KATOLÍCKA UNIVERZITA V RUŽOMBERKU

formujúca myseľ i srdce

KATOLÍCKA UNIVERZITA V RUŽOMBERKU

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Jozef Macko

Kto vie nech učí

Vzdelávací materiál VI.

Projekt „Kto vie, nech učí“ sa realizuje vďaka podpore z Európskeho sociálneho fondu a Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Ľudské zdroje.

Kód projektu: 312011AKK9 Kód výzvy: OPLZ-PO1/2019/DOP/1.3.1-01

EURÓPSKA ÚNIA Európsky sociálny fond Európsky fond regionálneho rozvoja

OPERAČNÝ PROGRAM ĽUDSKÉ ZDROJE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVA, VEDY, VÝSKUMU A ŠPORTU SLOVENSKEJ REPUBLIKY

www.esf.gov.sk www.minedu.gov.sk www.ludskezdroje.gov.sk www.ku.sk

Katolícka univerzita v Ružomberku
Pedagogická fakulta

Ing. Jozef Macko, PhD.

KTO VIE, NECH UČÍ

Vzdelávací materiál VI.

Vzdelávací materiál je výstupom projektu „**Kto vie, nech učí“**

Operačný program: Ľudské zdroje
Spolufinancovaný fondom: Európsky sociálny fond
Prioritná os: Vzdelávanie
Kód výzvy: OPLZ-PO1/2019/DOP/1.3.1-01; 312011AKK9
Investičná priorita: Zlepšenie kvality, efektívnosti a prístupu k terciárnemu ekvivalentnému vzdelávaniu s cieľom zvýšiť počet študujúcich a úroveň vzdelania, najmä v prípade znevýhodnených skupín.
Špecifický cieľ: Zvýšiť kvalitu VŠ vzdelávania a rozvoj ľudských zdrojov v oblasti výskumu a vývoja s cieľom dosiahnuť prepojenie VŠ vzdelávania s potrebami trhu práce.
Hlavný cieľ: Účinnejšie prepojiť teoretické vzdelávanie na akademickej pôde a praktické vzdelávanie v cvičných školách a cvičných školských zariadeniach u študentov Pedagogickej (PF) a Filozofickej fakulty (FF) Katolíckej univerzity (KU) v Ružomberku a dosiahnuť tak skvalitnenie prípravy budúcich pedagógov a odborných pracovníkov.
Podaktivita č. 3: Tvorba podporných metodických a vzdelávacích materiálov

VERBUM – vydavateľstvo Katolíckej univerzity v Ružomberku
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok
2023

ISBN 978-80-561-1042-3

EURÓPSKA ÚNIA
Európsky sociálny fond
Európsky fond regionálneho rozvoja

OPERAČNÝ PROGRAM ĽUDSKÉ ZDROJE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVA, VEDY, VÝSKUMU A ŠPORTU SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Obsah

Hodina: Rastlinná bunka 3
Teoretické východiská k téme rastlinná bunka 5
Hodina: Rastlinné pletivá 7
Teoretické východiská k téme rastlinné pletivá 9
Hodina: Osmotické javy v bunke 11
Teoretické východiská k téme osmotické javy v bunke 13
Hodina: Klíčenie semien 14
Teoretické východiská k téme klíčenie semien 16
Hodina: Transpirácia 18
Teoretické východiská k téme transpirácia 21
Hodina: Fotosyntéza 24
Teoretické východiská k téme fotosyntéza 26
Hodina: Biomonitoring 27
Teoretické východiská k téme biomonitoring 29
Použitá literatúra 32
Príloha č.1 Pracovný list mikroskopická technika 33
Príloha č.2 Záznamový hárok - Biotický index 34
Príloha č.3 Zjednodušený kľúč taxónov vodných bezstavovcov 35

Hodina: Rastlinná bunka

Väzba na iŠVP: vo výkonovom štandarde iŠVP k predmetu Biológia pre gymnázium so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom v časti **Stavba a životné prejavy organizmov** a v časti **Mikrosvet / laboratórne cvičenia z biológie bunky** je uvedené, že žiak vie:

- plánovať biologický pokus, pozorovanie,
- navrhnúť pokus s cieľom potvrdiť hypotézu,
- realizovať pozorovanie, pokus,
- manipulovať s biologickým materiálom a vytvoriť natívny preparát
- pracovať s mikroskopom a zaznamenať pozorované objekty
- zaznamenať a vyhodnotiť získané údaje (napr. formou tabuliek, grafu),
- porovnať pozorované biologické materiály, objekty a javy,
- vyvodiť závery z praktickej aktivity,
- vypracovať protokol o praktickej aktivite,
- prezentovať výsledky práce ústnou a písomnou formou.

Prierezové témy:

- environmentálna výchova – vplyv podmienok prostredia na život
- ochrana života a zdravia – obsah látok v rastlinách
- tvorba projektu a prezentačné zručnosti – realizácia cvičení a prezentácia výsledkov, práca s IKT,

Medzipredmetové vzťahy:

- chémia – anorganické látky, organické látky
- matematika – výpočty
- výtvarná výchova – nákresy

Vyučovacie metódy a organizačné formy:

- samostatná práca, aktivizačný rozhovor, riadená diskusia
- praktické cvičenia

Odporúčania pre prax: Suchú suknicu cibule kuchynskej (suchá hnedá šupka na povrchu cibule) je potrebné pripraviť aspoň 24 hodín pred laboratórnym cvičením. Suknicu nastriháme na malé kúsky a vložíme do 96% etanolu a necháme 24 hodín stáť. Na pozorovanie škrobu môžeme použiť rôzne druhy obilnín, poprípade strukovín. Pri pozorovaní strukovín je vhodné najskôr semená namočiť.

Úlohy :

- Vytvorte trvalé preparáty.
- Pozorované objekty zakreslite
- Uveďte význam bunkových inklúzií pre život rastlín

Pomôcky a materiál:

- Mikroskop, preparačná ihla, podložné a krycie sklíčko, rastlinný materiál : cibuľa kuchynská (*Allium cepa*), stopka listu begónie (*Begonia* sp.), plod ruža šípová *(Rosa canina),* plod vtáčí zob *(Ligustrum vulgare),* Zemiak (*Solanum tuberosum*),plody hrušky domácej (Pyrus communis), Zebrina previsnutá (*Tradescantia zebrina*)

Postup:

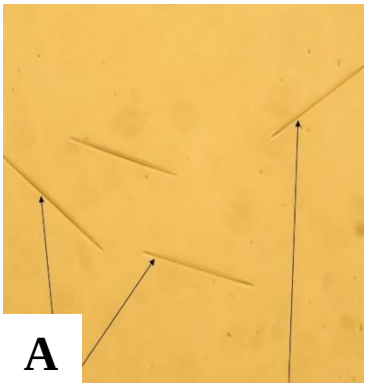
- Pre každý typ pletiva vytvorte preparát vo vodnej kvapke. Na podložné sklíčko kvapnite kvapku destilovanej vody, do kvapky ponorte rastlinný materiál tak aby vzorka bola celá ponorená vo vode. Následne prikryte krycím sklíčkom. Prebytočnú vodu odsajte filtračným papierom.
- Zväčšenie sa vypočíta ako násobok zväčšenia okuláru a zväčšenia objektívu.
- **Chromoplasty** - z červenej nažky - šípky (najlepšie premrznutej) jemne vyškriabeme preparačnou ihlou macerované pletivo (nie sklereidy) a rozmiešame v kvapke vody. Pozorujeme červené chromoplasty v bunkách, bunky s chromoplastami zakreslite.
- **Styloidy (kryštály šťavelanu vápenatého)** - z cibule použijeme suché šupky, ktoré sme deň pred pozorovaním namočili do etanolu. Narezanú suchú šupku cibule vložíme do kvapky vody, zhotovíme preparát. Pozorujeme hranolovité kryštály šťavelanu vápenatého.
- .**Rafidy (kryštály šťavelanu vápenatého)** - z narezanej stopky zebriny previsnutej prstami opatrne vytlačte obsah na podložné sklíčko do kvapky vody. V preparáte pozorujte ihlicovité kryštály šťaveľanu vápenatého
- **Zásobný škrob (lastúrovitý)** - z hľuzy zemiaku vyškriabeme preparačnou ihlou dužinu, tak aby nevznikli hrudky a umiestnime do kvapky vody na podložné sklíčko. Na preparáte pozorujeme lastúrovité škrobové zrná
- **Zásobný škrob (šošovkovitý)** - z endospermu obilky pšenice preparačnou ihlou opatrne vyškrabeme zásobné pletivo a vložíme do kvapky na podložné sklíčko, jemne premiešame a prikryjeme krycím sklíčko, tak aby nevznikli bubliny.
- Pozorované objekty zakreslite, vypočítajte zväčšenie a zapíšte protokol.

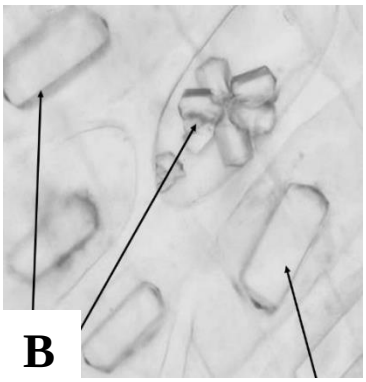
Teoretické východiská k téme rastlinná bunka

V bunkách sa nachádzajú útvary, ktoré označujeme pojmom cytoplazmové (bunkové) inklúzie. Sú to štrukturálne a biochemicky heterogénne štruktúry tvorené cudzorodými látkami alebo látkami, ktoré sú v bunke deponované ako produkt bunkového anabolizmu, katabolizmu a ako metabolické rezervy. Tieto útvary nie sú na rozdiel od živých bunkových zložiek metabolicky aktívne, teda sú to neživé súčasti bunky.

K inklúziám patria nahromadené sacharidy (**glykogén**), tukové látky (lipidové kvapôčky), bielkoviny (najčastejšie v podobe **kryštalických inklúzií**), pigmentové zrniečka i rozličné sekrečné granule. Pri chorobných stavoch, napr. pri vírusových infekciách, sa môžu v bunke vyskytovať vo forme inklúzií rôzne telieska. **Kvapalné inklúzie** tvoria v rastlinách bunkovú šťavu. Bunková šťava je heterogénna. Obsahuje predovšetkým vodu, kde sú rozpustené alebo emulgované látky: sacharidy, glykozidy, alkaloidy, aminokyseliny, triesloviny, farbivá (chlorofyl, xantofyl, karotenoidy, antokyány, flavóny), tuky, oleje, silice, živice a minerálne látky. K najrozšírenejším **kryštalickým inklúziám** patrí **šťavelan vápenatý**. Rozmanitosť tvarov a lokalizácia kryštálov je druhovo špecifická. Medzi ďalšie kryštalické inklúzie patria kryštály oxidu kremičitého, uhličitanu vápenatého. Ďalšou početnou tuhou inklúziou je **škrob**. Vzniká v chloroplastoch pri fotosyntéze. Z medziproduktu glukóza-1-fosfátu sa v chloroplastoch vytvára **asimilačný škrob** a **sacharóza**. V amyloplastoch sa sacharóza premieňa na **zásobný škrob**, ktorý sa ukladá vo forme škrobových zŕn v hľuzách, cibuliach, koreňoch alebo niektorých semenách. Zrná zásobného škrobu majú rôzny tvar, charakteristický pre jednotlivé druhy:

- lastúrovitý (hľuzy zemiaka)
- elipsovitý (semená strukovín)
- šošovkovitý - guľovitý (zrná pšenice)





Kryštály šťavelanu vápenatého: **A) rafidy** – ihlicovité kryštály šťaveľanu vápenatého v bunkách zebriny, **B) styloidy** - hranolovité kryštály šťaveľanu vápenatého v bunkách suchých sukníc cibule, **C) škrob** – lastúrovitý škrob hľuzy zemiaka.

