Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024 **Štěpánka Podruhová**

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

Atlas trichomů: metodická příručka pro mikroskopická pozorování ve školách

Bakalářská práce

Autor: Štěpánka Podruhová

Studijní program: B0114A030004 Biologie se zaměřením na vzdělávání

Studijní obor: Biologie se zaměřením na vzdělávání, Matematika se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: RNDr. Zuzana Kovalíková, Ph.D.

Hradec Králové květen 2024

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta

Zadání bakalářské práce

Autor:	**Štěpánka Podruhová**
Studium:	S21BI076BP
Studijní program:	B0114A030004 Biologie se zaměřením na vzdělávání
Studijní obor:	Matematika se zaměřením na vzdělávání, Biologie se zaměřením na vzdělávání
Název bakalářské práce:	**Atlas trichomů: metodická příručka pro mikroskopická pozorování ve školách**
Název bakalářské práce AJ:	Atlas of trichomes: a methodological guide for microscopic observations in schools

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Bakalářská práce se zabývá zpracováním tématu trichomů v předmětu biologie na základních a středních školách. První část seznamuje s trichomy po vědecké stránce a obsahem učiva o trichomech na základních a středních školách. Druhá část se věnuje tvorbě metodické příručky pro mikroskopická pozorování a atlasů mikroskopických snímek trichomů v běžně rostoucích rostlinách.

Votrubová O. - Anatomie rostlin, Karolinum 2015

Bobák M. a kol. - Botanika, SPN 1992

Zadávající pracoviště:	Katedra biologie, Přírodovědecká fakulta
Vedoucí práce:	RNDr. Zuzana Kovalíková, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 29.9.2022

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, z kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne Štěpánka Podruhová

Poděkování:

Ráda bych tímto poděkovala paní RNDr. Zuzaně Kovalíkové, Ph.D. za odborné vedení v průběhu zpracovávání této práce, za veškerou pomoc, ochotu a cenný čas, který mi věnovala. Obzvláště si vážím vstřícnosti při vzájemné komunikaci.

Anotace

PODRUHOVÁ, Š. *Atlas trichomů: metodická příručka pro mikroskopická pozorování ve školách.* Hradec Králové, 2024. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce RNDr. Zuzana Kovalíková, Ph.D. (70 s).

Bakalářská práce se zabývá zpracováním tématu trichomů v předmětu biologie na základních a středních školách. První část seznamuje s trichomy po vědecké stránce a s obsahem učiva o trichomech na základních a středních školách. Druhá část se věnuje tvorbě metodické příručky pro mikroskopická pozorování a atlasu mikroskopických snímků trichomů v běžně rostoucích rostlinách.

Klíčová slova

trichomy, klasifikace trichomů, stavba trichomů, výuka trichomů

Annotation

PODRUHOVÁ, Š. *Atlas of trichomes – a methodological guide for microscopic observations in schools.* Hradec Králové, 2024. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor RNDr. Zuzana Kovalíková, Ph.D. 70 p.

The bachelor's thesis deals with the topic of trichomes in the subject of biology at primary and secondary schools. The first part introduces trichomes from a scientific perspective and the content of the curriculum about trichomes in primary and secondary schools. The second part is devoted to the creation of a methodological guide for microscopic observations and an atlas of microscopic images of trichomes in commonly growing plants.

Keywords
trichomes, classification of trichomes, construction of trichomes, teaching of trichomes

Obsah

Úvod ... 8
1 Literární rešerše ... 9
1.1 Pletiva ... 9
1.2 Obecná charakteristika trichomů ... 10
1.2.1 Dělení trichomů podle stavby ... 10
1.2.2 Dělení trichomů podle funkce ... 12
1.2.3 Funkce trichomů ... 16
1.3 Trichomy ve výuce ... 16
1.4 Trichomy ve vybraných učebnicích ... 17
2 Metodika ... 23
3 Výsledky ... 25
3.1 Ukázky metodické příručky ... 25
4 Diskuse ... 29
Závěr ... 30
Seznam použité literatury ... 31
Seznam obrázků ... 34
Příloha ... 35

Úvod

Trichomy jsou všude okolo nás, i když z laické veřejnosti jen málokdo ví, o co se vlastně jedná. Každodenně kolem sebe v přírodě vidíme mnoho rostlinných druhů a u většiny z nich trichomy nalezneme. Často se však jedná o útvary mikroskopické a bez bližšího zkoumání bychom si jich možná ani nevšimli, přestože pro rostliny by v mnohých případech jejich absence mohla být fatální.

Námětem tématu bakalářské práce však nebylo jen obecně nízké povědomí o trichomech, ale i malé množství fotografických snímků trichomů ve studijních materiálech na základních i středních školách.

Práce se skládá ze dvou částí – teoretické a praktické. V teoretické části jsou popsány dosavadní poznatky o trichomech, o jejich dělení, tvarech a funkcích. Dále jsou analyzovány učebnice pro druhý stupeň základních škol a pro střední školy na základě kvality a kvantity obsahu učiva o trichomech.

V praktické části se bakalářská práce snaží tuto nedílnou součást rostlinné říše přiblížit žákům na druhém stupni základních škol a studentům na středních školách díky metodické příručce pro mikroskopická pozorování, jejíž stěžejní část tvoří atlas mikroskopických snímků trichomů na 30 různých rostlinách. Příručka obsahuje také popis světelného mikroskopu, se kterým se žáci a studenti ve školách nejčastěji setkají, základní pokyny pro správnou obsluhu mikroskopu, dále informace o tom, jak správně připravit mikroskopický preparát. Neméně důležitou částí příručky je kapitola se základními informacemi o trichomech, která vychází z teoretické části této práce.

Samotná příručka může tedy sloužit jako didaktická pomůcka při výuce trichomů. Díky mikroskopickým snímkům si mohou žáci a studenti lépe představit, jak trichomy na různých rostlinách vypadají a lépe tak porozumět fungování rostlinného těla. Pedagogům může být příručka inspirací, který rostlinný materiál použít při mikroskopování na laboratorních cvičeních.

1 Literární rešerše

Literární rešerše přináší ucelený přehled trichomů jako útvarů, které jsou součástí krycích pletiv mnoha rostlin. Zabývá se jejich dělením podle stavby a podle funkce. Dále je zpracována analýza učebnic biologie pro základní a střední školy na základě obsahu učiva o trichomech.

1.1 Pletiva

Abychom lépe rozuměli trichomům, je nejprve potřeba chápat základní poznatky o rostlinných pletivech a jejich klasifikaci, neboť trichomy z pletiv vyrůstají a jsou v nich zakládány. Pletivem nazýváme soubor buněk, které vzájemně interagují, mají společný původ, přibližně stejný tvar a plní stejnou funkci (Vinter 2009).

Pletiva se dělí do několika kategorií podle různých klasifikačních kritérií, mezi která patří například tloušťka buněčné stěny, dělivá aktivita buněk, či funkce pletiv. Poslední zmíněné kritérium rozlišuje pletiva na systémy pletiv krycích, systémy pletiv vodivých a zpevňovacích a systémy pletiv základních (Vinter 2009).

Systém krycích pletiv pomáhá chránit rostlinu při nadměrné transpiraci, radiaci, při vysokých teplotách, před pronikáním infekcí a před okusem herbivorů a fytofágů. Dále zprostředkovává komunikaci mezi vnitřním orgánem rostliny a vnějším prostředím. Zajišťuje výměnu vody, minerálních látek, plynů a vodních par (Vinter 2009). Systémy se mohou diferencovat z protodermu, pak tato krycí pletiva nazýváme primární či prvotní, nebo mohou vznikat z felogenu, pak pletiva nazýváme sekundární či druhotná (Dostál 2004).

Krycí pletiva, která vznikají z primárních meristémů, tvoří povrch stonků, listů a reprodukčních orgánů. Takovým pletivům se říká epidermis neboli pokožka. Epidermis je většinou jednovrstevná, bez intercelulár a vytváří různé deriváty, jako jsou například stomata (průduchy), hydatody nebo právě trichomy (Vinter 2009).

U některých rostlin se mohou na prýtu vyskytnout i složitější vícebuněčné struktury emergence, které se diferencují z buněk pokožkových i podpokožkových. Emergence dále rozlišujeme na krycí a žláznaté (tentakule). Krycí emergence známe jako ostny či trny, které mají například růže šípková (*Rosa canina*) nebo srstka angrešt (*Grossularia uva-crispa)* (Bobák 1992). Žláznaté emergence využívá rostlina při chytání a trávení kořisti, jelikož vylučují lepivé sekrety a trávicí enzymy. Zároveň jimi do rostliny vstupují natrávené živiny z kořisti, takže slouží i jako absorpční útvary. S takovým typem emergence se můžeme setkat například u rosnatek (*Drosera*) (Votrubová 2015).

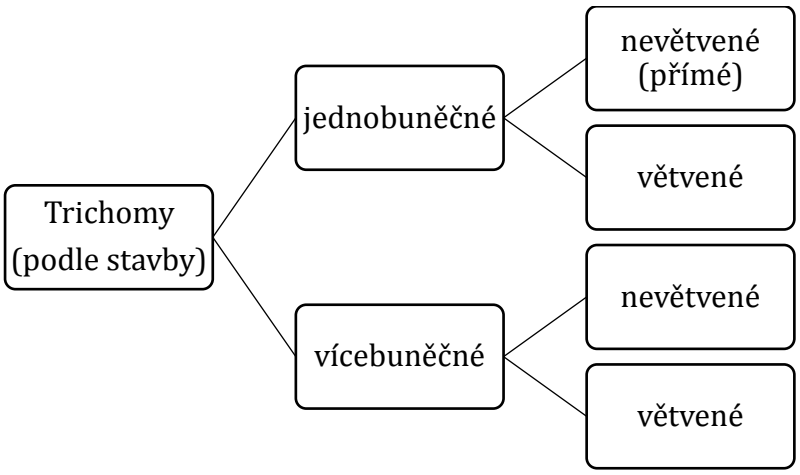
1.2 Obecná charakteristika trichomů

Trichomy jsou útvary na rostlinách, které mohou mít rozmanité tvary, velikosti i funkce, v mnohých případech opravdový význam trichomů zatím ani neznáme. Slovo trichom pochází z řeckého slova *trichos* a znamená chlup nebo vlas. Na rozdíl od emergencí se na stavbě trichomů podílí pouze epidermis. Na jedné rostlině můžeme pozorovat souběžně i více druhů trichomů (Huchelmann et al. 2017; Jurčák 2007; Votrubová 2015).

Trichomy se mohou vyskytovat na všech rostlinných orgánech. Nejčastěji je můžeme nalézt na listech a stoncích, ale v některých případech i na pupenech, poupatech, květních lístcích, semenech a plodech. Na kořenech jsou specializované trichomy rhiziny (kořenové vlásky) (Pazourek 2001).

1.2.1 Dělení trichomů podle stavby

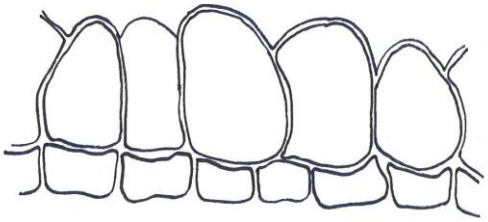
Trichomy dělíme buďto podle stavby, nebo podle funkce. Podle stavby rozlišujeme trichomy jednobuněčné či vícebuněčné. Obě tyto skupiny se dále dělí na trichomy větvené a nevětvené (Obr. 1) (Jurčák 2007).



Obr. 1 Dělení trichomů podle stavby (převzato a upraveno z: Jurčák 2007)

Trichomy jednobuněčné

Nejjednodušší jednobuněčné nevětvené trichomy představují papily (Obr. 2). Jedná se o krátké vychlípeniny pokožkových buněk, které vytváří na rostlině sametový vzhled. Nejčastěji se vyskytují na okvětních nebo korunních plátcích, například u violky zahradní (*Viola* × *wittrockiana*). U některých rostlin, jako je například prvosenka jarní (*Primula veris*), umožňují papily zachycení pylu na bliznách (Novák et Skalický 2012). Votrubová (2015) dokonce nezařazuje papily mezi trichomy, ale uvádí je jako samostatnou skupinu derivátů epidermálních buněk.



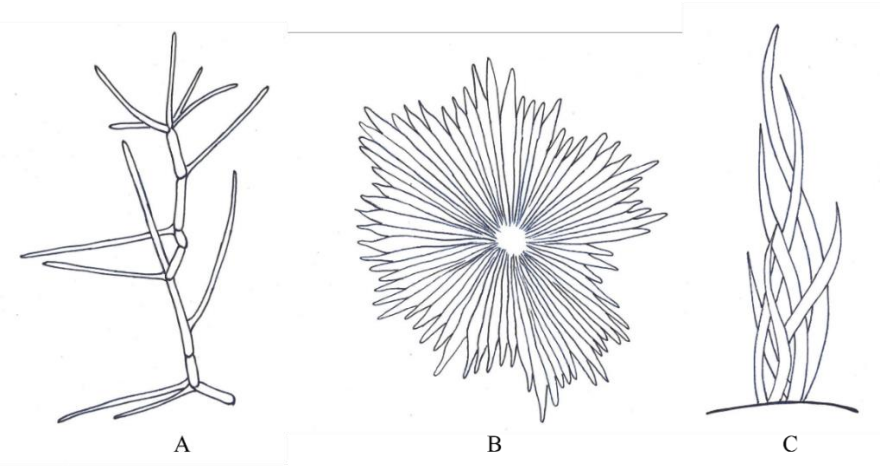
Obr. 2 Papily na květu růže šípkové *(Rosa canina)*

Jednoduché nevětvené jednobuněčné trichomy se vyskytují u mnoha rostlin. Ekonomický význam pro člověka mají například extrémně dlouhé jednobuněčné trichomy na povrchu semen bavlníku (rod *Gossipium*). Trichomy jsou 50–60 mm dlouhé a navíc mají výrazně ztloustlé stěny s vysokým obsahem celulózy (až 90 % hmotnosti stěny), a tak jsou skvělým materiálem pro výrobu vaty a tkaniny (Votrubová 2015).

Větvené jednobuněčné trichomy jsou většinou vidličnaté nebo hvězdovité (Novák et Skalický 2012).

Trichomy vícebuněčné

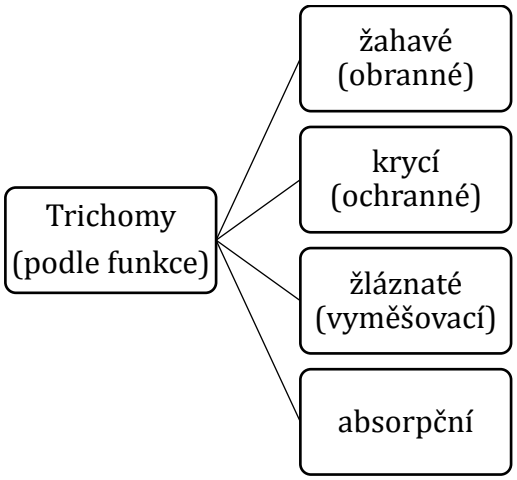
Vícebuněčné trichomy vznikají několikanásobným dělením některé z epidermálních buněk. Dělení buněk může probíhat buď v jednom směru (antiklinální dělení) nebo v různých směrech (periklinální dělení). Trichomy vzniklé antiklinálním dělením jsou většinou u vrcholu zúžené a můžeme je vidět například u okurky seté (*Cucumis sativus*) nebo u lilku bramboru (*Solanum tuberosum*). Trichomy vzniklé periklinálním dělením mohou být přeslenité, kandelábrovité (Obr. 3A), například u divizny velkokvěté (*Verbascum densiflorum*), hvězdovité neboli štítovité (Obr. 3B), například u hlošiny úzkolisté (*Elaeagnus angustifolia*) nebo rakytníku řešetlákového (*Hippophae rhamnoides*), a svazčité (Obr. 3C) (Novák et Skalický 2012).



Obr. 3 Vícebuněčné trichomy vzniklé periklinálním dělením: A – kandelábrovitý trichom divizny černé (*Verbascum nigrum*), B – hvězdovitý trichom hlošiny úzkolisté (*Elaeagnus angustifolia*), C – svazčitý trichom ořešáku královského (*Juglans regia*)

1.2.2 Dělení trichomů podle funkce

Podle funkce rozlišuje česká literatura trichomy do čtyř skupin, a to na trichomy žahavé (obranné), krycí (ochranné), žláznaté (vyměšovací) a absorpční (Obr. 4) (Jurčák 2007). Jelikož je často náročné přesně definovat trichomy krycí, zahraniční literatura většinou používá dělení na trichomy žláznaté a nežláznaté (Votrubová 2015).



Obr. 4 Dělení trichomů podle funkce (převzato a upraveno z: Jurčák 2007)

Žahavé trichomy

Trichomy žahavé jsou speciálním typem trichomů s jasnou obrannou funkcí, zejména proti býložravcům. Jedná se o jednobuněčné trichomy, které můžeme pozorovat pouhým okem (Votrubová 2015). Trichomy tohoto typu najdeme u čtyř čeledí rostlin: kopřivovité (*Urticaceae*), pryšcovité (*Euphorbiaceae*), stružkovcovité (*Hydrophyllaceae*) a loasovité (*Loasaceae*) (Fink 1999).

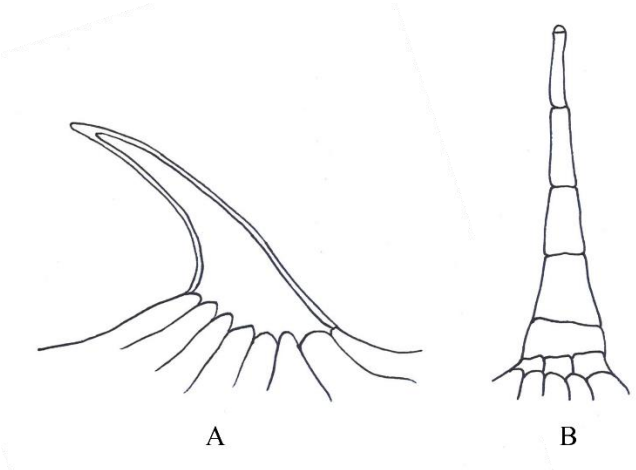
Žahavé trichomy kopřivovitých (*Urticaceae*) (Obr. 5) jsou tvořeny protáhlými buňkami s polyploidním jádrem. Tyto buňky mají rozšířenou bazální část připomínající cibulovitou základnu, díky které mohou nasedat na mnohobuněčný podstavec emergenčního původu (Vinter 2009). Správně by tedy měly být žahavé trichomy řazeny mezi emergence, protože se na jejich stavbě podílí buňky pokožkové i podpokožkové (Novák et Skalický 2012). Apikální část buňky je naopak zúžena a zakončena hlavičkou. Pod hlavičkou se nachází buněčná stěna inkrustovaná oxidem křemičitým nebo uhličitanem vápenatým, díky kterým je velmi křehká a při dotyku se snadno odlomí (Bobák 1992). Po odlomení hlavičky vzniká na konci trichomu ostrý okraj buněčné stěny, který může způsobit malou mikroskopickou ránu, do které je turgorem vtlačen obsah buňky (směs acetylcholinu, histaminu či serotoninu) (Novák et Skalický 2012).

Obr. 5 Žahavý trichom kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*)

Žahnutí kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*) vyvolává dráždivou reakci u savců a některých ptáků, avšak neovlivňuje hmyz. Tím se kopřivy stávají významným útočištěm pro housenky a další larvy hmyzu (Ambrose et al. 2021).

Krycí trichomy

Krycí trichomy mohou být tvořeny jednou i více buňkami. Jednobuněčné krycí trichomy (Obr. 6A) vznikají stejně jako papily růstem jedné epidermální buňky. Vícebuněčné krycí trichomy (Obr. 6B) mohou vznikat dělením jedné, ale i několika epidermálních buněk (Votrubová 2015). Buněčné stěny krycích trichomů mohou být tenké i tlusté, obvykle pokryté kutikulou, vosky a tuky (Novák et Skalický 2012).



