

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Katedra botaniky



**Výukové materiály k tématu biologie rostlin pro  
učitele středních škol**

diplomová práce

**Markéta Homolová**

Učitelství biologie pro střední školy – Učitelství geologie  
a ochrany životního prostředí pro střední školy

Prezenční studium

Vedoucí práce: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

Olomouc 2016

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, řídila jsem se pokyny svého vedoucího práce a předepsanou literaturou.

V Olomouci dne:

Bc. Markéta Homolová

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucímu své diplomové práce PaedDr. Ing. Vladimíru Vinterovi, Ph.D., za cenné rady, odpovědi na mé dotazy, ochotu vždy pomoci, trpělivost a také za veškerý čas, který mé práci věnoval.

# BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Jméno a příjmení: Bc. Markéta Homolová

Název práce: Výukové materiály k tématu biologie rostlin pro učitele středních škol

Typ práce: Diplomová

Pracoviště: Katedra botaniky

Vedoucí práce: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2016

Abstrakt: Cílem této diplomové práce je zpracovat ucelený přehled výukových materiálů z tematické oblasti biologie rostlin používaných v hodinách biologie na středních školách a zaměřit se zejména na podrobnější popis vegetativních orgánů rostlin a také vzájemně propojit učivo o jejich anatomické stavbě, morfologii a fyziologii. Diplomová práce může sloužit středoškolským pedagogům, zájemcům o tuto problematiku, ale také žákům středních škol. Součástí práce jsou prezentační CD, laboratorní cvičení, didaktické testy i pojmové mapy.

Klíčová slova: anatomie, morfologie, fyziologie, organologie, ontogeneze, kořen, stonek, list

Počet stran: 93

Počet příloh: 8

Jazyk: český

# **BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION**

Autor's first name and surname: Bc. Markéta Homolová

Title: Plant biology education support for high school teachers

Type of thesis: Diploma thesis

Department: Department of Botany

Supervisor: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

Year of the thesis defence: 2016

Abstract: The main aim of my diploma thesis is to develop an integrated overview of educational materials in biology class, especially more detailed description of the vegetative organs of plants. I also try to interconnect anatomy, morphology and physiology of individual vegetative organs of plants. The thesis can serve teachers of secondary schools, those interested in this issue, as well as secondary school pupils. The diploma thesis includes presentation CD, laboratory exercises, educational tests and concept maps.

Keywords: anatomy, morphology, physiology, organology, ontogenesis, root, stem, leaf

Number of pages: 93

Number of appendices: 8

Language: Czech

# OBSAH

Úvod a cíle diplomové práce.....	7
<b>1. Teoretická část s přehledem literatury.....</b>	<b>9</b>
1.1. ROSTLINNÉ ORGÁNY, PŘECHOD ROSTLIN NA SOUŠ.....	9
1.2. TELOMOVÁ TEORIE.....	10
1.3. ONTOGENETICKÝ VÝVOJ CÉVNATÝCH ROSTLIN.....	11
1.4. VEGETATIVNÍ ORGÁNY .....	12
1.5. KOŘEN.....	13
1.6. STONEK.....	23
1.7. LIST.....	29
1.8. DIDAKTICKÁ ČÁST .....	39
1.8.1. VZDĚLÁVACÍ SYSTÉM ČR.....	39
1.8.2. ZAČÍNÁJÍCÍ UČITEL .....	39
1.8.3. DIDAKTICKÉ ZÁSADY V HODINÁCH BIOLOGIE.....	40
1.8.4. HYGIENA A BEZPEČNOST PRÁCE VE VÝUCE BIOLOGIE .....	41
1.8.5. PŘÍPRAVY NA HODINY .....	42
1.8.6. DIDAKTICKÉ TESTY .....	42
<b>2. Materiál a metodika .....</b>	<b>44</b>
<b>3. Praktická část .....</b>	<b>45</b>
3.1. NÁVRH OSNOVY PÍSEMNÉ PŘÍPRAVY ZAČÍNÁJÍCÍHO UČITELE.....	45
3.2. TÉMA HODINY: KOŘEN.....	51
3.3. TÉMA HODINY: STONEK.....	61
3.4. TÉMA HODINY: LIST.....	71
<b>4. Diskuze .....</b>	<b>84</b>
<b>5. Závěr.....</b>	<b>87</b>
<b>6. Použitá literatura a internetové zdroje .....</b>	<b>88</b>
<b>7. Přílohy .....</b>	<b>94</b>

## Úvod a cíle diplomové práce

Rostliny se na naší planetě vyskytují stovky milionů let. Jsou nezbytné pro život z důvodu produkce kyslíku, jsou základem potravní pyramidy jako primární producenti, představují také hlavní složku naší stravy a potravy mnoha živočichů, hojně se používají jako základní suroviny v různých průmyslových odvětvích. Pro proces fotosyntézy, při němž se do ovzduší uvolňuje kyslík, je nejdůležitější částí rostliny list. V potravinářském průmyslu pak kromě listu využíváme i kořen nebo stonek, které následně konzumujeme v čerstvé nebo upravené formě jako zeleninu. V případě dřevozpracujícího průmyslu používáme kmeny stromů například pro výrobu papíru, nábytku, topných surovin apod. (Marinelli, 2006). S rozmanitým využitím rostlin a funkcí jejich vegetativních orgánů jsou seznamováni studenti na středních školách. K tomuto tématu existuje mnoho vzdělávacích materiálů, často různé kvality, které jsem se rozhodla ve své práci zpracovat, a vytvořit na jejich základě ucelený přehled dané problematiky.

Na následujících stranách se snažím především o zdůraznění souvislostí mezi morfologií, anatomií a fyziologií vegetativních rostlinných orgánů, protože jejich vzájemná propojenost není uvedena v žádné česky psané učebnici botaniky (biologie). Nedílnou součástí mé práce představuje také tvorba písemných příprav pro jednotlivé hodiny včetně didaktických testů, které poslouží jak mně, tak i ostatním pedagogům. A v neposlední řadě jsem se soustředila i na materiály pro konkrétní laboratorní a praktická cvičení týkající se organologie a fyziologie rostlin zahrnující práci v laboratořích, na školním pozemku i vycházky do přírody. Práce v terénu v rámci běžné výuky na školách velmi chybí, žáci většinu hodin tráví uvnitř školní budovy, učí se pomocí obrázků a fotografií. Nemohou tak pozorovat živé rostliny na vlastní oči v jejich přirozeném nebo umělém prostředí. Z tohoto důvodu se mnou navrhovaná praktická cvičení mají odehrávat nejen v budově školy, ale také venku v přírodě. Přínosem pro žáky i jejich pedagogy mohou být také pojmové mapy kořene, stonku a listu, které poslouží ke shrnutí a jasné vizualizaci důležitých informací. Veškeré uvedené materiály mohou pedagogové využít jak v klasických hodinách biologie, tak v laboratorních cvičení či v zájmových kroužcích a při dalších popularizačních aktivitách. Zároveň slouží pro širokou veřejnost zajímaví

se o tuto problematiku. Touto prací bych chtěla pedagogům ukázat jednu z možných cest, jež mohou zvolit a využít tak teoretické poznatky i v praxi.

Cíle mé diplomové práce lze shrnout takto:

1. vypracování literární rešerše k zadanému tématu
2. tvorba dokumentačního materiálu (fotografie, obrázky aj.) k následnému didaktickému zpracování
3. didaktické zpracování daného materiálu formou vzorových písemných příprav pro výuku biologie a prezentačního CD, včetně návrhů pro praktická cvičení, kontrolních vědomostních testů, pojmových map a didaktických her s důrazem na integraci učiva organologie a fyziologie rostlin
4. vypracování metodické příručky pro učitele



# 1. Teoretická část s přehledem literatury

## 1.1. ROSTLINNÉ ORGÁNY, PŘECHOD ROSTLIN NA SOUŠ

Disciplína zabývající se zkoumáním orgánů rostlin se nazývá organologie. Bývá chápána jako součást morfologie rostlin, vědního oboru zaměřujícího se na vnější stavbu rostlin. Z širšího hlediska se k morfologii řadí i anatomie rostlin, která se zabývá vnitřní stavbou rostlinných struktur (Novák, Skalický, 2008).

První rostliny žily ve vodním prostředí. Přechod z vody na souš závisel na anatomicko-morfologických a fyziologických adaptacích rostlin a byl umožněn kvůli proměnám ekologických podmínek v přírodě, mezi něž patří: atmosférické sucho, přímé sluneční záření, odlišný způsob příjmu minerálních látek – vody a uhlíku, zvýšené působení gravitace apod. (Vinter, Macháčková, 2013).

Nejjednodušší tělesnou stavbu mají nižší bezcévné rostliny – jejich tělo je tvořené stélkou a nemají tudíž diferencované jednotlivé rostlinné orgány. Pouze u některých řas a mechorostů v rámci stélky rozlišujeme přichytná vlákna – rhizoidy, lodyžky – kaloidy a lístky – fyloidy. Nejdůležitějším momentem přechodu rostlin z vody na souš byl vývin specializovaných vodivých pletiv, která umožnila transport anorganických i organických látek na delší vzdálenost. Vznikl i zpevňující mechanický skelet, který sloužil jako ochrana proti větru. Dále toto mechanické pletivo umožňovalo syntézu ligninu, který zpevnil celulózní buněčné stěny (Vinter, Macháčková, 2013).

Za předchůdce našich recentních cévnatých rostlin považujeme zástupce rodu *Cooksonia*. Tento rod vznikl ve středním siluru a je řazen do oddělení *Protracheophyta*. Tělo předchůdců cévnatých rostlin bylo složeno z rhizomoidů, telomového původu, které zastupovaly funkci dnešních kořenů, sloužily tedy k zakotvení rostlin, k čerpání živin a vody. Povrch nadzemní části rostlin kryla epidermis (pokožka) s kutikulou, jež rostlinám bránila vysychat a sloužila jako ochrana před slunečním zářením, nacházela se v ní stomata (průduchy) umožňující rostlinnému organismu regulaci vody, termoregulaci a transpiraci. Vývoj a ochranu výtrusů zajišťovaly stěny výtrusnic, které byly vícevrstevné a obsahovaly sporopolenin (Vinter, Macháčková, 2013).

U recentních cévnatých rostlin tělo nazýváme kormus a rozlišujeme u nich vegetativní orgány, kterými jsou stonek, kořen, list. Tyto rostlinné orgány jsou tvořeny souborem pletiv, které mají charakteristickou stavbu, plní určité funkce a umožňují život jedince. Mezi významné funkce vegetativních orgánů patří výživa, růst a výměna látek mezi rostlinou a vnějším prostředím. U rostlinných orgánů může docházet k přeměně neboli metamorfóze (modifikaci). Metamorfóza je způsobena vnějšími podmínkami prostředí, například orgán, který má plnit svou primární funkci, plní i jinou funkci, ke které se musí anatomicko-morfologicky adaptovat. Orgány stejného původu, ale s odlišnou funkcí označujeme jako homologické – např. asimilační listy. Orgány různého původu, ale se stejnou funkcí označujeme jako analogické – například rhizoidy (Kincl, et al., 2008, Novák, 1972, Novák, Skalický, 2008; Vinter, Macháčková, 2013).

## 1.2. TELOMOVÁ TEORIE

Lidé se o rostliny zajímali a studovali je už od dávných dob. Doklady o tomto zájmu najdeme prakticky ve všech starověkých kulturách. Například Aristotelův žák Theophrastus, žijící v letech 370 – 285 př. n. l., napsal dílo *Historie rostlin*, v němž se zmiňuje o morfologii kořene, stonku, listu, plodu i květu. Starověcí učenici si už také uvědomovali, jakou má kořen funkci (příjem živin a ukotvení rostliny v půdě), že je morfologicky rozdělen na část hlavní, vedlejší i adventivní. Další poznatky k vývoji vegetativních orgánů přinesli Marcello Malpighi a Nehemiah Grew, kteří v 17. století pomocí mikroskopu probádali funkci listů, květů i anatomickou stavbu kořenů, díky tomu jsou také považováni za zakladatele rostlinné anatomie. I básník Johann Wolfgang Goethe se na studiu rostlin podílel. Výsledky svých pozorování sepsal do díla s názvem *Pokus o vysvětlení metamorfózy rostlin*. Zavedl pojmy homologie a analogie orgánů. Na Goethovu myšlenku navázal Wilhelm Troll, pokusil se ji rozšířit a zaznamenat ve svém obrovském díle nazvaném *Srovnávací morfologie vyšších rostlin* (nebere však ohled na ontogenezi). Ani dnes nepanuje v oblasti evoluce rostlinných orgánů jednoznačně uznávaná teorie. Současný německý botanik Wolfgang Hagemann prosazuje názor, že vznik kořenu nesouvisí se vznikem stonku. Jiný pohled na věc má anglická botanička Agnes Arber, která tvrdí, že kořen a listy patří částečně k prýtu. Toto tvrzení prosazují i další zastánci tzv. kontinentální morfologie. Tvůrce

dalšího teoretického konceptu – telomové teorie – německý fytopaleontolog W. Zimmermann považuje kořen za homologický se stonkem (Klimešová, 2005).

W. Zimmermann (1930) popsal vznik orgánů cévnatých rostlin, které podle něj vznikly z tzv. telomů. Za telomy považoval jednožilné, asimilující, dichotomicky větvené, koncové osově orgány. Vytvořil také klasifikaci vzniku nových rostlinných struktur, a to podle morfogenetických procesů, jež jsou na sobě nezávislé. Jedná se o následující kategorie (Novák, 1972; Vinter, Macháčková, 2013):

- a) převršení – představuje změnu ve větvení telomů z rovnoměrného na nerovnoměrné a převršením dceřiného telomu vznikají telomy hlavní a vedlejší. Tímto procesem vznikly stonky s postranním větvením, tedy holoblasticky větvené stonky i například žilnatina listů se zpeřeným typem;
- b) planace – došlo ke srovnání telomů do jedné roviny, čímž se utváří budoucí ploché orgány;
- c) kladodifikace – zploštěním telomů vznikly některé mikrofylní typy listů, které mají jehličnaté stromy;
- d) syntelomizace – srůstem telomů je vysvětlen vznik megafylního typu listu, který mají listnaté stromy;
- e) redukce – zmizením některých telomů, dokonce i celých telomových soustav je popsán vznik jehlicových a šupinových listů u jehličnanů;
- f) zakřivení – jedná se o změnu růstu pletiv, v jejímž důsledku došlo ke změně polohy sporangií u kapradin.

Telomovu teorii ve svých pracích popisují například tyto autoři: Fahn, 1990; Novák, 1972; Novák, Skalický, 2008; Raven, et al., 1999; Rosypal, et al., 1994; Vinter 2009; Vinter, Macháčková 2013.

### 1.3. ONTOGENETICKÝ VÝVOJ CÉVNATÝCH ROSTLIN

Ontogenetický vývoj rostlin dělíme do čtyř období, které popisují tyto autoři: Fahn, 1990; Jeník, et al., 1965; Kincl, et al., 2008; Raven, et al., 1999; Romanovský, et al., 1985; Rosypal, et al., 1994; Taiz, et al., 2015; Vinter, 2009; Vinter,

Macháčková, 2013 aj. Ve své práci vycházím z: Taiz, et al., 2015; Vinter, Macháčková, 2013.

V životě rostlin lze rozlišit několik vývojových fází.

1. Embryonální – začíná diploidní zygotou, ze které následně mitotickým dělením vzniká embryo. Z embrya po období dormance vyrůstá mladý sporofyt. Embrya dělíme na unipolární a bipolární. Unipolární embrya mají výtrusné cévnaté rostlin, kdežto bipolární embrya najdeme u nahosemenných a krytosemenných rostlin. Bipolární embryo, jak napovídá jeho název, má dva póly – vegetační vrchol plumulu a pól primárního kořínku radicle.
2. Juvenilní – dochází ke klíčení semene, růstu a vývoji vegetativních orgánů u semenných rostlin. Při klíčení semen z plumuly vyrůstá první stonkový článek tzv. epikotyl (pozitivní gravitropismus) – pokud jsou listy ve střídavém postavení, tak se článek mezi prvními dvěma listy nazývá mezokotyl. Dále vyrůstají děložní listy a první podděložní článek tzv. hypokotyl (negativní gravitropismus), který ve spodní části přechází v mladý kořínek – radicle. Rozlišujeme dva způsoby klíčení sporofytu:
  - a) epigeické, při kterém jsou děložní listy a plumula vyneseny rostoucím hypokotylem nad povrch půdy. Epigeické klíčení můžeme pozorovat například u borovice, buku, javoru;
  - b) hypogeické, při kterém dělohy zůstávají v půdě a nad povrch půdy vyrůstá epikotyl s plumulou. Hypogeické klíčení sporofytu lze sledovat například u dubu, hrachu a pšenice (Klimešová, 2006).
3. Adultní – v tomto období se zakládají reprodukční orgány.
4. Senescentní – dochází k odumírání rostliny.

#### 1.4. VEGETATIVNÍ ORGÁNY

Za vegetativní orgány vyšších rostlin považujeme kořen, stonk a list. Jejich hlavní význam spočívá v zajišťování základních životních potřeb rostliny, plnění specifických funkcí, metabolismu, výživy a růstu, podílejí se také na vegetativním

rozmnožování (Novák, Skalický, 2008). Na jednotlivé vegetativní orgány se zaměřím v následujících podkapitolách.

## 1.5. KOŘEN

Kořen (radix) je většinou nefotosyntetizující podzemní vegetativní orgán cévnatých rostlin, na němž nikdy nevyrostají listy. Roste neomezeně a geotropicky (Kincl, et al., 2008).

Neomezený růst kořene je způsoben apikálními meristémy (dělivá pletiva), které jsou umístěny na vrcholech kořenů, stonků a produkují nové buňky. Vznikají mitotickým dělením iniciál růstového vrcholu kořene a následně z něj se tvoří primární pletiva (Kincl, et al., 2008; Vinter, 2009).

Apikální meristém je uložen v meristemické zóně v bázi kořene a je chráněn čepičkou (kalyptrou). Nad ní se nachází elongační zóna, ve které se vyskytují dělivá pletiva umožňující růst kořenu do délky. Ve svrchní části kořene je absorpční zóna, jež obsahuje kořenové vlásky (rhiziny) umožňující příjem vody a živin. Nacházejí se na povrchu pokožky kořene (rhizodermis), ta neobsahuje kutikulu, ve většině případů nemá ani průduchy a je tvořena jednou vrstvou buněk (Novák, Skalický, 2008; Vinter, 2009).

Geotropismus patří mezi vitální pohyb rostlin, které mohou vykonávat pouze její živé části. Tímto termínem rozumíme kladný ohyb kořenů vyvolaný gravitací (Kincl, et al., 2008). Rozlišujeme i další pohyby rostlin, mezi které patří fyzikální pohyby – hygroskopické a mrštitivé, vitální – taxe, tropismy a nastie. Pohybům rostlin se podrobněji věnují následující autoři: Bašovská, et al., 1985; Beckett, Gallagherová, 1998; Jelínek, et al., 2005; Jeník, et al., 1965; Kincl, et al., 2008; Raven, et al., 1999; Romanovský, et al., 1985; Rosypal, et al., 1994; Steward, 1969; Taiz, et al., 2015.

Vývoj kořene začíná klíčením semene, z něho vyrůstá kořínek radícula, který ukotvuje a zároveň vyživuje klíčící rostlinu. Při tomto procesu je důležité působení fytohormonu giberelinu vyvolávajícího syntézu amylas a dalších hydrolytických enzymů, jež začnou štěpit zásobní látky v endospermu, a vzniklé produkty následně slouží jako živiny (Luštinec, Žárský, 2005). Kořínek se

přeměňuje na hlavní kořen. Jakmile se kořen začne větvit, vznikají vedlejší kořeny, čímž se vytvoří pevná kořenová soustava. U dvouděložných rostlin a převážně většiny nahosemenných rostlin se vyvine hlavní kořen a z něj vyrůstají postranní kořeny. Tento jev označujeme jako allorhizii. U jednoděložných rostlin přebírají funkci hlavního kořene adventivní (přídavné) kořeny, tím vzniká svazčitá kořenová soustava. Tento jev se nazývá homorhizie (Kincl, et al., 2008; Novák, Skalický, 2008; Taiz, et al., 2015; Vinter, 2009; Votrubová, 1997).

Podle tvaru dělíme kořeny na: nitkovité (tenký, relativně dlouhý, najdeme u klíčnicích rostlin), válcovité (stejně široký po celé délce, například u křenu), kuželovité (postupně se zužující, například u mrkve), srdcovité (krátký a silný, například u buku), řepovité (zesílený v přední části a ve spodní části zúžený, například u řepy), hlíznaté (například u čeledi vstavačovité), chůdovité (plní opornou funkci, například u kukuřice), větvenovité (přibližně vprostřed své délky je kořen zesílen a u obou konců dochází k zúžení, například u jirín). Tvar pro klasifikaci kořenů není tím zásadním kritériem, důležitější jsou spíše hlediska funkční (Černohorský, 1967; Kavina, 1950; Novák, Skalický, 2008; Vinter, Macháčková, 2013).

Hlavním úkolem kořene je tedy příjem vody a živin, zásobní funkce, dále je centrem metabolismu, ale také slouží k přichycení rostliny k podkladu (Novák, Skalický, 2008; Vinter, Macháčková, 2013). Voda je pro rostliny nezbytným faktorem k přežití, navíc rostlinné orgány jsou složeny ze 60–90 % z vody. Slouží k rozpouštění anorganických a organických látek a umožňuje pohyb iontů a molekul, dále funguje jako transportní prostředek pro rozpuštěné látky; udržuje termoregulaci; je nezbytná pro fungování metabolismu například při fotosyntéze, dýchání (Kincl, et al., 2008; Luštinec, Žárský, 2005). Živiny obsažené ve vodě rostliny čerpají prostřednictvím kořenů z půdy, v níž jsou ukotveny. Půda je složena z komponentů všech tří skupenství. Její pevnou část tvoří minerální látky, humus a biomasa, ve volných prostorech se vyskytuje kapalná složka taktéž obsahující další minerální látky a plynná složka – vzduch, v němž je kyslík. Minerální živiny vázané v půdních horninách jsou pro rostliny těžce přístupné, proto, aby daný prvek získaly, musí provést jeho výměnu za vodíkový iont; minerály rozpuštěné v půdním roztoku jsou naopak rostlinám volně dostupné v podobě iontů (Kincl, et al., 2008; Luštinec, Žárský, 2005). V půdě jsou obsaženy pro život nezbytné prvky, které

dělíme na makroelementy (H, C, O, N, P, S, K, Ca, Mg) patřící mezi stavební látky a mikroelementy (Cl, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo), které jsou považovány za látky katalytické (Kincl, et al., 2008; Luštinec, Žárský, 2005).

