

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra biologie a environmentálních studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Morfologie, anatomie a fyziologie rostlin – výukové programy pro 2. stupeň
ZŠ

Morphology, anatomy and physiology of plants – teaching program for the
lower secondary school

Vendula Ventová

Vedoucí práce: PhDr. Ing. Silvie Svobodová, Ph.D.

Studijní program: Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na vzdělávání

Studijní obor: B BI-TVS 20

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Morfologie, anatomie a fyziologie rostlin – výukové programy pro 2. stupeň ZŠ potvrzují, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzují, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne

Podpis

Chtěla bych velmi poděkovat vedoucí mé bakalářské práce PhDr. Ing. Silvii Svobodové, Ph.D., za veškeré rady, připomínky a čas, který mi věnovala. Velmi si vážím Vaší pomoci i pochopení, děkuji Vám. Také děkuji své rodině za podporu během psaní této bakalářské práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá především rešerší výukových programů zaměřených na výuku morfologie, anatomie a fyziologie rostlin na 2. stupni ZŠ. Cílem je obecné seznámení se s tématy práce, dále pak představení vybraných výukových programů, a také návrh vlastního výukového programu, jehož součástí bude rovněž laboratorní cvičení.

V teoretické části je řešené téma specifikováno z odborného hlediska a současně je představeno jeho pojetí v RVP ZV. Dále jsou blíže prezentovány vybrané výukové programy, jejich pozitivní a negativní aspekty, včetně možností využití ve výuce.

V rámci praktické části byl vytvořen výukový program. Při jeho vytváření byly brány v potaz nabyté zkušenosti z rešerší jiných výukových programů. Vytvořený výukový program si tak kladl za cíl poučit se z nedostatků některých rešeršovaných programů.

Nově vytvořený výukový obsahuje Presentaci na téma Anatomie a morfologie, dále pak pracovní list na téma Rostlinné tělo, laboratorní cvičení na téma Kořen, didaktická hra Trimino na téma orgány a didaktická hra Riskuj na téma Fotosyntéza a dýchání.

Vybrané části výukového programu byly aplikovány na ZŠ. Během ověřování nastalo pár problémů týkajících se nedostačujících znalostí žáků. Pokud bude v budoucnu výukový program aplikován v plném rozsahu, včetně úvodní prezentace, lze soudit, že se úspěšnost žáků při vyplňování materiálů zlepší.

KLÍČOVÁ SLOVA

Morfologie rostlin, anatomie rostlin, fyziologie rostlin, výukový program, laboratorní práce, 2. stupeň ZŠ

ABSTRACT

The bachelor's thesis has main purpose in the research of teaching programs focused on the teaching of morphology, anatomy and physiology of plants at the 2nd grade of elementary school. The goal is to get to know the topics of the work in general, then to introduce selected educational programs, as well as to design one of your own, which will also include laboratory exercises.

In the theoretical part, the addressed topic is specified from a professional point of view, and at the same time, it's concept is presented in the RVP ZV. Followed by selected teaching programs, their positive and negative aspects and possibilities of use in teaching, which are presented in more detail.

A teaching program was created as part of the practical part. While creating it, the experience gained from researching other educational programs was taken into consideration. The created educational program set itself the goal of learning from the imperfections of some researched programs.

The newly created tutorial contains a presentation on Anatomy and Morphology, a worksheet on the topic of The Plant body, a laboratory exercise on the topic of Root, a didactic game Trimino on the topic of organelles and a didactic game Risky on the topic of Photosynthesis and respiration.

Selected parts of the educational program were applied to primary schools. During the verification, a few problems appeared, regarding the insufficient knowledge of the pupils. If in the future the teaching program is applied in its entirety, including the introductory presentation, it can be presumed that the students' success in completing the materials will improve.

KEYWORDS

Plant morphology, plant anatomy, plant physiology, educational program, laboratory work, lower secondary school

Obsah

Úvod	8
1 Cíle bakalářské práce	9
2 Anatomie rostlin	10
2.1 Mikroskopická anatomie	10
2.1.1 Rostlinná buňka	10
2.1.2 Pletiva	12
2.2 Makroskopická anatomie	15
2.2.1 Kořen	15
2.2.2 Stonek	17
2.2.3 Druhotné tloustnutí	17
2.2.4 List	18
3 Morfologie rostlin	20
3.1 Morfologie kořene	20
3.1.1 Metamorfózy kořene	20
3.2 Morfologie stonku	21
3.2.1 Větvení stonku	22
3.2.2 Metamorfózy stonku	22
3.3 Morfologie listu	23
3.3.1 Dělení listu podle tvaru čepele	23
3.3.2 Dělení listů podle tvaru jeho okraje	24
3.3.3 Postavení listů na stonku	24
3.3.4 Metamorfózy listu	25
3.4 Morfologie květu	25
3.4.1 Dělení květů dle přítomnosti reprodukčních orgánů	26

3.4.2	Souměrnost květů	27
3.4.3	Typy květenství	27
3.5	Morfologie plodu	28
3.5.1	Rozdělení plodů	28
4	Fyziologie rostlin	30
4.1	Metabolismus rostlin	30
4.1.1	Fotosyntéza	30
4.1.2	Dýchání	31
4.1.3	Dělení rostlin podle způsobu výživy	32
4.2	Vodní režim rostlin	33
4.2.1	Příjem vody a minerálních látek	34
4.2.2	Vedení vody rostlinou	35
4.2.3	Výdej vody	35
4.3	Rozmnožování rostlin	36
5	Výuka anatomie, morfologie a fyziologie rostlin v RVP ZV	37
6	Rešerše vybraných výukových programů zaměřených na morfologii, anatomii a fyziologii rostlin	38
6.1	Kritéria hodnocení	38
6.2	Diplomová práce na téma Laboratorní práce z fyziologie a anatomie rostlin a jejich využití na ZŠ	39
6.3	Diplomová práce na téma Návrh prostředků pro výuku vybraných témat z Biologie rostlin na ZŠ	44
6.4	Diplomová práce na téma Tvorba nových výukových materiálů fyziologie rostlin pro základní a střední školy	46
6.5	Učebnice s názvem Inspirace a projekty: přírodopis	48

7	Návrh vlastního výukového programu zaměřeného na anatomii, morfologii a fyziologii rostlin	52
7.1	Představení jednotlivých materiálů	52
7.2	Aplikace navrženého programu	57
7.3	Návrh modifikace výukového programu	68
8	Diskuse	69
	Závěr	72
	Seznam použitých informačních zdrojů	73
	Seznam příloh	74
	Seznam zdrojů obrázků v přílohách	74

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá anatomií, morfologií a fyziologií rostlin a také vytvořením výukového programu na toto téma. Zmíněné téma bylo vybráno, protože ve školách často platí za nezáživné a nezajímavé. Tohoto faktu si jistě všimlo více lidí, jelikož již existuje více materiálů do výuky, které se týkají těchto témat. I proto byla do této bakalářské práce zařazena rešerše vybraných výukových programů. Díky provedené rešerši bylo možno zhodnotit výhody a nevýhody různých metod výuky a využít tyto nabyté znalosti při vytváření nového výukového programu.

Bakalářská práce se v teoretické části věnuje postupně tématům anatomie, morfologie a fyziologie rostlin. V rámci anatomie rostlin je rozebírána rostlinná buňka, rostlinná pletiva a vnitřní stavba kořene, stonku a listu. V kapitolách o morfologii rostlin se práce věnuje vnější stavbě rostlinného těla. A ve fyziologii rostlin je představen hlavně průběh fotosyntézy, průběh dýchání rostlin, metabolismus rostlin a také jejich rozmnožování. V závěru teoretické části je zmíněn RVP ZV, v němž se zaměřujeme na očekávané výstupy u témat anatomie, morfologie a fyziologie rostlin.

V praktické části bakalářské práce byla provedena nejprve rešerše pěti výukových programů týkajících se anatomie, morfologie a fyziologie rostlin. Programy byly hodnoceny dle stejných kritérií a v závěrečné diskusi došlo k jejich porovnávání. Následně byl vytvořen nový výukový program, jenž využívá poznatků získaných z rešerší. Cílem programu je aktivní zapojování žáků do výuky a využívání moderních výukových metod (didaktické hry, laboratorní cvičení, diskuse).

Vytvořený výukový program byl v upravené formě ověřen na základní škole ve dvou třídách 7. ročníku. Při vypracovávání jednotlivých cvičení a jejich kontrole byl dbán důraz především na zapojení všech žáků, na samostatnou, ale i skupinovou práci a také na práci s textem. Ta dělala žákům velké obtíže, bylo by ji proto třeba nejprve možná zjednodušit a také zařazovat do výuky častěji. Chápání textu je pro žáky nezbytné už jen z toho důvodu, že na úlohách tohoto typu jsou postaveny přijímací didaktické testy z českého jazyka.

1 Cíle bakalářské práce

Cíle této bakalářské práce jsou:

1. Teoretické shrnutí anatomie, morfologie a fyziologie rostlin.
2. Stanovení kritérií pro vyhodnocování rešerší výukových programů zaměřených na anatomii, morfologii a fyziologii rostlin.
3. Vypracování rešerší vybraných výukových programů zaměřených na anatomii, morfologii a fyziologii rostlin.
4. Vytvoření nového výukového programu zaměřeného na anatomii, morfologii a fyziologii rostlin, na který bude navazovat laboratorní cvičení.
5. Aplikace a ověření vybraných částí výukového programu na ZŠ.
6. Návrh modifikace výukového programu.

2 Anatomie rostlin

Anatomie rostlin je věda zabývající se vnitřní stavbou rostlin. Těla rostlin lze studovat na mikroskopické či makroskopické úrovni. V mikroskopické anatomii se zkoumají jednotlivé rostlinné buňky nebo pletiva, která buňky společně tvoří. Makroskopická anatomie se zabývá jednotlivými rostlinnými orgány. Ty rozdělujeme na vegetativní a generativní. Mezi vegetativní orgány řadíme kořen, stonek a list, do generativních orgánů pak patří květ a plod (Votrubová, 2017).

2.1 Mikroskopická anatomie

2.1.1 Rostlinná buňka

Buňka je základní stavební jednotkou všech živých organismů. Rostlinná buňka je eukaryotní, to znamená, že obsahuje diferenciované jádro. Dále pak rostlinné buňky většinou obsahují buněčnou stěnu, vakuolu, mitochondrie, endoplazmatické retikulum, plastidy, buněčné jádro a Golgiho komplex. Není to však pravidlo pro všechny buňky tohoto druhu. Například některé buňky dělivých pletiv jsou téměř bez vakuol a výjimečně i bez buněčné stěny. Proto neexistuje definice pro „typickou“ rostlinnou buňku. Ale takový umělý model typické rostlinné buňky může být velmi užitečný, třeba i ve školním prostředí, kde na něm lze demonstrovat veškerý základ a až poté se zabývat rozličnými tvary, velikostmi nebo funkcemi (Votrubová, 2017).

Rostlinná buňka je kryta pevnou buněčnou stěnou obsahující celulózu, která se skládá z řetězců glukózy. Tato buněčná stěna udržuje tvar buňky a chrání protoplast, což je vlastní obsah buňky. V buněčné stěně se vyskytují kanálky, díky nimž se sousedící protoplasty mohou spojovat v tzv. plasmodesmy, které pak tvoří pletiva. Kromě ochrany může mít buněčná stěna i funkci zásobní, například některá semena si do stěny ukládají polysacharidy. Tato stěna může být ještě navíc kryta sekundární stěnou skládající se z ligninu, suberinu či kutinu. Obecně tyto látky vytvářejí hydrofobní vrstvu, která chrání rostlinu před nadměrným výdejem vody. Nejvýraznější hydrofobní sekundární stěnu nalezneme u sukulentů (Henry, 2004; Votrubová, 2017).

Hlavní součástí protoplastu je buněčné jádro neboli nukleus, které má svůj jaderný obal, jenž je tvořen dvěma membránami. V buněčném jádře se nachází většina genetické informace

dané buňky, i proto je hlavním řídicím centrem buňky. Souhrnně se obsah jádra nazývá karyoplazma nebo nukleoplazma (Aslam, 2001; Votrubová, 2017).

Dalšími významnými součástmi protoplastu jsou mitochondrie a plastidy. Jsou to organely endosymbiotického původu, tudíž mají na povrchu vlastní membrány. Tyto organely jsou nazývány semiautonomní, což znamená, že mají vlastní genetickou informaci. Plastidy slouží primárně k fotosyntéze, což rostlinám umožňuje fotoautotrofní výživu. Hlavním druhem fotosyntetizujících plastidů jsou chloroplasty, které si blíže popíšeme v rámci fotosyntézy v podkapitole 4.1.1 (Aslam, 2001; Votrubová, 2017).

Mitochondrie mají vnější a vnitřní membránu. Ta vnější je hladká a dobře propustná. Vnitřní membrána není tolik propustná, proto skrz ni látky procházejí pomocí transportérů. Navíc není hladká, ale na své vnitřní straně z ní vybíhají kristy, které tak zvětšují vnitřní povrch membrány. Vnitřní prostor mitochondrie je vyplněn matrixem, což je bílkovinná hmota, jež zde představuje protoplast. V matrixu je uložena mitochondriální DNA, ribozomy a probíhá zde proteosyntéza. Mitochondrie slouží primárně k buněčnému dýchání, během něhož jsou rozkládány energeticky bohaté organické sloučeniny na oxid uhličitý a vodu, přičemž vzniká ATP. Mitochondrie se mimo buněčné dýchání také podílejí na fotorespiraci ve fotosyntetizujících buňkách nebo na metabolismu zásobních tuků. Mitochondrie se díky cytoskeletu mohou v buňce pohybovat (Aslam, 2001; Votrubová, 2017).

Dále lze v rostlinné buňce nalézt endoplazmatické retikulum. Je to membránový systém složený z plochých váčků, cisteren a trubicovitých částí, tubulů. Endoplazmatické retikulum se v buňkách vyskytuje ve dvou formách, jako drsné nebo jako hladké. Drsné endoplazmatické retikulum je tvořeno převážně cisternami a má na sebe navázáno ribozomy, které se podílejí na proteosyntéze. Oproti tomu hladké endoplazmatické retikulum je bez ribozomů a tvoří ho z větší části tubuly. Endoplazmatické retikulum má několik funkcí. K těm hlavním patří tvorba membránových proteinů na membránách drsného ER a tvorba membránových lipidů na membránách hladkého ER (Aslam, 2001; Votrubová, 2017).

Další součástí rostlinné buňky je Golgiho komplex, což je soustava cisteren, zvaných diktyosomy. V tomto aparátu jsou upravovány produkty z endoplazmatického retikula, což jsou výše zmíněné proteiny a lipidy. Celá tato soustava je schopna se v rámci buňky pohybovat (Aslam, 2001; Votrubová, 2017).

U rostlinných buněk vyšších rostlin se také často vyskytují vakuoly, kde mohou zabírat až 90 % objemu buněk. Jedná se o dutou organelu ohraničenou membránou. Uvnitř se nachází vodný roztok několika látek, který nazýváme buněčná šťáva. Chuť této tekutiny lze poznat třeba v plodech, např. citrony mají kyselé pH toho roztoku. K hlavním funkcím vakuoly patří udržování homeostázy, zásobní funkce, ukládání toxických látek, hospodaření s vodou a napomáhá udržování pevnosti buňky (Aslam, 2001; Votrubová, 2017).

Jednou z posledních součástí buňky jsou ribozomy, které se skládají z ribozomální RNA a proteinů. Nalezneme je volně v cytoplazmě, připojeny k drsnému ER nebo v semiautonomních organelách. Ribozom je tvořen dvěma podjednotkami, malou a velkou. A právě v ribozomech dochází k translaci informace z mRNA do pořadí aminokyselin (Aslam, 2001; Votrubová, 2017).

Veškeré organely plavou v cytoplazmě, která tvoří vnitřní prostředí buňky a má vhodné pH pro veškeré metabolické děje v buňce. Cytoplazma je tvořena bílkovinami, vodou a ionty. A když jsme zmínili vnitřní prostředí rostlinné buňky, nesmíme zapomenout na vnitřní výztuhu buňky, kterou tvoří cytoskelet. Kromě vnitřní kostry může cytoskelet spojovat jednotlivé organely nebo je i přesouvat. Cytoskelet je tvořen mikrotubuly a mikrofilamenty. Mikrotubuly jsou větší duté trubičky tvořené bílkovinou tubulinem. Mikrofilamenta jsou tvořena bílkovinou aktinem, který vytváří vždy dva řetězce, které se spojují v šroubovice (Votrubová, 2017).

2.1.2 Pletiva

Rostlinné pletivo je soubor rostlinných buněk se stejným tvarem a funkcí. Primárně dělíme pletiva na dělivá (meristémy), která se stále dělí, a na pletiva trvalá, jejichž buňky vznikají z meristémů a nejsou schopny se samy dělit. Trvalá pletiva dělíme dle jejich funkce na krycí, vodivá a základní (Votrubová, 2017).

Dělivá pletiva dělíme na primární a sekundární. Primární meristémy tvoří primární rostlinné tělo a nacházejí se ve vzrostných vrcholech kořene a prýtu. K těmto primárním meristémům patří prokambium, protoderm a základní meristém, z něhož vznikají základní pletiva. Prokambium tvoří primární vodivá pletiva a z protodermy vznikají primární krycí pletiva. Mezi sekundární meristémy patří felogén a kambium, které tvoří sekundární rostlinné tělo a vyskytují se pouze u rostlin, které druhotně tloustnou. Felogén zajišťuje vznik sekundárních

krycích pletiv. Dostředivým směrem vytváří buňky felodermu neboli zelené kůry a směrem ven vytváří buňky korku neboli felému. Sekundárně vzniklé krycí pletivo se nazývá periderm. Kambium je druhý typ sekundárních meristémů a tvoří sekundární vodivá pletiva. Kambium, stejně jako prokambium, tedy vytváří buňky xylému a floému, které budou více rozebrány dále (Votrubová, 2017).

Trvalá pletiva plní různé funkce. Například krycí pletiva se vyskytují na povrchu rostlin a mají ochrannou funkci. Krycí pletiva také slouží k výměně látek s okolím. Pokožka, která se u prýtu nazývá epidermis, slouží především k regulaci výparu vody. Pokožka je tvořena dlaždicovitými buňkami, které k sobě těsně přiléhají. Pro pokožku prýtu je také typické, že bývá kryta vrstvou kutikuly a obsahuje průduchy, které slouží k transpiraci (Votrubová, 2017).

Další typickou součástí pokožky je její derivát zvaný trichom. Trichomy mohou být jednobuněčné i mnohobuněčné a mají různé funkce. K těm nejzákladnějším patří funkce krycí, kdy hustý porost trichomů na povrchu rostliny slouží k regulaci nadměrného výparu. Tyto krycí trichomy mohou mít ale také funkci ochrannou. Tento typ trichomů mívá tvrdé buněčné stěny, a proto se jim býložravci vyhýbají. Další typ jsou žláznaté trichomy. Ty mají na svém vrcholu čepičku, v níž se ukrývá různý typ sekretu. Tyto trichomy jsou nejčastější u čeledi hluchavkovité, například máta nebo šalvěj. Slouží především k vábení nebo odpuzování vůní a také se mohou přeměnit na žahavé trichomy, jako tomu je u kopřivy. A posledním typem jsou trichomy absorpční, které nalezneme u masožravých rostlin. Tyto trichomy mají rozkladnou funkci (Votrubová, 2017).