Obr. 6 Krycí trichomy: A – jednobuněčný krycí trichom svízele přítuly (*Galium aparine*), B – mnohobuněčný trichom tykve velkoplodé (*Cucurbita maxima*)

Krycí trichomy slouží rostlině především k ochraně. U buněk těchto trichomů může v průběhu života rostliny docházet k odumírání protoplastů. V případě, že odumře protoplast, je trichom tvořen mrtvými buňkami, které jsou většinou vyplněny vzduchem (Votrubová 2015). Mrtvé trichomy často tvoří hustou síť vláknitých útvarů, která se u suchomilných druhů projevuje stříbřitým vzhledem. Trichomy u takových rostlin snižují výdej vodní páry a zároveň zvyšují odraz slunečního záření, což způsobuje nižší teplotu listů a minimalizuje se tak možnost přehřátí (Evert 2006). Hustě chlupatý povrch listu má navíc tendenci zpomalit rychlost proudění okolního vzduchu, který by mohl rostlinu vysušovat (Cutler et al. 2007).

Odumřelé krycí trichomy můžeme vidět například u divizny velkokvěté (*Verbascum densiflorum*), rožce plstnatého (*Cerastium tomentosum*) nebo na spodní straně listu smilu řapíkatého (*Helichrysum petiolare*) (Votrubová 2015). Sametový vzhled způsobený odumřelými trichomy můžeme pozorovat také u protažitky (*Gynura aurantiaca*). Fialové zbarvení je zde způsobeno přítomností antokyanových barviv, která rostlinu chrání proti silnému slunečnímu záření (Ambrose et al. 2021).

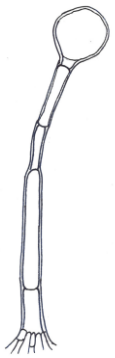
V případě, že buňky trichomů neodumírají, mohou někdy naopak výdej vody zvyšovat. Živé krycí trichomy jsou většinou zahrocené, jejich buněčné stěny bývají lignifikované či inkrustované uhličitanem vápenatým nebo kyselinou křemičitou. Takové trichomy chrání rostliny proti herbivorii. Živé krycí trichomy má například ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus*) nebo okurka setá (*Cucumis sativus*) (Votrubová 2015).

Vyskytují-li se trichomy na semenech či plodech, je to většinou proto, aby se díky nim semeno nebo plod přichytily na srst savců, peří ptáků nebo oděv člověka a dopomohli tak k jejich snazšímu rozšíření (Novák et Skalický 2012). Případně mohou být uzpůsobeny k anemochorii a pomáhat rostlině šířit semena a plody vzduchem. Může se jednat například o nažky u hvězdnicovitých (*Asteraceae*) (Votrubová 2015).

Trichomy, které jsou velmi tenké a křehké, mohou naopak rostlině někdy více škodit než pomáhat s ochranou. Jsou totiž náchylnější k poraněním, ve kterých se mohou začít rozšiřovat plísně. Obecně se tedy plísně méně vyskytují na odrůdách rostlin s nižším počtem trichomů (Fink 1999).

Žláznaté trichomy

Žláznaté trichomy (Obr. 7) mohou být opět buďto jednobuněčné nebo častěji mnohobuněčné. Jsou zakončeny větší buňkou (tzv. hlavičkou), která je pokryta kutikulou (Bobák 1992). Pod kutikulou se nachází sekret obsahující například silice, terpenoidy a další. Po narušení kutikuly se nashromážděný obsah hlavičky uvolní do okolního prostředí (Votrubová 2015). Žláznaté trichomy lze nalézt na přibližně 30 % všech cévnatých druhů rostlin (Huchelmann et al. 2017).



Obr. 7 Žláznatý trichom pelargonie (*Pelargonium*)

Funkce sekretů žláznatých trichomů jsou málo známé. Některé se pravděpodobně podílejí na odpuzování herbivorů, jiné mohou naopak lákat opylovače, případně mohou zachycovat drobný hmyz. Díky vylučovaným látkám jsou významnou surovinou pro potravinářský, farmaceutický nebo kosmetický průmysl (Votrubová 2015).

Žláznaté trichomy máty klasnaté (*Mentha spicata*) chrání rostlinu proti hmyzu i aktivně. V silici obsáhnutý mentol totiž hmyz nejen odpuzuje, ale zároveň zabíjí jedince, kteří se pokusí rostlinu ochutnat (Ambrose et al. 2021).

Někdy se žláznaté trichomy mohou nacházet také na poupatech. Jejich funkcí je nejspíše zvětšení izolační vrstvy od okolního prostředí. Vytvářejí totiž kolem poupěte vrstvu vzduchu, která umí regulovat teplotu a vlhkost a zároveň chrání rostlinu před nepříznivým počasím (Ambrose et. al 2021).

Absorpční trichomy

Typickým příkladem absorpčních trichomů jsou rhiziny (kořenové vlásky) na pokožce kořene, rhizodermis. Jedná se obvykle o jednobuněčné trubicovité výrůstky, zakládající se jako malý hrbolek, který je prodlužován díky apikálnímu růstu, během kterého buňka roste pouze na vrcholu buňky (Votrubová 2015).

Absorpční trichomy mají pro rostliny velmi důležitou funkci, protože jsou schopné přijímat vodu a v ní rozpuštěné anorganické látky (Bobák 1992). Kořenové vlášení je tvořené tenkou buněčnou stěnou, nástěnným protoplastem a velkou centrální vakuolou. Do půdy umí vylučovat kyselé látky, díky kterým dochází k rozpuštění půdních částic. Kořenové vlásky výrazně zvětšují absorpční povrch kořene (Slavíková 2002).

Ne všechny rostliny mají absorpční trichomy v podobě kořenových vlásků. Například vodní rostliny nebo rostliny jako je borovice (*Pinus*) nebo jedle (*Abies*), které žijí v symbióze s půdními houbami, kořenové vlášení vůbec nemají (Slavíková 2002).

1.2.3 Funkce trichomů

Trichomy se hojně využívají k identifikaci rostlinných druhů, protože existuje široká škála forem a obvykle lze přiřadit charakteristický typ trichomu k dané skupině. Je důležité ale dodat, že vzorky rostlin jednoho druhu mohou být jak lysé (bez trichomů), tak velmi chlupaté. To znamená, že počet i hustota trichomů mohou být pro taxonomické použití špatným určovacím znakem (Cutler et al. 2007).

Obecně se má za to, že funkce trichomů souvisí s vodním režimem rostliny. Rostliny rostoucí na suchých stanovištích mívají na listech obvykle více trichomů než podobné rostliny z vlhčích oblastí. Studie na rostlinách z aridních oblastí naznačují, že se zvyšujícím se množstvím trichomů klesá rychlost transpirace, protože trichomy zvyšují odraz slunečního záření, což sníží teplotu listů (Evert 2006). Hustě chlupatý povrch listu má navíc tendenci zpomalit rychlost proudění vzduchu, který by mohl rostlinu vysušovat (Cutler et al. 2007). Některé rostliny, jako například bromélie (*Bromelia*), využívají trichomy k absorpci vody a minerálů. Naproti tomu některé druhy rodu lebeda (*Atriplex*) díky trichomům vylučují toxické soli. V raných fází vývoje listu mohou hrát trichomy důležitou roli při ochraně proti UV-B záření, protože mohou obsahovat polyfenoly, dále mohou trichomy rostlině sloužit při ochraně proti hmyzím škůdcům (Evert 2006).

1.3 Trichomy ve výuce

Mezi základní kurikulární dokumenty v České republice jsou řazeny rámcové vzdělávací programy (RVP) a školní vzdělávací programy (ŠVP). Oba tyto dokumenty jsou dostupné pro veřejnost pedagogickou i nepedagogickou (Vinter et al. 2009).

RVP udávají závazný rámec vzdělávání na státní úrovni podle jeho jednotlivých etap (předškolní, základní a střední vzdělávání). Jsou zde obsaženy konkrétní vzdělávací cíle, povinné učivo, formy a délka výuky. Dále je v těchto dokumentech popsáno, jakým způsobem probíhá vzdělávání a jak je zakončeno. RVP musí být vždy aktuální pro současnou potřebu vzdělávání a odpovídat nejnovějším poznatkům vědy, proto jsou velmi často revidovány. RVP tvoří a vydává Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT) spolu s dalšími ministerstvy a s odborníky z praxe (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia 2021).

Školní vzdělávací programy si vytváří každá škola sama podle jasně vymezených pravidel, avšak musí být v souladu s RVP (Vinter et al. 2009).

Z pohledu trichomů se RVP pro základní školy a RVP pro gymnázia příliš neliší. Ani v jedněch RVP není pojem trichom konkrétně zmíněn. Téma trichomů by mohlo být v obou případech zařazeno do vzdělávací oblasti Člověk a příroda, vzdělávacího oboru Přírodopis (respektive Biologie v RVP pro gymnázia) a vzdělávacího obsahu Biologie rostlin. Mezi výstupy se od žáků na základní škole očekává, že dokáží na základě pozorování odvodit uspořádání rostlinného těla od buněk po jednotlivé orgány. Na vyšším stupni víceletých gymnázií nebo na čtyřletém gymnáziu by měli být žáci schopni nejen

odvodit stavbu rostlinného těla, ale i správně popsat stavbu a funkci různých rostlinných orgánů. Z učiva se jedná o anatomii a morfologii rostlin (Rámcový vzdělávací program pro základní školy 2023; Rámcový vzdělávací program pro gymnázia 2021).

Vinter et al. (2009) řadí trichomy mezi důležité pojmy, které by měli minimálně studenti na přírodovědných gymnáziích určitě znát.

1.4 Trichomy ve vybraných učebnicích

V následující kapitole budou popsány a porovnány různé učebnice biologie ze základních a středních škol na základě obsahu, který je věnován trichomům. Mezi porovnávané znaky patří fotografie a obrazový materiál trichomů, nákresy různých typů trichomů, délka textu o trichomech, počet uvedených zástupců či počet uváděných typů trichomů. Získané informace jsou následně shrnuty v Tabulce 1. V textu a tabulce jsou učebnice seřazeny podle roku vydání.

Mezi porovnávané učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií jsou zařazeny:

- Přírodopis 1 pro 6. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií – botanika – 2. část (Černík et Martinec 1996),
- Přírodopis 7 pro 7. ročník základní školy (Linc et al. 1996),
- Přírodopis 2 pro žáky základní školy (7. ročník) a nižší ročníky víceletých gymnázií – botanika – 2. část (Černík et Martinec 1997),
- Ekologický přírodopis pro 7. ročník základní školy – 2. část (Kvasničková et al. 1997),
- Přírodopis 7 (Jurčák et Froněk 1998),
- Přírodopis pro 7. ročník základní školy (Kočárek et Kočárek 1998),
- Botanika 2 – Vyšší rostliny (Švecová et Toběrná 1998),
- Přírodopis 2 pro 7. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií: zoologie, botanika (Černík et al. 1999),
- Přírodopis pro 7. ročník. (Havlík 1999),
- Přírodopis II pro 7. ročník základní školy (Dobroruka et al. 2003),
- Přírodopis 7: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia (Čabradová et al. 2005).

Ze všech analyzovaných učebnic pro druhý stupeň základních škol byla Botanika 2 – Vyšší rostliny (Švecová et Toběrná 1998) jediná, která obsahovala informace o trichomech. Ostatní učebnice jsou z tohoto důvodu v následujícím textu vynechány.

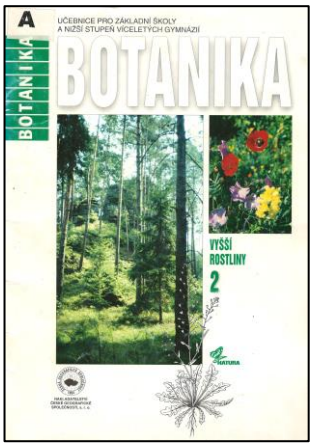
Zkoumané učebnice pro střední školy jsou:

- Seminář a cvičení z biologie pro IV. ročník gymnázia (Horník et al. 1987),
- Biologie 1 pro střední odborné školy (Bumerl et al. 1997),

- Botanika (Kubát et al. 1998),
- Biologie do dlaně pro střední školy (Hančová et Vlková 2003),
- Biologie I. v kostce (Hančová et Vlková 2004),
- Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií (Kincl et al. 2006),
- Biologie pro gymnázia (Jelínek et Zicháček 2007),
- Odmaturuj z biologie (Benešová et al. 2013),
- Biologie v souvislostech 1 (Šíma 2023).

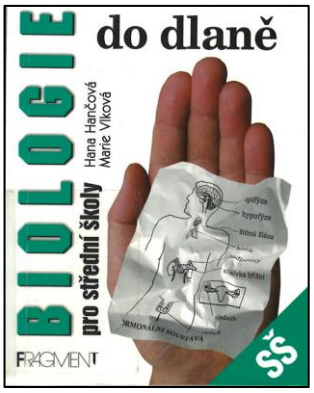
Botanika 2 – Vyšší rostliny (Švecová et Toběrná 1998)

Ze všech zkoumaných učebnic biologie pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií je učebnice Botanika 2 – Vyšší rostliny jediná zmiňující trichomy. Trichomům je zde věnován krátký odstavec o dvou větách, který je psaný menším písmem než okolní text. V učebnici se objevují čtyři zástupci rostlin s trichomy a pod odstavcem se nachází stručný nákres krycího, žláznatého a žahavého trichomu. Trichomy jsou zde uváděny pod ekvivalentním českým názvem chlupy.

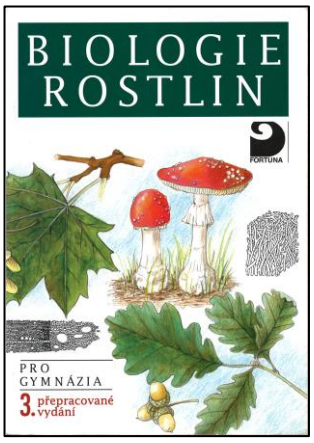


Biologie do dlaně pro střední školy (Hančová et Vlková 2003)

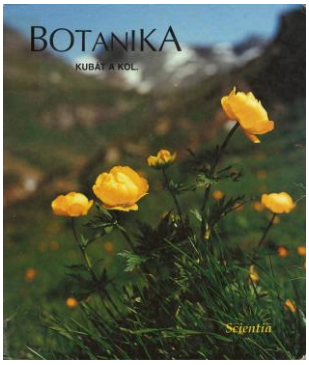
Kniha Biologie do dlaně pro střední školy se od ostatních učebnic na první pohled velmi liší neobvykle malou velikostí. Trichomům je zde věnován nepatrný odstavec, kde jsou heslovitě představeny druhy trichomů. Jsou zmíněny papily, krycí chlupy, žahavé chlupy a absorpční chlupy. Nejsou přiloženy žádné obrázky ani nákresy, ani nejsou uvedeni žádní zástupci rostlin s trichomy.



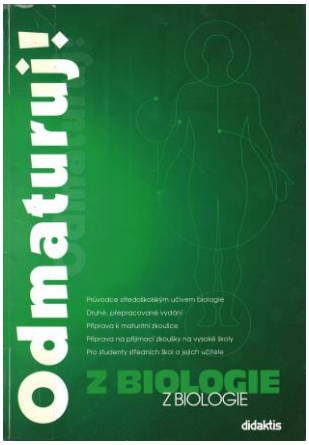
Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií (Kincl et al. 2006)
V učebnici Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií je tématu trichomů věnován poměrně obsáhlý odstavec o osmi větách. Zmíněny jsou papily, vícebuněčné přeslenité trichomy, hvězdovité trichomy, žláznaté a krycí trichomy. Ke každému typu trichomů je nakreslen schematický obrázek a uveden jeden nebo i více příslušných zástupců, u některých včetně latinského názvu.



Botanika (Kubát et al. 1998)
Učebnice Botanika popisuje trichomy na odstavci dlouhém 11 vět. Celkem je zde zmíněno 5 typů trichomů (papily, krycí trichomy jednoduché a hvězdovité, žláznaté trichomy a žahavé trichomy), každý z nich je doplněn nákresem. Mezi trichomy jsou zařazeny i tentakule rosnatky, které jsou ale ve skutečnosti emergence. Velkou nevýhodou této učebnice je absence typických zástupců rostlin s trichomy. Ke každému typu trichomu je stručně popsáno, k jakému účelu rostlině slouží.

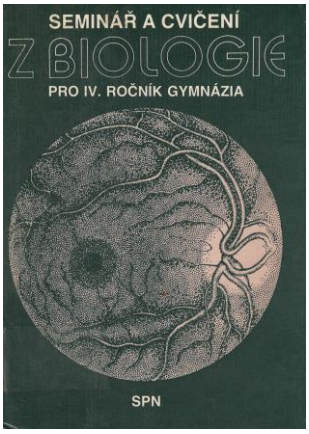


Odmaturuj z biologie (Benešová et al. 2013)
Trichomům v učebnici Odmaturuj z biologie je věnován krátký heslovitý odstavec na 8 řádků. Stručně jsou představeny trichomy krycí, žahavé a žláznaté. Ze zástupců jsou uvedeni lilek, kopřiva a máta. Na stránce na první pohled nejvíce zaujmou dvě barevné mikroskopické fotografie krycího a žahavého trichomu.



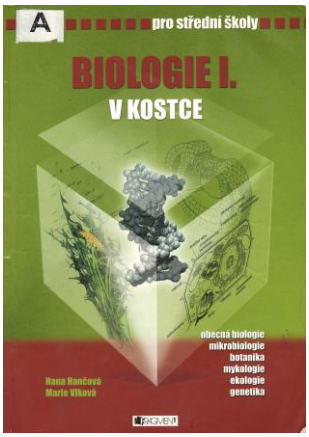
Seminář a cvičení z biologie pro IV. ročník gymnázia (Horník et al. 1987)

V učebnici Seminář a cvičení z biologie pro IV. ročník gymnázia jsou trichomy zmíněny jen ve dvou větách. Je zde popsán hlavní význam trichomů a jakým způsobem trichomy vznikají. Není přiložen nákres ani uveden žádný zástupce. Konkrétnějším rozlišením různých druhů trichomů se učebnice rovněž nezabývá.



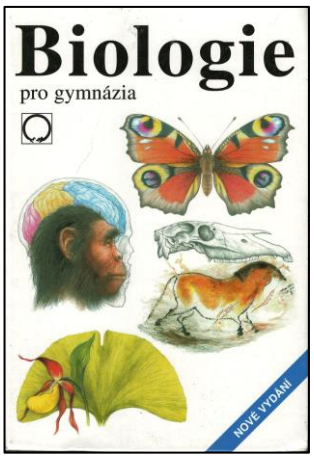
Biologie I. v kostce (Hančová et Vlková 2004)

Trichomům v učebnici Biologie I. v kostce je věnována zhruba polovina strany formátu A4. V textu jsou heslovitě popsány papily, krycí trichomy, žláznaté trichomy, žahavé trichomy a absorpční trichomy. Nákresy znázorňují papily, trichom hvězdicovitý, žahavý, vícebuněčný, žláznatý a větvený. Ze zástupců jsou uvedeni maceška, máta, šalvěj, chmel a kopřiva.

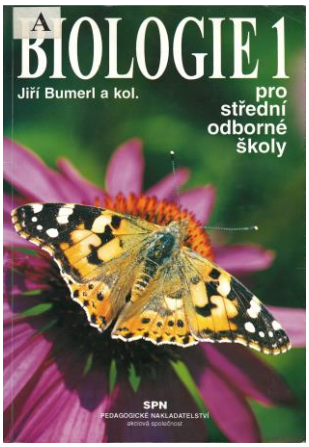


Biologie pro gymnázia (Jelínek et Zicháček 2007)

Učebnice Biologie pro gymnázia popisuje funkce trichomů krycích, žláznatých a žahavých. Celkem je trichomům věnováno 10 vět. V učebnici jsou dále obsaženy nákresy trichomů žahavých, žláznatých dvojího typu, krycích přeslenitých a hvězdovitých a papil. Mezi zástupci jsou zmíněni kopřiva, pelargónie, divizna, maceška, chmel, rakytník, kakost, locika a hlošina. V obrazové příloze jsou čtyři mikroskopické fotografie trichomu krycího, žláznatého, přeslenitého a hvězdicovitého.

