

Fytolity



Botanická
zahrada

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta

pozorování fytolitů v rostlinných pletivech

teoretický úvod

Při mikroskopickém pozorování vnitřní stavby rostlin upoutá často pozornost studentů přítomnost zajímavých struktur, tzv. **fytolitů**.

Při pozorném zkoumání lze nalézt různé typy fytolitů ve většině preparátů zhotovených v biologickém praktiku (pokud nepůsobíme na preparát kyselinami, které fytolity rozpouštějí).

Fytolity jsou mikroskopické útvary inkrustující buněčné stěny nebo krystalické inkluze nacházející se uvnitř buněk (obr. 1-9). Mohou se také hromadit v mezibuněčných prostorech (intercelulárách). Pravděpodobně slouží jako depo zásobních látek (např. vápníku) využitelných v případě potřeby nebo depo odpadních produktů buňky. Inkrustace buněčných stěn také přispívá ke zpevnění rostlinných pletiv a chrání rostliny před okusem býložravců. Fytolity slouží také k obrušování zubní skloviny u koní a jiných býložravců.

fytolitová analýza

Tvar fytolitů, způsob uložení v buňce a chemické složení fytolitů se liší u různých systematických skupin rostlin. Specifického utváření fytolitů a jejich schopnosti dlouhodobě přetrvávat v půdě nebo sedimentech využívá fytolitová analýza. Fytolity se získávají dekompozicí nebo spálením rostlinných zbytků, poté jsou podrobeny mikroskopické analýze.

Využití fytolitové analýzy je mnohostranné (především využití silikátových fytolitů - obr. 9). Využívá se např. při rekonstrukci vegetace příslušného období (nejčastěji starší holocén, pleistocén, ale i starší období), v archeologii při determinaci pěstovaných rostlin (často bývá zkoumán obsah obilných jam), při identifikaci fosilních půd, v některých případech umožňuje fytolitová analýza rozlišit mořské a terestrické sedimenty, může sloužit jako forenzní nástroj v kriminalistice aj.

Zajímavým výsledkem fytolitové analýzy je doložení trávožravého sauropodního dinosaura v Indii z doby před 65 - 70 milióny lety (svrchní křída). Důkazem je přítomnost silikátových travních fytolitů nalezených v dinosauřím trusu (v tzv. koprolitech).

Analýza fytolitů sedimentů v oblasti San Andrés v Mexiku prokázala pěstování rané formy domestikované kukuřice předchůdci civilizace Olméků již před zhruba 7300 lety (některé nejnovější údaje naznačují ještě vyšší stáří).

klasifikace

Klasifikace fytolitů je značně nejednotná, existuje několik přístupů k jejich systematickému třídění. V pedagogické praxi se osvědčila tradiční klasifikace fytolitů podle jejich struktury, distribuce v pletivech a podle chemického složení.

V buňkách mohou fytolity vytvářet:

- **krystalický písek**: drobné krystaly vyskytující se ve velkém množství
- **styloidy**: jednotlivé větší hranolovité krystaly
- **rafidy**: svazky tenkých jehlicovitých zašpičatělých krystalů
- **drůzy**: srostlice tvořené více krystaly
- **sféřity** (sférokrystaly): radiálně uspořádané jehlicovité krystaly

typy

Velmi rozšířeným typem fytolitů jsou krystaly šfavelanu vápenatého (obr.1-6). Vyskytují se v monoklinické (jednoklonné) soustavě jako monohydrát $(\text{COO})_2\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}$ nebo v tetragonální (čtverečné) soustavě jako trihydrát $(\text{COO})_2\text{Ca} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. Krystaly šfavelanu vápenatého se tvoří v cytoplazmě, později mohou vnikat do vakuol. Mohou se také ukládat na povrchu buněčné stěny, např. u hvězdicovitých idioblastů v řapících leknínů (*Nymphaea*).

Šfavelanové fytolity se vyskytují pravidelně v pletivech kaktusů (*Cactaceae*). Morfologická diverzita fytolitů kaktusů umožňuje jejich determinaci do rodů a u nopálů (*Opuntia*) i do druhů.

Dalšími příklady krystalických inkluzí šfavelanu vápenatého jsou krystalický písek ve stoncích bezů (*Sambucus*), styloidy v buňkách suknice cibulí česneků (*Allium*), styloidy v mezofylu a v řapících listů mnoha rostlin, např. begónií (*Kysala*, *Begonia*), révy vinné (*Vitis vinifera*), topolů (*Populus*), v lýku mnohých dřevin, rafidy ve stoncích podeňky (*Tradescantia*), v kořenech orchidejí, drůzy v lýku lípy (*Tilia*).

