

Kolo: Celoštátne

Kategória: B

Teoreticko – praktická časť

**Praktická úloha č. 1****Téma: Anatómia a evolúcia rastlín**

Milí študenti!

V úlohe na krajskom kole ste sa dozvedeli, ako rastliny vystúpili na súš. Dnes sa spoločne pozrieme, akú majú rastlinnú orgány stavbu. Na riešenie máte 90 minút. Držím Vám palce!

**ČASŤ 1: Anatómia vegetatívnych rastlinných orgánov (cca 70 minút)**

**Úloha 1:** Dnes budeme pracovať so semennými rastlinami. Semenné rastliny sa rozvetvili do dvoch skupín – na nahosemenné a krytosemenné rastliny. Z nasledujúcich znakov vyberte tie, ktoré sa týkajú oboch skupín, sú charakteristické iba pre nahosemenné rastliny alebo iba pre krytosemenné rastliny alebo nie sú charakteristické pre jednu ani druhú skupinu.

Znak	Obe skupiny	Iba nahosemenné rastliny	Iba krytosemenné rastliny	Ani jedna skupina
semeno				
dvojité oplodnenie				
haploidný endosperm				
diploidný endosperm				
triploidný endosperm				
peľové zrno				
prevaha gametofytu nad sporofytom				
prevaha sporofytu nad gametofytom				
kvet				

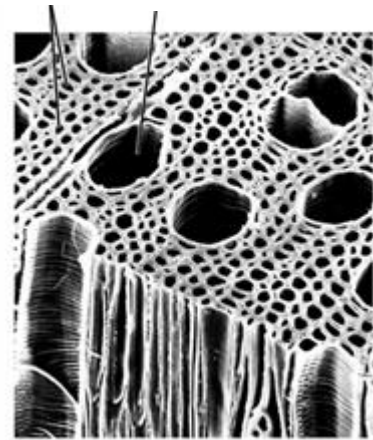
Rastlinné telo je tvorené pletivami. Na základe funkcie ich môžeme rozdeliť na pletivá vodivé, krycie a základné.

Vodivé pletivá zodpovedajú za transport látok na dlhé vzdialenosti v rastlinnom tele. Patri medzi ne xylém (drevo) a floém (lyko).

Xylém rozvádza predovšetkým vodu a minerálne látky. Vodivé dráhy xylému vytvárajú bunky, ktorým hovoríme cievné elementy. Patria sem cievice a články ciev. Majú mnohé spoločné vlastnosti – dospelé funkčné cievné elementy sú mŕtve bunky bez protoplastu, zachované zostávajú iba bunkové steny. Tie bývajú sekundárne zhrubnuté a lignifikované, charakteristicky ukladané v určitom vzore. Sekundárna stena bunku spevňuje a bráni kolapsu vodivých dráh.

Cievice sú pomerne úzke a dlhé bunky, sú uložené paralelne vedľa seba – smer transportu tak nie je priamy. Pri prechode z jednej cievice do druhej musia

Tracheidy      Cieva








látky prekonať bunkovú stenu. Články ciev sú širšie a kratšie ako tracheidy, spájajú sa do ciev a koncové steny sa môžu čiastočne alebo úplne rozpúšťať – hovoríme o tzv. perforačných doskách. Neprestupujú celým telom rastliny, v mieste prepojenia sú látky transportované z jednej cievy do druhej cez bunkové steny. U nahosemenných rastlín sú minerálne látky a voda rozvádzané výlučne cievcami, u krytosemenných rastlín sú rozvádzané cievcami a článkami ciev.

Floém rozvádza predovšetkým produkty fotosyntézy. Vodivé dráhy floému vytvárajú bunky, ktorým hovoríme sitkové elementy. Sú to živé bunky, modifikované plazmodezmy prepájajú protoplasty dvoch susedných sitkových elementov. Sú síce živé, ale nemajú jadro – môžu fungovať iba v spojení so susednými bunkami – tzv. sprievodné bunky. Existujú 2 typy sitkových elementov – sitkové bunky a články sitkovic. Sitkové bunky nájdeme u nahosemenných rastlín. Sú úzke a dlhé, zašpicatené. Sú uložené paralelne – ich koncové oblasti sa prekrývajú a smer nie je priamy. Články sitkovic nájdeme u krytosemenných rastlín. Bývajú kratšie a širšie, články sitkovic sa môžu spájať do sitkovic.

V rastlinnom tele sú vodivé pletivá usporiadané v cievných zväzkoch – podľa vzájomného usporiadania xylému a floému rozlišujeme niekoľko typov cievných zväzkov (Tabuľka 1).

Žltá farba značí floém a zelená farba značí xylém.

