

Ontogenéza slnečnice ročnej na praktických cvičeniach z biológie na stredných školách

Svetlana Gáperová, Simona Michalčinová, Ján Gáper

Abstrakt: Cieľom predloženej práce bolo pozorovať a analyzovať zmeny v anatomických štruktúrach slnečnice ročnej (*Helianthus annuus*) počas juvenilnej fázy ontogenézy. Pozorovania svetelným mikroskopom boli uskutočnené v pravidelných časových intervaloch tak, aby boli zachytené zmeny v štruktúre koreňa, stonky a listu. Fotografie znázorňujú anatomické štruktúry realisticky a tak nahrádzajú tradičné učebnicové ilustrácie. Navyše, anatomické štruktúry sú fotograficky dokumentované tak, ako ich môže pozorovať študent strednej školy. Na základe výsledkov vlastných pozorovaní navrhujeme niekoľko laboratórnych úloh pre výučbu botaniky na stredných školách, prevažne na gymnáziách.

Kľúčová slova: anatómia rastlín, slnečnica ročná, etapy ontogenézy, praktické úlohy.

Abstract: The aim of our work was to observe and analyse anatomical changes in the vegetative organs of Annual Sunflower (*Helianthus annuus*) during the juvenile phase in the ontogenesis. Light microscopic observations were regularly carried out to record the presence of changes induced in the anatomical structure of the root, the stem, and the leaf. The photographs depict anatomic structures with a realism unmatched by illustrations in traditional school-books. Moreover, the photographs which you find throughout this education contribution are good examples of the kinds of documentation the students of grammar schools can make during their study. Based on our observations, the botanical practical activities for grammar schools are proposed.

Key words: plant anatomy, Annual Sunflower, phases in ontogenesis, practical activities.

GÁPEROVÁ, S., MICHALČINOVÁ, S., GÁPER, J. 2013. Ontogenéza slnečnice ročnej na praktických cvičeniach z biológie na stredných školách. *Arnica*, 1–2, 31–41. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISSN 1804-8366. Rukopis došiel 15. června 2013; byl přijat po recenzi 11. prosince 2013.

Svetlana Gáperová, Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela, Tajovského 40, Banská Bystrica, 974 01, Slovenská republika; e-mail: Svetlana.Gaperova@umb.sk

Simona Michalčinová, Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela, Tajovského 40, Banská Bystrica, 974 01, Slovenská republika; e-mail: Simona.Michalcinova@umb.sk

Ján Gáper, Katedra biológie a ekológie, Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, Chittussiho 10, Ostrava, 701 00, Česká republika; e-mail: jan.gaper@osu.cz • Katedra biológie a všeobecnej ekológie, Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity, Masarykova 24, Zvolen, 960 01, Slovenská republika; e-mail: jan.gaper@tuzvo.sk

Úvod

Individuálny vývin rastlinného jedinca (ontogenéza) začína embryom, pokračuje vyklíčením semien, rastom, diferenciáciou reprodukčných orgánov, produkciou semien a plodov a končí odumretím organizmu. V týchto jednotlivých štádiách vývinu dochádza aj k štruktúrnym zmenám v anatómii rastlinných orgánov. V rastlinnej ontogenéze rozlišujeme štyri etapy, ktoré sú odlišné charakteristickými anatomickými a morfológickými znakmi, a to embryonálnu, juvenilnú (vegetatívnu), reprodukčnú a senescenčnú (Masarovičová et al. 2002). Embryonálna etapa predstavuje obdobie od vzniku zygoty po sformovanie embrya, prebieha obvykle počas optimálnych klimatických podmienok a je minimálne závislá na vonkajších faktoroch prostredia. Juvenilná etapa začína klíčením semien. V tejto etape rastlina nie je schopná prejsť do reprodukčnej fázy. Jej dĺžka je riadená vnútornými mechanizmami (Remy et al. [s.a.]). Do reprodukčnej etapy sa rastlina dostáva

autonómne a pod vplyvom vonkajších činiteľov. Zahŕňa iniciáciu kvetu, jeho vývin a proces oplodnenia, pričom vznik zygoty zahajuje nový cyklus individuálneho vývinu. Senescenčná etapa predstavuje postupný zánik organizmu s výraznou vnútornou reguláciou. Prejavy starnutia rastliny sa začínajú za podmienok optimálnych pre vývin rastliny (Procházka et al. 1998).

Ontogenéza koreňa. Koreň rastie činnosťou meristemových buniek, ktoré sú uložené na jeho vegetačnom vrchole. Rast koreňa je typicky vrcholový a vo svojej pôvodnej podobe je morfológicky obmedzený. Určitá periodicita je vyvolaná zmenami vonkajších teplôt (Košťál et al. 1998). Na vrcholovej časti koreňa môžeme rozlíšiť tri pásma: embryonálne pásmo tvorby buniek, je veľmi citlivé a chránené koreňovou čiapočkou; predlžovacie, kde sa bunky predlžujú zväčšovaním svojho objemu; diferenciačné, kde dochádza k diferenciacii

buniek na jednotlivé trvalé pletivá. Najskôr sa diferencujú za embryonálnou zónou promeristému: dermatogén, periblém a pleróm, z ktorých sa časom vytvára v diferenciálnej zóne z dermatogénu pokožka, z periblému primárna kôra a z plerómu stredný valec. Súčasne v tomto pásme dochádza i k zväčšovaniu buniek, hlavne v smere predlžovacej osi, čím dochádza aj k predlžovaniu koreňa. Za diferenciálnou zónou sa začínajú tvoriť bočné korene (Gáperová a Roth 2007). V miestach, kde vo vnútri koreňa dozrievajú vodivé pletivá začínajú z niektorých pokožkových buniek vyrastať koreňové vlásky, ktoré majú apikálny typ rastu a zväčšujú celkový povrch koreňa (Votrubová 2001).

Ontogenéza stonky. Stonky môžu rásť a obnovovať sa len v úsekoch s tenkostennými a relatívne nediferencovanými embryonálnymi bunkami, t. j. v meristémoch, kde prebieha intenzívne delenie, pri ktorom vznikajú nové bunky. Meristémy sú dosť presne lokalizované. Dlhý a často neobmedzený rast rastlín do dĺžky je takto kontrolovaný aktivitou meristémov na ich vrchole. Činnosťou týchto meristémov sa postupne akropetálne zakladajú nové a nové články – vrcholový rast. Jednotlivé články si zvyčajne na určitý čas zachovávajú meristemický charakter po celej dĺžke a rovnomerne sa predlžujú. To je lineárny rast. Najintenzívnejšie stonky rastú v predlžovacom pásme, ktoré je často totožné s diferenciálnym. Súčasne s rastom dozrievajú a definitívne sa vydiferencujú všetky pletivá. Terminálne sú vo vegetačnom vrchole umiestnené tenkostenné bunky (iniciály) a spolu s ich najmladšími derivátmi vytvárajú pásmo, ktoré sa nazýva iniciálne pásmo. Bezprostredne za ním susedí determinačné pásmo, pásmo organogenézy. V ňom sa rozhoduje o stavbe budúceho výhonku, o jeho členení na listy a bočné výhonky a o diferenciácii pletív (Bobák et al. 1992). Determinačné pásmo prechádza plynule do diferenciálneho pásma – pásma histogenézy, kde sú diferencované anatomicky zreteľné skupiny buniek, ktoré vznikli zvláštnym delením v determinačnom pásme. Sú to tunika a korpus. Z tuniky sa diferencuje pokožka a exoderma primárnej kôry, z korpusu mezoderma, endoderma a stredný valec (Gáperová a Roth 2007).

