostmi a dovednostmi. Pokud je test citlivý, výsledky žáků budou rovnoměrně rozprostřeny po celé bodové škále (Vinter a kol. 2009).

Didaktický test je praktický díky jeho jednoduchému použití, snadné a rychlé opravě výsledků a to oproti jiným způsobům zkoušení.

5 Materiál a metodika

5.1 Postup při zhotovení jednoduchého přechodného preparátu

Sběr materiálu → fixace a konzervace materiálu → příprava objektu k mikroskopování (zhotovení řezů) → uzavření objektu mezi podložní a krycí sklíčko v glycerolu/vodě (Vinter 2008).

5.2 Sběr materiálu

Materiál byl odebírán z pokojových rostlin (tropické i subtropické), rostlin rostoucích volně v přírodě (stromy, keře, trávy, aj.) i pěstovaných na zahradách, arboretech či ve sklenících. Místa sběru jednotlivých druhů rostlin zobrazuje Tabulka č. 3.

Tabulka č. 3: Místa sběru materiálu jednotlivých druhů rostlin.

	Druh rostliny	Místo sběru
1.	Aloe pravá (<i>Aloe vera</i>)	pokožová rostlina
2.	Africká fialka (<i>Saintpaulia</i>)	pokožová rostlina
3.	Banánovník (<i>Musa</i>)	pokožová rostlina
4.	Begónie korálová (<i>Begonia corallina</i>)	pokožová rostlina
5.	Bez černý (<i>Sambucus nigra</i>)	zahrada
6.	Břečťan popínavý (<i>Hedera helix</i>)	zahrada
7.	Bříza bělokorá (<i>Betula pendula</i>)	park
8.	Buk lesní (<i>Fagus sylvatica pendula</i>)	park, les
9.	Cibule kuchyňská (<i>Allium cepa</i>)	zahrada
10.	Diefenbachie skvrnitá (<i>Dieffenbachia maculata</i>)	pokožová rostlina
11.	Dub letní – křemelák (<i>Quercus robur</i>)	park, les
12.	Fíkovník pryžodárný (<i>Ficus elastica</i>)	pokožová rostlina
13.	Fitónie (<i>Fittonia</i>)	pokožová rostlina
14.	Habr obecný (<i>Carpinus betulus</i>)	park, les
15.	Hvozdík (<i>Dianthus</i>)	zahrada
16.	Ibišek (<i>Hibiscus</i>)	pokožová rostlina
17.	Jahodník (<i>Fragaria</i>)	zahradka
18.	Ječmen myší (<i>Hordeum murinum</i>)	okraj silnice
19.	Jeřáb ptačí (<i>Sorbus aucuparia</i>)	park
20.	Jinan dvojlaločný (<i>Ginko biloba</i>)	zahrada, arboretum
21.	Jírovec pleťový (<i>Aesculus x carnea</i>)	park
22.	Kaktus (<i>Rebutia</i>)	skleník
23.	Konopí seté (<i>Cannabis sativa</i>)	zahrada
24.	Kontryhel obecný (<i>Alchemilla vulgaris</i>)	zahrada, louka
25.	Kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i>)	zahrada, les
26.	Leknín bílý (<i>Nymphaea alba</i>)	zahradní nádrž

27.	Lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>)	park
28.	Líska obecná (<i>Corylus avellana</i>)	zahrada
29.	Mucholapka podivná (<i>Dionaea muscipula</i>)	skleník
30.	Opuncie - nopál (<i>Opuntia</i>)	skleník
31.	Orchidej – můrovec (<i>Phalaenopsis</i>)	pokožová rostlina
32.	Ořechovec vejčitý (<i>Carya ovata</i>)	park
33.	Ořešák královský – vlašský ořech (<i>Juglans regia</i>)	zahrada
34.	Ostřice (<i>Carex</i>)	okraj cesty
35.	Pelargónie (<i>Pelargonium</i>)	terasa
36.	Podeňka (<i>Tradescantia</i>)	pokožová rostlina
37.	Potos – šplhavnice (<i>Epipremnum pinnatum</i>)	pokožová rostlina
38.	Přeslička rolní (<i>Equisetum arvense</i>)	okraj cesty
39.	Přísavník pětistý – psí víno (<i>Parthenocissus quinquefolia</i>)	zahrada
40.	Réva vinná (<i>Vitis vinifera</i>)	zahrada
41.	Rybíz bílý (<i>Ribes rubrum</i>)	zahrada
42.	Slivoň (švestka) domácí (<i>Prunus domestica</i>)	zahrada
43.	Sveřep měkký (<i>Bromus hordeaceus</i>)	okraj cesty
44.	Tchýnin jazyk - tenura (<i>Sansevieria trifasciata</i>)	pokožová rostlina
45.	Topol černý (<i>Populus nigra</i>)	břeh rybníka
46.	Toulitka Andréova (<i>Anthurium andreanum</i>)	pokožová rostlina
47.	Třešeň ptačí (<i>Prunus avium</i>)	zahrada
48.	Vánoční kaktus (<i>Schlumbergera</i>)	pokožová rostlina
49.	Voskovka masitá (<i>Hoya bella</i>)	pokožová rostlina
50.	Zákula japonská (<i>Kerria japonica</i>)	park
51.	Zamiokulkas (<i>Zamioculcas zamiifolia</i>)	pokožová rostlina
52.	Zimolez ovíjivý (<i>Lonicera periclymenum belgica</i>)	zahrada

(Coombes 2007, Kremer 1995, Kubát 2010, Grau, Kremer, Mösel, Rambold, Triebel 1990)

5.3 Fixace a konzervace materiálu

Z náhodně vybraných rostlin byly odebrány vzorky pletiva z různých částí rostlin. Získaný materiál byl konzervován ve vodě, v glycerolu (3:1). Toto konzervační médium změkčuje především tvrdší materiál (řezání dřeva nebo sklerenchymatických pletiv) a není potřeba jej vypírat. Právě z tohoto důvodu (díky jeho vlastnostem byl zvolen pro moji práci). Fixaci bylo nutné provádět rychle, abychom tak zamezili vzniku nežádoucích artefaktů. Rostliny byly řezány příčně podle Jurčáka (Jurčák 1998) volně žiletkou v bezové duši. Fytolity byly prostudovány na čtyřech částech rostlin (řepík a čepel listů, stonek, kořen) u každého druhu, vždy ve vrcholové i střední části. Každý preparát byl pečlivě popsán (druh rostliny, místo a datum sběru). Kvůli nežádoucímu rozpouštění fytolitů v kyselém pH, nikdy nesmíme použít při fixaci kyseliny (Vinter 2008).

5.4 Příprava preparátu

Varianty přípravy mikroskopických objektů dle Vintera (2008):

- objekt neupravujeme a přímo pozorujeme;
- výřez pletiva (např. pozorování suknice cibule);
- vytlačení, popř. roztlačení pletiva (dužnatá pletiva);
- zhotovení tenkých příčných (transverzálních) řezů v ruce pomocí bezové duše – malý kousek pletiva upevníme do podélně rozkrojené bezové duše, provedeme první srovnávací řez a poté několik co nejtenčích řezů (řežeme jedním tahem a zešikma), řezy přeneseme štětečkem do kapky vody nebo glycerolu na podložní sklo. Krycí sklíčko položíme na hranu a zvolna přiklopíme, tím omezíme přítomnost nežádoucích bublin. Voda nebo glycerin se nesmí dostat na svrchní stranu krycího sklíčka. Výhodou glycerinových preparátů je jejich trvanlivost. Takové preparáty

vydrží i několik měsíců až let. Vodní preparáty pouze několik minut, což je jejich velké negativum.

5.5 Postup při zhotovení otiskového preparátu

V podmínkách středních škol lze provést jednoduchý otiskový preparát pro důkaz a pozorování stomat (inkrustovaných stomat přesličky rolní) použitím tzv. mikroreliefovy metody (zhotovení otiskového preparátu pomocí laku na nehty). Tenká vrstva bezbarvého laku na nehty se nanese na čtverec o ploše 5 x 5 mm na určenou část rostliny (např. spodní stranu listu, epidermis lodyhy přesličky apod.), nechá se zaschnout, pomocí bezbarvé izolepy se opatrně sloupne a přilepí na podložní sklo. Při mikroskopování je potřeba silně clonit (Vinter 2008, Jurčák 1998).

5.6 Postup při zhotovení roztlakového preparátu

Odlišným mechanickým způsobem, než je provedení řezu, můžeme připravit mikroskopické preparáty roztlakové. Takové preparáty připravujeme rozmáčknutím rostlinného materiálu nejčastěji do jedné vrstvy buněk (Jurčák 1998). Tento způsob byl použit v mé diplomové práci při přípravě preparátu dužniny banánu.

5.7 Pozorování pod mikroskopem

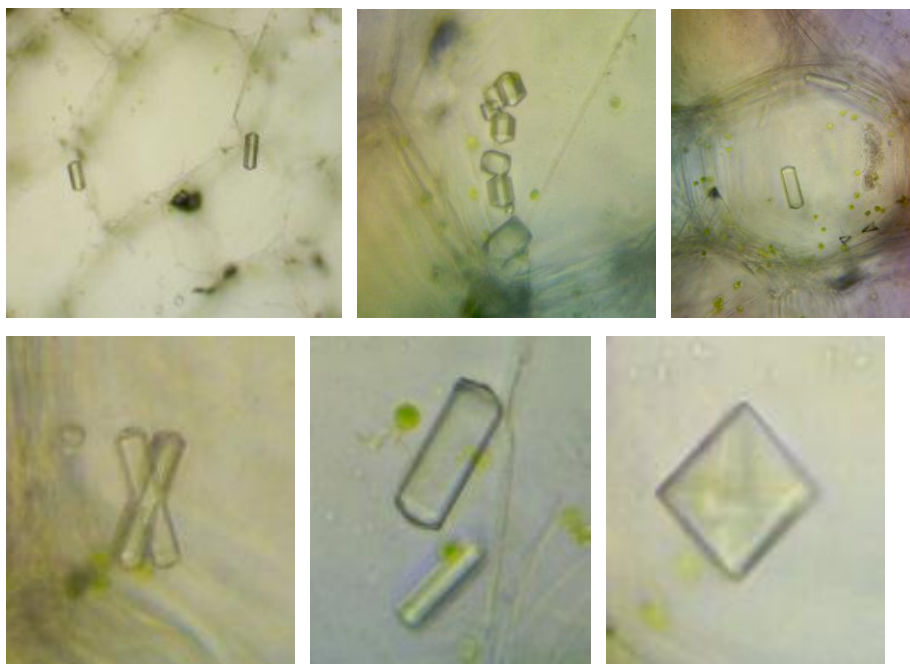
Z příčných řezů rostlin byly vytvořeny přechodné preparáty, ty byly pozorovány mikroskopem Olympus CX 31 s optikou UIS2 stejně jako otiskové preparáty. K pořízení fotografií byl použit mikrofotografický systém Olympus CX 40 s kamerou AXIO CAM ERe5s (s programem AXIO VISION SE54) na pracovišti Katedry botaniky PřF UP v Olomouci, dále mikrofotografický systém Olympus CX 21 (s programem ScopeImage 9.0) v biologické laboratoři Gymnázia Františka Palackého ve Valašském Meziříčí. Fotografický materiál byl dále použit při tvorbě výukového CD, zaměřeného na fytoolyty ve výuce biologie na středních školách. Při tvorbě výukového materiálu byl využíván Microsoft Office PowerPoint 2007.

6 Výsledky

6.1 Přehled pozorovaných fytolitů a jejich klasifikace

Tato podkapitola praktické části diplomové práce se zabývá mikroskopováním a pořízením mikrofotografií fytolitů jednotlivých druhů rostlin. Všechny mikroskopické fotografie (uváděny s popisem) jsem zpracovala v digitální formě na prezenční CD (viz příložené CD), příložené obrázky (mikroskopické fotografie řezaných rostlin) jsem seřadila dle druhů fytolitů.

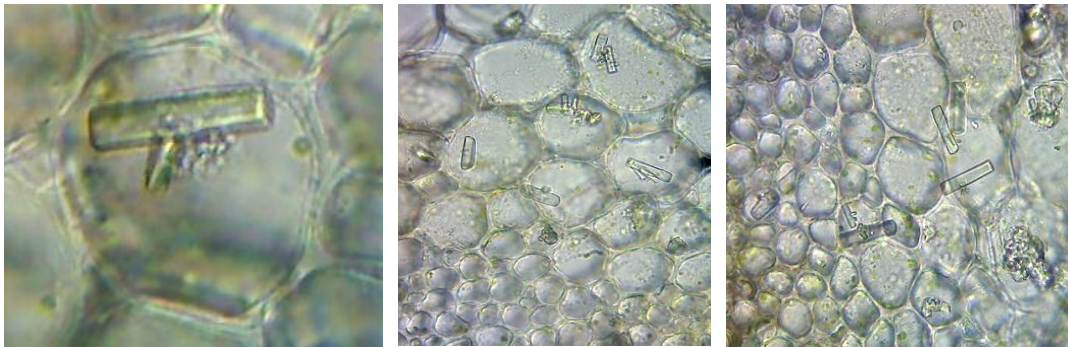
6.1.1 Styloidy



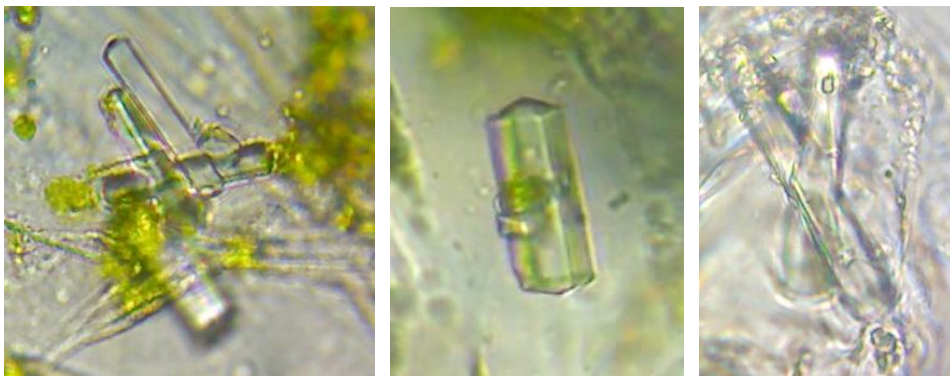
Obr. č. 1: Příčný řez řapíkem listu africké fialky (*Saintpaulia*). Styloidy (hranolovité útvary šťavelanu vápenatého ve formě trihydrátů ve čtverečné soustavě) v buňkách africké fialky (*Saintpaulia*).

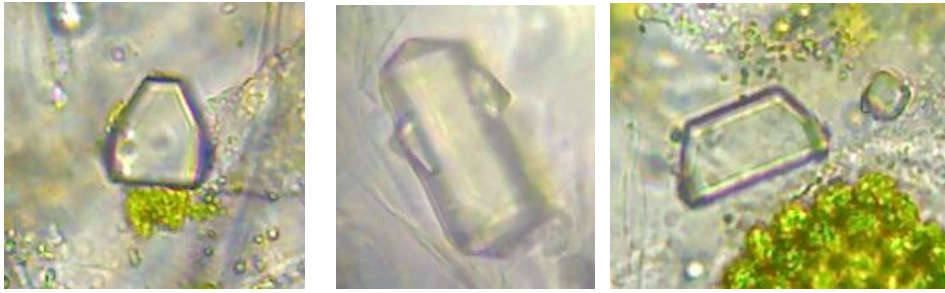


Obr. č. 2: Styloidy v buňkách suknice cibule kuchyňské (*Allium cepa*).

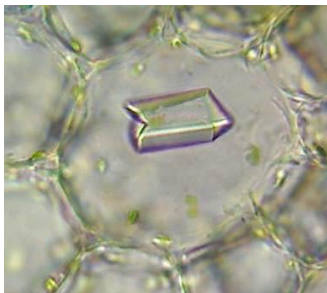


Obr. č. 3: Styloidy na příčném řezu stonkem hvozdíku (*Dianthus*).



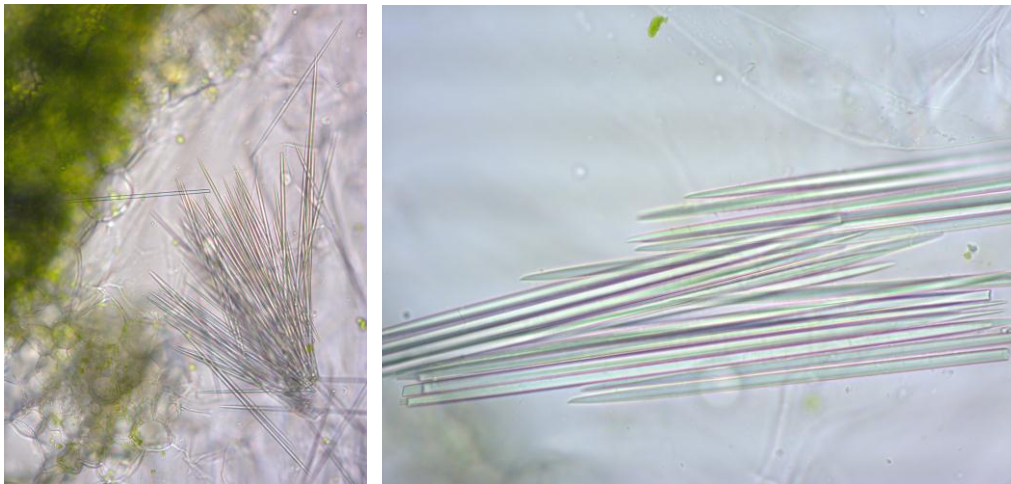


Obr. č. 4: Příčný řez zdužnatělým stonkem kaktusu (*Rebutia*) s hranolovitými styloidy šťavelanu vápenatého.

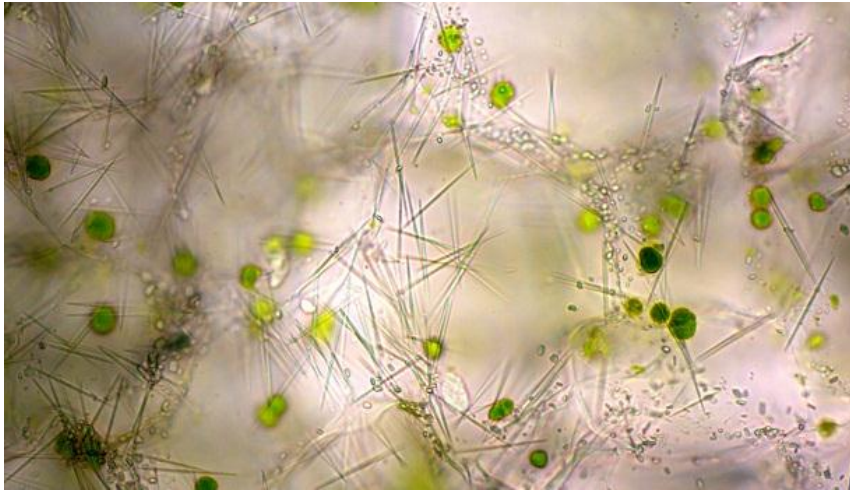


Obr. č. 5: Styloidy na příčném řezu řapíkem listu révy vinné (*Vitis vinifera*).

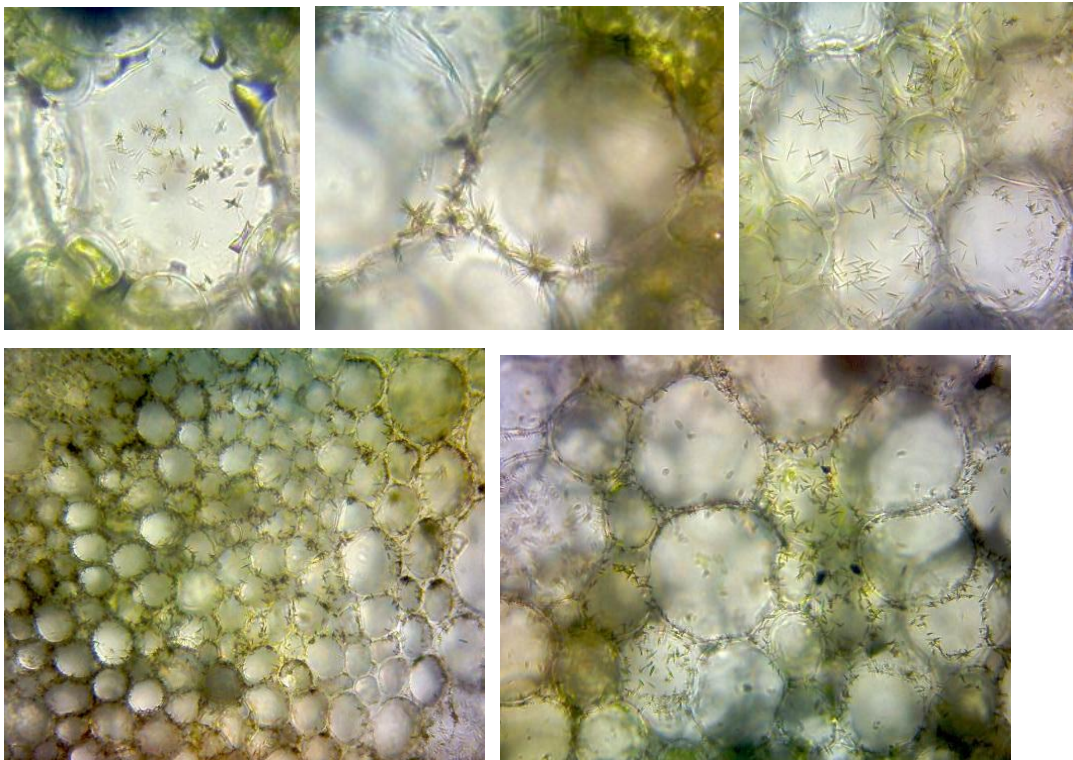
6.1.2 Rafidy



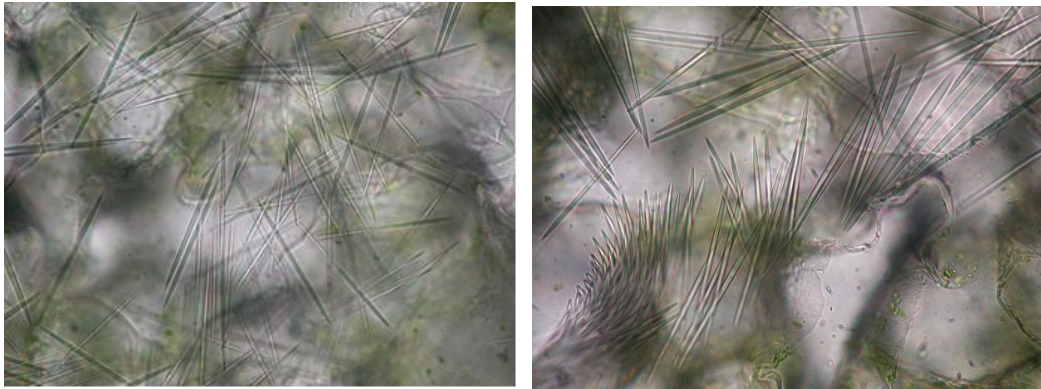
Obr. č. 6: Příčný řez dužnatým listem aloe pravé (*Aloe vera*). Rafidy (jehlicovité, na konci zašpičatělé krystaly) šťavelanu vápenatého v dužnatém listu aloe pravé (*Aloe vera*).