Vodivá pletiva jsou další typ trvalých pletiv a slouží k transportu látek rostlinou. Jsou tvořena především cévními svazky, které mají dřevní a lýkovou část. Dřevní část se nazývá xylém a vede vodu a rozpuštěné minerální látky. Proud těchto látek se nazývá transpirační a má vždy vzestupný směr. Xylém je tvořen především tracheidami a tracheálními články. Tracheidy na sebe navazují tak, že se překrývají a transportované látky musejí mezi jednotlivými tracheidami překonávat buněčnou stěnu. Oproti tomu tracheální články se spojují v tzv. tracheje, což jsou sloupce, v nichž transportované látky nemusejí překonávat buněčné stěny. Lýková část cévních svazků se nazývá floém a slouží k vedení látek vyrobených rostlinou. Proud těchto látek se nazývá asimilační. Transport těchto látek

probíhá různými směry, jelikož jsou transportovány z místa své výroby, do místa, kde se ukládají. Floém je tvořen sítkovými elementy, což jsou živé buňky, jež jsou navzájem propojeny cytoplazmatickými provazci (Votrubová, 2017).

Posledním typem trvalých pletiv jsou pletiva základní. Tato pletiva mohou mít mnoho funkcí, např. fotosyntetickou, zásobní nebo zpevňovací. V některých literaturách lze proto nalézt i členění na pletiva asimilační, zpevňovací, zásobní nebo provzdušňovací. Obecně se ale v těchto pletivech vyskytují tři typy buněk – parenchymatická, kolenchymatická a sklerenchymatická (Votrubová, 2017).

Buňky parenchymu jsou v základních pletivech nejvíce zastoupené. Jedná se o živé buňky s tenkou buněčnou stěnou a vyvinutými intercelulárami neboli mezibuněčnými prostory. Parenchym lze nalézt v primárním i sekundárním rostlinném těle. Toto pletivo může nabývat různých funkcí, ať už provádění fotosyntézy, zásobní funkci, sekreční funkci nebo transportní. U vodních a mokřadních rostlin lze nalézt speciální typ parenchymu aerenchym. Pletivo aerenchym obsahuje velké interceluláry, které slouží k rychlejšímu transportu látek a také nadnášejí rostlinné tělo (Votrubová, 2017).

Kolenchym je pletivo s nepravidelně ztloustlou buněčnou stěnou. Ta může být ztloustlá na různých místech a dle toho rozlišujeme například rohový nebo deskový kolenchym. Kolenchym se nevyskytuje v sekundárním rostlinném těle. Toto pletivo neobsahuje interceluláry a plní především mechanickou, tedy zpevňovací, funkci (Votrubová, 2017).

Posledním jednoduchým pletivem je sklerenchym, který má pravidelně ztloustlou buněčnou stěnu, která často lignifikuje. Následkem toho pak protoplast buňky umírá. V buněčných stěnách tohoto pletiva se vykytují kanálky, které propojují sousedící buňky. Sklerenchym je tvořen sklerenchymatickými vlákny a sklereidami. Sklerenchymatická vlákna jsou dlouhá, pevná a poněkud pružná vlákna, která lze nalézt ve stoncích i kořenech. Sklereidy jsou krátké buňky, které jsou velmi pevné a často tvoří idioblasty (samostatné buňky) nebo shluky buněk. Jako idioblasty se vyskytují například v hrušce a shluky buněk sklerenchymu lze nalézt například ve stopkách plodů (Votrubová, 2017).

2.2 Makroskopická anatomie

2.2.1 Kořen

Kořen je podzemní část rostliny, která ukotvuje celou rostlinu v substrátu. Krom toho slouží také k příjmu vody a rozpuštěných minerálů. Kořeny také často slouží jako zásobárna živin. Tento fakt je nejvíce patrný u rostlin, které přezimují právě pouze ve svých podzemních částech. Kořeny také často slouží k různým typům interakcí s dalšími organismy, ať už se jedná o mutualismus nebo parazitismus (Votrubová 2017).

Vrchol kořene je kryt kořenovou čepičkou, která zde slouží k ochraně dělivých pletiv pod ní. Buňky kořenové čepičky stále dorůstají díky činnosti těchto dělivých pletiv. Kořenová čepička také vylučuje mucigel, což je sliz, jenž napomáhá pronikání do půdy. Jediné rostliny, které kořenovou čepičku postrádají, jsou parazitické rostliny (Aslam, 2001; Votrubová 2017).

Primární stavba kořene je charakteristická třemi základními pletivovými celky. Tím prvním je pokožka neboli rhizodermis. Tato pokožka je tvořena jednou vrstvou buněk. Ty buňky, jež jsou nejbližší vrcholu kořene, mají tenčí buněčnou stěnu, aby lépe absorbovaly vodu a minerály z okolí. Z buněk rhizodermis také vyrůstají kořenové vlásky, které zvětšují povrch kořene a taktéž zajišťují příjem vody s minerálními látkami (Aslam, 2001; Votrubová 2017).

Druhý pletivový celek je primární kůra, která je tvořena více vrstvami buněk parenchymu. Primární kůra bývá rozdělena na dvě až tři části. Nejbližší středu kořene se nachází endodermis, a dále pak může být primární kůra rozlišena na mesodermis a hypodermis (Votrubová, 2017).

Vnitřní vrstva primární kůry kořenů, zvaná endodermis, je charakteristická Casparyho proužky. Ty se tvoří na příčných a radiálních stěnách buněk endodermis. V Casparyho proužcích se ukládá suberin a lignin, což jsou látky nepropustné pro vodu. Tyto proužky slouží rostlině při transportu látek, kdy látkám umožňují vstoupit do středního válce pouze symplastickou cestou, která umožňuje regulaci. Casparyho proužky také zabraňují zpětnému toku látek ze středního válce, čímž napomáhají vzniku kořenového vztlaku. Některé rostliny mají i další vývojové fáze této vrstvy. Během tohoto vývoje se v endodermis vytvoří nejprve suberinové lamely, jež zvýrazní symplastickou cestu, a následně dochází ukládání celulózy

na povrch buněčných stěn a finální fáze je lignifikace endodermis. Tento proces lze pozorovat u většiny jednoděložných rostlin, jako jsou lipnicovité, kosatcovité nebo liliovité (Aslam, 2001; Votrubová 2017).

Mesodermis tvoří největší část primární kůry. Jak již bylo zmíněno, mesodermis je parenchymatického charakteru, ale u mnoha jednoděložných, u nichž nedochází k sekundárnímu tloušťnutí, se v této vrstvě vytvářejí i sklerenchymatické buňky. Tato vrstva také často slouží jako zásobárna živin. Mezi buňkami mesodermis se často vytvářejí interceluláry. Tento fakt může způsobit, že kvůli velkým intercelulárám vznikne místo pletiva parenchym aerenchym, jak lze vidět například u rákosu obecného. Jelikož se jedná o buňky kořene, tak obecně neobsahují chloroplasty. Výjimku z tohoto pravidla ale tvoří například epifyty, jenž mají vzdušné kořeny přizpůsobené k provádění fotosyntézy (Aslam, 2001; Votrubová 2017).

Vrstvy přímo pod rhizodermis bývají různého typu, souhrnně je však nazýváme hypodermis. Její nejvýznačnější částí je exodermis, jež může být jedno i vícevrstevná. U buněk exodermis také často dochází k lignifikaci, stejně jako tomu je u endodermis. Obecně jsou si tyto dvě vrstvy velmi podobné. Taktéž se zde vytvářejí Casparyho proužky, jež jsou typické pro endodermis. A i zde vytváří apoplastickou bariéru, která může zabránit průniku toxinů do cévních svazků. Krom toho nabývá exodermis, po odumření rhizodermis, ochrannou funkci (Aslam, 2001; Votrubová 2017).

Při sekundárním tloušťnutí kořene ztrácí celá primární kůra postupně svoji funkci a odděluje se spolu s rhizodermis. Pokud kořeny druhotně netloustnou, zachovávají si primární kůru po celý život, přičemž ale může ve starších částech kořene postupně odumírat (Votrubová, 2017).

Posledním pletivovým celkem primární kůry je střední váleček, jemuž se říká také stélé. Střední váleček se skládá z pericyklu, který se nachází pod endodermis a chrání radiálně uspořádaná vodivá pletiva. V pericyklu se zakládají postranní kořeny a u sekundárně tloušťnoucích kořenů se podílí na tvorbě kambia a felogenu. Vodivá pletiva tvoří xylém a floém. V kořenech se v radiálním uspořádání tyto dvě části střídají. V závislosti na počtu xylémových pólů rozlišujeme oligoarchní (monoarchní až hexaarchní) a polyarchní cévní svazky. Oligoarchní cévní svazky mají nahosemenné a dvouděložné rostliny. U těchto

cévních svazků je xylém ve středu kořene a paprscitě vybíhá k okrajům. Mezi těmito výběžky jsou pruhy floému. U polyarchních cévních svazků je střed válce vyplněn dřevem a pruhy xylému a floému se střídají radiálně. Tento typ cévních svazků je charakteristický pro jednoděložné rostliny (Aslam, 2001; Votrubová 2017).

2.2.2 Stonek

Stonek je vegetativní orgán, který volně navazuje na kořen a nese listy, květy i plody. Slouží především k transportu látek z kořene do ostatních orgánů. Spolu s listem vzniká stonek z primárního meristému. Stonek dělíme na uzliny, místa, z nichž vyrůstají listy a postranní stonky, a články, což jsou části stonku mezi uzlinami (Votrubová, 2017).

Stonek je na povrchu kryt epidermis s ochrannou funkcí. Buňky pokožky neobsahují chloroplasty. Nad pokožkou se nachází kutikula, která má také ochrannou funkci. Společně s pokožkou chrání před nadměrným výparem (Votrubová, 2017).

Pod pokožkou se nachází primární kůra tvořená základními pletivými. V nejzákladnější podobě je primární kůra tvořena parenchymem s chloroplasty. Slouží proto k fotosyntéze. Dále může primární kůra obsahovat sklerenchym nebo kolenchym, které mají mechanickou funkci (Votrubová, 2017).

Pod primární kůrou se nachází střední válec. V něm jsou umístěny cévní svazky. Mohou být volně roztroušené, toto uspořádání nazýváme ataktostélé. U dutých stonků jsou pak cévní svazky uspořádané do několika kruhů. Ve středu stonku se nachází dřev, která je tvořena většinou parenchymem (Votrubová, 2017).

2.2.3 Druhotné tloustnutí

K druhotnému tloustnutí dochází u kořene a stonku nahosemenných a většiny dvouděložných rostlin. K tloustnutí dochází až teprve tehdy, když přestává rostlina růst do délky. Samotné druhotné tloustnutí je způsobeno činností kambia. To je sekundární meristém, jež vytváří sekundární xylém a floém, které tvoří sekundární vodivá pletiva. Následkem tloustnutí dochází k napínání povrchových vrstev. Činností felogénu, sekundárního meristému, vznikají sekundární krycí pletiva (periderm), která nahrazují ta primární. Primární krycí pletiva jsou vlivem tloustnutí roztrhána a stává se z nich borka.

Tvorba sekundárních krycích pletiv je významná především u dřevin, u bylin není příliš častá (Votrubová, 2017).

V kořeni dochází k vytvoření kambia dělením buněk prokambia, jež se nachází mezi primárním xylémem a floémem radiálního svazku. Postupně dojde k vytvoření kruhové vrstvy kambia, která pak tvoří dostředivým směrem sekundární xylém a odstředivým směrem sekundární floém. U stonku je rozdíl v pozici prokambia. Ve stonku se xylém s floémem střídají v kruhu. Pod floémovým pólem vzniká kambium, které následně uzavře xylémový pól uvnitř vzniklého kruhu (Votrubová, 2017).

2.2.4 List

List je nejvíce variabilním orgánem rostlin, což znamená, že může mít mnoho funkcí. Jeho primární funkcí je fotosyntéza, při níž vytváří rostlina cukr a kyslík. Listy s touto funkcí se nazývají asimilační. Druhou nejvýznamnější funkcí listu je transpirace neboli výdej vody. Dále mohou listy plnit funkci zásobní nebo ochrannou (Votrubová, 2017).

Na povrchu listu se nacházejí krycí pletiva ve formě pokožky (epidermis), jež bývá jednovrstevná. Slouží k ochraně před nadměrným výparem a také k výměně látek s okolím. Epidermis na svrchní straně listu bývá kryta ještě silnou vrstvou kutikuly, která je nejsilnější u sukulentů. V pokožce se také nacházejí průduchy, jež slouží k transpiraci. Průduch je tvořen dvěma svěracími buňkami, které se otevírají a zavírají v především v závislosti na obsahu vody v rostlině. Na spodní straně listu se vyskytuje více průduchů. Některé rostliny nemají na svrchní straně průduchy vůbec. Jsou to především listy dvouděložných dřevin, ale i některých dvouděložných bylin i jednoděložných rostlin. Na obou stranách listu mají průduchy především jednoděložné rostliny (př. lipnicovité), ale i dvouděložné byliny a také nahosemenné rostliny (jehličnany) (Votrubová, 2017).

Pod pokožkou se nachází vrstva základního pletiva mesofylu. Toto pletivo zajišťuje především fotosyntézu. Mesofyl je tvořen buňkami chlorenchymu, což je typ parenchymu. Mesofyl může mít všechny buňky stejné, homogenní, nebo rozlišené na dvě části, palisádový a houbovitý parenchym. Palisádový parenchym je tvořen válcovitými buňkami. Ty mohou být uspořádány v jedné nebo více vrstvách pod pokožkou svrchní strany listu. Pod pokožkou spodní strany listu se nachází houbovitý parenchym. Tvoří ho buňky nepravidelného tvaru. Mezi jednotlivými buňkami mesofylu se vyskytují velké mezibuněčné prostory, jež slouží

k transportu plynů k průduchům. Díky těmto mezibuněčným prostorům je vnitřní povrch listu několikrát větší než ten vnější, čehož je využíváno pro efektivnější transport oxidu uhličitého do buněk (Votrubová, 2017).

Poslední anatomickou složkou listu je listová žilnatina, která je tvořena vodivými pletivy. Ty jsou tvořeny cévními svazky, jež rozvádějí vodu a minerály do všech částí listu. Tyto cévní svazky jsou tvořeny primárním xylémem a primárním floémem. Xylémem proudí transpirační proud, který rozvádí vodu a minerály. Floémem proudí asimilační proud s produkty fotosyntézy. U dvouděložných rostlin tvoří žilnatina síť, proto se nazývá síťnatá. Středem listu prochází hlavní žilka a z ní vystupují postranní žilky, které se dále větví. U jednoděložných jsou si všechny žilky rovnocenné. Žilky vstupují do listu souběžně a souběžně probíhají čepelí až ke špičce listu, kde se spojují. Tento typ žilnatiny se nazývá souběžná (Votrubová, 2017).

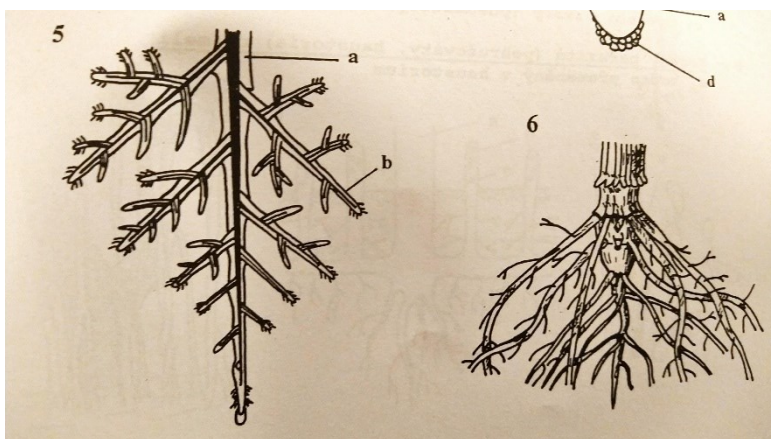
3 Morfologie rostlin

Morfologie je věda zabývající se rozmanitostí rostlinných orgánů. Následující kapitoly jsou věnovány různým podobám kořene, stonku, listu, květu a plodu. Morfologie studuje především vnější stavbu těchto rostlinných orgánů, čímž se odlišuje od anatomie. Ta oproti morfologii studuje jednotlivé části v mikroskopickém měřítku. V rámci morfologie rostlin se zabýváme jednotlivými typy kořene, stonku, listu, květu a plodu a také jejich metamorfózami (Procházka, 2007).

3.1 Morfologie kořene

Obecně lze rozdělit kořeny na dva typy – allorhizie a homorhizie. Allorhizie představuje kořenový systém, kde je jeden hlavní kořen, z něž vyrůstají postranní kořeny. Tento typ kořenového systému je typický pro dvouděložné rostliny a také většinu nahosemenných. Oproti tomu homorhizie je vlastně jen svazek rovnocenných kořenů a tento typ je znám u jednoděložných rostlin. Allorhizii lze vidět na Obrázku 1 vlevo a homorhizii vpravo (Procházka, 2007).

Obrázek 1: Typy kořene



Zdroj: Dostál, 2008

3.1.1 Metamorfózy kořene

Základním typem kořenů jsou kořeny sací, které mají kořenové vlásky, jimiž vstřebávají vodu a minerální látky z okolního prostředí. Dalším velmi známým typem kořenů jsou kořeny zásobní, kam patří například bulva řepy nebo hlízy jirinek. V těchto kořenech jsou více rozvinuty základní pletiva a rostliny je využívají k ukládání zásobních látek. Další

metamorfózou kořenů jsou kořeny vzdušné, které lze najít u orchidejí nebo monster. Tyto kořeny jednak dokáží přijímat vzdušnou vlhkost a pak se také mohou podílet na fotosyntéze díky chlorofylu, jenž obsahují. Kořeny dýchací, jinak řečeno pneumatofory, využívají dřeviny v často zaplavovaných oblastech, jelikož na sobě mají dýchací otvory, které dokáží vystrčit nad hladinu. Dalším příkladem metamorfózy jsou kořeny přičepivé, které lze najít například u břechťanu, obecně tedy u popínavých rostlin. Tyto kořeny slouží k přichycení, jelikož se zapouštějí do prasklin podkladu. A jako poslední příklad si uvedeme kořeny parazitů, k těm nejznámějším patří haustoria. Jsou to kořeny vyskytující se u jmelí, kterému umožňují pronikat do dřevní části cévního svazku a čerpat z něj vodu a minerální látky (Dostál, 2008).

3.2 Morfologie stonku

Stonky lze dělit podle jejich povahy, a to na bylinné a dřevnaté. Bylinné stonky jsou takové, které nedřevnatí a lze je následně dělit podle tvaru jejich rostlinného těla na lodyhu, stvol a stéblo. Lodyha je po celé délce olistěný stoněk s jasně rozdělenými články. Jako příklad lodyhy si lze uvést kopřivu nebo kopretinu. Stvol si lze představit jako holý stoněk, který je olistěný pouze těsně nad zemí, kde listy vytváří růžici. Tento typ stonku lze najít u prvosenky nebo sedmikrásky. A posledním typem bylinného stonku je stéblo, které je charakteristické pro obilniny. Stéblo je duté a jednotlivé části jsou předěleny kolénky, z nichž vyrůstají listy (Dostál, 2008).