1		radiálny cievný zväzok
2		hadrocentrický cievný zväzok
3		leptocentrický cievný zväzok
4		kolaterálny cievný zväzok
5		bikolaterálny cievný zväzok

Tabuľka 1: Typy cievných zväzkov

**Úloha 2:** V tejto úlohe pracujte s rastlinným materiálom označeným A-D. Preved'te priečny rez stonkou, resp. koreňom. Vašou úlohou je určiť typ cievného zväzku s pomocou Tabuľky 1. Typ cievného zväzku označte číslom 1-5 podľa tabuľky.

Rastlinný materiál	Typ cievného zväzku
A	
B	
C	
D	

Preparát D využite v úlohe číslo 7!

**Úloha 3:** Ihličnany aj niektoré krytosemenné rastliny majú schopnosť sekundárne hrubnúť – vytvárať sekundárne drevo (deuteroxylém) a sekundárne lyko (deuterofloém). Dokázali by ste na základe priečného rezu odlíšiť preparát sekundárne hrubnúceho ihličnanu a sekundárne hrubnúcej krytosemnej rastliny? Vysvetlite a napíšte názov meristematického pletiva, ktoré vytvára sekundárne vodivé pletivá.

Krycie pletivá vytvárajú povrch rastlinného tela. Chránia rastlinné orgány pred nepriaznivým pôsobením prostredia a zároveň umožňujú komunikáciu medzi rastlinou a prostredím. Epidermis výhonku zabraňuje vysychaniu a sprostredkúva regulovanú výmenu plynov. Najpočetnejším typom buniek v epidermis sú základné pokožkové bunky. Sú to dlaždicovité bunky a tesne k sebe priliehajú, často bývajú laločnaté.

V pokožke sa vyskytujú aj špecializované typy buniek. Dôležité sú zatváravé bunky prieduchov. Aktívne regulujú výmenu plynov medzi rastlinou a atmosférou. Prieduch je tvorený dvomi zatváravými bunkami, medzi ktorými je prieduchová štrbina. Sú hojné predovšetkým v listovej epidermis. Bunky susediace s prieduchom sa tvarovo a zrejme aj funkčne môžu líšiť od ostatných pokožkových buniek, vtedy ich nazývame vedľajšie bunky.

Podľa umiestnenia prieduchov listy môžeme rozdeliť na amfistomatické (vyskytujú sa vo vrchnej aj spodnej pokožke), hypostomatické (vyskytujú sa iba v spodnej pokožke) a epistomatické (vyskytujú sa iba vo vrchnej pokožke).

#### Úloha 4:

Z listov A, E stiahnite vrchnú a spodnú pokožku a pozorujte pod mikroskopom. Vyplňte tabuľku – prítomnosť štruktúry označte krížikom. Pozorovanie dokumentujte nákresom (stačí jeden nákres s prieduchmi k A, jeden nákres k E).

Rastlinný materiál	epidermis	zatváravé bunky	vedľajšie bunky	základné pokožkové bunky
A	vrchná			
	spodná			
E	vrchná			
	spodná			

List rastliny A je amfistomatický/hypostomatický/epistomatický.

List rastliny E je amfistomatický/hypostomatický/epistomatický.



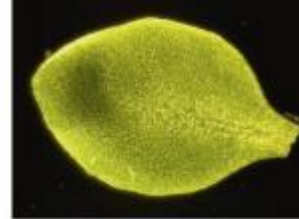
Nákres A:

Nákres E:

Ďalším špecializovaným útvarom epidermis sú trichómy. Majú rozmanité tvary a funkcie, môžu byť jednobunkové alebo viacbunkové.

Vývin trichómov bol intenzívne študovaný v listoch ružice *Arabidopsis*. Trichómy *Arabidopsis* sú jednobunkové a vetvené, majú trojrohú štruktúru. Vytvárajú sa z jedinej protodermálnej bunky. Trichómy sú oddelené 3-4 bunkami, ktoré sa nevyvinú na trichómy. Na vývine trichómov sa podieľajú viaceré gény. Gény TTG1, GL1 a GL3 kódujú proteíny, ktoré vytvárajú komplex, ktorý aktivuje transkripciu inhibítorov bunkového osudu trichómu – TRY, CPC, ETC1, ETC3. Tento komplex prechádza do susedných buniek, kde v komplexe TTG1, GL1 a GL3 nahrádza GL1 a bráni tak vývinu trichómu. V bunke s aktívnym TTG1, GL1, GL3 komplexom dochádza k expresii génov GL2 a SIM. SIM kóduje proteín, ktorý funguje ako inhibítor mitózy – dochádza k replikácii DNA bez rozdelenia. GL2 je gén, ktorý spustí diferenciáciu bunky na trichóm.

