

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra biologických disciplín

Studijní program: Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Provozně podnikatelský

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Stanovení některých fyziologický parametrů orchideje

Macodes petola (Bl.) Lindl

Vedoucí práce: Ing. Karel Suchý Ph.D.

Autor: Jiří Dvořáček

2007

OBSAH

1.	Úvod	3
2.	Literární přehled	4
2.1	Orchideje	4
2.1.1	Botanická charakteristika orchidejí	5
2.2	Rozšíření orchidejí	7
2.3	Ochrana orchidejí	8
2.4	Rod <i>Macodes</i>	9
2.4.1	Popis sledovaného druhu	9
2.5	Světový obchod s rostlinami	10
2.6	Obchod s rostlinami v ČR	12
2.7	Fyziologické nároky rostlin	13
2.7.1	Světlo	13
2.7.1.1	Fotochemický proces (přeměna energie)	14
2.7.1.2	Fixace a redukce oxidu uhličitého (přeměna látek)	14
2.7.1.3	Orchideje a světlo	15
2.7.2	Teplota	16
2.7.3	Vodní provoz	17
2.7.4	Výživa	18
3.	Metodika	20
3.1	Popis LI-COR 6400	20
3.1.1	Teorie činnosti	20
3.1.2	Popis přístroje	21
3.1.3	Funkce LI-COR 6400	23
3.2	Měření světelného toku	23
3.3	Analýza transpiračních křivek	24
4.	Výsledky a diskuze	25
4.1	Fotosyntéza	25
4.2	Měření světelná na stanovišti pěstovaných rostlin <i>Macodes petola</i>	29
4.2.1	Vyhodnocení růstu <i>Macodes petola</i> na různých stanovištích	29
4.3	Transpirace	30
4.3.1	Vlivy působící na transpiraci	31
5.	Závěr	33

6.	Seznam literatury	34
7.	Přílohy	36

1. ÚVOD

Rostliny se nacházejí v každém koutě naší planety. Přesto, že jsou na Zemi velmi rozmanité podmínky i tak se po mnoho miliónu let přizpůsobovaly a zabydlely se i v těch nejméně pohostinných oblastech.

Orchideje jsou jednou z kategorií rostlin, které se přizpůsobily různým zemským podmínkám a právě díky nim se vytvořily unikátní rozmanité tvary květů, ale i listů. Jsou jedním z nejrozšířenějších druhů rostlin na Zemi a proto je jim věnována taková pozornost.

Rostou jak epyfiticky, tak i kořením v půdě. Nejčastějším místem výskytu jsou tropy a to na celé Zeměkouli, jak Starého tak i Nového světa.

Ke svému životu využívají houby ve formě nepravého parazitizmu nazývaného „mykorhiza“. Ty dodávají orchidejím živiny již od počátečního růstu. Orchidej je s houbou spjata po celý svůj život.

Ekonomicky jsou tyto rostliny zajímavé především kvůli svému květenství. Lidé na celém světě mají v oblibě řezané květiny a orchideje k nim bezpochyby patří. Jsou proto pěstovány v umělých podmínkách a to i v nepůvodních zemích jejich přirozeného výskytu.

Jsou zde však i výjimky. Mezi ně pak patří orchideje pěstované kvůli zajímavě zbarveným listům. Do této kategorie patří i druhy rodu *Macodes*.

Macodes petola (Bl.) Lindl je rostlina rostoucí ve spodním patře deštných pralesů. Její listy se zbarvily díky malému průniku světla do spodní vrstvy pralesu. Krásné zlatavé mramorování je velmi vzácné a u orchidejí v přírodě neobvyklé.

Jak je již v úvodu zmíněno orchideje se přizpůsobovaly různým oblastem s odlišnými podmínkami a právě jejich působením vznikly v tomto druhu značné, především fyziologické odlišnosti. Z tohoto pohledu jsou tyto rostliny nesmírně zajímavé. Cílem práce bylo zjistit některé fyziologické vlastnosti orchideje *Macodes petola*, především z hlediska vodního provozu a fotosyntézy.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Orchideje

K mimořádnému zájmu o orchideje vede nejen barevnost, vůně a velikost jejich květů, ale i neobyčejná tvarová rozmanitost a dokonce i bizarnost, exotičnost, vzácnost až nedostupnost a také neobvyklý způsob jejich života (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

Majitelé velkých zahradnických závodů devatenáctého století spatřovali v orchidejích zdroje mimořádných zisků a jejich podivuhodné utváření fascinovalo botaniky všech dob (PROCHÁZKA, VELÍSEK 1983).

Určitě neexistují jiné květiny, které prošly tolika vlnami nadšení, módy, gigantických částek vyplacených při dražbách, drancování a pašování i (kupodivu) zavržení (HAAGER, OTTOVÁ 1999).

V poslední době se orchideje staly středem zájmu jednak amatérských pěstitelů jako oblíbený objekt květinových vitrín a oken, a poté také konzumentů řezaných květů, kteří žádají hlavně pro významnější příležitosti nové a krásnější květiny (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

Počet druhů orchidejí (vstavačovitých) na světě se odhaduje na 20 000 (BUTTLER 2000). Orchideje jsou druhou nejpočetnější čeledí rostlin na světě. Proto jsou též orchideje botanicky neobyčejně zajímavé. Najdeme je ve všech zemských šířkách, kde rostou cévnaté rostliny (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

Jejich hlavním vývojovým centrem jsou tropy Starého a Nového světa, zejména deštné pralesy.

Orchideje sestávají ze tří hlavních skupin, které se jako evoluční linie již dlouho vyvíjejí odděleně a dají se dobře rozlišit podle počtu tyčinek v květu. Zatímco na této charakteristice se odborníci shodují, jejich názory na taxonomické zařazení hlavních skupin se liší. Ty se považují buď za podčeledi jedné čeledi, nebo za samostatné čeledi.

Předpokládá se, že vstavačovité mají uvnitř jednoděložných společné předky s liliokvětými a oddělily se od nich specializací ve stavbě květu. Orchideje platí za vývojově mladou skupinu. Nejstarší fosilní nález, který se s určitou pravděpodobností dá pokládat



Obr. č. 1.: Květ orchideje

(<http://orchidej.wz.cz/>)

za orchidej, pochází z miocénu a je starý asi 15 miliónů let. Lze tak soudit podle toho skutečné stáří, bereme-li v úvahu, že většina čeledi dnes žijících krytosemenných je doložena fosilními nálezy již z třetihor a křídý, že jsou tedy staré 60 až 100 miliónů let (BUTTLER 2000).

Orchideje mají neobyčejné genetické vlastnosti (DUŠEK, KRÍSTEK 1986). Ve spojitosti s nízkým fylogenetickým stářím se uvádí jejich nápadná vlastnost; neobvykle velká proměnlivost (variabilita). Projevuje se, především u orchidejí v užším smyslu, velikou druhovou rozmanitostí, která vzniká obměnou téže stavby. Proměnlivé jsou však i samotné druhy. Orchideje budí dojem, že se nacházejí ve fázi aktivní evoluce; znaky a systematické jednotky (taxony) jsou mnohdy málo upevněné.

Jelikož u orchidejí mnohdy neexistují bariéry pro křížení uvnitř rodů a často ani mezi nimi, vyvstává otázka, jak dochází k izolaci druhů.

Bezesporu je důležité přizpůsobení určitým opylovačům. Při nynějším stavu našich znalostí se však dá jen těžce odhadnout, zda má tento mechanismus izolace stejný význam ve všech rodech. Existují též druhy, u nichž je nadřazeno odloučení v prostoru nebo času. Některé orchideje mají téhož opylovače, zůstávají však oddělené, protože se vzájemně vylučují zeměpisně (BUTTLER 2000).

Čeď orchidejovitých má několik ekologických charakteristik, které jsou společné všem druhům. Je to vazba na houby, s nimiž žijí v mykotrofii, vazba na opylovače, malé nároky na minerální výživu a malá konkurenční schopnost vůči jiným rostlinám (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

2.1.1 Botanická charakteristika orchidejí

Orchideje jsou rostliny vytrvalé, bylinné, kořenicí v zemi nebo rostoucí epifyticky na stromech (BUTTLER 2000). V přírodě rostou dvě třetiny orchidejí epifyticky, tedy na kmenech a větvích stromů či keřů, kterých se přidržují kořeny (HAAGER, OTTOVÁ 1999). Epifyty rostou na kůře stromů, ale neparazitují na nich. Vlhkost získávají ze vzduchu a minerály z prachu a trusu zvířat na kůře (HUGHES 1999).

Mají silné kořeny, nevětvené a často hlízovitě ztlustlé (BUTTLER 2000). Tvar, stavba a fyziologie kořenů orchidejí určuje způsob jejich života. Kořeny tvoří válec vodivých pletiv, který má na obvodu vrstvu zvanou endodermis. Uvnitř této vrstvy je pericykl, z něhož vyrůstají boční větve kořenů. Vnější zónu tvoří vrstva epidermálních vláken, velamen a zevní kůra (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

Jejich lodyhy jsou mnohdy vyvinuté jako vodorovné nebo svislé oddenky. Výhonky mají vzpřímené, spodní články stonku (internodia) někdy ztlustlé a tvořící pahlízy (to je časté především u tropických orchidejí).

K přetrvání nepříznivých ročních období se jim živiny hromadí v oddencích, kořenových hlízách nebo pahlízách (pseudohlízách).

Orchideje mají listy nedělené, střídavé nebo dvouřadé, přisedlé nebo zřídka řapíkaté, na bázi většinou pochvovitě objímavé, na oddencích, jakož i na bázi a na konci výhonků často redukované, šupinaté (BUTTLER 2000). Listy orchidejí jsou celokrajné, na bázi většinou s pochvou. U některých druhů dochází k redukci listů. Listy jsou na bázi pahlíz často šupinkaté, v horní části jsou redukovány listeny, které obvykle zasychají. Žilnatina listů je souběžná, málokdy síťkovaná. Průduchy jsou na listech umístěny na spodní straně, méně často na straně horní. V listech orchidejí chybí palisádový parenchym, hustě naplněný chloroplasty (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

Květy u orchidejí bývají stopkaté nebo přisedlé, se spodním semeníkem, zygomorfní (pouze s jednou rovinou souměrnosti). Stopka nebo semeník bývají často otočeny o 180° (tím se pysk octne v dolní části květu). Květní obal (perianthium) je tvořen ze dvou kruhů po 3 lístcích většinou odlišného vzhledu. Vnější kruh má 3 kališní lístky, vnitřní kruh 3 korunní lístky, z nichž střední je přetvořený v pysk, tyčinky a pestík jsou srostlé v sloupek (gynostemium). Počet tyčinek bývá různý a sice 3, 2 nebo 1 (BUTTLER 2000).

