



evropský  
sociální  
fond v ČR



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

## STOMATA EPIDERMIS LISTŮ V BIOLOGICKÉM PRAKTIKU NA PŘÍRODOVĚDNÉM GYMNÁZIU

Studenti gymnázií a středních škol, v jejichž studijních programech je zařazen předmět biologie, se s poznatky o stomatech seznamují v hodinách tematicky zaměřených na biologii rostlin. Vhodným doplňkem teoretických znalostí je vlastní pozorování stomat pod mikroskopem v biologickém praktiku.

Následující text seznamuje středoškolské učitele biologie s různými hledisky klasifikace stomat a s možnými náměty (úkoly) pozorování stomat v biologickém praktiku. Uvedené teoretické poznatky mohou být také využity jako rozšiřující učivo ve vyšších ročnících gymnázií s přírodovědným zaměřením a v biologických kroužcích.

Stomata (průduchy) patří k provětrávacímu systému primárního krycího pletiva (epidermis, pokožka). Zajišťují výměnu plynů a vodních par mezi ovzduším a mezofylem listů. Umožňují příjem oxidu uhličitého potřebného k fotosyntéze a příjem kyslíku potřebného k respiraci. Průduchovými štěrbinami stomat také difunduje vodní pára z listu do ovzduší (stomatární transpirace). Stomatární transpirace uvádí do pohybu transpirační proud a ochlazuje listy.

Význam stomat při zajišťování základních životních funkcí rostliny dokládá i skutečnost, že funkční stomata byla zjištěna již u nejstarších suchozemských cévnatých rostlin.

Podle umístění stomat na listu mohou být listy:

- **hypostomatické:** stomata se nacházejí především (z 90-ti %) ve spodní epidermis, ve svrchní epidermis mohou úplně chybět, často u kapradin, dvouděložných bylin a především dřevin;
- **amfistomatické:** stomata jsou ve spodní i svrchní epidermis (přibližně stejný počet), např. kosatec (*Iris*), většina trav aj.;
- **epistomatické:** stomata jsou pouze ve svrchní epidermis, např. natantní listy leknínu (*Nymphaea*) nebo stulíku (*Nuphar*), u některých trav, např. u kostřav (*Festuca*), strdivek (*Melica*), váleček (*Brachypodium*).

Nejčastěji jsou stomata rozložena na ploše listu rovnoměrně, u některých rostlin ale mohou vytvářet dvojice nebo skupiny. U mnoha rostlin jsou stomata seřazena v řadách (jehlicovité listy jehličnanů, trávy aj.).

Stomata mohou mít různou polohu vzhledem k rovině epidermis:

- **stomata emerzní:** vyčnívají nad úroveň epidermis, často stomata hygrofytů a stomata natantních listů hydrofytů;
- **stomata submerzní, kryptoporní:** stomata ponořená pod úroveň epidermis, často stomata xerofytů;



evropský  
sociální  
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

- **stomata faneroporní:** svěrací buňky stomat jsou v jedné rovině s buňkami epidermis, u většiny rostlin.

Ontogeneticky vznikají stomata v raných fázích histogeneze ze specifických iniciál tuniky (iniciály, jejichž dělením vznikají mateřské buňky svěracích buněk stomat, bývají někdy označovány jako meristemoidy). Pokud je tunika vícevrstevná, vznikají stomata vždy z iniciál svrchní vrstvy tuniky (L1). Iniciály se inekválně dělí (asymetrická mitóza) za vzniku větší epidermální buňky a menší mateřské buňky svěracích buněk. Další vývoj mateřské buňky svěracích buněk vedoucí ke vzniku stomat může probíhat v podstatě dvojím způsobem (viz obr.):

- **stomata haplocheilická:** vznikají tak, že se mateřská buňka svěracích buněk přímo rozdělí na dvě buňky svěrací, epidermální buňky obklopující stoma nemají se svěracími buňkami přímý společný ontogenetický původ (nevznikají přímým dělením mateřské buňky svěracích buněk), např. stomata jehličnanů, lilie (*Lilium*), kosatce (*Iris*) a mnoha jiných;
- **stomata syndetocheilická:** vznikají tak, že se mateřská buňka svěracích buněk postupně dvojnásobně (nebo i vícenásobně) rozdělí a vytvoří v typickém případě řadu tří buněk. Rozdělením prostřední buňky vznikají svěrací buňky a průduchová šterbina. V tomto případě mají epidermální buňky obklopující stomata (tzv. buňky vedlejší) přímý společný ontogenetický původ s buňkami svěracími, s nimiž vytvářejí tzv. průduchový aparát. Vedlejší buňky se většinou liší tvarem a velikostí od ostatních buněk epidermis a aktivně se účastní regulace velikosti průduchové šterbiny. Typickým příkladem syndetocheilických stomat jsou stomata trav.

V ontogenetickém vývoji stomat existují četné modifikace výše popsaných základních modelů.

Vlastní průduchová šterbina je vždy **schizogenního původu**, tzn., že vzniká rozpuštěním střední lamely.

Anatomicky (viz obr.) tvoří stoma dvě svěrací buňky (cellulae claudentes) uzavírající průduchovou šterbinu (porus stomatalis). Pod průduchovou šterbinou je v mezofylu substomatární dýchací dutina, u ponořených průduchů i vnější dýchací dutina, často vyplněná voskem, např. u jehličnanů, některých trav, sukulentů aj. U některých xerofytů, např. u oleandru (*Nerium*), vytvářejí buňky vnější dýchací dutiny četné trichomy.