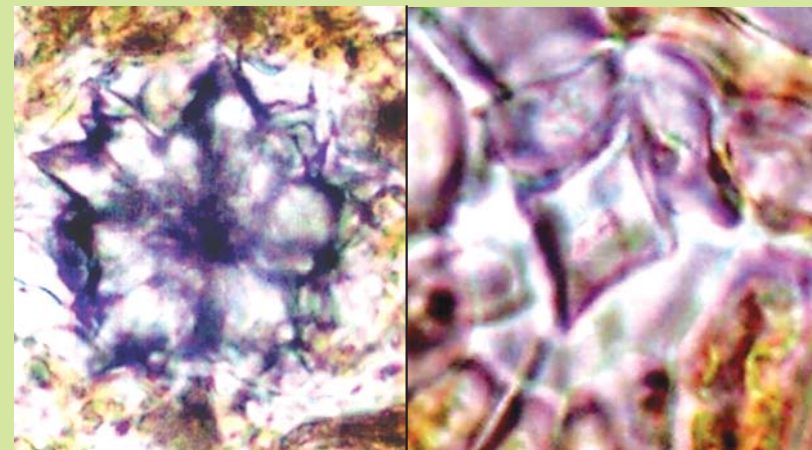
Uhlíčan vápenatý (CaCO_3) vytváří u některých rostlin hroznovité shluky, tzv. cystolity, např. v buňkách epidermis listu fíkovníku pryžodárného (*Ficus elastica*). Svrchní epidermis listu fíkovníku pryžodárného je třívrstevná.

obr. 1 Drůza (srostlice krystalů) šfavelanu vápenatého v listu topolu černého (*Populus nigra*)

1

2

obr. 2 Krystal šfavelanu vápenatého ve zvětřelé buňce (idioblast) listu citroníku (*Citrus lemon*)



Některé epidermální buňky, tzv. lithocysty, jsou nápadně větší (příklad idioblastu). V nich jsou na tenkých, lopatkovitě rozšířených, celulosních stopkách uloženy cystolity. Cystolity lze rozpustit přidáním kapky HCl, uvolní se bubliny CO₂ (lze pozorovat přímo pod mikroskopem), celulosní stopka však zůstává zachována.

Vápník deponovaný v cystolitech může být pravděpodobně rostlinou metabolicky využíván - stupeň inkrustace cystolitů uhličitánem vápenatým a také množství cystolitů se může měnit v souvislosti s obsahem vápníku v půdě.

Lithocysty s cystolity se u různých rostlin nacházejí v různých orgánech (nejčastěji v epidermis listů, ale i v parenchymu listů, stonků a kořenů), rozdílů je rovněž i tvar a velikost cystolitů. Cystolity se vyskytují např. u zástupců čeledi kopřivovitých (*Urticaceae*), morušovníkovitých (*Moraceae*), kam patří i fíkovník, brutnákovitých (*Boraginaceae*), tykvovitých (*Cucurbitaceae*), paznehtníkovitých (*Acanthaceae*).

Uhličitán vápenatý se také nachází v buňkách starších letokruhů dřeva mnohých dřevin, např. jilmu (*Ulmus*), buku (*Fagus*), hrušně (*Pyrus*).

Kyselina křemičitá (SiO₂ · nH₂O) inkrustuje buněčné stěny epidermis ve formě pevného silikátového polymeru (HO-Si-O...Si-O-Si-OH), např. u přesliček (*Equisetum*), trav (lipnicovitě, *Poaceae*), ostřic (*Carex*). Inkrustuje také buněčné stěny žahavých trichomů kopřiv (*Urtica*).

Uvnitř buněk vytváří kyselina křemičitá křemičitá tělíska. Silikátové fytolity obsahují buňky vraneček (*Selaginella*), některých kapradin (*Marattia*, *Angiopteris*), krátké epidermální buňky trav (lipnicovitě, *Poaceae*), epidermální buňky šachorovitých rostlin (*Cyperaceae*) aj.

U palem (*Arecaceae*) a některých vstavačovitých (*Orchidaceae*) se okolo vodivých pletiv vyskytují řady buněk, z nichž každá obsahuje křemičité tělísko. Silikátové fytolity mohou mít i formu cystolitů, např. u fíkovníku sykomory (*Ficus sycomorus*).

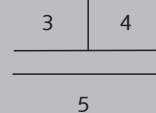
U některých druhů bambusů jsou interceluláry v internodiích stébel vyplněny křemičitými konkréscemi známými jako tabašír.

Vzácně se vyskytují i inkluze jiného chemického složení. Např. v listech bérů (*Setaria*) byly zjištěny sférické krystaly šťavelanu hořečnatého, v buňkách epidermis kapary trnité (*Capparis spinosa*) jsou uloženy krystaly síranu vápenatého (sádrovec) v podobě tyčinek a sféritů, v buňkách žlutnoucích listů révy vinné (*Vitis vinifera*) se nacházejí krystaly vinanu vápenatého.