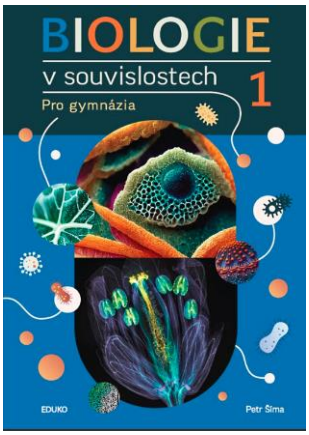


Biologie 1 pro střední odborné školy (Bumerl et al. 1997)



V učebnici Biologie 1 pro střední odborné školy je o trichomech napsána zhruba polovina strany formátu A4, celkem 18 kratších vět. Popsány jsou papily, vláskové chlupy, chlupy jednoduché jednořadé, chlupy zakončené mnohobuněčnou hlavičkou, chlupy větvené, chlupy žláznaté, absorpční, žahavé a krycí. Ke každému druhu trichomu je uveden minimálně jeden typický zástupce. Na další straně jsou nákresem znázorněny téměř všechny výše zmíněné typy trichomů.

Biologie v souvislostech 1 (Šíma 2023)



V učebnici Biologie v souvislostech 1 se nachází čtyři kratší odstavce o trichomech. Celkově se jedná o 16 vět. V textu jsou popsány papily, krycí trichomy, žláznaté trichomy a žahavé trichomy včetně podrobného popisu jejich funkcí. Ke všem zmíněným typům trichomů kromě papil jsou vedle textu k nahlédnutí mikroskopické fotografie typických zástupců. Z rostlinných rodů jsou zde uvedeny huseníček, tabák, kopřiva a chmel.

Tab. 1 Srovnání vybraných učebnic na základě počtu fotografií, počtu nákresů, délky textu o trichomech, počtu uvedených zástupců a počtu uváděných typů trichomů

Učebnice / zkoumané kritérium	Počet fotografií	Počet nákresů	Délka textu	Počet zástupců	Počet typů trichomů
Botanika 2 - Vyšší rostliny	0	3	2 věty	4	3
Biologie do dlaně pro střední školy	0	0	3 řádky (heslovitý text)	0	5
Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií	0	5	8 vět	9	5
Botanika	0	5	11 vět	0	5
Odmaturuj z biologie	2	0	11 řádků (heslovitý text)	3	3
Seminář a cvičení z biologie pro IV. ročník gymnázia	0	0	2 věty	0	0
Biologie I. v kostce	0	6	polovina strany formátu A4	5	8
Biologie pro gymnázia	4	6	10 vět	9	5
Biologie 1 pro střední odborné školy	0	7	18 vět	12	9
Biologie v souvislostech 1	3	0	16 vět	4	4

2 Metodika

Praktická část práce je zaměřena na tvorbu didaktického materiálu v podobě metodické příručky pro mikroskopická pozorování na základních i středních školách. Příručka je rozdělena do tří částí:

- mikroskopování
- teorie trichomů
- atlas trichomů

V první části příručky je na základě publikací Biologie pro gymnázia (Jelínek et Zicháček 2007), Školská biologická technika (Ondriš 1992) a Biológia – Návody na cvičenia (Horáková et Frank 1992) popsán optický světelný mikroskop, se kterým se žáci a studenti ve školách nejčastěji setkají. Dále je popsán pracovní postup pro přípravu mikroskopického preparátu.

Kapitola o trichomech v metodické příručce vychází z teoretické části této práce. Součástí textu jsou i autorské nákresy jednotlivých druhů trichomů, aby měli žáci a studenti lepší představu, co mají při mikroskopování trichomů v preparátu najít.

Pro stěžejní část příručky, která obsahuje fotografie rostlin a jejich trichomů, bylo nutné nejprve vybrat vhodné zástupce rostlin. Druhy rostlin byly vybírány podle několika kritérií. Hlavním kritériem byla zejména dostupnost uváděných druhů rostlin, aby učitelé, kteří budou s příručkou v hodinách pracovat, mohli jednoduše přinést rostlinný materiál v dostatečném množství do školy a ukázat trichomy žákům a studentům přímo pod mikroskopem. V příručce jsou tedy takové rostliny, které jsou běžně dostupné na zahradách, loukách, v parcích nebo jako pokojové rostliny. Dalším kritériem byla různorodost, aby příručka obsáhla co nejvíce různých typů a tvarů trichomů. Rostlinné druhy byly do příručky vybrány částečně také podle uváděných zástupců v jednotlivých porovnávaných učebnicích v teoretické části této práce.

Sběr rostlinného materiálu probíhal na lokalitách kolem Nymburka ve středočeském kraji a v Hradci Králové a jeho okolí. Získaný rostlinný materiál byl určen pomocí Klíče ke květeně České republiky (Kaplan et al. 2019).

K fotodokumentaci trichomů bylo nutné připravit preparáty pro pozorování rostlinného materiálu pomocí digitálního mikroskopu Keyence VHX-7000 (Obr. 8), díky kterému byly pořízeny i fotografie trichomů. Pro pozorování tímto typem mikroskopu bylo nejvhodnější vytvořit klasické vodní preparáty pomocí žiletky, pinzety, destilované vody, krycího a podložního sklíčka, ale v některých případech bylo možné pozorovat rostliny i bez této přípravy.

Obr. 8 Digitální mikroskop Keyence VHX-7000 (foto autorka)

Makroskopické obrázky rostlin v příručce jsou buďto vlastní fotografie pořízené pomocí chytrého telefonu iPhone SE (2022), nebo fotografie z internetového atlasu www.botany.cz.

3 Výsledky

V rámci praktické části práce byla vytvořena metodická příručka pro mikroskopická pozorování na základních a středních školách (Příloha č. 1). Metodickou příručku tvoří tři dílčí kapitoly – Mikroskopování, Trichomy a Atlas trichomů. V první kapitole je popsán světelný mikroskop a jsou vysvětleny základní pokyny k bezpečné práci s mikroskopem a mikroskopickým preparátem. V další kapitole se čtenář stručně seznámí se základními informacemi o trichomech a jejich typech včetně autorských nákresů. Poslední kapitola je zároveň stěžejní částí příručky, protože obsahuje atlas 30 rostlin včetně mikroskopických snímků jejich trichomů.

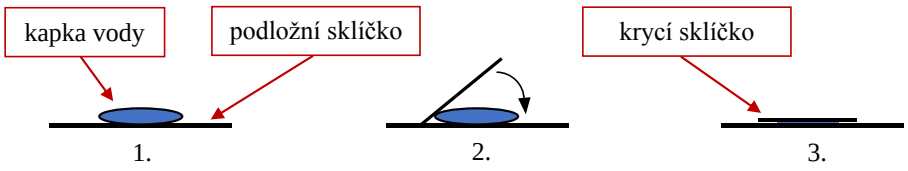
3.1 Ukázky metodické příručky

1.2 Příprava dočasného preparátu

Ke zhotovení dočasného mikroskopického preparátu potřebujeme především podložní a krycí sklíčko, mezi které uzavíráme pozorovaný objekt. Před zhotovením preparátu sklíčka dokonale odmastíme a vyčistíme. Dále budeme potřebovat pinzetu, preparační jehlu, skalpel, nůžky, destilovanou vodu, kapátko a filtrační papír.

Postup (Obr. 2):

1. Do středu podložního sklíčka naneseme kapku destilované vody. Pinzetou nebo preparační jehlou vložíme do této kapky zkoumaný objekt. Před tímto krokem bude obvykle nejprve potřeba rostlinný materiál nařezat žiletkou nebo skalpelem, aby se zkoumaný objekt mezi sklíčka vešel.
2. Kapku i se zkoumaným objektem přikryjeme krycím sklíčkem tak, že ho nejprve položíme šikmo na hranu a potom pozvolna spouštíme na objekt, aby nevznikaly bubliny.
3. Pokud máme v preparátu velké množství vody a krycí sklíčko plave, odsajeme vodu pomocí filtračního papíru. Jestliže je naopak v preparátu vody málo a vznikla velká vzduchová bublina, přiblížíme se opatrně koncem kapátka k okraji krycího sklíčka a přidáme malou kapku vody.

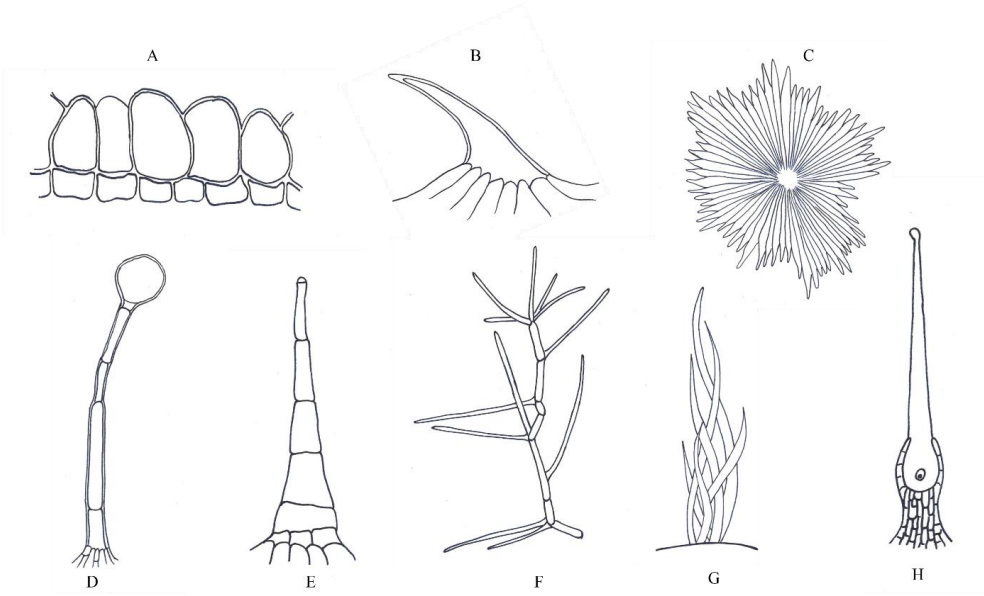


Obr. 2 Schéma přípravy mikroskopického preparátu

Obr. 9 Ukázka metodické příručky: Příprava dočasného preparátu

Trichomy žláznaté
Žláznaté trichomy (Obr. 3D) jsou zakončeny větší buňkou (tzv. hlavičkou), která je pokryta kutikulou. Pod kutikulou se nachází sekret obsahující například silice, terpenoidy a další. Po narušení kutikuly se nashromážděný obsah hlavičky uvolní do okolního prostředí. Žláznaté trichomy lze nalézt na přibližně 30 % všech cévnatých druhů rostlin.

Trichomy absorpční
Typickým příkladem absorpčních trichomů jsou rhiziny (kořenové vlásky) na pokožce kořene, rhizodermis. Absorpční trichomy mají pro rostliny velmi důležitou funkci, protože jsou schopné přijímat vodu a v ní rozpuštěné anorganické látky.



Obr. 3 Trichomy: A - papily na květu růže šípkové (*Rosa canina*), B - jednobuněčný krycí trichom svízele přítuly (*Galium aparine*), C - hvězdovitý trichom hlošiny úzkolisté (*Elaeagnus angustifolia*), D - žláznatý trichom pelargonie (*Pelargonium*), E - mnohobuněčný trichom tykve velkoplodé (*Cucurbita maxima*), F - přeslenitý trichom divizny černé (*Verbascum nigrum*), G - svazčitý trichom ořešáku královského (*Juglans regia*), H - žahavý trichom kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*)

Obr. 10 Ukázka metodické příručky: Trichomy

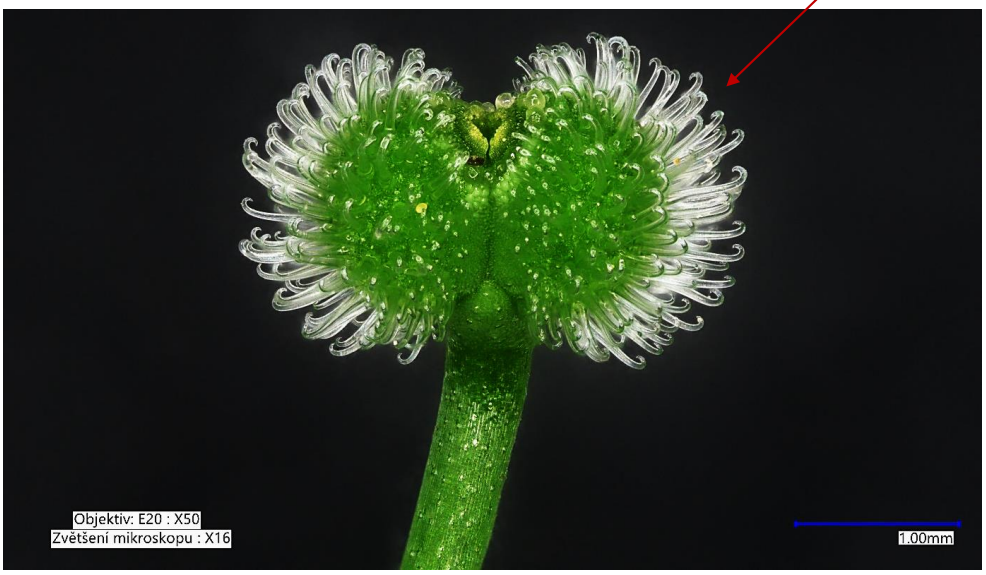
3.27 Svízel přítula (*Galium aparine*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hořcotvaré (*Gentianales*)
Čeleď:	mořenovité (*Rubiaceae*)
Rod:	svízel (*Galium*)

jednobuněčný nevětvený krycí trichom na stonku

pokožka

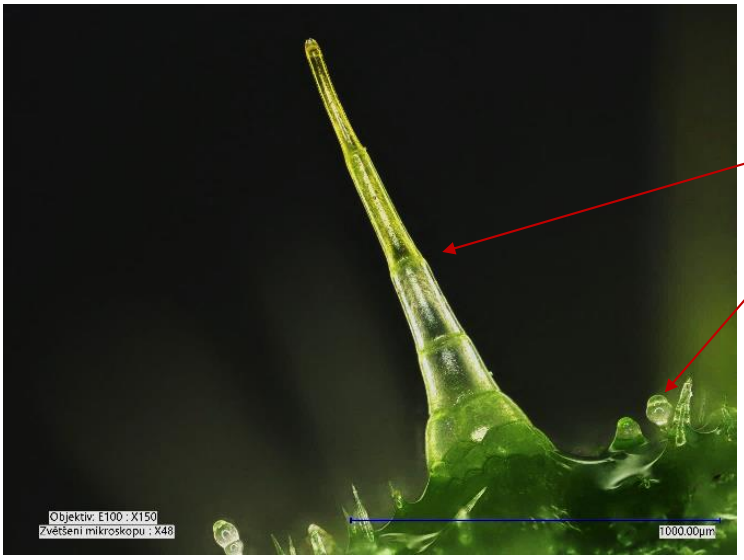
jednobuněčné nevětvené háčkovitě zahnuté krycí trichomy na plodu



Obr. 11 Ukázka metodické příručky: Svízel přítula

3.28 Tykev velkoplodá (*Cucurbita maxima*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	tykvotvaré (*Cucurbitales*)
Čeleď:	tykvovité (*Cucurbitaceae*)
Rod:	tykev (*Cucurbita*)



vícebuněčný krycí trichom na stonku

hlavička žláznatého trichomu

hlavička žláznatého trichomu

žláznatý trichom na stonku

vícebuněčný krycí trichom na stonku

Obr. 12 Ukázka metodické příručky: Tykev velkoplodá

4 Diskuse

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vytvoření metodické příručky pro mikroskopická pozorování, zejména pro pozorování trichomů. Při tvorbě příručky byl brán ohled především na názornost a přehlednost, aby mohla sloužit jako vhodná didaktická pomůcka jak při laboratorních cvičeních, tak v klasických vyučovacích hodinách biologie. Učitelé mohou příručku využít jako inspiraci, který rostlinný materiál přinést na laboratorní cvičení, aby žáci viděli co nejvíce typů trichomů, nebo ukázat příručku přímo žákům. Díky prohlédnutí atlasu 30 druhů rostlin, který příručka obsahuje, uvidí žáci v relativně krátkém čase velké množství druhů trichomů. V ideálním případě by pro ně mohla být příručka impulsem k pozorování a objevování přírody kolem nás.

Při analýze učebnic pro základní a střední školy v teoretické části této práce navíc bylo zjištěno, že jen minimum učebnic obsahuje mikroskopické fotografie trichomů. Žáci a studenti se tedy mnohdy učí o trichomech jako o něčem, o čem nemají téměř žádnou vizuální představu. Pokud by učitelé zařadili příručku do výuky, mohla by jim s tímto problémem výrazně pomoci.

Zkoumáním učebnic bylo dále zjištěno, že na druhém stupni základních škol se žáci o trichomech téměř neučí. Pokud by však učitelé měli v hodinách botaniky metodickou příručku s atlasem trichomů, mohli by žákům ukázat, že se na rostlinách tyto útvary vyskytují, a v krátkosti vysvětlit jejich funkce, které jsou pro fungování rostliny často životně důležité.

Další výhodou metodické příručky je, že podněcuje k praktické výuce. V dnešní rychlé době, kdy je na pedagogy vyvíjen velký tlak, aby stihli s žáky probrat maximum učiva za minimum času, se může zdát práce s mikroskopem zbytečně zdlouhavá. Atlas trichomů v příručce se snaží žákům i učitelům ukázat, o jak krásnou část biologie by bez mikroskopování přišli. Navíc praktická výuka vede obecně k efektivnějšímu učení.

Fotografie trichomů v metodické příručce byly foceny na digitálním mikroskopu, který se od světelného výrazně liší. Práce s ním vyžaduje praxi a zkušenosti, proto snímky některých trichomů mohou mít určité nedostatky.

Závěr

Bakalářská práce se zabývá trichomy a jejich výukou na základních a středních školách.

V teoretické části práce byla vypracována literární rešerše na téma trichomy. Literární rešerše vychází z české i zahraniční literatury, z odborných článků a ověřených internetových zdrojů. U jednotlivých typů trichomů je popsán zejména vzhled, vlastnosti a funkce.

Dále byly zkoumány a porovnány dostupné učebnice pro základní a střední školy na základě obsahu učiva o trichomech. Ze všech učebnic pro základní školy byla zmínka o trichomech pouze v jedné. Středoškolské učebnice se lišily ve faktickém obsahu i délce textu o trichomech, v množství a kvalitě obrazového materiálu i v uváděných zástupcích.

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit metodickou příručku pro mikroskopická pozorování na základních a středních školách. Součástí příručky je kapitola o mikroskopování, kde je stručně popsán světelný mikroskop, pokyny k bezpečné práci s mikroskopem a návod na vytvoření mikroskopického preparátu. Dále příručka obsahuje kapitolu se základními informacemi o trichomech, která vychází z literární rešerše v teoretické části této práce.

Stěžejní částí metodické příručky je atlas 30 rostlin s mikroskopickými snímky jejich trichomů. V atlasu je u každé rostliny zapsán český i latinský název, jejich zařazení do vědecké klasifikace, jedna makroskopická fotografie a jeden nebo dva autorské mikroskopické snímky trichomů včetně popisu.

Metodická příručka pro mikroskopická může sloužit pedagogům na základních a středních školách jako didaktická pomůcka při výuce botaniky.

Seznam použité literatury

1 Ambrose J., Bayton R., Candeias M., Jose S., Mikolajski A., Ripley E., Summers D. (2021) *Flóra: fascinující svět rostlin.* Praha: Grada. ISBN 978-80-271-2916-4.

2 Benešová M., Hamplová H., Knotová K., Lefnerová P., Pfeiferová E., Sáčková I., Satrapová H. (2013) *Odmaturuj z biologie.* 2. přeprac. vyd. Brno: Didaktis. ISBN 978-807-3582-319.