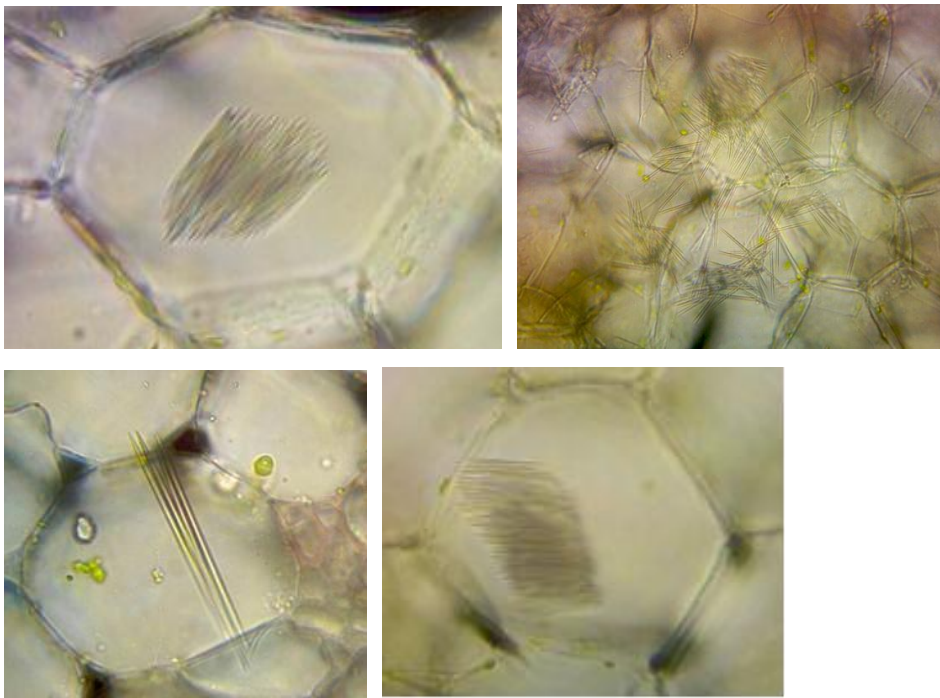
Obr. č. 7: Rafídy na příčném řezu listem dieffenbachie skvrnitě (*Dieffenbachia maculata*).



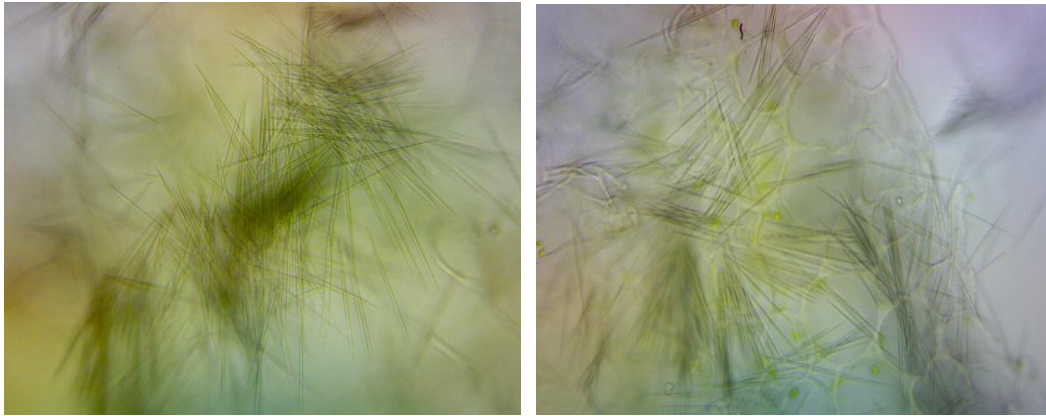
Obr. č. 8: Příčný řez řapíkem lapacího listu mucholapky podivné (*Dionaea muscipula*) s jehlicovitými rafídy.



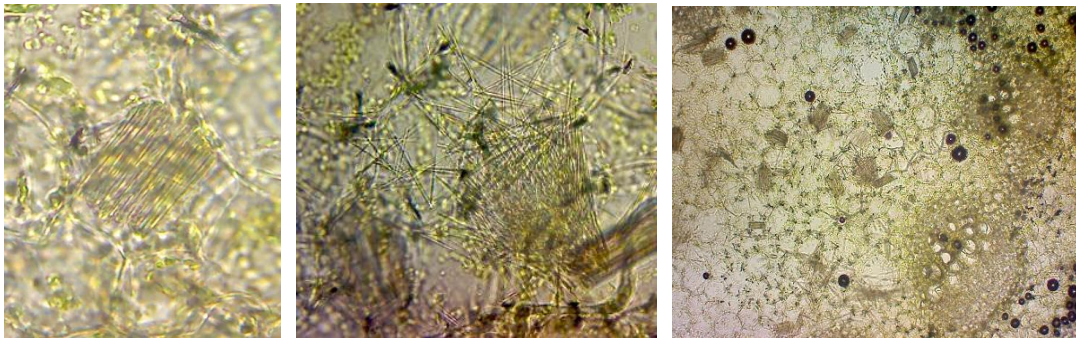
Obr. č. 9: Rafidy šťavelanu vápenatého na příčném řezu vzdušným kořenem orchideje - můrovce (*Phalaenopsis*).



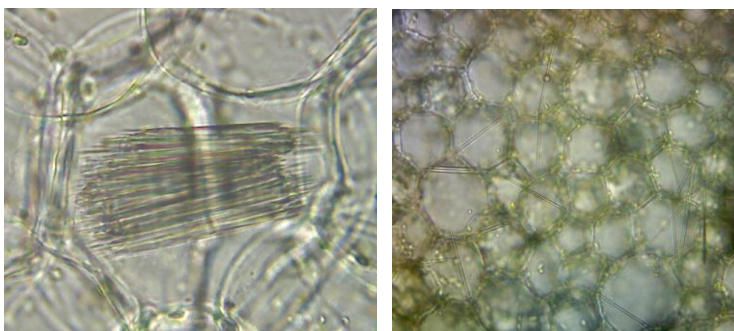
Obr. č. 10: Příčný řez řapíkem a stonkem podeňky (*Tradescantia*) se zašpičatělými rafidy v buňkách dřene.



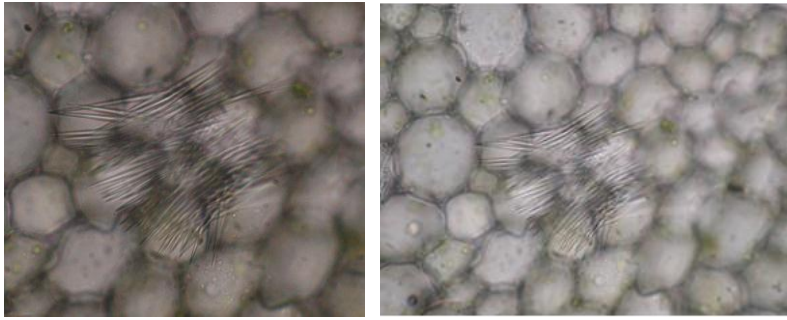
Obr. č. 11: Rafidy šťavelanu vápenatého na příčném řezu řapíkem potosu - šplhavnice (*Epipremnum pinnatum*).



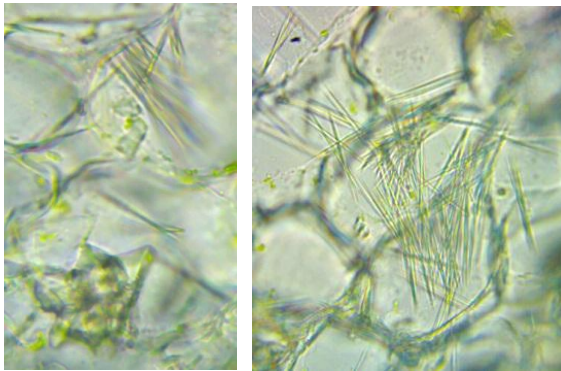
Obr. č. 12: Příčný řez řapíkem zeleného listu přísavníku pětিলistého – psího vína (*Parthenocissus quinquefolia*) se zašpičatělými rafidy.



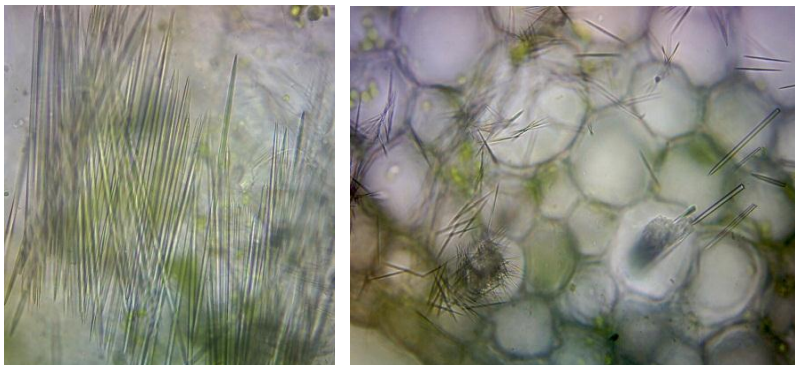
Obr. č. 13: Příčný řez řapíkem listu révy vinné (*Vitis vinifera*). Rafidy v buňkách mezofylu révy vinné (*Vitis vinifera*).



Obr. č. 14: Jehlicovité útvary, rafidy, na příčném řezu listem a řapíkem tchýnina jazyku - tenury (*Sansevieria trifasciata*).



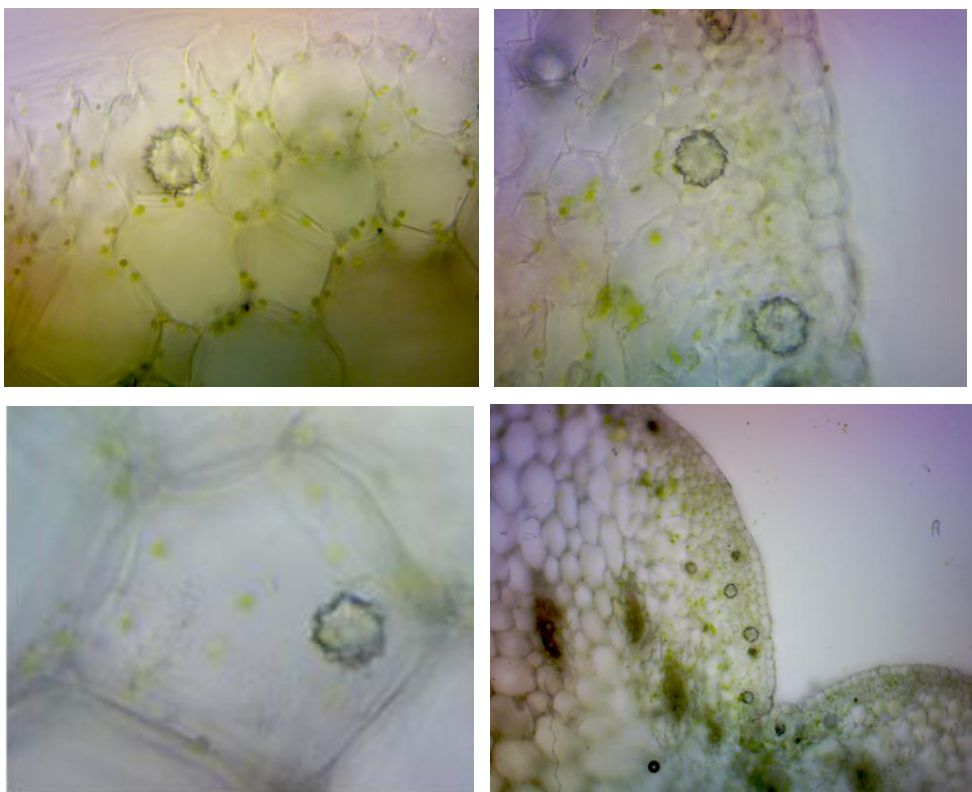
Obr. č. 15: Příčný řez řapíkem listu toulitky Andréovy (*Anthurium andreanum*) s rafidy šťavelanu vápenatého.



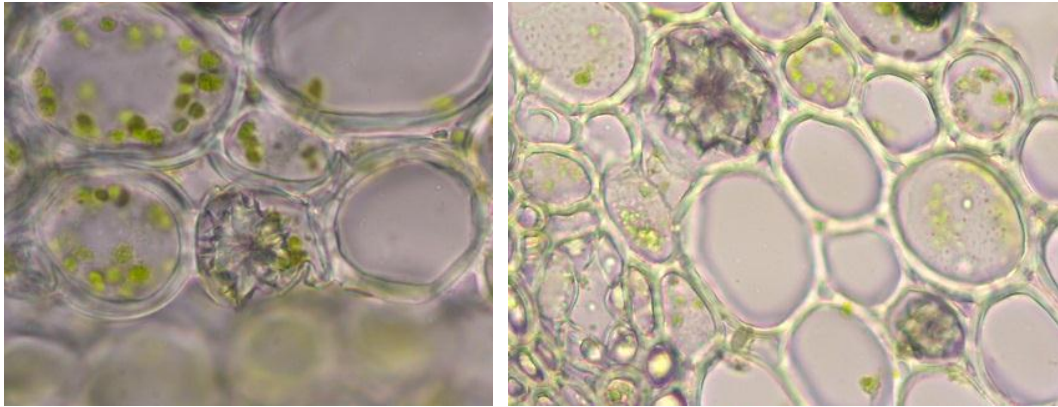


Obr. č. 16: Rafidy na příčném řezu řapíkem listu zamiokulkasu (*Zamioculcas zamiifolia*).

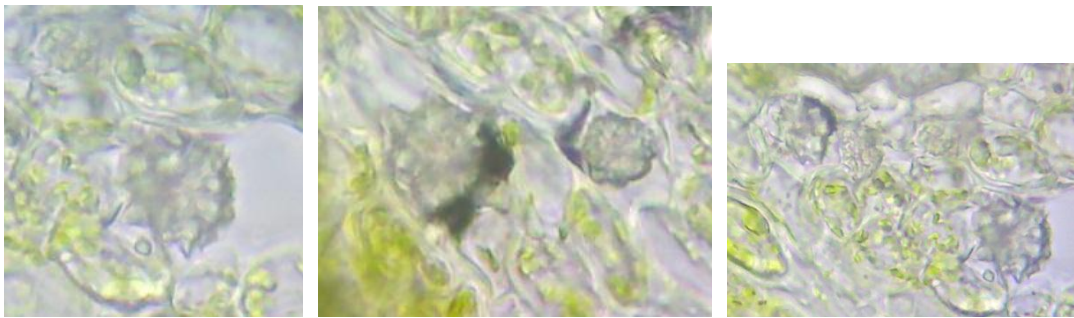
6.1.3 Drůzy



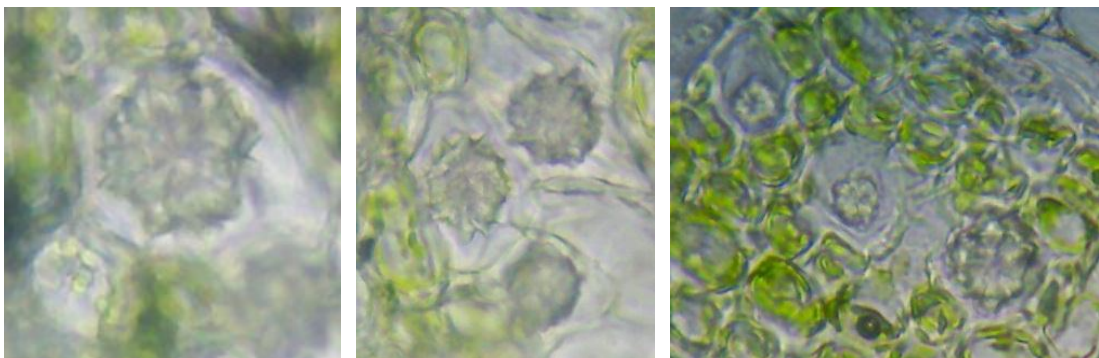
Obr. č. 17: Příčný řez řapíkem listu begónie korálovské (*Begonia corallina*). Drůzy (srostlice krystalů) šťavelanu vápenatého v řapíku listu begónie korálovské (*Begonia corallina*).



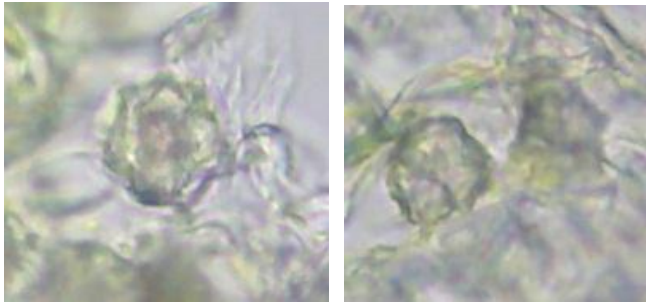
Obr. č. 18: Drůzy na příčném řezu listem a řapíkem břečťanu popínavého (*Hedera helix*).



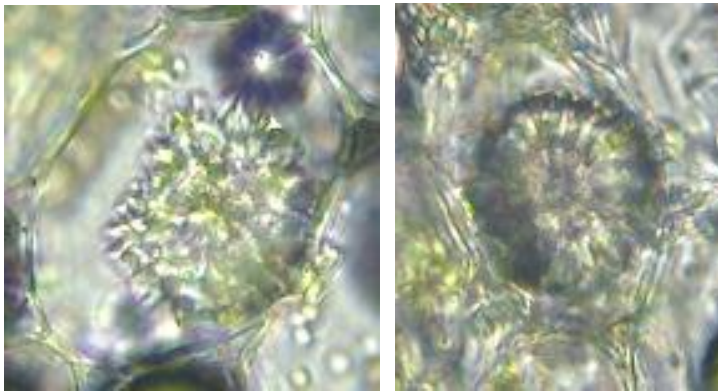
Obr. č. 19: Příčný řez větvičkou břízy bělokoré (*Betula pendula*) s drůzami šťavelanu vápenatého.



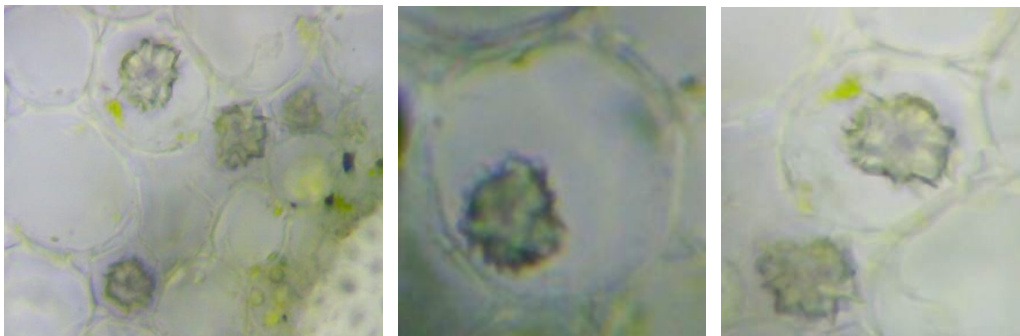
Obr. č. 20: Drůzy na příčném řezu větévkou dubu letního (*Quercus robur*).



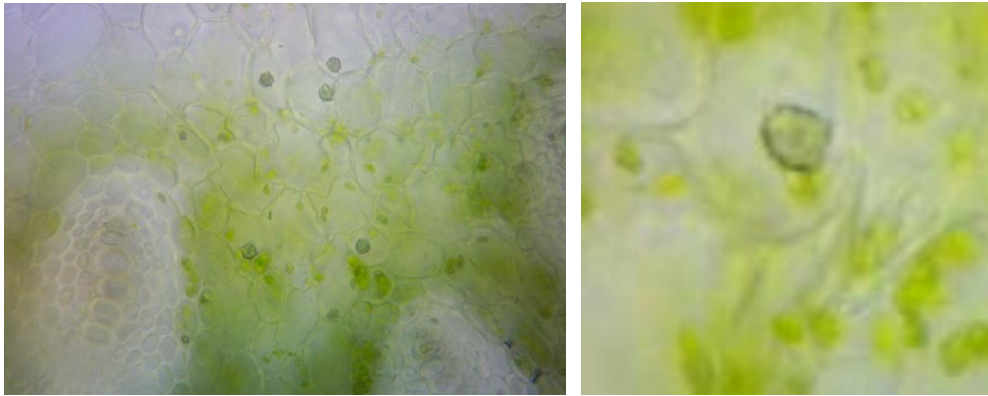
Obr. č. 21: Příčný řez větévkou habru obecného (*Carpinus betulus*). Srostlice krystalů šřavelanu vápenatého, drůzy, ve větvičce habru obecného (*Carpinus betulus*).