Ontogenéza listu. Listy sa ontogeneticky zakladajú ako listové primordiá na vegetačnom vrchole. Vývin listu z listového základu je podmienený činnosťou meristémov trojakého typu – apikálneho, marginálneho a bazálneho. Rôzny tvar listov súvisí s rôznou aktivitou týchto meristémov. Vrcholový rast podmieňuje predlžovanie listového základu, dlho trvá len pri papradňorastoch. Pri nahosemenných a krytosemenných rastlinách sa skôr alebo neskôr zastavuje. Úzky tvar listu ihličnanov je určený obmedzenou funkciou marginálneho meristému

(Bobák et al. 1992). Vnútna stavba listu je v podstate jednoduchá, môže sa meniť v súvislosti s jeho funkciou a pôsobením vonkajších činiteľov. Asimilujúci list tvorí prevažne parenchymatické pletivo – mezofyl, v ktorom sú cievné zväzky a po oboch stranách ho pokrýva pokožka. Anatomická stavba nie je pri listoch všetkých typov rovnaká, ale sa môže viac či menej líšiť. Určité odlišnosti sú medzi bifaciálnym a monofaciálnym listom. Odchýlky od všeobecnej anatomickej stavby majú aj listy tráv a ihlice niektorých nahosemenných rastlín (Gáperová a Roth 2007).

Uplatnenie poznatkov z pozorovania anatomických štruktúr v ontogenéze slnečnice ročnej vo výchovno-vzdelávacom procese

Predkladaný príspevok je zameraný predovšetkým na priebeh vegetatívnej etapy ontogenézy slnečnice ročnej (*Helianthus annuus*). Predstavuje návrh praktických úloh v rámci dlhodobého pozorovania zmien v anatómii jej rastlinných orgánov. Uvedené praktické úlohy sú využiteľné na praktických cvičeniach z biológie na stredných školách, prevažne na gymnáziách.

Učebný predmet biológia na stredných školách v Slovenskej republike poskytuje v rámci Štátneho vzdelávacieho programu stredoškolského vzdelávania (ISCED 3A) základný systém poznatkov o živej prírode, ako predpokladu formovania prírodovednej gramotnosti (Kolektív 2009). Poznanie zákonov, ktorými sa riadi živá príroda, je základom pre pochopenie jej fungovania ako celku a je dôležité pre formovanie citlivého vzťahu k nej. Praktické cvičenia umožňujú žiakom v praxi overiť nadobudnuté teoretické poznatky rôznymi formami, od klasických laboratórnych prác s prírodninami až po prácu s informáciami prostredníctvom IKT. Nami navrhované úlohy z anatómie rastlinných orgánov počas ontogenézy slnečnice ročnej (*Helianthus annuus*) nadväzujú na učivo z anatómie a ontogenézy rastlín, ktoré je podľa Štátneho vzdelávacieho programu pre vzdelávací stupeň ISCED 3A zaradené do výučby v druhom ročníku strednej školy – gymnázia. Konkrétne v rámci tematického celku „Stavba a organizácia tela živých organizmov“, v podcelku „Stavba rastlinného tela – cievnaté rastliny“ a v rámci tematického celku „Životné prejavy organizmov“, v podcelku „Rozmnožovanie, rast a vývin – ontogenéza“. V rámci vzdelávacieho štandardu je na tieto dva tematické celky určených 22 hodín praktických cvičení, do ktorých je nutné zahrnúť aj iné úlohy, a preto nie je možné pozorovať ontogenézu rastliny v reálnom čase. Úlohou učiteľa je preto pripraviť na každé z praktických cvičení úlohy tak, aby študent v čo najkratšom čase získal prehľad o zmenách v anatomických štruktúrach pozorovanej rastliny v základných etapách vegetatívnej fázy ontogenézy.

Materiál a metódy

Celkovo 60 ks semien slnečnice ročnej (dodáva SEMEX Dunajská Streda) sme vysiali 17. apríla 2010 do 10 kvetináčov veľkosti 50 × 30 × 20 cm v Laboratóriu štruktúrnej botaniky Fakulty prírodných vied UMB v Banskej Bystrici. Boli vystavené relatívne stálym svetelným (na okne) a teplotným (20–26°C) podmienkam, v závislosti od podmienok vonkajšieho prostredia. Rastliny boli pestované v substráte pre kvitnúce rastliny a boli jedenkrát denne zavlažované. Mikroskopické pozorovania sme uskutočňovali 2–3 krát týždenne a v období, keď sme zo šiestich preparátov aspoň v štyroch zaznamenali výrazné zmeny, podrobne sme ich popísali. Bolo to:

- 16. deň po výseve sme pozorovali klíčiaci výhonok, primárnu stavbu koreňa a hypokotylu
- 31. deň po výseve sme pozorovali primárnu stavbu koreňa, primárnu stavbu stonky, pokožku s prieduchmi a trichómami
- 45. deň po výseve sme pozorovali primárnu stavbu koreňa a stonky, anatomickú stavbu listu, listovú žilnatinu a pokožku s prieduchmi a trichómami
- 59. deň po výseve sme zaznamenali ukončenie juvenilnej fázy a vyhodnotili sme zmeny v anatomických štruktúrach vegetatívnych orgánov slnečnice ročnej počas ontogenézy.

Prípravené natívne preparáty sme pozorovali v svetelnom mikroskope KAPPA 2000 a výsledky sme zaznamenávali digitálnym fotoaparátom SONY Cyber-shot DSC-W115 a kamerou MOTICAM 2000. Pri pozorovaniach sme používali bežné mikroskopické potreby (podložné a krycie sklíčka), preparačnú súpravu (pinzeta, nožnice, skalpel, žiletka, pipeta, lupa, preparačná ihla) a chemikálie, ktoré bližšie uvádzame pri konkrétnej úlohe.

Pozorovanie anatomických štruktúr slnečnice ročnej

Koreň (*radix*): primárnu stavbu sme pozorovali na priečnom reze, na farbenie drevnej časti cievnych zväzkov sme použili metódu farbenia 2% -ným

floroglucinolom v 96% alkohole a fixovania v 25% HCl (Gáperová a Roth 2007).

Stonka (*cauloma*): na priečnom reze stonkou sme pozorovali primárnu stavbu. Pokožku pre mikroskopický preparát sme získali mikroreliefovou odtlačkovou metódou. Na odtlačku sme pozorovali štruktúru pokožky a aj jej deriváty (Votrubová a Soukup 2006). Tak, ako pri koreni, aj tu sme farbili xylém cievnych zväzkov pomocou 2% floroglucinolu v 96% alkohole a fixovali 25% HCl.

List (*phylloma*): stavbu bifaciálneho listu sme pozorovali na priečnom reze v strednej časti asimilačného listu. Listovú žilnatinu sme pozorovali na priečnom reze hlavnej žily. Pokožku na mikroskopický preparát sme získali mikroreliefovou odtlačkovou metódou alebo stiahnutím pokožky pomocou pinzety. Pozorovali sme aj štruktúru prieduchov a trichómov. Na farbenie asimilačného pletiva listu sme nepoužili farbivá, nakoľko chlorofyl v chloroplastoch sfarbuje mezofyl do zelena (Baláž 2005).

Výsledky pozorovaní (6 preparátov z každej anatomickej štruktúry) sme vyhodnotili popisne. Analyzovali sme všetky fázy juvenilnej etapy ontogenézy v rámci jednej anatomickej štruktúry. Fotodokumentáciu vo formáte „.jpg“ sme upravovali v programe Adobe Photoshop CS4 Extended, verzia 11.0.2008.

Výsledky pozorovaní sme použili k tvorbe úloh Z našich pozorovaní sme vybrali úlohy na laboratórne cvičenia z biológie tak, aby ich zvládli aj študenti gymnázia. Použili sme najvýstižnejšie úlohy, v ktorých študenti môžu pozorovať všetky základné anatomické štruktúry vegetatívnych orgánov slnečnice ročnej. Predtým ako študent začne pripravovať mikroskopické preparáty a realizovať úlohy z rastlinnej anatómie je potrebné, aby si zopakoval základnú anatomicкую terminológiu, ktorú uvádzame v tab. 1. vypracovanej podľa Futáka a spoluautorov (Futák et al. 1966), Huberta (Hubert 2001), Kuna a Košťála (Kuna a Košťál 2006) a Gáperovej a Rotha (Gáperová a Roth 2007).