Svěrací buňky mají ledvinovitý, popř. piškotovitý tvar. Jejich koncové části jsou pevně spojeny. V cytoplazmě mají chloroplasty. Celulosní fibrily buněčných stěn svěracích buněk jsou uspořádány kolmo k podélné ose svěrací buňky. Takto uspořádané fibrily umožňují podélné protažení nebo zkrácení buněčné stěny svěrací buňky. V buněčných stěnách svěracích buněk nejsou plazmodesmy, svěrací buňky jsou tak izolovány od symplastického transportního systému. Symplastická izolace umožňuje účinnou regulaci turgoru svěracích buněk.



evropský  
sociální  
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

Vezmeme-li v úvahu anatomickou stavbu svěracích buněk (jejich tvar, způsob vyztužení buněčných stěn) a s tím související mechaniku otevírání a zavírání průduchů lze rozlišit několik základních typů stomat a mnoho jejich různých modifikací:

- **stomata typu *Amaryllis*:** svěrací buňky jsou ledvinovitého tvaru. Mají břišní stěnu (tj. stěnu obrácenou do průduchové štěrby) nepružnou, vyztuženou dvěma podélnými lištami, někdy zkorkovatělými. Hřbetní stěna většinou vyztužena není a zůstává pružná. Pružnost hřbetní stěny svěracích buněk je podmíněna i tím, že celulózové fibrily buněčné stěny jsou uspořádány kolmo k podélné ose svěrací buňky. Přijímá-li svěrací buňka vodu, stoupá vnitřní tlak buňky (turgor), pružná hřbetní stěna se napíná, svěrací buňky se ohýbají a průduchová štěrbina se otevírá. Klesá-li ve svěracích buňkách turgor, svěrací buňky se napřimují a průduchová štěrbina se uzavírá. Regulace velikosti průduchové štěrby se tedy děje ohýbáním a napřimováním ledvinovitých svěracích buněk. Svěrací buňky se u tohoto typu pohybují paralelně s povrchem epidermis. Častý typ u jednoděložných, méně často u dvouděložných rostlin;
- **stomata typu *Helleborus*:** ledvinovité svěrací buňky mají nerovnoměrně zesílené břišní stěny a jejich lumen má na příčném řezu přibližně tvar trojúhelníka, jehož strany jsou nestejně dlouhé. Regulace velikosti průduchové štěrby se pak děje pohybem svěracích buněk paralelně, ale i kolmo k povrchu epidermis (princip otevírání dveří). Často u dvouděložných, ale i některých jednoděložných rostlin;
- **stomata typu *Gramineae*:** svěrací buňky jsou piškotovitého tvaru. Buněčná stěna střední zúžené části svěracích buněk je ztloustlá, rozšířené okrajové části jsou tenkostěnné a pružné – při stoupajícím turgoru zvětšují svůj objem a průduchová štěrbina se rozevírá. Na pohybu svěracích buněk se významně podílejí i buňky vedlejší, které vznikají syndetocheilicky. Stomata tohoto typu většinou vytvářejí pravidelné řady. Nacházejí se u trav (*Poaceae*, lipnicovité), ostřic (*Carex*), sítin (*Juncus*), ale i v epidermis listů dubu cesmínového (*Quercus ilex*) nebo v epidermis fylodií (do plochy rozšířené řapíky) akácií (*Acacia*);
- **stomata pteridofytního typu:** při stoupajícím turgoru se mění tvar příčného řezu svěracími buňkami z oválného na kruhovitý, přičemž se průřez svěrací buňkou v periklinálním směru zkracuje a průduchová štěrbina se otevírá (periklinální směr je směr rovnoběžný s povrchem orgánu). U tohoto typu je poměrně silná i hřbetní stěna svěrací buňky. Např. stomata kapradin;
- **stomata gymnospermního typu:** v jehlicovitých listech jehličnanů jsou průduchy ponořené, seřazené v řadách. Buněčné stěny svěracích buněk jsou lignifikované, silné. Buňky epidermis a hypodermis obklopující svěrací buňky stomat jsou silnostěnné, nepružné. Proto je pohyb svěracích buněk v jehlicích poměrně omezený. Průduchy se u jehličnanů ucpávají na zimu voskem.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



Univerzita Palackého  
v Olomouci

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

Z hlediska systematické botaniky je významná klasifikace stomat podle počtu, uspořádání a tvaru epidermálních buněk obklopujících tomata. V zásadě lze rozlišit dva základní typy stomat a mnoho typů odvozených (viz obr.):

- **stomata izocytická (anomocytická):** epidermální buňky obklopující stomata se neliší od ostatních buněk epidermis. Ontogenetický vývoj je nejčastěji haplocheilický;
- **stomata anizocytická:** epidermální buňky obklopující stomata se liší od ostatních buněk epidermis. Ontogenetický vývoj takového průduchového aparátu bývá nejčastěji syndetocheilický. Dosud bylo popsáno několik desítek typů anizocytických stomat.

K základním kvantitativním znakům stomat patří **délka stomat** (nejčastěji 15 – 60  $\mu\text{m}$ ) a **hustota stomat** (nejčastěji 50 – 300 stomat / $\text{mm}^2$ ). Tyto znaky jsou ovlivněny vnějšími podmínkami prostředí, nejvíce intenzitou radiace, ale do jisté míry také vlhkostními poměry a obsahem živin. U zastíněných listů (sciofilní listy) jsou stomata delší a méně četná než u slunných listů (heliofilní listy).

Délka stomat je často v pozitivní korelaci se stupněm ploidie a proto je využívána jako snadno měřitelný pomocný znak při determinaci cytotypů u druhů vytvářejících polyploidní komplexy. Zjišťování karyotypu nebo měření množství DNA průtokovou cytometrií lze provádět pouze ve vybavené laboratoři, tyto metody jsou, na rozdíl od měření délky stomat, náročné na přístrojové vybavení a vybavení chemikáliemi.

Kvantitativně tvoří průduchové štěrby pouze nepatrnou část listové plochy, přibližně 1% (v listové epidermis vytvářejí tzv. multiperforátní septum).