U žádných jiných rostlin nenalezneme takovou různotvarost květů jako u orchidejí. Téměř vždy jsou zygomorfní, lze jimi proložit jen jednu rovinu souměrnosti (PROCHÁZKA, VELÍSEK 1983).

Na rozdíl od parazitů, za které bývají často mylně považovány, však kořeny nevnikají do tkání hostitele. Orchideje získávají živiny z prachu, opadlých listů, detritu vynášeného do korun stromů mravenci a dešťové vody. Patří tedy k nejskromnějším rostlinám na Zemi. Je to cena, kterou zaplatily za to, že unikly konkurenci ostatních „obyčejných“ rostlin v podrostu (HAAGER, OTTOVÁ 1999).

Již v polovině minulého století byla objevena v kořenech vstavačovitých rostlin houbová vlákna (hyfy). Tento jev však nebyl vysvětlen, protože až skoro o půl století později se objevil v biologii pojem mykorhiza, který označoval soužití hub s podzemními orgány vyšších rostlin (PROCHÁZKA, VELÍSEK 1983).

Orchideje se živí pomocí hub, jsou mykotrofní. Tento vztah je vzájemně prospěšný, a dá se proto označit za symbiózu. Houby zásobují orchideje vodou, minerálními živinami a pravděpodobně i organickými sloučeninami a dostávají od nich glycidy a jiné organické

sloučeniny. Hyfy hub pronikají do buněk orchidejí (endotrofní symbióza) a jsou posléze stravovány.

Závislost orchideje na houbě se mění během různých fází životního cyklu. Jelikož nepatrná semena nemají vyživovací pletivo a neobsahují téměř žádné zásobní látky, je zárodek zprvu zcela odkázán na houbu (BUTTLER 2000). Semena orchidejí tedy nejsou schopna vyklíčit bez spolupůsobení hub (DUŠEK, KRÍSTEK 1986). Růst probíhá pomalu, několik let se vyvíjí vřetenovitý, bledý útvar, zakládají se kořeny a výhonky s listy. Dospělá zelená rostlina se živí do značné míry samostatně; symbióza se však téměř vždy zachová.

Houba žije v mykorhize v korových buňkách kořene. Některé druhy zůstávají na houbě závislé po celý život, jelikož ztratily buď částečně, nebo zcela schopnost tvořit chlorofyl, a nemohou se tedy živit samostatně (BUTTLER 2000).

2.2 Rozšíření orchidejí

Orchideje rostou v nížinách i ve velehorách, v místech s extrémní vláhou i extrémním suchem, na zemi nebo dokonce pod zemí, na skalách a na stromech.

Dnes, po miliónech let existence čeledi orchidejovitých, je obtížné rekonstruovat místa jejich vzniku a místopis jejich fylogenetických větví (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

Hranice areálů sledují určité čáry, které se u různých druhů opakují s rozdílnou četností a v měnících se kombinacích. Území sevřená takovými společnými hraničními čarami se nazývají květinné oblasti.

Opakovaný výskyt podobných areálů naznačuje, že rozšíření rostlin je určeno činiteli zakládajícími se na všeobecně platných přírodních zákonitostech (BUTTLER 2000). Na rozšíření orchidejí mají vliv ekologické podmínky jejich biotopu (DUŠEK, KRÍSTEK 1986). Velmi zajímavé je zjištění, že jejich výskyt je z velké části ovlivněn počasím, kdy prudké výkyvy teplot způsobují takzvané tepelné šoky (ČAČKO 2002). Z klimatických faktorů působících na rostlinu jsou zvláště významné teplota a srážky.

Podle gradientu teploty od rovníku k pólům se Země člení na podnební zóny. Probíhají v pásmech podle rovnoběžek. Podobně se dají rozlišit květinné zóny, vycházíme-li z rostlin. Odpovídají podnebním pásmům jen přibližně, protože jejich hranice se nevedou schematicky podél podnebních čar, nýbrž podél hranic rozšíření rostlin.

2.3 Ochrana orchidejí

Orchideje náleží k ohroženým skupinám rostlin, a to platí pro mnoho druhů stejně jako pro mnoho zemí.

Ohrožení orchidejí je v první řadě zapříčiněno omezením jejich životního prostoru. Vhodné biotopy se vyskytují stále řidčeji. Přitom jde nejen o zmenšení jejich plochy, nýbrž i o stálou změnu přirozeného životního prostředí. Téměř všechny druhy orchidejí citlivě reagují na zavádění nových stále intenzivnějších metod hospodaření. Nesnášejí zvýšené a velkoplošné hnojení, odvodňování a průmyslové využívání půdy, jež se dnes provádí na mnoha místech. Jen málo druhů se dokáže přizpůsobit ovlivňování krajiny člověkem.

Naproti tomu dřívější metody hospodaření, které se dají označit jako extenzivní, podporovaly rozšiřování vstavačovitých. Z tohoto hlediska není tato čeleď nijak zvláštním případem, nýbrž podléhá stejným vlivům a podmínkám jako mnoho jiných skupin rostlin a živočichů.

Právě kvůli ohrožení byly v mnoha státech vydány zákony na ochranu orchidejí. Orchideje jsou zahrnuty do Washingtonské dohody o ochraně druhů, která reguluje mezinárodní obchodování se zvířaty a rostlinami. Celá čeleď náleží ke skupině druhů „bezprostředně ohrožených vyhubením“, což znamená, že obchodování s nimi je zapovězeno kromě výjimečných případů, pro něž je zapotřebí povolení vývozu země původu a povolení dovozu země určení (BUTTLER 2000).

Při dovozu orchidejí z přírody i při nákupu ve specializovaných firmách je nezbytné si uvědomit, že existuje zákon o obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin (CITES). Ke sběru je potřeba zvláštní povolení země, kde se sběr uskutečňuje (adresu je možno získat u příslušné organizace na MŽP ČR).

O vydání dovozního povolení je nutné předem požádat Ministerstvo životního prostředí. Při nákupu ze zahraničí je opět potřeba dovozní povolení MŽP ČR, CITES na požádání zasílá firma s materiálem. Pokud je tato poněkud zdlouhavá procedura opomenuta, hrozí riziko nejen zabavení rostlin, ale i velmi citelný finanční postih v podobě pokuty. Ten, kdo se pokouší propašovat rostliny bez povolení ke sběru a vývozu, může v mnoha zemích očekávat nejen výše zmíněné postihy, ale mnohde i dlouholeté uvěznění – a nejde jen o plané výhrůžky (HAAGER, OTTOVÁ 1999). Několik případů z nedávné minulosti, prezentovaných médii, je toho příkladem.

Zákony jsou nutné a v případě tropických orchidejí, s nimiž se obchoduje především, jsou bezprostředním předpokladem pro zachování druhů. Ochrana druhů je totiž neúčinná, nezajišťují-li se zároveň biotopy. Nutné jsou proto jiné, dodatečné strategie na ochranu přírody.

Také chráněné oblasti v tradičním smyslu představují pouze příslovečný první krok a rozhodně by neměly zůstat jedinou metodou, naopak je nutné doplnit je širším konceptem. Jak by měl vypadat, je dnes ožehavou otázkou (BUTTLER 2000).

Je zcela paradoxní, že tak obsáhlý soubor rozmanitých rostlin, jakým jsou orchideje, neposkytuje, kromě ceněné vanilky, na první pohled prakticky žádný hospodářský užitek. Nijaká vzácná či krásná dřeva, důležitá léčiva, suroviny pro technické zpracování, prostě nic, jen mimořádnou krásu, půvab, neobvyklost, příjemnou vůni či odporné pachy, neuvěřitelně velké nebo i pro specialistu až příliš miniaturní květy, tedy jen zdroje potěšení pro milovníka a námět ke zkoumání pro vážnějšího zájemce (PROCHÁZKA, VELÍSEK 1983). Teprve v relativně nedávné době se stalo pěstování a export orchidejí pro některé státy významným zdrojem příjmů.

2.4 rod *Macodes*

Orchideje rodu *Macodes* jsou typickými rostlinami tropického deštného lesa, popř. mlžného lesa, v nadmořských výškách od 300 do 1400 m. Zde rostou terestricky v bylinném patře v zástinu vyšších pater vegetace, někdy i epifyticky na silných kmenech stromů, porostlých mechy a další vegetací, tzn. v podmínkách trvalé vysoké vlhkosti vzduchu (70-80%), denních teplot v rozmezí 21-27°C, v noci klesajících na 16-18 °C, a nízké intenzity rozptýleného osvětlení (BALOUNOVÁ, RAJCHARD 2001). Všechny druhy vyžadují silné stínění a teplo (DUŠEK, KRÍSTEK 1986). V tomto nejspodnějším patře vegetace jsou - vzhledem ke specifickým podmínkám, zejména světlu v minimu - schopny žít pouze adaptované druhy rostlin typu orchidejí rodu *Macodes* a houby. Pokud rostou terestricky, rostou v substrátu bohatém humusem, jsou však schopny růst i na skalách, po nichž stéká voda. Vzhledem k podmínkám s minimem světla rostou velmi pomalu a vystačí s minimem přístupných živin (BALOUNOVÁ, RAJCHARD 2001).

Bylo popsáno sedm druhů (DUŠEK, KRÍSTEK 1986). Druhy z tohoto rodu, spolu s těmi s ornamentálními listy v dalších druzích, jako *Anoectochilus*, *Eucosia* a *Goodyera*, se označují jako „Jewel Orchids“. Rody *Macodes* pravděpodobně obsahují největší a nejatraktivnější rostliny „Jewel Orchids“ skupiny na Nové Guineji (<http://www.orchidspng.com/>).