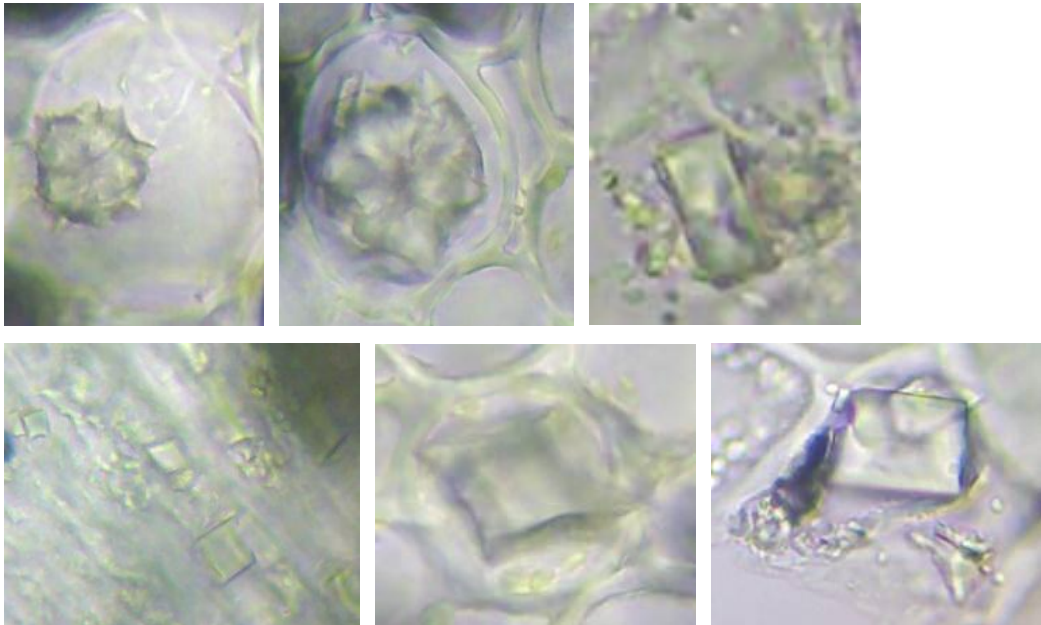
Obr. č. 22: Drůzy na příčném řezu listem ibišku (*Hibiscus*).



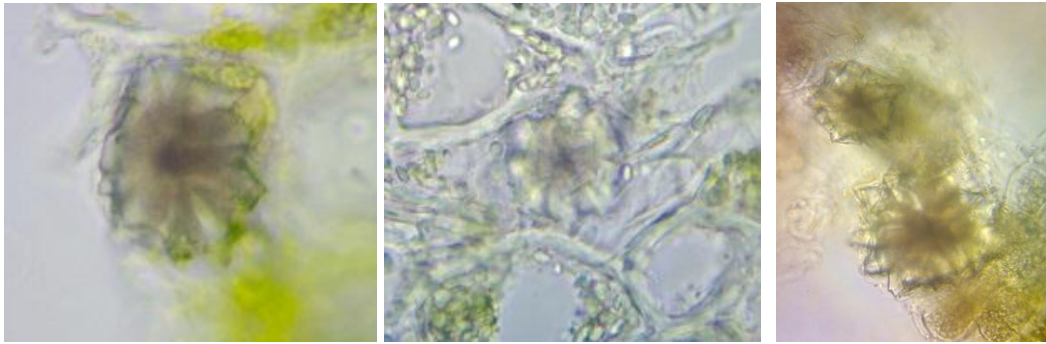
Obr. č. 23: Drůzy na příčném řezu řapíkem listu jahodníku (*Fragaria*).



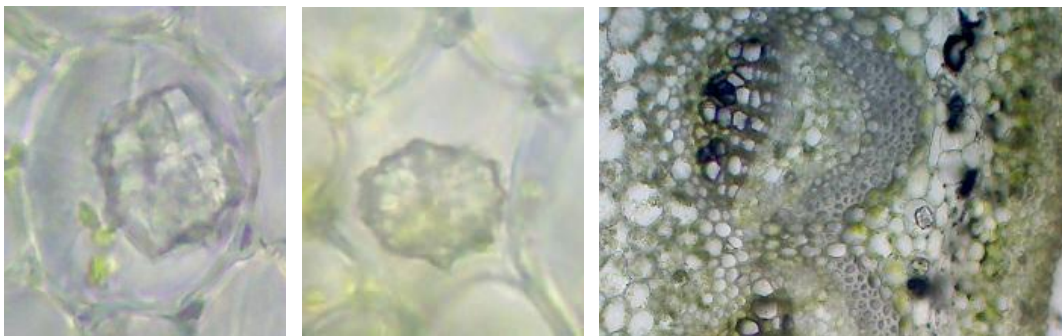
Obr. č. 24: Příčný řez kolénkem (nodem) stébla ječmene myšího (*Hordeum murinum*) a drúzami.



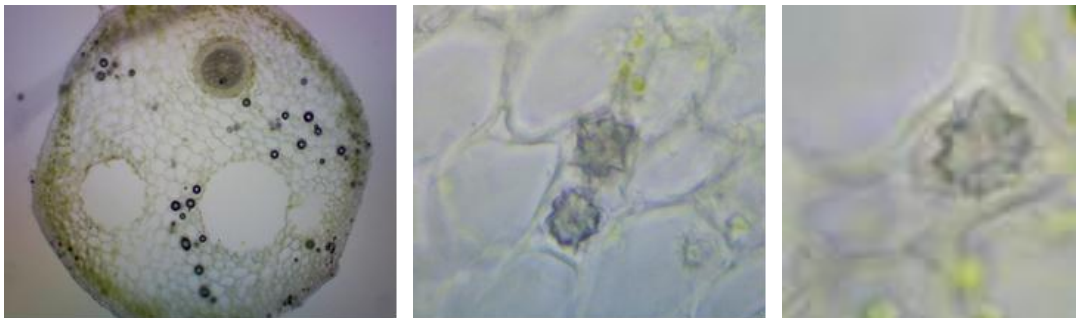
Obr. č. 25: Příčný řez větvkou jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*).Drúzy a krystaly šťavelanu vápenatého ve zveličelých buňkách větvky jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*).



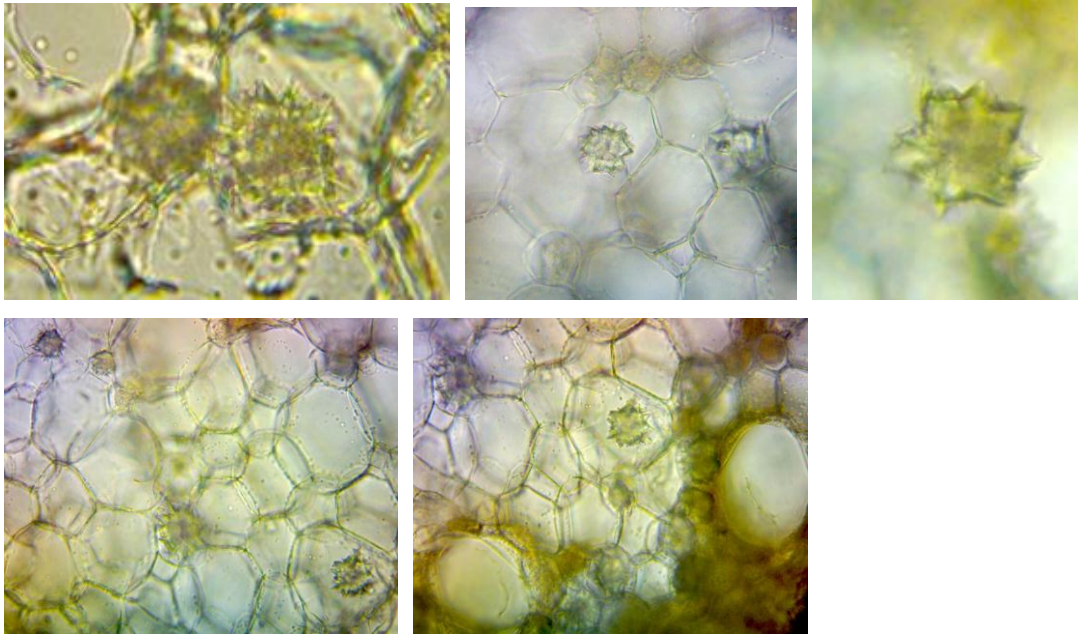
Obr. č. 26: Drůzy na příčném řezu větévkou jinanu dvojlaločného (*Ginkgo biloba*).



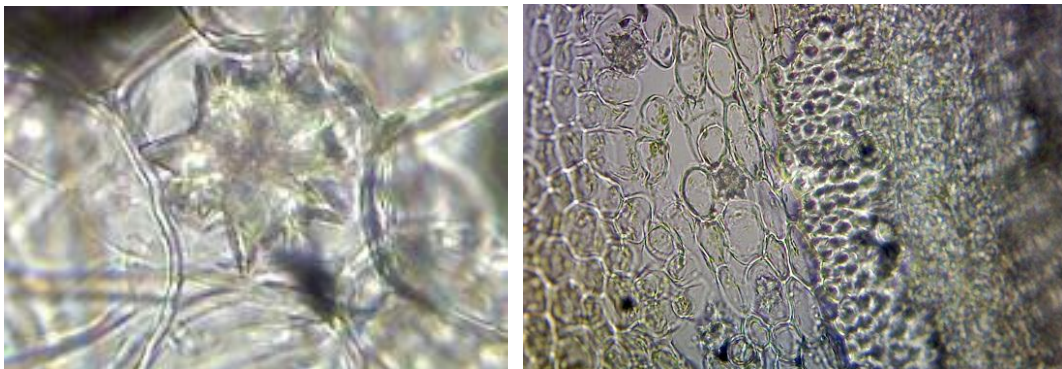
Obr. č. 27: Příčný řez větévkou jírovce pleťového (*Aesculus x carnea*) s drůzami šťavelanu vápenatého.



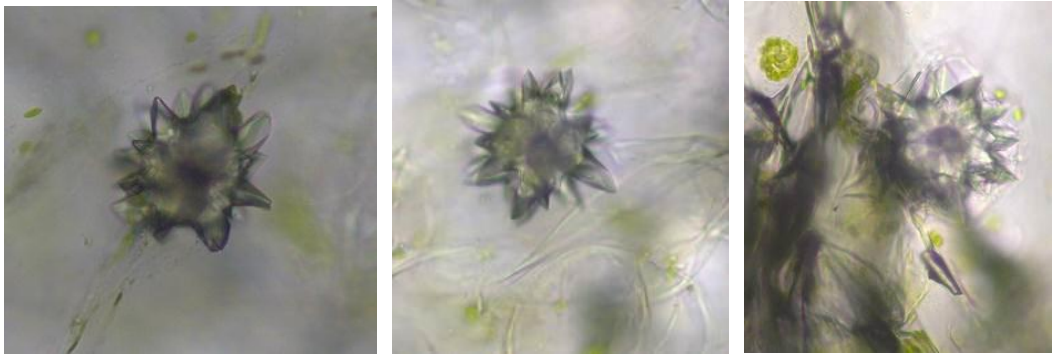
Obr. č. 28: Srostlice krystalů, drůzy, na příčném řezu řapíkem listu kontryhelu obecného (*Alchemilla vulgaris*).



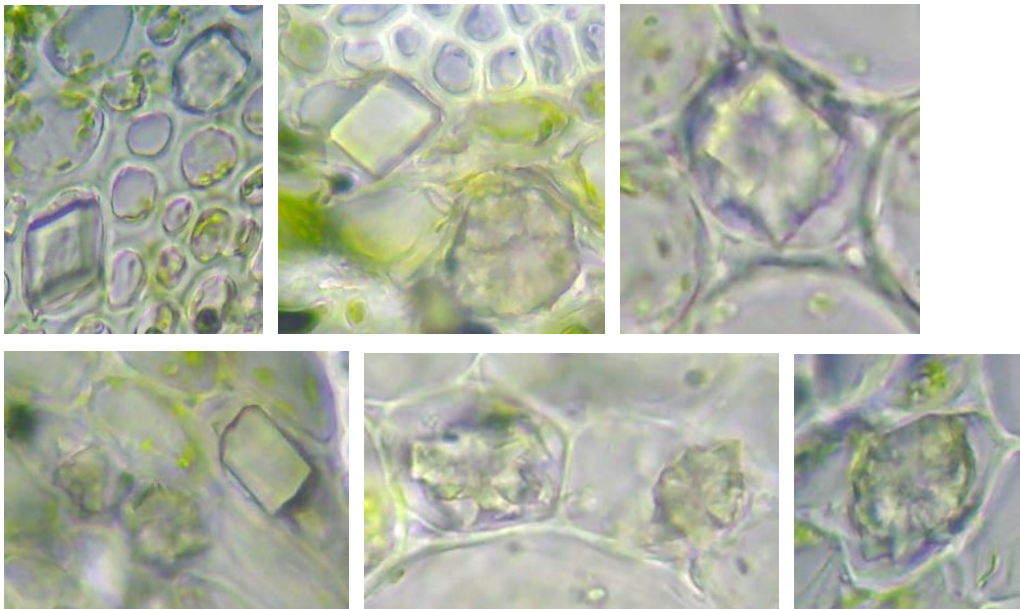
Obr. č. 29: Krystalové drůzy v buňkách primární kůry (nebo dřene) na příčném řezu větvíčkou lípy srdčité (*Tilia cordata*).



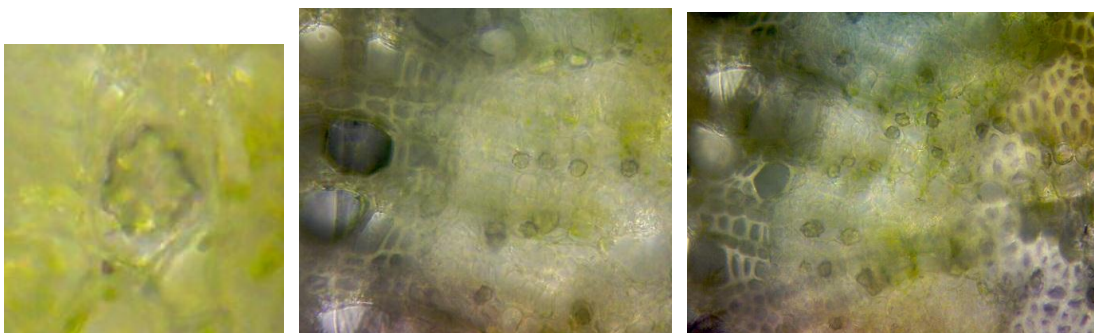
Obr. č. 30: Příčný řez větvíčkou lísky obecné (*Corylus avellana*). Drůzy šťavelanu vápenatého v dřeni větvíčky lísky obecné (*Corylus avellana*).



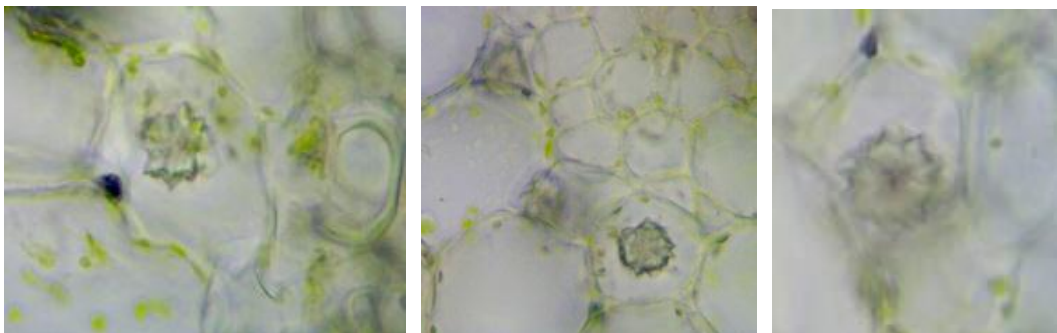
Obr. č. 31: Drůzy na příčném řezu zdužnatělým článkem stonkového původu opuncie - nopálu (*Opuntia*).



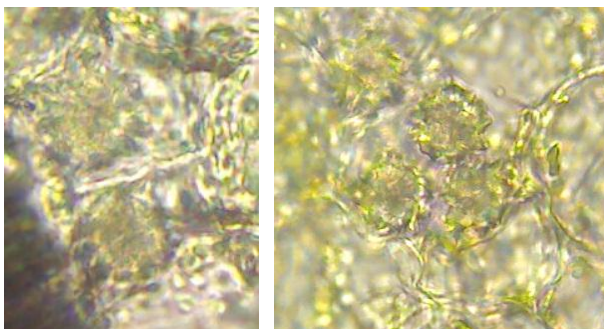
Obr. č. 32: Příčný řez řapíkem listu ořechovce vejčitého (*Carya ovata*). Drůzy a krystaly šťavelanu vápenatého ve zveličelých buňkách ořechovce vejčitého (*Carya ovata*).



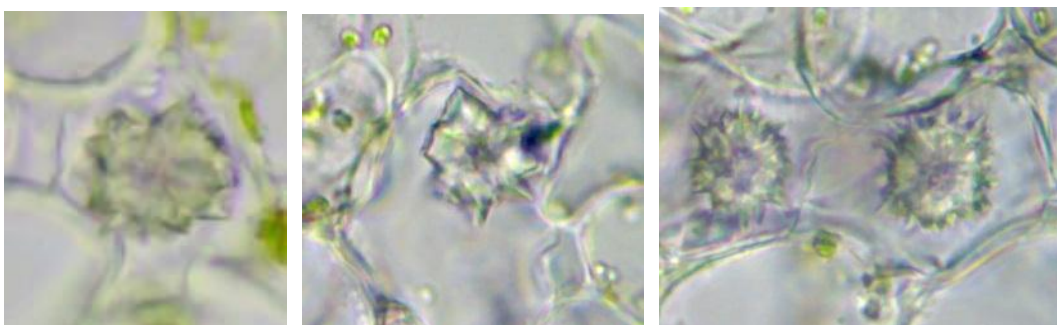
Obr. č. 33: Drůzy na příčném řezu řapíkem listu ořešáku královského (*Juglans regia*).

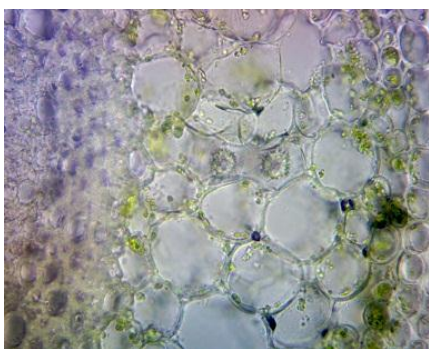


Obr. č. 34: Drůzy na příčném řezu řapíkem listu pelargónie (*Pelargonium*).

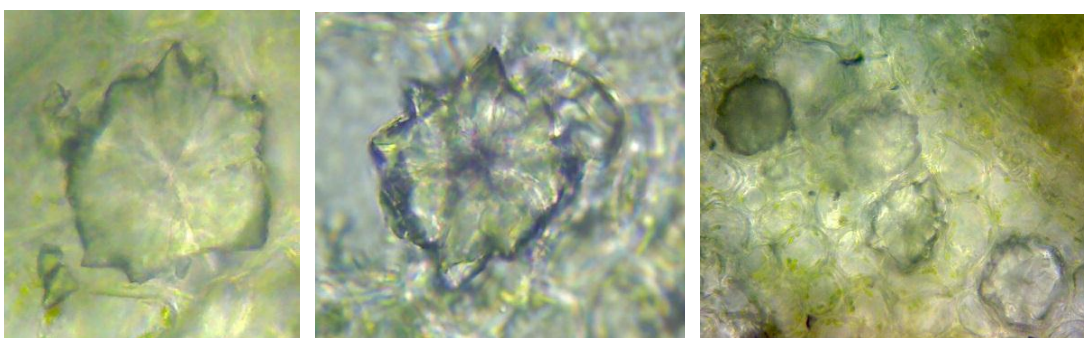


Obr. č. 35: Příčný řez řapíkem zeleného listu přísavníku pětistého – psiho vína (*Parthenocissus quinquefolia*) s drůzami.