### Poznámky k regulaci pohybu svěracích buněk

Potřeba získávat  $\text{CO}_2$  pro fotosyntézu je v rozporu s potřebou udržovat vodu v rostlině. Příjem  $\text{CO}_2$  je možný pouze otevřenými průduchy. To znamená, že rostlina současně s příjmem  $\text{CO}_2$  ztrácí vodu stomatární transpirací. Mechanismy regulující otevírání a zavírání průduchů fungují proto tak, aby bylo dosaženo kompromisu mezi „hladověním a vyschnutím“ rostliny (tzv. fotosynteticko – transpirační kompromis).

Mechanika pohybu svěracích buněk je určena jejich anatomickou stavbou. Vlastní pohyb svěracích buněk přímo závisí na turgoru svěracích buněk, který je dán obsahem vody v buňkách.

Pohyb svěracích buněk je ovlivňován celou řadou vnějších faktorů (např. světlo, teplota vzduchu, relativní vzdušná vlhkost) ovlivňujících vnitřní faktory (např. obsah iontů draslíku ve svěracích buňkách, hladina kyseliny abscisové, pH buněčné šťávy, koncentrace osmoticky neaktivního škrobu a osmoticky aktivní sacharosy ve svěracích buňkách). Schopnost regulace velikosti průduchové štěrby je také ovlivněna druhovou příslušností. Např. stomata vrb (*Salix*) ztratila schopnost regulace velikosti průduchové štěrby, jsou stále otevřená, a proto při nedostatku vody vrby brzy vadnou. Otevírání a zavírání průduchů je cyklický proces ovlivňovaný i cirkadiánními rytmy.





evropský  
sociální  
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

Z hlediska regulace velikosti průduchové štěrby je významná skutečnost, že v buněčných stěnách svěracích buněk nejsou plazmodesmy, svěrací buňky jsou tak symplosticky izolovány od okolních buněk a představují do jisté míry autonomní systém.

Hlavní faktor vyvolávající u většiny rostlin za normálních podmínek otevírání průduchů je světlo působením modré složky spektra (receptorem je chloroplastový karotenoid zeaxantin). Po rozednění se zvyšuje koncentrace  $K^+$  uvnitř svěracích buněk – svěrací buňky přijímají vodu a průduch se otevírá. Rychlost příjmu vody ovlivňují také akvaporiny (bílkoviny v plazmalemě svěracích buněk vytvářející membránové kanály jimiž je voda transportována podstatně rychleji než pouhou difuzí).

Po západu slunce se průduchy zavírají – draselné ionty vytékají ze svěracích buněk, svěrací buňky ztrácejí vodu a průduchy se zavírají.

Průduchy se zavírají rovněž ve vadnoucích rostlinách, např. v letních dnech kolem poledne (důsledkem je snížení intenzity fotosyntézy). V buňkách vystavených vodnímu deficitu stoupá koncentrace kyseliny abscisové, která je z vadnoucích pletiv a také z kořenů transportována do svěracích buněk průduchů. Konečným důsledkem zvýšení koncentrace kyseliny abscisové ve svěracích buňkách je otevření výtokových kanálů v plazmalemě – ze svěracích buněk vytékají draselné, chloridové a malátové ionty – buňky ztrácejí vodu a průduch se uzavírá.

Obrácený rytmus otevírání a zavírání průduchů mají CAM rostliny (Crassulacean Acid Metabolism), např. kaktusy. Průduchy se otevírají v noci, kdy se v pletivech (ve velkých vakuolách buněk slizovitého hydrenchymu) vytváří zásoba  $CO_2$  pro fotosyntézu v podobě malátu (kyselina jablečná). Přes den jsou průduchy zavřené a ztráty vody transpirací jsou tak minimální. K fotosyntéze je využíván  $CO_2$  uvolňovaný dekarboxylací z kyseliny jablečné, popř. i  $CO_2$  produkovaný při dýchání pletiv.

## B) Didaktické a metodické poznámky k biologickému praktiku

### 1) Volba materiálu

Při výběru rostlin pro praktika se osvědčilo respektovat následující pravidla:

- vybírat rostliny všeobecně známé (využívat didaktické typy) a snadno dostupné (pokožkové rostliny, pěstované hospodářské rostliny, rostliny běžně rostoucí v okolí školy, známé listnaté stromy aj.), ale i méně známé druhy – badatelství- význam i pro odborné botaniky;
- ke zhotovení příčných řezů stomaty vybírat zpočátku rostliny s tužšími listy, např. borovice (*Pinus*), oleandr (*Nerium*), břečtan (*Hedera*), barvínek (*Vinca*), tenura (*Sansevieria*), klivie (*Clivia*) aj. Pokročilejší studenti mohou vyzkoušet i řezání jemnějších tenčích listů, např. listy kapradin, listnatých dřevin, trav aj.
- ke zhotovení otiskových preparátů nepoužívat listy se silnou kutikulou, popř. voskovou vrstvou.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



Univerzita Palackého  
v Olomouci

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako  
nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

## 2) Základní dovednostní a vědomostní kompetence studenta nutné k úspěšnému zvládnutí úkolů

- práce s mikroskopem – vyhledávání objektu, pozorování objektu při různých zvětšeních, práce s kondenzorem a clonou (Nováček, 1982, Pazourek, 1975);
- zhotovení vodního (glycerinového) preparátu stažením epidermis listu (Němec a kol., 1962, Nováček, 1982, Pazourková 1986);
- zhotovení otiskového preparátu pomocí laku na nehty – mikroreliefová metoda (Pazourková, 1986);
- zhotovení příčného řezu listem pomocí bezové duše (Nováček, 1982, Pazourková, 1986);
- barvení safraninem (Němec a kol., 1962, Pazourková, 1986);
- měření délky stomat pomocí okulárového a objektivového mikrometru, měření hustoty stomat (Pazourková, 1986);
- teoretické znalosti na středoškolské úrovni, popř. i znalost některých rozšiřujících poznatků nad rámec středoškolského učiva.