2.4.1 Popis sledovaného druhu

Macodes petola je drobná rostlina se vzpřímenými nebo mírně poléhavými lodyhami o průměru do 5 mm (BALOUNOVÁ, RAJCHARD 2001). Růžicovitě uspořádané listy na krátké

dužnaté lodyže jsou sametově zelené nebo bronzové se světlou, stříbrnou nebo nazlátlou nervaturou, ohraničující i různě zbarvená políčka (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

Specifické adaptace na extrémní světelné podmínky je nutno hledat ve stavbě listového parenchymu, který je uspořádán tak, aby bylo možno využít i velmi nízkou intenzitu světla pro fotosyntézu. Sametového vzhledu povrchu listů tohoto druhu je dosaženo vypouklým tvarem pokožkových buněk, tzv. papilami. Důsledkem této nerovnosti je, že povrch listů není nikdy mokrá, ačkoliv vzdušná vlhkost je v růstových lokalitách přirozeně vysoká. Konkávní tvar těchto buněk funguje zřejmě současně jako čočka, soustřeďující paprsky k chloroplastům, které jsou uspořádané na vnitřních stěnách kuželovitých buněk palisádového parenchymu. Anthokyany spodní strany listů umožňují odraz a využití veškerého dostupného záření.

Květenství tvoří vzpřímený hrozen s květy o velikosti 7-10 mm. Střední sepal a petaly tvoří přilbovitý útvar (BALOUNOVÁ, RAJCHARD 2001). Drobné, nevýrazné květy jsou hnědavé s bílými špičkami tepalů. Zbarvením listů se řadí mezi nejkrásnější rostliny (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).



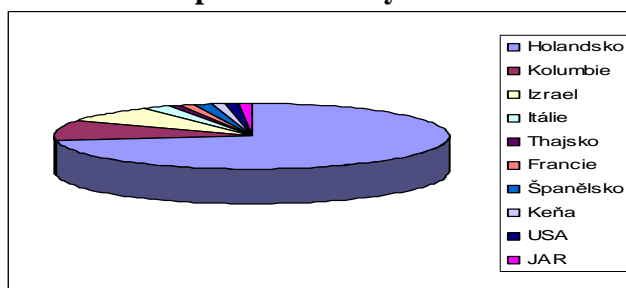
Obr. č. 2: *Macodes petola*
(<http://www.orchidphotos.org/>)

2.5 Světový obchod s rostlinami

Prakticky každá země světa produkuje nějaký druh rostlinné produkce pro domácí spotřebu. Je zde však asi 20 zemí, které kromě toho produkují významné množství řezaných květin pro export. Čtyři země – Holandsko, Kolumbie, Itálie a Izrael – jsou dodavateli více než 90 % světového obchodu řezaných květin, zbývajících šestnáct jiných států zabírá zbývajících 10 %. Deset nejvýznamnějších exportérů řezaných květin a jejich procento podílu na světovém obchodu s řezanými květinami jsou:

1. Holandsko - 63%
2. Kolumbie - 9%
3. Izrael - 7%
4. Itálie - 2%
5. Thajsko - 1%
6. Francie - 1%
7. Španělsko - 1%
8. Keňa - 1%
9. USA - 1%
10. JAR - 1%

Graf. č. 1: deset světově největších exportérů řezaných květin



Export nemusí bezpodmínečně odpovídat s produkcí. Toto je způsobeno importem a maloobchodním exportem s některými plodinami. Například Holandsko je světově největším exportérem rostlin, zatímco Spojené státy zařazujeme ke konci první desítky. Nicméně Spojené státy jsou světově největším producentem rostlin, Holandsko je druhé. Tato nesrovnalost je založena na faktu, že Spojené státy mají obrovskou domácí spotřebu těchto produktů, plus značné množství importu, zatímco Holandsko má přebytek vlastní domácí produkce a importu, čímž je export celosvětový (<http://www.hort.vt.edu/>).

Světový obchod s řezanými květinami se zpomaluje. Drastickými změnami dochází k pomalu rostoucím cenám světového obchodu. Vynořují se nové trhy (Rusko) a přes noc téměř zmizí. Nově exportující státy (Ekvádor, Keňa) se objevují pouze proto, aby našli způsob jak se dostat na místa (Indie, Čína, Korejská republika) a staly se tak další objevenou generací úspěšně vyvážejících exportérů (<http://www.ilo.org/>).

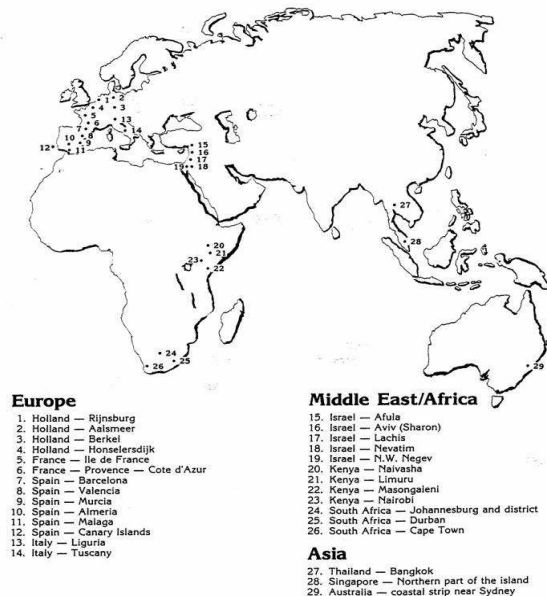
Pět největšími producenty rostlin jsou Spojené státy, Holandsko, Německo, Francie a Itálie. S výjimkou Německa, jsou tyto špičkoví producenti zahrnuti v deseti největších exportérech.

Země, které dovážejí největší množství rostlinných produktů jsou Německo, Spojené státy, Francie, Švýcarsko, Holandsko, Velká Británie, Rakousko, Belgie/Lucembursko a Švédsko. Spojené státy dovážejí největší množství z Kolumbie, zatímco Holandsko dováží nejvíce z Izraele. Na druhou stranu, Holandsko je hlavní dodávající zemí do zbývajících dovozních zemí.

Flower Production Centers
Western Hemisphere



Flower Production Centers
Eastern Hemisphere



Obr. č.3: Světová centra rostlinné produkce
(<http://www.hort.vt.edu/>)

2.6 Obchod s rostlinami v ČR

Trend vzestupu produkce květin, který tuzemské květinářství zaznamenává od roku 1997, pokračoval i v letech 2003 a 2004. Do roku 2002 tento růst dosahoval meziročně 10 – 15 %, v posledních dvou letech není již tolik výrazný – v roce 2003 vzrostla produkce téměř o 7 %, v roce 2004 o 5 % oproti předcházejícímu roku. Příčinou uvedeného růstu je stále především zvyšování intenzity výroby (Situční a výhledová zpráva 2005).

Tab. č.1: Struktura květinářské produkce v ČR (v mil. Kč)

Ukazatel	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Cibuloviny	5,0	6,0	6,6	6,0	5,9	6,1
Záhonové	190,0	280,0	354,0	488,0	565,0	605,0
Hrnkové	460,0	515,0	558,0	605,0	622,0	666,0
Řez. květy	110,0	115,0	131,0	119,0	129,0	119,0
Řez. zeleň	30,0	35,0	44,0	42,0	49,0	46,0
Sušené	25,0	32,0	30,5	26,0	27,0	25,0
Osiva	20,0	28,0	38,0	36,0	25,0	28,0
Celkem	840,0	1 011,0	1 162,1	1 322,0	1 422,9	1 495,1

(Zdroj: Svaz květinářů a flóristů)

V roce 2004 vzrostla produkce hrnkových i záhonových rostlin shodně o 7,1 % oproti roku 2003 a dosáhla tak 44,5 %, resp. 40,5 % podílu na celkovém objemu tuzemské květinářské produkce. Významnější podíl si v roce 2004 dále udrželo pěstování řezaných květin (8,0 %) a řezané zeleně (3,1 %). Produkce sušených květin, cibulovin a osiv květin se ve stejném období podílely na celkové tuzemské produkci celkem 3,9 % (tj. 1,7 %, resp. 0,4 % a 1,8 %) (Situční a výhledová zpráva 2005).

Tab. č.2: Struktura vývoje pěstebních ploch v ČR (ha)

Ukazatel	1978	1983	1988	1993	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Skleníky	134,1	158,3	185,0	125,0	125,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0
Fóliovníky	8,4	15,7	22,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Pařeniště	39,7	28,7	11,0	5,0	7,0	9,0	9,0	6,0	6,0	6,0
Kryté plochy celkem	182,2	202,7	218,0	135,0	137,0	129,0	129,0	126,0	126,0	126,0
Venkovní plochy	359	254	200	105	100	85	85	89	89	89

(Zdroj: Svaz květinářů a flóristů)

Květinářství je úzce spojeno s pěstováním květin na krytých plochách, a to především na plochách pod sklem, tj. ve sklenících. Skleníkové hospodářství představuje nejintenzivnější odvětví zemědělské výroby s výnosností překračující stonásobek úrovně běžného zemědělského hospodaření. Vzhledem k tomu, že je zároveň limitujícím faktorem pro konkurenceschopnost sektoru květinářství, je nutné českou produkční skleníkovou základnu včetně technologií modernizovat (Situační a výhledová zpráva 2005).

2.7 Fyziologické nároky rostlin

2.7.1 Světlo

Světlo je pro rostliny zdrojem energie (STEIN 2000). Je pro všechny rostliny životně důležité (BROOKES 1992). A proto ho musí mít k životu a správnému růstu dostatek (GILBERT 1992). Zužitkováním světelné energie vytvářejí zelené rostliny organickou hmotu. Jde o proces, který nazýváme fotosyntéza (PŘIBYL, BERGER 1992).