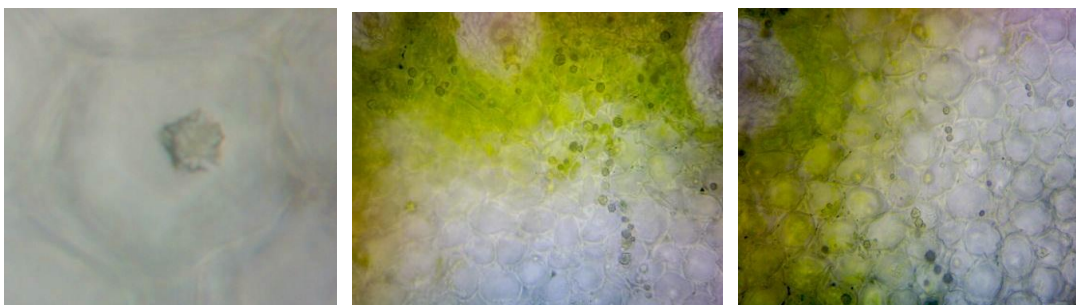




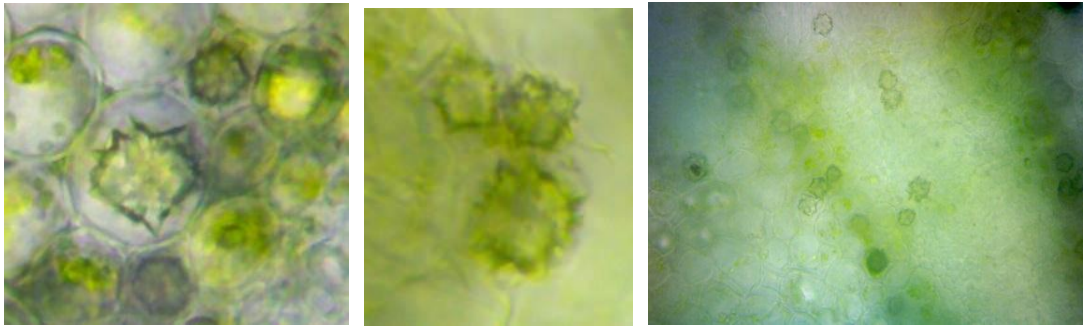
Obr. č. 36: Drůzy na příčném řezu řapíkem listu rybízu bílého (*Ribes rubrum*).



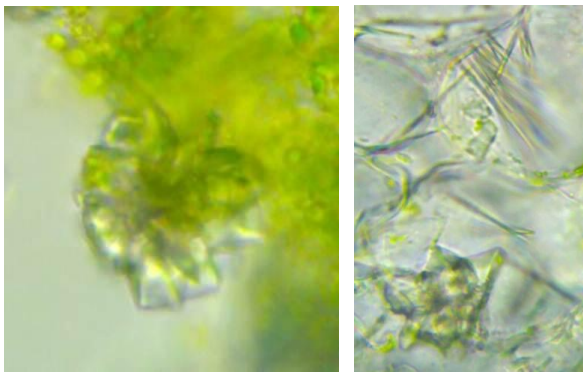
Obr. č. 37: Příčný řez větévkou slivoně (švestky) domácí (*Prunus domestica*) s drůzami.



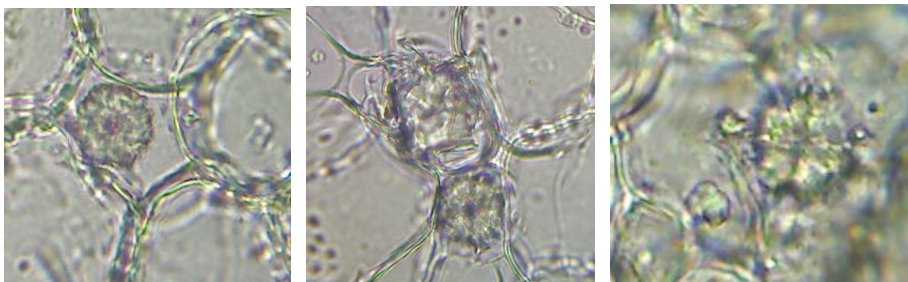
Obr. č. 38: Drůzy na příčném řezu kolénkem (nodem) stébla sveřepu měkkého (*Bromus hordeaceus*).

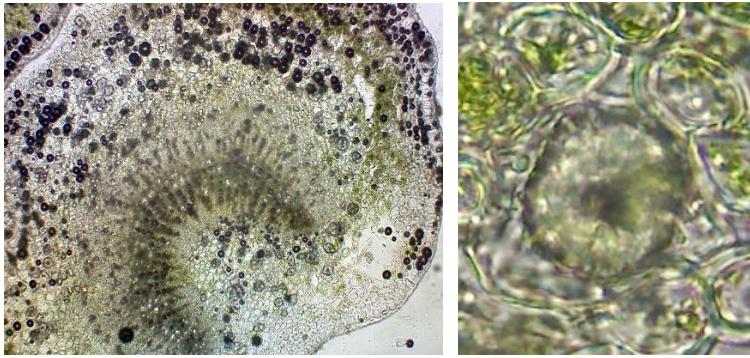


Obr. č. 39: Příčný řez větvkou topolu černého (*Populus nigra*). Krystalové drůzy v dřeni mladé větvky topolu černého (*Populus nigra*).

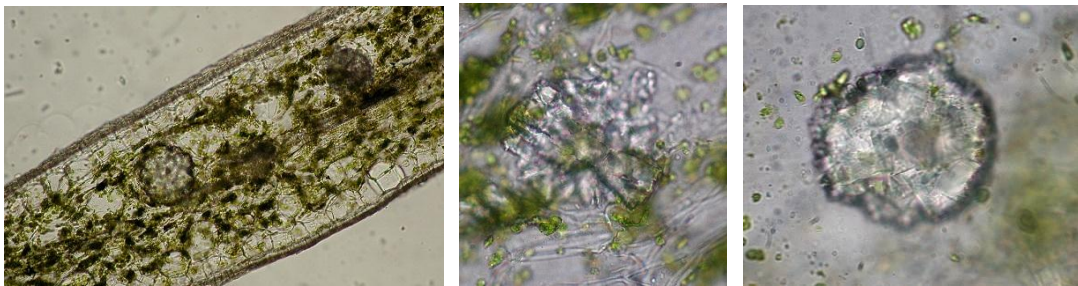


Obr. č. 40: Příčný řez listem a řapíkem toulitky Andréovy (*Anthurium andreaeanum*) se srostlicemi krystalů, drůzami.

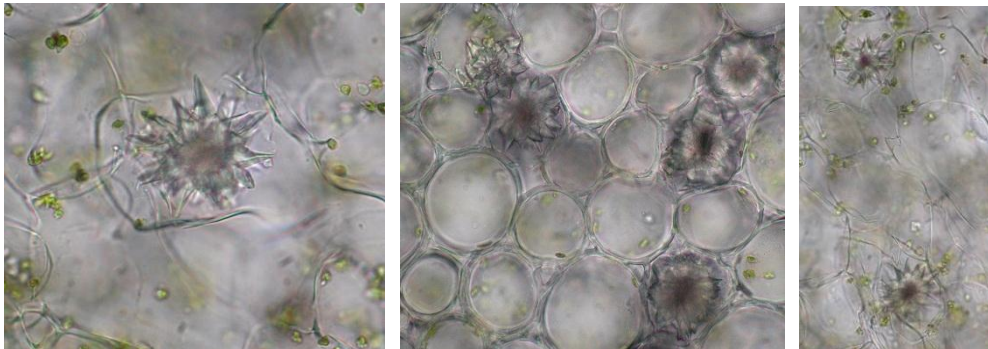




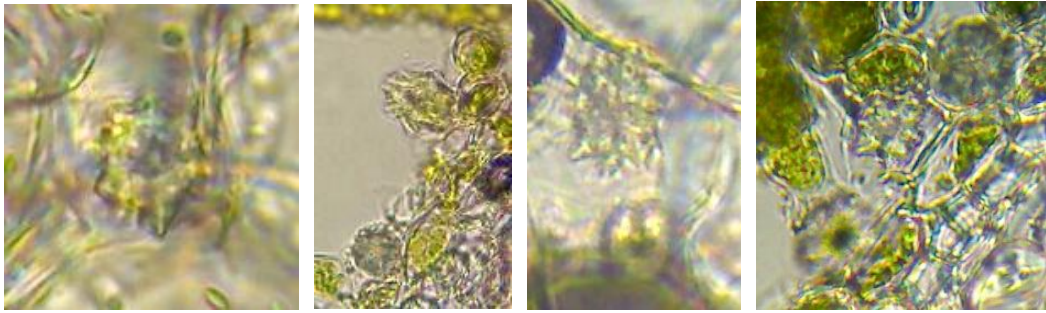
Obr. č. 41: Drůzy na příčném řezu větvkou třešně ptačí (*Prunus avium*).



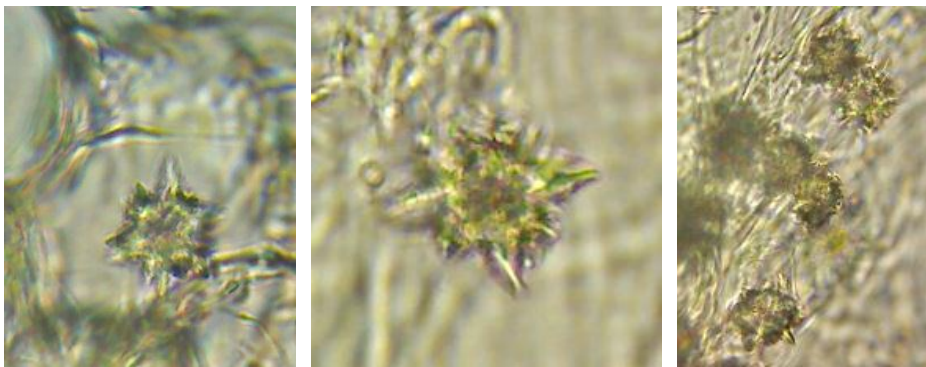
Obr. č. 42: Krystalové drůzy na příčném řezu plochým článkem stonku vánočního kaktusu (*Schlumbergera*).



Obr. č. 43: Příčný řez listem a řapíkem u druhu voskovka masitá (*Hoya bella*) s drůzami.

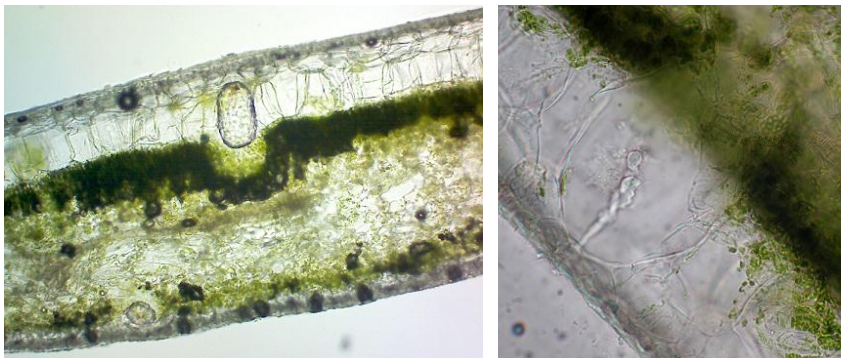


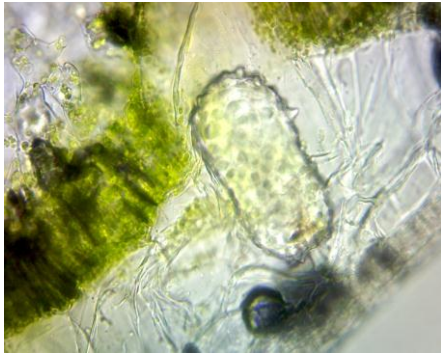
Obr. č. 44: Drůzy na příčném řezu stonkem zákuly japonské (*Kerria japonica*).



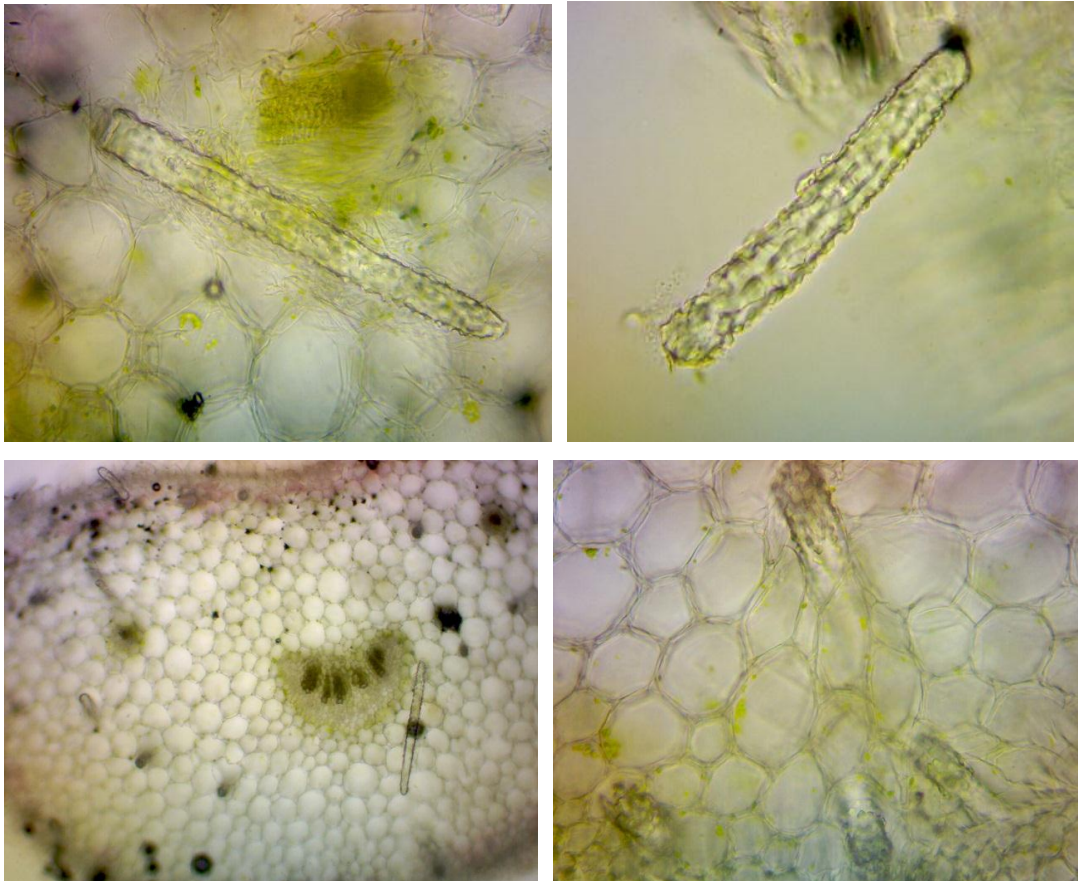
Obr. č. 45: Příčný řez řapíkem listu zimolezu ovíjivého (*Lonicera periclymenum belgica*) s drůzami šťavelanu vápenatého.

6.1.4 Cystolity



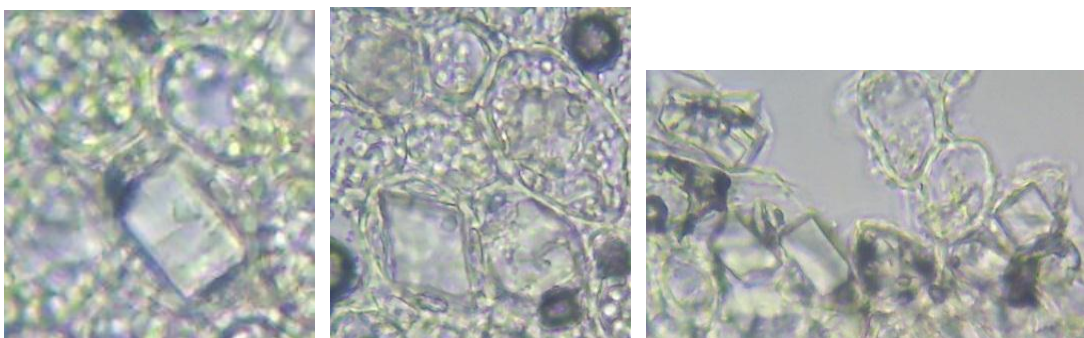


Obr. č. 46: Lithocysty (zveličené buňky) ve svrchní epidermis bifaciálního listu fikovníku pryžodárného (*Ficus elastica*). Celulózní stopky lithocystů vytvářejí hroznovitě shluky uhličitanu vápenatého tzv. cystolity.

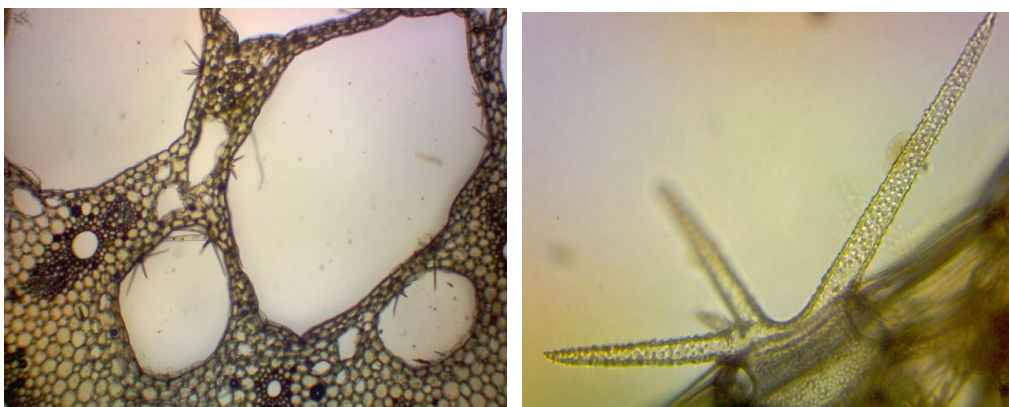


Obr. č. 47: Cystolity na příčném řezu řapíkem listu fitónie (*Fittonia*).

6.1.5 Idioblasty s fytolity



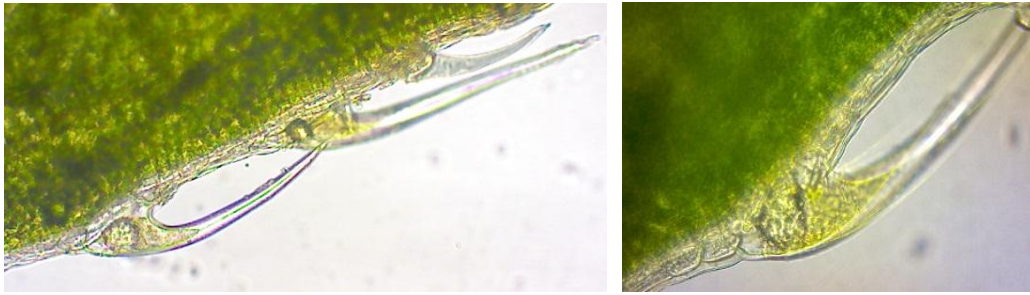
Obr. č. 48: Idioblasty s fytolity na příčném řezu větvičkou buku lesního (*Fagus sylvatica pendula*).



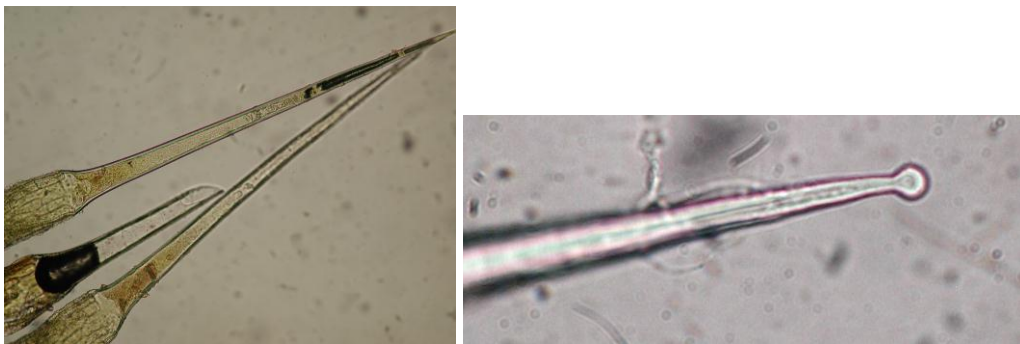
Obr. č. 49: Příčný řez řapíkem listu leknínu bílého (*Nymphaea alba*). Hvězdčovitý idioblast, který ční do nitra interceluláry v řapíku listu leknínu bílého (*Nymphaea alba*). Fytolity (krystalky šťavelanu vápenatého) jsou umístěny v buněčných stěnách idioblastu.

6.1.6 Inkrustace silikáty

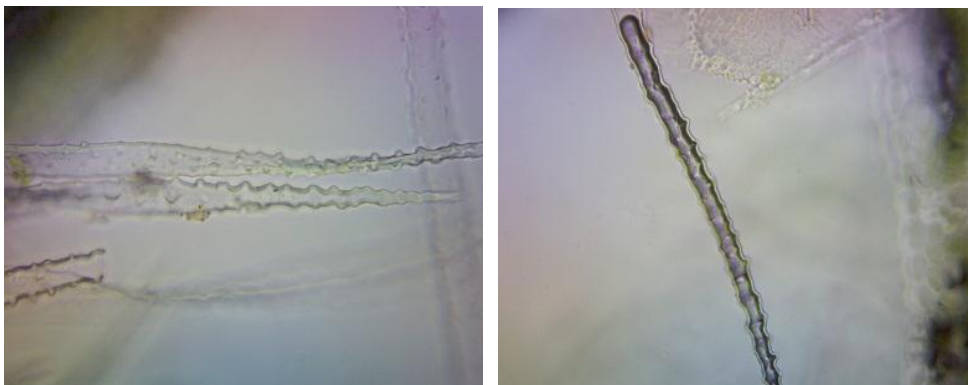


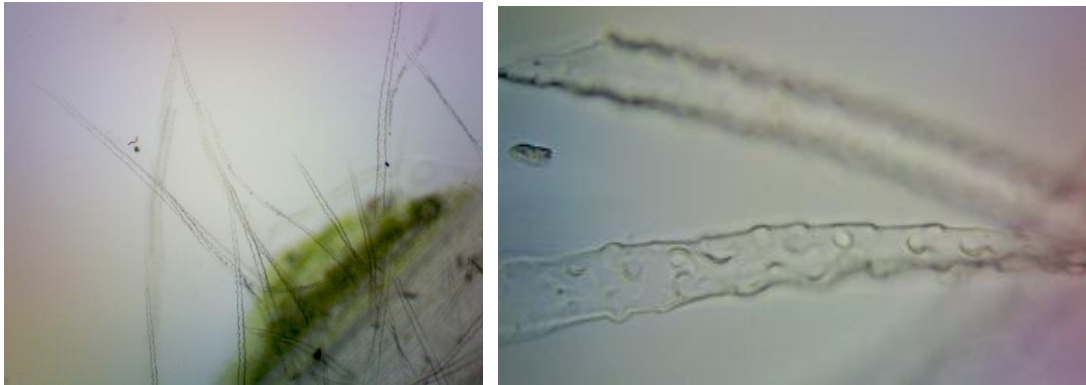


Obr. č. 50: Žláznatý trichom na listech konopí setého (*Cannabis sativa*) inkrustován oxidem křemičitým.