## 3) Doporučené náměty (úkoly)

Výběr doporučených námětů shrnuje tabulka 1. Jednotlivé úkoly jsou koncipovány tak, aby stimulovaly studenty k samostatnému zpracování určitého námětu, v podstatě k řešení jednoduché badatelské úlohy.

| Námět (úkol)                                                          | Konkrétní úkoly, popř. otázky k řešení                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Metody přípravy preparátů                             |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Klasifikace listů podle umístění stomat                               | <p>Porovnejte listy:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pokojových rostlin pěstovaných ve třídě (škole, doma)</li> <li>• listy vybraných zástupců dvouděložných rostlin, např. hrách (<i>Pisum</i>), pryskyřník (<i>Ranunculus</i>), hvozdík (<i>Dianthus</i>), jednoděložných rostlin, např. kosatec (<i>Iris</i>), tulipán (<i>Tulipa</i>), srha říznačka (<i>Dactylis glomerata</i>), pšenice (<i>Triticum</i>), kapradin, např. kapraď samec (<i>Dryopteris filix-mas</i>), osladič obecný (<i>Polypodium vulgare</i>)</li> <li>• listy dřevin v okolí školy</li> </ul> <p>Pokuste se formulovat obecné závěry, např. jaké jsou nejčastější typy listů u listnatých dřevin, trav, kapradin aj.</p> | Otiskový preparát ze svrchní a spodní epidermis listu |
| Klasifikace stomat podle počtu a tvaru sousedních epidermálních buněk | <p>U několika stomat schematicky zakreslete uspořádání sousedních buněk. Pokuste se určit typ stomat (s využitím obrázků 3,4,5). Porovnejte typ stomat u zástupců kapradin, dvouděložných bylin i dřevin, jednoděložných rostlin. Existuje pravidelnost</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Otiskový preparát                                     |

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

|                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                          | v uspořádání sousedních buněk obklopujících stomata? Je uspořádání a počet sousedních buněk druhově specifické?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                           |
| Klasifikace stomat podle přítomnosti chloroplastů ve svěracích buňkách                   | Zjistěte prezenci či absenci chloroplastů ve svěracích buňkách u kapradin a podeňky ( <i>Tradescantia</i> ). Porovnejte (z hlediska přítomnosti chloroplastů ve svěracích buňkách) stomata světlobytných rostlin (heliofyty), stínobytných rostlin (sciofyty) a vodních rostlin (hydrofyty) rostoucích v okolí školy, pěstovaných na školním pozemku nebo v akváriu. Jaký je vliv světla na přítomnost chloroplastů ve svěracích buňkách? Čím se liší stomata kapradin od stomat většiny ostatních rostlin?                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Vodní (glycerinový) preparát z malého kousku epidermis                                                                                                                                                    |
| Klasifikace stomat podle ontogenetického vývoje svěracích buněk                          | Porovnejte vývoj stomat listů kapradiny, trávy, popř. jiné rostliny. Jednotlivá stadia vývoje mateřské buňky stomat zakreslete. Jaké jsou rozdíly ve vývoji svěracích buněk u studovaných rostlin?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Otiskové preparáty v nejmladších částech listu (v růstových zónách) - listy trav dorůstají na bázi (růst bazipetální), listy kapradin na vrcholu (růst akropetální)                                       |
| Klasifikace stomat podle anatomické stavby svěracích buněk                               | Zakreslete a porovnejte anatomickou stavbu svěracích buněk (tvar a způsob vyztužení svěracích buněk) na příčných řezech stomaty listů zástupců různých systematických skupin, např. borovice ( <i>Pinus</i> ), kapradě samce, ( <i>Dryopteris filix-mas</i> ), stulíku ( <i>Nuphar</i> ), leknínu ( <i>Nymphaea</i> ), čemeřice ( <i>Helleborus</i> ), břečtanu ( <i>Hedera</i> ), oleandru ( <i>Nerium</i> ), tenury ( <i>Sansevieria</i> ), klívie ( <i>Clivia</i> ), pšenice ( <i>Triticum</i> ) aj. Pokuste se přiřadit pozorovaná stomata k jednotlivým typům (klasifikace). Porovnejte anatomickou stavbu stomat a jejich polohu vzhledem k rovině epidermis u xerofytů (např. oleandru) a hydrofytů (např. stulíku, leknínu). Pokuste se vysvětlit, proč má jehlicovitý list borovice xeromorfní stavbu | Příčné řezy listovou čepelí zhotovené žiletkou pomocí bezové duše. Vodní (glycerinový) preparát. Doporučené barvení safraninem. Otiskový preparát                                                         |
| Klasifikace stomat podle délky a hustoty stomat                                          | Porovnejte délku a hustotu stomat listu z obvodu koruny (heliofilní list) a ze středu koruny (sciofilní list). Jak se liší naměřené hodnoty u osluněného a zastíněného listu?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Měření pomocí objektivového a okulárového mikrometru                                                                                                                                                      |
| Srovnání kvalitativních a kvantitativních znaků stomat u systematicky příbuzných rostlin | Srovnajte základní kvalitativní a kvantitativní znaky stomat u našich běžných kapradin, u systematicky příbuzných dřevin (např. bříza – líska – olše – habr, švestka – meruňka – broskev – třešeň – višně, jablono – hrušeň – jeřáb, vrby – topoly) a bylin (např. u vybraných zástupců známějších čeledí)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Příčné řezy listovou čepelí zhotovené žiletkou pomocí bezové duše. Vodní (glycerinový) preparát. Doporučené barvení safraninem. Otiskový preparát<br>Měření pomocí objektivového a okulárového mikrometru |



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



Univerzita Palackého  
v Olomouci

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016

Tabulka 1. Přehled doporučených námětů ke studiu stomat v biologickém praktiku.