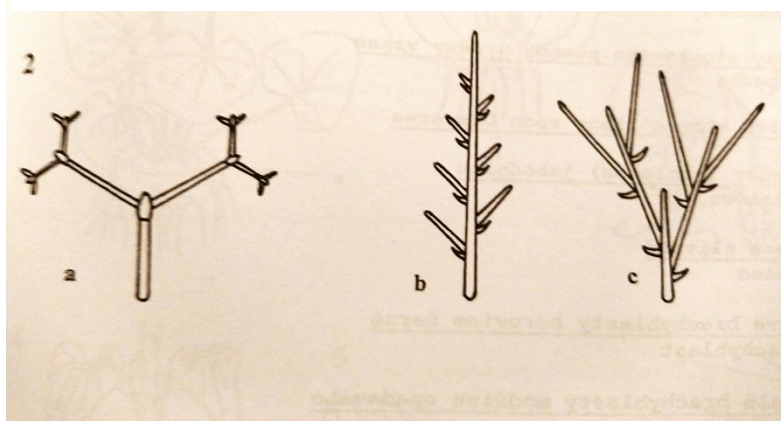
Bylinné stonky lze dělit dle několika klíčů. Tím asi nejdůležitějším je dělení podle způsobu růstu. Takto odlišujeme stonky přímé, vystoupavé, poléhavé, plazivé, ovíjivé a popínavé. Další způsob dělení je třeba dle tvaru průřezu, takže zde rozlišujeme například stonky kruhové, trojhranné nebo čtyřhranné. A následně lze dělit byliny dle doby trvání jejich růstu na jednoleté, dvouleté, víceleté a vytrvalé byliny. Jak z názvu vyplývá, jednoletky vydrží jedno vegetační období, během něhož zvládnou odplodit. K těmto bylinám patří například hrách. Dvouleté byliny si v prvním roce vytvoří pouze vegetativní orgány a až v druhém roce vykvetou, odplodí a následně uhynou. Dvouleté byliny jsou třeba mrkve nebo divizna. Víceleté byliny rostou více let a po odplodění zahynou. K víceletým bylinám patří třeba agáve. A vytrvalé byliny neboli trvalky, střídavě vegetují a plodí po několik vegetačních

období, přičemž zimu přetrvávají v podzemních částech. Jako příklad si lze uvést kosatec či kopretinu (Dostál, 2008).

3.2.1 Větvení stonku

Primárně stonky dělíme na vidličnaté, hroznovité a vrcholičnaté. V tomto pořadí je lze vidět na Obrázku 2. Vidličnaté stonky se větví rovnocenně, tedy stejnoměrně. Hroznovité větvení vypadá tak, že menší postranní stonky vyrůstají z hlavního stonku a lze ho vidět například u jehličnanů. Vrcholičnaté větvení vypadá typově podobně jako hroznovité, zde akorát postranní stonky přerůstají ten základní stonek a ten postupně zastavuje růst (silenkovité rostliny) nebo mění jeho směr (réva vinná) (Procházka, 2007; Dostál, 2008).

Obrázek 2: Větvení stonku



Zdroj: Dostál, 2008

Dřevnaté stonky většinou přetrvávají více než jednu sezónu, což je odlišuje od těch bylinných. Dřevnaté stonky vytvářejí celkový vzhled (habitus) rostliny. Tyto habitusy dělíme na stromy, keře, keříky a polokeře. Stromy jsou charakteristické výrazným rozlišením na kmen a korunu. Klasickým příkladem takovýchto stromů jsou listnaté stromy, jako je třeba dub lesní. Keře jsou vlastně soubor dřevnatých stonků a najít je lze u meruzalky, zlatice nebo bezu. Keřík lze charakterizovat jako menší keř, kam můžeme řadit například vřes nebo brusnici. A posledním habitusem je polokeř, kde je stonek nejprve bylinný a postupně dřevnatí. Polokeř je například šalvěj nebo pivoňka (Dostál, 2008).

3.2.2 Metamorfózy stonku

Zde si představíme několik funkčních přeměn stonku. K těm nejznámějším patří například oddenek, který představuje podzemní metamorfózu stonku a slouží k zásobování nebo

k vegetativnímu rozmnožování. Oddenek lze nalézt u konvalinky, sasanky nebo pýru. Další přeměnou je hlíza, která vznikne ztloustnutím buď nadzemní, nebo podzemní části stonku a má opět funkci zásobní. Ředkvička, kedlubna, řepa nebo šafrán, to jsou rostliny, které mají hlízy. Cibule představuje další metamorfózu stonku a opět plní zásobní funkci. U lián lze najít úponky, což jsou přeměněné vedlejší stonky, které jsou uzpůsobené k přichytávání na podkladu. Plazivé postranní stonky neboli šlahouny, které mají například jahodníky, mají funkci vegetativního rozmnožování. Ještě si zmíníme kolce, což jsou vlastně postranní stonky přeměněné na trny. Kolce můžeme vidět u trnky nebo volně rostoucích ovocných stromů. A závěrem si představíme brachyblasty, což jsou zakrnělé větvičky, na nichž mohou růst květy ovocných stromů nebo jehličí u borovice (Procházka, 2007; Dostál, 2008).

3.3 Morfologie listu

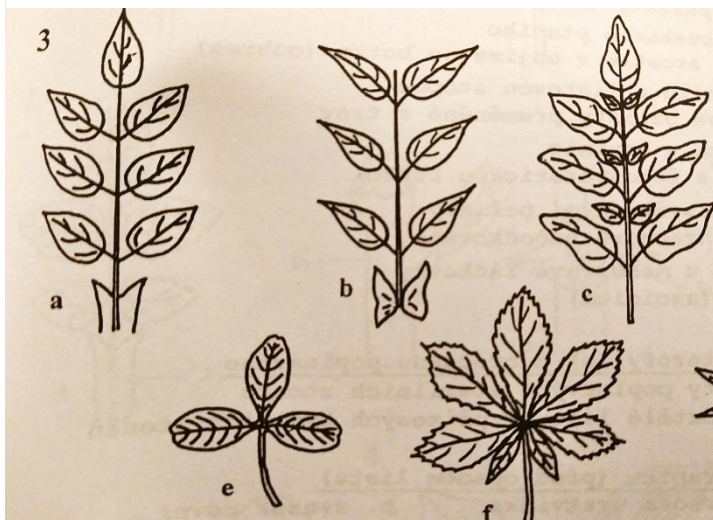
List členíme na čepel a řapík. Pod čepelí si lze představit listovou část, která provádí fotosyntézu, a řapík je stopka, kterou je list uchycen ke stonku. Na čepeli nalezneme žilnatinu, což jsou vlastně cévní svazky, jež rozvádějí živin do všech částí listu.

3.3.1 Dělení listu podle tvaru čepele

Listy v první řadě dělíme na jednoduché a složené. Jednoduché listy mají čepel listu vytvořenou podél všech hlavních žilek. Složené listy oproti tomu mají čepel rozdělenou na několik lístků. Jednoduché listy ještě dále dělíme na celistvé a členěné. Celistvé listy mají nečleněnou čepel. Můžou mít okrouhlý, vejčitý, kopinatý nebo například srdčitý tvar. Naopak členěné listy mají listy s různě hlubokými zářezy. Vznikají tak listy dlanitodílné či peřenoklané (Dostál, 2008).

Složené listy mají čepel rozdělenou na samostatné lístky. Tento typ listů dále dělíme na zpeřené a dlanitě složené. U zpeřených listů vyrůstají jednotlivé lístky vždy proti sobě na obou stranách řapíku. Tento typ lze vidět na Obrázku 2 pod písmeny a-c. Pokud je list ukončen jedním lístkem, jedná se o lichožpeřený list. Pokud list končí dvěma párovými listy, jedná se o sudožpeřený list. U dlanitě složených listů vyrůstají jednotlivé lístky z konce řapíku a uspořádávají se podle dlanité žilnatiny. Na Obrázku 2 lze vidět dlanitě složené listy pod písmeny e-f. Podle počtu jednotlivých lístků rozlišujeme listy trojčetné, čtyřčetné, pětičetné, sedmičetné nebo i mnohočetné (Dostál, 2008).

Obrázek 3: Složené listy

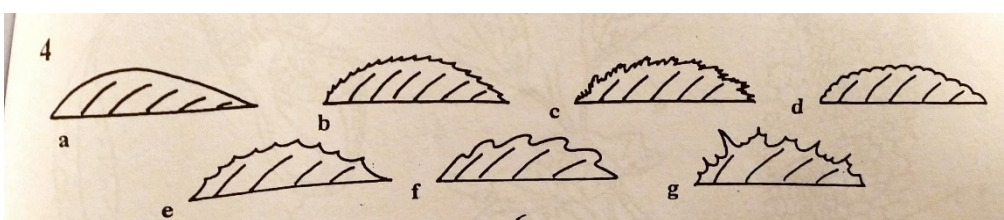


Zdroj: Dostál, 2008

3.3.2 Dělení listů podle tvaru jeho okraje

K nejznámějším určovacím znakům listů patří určování dle typu jejich okraje, a proto si zde uvedeme nejčastější příklady. Nejjednodušší možností je list celokrajný, jehož okraj je čistě rovný a lze ho nalézt u šeríku nebo jaterníku. U habru nebo břízy lze pozorovat pilovitý okraj listu. Zubatý okraj listu má například podběl. List šalvěže má vroubkovaný okraj. A chobotnatý neboli laločnatý okraj listu nalezneme u dubu letního a zimního. Ukázky okrajů listů lze vidět na Obrázku 4 (Dostál, 2008).

Obrázek 4: Okraje čepele listu



Zdroj: Dostál, 2008

3.3.3 Postavení listů na stonku

Postavení listů na stonku jde výborně demonstrovat na několika příkladech, proto si ho zde přidáme k určovacím znakům. Rozlišujeme listy střídavé, vstřícné, přeslenité a listy v přízemní růžici. Střídavé listy, jak vyplývá z názvu, se na stonku střídají, tedy každý jeden list vyrůstá z vlastní uzliny. Tyto listy také často vytvářejí spirálu kolem stonku, což můžeme

pozorovat u dubu, topolu nebo jabloně. Vstřícné listy najdeme u čeledi hluchavkovitých a vyznačují se tím, že vždy vyrůstají dva listy na stonku proti sobě. Přeslenité listy vyrůstají po třech a více listech z tzv. *nodu*, což je uzlina na stonku. Tímto způsobem vznikají na stonku patra z přeslenů. Můžeme je vidět například u přesličky nebo kokoříku přeslenitého. Přízemní růžici lze ukázat na běžných bylinách školních zahrad, tedy sedmikrásce nebo smetance lékařské (Procházka, 2007; Dostál, 2008).

3.3.4 Metamorfózy listu

Velmi často se listy přeměňují za účelem pomoci reprodukčním orgánům. Jedním z těchto dějů je přeměna listů na dělohu. Dalším příkladem je pak metamorfóza na listeny, což jsou vlastně podpůrné listy, z jejichž úžlabin mohou vyrůstat listy s fotosyntetickou funkcí či reprodukční orgány.

Další přeměny mohou mít různé funkce. Obrannou funkci mají třeba trny, které vznikají z asimilačních listů a najdeme je u dřívěšáku nebo bodláku. Další přeměnou jsou úponky, které najdeme u popínavých rostlin jako například hrách, jelikož úponky umožňují těmto rostlinám růst do výšky. A jako poslední si zmíníme speciální metamorfózy u masožravých rostlin, což jsou konvice a listy masožravých rostlin. Konvice je útvar, který uchovává trávicí enzymy a lze ho vidět u láčkovky. A listy masožravých rostlin mají na svém povrchu žlázky, jež vylučují lepkavou tekutinu. Díky ní se na listy přichytí hmyz, který se následně vlivem enzymů, které tekutina z listů také obsahuje, rozloží. Navíc mají tyto listy schopnost se svírat nebo postupně svírat, takže žádná kořist nemůže uniknout. Tyto pozoruhodné schopnosti lze pozorovat u rosnatek nebo mucholapek (Dostál, 2008).

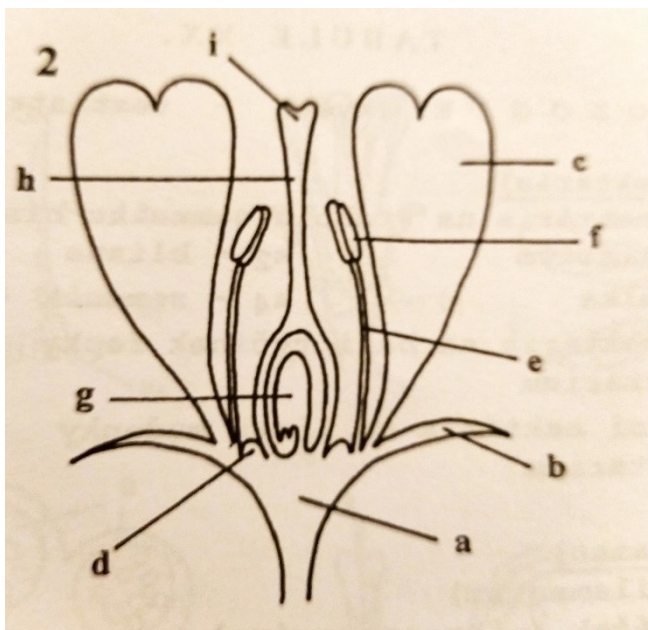
3.4 Morfologie květu

V této části se budeme věnovat vnější stavbě květu. Hlavní funkcí květu je rozmnožování. Proto se květy skládají z vlastních a pomocných reprodukčních orgánů.

Mezi vlastní reprodukční orgány řadíme tyčinky a pestík. Tyčinka je samčí pohlavní orgán a dále ji lze popsat jako nitku nesoucí prašníky. Každý prašík má prašné váčky, v nichž se nacházejí prašná pouzdra, ve kterých jsou uchovávána pylová zrna. Pylové zrno představuje samčí pohlavní buňku. Pestík je samičím pohlavním orgánem a má tři části. Tou první je semeník, což je spodní vyboulená část pestíku, v níž se nachází vajíčko, jež představuje

samičí pohlavní buňku. Ze semeníku vyráží čnělka, což je tenká trubice, která slouží k vynesení blizny do co největší výšky, jelikož právě blizna zachycuje pylová zrna. Na Obrázku 5 lze vidět jednotlivé části květu. Písmeno a představuje květní lůžko, b – kalich, c – koruna, d – nektarium, e – nitka, f – prašník, g – semeník, h – čnělka, i – blizna.

Obrázek 5: Květ



Zdroj: Dostál, 2008

K pomocným reprodukčním obalům patří květní lůžko, nektária neboli medníky a také květní obaly. Květní lůžko je vlastně zkrácený stonek, jsou na něm umístěné volné nebo srostlé květní části. Nektária jsou žlázy produkující nektar, jenž slouží k vábení hmyzu. Květní obaly mohou být rozlišené na kalich a korunu anebo nerozlišené, pak se nazývají okvětí (Dostál, 2008).

3.4.1 Dělení květů dle přítomnosti reprodukčních orgánů

Primárně dělíme květy na oboupohlavné a jednopohlavné. U některých rostlin lze najít i sterilní květy, které nemají reprodukční funkci a mohou sloužit třeba k vábení hmyzu.

Oboupohlavné květy nesou tyčinky i pestíky, tedy oba pohlavní orgány a jsou tak soběstačné. Tento typ květu je v přírodě nejčastější. U jednopohlavných květů nalezneme vždy pouze tyčinky nebo pouze pestíky. Pokud se tyto jednopohlavné květy s pestíky i tyčinkami nachází na jedné rostlině, říkáme o ní, že je jednodomá. Praktickým příkladem

takovéto rostliny může být například dub nebo líska. Pokud ale má rostlina pouze samčí jednopohlavné květy, musí mít ty samičí jednopohlavné květy jiný jedinec toho druhu, a proto těmto rostlinám říkáme dvoudomé. Zde si lze uvést za příklad vrbu, topol nebo olši (Dostál, 2008).

3.4.2 Souměrnost květů

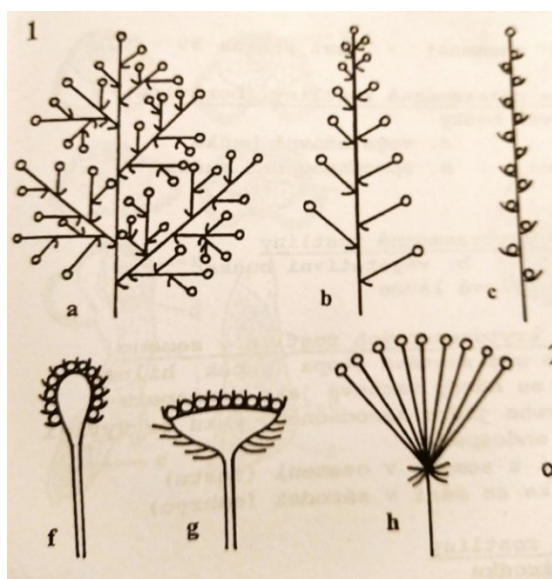
Květy s jednou rovinou souměrnosti se nazývají souměrné a je to například hluchavka nebo violka. Druhou možností jsou květy s více rovinami souměrnosti, ty se nazývají pravidelné a jedná se například o třešeň, jablonoň nebo hrušeň. Existují i další možnosti dělení, a to na květy dvousouměrné a nepravidelné, ale ty nejsou tak časté (Dostál, 2008).

3.4.3 Typy květenství

Květenství je soubor více květů. V první řadě je dělíme dle stupně větvení na stonku na jednoduchá a složená. Jednoduchá květenství dělíme podle toho, zda postranní květní stonky převyšují ten hlavní.

U hroznovitých květenství je hlavní stonek nejdelší. Mezi nejznámější hroznovitá květenství, která můžeme vidět na Obrázku 6, patří lata (př. šejk) - a, hrozen (př. vinná réva) - b, klas (př. jitrocel) - c, hlávka (př. jetel) - f, úbor (př. slunečnice) - g a okolík (př. mrkev, prvosěnka) - h (Procházka, 2007; Dostál, 2008).

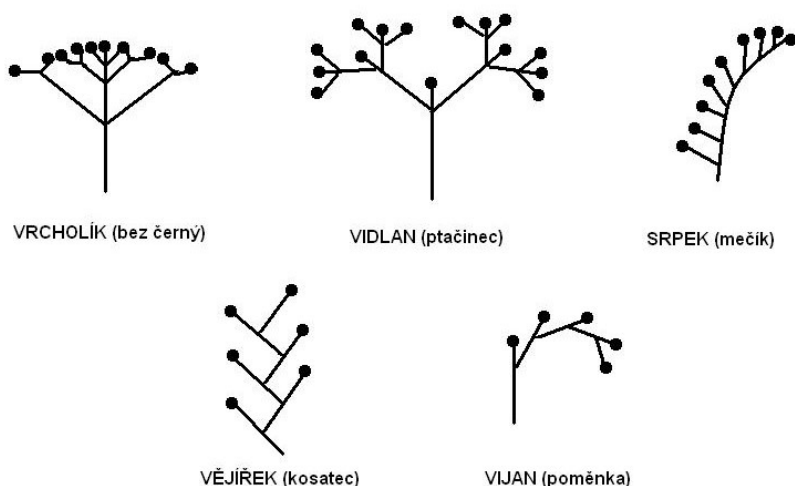
Obrázek 6: Typy hroznovitých květenství



Zdroj: Dostál, 2008

Vrcholičnatá květenství se vyznačují přerůstajícími postranními stonky. Na Obrázku 7 můžeme vidět nejčastější typy těchto květenství: vrcholík (př. tužebník), vidlan (př. ptačinec), srpek (př. mečík), vějířek (př. kosatec) a vijan (př. pomněnka) (Dostál, 2008).

Obrázek 7: Typy vrcholičnatých květenství



Zdroj: Pavlínová, 2019 – upraveno

Nyní se dostáváme ke složeným květenstvím, která si lze jednoduše představit jako složení více jednoduchých květenství. Tímto způsobem vzniká okolík z okolíků, hrozen úborů nebo klas z klásků (Dostál, 2008).

3.5 Morfologie plodu

Dalším generativním orgánem krytosemenných rostlin je plod. Jeho hlavními funkcemi je uchovávání a následné šíření semen. Plod se vyvíjí pouze ze semeníku nebo i z celého pestíku. Také se na jeho vzniku mohou podílet další květní části, jako například listeny.

3.5.1 Rozdělení plodů

Plody rozdělujeme na dva typy, suché a dužnaté. Suché plody lze charakterizovat tak, že mají pevné a tvrdé oplodí. Dle způsobu, jakým se plod rozpadá, dělíme suché plody dále na pukavé, nepukavé a poltivé plody.

U pukavých plodů se oplodí otevírá v místě srůstu plodolistů, což lze dobře ukázat u lusk. K pukavým plodům řadíme měchýřek (např. u blatouchu), lusk (např. u hrachu), šešuli (např. u hořčice) a tobolek (např. u máku) (Dostál, 2008).