Zásady pri mikroskopovaní:

- s mikroskopmi hýbte podľa možnosti čo najmenej, ak je to nevyhnutné, pomaly, plynulými pohybmi, vyhýbajte sa nárazom a úderom
- pri prestávke v práci s mikroskopom je vhodnejšie svetlo stlmiť než ho vypnúť a potom opakovane zapínať
- pred vložením preparátu na stolček alebo vybratím preparátu zo stolčeka mikroskopu, stolček stiahnite úplne nadol
- dívajte sa do oboch okulárov (ich vzdialenosť sa dá upraviť vzdialenosti vašich očí)
- zaostrujte pri najmenšom zväčšení, postupne objektívové zväčšenie zvyšujte
- najskôr opatrne zaostrite makroskrutkou, potom doostrite mikroskrutkou
- pri postupnom zväčšovaní nedoostrujte makroskrutkou ale len mikroskrutkou!
- používajte kombináciu zmeny intenzity osvetlenia a clonenia (viac svetla = možnosť viac zacloniť = väčšia hĺbka ostrosti)
- preostrovanie – striedavý krátky pohyb (zväčša) mikroskrutkou dopredu a dozadu – sú takto lepšie pozorovateľné najmä trojrozmerné objekty
- preparáty chytajte za okraje, nikdy nie za objekt – predídete zamasteniu a zašpineniu preparátu
- s preparátmi pracujte opatrne, dávajte pozor, aby vám nespadli, alebo aby ste ich nepoškodili pri mikroskopovaní (hlavne pri väčších zväčšeniach = dlhé objektívy)
- po skončení práce s preparátmi, pred vypnutím svetla, stlmte ho na minimum
- vypnite svetlo
- stiahnite stolček úplne dole
- skontrolujte či nie je mikroskop poškodený/zašpinený ak áno hláste vyučujúcemu
- prikryte mikroskop ochrannou fóliou

Zväčšenie biologického mikroskopu sa vypočíta ako násobok zväčšenia okuláru a objektívu. Optickým mikroskopom sa bežne dosahuje zväčšenie 50× až 1 000×. Maximálne teoretické zväčšenie je asi 2 000× a to už naráža na fyzikálne bariéry kvôli obmedzeniu dĺžky svetelných vĺn.

Mikroskopický preparát je objekt uložený medzi podložným a krycím sklom. Preparáty pre svetelnú mikroskopiu zhotovujeme buď natívne (cerstvé) alebo trvalé. U trvalých preparátu pracujeme s materiálom usmrteným, ktorý je vždy potreba zafixovať. Natívnymi preparátmi môžu byť živé objekty vo vode alebo vo fyziologickom roztoku.

Hodina: Rastlinné pletivá

Väzba na iŠVP: vo výkonovom štandarde iŠVP k predmetu Biológia pre gymnázium so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom v časti **Stavba a životné prejavy organizmov** a v časti **Mikrosvet/laboratórne cvičenia z biológie bunky** je uvedené, že žiak vie:

- plánovať biologický pokus, pozorovanie,
- realizovať pozorovanie, pokus,
- zhotoviť natívny preparát bunky,
- pozorovať vnútorné štruktúry bunky pod mikroskopom,
- vytvoriť záznam z pozorovania bunky,
- porovnať rôzne typy buniek,
- vysvetliť funkciu základných typov pletív z hľadiska zabezpečenia životných procesov rastlín,
- porovnať pozorované biologické materiály, objekty a javy,
- vypracovať protokol o praktickej aktivite,
- prezentovať výsledky práce ústnou a písomnou formou.

Prierezové témy:

- environmentálna výchova – význam morfologických adaptácií
- ochrana života a zdravia – základné funkcie živých sústav
- tvorba projektu a prezentačné zručnosti – realizácia cvičení a prezentácia výsledkov, práca s IKT,

Medzipredmetové vzťahy:

- chémia – anorganické látky, voda
- matematika – výpočet zväčšení mikroskopu
- výtvarná výchova – kreslenie

Vyučovacie metódy a organizačné formy:

- samostatná práca, aktivizačný rozhovor, riadená diskusia
- praktické cvičenia

Odporúčania pre prax: Na prácu sú najvhodnejšie čerstvé rastliny. Rezanie biologického materiálu je najľahšie robiť žiletkou na styrodurovej podložke. Parenchymatické pletivá sa nachádzajú vo všetkých dužinatých plodoch nielen v uvedených príkladoch. Kvôli lepšej viditeľnosti niektorých štruktúr, ktoré by boli nepozorovateľné môžeme preparáty zafarbiť,.

Úlohy :

- Pozorujte rôzne typy pletív podľa hrúbky bunkovej steny.
- Vytvorte trvalé preparáty.
- Pozorované objekty zakreslite

Pomôcky a materiál:

- Mikroskop, preparačná ihla, podložné a krycie sklíčko, rastlinný materiál :stržeň bazy čiernej (*Sambucus nigra*), cibuľa kuchynská (*Allium cepa*), stopka listu begónie (*Begonia* sp.), merík príbuzný (*Mnium affine*)

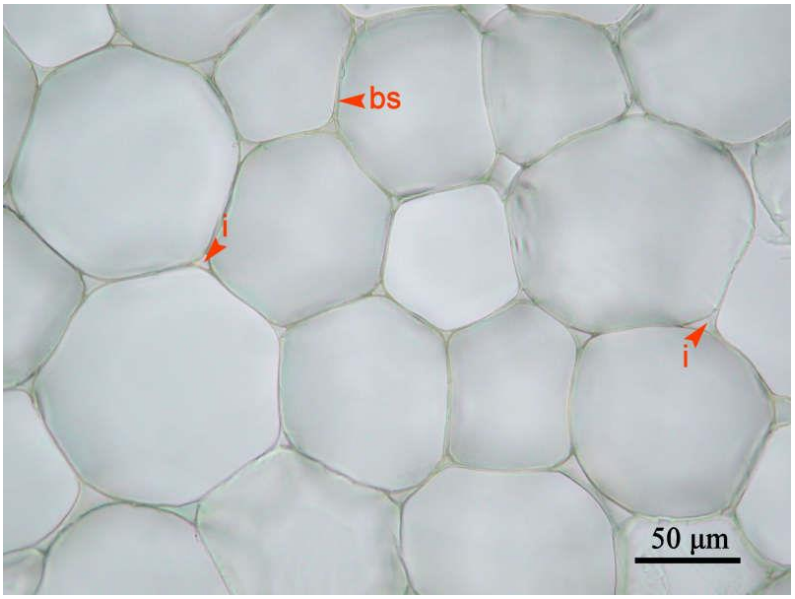
Postup:

- Pre každý typ pletiva vytvorte preparát vo vodnej kvapke. Na podložné sklíčko kvapnite kvapku destilovanej vody, do kvapky ponorte rastlinný materiál tak aby vzorka bola celá ponorená vo vode. Následne prikryte krycím sklíčkom. Prebytočnú vodu odsajte filtračným papierom.
- Pozorujte preparáty pri zväčšení 10 x 10,
- **Parenchymatické pletivo** - z vetvičky bazy čiernej uvoľnite valček drene a žiletkou z neho odrežeme tenké priečne (trnasverzálne) rezy. Na preparáte pozorujeme parenchymatické bunky s tenkými bunkovými stenami a početnými medzibunkovými priestormi (intercelulárami).
- **Kolenchymatické pletivo** - zo stopky begónie žiletkou odrežeme tenké priečne (trnasverzálne) rezy. Na preparáte pozorujeme bunky s čiastočne zhrubnutými bunkovými stenami v mieste kontaktu susedných buniek. Na preparáte môžete vidieť aj parenchymatické pletivo, ako mechanické pletivo ktoré poskytuje oporu stopke.
- **Sklerenchým** - z dužiny okolo jaderníka (tvorí výraznú tmavšiu vrstvu) pomocou preparačnej ihly vylúpneme dužinu (zhluk buniek -vytvára malé "kamienky"), rovnou časťou ihly dužinu rozpučíme na podložnom sklíčku, aby sa bunky od seba uvoľnili a boli dobre pozorovateľné.
- **Prozenchým** z listu meríku príbuzného odrežeme žiletkou tenký rez. Pomocou preparačnej ihly prenesieme vzorku na podložné sklíčko a vytvoríme preparát. Sledujeme bunky značne pretiahnuté v jednom smere so šikmými priečnymi priehradkami. Bunky vytvárajú pletivo bez intercelulár.
- Vytvorte protokol, pozorované objekty zakreslite, popíšte jednotlivé morfologické znaky a vypočítajte zväčšenie.

Teoretické východiská k téme rastlinné pletivá

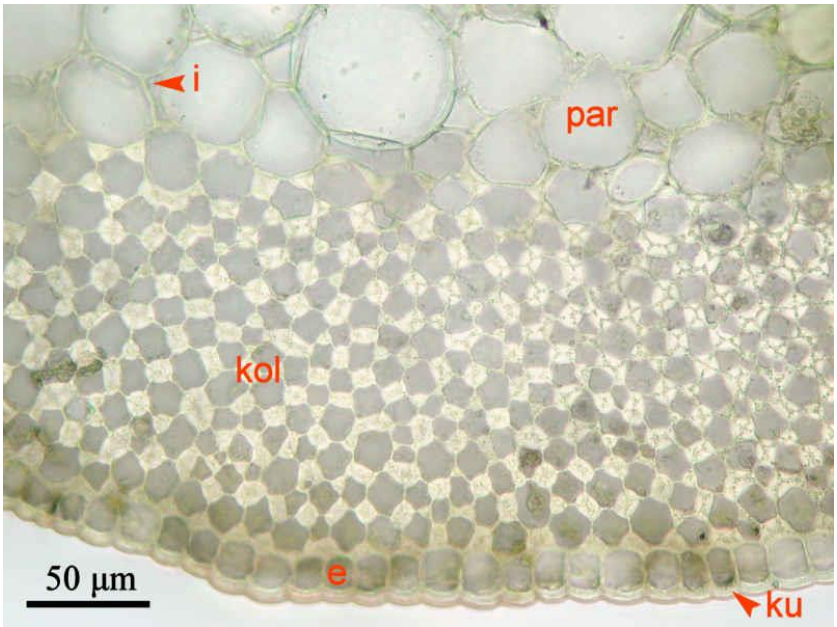
Základnou stavebnou jednotkou rastlín je bunka. Rastlinná bunka sa od živočíšnej odlišuje najmä prítomnosťou bunkovej steny, ktorej hlavná chemická zložka je celulóza. U vyšších rastlín dochádza k rozlíšeniu buniek a ich špecializácii na určitú funkciu, čím vznikajú skupiny buniek s rovnakou funkciou a tvarom - **pletivá**. Podľa funkcie, ktorú pletivá plnia, môžeme ich rozdeliť na: **delivé** (meristematické) pletivá - umožňujú rast rastlinného organizmu a **trváce pletivá** - sú špecializované na vykonávanie určitej funkcie. Základné pletivo tvoria parenchymatické bunky, ktoré vypĺňajú priestory medzi krycími a vodivými pletivami. Jeho funkcie môžu byť rôzne: **asimilačné pletivo** , **zásobné pletivo** , **vylučovacie pletivo**. Podľa veľkosti a hrúbky bunkovej steny môžeme pletivá rozdeliť na parenchým, kolenchým a sklerenchým.