Všechny uvedené úkoly byly úspěšně vyzkoušeny v biologickém praktiku na středních školách. Podmínkou splnění vybraných úkolů je pečlivá příprava studentů (nutná kontrola v úvodní části praktika) i učitele a uvážlivý výběr úkolů (raději méně, s ohledem na časové možnosti, úroveň studentů, technické a materiální vybavení školy).

Při výuce je možno využít i vyučovací formy skupinové výuky, kdy každá skupina zpracovává jiný úkol. Po splnění úkolů je vhodné zařadit diskusi, v níž studenti prezentují, diskutují a porovnávají dosažené výsledky. K prezentaci výsledků v závěrečné diskusi se osvědčil projekční mikroskop. Počítá-li učitel se závěrečnou diskusí a prezentací preparátů projekčním mikroskopem je vhodné uzavírat pozorované objekty do glycerinu, který nevysychá.

Vzhledem k časové náročnosti zpracovávaných úkolů je vhodné rozdělit tematiku klasifikace stomat do dvou 2 – 3 hodinových praktik.

### Literatura

- BRAUNE, W., LEMAN, A., TAUBERT, H. *Pflanzenanatomisches Praktikum*. - VEB Gustav Fischer – Verlag, Jena, 1967. p. 331.
- FOSTER, A., S., GIFFORD, E., M. *Comparative Morphology of Vascular Plants*. - W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1959. 555 p.
- KAUSSMANN, B., SCHIEWER, U. *Funktionelle Morphologie und Anatomie der Pflanzen*. - VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1989. p. 466.
- NOVÁČEK, F. *Praktikum z rostlinné cytologie a histologie se základy mikroskopické techniky*. - Rektorát UP v Olomouci, 1982. 123 p.
- PAZOUŘEK, J. *Pracujeme s mikroskopem*. - SNTL, Praha, 1975. 347 p.
- PAZOURKOVÁ, Z. *Botanická mikrotechnika*. - Univerzita Karlova, Praha, 1986. 166 p.
- STACE, C., A. *Plant Taxonomy and Biosystematics*. - Edward Arnold, London, 1989. 264 p.
- WILLMER C. M., FRICKER M. *Stomata*. - Chapman et Hall, London, 1996, 367 p.
- VINTER V. [www.atlasy.cz](http://www.atlasy.cz), 2006.
- VINTER V.: *Rostliny pod mikroskopem; základy anatomie cévnatých rostlin*. - 2. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. 200 p.
- VOTRUBOVÁ, O. *Anatomie rostlin*. - Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, Praha, 2010. 89 p.

Vladimír Vinter

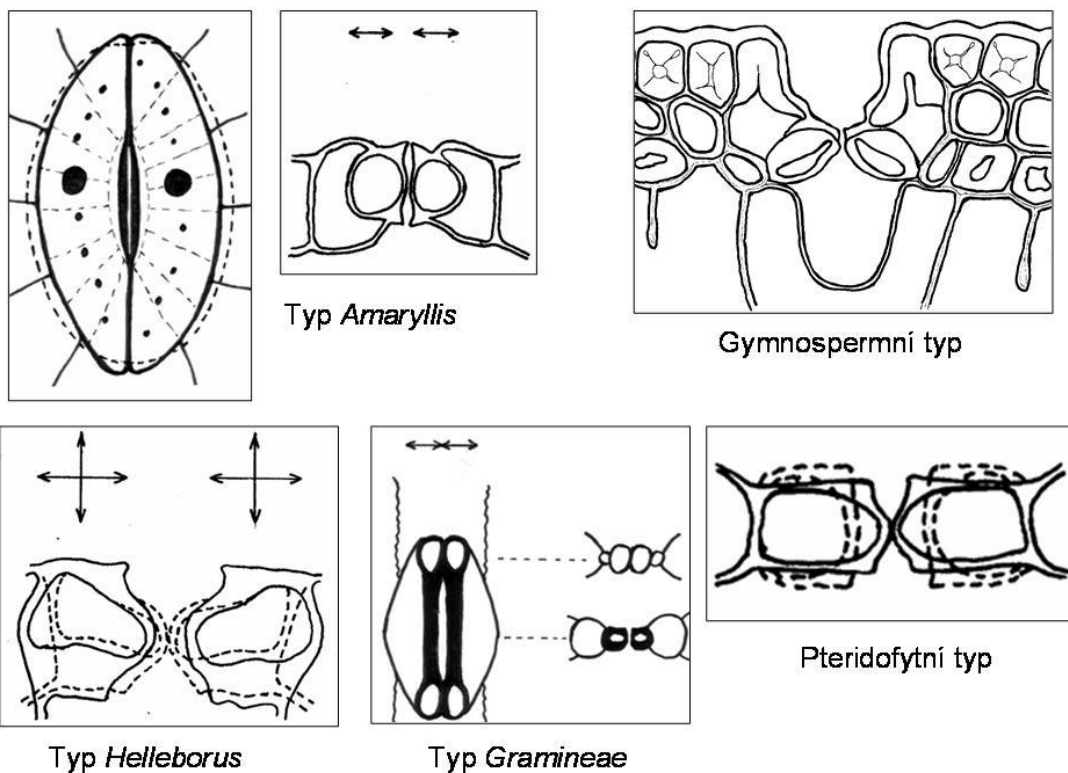
Katedra botaniky PřF UP v Olomouci, Šlechtitelů 11, Olomouc – Holice, 585 634 816,

[vladimir.vinter@upol.cz](mailto:vladimir.vinter@upol.cz)

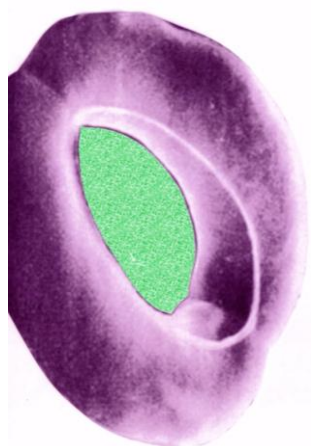


Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako  
nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016