Bližší specifikace jednotlivých prvků:

- uhlík (C) – základní stavební prvek rostlin, který rostliny převážně přijímají ze vzduchu, menší procento z půdy ve formě  $\text{HCO}_3^-$ , důležitý pro fotosyntézu ve formě  $\text{CO}_2$  (Kincl, et al., 2008);
- kyslík ( $\text{O}_2$ ) – rostliny čerpají ze vzduchu, je důležitý pro respiraci rostlin (Kincl, et al., 2008);
- vodík (H) – přijímán v molekule vody (Kincl, et al., 2008);
- dusík ( $\text{N}_2$ ) – přijímán rostlinami z půdy ve formě  $\text{NO}_3^-$  nebo  $\text{NH}_4^+$ , rostliny čeledi bobovitých čerpají i vzdušný dusík, protože žijí v symbióze s bakteriemi. Aby rostlina mohla dusík využít, musí být redukován na amoniové ionty, které rostlina rychle metabolicky zpracuje. Z amoniového dusíku vzniká glutamin, který má zásobní funkci v kořenech některých rostlin například řepy, bramborových hlízách. Nedostatek dusíku má za následek omezení růstu rostlin, blednutí listů a rychlejší dozrávání semen. Dusíku v půdě bývá nedostatek, proto se používají dusíkaté hnojiva (Kincl, et al., 2008; Luštinec, Žárský, 2005);
- fosfor (P) – přijímán z půdy ve formě  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  nebo  $\text{HPO}_4^{2-}$ , je důležitý pro fungování metabolismu, při nedostatečném množství fosforu v rostlině dochází ke zmenšení a blednutí listů, pomalejšímu růstu a snížení počtu plodů (Faustus, Kincl, 1978);
- síra (S) – přijímána ve formě  $\text{SO}_4^{2-}$ , je důležitá pro fungování metabolismu, zabudovává se do bílkovin a následně aminokyselin (Faustus, Kincl, 1978);
- draslík (K) – přijímán ve formě  $\text{K}^+$ , opět je to důležitý prvek pro správnou funkci metabolismu a dále je využíván při osmotických procesech (Kincl, et al., 2008; Luštinec, Žárský, 2005);

- hořčík (Mg) – přijímán ve formě  $Mg^{2+}$ , součástí chlorofylu, který je důležitý pro fungování fotosyntézy, spouštěč enzymatických reakcí a aktivně se účastní metabolických procesů (Faustus, Kincl, 1978);
- vápník (Ca) – přijímán ve formě  $Ca^{2+}$ , hromadí se ve vakuolách, je obsažen v buněčných membránách, spouští enzymatické reakce, účastní se buněčného dělení (Kincl, et al., 2008, Luštinec, Žárský, 2005);
- železo (Fe) – plní v rostlině katalytické funkce a podílí se na oxidoredukčních reakcích při dýchání i fotosyntéze, nedostatek železa způsobuje žloutnutí listů, zmenšuje účinnost fotosyntézy a respirace (Faustus, Kincl, 1978);
- bor (B) – patří mezi mikrobiogenní prvky, je důležitý pro růst a vývoj rostlin, je obsažen v pektinech buněčných stěn, pomáhá při syntéze nukleových kyselin při buněčném dělení apikálních meristémů (Luštinec, Žárský, 2005);
- zinek (Zn) – ovlivňuje syntézu bílkovin a fytohormonu auxinu, účastní se enzymatických reakcí (Faustus, Kincl, 1978);
- chlor (Cl) – důležitý pro kořeny rostlin, osmotické děje, buněčné dělení v kořenech, podporuje fotolýzu vody při fotosyntéze (Luštinec, Žárský, 2005);
- křemík (Si) – dodává pevnost buněčným stěnám tím, že je inkrustuje a kladně ovlivňuje růst některých rostlin (Luštinec, Žárský, 2005);
- sodík (Na) – působí při fotosyntéze C4 a CAM rostlin, kde fixuje oxid uhličitý (Luštinec, Žárský, 2005).

Prvky přijaté společně s vodou se podílejí na fungování metabolismu. Jednou z nejdůležitějších metabolických látek jsou fytohormony. Jedná se o růstové hormony tvořené v rostlinách, jsou důležité nejen pro růst rostlin, ale i pro rostlinné procesy. Objev fytohormonů je spjat se jmény francouzského zakladatele fyziologie Juliuse Sachse, českého botanika Bohumila Němce, Charlese Darwina a později i Fritse Went, kteří při studiu rostlinných pohybů a reakcí rostlin na světlo objevili signální látku později pojmenovanou jako auxin. Následně bylo zjištěno, že existují i další fytohormony, (Friml, 2007) které rozdělujeme do pěti základních skupin. Některé na rostliny navíc působí jak pozitivně, tak i negativně a zároveň ovlivňují



více faktorů najednou. (Fytohormony popisují tyto autoři: Fahn, 1990; Faustus, Kincl, 1978; Jelínek, et al., 2005; Kincl, et al. 2008; Luštinec, Žárský, 2005; Raven, et al., 1999 apod.).

1. Auxin je tvořený kyselinou indol – 3 – octovou, vzniká v mladých apikálních pletivech. Podporuje růst adventivních kořenů, buněčné dělení, dále způsobuje opad listů, květů a plodů.
2. Cytokinin je složen z látek odvozených od adeninu. Vytváří se v meristémech rostoucích kořenů a umožňuje buněčné dělení, syntézu bílkovin, chlorofylu i škrobu, podporuje vznik pupenů a brání stárnutí rostlin.
3. Gibereliny jsou tvořeny kyselinou giberelovou, nacházejí se v rostoucích pletivech. Podporují růst buněk nadzemních orgánů, klíčení semen, kvetení dlouhodobých rostlin, ovlivňují pohlaví květů.
4. Kyselina abscisová vzniká v mladých pletivech. Při nedostatku vody se tvoří v kořenech a dalších orgánech rostlin. Patří k inhibitorům růstu, vyvolává opad listů, květů a plodů, dormanci pupenů, semen a hlíz, způsobuje rychlejší stárnutí rostlin. Ovlivňuje uzavírání a otevírání průduchů, čímž zvyšuje propustnost kořenů pro vodu.
5. Etylen se vyskutekuje v plynném skupenství a je tvořen organickou látkou – ethylenem, který vzniká z aminokyseliny methioninu. Stejně jako kyselina abscisová se ethylen řadí mezi inhibitory rostlinných procesů. Znemožňuje gravitropické reakce, dlouhivý růst, ale podporuje radiální růst. Způsobuje rychlejší zrání plodů, stárnutí pletiv, opadávání listů, květů a plodů. Umožňuje vznik kořenových vlásků (Luštinec, Žárský, 2005).

Příjem vody je ovlivněn mnoha faktory – závisí na typu a teplotě půdy, obsahu kyslíku v ní i na konkrétním rostlinném druhu. Vodní režim rostlin je dán vodním potenciálem, který se skládá z osmotického, tlakové, matriční a gravitační složky. Osmotický potenciál má stejnou číselnou, ale zápornou hodnotu jako má osmotický tlak a závisí na počtu rozpuštěných látek v roztoku. Maticový potenciál se uplatňuje především ve vysychající půdě a v mladých buňkách. Tlakový potenciál se skládá z turgoru a z tlaku okolních buněk (Faustus, Kincl, 1978; Luštinec, Žárský, 2005).

Přijem vody ve většině případech probíhá přes kořenové vlásky, které se nachází ve svrchní části kořene. Vedení vody v rostlině na krátké vzdálenosti probíhá pomocí difúze a osmózy. Těmito jevy se zabývali: Jelínek, et al., 2005; Luštinec, Žárský, 2005; Raven, et al., 1999; Steward, 1969; Taiz, et al., 2015 aj. Difúze patří mezi fyzikální děje, probíhá samovolně bez dodatku energie. Je založena na principu přesunu molekul a iontů odlišných koncentrací, který probíhá z místa vyšší koncentrace do míst s nižší koncentrací, čímž se vytvoří rovnováha mezi oběma roztoky. Osmóza je speciální typ difúze uskutečňované přes polopropustnou membránu (cytoplazmu, plazmatickou membránu), která nepropouští ionty. Principem osmózy je pronikání vody do roztoku. V hypotonickém prostředí, což je prostředí s nižší koncentrací než má buňka, dochází k přijímání vody dovnitř buňky. V hypotonickém prostředí např. při deštivém počasí může dojít k jevu tzv. plasmoptýzy, což je prasknutí buňky. V hypertonickém prostředí, což je prostředí s vyšší koncentrací iontů než má buňka, uniká voda z buňky ven. Při tomto ději může dojít k plasmolýze, v jejímž důsledku se buňka smrští. V isotonickém prostředí jsou koncentrace vyrovnány. Osmóza a difúze jsou pasivní pohyby, které na delší vzdálenosti fungují velmi pomalu, proto rostliny mají systém vodivých pletiv, aby mohly rozvádět vodu až do výšky několika metrů (Kincl, et al., 2008; Luštinec, Žárský, 2005).

Dálkový transport vody s živinami umožňují vodivá pletiva a probíhá přes vzestupný proud a kořenový vztlak. Vzestupný proud je realizován díky kořenovým vláskům, přes ně prochází voda z půdy do kořene prostřednictvím xylému, jelikož mají kořenové vlásky nižší vodní potenciál, než je potenciál půdní. Existují dvě cesty průniku vody do kořene:

a) apoplastická cesta, při které není potřeba dodávky energie, voda proudí skrz mezibuněčné prostory difúzním pohybem až ke Caspariho proužkům v endodermis. Pro vodný roztok je obtížné proniknout přes suberinové Caspariho proužky, proto volí symplastickou cestu skrz ně. Dále pak může pokračovat symplastickou cestou přes plazmodesmy nebo apoplastickou cestou do středu kořene (Taiz, et al., 2015);

b) symplastickou cestou může voda postupovat už od kořenových vlásků, pomocí osmózy a ATP (respirační energie), následně je rozváděna do konkrétních míst podle potřeby (Taiz, et al., 2015).

Kořenový vztlak je založen na principu pozitivního hydrostatického tlaku, který vzniká v důsledku osmózy. Probíhá apoplastickou cestou a opět rozvádí živiny z kořene do prýtu (Kincl, et al., 2008, Luštinec, Žárský, 2005).

Vodivá pletiva mají dvě důležité části, které se nazývají xylém (dřevní část - vedoucí vzestupný transpirační proud) a floém (lýková část - vedoucí sestupný asimilační proud), které spolu prostupují celou rostlinou a vytvářejí cévní svazky (Vinter, Sedlářová, 2004).

Xylém je uzpůsoben k příjmu a rozvádění živin po rostlině tzv. vzestupným proudem, což znamená směr pohybu od kořene k prýtu (stonek a list). Vzniká z prokambia, které je produkováno apikálními meristémy, následně se mění na protoxylém a metaxylém, čímž vznikne primární xylém. Z kambia vznikají, při druhotném tloušťnutí, sekundární vodivá pletiva, deuteróxylém. Vodivé elementy xylému tvoří dva typy buněk, které se nazývají cévice (tracheidy) a cévy (tracheje). Oba typy mají společné znaky – jsou složeny z neživých buněk (programovaná buněčná smrt), které mají buněčnou stěnu. Cévice (tracheidy) mají z recentních skupin pteridofytní rostliny (výtrusné cévnaté rostliny např. plavuně, přesličky, kapradiny) a nahosemenné rostliny, které obsahují nestejněměrně lignifikované buněčné stěny a jsou tvořeny úzkými protáhlými buňkami. Voda přechází z jedné cévice do druhé v místě, kde není cévice ztlustlá. Cévy (tracheje) najdeme u krytosemenných rostlin a jsou tvořeny tracheálními články, které mají různě velkou šířku a na koncích jsou odlišně perforovány, čímž je způsobena rychlejší rozvážka živin a vody (Novák, Skalický, 2008).

Floém slouží k dopravě živin z místa vzniku do míst potřeby (heterotrofních částí rostlin), v nichž dochází k ukládání zásobních látek. Tuto část pletiva tvoří dva typy buněk – sítkové buňky a sítkovice. Sítkové buňky najdeme u nahosemenných rostlin, jsou protáhlého tvaru, úzké a zašpičatělé na koncích a propojené s bílkovinnými buňkami. Sítkovice se skládají z článků sítkovic, vyskytují se u krytosemenných rostlin. Jedná se o bezjaderné buňky propojené s buňkami parenchymatickými a buňkami průvodními, které obsahují plazmodesmata. Tyto

průvodní buňky představují zásobárnu metabolitů pro sítkovice a jsou metabolicky aktivní. Sítkovice mají omezenou dobu přežití, většinou fungují jednu vegetační sezónu a poté jsou ucpány kalózou, v místě perforace (tvorba sítkového políčka v sítkovici), (Novák, Skalický, 2008; Vinter, 2009).

Z hlediska anatomické stavby kořene můžeme na jeho příčném řezu rozlišit tři části: střední válec, primární kůru a pokožku. Podrobněji se této problematice věnují například: Kincl, et al., 2008; Novák, Skalický, 2008; Raven, et al., 1999; Taiz, et al., 2015; Vinter, 2009; Votrubová, 1997.

Střední válec se skládá z cévních svazků a pericyklu, který je tvořen buď vícevrstevnými buňkami v případě krytosemenných rostlin, nebo jednovrstevnými buňkami u rostlin jednoděložných, a dřeně obsahující parenchymatické buňky. Z pericyklu vznikají postranní kořeny a adventivní pupeny. Cévní svazky jsou v kořenu uspořádány radiálně, paprscitě, dochází zde ke střídání xylému a floému. U jednoděložných rostlin se vyskytují cévní svazky roztroušené uzavřené, protože nevytváří kambium, naopak u nahosemenných a dvouděložných rostlin najdeme cévní svazky otevřené, z důvodu sekundárního tloustnutí. Uspořádáním cévních svazků, dle anatomického hlediska, v rostlinných orgánech se zabývá stélární teorie, kterou v roce 1886 formulovali francouzští botanikové van Tieghem a Douliot (Vinter, Sedlářová, 2004). Podle této teorie rozlišujeme v kořenu aktinostélé, které mají sekundárně netloustnouce rostliny, a pseudostélé, jež najdeme u rostlin s činností kambia. Střední válec je od primární kůry oddělen parenchymatickou vrstvou endodermis (Novák, Skalický, 2008).

Endodermis je vnitřní vrstva primární kůry, nachází se v ní Caspariho proužky, které brání pronikání patogenů a zpětnému úniku vody apoplastickou cestou. Nad endodermis je střední vrstva primární kůry mezodermis, která se skládá z vnější parenchymatické vrstvy a z vnitřní sklerenchymatické vrstvy, parenchymatická vrstva plní zásobní funkci a sklerenchymatická vrstva plní mechanickou funkci, u hydrofytů se setkáváme s výplní aerenchymu, který plní vzdušnou funkci. Na povrchu primární kůry je exodermis, vnější vrstva, jejíž hlavní úkol spočívá v ochraně dřívě jmenovaných prvků, obsahuje jednu vrstvu buněk (Novák, Skalický, 2008, Vinter, 2009). Pokožka kořene se nazývá rhizodermis. Je tvořena jednou vrstvou buněk, neobsahuje průduchy ani kutikulu.

Speciální funkce kořene vykonávají metamorfózy neboli přeměny kořene. Vzhledem ke změně vnějších podmínek se kořeny musí přizpůsobovat tomuto stavu:

- adventivní chůdovité kořeny – slouží k tomu, aby se rostlina přizpůsobila sypké a měkké půdě, s jejich pomocí je udržována ve vzpřímeném stavu. Tento typ kořenů najdeme například u mangrovů, banyánu, pandánu a některých palm (například rod *Iriartea* a *Socratea*) i u kukuřice (Novák, Skalický, 2008; Zelený, 2009);
- zásobní kořeny – uchovávají zásobní látky – sacharózu, škrob, inulin, mohou být tvořeny kořenem, hlízami, hypokotylem, bází lodyhy. Mezi zásobní kořeny řadíme okopaniny tropických oblastí, kořenové hlízy vstavače a jiřinky zahradní, zdužnatělé kořeny petržele, bulvy řepy apod. (Novák, Skalický, 2008; Vinter, Macháčková, 2013);
- stahovací (kontraktilní) kořeny - dochází ke zkracování kořenů během vývoje a zakotvení rostliny hlouběji v půdě. S kontraktilními kořeny se můžeme setkat u čeledi liliovitých (Novák, Skalický, 2008);
- přičepivé kořeny – slouží k přichycení k povrchu a doplnění výživy u lián a epifytů nebo například u břečťanu (Novák, Skalický, 2008);
- pneumatofory – jsou dýchací kořeny, které prorůstají na povrch půdy v místech s nedostatkem kyslíku. U vodních rostlin je vyvinuté pletivo aerenchym. S pneumatofory se setkáme u tisovců, mangrovů (Vinter, Macháčková, 2013);
- velamen - je mnohvrstevná rhizodermis, která plní funkci zadržení vody, vyskytuje se u epifytů (Vinter, Macháčková, 2013);
- haustoria – slouží u cizopasných rostlin k čerpání živin prostřednictvím vodivých pletiv hostitele. Rozeznáváme buď hemiparazity – jsou napojeni na hostitele až po vývoji kořenového systému, jsou zelení (provádějí fotosyntézu), čerpají minerální látky z xylému hostitele, například všivec; nebo holoparazity, kteří jsou s hostitelem spojeni od počátku vývoje parazitické rostliny, jsou

nezelení a pronikají do vodivých pletiv hostitelů, například kokotice. Další členění parazitů je určeno mírou závislosti na hostiteli: fakultativní parazité – mohou přežít a růst i bez hostitele, ale nemohou se rozmnožovat přes reprodukční orgány; obligátní parazité – jsou závislí na hostiteli, bez jeho přítomnosti zahynou. (Novák, Skalický, 2008; Štech, et al., 2010; Taiz, et al., 2015; Těšitel, 2011);

- vegetativní rozmnožování kořenů – z adventivních kořenových pupenů vyrůstají kořenové výhonky, které umožňují vegetativní rozmnožování. Často se s kořenovými výhonky setkáváme u plevelnatých rostlin (Novák, Skalický, 2008);
- zavlažovací kořeny (hydrofilní) – získávají vzdušnou vlhkost pomocí velamenu. Tuto funkci mají některé epifyty (Vinter, Macháčková, 2013);
- asimilační kořeny – mají zelené zbarvení, které způsobuje chlorofyl. Umožňují fotosyntézu, čímž přebírají funkci listů. Nejčastěji asimilační kořeny najdeme u vodních rostlin jako je např. halucha vodní i kotvice plovoucí (Novák, Skalický, 2008);
- symbiotické kořeny – některé čeledi vyšších rostlin žijí v symbióze s houbami, tento vztah nazýváme mykorrhiza. (Novák, Skalický, 2008) Houbu označujeme jako mykobiont a rostlinu jako fykobiont. Rostlina poskytuje houbě sacharidy, vitamíny a látky pro její lepší růst. Houba naopak zásobuje rostlinu minerálními látkami, jelikož zvětšuje její absorpční povrch, dodává mykotrofní výživu, dusík a fosfor; poskytuje rostlině ochranu a umožňuje jí osídlení extrémních stanovišť. Rozeznáváme následující typy symbiotických vztahů: ektomykorrhizu a endomykorrhizu; (Mykorrhizu popisují například tyto autoři: Fahn, 1990; Gurcharan, 2010; Novák, Skalický, 2008; Raven, et al., 1999; Taiz, et al., 2015; Vinter, Macháčková, 2013):
  - a) ektomykorrhiza je symbióza dřevin (smrk, buk...) a některých bylin se stopkovýtrusnými nebo vřecovýtrusnými houbami (ryzce, muchomůrky, holubinky). Prorůstání houbových hyf do

mezibuněčných prostor kořenové kůry nahrazuje kořenové vlášení;

b) endomykorhiza se dělí na arbuskulární, orchideoidní, erikoidní, monotropoidní a arbutoidní. Principem endomykorhizy je prorůstání houbových hyf do kořenových buněk;

- další symbiotický vztah je mezi kořeny vyšších rostlin a nitrogenními bakteriemi, jež rostlině umožňují přijímat vzdušný dusík a redukuje ho na amonný iont. Rostliny jej následně využívají k tvorbě dusíkatých organických sloučenin. Na oplátku rostlina poskytuje bakteriím cukry. Příklady symbiotického vztahu rostlin a bakterií: bobovité rostliny s bakteriemi rodu *Rhizobium*; dřeviny olše, hlošina s bakteriemi rodu *Frankia*; kapradina rodu *Azolla* se sinicí rodu *Anabena* (Möllerová, 2006; Vinter, Macháčková, 2013).

Z ekologického hlediska můžeme rostliny rozlišit podle půdní vlhkosti na:

- hydrofyty – rostliny obývající výhradně vodní prostředí, leknín;
- hygropyty – rostliny obývající zamokřené a vlhké prostředí, blatouch;
- mezofyty – rostliny obývající středně vlhká místa, kulturní rostliny;
- xerofyty – rostliny obývající suchá místa, kavyl (Jeník, et al., 1965).

Kořen představuje základ rostliny. Zároveň jej využíváme i my lidé jako potravu, například mrkev, petržel, celer a křen patří mezi oblíbenou a v kuchyni hojně zpracovávanou kořenovou zeleninu. Tento rostlinný orgán slouží i k dalším účelům: krmnou řepu (90 % bulvy tvoří hypokotyl) podáváme jako potravu zvěři, cukrovou řepu využíváme v potravinářském průmyslu jako základní surovinu pro výrobu cukru. Některé rostliny jako například rulík zlomocný našly své uplatnění ve farmaceutickém průmyslu (Novák, Skalický, 2008).

## 1.6. STONEK

Stonek (caulis) řadíme mezi nadzemní orgány rostlin, vyrůstají na něm pupeny, listy a reprodukční orgány (Novák, Skalický, 2008).

Stoněk je založen v zárodku semene v hypokotylu, což je podděložní článek a nese dělohy. Nadděložní článek se nazývá epikotyl. Nad hypokotylem a epikotylem se nacházejí články (internodia) a mezi nimi uzliny (nody, kolénka), (Raven, et al., 1999).

Apikální meristémy internodií umožňují stonku růst do výšky, která je variabilní. Za nejdělsí dřevinu je považována liánovitá palma, která měří cca 170 m. V našich podmínkách lze zmínit například borovici lesní dorůstající do výšky asi 50 m nebo dub letní měřící asi 40 m. S výškou stonků úzce souvisí i jeho šířka, která například u liánovité palmy dosahuje až 11 m. Naproti tomu se můžeme setkat s úplným potlačením stonku například u drobničky. Zkrácením internodií vznikají brachyblasty, což jsou krátké větvičky například u modřínu a buku, na kterých se shlukují listy a květy. Stejným způsobem vznikají i listové růžice u prvosenky jarní. V některých květenstvích, jako je úbor, dochází k extrémnímu zkrácení internodií. Na druhou stranu prodloužením internodií vznikne stvol, což je bezlistá lodyha. Pojmeme lodyha označujeme olistěný bylinný dužnatý stoněk, například u bramboru. U trav se setkáváme se stéblem, což je dutý stoněk opatřený kolénky. U dřevin se stoněk nazývá kmen. Makroblasty jsou větvičky s normální délkou internodií. Z nodů vznikají listy a úžlabní pupeny (Novák, Skalický, 2008).

Pro určování rostlin, zejména dřevin, jsou důležité pupeny, které jsou základem tohoto rostlinného orgánu. Podle morfologie pupenů můžeme rozlišit: pupeny chráněné šupinami, vzájemné postavení pupenů, složení listu v pupenu (listová vernace), vzájemné postavení a krytí listů v pupenu (listová estivace), pozici pupenu na stonku, spící pupeny, adventivní pupeny, turiony a hibernakule. Toto morfologické rozlišení popisují například: Fahn, 1990; Gurcharan, 2010; Kavina, 1950; Novák, Skalický, 2008; Raven, et al., 1999; Vinter, Macháčková, 2013; Taiz, et al., 2015 aj.

Na základě umístění a způsobu ochrany pupenů rozlišujeme životní formy rostlin, které se adaptovaly na vnější podmínky prostředí: (Vinter, Macháčková, 2013)

- chamaefyty – do této kategorie patří drobné keře, polokeře a byliny s obnovovacími pupeny do 30 cm výšky. Řadíme sem borůvku, vřes apod.;



- fanerofyty – do této skupiny řadíme stromy, keře a mohutné byliny jako jsou banánovníky, liány, kaktusy. Obnovovací pupeny se nacházejí 30 cm nad zemí a jsou chráněny šupinami;
- hemikryptofyty – zástupci další kategorie mají obnovovací pupeny těsně při povrchu půdy, chráněné šupinami, přes zimu sněhem. Patří sem dvouleté až vytrvalé byliny, například kaprad' samec, pampeliška apod.;
- kryptofyty – dělíme do dalších tří podkategorií:
  - a) geofyty, což jsou vytrvalé rostliny s obnovovacími pupeny pod povrchem půdy, přežívající zimu v podobě hlíz, cibule či oddenku. Patří sem sněžinka, křivatec, dymnivka;
  - b) helofyty, což jsou bahenní rostliny mělkých vod. Patří sem rákos, karbinec apod.;
  - c) hydrofyty, což jsou vodní rostliny, které mají obnovovací pupeny ukryty pod hladinou vody, například vodní mor kanadský;
- epifyty – vytrvalé rostliny, které většinou fanerofyty využívají jako podklad pro svůj růst. Patří sem orchideje, bromélie;
- terofyty – nemají obnovovací pupeny, jsou to jednoleté byliny, které nepříznivé podmínky přežívají pomocí diaspor. Sleziník, kokoška pastuší tobolka apod.

Dalším důležitým morfologickým znakem je větvení stonku, tzv. ramifikace. Rozlišujeme dva základní typy větvení – hemiblastické a holoblastické.