Zdravý vývin rostlin závisí na fotosyntéze, procesu, který se uvádí do chodu, když na zelený pigment chlorofyl začne působit světlo. Chlorofyl se nachází nejen v zelených, ale i v červených, bronzově zbarvených, fialových a šedých listech. U těch však druhá barva překrývá zelenou nacházející se pod ní (BROOKES 1992).

Fotosyntetická vazba oxidu uhličitého je základním procesem primární produkce v ekosystému. Fotosyntéza zelených rostlin znamená vstup energie a uhlíku do biomasy ekosystému. Z jejich produktů se vytváří postupně veškerá organická hmota v ekosystému a je po stránce energetické základem a hnací silou všech životních procesů v biosféře. Všechny organické sloučeniny obsažené ve všech organismech byly vytvořeny ze sloučenin, které byly kdysi primárními produkty fotosyntézy (SLAVÍKOVÁ 1986).

Při fotosyntéze je energie záření absorbována a přeměňována na energii chemických vazeb; každému molu přijatého oxidu uhličitého odpovídá zisk potenciální energie rovnající se 477 kJ (114 kcal). Fotosyntéza zahrnuje fotochemické procesy, které probíhají za přítomnosti světla, enzymatické procesy nevyžadující světlo (takzvané temnostní reakce) a procesy difúze, které umožňují výměnu oxidu uhličitého a kyslíku mezi chloroplasty a vnějším vzduchem. Každý z těchto dílčích procesů je ovlivňován vnitřními a vnějšími faktory a může limitovat výtěžek celého procesu fotosyntézy (LARCHER 1995).

Fotosyntéza se skládá v podstatě ze dvou procesů: z vazby zářivé sluneční energie včetně rozkladu vody a z transportu CO₂ z atmosféry a jeho zabudováním karboxylačními procesy, které využívají tuto energii.

Transport CO_2 do rostliny se děje difúzí; hlavním přímým regulačním systémem jsou při něm průduchy. Jejich difúzní vodivost závisí na jejich počtu, velikosti a především otevření, které je určováno souhrou vlivu vnitřní koncentrace CO_2 , vodního potenciálu, vlhkosti vzduchu, světla, teploty, růstových látek aj. Vlastnosti průduchů jsou důležitým ekologickým znakem různých ekologických skupin rostlin. Jsou výsledkem dlouhodobých adaptací rostlin na stanovištní podmínky (SLAVÍKOVÁ 1986).

2.7.1.1 Fotochemický proces (přeměna energie)

Primárním požadavkem pro průběh fotosyntézy je absorpce záření v chloroplastech. Stupeň využití záření je závislý na koncentraci chlorofylu, nebo přesněji na koncentraci fotosynteticky aktivních pigmentů. Zvláště při intenzivním osvětlení může být koncentrace pigmentů tím faktorem, který fotochemický proces limituje. Nedostatek chlorofylu, který se u rostlin projevuje výskytem „chlorózy“, obvykle rychlost fotosyntézy značně snižuje. Chloróza listů se také objevuje při porušení minerální výživy, za sucha, po infekci a jako následek vystavení škodlivým plynům. Konečně může být nedostatek chlorofylu podmíněn i geneticky, jako je tomu u mutantů s panašovanými nebo žlutými listy.

2.7.1.2 Fixace a redukce oxidu uhličitého (přeměna látek)

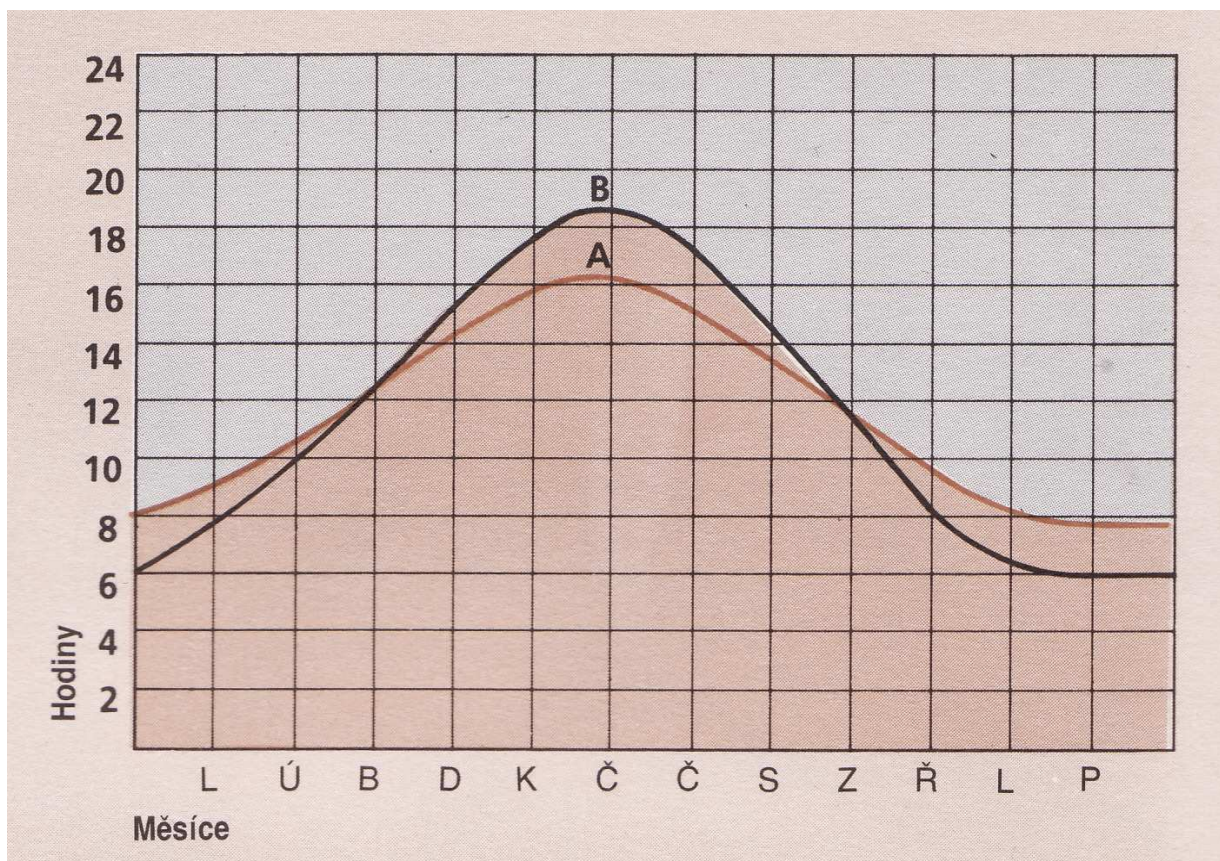
Energie a „schopnost redukce“ získané v primárních relacích rostliny užívají k redukci oxidu uhličitého při syntéze uhlíkatých sloučenin s vysokým obsahem energie. Tato reakce probíhá ve stromatu chloroplastů a začíná vazbou CO_2 na akceptor. Po karboxylaci se akceptor rozpadá na menší molekuly, posléze zredukované až na triózy.

Rychlost karboxylace, tj. rychlost zpracování přijatého CO_2 , závisí především na přísunu CO_2 , koncentraci akceptoru a aktivitě enzymu. Aktivita enzymu je dále závislá na teplotě, vodním potenciálu buňky, přiměřené dostupnosti minerálních látek a na stupni vývoje a aktivity rostlin (LARCHER 1995).

Podle nároků na intenzitu světla rozdělujeme rostliny do dvou základních skupin:

1. Rostliny světlomilné (heliofyta), které snášejí či vyžadují sluneční záření.
2. Rostliny stínomilné (sciofyta), které snášejí pouze určitou hodnotu intenzity světla. Zvýšení intenzity světla jim škodí (PŘIBYL, BERGER 1992).

Chceme-li vědět, kolik světla rostlina dostává, je kromě jeho intenzity důležitá i délka osvětlení, čili délka dne. Většina rostlin potřebuje, aby dobře rostla, asi 12 až 16 hodin denního světla.



Obr. č. 4: Množství denního světla

V létě dostanou rostliny v severnějších oblastech (B) víc, ale méně intenzivního denního světla než v jižnějších šířkách (A). V zimě jsou světelné poměry na severu horší (BROOKES 1992).

2.7.1.3 Orchideje a světlo

Jednotlivé skupiny orchidejí jsou přizpůsobené určitému světelnému příkonu a tomu odpovídá i jejich anatomická stavba. Intenzita slunečního svitu v tropické zóně málo kolísá vzhledem k nevýrazným výkyvům ve slunečních drahách. V tropických oblastech dopadá za bezmračné oblohy na povrch korunového patra zhruba $1800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. V korunách hlavního patra světla rychle ubývá a na půdu dopadne jen 0,1 % plného slunečního svitu.

Největší stín vyžadují podrostní orchideje rodů *Macodes*, *Anoectochilus* apod. Podobně jako ostatní rostliny se i orchideje přizpůsobují světelným poměrům. Druhy rostoucí v zástínu mají větší a tenčí listy, sytě zbarvené vyšším obsahem chlorofylu a na lící straně nemají obvykle anthokyan. Četné orchideje mají schopnost kompenzovat nedostatek světla zintenzivněním mykotrofie (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

2.7.2 Teplota

Zvyšováním teploty se urychluje průběh fotosyntézy a dýchání. Naopak snížením teploty se tento proces zpomaluje. Vliv teploty na růst a vývoj rostlin je opět třeba posuzovat v souvislosti s působením ostatních faktorů, především světla a vlhkosti vzduchu. Intenzita světla se v průběhu dne i roku neustále mění, a tím se pozměňují i nároky květin na teplotu. Čím větší je intenzita světla, tím vyšší má být teplota a naopak (PŘIBYL, BERGER 1992).

Závislost životních funkcí rostlin na teplotě je různá a druhově specifická. Každá teplotní závislost má svou hodnotu minimální, optimální a maximální. Každá jednotlivá životní funkce rostliny má své teplotní hranice (SLAVÍKOVÁ 1986).