Slovenské pomenovanie	Vedecké pomenovanie	Charakteristika termínu
bifaciálny	<i>bifacialis</i>	Dorziventrálny orgán, plošný s obidvoma stranami nerovnakými (napr. list má líce a rub).
bilaterálny cievny zväzok	<i>fasciculus bicolateralis</i>	Druh cievneho zväzku, ktorý má floém vytvorený na vonkajšej i vnútornej strane xylému.
bočný koreň	<i>radix secundaria</i>	Konár hlavného koreňa, rastúci väčšinou šikmo dolu alebo vodorovne.
Casparyho pásik	<i>linea Casparyi</i>	Skorkovatený prúžok na štyroch stenách buniek endodermu v mladých koreňoch.
cievny zväzok	<i>fasciculus vasorum</i>	Súbor buniek vodivého pletiva.
deuterofloém	<i>deuterofloëma</i>	Druhotné lyko vznikajúce z kambia, tvorené sitkovicami dospelých cievnych zväzkov.
deuteroxylém	<i>deuteroxylëma</i>	Druhotné drevo vznikajúce z kambia, tvorené cievami a cievcami.

endoderma	<i>endodermis</i>	Vnútná vrstva primárnej kôry, tvorená bunkami, ktorých kutinizácia je neúplná a na bunkových stenách sú prítomné Casparyho pásiky.
epiderma	<i>epidermis</i>	Pokožka stonky, jednovrstvová, z tesne k sebe priliehajúcich buniek.
epikotyl	<i>epicotylus</i>	Prvý stonkový nadklíčnolistový článok.
feloderm, zelená kôra	<i>pheloderma</i>	Vnútná vrstva peridermu, tvorená živými bunkami s bohatým obsahom chloroplastov. Vzniká centripetálnou činnosťou felogénu.
felogén	<i>phellogenium</i>	Druhový meristém, ktorý vzniká v hrubnúcich stonkách. Felogén oddeľuje centrifugálne bunky felému a centripetálne bunky felodermu.
floém, lyko	<i>phloëma</i>	Lyková časť cievného zväzku, zložená zo sitkových parenchýmu a sklerenchymatických vlákien.
hlavný koreň	<i>radix primaria</i>	Najväčší, najhrubší, často i najdlhší koreň semenných rastlín, vyvíjajúci sa pozitívne geotropicky, ako pokračovanie radikuly.
hypoderma, podpokožka	<i>hypodermis</i>	Vonkajšia vrstva koreňovej primárnej kôry, ktorá po odumretí rizodermy tvorí ochranné pletivo.
hypokotyl	<i>hypocotylus</i>	Prvý stonkový článok na kľúčiacej rastlinke. Na báze prechádza do korenia a na apikálnom konci má jeden alebo dva kľúčne listy.
kambium	<i>cambium</i>	Druhový meristém, rozložený v koreni hviezdovitě medzi xylómom a floémom. Svojou delivou činnosťou sa vyrovnáva u stonky do valcovitého tvaru.
klíčne listy	<i>cotyledones</i>	Prvé lístky, ktoré nesie hypokotyl.
kolaterálny, jednobočný cievný zväzok	<i>fasciculus collateralis</i>	Druh cievného zväzku zloženého z xylému a floému, ktoré ležia vedľa seba na jednom lúči v stonke, alebo ležia nad sebou v zvislej rovine v liste. U nahosemenných a dvojkličnolistových rastlín sú väčšinou usporiadané v kruhu a u jednokličnolistových sú roztrúsené v pletive stonky.
kolenchým	<i>collenchyma</i>	Pletivo s nerovnomerne zhrubnutými bunkovými stenami živých buniek.
koncentrický cievný zväzok	<i>fasciculus concentricus</i>	Obidve zložky cievného zväzku sú usporiadané tak, že jedna leží v strede druhej, ktorá prvú obklopuje.
koreňová čiapočka	<i>calyptra</i>	Vrstva ochranného pletiva na rastovom vrchole koreňa, ktorá chráni apikálny meristém.
koreň	<i>radix</i>	Orgán vyšších rastlín, vo svojej pôvodnej funkcii upevňuje rastlinu v pôde a čerpá z pôdy vodu a v nej rozpustené minerálne látky.
koreňový vlások	<i>pili radicales</i>	Trichómové vychlípenie pokožkových buniek koreňa – trichoblastov.
korok, felém	<i>phellema</i>	Periférna časť peridermu, ktorá vzniká činnosťou druhotného meristému felogénu.
korpus	<i>corpus</i>	Vnútný primárny meristém v rastovom vrchole, nachádzajúci sa pod tunikou.
list	<i>folium</i>	Lupeňovitý trofobylý orgán cievnatých rastlín fylozomového pôvodu.
metafloém	<i>metaphloëma</i>	Prvotné lyko vznikajúce v mladých stonkách a koreňoch po skončení predlžovacieho rastu alebo počas diferenciácie pletív.
metaxylém	<i>metaxylema</i>	Prvotný xylém vznikajúci po skončení predlžovacieho rastu alebo počas diferenciácie pletív.
mezoderm	<i>mesoderma</i>	Stredná vrstva primárnej kôry koreňa a stonky, zložená z parenchýmu s veľkými intercelulármi.
mezokotyl	<i>mesocotylus</i>	Stonkový článok medzi kľúčnym listom a inzerciou kľúčnych listov.
mezofyl	<i>mesophylum</i>	Základné pletivo listu, tvorené parenchýmom, obyčajne s bohatým obsahom chlorofylu. Na adaxiálnej strane bifaciálneho listu je palisádové pletivo, na abaxiálnej strane listu je hubové pletivo.
parenchým	<i>parenchyma</i>	Pletivo z tenkostenných živých buniek, tvorí prevažne mladé časti orgánov, stržeň a zásobné pletivá. Môže, ale nemusí mať interceluláry.
pericykel	<i>pericyclus</i>	Jednovrstvová pošva cievných zväzkov, ležiaca tesne na periférii cievných zväzkov.
periderm	<i>periderma</i>	Mnovrstvové ochranné pletivo pokrývajúce povrch stonky u druhotne hrubnúcich rastlín.
pokožka, rizoderma	<i>rhizodermis</i>	Jednovrstvové, zriedka viacvrstvové krycie pletivo primárneho koreňa, ktoré vzniklo diferenciáciou dermatogénu., zložené je z bezfarebných buniek, bez kutikuly, bez prieduchov.

predĺžovacia zóna koreňa	<i>radicis zona prolongationis</i>	Časť koreňa tvorená primárnymi meristémami, v ktorej sa koreň predlžuje.
prokambium	<i>procambium</i>	Primárne pletivo vznikajúce z buniek základného meristému a oddeľujúce elementy protoxylému a protofloému.
protofloém	<i>protophloës</i>	Pôvodné lyko vznikajúce počas predĺžovacieho rastu orgánu.
protoxylém	<i>protoxylema</i>	Pôvodný xylém vznikajúci počas predĺžovacieho rastu u koreňa z plerómu, u stonky z korpusu.
prvotná , primárna kôra	<i>cortex primarius</i>	Parenchymatické pletivo vyplňujúce priestor medzi pokožkou a cievnymi zväzkami.
radiálny cievny zväzok	<i>fasciculus radialis</i>	Typ cievneho zväzku s xylómom a floémom, usporiadaným do kruhu podľa radiálnej symetrie.
sklerenchým	<i>sclerenchyma</i>	Pletivo z hrubostenných mŕtvych buniek, ktorých hlavnou funkciou je mechanická opora.
stonka	<i>cauloma</i>	Jeden zo základných vegetatívnych orgánov rastlín, vyvíjajúca sa z terminálneho pletiva embrya.
stredný valec, stéla	<i>stele</i>	Cievne zväzky v rastlinných orgánoch, majúce charakteristické usporiadanie vodivých pletív.
stržeň	<i>medulla</i>	Pletivo, pôvodne parenchymatické často druhotne aj so sklerenchymatickými a kolenchymatickými povrazcami. Leží medzi cievnymi zväzkami alebo vo vnútri cievnych zväzkov.
trichóm	<i>trichoma</i>	Jednobunkový alebo viacbunkový výrastok pokožky, na ktorého stavbe sa zúčastňujú len epidermálne bunky.
tunika	<i>tunica</i>	Primárny meristém v rastovom vrchole stonky, tvorený 1-4 vrstvami delivých buniek, ktoré antiklinálnym delením dávajú vznik pokožke a periklinálnym delením primárnej kôre.
výhonok	<i>frons</i>	Stonka s listami a pazušnými púčikmi.