3 Bobák M. (1992) *Botanika: Anatómia a morfológia rastlín.* Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. ISBN 80-08-00687-0.

4 Bumerl J., Hrabě M., Novotná J., Pinkava I. (1997) *Biologie 1 pro střední odborné školy.* 4. vyd. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství. ISBN 80-859-3774-3.

5 Cutler D.F., Botha C.E.J., Stevenson D.W. (2007) *Plant Anatomy An Applied Approach.* Malden, Oxford, Carlton: Blackwell Publishing. ISBN 978-1-405-12679-3.

6 Čabradová V., Hasch F., Sejpka J, Vaněčková I. (2005) *Přírodopis 7: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia.* 1. vyd. Plzeň: Fraus. ISBN 80-723-8424-4.

7 Černík V., Martinec Z. (1996) *Přírodopis 1 pro 6. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií – botanika - 2. část.* 1. vyd. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství. ISBN 80-85937-06-9.

8 Černík V., Martinec Z. (1997) *Přírodopis 2 pro žáky základní školy (7. ročník) a nižší ročníky víceletých gymnázií – botanika - 2. část.* 1. vyd. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství. ISBN 80-85937-57-3.

9 Černík V., Bičík V., Bičíková L., Martinec Z. (1999) *Přírodopis 2 pro 7. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií: zoologie, botanika.* Praha: SPN – pedagogické nakladatelství. ISBN 80-723-5069-2.

10 Dobroruka L.J., Gutzerová N., Havel L., Chocholoušková Z., Kučera T.Č. (2003) *Přírodopis II pro 7. ročník základní školy.* 2. vyd. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství. ISBN 80-718-3302-9.

11 Dostál P. (2004) *Anatomie a morfologie rostlin v pojmech a nákresech.* 2. vyd. Praha: Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy. ISBN 80-7290-179-6.

12 Evert R.F. (2006) *Esau's plant anatomy, meristems, cells, and tissue of the plant body: their structure, function, and development.* New Jersey: A John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-73843-5.

13 Fink S. (1999) *Pathological and Regenerative Plant Anatomy.* Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger. ISBN 3-443-14027-0.

14 Hančová H., Vlková M. (2003) *Biologie do dlaně pro střední školy.* 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment. ISBN 80-720-0688-6.

15 Hančová H., Vlková M. (2004) *Biologie I. v kostce.* 3. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment. ISBN 80-720-0971-0.

16 Havlík I. (1999) *Přírodopis pro 7. ročník.* Brno: Nová škola. ISBN 80-856-0798-0.

17 Horáková K., Frank V. (1992) *Biológia – Návody na cvičenia.* 5. vyd. Bratislava: Edičné stredisko STU. ISBN 80-227-0497-0.

18 Horník F., Kubišta V., Kaprálek F., Stoklasa J., Vacková B. (1987) *Seminář a cvičení z biologie pro IV. ročník gymnázia.* 2.vyd. Praha: SPN– pedagogické nakladatelství. ISBN 80-042-4949-3.
19 Huchelmann A., Boutry M., Hachez Ch. (2017) Plant Glandular Trichomes: Natural Cell Factories of High Biotechnological Interest. *Plant Physiology* 175(1): 6-22.
20 Jelínek J., Zicháček V. (2007) *Biologie pro gymnázia.* 9. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc. ISBN 978-807-1822-134.
21 Jurčák J., Froněk J. (1998) *Přírodopis 7.* Olomouc: Prodos. ISBN 80-723-0015-6.
22 Jurčák J. (2007) *Komentovaný atlas anatomie vyšších rostlin*. Třebíč: Radek Veselý. ISBN 80-863-7639-7.
23 Kaplan Z., Danihelka J., Chrtek J., et al. (2019) *Klíč ke květeně České republiky.* Druhé, aktualizované a zcela přepracované vydání. Praha: Academia. ISBN 978-802-0026-606.
24 Kincl L., Kincl M., Jarklová J. (1993) *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií.* 1. vyd. Praha: Fortuna. Natura. ISBN 80-716-8090-7.
25 Kočárek E., Kočárek E. (1998) *Přírodopis pro 7. ročník základní školy*. Praha: JINAN.
26 Kubát K., Kalina T., Kováč J., Kubátová D., Prach K., Urban Z. (1998) *Botanika*. 1. vyd. Praha: Scientia. ISBN 80-718-3053-4.
27 Kvasničková D., Jeník J., Pecina P., Froněk J., Cais J. (1997) *Ekologický přírodopis pro 7. ročník základní školy - 2. část.* 2. upr. vyd. Praha: Fortuna. ISBN 80-716-8440-6.
28 Linc R., Dostál P., Machová J. (1996) *Přírodopis 7 pro 7. ročník základní školy.* 5. vyd., 2. vyd. ve Scientii. Praha: Scientia. ISBN 80-718-3050-X.
29 Novák J., Skalický M. (2012) *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. 3. vyd. Praha: Powerprint. ISBN 978-80-87415-53-5.
30 Ondriš Ľ. (1992) *Školská biologická technika.* Bratislava: Univerzita Komenského. ISBN 80-223-0372-0.
31 Pazourek J. (2001) *Vyprávění o rostlinách.* Praha: Academia. ISBN 80-200-0573-0.
32 *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia* [online] (2021). Praha: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/.
33 *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání* [online] (2023). Praha: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/.
34 Slavíková Z. (2002) *Morfologie rostlin*. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. ISBN 80-246-0327-6.
35 Šíma P. (2023) *Biologie v souvislostech 1*. Praha: Eduko. ISBN 978-808-8473-138.
36 Švecová M., Toběrná V. (1998) *Botanika 2 - Vyšší rostliny*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. Natura. ISBN 80-860-3428-3.

37 Vinter V. (2009) *Rostliny pod mikroskopem (Základy anatomie cévnatých rostlin).* 2. vyd. Olomouc: Twin. ISBN 978-80-244-2223-7.
38 Vinter V., Králíček I., Müller L., Smolová I., Hrubý D., Chodorová M. (2009) *Příručka pro začínající učitele biologie.* 1. vyd. Šumperk: Trifox. ISBN 978-80-904309-4-5.
39 Votrubová O. (2015) *Anatomie rostlin.* Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-1867-8.

Seznam obrázků

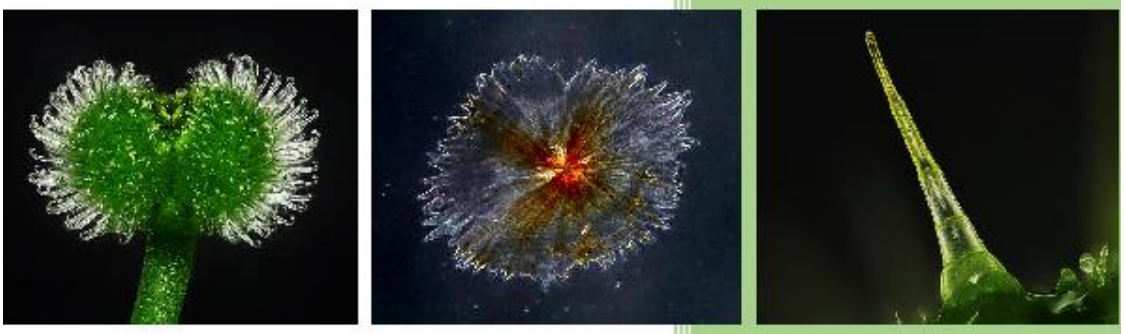
Obr. 1 Dělení trichomů podle stavby (převzato a upraveno z: Jurčák 2007)
Obr. 2 Papily na květu růže šípkové (Rosa canina)
Obr. 3 Vícebuněčné trichomy vzniklé periklinálním dělením: A – kandelábrovitý trichom divizny černé (Verbascum nigrum), B – hvězdovitý trichom hlošiny úzkolisté (Elaeagnus angustifolia), C – svazčitý trichom ořešáku královského (Juglans regia)
Obr. 4 Dělení trichomů podle funkce (převzato a upraveno z: Jurčák 2007)
Obr. 5 Žahavý trichom kopřivy dvoudomé (Urtica dioica)
Obr. 6 Krycí trichomy: A – jednobuněčný krycí trichom svízele přítuly (Galium aparine), B – mnohobuněčný trichom tykve velkoplodé (Cucurbita maxima)
Obr. 7 Žláznatý trichom pelargonie (Pelargonium)
Obr. 8 Digitální mikroskop Keyence VHX-7000 (foto autorka)
Obr. 9 Ukázka metodické příručky: Příprava dočasného preparátu
Obr. 10 Ukázka metodické příručky: Trichomy
Obr. 11 Ukázka metodické příručky: Svízel přítula
Obr. 12 Ukázka metodické příručky: Tykev velkoplodá

Příloha

Příloha č. 1: Metodická příručka pro mikroskopická pozorování

Atlas trichomů:

Metodická příručka pro mikroskopická pozorování ve školách



Štěpánka Podruhová

2024

Obsah

1 Mikroskopování 3
1.1 Pracovní postup při mikroskopování 3
1.2 Příprava dočasného preparátu 4
2 Trichomy 5
2.1 Dělení trichomů podle stavby 5
2.2 Dělení trichomů podle funkce 5
3 Atlas trichomů 7
3.1 Břečťan popínavý (*Hedera helix*) 7
3.2 Divizna černá (*Verbascum nigrum*) 8
3.3 Dobromysl obecná (*Origanum vulgare*) 9
3.4 Hlošina úzkolistá (*Elaeagnus angustifolia*) 10
3.5 Jetel luční (*Trifolium pratense*) 11
3.6 Jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*) 12
3.7 Kakost luční (*Geranium pratense*) 13
3.8 Kalina vrásčitolistá (*Viburnum rhytidophyllum*) 14
3.9 Katalpa trubačovitá (*Catalpa bignonioides*) 15
3.10 Konopí seté (*Cannabis sativa*) 16
3.11 Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) 17
3.12 Levandule lékařská (*Lavandula angustifolia*) 18
3.13 Lilek rajče (*Solanum lycopersicum*) 19
3.14 Lubenice obecná (*Citrullus lanatus*) 20
3.15 Máta peprná (*Mentha piperita*) 21
3.16 Mateřídouška úzkolistá (*Thymus serpyllum*) 22
3.17 Měrnice černá (*Ballota nigra*) 23
3.18 Ořešák královský (*Juglans regia*) 24
3.19 Pelargonie štítnatá (*Pelargonium peltatum*) 25
3.20 Petúnie zahradní (*Petunia × atkinsiana*) 26
3.21 Popenec obecný (*Glechoma hederacea*) 27
3.22 Rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides*) 28
3.23 Řebříček obecný (*Achillea millefolium*) 29
3.24 Réva vinná (*Vitis vinifera*) 30
3.25 Růže šípková (*Rosa canina*) 31
3.26 Rýmovník citronový (*Plectranthus amboinicus*) 32
3.27 Svízel přítula (*Galium aparine*) 33
3.28 Tykev velkoplodá (*Cucurbita maxima*) 34
3.29 Vikev setá (*Vicia sativa*) 35
3.30 Vlaštovičník větší (*Chelidonium majus*) 36

1 Mikroskopování

Pod slovem mikroskopování rozumíme pozorování objektů mikroskopem. Mikroskop (Obr. 1) je optický přístroj sloužící k pozorování detailů, které okem nevidíme.

Obr. 1 Popis mikroskopu

1.1 Pracovní postup při mikroskopování

1. Preparát uchytíme držákem na stolek mikroskopu.
2. Při pozorování ze strany objektiv snížíme k preparátu otočením makrošroubu. Teprve potom hledíme do okuláru a pomalu oddalujeme objektiv od preparátu. Po zachycení obrazu zaostřujeme už jen mikrošroubem.
3. Upravíme clonu a osvětlení.
4. Pozorovaný preparát nebo jeho část zakreslíme a pečlivě popíšeme. Nezapomeneme poznamenat s jakým zvětšením jsme preparát pozorovali.
5. Po skončení pozorování vrátíme mikroskop do původního stavu, nastavíme objektiv s nejmenším zvětšením, jas snížíme na minimum, stolek zarovnáme na střed a co nejblíže ke stativu mikroskopu. Poté mikroskop zakryjeme obalem a vrátíme do skříně.

Obvyklé chyby při mikroskopování

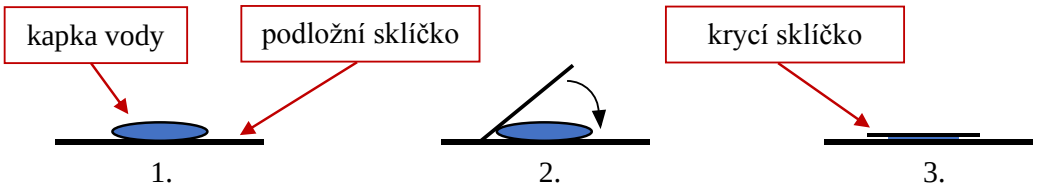
- Špatné osvětlení zorného pole
- Špatně zaostřený obraz
- Znečištěná optická soustava

1.2 Příprava dočasného preparátu

Ke zhotovení dočasného mikroskopického preparátu potřebujeme především podložní a krycí sklíčko, mezi které uzavíráme pozorovaný objekt. Před zhotovením preparátu sklíčka dokonale odmastíme a vyčistíme. Dále budeme potřebovat pinzetu, preparační jehlu, skalpel, nůžky, destilovanou vodu, kapátko a filtrační papír.

Postup (Obr. 2):

1. Do středu podložního sklíčka naneseme kapku destilované vody. Pinzetou nebo preparační jehlou vložíme do této kapky zkoumaný objekt. Před tímto krokem bude obvykle nejprve potřeba rostlinný materiál nařezat žiletkou nebo skalpelem, aby se zkoumaný objekt mezi sklíčka vešel.
2. Kapku i se zkoumaným objektem přikryjeme krycím sklíčkem tak, že ho nejprve položíme šikmo na hranu a potom pozvolna spouštíme na objekt, aby nevznikaly bubliny.
3. Pokud máme v preparátu velké množství vody a krycí sklíčko plave, odsajeme vodu pomocí filtračního papíru. Jestliže je naopak v preparátu vody málo a vznikla velká vzduchová bublina, přiblížíme se opatrně koncem kapátka k okraji krycího sklíčka a přidáme malou kapku vody.



Obr. 2 Schéma přípravy mikroskopického preparátu

2 Trichomy

Slovo trichom pochází z řeckého slova *trichos* a znamená chlup nebo vlas. Trichomy jsou útvary na rostlinách, které mohou mít rozmanité tvary, velikosti i funkce. Mohou se vyskytovat na všech rostlinných orgánech. Nejčastěji je můžeme nalézt na listech a stoncích, ale v některých případech i na pupenech, poupatech, květních lístcích, semenech a plodech.

2.1 Dělení trichomů podle stavby

Trichomy dělíme buďto podle stavby, nebo podle funkce. Podle stavby rozlišujeme trichomy jednobuněčné či vícebuněčné. Obě tyto skupiny se dále dělí na trichomy větvené a nevětvené.

Trichomy jednobuněčné

Nejjednodušší jednobuněčné nevětvené trichomy představují papily (Obr. 3A). Jedná se o krátké vychlípeniny pokožkových buněk, které vytváří na rostlině sametový vzhled.

Jednoduché nevětvené jednobuněčné trichomy (Obr. 3B) se vyskytují u mnoha rostlin. Ekonomický význam pro člověka mají například extrémně dlouhé jednobuněčné trichomy na povrchu semen bavlníku (rod *Gossipium*), které jsou skvělým materiálem pro výrobu vaty a tkaniny.

Větvené jednobuněčné trichomy jsou většinou vidličnaté nebo hvězdovité.

Trichomy vícebuněčné

Vícebuněčné trichomy vznikají několikanásobným dělením buněk. Trichomy vzniklé dělením mohou být u vrcholu zúžené (Obr. 3E), přeslenité (Obr. 3F), hvězdovité (Obr. 3C) nebo svazčité (Obr. 3G).

2.2 Dělení trichomů podle funkce

Podle funkce rozlišujeme trichomy do čtyř skupin, a to na trichomy žahavé, krycí, žláznaté a absorpční.

Trichomy žahavé

Trichomy žahavé jsou speciálním typem trichomů s jasnou obrannou funkcí, zejména proti býložravcům.

Žahavé trichomy kopřivovitých (*Urticaceae*) (Obr. 3H) jsou tvořeny protáhlou buňkou zakončenou hlavičkou. Pod hlavičkou se nachází buněčná stěna zpevněná oxidem křemičitým nebo uhličitanem vápenatým, díky kterým je velmi křehká a při dotyku se snadno odlomí. Po odlomení hlavičky vzniká na konci trichomu ostrý okraj buněčné stěny, který může způsobit malou ránu, do které je vtlačen obsah buňky.

Trichomy krycí

Krycí trichomy slouží rostlině především k ochraně. Odumřelé krycí trichomy (Obr. 3F) často tvoří hustou síť vláknitých útvarů, která se u suchomilných druhů projevuje stříbřitým vzhledem. Trichomy u takových rostlin snižují výdej vodní páry a zároveň zvyšují odraz slunečního záření.

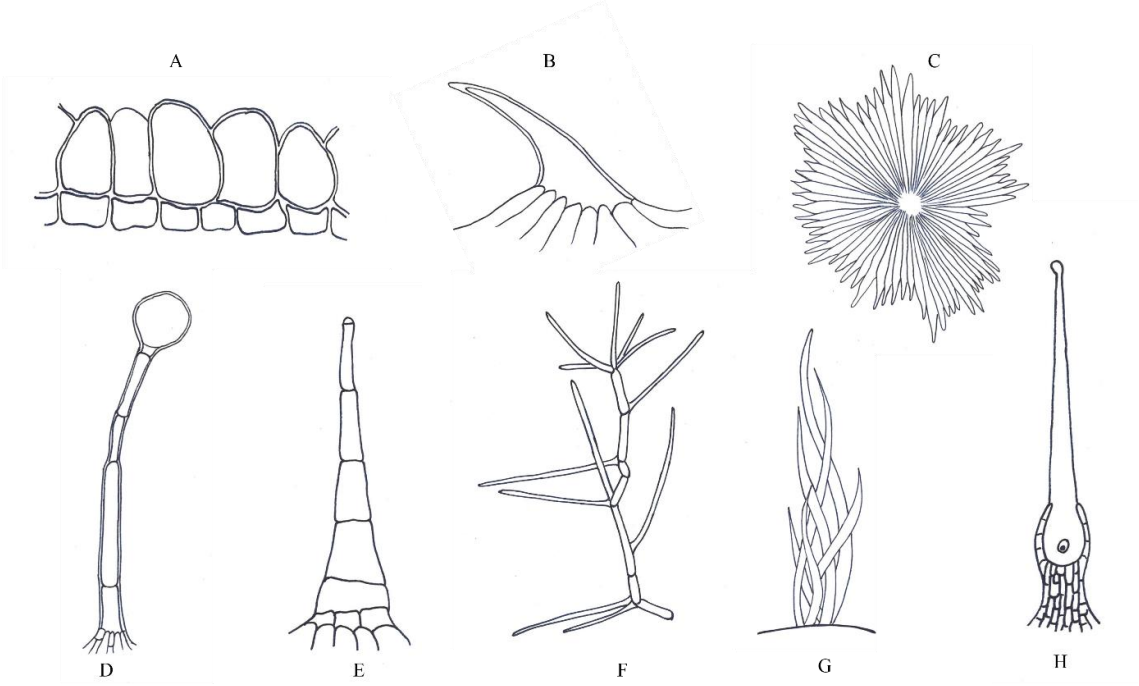
V případě, že buňky trichomů neodumírají, mohou někdy naopak výdej vody zvyšovat. Živé krycí trichomy (Obr. 3B) jsou většinou zahrocené a jejich buněčné stěny bývají zpevněné uhličitanem vápenatým nebo kyselinou křemičitou. Takové trichomy chrání rostliny proti býložravcům.