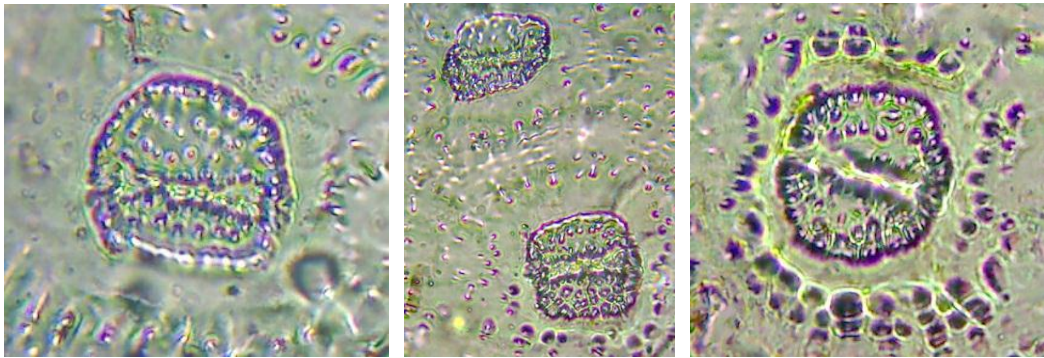


Obr. č. 51: Inkrustovaná (kyselina křemičitá) křehká špička žahavého trichomu kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*), obsahující histamin a acetylcholin, látky, které dráždí pokožku.



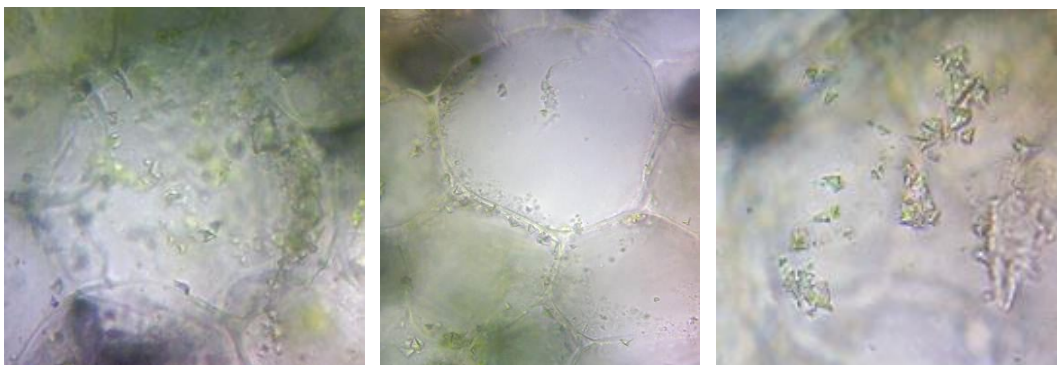


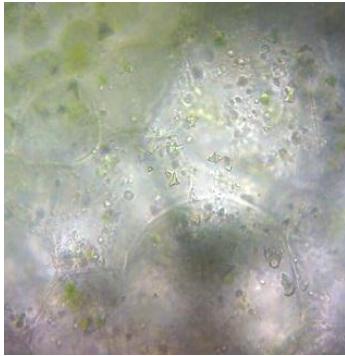
Obr. č. 52: Trichom ostřice (*Carex*) inkrustovaný kyselinou křemičitou.



Obr. č. 53: Otiskový preparát epidermis letní lodyhy přesličky rolní (*Equisetum arvense*). Vnější stěny epidermálních buněk, včetně svěracích buněk stomat, jsou inkrustovány silikáty. Kumulované silikáty vytvářejí hrbolky (protuberance), které jsou viditelné na otiskovém preparátu letní lodyhy přesličky rolní (*Equisetum arvense*).

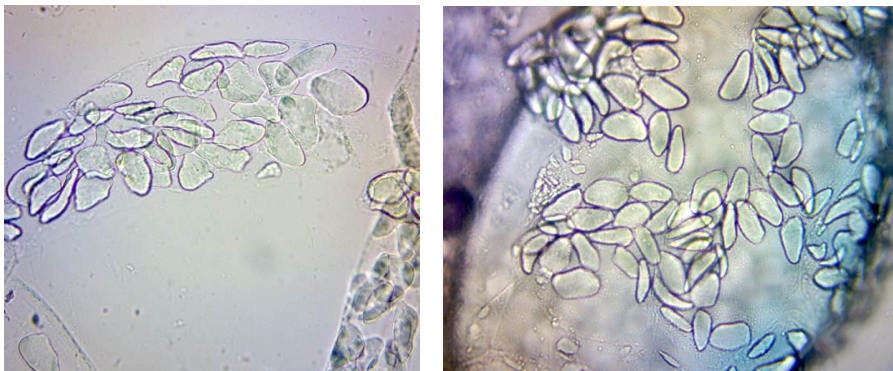
6.1.7 Krystalický písek





Obr. č. 54: Příčný řez větvičkou bezu černého (*Sambucus nigra*). Krystalický písek (drobné krystaly vyskytující se ve velkém množství) v buňkách dřene bezu černého (*Sambucus nigra*).

6.1.8 Amyloplasty


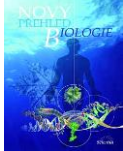



Obr. č. 55: Roztlakový preparát dužniny banánu (*Musa*) s amyloplasty.

6.2 Analýza učebnic biologie

Provedla jsem analýzu devíti často používaných učebnic biologie. Analyzovala jsem jednu učebnici pro základní školy, ostatní pro střední školy. Tyto knihy jsem přečetla a pátrala po tématu fytolity. Výsledky shrnuje Tabulka č. 4.

Tabulka č. 4: Seznam a srovnání studované literatury pro ZŠ, SŠ.

Vybrané učebnice biologie pro ZŠ a SŠ pro analýzu	ČERNÍK A KOL. (2003): Přírodopis II. pro 7. ročník ZŠ – Zoologie a botanika. SPN, Praha.	HANČOVÁ, H., VLKOVÁ, M. (2005): Biologie I. v kostce. Fragment, Praha.	KINCL, J. A KOL. (2008): Biologie rostlin. Vyd. 6., Fortuna, Praha.	ROSYPAL A KOL. (2003): Nový přehled biologie. Scientia spol s r. o., Mníšek pod Brdy.	ZICHÁČEK, V., JELÍNEK, J. (2007): Biologie pro gymnázia. Vyd. 9., Nakladatelství Olomouc.
Obal učebnice					
fytolit	X	X	X	X	X
styloid	X	X	X	X	X
drůza	X	X	X	X	X
rafid	X	X	ANO	X	X
idioblast	X	ANO	ANO	ANO	ANO
cystolit	X	X	X	X	X
krystalický písek	X	X	X	X	X
sférit	X	X	X	X	X
amyloplast	X	ANO	ANO	X	X
aleuronová zrna	X	X	X	X	X
krystalická inkluze	X	X	X	X	ANO
krystal	X	X	ANO	X	ANO
inkrustace anorg./org. látkami	X	ANO	ANO	X	X

Vybrané učebnice biologie pro ZŠ a SŠ pro analýzu	JELÍNEK, J. (1993): Biologie. FIN, Olomouc.	KUBIŠTA, V.(1992): Obecná biologie. Forfuna, Praha.	KUBIŠTA, V. (1998): Buněčné základy životních dějů. Scientia, Praha.	KISLINGER, F., LANÍKOVÁ, J., ŠLÉGR, J., ŽURKOVÁ, I. (1995): Biologie V. (Základy obecné biologie), Typos, Klatovy.
Obal učebnice				
fytolit	X	X	X	X
styloid	X	X	X	X
drůza	X	X	X	X
rafid	X	X	X	X
idioblast	ANO	X	X	X
cystolit	X	X	X	X
krystalický písek	X	X	X	X
sférit	X	X	X	X
amyloplast	X	X	X	ANO
aleuronová zrna	X	X	X	X
krystalická inkluze	X	X	X	ANO
krystal	X	X	X	ANO
inkrustace anorg./org. látkami	ANO	X	X	X

6.3 Pracovní sešit

Důležitým cílem mé diplomové práce bylo vytvoření pracovního sešitu s návodem na laboratorní cvičení. Pracovní sešit je vložen jako příloha.

6.4 Didaktický test

Sestavila jsem nestandardizovaný didaktický test, který umožní učitelům diagnostikovat výsledky žáků.

Didaktický test – Fytolity

Muž/žena:.....

Datum:.....

Třída:.....

Pokyny:

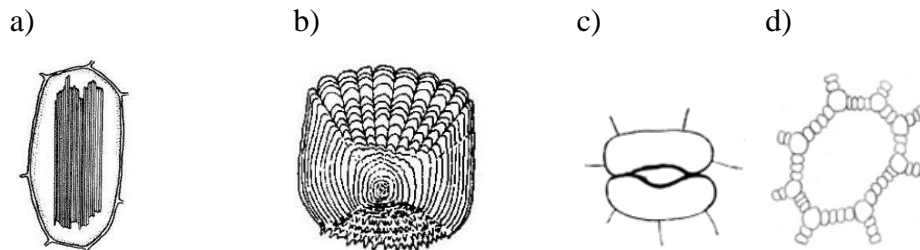
- Řádně vyplň **pohlaví, datum a třídu**.
 - **Nepodepisuj se!** Didaktický test je **anonymní**.
 - **Zakroužkuj** odpověď, o které usuzuješ, že je **správná**.
-

Fytolity jsou mikroskopické částice rostlinného původu různého tvaru i chemického složení.

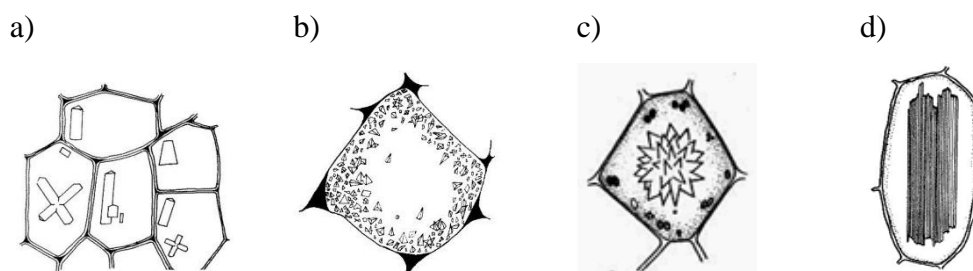
- 1. Jak se nazývá paleoekologická disciplína, která slouží převážně k rekonstrukci vegetace příslušného období, k determinaci pěstovaných rostlin či k dokumentaci prehistorického zemědělství apod.?**
 - a) dendrologie
 - b) fytolitová analýza
 - c) archeologie
 - d) geologie

- 2. Jaké je nejčastější chemické složení fytolitů?**
 - a) šťavelan vápenatý, oxid siřičitý, síran hořečnatý
 - b) oxid siřičitý, síran vápenatý, šťavelan hořečnatý
 - c) šťavelan vápenatý, oxid křemičitý, uhličitan vápenatý
 - d) hydratovaný oxid křemičitý, síran hořečnatý, šťavelan vápenatý

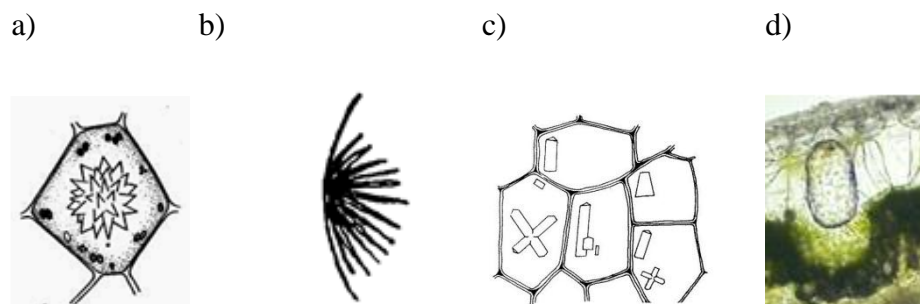
3. Který z níže uvedených obrázků znázorňuje fytolit?



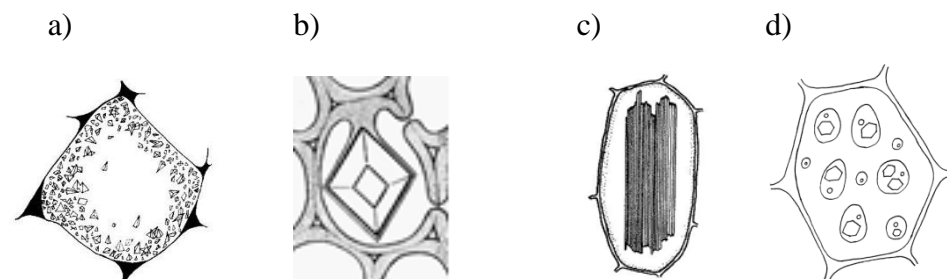
4. Který z níže uvedených obrázků znázorňuje drůzu?



5. Který z níže uvedených typů fytolitů patří cibuli kuchyňské (*Allium cepa*)?



6. Který z níže uvedených druhů fytolitů představuje krystalický písek?



- 7. Ve kterých rostlinách se mohou vyskytovat rafidy?**
- a) poděnká, přeslička, fikovník, aloe
 - b) lípa, třešeň, cibule, fialka
 - c) voskovka, tchýnin jazyk, orchidej, břechťan
 - d) orchidej, poděnká, dieffenbachie, aloe
- 8. U kterého druhu rostliny se ve svrchní epidermis nacházejí zveličelé buňky – lithocysty se shluhy uhličitanu vápenatého - cystolity?**
- a) aloe pravá (*Aloe vera*)
 - b) topol černý (*Populus nigra*)
 - c) fikovník pryžodárný (*Ficus elastica*)
 - d) konopí seté (*Cannabis sativa*)
- 9. Která rostlina obsahuje ve svých intercelulárách řapíku atypické hvězdicovité idioblasty, které mají ve svých stěnách uloženy fytolity?**
- a) leknín bílý (*Nymphaea alba*)
 - b) zákula japonská (*Kerria japonica*)
 - c) mucholapka podivná (*Dionaea muscipula*)
 - d) ostřice (*Carex*)
- 10. Jaký typ fytolitů je charakteristický pro jinan dvojlaločný (*Ginkgo biloba*)?**
- a) styloidy
 - b) aleuronová zrna
 - c) drůzy
 - d) rafidy
- 11. Ve svrchní epidermis některých druhů rostlin se nacházejí ve zveličelých buňkách (lithocystech) zvláštní útvary fytolitů. Vyber, která z uvedených možností JE součástí zveličelých buněk:**
- a) cystolity
 - b) sféřity (sférokrystaly)

- c) idioblasty
- d) rafidy

12. Jaký typ fytolitů najdeme u druhu opuncie - nopál (*Opuntia*)?

- a) sféřity (sférokrystaly)
- b) krystalický písek
- c) cystolity
- d) drůzy

13. Vyber, která z uvedených možností NENÍ správnou odpovědí:

- a) ječmen myší → drůzy
- b) vánoční kaktus → drůzy
- c) jahodník → drůzy
- d) tchýnin jazyk → drůzy

14. V jaké části rostliny u druhu přeslička rolní (*Equisetum arvense*) se vyskytují fytolity?

- a) řapík listu
- b) stomata
- c) kořen
- d) buňky dřeně

15. Jakou metodu přípravy preparátu musíme zvolit, abychom mohli pozorovat pod mikroskopem fytolity přesličky rolní (*Equisetum arvense*)?

- a) preparát vitální (nativní)
- b) trvalý preparát s uzavíracím médiem kanadský balzám
- c) dočasný preparát s uzavíracím médiem voda
- d) otiskový preparát

16. Pro kterou rostlinu je typická tato mikrofotografie fytolitů?

- a) zamiokulkas (*Zamioculcas zamiifolia*)
- b) břečťan popínavý (*Hedera helix*)
- c) leknín bílý (*Nymphaea alba*)
- d) sveřep měkký (*Bromus hordeaceus*)



Autorské řešení

Muž/žena:.....

Datum:.....

Třída:.....

Pokyny:

- Řádně vyplň **pohlaví, datum a třídu**.
 - **Nepodepisuj se!** Didaktický test je **anonymní**.
 - **Zakroužkuj** odpověď, o které usuzuješ, že je **správná**.
-

Fytolity jsou mikroskopické částice rostlinného původu různého tvaru i chemického složení.

1. Jak se nazývá paleoekologická disciplína, která slouží převážně k rekonstrukci vegetace příslušného období, k determinaci pěstovaných rostlin či k dokumentaci prehistorického zemědělství apod.?

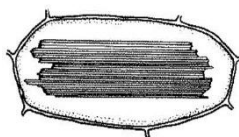
- a) dendrologie
- b) fytolitová analýza
- c) archeologie
- d) geologie

2. Jaké je nejčastější chemické složení fytolitů?

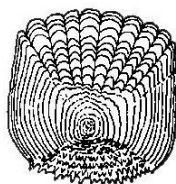
- a) šřavelan vápenatý, oxid siřičitý, síran hořečnatý
- b) oxid siřičitý, síran vápenatý, šřavelan hořečnatý
- c) šřavelan vápenatý, oxid křemičitý, uhličitan vápenatý
- d) hydratovaný oxid křemičitý, síran hořečnatý, šřavelan vápenatý

3. Který z níže uvedených obrázků znázorňuje fytolit?

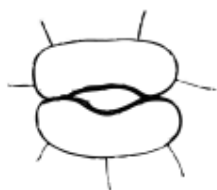
a)



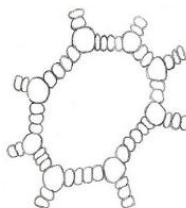
b)



c)

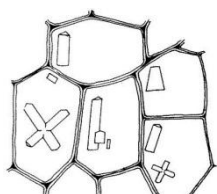


d)

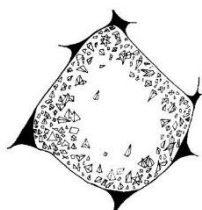


4. Který z níže uvedených obrázků znázorňuje drůzu?

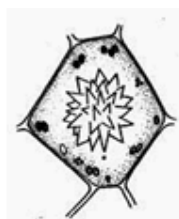
a)



b)



c)



d)



5. Který z níže uvedených typů fytolitů patří cibuli kuchyňské (*Allium cepa*)?

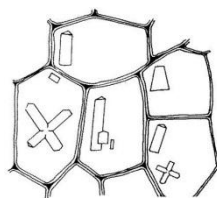
a)



b)



c)

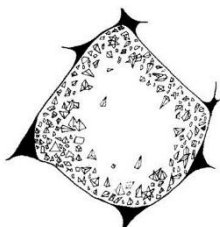


d)



6. Který z níže uvedených druhů fytolitů představuje krystalický písek?

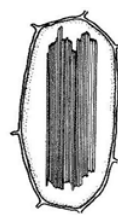
a)



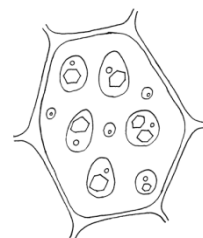
b)



c)



d)



7. Ve kterých rostlinách se mohou vyskytovat rafidy?

- a) poděnká, přeslička, fikovník, aloe
- b) lípa, třešeň, cibule, fialka
- c) voskovka, tchýnin jazyk, orchidej, břečťan
- d) orchidej, poděnká, dieffenbachie, aloe

8. U kterého druhu rostliny se ve svrchní epidermis nacházejí zveličelé buňky – lithocysty se shluhy uhličitanu vápenatého - cystolity?

- a) aloe pravá (*Aloe vera*)
- b) topol černý (*Populus nigra*)
- c) fikovník pryžodárný (*Ficus elastica*)
- d) konopí seté (*Cannabis sativa*)

9. Která rostlina obsahuje ve svých intercelulárách řapíku atypické hvězdčovitě idioblasty, které mají ve svých stěnách uloženy fytolity?

- a) leknín bílý (*Nymphaea alba*)
- b) zákula japonská (*Kerria japonica*)
- c) mucholapka podivná (*Dionaea muscipula*)
- d) ostřice (*Carex*)

10. Jaký typ fytolitů je charakteristický pro jinan dvojlaločný (*Ginkgo biloba*)?

- a) styloidy
- b) aleuronová zrna
- c) drůzy
- d) rafidy

11. Ve svrchní epidermis některých druhů rostlin se nacházejí ve zveličelých buňkách (lithocystech) zvláštní útvary fytolitů. Vyber, která z uvedených možností **JE** součástí zveličelých buněk:

- a) cystolity
- b) sféřity (sférokrystaly)

- c) idioblasty
- d) rafidy

12. Jaký typ fytolitů najdeme u druhu opuncie - nopál (*Opuntia*)?

- a) sféřity (sférokrystaly)
- b) krystalický písek
- c) cystolity
- d) drůzy

13. Vyber, která z uvedených možností NENÍ správnou odpovědí:

- a) ječmen myší → drůzy
- b) vánoční kaktus → drůzy
- c) jahodník → drůzy
- d) tchýnin jazyk → drůzy

14. V jaké části rostliny u druhu přeslička rolní (*Equisetum arvense*) se vyskytují fytolity?

- a) řapík listu
- b) stomata
- c) kořen
- d) buňky dřeně

15. Jakou metodu přípravy preparátu musíme zvolit, abychom mohli pozorovat pod mikroskopem fytolity přesličky rolní (*Equisetum arvense*)?