**Úloha 5:** Ako vyzerá štvoritý mutant *try cpc etc1 etc3* a mutant *gl2*? Doplňte tabuľku.

divoký typ	
	
	

**Úloha 6:** Základné pletivá vyplňajú priestor medzi kryciami a vodivými pletivami. Uveďte aspoň 3 funkcie, aké môžu bunky základných pletív mať.

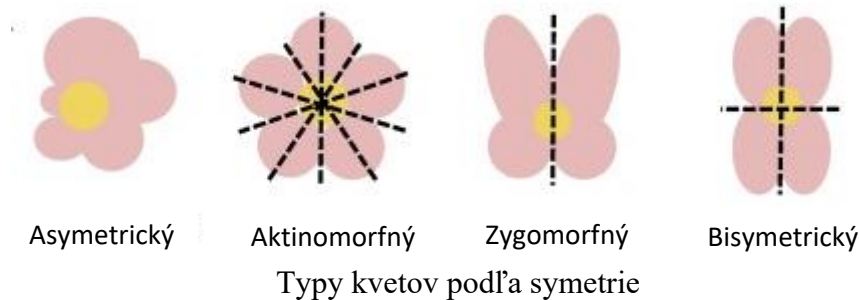
### **Úloha 7:**

Zakreslite priečny rez preparátom D. Pozorovanie dokumentujte nákresom. Popíšte všetky zakreslené štruktúry a vyznačte, ktoré pletivá sú základné, ktoré sú vodivé a ktoré sú krycie.

Nákres:

## ČASŤ 2: Generatívne rastlinné orgány – evolúcia kvetnej symetrie (cca 20 minút)

Na základe symetrie môžeme kvety rozdeliť na asymetrické, bilaterálne symetrické (zygomorfné), bisymetrické a radiálne symetrické (aktinomorfne). Asymetrické kvety nemajú žiadnu rovinu súmernosti. Zygomorfné kvety môžeme rozdeliť práve jednou rovinou súmernosti, bisymetrické kvety práve dvomi rovinami súmernosti. Aktinomorfne kvety môžeme rozdeliť viac ako dvomi rovinami súmernosti.



Bilaterálna symetria môže byť spôsobená zmenou uhlu medzi kališnými/korunnými/okvetnými lístkami alebo zmenou ich veľkosti, tvaru alebo ich splynutím.

**Úloha 8:** Vašou úlohou bude určiť, či sú kvety 1-10 asymetrické, zygomorfné, bisymetrické alebo aktinomorfne. Správnu odpoveď označte krížikom v tabuľke.

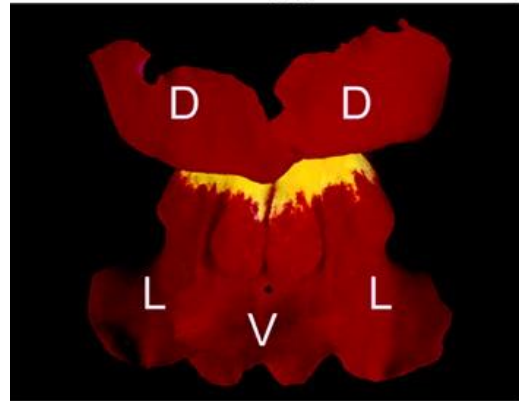
Kvet	Asymetrický	Zygomorfny	Bisymetrický	Aktinomorfny
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

V ďalšej časti sa spolu pozrieme, ako je bilaterálna symetria determinovaná a na evolúciu tohto znaku.

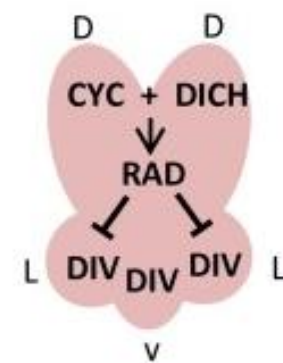


Modelovým organizmom pre štúdium bilaterálnej symetrie je *Antirrhinum majus* z čeľade *Plantaginaceae* (skorocelovité). Bilaterálna symetria kvetu *Antirrhinum majus* je podmienená geneticky. Gény, ktoré sa podieľajú na vytvorení bilaterálnej symetrie, boli objavené štúdiom mutantov.