Tab. 1. Anatomicko-morfologická terminológia vegetatívnych rastlinných orgánov, spracované podľa Futáka et al. (Futák et al. 1966), Huberta (Hubert 2001), Kunu a Košťála (Kuna a Košťál 2006) a Gáperovej a Rotha (Gáperová a Roth 2007).

Výsledky

Ontogénu rastlinných orgánov vo vegetatívnej (juvenilnej) etape slnečnice ročnej (*Helianthus annuus*) sme spracovali na základe vlastných mikroskopických pozorovaní, ktoré popisujeme a dopĺňame o vlastné obrázky.

Mikroskopické pozorovanie a analýza zmien v anatomických štruktúrach koreňa v priebehu ontogenetického vývinu slnečnice ročnej

Zmeny v anatomickej stavbe koreňa v juvenilnej etape sme pozorovali v čase od 17. apríla do 15. júna 2–3 krát týždenne vždy na 6 preparátoch. Najvýraznejšie zmeny v anatomickej stavbe koreňa sme pozorovali 16., 31., 45. a 59. deň po výseve. Zistili sme, že 16. deň po výseve bol koreňový systém slabo vyvinutý, 31. deň bolo možné pozorovať výrazné zmeny. Na priečnom reze bola viditeľná pokožka a dobre vyvinutá primárna kôra, tvorená parenchymatickými bunkami. Z pericykla, ktorý sa nachádza medzi primárnou kôrou a stredným valcom začali vyrastať bočné korene. Ich iniciácia začína oproti zväzkom xylému. Koreň bol hexarchný, cievne zväzky radiálne so zreteľne vyvinutým xylómom (protoxylém a metaxylém) a floémom (protofloém a metafloém). V stržni sme pozorovali parenchymatické

pletivo, v strede so spevňujúcim kolenchýmom. Ďalšie zmeny sme pozorovali 45. deň po výseve, kedy bolo možné pozorovať všetky typické anatomické štruktúry koreňa dvojkličnolistovej rastliny, a to pokožku, primárnu kôru členenú na exodermu, mezodermu a endodermu, pericykel a stredný valec. Cievny zväzok bol radiálny, usporiadaný v kruhu. Obsahoval šesť dvojíc vodivých elementov, bol hexarchný. Parenchymatické bunky primárnej kôry a stržňa nadobúdali väčší objem. Výrazne boli diferencované bunky pericykla a cievneho zväzku.

Zmeny v anatomických štruktúrach stonky v priebehu ontogenetického vývinu slnečnice ročnej

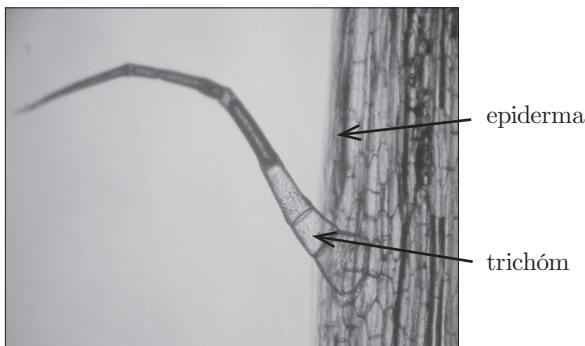
16. deň po výseve pozorujeme hypokotyl s dvomi klíčovými lístkami. Cievne zväzky v hypokotyle boli slabo vydifferentované. Sú kolaterálne, usporiadané v kruhu, pričom drevná časť (primárny xylém) smeruje do stredu (centripetálne). Najprv sa diferencoval protoxylém a protofloém, ktoré sú funkčné len určitý čas. Potom sú nahradené metaxylómom a metafloémom. Primárna kôra nebola zreteľne rozlíšená na exodermu, mezodermu a endodermu. Dominantné zastúpenie mali parenchymatické bunky primárnej kôry a stržňa.

Pericykel oddeľoval primárnu kôru od stredného valca. Nepozorovali sme žiadne sklerenchymatické pletivá, ani trichómy na pokožke. V 31. deň sme pozorovali výraznú diferenciaciu pletivových štruktúr. V primárnej kôre bolo možné rozlíšiť vonkajšiu vrstvu exodermu. Začína sa redukcia primárnej kôry v prospech stredného valca. Parenchymatické bunky primárnej kôry a stržňa výrazne zväčšili svoj objem. Kolaterálne cievne zväzky, oddelené od primárnej kôry pericyklom, mali zreteľne vydifferentovaný xylém a floém. Na pokožke boli početné krycie trichómy (obr. 1). 45. deň primárna kôra bola veľmi jasne rozdelená na jednotlivé vrstvy, ale už podstatne redukovaná, väčšiu časť objemu stonky zaberali vodivé elementy. 59. deň nenastali výraznejšie zmeny. Diferenciácia jednotlivých pletív naďalej prebiehala, bunky viditeľne zväčšovali svoj objem a stonka primárne hrubla. Primárna kôra bola zreteľne redukovaná v prospech vodivých elementov. Cievne zväzky boli kolaterálne, usporiadané do kruhu, pričom xylém smeroval do stredu. Na pokožke sme pozorovali veľký počet krycích a žľaznatých trichómov (obr. 2).

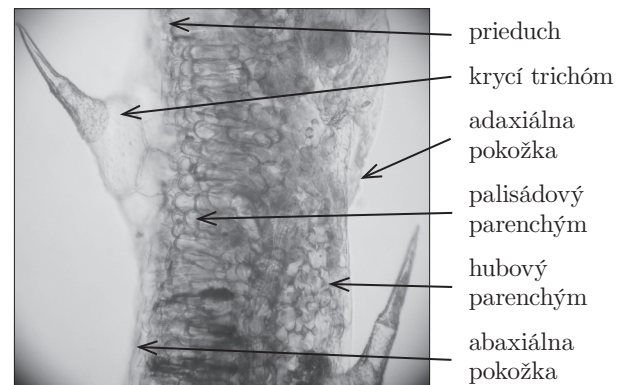
Zmeny v anatomických štruktúrach listu v priebehu ontogenetického vývinu slnečnice ročnej

Kľúčne listy boli založené už 16. deň po výseve. Vnútorňú stavbu tvoril mezofyl, na povrchu bola epiderma, na ktorej sa nenachádzali žiadne trichómy. 31. deň po výseve

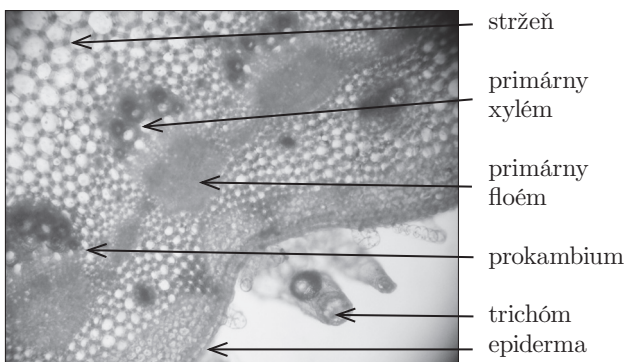
boli založené už asimilačné listy, v ktorých mezofyl sa začal diferencovať na palisádový a hubový parenchým (obr. 3). Listová žilnatina bola dobre vyvinutá na 45. deň. Palisádový parenchým tvorili tesne k sebe priliehajúce bunky s početnými chloroplastami. Hubový parenchým bol tvorený laločnatými bunkami, chudobnejšími na chloroplasty, s väčšími intercelulármi. Epiderma bola rozlíšená na vrchnú – adaxiálnu a spodnú – abaxiálnu. 59. deň po výseve podstatnú časť na pričnom reze tvorí parenchymatické pletivo, v strede pozorujeme trachey xylému, porovnaním z predchádzajúceho popisu bunky zväčšili svoj priemer (obr. 4). Cievne zväzky sú kolaterálne, usporiadané v polkruhu s jednou hlavnou centrálnou žilou a niekoľkými vedľajšími žilami, pričom xylém smeruje k lícnej strane listu. Detailnejšie sme pozorovali pokožku asimilačných listov 31. a 45. deň po výseve. Pozorovali sme prieduchy, nachádzajúce sa na abaxiálnej aj na adaxiálnej strane listov (obr. 5). Z pozorovaní vyplýva, že slnečnica ročná je amfistomatická rastlina. Hustejšie sú prieduchy zastúpené na spodnej strane listov. Na oboch stranách listov sa nachádzajú aj voľným okom viditeľné krycie trichómy, ktoré sa vyskytovali len riedko (obr. 6). Výraznejšie zmeny neboli pozorované. Okrem krycích trichómov bolo možné na listoch pozorovať aj žľaznaté trichómy. Početnosť trichómov a prieduchov bola väčšia na spodnej strane mladších listov.