Jak nám název napovídá, nepukavé plody se po dozrání nerozpadají, ale celé odpadají z rostliny. Nepukavý plod, nazývaný se nažka, najdeme u dubu, slunečnice nebo i jasanu. Druhým typem nepukavého plodu je oříšek, který nalezneme například u lísky, habru nebo lípy. A třetím typem nepukavých plodů je obilka, což je plod lipnicovitých rostlin (Dostál, 2008).

A posledním druhem suchých plodů jsou plody poltivé, jež se po dozrání rozpadnou na jednosemenné díly. K těmto plodům řadíme struk, tvrdku a dvojnažku. Struk nalezneme u bobovitých rostlin, například u jerlínu. Tvrdka je plodem hluchavkovitých a brutnákovitých rostlin. A na javoru lze ukázat okřídlenou dvojnažku (Dostál, 2008).

Jak z názvu vyplývá, dužnaté plody mají dužnaté oplodí a rozlišujeme u nich tři druhy, peckovici, malvici a bobuli. Peckovici má například třešeň, meruňka nebo švestka. Obecně lze říci, že tyto plody mají ve svém středu jednu tvrdou pecku, která ukrývá semeno. Oproti tomu malvice mají ve svém středu jádřinec, který obsahuje několik semen. Tento plod nalezneme u hrušky či jablka. A posledním typem dužnatých plodů je bobule, což je často mnohosemenný plod. Bobulí je několik typů, ale k hlavním příkladům patří borůvka, rybíz, citrusy ale také paprika, což je příklad vysýchavé bobule (Dostál, 2008).

Plody ale nemusejí vyrůstat pouze jednotlivě, proto vznikají tzv. souplodí. Ty si lze představit jako srůst několika plodů, které vzniknou z jednoho květu. Příkladem souplodí může být jahodník, ostružiník nebo maliník. A poslední typ plodů, který si uvedeme, je plodenství. Je to vlastně soubor plodů, který vzniknul z jednoho květenství. Opět je plodenství více druhů, ale jako ukázkové příklady si lze představit hrozny vinné révy, ananas, kaštan a fík (Procházka, 2007; Dostál, 2008).

4 Fyziologie rostlin

Rostlinná fyziologie je věda studující životní projevy rostlin a funkce jejich orgánů. Mezi zmíněné životní projevy rostlin řadíme například látkovou a energetickou přeměnu neboli metabolismus, dále růst, vývoj a rozmnožování rostlin a v neposlední řadě také vodní režim, fotosyntézu a pohyby rostlinných orgánů.

4.1 Metabolismus rostlin

Rostliny přijímají z vnějšího prostředí především anorganické sloučeniny, které ve svém těle transformují, což nazýváme látkový metabolismus. Při transformaci složitých látek na jednoduché se energie uvolňuje a tento proces nazýváme katabolismus. K těmto rozkladným, analytickým procesům patří například oxidace, dehydrogenace nebo buněčné dýchání. Naopak přeměnu jednoduchých látek na složité, kdy se energie spotřebovává, nazýváme anabolismus. Tyto skladné neboli syntetické reakce se týkají například redukce, hydrogenace a především fotosyntézy (Kincl & Krpeš, 1994).

4.1.1 Fotosyntéza

Jedná se o anabolický proces, kdy z CO_2 a H_2O , za přispění chlorofylu a při spotřebování sluneční energie vzniká kyslík, glukóza a také voda. Fotosyntéza je možná pouze u fotoautotrofních organismů, tedy musí obsahovat fotosyntetická barviva. K těmto barvivům patří chlorofyl A, chlorofyl B a karotenoidy, jež spolu s ostatními typy chlorofylů usměrňují tok fotonů na chlorofyl A a B. U chlorofylu A jsou známy dva světloběrné systémy, fotosystém 1 (PS1), jenž pohlcuje fotony hlavně o vlnové délce 700 nm, a fotosystém 2 (PS2), který absorbuje fotony o vlnové délce 680 nm (Kincl & Krpeš, 1994).

Samotná přeměna přijaté sluneční energie na energii chemickou probíhá v chloroplastech, a to konkrétně v thylakoidech. To jsou vchlípeniny membrány do stromatu. Thylakoidy se rozlišují dvě struktury – lamely a grana. Lamely jsou složeny na sobě, zatímco grana se skládají do sloupců. Na membráně těchto thylakoidů probíhá primární, světelná fáze fotosyntézy. Během této fáze dochází k pohlcení fotonů a vzniká ATP, O_2 a NADPH. (Aslam, 2001)

Prvním dějem odehrávajícím se v primární fázi fotosyntézy je cyklická fosforylace, která probíhá na PS1. Během ní se sluneční energie využívá na tvorbu ATP. Přijmutí dvou fotonů

způsobí excitaci dvou elektronů z chlorofylu, jež postupně ztrácí energii, která umožní vznik ATP (Kincl & Krpeš, 1994).

Druhým dějem světelné fáze je necyklická fosforylace, při níž vzniká ATP a NADPH. Doplňujícím procesem této reakce je fotolýza vody, při níž jsou dvě molekuly H_2O redukovány na $2 H^+$, dva elektrony a polovinu molekuly O_2 , což je kyslík, který dýchají lidé. Ty dva excitované elektrony jsou přes PS2 přeneseny přes několik přenašečů a přes PS1 na $NADP^+$. Na $NADP^+$ se naváží dva ionty vodíku spolu s dvěma uvolněnými elektrony z fotolýzy vody. Tímto procesem vzniká NADPH, což je koenzym nutný pro vznik glukózy (Kincl & Krpeš, 1994).

Druhá neboli temnostní fáze fotosyntézy probíhá ve stromatu chloroplastů. Temnostní se nazývá, jelikož probíhá i bez přísunu slunečního záření. Hlavním produktem této fáze je glukóza, kterou C_3 rostliny vyrábí Calvinovým cyklem, tudíž je to ústřední děj temnostní fáze. Nejprve působením enzymu rubisco, dochází k navázání CO_2 na ribulózubisfosfát, což je pětiuhlíkatý cukr. Následně se tento nestálý produkt rozpadá na molekuly C_3 kyseliny (konkrétně 3fosfoglycerová kyselina). Poté dochází k redukci C_3 kyseliny za účasti ATP a NADPH na aldehyd C_3 a ten je kondenzován na 6 molekul glukózy, z nichž 5 znovu reaguje a jedna se využívá (Kincl & Krpeš, 1994).

Calvinův cyklus ale neprobíhá u všech rostlin. C_4 rostliny potřebují k výrobě cukru více slunečního záření. Jedná se rostliny jako kukuřice nebo cukrová třtina. U těchto rostlin je výsledným produktem fosfoglycerát, jenž následně využívají jako substrát v glykolátovém cyklu fotorespirace. Při této fotorespiraci přijímají O_2 a vypouštějí CO_2 (Kincl & Krpeš, 1994).

4.1.2 Dýchání

Dýchání neboli respirace je soubor katabolických procesů. Zjednodušeně by se tento proces dal popsat jako štěpení glukózy na jednodušší látky. Při dýchání vzniká v rostlinách většina molekul ATP fotofosforylací. Vstupní látkou je glukóza, která prochází glykolýzou a je štěpena až na pyruvát. Tato glykolýza probíhá v cytoplazmě bez přístupu kyslíku. Následně se proces přesouvá do mitochondrií, kde o dalším průběhu rozhoduje dostupnost O_2 v rostlině. Pyruvát urychluje tvorbu NADH, který vstupuje do dýchacího řetězce a také acetylkoenzymu A, jenž vstupuje do citrátového cyklu (Krebsův cyklus). Ten probíhá na

membránách mitochondrií a acetylkoenzym A je zde odbouráván na CO₂, H₂O a 2 molekuly ATP. Tento cyklus je soubor více než sedmi reakcí a uzavírá se vznikem oxolacetátu. Dohromady z glykolýzy, Krebsova cyklu a dýchacího řetězce vychází 38 molekul ATP (Kincl & Krpeš, 1994).

Primitivnější organismy, například bakterie, vyrábějí energii i v anaerobním prostředí, a to mléčným nebo alkoholovým kvašením. Při anaerobním kvašení vznikají z glukózy jen 2 molekuly ATP a zbytek energie se uvolní (Kincl & Krpeš, 1994).

4.1.3 Dělení rostlin podle způsobu výživy

Rostliny lze dělit i podle způsobu, jakým získávají uhlík pro tvorbu vlastních organických látek. Prvním druhem jsou autotrofní rostliny, které získávají uhlík z CO₂. Zdrojem energie je přitom buď sluneční záření, nebo chemická energie. Proto se tyto rostliny dále dělí na fotoautotrofní nebo chemoautotrofní. Do této skupiny patří většina rostlin, řasy a sinice. Druhým druhem jsou heterotrofní rostliny, které neumějí vázat uhlík z CO₂, tudíž ho musejí přijímat ve vytvořených organických látkách. Tyto rostliny jsou tak odkázané na existenci dalších živých organismů. Heterotrofie se ale vyskytuje i u rostlin, které se jinak živí autotrofně, a to v buňkách, které neobsahují chlorofyl, což je například pletivo kořene nebo vnitřní pletivo stonku (Kincl & Krpeš, 1994).

Heterotrofy lze dále dělit podle zdroje jejich živin na saprofyty a parazity. Saprofyté získávají živiny buď z těl odumřelých organismů, nebo z produktů, které byly vyloučeny žijícími organismy. Saprofyty rozdělujeme na hemisaprofyty a holosaprofyty. Hemisaprofyté žijí saprofyticky jen občasně, jsou schopni i autotrofie. Holosaprofyté, mezi které patří například 40 % bakterií i hub, přijímají živiny pouze z jiných organismů (Kincl & Krpeš, 1994).

Druhým druhem heterofytů jsou parazité neboli cizopasníci, kteří se přiživují na látkách jiné rostliny. Známé jsou tři druhy parazitismu: fakultativní parazitismus, hemiparazitismus a holoparazitismus. Fakultativní parazité dokáží přežít i bez hostitele. Hemiparazité mají vlastní chlorofyly, ale přes haustoria čerpají z xylému hostitele vodu a minerály. Z těchto rostlin je asi nejznámější jmelí bílé. A posledním druhem jsou holoparazité, kteří nemají vlastní chlorofyly a ke svému přežití potřebují hostitele, jelikož z jeho floému čerpají

organické látky. K těmto rostlinám patří například zárazy, podbílek šupinatý, kokotice nebo také patogenní bakterie (Kincl & Krpeš, 1994).

Parazité se vyznačují haustoriem, kterým vysávají živiny z hostitelů. A i když jsou takovýmto způsobem s hostiteli spojeni, tak mohou odolávat antibiotikům, vylučování toxinů atd.

U některých rostlin dochází ke kombinaci autotrofie s heterotrofií, jak již bylo zmíněno u hemisaprofytů, fakultativních parazitů a hemiparazitů. Takovéto rostliny se nazývají mixotrofové a mění svůj způsob výživy na základě dostupných látek v prostředí. Tento způsob života je charakteristický pro některé řasy a již zmíněné fakultativní parazity (Kincl & Krpeš, 1994).

Některé rostliny se živí hmyzem, nazýváme je hmyzožravé. Jsou schopny fotosyntézy, krom toho ale mají vyvinuté lapací zařízení na vegetativních orgánech. Díky tomu si mohou přilepšit dusíkatými látkami z těl svých kořistí. Ke konkrétním zástupcům patří například rosnatka, která se nalézá na rašeliništích, nebo bublinatky, což je skupina vodních hmyzožravých rostlin (Kincl & Krpeš, 1994).

Často dochází k oboustranně výhodnému soužití mezi dvěma různými organismy, při němž si organismy mezi sebou předávají živiny. Tato výměna může být v rovnováze, tedy vzájemně prospěšná pro obě strany, pak ji nazýváme mutualismus. Také může docházet k parazitismu, jenž je popsán výše anebo také ke komensalismu, při němž ze vztahu nevycházejí žádné výhody. Mutualistický vztah je nejtypičtější pro lišejníky, kdy v ekologicky výhodném vztahu žijí řasy a houby. Dalším příkladem mutualismu je mykorrhiza, což je soužití hub s kořeny vyšších rostlin. Dá se identifikovat podle toho, že některé druhy hub rostou pod určitým druhem stromů. A jako poslední příklad mutualismu si uvedeme vztah hlízkových bakterií s kořeny bobovitých rostlin, kdy bakterie váží dusík z půdy a předávají ho rostlině a výměnou za to bakterie dostává produkty fotosyntézy (Čepička, 2007)

4.2 Vodní režim rostlin

Obsah vody v rostlině je ovlivňován vnějším prostředím, tudíž se její množství stále mění. Voda zajišťuje transport látek v rostlině, také se účastní metabolických procesů, má

termoregulační funkci a stojí i za růstem a pohybem rostliny. Krom těchto funkcí využívá rostlina vodu také jako rozpouštědlo.

4.2.1 Příjem vody a minerálních látek

Obecně rostliny přijímají vodu spolu s minerály především kořenovým systémem, konkrétně kořenovými vlásky, ale třeba vodní rostliny absorbují vodu celým tělem. Rostliny mohou ale přijímat vodu i nadzemními částmi rostliny, a to z rosy, deště nebo vzdušné vlhkosti. Tento příjem se uplatňuje při nedostatku vlhkosti v půdě. Příjem vody je umožněn díky cytoplazmatické semipermeabilní membráně, jež udržuje osmotickou rovnováhu. Touto membránou prostupují menší molekuly po nebo proti koncentračnímu spádu. Při pohybu molekul proti koncentračnímu spádu, k čemuž dochází častěji, je zapotřebí energie. Větší molekuly pak využívají specifických přenašečů nebo protonových pump, které jsou vázány na ATPázu (Kincl & Krpeš, 1994).

Důležitými procesy, které se podílejí na příjmu a vedení vody rostlinou jsou osmóza a difúze. Difúze je fyzikální děj, při němž se molekuly přemisťují z míst s vyšší koncentrací do míst s nižší koncentrací a díky současnému pronikání vody v opačném směru tak dojde k vyrovnání koncentrací. Osmózu lze popsat, jako difúzi přes polopropustnou (semipermeabilní) membránu. Dochází při ní k pronikání rozpouštědla skrz membránu do koncentrovanějšího roztoku, čímž se vyrovnávají koncentrace. Pokud se zředovaný roztok nachází uvnitř buňky a je tedy uzavřen semipermeabilní membránou, tak se uvnitř vytváří měřitelný osmotický tlak, který tlačí na membránu (Kincl & Krpeš, 1994).

Rostlinné buňky mohou být na základě koncentrací minerálních látek a vody obklopeny různým prostředím. Při stejné koncentraci látek, a tedy i stejné hodnotě osmotického tlaku jako v okolním prostředí, nazýváme toto prostředí izotonické prostředí. Pokud má buňka nižší koncentraci než její okolí, nazýváme okolní prostředí hypertonické. Vlivem osmózy, která se snaží vyrovnat koncentrace, uniká z buňky voda, což nazýváme plazmolýza. Buňka se také může vyskytovat v hypotonickém prostředí, v němž má vyšší koncentraci než její okolí a dochází tak k přijímání vody buňkou, což se nazývá deplazmolýza. Pokud přijme buňka vody příliš, zvýší se tlak působící na buněčnou stěnu a buňka může prasknout.

Při nedostatku vody v rostlině není schopna udržet turgor neboli tlak, který udržuje tvar buněk tím, že působí zevnitř na buněčnou stěnu. Proto při poklesu turgoru listy i stonky ochabují a rostlina tak vadne (Kincl & Krpeš, 1994).

4.2.2 Vedení vody rostlinou

Transport vody je zajišťován cévními svazky. Hlavním činitelem transportu je rozdíl vodního potenciálu. Většinou platí, že v buňce je větší koncentrace minerálních látek, a proto je voda nasávána do buňky, aby se koncentrace vyrovnaly. Jednotlivé orgány rostliny pak také mají rozdílné hodnoty vodního potenciálu, což umožňuje další transport vody. Ta se následně může mezi buňkami pohybovat buď apoplastickou cestou, kdy voda prochází přes buněčnou stěnu a následně mezibuněčnými prostory. Nebo se může voda pohybovat symplastickou cestou, přičemž postupuje přímo skrze buňky (Kincl & Krpeš, 1994).

Těmito cestami se u cévnatých rostlin voda dostává do cévních svazků, kde je již její transport mnohem rychlejší. Bezcévnaté rostliny proto nemohou být větších rozměrů, jelikož jejich způsob vedení vody je příliš pomalý. Dřevní částí cévního svazku neboli xylémem vede vodu a minerály transpirační proud. Tento proud je udržován několika silami. Jedná se o transpiraci, kohezi a kořenový vztlak. Transpirace je proces odpařování vody z nadzemních orgánů (především listů), kde vyústíují cévní svazky ve vodní menisky, a právě těmi rostlina ztrácí vodu. Koheze znamená v překladu soudržnost molekul vody, kterou zajišťují vodíkové můstky a v užších cévách dochází ke vzlínivosti, tedy kapilaritě. Poslední silou zajišťující transpirační proud je kořenový vztlak, což je vlastně tlak, jenž vytlačuje vodu z kořenů směrem do nadzemních částí rostliny (Kincl & Krpeš, 1994).

4.2.3 Výdej vody

K výdeji přebytečné vody dochází ve dvou formách, buď – v plynném, nebo v kapalném skupenství. První případ nazýváme transpirace, a jak již bylo zmíněno, jedná se o proces odpařování vody z nadzemních orgánů. Voda se při tomto procesu odpařuje průduchy ven z rostliny. Přílišnému vypařování brání kutikula, díky čemuž mohou rostliny přežít i vyšší teploty. Samotné otevírání průduchů, jimiž se voda vypařuje, je pak ovlivňováno především obsahem vody v rostlině, dostupností světla, teplotou a také obsahem CO₂. Při vyšším obsahu vody se průduchy otevírají, při jejím nedostatku se naopak zavírají. Obecně sluneční záření působí na otevírání průduchů pozitivně. Oproti tomu teplota je pro průduchy

limitujícím faktorem, protože při překročení 25 °C se průduchy uzavírají. A konečně při vyšším obsahu CO₂ se průduchy taktéž uzavírají.

K výdeji vody v kapalném skupenství, tedy gutaci, dochází především v ranních hodinách, kdy je okolní vzduch plný vodních par, a proto se rostliny uchylují k vylučování vody vodními skulinami neboli hydatodami. Tyto hydatody jsou většinou lokalizovány na okraji listu. Gutaci lze pozorovat jako kapičky vody na listech, které se následně kumulují ve středu listu do jedné velké kapky (Kincl & Krpeš, 1994).

4.3 Rozmnožování rostlin

Rostliny se mohou rozmnožovat nepohlavně nebo pohlavně. Pro nepohlavní rozmnožování mají rostliny přizpůsobené různé části. Ty mají schopnost zakořenit a následně i dál růst. Mezi metamorfózy, které slouží k vegetativnímu (nepohlavnímu) rozmnožování patří například oddenek, šlahouny, cibule, kořenové a oddenkové hlízy. Rostliny, které se rozmnožují nepohlavně, vytvářejí tzv. klony. Pak se jedná o geneticky stejné organismy (Kincl & Krpeš, 1994).

Oproti tomu při pohlavním rozmnožování vzniká nová rostlina z pohlavních buněk, gamet. Ty se tvoří v samčích a samičích pohlavních orgánech, které jsou podrobně popsány v podkapitole 3. 4. Při opylení dochází k přenesení pylového zrna, samčí gamety, na bliznu. Zde pylové zrno klíčí a stává se z něj pylová láčka. Ta prorůstá čnělkou až do semeníku, kde splyne s vajíčkem. Vznikne tak zárodek semene. Ze semeníku následně vzniká oplodí, Nejčastějšími způsoby opylení je větrem a hmyzem (Kincl & Krpeš, 1994).