1. Hemiblastickým větvením vznikají dvě meristemická primordia, z kterých vyrůstají dvě, tři větve. Dichotomické (vidličnaté větvení) je homobrachiální, čili rovnoramenné, například u vrance, nebo heterobrachiální, nerovnoramenné, například u plazivého stonku plavuní. Dichopodium je střídání pravé a levé větve při opakujícím se dichotomickém větvení. Trichotomické větvení najdeme u fosilních rostlin.
2. Holoblastické větvení znamená vznik vedlejších větví po stranách růstového vrcholu stonku z periferních meristémů. Ve většině případů vyrůstají postranní větve z úžlabních pupenů v paždí podpůrných listů. Holoblastické větvení dělíme na monopodiální a sympodiální:

- monopodiální větvení je takové, při němž postranní větve nepřerostou hlavní stonek. S monopodiálním větvením se setkáme u přesliček, jehličnanů krom tisovce, javorů, dubů apod.;
- sympodiální větvení je takové, při němž vedlejší větve přerostou hlavní stonek, který je vytlačen do strany, může zaschnout, ukončit růst nebo se přeměnit v úponek či květ. Pokračování vrcholového růstu jedné postranní větve u stonků se střídavými listy se nazývá monocházium a vyskytuje se například u révy. Přejít mezi monopodiálním a sympodiálním větvením stonku nalezneme u stromů a keřů, například lípa, habr, jilm, buk, líska ... Stonky se vstřícnými listy mají dicházium, ve kterém zastaví svůj růst vegetační vrchol a přerostou jej postranní vstříčné větve, například u šejřku (Vinter, Macháčková, 2013).

Morfologické rozdělení stonků podle Černoorského, 1967: podle orientace a růstu stonků v prostoru – přímý (divizna), vystoupavý (jetel), plazivý (jetel plazivý), poléhavý (rdesno ptačí), ovíjivý (levotočivý – fazol, pravotočivý – chmel), popínavý (břečťan), liány (ovíjivý a popínavý stonek); dělení stonku podle tvaru na příčném řezu – oblý (žito), hranatý (hluchavka), rýhovaný (přeslička), křídlatý (kostival lékařský), a dvouřízný (srha říznačka). Novák, Skalický, 2008, rozšiřuje tvar příčného řezu stonku o: tvar žebernatý a žebrovitý.

Anatomickou stavbu stonku popisují například: Jelínek, et al., 2005; Kincl, et al., 2008; Novák, Skalický, 2008; Pazourek, Votrubová, 1997; Raven, et al., 1999; Romanovský, et al., 1985; Rosypal, et al., 1994; Taiz, et al., 2015; Vinter, Macháčková, 2013; Votrubová, 1997. Stonek se skládá z epidermis, primární kůry a středního válce (Vinter, 2009).

1. Epidermis je pokožka stonku, která má ochrannou funkci a umožňuje výměnu látek mezi rostlinou a vnějším prostředím. U druhotně tloustnoucích rostlin je pokožka nahrazena peridermem. V pokožce stonku se nacházejí průduchy (stomata), které zajišťují výměnu plynů. Stomata se skládají ze dvou svěřacích buněk, mezi kterými se nachází průduchová štěrbina (Novák, Skalický, 2008; Romanovský, et al., 1985). Otevírání a

zavírání průduchů ovlivňuje fytohormon kyselina abscisová (Luštinec, Žárský, 2005).

2. Primární kůra je tvořena třemi vrstvami hypodermis, mezodermis a endodermis. Hypodermis je vnější vrstva stonku, která obsahuje sklerenchymatická nebo kolenchymatická pletiva zajišťující pevnost a pružnost stonku. Mezodermis se nachází mezi hypodermis a endodermis a skládá se z parenchymatických buněk, které mají interceluláry. V mladých stonkách se vyskytují chloroplasty. U některých rostlin se můžeme dále setkat v mezodermis s mléčnicemi, krystaly šťavelanu vápenatého nebo s vyměšovacími kanálky. Endodermis je vnitřní vrstva primární kůry. U semenných rostlin může dojít k redukci endodermis nebo se endodermis nachází naproti cévním svazkům. Občas se místo endodermis vytváří škrobová pochva, v níž jsou obsaženy amyloplasty. Souvislou endodermis najdeme v oddencích rostlin (Novák, Skalický, 2008).
3. Střední válec je tvořen parenchymatickým pletivem s cévními svazky, pericyklem a dřevem. Ve dřevu stonku se mohou ukládat zásobní látky nebo dřev může obsahovat mléčnice a idioblasty. Může dojít k vytvoření rhexigenní dutiny, což způsobí dutost článku a zachování dřevě pouze v uzlinách. V pericyklu se pak tvoří postranní větve a adventní kořeny (Novák, Skalický, 2008). Cévní svazky u jednoděložných rostlin jsou uzavřené a tvoří ve stonku ataktostélé, naopak u nahosemenných a dvouděložných rostlin, které sekundárně tloustnou, jsou cévní svazky otevřené a tvoří eustélé (Vinter, 2009). U bylin je sekundární tloušťka ukončena ve stejném vegetativním roce, kdy začalo plnit svou funkci (Novák, Skalický, 2008; Romanovský, et al., 1985). U dřevin se každoročně obnovuje funkce kambia, které se projeví vznikem letokruhů. Podle počtu letokruhů jsme tak schopni určit stáří stromu (Novák, Skalický, 2008; Romanovský, et al., 1985). Letokruh je přírůstek jarního a letního dřeva za sezonu. Jarní dřevo má větší průměr a tenčí buněčné stěny vodivých elementů, naopak letní dřevo má menší průměr a větší buněčné stěny vodivých elementů. Rozlišujeme homoxylní dřevo, které najdeme u jehličnatých stromů, u listnatých stromů se setkáme s heteroxylním dřevem, které má složitější stavbu (Vinter, 2009).

Homoxylní dřevo obsahuje tracheidy, dřevní parenchym, parenchym dřeňových paprsků a pryskyřičné kanálky (Vinter, 2009). Heteroxylní dřevo se skládá z tracheidů a trachejí, librifonních vláken, dřevního parenchymu a parenchymu dřeňových paprsků (Vinter, 2009).

Cévní svazky slouží k vedení vody rostlinou pomocí transpiračního proudu. Voda je vedena xylémem hromadným tokem přes kořeny, stonky a směřuje do listu a dalších nadzemních orgánů. Vzhledem k tomu, že voda a minerální látky musí překonat velkou vzdálenost, tak potřebují kohezní a kapilární síly. Kohezní síly drží vodu pohromadě, kdežto kapilární síly fixují buněčné stěny listů. Stabilitu udržují adhezní síly. Transpirace (vypařování) funguje jako hnací síla, která v listech vyvolává podtlak a voda může vystoupat do několikametrové výšky. Pokud dojde k výraznému snížení tlakového potenciálu, tak nastane kavitace (přerušování vodního sloupce) a následná embolie (tvoření bublinek vzduchu), čímž dojde k zamezení pohybu vody v rostlině. Rostliny se tomuto jevu brání vyloučením vody přes boční póry cév do vzduchových bublin a následným rozpuštěním bublin, vytlačení bublin pomocí kořenového vztlaku, vznikem nových xylémových drah v jarním období. Dále voda z kořenů do nadzemních částí rostlin proudí přes kořenový vztlak. Kořenový vztlak se uplatňuje při poranění rostliny, při němž se vytlačuje xylémová kapalina. Tento jev se nazývá exsudace (ronění), (Luštinec, Žárský, 2005).

Tak jako u kořene se i u stonku setkáváme s přeměnami – metamorfózami stonku, které plní sekundární funkce. Jedná se o následující typy:

- kolce – stonkové trny: vznikají z brachyblastů a mají ochrannou funkci, například trnka (Kincl, et al., 2008);
- fylokladia – asimilační funkce stonku, například u chřestu (Novák, Skalický, 2008);
- asimilující stonky – u mladých dřevin (Novák, Skalický, 2008);
- úponky – funkce přichycovací, u vinné révy (Kincl, et al., 2008);
- stolony – vegetativní rozšiřování, například u jahod (Vinter, Macháčková, 2013);
- oddenky – podzemní část stonku u rostlin, u kterých chybí hlavní kořen, přežívají nepříznivé období, tvorba zásobních látek, vegetativní

rozmnožování, například konvalinka (Novák, Skalický, 2008, Vinter, Macháčková, 2013);

- hlízy – podzemní oddenkové hlízy (lilek brambor), hypokotylové hlízy (dymnivka), bazální hlízy (šafrán), nadzemní osní hlízy (vstavačovitě), (Novák, Skalický, 2008);
- cibule – zkrácený stonek, cibule kuchyňská, česnek kuchyňský (Novák, Skalický, 2008);
- pacibulky – vegetativní rozmnožování, například lomikámen zrnatý (Novák, Skalický, 2008).

I stonky rostlin nám slouží jako potravina (například lilek, kedluben, chřest, ředkev, bambus), koření (zázvor, kurkuma a skořicovník). Stonky lnu se používají v textilním průmyslu, dřevo můžeme využít v různých průmyslových odvětvích (stavebnictví, nábytkářství, výrobě hudebních nástrojů). Korek a pryskyřice se získávají z kmene stromu a nachází uplatnění ve stavebnictví, vinařství. Cukrová třtina představuje surovinu pro výrobu cukru, který využíváme v potravinářském průmyslu. Chitin, inulin a škrob se využívají ve farmaceutickém průmyslu. Mnohé stonky rostlin, mezi které například patří jeteloviny, se používají jako pícnina pro zvěř (Novák, Skalický, 2008).

## 1.7. LIST

List (fylom) je nadzemní zelený orgán rostliny, který vyrůstá jako postranní část stonku. Má plochý tvar a ve většině případů omezený růst krom některých tropických kapradin a rodu *Welwitschia* (Vinter, Macháčková, 2013).

Z fylogenetického hlediska dělíme listy na megafylní a mikrofylní. Megafylní listy jsou větších rozměrů a plochého tvaru. Mají listové mezery a složitě větvenou žilnatinu. Telomova teorie popisuje vznik megafylního listu procesy převršení, kladodifikace, planace a syntelomizace. Mikrofylní listy jsou drobné, šupinovité a nemají listové mezery (Vinter, Macháčková, 2013).

Nový list vyrůstá z periferních primárních apikálních meristémů stonku a zakládá se exogenně v podobě listového primordia. Z těchto primordií vznikají

základy axilárních pupenů, které nazýváme podpůrné listy. Intenzivním dělením apikálních meristémů začíná růst listového primordia posléze dochází ke zploštění a převažování růstu ve střední části listového základu. Tím se rozliší list na řapík a čepel (Vinter, Macháčková, 2013).

Rozdělení listu podle morfologie popisují např. tyto autoři: Černohorský, 1967; Jelínek, et al., 2005; Kavina, 1950; Kincl, et al., 2008; Novák, Skalický, 2008; Raven, et al., 1999; Romanovský, et al., 1985; Rosypal, et al., 1994; Taiz, et al., 2015; Vinter, Macháčková, 2013. Řapík je součást listu, je stopkovitý a může mít různý tvar (oblý, polooblý, hranatý, úzce pruhovitý, žlábkovitý, křídlatý apod.) nebo může například u trav zcela chybět. Aby mohly listy využívat plně fotosyntézu, bývají řapíky spodních listů delší. U kapinice a citlivky vznikají tzv. fylodia – prodloužené řapíky nahrazující čepel listu (Novák, Skalický, 2008).

Podle utváření listové čepele dělíme listy na jednoduché a složené.

1. Jednoduché listy se dále člení na celistvé a členěné:

- a) celistvé listy jsou bez úkrojků a hlubších zářezů a z morfologického hlediska je dělíme: podle tvaru čepele (nitkovitý, štětinovitý, šídlovitý, jehlicovitý, čárkovitý, páskovitý, kopinatý, podlouhlý, eliptický, vejčitý, okrouhlý, štítovitý, ledvinitý, obkopinatý, kopist'ovitý, obvejčitý, obsrdčitý, klínovitý, kosočtverečný, kosníkovitý, trojúhelníkovitý, hrálovitý, srdčitý a střelovitý tvar); podle zakončení vrcholu čepele (špičatá, dlouze nebo krátce zašpičatělá, hrotitá, uťatá, kápoovitá, vykrojená apod.); podle tvaru báze čepele (zúžená, uťatá, srdčitá, ouškatá, zaokrouhlená apod.) a podle okraje čepele (celokrajný, pilovitý, zubatý, vroubkovaný, vykrajovaný aj.);
- b) členěné listy jsou s úkrojky a hlubšími zářezy listové čepele. Z morfologického hlediska je můžeme rozdělit podle hloubky čepele (chobotnaté listy, laločnaté listy, klané listy, sečné listy a dílné listy); podle úkrojků listů rozlišujeme uspořádání dlanité nebo zpeřené.

2. Složené listy se dále člení na dlanitě a zpeřeně složené. Toto rozdělení je dáno uspořádáním lístků, z kterých je složena listová čepel (dlanitě složené

listy mají na konci řapíku listky vyrůstající z jednoho místa a podle jejich počtu mohou být dvoučetné až mnohočetné, zpeřeně složené listy jsou listky postavené ve dvou řadách naproti sobě, mohou být střídavě nebo vstřícně postaveny, podle počtu a konce terminálního listku rozlišujeme lichozpeřeně a sudozpeřeně listy), (Vinter, Macháčková, 2013).

Listová žilnatina se tvoří v místě cévních svazků v listové čepeli. Žilnatina vyztučuje list, udržuje listovou čepel v ploše a má transportní funkci (viz níže). Žilnatina listu vzniká z prokambia, které navazuje na prokambium listové stopy. Listová stopa je odstupující cévní svazek v uzlině stonku, který jde buď do řapíku, nebo u přisedlých rostlin navazuje na listovou čepel. Různé rostliny mají různý počet listových stop vstupujících do jednoho listu. U nahosemenných rostlin vstupuje ve většině případů jeden cévní svazek, u dvouděložných rostlin většinou tři cévní svazky, u jednoděložných rostlin mnoho cévních svazků (Vinter, Macháčková, 2013). Žilnatina listů je tvořena hlavní a boční žilkou, spojky mezi žilkami nazýváme anastomózy. Podle morfologie žilnatiny rozlišujeme listy – bezžilné (u drobničky bezkořenové), skrytožilné (u tlusticovitých), jednožilné (u jehličnanů) nebo vícežilné; typ žilnatiny dle větvení žilek – vidličnatá (jinan dvoulaločný), zpeřená (habr), dlanitá (platan), síťnatá uzavřená (mydlice lékařská), síťnatá otevřená (hlaváček), znožená (čemeřice), rovnoběžná (lipnicovitě), souběžná (konvalinka), (Novák, Skalický, 2008).

Ve vývoji rostliny se setkáváme s různými typy listů, které se od sebe liší funkčně i morfologicky. Dělohy, které jsou součástí semene, vznikají jako první listy a plní zásobní funkci. Právě listy vznikají po vyklíčení semene z vrcholového stonkového meristému. Šupiny jsou nezelené listy na oddencích nebo výhonu bočních větví, které mají chránit pupeny v nepříznivých podmínkách. Lupeny plní asimilační a transpirační funkci. Posledním typem jsou listeny, které se nacházejí v blízkosti květenství, nemusí být u některých druhů rostlin vyvinuty (Novák, Skalický, 2008, Vinter, Macháčková, 2013).

Podle postavení listů na stonku, rozlišujeme uspořádání:

- vstřícné – dva listy stojící naproti sobě v každé uzlině, hluchavka bílá;
- střídavé – jeden list vyrůstá z každé uzliny, kostival lékařský;

- přeslenité – nejméně tři listy vyrůstají z každé uzliny, vraní oko čtyřlísté. (Kincl, et al., 2008)

Z okrajových (marginálních) meristémů listových primordií se vyvíjejí palisty (stipulae), které doprovázejí list a jsou párové. Většinou se nacházejí při bázi řapíku nebo listové čepele. Prchavé palisty najdeme například u buku. Jejich funkce spočívá v ochraně pupenů, po rozvoji pupenu však opadávají. Opadavé palisty má například třešeň ptačí. Posledním typem jsou vytrvalé palisty, které nalezneme u vrby ušaté. U hrachoru bezlistého mohou velké lupenité palisty vykonávat fotosyntetickou funkci. Srůst palistu s listovou bází nebo řapíkem najdeme například u růže (Vinter, Macháčková, 2013).

Podle postavení palisty dělíme na:

- postranní – nejčastější typ;
- úžlabní – hrách;
- vmezeřené mezi listy – svízel;
- srostlé – šácholan (Vinter, Macháčková, 2013).

List není „nesmrtelný.“ I u jehličnatých stromů, kterým listy na zimu neopadávají, dochází k jejich obměně. U listnatých stromů nastává odpad listů na podzim a nepříznivé podmínky přežívají ve fázi pupenů. U bylin dochází k úhynu celého prýtu. Aby mohlo dojít k opadu listů, musí rostlina prodělat fyziologické změny. Na bázi řapíku, v místě opadu listů dochází v xylému k ucpání listové stopy thylami a u floému k ucpání sítkovic kalózou. Rozpouští se parenchym a v místě rozpuštění střední lamely dochází k oddělení listu, po němž vznikne jizva. Ta se buď zacelí ochrannou vrstvou vytvořenou peridermem, nebo se pomocí felogenu vytvoří korková vrstva. Zbarvení listů na podzim je vyvoláno rozkladem chlorofylu a aktivací dalších barviv například anthokyanu, vytvářející charakteristickou podzimní barevnou paletu (Novák, Skalický, 2008).

Transportní funkce listů spočívá v přenosu produktů fotosyntézy do míst spotřeby (sink) tzv. asimilačním proudem. Dále se uplatňuje tzv. transpirační proud, kterým se přepravuje voda a minerální látky do listů.



Při transpiraci je voda vypařována intercelulárami, tím dochází ke vzniku podtlaku, který způsobí dálkový pohyb vody xylémem od kořene do míst potřeby, v tomto případě do listu. Podle toho, kde probíhá vypařování, rozlišujeme tři typy transpirace.

1. Transpirace stomatární probíhá přes průduchy, které se většinou nacházejí na spodní straně listů a jsou řízeny fytohormonem kyselinou abscisovou a mnoha dalšími vlivy. (Stomatární transpirace má hlavní podíl na celkové transpiraci.)
2. Transpirace kutikulární probíhá u mladých listů a stonků při uzavřených stomatech. (Podílí se méně než 10 % na celkové transpiraci).
3. Transpirace lenticelární probíhá u rostlin bez listů skrz otvůrky v kůře kmenů. (Nepatrný podíl na celkové transpiraci), (Luštinec, Žárský, 2005).

Příjem vody se nemusí realizovat pouze přes kořenový systém, ale existuje i mimokořenová cesta, kterou rostliny využívají. Nejčastěji se jedná o ranní rosu, která proniká do rostliny skrz nadzemní části rostlin, zejména přes listy (Bašovská, et al., 1985).

Přenos organických látek (fotosyntátů) ze zdroje (listů) do míst spotřeby (sinku) probíhá floémovou část cévního svazku. Tlak vyvolaný osmózou v místě zdroje pohání floémový tok, který proudí obousměrně. Floémové buňky jsou složeny z buněk sítkovic u nahosemenných rostlin a pteridofytních rostlin, u krytosemenných rostlin jsou to články sítkovic vytvářející sítkovice. Mladé listy, které nemají dostatek látek pro svůj vývoj, jsou považovány za sink. Ve chvíli, kdy list dosáhne soběstačnosti (začne vytvářet nadbytek organických látek), mění se na zdroj a poskytuje organické látky sinku (Luštinec, Žárský, 2005).

Mezi nejdůležitější funkce listu patří funkce asimilační. K asimilační funkci jsou listy přizpůsobeny svým tvarem a vnitřním uspořádáním. Povrch listu je chráněn kutikulou a epidermis, která je složena z jedné vrstvy buněk. Kutikula obsahuje látky odpuzující vodu – kutin a vosky. Rostliny nacházející se na vlhkých stanovištích nebo žijící ve vodě kutikulu neobsahují, aby nebylo omezeno propouštění vláh a plynů. Naopak rostliny vyskytující se v suchých a teplých areálech mají silnou vrstvu kutikuly. Na povrchu listu se nacházejí otvory tzv.

hydatody, přes které je vylučována voda v podobě kapek. Tento proces se nazývá gutace (Novák, Skalický, 2008).

Anatomickou stavbu listu popisují např. tyto autoři: Jelínek, et al., 2005; Kincl, et al., 2008; Novák, Skalický, 2008; Pazourek, Votrubová, 1997; Raven, et al., 1999; Romanovský, et al., 1985; Rosypal, et al., 1994; Taiz, et al., 2015; Vinter, 2009; Vinter, Macháčková, 2013; Votrubová, 1997. Zde volím popis podle Vinter, 2009.

Pod svrchní a spodní epidermis se nachází mezofyl, který je složen z parenchymatického pletiva, které se dále člení na palisádový a houbový parenchym:

- palisádový parenchym je umístěn pod svrchní pokožkou a je složen z válcovitých buněk, které mají proměnlivý počet vrstev;
- houbový parenchym je složen z laločnatých až hvězdicovitých nepravidelně uspořádaných buněk, které se nacházejí mezi spodní vrstvou pokožky a palisádovým parenchymem. Houbový parenchym je protkán velkým počtem intercelulár, které jsou potřebné pro proces fotosyntézy.

V mezofylu se nacházejí cévní svazky.

Podle příčného řezu a mezofylu rozlišujeme listy na:

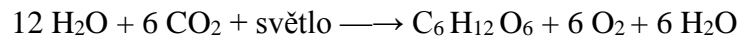
- bifaciální, u kterého nemůžeme přesně rozdělit polovinu listu, ale má zřetelnou svrchní a spodní stranu. Tento typ dále dělíme na:
  - a) rozlišený houbový a palisádový parenchym (hojně se vyskytující);
  - b) nerozlišený mezofyl, u kterého je na spodní straně houbový parenchym s intercelulárami, takový typ bifaciálního listu mají kapradiny a trávy;
  - c) ekvifaciální list, který má z morfologického hlediska svrchní a spodní stranu velmi podobnou, najdeme jej například u narcisů a listů jehličnanů;
- unifaciální válcovitý list lze rozdělit mnoha rovinami na stejné poloviny, na řezu lze pozorovat kruhovitý tvar, a má vyvinutou spodní nebo svrchní stranu do té míry, že jedna strana vymizela (některé listy česneků);
- unifaciální monosymetrický list rozdělíme jednou rovinou souměrnosti na dvě shodné poloviny (list kosatce), (Vinter, 2009).

List je svým tvarem, vnitřní a vnější stavbou nejlépe uzpůsoben k absorpci slunečního záření, jež je nutné pro fotosyntézu. Studium fotosyntézy se již v polovině 19. století zabýval Julius Sachs, který je považován za zakladatele fyziologie rostlin (Krekule, 2009). Fotosyntéza je děj, při kterém dochází k přeměně světelné energie na energii chemickou reakcí vody a oxidu uhličitého za vzniku sacharidu a kyslíku. Probíhá ve dvou po sobě jdoucích fázích – světelné (primární) a temnostní (sekundární). Tento proces se odehrává v organelách buněk zvaných chloroplast. Chloroplast je složený z dvojité membrány, stroma, gran, thylakoidů, lumenu, lipidů, škrobu, vlastního DNA, mRNA, ribosomu a mitochondrií a plní důležité funkce jako je fixace CO<sub>2</sub> nebo například syntéza mastných kyselin (Hudák, 2010). V thylakoidech, které obsahují barviva, zejména zelené chloroplasty a karotenoidy, probíhá první fáze fotosyntézy. Chlorofyly absorbují záření fialové až modré o vlnové délce 370–500 nm a oranžové až červené záření o vlnové délce 550–700 nm. Toto záření prostupuje do světlosběrných systému LHC a je převáděno do reakčního centra skládajícího se ze dvou systémů – fotosystém I a fotosystém II. Fotosystém I je tvořen chlorofylem a, který přijímá záření do 700nm. Fotosystém II přijímá záření do vlnové délky 680 nm. (Luštinec, Žárský, 2005). Fotosystémy obsahují přenašeče a další barviva, z nichž se uvolňuje energie následně použitá na tvorbu ATP. V první fázi fotosyntézy se vytváří kyslík, který se uvolňuje do ovzduší, dále redukované koenzymy NADH + H<sup>+</sup> a energie ATP. Pro první fázi je tedy nezbytná přítomnost světla (Rosypal, et al., 1994). Ve druhé fázi fotosyntézy se spotřebovávají produkty vzniklé ve fázi první, dochází k zabudování CO<sub>2</sub> (vodní rostliny přijímají CO<sub>2</sub> z vody ve formě H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, naopak suchozemské rostliny přijímají CO<sub>2</sub> ze vzduchu v plynném skupenství) do organických sloučenin. Tento proces probíhá 3 způsoby (Markoš, 1998).

1. U rostliny C<sub>3</sub> – rostlin mírného pásu – probíhá fixace oxidu uhličitého přes Calvinův cyklus (zvýšená koncentrace CO<sub>2</sub> vede ke zvýšení fixace CO<sub>2</sub> a tím i k rychlejšímu průběhu fotosyntézy a růstu), který se uskutečňuje ve stromatu chloroplastů, tyto složité reakce jsou katalyzovány enzymem rubisco (Adamec, 2001; Michal, 1999).
2. U rostlin C<sub>4</sub> – rostlin tropického pásu – se fixace oxidu uhličitého odehrává v cytoplasmě mezofylových buněk a v chloroplastech cévních svazků (Luštinec, Žárský, 2005).