Parenchým je tvorený z tenkostenných buniek, ktoré majú vo všetkých smeroch rovnaké rozmery. Bunky majú po celý čas živý protoplast, majú veľkú centrálnu vakuolu, takže cytoplazma je redukovaná na tenkú nástennú vrstvu. Medzi bunkami bývajú početné, a často veľké medzibunkové (intercelulárne) priestory. Parenchymaticeké bunky sú v rastlinnom tele pomerne hojne rozšírené, tvoria stržeň a kôru stoniek a koreňov, podstatnú časť zásobných orgánov, sú prítomné v cievnych zväzkoch.



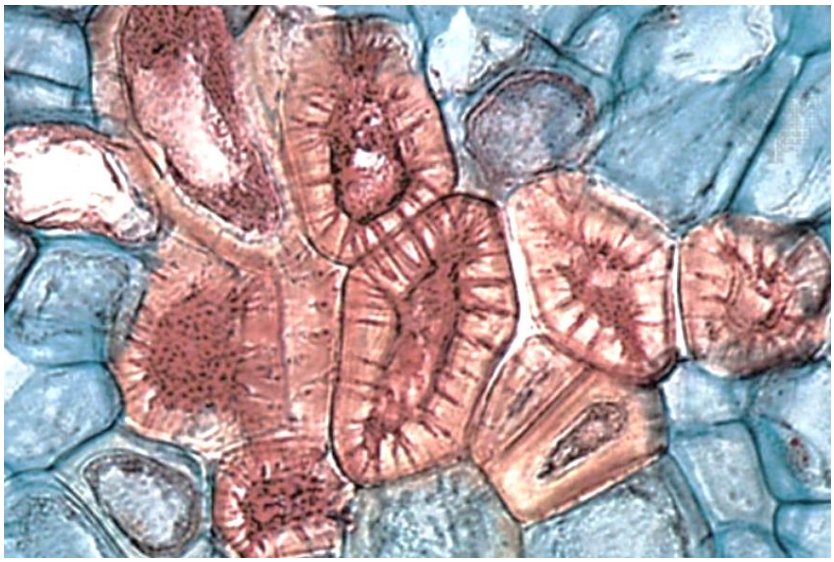
Parenchým drene vetvičky bazy (*Sambucus nigra*) bunky sú približne izodiametrické, tenkostenné, s intercelulárami, **i** – intercelulára, **bs** bunková stena,

Kolenchým je tvorený bunkami s nepravidelne zhrubnutými bunkovými stenami a živým protoplastom. Podľa typu zhrubnutia bunkovej steny rozoznávame viacero typov kolenchýmu (rohový, doskovitý atď.). Kolenchymatické pletivo plní mechanickú funkciu v mladších, vyvíjajúcich sa rastlinných orgánoch. Hojný je v stonkách, listoch i reprodukčných orgánoch, často je prítomný okolo cievnych zväzkov.



Rohový kolenchým v stonke listu repy (Beta vulgaris). Rohový kolenchym sa v stonke listu repy vyskytuje v miestach tesne pod epidermis. **e** – epidermis, **ku** – kutikula, **kol** - kolenchymatické bunky, **par** - parenchymatické bunky, **i** - intercelulára

Sklerenchým je tvorený bunkami v konečnom štádiu s odumretým protoplastom a so zhrubnutými bunkovými stenami. Tvar buniek môže byť rôzny. Sklerenchymatické bunky sú veľmi odolné voči mechanickému poškodeniu, majú teda hlavne ochrannú funkciu a všeobecne sa vyskytujú v celom rastlinnom tele. Nachádzajú sa napr. v stene kôstky slivky, v škrupine orecha, v steblách tráv.



Sklerenchymatické pletivo (červenou) - zhrubnuté sekundárne steny sú lignifikované, aby poskytli podporu okolitým rastlinným pletivám.

Hodina: Osmotické javy v bunke

Väzba na iŠVP: vo výkonovom štandarde iŠVP k predmetu Biológia pre gymnázium so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom v časti životné prejavy organizmov je uvedené, že žiak vie:

- porovnať a schematicky znázorniť základné mechanizmy príjmu a výdaja látok bunkou,
- plánovať biologický pokus, pozorovanie,
- realizovať pozorovanie, pokus,
- zaznamenať a vyhodnotiť získané údaje (napr. formou tabuliek, grafu),
- vysvetliť význam vodného režimu pre rastlinu
- vymedziť faktory, ktoré ovplyvňujú príjem a vedenie vody
- vyvodiť závery z praktickej aktivity,
- vypracovať protokol o praktickej aktivite,
- prezentovať výsledky práce ústnou a písomnou formou.
- lokalizovať jednotlivé typy pletív
- vysvetliť význam jednotlivých orgánových sústav pre fungovanie organizmu ako celku,

Prierezové témy:

- environmentálna výchova – vplyv podmienok prostredia na vodný režim rastlín
- tvorba projektu a prezentačné zručnosti – realizácia cvičení a prezentácia výsledkov, práca s IKT,
- Ochrana života a zdravia

Medzipredmetové vzťahy:

- chémia – anorganické látky, organické látky, voda
- matematika – konštrukcia grafov a tabuliek

Vyučovacie metódy a organizačné formy:

- samostatná práca, aktivizačný rozhovor, riadená diskusia
- praktické cvičenia, pozorovanie
- Práca s mikroskopom

Odporúčania pre prax: V súčasnej dobe je moderné piť demineralizovanú vodu, ktorá je zbavená všetkých minerálnych látok. Takáto voda tvorí hypotonické prostredie a neodporúča sa piť dlhodobo, pretože predstavuje zdravotné riziko.

Úlohy :

- Nakreslite plazmolyzované bunky.
- Vytvorte koncentračný rad sacharózy
- Pre každý rastlinný druh zvlášť určte koncentráciu osmotika zodpovedajúcu 50% plazmolyzovaných buniek z ich celkového počtu.
- Porovnajte získané hodnoty jednotlivých rastlinných druhov.

Pomôcky a materiál:

- Mikrosop, pinzeta, skalpel, roztok sacharózy rôznych koncentrácií
- Cibuľa (Allium cepa) - epidermis dužinatých sukníc cibule (odroda obsahujúca v epidermis anthokyany) , alebo vodomor hustý (Egeria densa) - lístky.

Postup:

- zo zásobného 1 M roztoku sacharózy pripravíme do kadičiek (20-30 ml) koncentračný rad 0 až 0,8 M sacharózy, odstupňované po 0,1 M.
- z cibule odlúpneme vnútornú epidermis a zo strednej časti narežeme žiletkou kúsky 5 x 5 mm (odoberáme epidermis vždy z rovnakej časti)
- kúsky epidermis a lístky vodomoru ponoríme do jednotlivých roztokov, udržiavame pod hladinou (šetrne, aby sme nenarušili bunky)
- po dobu inkubácie (30 minút) musíme zabezpečiť dokonalý kontakt s osmotikom (inkubačným roztokom) a vzorky počas tejto doby musíme občas premiešať, aby sme zabránili vzniku koncentračných gradientov v blízkosti rastlinného pletiva. Pre docielenie výsledkov s čo najmenšou variabilitou je vhodné použiť čo najhomogénnejšií rastlinný materiál: približne rovnako staré lístky vodomoru, alebo epidermis z jednej vrstvy suknice cibule.
- Po inkubácii rastlinný materiál montujeme do mikroskopických preparátov. Ako uzatváracie médium musíme použiť príslušné inkubačné médium! Takto získané preparáty pozorujeme pod mikroskopom a určíme podiel buniek, ktoré sú pôsobením osmoticky aktívneho inkubačného roztoku aspoň minimálne plazmolyzované.
- Získané hodnoty zapisujte do tabuľky.

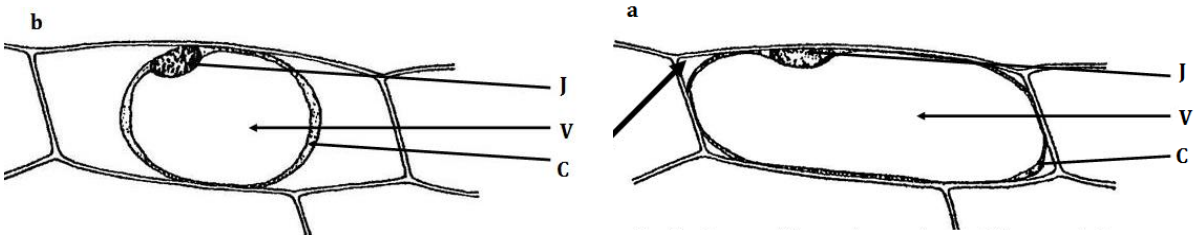
Percento plazmolyzovaných buniek pri jednotlivých koncentráciách.

	0,1 M	0,2 M	0,3 M	0,4 M	0,5 M	0,6 M	0,7 M	0,8 M
cibuľa								
vodomor								

Teoretické východiská k téme osmotické javy v bunke

Osmotické javy v bunkách sú založené na polopriepustnosti (semipermeabilite) plazmatických membrán, to znamená, že cytoplazmatickú biomembránu - plazmalemu a tonoplast - ľahko prechádzajú (difundujú) len molekuly vody a nie vo vode rozpustené látky. Rozdiely v koncentráciách roztokov sa teda vyrovnávajú len presunom vody, čo vedie k vyrovnaniu koncentrácií na oboch stranách biomembrány. Rastlinná bunka má zároveň tuhú celulóznu bunkovú stenu, ktorá obmedzuje rozťahovanie elastickej plazmalemy.

Bunka môže vodu osmoticky nasávať alebo strácať v závislosti od koncentrácie osmoticky aktívnych častíc v mimobunkovom prostredí a vo vnútri bunky, resp. v bunkovej šťave vakuoly rastlinnej bunky. Z tohto hľadiska rozlišujeme niekoľko osmotických hodnôt prostredia: **Izotonické prostredie** má rovnakú osmotickú hodnotu ako bunka, preto tu nedochádza k prúdeniu vody v akomkoľvek smere. **Hypertonické prostredie** má vyššiu koncentráciu osmotickych aktívnych častíc než bunková šťava vakuoly, napr. 1 M sacharóza či 10% roztok NaCl. Bunka v takomto prostredí stráca vodu, čím sa vakuola bunky a protoplast zmršťujú. U rastlinnej bunky nastáva **plazmolýza** (je to odťahovanie protoplastu od bunkovej steny). Plazmolýzu môžeme pozorovať, ak posolíme rozkrojenú uhorku. Soľ povyťahuje z protoplastov buniek vodu. U živočíšnej bunky nastáva zmrštenie, ktoré sa označuje ako **plazmorýza**. Toto nastáva napríklad, keď si potrieme pokožku alkoholom. Opačný proces, tzn. vyrovnávanie osmotickej hladiny bunky a prostredia, sa označuje ako **deplazmolýza**. Na jeho konci nastane izotonický stav. **Hypotonické prostredie** má nižšiu koncentráciu osmoticky aktívnych častíc ako bunka. Na rastlinnú bunku pôsobí zvýšený turgor ale bunka dokáže tomuto stavu do istej miery odolať pôsobením elastickej bunkovej steny. Ak je pôsobenie dlhotrvajúce, bunka nevydrží a praskne (napr. čerešne po dlhotrvajúcom daždi). Bunka v takomto prostredí nasáva vodu a zväčšuje svoj objem, nastáva **plazmoptýza** a niekedy dochádza k praskaniu buniek aj napriek prítomnosti bunkovej steny. Živočíšna bunka v hypotonickom prostredí praská, napr. morské prvoky v sladkej vode, osmotická lýza erytrocytov v destilovanej vode.