Dostatečná, ale nikoli nadměrná teplota je základním předpokladem života. Každý životní pochod probíhá jenom v jistém teplotním rozmezí a má svou optimální pracovní teplotu, pod níž a nad níž jeho účinnost klesá. A tak lze pro každý rostlinný druh a každé stádium individuálního vývoje rostlin určit charakteristické „kardinální teploty“. Ty nejsou, přísně vzato, konstantní, ale kolísají okolo geneticky fixované normy; v jejich rozmezí se mohou rostliny jednotlivých druhů vyvinout v různé ekotypy podle metabolismu a nebo odolnosti. Optimální, minimální a maximální teploty pro rostliny se mohou posunout při adaptaci rostlin k podmínkám prostředí. Suchozemským cévnatým rostlinám se obvykle daří v širokém rozmezí teplot a nazývají se proto eurytermní. U těchto rostlin v aktivním stádiu se teploty pro udržení života pohybují zpravidla od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do zhruba $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$, tedy v rozmezí $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, avšak růstově a produkčně aktivní jsou tyto rostliny jen mezi zhruba $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (LARCHER 1995).

Z hlediska adaptace a rezistence rostlin k teplotě rozlišujeme:

1. termofyty – teplobytné rostliny, snášející vysoké teploty
2. psychorofyty – chladnobytné rostliny, snášející nízké teploty
3. kryofyty – rostliny žijící na sněhu (SLAVÍKOVÁ 1986)

Rostliny jsou poikilotermní organismy, tzn. že jejich vlastní teplota má tendenci přibližovat se teplotě okolí. Nicméně toto teplotní vyrovnávání není úplně přesné. Protože nadzemní části rostlin vyměňují energii se svým okolím, může se jejich teplota od teploty vzduchu značně lišit. Proto musí být tepelná výměna rostlin vždy dána do souvislosti s energetickou bilancí stanoviště (LARCHER 1995).

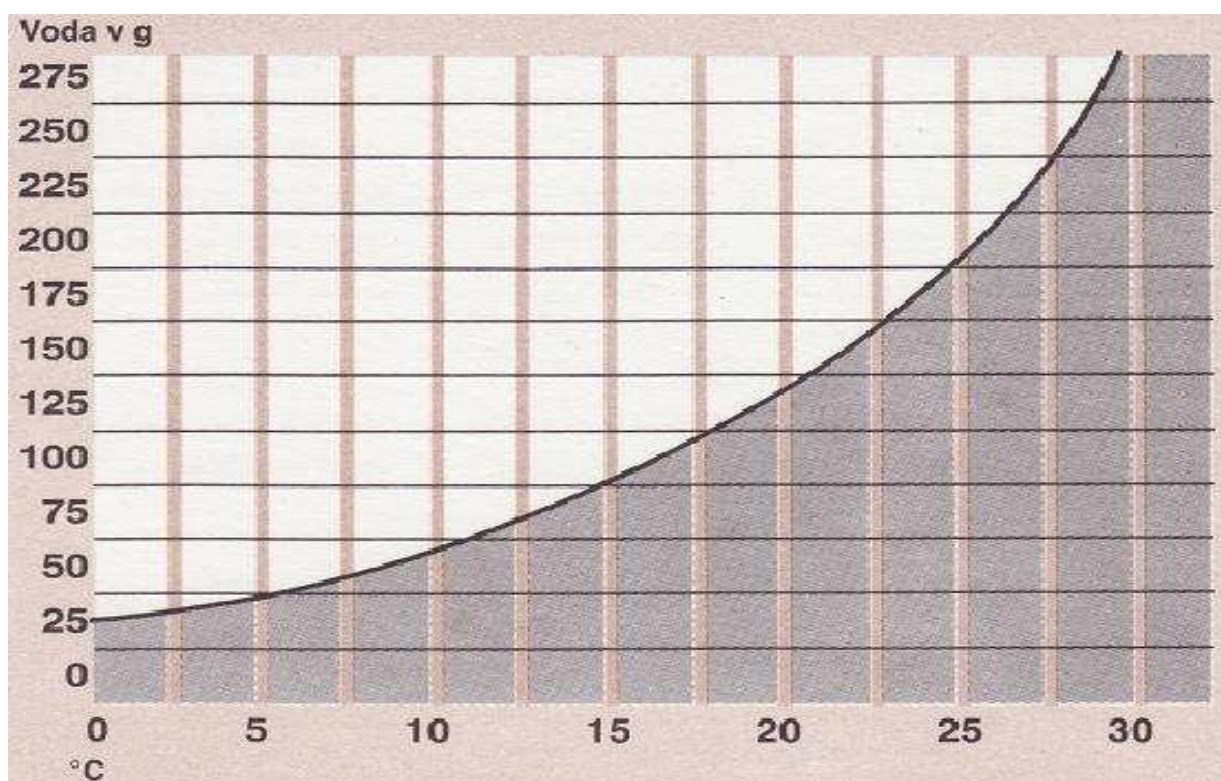
Každá vegetační formace, v níž rostou orchideje, má ustálené teplotní poměry. Orchideje tropických deštných lesů a jejich obdoby ve vyšších polohách vyžadují vysokou a vyrovnanou teplotu. Poklesy pod $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ mohou být pro ně smrtelné. Druhy tropické zóny rostoucí v horských oblastech vysoké teploty nesnášejí, zato vydrží hodnoty pod $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mnohé orchideje vyžadují poklesy teploty podle zákonů stadijního vývoje. Bylo zjištěno, že teplotní

výkyvy mají pro růstové rytmy orchidejí větší vliv než světlo, zvláště délka světelného dne. Teplota působí v korelaci se světlem (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

2.7.3 Vodní provoz

Voda je zcela samozřejmý limitní faktor; jednak je tělo rostlin z vody tvořeno více než 90 %, jednak rostliny vodu potřebují při fotosyntetické asimilaci a konečně je voda médiem, v němž se rozpouštějí minerální živiny, přijímané kořeny z půdy, i asimiláty, rozváděné v rostlinném těle. Vlhkost půdy umožňuje rostlině příjem vody a živin kořeny (HAAGER 1992).

Vzdušná vlhkost ukazuje množství vodní páry obsažené ve vzduchu a je ovlivňována teplotou: teplý vzduch může přijmout více vlhkosti než vzduch studený, což má za následek, že ze všech existujících zdrojů se vypařuje voda – i z listů rostlin. Významná je „relativní vlhkost vzduchu“, která udává, kolik vody obsahuje vzduch při určité teplotě v porovnání s maximálně přijatelným (nasyčeným množstvím). 0 % odpovídá absolutně suchému vzduchu, 100 % odpovídá úplně nasyčenému vzduchu.



Obr. č. 5: Poměr teplota - vlhkost vzduchu

(BROOKES 1992)

Systemy nadzemních částí suchozemských rostlin, obklopené vzduchem, neustále ztrácejí vodu; tyto ztráty musí rostliny nahrazovat příjmem vody z půdy. Transpirace, příjem vody a její vedení z kořenů k transpirujícím povrchům jsou neoddělitelně spojené procesy

vodní bilance. Výpar je určován především deficitem tlaku vodní páry ve vzduchu (rozdíl mezi tlakem vodní páry při nasycení a aktuálním tlakem vodní páry), zatímco pro příjem vody je rozhodující množství vody v půdě (LARCHER 1995).

Rostliny bezcévné mohou přijímat vodu svým celým povrchem, např. bakterie, řasy, houby, lišejníky, mechy. U terestrických cévnatých rostlin, kdy nadzemní části jsou kryty kutikulou, je voda přijímána především kořeny z půdy. Jen u některých druhů cévnatých rostlin jsou vyvinuty adaptace, které umožňují také příjem vodní páry ze vzduchu nasyceného vodní párou. Např. u epifytických orchidejí mají vzdušné kořeny speciální pletivo (velamen), které příjem umožňuje.

U cévnatých rostlin je hlavním zdrojem vody dostupná půdní voda, která je v půdě obsažena ve skupenství plynném a kapalném (SLAVÍKOVÁ 1986).

Voda je často limitujícím faktorem života orchidejí v tropech a subtropích. Platí zejména o epifytech, které nemohou čerpat půdní vodu. Celá řada epifytických orchidejí z tropického deštného lesa má xeromorfní habitus. Rostou sice v oblasti s vysokým úhrnem dešťových srážek, ale musí překonávat kratší nebo delší období sucha, zdůrazněné vysokými teplotami a silným osvitem. Déle trvající sucho, které by vedlo k sesychání pahlíz, jim neprospívá. Druhy monzunových nebo savanových lesů, kde je období sucha delší a výraznější, mohou bez potíží ztratit značný podíl vody. Společně s nízkými teplotami je to důležitý faktor k vytvoření základu květenství (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

2.7.4 Výživa

Citlivost rostlin na množství živin je různá, a to podle druhu rostliny, stáří i ročního období. Nedostatek živin se projevuje poruchami růstu a sníženou tvorbou květů. Nadbytek živin může však být pro rostliny rovněž škodlivý (PŘIBYL, BERGER 1992).

Rostliny potřebují mnoho anorganických prvků, pocházejících z minerálů anebo dostupných rostlinám v minerální formě po rozkladu organické hmoty. Minerální prvky rostliny přijímají jako ionty, a buď je začleňují do své hmoty, anebo je ukládají v buněčné šťávě. Spálíme-li rostlinnou sušinu v laboratoři, zůstanou její anorganické složky jako popel. V rostlinném popelu najdeme všechny chemické prvky vyskytující se v litosféře (LARCHER 1995). Některé živiny mají vyhraněné funkce, jiné jsou prvky stavebními nebo plní oba úkoly (BÖHM 1987).

Orchideje patří mezi rostliny, které dovedou velice úsporně využívat minerální látky. Nutí je k tomu způsob života. Geofytní druhy zajišťují svou potřebu minerálních látek vlasovými kořeny a živiny jim dodávají houby. Epifytní druhy mají daleko menší možnost

získat minerální výživu kořeny. Přijímají ji povrchem všech svých vegetačních orgánů. K rostlinám se dostává srážkovou vodou, která strhává k zemi prach. Srážková voda vyplavuje minerální látky i z listů a kůry substrátních dřevin. Na výživě orchidejí se také podílejí výkaly hmyzu a dalších živočichů. Tyto druhy jsou přísně kalcifóbní.