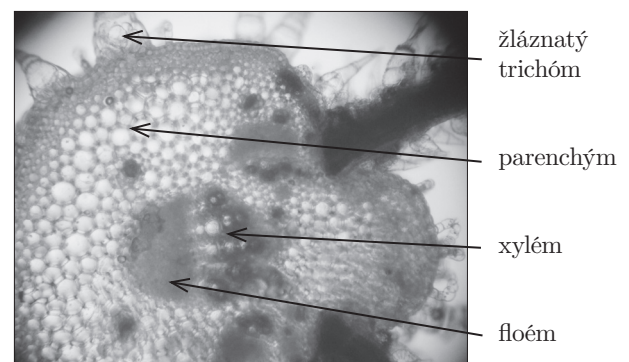
Obr. 1. Pokožka stonky slnečnice ročnej 31. deň po výseve, zv. 100×, foto: Simona Michalčinová, 17. 5. 2010



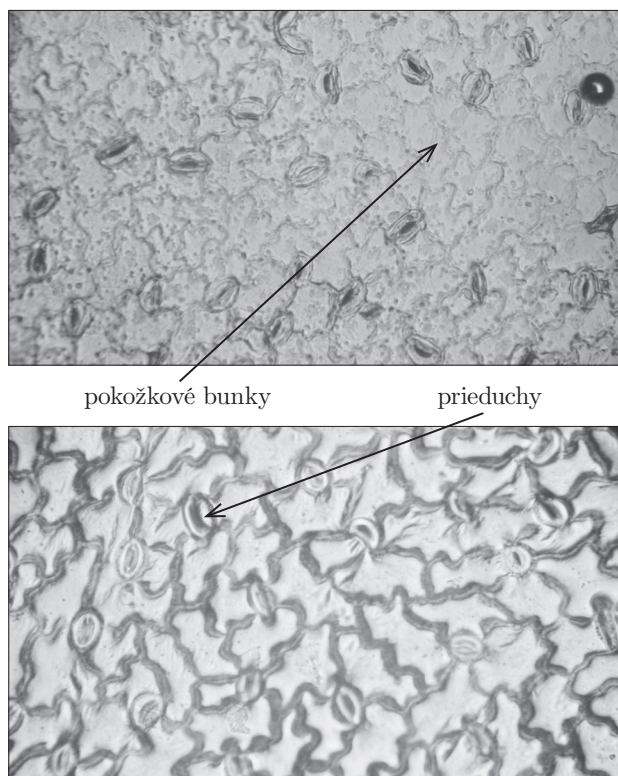
Obr. 3. Pričny rez listom slnečnice ročnej 31. deň po výseve, zv. 200×, foto: Simona Michalčinová, 17. 5. 2010



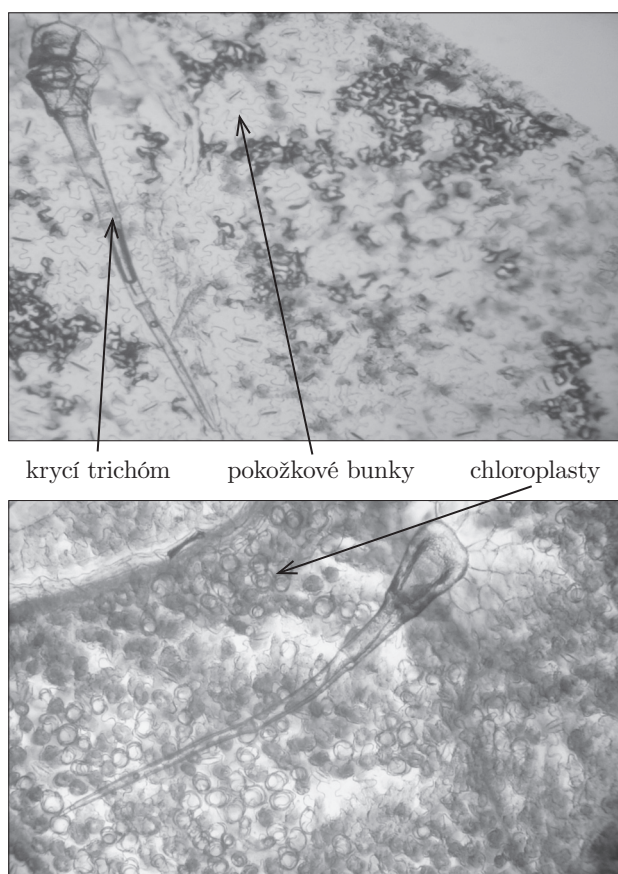
Obr. 2. Pričny rez stonkou slnečnice 59. deň po výseve, zv. 100×, foto: Simona Michalčinová, 14. 6. 2010



Obr. 4. Pričny rez listovou žilnatinou slnečnice ročnej 59. deň po výseve, zv. 100×, foto: Simona Michalčinová, 14. 6. 2010



Obr. 5. Spodná (hore) a vrchná (dole) pokožka listu slnečnice ročnej 31. deň po výseve, zv. 200×, foto: Simona Michalčinová, 17. 5. 2010



Obr. 6. Spodná (hore) a vrchná (dole) pokožka listu slnečnice ročnej 45. deň po výseve, zv. 200×, foto: Simona Michalčinová, 31. 5. 2010

Návrh a realizácia praktických úloh z anatomicke-morfologických pozorovaní vegetatívnych orgánov počas juvenilnej etapy ontogenézy na cvičenia z biológie na stredných školách

Veľmi dôležitou etapou pred vlastnou realizáciou úloh z anatómie vegetatívnych rastlinných orgánov počas juvenilnej fázy ontogenézy je príprava rastlinného materiálu. Učiteľ vyseje semená spolu so študentmi tak, aby študent mohol pozorovať rastlinu 16, 31, 45 a 59 dní po výseve. Prípadne si rastlinný materiál môže pripraviť vopred a fixovať ho vo fixačnom roztoku FAA. Praktické úlohy sú naplánované na štyri dvoj-hodinové vyučovacie hodiny. Počas prvej dvojhodinovej vyučovacej jednotky budú všetci študenti pozorovať klíčiaci výhonok slnečnice ročnej a zopakujú si termíny z anatómie vegetatívnych orgánov rastlín k tejto téme (tab. 1). Témou druhého laboratorného cvičenia bude anatomickeá štruktúra koreňa, tretieho cvičenia anatomickeá štruktúra stonky a štvrtého anatomickeá štruktúra listu. Na záver každá skupina vyhodnotí zmeny v anatomickej stavbe koreňa, stonky a listu vo vegetatívnej etape ontogenézy slnečnice ročnej, ktorá trvá približne 60 dní. Na každom praktickom cvičení, pri každej laboratornej úlohe si stanovíme aj parciálne ciele, ktoré splní každý študent sám a výsledky svojich pozorovaní zakreslí a zapíše do protokolu. V príspevku uvádzame protokoly aj s predpokladanými výsledkami a záverom. Učiteľ si môže tieto zápisy úloh modifikovať podľa vlastnej potreby.