Plazmolýza buniek cibule. (**J**) jadro, (**V**) vakuola, (**C**) cytoplazma. **a** – hraničná (počiatočná) plazmolýza v hypertonickom roztoku. Šípka označuje miesto kde sa začína plazalema odtrhovať od bunkovej steny. **b** – pokročilá (konvexná) plazmolýza v hypertonickom roztoku.

Hodina: Klíčenie semien

Väzba na iŠVP: vo výkonovom štandarde iŠVP k predmetu Biológia pre gymnázium so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom v časti Laboratórne cvičenia je uvedené, že žiak vie:

- plánovať biologický pokus, pozorovanie,
- formulovať hypotézy,
- navrhnúť pokus s cieľom potvrdiť hypotézu,
- realizovať pozorovanie, pokus,
- zaznamenať a vyhodnotiť získané údaje (napr. formou tabuliek, grafu),
- porovnať pozorované biologické materiály, objekty a javy,
- vyvodiť závery z praktickej aktivity,
- vypracovať protokol o praktickej aktivite,
- prezentovať výsledky práce ústnou a písomnou formou.

Prierezové témy:

- environmentálna výchova – vplyv podmienok prostredia na klíčenie a rast rastlín
- ochrana života a zdravia – význam životných podmienok pre život
- tvorba projektu a prezentačné zručnosti – realizácia cvičení a prezentácia výsledkov, práca s IKT,

Medzipredmetové vzťahy:

- chémia – anorganické látky, voda
- matematika – konštrukcia grafov
- výtvarná výchova – strihanie, kreslenie

Vyučovacie metódy a organizačné formy:

- samostatná práca, aktivizačný rozhovor, riadená diskusia
- praktické cvičenia

Odporúčania pre prax: Praktické cvičenie nieje náročné na prácu ale na čas pozorovania. Úvodné cvičenie je vhodné naplánovať na 2 vyučovacie hodiny. Vystrihnutie filtračných papierov a ich pokreslenie je možné vykonať dopredu v rámci medzipredmetových vzťahov. Samotné pozorovanie robia žiaci počas prestávky, pred alebo po skončení vyučovania. Spočítanie semien zaberie cca 5min. Každá skupina pripraví 3 ks. petriho misiek, každá bude uložená v odlišných ekologických podmienkach. Vyhodnotenie robíme po 14 dňoch.

Úlohy :

- Pozorujte vplyv vonkajších faktorov na klíčenie semien.
- Zhodnoťte ktorý faktor je pre klíčenie rozhodujúci.

Pomôcky a materiál:

- petriho misky, filtračný papier, pravítko, ceruza, pinzeta, preparačná ihla, sklené guľôčky (piliny), semená ľanu siateho (Linum usitatissimum L.).

Postup:

- Z filtračného papiera vystrihneme kruh, na ktorom vyznačíme sieť 10 x 10 štvorcov. Takto nám vznikne sieť 100 štvorcov. Každý štvorec pre jedno semeno, čím uľahčíme výpočet percenta vyklíčených semien.
- Papier položíme do Petriho misiek na vrstvu sklených guľôčok alebo pilín a navlhčíme destilovanou vodou.
- Na filtračný papier pomocou pinzety alebo preparačnej ihly ukladáme semená do jednotlivých štvorcov. Petriho misky prikryjeme, pravidelne kontrolujeme a obsah udržiavame vo vlhkom stave.
- Jednu petriho misku uložíme k oknu na parapet, druhú petriho misku do chladného priestoru (chladnička), tretiu petriho misku uložíme do tmavého priestoru pri bežnej izbovej teplote.
- Po dobu 14 dní pozorujte a spočítajte počet vyklíčených semien. Zistené výsledky zapisujte do tabuľky. Semená s nevyvinutými, a deformovanými koreňmi sa za vyklíčené nepovažujú.
- Klíčivosť semien v (%) vyhodnotíme po 14 dňoch. Z tabuľky vytvorte graf klíčivosti v konkrétnych podmienkach.
- Zistené výsledky prezentujte a sformulujte záver

Vypracovanie:

Uloženie vzorky	**Celkový počet vyklíčených semien v jednotlivých dňoch pokusu**													
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
Tma														
Svetlo														
Chlad														

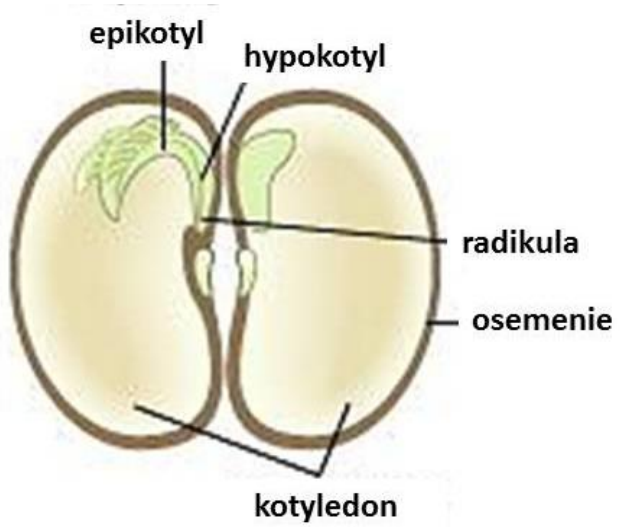
Teoretické východiská k téme klíčenie semien

Základným životným prejavom semien je schopnosť klíčiť. Klíčenie semien je stav, keď primárny koreň budúcej rastliny „prerazí“ osemenie (vonkajší obal semena). Klíčenie začína rastom korienka, ktorý po určitú dobu brzdí rast nadzemnej časti (plumuly). U dvojklíčnolistových rastlín rozlišujeme **epigeické** (asimilačné) a **hypogeické** (zásobné) klíčenie. U tráv (jednoklíčnolistových), vyrastá najprv radikula a až neskôr plumula krytá primárnym listom. Proces klíčenia štartuje príjmom vody semenom - hydratáciou pletív semena. Dochádza k zvýšeniu intenzity dýchania. Po dobu asi 24 hod. Prevažuje anaeróbne dýchanie. Prebúdza sa enzymatická činnosť a mobilizujú sa zásobné látky semena, ktoré sú následne transportované do zárodku. Medzi zásobné látky semena patria najmä škrob (obilniny, napr. pšenica, ryža, ovos), tuky (napr. slnečnica, repka olejná), bielkoviny (strukoviny, napr. sója, bôb).

Škrob: na jeho štiepení sa podieľajú najmä α-amyláza, β-amyláza a maltáza. Embryo uvoľňuje giberelíny do aleurónovej vrstvy endospermu, kde sa aktivujú gény pre syntézu hydrolytických enzýmov. Tie sú potom transportované z aleurónovej vrstvy do endospermu.

Tuky: sú rozkladané lipázou na mastné kyseliny a glycerol. Mastné kyseliny sú ďalej štiepené na acetyl Co-A, ktorý vstupuje do citrátového cyklu. Glycerol je využitý v metabolizme sacharidov.

Bielkoviny: sú štiepené proteázami na jednotlivé aminokyseliny, ktoré sú následne využité na syntézu nových katalytických, štrukturálnych a regulačných proteínov.



Stavba semena fazule (*Phaseolus vulgaris*). **Hypokotyl** podklíčnolistový stonkový článok.. Pri klíčení z neho vzniká prvý článok stonky**. Epikotyl -** prvý stonkový článok nad klíčnymi listami, ktorý nesie základy prvých lupeňovitých listov. **Radikula -** základ koreňa v embryu**. Kotyledon** – klíčne listy sú zdrojom zásobných látok pri klíčení

Rýchlosť klíčenia semien udáva energia klíčivosti. Čím je energia klíčivosti vyššia, tým rýchlejšie semená klíčia. Kvantitatívne sa udáva ako počet vyklíčených semien zo vzorky obsahujúcej 100 kusov semien v konštantných podmienkach za určitý čas vyjadrený v percentách(%). Klíčivosť malých semien, prípadne plodov sa stanoví po vyklíčení v Petriho miskách na filtračnom papieri. Klíčenie rastlín a jeho rýchlosť je podmienená viacerými faktormi. **Vnútorné faktory** sú kvalita semien, druh rastliny, tvrdé obaly, nevyvinuté embryo, a inhibítor klíčenia - enzým ABA (kyselina abcesová). Medzi **vonkajšie faktory** klíčenia patrí voda, teplota, kyslík CO2, svetlo (v neskorších fázach klíčenia). Aj semená s vysokou východiskovou klíčivosťou však môžu pri skladovaní v nevhodných podmienkach životaschopnosť rýchlo strácať.

Rast je kvantitatívne nevratný proces zväčšovania objemu a hmotnosti tela rastliny, spojený s tvorbou nových buniek v pletivách a orgánoch. Prebieha počas celého života v rastových zónach koreňa, stonky a listov. Rast zárodku od vyklíčenia po zánik rastliny nie je rovnomerný. Medzi vnútorné činitele rastu patria: **stimulátory** (látky, ktoré podporujú rast) a **inhibítory** (látky, ktoré zabraňujú ďalšiemu rastu). Príkladom takýchto látok sú **fytohormóny.** Sú schopné urýchľovať, spomaľovať alebo inak modifikovať metabolické procesy, ktorých výsledkom sú zmeny v raste a vývine. Rastové látky na rozdiel od hormónov živočíchov nemajú špecifický účinok. Medzi vonkajšie činitele patria najmä teplo, svetlo, voda a iné. Rozoznávame základné fázy rastu: **meristematická** (embryonálna) fáza – prebieha tu delivý rast. Nové bunky sa tvoria v meristematických pletivách mitotickým delením. Tento rast je veľmi pomalý a tvoria sa malé nediferencované bunky s veľkým jadrom a bez vakuol. Dochádza k zvyšovaniu počtu buniek, nie k zväčšovaniu. **Predlžovacia** (prolongačná) fáza - dochádza k rýchlemu zväčšeniu objemu buniek vodou a živinami. V bunke vznikajú nové vakuoly a jadro sa zmenšuje. Príjmom vody a živín sa zväčšuje turgor, čo spôsobuje roztiahnutie membrán a tým zväčšenie bunky. **Diferenciačná** (rozlišovacia) fáza – nastávajú kvalitatívne zmeny v dôsledku špecializácie buniek, ktorej výsledkom sú bunky rôzneho tvaru a funkcie. Tento proces je spôsobený aktivitou určitej časti genetickej informácie rastlín v bunkách. Určitá skupina génov zodpovedá za presne určenú diferenciáciu.