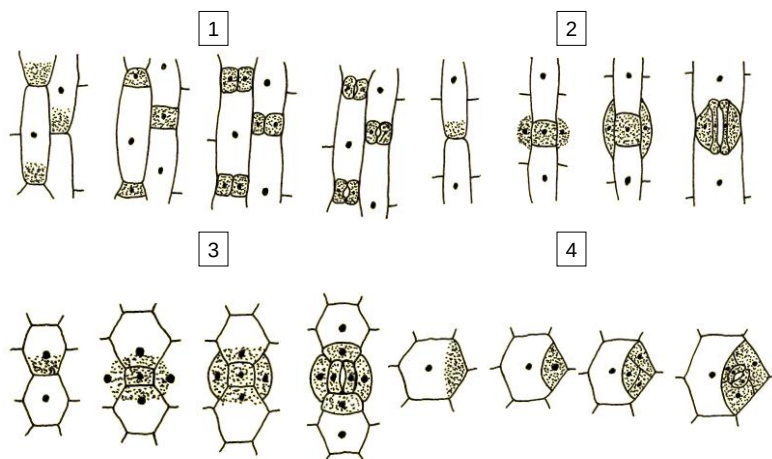
Obr. 1. Klasifikace stomat podle anatomické stavby.



Obr. 2. Stoma typu Amaryllis.

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako  
nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016



1 – vývoj haplocheilický  
2,3,4 – vývoj syndetocheilický

Obr. 3. Příklady haplocheilického a syndetocheilického vývoje stomat.

\* **Anomocytická (izocytická) stomata:** epidermální buňky obklopující stomata se neliší od ostatních buněk epidermis.



anomocytický typ

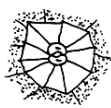


anomotetracytický typ

\* **Anizocytická stomata:** epidermální buňky obklopující stomata se tvarově liší od ostatních buněk epidermis.



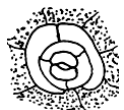
základní  
anizocytický  
typ



aktinocytický  
typ



paracytický  
typ



amfianizocytický  
typ



cyklocytický  
typ



amfiparacytický  
typ



diacytický  
typ



amficyklocytický  
typ

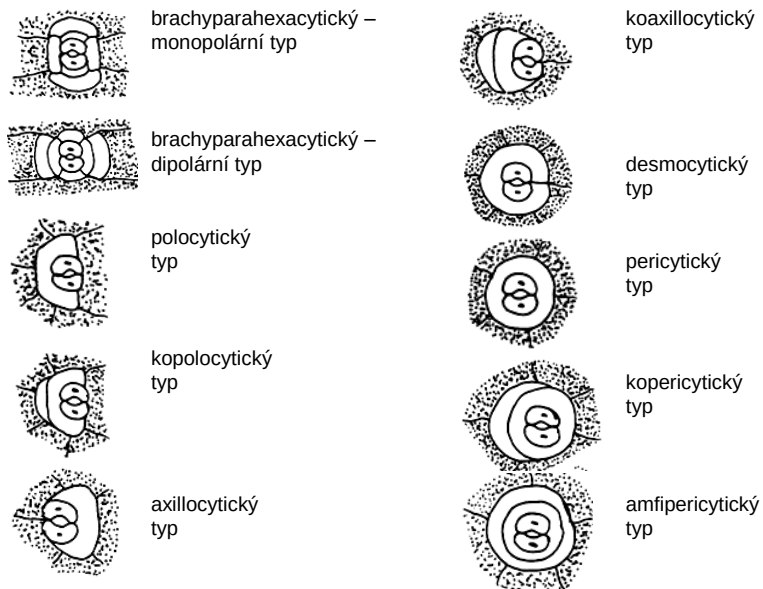


amfidiacytický  
typ

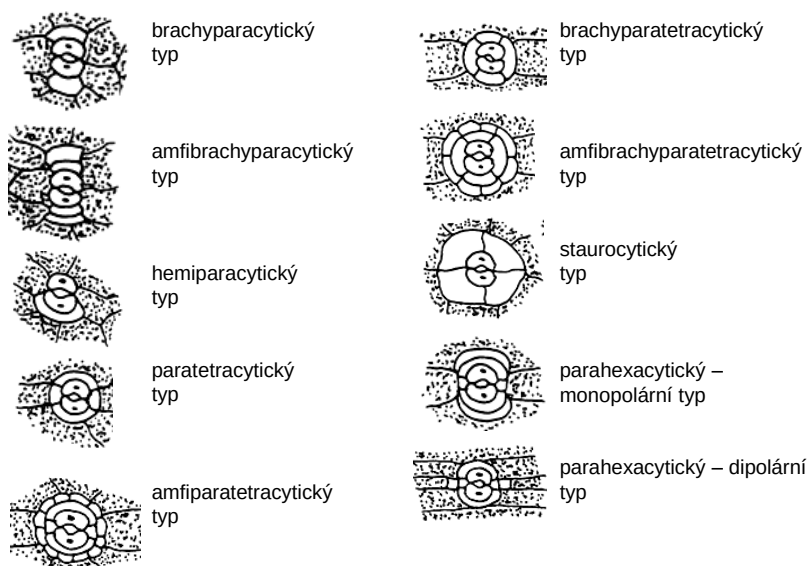
Obr. 4. Klasifikace stomat podle tvaru, počtu a uspořádání sousedních buněk.

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako  
nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016



Obr. 5. Klasifikace stomat podle tvaru, počtu a uspořádání sousedních buněk.



Obr. 6. Klasifikace stomat podle tvaru, počtu a uspořádání sousedních buněk.