5 Výuka anatomie, morfologie a fyziologie rostlin v RVP ZV

Dokumentem, který stanovuje státní úroveň kurikula, je rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV). V tomto dokumentu jsou stanoveny jednotlivé vzdělávací oblasti, do nichž jsou zařazeny vzdělávací obory. Přírodopis, na nějž se zaměřuje tato bakalářská práce, spadá do vzdělávací oblasti Člověk a příroda.

V RVP ZV jsou v části zaměřené na biologii rostlin stanoveny tři očekávané výstupy. První z nich se zaměřuje na stavbu rostlinného těla od rostlinné buňky přes pletiva až po orgány. Druhý výstup se týká žákových schopností popsat dýchání rostlin a fotosyntézu. A poslední očekávaný výstup se zaměřuje na systematické skupiny rostlin (MŠMT, 2023).

Kromě zmíněných očekávaných výstupů jsou v RVP ZV stanoveny i minimální očekávané výstupy. U tématu biologie rostlin jsou to tyto:

- Žák rozliší základní rostlinné fyziologické procesy a jejich využití.
- Žák uvede význam hospodářsky důležitých rostlin a způsob jejich pěstování.
- Žák rozlišuje základní systematické skupiny rostlin a umí uvést jejich zástupce.

Studovaným učivem je anatomie, morfologie a fyziologie rostlin, systém rostlin a význam rostlin a jejich ochrana. Tato bakalářská práce se zaměřuje pouze na anatomii, morfologii a fyziologii rostlin, proto si zde podrobně rozebereme jen tato témata. V rámci anatomie a morfologie rostlin se žáci mají naučit stavbu a význam jednotlivých částí těla, tedy kořene, stonku, listu, květu a plodu. A v rámci fyziologie rostlin mají žáci pochopit základní principy fotosyntézy, dýchání, růstu a rozmnožování rostlin (MŠMT, 2023).

6 Rešerše vybraných výukových programů zaměřených na morfologii, anatomii a fyziologii rostlin

6.1 Kritéria hodnocení

U jednotlivých výukových programů byly zkoumány tyto parametry:

- Cíle a obsah programu: Bylo sledováno, jaké jsou hlavní cíle výukového programu a jaké metody jsou navrženy k dosažení těchto cílů. Také bylo posuzováno, zda jsou cíle jasně definovány a relevantní pro daný předmět či oblast studia.
- Metody výuky a hodnocení: Bylo analyzováno, jaké metody výuky jsou používány a jak je hodnocen pokrok studentů. Byly zvažovány různé přístupy k výuce, jako jsou interaktivní přednášky, praktická cvičení, online materiály atd.
- Přizpůsobivost a diferenciaci: Bylo hodnoceno, jak je program přizpůsoben různým typům studentů a jejich individuálním potřebám. Bylo zkoumáno, zda jsou poskytovány možnosti pro diferenciaci výuky a podporu studentů s různými učebními styly.
- Aktualita a relevance obsahu: Také bylo zkoumáno, zda je obsah výukového programu aktuální a relevantní vzhledem k současným trendům a novým posunům ve výzkumech.
- Zapojení technologií: Dále se zkoumalo, jak jsou technologie integrovány do výukového procesu a jakým způsobem podporují efektivní učení a interakci mezi studenty a učiteli.
- Zpětná vazba a evaluace: Důraz byl kladen i na možnost zpětné vazby od studentů a bylo zjišťováno, jaké mechanismy byly použity pro evaluaci účinnosti výukového programu.

Tato kritéria by měla poskytnout pevný základ pro vyhodnocování veškerých výukových programů, jelikož zohledňují především různé přístupy k výuce.

6.2 Diplomová práce na téma Laboratorní práce z fyziologie a anatomie rostlin a jejich využití na ZŠ

V rámci této diplomové práce vytvořila autorka Vágnerová sedm laboratorních cvičení, které se zabývají učivem z anatomie a fyziologie rostlin. Tato laboratorní cvičení následně ověřovala v praxi, při níž je žáci označili za velmi přínosná (Vágnerová, 2016).

Vytvořená laboratorní cvičení se zabývají těmito tématy:

1. Práce s mikroskopem, trvalý a dočasný preparát.
2. Pozorování pokožkových buněk cibule
3. Obilniny
4. Ověření činnosti cévních svazků
5. Bylinky a koření
6. Exotické ovoce
7. Fotosyntéza

U každého laboratorního cvičení jsou definovány výchovně vzdělávací cíle, které by měli žáci splnit, a je uvedeno, jakým procesem.

U laboratorního cvičení č. 1 (Práce s mikroskopem, trvalý a dočasný preparát) stanovila autorka například tyto cíle:

- „Žák získá teoretické znalosti o mikroskopu.
- Žák popíše jednotlivé části mikroskopu.
- Žák chápe a umí vysvětlit rozdíl mezi trvalým a dočasným preparátem.“ (Vágnerová, 2016, s. 40)

U laboratorního cvičení č. 2 (Pozorování pokožkových buněk cibule) jsou stanoveny např. tyto cíle:

- „Žák umí vypracovat laboratorní protokol.
- Žák je schopen zakreslit pozorovaný jev.
- Žák opakuje látku pomocí myšlenkové mapy.“ (Vágnerová, 2016, s. 45)

U laboratorního cvičení č. 3 (Obilniny) jsou stanoveny tyto cíle:

- „Žáci dokáží rozpoznat základní druhy obilovin.

- *Žáci si vyzkouší praktické využití obilovin.*
- *Žáci umí pracovat ve skupině a rozvrhnout si práci.*“ (Vágnerová, 2016, s. 49)

U laboratorního cvičení č. 4 (Ověření činnosti cévních svazků) jsou uvedeny tyto výukové cíle:

- *„Žák získá základní teoretické znalosti o rostlinných pletivech.*
- *Žák zvládá pracovat s textem.*
- *Žák ověřuje teoretické znalosti v praxi.*“ (Vágnerová, 2016, s. 56)

Laboratorní cvičení č. 5 (Bylinky a koření) má stanoveno tyto cíle:

- *„Žák se naučí rozlišovat různé druhy koření.*
- *Žák se učí hledat informace na internetu.*
- *Žák umí zapsat získaná data.*“ (Vágnerová, 2016, s. 60)

U laboratorního cvičení č. 6 (Exotické ovoce) jsou stanoveny např. tyto cíle:

- *„Žák se naučí rozlišovat různé druhy exotického ovoce.*
- *Žák se učí pracovat s nástroji.*
- *Žák si opakuje morfologii rostlin.*“ (Vágnerová, 2016, s. 63)

Laboratorní cvičení č. 7 (Fotosyntéza) si klade tyto cíle:

- *„Žák si zopakuje poznatky o fotosyntéze.*
- *Žák se naučí sestavit chemickou rovnici fotosyntézy.*
- *Žák umí sestavit jednoduchý sloupcový graf.*“ (Vágnerová, 2016, s. 66)

Již z názvu práce vyplývá, že využívanou formou výuky je laboratorní cvičení. Většina laboratorních cvičení ale nespočívá pouze v mikroskopování a práci s preparáty. Jednotlivá cvičení jsou doplněna o různé didaktické hry, práce s textem, práci ve skupině, diskusi nebo tvorbu myšlenkových map. Následující Tabulka 1 ukazuje, jaké výukové metody jsou využívány v jednotlivých laboratorních cvičeních. Pokud se daná výuková metoda v laboratorním cvičení vyskytuje, je v poli napsáno ANO.

Číslo laboratorního cvičení	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5	č. 6	č. 7
Didaktická hra	ANO		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Brainstorming		ANO				ANO	
Práce s textem	ANO	ANO	ANO		ANO		
Pokus	ANO	ANO	ANO	ANO			ANO
Výklad	ANO						
Diskuse		ANO		ANO	ANO		
Pojmová mapa		ANO					
Prezentace žákovských prací			ANO			ANO	
Práce s IT					ANO		

Tabulka 1: Využívané výukové metody v laboratorních cvičeních

Hodnocení pokroku žáků lze posuzovat na základě vyplněných protokolů ze cvičení nebo následným ověřením získaných znalostí v kontrolním testu.

Laboratorní cvičení jsou přizpůsobená různým studijním typům právě díky široké škále výukových metod a forem, které využívají. Zadání jsou psána srozumitelně a v případě potřeby by nemělo být složité je upravit pro žáky se specifickými poruchami. Například žákům se specifickými poruchami učení nevyhovují dlouhá, stále stejná cvičení. Jednotlivá laboratorní cvičení jsou rozdělena do několika aktivit a těmto žákům lze zadat pouze některá. Aktivita, při nichž žáci poznávají předměty pomocí smyslů, které jsou popsány dále, zase budou velmi bavit například žáky se zrakovým postižením. A aktivita, jako je běhací diktát

popsaný níže, budou vyhovovat nesoustředěným žákům s určitou mírou hyperaktivity, kterou by tímto způsobem mohli trochu upokojit. (Švamberg Šauerová, 2013)

Tato práce je z roku 2016 a uváděné informace by tak měly být převážně aktuální. Navíc jednotlivá laboratorní cvičení využívají nejrůznějších aktivizačních výukových metod, což také odpovídá dnešním trendům výuky. K těmto aktivizačním metodám patří především didaktické hry, které jsou; dle Tabulky 1; využívány ve většině laboratorních cvičení. Konkrétní didaktické hry využívané v laboratorních cvičeních jsou např. tyto:

- Běhací diktát
 - Autorka ho využila při laboratorním cvičení na téma Práce s mikroskopem, trvalý a dočasný preparát. Žáci se na tuto aktivitu rozdělí do menších skupin, přičemž každá skupina dostane nepopsaný obrázek mikroskopu. Na druhé straně třídy je umístěn popsáný obrázek, ke kterému musí žáci po jednom běhat a zapamatované pojmy si zapisují do svého obrázku (Vágnerová, 2016).
- Poznávání předmětů pomocí smyslů
 - Této aktivity využívá autorka v různých obměnách. U laboratorního cvičení zaměřeného na obiloviny mají žáci za úkol přiřadit názvy s popisy obilovin k fyzickým ukázkám zrn.
 - V rámci laboratorního cvičení zaměřeného na bylinky a koření byla tato aktivita také využita. Žáci opět měli možnost vidět fyzické ukázky koření a měli za úkol k nim přiřadit názvy. Následně se dané koření snažili poznávat pomocí čichu a chuti.
 - V laboratorním cvičení na téma Exotické ovoce bylo poznávání také využito. Žáci mají za úkol poznat ukázky ovoce, pokud neurčí všechny, lze odkrýt nápovědu s názvy, které k plodům přiřadí. Následně se žáci mohou pokusit poznávat jednotlivé druhy ovoce podle hmatu (Vágnerová, 2016).
- Puzzle
 - Tuto aktivitu využila autorka v rámci laboratorního cvičení č. 3, kdy žáci skládali obrázky obilovin a z výsledného puzzle zjistili, co se z daných zrn vyrábí.

- Puzzle využila autorka i v laboratorním cvičení o cévních svazcích, kdy žáci dostali rozstříhaný text o pletivech a museli ho složit do původní podoby (Vágnerová, 2016).
- Bingo
 - Tato hra byla využita v laboratorním cvičení na téma Exotické ovoce pro reflexi hodiny. Každý žák si zapsal tři druhy ovoce a učitel předčítal charakteristiky pro ovoce, které bylo v hodině probíráno. Pokud žák poznal charakteristiku svého ovoce, jeho název si škrtl. Kdo má přeškrtnuté všechny tři názvy, vyhrává (Vágnerová, 2016).

A největším pozitivem těchto cvičení jsou závěrečné reflexe. Každý protokol má na svém konci možnost zpětné vazby, při které si žáci zopakují to nejdůležitější z hodiny. Například v laboratorním cvičení č. 1 žáci shrnou probranou látku pomocí pětilístku, který má danou strukturu. V prvním řádku je jednoslovný název tématu, druhý řádek dvěma přídavnými jmény popisuje, jaké to téma je, třetí řádek popisuje téma třemi slovesy, čtvrtý řádek popisuje téma větou o čtyřech slovech a na pátý řádek se píše synonymum tématu (Kyncl, 2013).

V laboratorním cvičení č. 2 si žáci opakují poznatky z hodiny pomocí myšlenkové mapy, kdy ústředním pojmem je slovo buňka. V laboratorním cvičení č. 4 žáci opakují učivo pomocí pěti slov, kdy nejprve vymyslí každý žák vlastní slova, pak se na nich domluví ve dvojicích, následně ve čtveřicích, a tak dále, až se domluví celá třída.

Učitel díky těmto reflexím může zjistit, kteří žáci učivu porozuměli a kteří mají ještě mezery. Co se týče možnosti evaluace účinnosti těchto cvičení, ta bude opět záležet na konkrétních zkušenostech učitele. Sama autorka práce uvádí, že cvičení byla použita i jinými kolegy z praxe a díky tomu, že je u každého laboratorního cvičení podrobný popis přípravy, potřebných pomůcek i průběhu hodiny, probíhala daná hodina vždy hladce a příprava na ni nezabrala mnoho času.

Laboratorní cvičení od Vágnerové lze doporučit každému učiteli přírodopisu, jelikož nejsou složitá na přípravu, a navíc s jejich pomocí může učitel se žáky probrat jinak nezáživná témata. Cvičení navíc propojují teoretické poznatky s praxí, což je velmi užitečné a tento aspekt ve vyučování často chybí.

6.3 Diplomová práce na téma **Návrh prostředků pro výuku vybraných témat z Biologie rostlin na ZŠ**

Původně byly v rámci této práce vytvořeny didaktické materiály pro prezenční výuku, následně však došlo k jejich modifikaci, aby je bylo možno využít i při distanční výuce. V diplomové práci autorka Veverová představuje šest výukových materiálů různého typu. Je mezi nimi tvorba lapbooku, didaktický test, laboratorní pokus, pracovní list a tvorba atlasu. Dva z těchto materiálů byly ověřeny v praxi, kde se shledaly s určitými obtížemi, které přináší distanční výuka. I proto následně autorka navrhla modifikace těchto materiálů. (Veverová, 2021)

Autorka u všech prostředků pro výuku uvádí jejich cíle a očekávané výstupy. Zde jsou přehledně uvedeny některé z výchovně vzdělávacích cílů:

- Vytvoření lapbooku naplňuje tyto cíle:
 - „Žák vyjmenuje látky vstupující do procesu fotosyntézy.
 - Žák vlastními slovy vysvětlí význam procesu fotosyntézy.
 - Žák vlastními slovy vysvětlí význam procesu dýchání.“ (Veverová, 2021, s. 124)
- U didaktického testu na téma Fotosyntéza a dýchání si klade autorka tyto cíle:
 - „Žák vyjmenuje látky vstupující do procesu fotosyntézy.
 - Žák vlastními slovy vysvětlí průběh procesu fotosyntézy.
 - Žák vyjmenuje látky vystupující z procesu dýchání.“ (Veverová, 2021, s. 142)
- U pokusu na téma Dýchání rostlin jsou stanoveny tyto cíle:
 - „Žák vytvoří nákres dle biologických zásad.
 - Žák vlastními slovy formuluje závěr pokusu.
 - Žák vyjmenuje produkty procesu dýchání.“ (Veverová, 2021, s. 150)
- V pracovním listu na téma Vegetativní orgány rostlin jsou stanoveny tyto cíle:
 - „Žák vlastními slovy vysvětlí rozdíly mezi jednotlivými typy kořenových systémů a uvede příklad.
 - Žák uvede příklad alespoň 3 metamorfózy kořene a uvede příklad.

- *Žák načrtne jednotlivé typy stonků a uvede příklad.*“ (Veveřová, 2021, s. 156)
- U pokusu vedení živin rostlinou uvádí autorka tyto výchovně vzdělávací cíle:
 - *„Žák vlastními slovy vysvětlí vedení živin rostlinou.*
 - *Žák vlastními slovy vysvětlí pojem rostlinné cévy.*
 - *Žák vytvoří nákres dle biologických zásad.*“ (Veveřová, 2021, s. 164, 165)
- Atlas listů má naplnit například tyto cíle:
 - *„Žák rozlišuje ode sebe listy jednoduché a složené.*
 - *Žák rozlišuje od sebe různé tvary jednoduchého listu.*
 - *Žák rozlišuje od sebe různé okraje čepele listu.*“ (Veveřová, 2021, s. 170)

Některé očekávané výstupy, které jsou převzaty z RVP ZV, se týkají následného chování žáků v přírodě, které již ale nelze nijak kontrolovat. Ovšem uvedené cíle každého materiálu by měly být ověřitelné, jelikož se daný materiál dá vždy ohodnotit. Pokud by ale mělo docházet k hodnocení těchto materiálů, bylo by třeba nejprve danou látku vždy vysvětlit v hodině, jelikož je pro práci s nimi vyžadována znalost určitých pojmů.

Jak již bylo uvedeno výše, výukové materiály mají různé podoby, tudíž využívají i různých výukových metod. První materiál se zabývá vytvořením originálního lapbooku, druhým materiálem je didaktický test s otevřenými i uzavřenými otázkami. Třetí materiál využívá výukové metody pokusu. Protokol se zadáním tohoto pokusu obsahuje i doplňující otázky k tématu a práci s textem. Čtvrtý materiál má podobu pracovního listu, jenž obsahuje např. práci s obrazem, spojovací cvičení nebo přesmyčky. Pátý materiál je opět zaměřen na pokus, který je také doplněn o doplňující cvičení. A posledním materiálem je šablona pro tvorbu atlasu listů, která využívá metody tvorba portfolia.

Z uvedených materiálů by pouze lapbook mohl být zadán jako samostatná práce, kterou se bude žák učit sám. Před ostatními úkoly by byl třeba úvodní výklad s pojmy, které žáci budou potřebovat pro vyplnění testu nebo pracovního listu. Pokusy by se taktéž daly hodnotit, jelikož jsou u nich uvedeny doplňující otázky, kterými lze ověřit znalosti žáků.

Díky tomu, že se autorka musela během tvoření materiálů přizpůsobit distanční výuce, jsou i její materiály jednoduše modifikovatelné. V pracovním listu i testu jsou různé typy otázek

a cvičení, které byly popsány detailně výše. V těchto materiálech se dbá především na ověření znalostí žáků (pracovní list, test). Představené pokusy by ale měly vyhovovat i žákům, kteří trpí jistou poruchou učení, protože vyžadují jinou formu soustředění a měly by v nich vzbuzovat zájem a zvědavost. Navíc tvorba lapbooku podpoří více kreativní žáky.

Diplomová práce je z roku 2021, lze tedy říci, že uváděné informace jsou relevantní. Představené materiály ukazují, jak učit téma fotosyntézy a dýchání netradičně za pomoci pokusů a lapbooku, což se hodí do moderní výuky.

Již zmíněná distanční výuka způsobila, že vybrané materiály byly vyzkoušeny v online prostředí, takže počítač hrál hlavní roli. To samozřejmě nese různá úskalí v možnostech podvádění, která se dají různými metodami zmenšit, ale eliminovat je nelze.

Zpětnou vazbou pro učitele mohou být v tomto případě pouze výsledky neboli správné či špatné odpovědi. Na jejich základě pak může učitel dané téma například dovysvětlit, je-li to třeba. Uvedený test a pracovní list lze upravovat na základě osobních preferencí učitele na znalosti žáků, jelikož stačí pouze změnit otázky.

Celkově o těchto výukových prostředcích můžeme říci, že opět zjednodušují přípravu každého učitele, který se rozhodne je využít. Jsou to již hotové materiály do výuky, existuje k nim autorské řešení a každý učitel je může využít dle svého uvážení. Lze je užít k opakování, jako závěrečnou prověrku daného tématu nebo jako domácí úkoly. Možností je několik a vždy to učitele stojí minimální úsilí.