Prvé laboratorné cvičenie

V úvodnej časti oboznámime študentov s terminologickým slovníkom z anatómie vegetatívnych orgánov rastlín (tab. 1) a naučíme sa správne používať národné a vedecké pomenovanie anatomickeých štruktúr klíčiacej rastliny. Ďalej pokračujeme úlohou č. 1, ktorú robí každý študent sám, aby sa naučil správne popisovať pozorované časti klíčiacej rastliny a vedel pripraviť priečne rezy rastlinným orgánom. Výsledky svojich pozorovaní zaznamená študent do protokolu.

Úloha č. 1: Pozorovanie klíčiaceho výhonku slnečnice ročnej

- Cieľ:
- a) určiť, či slnečnica ročná je: jednoklíčnolistová alebo dvojklíčnolistová rastlina
 - b) zistiť typ klíčenia: hypogeické alebo epigeické
 - c) popísať morfologické časti výhonku
 - d) urobiť priečny rez koreňom a popísať pozorované štruktúry
 - e) urobiť priečny rez hypokotylom a popísať pozorované štruktúry

Pomôcky: Fotoaparát, mikroskop, mikroskopické potreby (podložné a krycie sklíčko, pinzeta, pipeta,

preparačná ihla, skalpel, žiletka), destilovaná voda a filtračné papieriky.

Materiál: Klíčiace rastliny slnečnice ročnej (16-dňové).

Postup: Na základe poznatkov získaných na hodinách biológie a štúdiom literatúry (Gáperová a Roth 2007) určíme a popíšeme typ klíčenia, počet klíčnych lístkov a po odfotografovaní alebo odkreslení výhonku určíme jeho morfológické časti. Potom žiletkou urobíme priečny rez koreňom a dáme ho do kvapky destilovanej vody na podložnom sklíčku, prikryjeme krycím sklíčkom. Týmto istým spôsobom urobíme mikroskopický preparát – priečny rez hypokotylom v polovici jeho dĺžky.

Výsledok: Náčrt alebo fotodokumentácia klíčiacej rastliny slnečnice ročnej aj s popisom.

Záver:

- Háčikovito zahnutý hypokotyl vynáša nad povrch pôdy dva klíčne listy, preto môžeme povedať, že slnečnica ročná je dvojkličnolistová rastlina
- Hypokotyl vynáša nad povrch dva klíčne lístky s osemením a plumulu, ide o klíčenie epigeické.
- Pozitívne geotropicky rastie koreňok – *radicula*, pozitívne fototropicky rastie hypokotyl – *hypocotylus*. Následne sa hypokotyl vyrovnáva, osemenie opadáva a začínú sa zakladať prvé asimilačné listy.
- Na priečnom reze koreňom boli viditeľné tri vydifferentované vrstvy: z dermatogénu pokožka, z periblému primárna kôra a z plerómu radiálne cievné zväzky.
- Na priečnom reze hypokotylom vidieť 16-ty deň po výseve slabo vydifferentované cievné zväzky, ktoré sú kolaterálne, usporiadané v kruhu, pričom drevná časť (primárny xylém) smeruje do stredu (centripetálne). Najprv sa diferencoval protoxylém a protofloém, ktoré sú funkčné len určitý čas. Potom sú nahradené metaxylémom a metafloémom. Primárna kôra nebola zreteľne rozlíšená na exodermu, mezodermu a endodermu. Dominantné zastúpenie mali parenchymatické bunky primárnej kôry a stržňa. Pericykel oddeľoval primárnu kôru od stredného valca. Nepozorovali sme žiadne sklerenchymatické pletivá, ani trichómy na pokožke.

Druhé laboratórne cvičenie

V úvodnej časti laboratórneho cvičenia oboznámime študentov s terminologickým slovníkom z anatómie vegetatívnych orgánov rastlín (tab. 1) a naučíme sa správne používať národné a vedecké pomenovanie anatomických štruktúr **koreňa**. Študentov rozdělíme do troch skupín (1. skupina pozoruje 31-dňovú rastlinu, 2. skupina 45-dňovú a 3. skupina 59-dňovú rastlinu). Pripravíme si pomôcky a materiál pre úlohu č. 2 a zhotovíme si mikroskopické preparáty z koreňa.

Úloha č. 2: Pozorovanie primárnej stavby koreňa slnečnice ročnej

- Cieľ: a) pozorovať primárnu stavbu koreňa – priečny rez 31, 45 a 59-dňovým koreňom
 b) pozorovať pokožku a jej deriváty
 c) lokalizovať vodivé elementy pomocou farbenia floroglucinolom

Pomôcky: Mikroskop, mikroskopické potreby, destilovaná voda, 2% floroglucinol v 96% alkohole, 25% HCl. Materiál: Koreň (31, 45 a 59-dňový) slnečnice ročnej. Postup: Na jedno podložné sklíčko dáme priečny rez 31-dňovým koreňom, vložíme jednu časť do kvapky destilovanej vody na podložné sklíčko a na druhé podložné sklíčko dáme z tej istej rastlinky priečny rez koreňom do 2 % floroglucinolu v 96 % alkohole a činidlo necháme chvíľu pôsobiť. Potom ho odstránime pásikom filtračného papiera, prikvapneme 25 % HCl, prikryjeme krycím sklíčkom a pozorujeme. Týmto istým postupom pripraví aj 2. a 3. skupina mikroskopické preparáty zo 45 a 59-dňového koreňa. Výsledky každej skupiny navzájom porovnáme.

Výsledok: Pozorované objekty zakreslíme a popíšeme pri danom zväčšení.

Záver:

- Na priečnom reze 31-dňového koreňa v kvapke destilovanej vody môžeme pozorovať primárnu stavbu a určiť typ cievného zväzku. Na povrchu rozlišujeme jednovrstvovú pokožku rizodermu s koreňovými vláskami, dobre vyvinutú primárnu kôru a pod ňou odčítateľné hexarchné radiálne cievné zväzky. V stržni sme pozorovali parenchymatické pletivo, v strede so spevňujúcim kolenchýmom. 2. skupina pozorovala už dobre rozlíšiteľné vrstvy primárnej kôry (exoderma, mezoderma a endoderma), dobre pozorovateľné radiálne, hexarchné cievné zväzky. Cievné zväzky postupne zaberali väčšiu časť koreňa a primárna kôra sa redukovala, čo zistili študenti 3. skupiny.
- Všetky tri skupiny potvrdili, že pokožka koreňa je jednovrstvová, bez prieduchov a z trichómov sa vyskytuje len jeden typ a to koreňový vlások.
- Na priečných rezoch vo floroglucinole, fixovaných HCl sú od 31. dňa po výseve dobre odlišiteľné póly xylému, ktoré sú zvýraznené po reakcii na lignín. Xylém (protoxylém a metaxylém), ktorý sa zvýraznil do červena prechádza až do stredu stélu a na rezoch tvorí šesťcípý vzor. Cievný zväzok je hexarchný. Množstvo a priemer buniek cievného zväzku sa zvyšuje s vývinom rastliny.

Tretie laboratórne cvičenie

Pokračujeme s oboznamovaním sa s terminologickým slovníkom z anatómie vegetatívnych orgánov rastlín

(tab. 1) a naučíme sa správne používať národné a vedecké pomenovanie anatomických štruktúr **stonky**. Pripravíme si pomôcky a materiál pre úlohu č. 3., rozdělíme sa do skupín tak, ako v úlohe č. 2 a zhotovíme si mikroskopické preparáty zo stonky 31, 45 a 59-dňovej rastliny a výsledky porovnáme. Každý študent pracuje sám, výsledky svojich pozorovaní zaznamená študent do protokolu a na záver ich porovnáme.

Úloha č. 3: Pozorovanie primárnej stavby stonky slnečnice ročnej

Cieľ: a) pozorovať a popísať anatomickú stavbu stonky na priečnom reze

- b) charakterizovať pokožku a jej deriváty
- c) určiť typ cievnych zväzkov

Pomôcky: Mikroskop, potreby na mikroskopovanie, žiletka, destilovaná voda, 2% floroglucinol v 96% alkohole, 25% HCl, priehľadný lak na nechty, lepiaca páska. Materiál: Stonka slnečnice ročnej v rôznych fázach ontogenézy.