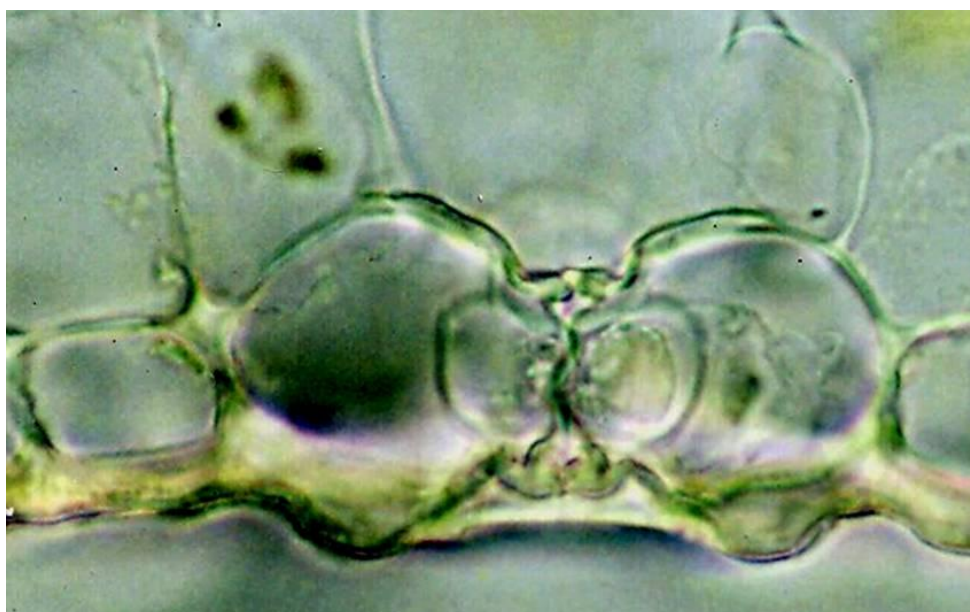


Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako  
nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016



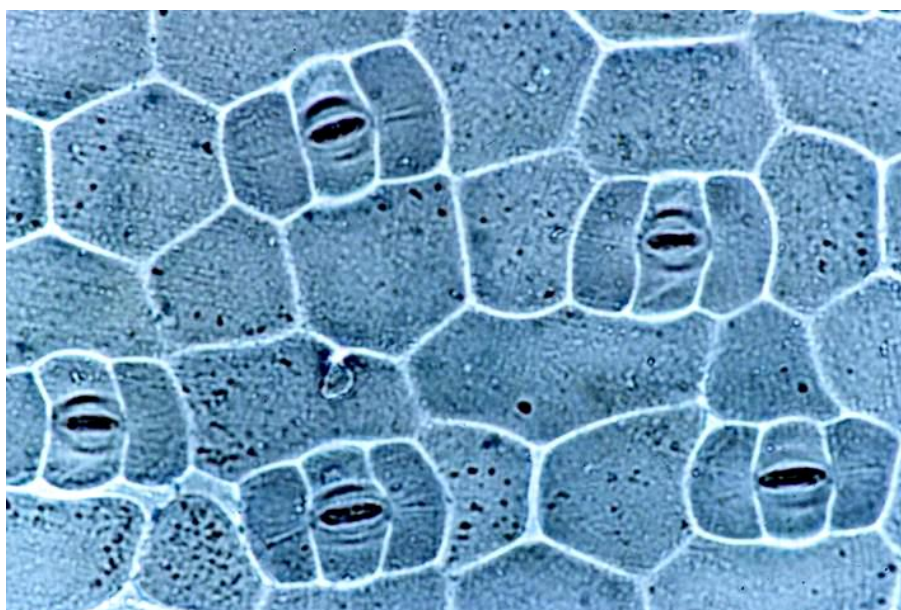
Obr. 7. Stoma gymnospermního typu (*Pinus*).



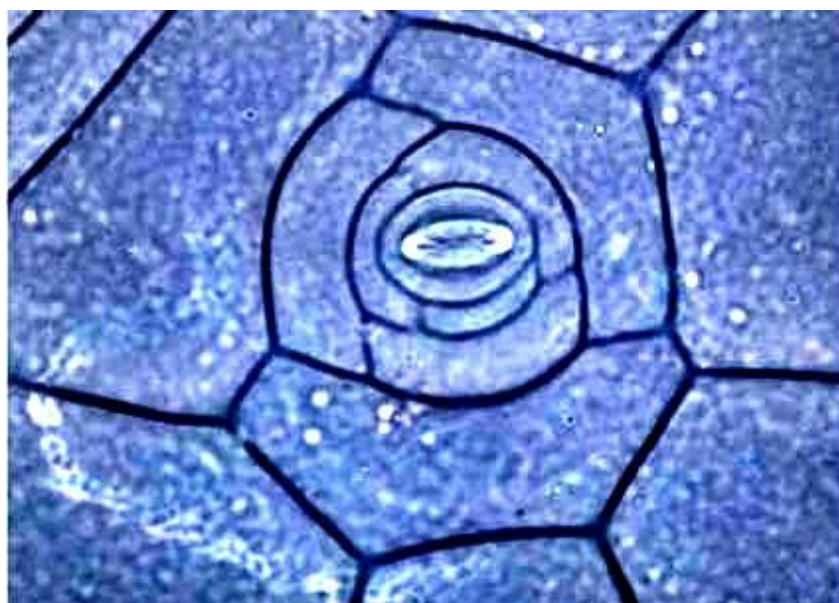
Obr. 8. Stoma typu Amaryllis (*Scilla*).

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako  
nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016



Obr. 9. Brachyparatetracytická stomata podeňky (*Tradescantia virginiana*).