Trichomy žláznaté

Žláznaté trichomy (Obr. 3D) jsou zakončeny větší buňkou (tzv. hlavičkou), která je pokryta kutikulou. Pod kutikulou se nachází sekret obsahující například silice, terpenoidy a další. Po narušení kutikuly se nashromážděný obsah hlavičky uvolní do okolního prostředí. Žláznaté trichomy lze nalézt na přibližně 30 % všech cévnatých druhů rostlin.

Trichomy absorpční

Typickým příkladem absorpčních trichomů jsou rhiziny (kořenové vlásky) na pokožce kořene, rhizodermis. Absorpční trichomy mají pro rostliny velmi důležitou funkci, protože jsou schopné přijímat vodu a v ní rozpuštěné anorganické látky.

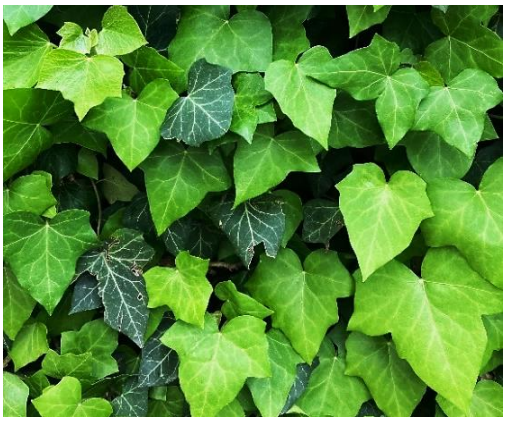


Obr. 3 Trichomy: A - papily na květu růže šípkové (*Rosa canina*), B - jednobuněčný krycí trichom svízele přítuly (*Galium aparine*), C - hvězdovitý trichom hlošiny úzkolisté (*Elaeagnus angustifolia*), D - žláznatý trichom pelargonie (*Pelargonium*), E - mnohobuněčný trichom tykve velkoplodé (*Cucurbita maxima*), F - přeslenitý trichom divizny černé (*Verbascum nigrum*), G - svazčitý trichom ořešáku královského (*Juglans regia*), H - žahavý trichom kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*)

3 Atlas trichomů

3.1 Břečťan popínavý (*Hedera helix*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	miříkotvaré (*Apiales*)
Čeleď:	aralkovité (*Araliaceae*)
Rod:	břečťan (*Hereda*)



krycí vícebuněčný rozvětvený trichom na listu

pokožka

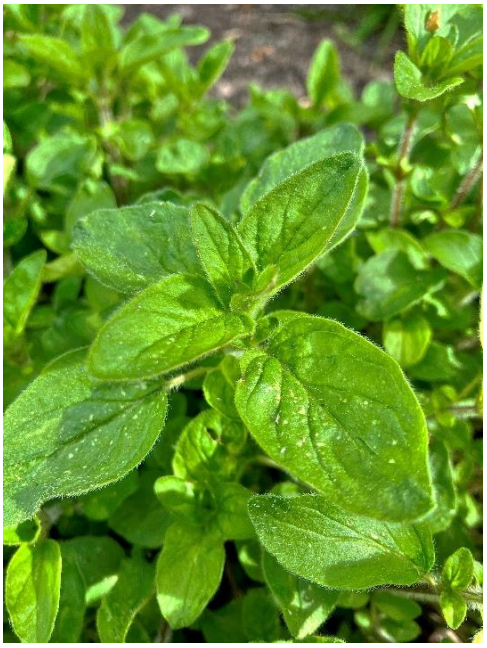
3.2 Divizna černá (*Verbascum nigrum*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	krtičníkovité (*Scrophulariaceae*)
Rod:	divizna (*Verbascum*)

krycí vícebuněčný přeslenitý trichom na listu

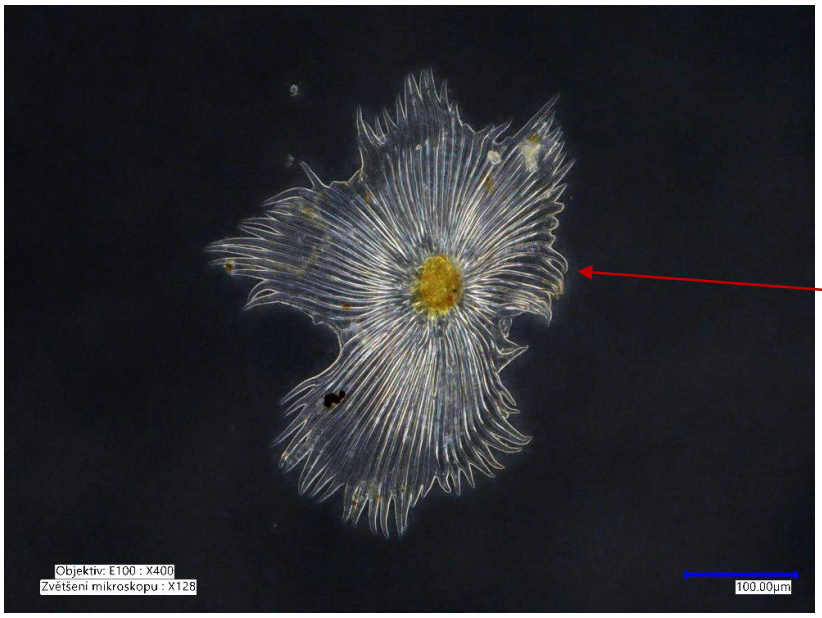
3.3 Dobromysl obecná (*Origanum vulgare*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	hluchavkovité (*Lamiaceae*)
Rod:	dobromysl (*Origanum*)



3.4 Hlošina úzkolistá (*Elaeagnus angustifolia*)

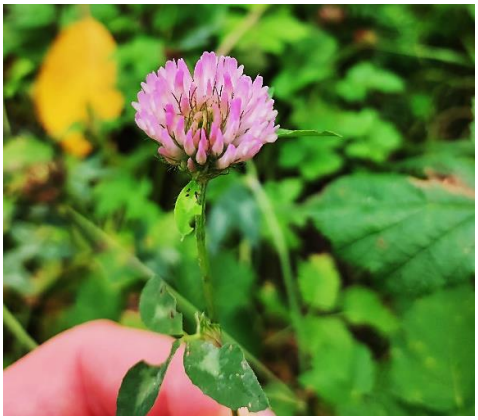
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	růžotvaré (*Rosales*)
Čeleď:	hlošinovité (*Elaeagnaceae*)
Rod:	hlošina (*Elaeagnus*)

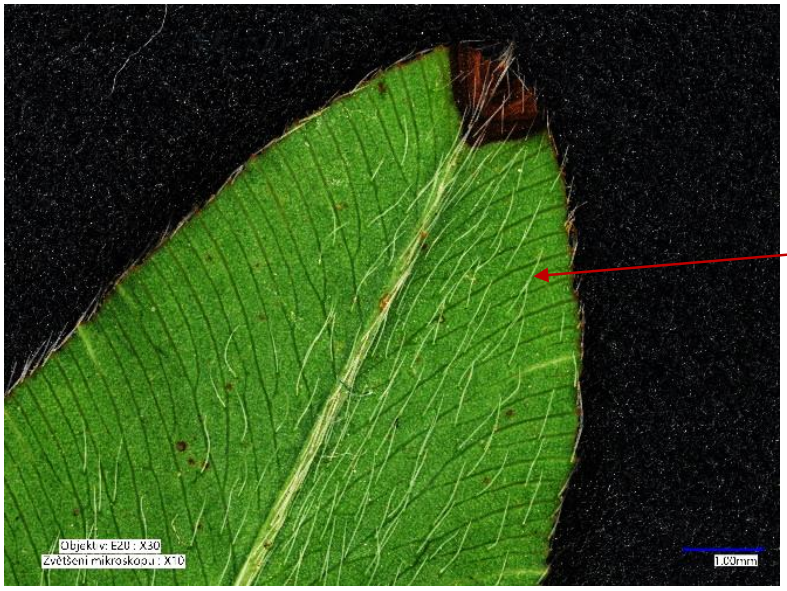


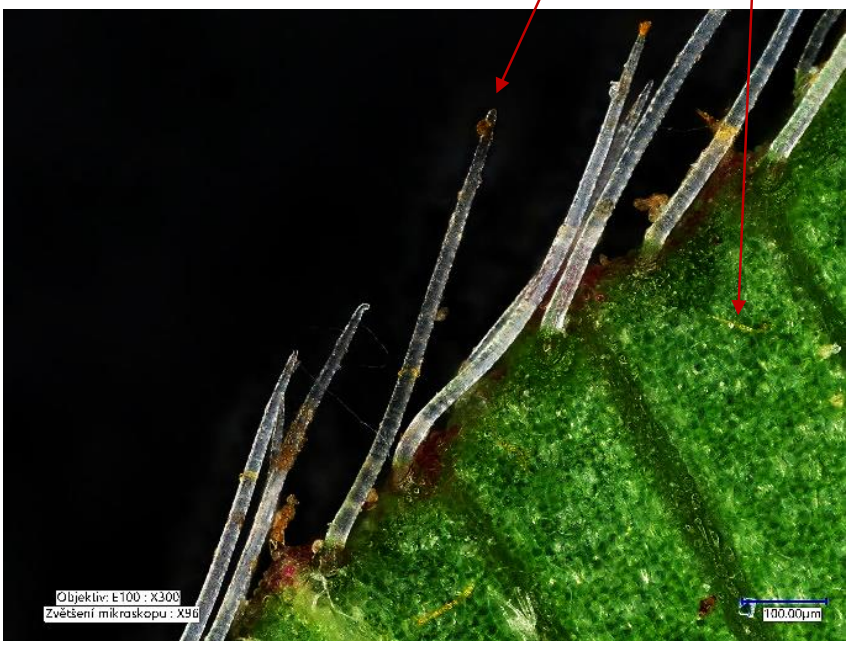
krycí vícebuněčný hvězdovitý trichom na listu

3.5 Jetel luční (*Trifolium pratense*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	bobotvaré (*Fabales*)
Čeleď:	bobovité (*Fabaceae*)
Rod:	jetel (*Trifolium*)







3.6 Jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	jitrocelovité (*Plantaginaceae*)
Rod:	jitrocel (*Plantago*)

krycí vícebuněčný trichom na listu

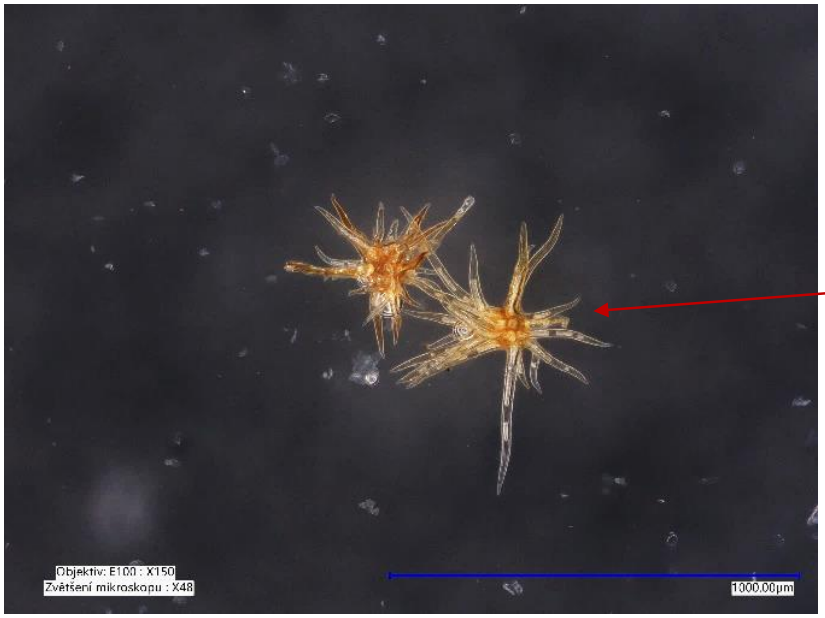
pokožka

3.7 Kakost luční (*Geranium pratense*)

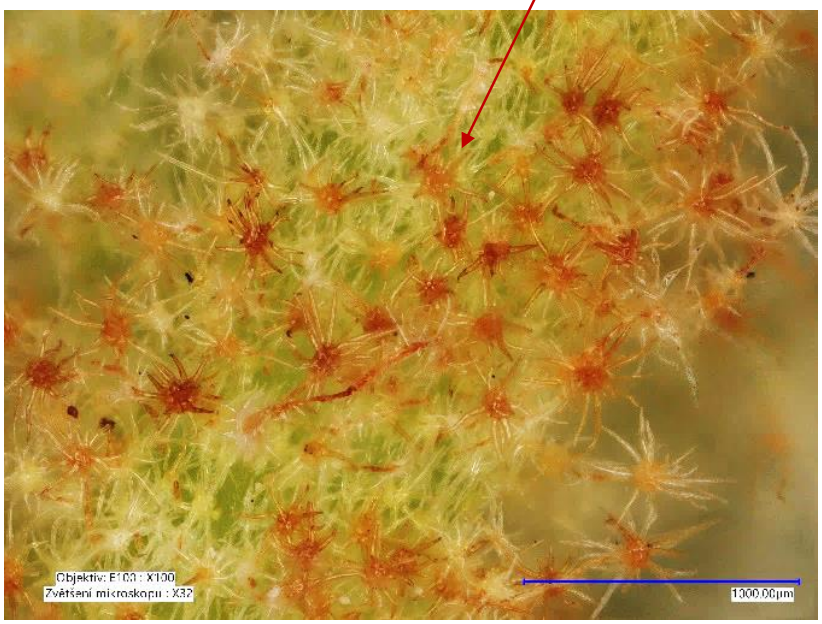
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	kakostotvaré (*Geraniales*)
Čeleď:	kakostovité (*Geraniaceae*)
Rod:	kakost (*Geranium*)

3.8 Kalina vrásčitolistá (*Viburnum rhytidophyllum*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	štětkotvaré (*Dipsacales*)
Čeleď:	kalinovité (*Viburnaceae*)
Rod:	kalina (*Viburnum*)



krycí vícebuněčný rozvětvený trichom na listu



3.9 Katalpa trubačovitá (*Catalpa bignonioides*)

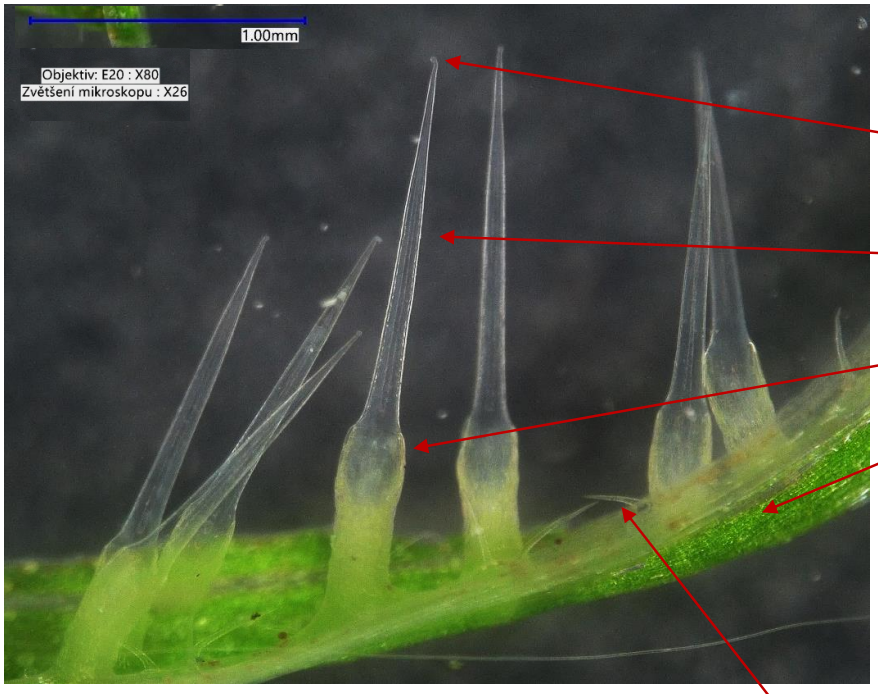
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	trubačovité (*Bignoniaceae*)
Rod:	katalpa (*Catalpa*)

3.10 Konopí seté (*Cannabis sativa*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	růžotvaré (*Rosales*)
Čeleď:	konopovité (*Cannabaceae*)
Rod:	konopí (*Cannabis*)

3.11 Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	růžotvaré (*Rosales*)
Čeleď:	kopřivovité (*Urticaceae*)
Rod:	kopřiva (*Urtica*)

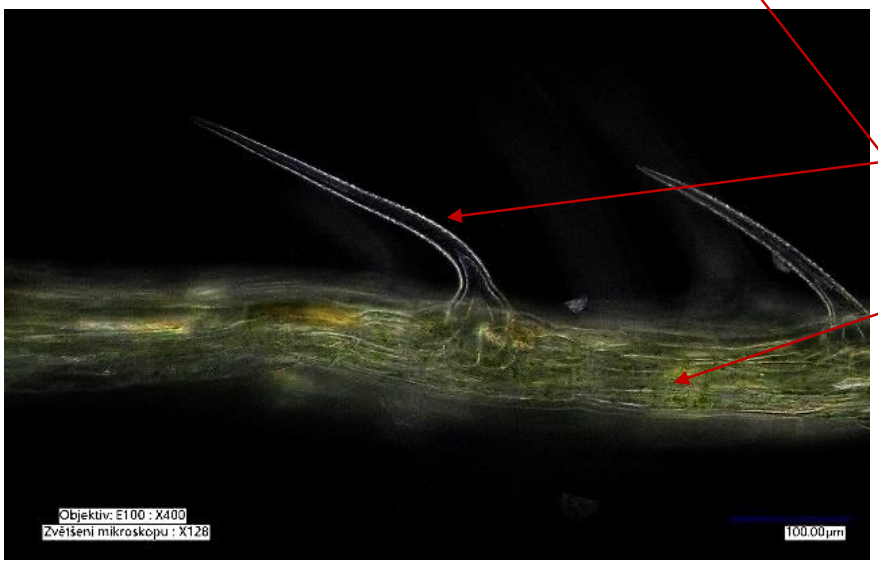


hlavička trichomu

žahavý trichom na stonku

rozšířená báze

pokožka

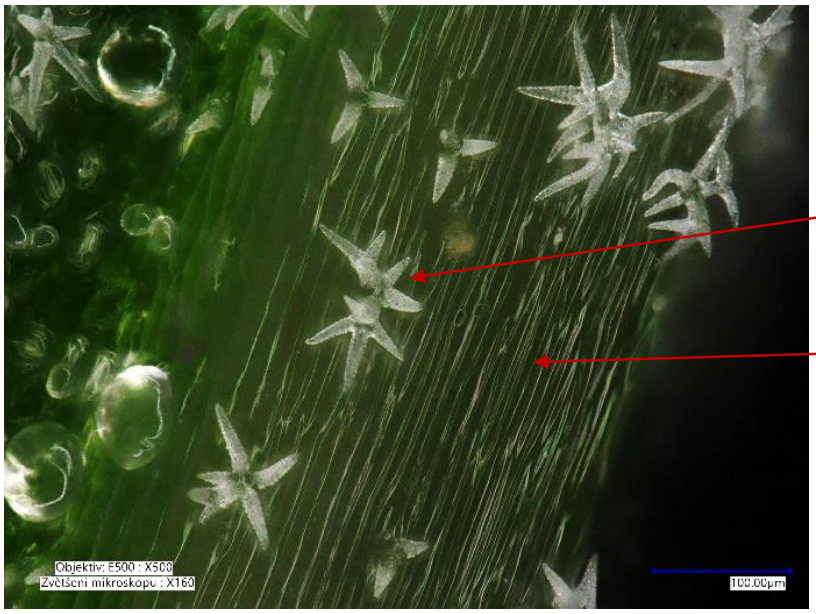


krycí jednobuněčný nevětvený trichom na stonku

pokožka

3.12 Levandule lékařská (*Lavandula angustifolia*)

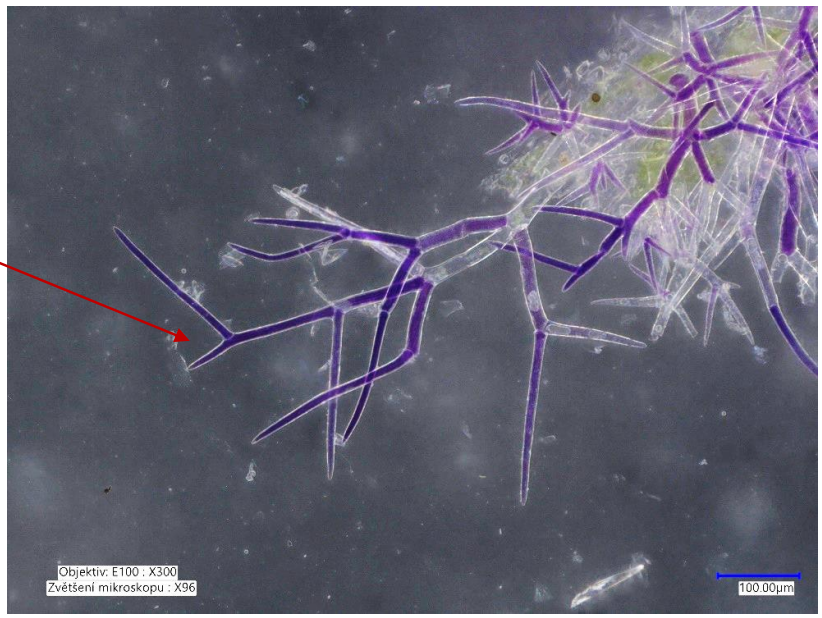
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	hluchavkovité (*Lamiaceae*)
Rod:	levandule (*Lavandula*)