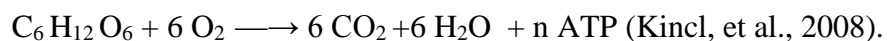
3. U CAM rostlin – rostlin žijících ve velmi suchých oblastí s nedostatkem vody (například sukulentů) – je sekundární fáze prostorově i časově oddělena. Oxid uhličitý přijímají přes noc, během níž mají otevřené průduchy, a vzniklý produkt malát se hromadí ve vakuole. Přes den vstupuje do cytoplazmy do Calvinova cyklu a proces fotosyntézy je ukončen vznikem sacharidů (Gloser, 1999).

Proces fotosyntézy můžeme zjednodušit a zapsat následující rovnicí:



Fotosyntéza tedy závisí na světle, koncentraci oxidu uhličitého, vodě i teplotě. Pokud tyto faktory jsou v optimu, tak děj probíhá maximální možnou rychlostí (Kincl, et al., 2008, Luštinec, Žárský, 2005).

Dalším důležitým procesem, který je označován za opak fotosyntézy, je dýchání (respirace). Respirace probíhá ve všech orgánech rostlin, rozkládají se při ní organické sloučeniny na oxid uhličitý a vodu, díky čemuž se uvolňuje energie (Luštinec, Žárský, 2005). Respirace probíhá ve dvou fázích, anaerobní a aerobní. Anaerobní fáze se uskutečňuje bez přítomnosti kyslíku a probíhá v cytoplazmě buněk, vzniká při ní NADH a uvolní se malé množství energie ze štěpení glukózy. Aerobní fáze se uskutečňuje za přítomnosti kyslíku a odehrává se v mitochondriích. Glukóza vstupuje do Krebsova cyklu, v němž dochází k dekarboxylaci (odštěpení oxidu uhličitého) a dehydrogenaci (odštěpení vodíku), vzniká NADH, který vstupuje do dýchacího řetězce. V dýchacím řetězci je NADH oxidováno kyslíkem za vzniku vody a ATP. Respiraci můžeme jednoduše vyjádřit rovnicí:



Jak již bylo uvedeno, transpirace a respirace představují nejdůležitější funkce listů. Zároveň ale mohou mít tyto vegetativní orgány i funkce sekundární, ke kterým jsou přizpůsobeny a přeměněny. Mezi metamorfózy listů patří:

- cibule má zásobní funkci a rozlišujeme:
  - a) plná – vzniká přeměnou jediného dužnatého listu, např. u sněženky;
  - b) sukničná – jedná se o zdužnatělé báze listů, např. u cibule kuchyňské;
  - c) šupinovitá – na kuželovitém podpučí vyrůstají zdužnatělé drobné šupiny, např. u lilie;

- d) cibule složená – skládá se ze stroužků, které vyrůstají z podpučí v úžlabí šupin, např. u česneku kuchyňského (Jelínek, et al., 2005, Vinter, Macháčková 2013, Novák, 2008);
- listové ostny plní ochrannou funkci a mají ostře zašpičatělé přeměněné listové okraje, např. u pcháče (Jelínek, et al., 2005, Vinter, Macháčková, 2013);
  - listové trny mají ochrannou funkci a vznikly přeměněnou ve špičaté listy, např. u dřišťálu, kaktusů (Jelínek, et al., 2005, Vinter, Macháčková, 2013);
  - listové úponky:
    - a) metamorfózu koncové části listu v úponek najdeme u vikve;
    - b) metamorfóza střední části listu v úponek se vyskytuje u láčkovky;
    - c) u hrachu setého se setkáváme s přeměněnými lístky a prodloužené řapíky v úponky najdeme u plamének (Novák, Skalický, 2008, Vinter, Macháčková, 2013);
  - extraflorní nektária vznikají z palistů nebo emergencí (mnohobuněčné výběžky pokožky + podpokožkové pletivo), např. u slivoně (Vinter, 2009, Vinter, Macháčková, 2013);
  - rhizofyl znamená, že jeden list nahrazuje funkci kořene, např. u vodní kapradiny nepukalky (Vinter, Macháčková, 2013);
  - pseudokaul jsou dlouhé nahloučené řapíky, které připomínají kmen, např. banán (Vinter, Macháčková, 2013);
  - redukce listů u hemiparazitů a holoparazitů nebo úplná redukce listů u kokotice. (Vinter, Macháčková, 2013);
  - vegetativní rozmnožování u begónie (Vinter, Macháčková, 2013);
  - listy masožravých rostlin. Rosnatky a tučnice vytvářejí žláznaté emergence tzv. tentakule, které vylučují lepkavou tekutinu, na kterou lákají hmyz. Další možností je džbánovitá láčka u masožravých láčkovek (Vinter, Macháčková, 2013);
  - heterofylie (různoлистost) znamená, že listy různých tvarů se nachází na jedné rostlině, například zvonku okrouhlého (Vinter, Macháčková, 2013);
  - anizofylie (nestejnolistost) znamená, že listy odlišné velikostí se nachází se na jedné rostlině (Vinter, Macháčková, 2013).

Přizpůsobení se rostlin různým stanovištím označujeme termínem adaptace, přičemž tyto adaptace bývají funkčního anebo strukturního charakteru (Mašková, 2014). Rostliny žijící v suchých a aridních oblastech mají xeromorfní a heliomorfní adaptace listů. To znamená, že listy mají silnou kutikulu, sklerenchymatickou hypodermis a epidermis, ponořené průduchy plnicí se voskem. Těmito změnami ve stavbě listy docílí lepšího hospodaření s vodou a lepší ochrany před sluneční radiací (Novák, Skalický, 2008, Vinter, 2009). Rostliny obývající vodní prostředí nemají dostatek zpevňovacích pletiv, obsahují menší počet cévních svazků ve stonku, průduchů, mají řídkou žilnatinu v čepeli listu a slabou vrstvu kutikuly, proto jejich stonek a listy nadržují pevný tvar. Oboživelné druhy, mezi které patří například rdesno, mohou žít ve vodě i na suchu, ale musí se přizpůsobit svými vegetativními orgány prostředí, jež právě obývají (Jeník, et al., 1965).

Podle nároků na množství světla, které dopadá na rostlinu, rozlišujeme rostliny:

- světlobytné rostliny jsou rostliny otevřených skal, písků, stepí, pouští, které ke svému životu potřebují vstřebat, co nejvíce světla, například šalvěj luční;
- stínobytné rostliny jsou byliny lesního podrostu, kulturní plodiny, které nepotřebují tolik světla a snášejí zastínění, například netýkavka nedůtklivá, česnáček lékařský apod. (Skálová, 2004, Jeník, et al., 1965).

Listy představují nejdůležitější a neúčinnější orgán rostlin, který je přizpůsoben k výrobě kyslíku, prvku nezbytného pro život aerobních organismů. Listy, stejně jako jiné části rostliny, tvoří součást naší potravy (zelí, kapusta, špenát, cibule apod.), nachází uplatnění jako léčivé byliny (máta), koření (majoránka, vavřín apod.), pochutiny (čajovník) nebo v případě pícnin jako krmivo pro zvířata (Novák, Skalický, 2008, Rosypal, et al., 1994).

## 1.8. DIDAKTICKÁ ČÁST

Didaktická část je zpracována podle následujících materiálů: Červenková, 2013; Jeřábek, et al., 2007; Nezvalová, 2007; Nezvalová 2008; Pavlásková, 2014; Sokol, et al., 2001; Vinter, 2009; Žák, 2012.

### 1.8.1. VZDĚLÁVACÍ SYSTÉM ČR

Národní program rozvoje vzdělávání České Republiky, který vypracovává Ministerstvo školství, mládeže a sportu České Republiky, patří mezi základní kurikulární dokument v oboru vzdělávání. Ve školském zákoně č. 561/2004 Sb. o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání jsou definovány systémy vzdělávacích programů, mezi něž se řadí: Národní program vzdělávání (NPV), Rámcový vzdělávací program (RVP) a školní vzdělávací program (ŠVP). V Národním programu vzdělávání jsou rozpracovány cíle vzdělávání vymezené zákonem č. 561/2004 Sb., určení hlavních oblastí, obsahů a prostředků vzdělávání pro dosažení stanovených cílů. V Rámcovém vzdělávacím programu jsou stanoveny konkrétní cíle, forma, délka a povinný obsah vzdělávání podle zaměření daného vzdělávacího oboru. Podle Rámcového vzdělávacího programu si školy vypracovávají svůj školní vzdělávací program přímo odpovídající jejich konkrétním potřebám.

Dle Rámcového vzdělávacího programu předmět biologie spadá do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Vegetativní orgány rostlin jsou zahrnuty v učivu biologie rostlin. Přípravy na jednotlivé vyučovací hodiny si vytváří učitel sám podle ročního tematického plánu (pokud je stanoven ředitelem školy) tak, aby dodržel časovou dotaci a probral všechnu učební látku určenou školním vzdělávacím programem.

### 1.8.2. ZAČÍNÁJÍCÍ UČITEL

Za začínajícího učitele považujeme učitele s menší než pětiletou praxí po absolvování vysokoškolského studia a s nedostatkem pedagogických zkušeností. Mladý učitel začíná svou profesní dráhu s určitými plány a představami. Seznamuje se s prostředím školy, kolegy, studenty. Formuje si svůj učitelský styl. Zažívá úspěchy i zklamání, které u některých mladých a aktivních pedagogů mohou vést až k syndromu vyhoření. Práce učitele nespočívá jen ve vzdělávacím procesu žáků,

ale důležité je také fungování školy, finančních prostředků, třídnických záležitostí apod. V počátcích své kariéry by mladý učitel měl mít k dispozici pomoc staršího kolegy, který jej uvede ho do celé problematiky. Úkolem uvádějícího učitele ale není pouze pomoci mladému pedagogovi se vzdělávacím procesem, ale také jej například seznámit s fungováním školy, s dostupným didaktickým materiálem atd. Mladý učitel si svůj pedagogický styl formuje na základě vlastních zkušeností z dob studentských let, pozorování jiných kolegů a jejich rad. Nejčastější komplikace začínajících pedagogů představují komplex nízkého věku mladého učitele, nevyhovující přístup k žákům, výchovné problémy, nezáměr žáků o předmět.

Přípravu na výuku by měl začínající učitel vytvářet zodpovědně, krok po kroku, podle legislativy školy, stanovit reálné cíle s ohledem na věk a vědomosti žáků, vhodné metody a organizační formy výuky, zvolit vhodné didaktické pomůcky, dbát na časovou dotaci. Kvalitně zpracovaná písemná příprava na hodinu začínajícímu učiteli pomůže odbourat stres, soustředit se na žáky, dodá mu sebejistotu a „hrdé“ vystupování.

### 1.8.3. DIDAKTICKÉ ZÁSADY V HODINÁCH BIOLOGIE

Didaktické zásady jsou důležitým prostředkem k dosažení efektivní výuky s ohledem na hlubší znalosti úrovně žáků, vzdělávacích cílů, vhodně zvolených metod a forem výuky apod. Jejich následování pomůže učiteli zajistit hladký průběh vyučovací hodiny. Mezi nejdůležitější zásady ve výuce patří:

1. zásada vědeckosti – vztahuje se k obsahu učiva. Učitel by měl v hodinách biologie užívat moderní terminologii, novinky z biologického výzkumu, porovnávat „zastaralé“ informace s aktuálními. V žádném případě by žákům neměl sdělovat chybné či nepřesné informace;
2. zásada přiměřenosti a srozumitelnosti – učitel by měl v první řadě brát ohled na věk, schopnosti a vyzrálost žáků. Podle těchto parametrů je třeba vybírat podstatné informace a následně je předávat vhodně zvolenou metodou a adekvátní formou výuky, při níž jsou použity i správné didaktické pomůcky;
3. zásada názornosti – vhodně zvolené didaktické pomůcky mají velký význam při osvojování si nových informací. Ve stávajícím školství přetrvává názor, že verbální komunikací žáci přijímají nejvíce informací, což ovšem podle mnoha průzkumů není pravda. Je vědecky dokázáno, že



nejefektivnější přijímání nových informací, probíhá pomocí zraku (87%), proto je třeba spojit tyto dva důležité faktory při ukládání informací a zapojit do výuky dostatek názorných vizuálních podnětů;

4. zásada soustavnosti a posloupnosti – nepsaným pravidlem je postupovat od nejjednoduššího po nejsložitější, tento princip ale nemusí vždy platit. Učitel musí uvážit, kdy je vhodné začít od jednodušších pojmů po nejsložitější a kdy naopak žáky seznámit nejprve s komplexním celkem a pak se vracet je jednotlivostem;
5. zásada trvalosti – představuje neustálé opakování těch nejdůležitějších biologických pojmů, které by si žáci měli zautomatizovat;
6. zásada spojení školy se životem a spojení teorie s praxí – důležitým momentem v rámci výuky je zdůraznění či demonstrace praktického využití biologických poznatků v běžném životě. Tento typ informací funguje jako pozitivní motivace, díky níž si žáci sami uvědomí smysluplnost biologie, a jejich zájem o předmět může být posílen;
7. zásada individuálního přístupu k žákům – učitel by měl přistupovat ke každému žáku podle jeho potřeb, možností, dovedností, zdravotnímu stavu apod.;
8. zásada respektování mezipředmětových vztahů – pro lepší fixaci a orientaci v učivu by měl učitel v hodinách biologie využívat i poznatky a metody příbuzných předmětů jako je fyzika, chemie, výtvarný výchova a upozorňovat žáky na mezioborové přesahy a celkový kontext.

#### 1.8.4. HYGIENA A BEZPEČNOST PRÁCE VE VÝUCE BIOLOGIE

Všichni pedagogičtí pracovníci musí projít školením BOZP, z něhož vyplývá, že učitel musí chránit zdraví své i zdraví žáka. Na počátku školního roku učitel žáky poučí o hygieně a bezpečnosti práce. V první hodině biologie je upozorní na možná rizika, vysvětlí, na co je třeba dbát, jak manipulovat s pomůckami, aby předešli úrazu. Pokud dojde během hodiny k úrazu, žáci musí zranění učiteli hlásit a ten musí poranění ošetřit, případně zavolat lékaře a zaznamenat vše do knihy úrazů. Učitel by neměl při laboratorních cvičení odcházet ze třídy z důvodu bezpečnosti a možného poranění, také by měl žákům neustále připomínat opatrnou manipulaci s ostrými předměty či nebezpečnými látky.

### 1.8.5. PŘÍPRAVY NA HODINY

Přípravy na hodiny představují podpůrný materiál, který učitelům slouží k tomu, aby jejich výklad byl přehledný, odehrával se logické posloupnosti a návaznosti, byl dobře srozumitelný a ucelený i v rámci širšího tematického celku probírané látky. Pečlivě vypracované přípravy na hodiny umožní zejména začínajícímu pedagogovi neopomenout připravit didaktické pomůcky a materiály, během výkladu zdůraznit podstatné informace, aj. Dále mohou tyto pracovní texty velmi významně pomoci v případě suplovaných hodin, zvláště u neaprobovaného zástupu a nepostradatelnou roli hrají právě u začínajících pedagogů. V praktické části je popsán postup a jednotlivé kroky při vytváření příprav na hodinu.

### 1.8.6. DIDAKTICKÉ TESTY

Didaktické testy jsou jednou z možností prověření žákových znalostí v daném předmětu. Nejrozšířenějším způsobem hodnocení je klasifikace známkou, která má číselnou hodnotu 1–5. Mezi další způsob hodnocení patří slovní hodnocení, které oproti klasické známce žákovi konkrétněji okomentuje a specifikuje přednosti i nedostatky jeho znalostí. Hodnotit žáky můžeme na základě ústního zkoušení, didaktických testů, protokolů z laboratorních cvičení, seminární práce, výsledků projektu či domácích úkolů.

Písemné testy v současné době v českém školství představují nejrozšířenější a nejefektivnější způsob hromadného prověřování znalostí žáků. Zároveň slouží pedagogovi jako zpětná vazba. Vytváření didaktických testů probíhá ve třech fázích – plánování, konstrukce a ověřování:

- plánování – v této fázi je důležité si uvědomit, k čemu je test určen, co vlastně testujeme, jak velký obsah učiva zkusíme, tzn. opakování učiva za celý rok, pětiminutovka, probíraná část konkrétního učiva, samostatnou práci apod. Podle toho stanovíme počet testovaných úloh, který samozřejmě vychází z vytyčených výukových cílů z pohledu žáka. Také můžeme přidat tzv. bonusové otázky pro rychlejší žáky;
- konstrukce testu – v této fázi vytváříme konkrétní testové otázky, pokyny k jejich řešení a také stupnici hodnocení. Testové úlohy dělíme na otevřené nebo uzavřené:

1. otevřené testové úlohy mohou být se širokou odpovědí (s napsanou osnovou či bez předepsaného vzoru) nebo se stručnou odpovědí (doplnění výrazu do věty, pojmu apod.);

2. uzavřené testové úlohy mohou mít podobu dichotomicky uzavřené odpovědi (ANO x NE), s výběrem odpovědi (jedna nebo více odpovědí správných), přiřazovací (obrázky, pojmy aj.) či uspořádací (číslicí nebo vypsání správného pořadí);

3. příklady dalších testových úloh – poznávání obrázků, komentáře grafů či diagramů, popisy obrázků;

Jednotlivé testové úlohy musíme hodnotit buď bodově, nebo známkou. Z celkové počtu bodů musíme určit klasifikační stupnici;

- ověřování – tato fáze zahrnuje vypracování připraveného testu samostatnými žáky. Při opravování zjistíme, jak byl test náročný, jaké typy testových úloh žáci vyřešili snáze a naopak, které pro ně byly obtížné, zda byly některé otázky formulovány chybně nebo nesrozumitelně.

## 2. Materiál a metodika

Součástí mé diplomové práce jsou také fotografie zařazené v sekci výsledky. Byly pořízeny zdokumentováním rostlinného materiálu, který jsem sesbírala převážně v Olomouckém a Zlínském kraji.

Pro mikrofotografické snímky jsem využila několik způsobů tvoření preparátů z různých druhů rostlin:

- otiskový preparát: kapradina a begonie;
- příčné řezy: pšenice, smrk, borovice, vrba, podražec, citroník;
- trvalý preparát: vodní mor kanadský.

Otiskový preparát jsem udělala za pomoci průhledného laku, izolepy, podložního a krycího sklíčka. Pozorovanou část jsem přetřela bezbarvým lakem, nechala ho zaschnout, poté jsem nalepila izolepu a strhla. Tímto způsobem vznikl otiskový preparát, který jsem nalepila na podložní sklíčko a vložila do mikroskopu.

Příčné řezy jsem vytvářela pomocí bezové duše a žiletky. Bezovou duši jsem podélně rozřízla, vložila dovnitř pozorovaný objekt a provedla první zarovnávací řez. Po tomto řezu jsem provedla několik po sobě jdoucích řezů, vybrala ty nejzdařilejší řezy a dala je do vhodného média na podložní sklíčko, zakryla krycím a vložila do mikroskopu.

Trvalý preparát, který je k mikroskopování připraven ihned, mi zapůjčil vedoucí diplomové práce.

Následné mikrofotografie vznikly pomocí mikrofotografického systému Olympus DP70. Mnou vytvořený preparát jsem vložila na stůl mikroskopu, na kterém je umístěno fotografické zařízení propojené s počítačem. Nastavila jsem všechny potřebné položky a poté jsem pomocí programu DP manager a DP controller pořídila jednotlivé snímky.

Makrofotografie jsem vytvářela pomocí svého fotoaparátu NIKON D 5200. Pro tuto část jsem zpracovávala jak herbářové položky, tak čerstvě nasbíraný materiál.

### 3. Praktická část

V následujícím oddílu jsem se zaměřila na vypracování ukázkových příprav na hodiny biologie pro učitele středních škol. Přípravy na hodiny vychází z teoretické části diplomové práce, věnují se tedy tématu vegetativních rostlinných orgánů, mezi něž patří kořen, stonek, list. Součástí příprav na hodiny jsou i didaktické testy nebo aktuální novinky z oboru, které jsem čerpala z portálu osel.cz. Do praktické části jsem přiložila vlastní fotografie, metodika jejich pořízení je popsána v kapitole metodika a materiál, a také pojmové mapy, které lépe a názorně zdůrazní propojení anatomicko-morfologické stavby s fyziologickými funkcemi vegetativních orgánů rostlin. V příloze se navíc nachází metodická příručka pro učitele, v níž vysvětluji složitější pojmy a rozšiřuji danou problematiku o učivo vhodné spíše do seminářů biologie.

#### 3.1. NÁVRH OSNOVY PÍSEMNÉ PŘÍPRAVY ZAČÍNÁJÍCÍHO UČITELE

Popsáno podle Nezvalová, 2007; Nezvalová 2008; Pavlásková, 2014; Vinter, 2009; Žák, 2012.

##### **Téma hodiny**

Pedagog stanovuje téma hodiny podle ŠVP nebo tematického plánu daného předmětu a následně zapisuje do třídní knihy.

##### **Výukový cíl**

Základem přípravy na vyučování je stanovení cílů z pohledu žáků a jejich prekonceptů (žáci vstupují do školy s určitými vědomostmi, které získali na základní škole nebo samostudiem). Výukový cíl můžeme rozdělit do tří kategorií na:

- cíl kognitivní (zapamatování určitých informací, jejich propojení s předchozím učivem);
- psychomotorický (cíle v oblasti motorických dovedností);
- afektivní (učení se postupům při řešení problémů z hlediska citového působení).

Kognitivní a psychomotorické cíle je vhodné formulovat, s ohledem na žáka jakožto individuum i s ohledem na RVP, ŠVP, tematický plán, pomocí aktivních sloves. Např. žák bude umět – popsat, vysvětlit, určit, vypočítat, analyzovat, definovat apod.

Stanovení kognitivních cílů, podle Benjamina Blooma, zahrnuje šest hlavních intelektuálních cílů - znalost, porozumění, aplikaci, analýzu, syntézu a hodnotící posouzení. Bloom ve své taxonomii postupoval od nejjednodušších úkolů až po ty nejsložitější.

### **Klíčové kompetence**

Klíčové kompetence stanovené pro konkrétní hodiny by měly zohlednit schopnosti, dovednosti, hodnoty a postoje žáků, které jsou důležité pro rozvoj jedince. Snahou pedagoga je vytvářet, rozvíjet a upevňovat tyto kompetence zároveň však přistupovat individuálně ke každému žákovi. Mezi klíčové kompetence z pohledu žáka podle RVP pro gymnázia, patří: kompetence k učení, k řešení problémů, komunikativní, sociální a personální, občanská kompetence a kompetence k podnikavosti:

- kompetence k učení – žák dokáže třídít, stanovit a efektivně využít informace získané ve vzdělávacím procesu pro svůj individuální rozvoj a práci;
- kompetence k řešení problémů – žák je po osvojení nových informací schopen analyzovat určitou situaci, rozčlenit konkrétní problém na dílčí otázky a ty podrobněji rozebrat či na ně najít definitivní odpověď;
- kompetence komunikativní – žák umí používat vhodné komunikační prostředky, ovládá různé typy komunikace, včetně moderních informačních technologií, a je schopen se adekvátně vyjadřovat v mluvené i psané formě před známým i neznámým publikem;
- kompetence sociální a personální – žák si dokáže dle svých individuálních možností stanovit reálné cíle z hlediska osobního i pracovního rozvoje, spolupracuje s ostatními lidmi, dbá na mezilidské vztahy;
- kompetence občanská – žák respektuje ostatní lidi ve svém blízkém i vzdálenějším okolí, je schopen jim pomoci, nepřehlíží jejich problémy,

neporušuje zákony a neznevažuje tradice, náboženství nebo jakékoliv jiné odlišnosti spojené s odlišnou etnicitou, rasou či sexuální orientací;

- kompetence k podnikavosti – žák se dle svých osobních i odborných znalostí dovedností dokáže uplatnit na trhu práce, dále se vzdělávat a neustále se zlepšovat v činnosti, jež vykonává.

### **Konkrétní učivo s didaktickými poznámkami**

V této části by měl pedagog stanovit strukturovaný obsah učiva, provést analýzu prekonceptů žáků, zařadit průřezová témata, zdůraznit mezipředmětové vztahy, navrhnout způsoby a prostředky, jimiž je možné žáky motivovat, uvést materiální a didaktické prostředky, konkrétní zápis, vyučovací metody, otázky k závěrečnému opakování a použitou literaturu i jiné zdroje informací.