- a) preparát vitální (nativní)
- b) trvalý preparát s uzavíracím médiem kanadský balzám
- c) dočasný preparát s uzavíracím médiem voda
- d) otiskový preparát

16. Pro kterou rostlinu je typická tato mikrofotografie fytolitů?

- a) zamiokulkas (*Zamioculcas zamiifolia*)
- b) břečťan popínavý (*Hedera helix*)
- c) leknín bílý (*Nymphaea alba*)
- d) sveřep měkký (*Bromus hordeaceus*)



6.5 Prezentační CD

Prezentační CD je přiloženo jako příloha na CD. Zde uvádím pouze několik slidů jako příklad zpracování této učební pomůcky.



Fytolity

- Fytolity jsou mikroskopické částice rostlinného původu.
- Z chemického hlediska se jedná o **oxidy křemíku**, převážně hydratovaný oxid křemičitý ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$), **krystaly šťavelanu vápenatého** $((\text{COO})_2\text{Ca} \cdot n \text{H}_2\text{O})$, **shluky uhličitanu vápenatého** (CaCO_3) vzácně se vyskytují sférické šťavelanu hořečnatého $((\text{COO})_2\text{Mg})$, **krystaly síranu vápenatého** (CaSO_4), ale mohou také obsahovat stopové prvky (Al, Fe, N, P, Cu, atd.).
- Tato tělíska s rozlišným chemickým složením se mohou utvářet v jednotlivých částech rostlinných struktur (např. epidermis, stomata, trichomy, mezofyl, mezibuněčný prostor, buněčné stěny, ...).

Fytolity

- Velikost fytolitů, ta se pohybuje v řádech **mikrometrů** (5-200 μm).
- Fytolity lze nalézt v živých rostlinách, ale obvykle jsou po smrti rostliny uvolňovány do půdy.
- Důležitou roli v produkci fytolitů hraje také podnebí, chemické a fyzikální vlastnosti půdy, stáří rostliny a její taxonomie.
- Během výzkumu fytolitů se také zjistilo, že některé rostliny využívají tyto krystaly k vytvrzení buněčné stěny na obranu rostliny proti houbám, které způsobují mykózy či okusu živočichů, a také mohou být využity v metabolismu rostliny. Doposud **není známa přesná funkce fytolitů** a jejich využití rostlinou.









Fytolitová analýza

Roku 1971 se **fytolitová analýza** stává důležitou archeologickou i geologickou perspektivou a řadí se mezi **paleoekologické disciplíny**.

Fytolitová analýza slouží:

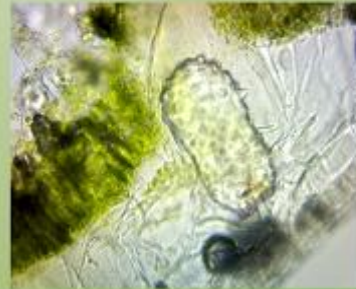
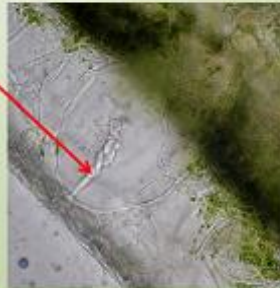
- k **rekonstrukci vegetace** příslušného období (nejčastěji starší holocén, pleistocén, ale i starší období);
- v archeologii při **determinaci pěstovaných rostlin** (často bývá zkoumán obsah obilných jam);
- na **dokumentování prehistorického zemědělství v tropických oblastech**, kde jiné typy fosilií už dávno znehodnotilo tamější vlhké klima;
- při **identifikaci fosilních půd**;
- v některých případech umožňuje fytolitová analýza **rozlišit mořské a terestrické sedimenty**;
- může také sloužit v **kriminalistice** jako forenzní nástroj.

Klasifikace fytolitů podle tvarů:

Název fytolitu	Tvar fytolitu	Název fytolitu	Tvar fytolitu
Drůzy		Lithocysty s cystolity	
Rafidy		Idioblasty s fytolity	
Styloidy		Krystalický písek	
Sférity (sférokrystaly)		Aleuronová zrna	

Fíkovník pryžodárný (*Ficus elastica*)

Celulózní stopka lithocystu



Lithocysty (zveličené buňky) ve svrchní epidermis bifaciálního listu fíkovníku pryžodárného (*Ficus elastica*). **Celulózní stopky** lithocystů vytvářejí hroznovité shluky uhličitanu vápenatého tzv. **cystolity**.

Leknín bílý (*Nymphaea alba*)

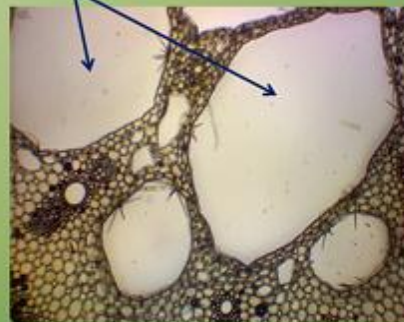


Hvězdicovitý idioblast

Fytolity



Intercelulára



Hvězdicovitý idioblast, který ční do nitra interceluláry v řapíku listu leknínu bílého (*Nymphaea alba*). **Fytolity** (krystalky šťavelanu vápenatého) jsou umístěny v buněčných stěnách idioblastu.

7 Diskuze

Vzhledem k náročnosti tématu fytolitů není předložená diplomová práce určena pro začínající biology, nýbrž pro pokročilejší studenty. Motivováni mohou být právě žáci a studenti, kteří projevují hlubší zájem o biologii, především botaniku. Diplomová práce může být zajímavá hlavně pro žáky gymnázií v předmaturitních seminářích, vysokoškolské studenty biologických oborů, budoucí pedagogy aj. Práce by měla pomoci učitelům při výuce rostlinných buněk a pletiv. Jelikož téma fytolity nebylo doposud podrobněji zpracováno jako přehledný studijní materiál, může přiložené prezentační CD poskytnout hlubší náhled do vnitřní stavby rostlin a ukázat fytolity jako velice zajímavé, složením i tvarem rozmanité útvary. Přináší základní informace o fytolitech, jejich významu, třídění, využití v archeo- a paleobotanice.

Odborná část

Během psaní literární rešerše jsem se dozvěděla mnoho informací o fytolitech, jejich pestrém složení i tvaru, historii, o využití fytolitové analýzy. Zjistila jsem, že krystalové struktury zkoumá i pracoviště v České republice (Lape) a má velký zájem aplikovat tuto metodu v podmínkách našeho prostředí. I přes všechny studie, které byly doposud prováděny, nejsou autoři schopni shodnout se na přesné funkci fytolitů v rostlinách. Nabízí se tedy otázka k zamyšlení. K čemu jsou krystaly v rostlinách doopravdy potřebné? Příkláním se k názorům autora Kincla (2006) a vědců Lape (2013) a domnívám se, že některé rostliny využívají tyto krystaly k vytvrzení buněčné stěny na obranu rostliny proti houbám, které způsobují mykózy či okusu živočichů. Vápenaté fytolity mohou snad také fungovat jako depo odpadních či zásobních látek. Skutečná existence fytolitů však zůstává záhadou a pedagog se může společně s žáky zamyslet nad jejich pravděpodobnou funkcí.

Autoři Vinter (2008), Jurčák (1998), Piperno (1988) uvádějí fikus, jakožto typickou rostlinu obsahující ve své epidermis fytolity. Na základě vlastního pozorování s těmito autory souhlasím. Dalším často zmiňovaným rodem obsahujícím fytolity byla opuncie a dieffenbachie. Také v těchto případech mi vlastní pozorování přítomnost fytolitů potvrdilo. Vědci Lape (2013) uvádí výskyt fytolitů u mnoha

skupin, např. lipnicovité, kaktusovité, šachorovité, morušovníkovité, kopřivovité. Nezmiňují však konkrétního zástupce dané čeledi. Zvolila jsem sama některé zástupce z čeledi lipnicovité (lipnice, pýr, psárka, sveřep, srha, ječmen). Fytolity jsem objevila pouze u ječmene myšího a sveřepu měkkého. Zahraniční autoři Dickinson (2000), Fahn (1999), Piperno (1988), Raven, Evert, Eichhorn (1999) uváděli rostliny s výskytem fytolitů, kterými jsou např. skočec, kapara trnitá, koleus ozdobný, akácie, bér. Nepodařilo se mi však získat jejich vzorky, tudíž jsem nemohla potvrdit ani vyvrátit přítomnost fytolitů v těchto rostlinách. Vinter (2008) dále zmiňuje přítomnost fytolitů v citroníku. Vzorek se mi podařilo získat ze třech různých zdrojů, ale fytolity jsem v nich nenalezla. Důvodem může být skutečnost, že rostliny nebyly pěstovány v přirozených podmínkách. Literární prameny také udávají, že fytolity obsahuje i modřín, ani v tomto případě jsem fytolity v daných vzorcích nenalezla. Podle autorů Cutler, Botha a Stevenson (2008) jsou fytolity přítomny v mučence. Ani zde jsem fytolity neprokázala. V přehledu literatury zmiňují česnáček lékařský, jehož pozůstatky (fytolity) byly objeveny v archeologických nálezech; avšak ani v tomto případě vlastní pozorování přítomnost fytolitů nepotvrdilo. Literární zdroje neuvádějí možnou přítomnost dvou typů fytolitů v jedné rostlině, ale u vinné révy, přísavníku pětulistého, toulitky Andréovy, ořechovce vejčitého jsem na tento jev narazila.

Ve své práci jsem dále klasifikovala fytolity podle tvaru. Autorka Piperno (1988) uvádí poměrně složité členění silikátových fytolitů. Pro pedagogickou praxi je však nevhodné. Samotné se mi osvědčilo rozdělení fytolitů dle jejich tvaru, které bylo pro žáky přijatelnější, snazší na pochopení a zapamatování, proto spíše upřednostňuji členění podle Vintera (2008).

Praktická cvičení z fytolitů a prezentační CD

Nejvhodnější uplatnění prezentačního CD bude v hodinách základního typu, kde se stane vhodným doplňkem výukové metody – výklad a v biologickém praktiku. V úvodní části hodiny může učitel žáky motivovat prezentací mikrofotografií různých typů fytolitů a také zajímavými příklady využití fytolitové analýzy v archo- a paleobotanice.

V pracovním sešitě jsem uvedla dva základní typy praktických úloh. V prvním případě se jedná o úlohy se známým výsledkem, kde jsou zařazeny úkoly na zvládnutí mikroskopické techniky a získání zručnosti při mikroskopování. Jako příklad uvedu první úkol: Krystalické inkluze v suknici cibule kuchyňské (*Allium cepa*). V této úloze si žáci připraví preparát ze suchého listu cibule a ověří přítomnost styloidů. Druhým typem jsou úlohy, které rozvíjí badatelskou činnost žáků. Jedná se převážně o úlohy, které kladou otázky či vyžadují pátrání, viz pátý úkol: Lithocysty s cystolity v listové epidermis fíkovníku pryžodárného (*Ficus elastica*), kde se autor ptá, zda nastanou nějaké změny v preparátu působením zředěné kyseliny chlorovodíkové - pokud ano, jak to žáci zdůvodní. Student svým bádáním hledá odpovědi a snaží se dešifrovat zadání. Chtěla bych pobídnout učitele, aby se v rámci badatelství (konstruktivismu) nebáli použít vytvořený výukový materiál ve svých biologických hodinách. Doporučila bych, aby si učitel společně s žáky stanovil pravidla a také stupnici hodnocení před plněním zadaných úloh. Tímto způsobem bych rozvíjela samostatnou aktivitu a kreativní myšlení žáků. Studenti se naučí vyhledávat informace z odlišných zdrojů, navzájem komunikovat a stanou se zodpovědnými za svou vykonanou práci. Po splnění daných úloh bych vedla s žáky diskuzi, ve které bychom probírali řešení úkolů. Vzniklý výukový materiál považuji za důležitý motivační prvek, především z hlediska vnitřní motivace žáka, která je nepostradatelnou součástí badatelství. Každá úloha je doplněná dílčími úkoly, které mohou žáci vypracovat v rámci laboratorního cvičení a zopakovat si tak své teoretické poznatky nebo jim dané otázky zadá učitel jako domácí úkol s možnostmi využití zdrojů literatury popřípadě internetu při jejich plnění. Učitel může některé úlohy použít i na základní škole. Např. druhý úkol: Rafidy v buňkách stonku podeňky (*Tradescantia*) pomůže žákům základních škol zlepšit jejich mikroskopickou techniku. Součástí každé laboratorní úlohy je nákres prováděný ručně. Zhotovení vlastního nákresu je velmi důležité zvláště dnes, v době masivního zavádění notebooků a tabletů do výuky, kdy se žáci učí pouze vizuálně. Studenti mohou také pozorované objekty vyfotit mobilním telefonem příp. fotoaparátem přes okulár mikroskopu. Takto pořízené fotografie jsou dostatečně kvalitní a žáci

je mohou prezentovat při závěrečném hodnocení cvičení, popř. využít při některé soutěži, např. SOČ.

Analýza učebnic

Provedla jsem analýzu devíti učebnic biologie pro střední a základní školy. Pojem fytolit se nenacházel v žádném textu analyzovaných učebnic. Setkala jsem se pouze s jinými termíny, které zmiňuji ve výsledcích v Tabulce č. 4. Z rozboru vybraných učebnic jsem zjistila, že tématem fytolity se zabývají novodobější autoři: ČERNÍK A KOL. (2003), HANČOVÁ, H., VLKOVÁ, M. (2005), KINCL, J. A KOL. (2008), ROSYPAL A KOL. (2003) a ZICHÁČEK, V., JELÍNEK, J. (2007). Nejčastějším pojmenováním byl idioblast, který autoři charakterizovali v kapitole „Rostlinná pletiva“. Hojně se vyskytoval pojem krystal, amyloplast, inkrustace, krystalická inkluze. Synonyma k termínu fytolit jsou téměř výhradně zmiňována v biologii rostlin a obecné biologii v kapitolách rostlinná buňka, popř. rostlinná pletiva. Sdílím stejný názor s autory Kincl (2008), Zicháček (2006), Hančová a Vlková (1997) a další, kteří zařadili problematiku krystalických struktur do vzdělávacího obsahu „Biologie rostlin“, a v jejich učebnicích je najdeme v kapitole „Rostlinná buňka“. Uznávám, že je to vhodné začlenění do výukového materiálu.

Myslím, že by si fytolity zasloužily více pozornosti ve středoškolských učebnicích, především co se obrazové přílohy týče. Vzhledem k náročnosti tématu by se dle mého názoru učebnice pro základní školy neměly fytolity zabývat, což také analýza potvrdila. Učitel může s tímto termínem seznámit pouze zainteresované žáky ZŠ, např. v biologických kroužcích.

Didaktický test

V rámci své diplomové práce jsem vytvořila nestandardizovaný, kognitivní didaktický test, který poslouží učitelům jako zpětná vazba, pomůže diagnostikovat výsledky žáků a ukáže, do jaké míry dokáží žáci střední školy využít své teoretické

znalosti z botaniky a aplikovat je na fytolity. Při konstrukci testu jsem určila typ a počet testových úloh. Sestavila jsem test z 16 testových uzavřených úloh s výběrem odpovědi - multiple-choice (Vinter a kol. 2009) a zvolila čas na jeho vypracování, který by pro studenty představoval 20 minut čistého času. Po ukončení testu bych se studenty prošla autorské řešení.

Didaktické poznámky k využití vytvořeného materiálu ve výuce

Vzniklý výukový materiál je v RVP pro gymnázia řazen do vzdělávací oblasti Člověk a příroda (v rámci RVP) a vzdělávacího oboru biologie, tematického celku biologie rostlin.

Učitel by se měl při přípravě na vyučování zaměřit na zvolení vhodné metody a formy výuky. Dle mého názoru je pro téma fytolity nejvhodnější organizační formou výuky laboratorní cvičení. Příprava laboratorního cvičení na téma fytolity, může být pro učitele náročná, jednak z časového hlediska (dostupnost rostlinného materiálu, příprava pomůcek pro mikroskopování), jednak z důvodu absence znalostních prekonceptů u studentů. Pro učitele – praktika je přínosem seznam běžně dostupných rostlin, u nichž lze fytolity pozorovat. Z často pěstovaných rostlin lze uvést např. fikus (cystolity), cibuli kuchyňskou (styloidy), dieffenbachii skvrnitou (rafidy), africkou fialku (styloidy), podeňku (rafidy), potos (rafidy), dub letní (drůzy), břečťan popínavý (drůzy). Výhodami laboratorního cvičení jsou např. aktivní zapojení studentů do výuky, větší názornost, rozvíjení manuální zručnosti – psychomotorické učení, možnost realizace skupinové výuky či badatelské činnosti.

Při řešení laboratorních úloh mohou studenti pracovat ve dvojicích, čímž bude rozvíjena kompetence komunikativní a splněn cíl naučit se spolupracovat s ostatními lidmi. Další z kompetencí, které mohou být v laboratorním cvičení rozvíjeny, jsou kompetence k řešení problémů a pracovní. Žáci budou schopni plnit předem zadané úkoly k tématu fytolity, připravit si preparát vybraných rostlin, pozorovat objekty pod mikroskopem a graficky znázornit sledované struktury fytolitů. Během své práce se studenti naučí používat vhodné pomůcky, zpracovávat

a samostatně vyhodnocovat výsledky svého bádání. Tímto bude naplněna kompetence k učení.

Standardní hodina základního typu může mít z didaktického hlediska některá negativa (pasivní příjem hotových informací, nízké zapojení žáků, stereotypní výklad, nízká motivace, nedostatečná zpětná vazba). Mezi výhody použití výkladu patří menší časová náročnost na přípravu a rychlé obeznámení s fytoľity. Vhodnou metodou při poznávání fytoľitů je práce s literaturou. Při základním seznámení s fytoľity žákům postačí jako zdroj informací standardní učebnice biologie používaná na dané škole. K vyhledání detailnějších informací popř. specifických dat slouží odborné časopisy, atlasy či klíče, na které učitel žáky odkáže. Studenti využijí tyto sekundární zdroje informací při zpracování protokolů a pracovních listů. Fytoľity nabízí možnost využít je v projektovém vyučování, např. výtvarně ztvárnit pozorované krystaly a ze vzniklých obrázků fytoľitů uspořádat výstavu.

Pro tvorbu výukového materiálu jsem využila mezipředmětové vztahy, které mohou žákům pomoci pochopit jednotlivé souvislosti, zejména vztah k předmětům chemie (různorodé chemické složení fytoľitů), dějepisu (dinosauří koprolity, evoluce – raní hominidé domestikace hospodářských plodin - kukuřice), zeměpisu (domestikace, vykopávky). Mezipředmětový vztah k chemii lze uplatnit v biologii rostlin při výkladu o inkrustaci některých částí, kterými jsou např. trichomy, stomata. Dále při výuce rostlinných buněk, pletiv, a také při přípravě preparátů v laboratorním cvičení, kde je důležité vědět, jaké médium je vhodné či nevhodné pro pozorování fytoľitů (z hlediska různého chemického složení krystalů). Špatně zvolené konzervační médium by mohlo dané fytoľity rozpouštět a naše pozorování by nebylo umožněno.

8 Závěr

- Zhotovila jsem přechodné mikroskopické preparáty vybraných druhů rostlin a provedla jsem fotodokumentaci krystalických struktur, tzv. fytolitů.
- Dále jsem popsala a klasifikovala zjištěné fytolity. Určila jsem následující typy fytolitů – styloidy, drůzy, rafidy, idioblasty s fytolity, cystolity, krystalický písek, inkustace silikáty, amyloplasty. Dosažené výsledky shrnuje tabulka č. 5.

Tabulka č. 5: Přehled fytolitů v řezaných rostlinách.