Hodina: Transpirácia

Väzba na iŠVP: vo výkonovom štandarde iŠVP k predmetu Biológia pre gymnázium so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom v časti životné prejavy organizmov je uvedené, že žiak vie:

- porovnať a schematicky znázorniť základné mechanizmy príjmu a výdaja látok bunkou,
- plánovať biologický pokus, pozorovanie,
- realizovať pozorovanie, pokus,
- zaznamenať a vyhodnotiť získané údaje (napr. formou tabuliek, grafu),
- vysvetliť význam vodného režimu pre rastlinu
- vymedziť faktory, ktoré ovplyvňujú príjem a vedenie vody
- vyvodiť závery z praktickej aktivity,
- vypracovať protokol o praktickej aktivite,
- prezentovať výsledky práce ústnou a písomnou formou.
- Definovať vodný režim, asimilačný a transpiračný prúd, transpirácia, gutácia

Prierezové témy:

- environmentálna výchova – vplyv podmienok prostredia na vodný režim rastlín
- tvorba projektu a prezentačné zručnosti – realizácia cvičení a prezentácia výsledkov, práca s IKT,

Medzipredmetové vzťahy:

- chémia – anorganické látky, voda
- matematika – konštrukcia grafov
- výtvarná výchova – strihanie, kreslenie
- technika – výroba aparatúry

Vyučovacie metódy a organizačné formy:

- samostatná práca, aktivizačný rozhovor, riadená diskusia
- praktické cvičenia, pozorovanie

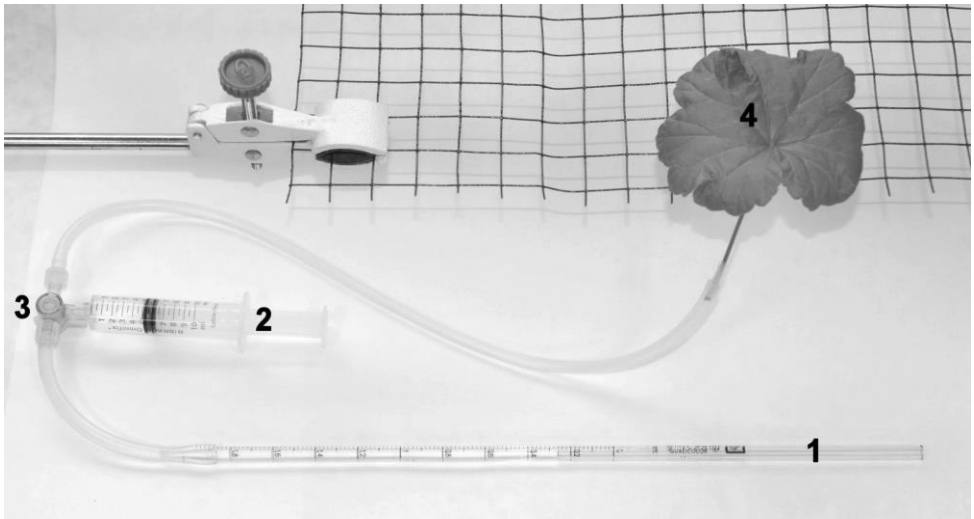
Odporúčania pre prax: Intenzita transpirácie je množstvo vody, ktorú rastlina vyparí z jednotky plochy za jednotku času. Znížiť intenzitu transpirácie môžu tzv. antitranspiračné látky, ktoré spôsobí zatvorenie prieduchov. Všetky kroky je vhodné demonštrovať, čím študentom ukážete, aké sú pri rôznych technikách dôležité skúsenosti. Opis jednotlivých krokov je samozrejme vhodné dopĺňať sprievodnými otázkami.

Úlohy :

- Stanovte intenzitu transpirácie rastlín potometrom
- Zhodnoťte ktoré faktory ovplyvňujú intenzitu transpirácie
- Porovnajte rýchlosť transpirácie u jednotlivých pozorovaných rastlín.
- V prípade vzniknutia bublinky pozorujte právanie sa bublinky a vysvetlite jej pohyb.

Pomôcky a materiál:

- Potometer, injekčná striekačka 5 a 20 ml, malý ventilátor, čierna tkanina.
- Listy rastlín slnečnice, muškátu. K práci použite čerstvé listy.



Zostava potometra pre odrezané listy. (*1) kalibrovaná pipeta, (2) ventil so striekačkou pre doplňovanie vody, (3) kohoútik, (4) meraný list.*

Postup:

- Potometer naplníme destilovanou vodou.
- Stopku listu ešte pred odrezaním omotáme kúskom parafilmu.
- Listy odrežeme pod vodou (aby stopka zostala ponorená pod vodou), aby nedošlo k prerušeniu vodivých dráh kavitáciou.
- Následne list pripojíme k hadičke potometra tak, aby v hadičke neboli žiadne vzduchové bubliny. Spojenie medzi listom a hadičkou utesníme ďalšou vrstvou parafilmu.
- Vytlačením malého množstva roztoku zo striekačky nastavíme meniskus roztoku v pipete do pravej časti stupnice. Po chvíli ustálení sa meniskus začne pohybovať smerom k listu v dôsledku zmenšovanie objemu roztoku v systéme.

- Tak, ako rastlina absorbuje vodu, sledujeme postupné ubúdanie vody v kalibrovanej kapiláre potometra. Keď meniskus dosiahne koniec kalibrovanej kapiláry, otvoríme kohútik zásobného lievika a dopustime vodu až po koniec kapiláry.
- Rýchlosť pohybu menisku zaznamenáme každé 2 minúty. Odpočet vykonávame celkom 10-krát a zistené rýchlosti pohybu prepočítame podľa kalibrácie stupnice pipety na rýchlosť úbytku roztoku v jednotkách objemu.
- Potometre umiestnime do rôznych podmienok:
  a) v normálnych laboratórnych podmienkach,
  b) v termostate pri teplote 35 °C.
  c) vedľa ventilátora.
- Transpiráciu vyjadríme ako rýchlosť príjmu vody listom prepočítanú na plochu listu.
- Po skončení merania stanovte plochu listu. Plochu listu môžete určiť pomocou analyzátora obrazu, alebo listy naskenovať a plochu určiť pomocou vhodného programu na analýzu obrazu.

Vypracovanie:

Výslednú rýchlosť transpirácie pre danú rastlinu vypočítame podľa vzťahu:

$$\mathbf{v_t = (\Delta V \times \rho) / (A \times \Delta t)}$$

v_t – rýchlosť transpirácie [g m^{-2} h^{-1}]

ΔV – zmena objemu vody v pipete [ml]

ρ – hustota vody [g ml^{-1}]

A – plocha listovej čepele [m^2]

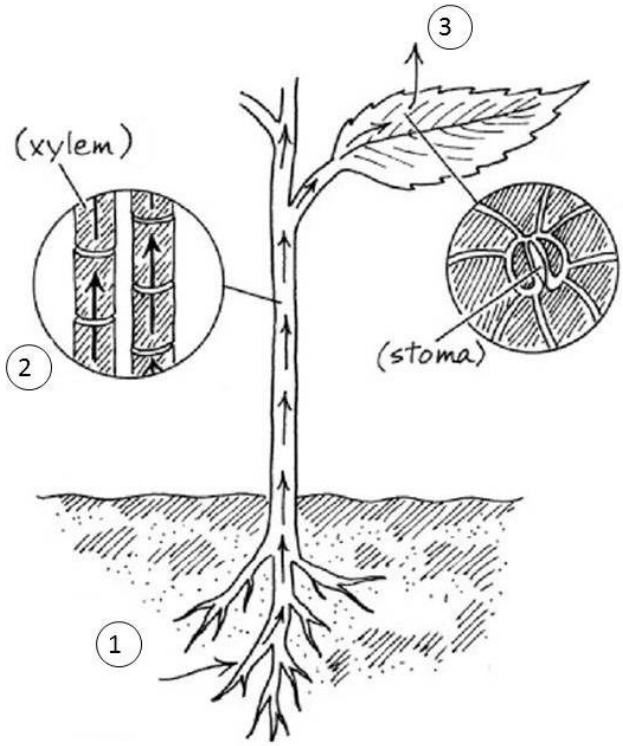
Δt – časový interval, v ktorom sledujeme úbytok objemu vody v pipete [h]

Rýchlosť transpirácie stanovenej potometrom. ***Vt*** *- objem vytranspirovanej vody v danom časovom intervale (ml),* ***V****- celkový objem vytranspirovanej vody za celý čas pokusu (ml),* ***A*** *– plocha listovej čepele (cm²), v_t - rýchlosť transpirácie [g m-2 h-1]*

Umiestnenie rastliny	Vt						V	A	v_t
Laboratórium	0	2	4	6	8	....			
Termostat °C C									
Sklenený zvon									
Prievan									

Teoretické východiská k téme transpirácia

Transpirácia je hlavným mechanizmom výdaja vody rastlinou (vyparovanie). Samotná transpirácia je pasívny dej, vodou menej nasýtená atmosféra vodu z rastlín vyťahuje. Vzniká tak podtlak, ktorý spôsobí celkový pohyb vody z koreňov až do listov, tento prúd označujeme ako transpiračný (podobne ako keď pijete slamkou). Je najdôležitejší faktor, ktorý zaisťuje prúdenie vody rastlinou. Na toku vodu sa ďalej podieľa kohézia a adhézia vody, kapilarita a koreňový vztlak. Z celkového množstva vody, ktoré rastlinou pretečie, je využité len asi 1%, zvyšok rastlinou "len" pretečie. Transpirácia tiež zabraňuje prehriatiu rastliny a ochladzuje a zvlhčuje aj okolitú atmosféru. Listnatý strom s priemerom koruny 5 metrov odparí počas horúceho dňa cca 100l vody, transpirácia je teda tiež dôležitým faktorom kolobehu vody v prírode.



Proces transpirácie. 1) Voda je nasávaná koreňmi, 2) voda prúdi xilémom z koreňa do ostatných častí rastliny, 3) voda je vyparovaná cez prieduch v listoch.

Z hľadiska životných stratégií rastlín ide o proces, ktorý do značnej miery súvisí s nutnosťou prijímať CO2 z atmosféry do intercelulárnych priestorov fotoasimilačních pletív. Keďže voda je veľmi často limitujúcim faktorom rastu rastlín, tie si v priebehu evolúcie museli vyvinúť účinné mechanizmy optimalizácie toku týchto látok. Jedná sa najmä o riadenú reguláciu otvorenia/uzavorenia prieduchov. Otváranie a uzatváranie prieduchov súvisí s procesmi fotosyntézy aj s aktuálnym stavom nasýtenosti rastliny vodou. Z hľadiska cesty, ktorou je voda z rastliny transpirovaná, rozlišujeme transpiráciu **stomatárnu** (výdaj vody

štrbinami prieduchov) a **kutikulárnu** (výdaj cez epidermis a kutikulu). Za podmienok dostatočného osvetlenia rastlín (neplatí pre CAM rastliny) a ich dostatočnej saturácie vodou intenzita stomatárnej transpirácie zvyčajne niekoľkonásobne prevyšuje intenzitu kutikulárnej transpirácie. Podiel kutikulárnej transpirácie býva vyššia u mladých listov a u listov rastlín pestovaných v tieni.

Kutikulárna (pokožková) transpirácia - Pokožkové bunky niektorých rastlín môžu byť hrubé a môžu obsahovať kutín a vosky. Kutín a vosky sú látky, ktoré majú hydrofóbny charakter, a tak znižujú priepustnosť pokožky voči vode. Vonkajšie celulózne vrstvy pokožkových buniek sú prestúpené kutínom a kutín spolu s voskami tvoria ďalšiu vrstvu, ktorá sa nazýva kutikula. V miestach so zvýšenou vlhkosťou rastliny mať kutikulu nemusia. Kutikulárna transpirácia je zvyčajne oveľa menej intenzívna, ako prieduchová transpirácie a na rozdiel od prieduchovej je neregulovateľná. Pri vlhkomilných a tieňomilných rastlinách je to až 30 % celkovej transpirácie. U rastlín mierneho pásma je kutikulárna transpirácia takmer nulová (1 %). Znížením vlhkosti vzduchu z 95 % na 50 % sa kutikulárna transpirácia zvýši 5 až 6-krát.