V souvislosti s minerální výživou orchidejí je třeba uvést, že epifytické druhy mají také vyhraněné nároky na hostitelské dřeviny (DUŠEK, KRÍSTEK 1986).

3. METODIKA

U experimentů na vybraných rostlinách *Macodes petola* byla zjišťována čistá fotosyntéza a dvěma odlišnými metodami průběh transpirace.

K přesnému změření fotosyntetického procesu byl použit přístroj Li-cor 6400, který využívá nedestruktivních metod měření. Může být používán jak v terénu tak v laboratorních podmínkách. List je vložen do komory, v které je uzavřen a utěsněn, aby se udržel ve stabilním prostředí, aniž by podmínky z vnějšku mohly ovlivnit měřené hodnoty.

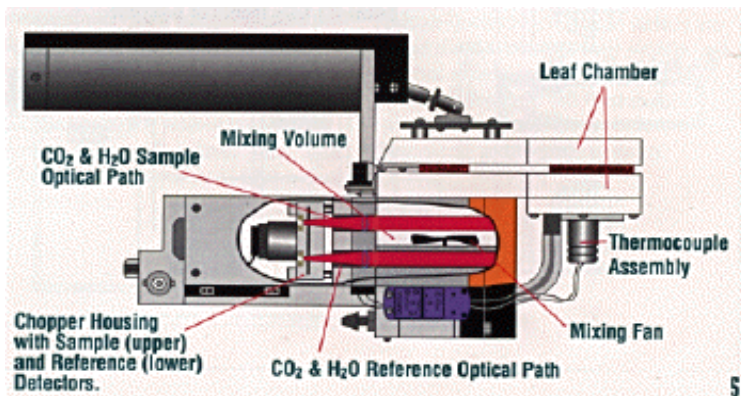
Pro měření fotosyntézy byly použity dva druhy světelných zdrojů a sice LED světlo a žárový světelný zdroj (halogenová žárovka), přičemž se měnila jejich intenzita v průběhu času a přístroj tak zaznamenával rozdílné hodnoty fotosyntézy. Byla zaznamenávána, jak samotná fotosyntéza tak i čas změny světelné intenzity.

Pro transpiraci byly použity dvě odlišné metody. Při jedné z nich byl opět použit přístroj Li-cor 6400, který souběžně s měřením fotosyntézy zaznamenával průběh transpirace. Druhou metodou byla analýza transpiračních křivek, kdy je list rostliny zcela zničen. Tato metoda se již v podstatě nepoužívá kvůli destrukci listu rostliny, avšak byla z našeho pohledu zajímavá pro srovnání výsledků s přesným přístrojem.

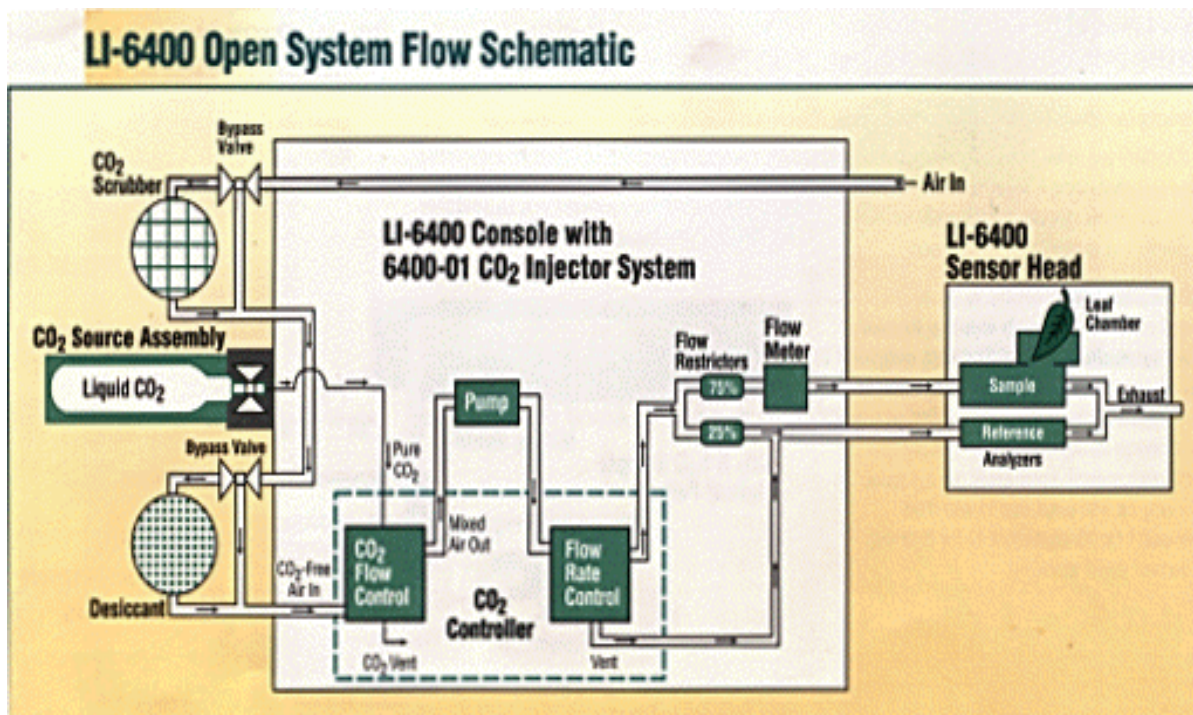
3.1 Popis LI-COR 6400

3.1.1 Teorie činnosti

Li-cor 6400 využívá principy pohlcení infračerveného záření v oxidu uhličitým k měření velikosti fotosyntézy u rostlin. Čisté fotosyntetické hodnoty jsou vyjádřeny jako hodnoty absorpce CO_2 ($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Pro měření je používán otevřený systém, ve kterém je proud vzduchu přiváděn k rostlinnému listu uzavřeném v asimilační komoře. Hodnota obsahu CO_2 je udržována stabilní z vnitřního zdroje (tlakový zásobník).



Obr. č. 6: Listová komora a CO_2 analyzátor



Obr. č. 7: Otevřený systém LI-6400

3.1.2 Popis přístroje

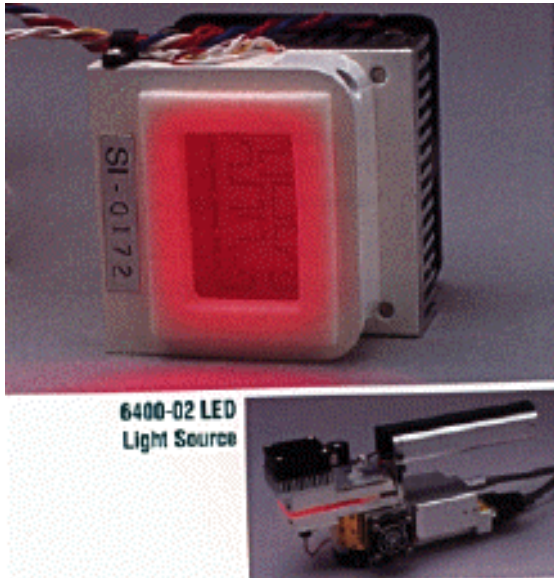
Základem systému je ovládací panel a komora na list obsahující čidla. Listová komora je hermetizována pro zabránění kontaktu listu s atmosférickou H₂O nebo CO₂ a zároveň nejsou nijak extrémně deformovány hlavní žilky listu. Rovnoběžně s plochou listu je umístěn světelný PAR senzor, tepelný článek a řízený ventilátor. Komora obsáhne listový povrch větší než 6 cm² a má zabudovaná čidla pro monitorování světla, teploty, hodnoty H₂O a CO₂.



Obr. č. 8: Přístroj LI-6400

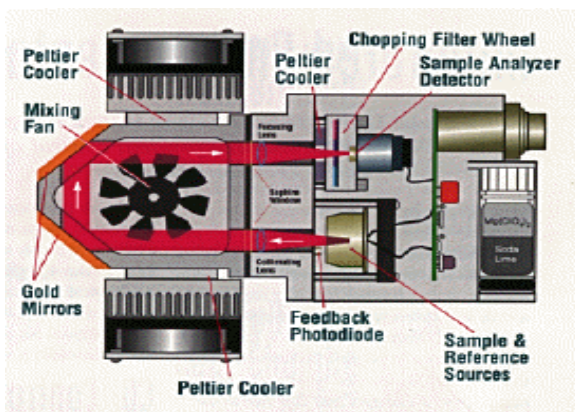
Všechny parametry mohou být přesně kontrolovány k přesnému vytváření a simulaci enviromentálních podmínek. Například teplota v měřící komoře je kontrolována Peltierovými chladiči a umožňuje uvnitř měnit úroveň teploty vzduchu o ± 6 °C. Světlo může být

přizpůsobeno úrovni od 0 na více než 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, stejně tak i CO_2 od 0 do 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Umělé světlo má optimální spektrální složení a je produkováno chladným zdrojem (typ LED, 670 nm). Vybrané úrovně CO_2 jsou zásobovány injektorem CO_2 . Mohou být vybrány různé kombinace světla a úrovní CO_2 . Vnější světlo v rozsahu PAR dopadající do komory může být také měřeno optickým senzorem.



Obr. č. 9: Zdroj LED světla

Základním a významným rysem LI 6400 je to, že CO_2 a H_2O infračervené analyzátoři jsou umístěny přímo ve snímací hlavici namísto ve vlastní aparatuře. Minimální vzdálenost mezi prostředím listu a analyzátořem umožňuje rychlejší měření jak CO_2 tak H_2O , které tak mohou být zobrazeny ve skutečném čase. Dva červené analyzátoři, jejichž zprůměrované hodnoty měří absolutní CO_2 a H_2O , mohou být konfigurovány i pro srovnávací měření. Měřené složky CO_2 a H_2O jsou odstíněny od jiných IR absorbujících složek referenčním měřením na vlnové délce 4.1 mikronů (CO_2) a 2.4 mikronů. Tímto způsobem analyzátoři eliminují šum pozadí.