Typy fytolitů	Druh rostliny
Styloidy	Africká fialka (<i>Saintpaulia</i>) Cibule kuchyňská (<i>Allium cepa</i>) Hvozdík (<i>Dianthus</i>) Kaktus (<i>Rebutia</i>) Réva vinná (<i>Vitis vinifera</i>)
Drůzy	Begónie korálová (<i>Begonia corallina</i>) Břečťan popínavý (<i>Hedera helix</i>) Bříza bělokorá (<i>Betula pendula</i>) Dub letní – křemelák (<i>Quercus robur</i>) Habr obecný (<i>Carpinus betulus</i>) Ibišek (<i>Hibiscus</i>) Jahodník (<i>Fragaria</i>) Ječmen myší (<i>Hordeum murinum</i>) Jeřáb ptačí (<i>Sorbus aucuparia</i>) Jinan dvojlaločný (<i>Ginko biloba</i>) Jírovec plet'ový (<i>Aesculus x carnea</i>) Kontryhel obecný (<i>Alchemilla vulgaris</i>) Lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>)

	<p>Líska obecná (<i>Corylus avellana</i>)</p> <p>Opuncie - nopál (<i>Opuntia</i>)</p> <p>Ořechovec vejčitý (<i>Carya ovata</i>)</p> <p>Ořešák královský – vlašský ořech (<i>Juglans regia</i>)</p> <p>Pelargónie (<i>Pelargonium</i>)</p> <p>Přísavník pětilistý – psí víno (<i>Parthenocissus quinquefolia</i>)</p> <p>Rybíz bílý (<i>Ribes rubrum</i>)</p> <p>Slivoň (švestka) domácí (<i>Prunus domestica</i>)</p> <p>Sveřep měkký (<i>Bromus hordeaceus</i>)</p> <p>Topol černý (<i>Populus nigra</i>)</p> <p>Toulitka Andréova (<i>Anthurium andreanum</i>)</p> <p>Třešeň ptačí (<i>Prunus avium</i>)</p> <p>Vánoční kaktus (<i>Schlumbergera</i>)</p> <p>Voskovka masitá (<i>Hoya bella</i>)</p> <p>Zákula japonská (<i>Kerria japonica</i>)</p> <p>Zimolez ovíjivý (<i>Lonicera periclymenum belgica</i>)</p>
Rafidy	<p>Aloe pravá (<i>Aloe vera</i>)</p> <p>Diefenbachie skvrnitá (<i>Dieffenbachia maculata</i>)</p> <p>Mucholapka podivná (<i>Dionaea muscipula</i>)</p> <p>Orchidej – můrovec (<i>Phalaenopsis</i>)</p> <p>Podeňka (<i>Tradescantia</i>)</p> <p>Potos – šplhavnice (<i>Epipremnum pinnatum</i>)</p> <p>Přísavník pětilistý – psí víno (<i>Parthenocissus quinquefolia</i>)</p> <p>Réva vinná (<i>Vitis vinifera</i>)</p> <p>Tchýnin jazyk - tenura (<i>Sansevieria trifasciata</i>)</p> <p>Toulitka Andréova (<i>Anthurium andreanum</i>)</p> <p>Zamiokulkas (<i>Zamioculcas zamiifolia</i>)</p>
Cystolity	<p>Fíkovník pryžodárný (<i>Ficus elastica</i>)</p>

	Fitónie (<i>Fittonia</i>)
Idioblasty s fytolity	Buk lesní (<i>Fagus sylvatica pendula</i>) Leknín bílý (<i>Nymphaea alba</i>)
Inkrustace silikáty	Konopí seté (<i>Cannabis sativa</i>) Kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i>) Ostřice (<i>Carex</i>) Přeslička rolní (<i>Equisetum arvense</i>)
Krystalický písek	Bez černý (<i>Sambucus nigra</i>)
Amyloplasty	Banánovník (<i>Musa</i>)

- Provedla jsem analýzu devíti učebnic biologie pro střední a základní školy za účelem zhodnocení zastoupení fytolitů v jejich textech. Při analýze jsem zjistila, že pojem fytolit není v analyzovaných učebnicích zastoupen. Setkala jsem se pouze s jinými termíny, které zmiňuji ve výsledcích (tabulka č. 4).
- Zkonstruovala jsem nestandardizovaný didaktický test orientovaný na problematiku fytolitů, který má 16 úkolů. Didaktický test i s autorským řešením je součástí mých výsledků.
- Fotografický materiál jsem dále použila při tvorbě výukového CD, zaměřeného na tematiku fytolitů pro potřeby výuky biologie na středních školách. Taktéž jsem sestavila pracovní sešit do biologického praktika pro studenty středních škol, který obsahuje úlohy dvojího typu – úlohy se známým výsledkem a úlohy zaměřené na rozvoj badatelské činnosti žáka. Pracovní sešit může pomoci nejen žákům, ale usnadní přípravu učitelů při tvorbě návodů a pracovních listů.
- Z didaktického hlediska by tato práce měla být přínosem pro názornou prezentaci morfologických odlišností fytolitů jednotlivých druhů rostlin ve výuce biologie na středních.

Seznam literatury

Literatura k odborné části:

BRAUNE, W., LEMAN, A. et TAUBERT, H. (1967): Pflanzenanatomisches Praktikum. VEB Gustav Fischer – Verlag, Jena.

COOMBES, A. (2007): Nový kapesní atlas – STROMY. Dorling Kindersley Limited, Londýn.

CUTLER, D. F., BOTHA, T., STEWENSON, D. W. (2008): Plant Anatomy An applied approach. Blacwell Published, USA.

ČESKÁ, J., SKALICKÝ, M. (2008): Praktická cvičení z botaniky. Vyd. 2, Česká zemědělská univerzita, Praha.

DICKISON, W. C. (2000): Integrative Plant Anatomy. Harcourt, Academic Press, San Diego, London, Tokyo.

DOSTÁL, P. (2008): Anatomie a morfologie rostlin v pojmech a nákresech. 3. vydání. Pedagogická fakulta UK v Praze.

GRAU, KREMER, MÖSELER, RAMBOLD, TRIEBEL (1990): Průvodce přírodou – TRÁVY. Knižní klub a Ikar, Praha.

FAHN, A. (1990): Plant Anatomy. Pergamonn Press (Fourth Edition). UK.

HANČOVÁ, H., VLKOVÁ, M. (2005): Biologie I. v kostce. Fragment.

JELÍNEK, J., ZICHÁČEK, V. (2006): Biologie pro gymnázia. Nakladatelství Olomouc s.r.o., Olomouc.

JURČÁK J. (2007): Komentovaný atlas anatomie vyšších rostlin. Nakladatelství Radek Veselý, Třebíč.

JURČÁK, J. (1998): Základní praktikum z botanické mikrotechniky a rostlinné anatomie. Univerzita Palackého v Olomouci.

KINCL, L. et al. (2006): Biologie rostlin. Nakladatelství Fortuna, Praha.

KOBLÍŽEK, J. (2000): Jehličnaté a listnaté stromy našich zahrad a parků. Vyd. 1, Sursum, Tišnov.

KREMER, B. P. (1995): Průvodce přírodou – STROMY. Knižní klub a Ikar, Praha.

KUBÁT, K. (2010): Klíč ke květeně České republiky. ACADEMIA, Praha.

- NOVÁK, F. A. (1961): Vyšší rostliny. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- NOVÁK J., SKALICKÝ M. (2007): Botanika II. Systém rostlin. Česká zemědělská Univerzita v Praze.
- PAZOUREK, J. et VOTRUBOVÁ, O. (1997): Atlas of Plant Anatomy. Peres Publishers, Praha.
- PIPERNO, D. R. (1988): Phytolith analysis. Academic Press, London.
- RAVEN, P. H., EVERT, R. F. et EICHHORN, S. E. (1999): Biology of Plants. W. H. Freeman and Company, New York.
- ROMBERGER, J. A., HEJNOWICZ, Z., HILL, J. F. (1993): Plant structure: Function and Development. Springer – Verlag, Berlin.
- ROSYPAL A KOL. (2003): Nový přehled biologie. Scientia spol s r. o., Mníšek pod Brdy.
- STRASBURGER, E., NOLL, F., SCHENK, H. et SCHIMPER, A. F. W. (1991): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.
- VINTER, V. (2008): Fytolity. Univerzita Palackého, Olomouc.
- VINTER, V. (2009): Rostliny pod mikroskopem (Základy anatomie cévnatých rostlin). Univerzita Palackého, Olomouc.
- VINTER, V. (2008): Úvodní praktikum z botanické mikrotechniky. Univerzita Palackého v Olomouci.
- VOTRUBOVÁ, O. (2001): Anatomie rostlin. Univerzita Karlova, Karolinum, Praha.
- ZÁVODSKÁ, R. (2006): Biologie buněk. Scientia spol s r. o., Mníšek pod Brdy.

Literatura k didaktické části:

- ALTMANN, A. (1985): Vybrané kapitoly z didaktiky biologie I, II, III. SPN, Praha.
- ČERNÍK A KOL. (2003): Přírodopis II. pro 7. ročník ZŠ – Zoologie a botanika. SPN, Praha.
- HANČOVÁ, H., VLKOVÁ, M. (2005): Biologie I. v kostce. Fragment, Praha.

- CHRÁSKA, M. (2006): Úvod do výzkumu v pedagogice. Učební text. Univerzita Palackého, Pedagogická fakulta, Olomouc.
- CHRÁSKA, M. (1999): Didaktické testy. Paido, Brno.
- JELÍNEK, J. (1993): Biologie. FIN, Olomouc.
- JEŘÁBEK, O., BÍLEK, M. (2010): Teorie a praxe tvorby didaktických testů. Univerzita Palackého v Olomouci.
- KALHOUS, Z., OBST, O. a kol. (2009): Školní didaktika. 2. vydání. Portál, Praha
- KINCL, J. A KOL. (2008): Biologie rostlin. Vyd. 6., Fortuna, Praha.
- KISLINGER, F., LANÍKOVÁ, J., ŠLÉGR, J., ŽURKOVÁ, I. (1995): Biologie V. (Základy obecné biologie), Typos, Klatovy.
- KUBIŠTA, V.(1992): Obecná biologie. Forfuna, Praha.
- KUBIŠTA, V. (1998): Buněčné základy životních dějů. Scientia, Praha.
- MACHÁČKOVÁ, P. (2012): Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- MASLOWSKI, O. (1990): Didaktika biologie. Univerzita Palackého, Olomouc.
- NEZVALOVÁ, D. A KOL. (2010): Integrace v přírodovědném vzdělávání. 1. vydání. Univerzita Palackého, Olomouc.
- PRŮCHA, J., WALTEROVÁ, E., MAREŠ, J. (2003): Pedagogický slovník. 3. vydání. Portál, Praha.
- ROMANOVSKÝ, A. A KOL. (1985): Obecná biologie. Vyd. 2, SPN, Praha.
- ROZSYPAL A KOL. (2003): Nový přehled biologie. Scientia spol s r. o., Mníšek pod Brdy.
- URBANOVSKÁ, E. (2006): Sociální a pedagogická psychologie. 1. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci.
- VINTER, V. A KOL. (2009): Příručka pro začínající učitele biologie. 1. vydání. Trifox, Šumperk.
- ZICHÁČEK, V., JELÍNEK, J. (2007): Biologie pro gymnázia. Vyd. 9. Olomouc.
- ZIELENIECOVÁ, P. (2013): Doplnkový text k předmětu Pedagogika ve studiu učitelství. MFF UK, Praha.

Internetové odkazy:

Český rozhlas [Internet]. © 1997-2015 [navštíveno 18.4.2015, dostupné na: http://www.rozhlas.cz/leonardo/historie/_zprava/].

Lape [Internet]. © 2013 [navštíveno 29.6.2015, dostupné na: <http://lape.prf.jcu.cz/oblasti-zajmu/fytolity/>].

Nova maturita [Internet]. © 2010 [navštíveno 18.6.2015, dostupné na: <http://www.novamaturita.cz/didakticke-testy-1404033135.html>].

The International Plant Names Index (2008): The International Plant Names Index. [Internet]. © 2004-2015 [navštíveno 30.6.2015, dostupné na: <http://www.ipni.org/>].

Fytolit.hu [Internet]. © Rok neznámý [navštíveno 27.12.2014, dostupné na: <http://fitolit.hu/en/gergo-persaits>].

Paleo Research Institute [Internet]. © 2010 [navštíveno 23.1.2015, dostupné na: <http://www.paleoresearch.com/services/phytoliths.html>].

Smithsonian Institute [Internet]. © 2015 [navštíveno 30.1.2015, dostupné na: <http://www.mnh.si.edu/highlight/phytoliths/>].

Online zdroje obrázků:

Vinter (Modul: Fytolity – prezentace).

<http://www.kvaskovychleb.cz/doku.php?id=clanky:fytin>.

http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-cytologie-rostlinna_bunka.html.

<http://www2.gykovy.cz/obsah/bi-ucebnice>,

<http://vojtechrudolf.blogger.cz/obrazky/vojtechrudolf.blogger.cz/biologie-v-kostce.jpg>.

http://knihy.abz.cz/imgs/products/img_251360_main.jpg,

http://www.savci.upol.cz/litera/titul/novy_prehled.jpg,

http://www.wigym.cz/nv/wp-content/uploads/ucebnice/bi/biologie_gymnazia.jpg

<http://www.obalkyknih.cz/file/cover/953127/medium>.

<http://katalog.kfbz.cz/documents/164802/cover>.

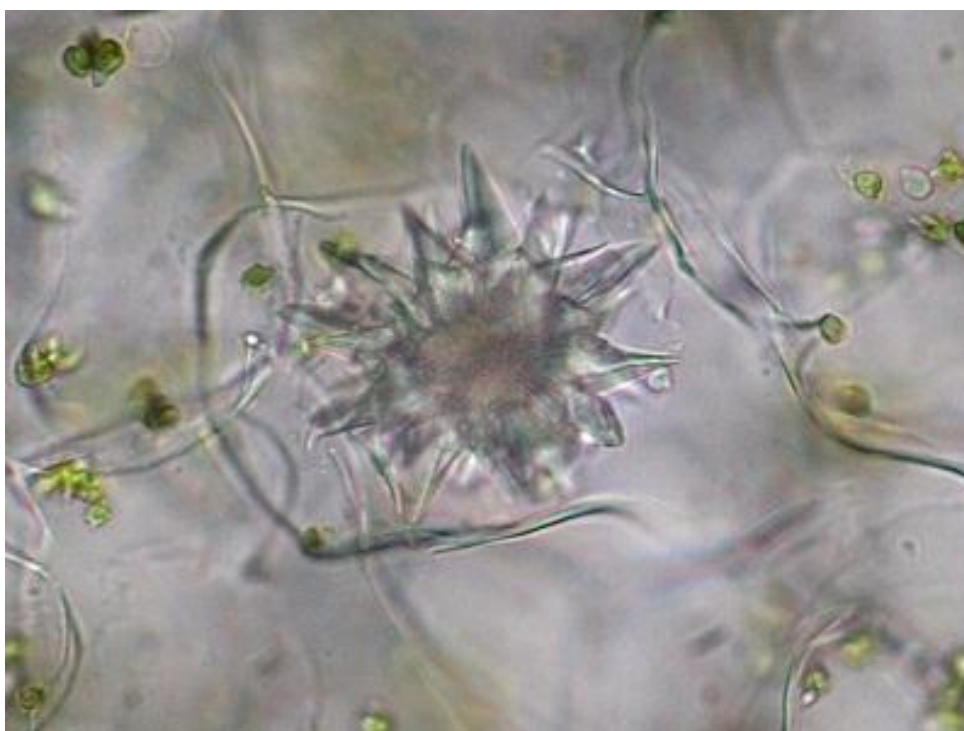
http://img.databazeknih.cz/images_books/45_/45033/bunecne-zaklady-zivotnich-deju-45033.jpg.

Přílohy

Seznam příloh:

- 1. Praktická cvičení z fytolitů**
- 2. Prezentační CD**

1. Praktická cvičení z fytolitů (Pracovní sešit)



Obsah

Úvod.....	5
1 Základy mikroskopování.....	7
1.1 Světelná mikroskopie	7
1.2 Mikroskopické pomůcky	7
1.3 Mikroskopické preparáty.....	8
1.4 Konzervace rostlinného materiálu	10
1.5 Zhotovení vegetativních řezů rostlin	10
1.6 Pozorování pod mikroskopem.....	10
1.7 Kreslení mikroskopických struktur	12
2 Praktická část	13
2.1 Byliny	13
<i>Téma: Fytolity bylin.</i>	13
1. Úkol: Krystalické inkluze v suknici cibule kuchyňské (<i>Allium cepa</i>). 13	
2. Úkol: Rafidy v buňkách stonku podeňky (<i>Tradescantia</i>)..... 14	
3. Úkol: Idioblasty v řapíku listu leknínu bílého (<i>Nymphaea alba</i>)..... 15	
4. Úkol: Rafidy v listu dieffenbachie skvrnitě (<i>Dieffenbachia maculata</i>). 16	
5. Úkol: Jehlicovité krystaly v dužnatém listu aloe pravé (<i>Aloe vera</i>). ... 17	
6. Úkol: Inkrustovaná stomata přesličky rolní (<i>Equisetum arvense</i>). 18	
2.2 Dřeviny.....	21
<i>Téma: Fytolity dřevin.</i>	21
1. Úkol: Krystalové drůzy v buňkách primární kůry nebo dřene lípy srdčité (<i>Tilia cordata</i>).	21
2. Úkol: Drůzy v buňkách dřene jinanu dvojlaločného (<i>Ginko biloba</i>)... 22	
3. Úkol: Drůzy v buňkách dřene dubu letního (<i>Quercus robur</i>)..... 23	
4. Úkol: Krystalický písek v buňkách dřene bezu černého (<i>Sambucus nigra</i>).	24
3 Přílohy.....	28
3.1 Klíč ke klasifikaci fytolitů podle tvaru.....	28

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1: Další druhy bylin obsahující fytolity.

Tabulka č. 2: Další druhy dřevin obsahující fytolity.

Tabulka č. 3: Tvary fytolitů.

Úvod

Výukový materiál, jakým jsou Praktická cvičení z fytoolitů (Pracovní sešit), může sloužit učitelům jako atraktivní a motivující didaktická pomůcka, může být využíván při výuce biologie učiteli i žáky nejen v hodinách základního typu, ale i v praktických cvičeních se zaměřením na fytoolity. Umožní žákům lépe si představit abstraktní pojem fytoolit, se kterým se setkali při teoretickém výkladu učitele, propojit si biologii s chemickými sloučeninami, které v některých rostlinách vykrytalizovaly, učitelů pomůžou žáky namotivovat a aplikovat mezipředmětové vztahy s chemií, která není mezi žáky příliš populární.

Fytoolity jsou mikroskopické částice rostlinného původu. Z vlastní zkušenosti vím, že představit si mikroskopickou věc, kterou si člověk nemůže ohmatat, bývá velice těžké. Dnešní školství je charakterizováno zaváděním badatelských přístupů do výuky (konstruktivismus), kdy je kladen důraz na samostatnou aktivitu žáků. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla vytvořit příručku praktických cvičení z fytoolitů, abych žákům tuto problematiku přiblížila a mohli si v praktických cvičeních sami připravit mikroskopický preparát, ve kterém budou objevovat rozmanité tvary fytoolitů.

Pracovní sešit s CD vytváří didaktické pomůcky, které navazují na teoretickou výuku biologie. Příložené CD slouží k úvodnímu seznámení s problematikou fytoolitů. CD je obohaceno o spoustu obrázků a mikroskopických fotografií, které jsou dokonalou názornou ukázkou mikroskopických částic, fytoolitů, které se v některých rostlinách utváří. Po teoretickém výkladu učitele v hodinách biologie by žáci měli být schopni plnit dané úkoly k aktuálně probíranému tématu. K tomu poslouží pracovní sešit. Žáci mohou pracovat při plnění jednotlivých úloh samostatně nebo ve dvojicích. Budou používat světelné mikroskopy, naučí se pracovat s mikroskopickými potřebami, jakými je např. žiletka, učí se zručnosti při přípravě jednotlivých preparátů a také se lépe zorientují při používání programů, které slouží k úpravě mikrofotografií. Jelikož hrozí poranění při práci s mikroskopickými pomůckami, měli by být žáci důkladně seznámeni již v úvodní

hodině s laboratorním řádem, se zásadami bezpečnosti a hygieny práce a také s první pomocí.

1 Základy mikroskopování

V následujících podkapitolách se seznámíme se základy mikroskopické techniky. Jejich znalosti nám pomohou v praktických cvičeních při samotném mikroskopování. Seznámíme se s mikroskopickými potřebami, objasníme si pojem světelná mikroskopie, preparát, protokol, vysvětlíme si přípravu mikroskopických preparátů a správné provedení řezů a nakonec se obeznámíme s grafickou dokumentací kresbou, kterou zaznamenáváme do protokolu.

1.1 Světelná mikroskopie

Světelná mikroskopie se řadí mezi základní metody pozorování objektů pod mikroskopem. V našich praktických cvičeních ji budeme využívat nejčastěji. Světlo má dualistický charakter, chová se tedy jako částice i vlna. Při světelné mikroskopii světlo prochází pozorovaným objektem. Z tohoto důvodu musíme připravit co nejtenčí preparáty, abychom požadované struktury zřetelně viděli.

1.2 Mikroskopické pomůcky

Abychom mohli pozorovat a detailně prozkoumat svět fytofitů, které se nacházejí v jednotlivých částech některých rostlin, budeme potřebovat kromě světelného mikroskopu (také fotomikroskopu) další příslušenství. Mezi nejdůležitější mikroskopické potřeby pro zhotovování mikroskopických preparátů jsou nutná především:

- Podložní a krycí skla;
- žiletky (ke zhotovení tenkých řezů), válečky bezové duše (odumřelý parenchym bezu černého), popř. ruční mikrotom;
- preparační jehla, pinzeta, skalpel, nůžky, štěteček (k přenosu tenkých řezů);
- bezbarvý lak na nehty, užší izolepa (na přípravu otiskových preparátů);

- Petriho misky, hodinová skla, kádinky na vodu a glycerol, skleněná tyčinka, plastové kapátko;
- plátěný hadřík (k čištění skel);
- filtrační papír (k odsátí přebytečné vody mezi podložním a krycím sklíčkem);
- krabička na uložení a přenos mikroskopických potřeb.

Psací a kreslicí potřeby sice v praktických cvičeních využíváme a jsou nepostradatelnou součástí mikroskopického bádání, ale mezi mikroskopické potřeby je nezařazujeme. V každém cvičení potřebujeme také:

- psací potřeby (tužka střední tvrdosti, guma, propiska, tenký lihový fix na popsání podložních sklíček);
- pravítko, volné nelinkované papíry formátu A4.

1.3 Mikroskopické preparáty

K pozorování rostlinného materiálu musíme nejprve zhotovit mikroskopický preparát, tj. jakýkoliv botanický objekt (část rostliny nebo rostlinného orgánu) speciálně upravený k pozorování pod mikroskopem. Při mikroskopování budeme používat převážně jeden typ preparátu a tím je jednoduchý dočasný (přechodný) preparát.

A. Dočasný (přechodný) preparát

V praktických cvičeních budeme nejčastěji užívat přechodných preparátů, které si budeme připravovat z nativních (živých) rostlinných materiálů. Jako uzavírací prostředím (médiem) nám poslouží glycerol nebo voda.