- Strukturovaný obsah učiva slouží jako osnova pro učitele, v níž logicky a postupně určí cíle hodiny, obsah probírané látky a rozsah znalostí žáků.
- Analýzu prekonceptů žáků lze provést například pomocí brainstormingu. Pedagog určí téma hodiny, žáci si jej napíší na papír a musí bez přemýšlení napsat, co nejvíce informací spojených s daným tématem. Po určitém předem stanoveném čase žáci přečtou své nápady. Tím pedagog zjistí prvotní rozsah jejich znalostí týkající se dané problematiky.
- Průřezová témata tvoří součást povinného vzdělávání, navazují na základní vzdělávání žáků, slouží k doplňování a propojování učiva a také klíčových kompetencí. Důraz je kladen také na aktuální témata dané doby, v současnosti například na environmentální výchovu.
- Mezioborová propojenost daného předmětu s jinými umožňuje lepší fixaci informací a nalézání souvislostí mezi jednotlivými vzdělávacími oblastmi. V případě biologie jde například o propojení s výtvarnou výchovou – při kreslení náčrtů a schémat do sešitu, s chemií - při zápisu biologický dějů za použití chemických vzorců nebo s pracovními činnostmi - při realizaci práce na školním pozemku apod.
- Důležitý moment, který může vést ke zvýšení zájmu žáka o předmět, představují nejrůznější zajímavosti či novinky z oboru, zdůraznění aktuálnosti daného učiva, ukázky praktického uplatnění probírané látky v reálném životě, které v žákovi přirozeně probudí touhu dozvědět se o vyučované problematice ještě více. Proto je důležité, aby učitel nezapomínal

na uvedené motivační prvky a sám se o dění ve svém oboru také stále zajímal. Dalšími významnými motivačními prostředky, které by neměly v žádném případě zůstat opomenuty, jsou např. pochvala, malá jednička, plus a jiné způsoby ocenění, jež podněcují žáky k aktivitě, myšlení, snažení.

- Vhodně zvolené materiální a didaktické prostředky usnadní pedagogovi výklad a žákům umožní danou látku lépe pochopit. Mezi nejběžnější pomůcky patří: dataprojektor, tabule, powerpointové prezentace, nástěnné obrázky, encyklopedie, učebnice, herbáře, v laboratorních cvičení se často používá mikroskop, laboratorní pomůcky aj.
- Konkrétní zápis by měl být stručný, jasný, uspořádaný, logicky strukturně sestavený a pro žáky pochopitelný. Měl by následovat předem vytyčené cíle, postupovat od nejjednodušších termínů k nejsložitějším a zřetelně stanovit množství informací, které si musí žáci osvojit, a termíny, jež musí znát.
- Promyšlení vyučovacích metod představuje nedílnou součást příprav na hodinu. Pedagog žákům předává učební látku prostřednictvím různých forem výuky a tím plní dané cíle. Mezi výukové metody podle Vintera, 2009 patří: výklad, přednáška, rozhovor, pozorování, pokus, práce s literaturou.
  1. Nejběžnější používanou metodou při výuce biologie je výklad, při němž učitel prezentuje před třídou logicky uspořádané nové informace. Tento způsob je velmi efektivní, jelikož dochází k rychlému zprostředkování velkého množství nových poznatků, které musí žáci následně vstřebat. Výklad tedy reprezentuje jeden typ monologické metody, stejně jako přednáška.
  2. Přednáška je považována za nejvyšší formu souvislého výkladu. Tato forma výuky je vhodná pro vyšší ročníky středních škol a nejvíce se pak uplatňuje zejména na vysokých školách.
  3. Rozhovor pak naopak patří mezi dialogické metody a učitel při něm klade otázky, na něž žák odpovídá. Metoda rozhovoru je hojně využívaná při ústním zkoušení nebo se používá ke zpestření monologického výkladu.
  4. Díky pozorování pedagog prakticky a názorně ukáže žákům děje nebo jevy týkající se daného tématu. Před názornou ukázkou žákům vysvětlí, na jaký jev se mají soustředit, představí jim ho v širších



souvislostech. Může s nimi také na dané téma diskutovat. Pozorovaný pokus učitel může buď provést zcela sám, nebo do něj žáky alespoň částečně zapojí, většinou však žáci experimenty provádějí aktivně sami, nejčastěji v rámci v laboratorních cvičeních.

5. Práce s literaturou je další důležitá metoda, při níž žáci vyhledávají nové informace, učí se je třídit, píšou si výpisky do sešitu nebo nacházejí odpovědi na dané otázky v učebnicích, časopisech, na internetu, v pracovních sešitech, klíčích, atlasech aj.

Pedagog nemusí a ani by neměl používat pouze jednu metodu, ale je vhodné během vyučovací hodiny kombinovat více výukových forem, jelikož tak snáze udrží žáky aktivní a soustředěné.

Další možnost klasifikace výukových metod představuje Maňák, 1990, který je dělí následně:

- metody z hlediska pramene poznání a typů poznatků (slovní, názorně demonstrační a praktické);
  - metody z hlediska aktivity a samostatnosti žáků (sdělovací, samostatné práce žáků, badatelské, výzkumné);
  - struktura metod z hlediska myšlenkových operací (postup srovnávací, induktivní, analyticko-syntetický);
  - varianty metod z hlediska fází výchovně vzdělávacího procesu (motivační, expoziční, fixační, diagnostické, aplikační);
  - varianty metod z hlediska výukových forem a prostředků (kombinace metod s vyučovacími formami, pomůckami).
- Podobu výuky výrazně ovlivňuje i prostředí, v kterém žáci pracují, způsob organizace jejich činností i činností učitele v hodině. Výuka může probíhat ve třídě, v laboratoři či mimo školu (exkurze) a mohou na ni navazovat další aktivity v domácím prostředí (projekty, přípravy). Podle forem výuku dělíme na frontální, individuální, skupinovou nebo projektovou.
1. Pro frontální výuku je charakteristický dominantní přístup učitele a hromadná činnost žáků. Vinter, 2009 označuje frontální výuku jako hodinu základního typu. Žáci vykonávají stejnou činnost a učitel většinou metodou výkladu zprostředkovává danou látku. Frontální

výuka je nejběžněji používaná forma ve vyučování. Její velkou nevýhodou je pasivní přístup ze strany žáků.

2. Skupinovou výuku by měl pedagog využívat především v laboratorních cvičení, při nichž jsou žáci vedeni k vzájemné komunikaci při řešení předem stanovených úloh. Při tomto typu úkolů je rozvíjena týmová spolupráce, která „stmeluje“ třídní kolektiv, dále učí žáky vzájemně si naslouchat, podřídit se většině nebo naopak prosadit svůj názor a domluvit se na konečném postupu eventuálně výsledku práce.
  3. Projektové vyučování vyžaduje od pedagoga důkladnou přípravu a detailní rozmyšlení konkrétních témat s ohledem na praktický život a zájem žáků. Vyučující samozřejmě může témata vymýšlet společně s žáky nebo také mohou být témata stanovena vedením školy. Při tomto typu vyučování učitel hraje roli poradce a žáci vypracovávají svůj projekt individuálně nebo ve skupinách. Projekt má tři základní části přípravu, realizaci a vyhodnocení. Projekty bývají náročné z časového hlediska, ale upevňují klíčové kompetence žáků, jejich sebereflexi a také mezipředmětové vztahy.
  4. Exkurze tvoří součást vyučování, které probíhá mimo školní budovu, například ve volné přírodě, muzeu, ZOO, aj. Vyžaduje velkou připravenost pedagoga jak po stránce organizační (předem domluvené místo, doprava apod.), tak i odborné (příprava materiálů pro žáky) a také psychologicko-didaktické. S ohledem na nestandardní výukové podmínky by pedagog měl například počítat s možným odlišným chováním žáků (mohou nastat kázeňské problémy) nebo s neočekávanými zdravotními komplikacemi (alergie žáků, záchvaty, ...) aj.
- Zadání domácího úkolu – domácí úlohy slouží k lepší fixaci nového učiva. Jejich zadání musí být srozumitelné a vypracování daného úkolu by nemělo být přehnaně časově náročné.
  - Otázky k závěrečnému opakování – pedagog zjišťuje splnění výukových cílů, zpětná vazba.
  - Použité zdroje a citace

- Scénář zkoušení – sestaven s ohledem na stanovené výukové cíle. Může mít podobu ústního či písemného zkoušení. Vhodné je předběžné stanovení požadavků a seznámení žáků s pravidly prověřování jejich znalostí na začátku školního roku.
- Sestavení celkového scénáře hodiny – předem naplánovaná a reálně sestavená hodina zajistí zejména začínajícímu učiteli větší míru sebejistoty. Na úvod se učitel pozdraví se žáky, zapíše případnou absenci a zopakuje předchozí učivo (buď sám, nebo v rámci ústního zkoušení žáků) a uvede nově probíranou látku. Dále následuje výklad nových témat, která učitel na konci hodiny shrne sám nebo diskutuje se žáky.
- Sebereflexe – shrnutí a zhodnocení hodiny – jak se učiteli podařila jako celek, vyzdvihnout úspěšné momenty, a kriticky posoudit, v čem je třeba se zlepšit, zda byla splněna časová dotace apod.

### 3.2 TÉMA HODINY: KOŘEN

#### ➤ **Výukové cíle:**

Žák umí vyjmenovat funkce kořene.

Žák dokáže vysvětlit rozdíl mezi alorhizií a homorhizií.

Žák dokáže nakreslit příčný a podélný řez kořenem.

Žák je schopen popsat příjem vody kořenem a následné vedení vody rostlinou.

Žák vyjmenuje metamorfózy kořene a uvede jejich příklady.

Žák uvede příklady hospodářského využití kořene.

#### ➤ **Klíčové kompetence:**

Kompetence k učení: žák se naučí popsat vnější stavbu kořene.

Kompetence k řešení problémů: žák dokáže pomocí literatury vysvětlit osmotické jevy.

Komunikativní kompetence: žák je schopen diskutovat o příjmu a vedení vody kořenem.

Kompetence sociální a interpersonální: žáci při laboratorním cvičení plní úkoly ve skupinách a vzájemně spolupracují.

Kompetence pracovní: žák dokáže vysvětlit důležitost hospodářského významu kořene.

➤ **Konkrétní učivo s didaktickými poznámkami:**

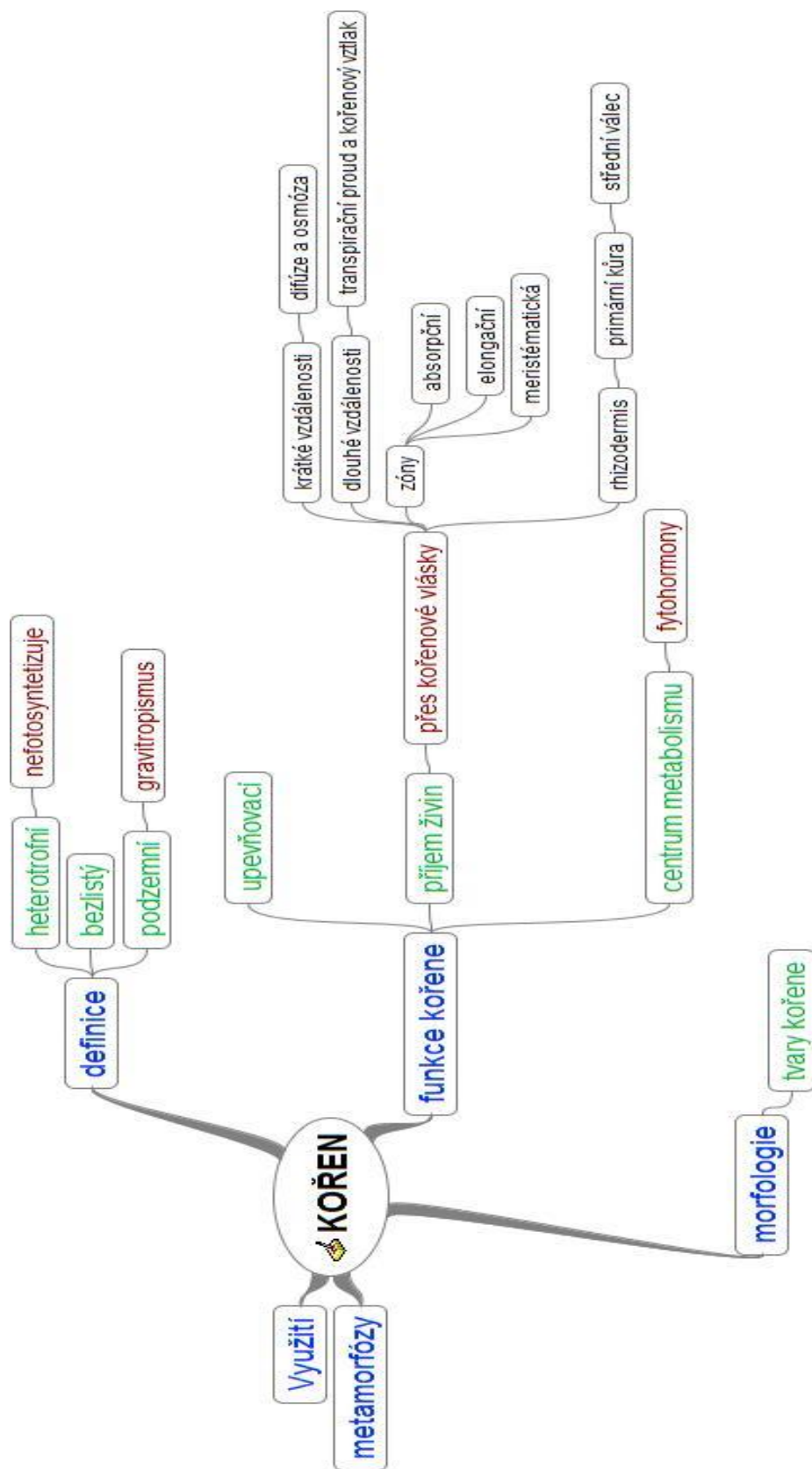
Strukturovaný obsah učiva:

definice, funkce kořene, homorhizie, alorhizie, části kořene, vnitřní stavba kořene, příjem a vedení vody, tvary kořene, metamorfózy kořene, hospodářský význam kořene

Základní termíny:

rhizodermis, kůra, střední válec, alorhizie, homorhizie, apoplast, symplast, mykorhiza, haustorium

Pojmová mapa kořene:



### **Aktuální novinky:**

kořeny ovlivňují růst listů na rostlině prostřednictvím signálních molekulárních drah karotenoidů, které v kořeni vznikají. Siebutrhová objevila, při pokusu s huseníčkem, gen **BYPASS 1 (BSPS1)**, který ovlivňuje růst listů. Gen **BSPS1** reguluje množství karotenoidů proudících přes xylém do nadzemních částí rostlin – v momentě, kdy dá pokyn k otevření „kanálů“ pro karotenoidy, růst listů se zastaví (Petr, 2004).

- a) **Analýza prekonceptů žáků:** dříve než učitel začne s výkladem na téma kořen, dostanou žáci test či kvíz týkající se této látky. Tím učitel získá povědomí o jejich prekonceptech.
- b) **Průřezová témata:** environmentální výchova – vysvětlit žákům symbiotický vztah mykorhizu. Jedná se o prospěšný vztah mezi organismy, který umožňuje rostlinám žít na extrémních stanovištích.
- c) **Mezipředmětové vztahy:** kreslení vnitřní a vnější stavby kořene do sešitu - výtvarná výchova, správně napsaný zápis do sešitu – český jazyk.
- d) **Poznámky k motivačním a výchovným momentům učiva:** zopakování učiva a zdůraznění návaznosti na učivo nové. Pochvala žáků v případě aktivity – ústně nebo malou jedničkou. Praktická ukázka podélného řezu mrkve. Sdělení aktuálních novinek týkající se tématu kořen.
- e) **Materiální a didaktické prostředky:** tabule, učebnice, fotografie.
- f) **Zápis**

Kořen = je většinou nezelený, podzemní vegetativní orgán cévnatých rostlin, na kterém nikdy nevyrůstají listy.

#### Funkce kořene:

- upevňovací;
- přijímání živin a vody z půdy;
- zásobní funkce;
- vegetativní rozmnožování;
- mykorhiza.

#### Vnější stavba kořene - soubor všech kořenů v rostlině:

- a) hlavní kořen, ze kterého vyrůstají postranní kořeny;
- b) hlavní kořen je zakrnělý a funkci přebírají adventivní (náhradní) kořeny.

### Části kořene:

vzrostlý vrchol kořene kryje kořenová čepička, pod kořenovou čepičkou se nachází vrcholový meristém, který má dělivou funkci, probíhá zde dělení buněk a růst kořene.

### Na podélném řezu kořenem můžeme rozlišit tři zóny:

1. dělivá zóna – zahrnuje vzrostlý vrchol kořene a vrcholový meristém;
2. prodlužovací (elongační) zóna – buňky se zde prodlužují a zvětšují, vznik xylému a floému;
3. absorpční zóna – nacházejí se zde kořenové vlásky, přes které probíhá příjem roztoků z půdy.

### Vnitřní stavba kořene:

1. pokožka – na povrchu, ochranná funkce;
2. primární kůra – mnohvrstevné parenchymatické buňky, složeny ze tří vrstev:
  - exodermis – vnější vrstva;
  - mezodermis – střední vrstva;
  - endodermis – vnitřní vrstva;
3. střední válec – pericykl – základ postranních kořenů, cévní svazky, které jsou tvořeny floémem a xylémem a mají radiální uspořádání; kambium u sekundárně tloustnoucích rostlin.

### Přijem vody kořenem:

přijem vody se uskutečňuje prostřednictvím kořenových vlásků přes apoplastickou nebo symplastickou cestu.

### Vedení vody na krátké vzdálenosti:

- difúze – je fyzikální děj, při kterém pronikají částice z koncentrovanějšího roztoku do méně koncentrovaného, dokud se koncentrace nevyrovnají;
- osmóza – je speciální případ difúze, kdy voda proniká přes polopropustnou membránu do koncentrovanějšího roztoku.

### Vedení vody na dlouhou vzdálenost:

- adheze – přilnavost vody ke stěnám cév;
- koheze – soudržnost molekul vody pomocí vodíkových vazeb;
- transpirační sání – nasávání vody od kořenů do nadzemních částí rostlin;
- kořenový vztlak – kořenové buňky vytlačují nasátou vodu pomocí ATP.

### Rozdělení kořene podle tvaru:

- nitkovitý, válcovitý, kuželovitý, srdcovitý, řepovitý, hlíznatý, chůdovitý, větvenovitý.

### Metamorfózy kořene:

- kořenové hlízy – jiřina;
- bulva – celer;
- symbiotické kořeny – mykorrhiza – společné soužití hub s kořeny vyšších rostlin, hřib smrkový + smrk ztepilý;
- přičepivé kořeny – břečťan.

### Hospodářský význam kořene:

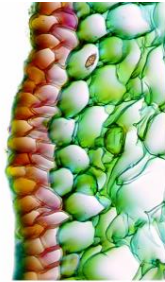
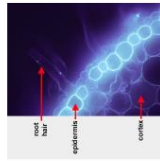
- potravinu – kořenová zelenina;
- potravinářský průmysl – řepa cukrovka;
- droga, léčiva – rulík zlomocný, lékořice;
- krmivo pro zvířata – krmná řepa.





### Pokožka kořene (rhizodermis)

- ▶ ochranná funkce
- ▶ bez průduchů
- ▶ bez kutikuly
- ▶ kořenové vlásky



### Zóny kořene:

1. Zóna absorpční - kořenové vlásky → příjem vody a minerálních látek z půdy.
2. Zóna produčovací (elongační) - zvětšení buněk → růst kořene.
3. Zóna dělivá (meristematická) - intenzivní dělení buněk.

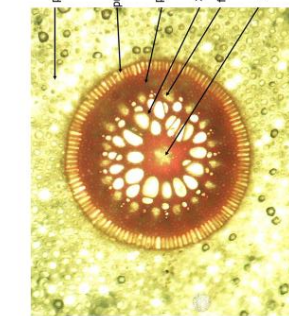


### Vnější stavba kořene:

2. Homorhizie (hlavní kořen zakrnělý → adventivní kořeny)

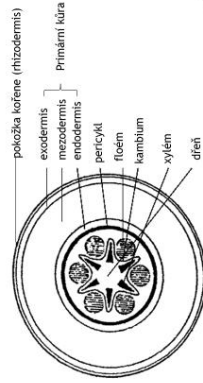


Adventivní kořeny

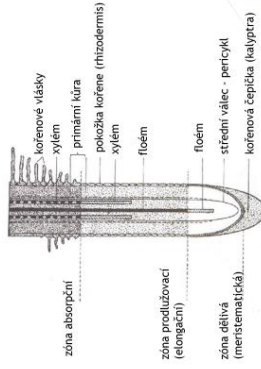


- primární kůra - mezodermis
- primární kůra - endodermis
- pericykl
- xylém
- floém
- dřev

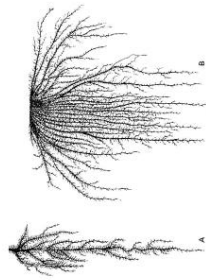
### Příčný řez kořene



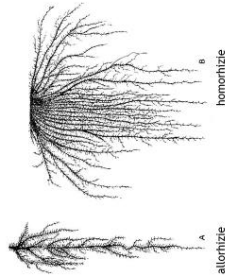
### Podélný řez kořenem



### Určí typ kořenové soustavy



### Určí typ kořenové soustavy - řešení

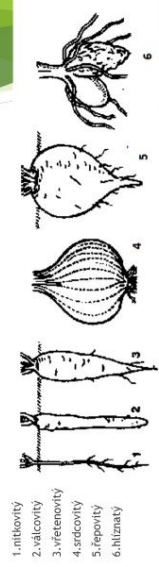


### Metamorfózy kořene



- ▶ kořenová hlíza
- ▶ bulva
- ▶ mykorrhíza
- ▶ příčepivé kořeny

### Tvary kořene



1. nitkovitý
2. válcovitý
3. vrátovitý
4. srdcovitý
5. řepovitý
6. hlízovitý

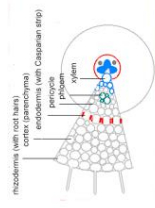
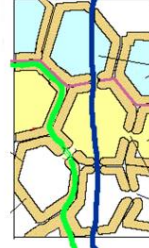
### Hospodářské využití kořene



- ▶ potravina - kořenová zelenina
- ▶ potravinářský průmysl - řepa cukrovka
- ▶ droga, léčiva - rullk. zlomocný, lékořiče
- ▶ krmivo pro zvířata - krmná řepa

### Příjem vody

- ▶ Přes kořenné vlásky:
- ▶ apoplast
- ▶ symplast



**Křížovka**

1. Jak latinsky nazýváme pokožku kořene?  
 2. Jak se nazývá zóna, v které kořen roste?  
 3. Náhradní kořeny  
 4. Kde se zakládají postranní kořeny?  
 5. Jak se latinsky nazývá primární kůra?

**Vytvoř správný pojem a vysvětli jej**

- ▶ HEALORIZI -
- ▶ KAMHYRZOI -
- ▶ RLEPYKIC -
- ▶ DISROMHRIZRE -

**Křížovka - řešení**

1. r h i z o d e r m i s  
 2. p r o d l u ž o v a c í z ó n a  
 3. a d v e n t i v n í  
 4. p e r i c y k l  
 5. c o r t e x

**Vytvoř správný pojem a vysvětli jej - řešení**

- ▶ HEALORIZI - ALLORHIZIE
- ▶ KAMHYRZOI - ANYKORHIZA
- ▶ RLEPYKIC - PERICYKL
- ▶ DISROMHRIZRE - RHIZODERMIS

**g) Vyučovací metody:** výklad, diskuze, práce s učebnicí.

**h) Otázky k závěrečnému opakování:**

Jakou funkci má kořen?

Nakresli a popiš vnitřní stavbu příčného řezu kořene.

Jaké typy dálkového transportu vody znáš?

Jak je voda vedena na krátkou vzdálenost?

Vysvětli pojem alorhizie.

Vysvětli pojem homorhizie.

Charakterizuj tři zóny vrcholové části kořene.

Vyjmenuj 3 metamorfózy kořene.

Co je to mykorhiza a jaký má význam pro přírodu a člověka?

Co je to pericykl a k čemu slouží?

Uveď příklady hospodářského význam kořene.

➤ **Scénář zkoušení:**

písemné a ústní zkoušení bude provedeno po probrání celého tematického celku.