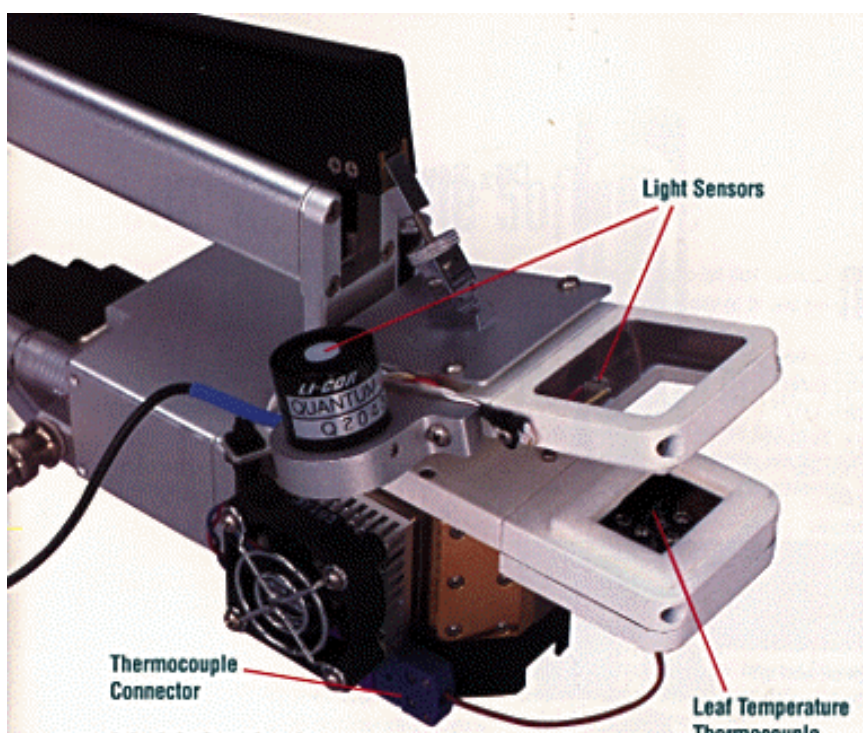


Obr. č. 10: Schéma komory LI-6400

Všechny vnější parametry mohou být monitorovány a kontrolovány základní jednotkou. Instrukce jsou vkládány prostřednictvím ASCII klávesnice. Základní jednotka je založena na mikroprocesoru Intel 80C188. Generovaná data mohou být ukládána do interní paměti systému (1MB) nebo častěji na harddisk nebo načteny skrz RS-232C port. Systém je poháněn čtyřmi 12 V bateriemi o kapacitě 4-8 hodin.

3.1.3 Funkce LI-6400

Li-cor 6400 je otevřená konstrukce. CO_2 a H_2O z přicházejícího vzduchu jsou nejdříve upraveny CO_2 pračkou ($\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$), vysušeny a přemístěny do základní jednotky. Proud vzduchu vstupující do měřicí hlavice může být suchý nebo vlhký. Kontrola vlhkosti vzduchu je kritická z hlediska rychlé reakce průduchů na vzdušnou vlhkost.



Obr. č. 11: Světelné a teplotní senzory

Zařízení používá dvě možnosti regulace CO_2 koncentrací. Jedna je redukcí úrovní CO_2 v přicházejícím vzduchu, druhá za použití obohacování CO_2 z tlakového zásobníku.

3.2 Měření světelného toku

Na 3 různá stanoviště v místnosti, kde byly umístěny orchideje *Macodes petola* byla rozmístěna 3 čidla. V průběhu dne pak byli v 5-ti minutových intervalech zaznamenávány hodnoty světelného toku a zprůměrovány. Měření byla opakována v průběhu čtyř po sobě jdoucích dnech. Výsledné hodnoty pak byly vyhodnoceny na počítači a zpracovány graficky.

Všechna stanoviště byla orientována na jihovýchod. První ze stanovišť bylo v poloze přibližně jednoho metru od okna. Druhé tři metry a třetí jeden metr a půl, ale v zástinu v rohu místnosti.

Pozorování vlivu světla na růst rostlin probíhalo během jednoho měsíce (květen), kdy byly rostliny přemísťovány na tato stanoviště.

3.3 Analýza transpiračních křivek

Analýza transpiračních křivek, založená na vážení odříznutých částí rostlin nám umožňuje určit průběh (dobu trvání a intenzitu) obou transpiračních fází - stomatární a kutikulární a jejich vzájemný poměr.

Rostlinu *Macodes petola* přeneseme rychle po předchozím předvážení do prostoru analytických vah vyložených vlhkým filtračním papírem. Rostlinu velmi opatrně zavěsíme na háček umístěný na misce analytických vah. Při zavěšování je nutné počítat s tím, že během doby bude rostlina vadnout a mohla by se dotýkat některé nepohyblivé části analytických vah. Poté provedeme sérii vážení v časech 0 (čerstvá hmotnost), 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80 minut. Po skončeném vážení dáme rostlinu do příštího dne v otevřené hliníkové vysoušečce sušit při 90°C. Analýzu transpiračních křivek (SLAVÍK 1965) provedeme s výhodou na počítači.

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

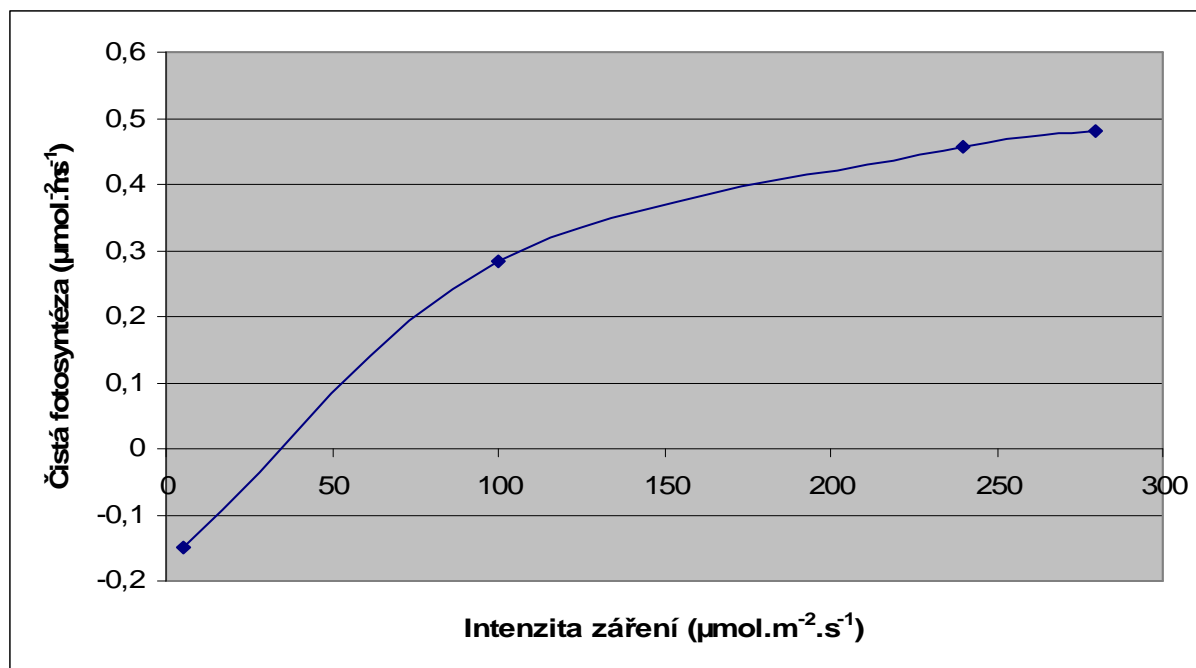
4.1 Fotosyntéza

Tab. č. 3: Zaznamenání hodnot fotosyntézy a transpirace pomocí přístroje Li-cor 6400 se zářením LED světlem o různých intenzitách o různých časových délkách

Měření č.	čas	LED (μmol)	Fotosyntéza	Photo (data)	Vodivost průduchů	Transpirace
				$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$		mmol
4	12:09:11	5	-0,148	-0,2018182	-0,00877	-0,0487
1	11:49:25	100	0,284	0,38727273	-0,014	-0,0905
2	11:55:42	240	0,457	0,62318182	-0,0108	-0,064
3	12:04:17	280	0,48	0,65454545	0,000322	0,00189

Fotochemický proces spočívá v aktivaci systému absorbovaným kvantem světla, v aktivaci jednotlivé vazby nebo skupin vazeb v dané molekule. Energií potřebnou k aktivaci molekuly je možno určit z absorpce spektra (ŠEBÁNEK 1983).

Graf č. 2: Výsledné hodnoty u působení LED světla

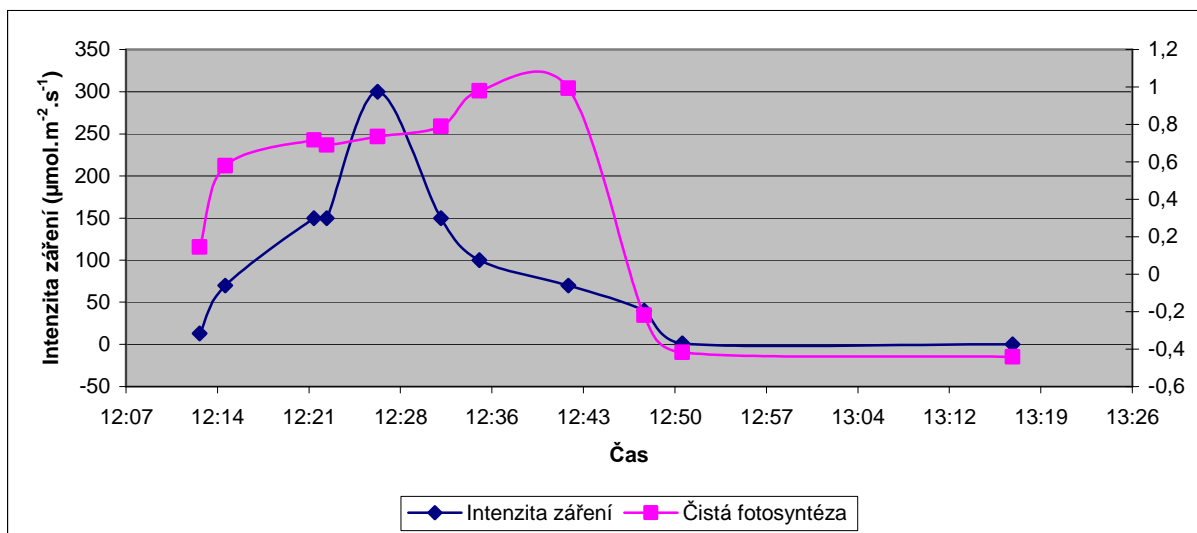


Z grafu je patrné, že čistá fotosyntéza v průběhu času, se zvyšováním intenzity LED světla neustále rostla. V bodě intenzity záření $100 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, kdy intenzita fotosyntézy dosahuje hodnot $0,3 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ je zřejmé, že s postupným přidáváním LED záření intenzita přírůstku fotosyntézy sice stále roste, ale růst nestoupá stejným postupem, ale zpomalí se.