Postup při zhotovení jednoduchého dočasného (přechodného) preparátu:

1. Sběr vhodného materiálu: nejprve musíme rostlinný materiál nasbírat v přírodě, popř. doma.

2. Příprava objektu k mikroskopování (zhotovení řezů): Nasbíraný materiál preparujeme pomocí skalpelu na jednotlivé části, které potřebujeme k pozorování, zvolené části rostlin vložíme do podélně rozkrojené bezové duše a provedeme co nejtenčí příčný řez.
3. Fixace a konzervace materiálu: Objekt k pozorování přeneseme do vhodného média (glycerolu/vody), které kápneme pipetou do středu podložního sklíčka. Kvůli nežádoucímu rozpouštění fytolitů v kyselém pH, nikdy nesmíme použít při fixaci kyseliny!
4. Uzavření objektu mezi podložní a krycí sklíčko v glycerolu/vodě: Uchopíme krycí sklíčko, přiložíme jej na okraj kapky glycerolu/vody, ve které se nachází pozorovaný objekt, a opatrně sklíčko spouštíme, abychom zamezili vzniku vzduchových bublin.

B. Otiskový preparát

Při plnění některých zadaných úkolů z pracovního sešitu budeme používat i otiskové preparáty, které si připravíme také z nativních (živých) rostlinných materiálů. V podmínkách biologických laboratoří středních škol nám postačí provést jednoduchý otiskový preparát pro důkaz a pozorování stomat (inkrustovaných stomat přesličky rolní) za použití tzv. mikroreliefovy metody (zhotovení otiskového preparátu pomocí laku na nehty).

Postup při zhotovení otiskového preparátu:

1. Sběr vhodného materiálu: Nejprve musíme rostlinný materiál nasbírat v přírodě.
2. Příprava objektu k mikroskopování (zhotovení otiskového preparátu): Na povrch určené části rostlinného materiálu nanese tenkou vrstvu bezbarvého laku na nehty, necháme zaschnout. Na zaschlé nalakované místo opatrně přiložíme bezbarvou izolepu, pomalu sloupneme a přilepíme na podložní sklíčko.

C. Roztlakový preparát

V pracovním sešitu můžeme nalézt úlohu, při jejímž plnění budeme využívat tzv. roztlakový preparát.

Postup při zhotovení roztlakového preparátu:

1. Příprava objektu k mikroskopování (zhotovení roztlakového preparátu):
Rozmáčkneme část rostlinného materiálu do jedné vrstvy buněk a to tak, že přiměřeně silně zatlačíme kolmo na krycí sklíčko.

1.4 Konzervace rostlinného materiálu

Některý rostlinný materiál není dostupný po celý rok. Abychom měli co pozorovat, můžeme si vytvořit zásobu rostlinného materiálu a nasbírané vegetativní orgány uložit v konzervačním médiu. Nejčastěji se používá glycerol-etanol v poměru 1:3 (1 díl glycerolu : 3 díly 70% etanol), tzv. Calberlovo konzervační činidlo, které změkčuje rostlinný materiál (např. sekundární xylém při řezání větví).

1.5 Zhotovení vegetativních řezů rostlin

Rozlišujeme dva typy řezů dle jejich orientace – podélné (longitudinální) a příčné (transverzální). Rostliny budeme většinou řezat příčně volně žiletkou v bezové duši. Váleček bezové duše rozkrojíme podélně na dvě části. Mezi dvě rozpůlené bezové duše vložíme upravený řezaný objekt a žiletkou proveden příčný (transverzální) řez. Z příčných řezů různých částí rostlin vytvoříme dočasné preparáty.

1.6 Pozorování pod mikroskopem

Připravené dočasné preparáty budeme pozorovat světelným mikroskopem, který je dostupný v biologické laboratoři školy. Můžeme použít například

binokulární (pozorování oběma očima) mikroskop Olympus CX 31 s optikou UIS2. K pořízení fotografií můžeme využívat mikrofotografický systém Olympus DP70 nebo Olympus CX 40 s kamerou AXIO CAM ERe5s (s programem AXIO VISION SE54).

Postup při mikroskopování:

(Následující postup platí pro mikroskop Olympus CX 31, pro jiné typy mikroskopů bude postup podobný):

1. Mikroskop postavíme na pracovní stůl a zapojíme do elektrického vedení.
2. Zvolíme vhodné okuláry, nastavíme jejich rozestup, popř. zaostříme a nastavíme nejmenší zvětšené objektivu.
3. Pomocí clony a kondenzoru připravíme optimální osvětlení.
4. Preparát upevníme na posuvný stolek pomocí svorek nad střed horní kondenzorové čočky.
5. Otočením makrometrického šroubu přibližujeme nebo oddalujeme čočku objektivu až do hrubého zaostření. Pomocí mikrometrického šroubu zcela doostříme pozorovaný objekt a upravíme osvětlení clonou.
6. Pomocí šroubu křížového vodiče posouváme preparátem do té doby, než nalezneme vhodné místo k jeho pozorování a umístíme ho přesně do středu zorného pole.
7. Pozorujeme a pozorované struktury zaznamenáváme kresbou (popř. pořídíme mikrofotografii) do protokolů (vytvořených pracovních listů, záznamů) spolu s údajem o zvětšení, které jsme při pozorování daného objektu zvolili.
8. Po skončení mikroskopování překontrolujeme čistotu jednotlivých částí mikroskopu, nastavíme nejmenší zvětšení objektivu, mikroskop přikryjeme obalem a vrátíme jej na místo, kde bývá uložen.

1.7 Kreslení mikroskopických struktur

Každé pozorování by mělo být dokumentováno kresbou (nebo mikrofotografií). Grafická dokumentace kresbou vyžaduje určitou zručnost a trochu výtvarného nadání. Pozorované struktury zaznamenáváme na bílý nelinkovaný papír formátu A4 za použití středně tvrdé tužky. Kreslíme jedním tahem, nestínujeme, netečujeme, zobrazujeme jen podstatné struktury pozorovaného objektu. Konečný popis obrázku provádíme propiskou.

2 Praktická část

2.1 Byliny

Téma: Fytolity bylin.

1. Úkol: Krystalické inkluze v suknici cibule kuchyňské (*Allium cepa*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: konzervované (v etanolu) kousky suknice (suchý list, šupina) cibule kuchyňské (*Allium cepa*)
- etanol, glycerol

Provedení:

Konzervované kousky cibule kuchyňské vyjmeme a v glycerolu zhotovíme přechodný mikroskopický preparát. Při mikroskopování používáme přiměřeně clonění a všímáme si, že se suknice cibule skládá z více vrstev.

- a) Jmenujte typ fytolitu, který se nachází v suknici cibule kuchyňské, určete jeho chemické složení a pokuste se v literatuře najít jeho krystalovou strukturu.
- b) Nakreslete tento typ fytolitu do pracovního listu.

Nákres:

2. Úkol: Rafidy v buňkách stonku podeňky (*Tradescantia*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: živý stonk podeňky (*Tradescantia*)
- glycerol, potřeby pro mikroskopování, bezová duše

Provedení:

Živý stonk podeňky vložíme mezi podélně rozpůlený váleček bezové duše, jedním tahem provedeme co nejtenčí transverzální řezy (nejméně 5x), které přeneseme do kapky glycerolu na podložní sklo. Opatrně přikládáme krycí sklíčko, mikroskopujeme a hledáme dlouhé jehličkovité útvary.

- a) Několik krystalů zakreslete do svého protokolu.
- b) V literatuře zjistěte jejich chemické složení, které uvedte do závěru.

Nákres:

3. Úkol: Idioblasty v řapíku listu leknínu bílého (*Nymphaea alba*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: vitální nebo konzervovaný (v glyceroletanolu) řapík listu leknínu bílého (*Nymphaea alba*)

Poznámka: Leknín bílý je chráněný druh, proto materiál odebíráme pouze z rostlin, které se pěstují v zahradních nádržích.

- glycerol, etanol, potřeby pro mikroskopování, bezová duše

Provedení:

Do obou ploch podélně rozpůleného válečku bezové duše vymáčkeme žlábek, do kterého umístíme kousek řapíku leknínu. Zhotovíme příčné řezy a přechodný preparát jako v úkolu č. 2. Při pozorování se zaměříme na velké interceluláry (mezibuněčné prostory), do kterých ční zvláštní hvězdicovité buňky. Na jejich buněčných stěnách se nacházejí fytolity.

- a) Interceluláru s vnitřní hvězdicovitou (větvenou) buňkou včetně její inkrustované buněčné stěny zakreslete i s několika okolními buňkami a popište do pracovního listu.
- b) V závěru vysvětlíte pojem idioblast.

Nákres:

4. Úkol: Rafidy v listu dieffenbachie skvrnité (*Dieffenbachia maculata*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: vitální list dieffenbachie skvrnité (*Dieffenbachia maculata*)
- glycerol, potřeby pro mikroskopování, bezová duše

Provedení:

Do podélně rozpůlené bezové duše vložíme kousek listu dieffenbachie, nařežeme transversálně (příčně). Štětečkem přeneseme řezy do kapky glycerolu, vytvoříme přechodný preparát a mikroskopujeme. Hledáme tenké jehličkovité krystaly rozprostřené v buňkách rostliny.

- a) Do pracovního protokolu zakreslete několik krystalů.
- b) V závěru vysvětlíte pojem rafid.

Nákres:

5. Úkol: Jehlicovité krystaly v dužnatém listu aloe pravé (*Aloe vera*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: vitální zdužnatělý list aloe pravé (*Aloe vera*)
- potřeby pro mikroskopování

Provedení:

Skalpelem odřízneme kousek dužnatého listu aloe, zmáčkne mezi prsty a obsah vymáčkne na podložní sklo. Přikryjeme krycím sklem a objekt pozorujeme pod mikroskopem.

- a) Několik rafidů zakreslete do svého protokolu.
- b) V literatuře vyčtete chemické složení rafidu.

Nákres:

6. Úkol: Inkrustovaná stomata přesličky rolní (*Equisetum arvense*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: letní lodyha přesličky rolní (*Equisetum arvense*)
- bezbarvý lak na nehty, izolepa, potřeby pro mikroskopování

Provedení:

Bezbarvý lak (na nehty) nanese na vnější epidermis přesličky a počkáme, až zaschne. Na zaschlou vrstvu laku opatrně přiložíme bezbarvou izolepu, kterou pomalu sloupneme a přilepíme na podložní sklo. Mikroskopujeme.

- a) Nachází se v letní lodyze přesličky rolní (*Equisetum arvense*) fytolity? Pokud ano, o jaký typ se jedná?
- b) Do pracovního listu nakreslete inkrustované vnější stěny epidermálních buněk, včetně svěřacích buněk stomat.

Nákres:

Tabulka, která následuje, představuje i jiné druhy bylin, u kterých můžeme pozorovat rozmanité druhy fytolitů pod mikroskopem. Početná část rostlin, uvedených v Tabulce č. 1 (viz níže), utváří prostředí našich domovů, jedná se o tzv. pokojové rostliny.

Tabulka č. 1: Další druhy bylin obsahující fytolity.

	Druh rostliny	Část rostliny k řezu	Preparát	Fytolit
1.	Africká fialka (<i>Saintpaulia</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	styloidy
2.	Banánovník (<i>Musa</i>)	dužnina	roztlakový	amyloplasty
3.	Begónie korálová (<i>Begonia corallina</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy
4.	Fitónie (<i>Fittonia</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	cystolity
5.	Hvozdík (<i>Dianthus</i>).	stonek	přechodný v glycerolu	styloidy
6.	Ibišek (<i>Hibiscus</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy
7.	Jahodník (<i>Fragaria</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy
8.	Ječmen myší (<i>Hordeum murinum</i>)	kolénko (ned) stébla	přechodný v glycerolu	drůzy
9.	Kaktus (<i>Rebutia</i>)	zdužnatělý stonek	přechodný v glycerolu	styloidy
10.	Konopí seté (<i>Cannabis sativa</i>)	žláznatý trichom (báze)	přechodný v glycerolu	inkrustace SiO ₂
11.	Kontryhel obecný (<i>Alchemilla vulgaris</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy

12.	Kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i>)	žahavý trichom (špička)	přechodný v glycerolu	inkrustace SiO ₂
13.	Mucholapka podivná (<i>Dionaea muscipula</i>)	lapací list	přechodný v glycerolu	rafidy
14.	Opuncie - nopál (<i>Opuntia</i>)	zdužnatělý článek stonku	přechodný v glycerolu	drůzy
15.	Orchidej – můrovec (<i>Phalaenopsis</i>)	vzdušný kořen	přechodný v glycerolu	rafidy
16.	Ostřice (<i>Carex</i>)	kolénko (ned) stébla, trichom	přechodný v glycerolu	inkrustace trichomu kyselinou křemičitou
17.	Pelargónie (<i>Pelargonium</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy
18.	Potos – šplhavnice (<i>Epipremnum pinnatum</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	rafidy
19.	Sveřep měkký (<i>Bromus hordeaceus</i>)	kolénko (ned) stébla	přechodný v glycerolu	drůzy
20.	Tchýnin jazyk - tenura (<i>Sansevieria trifasciata</i>)	list	přechodný v glycerolu	rafidy
21.	Toulitka Andréova (<i>Anthurium andreaeanum</i>)	čepel a řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy, rafidy
22.	Vánoční kaktus (<i>Schlumbergera</i>)	ploché článek stonku	přechodný v glycerolu	drůzy
23.	Voskovka masitá (<i>Hoya bella</i>)	čepel a řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy
24.	Zamiokulkas (<i>Zamioculcas zamiifolia</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	rafidy

2.2 Dřeviny

Téma: Fytolity dřevin.

1. **Úkol: Krystalové drůzy v buňkách primární kůry nebo dřene lípy srdčité (*Tilia cordata*).**

Potřeby:

- rostlinný materiál: vitální nebo konzervovaná (v etanolu) větévka lípy srdčité (*Tilia cordata*)
- etanol, glycerol, bezová duše, potřeby pro mikroskopování

Provedení:

Do podélně rozpůleného válečku bezové duše vyhloubíme žlábek, vložíme do něj internodium lípy a provedeme co nejtenčí řezy. V glycerolu zhotovíme přechodný mikroskopický preparát a pozorujeme pod mikroskopem. Drůzy objevujeme v buňkách dřene nebo primární kůře.

- a) Zakreslete buňku s drůzou a obrázek popište.
- b) V závěru vysvětlíte pojem drůza a uveďte její chemické složení.

Nákres:

2. Úkol: Drůzy v buňkách dřene jinanu dvojlaločného (*Ginko biloba*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: vitální nebo konzervovaná (v etanolu) větévka jinanu dvojlaločného (*Ginko biloba*)
- etanol, glycerol, bezová duše, potřeby pro mikroskopování

Provedení:

Do podélně rozpůlené bezové duše vložíme kousek větvičky jinanu dvojlaločného, příčně nařezeme, vytvoříme přechodný preparát a mikroskopujeme.

- a) Zakreslete buňku s drůzou a obrázek popište.
- b) V závěru vysvětlíte pojem drůza a uveďte její chemické složení.

Nákres:

3. Úkol: Drůzy v buňkách dřevě dubu letního (*Quercus robur*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: vitální nebo konzervovaná (v etanolu) větvíčka dubu letního – křemeláku (*Quercus robur*)
- etanol, glycerol, bezová duše, potřeby pro mikroskopování

Provedení:

Do obou ploch podélně rozpůleného válečku bezové duše vymáčkne žlábek, do kterého umístíme kousek větvíčky dubu letního. Nařežeme příčně několik tenkých řezů, přeneseme na podložní sklo s kapkou glycerolu a pozorujeme pod mikroskopem.

- a) Zakreslete buňku s drůzou a obrázek popište.
- b) V závěru vysvětlíte pojem drůza a uveďte její chemické složení.

Nákres:

4. Úkol: Krystalický písek v buňkách dřenež bezu černého (*Sambucus nigra*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: vitální mladá větvička bezu černého (*Sambucus nigra*).
- glycerol, bezová duše, potřeby pro mikroskopování

Provedení:

Do podélně rozpůleného válečku bezové duše vyhloubíme žlábek, vložíme do něj kousek mladé větvičky bezu černého a provedeme co nejtenčí řezy. V glycerolu zhotovíme přechodný mikroskopický preparát a pozorujeme pod mikroskopem. Krystalický písek objevujeme v buňkách dřenež.

- a) Zakreslete buňku s krystalickým pískem uvnitř a obrázek popište.
- b) V závěru vysvětlete pojem krystalický písek.

Nákres:

5. Úkol: Lithocysty s cystolity v listové epidermis fíkovníku pryžodárného (*Ficus elastica*).

Potřeby:

- rostlinný materiál: vitální list fíkovníku pryžodárného (*Ficus elastica*)
- glycerol, potřeby pro mikroskopování, bezová duše

Provedení:

Do podélně rozpůlené bezové duše vložíme kousek listu fíkovníku pryžodárného, provedeme transverzální řezy. Štětečkem přeneseme řezy do kapky glycerolu, vytvoříme přechodný preparát a pozorujeme pod mikroskopem. Hledáme velké buňky s hroznovitými útvary ve vícevrstevné svrchní epidermis.

- a) Jednu buňku s vnitřním hroznovitým útvarem i s několika sousedními buňkami zakreslete a popište do pracovního listu.
- b) V závěru vysvětlíte pojem lithocyst a cystolit, v literatuře se pokuste nalézt jejich chemické složení, které uveďte do závěru.
- c) Vypátrejte, zda by v preparátu nastaly nějaké změny působením zředěné kyseliny chlorovodíkové. Pokud ano, vysvětlíte v závěru.

Nákres:

V následující tabulce (Tabulka č. 2), která je řazena abecedně podle rodového názvu rostliny, jsou uvedeny dřeviny, se kterými se běžně setkáváme v parcích a zahradách našeho okolí. Přípravu preparátu provádíme obdobným způsobem, jako je tomu v předchozích úkolech.

Tabulka č. 2: Další druhy dřevin obsahující fytoity.

	Druh rostliny	Část rostliny k řezu	Preparát	Fytoit
1.	Bez černý (<i>Sambucus nigra</i>)	mladá větvička	přechodný v glycerolu	krystalický písek
2.	Břečťan popínavý (<i>Hedera helix</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy
3.	Bříza bělokorá (<i>Betula pendula</i>)	větévka	přechodný v glycerolu	drůzy
4.	Buk lesní (<i>Fagus sylvatica pendula</i>)	větévka	přechodný v glycerolu	idioblasty s fytoity
5.	Dub letní – křemelák (<i>Quercus robur</i>)	větévka	přechodný v glycerolu	drůzy
6.	Habr obecný (<i>Carpinus betulus</i>)	větévka	přechodný v glycerolu	drůzy
7.	Ibišek (<i>Hibiscus</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy
8.	Jeřáb ptačí (<i>Sorbus aucuparia</i>)	větévka	přechodný v glycerolu	drůzy, krystaly
9.	Jírovec pleťový (<i>Aesculus x carnea</i>)	mladá větévka	přechodný v glycerolu	drůzy
10.	Líska obecná (<i>Corylus avellana</i>)	větévka (v etanolu)	přechodný v glycerolu	drůzy

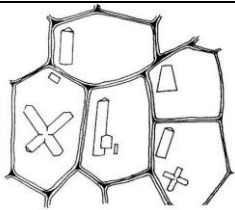
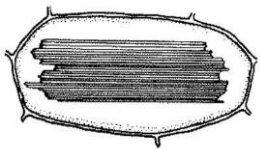
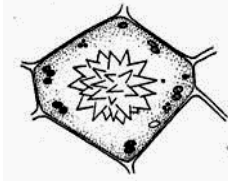


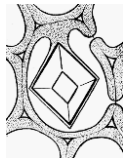
11.	Ořechovec vejčitý (<i>Carya ovata</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy, krystaly
12.	Ořešák královský – vlašský ořech (<i>Juglans regia</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy
13.	Přísavník pětistý – psí víno (<i>Parthenocissus quinquefolia</i>)	řapík zeleného listu	přechodný v glycerolu	drůzy, rafidy
14.	Réva vinná (<i>Vitis vinifera</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	rafidy, styloidy
15.	Rybíz bílý (<i>Ribes rubrum</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy
16.	Slivoň (švestka) domácí (<i>Prunus domestica</i>)	větévka (v etanolu)	přechodný v glycerolu	drůzy
17.	Topol černý (<i>Populus nigra</i>)	mladá větévka	přechodný v glycerolu	drůzy
18.	Třešeň ptačí (<i>Prunus avium</i>)	větévka (v etanolu)	přechodný v glycerolu	drůzy
19.	Zákula japonská (<i>Kerria japonica</i>)	stonek	přechodný v glycerolu	drůzy
20.	Zimolez ovíjivý (<i>Lonicera periclymenum belgica</i>)	řapík listu	přechodný v glycerolu	drůzy

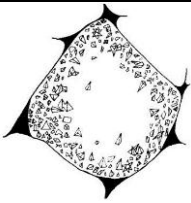
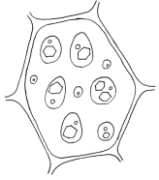
3 Přílohy

3.1 Klíč ke klasifikaci fytolitů podle tvaru

Pro lepší představu a orientaci v tradičním systému klasifikace fytolitů podle jejich struktury je vložena tabulka, kde jsou kresbou znázorněny typické tvary nejrozumnějších druhů fytolitů, se kterými se můžeme běžně setkat v literatuře.

Tabulka č. 3: Tvary fytolitů.

Styloidy	
Rafidy	
Drúzy	
Sféřity (sférokryštaly)	
Cystolity	
Idioblasty s fytolity	

<p>Krystalický písek</p>	 A microscopic drawing of a crystal grain, showing a roughly square shape with sharp, pointed corners. The interior is filled with a dense, granular texture, and the surface appears slightly irregular.
<p>Aleuronová zrna</p>	 A microscopic drawing of aleurone grains, showing a roughly hexagonal shape with slightly rounded corners. The interior contains several distinct, rounded structures, likely representing protein granules or starch grains.