Prieduchová (stomatárna) transpirácia - prieduchová alebo stomatárna transpirácia je výdaj vody cez prieduchy (stómy). Voda sa odparuje z tenkostenných buniek špongiového parenchýmu do medzibunkových priestorov a cez prieduchy prechádza von. Stomatárna transpirácia je zvyčajne omnoho intenzívnejšia ako kutikulárna, ale ich vzájomný pomer sa môže meniť pod vplyvom vonkajších faktorov. Stomatárnu transpiráciu môže rastlina regulovať rôznym stupňom otvorenia prieduchovej štrbiny. U väčšiny rastlín možno pozorovať denný rytmus otvárania prieduchov; ráno sa otvárajú a večer zatvárajú. V tme je zvyčajne transpirácia mnohonásobne nižšia než za svetla. Intenzívnejšie však na vyvolanie ich zatvorenia pôsobí deficit vody: ak rastline chýba voda, prieduchy sa uzavrú aj na svetle. Uzavretie prieduchov dokáže vyvolať tiež ultrafialové žiarenie.

Gutácia (slzenie) - ak sa zníži transpirácia, najčastejšie pri parami nasýtenom vzduchu na sklonku noci, kedy teplota klesne, dochádza k vylučovaniu vody v kvapalnej forme -kvapky. Korene vodu stále prijímajú, ale vzhľadom k nedostatočnému odparu, sa voda hromadí v listoch - vzniká hydrostatický pretlak, ktorý vodu vytláča štrbinami na okraji listov (tzv. Hydatody).

Transpiračný kvocient - je množstvo vody vyjadrené v gramoch, ktoré je potrebné na produkciu jedného gramu sušiny za vegetačné obdobie. Táto hodnota má význam v ekológii aj v poľnohospodárstve. Podľa nej možno určiť produktivitu biomasy rastlín. Len približne 0,01 až 0,08 vytranspirovanej vody rastlina použije na tvorbu sušiny. Transpiračný koeficient ovplyvňujú nielen vonkajšie faktory, ale aj druh rastliny. Podľa veľkosti transpiračného koeficientu možno rastliny rozdeliť na druhy s nízkym (napr. kukurica 180 gramov), stredne

vysokým (obilniny, napr. pšenica 389 gramov, jačmeň 470 gramov), vysokým (zeleniny) a veľmi vysokým (buriny) transpiračným koeficientom.

Intenzita transpirácie

Intenzita transpirácie závisí od mnohých faktorov. Medzi vnútorné faktory pôsobiace na intenzitu transpirácie možno zaradiť ontogenetické štádium rastliny. V čase kvitnutia rastliny transpirujú veľmi intenzívne. Znížiť intenzitu transpirácie môžu tzv. antitranspiračné látky, napr. karbonylkyanid, ktorý spôsobí zatvorenie prieduchov. Látky zo skupiny alkoholov zase znížia transpiráciu tak, že vytvoria na povrchu listov tenkú vrstvu. Ďalšie stratégie sú napr. zmenšenie transpirujúcej plochy(listy drobné, stáčajúce sa, resp. rastliny bezlisté); zníženie transpirácie včasným zatváraním prieduchov v priebehu dňa; xeromorfnou modifikáciou listov, popr. stoniek (silná kutikula a vosková vrstva, husté trichómy, epidermálne bunky, prieduchy malé a vnorené pod povrch listov, kryté trichómami a pod.). Na intenzitu transpirácie vplývajú tieto ekologické faktory:

- **Vlhkosť vzduchu-** vzduch môže mať rôzny stupeň nasýtenia vodnými parami. Transpirácia prebieha vždy, pokiaľ vzduch nie je v stave maximálneho nasýtenia. Intenzita transpirácie je tým vyššia, čím je vzduch suchší. Neplatí to však úplne, pretože pri veľmi nízkej vlhkosti vzduchu (pod 20 až 10 %) sa transpirácia takmer zastaví, pretože sa uzavrú prieduchy.
- **Vietor** za bezvetria sa transpirované vodné pary hromadia nad povrchom rastlín, čím lokálne zvyšujú vlhkosť vzduchu a postupne tým znižujú intenzitu transpirácie. Vietor však neustále odstraňuje vzduch s vodnými parami a nad listy sa dostáva nenasýtený vzduch, čím je možná vyššia intenzita transpirácie. Vietor však zároveň spôsobuje vysúšanie rastliny, pri dlhodobom pôsobení jej drevnatenie a zmenšenie prieduchov, a preto je zodpovedný aj za následný pokles transpirácie.
- **Teplota -** pri jej zvyšovaní stúpa výpar a tým aj transpirácia. Pri teplote 30 °C bude pri rovnakom osvetlení, vlhkosti vzduchu a jeho prúdení intenzita transpirácie asi 9-krát vyššia ako pri teplote 0 °C. Rastliny s väčším povrchom listov a tmavším sfarbením sa absorpciou slnečnej energie rýchlejšie zohrievajú a intenzívnejšie transpirujú.
- **Pôdne faktory -** patrí sem zloženie pôdy, jej vlhkosť, obsah živín, vzduchu a ďalších plynov. Najvhodnejšia koncentrácia vody pre transpiráciu je okolo 60 % plnej vodnej kapacity pôdy.

Hodina: Fotosyntéza

Väzba na iŠVP: vo výkonovom štandarde iŠVP k predmetu Biológia pre gymnázium so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom v časti životné prejavy organizmov je uvedené, že žiak vie:

- plánovať biologický pokus, pozorovanie,
- realizovať pozorovanie, pokus,
- zaznamenať a vyhodnotiť získané údaje (napr. formou tabuliek, grafu),
- vysvetliť význam vodného režimu pre rastlinu
- vypracovať protokol o praktickej aktivite,
- analyzovať spôsoby výživy organizmov,
- vysvetliť princíp fotosyntézy,
- vymedziť podmienky fotosyntézy,
- dať do protikladu fotosyntézu a dýchanie,
- diskutovať o význame fotosyntézy v prírode,

Prierezové témy:

- environmentálna výchova – vplyv podmienok prostredia na život rastlín, vplyv znečistenia na život
- tvorba projektu a prezentačné zručnosti – realizácia cvičení a prezentácia výsledkov, práca s IKT,

Medzipredmetové vzťahy:

- chémia – anorganické látky, voda
- matematika – výpočty
- technika – výroba aparatúry

Vyučovacie metódy a organizačné formy:

- samostatná práca, aktivizačný rozhovor, riadená diskusia
- praktické cvičenia, pozorovanie, pokus

Odporúčania pre prax: Intenzita fotosyntézy sa dá zmerať prostredníctvom množstva kyslíka ktorú rastlina vylúči z jednotky plochy za jednotku času. Znížiť intenzitu fotosyntézy môžu rôzne faktory a podmienky. Účelom cvičenia je zistiť ktoré z sdaných faktorv a podmienok je pre rastliny rozhodujúci. Experiment sa dá rozšíriť o množstvo rôznych situácií, záleží len od možností školy a ochoty žiakov.

Úlohy :

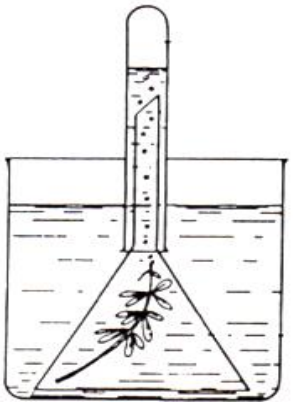
- Stanovte intenzitu fotosyntézy vodomora kanadského v rôznych podmienkach
- Zhodnoťte ktoré faktory ovplyvňujú intenzitu fotosyntézy
- Porovnajte rýchlosť fotosyntézy v jednotlivých podmienkach.
- vyhodnoťte vplyv teploty, svetla a C02 na intenzitu fotosyntézy.
- Po skončení pokusu stanovte sušinu rastlín a získané výsledky prepočítame na 1 g sušiny a 1 g čerstvej hmotnosti.

Pomôcky a materiál:

- kadičky (1000 ml, lieviky, kalibrované skúmavky, žiarovky, vodomor kanadsky (*Elociea canadensis*) , 0,1% roztok NaHCO.

Postup:

- Približne rovnako veľké rastliny vodomora umiestime bazálnou časťou hore do kadičiek s vodou podľa obrázka.
- Nad rastlinu položíme dostatočne široký lievik, tak aby prikrýval celú rastlinu. Lievik umiestnite tak aby ústil do kalibrovanej skúmavky naplnenej vodou.
- Každú hodinu zapisujeme množstvo kyslíka zachyteného v skúmavkách.
- **Pokus 1.** do 2 kadičiek dáme vodu o teplote 20 °C
- **Pokus 2.** do 2 kadičiek dáme vodu o teplote 20 °C
- **Pokus 3.** do 2 kadičiek dáme 0,1% roztok NaHCOo teplote 20 °C
- Jednu sadu kadičiek exponujeme 1m od žiarovky a druhú sadu exponujeme v tme.
- Vodné rastliny prijímajú oxid uhličitý rozpustený vo vode. Molekulový kyslík uvoľnený pri fotosyntéze je vo vode nasýtenej kyslíkom nerozpustný, a preto jeho uvoľňovanie z rastlín môžeme vizuálne pozorovať ako bublinky. Sledovaním množstva uvoľneného plynu sa môžeme presvedčiť o vplyve teploty, svetla na intenzitu fotosyntézy. Zo skúmavky odčítajte množstvo uvoľneného O2



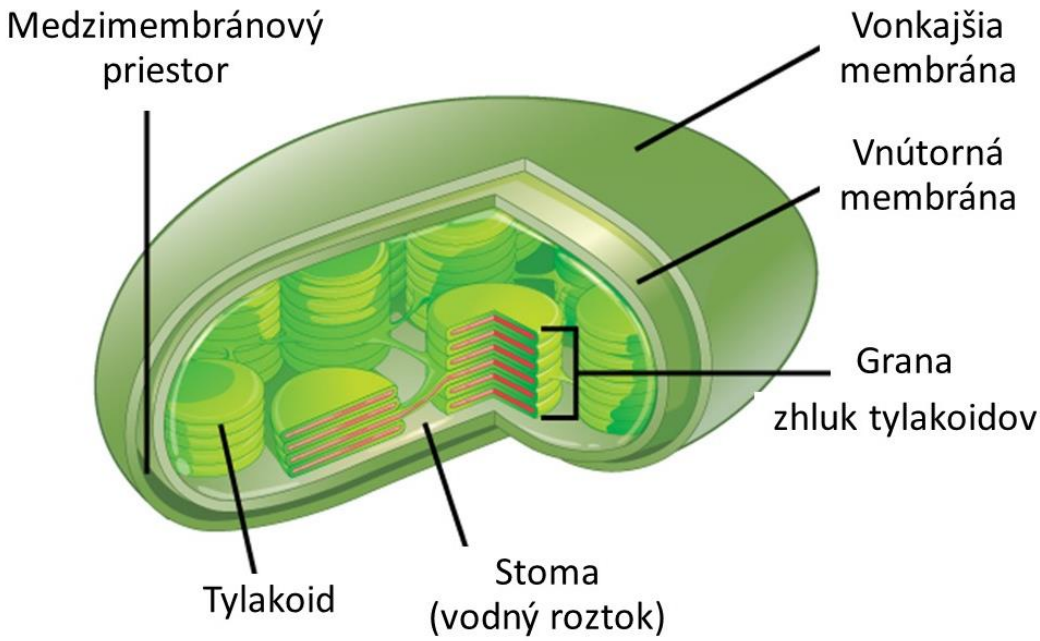
Vylučovanie kyslíka z vodných rastlín

Teoretické východiská k téme fotosyntéza

Fotosyntéza je edinečný proces, v rámci ktorého zelené /autotrofné/ organizmy **transformujú** energiu žiarenia na energiu chemických väzieb v ATP a tvorí sa $NADPH_2$, **syntetizujú organické látky** (sacharidy) a **uvoľňujú kyslík** do prostredia.

$$6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

Proces prebieha v **chloroplastoch** . Sú to fotosynteticky aktívne zelené plastidy nachádzajúce sa v zelených častiach rastlín, niektorých prvokov a rias. Chloroplasty sú obalené dvomi membránami, **vnútornou a vonkajšou semipermeabilnou membránou**. Medzi nimi sa nachádza **periplastidový priestor**. Je to veľmi dynamická štruktúra, ktorej hlavnou funkciou je účasť pri transporte novonasyntetizovaných látok do základnej cytoplazmy.