➤ **Celkový scénář hodiny:**

- úvod (5 min) – zápis do třídní knihy, diskuze pomocí otázek navazujících na již probrané učivo např. prostřednictvím ústního zkoušení;
- motivace, probírání nové látky (35 min) – sdělení aktuálních novinek, konkrétní zápis do sešitu (definice, funkce kořene, homorhizie, alorhizie, části kořene, vnitřní stavba kořene, příjem a vedení vody, tvary kořene, metamorfózy kořene, hospodářský význam kořene);
- závěrečné shrnutí (5 min) – diskuzí se žáky, pomocí návazných otázek nové učební látky.

### Ukázka písemného testu

Jméno:

Třída:

Počet

bodů:

1. Napiš definici kořene. (1bod)

2. Nakresli kořen a popiš jednotlivé zóny. (4 body)

3. Vyber správnou odpověď na otázku, jakým procesem probíhá vedení vody na krátkou vzdálenost? (1 bod)

a) difúze   b) osmóza   c) difúze i osmóza   d) kořenový vztlak   e) transpirační proud

4. Spoj čarou správná tvrzení (2 body)

apoplastická cesta	proudění živin mezi buněčnými prostory
symplastická cesta	proudění živin skrz buňky

5. Vysvětli pojmy a napiš příklad: (12 bodů)

allorhizie -

homorhizie -

plazmolýza -

plazmoptýza -

kambium -

mykorhiza -

6. Co je to metamorfóza a uveď příklad. (2 body)

### 3.3 TÉMA HODINY: STONEK

#### ➤ **Výukové cíle:**

Žák umí vyjmenovat funkci stonku.

Žák dokáže rozčlenit stonek na uzliny a články.

Žák dokáže nakreslit a popsat příčný řez stonkem.

Žák je schopen klasifikovat stonek podle tvaru.

Žák dokáže popsat větvení stonku.

Žák vyjmenuje metamorfózy stonku a uvede jejich konkrétní příklad.

Žák uvede příklad hospodářského využití stonku.

#### ➤ **Klíčové kompetence:**

Kompetence k učení: žák se naučí popsat vnitřní stavbu stonku.

Kompetence k řešení problémů: žák dokáže přiřadit rostlinné zástupce k typům internodií stonku.

Komunikativní kompetence: žák dokáže diskutovat o přeměnách stonku.

Kompetence sociální a interpersonální: žáci při laboratorním cvičení pracují a plní úlohy ve skupinách, vzájemně spolupracují.

Kompetence pracovní: žák je schopen vysvětlit důležitost hospodářského významu stonku.

➤ **Konkrétní učivo s didaktickými poznámkami:**

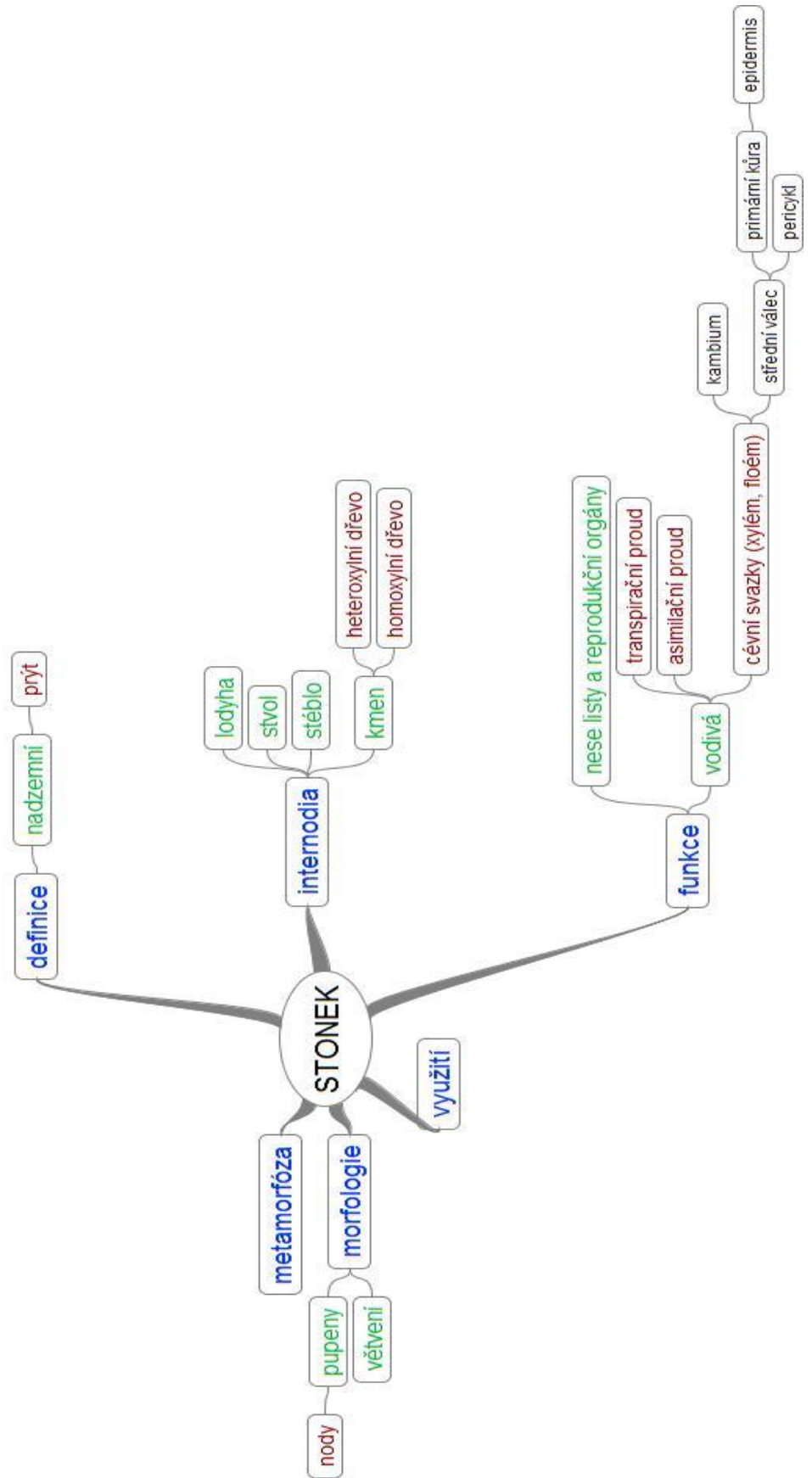
Strukturovaný obsah učiva:

definice a funkce stonku, členění stonku, vnitřní stavba stonku, větvení stonku, tvary na příčném řezu, metamorfóza stonku, hospodářský význam stonku

Základní termíny:

stvol, lodyha, stéblo, letokruh, epidermis, kůra, střední válec, brachyblast, šlahoun, kolce, kambium

Pojmová mapa stonku:



### **Aktuální novinky:**

huseníček je rostlina, u níž se často vyskytují jedinci, kteří své lodyhy nepřiměřeně hojně větví. U těchto rostlin vědci se zvýšenou frekvencí pozorovali mutace v genu označovaném MAX3. Pokud tento gen není zmutovaný, produkuje protein bránící větvení stonku, jinými slovy udržuje růst daného stonku jako "hlavní kmen". Pokud je však gen poškozený mutací, netvoří funkční protein a stonek se začne větvit. Podle všeho se tedy výzkumníkům podařilo najít gen a jeho produkt – protein, který je oním „velkým šéfem“ rozhodujícím o inhibici větvení (Pazdera, 2004).

**a) Analýza prekonceptů žáků:** žáci na začátku probíraného tématu stonku dostanou za úkol napsat za jednu minutu vše, co o stonku vědí. Tímto způsobem učitel získá povědomí o prekonceptech žáků.

**b) Průřezová témata:** environmentální výchova – žák dokáže rozčlenit byliny, keře a stromy podle stonku.

**c) Mezipředmětové vztahy:** kreslení vnitřní stavby stonku do sešitu - výtvarná výchova, zápis do sešitu je napsán bez pravopisné chyby - český jazyk.

**d) Poznámky k motivačním a výchovným momentům učiva:** zopakování učiva a návaznost na nové učivo. Pochvala žáků v případě aktivity – ústně nebo malou jedničkou. Sdělení aktuálních novinek týkající se stonku. Ukázky fotografií stonku.

**e) Materiální a didaktické prostředky:** tabule, učebnice, obrázky, fotografie.

### **f) Zápis**

Stonek = nadzemní, článkovaná část rostliny, která nese listy, pupeny a generativní orgány

#### Funkce stonku:

- transportní;
- zásobní;
- vyrůstají na něm listy, pupeny a květy;
- fotosyntetická – při redukci listů.

#### Stonek členíme na:

- články (internodia) – růst stonku do výšky;



- listová růžice = prvosenka;
- stvol (bezlistá lodyha) = hvězdník;
- lodyha = olistěný bylinný dužnatý stonek, kopřiva;
- stéblo = dutý stonek s kolénky, trávy;

- uzliny (nody) – vznik listů a úžlabních pupenů, uzliny trav – kolénka

stonky dřevin = kmeny složené z letokruhů, které vznikají působením cévních svazků.

#### Vnitřní stavba stonku:

- pokožka (epidermis) – často krytá kutikulou, může obsahovat průduchy;
- primární kůra – tvořena třemi vrstvami: hypodermis – vnější, může obsahovat chloroplasty, pevnost a pružnost stonku, mezodermis – parenchymatické buňky, endodermis – vnitřní vrstva, která nemusí být vytvořena, může být nahrazena škrobovou pochvou – zásobní funkce;
- střední válec – pericykl – mohou se zde zakládat adventivní kořeny, cévní svazky, kambium u druhotně tloustnoucích rostlin. Cévní svazky slouží k vedení vody přes transpirační proud, kořenový vztlak. Prostup vody od kořenů do stonků, listů.

#### Větvení stonku:

- vidličnaté – větvením stonku vznikají dvě rovnocenné větve, které se stejným způsobem větví dál, plavuně;
- postranní – lze rozlišit hlavní stonek a postranní větve.

#### Tvary na příčném řezu:

- válcovitý (žito), hranatý (hluchavka), rýhovaný (přeslička), žebernatý (pryščovitě), křídlatý (kostival), žebrovitý (kaktusy), dvouřízný (srha).

#### Metamorfózy stonku:

- brachyblasty – zkrácené větévký, které nesou listy, jehlice nebo květy (modřín);
- stonkové trny (kolce) – vznikají přeměnou zkrácených větví, ochranná funkce (trnka);
- oddenek – podzemní stonek, listy přeměněné na šupiny (vytrvalé byliny);
- oddenkové hlízy – ztloustití oddenků (brambor);
- stonkové hlízy – ztloustití stonku (kedluben);
- stonkové úponky – přichycení (vinná réva);

- šlahouny – vegetativní rozmnožování (jahodník);
- cibule – zkrácený stonk (cibule kuchyňská).

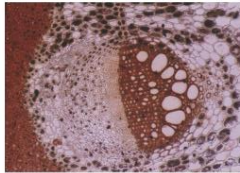
### Hospodářský význam stonku:

- potravina – lilek;
- koření – zázvor;
- textilní průmysl – len;
- nábytkářství, stavebnictví – dřeviny;
- papírnictví – dřeviny;
- cukr – cukrová třtina;
- farmaceutický průmysl – chitin;
- pícniny pro zvěř.

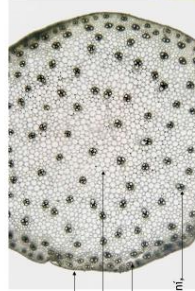


### Střední váleček

- ▶ parenchymatické pletivo
- ▶ cévní svazky:
  - ◊ uzavřené - ataktostélé
  - ◊ otevřené - eustélé
- ▶ pericykl
- ▶ dřev



### Příčný řez stonkem kukuřice seté



- epidermis s kutikulou
- parenchymatické pletivo
- primární kůra
- cévní svazek - kolaterální, uzavřený, ataktostélé

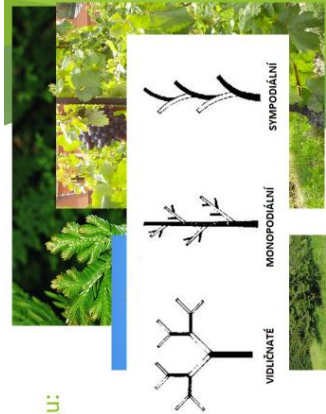
### Členění stonku

1. Internodia (články):
- ◊ stvol
  - ◊ lodyha
  - ◊ stéblo

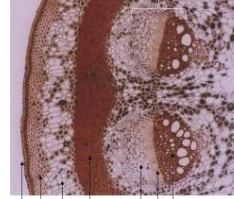


### Větvění stonku:

- ▶ vidličnaté
- ▶ postranní:
  - ◊ monopodiální
  - ◊ sympodiální



### Příčný řez podražcem velkolistým



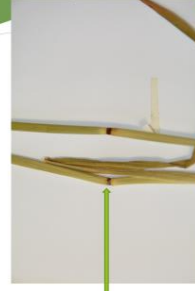
- epidermis
- hypodermis
- mezodermis
- sklerenchymatický pericykl
- kambium
- řezem
- xyém
- dřev

cévní svazek - kolaterální, otevřený, eustélé

### Členění stonku

2. lody (uzliny)

kolénka



### Hospodářské využití stonku:

- ▶ potravina - ředkev
- ▶ koření - skořice
- ▶ textilní průmysl - len
- ▶ nábytkářství, stavebnictví
- ▶ cukr - cukrová třtina
- ▶ farmaceutický průmysl



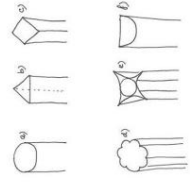
### Postavení pupenů

- ▶ vrcholné
- ▶ středové
- ▶ nahlučené



### Tvary na příčném řezu stonku

- a) válcovitý
- b) trojúhelníkový
- c) čtyřhranný
- d) ryhovaný
- e) křídlatý
- f) žebrovitý



### Vytvoř správný pojem a vysvětli jej

- ▶ HŠAJLOUN
- ▶ FYDMPÁSOHL
- ▶ LOARKAETHIL



### Metamorfózy stonku:

- ▶ brachyblasty
- ▶ stonkové trny (kolce)
- ▶ oddenek
- ▶ stonkové hlízy
- ▶ stonkové úponky
- ▶ šlahouny
- ▶ cibule



### Orientace a postavení růstu stonků v prostoru:

- ▶ příčný
- ▶ vstoupavý
- ▶ plazivý
- ▶ poléhavý
- ▶ ovčívý
- ▶ popínavý



**Vytvoř správný pojem a vysvětli jej - řešení**

- ▶ HŠAOLN - ŠLAHOUN
- ▶ HYMPÁSOJNL - SYMPODIÁLNÍ
- ▶ LOARKAETNIL - KOLATERÁLNÍ

**Šibenice - řešení**

B \_ R \_ A \_ C H \_ Y \_ B \_ L \_ A \_ S \_ T \_

**Spoj obrázek se správným postavením pupenů - řešení**

nahlioučené  
větvičné  
střídavé

**šibenice**

-----

**Spoj obrázek se správným postavením pupenů**

nahlioučené  
větvičné  
střídavé

#### **h) Otázky k závěrečnému opakování:**

Jakou funkci má stonek?

Nakresli a popiš vnitřní stavbu příčného řezu stonku.

Jak se stonek větví?

Co vzniká z internodií?

Co vzniká z nodů?

Vyjmenuj tři metamorfózy stonku.

Uveď příklady hospodářského významu stonku.

Co je to kambium?

#### **➤ Scénář zkoušení:**

písemné a ústní zkoušení bude provedeno po probrání celého tematického celku.

#### **➤ Celkový scénář hodiny:**

- úvod (5 min) - zápis do třídní knihy, diskuze pomocí otázek navazujících na již probrané učivo např. prostřednictvím ústního zkoušení;
- motivace, probírání nové látky (35 min) - sdělení aktuálních novinek, konkrétní zápis do sešitu (definice a funkce stonku, členění stonku, vnitřní stavba stonku, větvení stonku, tvary na příčném řezu, metamorfóza stonku, hospodářský význam stonku);
- závěrečné shrnutí (5 min) – diskuze se žáky, pomocí návazných otázek nové učební látky.

#### **Ukázka písemného zkoušení**

Jméno:

Třída:

Počet

bodů:

1. Napiš definici stonku. (1 bod)

2. Vyjmenuj tři funkce stonku. (3 body)

3. Spoj čarou správné odpovědi: (4 body)

stvol	pšenice setá
lodyha	borovice lesní
stéblo	smetanka lékařská
kmen	hluchavka

4. Vyber jednu správnou odpověď na otázku: V které části stonku se může vytvořit škrobová pochva? (1 bod)

- a) hypodermis    b) mezodermis    c) epidermis    d) endodermis

5. Vysvětli pojmy a napiš příklad: (10 bodů)

lodyha –

šlahoun –

brachyblasty –

kolce –

pericykl –

6. Co je to metamorfóza stonku, uveď příklad. (2 body)

7. Způsobují články (internodia) růst stonku do výšky? ANO X NE (1 bod)

### 3.4 TÉMA HODINY: LIST

#### ➤ **Výukové cíle:**

Žák umí vyjmenovat funkce listu.

Žák dokáže nakreslit a popsat vnější i vnitřní stavbu listu.

Žák umí rozlišit listy jednoduché a složené

Žák je schopen popsat fotosyntézu, respiraci.

Žák vyjmenuje metamorfózy listu a uvede jejich příklady.

Žák uvede příklady hospodářského významu listů.

#### ➤ **Klíčové kompetence:**

Kompetence k učení: žák pochopí a umí popsat proces fotosyntézy.

Kompetence k řešení problémů: žák pomocí literatury vysvětlí změnu zbarvení listů v průběhu podzimních měsíců.

Komunikativní kompetence: žák je schopen diskutovat o dýchání rostlin.

Kompetence sociální a interpersonální: žáci při laboratorním cvičení plní úkoly ve skupinách a vzájemně spolupracují.

Kompetence pracovní: žák dokáže vysvětlit důležitost hospodářského významu listu.

➤ **Konkrétní učivo s didaktickými poznámkami:**

Strukturovaný obsah učiva:

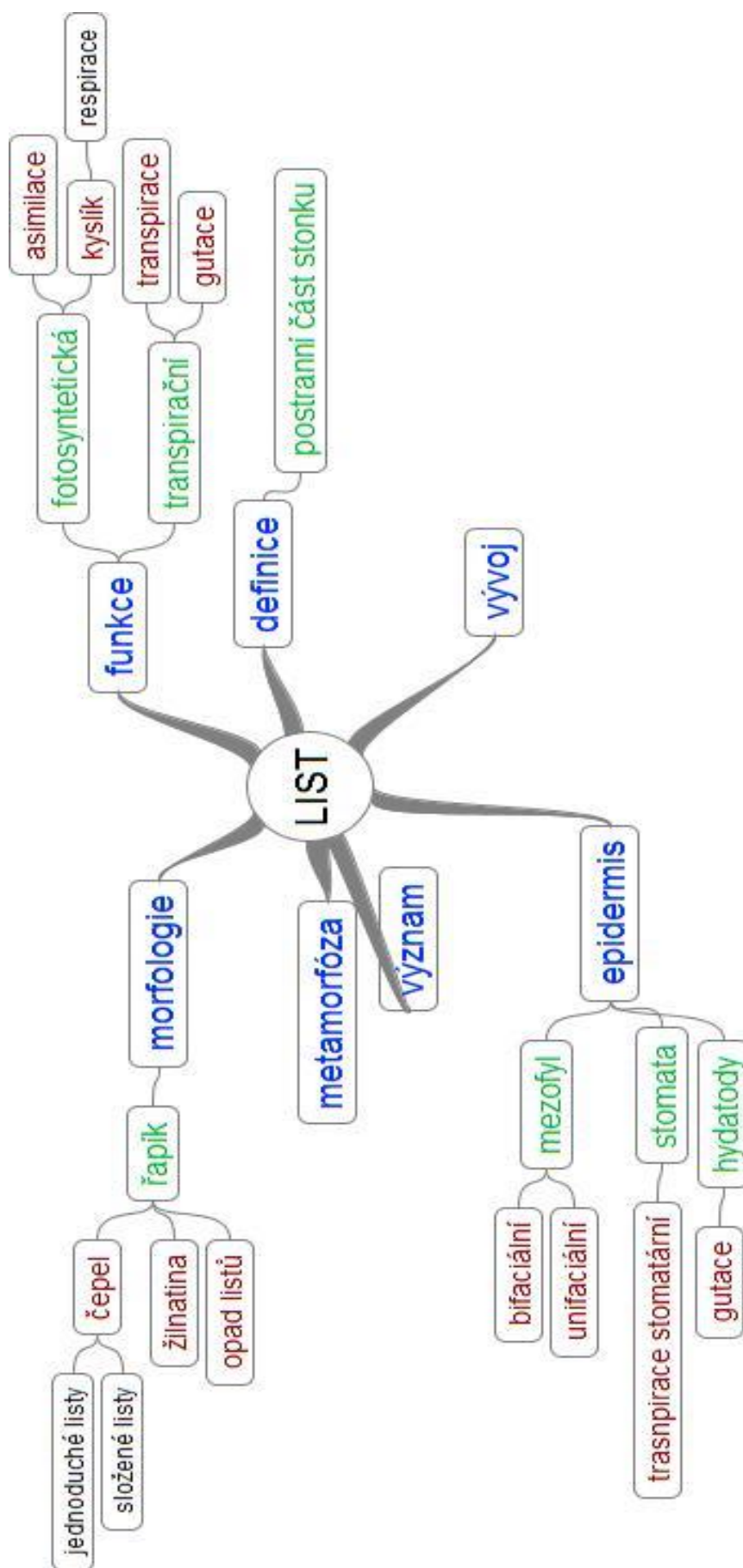
funkce listu, uspořádání listů na stonku, vnější stavba listu, typy listové čepele, vnitřní stavba listu, cévní svazky, fotosyntéza, respirace, přeměny listů, opad listů, hospodářský význam listu

Základní termíny:

kutikula, fotosyntéza, respirace, hydrotody, gutace, průduch, xylém, floém, intercelulára, transpirace, žilnatina



Pojmová mapa listu:



### **Aktuální novinky:**

odborníci zkoumali celkem 39 druhů stromů rozšířených od oblastí subtropického až po boreální podnebí a zjistili téměř ve všech jejich listech a jehlicích konstantní teplotu. Tato teplotní stálost poukazuje na fakt, že v chladnějších podmínkách je teplota zvyšována a v teplejším prostředí se listy a jehlice stromů ochlazují, aby dosáhly optimálních podmínek pro fotosyntézu. Proto neplatí tvrzení, že teplota listu je vázána na okolní prostředí (Marcinková, 2008).

**a) Analýza prekonceptů žáků:** : dříve než učitel začne s výkladem na téma list, dostanou žáci test či kvíz týkající se této látky. Tím učitel získá povědomí o jejich prekonceptech.

**b) Průřezová témata:** environmentální výchova – žák dokáže rozlišit světlobytné a stínobytné rostliny, které jsou kategorizovány podle důležitého abiotického faktoru a to intenzity světla.

**c) Mezipředmětové vztahy:** kreslení vnitřní a vnější stavby listu do sešitu - výtvarná výchova, správně užití chemické vzorce a rovnice fotosyntézy – chemie.

**d) Poznámky k motivačním a výchovným momentům učiva:** zopakování učiva metodou diskuze a navázání na nové učivo. Pochvala žáků v případě aktivity – ústně nebo malou jedničkou. Sdělení aktuálních novinek týkajících se listu. Ukázky fotografií listu, gutace.

**e) Materiální a didaktické prostředky:** tabule, učebnice, fotografie, prezentace.

### **f) Zápis**

List = nadzemní postranní zelený orgán rostlin, má ukončený růst a vyrůstá z uzlin stonku

#### Funkce listu:

- fotosyntéza;
- transpirace;
- výměna plynů mezi rostlinou a vnějším prostředím.

#### Uspořádání listů na stonku:

- střídavé – z uzlin vyrůstá jeden list;
- vstřícné – z uzlin vyrůstají dva proti sobě stojící listy;

- přeslenité – z uzlin vyrůstá větší počet listů.

#### Vnější stavba listu:

skládá se z čepele a řapíku. Může být vytvořena pochva nebo palisty. Řapíkaté listy – u většiny rostlin, přisedlé listy – u některých listů řapík chybí.

#### Dělení žilnatiny čepele:

- vidličnatá – vidličnatě rozvětvené žilky, jinan dvoulaločný;
- rovnoběžná – čárkovité listy trav;
- souběžná – konvalinka;
- zpeřená – z hlavní žilky vystupují postranní žilky;
- dlanitá – paprscitě vybíhá z jednoho místa u báze řapíku, platan.