6.4 Diplomová práce na téma Tvorba nových výukových materiálů fyziologie rostlin pro základní a střední školy

Diplomová práce od Adamíkové obsahuje jednak pracovní listy určené žákům základních škol, pracovní listy pro gymnázia a také výkladové prezentace pro gymnázia, o kterých ale uvádí, že je lze upravit pro potřeby výkladu na základní škole. My se zde budeme zabývat pouze pracovními listy pro základní školy, na něž se zaměřuje tato bakalářská práce.

V rámci diplomové práce vytvořila autorka pět pracovních listů pro základní školu na témata: fotosyntéza a dýchání, funkce buněčných organel, dělení buněk a rozmnožování řas, růst a vývoj rostlin a životní cykly rostlin. Tato témata do jisté míry korelují s očekávanými výstupy uvedených v RVP ZV (Adamíková, 2011).

Bohužel u těchto pracovních listů nelze nalézt stanovené cíle, takže nelze s určitostí říct, na jaké znalosti, postoje a chování u žáků cílí. Obsahově pracovní listy odpovídají učivu 6. a 7. ročníku a vycházejí z učebnic, které ve své práci autorka zmiňuje.

V pracovních listech je využíváno různých typů cvičení a jejich přehled ukazuje následující Tabulka 2. V Tabulce 2 je opět vyznačeno slovem ANO, pokud se daný typ cvičení v uvedeném pracovním listu vyskytuje.

Číslo pracovního listu	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5
Práce s obrazem	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Práce s textem	ANO		ANO		ANO
Přiřazování, spojování	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Přesmyčky		ANO			
Popisování	ANO			ANO	ANO
Křížovka		ANO	ANO		ANO
Rozhodování	ANO			ANO	

Tabulka 2: Typy cvičení v pracovních listech

Z Tabulky 2 lze vyčíst, že se v pracovních listech objevuje nejčastěji práce s obrazem a různé cvičení s přiřazováním pojmů. Možnost hodnocení u pracovních listů je vždy velmi jednoduchá, jelikož se každý z pracovních listů dá zadat jako samostatná práce. Pokud by ale měly být tyto materiály hodnoceny, byl by před prací s nimi třeba výklad s učivem, které tyto pracovní listy ověřují.

V těchto materiálech je každé cvičení úplně jiné, což by mělo vyhovovat většině žáků, jelikož si to udrží jejich pozornost. Opět se pro žáky s jistou poruchou učení či chování dají jednotlivé pracovní listy zkrátit nebo lze zadat jen jednotlivá cvičení. Pracovní listy by bylo možné upravit přeformulováním otázek na základě požadovaných znalostí žáků.

Využívané pojmy jsou popisovány těmi nejzákladnějšími definicemi, aby je žáci daných ročníků mohli chápat. Zmíněné definice vycházejí z učebnic, které autorka zmiňuje ve své práci a jejichž problematiku rozebírala Adamíková v bakalářské práci (Adamíková, 2011). Následují příklady některých definic, které se v pracovních listech vyskytují:

- Z barviva chlorofyl se skládá rostlinná organela zvaná chloroplast.
- Vakuola – vylučování odpadních látek
- Některé vytrvalé rostliny přečkávají zimu v podobě oddenků (Adamíková, 2011).

Pracovní listy mají takovou podobu, že i když to autorka nezamýšlela, bylo by možné je využít v rámci distanční výuky, při níž jsou veškeré elektronické materiály vítány. Jinak ale k jejich vyplnění není třeba spolupracovat s internetem. Pracovní listy také nevyžadují laboratorní cvičení, která jsme mohli vidět v rámci jiných diplomových prací.

O znalostech svých studentů, a tedy účinnosti pracovních listů se učitel přesvědčí opět pouze vyhodnocováním těchto materiálů. V případě, že by některé úlohy dělaly problém většině, je na uvážení učitele, zda není zadána příliš komplikovaně nebo zda jen látku předem dostatečně nevysvětlil.

6.5 Učebnice s názvem **Inspirace a projekty: přírodopis**

Tato publikace obsahuje typy na interaktivní výuku nejen biologie rostlin, ale i biologie živočichů, hub, člověka, tématu neživé přírody nebo základů ekologie. Zde se zaměříme pouze na část, která se zabývá tématem anatomie, morfologie a fyziologie rostlin. Tomuto tématu v publikaci odpovídají strany 79 až 95 (33. až 41. Téma) (Dobroruková, 2008).

Publikace má u každého pokusu či cvičení jasně definované oborové a kompetenční cíle, přičemž ty oborové rozlišuje na hlavní a někdy i vedlejší cíle. Jedná se například o tyto cíle:

- Téma Vodivá pletiva má stanoveny tyto cíle:
 - Oborové cíle:
 - Hlavní: „*Ověřit si praktickým pokusem teorii o vodivosti pletiv v listu.*“ (Dobroruková, 2008, s. 79)
 - Vedlejší: „*Připravit a sledovat pokus, sledovat barevné změny a vyvodit závěr.*“ (Dobroruková, 2008, s. 79)

- Kompetenční cíle:
 - „Rozvíjíme kompetence k učení a řešení problému a kompetence pracovní.“ (Dobroruková, 2008, s. 79)
- Téma Stonek - pupeny má stanoveno tyto cíle:
 - Oborové cíle:
 - Hlavní: „Poznat stavbu pupenů, porovnat pupeny různých druhů dřevin a jejich uspořádání na větévce.“ (Dobroruková, 2008, s. 82)
 - Vedlejší: „Práce s určovacím klíčem.“ (Dobroruková, 2008, s. 82)
 - Kompetenční cíle:
 - „Rozvíjíme kompetence k učení a řešení problému, pracovní, komunikativní.“ (Dobroruková, 2008, s. 82)
- Téma 40 se zabývá způsobem šíření plodů a má stanoveno tyto cíle:
 - Oborové cíle
 - Hlavní: „Seznámit se základními způsoby šíření plodů a u konkrétních plodů odvodit podle jejich stavby a přizpůsobení, jak se šíří.“ (Dobroruková, 2008, s. 92)
 - Kompetenční cíle
 - „Rozvíjíme kompetence k řešení problému a k učení, komunikativní, pracovní.“ (Dobroruková, 2008, s. 92)

Zda bylo těchto cílů dosaženo by mělo být zřejmé z očekávaných výstupů převzatých z RVP ZV, které jsou uvedeny vždy na konci kapitoly. Zde je ukázka některých očekávaných výstupů:

- Při pokusu na porovnávání kořenových systémů jednoděložných a dvouděložných rostlin by se měl žák naučit funkci kořene a umět rozlišit zmíněné kořenové systémy.
- Po provedení pokusu na téma Hospodaření s vodou se od žáka očekává, že zná funkci stonku a bude umět vysvětlit pojem transpirace a dokáže vysvětlit i její průběh.
- Při pokusu řízkování rostlin se žák naučí princip vegetativního rozmnožování, zjistí jeho různé podoby a dokáže vysvětlit pojem řízkování a proč se využívá (Dobroruková, 2008).

K dosažení cílů je využívána především výuková metoda pokusu, která se vyskytuje ve všech kapitolách. Ale například u tématu 39 (Pylové alergie) je pokus doplněn o práci s internetem. A téměř u všech cvičení jsou žáci nabádáni k diskusi.

Většinou se představené úkoly realizují v rámci laboratorních prací. Ale například u tématu Květu a květenství je využívanou formou výuky přírodovědná vycházka (Dobroruková, 2008; Pavlasová, 2014).

Pokrok studentů u těchto cvičení nemůže být zcela posouzen, protože často samotný pokus slouží pouze k pochopení určitého jevu. Zajisté by bylo možné hodnotit protokoly a výsledky, ke kterým žáci díky pozorování dojdou. Například u tématu Způsoby šíření plodů mají žáci za úkol ve skupinách vyplnit tabulku s charakteristikou plodů a jejich způsobů šíření, ta by se zajisté dala hodnotit.

Jelikož jsou úkoly z publikace často řešeny formou skupinové práce, měly by být řešitelné pro různé typy žáků, kteří budou ochotni pracovat v týmu. Pro takové, kterým práce v týmu nevyhovuje, lze ale také často nalézt řešení. Hodně úkolů totiž zahrnuje i domácí nebo dlouhodobou práci. Jedná se například o sledování pylového zpravodajství u tématu 39 nebo pozorování rostoucích kořenů u tématu 34. Obecně lze říci, že většina úkolů z publikace má jasně dáno zadání, kterého by se žáci měli držet a měli by tak zvládat úlohy samostatně, popřípadě ve dvojicích či skupinách. Pouze v případě pokusu na zjišťování barviv v listech stromů nemohou žáci pracovat zcela samostatně, jelikož pokus vyžaduje práci s acetonem, se kterým může pracovat výhradně učitel.

Co se aktuality této publikace týče, byla vydána roku 2008, tudíž by se v ní určité nedostatky jistě daly najít, např. na s. 19 se publikace odkazuje na příliš starou literaturu. Na druhou stranu je ale veškerý obsah a náplň jednotlivých úkolů relevantní i z pohledu dnešní doby, což potvrzuje, že některé z představených pokusů jsou využívány ve výuce i dnes. Dokonce jeden ze zmíněných pokusů, konkrétně ověřování funkce vodivých pletiv v řapících celerových listů, využila ve své diplomové práci Vágnerová, jejíž laboratorní cvičení jsou podrobně rozebrány výše (Dobroruková, 2008; Vágnerová 2016).

Publikace nabádá žáky a učitele k využívání internetových zdrojů, díky čemuž se žáci učí vyhledávat potřebné informace. Možná zde trochu chybí zábavně vzdělávací aktivita spojená s technologiemi, tomu tak ale je i kvůli roku vydání publikace.

Tato publikace má velké nedostatky ve zpětné vazbě, která zde prakticky chybí. Účinnost jednotlivých úkolů na vědomosti žáků je třeba ověřit závěrečnou diskusí, správností informací v protokolech nebo následným testem. Určitě je ale možnost jednotlivé úkoly vylepšovat na základě vlastních zkušeností učitele s danou činností.

Závěrem lze k této publikaci říci, že je to určitě dobrý pomocník při vymýšlení laboratorních cvičení. Publikace je také šikovně členěna na základě RVP ZV na kapitoly pro 6., 7., 8. a 9. ročník, tudíž ji učitel může využívat kontinuálně pro celý druhý stupeň základní školy. Navíc je u každého úkolu definováno, kolik zabere času, co je pro danou aktivitu třeba a co si z toho žák odnese. Učitel si tak jednoduše může vybírat úkoly, které budou pasovat do jeho cílů výuky.

7 Návrh vlastního výukového programu zaměřeného na anatomii, morfologii a fyziologii rostlin

Výukový program zaměřený na anatomii, morfologii a fyziologii rostlin, který byl vytvořen v rámci této bakalářské práce, je určen žákům 7. ročníku základních škol a odpovídajícímu ročníku víceletých gymnázií. Výukový program obsahuje prezentaci, pracovní list, laboratorní cvičení a dvě didaktické hry. Hlavním cílem programu je seznámit žáky s problematikou daných témat. Za vedlejší cíl si všechny materiály kladou aktivní zapojování žáků do výuky. Tento program je koncipován přibližně na 7 vyučovacích hodin, přičemž přesnou časovou dotaci bude možno stanovit až po aplikaci celého programu.

7.1 Představení jednotlivých materiálů

1) Prezentace anatomie a morfologie rostlin

Tato prezentace představuje žákům téma anatomie a morfologie rostlin, což zahrnuje výklad o rostlinné buňce, o pletivech, o stavbě kořenu, stonku, listu, květu a plodu. V prezentaci je využíváno brainstormingu, pojmové mapy, výkladu i didaktické hry. V prezentaci jsou nejprve žákům kladeny otázky k danému tématu, následuje samotný výklad a na závěr obsahuje prezentace didaktickou hru na zopakování probraných pojmů a také reflexi pro zhodnocení dané prezentace. Konkrétní podobu prezentace lze najít v Příloze 1.

Výchovně vzdělávací cíle:

- Žák uvede základní funkci jednotlivých organel rostlinné buňky.
- Žák vysvětlí pojem rostlinná pletiva a vyjmenuje jejich základní typy.
- Žák uvede a na příkladech vysvětlí funkci kořene.
- Žák rozliší dva typy kořenových soustav.
- Žák uvede příklady metamorfóz kořene.
- Žák uvede funkce stonku a rozlišuje jeho typy.
- Žák uvede příklady metamorfóz stonku.
- Žák uvede funkci listu a popíše jeho stavbu.
- Žák rozeznává jednoduchou a složenou čepel listu.
- Žák popíše vnitřní stavbu listu na obrázku.

- Žák rozezná jednotlivá postavení listu na stonku a uvede konkrétní příklady.
- Žák vysvětlí funkci květu a rozlišuje typy květních obalů.
- Žák rozezná samčí a samičí pohlavní orgány a popíše jejich části.
- Žák vysvětlí význam plodu a uvede jeho příklady.

Časová dotace:

- 3–4 vyučovací hodiny

Pomůcky:

- Prezentace z Přílohy 1

Praktické poznámky:

- Prezentaci lze zařadit na úvod studia anatomie a morfologie rostlin.

2) Pracovní list – rostlinné tělo

Pracovní list lze využít na úvod učiva stavby rostlin, jelikož jím lze ověřit vstupní znalosti. Zároveň ho ale lze využít v návaznosti na prezentaci Anatomie a morfologie rostlin. Pracovní list slouží ke zopakování stavby jednotlivých orgánů. V pracovním listu se využívá především práce s obrazem, ale také práce s textem, spojování a přesmyček. Úplnou podobu pracovního listu lze nalézt v Příloze 3.

Výchovně vzdělávací cíle:

- Žák uvede části rostlinného těla.
- Žák rozezná dva typy kořenových soustav.
- Žák rozliší typy bylenných stonků.
- Žák určí druh postavení listů na stonku.
- Žák rozliší typy květních obalů.
- Žák na příkladech představí druhy plodů.

Časová dotace:

- 1 vyučovací hodina

Pomůcky:

- Pracovní list v Příloze 3.

Praktické poznámky:

- Pracovní list lze zařadit na úvod učiva stavby rostlin v rámci motivace.
- Pracovní list lze i zařadit po úvodním seznámením s tímto tématem v rámci upevňování a opakování.
- Pracovní list lze hodnotit na základě správných odpovědí.

3) Laboratorní cvičení – kořen

Laboratorní cvičení bylo vytvořeno se záměrem namotivovat žáky ke studiu stavby rostlinného těla. Ideální zařazení tohoto laboratorního cvičení je v návaznosti na prezentaci Anatomie a morfologie rostlin. Je ale koncipováno tak, že ho lze zařadit do výuky i bez jakýkoliv vstupních znalostí. Laboratorní protokol obsahuje různé typy cvičení. Jedná se o práci s textem, práci s obrazem, rozhodovací cvičení a spojovací cvičení. Ve cvičení je také využito kontrolních otázek, kdy je žáci nejprve zodpoví před začátkem laboratorního cvičení a následně stejné otázky zodpovídají i na jeho konci. Konkrétní podobu laboratorního cvičení lze vidět v Příloze 4.

Výchovně vzdělávací cíle:

- Žák uvede funkce kořene.
- Žák na obrázku popíše základní stavbu kořene.
- Žák uvede příklady metamorfóz kořene.
- Žák vysvětlí hospodářský význam kořene.
- Žák pracuje s načiním samostatně a bezpečně.
- Žák se drží zadání.

Cílová skupina:

- Žáci 7. ročníku základní školy a odpovídajícího ročníku víceletých gymnázií.

Časová dotace:

- 1–2 vyučovací hodiny

Pomůcky:

- Polovina mrkve a kolečko mrkve, škrabka, laboratorní protokol

Praktické poznámky:

- Laboratorní cvičení lze zařadit v rámci motivace na úvod učiva vegetativní orgány.
- Laboratorní protokol lze hodnotit dle správných odpovědí.

4) Trimino – organely

Trimino je didaktická hra, jež slouží k procvičení pojmů a jejich definic. Jedná se prakticky o spojovací cvičení. V rámci této bakalářské práce bylo vytvořeno Trimino na téma organely rostlinné buňky.

Pravidla hry:

- Trimino je určeno pro jednotlivce nebo dvojice. Žáci dostanou nastříhané kartičky a mají za úkol najít správné dvojice. V tomto konkrétním Triminu spojují název organely s její definicí. Jelikož mají kartičky podobu trojúhelníku, vznikne na závěr obrazec – zde, při počtu 9 kartiček, vznikne na závěr trojúhelník.

Výchovně vzdělávací cíle:

- Žák uvede základní organely rostlinné buňky.
- Žák vysvětlí funkce jednotlivých organel.

Časová dotace:

- 10 minut

Pomůcky:

- Nastříhané kartičky trimina

Praktické poznámky:

- Tato didaktická hra slouží k upevnění znalostí o rostlinné buňce.

5) Fotosyntéza a dýchání – procvičování

Procvičování na téma Fotosyntéza a dýchání je ve své podstatě didaktická hra Riskuj. Tato hra je ovšem rozšířena o úvodní kreativní rozdělení do skupin. Rozdělení do skupin probíhá náhodně na základě kartiček, které si žáci sami vyberou. V následné hře Riskuj mají šanci možnost odpovídat nejprve bez nápovědy, následně si mohou nechat pomoci nápovědou. Odpovědi by měly být vždy jednoznačné, takže by mezi žáky nemělo docházet k neshodám. A pokud by nějakým došlo, učitel je vždy přítomen, aby spor vyřešil. Žáci se i tímto způsobem učí obhajovat si svůj názor.

Pravidla hry:

- **Vytvoření skupin**
 - Učitel po třídě rozmístí lístečky s reaktanty a produkty fotosyntézy. Na vyzvání si každý žák najde jeden lísteček. Následně žáci vytvoří skupiny, tak aby mohli sestavit rovnici fotosyntézy, tedy každý reaktant a produkt může být ve skupině pouze jednou. Když mají žáci vytvořené skupiny, sestaví rovnici fotosyntézy a mohou pokračovat k další aktivitě.
- **Riskuj**
 - Každá skupina dostane balíček karet s otázkami, přičemž na kartě je vždy uvedena otázka a k ní i nápověda. Jeden ze žáků si vezme kartu a přečte otázku žákovi po své levici. Ten má za úkol odpovědět.
 - Pokud odpoví správně bez nápovědy, získává 10 bodů. Pokud žák nezná odpověď, může si říct o nápovědu. Jestliže s nápovědou odpoví správně, získá 5 bodů. Ve chvíli, kdy žák odpoví špatně, ať už bez nápovědy nebo s ní, řekne předčítající správnou odpověď a pozice předčítajícího se posouvá doleva.
 - Žáci mohou absolvovat jen jedno kolo otázek nebo může počet kol určit učitel (maximálně 3) nebo lze stanovit cíl počtu bodů, kterého mají žáci dosáhnout.

Výchovně vzdělávací cíle:

- Žák sestaví rovnici fotosyntézy.
- Žák uvede vstupní reaktanty fotosyntézy.

- Žák uvede produkty fotosyntézy.
- Žák vysvětlí význam dýchání pro rostliny.
- Žák diskutuje a obhájí své názory na téma fotosyntéza a dýchání.

Cílová skupina:

- Žáci 7. ročníku základní školy a odpovídajícího ročníku víceletých gymnázií.

Časová dotace:

- 20–30 minut

Pomůcky:

- Nastříhané lístečky reaktantů a produktů fotosyntézy, kartičky s otázkami

Praktické poznámky:

- Tuto didaktickou hru lze zařadit v rámci upevňování znalostí na téma fotosyntéza a dýchání. Výborně se také hodí jako opakování před testem.
- Ověření znalostí z této didaktické hry lze udělat formou závěrečné společné diskuse. V ní zjistíme, zda žáci jednotlivé úlohy organel pochopili.