Stavba chloroplastu

Fotosyntéza má dve fázy, ktoré prebiehajú na odlišných miestach chloroplastu:

- **Reakcia závislá na svetle** (svetelná fáza, primárne deje) prebiehajú v **membráne thylakoidu**. Účinkom slnečnej energie absorbovanej fotosyntetickými pigmentami dochádza k prenosu elektrónov, ktorých energia je využitá k premene NADP + na NADPH a ďalej k pumpovaniu protónov (vodíkových katiónov H +) zo strómy do lumenu (dutiny) thylakoidov, kde vzniká ich nadbytok. Prenos protónov späť, ktorý je vďaka nižšej koncentrácii H + v cieľovom roztoku energeticky výhodný, je spojený so syntézou ATP.
- **Reakcia nezávislá na svetle** (temnostná fáza, sekundárne deje) prebieha **v strome**. Jedná sa o cyklický enzymatický pochod fixácie (viazania) oxidu uhličitého CO2 do sacharidov. Spotrebováva sa pri tom ATP a NADPH z predchádzajúcej fázy, ktoré možno potom opäť získať bunkovým dýchaním.

Hodina: Biomonitoring

Väzba na iŠVP: vo výkonovom štandarde iŠVP k predmetu Biológia pre gymnázium so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom v časti organizmus a prostredie je uvedené, že žiak vie:

- hodnotiť vzájomné pôsobenie abiotických a biotických zložiek prostredia,
- analyzovať funkcie organizmov v ekosystéme,
- schematicky znázorniť potravové reťazce organizmov,
- vytvoriť pojmovú mapu vzťahov jednotlivých zložiek ekosystému,
- zdôvodniť medzidruhové vzťahy organizmov,
- naplánovať a zrealizovať projekt o vybranom ekosystéme,obhajovať výsledky projektu,
- vysvetliť pojem bioindikátor, vie vysvetliť rôzne nároky organizmov na podmienky

Prierezové témy:

- environmentálna výchova – chápať, analyzovať a hodnotiť vzťahy medzi človekom a jeho životným prostredím , znečistenie ŽP, ochrozenie života
- ochrana života a zdravia – pobyt v prírode
- tvorba projektu a prezentačné zručnosti –prezentácia výsledkov, práca s IKT,

Medzipredmetové vzťahy:

- chémia – znečistenie ŽP, voda
- matematika – výpočty
- geografia – práca s mapou

Vyučovacie metódy a organizačné formy:

- samostatná práca, aktivizačný rozhovor, riadená diskusia
- praktické cvičenie, terénne cvičenie
- projektové vyučovanie, bádateľsky orientované vyučovanie

Odporúčania pre prax: Kvôli životným cyklom vodných bezstavovcov je najvhodnejší termín na hydrobiologický prieskum jar a jeseň. Pri práci v koryte rieky treba dbať na zvýšenú bezpečnosť. Odber bezstavovcov môže vykonať učiteľ. Odberové miesto musí byť reprezentatívne pre daný úsek toku. Dĺžka odberového miesta závisí od šírky toku. Odber sa neuskutočňuje počas obdobia kolísania hladiny (napr. povodňové stavy alebo topenie sa snehu). Je vhodné aby terénnej práci predchádzalo teoretické oboznámenie sa s problematikou bioindikácie a determinácie taxónov na vyučovacej hodine (môžeme využiť IKT).

Úlohy :

- Na základe vzoriek bezstavovcov stanovte kvalitu vody v potoku.
- Uvažujte aké zdroje znečistenia sa môžu v blízkosti vodného toku nachádzať
- Zhodnoťte význam vodných bezstavovcov
- Vytvorte poster a svoje výsledky odprezentujte

Pomôcky a materiál: petriho misky, pinzeta, lyžica, rôzne nádoby na zhromažďovanie organizmov, sieť na lov vodných bezstavovcov, kľúč na určovanie vodných bezstavovcov, záznamový hárok, kalkulačka, lupa, vhodná obuv.

Postup:

- Lokality sa označia, zistia sa ich súradnice, nadmorská výška a zakreslia sa do mapy.
- Pri odbere z dna sa sieťka drží vertikálne, pričom rám je kolmo na prúd, dole prúdom pod nohami. Otvor je orientovaný proti prúdu vody, sieťka je pritlačená ku dnu.
- Časť dna pred sieťkou (odberová plocha) s rozmermi 50 x 50 cm sa snažíme čo najlepšie rozrušiť. Pre rozrušenie substrátu na dne sa môžu použiť rôzne pomôcky.
- Uvoľnené živočíchy sú následne prúdom vody strhávané do sieťky.
- Získaný materiál sa viackrát premyje a vloží do plastovej nádoby. V nej sa premiešava s vodou tak, aby sa aj bezstavovce, prichytené na materiáli (menšie skaly, listy a pod.) uvoľnili do vody.
- Voda s bezstavovcami sa odlieva do zberných nádob tak, aby obsahovala čo najviac bezstavovcov a čo najmenej iného materiálu.
- Odber je potrebné vykonať z viacerých miest, najmä ak skúmaný úsek obsahuje rôzne habitaty a to preto, aby sme zachytili ideálne všetky rôzne druhy.
- Odobraté vzorky sa následne triedia. Pomocou pinzety, lyžice oddelíme od seba rôzne taxóny a za pomoci priloženého kľúča (príloha č.3) určíme početnosť jednotlivých skupín. Najvhodnejšie je vykonávať určovanie pri vodnom toku, aby sme živočíchy mohli vrátiť späť.
- Zo získaných údajov vytvoríme záznam a vypočítame **BIOTICKÝ INDEX** (príloha č. 2). Do tabuľky vpíšte počet zaznamenaných jedincov jednotlivých taxónov a vypočítajte celkovú hodnotu tolerancie pre jednotlivé taxóny. V tabuľke sú taxóny zoradené podľa klesajúcich nárokov na kvalitu vody, od najnáročnejších po najmenej nenáročné (tolerantné k znečisteniu).
- Zo zistených informácií vytvorte poster a závery prezentujte.

Teoretické východiská k téme biomonitoring

Voda nie je komerčným produktom, ale dedičstvom, ktoré si musíme vážiť a chrániť. Celosvetové problémy s vodou priviedli Európsky parlament k prijatiu koordinovanej vodohospodárskej politiky v členských štátoch EÚ. Dňa 22. decembra 2000 vstúpila do platnosti smernica Európskeho parlamentu a Rady č. 2000/60/EC, ustanovujúca rámec pôsobnosti Spoločenstva v oblasti vodnej politiky, nazývaná **Rámcová smernica o vode** . Smernica poskytuje legislatívny rámec pre zavedenie jednotnej vodnej politiky v krajinách EÚ. Podľa požiadaviek smernice členské štáty musia vykonať identifikáciu antropogénnych vplyvov na stav povrchových vôd a zavedenie monitorovacích programov pre povrchové vody.

Bentické makroorganizmy (**makrobezstavovce**) zohrávajú mimoriadne dôležitú úlohu vo fungovaní vodných ekosystémov. Doslova preložené to znamená makroskopické (makro) živočíchy (zoo), žijúce na dne (bentos). Pojem zahŕňa bezstavovce (evertebrata), ktoré žijú na dne v tečúcich i stojatých vodách a sú viditeľné voľným okom. Niektoré živočíchy žijú celý život vo vode (ulitníky, lastúrniky, pijavice, raky, vodné červy - Tubifex), niektoré tam prežijú len časť svojho života - väčšinou ako larvy (napr. vážky, pakomáre, komáre, potočníky, podenky). V ponímaní limnológov patria medzi makrozoobentos, resp. bentickú makrofaunu: hubky (*Porifera*), ploskulice (*Turbellaria*), pamachovky (*Kamptozoa*), machovky (*Bryozoa*), mäkkýše (*Mollusca*), mnohoštetinavce (*Polychaeta*), máloštetinavce (*Oligochaeta*), pijavice (*Hirudinea*), kôrovce (*Crustacea*), hmyz (*Insecta*): podenky (*Ephemeroptera*), vážky (*Odonata*), pošvatky (*Plecoptera*), bzdochy (*Heteroptera*), vodnárky (*Megaloptera*), sieťokrídlovce (*Planipennia*), potočníky (*Trichoptera*), chrobáky (*Coleoptera*) a dvojkrídlovce (*Diptera*).

Niekedy trvá aj niekoľko rokov (napr. vážky), kým sa z larvy stane dospelý jedinec s krídlami a veľmi často majú tieto živočíchy vlastné požiadavky na kvalitu vody. Môžu priamo odrážať ekologické podmienky ich vodných ekosystémov, lebo pre ich slabú pohyblivosť dobre charakterizujú dlhodobejšie pomery ich lokality a odrážajú zmeny v podmienkach vo vodnom ekosystéme počas ich výskytu na danom mieste. Zástupcovia makrozoobentosu sú dobré indikátory znečistenia vodného ekosystému. Každé narušenie prostredia vplýva hlavne na citlivé živočíchy, ktoré hynú v dôsledku straty pôvodných podmienok. Zostávajú len tie druhy, ktoré majú širokú ekologickú valenciu (**eurytopné**) a prežijú aj v nepriaznivých podmienkach. Niektorým môžu tieto podmienky dokonca aj vyhovovať, pretože majú viac potravy. Tak postupne dochádza k zmene zloženia (štruktúry) spoločenstva bentických bezstavovcov, mení sa **rozmanitosť (diverzita)** a mnoho ďalších charakteristík spoločenstva (cenózy). Z porovnania štruktúry nenarušeného a narušeného spoločenstva bentických bezstavovcov vychádza aj hodnotenie ekologického stavu toku, pričom sa majú porovnávať len rovnaké typy

tokov. Na rýchle hodnotenie ekologického stavu sa používajú rôzne indexy. **BMWP Score - Biomonitoring Working Party** biotický index. Predstavuje súčet bodov pridelených jednotlivým čeľadiam podľa ich citlivosti na organické znečistenie. BMWP index priraďuje jednotlivým čeľadiam skóre od 1 do 10 podľa ich vzťahu k organickému znečisteniu. Najnižšiu hodnotu 1 majú čeľade, ktoré sú citlivé na znečistenie a náročné na obsah kyslíka vo vode, ako napr. všetky pošvatky (Plecoptera), z podeniek čeľ. Heptageniidae a iné. Najvyššie skóre majú taxóny tolerantné k znečisteniu, ako napr. pakomáre (Diptera, Chironomidae).