#### Typy listové čepele (výplň listu):

- jednoduché listy se člení na celistvé a členěné.
  1. Celistvé – nečleněné, jejich názvy se odvozují od tvaru, který připomínají: čárkovitý, vejčitý, okrouhlý, eliptický, kopinatý, ledvinovitý.
  2. Členěné – podle hloubky zářezů a laloků – peřenolaločnatá nebo dlanitolaločnatá (zářezy zasahují do 1/3 vzdálenosti od kraje ke střední žilce), peřenoklané nebo dlanitoklané – (zářezy zasahují do 1/2 vzdálenosti od okraje ke střední žilce), peřenodílné nebo dlanitodílné – (zářezy zasahují do 2/3 od okraje ke střední žilce), peřenosečné nebo dlanitosečné – (zářezy zasahují asi do 2/3 vzdálenosti od okraje až téměř k hlavní žilce).
- složené listy se dále člení na dlanitě a zpeřeně složené listy.
  1. Zpeřeně – mají hlavní větveno, na kterém vyrůstají v párech lístky; lichozpeřený – končí jedním lichým lístkem, sudozpeřený – zakončen dvěma lístky, dvakrát zpeřený – z hlavního větene listu vyrůstají postranní listová větvena a teprve na nich lístky.
  2. Dlanitě – lístky vyrůstají z vrcholu řapíku, podle počtu lístků je dělíme na dlanitě trojčetný, pětičetný apod.

#### Vnitřní stavba listu:

- povrch listu je chráněn kutikulou, která obsahuje kutin a vosky odpuzující vodu. Otvory hydatody – vylučování kapek tzv. gutace. Průduchy (stomata), přes které se vylučuje voda transpirací;
- pod pokožkou se nachází mezofyl, který je složen z houbového a palisádového parenchymu. V houbovém parenchymu se nacházejí interceluláry důležité pro fotosyntézu, cévní svazky, přes něž proudí voda transpiračním proudem a organické látky asimilačním proudem.

Cévní svazky jsou složeny z xylému, kterým postupuje voda s živinami prostřednictvím transpiračního proudu umožněného transpirací listů. Transpirace je výdej vody v plynném skupenství. Další složkou cévního svazku je floém, kterým proudí organické látky ze zdroje do míst spotřeby. Zdrojem bývají zásobní orgány nebo listy, v nichž probíhá fotosyntéza.

#### Fotosyntéza:

fotosyntéza je proces přeměny světelné energie na energii chemickou, vznikají při ní cukry, voda a do ovzduší uniká kyslík. Probíhá ve dvou po sobě jdoucích fázích, světelná a temnostní.

Rovnice fotosyntézy:  $6 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ CO}_2 + \text{světlo} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$

#### Respirace (dýchání rostlin):

rostliny provádějí fotosyntézu, při níž vzniká kyslík, ale samy jej pro dýchání také potřebují. Respirace je rozkladný proces, při kterém se uvolňuje energie. Dýchání probíhá ve všech orgánech rostlin, nejenom v listu.

#### Metamorfózy listu:

- cibule – zdužnatělé listy, zásobní funkce;
- trny – ochranná funkce, dřišťál;
- listové úponky – hrách (koncové části složeného listu);
- šupiny – ochranná funkce u pupenu;
- lapací zařízení masožravých rostlin.

#### Hospodářský význam listu:

- fotosyntéza;
- potrava býložravců, člověka (špenát);
- koření (vavřín – bobkový list);
- čaj.

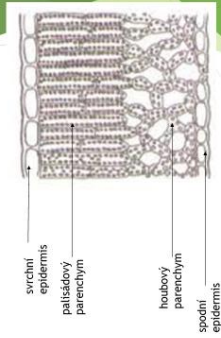
### Příčný řez makrofylním listem pšenice seté



- ▶ bifaciální list
- svrchní epidermis
- spodní epidermis
- cévní svazek
- mezofyl

### Anatomická stavba listu

- ▶ epidermis:
  - ◊ svrchní
  - ◊ spodní - průduchy
- ▶ mezofyl:
  - ◊ palisádový
  - ◊ houbový
- ▶ cévní svazek



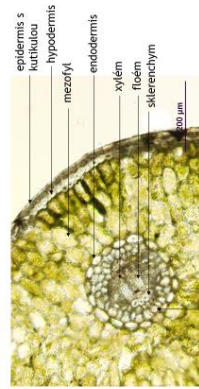
- svrchní epidermis
- palisádový parenchym
- houbový parenchym
- spodní epidermis

### LIST (phyllo)M

- ▶ nadzemní zelený postranní orgán rostlin, který vyrůstá z uzlin stonku
- ▶ fotosyntetická
- ▶ transpirační
- ▶ výměna plynů mezi rostlinou a vnějším prostředím



### Příčný řez mikrofylním listem smrčku Brewerův



- epidermis s kutikulou
- hypodermis
- mezofyl
- endodermis
- xylém
- řebřík
- sklerenchym
- 300 µm

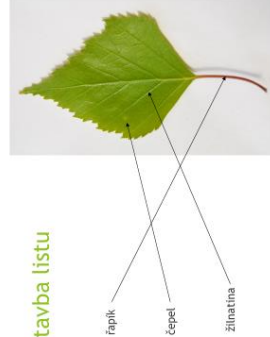
transfúzní parenchym

### Průduch (stoma)



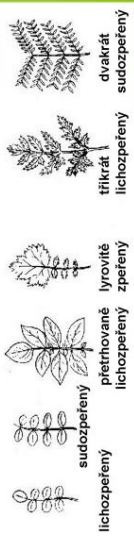
- svěrací buňky
- průduchová štrébina

### Stavba listu

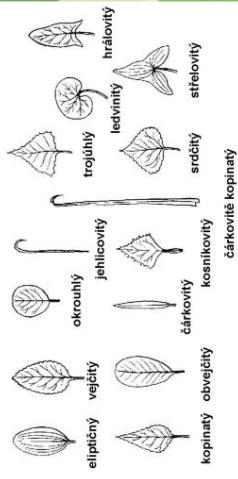


- řapík
- čepel
- žilnatina

### Složení list zpeřený



### Jednoduchý list celistvý

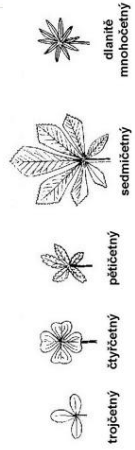


### Postavení listů na stonku

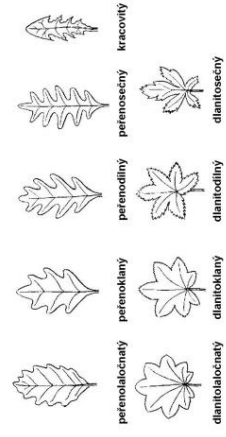
- ▶ vstřícné
- ▶ střídavé
- ▶ přelísnuté



### Složení list dlanitě složený



### Jednoduchý list členěný



### Listová čepel

- ▶ Jednoduchý list:
  - ◆ celistvý list
  - ◆ členěný list
- ▶ Složený list:
  - ◆ zpeřeně listy
  - ◆ dlanitě složené listy



### Hospodářské využití listu

- ▶ fotosyntéza
- ▶ potravina
- ▶ koření
- ▶ čaj



### Transpirace

- ▶ stomatální
- ▶ kutikulární



### Typy žilnatiny:

- ▶ vidličnatá
- ▶ rovnoběžná
- ▶ souběžná
- ▶ zpeřená
- ▶ dlaniťá
- ▶ síťnatá
- ▶ zrcužená



### Spoj obrázek se správným postavením listů na stonku



- vstřícné
- střídané
- přeslétné

### Metamorfóza listu

- ▶ cibule
- ▶ trny
- ▶ listové úponky
- ▶ lapací zařízení



### Fotosyntéza





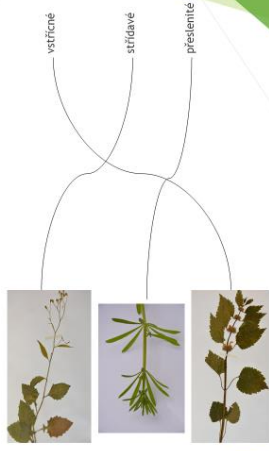
Doplň průběh fotosyntézy - řešení



Popiš obrázek - řešení



Spoj obrázek se správným postavením listů na stonku - řešení



Doplň průběh fotosyntézy



Popiš obrázek





**g) Vyučovací metody:** výklad, tabule – obrázky.

**h) Otázky k závěrečnému opakování:**

Jakou funkci má list?

Jaký je rozdíl mezi jednoduchým a složeným listem?

Jak dělíme list podle žilnatiny čepele?

Jaká je vnější stavba listu?

Popiš vnitřní stavbu listu.

Co je to transpirace?

Co je to asimilační proud?

Vysvětli proces fotosyntézy.

Vysvětli respiraci.

Uveď příklady hospodářského využití listu.

Vyjmenuj tři metamorfózy listu.

➤ **Scénář zkoušení:**

písemné a ústní zkoušení bude provedeno po probrání tematického celého celku.

➤ **Celkový scénář hodiny:**

- úvod (5 min) - zápis do třídní knihy, diskuze pomocí návazných otázek na již probrané učivo např. prostřednictvím ústního zkoušení;
- motivace, probírání nové látky (35 min) - sdělení aktuálních novinek, konkrétní zápis do sešitu (funkce listu, uspořádání listů na stonku, vnější stavba listu, typy listové čepele, vnitřní stavba listu, cévní svazky, fotosyntéza, respirace, přeměny listů, opad listů, hospodářský význam listu);
- závěrečné shrnutí (5 min) – diskuze se žáky, pomocí návazných otázek nové učební látky.

Ukázka písemného zkoušení

Jméno:

Třída:

Počet

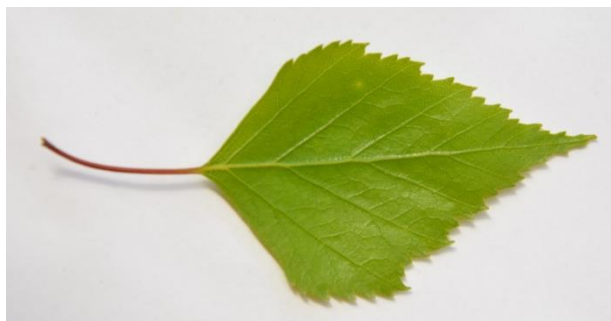
bodů:

1. Napiš definici listu. (1 bod)

2. Spoj správného zástupce se správným postavením listu na stonku: (3 body)

střídavé	přeslička
vstřícné	muškát
přeslenité	hluchavka

3. Pojmenuj typ žilnatiny podle obrázku: (2 body)



4. vyplň tabulku (6 bodů)

Podle listové čepele rozlišujeme listy na a)..... a b)  
..... Listy a) se dále člení na ..... a  
..... Listy b) se dále člení na ..... a  
.....

5. Vysvětli pojmy: (8 bodů)

gutace –

transpirace –

fotosyntéza –

respirace –

6. Uveď nejdůležitější funkci listu a vysvětli, proč je tak zásadní. (2 body)

## 4. Diskuze

V učebnicích středních škol i v odborných publikacích chybí propojení anatomie a morfologie s fyziologií rostlinných vegetativních orgánů. V Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia je fyziologie rostlin považována za samostatnou kapitolu a je zcela oddělena od anatomie a morfologie rostlin. Přesto se v očekávaných výstupech znalostí žáků, dle Rámcového vzdělávacího programu, požaduje propojení anatomie, morfologie a fyziologie rostlinných orgánů. Dokonce i na vysokých školách se fyziologie rostlin vyučuje samostatně. Toto oddělení logicky propojené látky považuji za velkou chybu. Pedagogové musí neustále žákům připomínat již probrané učivo, znovu zdůrazňovat souvislosti a tím ztrácí cenný čas. Jednodušší by tedy bylo dané kapitoly probrat rovnou dohromady, vše propojit a poté pouze opakovat. Jako příklad současné praxe je možné uvést výuku procesu fotosyntézy – žáci vědí, že tento děj probíhá v chloroplastech, které jsou součástí rostlin (listů), a vzniká při něm kyslík nezbytný pro heterotrofní organismy. Už si ale neuvědomují, že kromě kyslíku se během reakce uvolňují také cukry, které jsou transportovány asimilačním proudem do míst potřeby a následně rostlinou využity.

K dispozici jsem měla často používané učebnice na středních školách, kterými jsou: Kincl, et al. 2008; Kubát, et al. 2003 a Jelínek, et al., 2005. Pracovala jsem také ale i se staršími publikacemi jako: Romanovský, et al. 1985; Rosypal, et al., 1994; Jeník, et al. 1965. Ani v jedné ze zmíněných knih nebyla uvedena rostlinná fyziologie společně s rostlinnou anatomií a morfologií. V učebnici Kincl, et al., 2008 najdeme rozdělení na kapitoly věnované rostlinným orgánům, vodnímu režimu rostlin, jejich látkovému a energetickému metabolismu. Jelínek, et al., 2005 učivo rozčlenili do kapitol: rostlinné orgány vegetativní, látkové složení rostlinného těla, životní funkce a individuální vývoj rostlin. Kubát ve své učebnici látku strukturuje do oddílů orgány cévnatých rostlin a základy fyziologie.

Používané učebnice mají také kromě nedostatečné propojenosti dané látky poměrně výrazné rezervy v možnostech konkrétního procvičení učiva. Kniha Kincl, et al., 2008 osahuje na konci každé kapitoly kontrolní otázky a náměty na cvičení, ovšem bez správného řešení otázek a úkolů a dostatečně rozpracovaných laboratorních cvičení. Jelínek, et al., 2005 uvádí kontrolní otázky i laboratorní

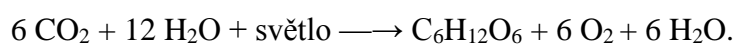
cvičení s řešením, nicméně všechny návody na laboratorní cvičení týkající se vegetativních orgánů rostlin se orientují jen na práci s mikroskopem. Kubát, et al., 2003 uvádí kontrolní otázky také bez správných řešení. U didaktických testů, které jsou součástí mé práce, tedy stejně jako Jelínek, et al., 2005 správná řešení uvádím. Navíc jsem tyto materiály sestavila v takové podobě, aby byly ihned použitelné v hodině bez nutnosti dalších úprav a sloužily pedagogům k přímé klasifikaci žáků. Laboratorní cvičení se pak na rozdíl od příkladů Jelínka, et al., 2005 zaměřují nejen na práci s mikroskopem, ale i na makroskopické pozorování vegetativních orgánů.

Kincl, et al., 2008 i Kubát, et al. 2003 používají v kontrolních otázkách pouze otevřené odpovědi. Jelínek, et al., 2005 ve své učebnici používají otázky, jak otevřeného, tak uzavřeného typu. Pro svou koncepci testování jsem vybírala otázky různého typu (otevřené, uzavřené, s výběrem jedné možnosti, přiřazovací apod.). Každý žák totiž preferuje jiný typ didaktických otázek, proto je vhodné volit co nejrozmanitější varianty úloh.

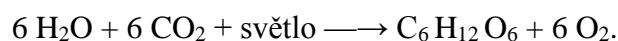
V žádné z těchto výše uvedených učebnic nejsou obsaženy pojmové mapy. Tento grafický záznam a způsob utřídění informací usnadňuje orientaci v daném tématu a vede k jeho lepší propojenosti, což dle mého názoru může výrazně přispět ke snadnějšímu osvojení si dané problematiky. Z tohoto důvodu jsem se snažila vytvořit pojmové mapy, které pomohou žákům lépe porozumět daným tématům v souvislostech a zároveň poslouží pedagogům jako názorná didaktická pomůcka.

V prostudovaných materiálech jsem také objevila několik nesrovnalostí. Např. Kincl, et al., 2008 neuvádí jiný příjem vody než kořeny. Jelínek, et al., 2005 i Kubát, et al., 2003 mají ve svých učebnicích uvedenou možnost příjmu vody i mimokořenovou cestou přes listy.

Nepřesnost se vyskytovala i v případě zápisu souhrnné rovnice fotosyntézy. Ve všech učebnicích je rovnice uvedena:



Ovšem Luštinec, Žárský, 2005 rovnici zapisuje:



V konečném produktu opomíjí vznik vody a jako finální výsledek druhé fáze fotosyntézy je uvedena glukóza. Glukóza a další sacharidy souvisejí až s tvorbou škrobu. Správný konečný produkt fotosyntézy je fruktóza-6-fosfát, popsáno (dle časopisu pro výuku přírodovědných předmětů na středních školách, článek od V. Vintera). Ve starší literatuře, Rosypal, et al., 1994, uvádí fixaci oxidu uhličitého u

C4 rostlin přes Hatch – Slackův cyklus. V nověji používaných učebnicích tento proces není pojmenován, pouze popsán z hlediska prostorové oddělenosti.

Učitelé důležitost příprav velmi podceňují. Z vlastní zkušeností vím, že začínající i zkušení učitelé vstupují ve většině případů do hodin bez písemné přípravy a důkladného promýšlení dané hodiny. Většinou z důvodu nezájmu žáků o danou problematiku, učitelé rezignují a nesnaží se hledat nové způsoby, jak u žáků probudit zájem. Proto jsem se snažila ve své diplomové práci vypracovat ukázkové přípravy, které by mohly být pro pedagogy vzorem.

Didaktické materiály jsou důležitou součástí výuky a jejich forma by měla pomoci jak učiteli v jeho snaze zprostředkovat dané téma co nejsrozumitelněji, tak žákům, aby danou látku co nejsnáze pochopili. Učitel by měl vystupovat v roli průvodce, ukázat svým žákům směr, jak si konkrétní učivo lépe osvojit, zapamatovat a vstřebat ho. Měl by klást důraz na možnosti aplikace a praktického využití nově získaných vědomostí a dovedností, naučit je diskutovat na určité téma, vést je k samostatnosti při řešení problému, k sebereflexi a také v nich budovat schopnost kritického myšlení.

## 5. Závěr

Ve své diplomové práci jsem zpracovala integrovaný a propojený didaktický materiál sloužící k systematické výuce tématu vegetativních orgánů rostlin s ohledem na jejich anatomii, morfologii i fyziologii, který v žádné středoškolské učebnici nenajdeme. Z toho důvodu by předkládaný text mohl být přínosný zejména pro pedagogy středních škol.

Veškeré informace jsem čerpala z dostupných literárních a internetových zdrojů, na jejichž základě jsem zpracovala vývoj a vznik vegetativních orgánů cévnatých rostlin. Zejména jsem se soustředila na podrobnější charakteristiku kořene, stonku a listu.

Do praktické části jsem zařadila mnou sestavené vzorové přípravy na hodiny biologie určené pedagogům středních škol, jejichž součástí jsou i mé vlastní fotografie a didaktické testy. Výsledky testů i metodickou příručku pro učitele jsem vložila do přílohy mé práce. K práci jsem také přiložila prezentační CD, na kterém jsou prezentace s charakteristikou vegetativních orgánů rostlin, vlastními fotografiemi a didaktickými hrami.

K tématu kořen, stonek a list jsem vypracovala laboratorní a praktická cvičení určená pro žáky středních škol. Záměrně jsem uvedla správné výsledky daných úkolů, z důvodu usnadnění práce pedagogům a také rychlé kontroly pro žáky, kteří vypracovávají úkoly mimo školu. Snažila jsem se používat zajímavé, jednoduché a účelné úlohy, které zvládne vyřešit každý.

Vzhledem k tomu, že v žádné středoškolské učebnici není vytvořen systematický a vzájemně integrovaný výklad vegetativních orgánů, tak pedagogové středních škol mohou tuto práci využít jako didaktickou pomůcku v hodinách a seminářích biologie i v biologických zájmových kroužcích. Kromě toho práce samozřejmě neslouží jen pedagogům, ale je určena i žákům a široké veřejnosti zajímající se o tuto problematiku.

## 6. Použitá literatura a internetové zdroje

ADAMEC, L. (2001): *Ekofyziologické adaptace ponořených vodních rostlin – Živa 4*, Academia, AV ČR, Praha. ISSN 044-4812.

BAŠOVSKÁ, M., et al. (1985): *Biologie pro II. ročník gymnázií – SPN*, Praha, 282s.

BECKETT, B., GALLAGHEROVÁ R. (1998): *Přehled učiva biologie – Svojtka & Co.*, Praha, 223s.

ČERNOHORSKÝ, Z. (1967): *Základy rostlinné morfologie – SPN 4. vydání*, Praha, 220s.

ČERVENKOVÁ, I. (2013): *Výukové metody a organizace vyučování – Ostravská Univerzita*, Ostrava. ISBN 978-80-7464-238-8.

FANH, A. (1990): *Plant anatomy – Pergamon Press 4. vydání*, Oxford, England, 588s.

FAUSTUS, L., KINCL, M. (1978): *Základy fyziologie rostlin – SPN*, Praha, 176s.

GLOSER, J. (1999): *Fyziologické adaptace sukulentních rostlin V. Epifytní orchideje – Živa 6*, Academie, AV ČR, Praha. ISSN 0044-4812.

GURCHARAN, S. (2010): *Plant Systematics, Third Edition: An Intergrated Approach – Science Publishers*, India, 756 s. ISBN 97-815-7808-668-9.

JELÍNEK, J., et al. (2005): *Biologie pro gymnázia – Nakladatelství Olomouc*, Olomouc, 551s.



JENÍK, J., et al. (1965): *Botanika II* – SPN Praha, 283s.

JEŘÁBEK, J., et al, (2007): *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia* – Výzkumný ústav pedagogický v Praze, Praha, 100s. ISBN 978-80-87000-11-3.

KAVINA, K. (1950): *Morfologie rostlin* – Nakladatelství českých zemědělců – Brázda, Praha, 250s.

KINCL, L., et al. (2008): *Biologie rostlin* – Fortuna, Praha, 303s. ISBN 80-7168-947-5.

LUŠTINEC, J., ŽÁRSKÝ, V. (2005): *Úvod do fyziologie vyšších rostlin* – Karolinum, Univerzita Karlova v Praze, 261s.

MARINELLI, J. [ed.] (2006): *Rostliny* – Euromedia Group k. s., Knižní klub, Praha, 512s.

MICHAL, V. M. (1999): *Oxid uhličitý a lesní porosty* – Živa 6, Academia, AV ČR, Praha. ISSN 0044-4812.

NEZVALOVÁ, D. (2007): *Pedagogická praxe v počáteční přípravě učitelů přírodovědných předmětů a matematiky pro střední školy* – UP, Olomouc, 70s.

NEZVALOVÁ, D. (2008): *Moduly pro profesní přípravu učitele přírodovědných předmětů a matematiky* – 1. vydání, UP, Olomouc, 370s. ISBN 978-80-244-1912-1.

NOVÁK, F. A. (1972): *Vyšší rostliny: Tracheophyta I.* – Academia, Praha, 505 s.

NOVÁK, J., SKALICKÝ, M. (2008): *Botanika: Cytologie, histologie, organologie a systematika* – Powerprint, 1. vydání, Praha, 327 s. ISBN 978-80-904011-1-2.

PAZOUREK, J., VOTRUBOVÁ, O. (1997): *Atlas of Plant Anatomy* - Peres Publishers, Praha, 447s.

RAVEN, P., et al. (1999): *Biology of Plants* – W. H. Freeman and company Worth publishers, New York, 944 s. ISBN 1-57259-611-2.

ROMANOVSKÝ, A., et al. (1985): *Obecná biologie* – SPN 2. vydání, Praha, 695s.

ROSYPAL, S., et al. (1994): *Přehled Biologie* – Scienta, Praha, 635s.

SOKOL, J., et al. (2001): *Národní program rozvoje vzdělávání v České republice – Bílá kniha* – Ústav pro informace ve vzdělávání – Tauris, Praha. ISBN 80-211-0372-8.

STEWART, F., C. (1969): *Plant Physiology a treatise* – Academic Press, New York, 435s.

TAIZ L., et al. (2015): *Plant Physiology and Development* – Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, 761 s. ISBN 978-1-60535-255-8.

VINTER, V. (2009): *Rostliny pod mikroskopem (Základy anatomie cévnatých rostlin)* – 2. dopl. vydání, PřF UP v Olomouci.

VINTER, V., MACHÁČKOVÁ, P. (2013): *Přehled morfologie cévnatých rostlin* – Olomouc, UP, Olomouc, 198 s. ISBN 978-80-244-3322-6.

VINTER, V. (2009): *Příručka pro začínající učitele biologie* - Trifox, Šumperk 1. vydání, 243 s.

VOTRUBOVÁ, O. (1997): *Anatomie rostlin* – Karolinum, Nakladatelství Karlovy Univerzity, Praha.