7.2 Aplikace navrženého programu

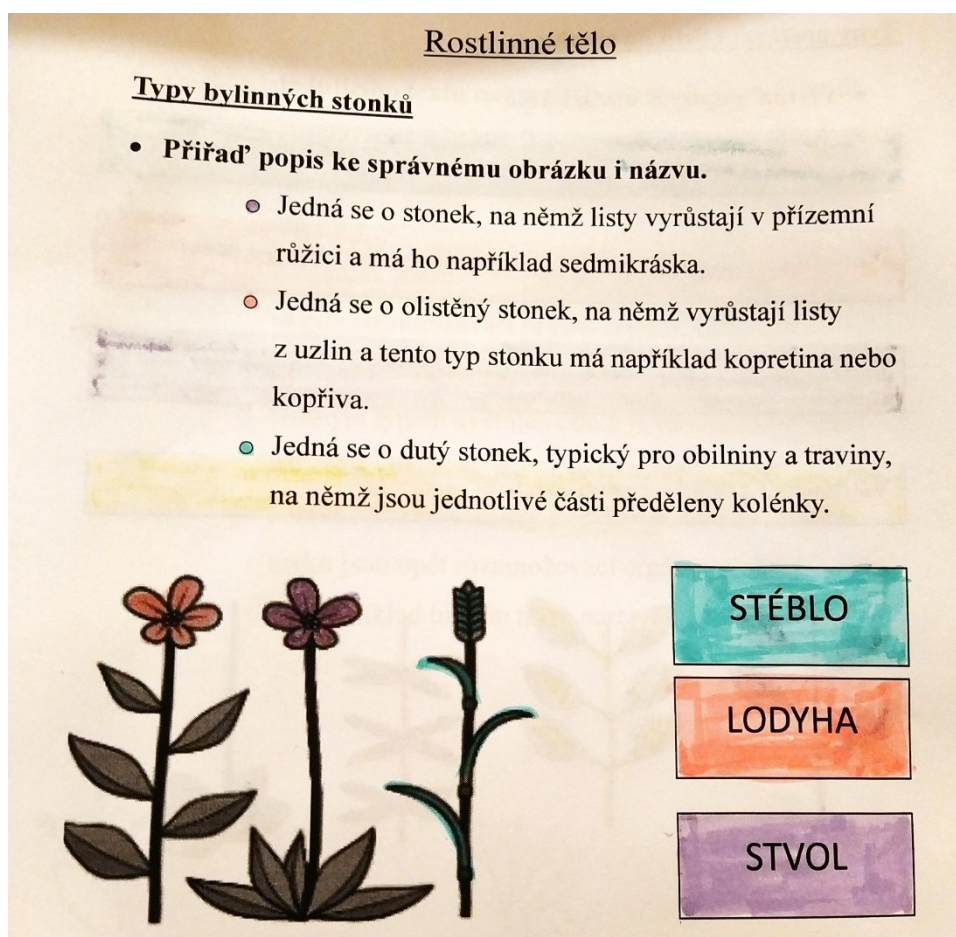
Aplikace probíhala na základní škole Žatec v rámci dvou vyučovacích hodin. Vybrané materiály byly využity pro žáky 7.A a 7.B. Pro aplikaci bylo vybráno laboratorní cvičení, vybrané cvičení z pracovního listu, Trimino a hra Riskuj.

Žáci 7.A, kterých bylo 20, si vyzkoušeli cvičení z pracovního listu a na závěr hodiny hru Trimino. K vybraným cvičením z pracovního listu patří Typy bylinných stonků, Typy postavení listů na stonku, Květ a Plod. Žáci vypracovávali nejprve každé cvičení samostatně a ihned po jeho dokončení proběhla společná kontrola. Při ní byli žáci nejprve náhodně vyvoláváni a později se i sami hlásili. Žákům dělalo největší problém cvičení na Typy bylinných stonků a také cvičení na téma Květ, kdy měli za úkol kreslit různé typy květních obalů. Žáky nejvíce bavilo cvičení na téma Plod, kdy spojovali názvy s obrázky. U tohoto cvičení byli také nejúspěšnější. Ukázku vyplněných pracovních listů lze vidět na Obrázcích 8–12. Ke konci hodiny zbývalo ještě trochu času, proto bylo využito i Trimino na organely.

Žáci ho vypracovávali ve dvojicích, ale i tak pro ně bylo celkem složité. Někteří zvládli najít alespoň ty nejzákladnější dvojice jako: jádro – uchovává genetickou informaci, mitochondrie – buněčné dýchání, chloroplast – fotosyntéza. Jedna dvojice zvládla umístit správně všechny kartičky až na jednu. Na této dvojici bylo také demonstrováno správné řešení Trimina.

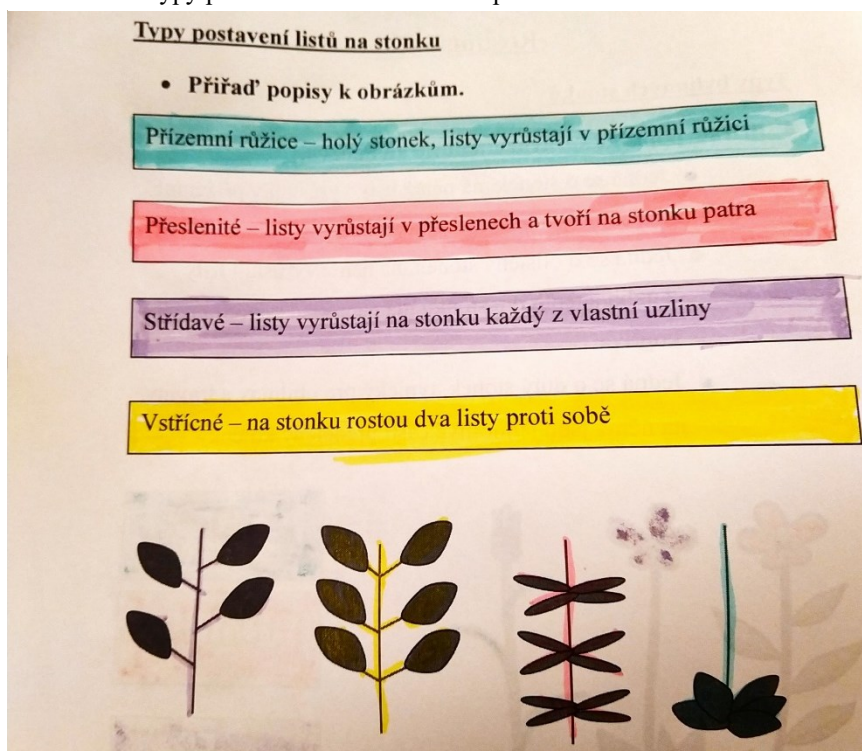
Hodina probíhala v klidu bez narušení. Dva žáci, kteří se nechtěli příliš zapojovat, byli úmyslně vyvoláni při společné kontrole. Ostatní žáci velmi spolupracovali, při cvičení na kreslení květních obalů a také na spojování typů plodů se sami hlásili a ptali se na správnost své práce.

Obrázek 8: Typy bylinných stonků – práce žáků



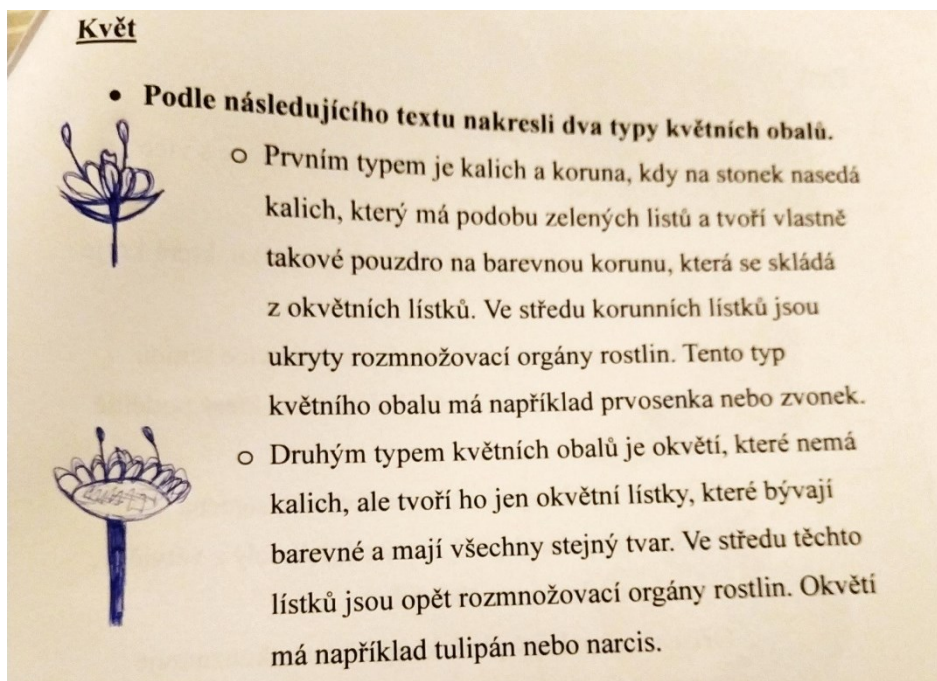
Zdroj: autorka

Obrázek 9: Typy postavení listů na stonku - práce žáků



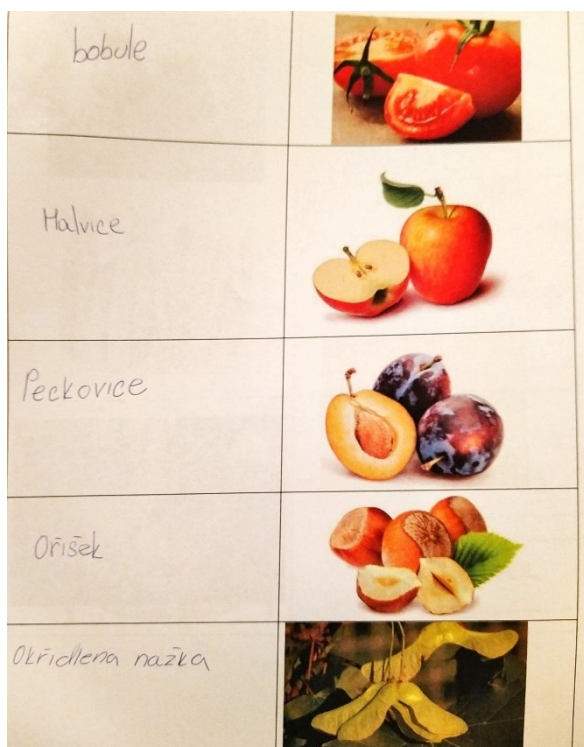
Zdroj: autorka

Obrázek 10: Typy květních obalů - práce žáků



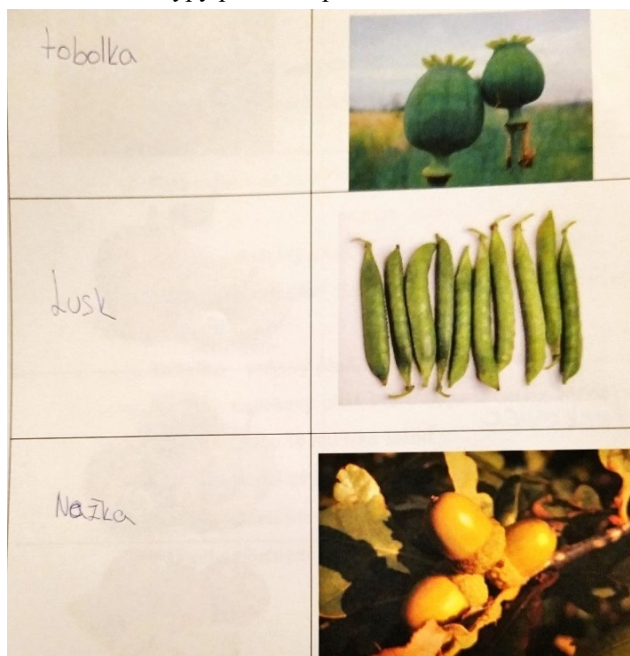
Zdroj: autorka

Obrázek 11: Typy plodů 1 - práce žáků



Zdroj: autorka

Obrázek 12: Typy plodů 2 - práce žáků



Zdroj: autorka

Ve třídě 7.B bylo v plánu aplikovat pouze laboratorní cvičení na téma kořen. Někteří žáci ale vyplnili protokoly dříve, a proto jim byla poskytnuta dodatečná aktivita v podobě hry Riskuj a Trimina. Ve třídě byl žák mluvící pouze anglickým jazykem, který spolupracoval ve dvojici a využíval překladač na počítači. Ve třídě byla i žačka s IVP, která k vyplňování protokolu využívala pomoc zápisků v sešitě a učebnici.

Žáci nejprve odpověděli na úvodní otázky. Při této aktivitě nebyli příliš úspěšní, což se ale předpokládalo. Následně vyplňovali samostatně jednotlivá cvičení, přičemž cvičení číslo 4 bylo upraveno na práci s učebnicí místo s internetem, jelikož v této škole jsou mobilní telefony zakázány. Toto cvičení, které se zaměřovalo na hledání informací v textu, také dělalo žákům největší potíže. V jejich učebnici byly informace trochu jinak formulovány, a proto jim byla poskytnuta rada, jak dané informace hledat. Díky vyplněnému protokolu zvládli žáci vyplnit většinu závěrečných otázek správně. Ukázku žáky vyplněných protokolů lze vidět na Obrázcích 13–18.


Skupině žáků, která byla hotova jako první, byla zadána hra Riskuj na téma Fotosyntéza a dýchání jako samostatná práce. Vedli si při ní velmi zodpovědně. Dalším žákům, kteří skončili dřív, bylo zadáno do trojic Trimino. Také jim dělalo potíže určit správné funkce jednotlivých organel jako žákům 7.A, ale díky malým nápovědám zvládli určit alespoň funkce nejdůležitějších organel v rostlinné buňce. Na konci hodiny byl laboratorní protokol společně zkontrolován. Žáky laboratorní cvičení velmi bavilo, všichni poctivě pracovali a při kontrole spolupracovali.

Obrázek 13: Úvodní otázky

Laboratorní cvičení – Kořen

1) Otázky na úvod:

Nejprve odpověz na otázky samostatně. Na vyzvání učitele si porovnej odpovědi ve dvojici.

- Uveď 3 hlavní funkce kořene rostlin.
• voda, potravinová, upevnění
- Nakresli vnitřní stavbu kořene a obrázek popiš.
- Napiš příklady kořenové zeleniny.

- Jak lidé využívají kořeny rostlin?

Zdroj: autorka

Obrázek 14: Doplnování textu

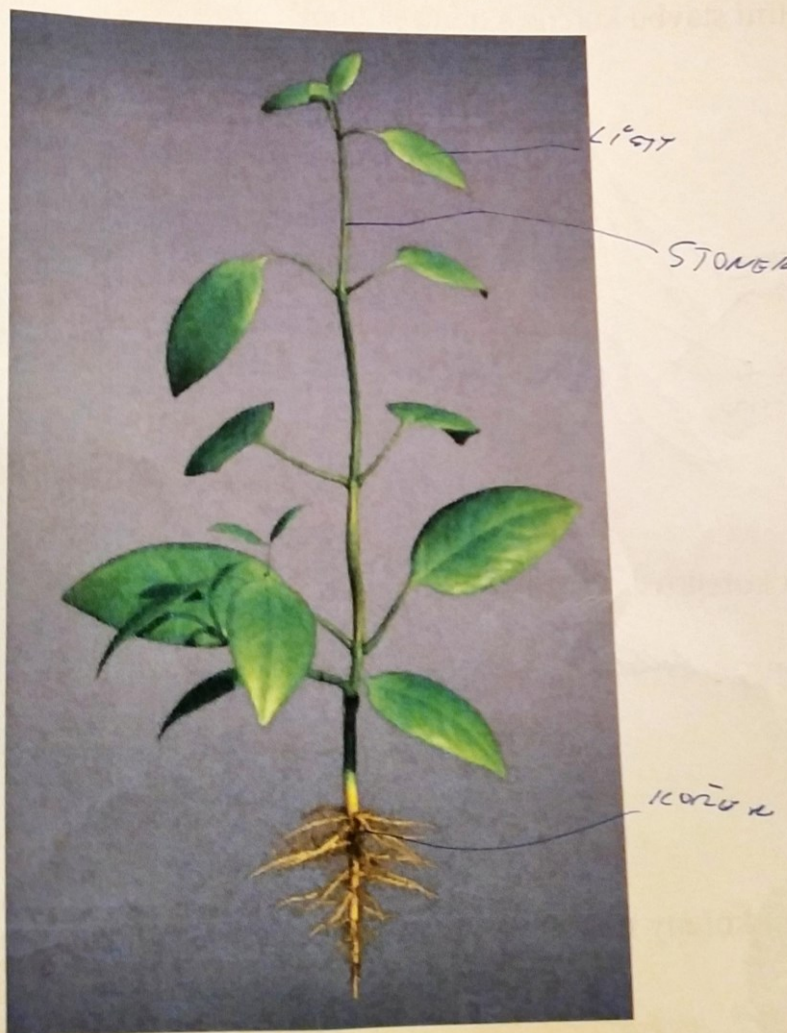
2) **Doplňování textu:**

Na vynechaná místa v textu vhodně doplň slova z nabídky:

LISTY, VEGETATIVNÍ, KOŘEN, TRÍ, STONEK

Rostlinné tělo se skládá ze 3 částí. Podzemní část představuje KOŘEN. Na něj přímo navazuje STONEK, který nese LISTY, jež provádějí fotosyntézu. Všechny tyto orgány nazýváme společně ROSTLINNÉ orgány rostlin.

Za pomoci vyplněného textu popiš následující obrázek.



Zdroj: autorka

Obrázek 15: Pravda x lež, práce s učebnicí

3) Pravda nebo lež

Rozhodni, co platí pro kořen:

	PRAVDA	LEŽ
Kořen upevňuje rostlinu v půdě.	✓	
Kořen je většinou zelený.		✗
Kořen může sloužit jako zásobárna živin.	✓	
Kořen je vždy nadzemní část rostliny.		✗
Na kořeni vyrůstají listy.		✗
Kořen nasává vodu a živiny z půdy.	✓	

4) Internet *učebnice*
učebnice

Za pomoci internetu vyhledej metamorfózy (přeměny) kořene a alespoň dvě zde popiš. Napiš, jak se přeměna nazývá, k čemu slouží a u jakých rostlin ji lze najít.

PŘÍCHŮVACÍ
VZROŠŤE

Zdroj: autorka

Obrázek 16: Řez mrkví

5) Řez mrkví

Přečti si následující text. S jeho pomocí následně popiš vnitřní stavbu kořene.

Před vámi leží mrkev. Když se na ni pozorně podíváte, zjistíte, že její střed by se dal rozlišit na dvě různé části. Úplně ve středu, to, co je ohraničeno bílými pruhy, se nachází **střední válec**. Ten je tvořen vodivými pletivy. Část za bílým ohraničením se nazývá **primární kůra**. Pomocí škrabky mrkev oloupej. To, co si oškrábal se nazývá **pokožka**. Ta slouží k ochraně kořene.

Nyní si zakresli jak polovinu mrkve, tak i kolečko mrkve a oba obrázky popiš.







Zdroj: autorka

Obrázek 17: Kořenová zelenina

6) Pexeso

Kořeny mají velký hospodářský význam. Existují totiž rostliny, kterým říkáme kořenová zelenina, jež se dají konzumovat (jíst). Znáš nějakou kořenovou zeleninu? A dokážeš ji poznat? Spoj název kořenové zeleniny se správným obrázkem.