krycí vícebuněčný rozvětvený trichom na stonku

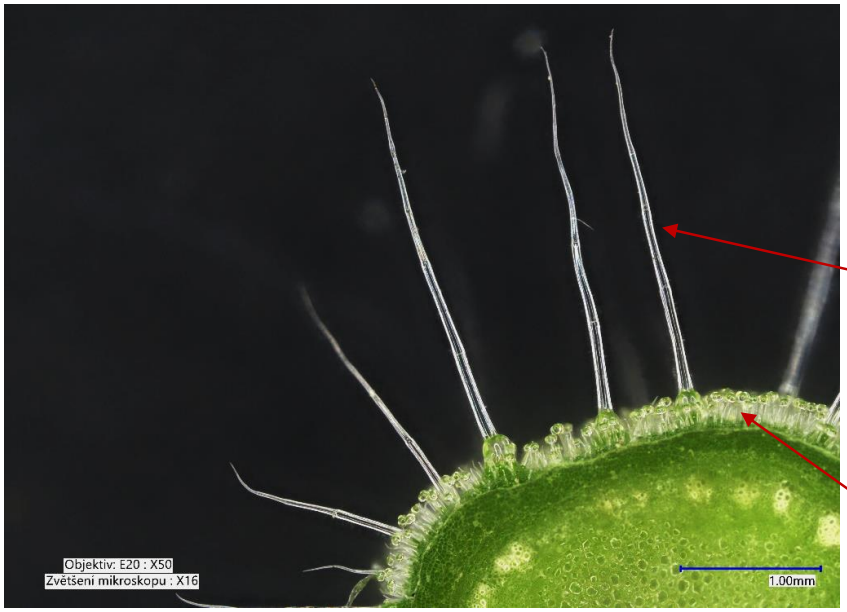
pokožka

krycí vícebuněčný rozvětvený trichom na květu



3.13 Lilek rajče (*Solanum lycopersicum*)

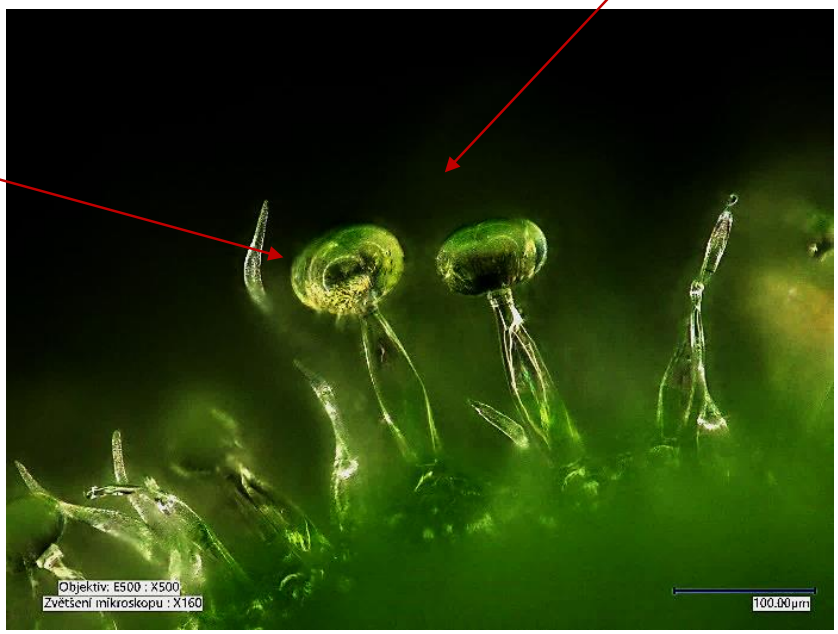
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	lilkotvaré (*Solanales*)
Čeleď:	lilkovité (*Solanaceae*)
Rod:	lilek (*Solanum*)



krycí vícebuněčný nevětvený trichom na stonku

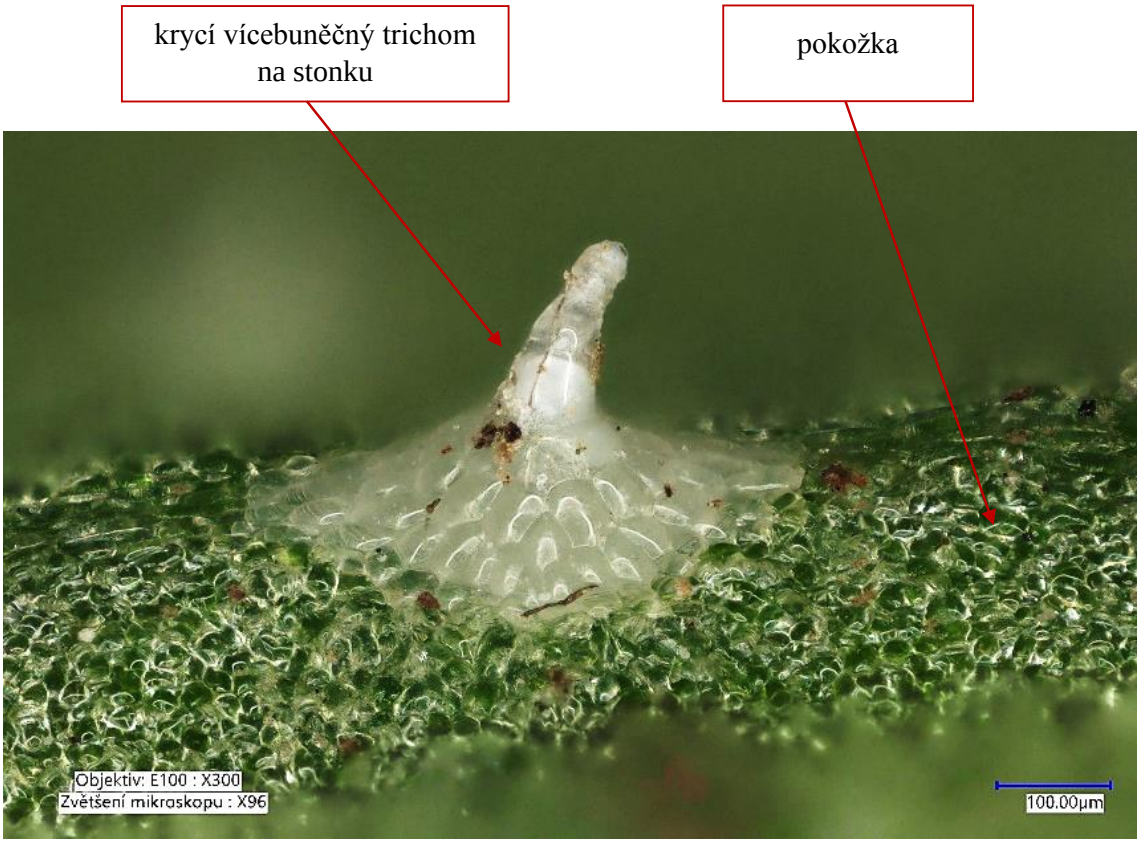
žláznaté trichomy na stonku

hlavička se sekretem



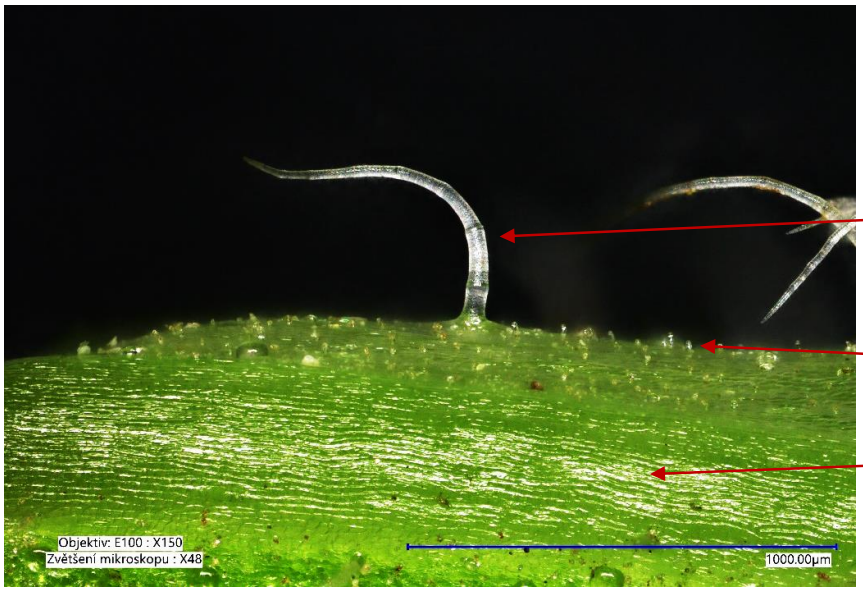
3.14 Lubenice obecná (*Citrullus lanatus*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	tykvotvaré (*Cucurbitales*)
Čeleď:	tykvovité (*Cucurbitaceae*)
Rod:	lubenice (*Citrullus*)



3.15 Máta peprná (*Mentha piperita*)

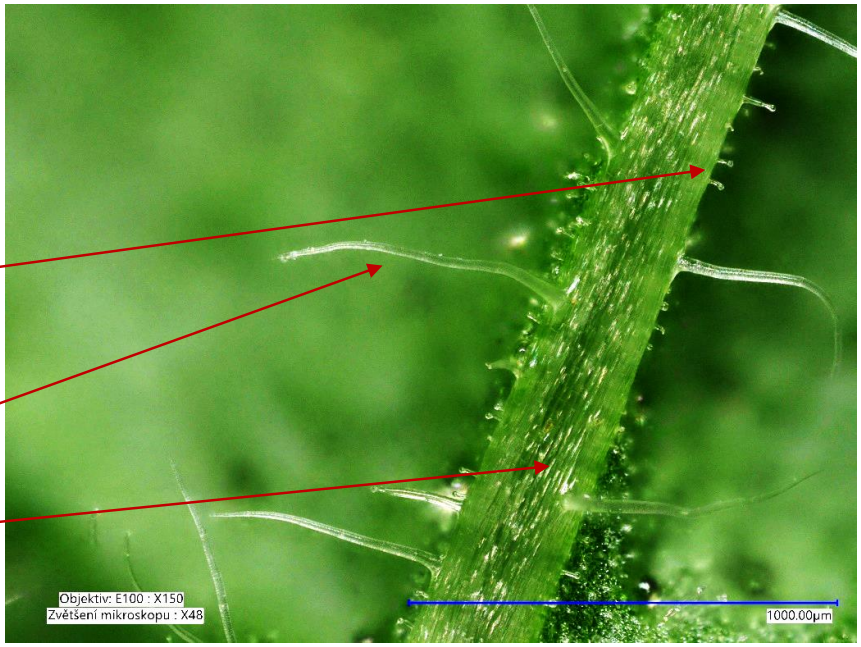
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	hluchavkovité (*Lamiaceae*)
Rod:	máta (*Mentha*)



krycí vícebuněčný trichom na stonku

žláznaté trichomy na stonku

pokožka



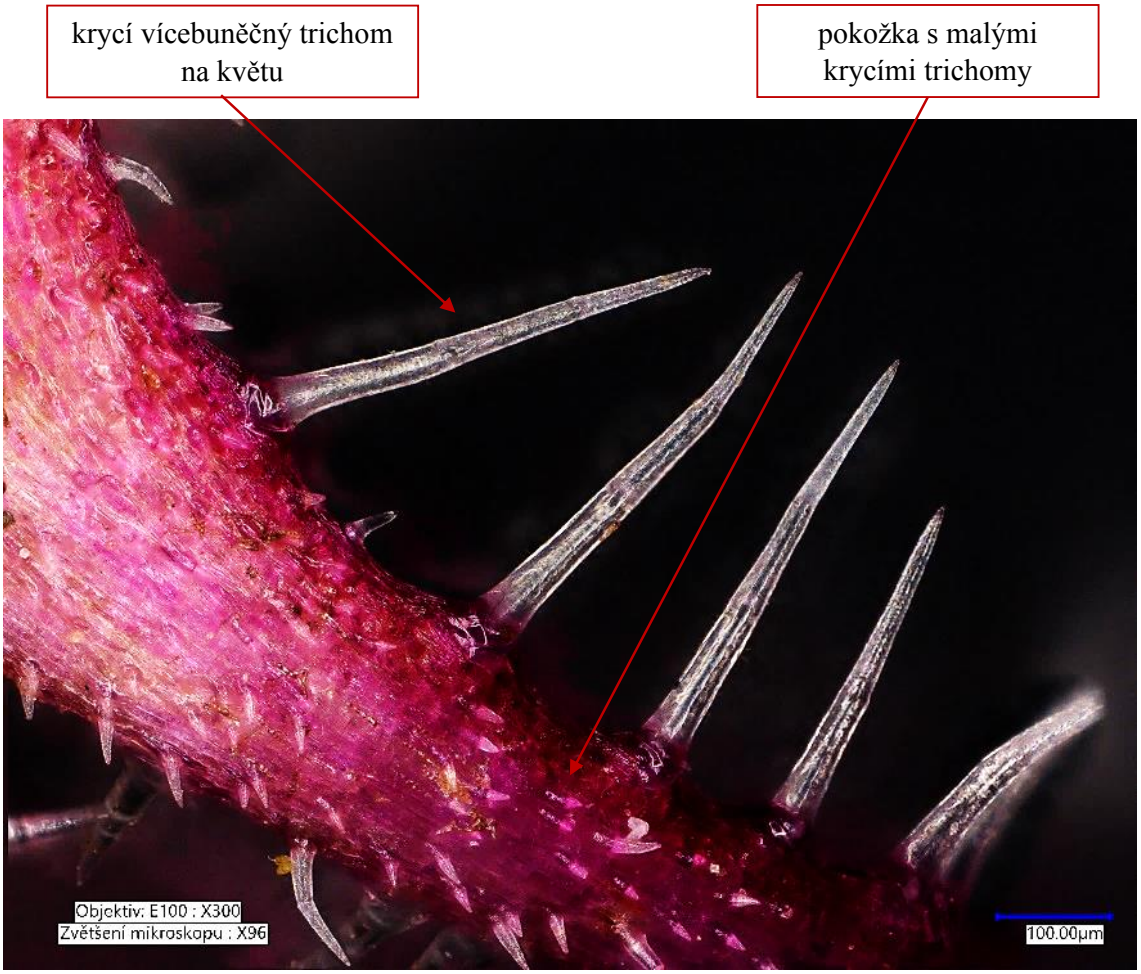
žláznaté trichomy na listu

krycí vícebuněčný trichom na listu

pokožka

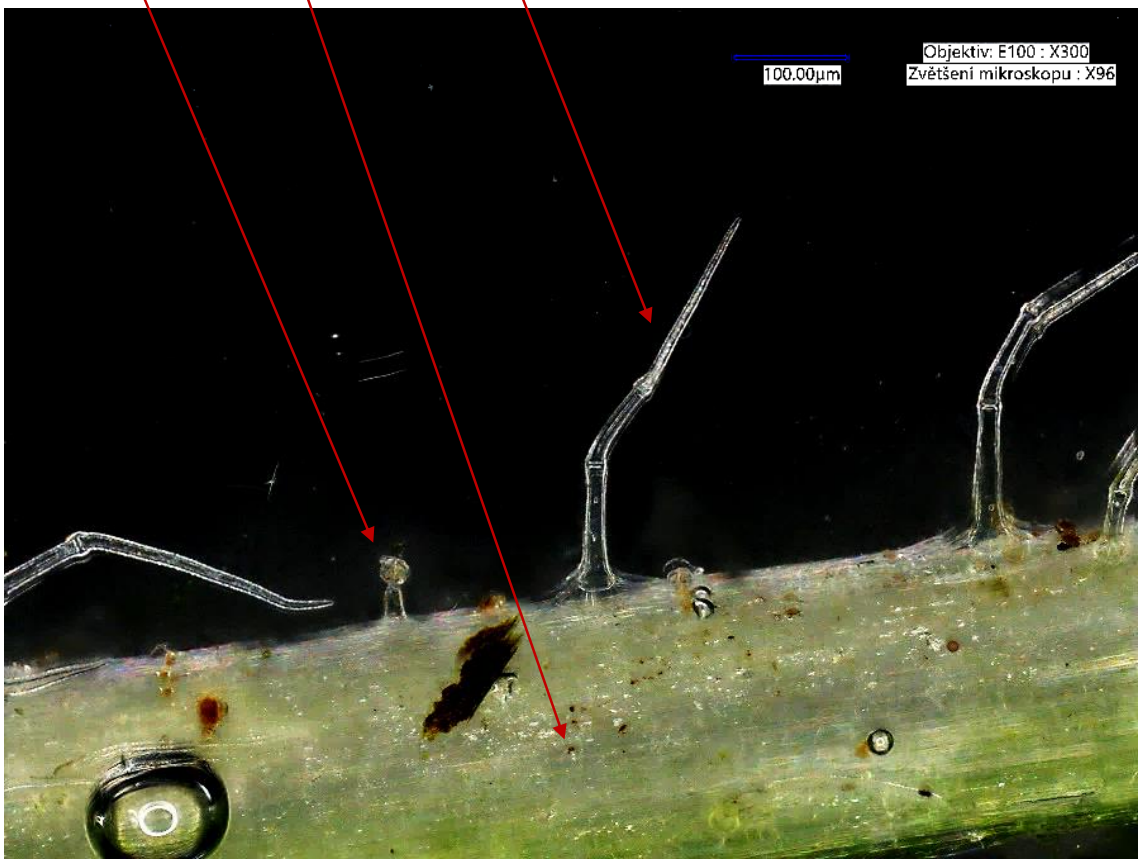
3.16 Mateřídouška úzkolistá (*Thymus serpyllum*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	hluchavkovité (*Lamiaceae*)
Rod:	mateřídouška (*Thymus*)



3.17 Měrnice černá (*Ballota nigra*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	hluchavkovité (*Lamiaceae*)
Rod:	měrnice (*Ballota*)