#### Internetové zdroje:

FRIML, J. (2007): *Auxin – univerzální vývojový signál v životě rostlin* - Živa 1, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/auxin-univerzalni-vyvojovy-signal-v-zivote-rostlin.pdf>

HUDÁK, J. (2010): *Chloroplasty – zelené organely* – Živa 3, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/chloroplasty-zelene-organely.pdf>

KLIMEŠOVÁ, J. (2005): *Kořen jako základní morfologická kategorie?* – Živa 4, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/je-koren-zakladni-morfologicka-kategorie.pdf>

KLIMEŠOVÁ J. (2006): *Jak se stonky dostávají pod zem* – Živa 6, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/jak-se-stonky-dostavaji-pod-zem.pdf>

KREKULE, J. (2009): *Fotosyntéza – potraviny a energie 21. století. Úvodem seriálu* – Živa 6, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/2009-6/fotosynteza-potraviny-a-energie-21-stoleti-uvodem-serialu.html>

MARCINKOVÁ, A. (2008): *Od Kanady po Karibik si stromy řídí teplotu listů a jehlic* – portál osel.cz. Dostupné z: <http://www.osel.cz/3688-od-kanady-po-karibik-si-stromy-ridi-teplotu-listu-a-jehlic.html>

MARKOŠ, A. (1998): *Paradoxy fotosyntézy a paleobarometr – Vesmír* 77,23. Dostupné z: <http://casopis.vesmir.cz/clanek/paradoxy-fotosyntezy-a-paleobarometr>

MAŠKOVÁ, H. (2014): *Trichomy – jedna z adaptací suchomilných rostlin – Živa* 4, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/trichomy-jedna-z-adaptaci-suchomilnych-rostlin.pdf>

MÖLLEROVÁ, J. (2006): *Symbiotická fixace dusíku Bakterie rhizobium s. l. a Frankia – Živa* 1, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/symbioticka-fixace-dusiku-bakterie-rhizobium-s-l-a.pdf>

PAVLÁSKOVÁ, L. (2014): *Přehled didaktiky biologie – Univerzita Karlova v Praze*, 58s. Dostupné z: <http://docplayer.cz/915352-Prehled-didaktiky-biologie.html>

PAZDERA, J. (2004): *Gen pro krásnější rostliny – portál osel.cz*. Dostupné z: <http://www.osel.cz/850-gen-pro-krasnejsi-rostliny.html>

PETR, J. (2004): *Gen pomáhá kořenům kontrolovat růst listů – portál osel.cz*. Dostupné z: <http://www.osel.cz/957-gen-pomaha-korenum-kontrolovat-rust-listu.html>

SKÁLOVÁ, H. (2004): *Jak rostliny mění světelné podmínky ve svém okolí – Živa* 5, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/jak-rostliny-meni-svetelne-podminky-ve-svem-okoli.pdf>

ŠTECH, M., et al. (2010): *Rostliny jako paraziti – Živa* 5, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/2010-5/rostliny-jako-paraziti.html>

TĚŠITEL, J. (2011): *Jak se parazituje v říši rostlin – funkční anatomie haustorií* – Živa 3, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/2011-3/jak-se-parazituje-v-risi-rostliny-funkcni-anatomie-haustorii.html>

VINTER, V., SEDLÁŘOVÁ, M. (2004): *Co popisuje stelární teorie* – Živa 2, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/co-popisuje-stelarni-teorie.pdf>

VINTER, V., SEDLÁŘOVÁ, M. (2004): *Systém vodivých pletiv cévnatých rostlin* – Živa 1, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/systemy-vodivych-pletiv-cevnatych-rostlin.pdf>

ZELENÝ, V. (2009): *Chudovité kořeny palem* – Živa 2, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/chudovite-koreny-palem.pdf>

ŽÁK, V. (2012): *Metody a formy výuky. Hospitační arch.* – Národní ústav pro vzdělávání, Praha. Dostupné z: [http://www.nuov.cz/uploads/AE/evaluacni\\_nastroje/11\\_Metody\\_a\\_formy\\_vyuky.pdf](http://www.nuov.cz/uploads/AE/evaluacni_nastroje/11_Metody_a_formy_vyuky.pdf)

## 7. Přílohy

Příloha 1, 3, 5 obsahuje metodickou příručku pro učitele k učivu kořen, stonek, list. V příloze 2, 4, 6 jsou uvedena správná řešení písemných testů k daným tématům.

### **Příloha 1: metodická příručka pro učitele k tématu kořen**

gravitropické pohyby – pohyb orgánů ve vztahu k zemské tíži, kořen má pozitivní gravitropismus, kdežto stonky negativní.

#### Vnější stavba kořene:

- allorhizie – jev popisující stav, kdy z hlavního kořene vyrůstají postranní kořeny, u dvouděložných krytosemenných rostlin a nahosemenných rostlin;
- homorhizie – hlavní kořen je zakrnělý, funkci přebírají adventivní kořeny, u jednoděložných rostlin a kaprad'orostů.

#### Zóny kořene:

- meristematická – obsahuje apikální vzrostné meristémy (kryté kořenovou čepičkou, kalyptrou), vzrostné, které mají dělivou funkci a neustálou obnovu a také z nich vznikají další pletiva;
- elongační – prodlužování růstu buněk = růst kořenu do délky;
- absorpční – příjem vody skrz kořenové vlásky.

#### Anatomická stavba kořene:

- pokožka – rhizodermis, jednovrstevná;
- primární kůra – cortex – exodermis je složena z jedné vrstvy parenchymatických buněk, plní ochrannou funkci; mezodermis je složena z parenchymatických a sklerenchymatických buněk, plní zásobní a mechanické funkce; endodermis odděluje cortex od středního válce, Caspariho proužky brání apoplastickému toku a chrání před patogeny;
- střední válec – cévní svazky skládající se z xylému a floému, jsou uspořádány radiálně, u sekundárně tloustnoucích rostlin vzniká kambium. Aktinistéla u jednoděložných rostlin, pseudostéla u dvouděložných rostlin. Xylém (cévy, cévice) vede transpirační proud od kořene do listu. Floém

(sítkové buňky a sítkovice) vede asimilační proud od listu do míst spotřeby  
– je obousměrný.

#### Vedení vody v kořenu:

- apoplastická cesta označuje proudění živin mezi buněčnými prostory;
- symplastická cesta představuje proudění živin skrz buňky;
- osmóza:
  - izotonické prostředí – stejná koncentrace buňky i roztoku;
  - hypertonické prostředí – vyšší koncentrace než je v buňce, voda proudí ven z buňky, plazmolýza – smrštění buňky;
  - hypotonické prostředí – nižší koncentrace než má buňka, voda proudí dovnitř buňky, plazmoptýza – prasknutí buňky.

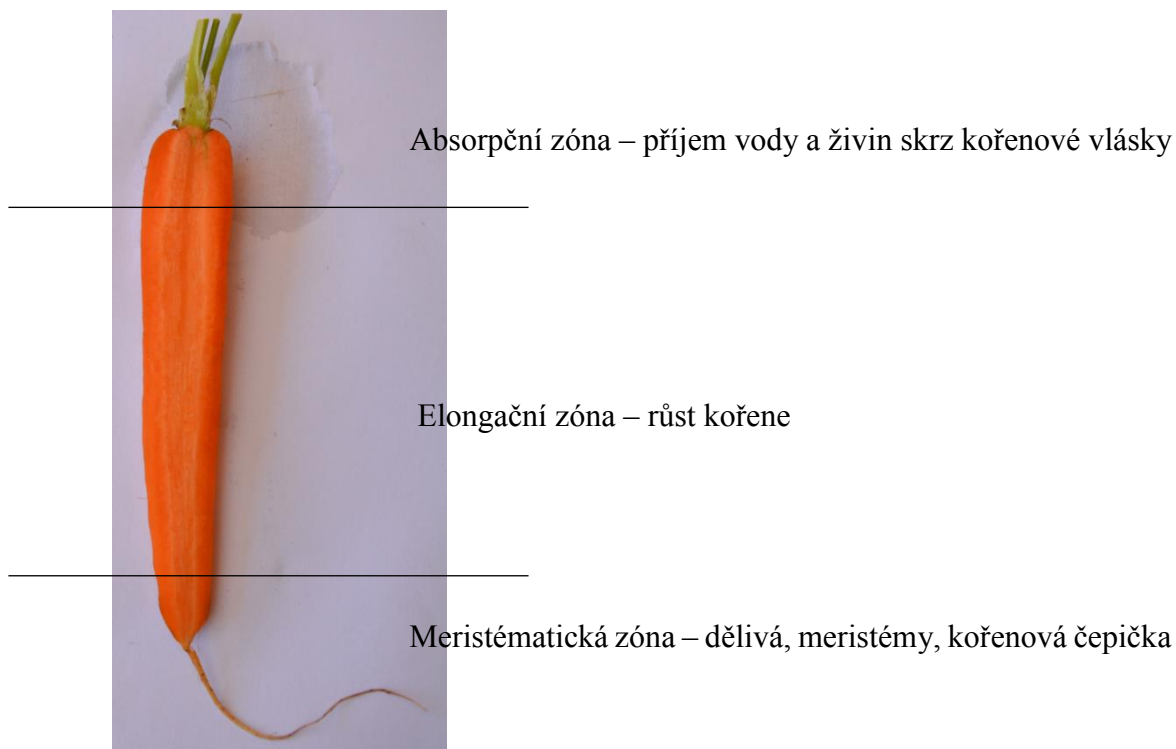
#### Metamorfózy kořene:

- pneumatofory – vzdušné kořeny u mangrovů;
- haustoria – čerpání živin z hostitele u cizopasných rostlin, holoparazit – kokotice, hemiparazit – jmelí;
- mykorhiza – symbiotický vztah kořenů vyšších rostlin s houbami, rozlišujeme endomykorhizu (hyfy prorůstají až do buněk kořene rostliny, čeled' lipnicovité, řád hub *Zygomycetes*) a ektomykorhizu (prorůstání houbových hyf do mezibuněčných prostor kořenové kůry, rostliny nemají kořenové vlášení, borovice, holubinka);
- symbióza s nitrogenními bakteriemi například rod *Rhizobium*;
- velamen – vícevrstevná rhizodermis, u epifytů, zadržování vody;
- kořenové hlízy – zásobní funkce;
- vegetativní rozmnožování – kořenové hlízy, řízky a výhonky.

## Příloha 2: správné řešení písemného zkoušení kořene s vyhodnocením

1. Napiš definici kořene – kořen je většinou nezelený, podzemní vegetativní orgán cévnatých rostlin, na kterém nikdy nevyrostají listy. (1 bod)

2. Nakresli kořen a popiš jednotlivé zóny. (4 body)



3. Vyber správnou odpověď na otázku, jakým procesem probíhá vedení vody na krátkou vzdálenost? (1 bod)

a) difúze   b) osmóza   **c) difúze i osmóza**   d) kořenový vztlak   e) transpirační proud

4. Spoj čarou správné tvrzení (2 body)

apoplastická cesta   proudění živin mezi buněčnými prostory  
symplastická cesta   proudění živin skrz buňky

5. Vysvětli pojmy a uveď příklad: (12 bodů)

allorhizie - z hlavního kořene vyrůstají postranní kořeny, u dvouděložných krytosemenných rostlin a nahosemenných rostlin

homorhizie - hlavní kořen je zakrnělý, funkci přebírají adventivní kořeny, u jednoděložných rostlin a kaprad'orostů



plazmolýza – smrštění buňky v hypertonickém prostředí

plazmoptýza – prasknutí buňky v hypotonickém prostředí

kambium - sekundární dělivé pletivo u druhotně tloustnoucích rostlin

mykorhiza – symbiotický vztah kořenů vyšších rostlin s hyfy hub

6. Co je to metamorfóza a uveď příklad. – druhotné plnění funkcí kořene, ke kterým se musely přizpůsobit, například zásobní funkci plní bulva – řepa (2 body)

Hodnocené testu:

Celkový počet bodů: 22

tabulka č. 1 - hodnocení písemného zkoušení kořene

Počet bodů	klasifikace
22 – 20	1
19,5 – 17	2
17,5 – 13	3
12,5 – 8	4
7,5 – 0	5

### **Příloha 3: metodická příručka pro učitele k tématu stonků**

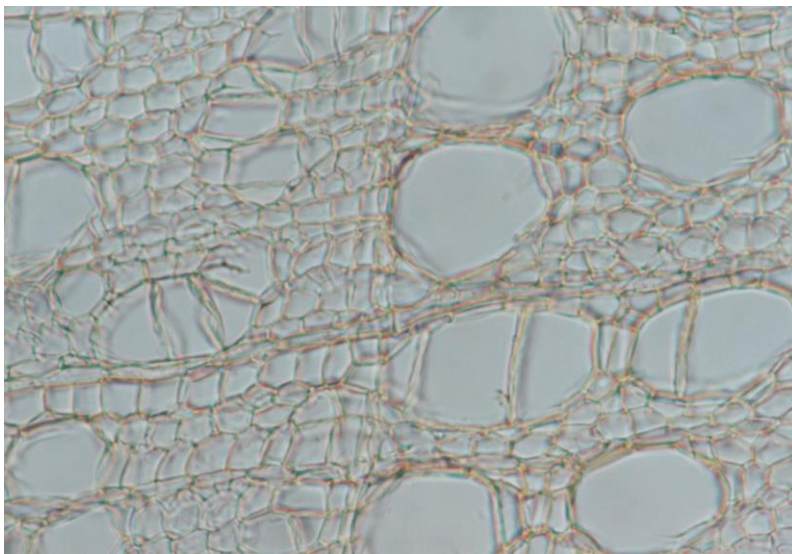
#### Členění internodií stonku:

- listová růžice – zkrácení internodií;
- stvol – prodloužení internodií.

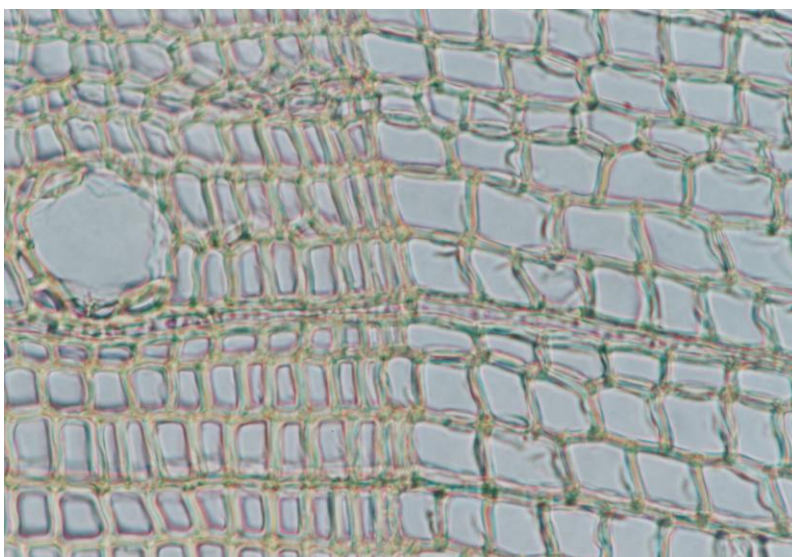
#### Rozlišení dřeva u jehličnatých a listnatých stromů:

- listnaté stromy mají heteroxylní dřevo, jehličnaté homoxylní.

#### Heteroxylní dřevo smrku:



#### Homoxylous wood of a maple (listnatý strom):



### Pupeny:

Determinační znakem dřevin jsou pupeny, z kterých vyrůstají listy.

Klasifikace podle postavení pupenů:

- vstříčné postavení pupenu rod javoru (*Acer*);



- střídavé postavení pupenů trnky obecné (*Prunus spinosa* L.) – nejčastější typ;



- nahloučené postavení pupenů třešně ptačí (*Prunus avium*).



### Postranní větvení stonku:

- monopodiální – postranní větve nepřerůstají hlavní stonek;

- sympodiální – postranní větve přerůstají hlavní stonek.

#### Vedení vody:

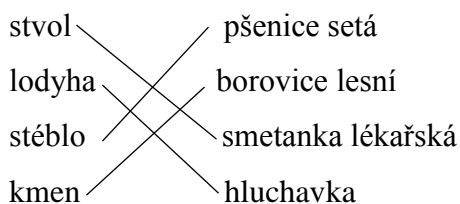
- cévní svazky u jednoděložných rostlin jsou uzavřené a tvoří ve stonku ataktostélé, naopak u nahosemenných a dvouděložných rostlin, které sekundárně tloustnou, jsou cévní svazky otevřené a tvoří eustélé;
- transpirační proud – j jeho toku jsou nutné kohezní a kapilární síly. Kohezní síly drží vodu pohromadě, kapilární síly fixují buněčné stěny listů. Stabilitu udržují adhezní síly, transpirace (vypařování) funguje jako pohon, který v listech vyvolává podtlak a voda může vystoupat do několikametrové výšky;
- kořenový vztlak – dálkový transport vody a živin, uplatnění při poranění rostlin, při kterém se vytlačuje xylémová kapalina - exsudace (ronění);
- asimilační proud – od listů do míst potřeby, probíhá přes floémovou část cévního svazku.

#### Příloha 4: správné řešení písemného zkoušení stonku

1. Napiš definici stonku - stonek je nadzemní, článkovaná část rostliny, která nese listy, pupeny a generativní orgány. (1 bod)

2. Vyjmenuj tři funkce stonku - vyrůstají na něm listy a úžlabní pupeny, transportní a zásobní. (3 body)

3. Spoj čarou správné odpovědi: (4 body)



4. Vyber jednu správnou odpověď na otázku: V které části stonku se může vytvořit škrobová pochva? (1 bod)

a) hypodermis    b) mezodermis    c) epidermis    **d) endodermis**

5. Vysvětli pojmy a napiš příklad: (10 bodů)

lodyha – olistěný bylinný stonek, hluchavka bílá

šlahoun – metamorfóza stonku, vegetativní rozmnožování, u jahodníku

brachyblasty – metamorfóza stonku, zkrácené větévky internodií, vyrůstají z něj listy a květy, modřín

kolce – metamorfóza stonku, vznikají přeměnou zkrácených větví, ochranná funkce, trnka

pericykl – nachází se ve středním válci, vyrůstají z něj adventivní kořeny a pupeny

6. Co je to metamorfóza stonku a uveď příklad – druhotné plnění funkcí stonku, šlahouny u jahod slouží k vegetativnímu rozmnožování. (2 body)

7. Způsobují články (internodia) růst stonku do výšky? **ANO** X NE (1 bod)

Hodnocené testu:

Celkový počet bodů: 22

tabulka č. 2 - hodnocení písemného zkoušení stonku

Počet bodů	klasifikace
22 - 20	1
19,5 – 17	2
17,5 – 13	3
12,5 – 8	4
7,5 - 0	5

## **Příloha 5: metodická příručka pro učitele k tématu list**

### Fylogenetické rozdělení listů:

- megafylní a mikrofylní list. Popsáno dle Telomovy teorie.

### Transpirace:

- hnací síla pro vedení vody xylémem;
- stomatární transpiraci přes průduchy, otevírání a zavírání průduchů způsobuje kyselina abscisová (fytohormon);
- ke kutikulární transpiraci dochází – celým povrchem pokožky.

### Dělení listu podle příčného řezu a mezofylu:

1. bifaciální list – pod svrchní vrstvou pokožky se nachází palisádový parenchym, pod spodní vrstvou pokožky je houbový parenchym;
2. monofaciální list – palisádový parenchym je pod svrchní i spodní pokožkou, ve střední části se nachází houbový parenchym s cévními svazky.

### Fotosyntéza:

- primární fáze probíhá na membránách thylakoidů, které jsou součástí chloroplastů a obsahují zelené barvivo chlorofyl. Světelná energie je pohlcena chlorofylem a přeměňuje se na energii chemickou. Chemická energie se ukládá do redukčního činidla NADPH a do ATP (proces tvorby ATP se nazývá fosforylace). Během primární fáze dochází k fotolýze vody (rozkladu), kterou vzniká vodík potřebný pro vznik koenzymu NADPH a kyslík unikající do atmosféry. Vzniklé produkty NADPH a ATP jsou důležité pro temnostní fázi;
- temnostní fáze probíhá ve stromatech chloroplastů. Zahrnuje fixaci oxidu uhličitého a jeho přeměnu na glukózu. Tento proces probíhá v Calvinově cyklu za pomoci ATP a NADPH. Vytvořený cukr je výchozí látkou pro vznik dalších organických látek. Mezi faktory, které ovlivňují fotosyntézu, patří: světlo, teplota, koncentrace oxidu uhličitého a voda.

### Dýchání:

- anaerobní procesy probíhají bez přítomnosti kyslíku ve všech buňkách, prostřednictvím procesu glykolýzy. Principem glykolýzy je štěpení glukózy na pyruvát, přičemž se uvolňuje menší množství energie;
- aerobní proces zahrnuje uvolňování energie oxidací organických sloučenin kyslíkem, probíhá v mitochondriích. Glukóza vstupuje do Krebsova cyklu, v něm dochází k dekarboxylaci a dehydrogenaci, při níž vzniká NADPH vstupující do dýchacího řetězce. V dýchacím řetězci nastává oxidace kyslíkem, NADH se mění na vodu za vzniku ATP.

### Opad listů:

- při výměně a opadu listů musí rostlina prodělat fyziologické změny. Na bázi čepele, v místě opadu listů, dochází v xylému k ucpání listové stopy thylami a u floému k ucpání sítkovic kalózou. Rozpouští se parenchym, rozkládá se chlorofyl a barvivo anthokyan způsobí zbarvení listů podzimních barev. Po těchto procesech dochází k opadu listů, po nichž se vytvoří listová jizva nebo korková vrstva.

### Metamorfózy:

- fylodia nahrazují funkci čepele přes prodloužené řapíky;
- extraflorní nektária – přeměny palistů nebo emergencí (mnohobuněčné výběžky pokožky plus podpokožkové pletivo), slivoň;
- pseudokaul – nahlučené řapíky, vypadají jako kmen, banán;
- redukce listů u hemiparazitů a holoparazitů, úplná redukce u kokotice;
- listy masožravých rostlin;
- heterofylie – listy různých tvarů na jedné rostlině, zvonek okrouhlý;
- anizofylie – listy různé velikosti na jedné rostlině.

### Adaptace:

- xeromorfní a heliomorfní adaptace listů u tropických druhů mají silnou kutikulu, sklerenchymatickou hypodermis a epidermis, ponořené průduchy plní se voskem, slouží k lepšímu hospodaření s vodou a lepší ochraně před sluneční radiací;



- rostliny obývající vodní prostředí mají stonky s listy, které nedrží stabilní tvar z důvodu nedostatku zpevňovacích pletiv, dále obsahují menší počet cévních svazků ve stonku, průduchů, řídkou žilnatinu v čepeli listu, slabou vrstvu kutikuly;
- obojživelné druhy, mezi které patří například rdesno, mohou žít ve vodě i na suchu, ale musí se přizpůsobit svými vegetativními orgány prostředí, které právě obývají.

Podle množství světla, které dopadá na rostlinu, rozlišujeme rostliny:

- stínobytné;
- světlobytné.

## Příloha 6: správné řešení písemného zkoušení listu

1. Napiš definici listu - nadzemní postranní zelený orgán rostlin, který má ukončený růst a vyrůstá z uzlin stonku. (1 bod)

2. Spoj správného zástupce se správným postavením listu na stonku: (3 body)

střídavé	—	přeslička
vstřícné	—	muškát
přeslenité	—	hluchavka

3. Pojmenuj typ žilnatiny podle obrázku: a) souběžná – jitrocel b) zpeřená – bříza (2 body)



4. doplň na vynechaná místa správná slova (6 bodů)

Podle listové čepele dělíme listy na a) **jednoduché** a b) **složené**. Listy a) se dále člení na **celistvé** a **členěné**. Listy b) se dále člení na **zpeřené** a **lichozpeřené**.

5. Vysvětli pojmy: (8 bodů)

gutace – vylučování vody v kapalném skupenství přes hydatody (tvorba kapek)

transpirace – vypařování vody skrz průduchy

fotosyntéza – proces, při kterém dochází k přeměně sluneční energie na energii chemickou, za vzniku kyslíku a konečným produktem jsou sacharidy

respirace – dýchání, které probíhá za přítomnosti kyslíku v mitochondriích, uvolňuje se energie

6. Uveď nejdůležitější funkci listu a vysvětli, proč je tak zásadní – procesem fotosyntézy vzniká kyslík, který potřebují heterotrofní organismy. (2 body)

Hodnocené testu:

Celkový počet bodů: 22

tabulka č. 3 - hodnocení písemného zkoušení listu

Počet bodů	klasifikace
22 – 20	1
19,5 – 17	2
17,5 – 13	3
12,5 – 8	4
7,5 – 0	5