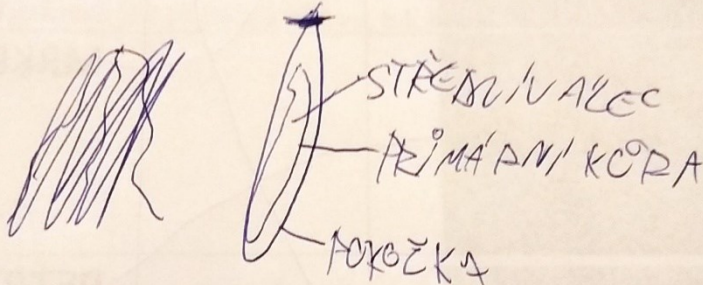
		ŘEPA
		MRKEV
		PETRŽEL
		CELER

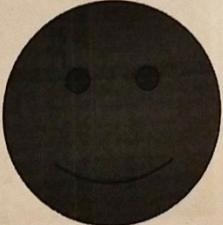
Zdroj: autorka

Obrázek 18: Závěrečné otázky

7) Shrnutí

Vzpomínáš na otázky, na které si odpovídal/a na začátku? Zkus na ně odpověď teď znovu.

- Uveď 3 hlavní funkce kořene rostlin.
Uznanování, voda, udržení
- Nakresli vnitřní stavbu kořene a obrázek popiš.

- Napiš příklady kořenové zeleniny.
MRKEV, ŘEPA, CECER
- Jak lidé využívají kořeny rostlin?
k jídlu

Nyní můžeš sníst svoji mrkev. 

✓

Zdroj: autorka

7.3 Návrh modifikace výukového programu

Žáci měli s některými cvičeními problém především z toho důvodu, že danou látku neprobírali. Laboratornímu cvičení, pracovnímu listu i Triminu by měl předcházet výklad doplněný prezentací, která obsahuje požadované informace. K vyplňování jednotlivých materiálů lze umožnit používání vlastních zápisků nebo učebnice. Této úlevy již bylo využito pro žákyni 7.B s individuálním vzdělávacím plánem. Hra Riskuj funguje dobře v malé skupině žáků, ale lze ji využít i pro práci celé třídy. Třídu rozdělíme na poloviny a otázku položíme vždy jedné polovině, které si může říct o nápovědu. Následně pokládáme otázku druhé polovině třídy. Tato aktivita nutí žáky diskutovat o správné odpovědi. Menší skupiny jsou ale pro hru Riskuj vhodnější, jelikož se žáci musí více zapojovat. Rozdělení tříd na poloviny se hodí v okamžiku, kdy nezbývá čas rozdělovat žáky do skupin a chceme na závěr hodiny hravou formou zopakovat probranou látku.

Jak již bylo ověřeno v rámci aplikace části programu, jednotlivá cvičení z pracovního listu i z laboratorního cvičení by bylo možné využít samostatně nebo by se také dala různě kombinovat. Každý učitel si může z pracovního listu vybrat jedno cvičení, a to zařadit na závěr výkladu daného tématu. Například učitel probíral v dané hodině pouze květ, proto na závěr hodiny zařadí cvičení číslo 5, v němž žáci mají za úkol nakreslit dva typy květních obalů. Z jednotlivých cvičení by šel také sestavit závěrečný test. A co se týče možných úprav prezentace, tu by bylo možné rozdělit na více kratších prezentací, ale záleží, co kterému učiteli vyhovuje. Její další úpravy bude možné navrhnout až po její aplikaci v rámci diplomové práce.

8 Diskuse

Pro rešerše byly vybrány pouze výukové programy, které korespondují s tématem této bakalářské práce. Byly vybrány Laboratorní práce z fyziologie a anatomie rostlin od Vágnerové (2016), Prostředky pro výuku vybraných témat z Biologie rostlin na ZŠ od Veverové (2021), Nové výukové materiály fyziologie rostlin pro základní a střední školy od Adamíkové (2011) a Učebnice s názvem Inspirace a projekty: přírodopis od Dobrorukové (2008). Všechny zmíněné materiály byly hodnoceny na základě stejných kritérií, která jsou uvedena v podkapitole 6.1.

Na jejich základě bylo zjištěno, že pouze v materiálech od Adamíkové nejsou stanoveny výchovně vzdělávací cíle, které mají její pracovní listy naplnit. Nestanovení cílů je velký nedostatek těchto materiálů, jelikož bez nich nelze zjistit, jaké znalosti a dovednosti si mají žáci s jejich pomocí osvojit a upevnit.

Dále bylo posuzováno, jaké výukové metody a formy jsou v daných programech využívány. Nejčastější formou výuky bylo laboratorní cvičení, které se nevyskytuje pouze v programu od Adamíkové, jelikož jejími materiály jsou pracovní listy. A mezi nejvíce zastoupené metody výuky patřil obecně pokus, práce s obrazem a práce s textem (Pavlasová, 2014). V laboratorních cvičeních od Vágnerové se navíc nejčastěji využívají didaktické hry, které se naopak neobjevují v ostatních materiálech.

Dalším kritériem byla možnost hodnocení žáků, která byla shledána do jisté míry u všech posuzovaných materiálů. Laboratorní cvičení od Vágnerové mohou být hodnocena na základě správných odpovědí v protokolech nebo lze ověřit nabyté informace následným testem. Druhý zkoumaný program, výukové materiály od Veverové, lze hodnotit pouze v případě, že jejich vyplňování bude předcházet výklad, protože pro práci s nimi jsou třeba jisté vstupní znalosti. Dále byly posuzovány pracovní listy od Adamíkové, u nichž by také bylo hodnocení velmi jednoduché, pokud by jejich vyplňování předcházelo výklad. A poslední zkoumaný materiál, publikace s pokusy od Dobrorukové, je na hodnocení nejkomplicovanější. Často se u těchto pokusů využívá skupinová práce a výsledkem má být akorát diskuse či pochopení jistého principu, což neposkytuje mnoho možností pro hodnocení. Ale i u těchto materiálů lze najít výjimky, které mohou být hodnoceny, jenž jsou popsány v kapitole 6.5.

V kapitolách 6.2–6.5 jsou popsány různé způsoby diferenciací jednotlivých materiálů. Lze předpokládat, že každý materiál i aktivita se dají přizpůsobit individuálním potřebám žáka. U zkoumaných materiálů existuje možnost pro žáky se specifickými poruchami zkrátit jednotlivá cvičení či protokoly. Velkým přínosem je i možnost práce ve skupině a také pokusy, které by měly udržet pozornost jinak roztěkaných žáků

Posuzované materiály byly vytvořeny od roku 2008 až do roku 2021, tudíž jejich aktuálnost a korelace se současnými trendy výuky se značně liší. Například v nejnovějších materiálech (výukové materiály od Veverové z roku 2021 a laboratorní cvičení od Vágnerové z roku 2016) je využíváno interaktivních metod výuky, jako je tvorba lapbooku a didaktické hry. Oproti tomu starší materiály, pracovní listy od Adamíkové z roku 2011, jsou poněkud klasičtější. A nejstarším materiálem je publikace od Dobrorukové z roku 2008, která využívá především pokusů, což lze ale využít i dnes, jelikož propojování znalostí s praxí je nesmírně důležité.

Zapojení technologií při práci s těmito materiály není příliš třeba. V některých z nich je sice internet využíván k dohledávání informací, ale nikde nehrají technologie hlavní roli. Domnívám se, že výraznější zapojení technologií do výuky přišlo až s distanční výukou způsobenou Covidem-19. Lze tak usuzovat i vzhledem k diplomové práci Veverové, jejíž materiály byly právě z důvodu distanční výuky ověřovány v online prostředí. Dnes se již tradičně ve výuce využívá online didaktických her jako je Kahoot nebo Blooket. Tyto hry v žácích probouzejí soutěživost, a navíc jim dovolují užívat věc, na níž často tráví většinu svého volného času – mobil.

Nejkreativnější způsoby zpětné vazby byly shledány v laboratorních cvičeních od Vágnerové, u nichž je každý jeden protokol zakončen reflexí, jejichž konkrétní podoby jsou popsány v kapitole 6.2. Na základě těchto reflexí si učitel rychle udělá představu, zda žák základy probíraného tématu správně pochopil a žákovi naopak slouží k ucelení nových poznatků. Zpětnou vazbu z ostatních materiálů získá učitel pouze ve formě správných či špatných odpovědí nebo také v závěrečné diskusi. A všechny posuzované materiály lze upravovat na základě zkušeností učitele. Lze k nim přidávat doplňující otázky či práci na doma, záleží na preferencích konkrétního učitele.

Hlavním cílem výukového programu, vytvořeného v rámci této bakalářské práce, bylo seznámení žáků s problematikou tématu anatomie a morfologie rostlin. Tato problematika byla žákům představena v jednotlivých cvičeních pracovního listu a také v rámci laboratorního cvičení. Při práci s pracovním listem probíhala po vyplnění každého cvičení společná kontrola, při níž si žáci opravili případné chyby. Z jejich správných či špatných odpovědí je pak patrné, do jaké míry danou látku pochopili. U laboratorního cvičení probíhalo ověření naučených znalostí formou úvodních a závěrečných otázek. Z odpovědí žáků na tyto otázky vyšlo jasně najevo, že vyplňování protokolu jim pomohlo získat jisté nové znalosti. Žáci většinou na úvodní otázky nebyli schopni vůbec odpovědět. Oproti tomu na většinu závěrečných otázek dokázali odpovědět téměř všichni žáci. U laboratorního cvičení lze s určitostí říct, že cíl seznámit žáky s problematikou daného tématu splnil.

Výukový program si kladl za vedlejší cíl aktivně zapojovat žáky do výuky. Tato skutečnost byla také ověřena v rámci aplikace programu na ZŠ. V obou třídách žáci pracovali samostatně, ve dvojicích a v jednom případě i ve skupinách. Všichni žáci odevzdávali vyplněné materiály, ze kterých bylo patrné, že během hodiny pracovali. Během společných oprav byly žáci tázáni na jejich odpovědi v daném cvičení a také jim byly pokládány doplňující otázky. Při společné kontrole byli žáci nejprve náhodně vyvoláváni, následně se ale sami začali hlásit o slovo. Cíl aktivní zapojení žáků do výuky byl proto splněn.

Závěr

Cíle této bakalářské práce byly splněny. V teoretické části byla shrnuta anatomie, morfologie a fyziologie rostlin. Následně byla stanovena kritéria pro vyhodnocování rešerší, které byly také vypracovány. V rámci bakalářské práce vznikl výukový program obsahující laboratorní cvičení, který byl následně z části ověřen na ZŠ. Po aplikaci části programu byly navrženy jeho možné úpravy. Ke každému materiálu z výukového programu byly vytvořeny metodické pokyny pro učitele, kteří by některé z aktivit chtěli zařadit do vlastní výuky.

Vypracované rešerše výukových programů, které jsou také součástí této bakalářské práce, přehledně představují i jiné výukové materiály, které se váží k tématu této bakalářské práce. Vyučující, kteří by hledali aktivitu do hodin týkající se tématu anatomie, morfologie a fyziologie rostlin, si tak mohou vybrat z vícero možností.

V návaznosti na tuto bakalářskou práci je plánována diplomová práce, která by se měla zabývat rozšířením momentálního výukového programu a jeho aplikaci ve větším měřítku. Ověření programu na ZŠ ukázalo, že praktická výuka v podobě laboratorního cvičení žáky velmi motivuje, a proto by se tato výuková metoda měla objevit i v rozšíření tohoto výukového programu.

Seznam použitých informačních zdrojů

ADAMÍKOVÁ, Veronika. Tvorba nových výukových materiálů fyziologie rostlin pro základní a střední školy [online]. Brno, 2011 [cit. 2024-01-19]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/epp33/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Hana CEMPÍRKOVÁ.

ASLAM, Khan. Plant anatomy and physiology. Delhi: Kalpaz Publications, 2001. ISBN 8178350491.

ČEPIČKA, Ivan; KOLÁŘ, Filip a SYNEK, Petr. *Mutualismus: vzájemně prospěšná symbióza*. Praha: Národní institut dětí a mládeže MŠMT ČR, 2007. ISBN 978-80-86784-50-2.

DOBROUKOVÁ, Jana. *Inspirace a projekty: přírodopis*. Praha: Scientia, 2008. ISBN 978-80-86960-37-1.

DOSTÁL, Petr a DOSTÁLOVÁ, Jana. *Anatomie a morfologie rostlin v pojmech a nákresech*. 3., upr. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2008. ISBN 978-80-7290-358-0.

HENRY, Robert, J. Plant diversity and evolution: genotypic and phenotypic variation in higher plants. 1. vyd. CABI, 2004, ISBN 0-85199-904-2

KINCL, Miloslav a KRPEŠ, Václav. *Fyziologie rostlin*. Ostrava: Ostravská univerzita, 1994. ISBN 80-7042-078-2.

KYNCL, Libor a KYNCLOVÁ, Jana. *PhDr. Libor Kyncl, Mgr. Beata Kynclová lektor, mentor, kouč – Metody RWCT – Pětilístek* [online]. 2013 [cit. 2024-03-22]. Dostupné z: <https://liborkyncl.estranky.cz/clanky/metody-rwct/petilistek.html>

MŠMT (2023). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

PAVLASOVÁ, Lenka. *Přehled didaktiky biologie: studium*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2014. ISBN 978-80-7290-643-7.

PAVLÍNOVÁ, Milena. Druhy květenství. In: *Obyvat.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.obyvat.cz/druhy-kvetenstvi/>

PÁNKOVÁ, Veronika. Motivační pokusy pro výuku biologie rostlin na základní a střední škole. Olomouc, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra botaniky. Vedoucí práce Mgr. Martina Oulehlová, Ph. D.

ŠVAMBERK ŠAUEROVÁ, Markéta, Klára ŠPAČKOVÁ a Eva NECHLEBOVÁ. *Speciální pedagogika v praxi*. Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4369-1.

VÁGNEROVÁ, Kateřina. *Laboratorní práce z fyziologie a anatomie rostlin a jejich využití na ZŠ*. Diplomová práce, vedoucí Teodoridis, Vasilis. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií, 2016.

VEVEROVÁ, Lada, 2021. Návrh prostředků pro výuku vybraných témat z Biologie rostlin na ZŠ: diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra biologie. 115 s., 64 s. příl. Vedoucí diplomové práce: Mgr. Libuše Vodová, Ph.D.

VOTRUBOVÁ, Olga. *Anatomie rostlin*. Karolinum, 2017. ISBN 978-80-246-3247-6.

Seznam příloh

Příloha 1 – Prezentace Anatomie a morfologie rostlin

Příloha 2 – Pracovní list – Rostlinné tělo

Příloha 3 – Laboratorní cvičení – kořen

Příloha 4 – Trimino – organely

Příloha 5 – Fotosyntéza a dýchání – procvičování

Seznam zdrojů obrázků v přílohách

Prezentace

- Obr. 1 Rostlinná buňka. In: *Biologie* [online]. 2008 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://biology.webnode.cz/news/rostlinna-bunka/>
- Obr. 2 Anatomická stavba kořene. In: *Nauka o lesním prostředí* [online]. 2010 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: https://r.fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/biologie/biologie.html

- Obr. 3 Kořen. In: *Mendelova univerzita v Brně* [online]. 2020 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-koren.html
- Obr. 4 Kořenová zelenina. In: *Lunys* [online]. 2021 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://lunys.cz/sortiment/korenova-zelenina/>
- Obr. 5 Kořen přičepivý. In: *Herbář Wendys* [online]. 2024 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://botanika.wendys.cz/index.php/21-slovník/1601-koren-pricepivy-radix-alligans>
- Obr. 6 SOCHŮRKOVÁ, Petra. Jak pěstovat orchideje. In: *Abeceda zahrady a bydlení* [online]. 2001 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://abecedazahrady.dama.cz/clanek/jak-pestovat-orchideje-poradna-pro-zacinajici-pestitele-5>
- Obr. 7 Jmelí. In: *Recepty prima nápadů* [online]. 2022 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://www.receptyprimanapadu.cz/zahrada/jmeli-lek-i-nebezpecny-agresor/>
- Obr. 8 Stonek. In: *Škola Řevničov* [online]. 2024 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: https://www.skolarevnicov.cz/e_download.php?file=data/editor/79cs_582.pdf&original=7_P%C5%98_prezentace_stonek.pdf
- Obr. 9 Trnka obecná. In: *Flora.cs.com* [online]. 2020 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://www.flora-cs.com/foto/cz/121815/>
- Obr. 10 Čas na obnovu jahodových záhonků. In: *IReceptář.cz* [online]. 2017 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/zahrada/cas-na-obnovu-jahodovych-zahonku-jak-odebirat-dcerine-jahodniky.html>
- Obr. 11 Cibule kuchyňská. In: *Izahradkář.cz* [online]. 2017 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://izahradkar.cz/zahrada/zelenina-byliny/cibulova-zelenina/cibule-kuchynska-termin-ucel-postup-vysevu/>
- Obr. 12 Oddenek. In: *Masarykova univerzita Pedagogická fakulta* [online]. 2007 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: https://www.ped.muni.cz/wchem/sm/dp/davidova/www_zaci1/oddenek.bmp

- Obr. 13 List rostliny. In: ZŠ [online]. 2024 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://www.zsposepneho.cz/files/editor/46/14.-List.pdf>
- Obr. 14 List. In: *Základní škola Sulice* [online]. 2023 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://www.zssulice.cz/wp-content/uploads/2020/03/list.pdf>
- Obr. 15 Rozbor stavby květu. In: *Základní škola Hradec Králové* [online]. 2020 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2688167/>
- Obr. 16 Přírodopis 7–4. zadání. In: ZŠ Zborovice [online]. 2024 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://zszborovice.cz/wp-content/uploads/2020/04/P%C5%99-VII.t%C5%99-4.pdf>

Pracovní list

- Byliny. In: *Základní škola Habartov* [online]. 2024 [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: http://www.zshabartov.cz/files/files/roslinne_organy_koren_stonek_list.pdf
- Kořen. In: *Mendelova univerzita v Brně* [online]. 2020 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-koren.html
- Druhy stonků. In: *Masarykova základní škola ve Staré Pace* [online]. 2008, 2024 [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://www.zsstarapaka.cz/koronavir/7trida/prirodopis76.pdf>
- Rajče je uznávaná léčivá potravina. In: *Vím, co jím* [online]. 2012 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-vyzive/Rajce-je-uznavana-leciva-potravina.-Zasadne-prospiva-zdravi__s10010x10588.html
- Jablko. In: *Rehabilitace.info* [online]. 2024 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.rehabilitace.info/vyziva-a-jidlo/jablko-zazracny-lidovy-lecitel/>
- Jaké švestky si vyberete? In: *Flóra* [online]. 2024 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.floranazahrade.cz/jake-svestky-si-vyberete/>

- Hazelnut. In: *HerbaZest* [online]. 2002 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.herbazest.com/herbs/hazelnut>
- VAŠUT, Radim J. Javor mléč. In: VAŠUT, Radim J., Martin DUCHOSLAV a Martin DANČÁK. *Portál české flóry* [online]. [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <http://flora.upol.cz/fotogalerie/info/251-Acer-platanoides.html>
- Tobolka. In: *Herbář Wendys* [online]. 2015 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://botanika.wendys.cz/index.php/21-slovník/1329-tobolka-capsula>
- Lusk. In: *CoJeCo* [online]. 1999 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.cojeco.cz/lusk>
- Dub – žalud. In: *Zahrada-cs.com* [online]. 2001 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.zahrada-cs.com/foto/cz/10063/>

Laboratorní cvičení

- Vegetativní orgány rostlin. In: *Mozaik* [online]. 2015, 2024 [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: https://www.mozaweb.com/cs/Extra-3D_modely-Vegetativni_organy_rostlin-270890?&mode=directlink
- Mrkev. In: *Prkýnko* [online]. 2024 [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://prkyngo.cuketka.cz/suroviny/mrkev/>
- Celer. In: *Prkýnko* [online]. 2024 [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://prkyngo.cuketka.cz/suroviny/mrkev/>
- Řepa. In: *Prkýnko* [online]. 2024 [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://prkyngo.cuketka.cz/suroviny/mrkev/>
- Petržel. In: *Prkýnko* [online]. 2024 [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://prkyngo.cuketka.cz/suroviny/mrkev/>