Postup:

- a) Každá skupina zhotoví tenké priečne rezy 31, 45 a 59-dňovou stonkou. Priečny rez prenesieme na podložné sklíčko do kvapky destilovanej vody, zakryjeme krycím sklíčkom a pozorujeme anatomickú stavbu.
- b) Mikroskopický preparát pre štúdium pokožky urobíme mikroreliefovou odtlačkovou metódou pomocou laku na nechty, ktorým urobíme náter na pokožku stonky. Po zaschnutí ho stiahneme pinzetou alebo lepiacou páskou a pozorujeme odtlačok.
- c) Na priečny rez stonkou prikvapkávame floroglucinol, necháme krátko pôsobiť. Činidlo odsajeme pomocou pásika filtračného papiera, prikvapneme 25 % HCl, necháme 5 minút pôsobiť, prikryjeme krycím sklíčkom a pozorujeme.

Výsledky: Pozorované objekty zakreslíme a popíšeme pri vhodnom zväčšení (100x, resp. 200x).

Záver:

V primárnej stavbe 31-dňovej stonky polovicu objemu zaberajú bunky primárnej kôry, ktoré boli dobre odlíšiteľné od buniek stredného valca. Centrálna časť koreňa bola vyplnená početnými bunkami parenchymatického pletiva – stržňom. Cievne zväzky boli kolaterálne, usporiadané do kruhu. 2. skupina okrem toho pozorovala dobre vydifferentované bunky primárneho xylému a floému. Začínala sa redukcia primárnej kôry v prospech stredného valca. 59-ty deň (obr. 2) po výseve väčšiu časť objemu stonky zaberajú vodivé elementy a bunky stržňa, primárna kôra bola redukovaná.

Pokožka stonky bola jednovrstvová (obr. 3), tvorená doštičkovitými bunkami bez intercelulár. Kontinuitu pokožkových buniek narúšajú prieduchy (pozorované

už u 31-dňových rastlín) obličkovitého tvaru. Trichómy boli krycie a žľaznaté.

Kolaterálne cievne zväzky boli uložené do kruhu tak, že drevo (protoxylém a metaxylém), farbiace sa červeno-hnedo, smeruje do stredu stonky (centripetálne) a lyko (protofloém a metafloém) smeruje k okraju (centrifugálne). Už od začiatku diferenciacie vodivých elementov sú pozorovateľné aj bunky prokambia. V strede stonky je stržň, tvorený parenchymatickými bunkami, prechádzajúci do parenchymatických stržňových lúčov.

Štvrté laboratórne cvičenie

Úvodom laboratórneho cvičenia preberieme zvyšné termíny z anatómie vegetatívnych orgánov rastlín (tab. 1) a naučíme sa správne používať národné a vedecké pomenovanie anatomických štruktúr **listov**. Pripravíme si pomôcky a materiál pre úlohu č. 4, ktorú bude realizovať každý študent sám. Výsledky svojich pozorovaní zaznamená študent do protokolu.

Úloha č.4: Pozorovanie anatomickej stavby listu slnečnice ročnej

Cieľ: a) popísať anatomickú stavbu listu (31, 45 a 59 dňový list)

- b) zistiť, či list slnečnice ročnej je bifaciálny alebo monofaciálny
- c) detailnejšie študovať pokožku listu so zameraním na tvar, lokalizáciu a početnosť prieduchov a trichómov

Pomôcky: Mikroskop, potreby na mikroskopovanie, žiletka, destilovaná voda, bazová dužina, bezfarebný lak na nechty, lepiaca páska.

Materiál: 31, 45 a 59 dňové asimilačné listy.

Postup:

- a) Žiletkou urobíme tenké priečne rezy listami (list vložený do bazovej dužiny), ktoré prenesieme do kvapky vody na podložné sklíčka. Výsledok odphotografujeme a popíšeme jednotlivé časti vnútornej stavby listu.
- b) Z výsledkov pozorovania priečných rezov určíme, či ide o list bifaciálny alebo monofaciálny.
- c) Pokožku na mikroskopický preparát získame mikroreliefovou odtlačkovou metódou – urobíme tenký náter na vrchnú aj spodnú pokožku listov bezfarebným lakom na nechty, necháme 5 minút zaschnúť a odtlačok stiahneme pinzetou alebo prilepíme a stiahneme priesvitnú pásku. Ak je list dostatočne čerstvý, môžeme pokožku stiahnuť priamo z listu.

Výsledky: Pozorované objekty zakreslíme alebo odphotografujeme a popíšeme pri danom zväčšení.

Záver:

- a) Na priečnom reze 31-dňovej rastlinky (obr. 3) pozorujeme listový mezofyl rozlíšený na palisádový a hubový parenchým a rozlíšenú epidermu na abaxiálnu

a adaxiálnu. Bunky palisádového parenchýmu obsahujú veľké množstvo chloroplastov, sú bez intercelulár. Bunky hubového parenchýmu sú väčšie, neobsahujú veľa chloroplastov, prítomné sú medzibunkové priestory. Cievne zväzky sú dobre pozorovateľné 59-ty deň po výseve. Sú kolaterálne, usporiadané v polkruhu s jednou hlavnou centrálnou žilou a niekoľkými vedľajšími žilami, pričom xylém smeruje k lícnej strane listu (obr. 4).

- b) Na základe popísanej vnútornej štruktúry listu je zrejmé, že list je bifaciálny.
- c) Bunky epidermy sú doštičkovitého tvaru, tesne k sebe priliehajú. Prieduchy sa nachádzajú na oboch stranách klíčneho aj pravého lupeňovitého listu, čiže snečnica ročná je amfistomatická rastlina (obr. 5). Okrem krycích trichómov bolo možné na listoch pozorovať aj žľaznaté trichómy (najmä po 45. dni po výseve). Početnosť trichómov a prieduchov, stanovená odhadom, bola väčšia na spodnej strane listu (obr. 6).

Porovnanie výsledkov pozorovaní vegetatívnych orgánov urobia študenti na záver všetkých pozorovaní a na základe svojich výsledkov, vypracujú spoločnú charakteristiku ontogenézy snečnice ročnej. Závisí od tvorivosti učiteľa a študentov akú formu interpretácie výsledkov si zvolia. Jedna z mnohých možností je:

Z výsledkov pozorovaní vytvorí študenti formou domácej prípravy na osobitné kartičky nákresy (resp. fotodokumentáciu) s popisom. Z prvého laboratórneho cvičenia (Pozorovanie klíčiaceho výhonku snečnice ročnej – 16-dňového) budú mať všetci študenti kartičky, ktoré označia:

1/16 – morfológické časti výhonku

2/16 – priečny rez koreňom

3/16 – priečny rez hypokotylom

Z druhého, tretieho a štvrtého laboratórneho cvičenia vytvorí každá skupina (31-dňová, 45-dňová a 59-dňová) karičky, ktoré označia:

4/31, 4/45, 4/59 – primárna stavba koreňa

5/31, 5/45, 5/59 – primárna stavba stonky

6/31, 6/45, 6/59 – pokožka stonky a jej deriváty

7/31, 7/45, 7/59 – anatomická stavba listu

Učiteľ zadá úlohu: Ako sú vyvinuté anatomické štruktúry vo vegetatívnych orgánoch (koreň, stonka, list) snečnice ročnej v rôznych obdobiach juvenilného štádia? Urobte schému na základe pozorovaní a popíšte rastliny v pozorovaný deň (31. deň, 45. deň, 59. deň).

Študenti sa vymenia, aj s kartičkami tak, aby vznikli skupiny: A) 31. deň, B) 45. deň, C) 59. deň. Každá skupina na základe poskladaných obrázkov urobí slovnú prezentáciu výsledkov na zadanú úlohu: Skupina

A: 4/31, 5/31, 6/31, 7/31. Skupina B: 4/45, 5/45, 6/45, 7/45. Skupina C: 4/59, 5/59, 6/59, 7/59.