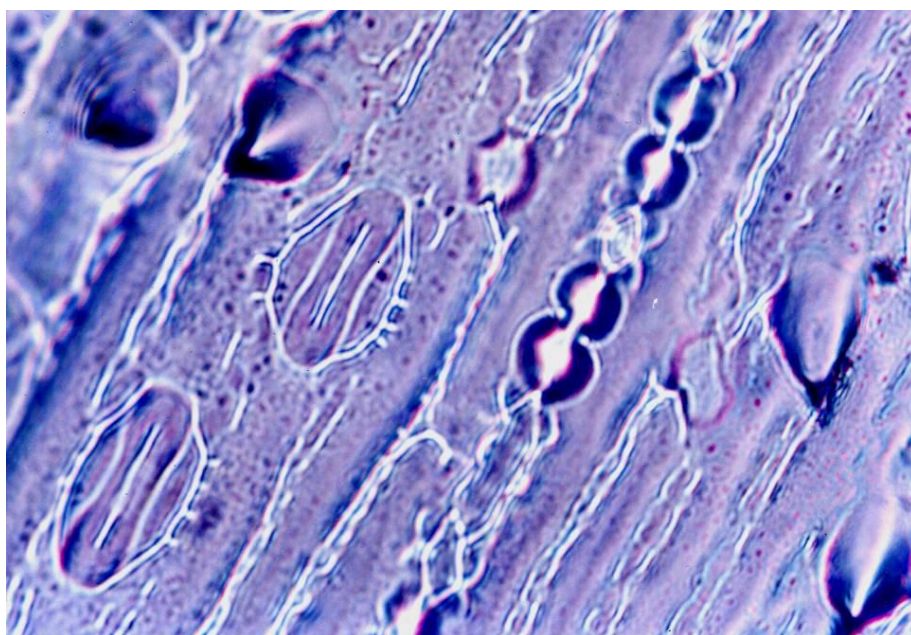


Obr. 10. Amfianizocytická stomata v abaxiální epidermis listu begonie královské (*Begonia rex*).

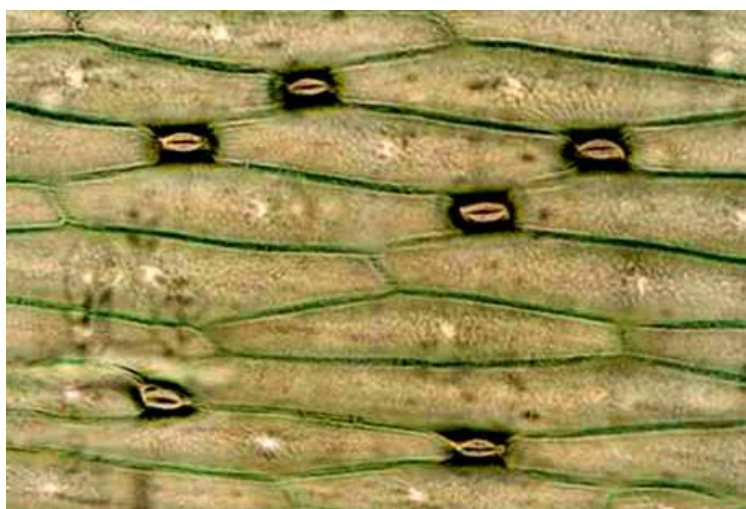


Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako  
nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016



Obr. 11. Brachyparacytický typ stomat srhy říznačky (*Dactylis glomerata*). Z anatomického hlediska typ Gramineae.



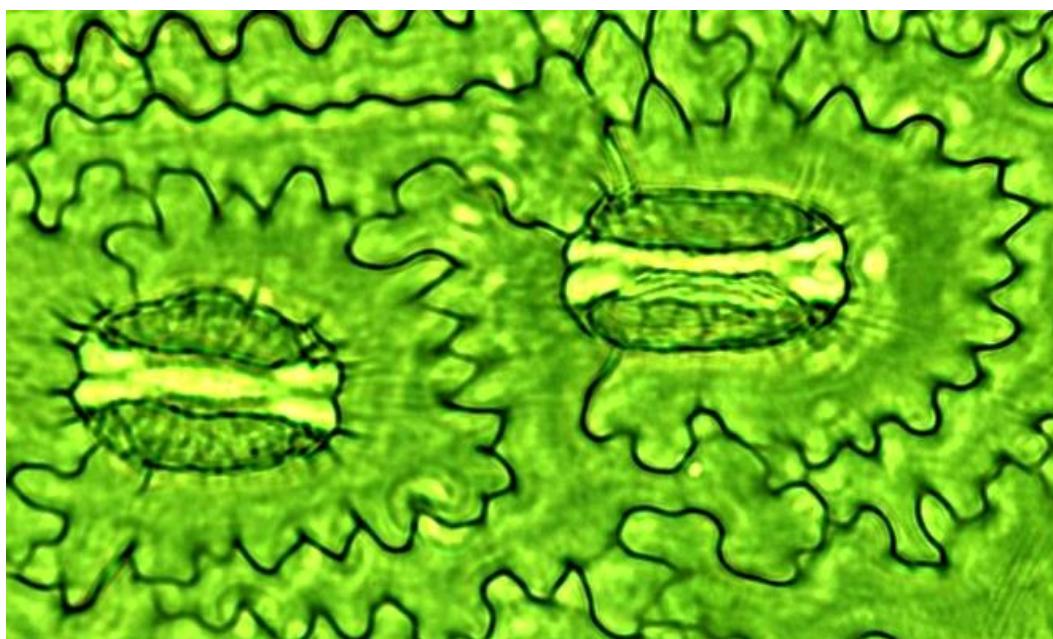
Obr. 12. Anomotetracytický typ stomat kosatce (*Iris*).

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako  
nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016



Obr. 13. Brachyparahexacytická stomata v epidermis dieffenbachie zdobné (*Dieffenbachia amoena*).



Obr. 14. Polocytická stomata kapradě samce (*Dryopteris filix-mas*).





## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání středoškolských pedagogů a studentů středních škol jako nástroj ke zvyšování kvality výuky přírodovědných předmětů

CZ.1.07/1.1.00/14.0016