3.18 Ořešák královský (*Juglans regia*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	bukotvaré (*Fagales*)
Čeleď:	ořešákovité (*Juglandaceae*)
Rod:	ořešák (*Juglans*)

pokožka

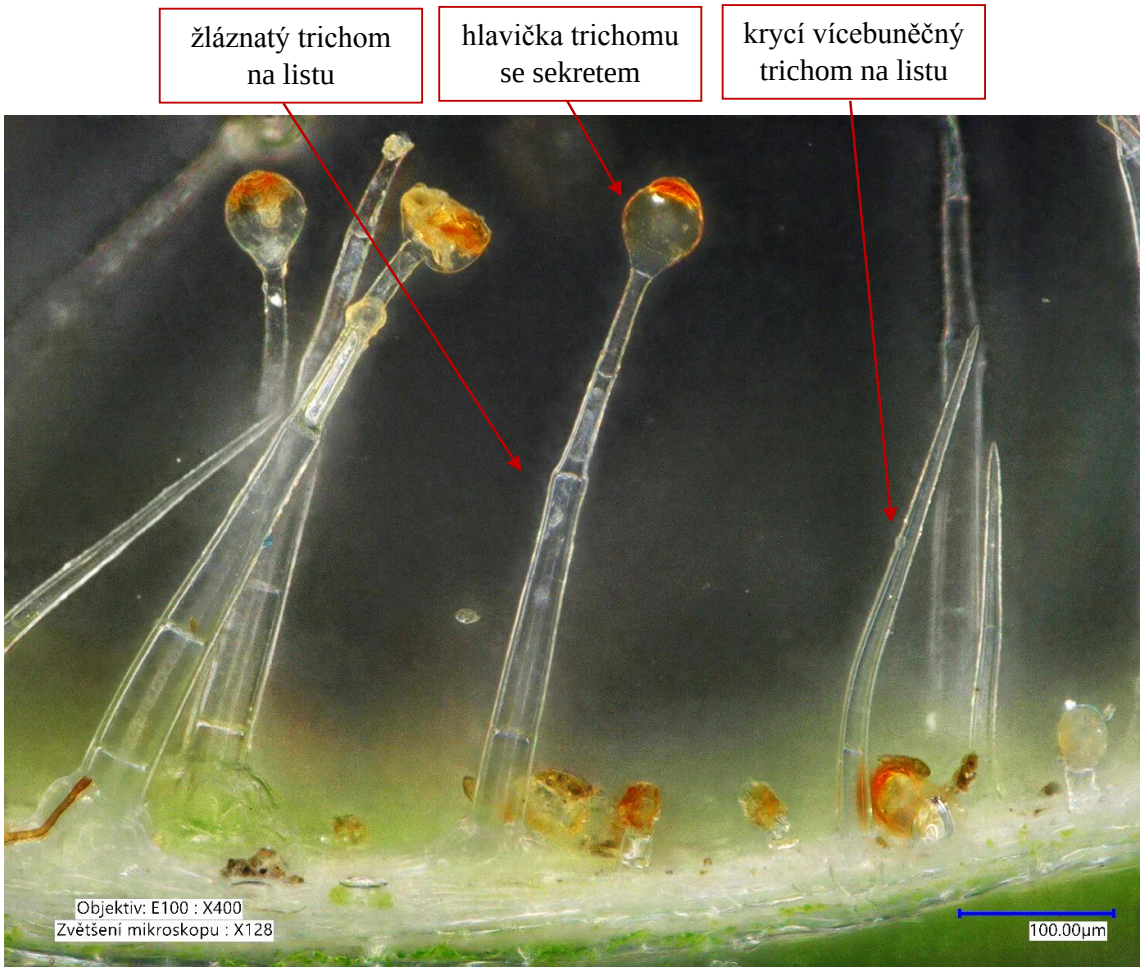
krycí vícebuněčný svazčitý trichom na listu

listová žilnatina

listová čepel

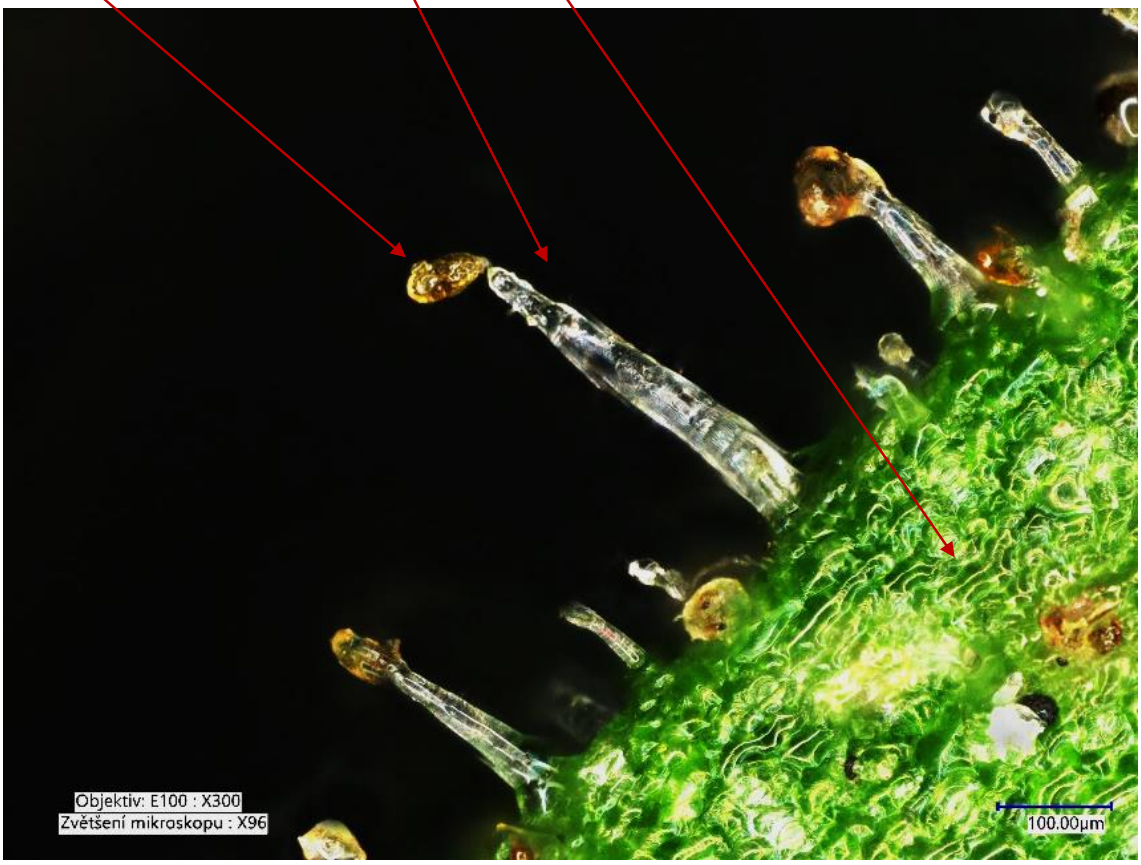
3.19 Pelargonie štítnatá (*Pelargonium peltatum*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	kakostotvaré (*Geraniales*)
Čeleď:	kakostovité (*Geraniaceae*)
Rod:	pelargonie (*Pelargonium*)



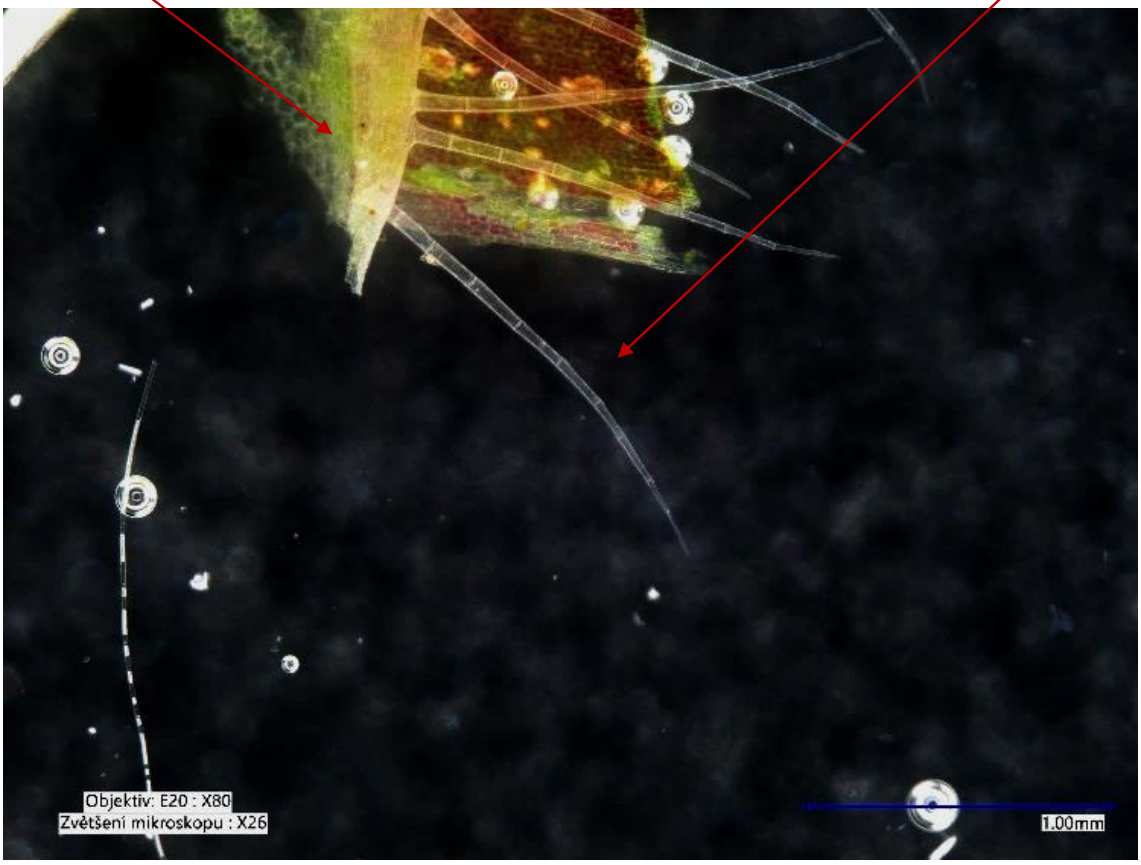
3.20 Petúnie zahradní (*Petunia* × *atkinsiana*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	lilkotvaré (*Solanales*)
Čeleď:	lilkovité (*Solanaceae*)
Rod:	petúnie (*Petunia*)



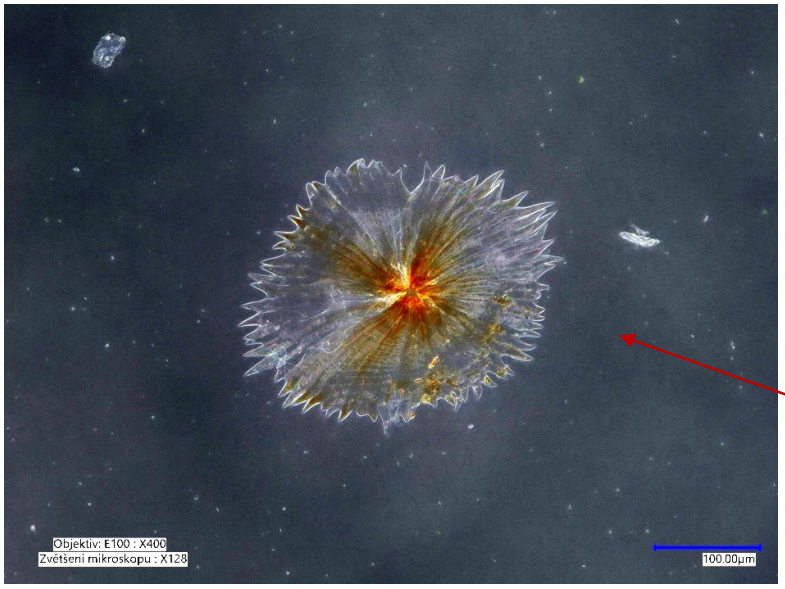
3.21 Popenec obecný (*Glechoma hederacea*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	hluchavkovité (*Lamiaceae*)
Rod:	popenec (*Glechoma*)

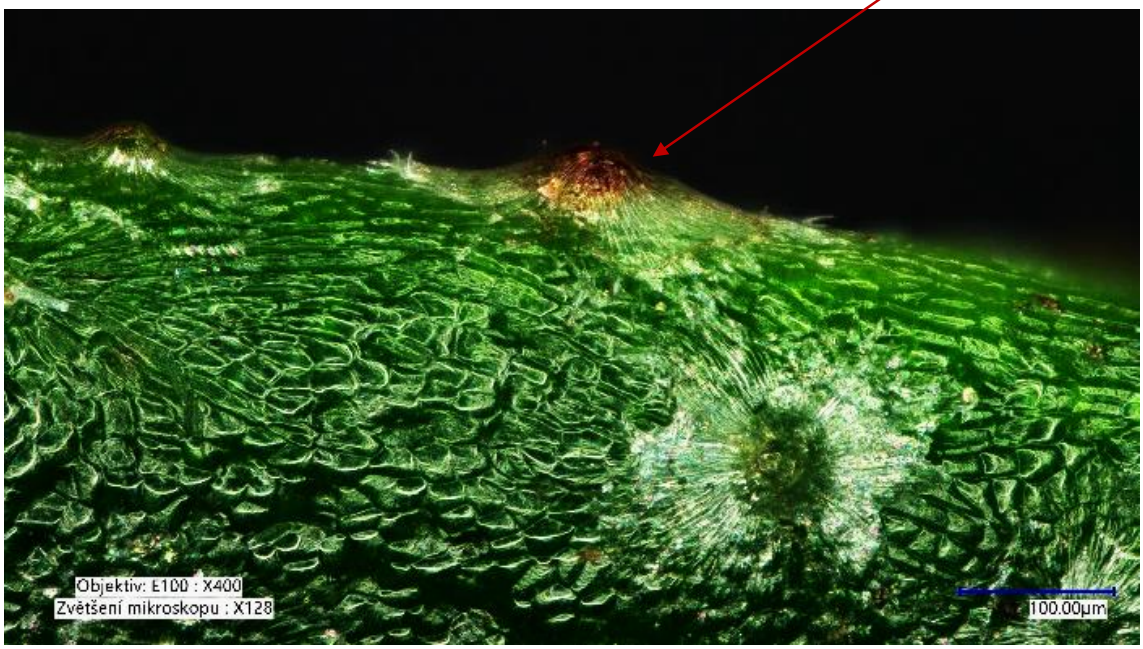


3.22 Rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	růžotvaré (*Rosales*)
Čeleď:	hlošinovité (*Elaeagnaceae*)
Rod:	rakytník (*Hippophae*)

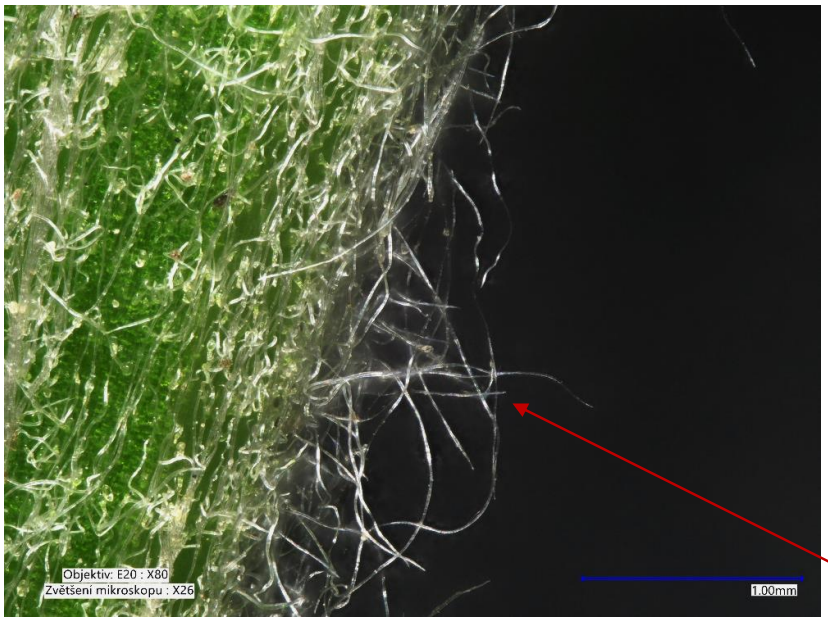


krycí vícebuněčný hvězdovitý trichom na listu



3.23 Řebříček obecný (*Achillea millefolium*)

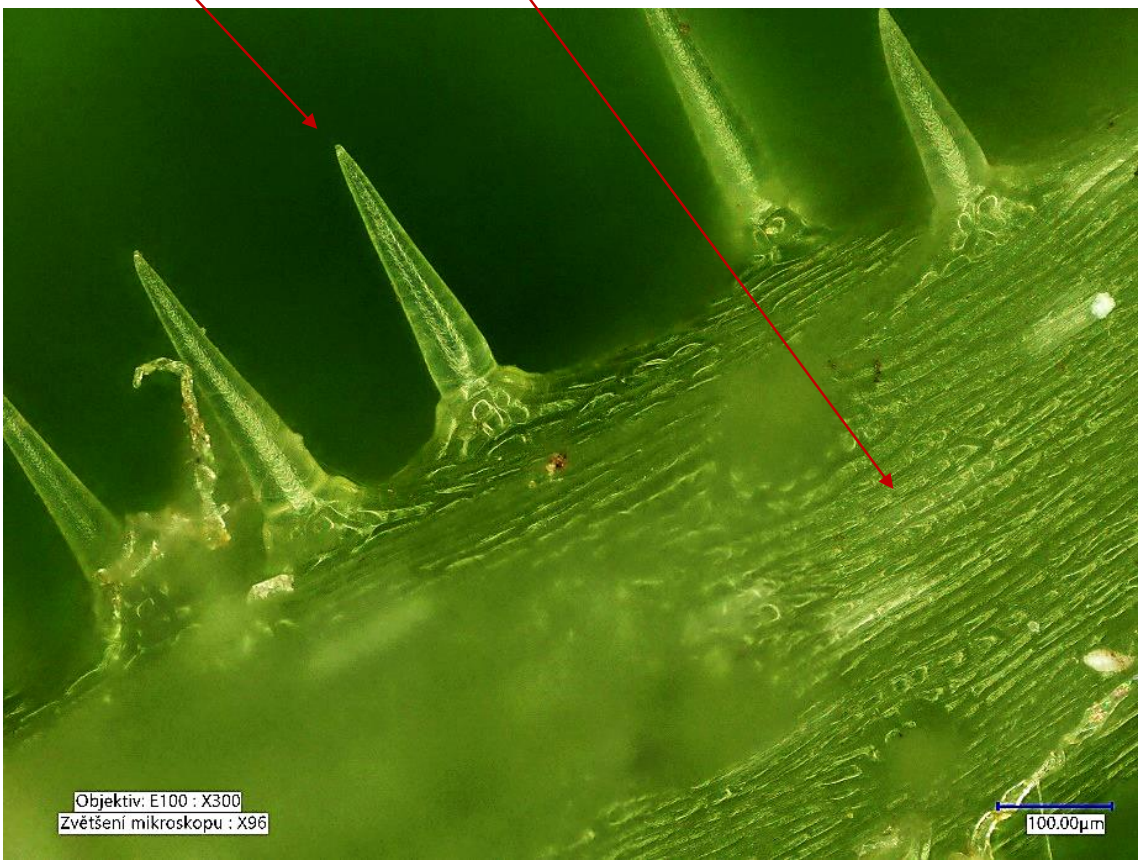
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hvězdnicotvaré (*Asterales*)
Čeleď:	hvězdnicovité (*Asteraceae*)
Rod:	řebříček (*Achillea*)



jednobuněčné nevětvené krycí trichomy

3.24 Réva vinná (*Vitis vinifera*)

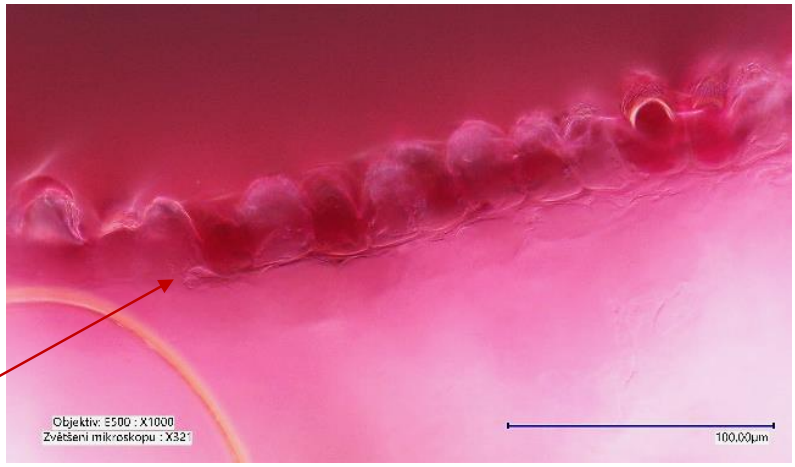
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	révotvaré (*Vitales*)
Čeleď:	révovité (*Vitaceae*)
Rod:	réva (*Vitis*)