Krystalickou formu mohou mít v buňkách i některé složitější organické látky. V buňkách některých česneků (*Allium*) nebo v listech červenolistých odrůd zelí (*Brassica oleracea* var. *capitata*) se může rostlinné barvivo anthokyan vyskytovat v krystalické podobě.

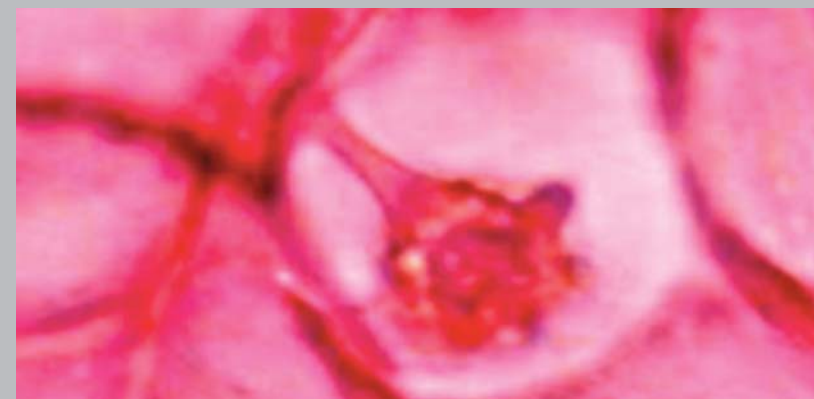
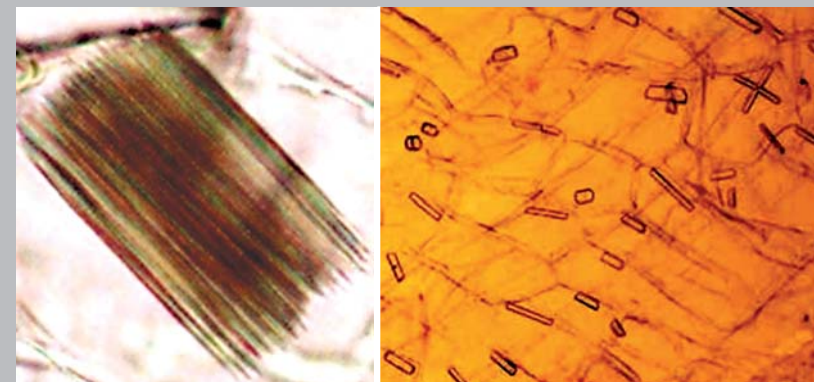
K fytolitům lze přidat i krystaloidy a globoidy v aleuronových zrnech. Aleuronová zrna vznikají tak, že prekurzory zásobních bílkovin pronikají z cytoplazmy do vakuoly. Vakuola postupně vysychá a mění se v aleuronové zrno, které v typické podobě obsahuje krystaloidy a globoidy. Krystaloid představuje krystalickou formu bílkovin (např. globuliny, prolaminy). Globoid je tvořen fytinem (vápenato - hořečnatá sůl esteru kyseliny hexofosforečné a inositolu). Fytin slouží jako zásobárna mobilního fosforu. Buňky obsahující aleuronová zrna se nacházejí v semenech některých rostlin, např. skočce (*Ricinus*), fazolu (*Phaseolus*) nebo trav, kde tvoří aleuronovou vrstvu pod osemením.

obr. 3 Rafidy (jehlicovité, na konci zašpičatělé krystaly) šťavelanu vápenatého v buňkách dřene stonku podešky (*Tradescantia virginiana*)



obr. 4 Styloidy (hranolovité krystaly šťavelanu vápenatého) v buňkách suknice cibule česneku kuchyňského (*Allium cepa*)

obr. 5 Drúza šťavelanu vápenatého v buňce dřene stonku základy japonské (*Kerria japonica*)



postup

1. Sběr materiálu:

z vybraných rostlin odebereme vzorky pletiv (kousky větviček, řapíků a čepelí listů aj.). Materiál fixujeme v glycerolalkoholu (3 :1) a pečlivě popíšeme (druh rostliny, datum a místo sběru). Nepoužíváme fixáže obsahující kyseliny -rozpuštění fytolitů! Využíváme i subtropických a tropických rostlin pěstovaných jako pokojové rostliny nebo ve skleníku.

2. Příprava preparátu:

žiletkou zhotovíme několik příčných řezů větvičkami a listy (listové čepelí a řapíky upevníme do podélně rozkrojené bezové duše). Řezy přeneseme na podložní sklíčko do kapky vody nebo glycerolu a přikryjeme krycím sklíčkem. Preparáty nebarvíme, popř. můžeme preparát obarvit růžovým roztokem safraninu.