V Belgicku, v roku 1978, vypracovalo Ministerstvo zdravotníctva tzv. Belgický biotický index (**Biotic Index at Secondary Education - BISEL**) na určovanie znečistenia vôd pomocou zastúpenia určitých druhov bezstavovcov v odobratých vzorkách, ktorý umožňuje monitorovať dlhodobý stav čistoty vody, zatiaľ čo chemickým rozborom je možné zisťovať len aktuálny stav. Ako program sa stal východiskovým pre všetky krajiny Európskej únie, aby sa výsledky bioindikácie tečúcich vôd dali porovnávať. Vznikol spojením anglického Trentovho indexu (1964) a francúzskeho biotického indexu diverzity (1968). Prepojením výhod oboch indexov vznikol práve belgický biotický index, ktorý je podporovaný aj mimovládnou organizáciou Green Belgium.

Makrozoobentos je považovaný za najvhodnejšie společenstvo pre bioindikácie. Výhody použitia bentických bezstavovcov na hodnotenie kvality povrchových vôd môžeme zhrnúť do nasledovných bodov:

1. veľká rozmanitosť a abundancia (početnosť) druhov všetkých sladkovodných biotopoch,
2. kvantitatívne vzorkovanie je jednoduché a lacné, nie sú potrebné drahé prístroje,
3. dĺžka života mnohých druhov umožňuje zachytenie situácie na stanovišti počas niekoľkých mesiacov alebo aj rokov,
4. je preukázaná významná schopnosť spoločenstva bezstavovcov reagovať spoločne na pôsobenie environmentálnych stresov; rôzne druhy reagujú na rozdielne typy znečistenia,
5. majú prevažujúci relatívne prisadlý spôsob života - prítomnosť väčšiny taxónov je v priamej relácii na podmienky v mieste ich odchytu,
6. ich spôsoby života (fázy ich vývoja, potravné a ďalšie nároky) sú relatívne dostatočne preskúmané a známe,
7. taxonómia mnohých skupín je dobre známa a sú k dispozícii jednoduché určovacej kľúče s ich priradením ku kvalite vody,

Metodika hydrobiologického prieskumu

Odber vzoriek biologického materiálu sa vykonáva štandardnými hydrobiologickými metódami. Jednotlivé nástroje a metódy sa používajú v závislosti od typu prostredia v ktorom vzorkujeme, ako aj od skupiny organizmov, resp. cieľa vzorkovania. Na dosiahnutie porovnateľných výsledkov musí odber vzoriek za stanovený čas pokryť stanovený, alebo sa stanoví plocha dna ktorú detailne preskúmame. Na odber používame hydrobiologickú lovnú sieť.

Rôzne typy používaných hydrobiologických lovných sietí

Veľké živočíchy (slimáky) zbierame ručne z plochy približne 0,25 m2 (0,5 m šírka x 0,5 m proti prúdu) pred sieťou. Ak sa na dne nachádzajú väčšie kamene, tieto pod vodou pred sieťou očistíme tak aby živočíchy prúd stiahol do siete. Ostatný materiál dna dôkladne rozryjeme. Najbežnejšie používanou metódou pri odbere bentosu je tzv. kopacia technika (kick-sampling), pri ktorej kopaním, resp. prehrabávaním rozrušujeme dnový substrát, čím sú bentické bezstavovce uvoľňované z dna do vodného stĺpca, kde ich zachytíme. Odobratý materiál sa ukladá do väčšej nádoby. Snažíme sa odobrať vzorky zo 4 miest, ktoré pokryjú 1m^2 (4 x 0,25 m^2) toku.

Odber vzoriek do hydrobiologickej lovnej siete

Použitá literatúra

ADÁMEK, Z., HELEŠIC J., MARŠÁLEK B., RULÍK M. 2010. Aplikovaná hydrobiologie. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 350 s. ISBN 978-80-87437-09-4.

BERACKO, Pavel, Eva BULÁNKOVÁ, Tomáš ČEJKA, et al., RÚFUSOVÁ, Andrea, Pavel BERACKO a Eva BULÁNKOVÁ, eds. *Bentické bezstavovce a ich biotopy*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2017. ISBN 978-80-223-4461-6

HAUER, F. R., LAMBERTI, G. A. 2007: Methods in Stream Ecology. Elsevier, Academy Press. 877

CHOLVADOVÁ, B., ERDELSKÝ, K., MASARIVIČOVÁ, E.: Praktikum z fyziológie rastlín. 1. vydanie, Bratislava : Vydavateľstvo UK, 1999, ISBN 80-223-1326-2.

NOVÁK, J., SKALICKÝ, M: Botanika. Cytologie - Histologie - Organologie – Systematika Powerprint, 2013, 336 s.

OPRAVILOVÁ, V., KNOZ, J. Základy mikroskopické techniky. Brno: Masarykova univerzita, Vyd. 1. 1992.

RÁCZ, BARBARA & KOTROCZÓ, ZSOLT & VINCZE, GYÖRGY & DOBI, LÁSZLÓ & POSTA, JÓZSEF. (2010). Biotic index at secondary education level and its adaptation in the sustainable development (Hungary). Studia Universitatis Vasile Goldis Arad, Seria Stiintele Vietii. 20.

REPČÁK, M., GREJTOVSKÝ A.: Návody na cvičenia z fyziológie rastlín. 2. preprac. vyd. UPJŠ Košice, 2002, 80 s.

RYPLOVÁ, R. Fyziologie rostlin. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2014, 113 s. ISBN 978-80-7394-499-5.

SUKOP I. 2006. *Ekologie vodního prostředí*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 199 s. ISBN 80-7157-923-8.

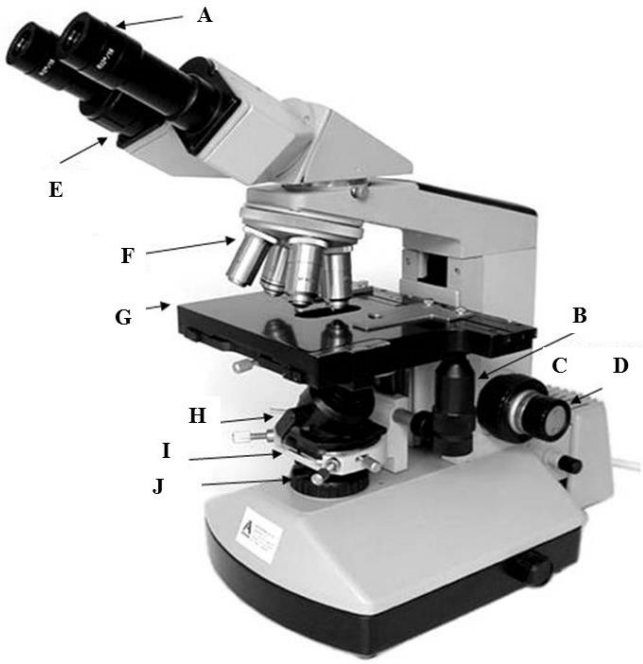
SLÁDEČEK V., ROTHSCHEIN J., ZELINKA M. 1981. Biologický rozbor povrchovej vody. Komentár k ČSN 83 05 32 – části 6: Stanovení sapróbniho indexu. Praha, Vyd.Úřadu pro normalizaci a měření, s. 186

ZELINKA M., MRÁZEK K., ŠKOLLOVÁ M., KUBÍČEK F., HELEŠIC J., SEDLÁK E., KNOZ J., HORÁK P., BERNARDOVÁ I., MARVAN P., 1995. Příručka saprobiologického monitoringu státní vodohospodářské bilance. VÚV TGM Brno.

VINTER, V: Rostliny pod mikroskopem; základy anatomie cévnatých rostlin. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009.

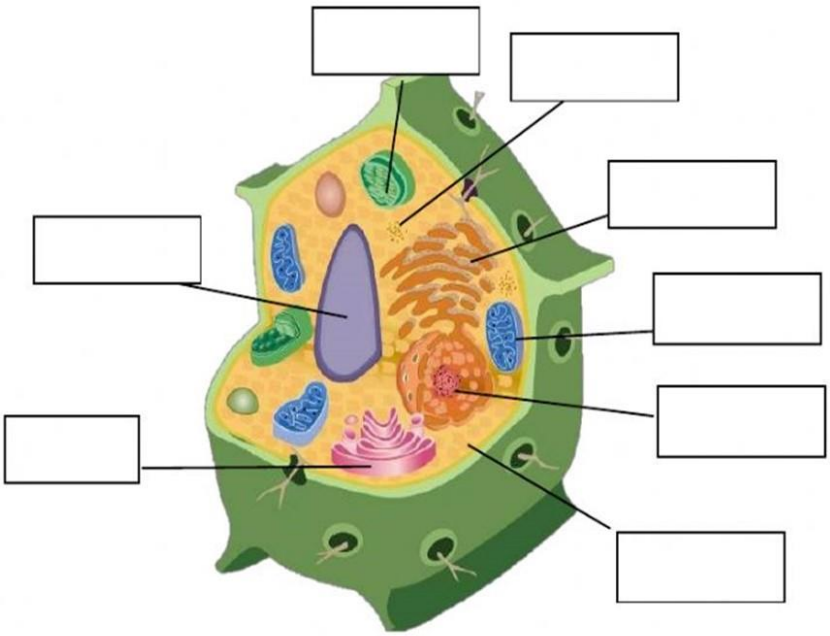
Príloha č.1 Pracovný list mikroskopická technika

Do priloženej tabuľky napíš časti svetelného mikroskopu



A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	
J	

Pomenuj časti bunky



Ribozómy

Cytoplazma

Golgyho aparát

Mitochondrie

Chloroplasty

Endoplazmatické retikulum

Vakuola

Jadro

Príloha č.2 Záznamový hárok - Biotický index

Taxón	Počet jedincov		Hodnota tolerancie znečistenia		Celková hodnota tolerancie znečistenia
Pošvatky (*Plecoptera*)		x	1	=	
Podenky (*Ephemeroptera*)		x	2	=	
Potočníky (*Trichoptera*)		x	3	=	
Chrobáky (*Coleoptera*)		x	3	=	
Vodnárky (*Megaloptera*)		x	3	=	
Šidlá (*Anisoptera)*		x	4	=	
Šidielka (*Zygoptera*)		x	4	=	
Desaťnožce (*Decapoda*)		x	5	=	
Rôznonôžky (*Amphipoda)*		x	5	=	
Ulitníky (*Gastropoda*)		x	7	=	
Rovnakonôžky (*Isopoda*)		x	8	=	
Pijavice (*Hirudinea)*		x	9	=	
Dvojkrídlovce (*Diptera)*		x	10	=	
Máloštetinavce (*Oligochaeta*) vodné červy		x	10	=	
Celkový počet jedincov (N)			Tolerancia spolu (T)		

$$BI = \frac{T}{N} = _____$$

Biotický index [ ]

Kvalita vody [ ]

Biotický index	Kvalita vody	Stupeň organického znečistenia
0 - 3,7	**Veľmi dobrá**	Bez zjavného organického znečistenia
3,7-5,0	**Dobrá**	Čiastočné organické znečistenie
5,1-6,5	**Zhoršená**	Výrazné organické znečistenie
6,6-10,0	**Veľmi zlá**	Ťažké organické znečistenie

Príloha č. 3

Príloha č.3 Zjednodušený kľúč taxónov vodných bezstavovcov

Pošvatky
Index tolerancie 1

Podenky
Index tolerancie 2

Potočníky
Index tolerancie 3

Chrobáky
Index tolerancie 3

Vodnárky
Index tolerancie 3

Šidlá
Index tolerancie 4

Šidielka
Index tolerancie 4

Rôznonôžky
Index tolerancie 5

Desaťnožce
Index tolerancie 5

Ulitníky
Index tolerancie 7

Rovnakonôžky
Index tolerancie 8

Pijavice
Index tolerancie 9

Dvojkrídlovce
Index tolerancie 10

Červy
Index tolerancie 10

ISBN 978-80-561-1042-3