Diskusia a záver

Doteraz boli uverejnené mnohé príspevky týkajúce sa morfológie a anatómie orgánov rôznych zástupcov čeľade astrovité (*Asteraceae*), ale príspevky týkajúce sa našej modelovej rastliny z nich predstavujú len malú časť. Zakladanie a anatómiu vegetatívnych orgánov snečnice ročnej popisuje Gostin [s. a.]. Jeho výsledky do značnej miery korešpondujú s našimi. Rozdiely sme zaznamenali v anatómii koreňa. My sme popísali hexarchný radiálny cievy zväzok a Gostin [s. a.] udáva tetrarchný radiálny cievy zväzok. Podľa literatúry – archnosť cievy zväzkov môže byť rôzna (Bobák et al. 1992). Pri anatomickej stavbe stonky Gostin [s. a.] uvádza, že pod pokožkou sa nachádza 8 – 11 vrstiev rohového kolenchýmu s intercelulármi a v primárnej kôre a v stržni sa nachádzajú početné vylučovacie kanáliky. My sme ani jednu z týchto štruktúr nezaznamenali. Predpokladáme, že výskyt mechanického pletiva a vylučovacích štruktúr je viazaný na neskoršie štádiá ontogenézy. Zistené rozdiely však môžu vyplývať aj z dôvodu, že rastliny sme pestovali v laboratórnych podmienkach, kým Gostin v prirodzenom prostredí. Problematikou zakladania bočných koreňov snečnice ročnej sa zaoberali Casero et al. (1995). Pri svojich pozorovaniach použili rastliny vypestované v laboratóriu. Podľa nich rast bočných koreňov je zabezpečený periklinálnym delením buniek pericykla. Pericykel tvorí jedna vrstva predĺžených buniek, ktorá oddeľuje primárnu kôru a stredný valec a je v priamom kontakte s protofloémom a protoxylémom. My sme pericykel a zakladanie bočných koreňov tiež pozorovali tridsiaty prvý deň po výseve.

Pozorovaním a popisom anatomických štruktúr vegetatívnych orgánov snečnice ročnej (*Helianthus annuus*) sme získali poznatky o zakladaní jednotlivých orgánov a ich štruktúr, o ich zmenách v určitých etapách ontogenetického vývinu. Výsledky tohto štúdia doplnili poznatky z anatómie rastlín o detailnejší priebeh ontogenézy jedného taxónu. Vytvorené praktické úlohy môžu byť využité na praktických cvičeniach z botaniky na stredných, ale aj vysokých školách prírodovedného zamerania.

Podakovanie

Autori ďakujú grantovej agentúre KEGA za finančnú podporu. Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu KEGA 022UMB-4/2013.

Literatúra

- BALÁŽ, M. 2005. *Cvičení z cytologie a anatomie rostlin*. [cit. 2012-11-14]. Dostupné na www: http://www.sci.muni.cz/~anatomy/1_page/1_page.htm.
- BOBÁK, M., HUDÁK, J., LUX, A., SEKERKA, V., SLADKÝ, Z. & ZÁBORSKÝ, J. 1992. *Botanika. Anatomia a morfológia rastlín*. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava. 395 pp.
- CASERO, P. J., CASIMIRO, I. & LLORET, P. G. 1995. *Lateral root initiation by asymmetrical transverse division of pericycle cells in four plant species: Raphanus sativus, Helianthus annuus, Zea mays, and Daucus carota*. [cit. 2011-03-17]. Dostupné na www: <http://www.springerlink.com/content/x7vnr04676666543/>.
- FUTÁK, J., DOSTÁL, J. & NOVÁK, A. 1966. *Flóra Slovenska I*. Slovenská akadémia vied, Bratislava. 604 pp.
- GÁPEROVÁ, S. & ROTH, P. 2007. *Anatómia a morfológia rastlín*. Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Banská Bystrica. 146 pp.
- GOSTIN, I. [s. a.]. *Morphogenetical aspects in Helianthus annuus L. during the ontogenesis*. [cit. 2011-03-18]. Dostupné na www: <http://www.revagris.ro/data/manuals/ToZm8CevXo.pdf>
- HUBERT, H. 2001. *L'Anatomie des angiospermes*. [cit. 2010-11-29]. Dostupné na www: <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/anatomie/index.html>.
- KOLEKTÍV, 2009. *Štátny vzdelávací program, 2009. Biológia, Príloha ISCED 3A*. Štátny pedagogický ústav. [cit. 21.3.2012]. Dostupné na www: https://www.iedu.sk/vyucovanie_a_studium/vyucovacie_predmety/xKatalog_Dokumenty/Biol%C3%B3gia%20ISCED%203A.pdf
- KOŠTÁL, L., BOBÁK, M., IKRÉNYI, I. & ĎURIŠOVÁ, Ľ. 1998. *Štruktúrna botanika*. Universum, Nitra. 152 pp.
- KUNA, R. & KOŠTÁL, L. 2006. *Terminologický slovník biológie rastlín I. Cytológia, anatómia, morfológia*. Univerzita Konštantína Filozofa, Fakulta prírodných vied, Nitra. 120 pp.
- KOLEKTÍV, 2009. *Štátny vzdelávací program, 2009. Biológia, Príloha ISCED 3A*. Štátny pedagogický ústav. [cit. 21.3.2012]. Dostupné na www: https://www.iedu.sk/vyucovanie_a_studium/vyucovacie_predmety/xKatalog_Dokumenty/Biol%C3%B3gia%20ISCED%203A.pdf
- MASAROVIČOVÁ, E., REPČÁK, M., ERDELSKÝ, K., GAŠPÁRIKOVÁ, O., JEŠKO, T. & MISTRÍK, I., 2002. *Fyziológia rastlín*. Univerzita Komenského, Bratislava. 304 pp.
- PROCHÁZKA, S., GLOSER, J., HAVEL, L., KREKULE, J., MACHÁČKOVÁ, I., NÁTR, L., PRÁŠIL, I., SLADKÝ, Z., ŠANTRŮČEK, J., ŠEBÁNEK, J., TESAŘOVÁ, M. & VYSKOT, B. 1998. *Fyziologie rostlin*. Academia, Praha. 484 pp.
- REMY, S., BODSON, M., TROUSSART, J.-P., VINCKE, G., ROUSSELLET, D. & DEPIEREUX, E. [s.a.]. *Atlas d'histologie et anatomie des plantes vasculaires*. [cit. 2010-11-29]. Dostupné na www: <http://webapps.fundp.ac.be/umdb/histoplantvasc/index.html>
- VOTRUBOVÁ, O. 2001. *Anatomie rostlin*. Karolinum, Praha. 89 pp.
- VOTRUBOVÁ, O. & SOUKUP, A. 2006. *Cvičení z anatomie rostlin*. [online]. 2006 [cit. 2012-11-14]. Dostupné na internete: <http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/anatomie/atlas/index.htm>

Summary – The ontogenesis of Annual Sunflower on biological practical activities for students of grammar schools

The purpose of this study was to observe and describe the anatomical structures of vegetative plant organs during the juvenile phase in the ontogenesis. Cross-sectional anatomical studies of a 16-, 31-, 45-, and 59-days-old Annual Sunflower (*Helianthus annuus*) roots, stems and leaves were used. The following practical activities for students of grammar schools are proposed.

1. The Annual Sunflower shoot.
2. The Annual Sunflower primary root structure.
3. The Annual Sunflower primary stem structure.
4. The Annual Sunflower leaf anatomy.

The vocabulary of both anatomical and morphological terms of vegetative plant organs are also available.

Tab. 1. Anatomical and morfological terminology of the vegetative plant organs according to Futák et al. (1966), Hubert (2001), Kuna and Košťál (2006) and Gáperová and Roth (2007).

Fig. 1. Epidermis of a 31-days-old Annual Sunflower stem [Magnified 100×]

Fig. 2. A cross section of a 59-days-old Annual Sunflower stem [Magnified 100×]

Fig. 3. A cross section of a 31-days-old Annual Sunflower leaf [Magnified 200×]

Fig. 4. A cross section of a 59-days-old Annual Sunflower leaf venation [Magnified 200×]

Fig. 5. Both the lower (left) and the upper (right) leaf's epidermis of a 31-days-old Annual Sunflower [Magnified 200×]

Fig. 6. Both the lower (left) and the upper (right) leaf's epidermis of a 45-days-old Annual Sunflower [Magnified 200×]