3. Pozorování pod mikroskopem:

vyhledáme vhodný objekt při malém zvětšení a poté pozorujeme při středním zvětšení. Zhotovíme jednoduchý náčrt, popř. fotodokumentaci. Pokusíme se určit o jaký typ fytolitu se jedná (klasifikace fytolitů). Na závěr sestavíme přehlednou tabulku srovnání fytolitů studovaných rostlin.

didaktické poznámky

Tento úkol je vhodný pro studenty, kteří již zvládli základy mikroskopické techniky a základy kresby biologických objektů. Před vlastním provedením je nutná teoretická příprava (student musí vědět, co má v preparátu hledat), zopakování postupu přípravy jednoduchých vodních preparátů a také zopakování zásad správného mikroskopování.

Jako vhodná vyučovací forma se osvědčila individuální práce studentů, kdy každý zkoumá vzorky jiných rostlin. Podaří se tak zachytit širší spektrum fytolitů.

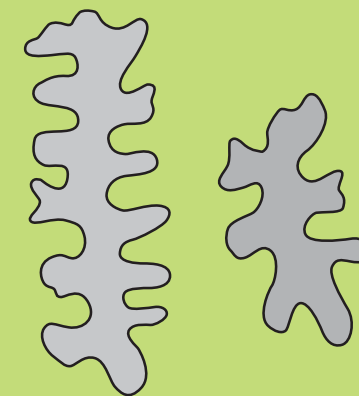
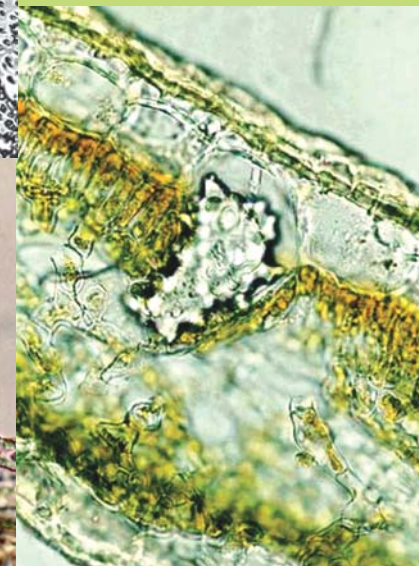
6	7
8	9

obr. 6 Otiskový preparát epidermis letní lodyhy přesličky rolní (*Equisetum arvense*). Vnější stěny epidermálních buněk, včetně svěracích buněk stomat, jsou inkrustovány silikáty. V místech kumulace silikátů se vytvářejí křemičité protuberance (hrbolků)

obr. 8 Hvězdicovitý idioblast ční do nitra interceluláry v řapíku leknínu bílého (*Nymphaea alba*). V buněčných stěnách idioblastu jsou uloženy krystaly šťavelanu vápenatého

obr. 7 Silikátové fytolity trav (*Poaceae*)

obr. 9 Příčný řez listem fíkovníku bengálského (*Ficus bengalensis*) s fytolitem. Ve třivrstevné svrchní epidermis se nacházejí zveličelé buňky - lithocysty, v nichž se na celulosních stopkách vytvářejí hroznovité shluky uhličitanu vápenatého - cystolity





Botanická
zahrada

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta



Je situována v centru města ve Smetanových sadech,
v sousedství sbírkových skleníků
Výstaviště Flora Olomouc a.s.
Vchod je z ulice U botanické zahrady.

Adresa pro korespondenci:

Botanická zahrada Přírodovědecké fakulty
Univerzity Palackého v Olomouci
Třída Svobody 26, 771 46 Olomouc
tel.: 585 413 705, 585 634 820, 604 510 470,
773 690 498, 773 690 499
E-mail: garden@upol.cz
http://botany.upol.cz

Otevřeno:

mimo pondělí denně, včetně víkendů a svátků
duben, září, říjen 10 - 16 hod.
květen - srpen 10 - 18 hod.
návštěvu mimo uvedenou dobu lze dohodnout
telefonicky nebo prostřednictvím e-mailu.

Autor textu: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Dr.
Katedra botaniky PřF Univerzity Palackého v Olomouci

Autor fotografií: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Dr.

Název: Pozorování fytolitů v rostlinných pletivech

Výkonný redaktor: Prof. RNDr. Tomáš Opatrný, Dr.

Grafický design: MgA. Tamara Schreiberová
SPHERA, Na Brance 206, 267 12 Loděnice

Vydala: Univerzita Palackého v Olomouci

Křížkovského 8, 771 47 Olomouc

www.upol.cz/vup

Tisk: Tiskárna TWIN s.r.o.

Holická 140/70, 779 00 Olomouc – Holice

Olomouc, 2008

1. vydání

ISBN 978-80-244-2187-2

NEPRODEJNÉ



Vydáno za finanční podpory Statutárního města Olomouce
a s podporou grantu MŠMT č. 2E 08021 NFS.