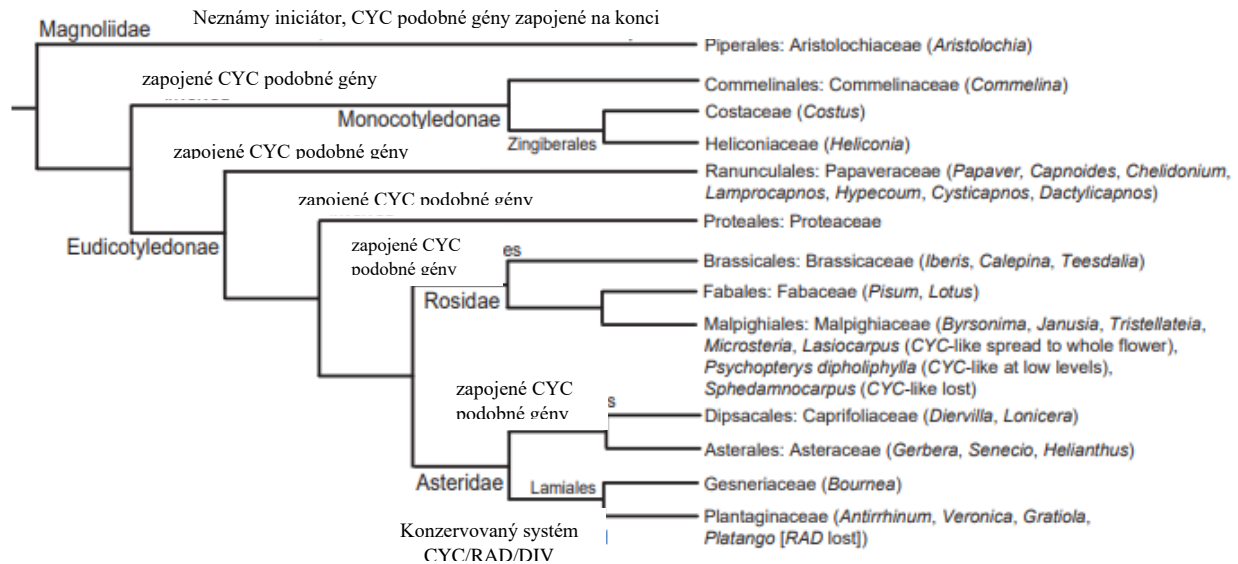
Divoký typ má bilaterálne symetrický kvet s dvomi väčšími dorzálnymi korunnými lístkami (D), dvomi laterálnymi korunnými lístkami (L) a jedným malým ventrálным korunným lístkom (V). Genetické štúdie preukázali, že dorzálna identita korunných lístkov je určená *CYC* (*CYCLOIDEA*), *DICH* (*DICHOTOMA*) a *RAD* (*RADIALIS*). *DIV* (*DIVARICATA*) určuje ventrálnu identitu



korunných lístkov. *CYC* a *DICH* sa exprimujú v dorzálnych časti kvetu. Aktivujú *RAD*, a ten zodpovedá za dorzálnu identitu korunných lístkov. Identita ventrálneho korunného lístku je určená *DIV*, v prípade jeho nefunkčnosti sa namiesto ventrálneho korunného lístku vytvorí laterálny korunný lístok. Expresia tohto génu však nie je obmedzená iba na ventrálny korunný lístok, exprimuje sa vo všetkých korunných lístoch. *RAD* súťaží s *DIV* o naviazanie na *DRIF* (*DIV AND RAD INTERACTING FACTOR*) a v prítomnosti *RAD* sa tak vytvára *RAD-DRIF* komplex, a nie *DIV-DRIF* komplex potrebný na určenie ventrálnej identity korunného lístku.



Recentné štúdie preukázali, že zygomorfné kvety v evolúcii z aktinomorfných kvetov vznikli nezávisle minimálne 130krát, okrem toho došlo k spätnému prechodu na aktinomorfné kvety v minimálne 69 prípadoch. Zdá sa, že mechanizmy, ktorými bilaterálna symetria vzniká, sú podmienené homologickými génmi (génmi s rovnakým evolučným pôvodom) vo väčšine zygomorfných kladov.



Fylogenéza zygomorfných kladov, prevzaté a upravené z: E. Reyes, H. Sauquet, S. Nadot, Perianth symmetry changed at least 199 times in angiosperm evolution, *Taxon*, 65 (5) (2016), pp. 945-964

**Úloha 9:** Ako by ste toto pozorovanie dokázali vysvetliť?

- Mali by sme prehodnotiť hypotézu, že bilaterálna symetria je odvodeným znakom. Keďže sa v mnohých líniách na vytvorení kvetnej asymetrie podieľajú homologické gény, svedčí to o tom, že bilaterálne symetrický stav je ancestrálny.
- Existuje iba malé množstvo génov, ktoré môžu zodpovedať za bilaterálne symetrický fenotyp.
- Existuje veľké množstvo génov, ktoré môžu zodpovedať za bilaterálne symetrický fenotyp.
- Ani jedna z uvedených možností pozorovanie nevysvetľuje.

Autor: Oliver Pitoňak

Recenzia: Mgr. Jaroslav Ferenc