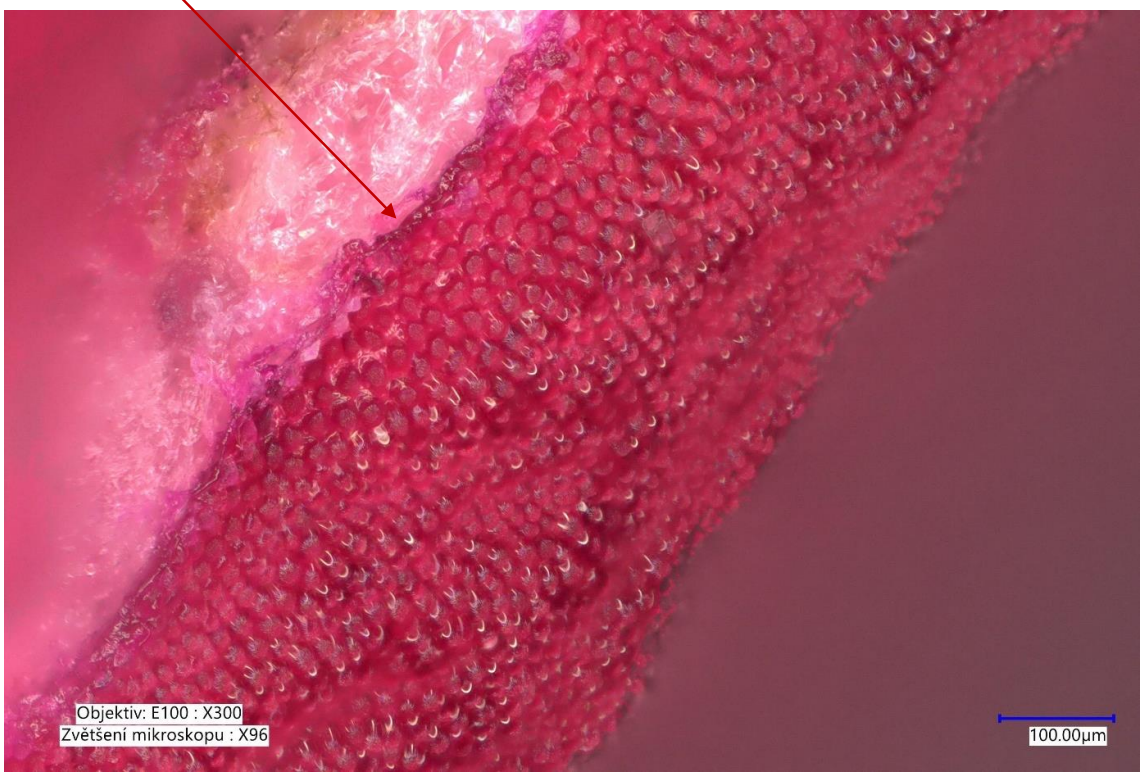


3.25 Růže šípková (*Rosa canina*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	růžotvaré (*Rosales*)
Čeleď:	růžovité (*Rosaceae*)
Rod:	růže (*Rosa*)

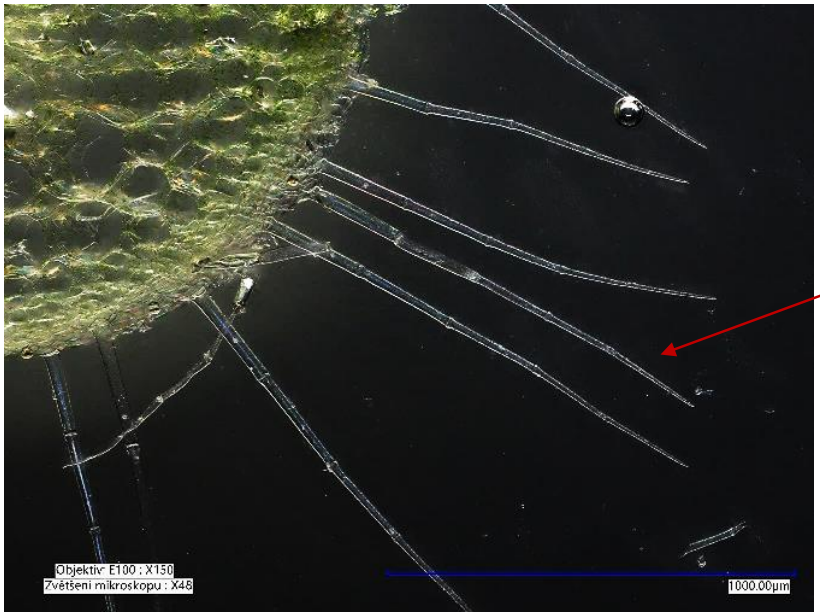
papily – jednobuněčné nevětvené trichomy na květu





3.26 Rýmovník citronový (*Plectranthus amboinicus*)

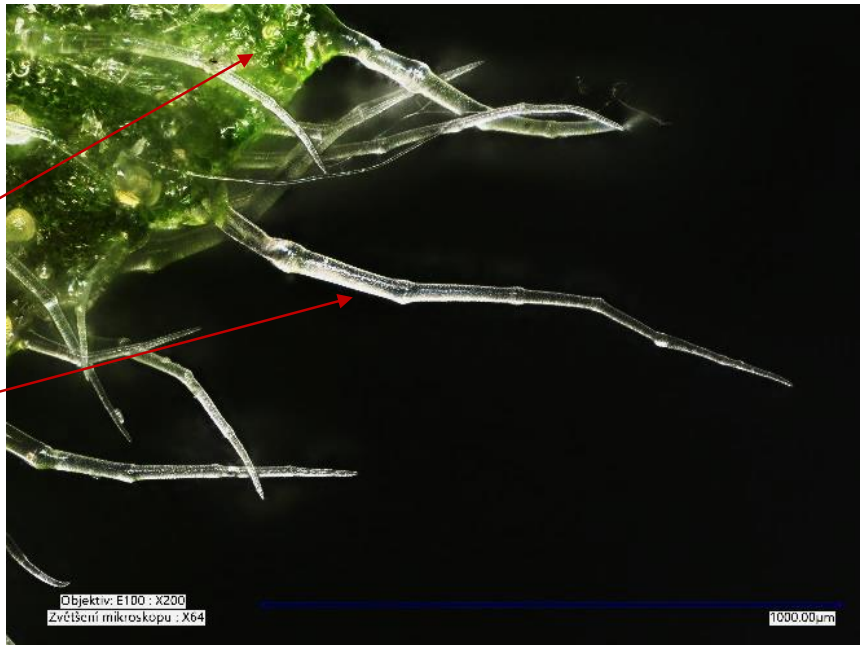
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hluchavkotvaré (*Lamiales*)
Čeleď:	hluchavkovité (*Lamiaceae*)
Rod:	rýmovník (*Plectranthus*)



vícebuněčný krycí trichom na stonku

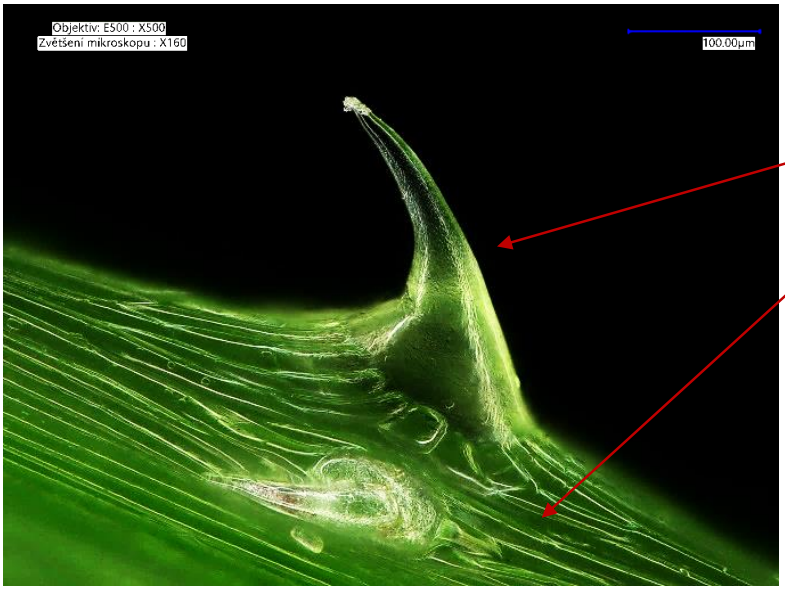
pokožka

vícebuněčný krycí trichom na listu



3.27 Svízel přítula (*Galium aparine*)

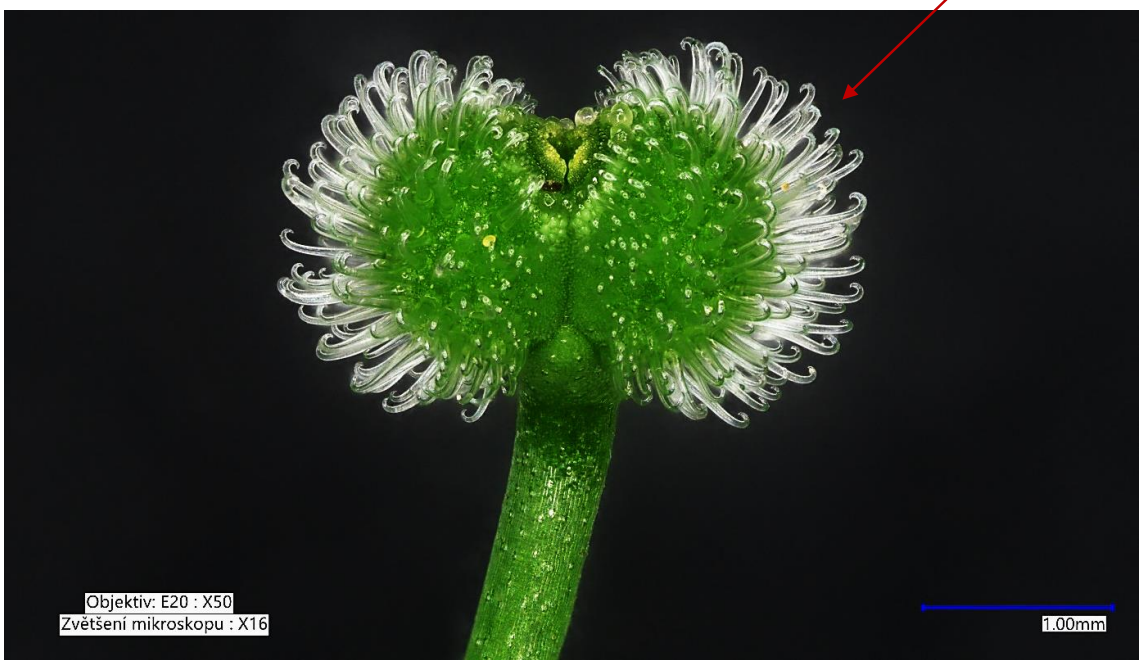
Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	hořcotvaré (*Gentianales*)
Čeleď:	mořenovité (*Rubiaceae*)
Rod:	svízel (*Galium*)



jednobuněčný nevětvený krycí trichom na stonku

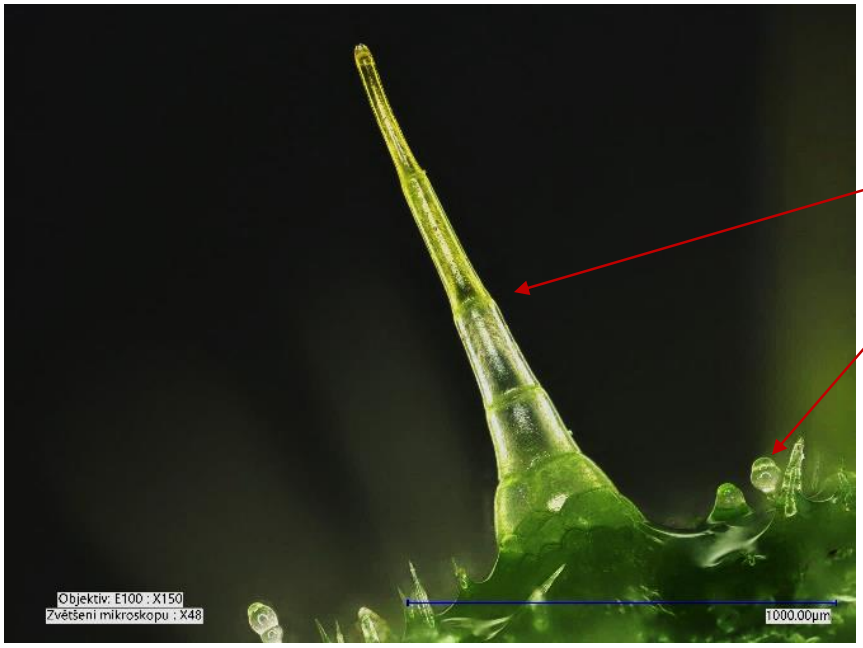
pokožka

jednobuněčné nevětvené háčkovitě zahnuté krycí trichomy na plodu



3.28 Tykev velkoplodá (*Cucurbita maxima*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	tykvotvaré (*Cucurbitales*)
Čeleď:	tykvovité (*Cucurbitaceae*)
Rod:	tykev (*Cucurbita*)



vícebuněčný krycí trichom na stonku

hlavička žláznatého trichomu

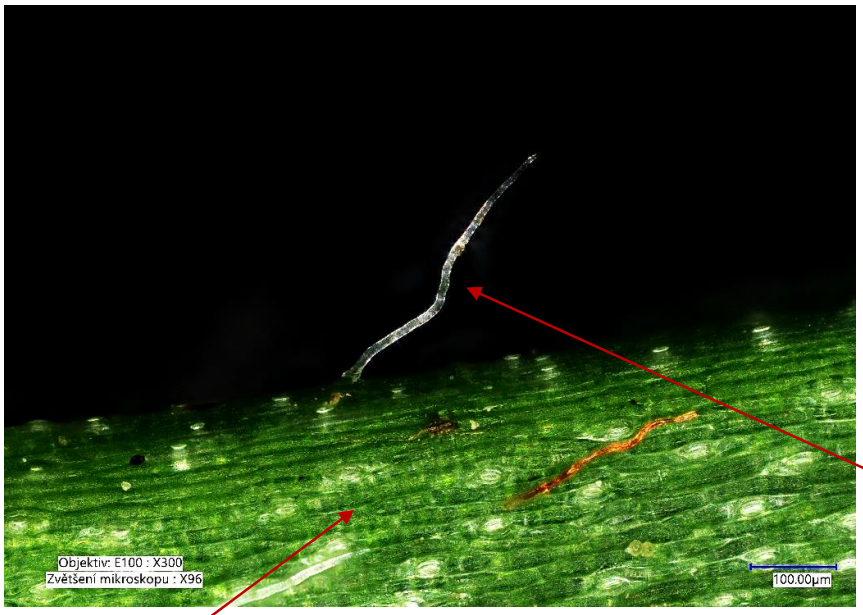
hlavička žláznatého trichomu

žláznatý trichom na stonku

vícebuněčný krycí trichom na stonku

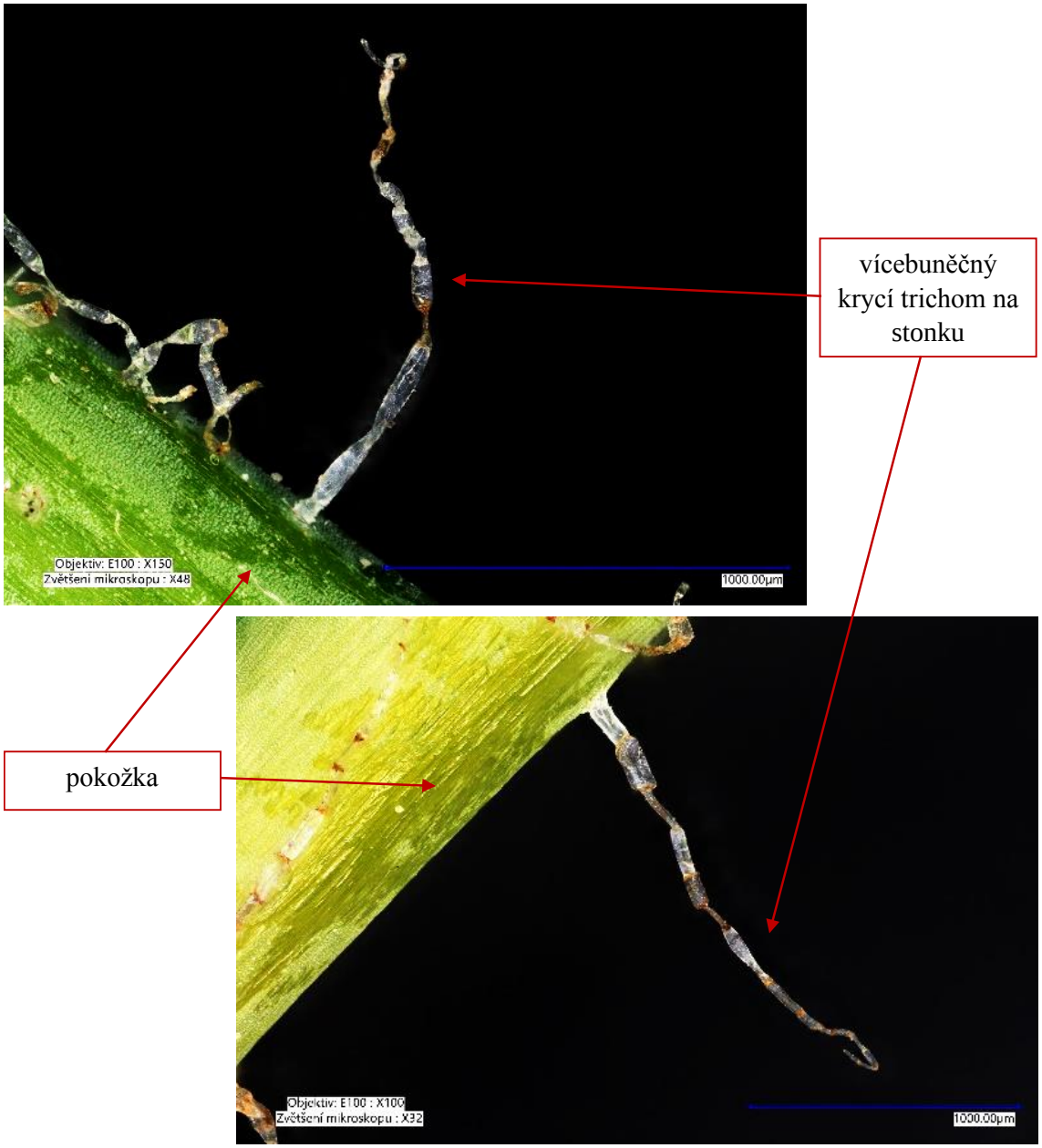
3.29 Vikev setá (*Vicia sativa*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	bobotvaré (*Fabales*)
Čeleď:	bobovité (*Fabaceae*)
Rod:	vikev (*Vicia*)



jednobuněčný nevětvený krycí trichom na úponku

pokožka

3.30 Vlaštovičník větší (*Chelidonium majus*)

Říše:	rostliny (*Plantae*)
Podříše:	cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
Oddělení:	krytosemenné (*Mangoliophyta*)
Třída:	vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)
Řád:	pryskyřníkotvaré (*Ranunculales*)
Čeleď:	makovité (*Papaveraceae*)
Rod:	vlaštovičník (*Chelidonium*)