Tab. č. 4: Výsledné hodnoty při světelném působení umělého zdroje světla

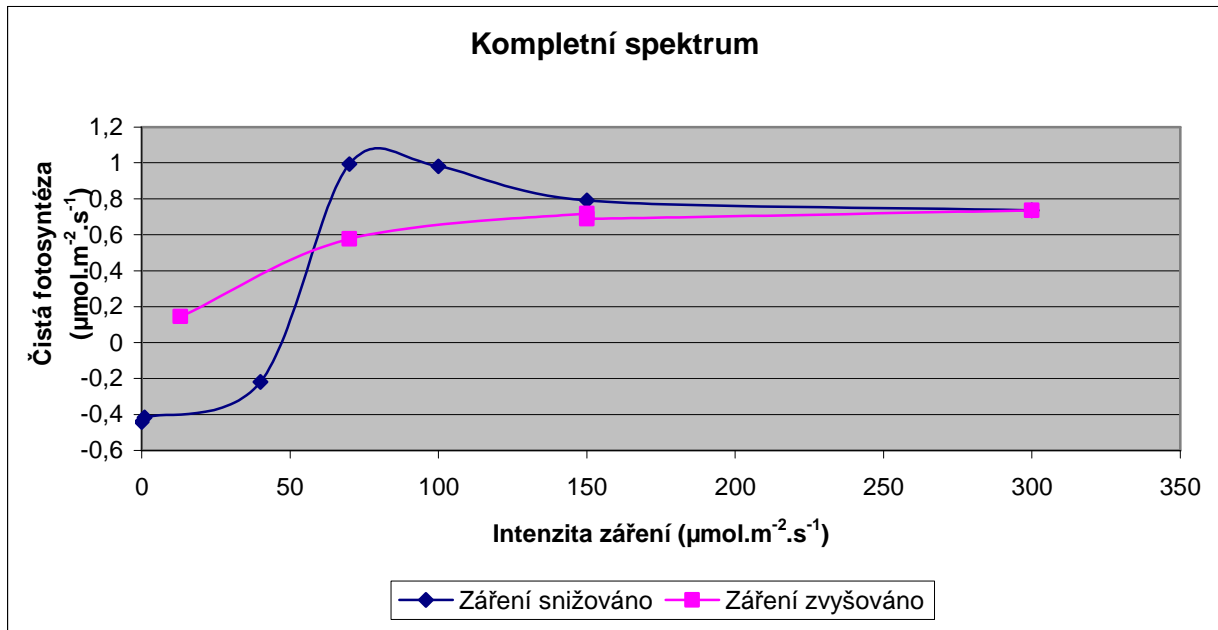
Měření č.	čas	ozáření celé spektrum	intenzita Fotosyntézy	Photo (data)	Vodivost průduchů	Transpirace
		$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$		$\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$
5	12:13	13	0,14590909	0,107	-0,00146	-0,0083
6	12:15	70	0,57818182	0,424	-0,00508	-0,0294
7	12:22	150	0,71727273	0,526	0,00327	0,0202
8	12:23	150	0,69	0,506	0,00158	0,0097
9	12:27	300	0,73636364	0,54	0,00179	0,011
10	12:32	150	0,79090909	0,58	0,00845	0,0528
11	12:35	100	0,98045455	0,719	0,00566	0,0359
12	12:42	70	0,99409091	0,729	0,0023	0,0141
13	12:48	40	-0,21954545	-0,161	-0,0033	-0,0191
14	12:51	1	-0,41727273	-0,306	-0,00211	-0,0115
15	13:17	0	-0,44181818	-0,324	-0,00178	-0,0111

Graf č. 3: Závislost fotosyntézy na intenzitě umělého zdroje světla (LED, 670 nm)



Tento graf znázorňuje, jak při různé intenzitě záření umělého zdroje světla probíhala v časové řadě čistá fotosyntéza. Je patrné, že s rostoucí intenzitou světla rostla i fotosyntéza a s postupným snižováním zase docházelo k postupnému úpadu fotosyntézy. Reakce však není lineární, při dosažení maximální hladiny ozáření a sice na $300 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ už fotosyntéza nereagovala a zůstala na stejné úrovni, naopak při postupném snižování na 150 a $100 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ začala opět růst. Při dosažení $50 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ tak nastal přímý pád a šokové snížení čisté fotosyntézy.

Graf č. 4: Kompletní spektrum



Z tohoto grafu, stejně jako z předešlého je možné vypočítat, že při zvyšování intenzity záření dochází k postupnému růstu fotosyntézy až do bodu 300 µmol.m⁻².s⁻¹, kde se fotosyntéza zastavuje na stejné velikosti. S postupným snižováním intenzity je opět vidět nárůst fotosyntézy a v bodě 50 µmol.m⁻².s⁻¹ je vidět opětovný příkrý pokles.

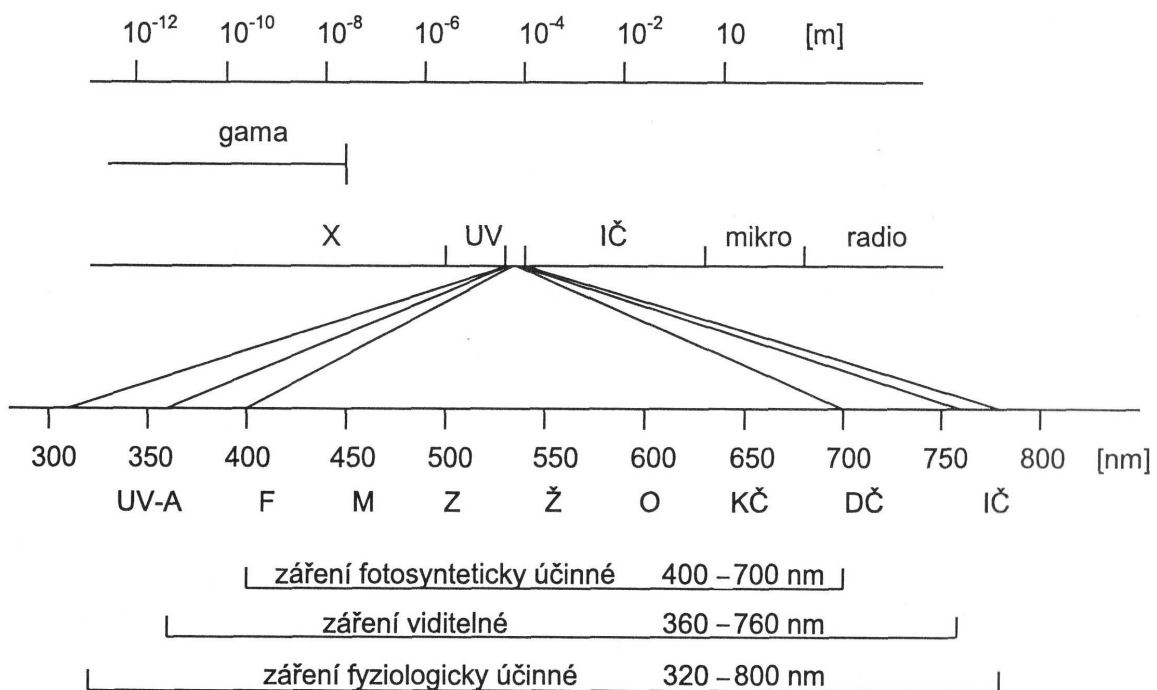
Tab. č. 5: Závislost čisté fotosyntézy jednotlivých listů na světle při optimální teplotě a přirozené koncentraci CO₂ ve vzduchu. Měření uváděno podle mnoha autorů (LARCHER 1995)

Skupina rostlin	Kompenzační intenzita světla I _k (klx)	Nasycení fotosyntézy světlem I _s (klx)
Byliny:		
Zemědělské plodiny	1,0 – 3,0	přes 80
Heliofyty	1,0 – 2,0	30 – 80
Sciofyty	1,0 – 2,0	50 – 80
Dřeviny:	0,2 – 0,5	5 – 10
Opadavé listy a keře		
slunné listy	1,0 – 1,5	25 – 50
stinné listy	0,3 – 0,6	10 – 15
Stálezelené listnáče a jehličnany		
slunné listy	0,5 – 1,5	20 – 50
stinné listy	0,1 – 0,3	5 – 10
Kapradiny v podrostu	0,1 – 0,5	2 – 10
Mechy a lišejníky	0,4 – 2,0	10 – 20

pozn. přepočítání denního světla přibližně v rozsahu PAR: 4,6 W.m⁻² = 18 klux

Podle LARCHERA začíná fotochemický proces, když chloroplasty zachytí fotosynteticky využitelné záření. Ve světlém řízených reakcích jsou zapojeny dva systémy pigmentů.

Fotosystém I se skládá z řady pigmentů, které mají přesné strukturní uspořádání; převládající složkou mezi nimi je chlorofyl *a* (poměr chlorofylu *a* ke chlorofylu *b* je asi 6:1 až > 10:1). Reakčním centrem systému je chlorofyl-*a*-bílkovinový komplex s maximem absorpce při 700 nm – odtud jiné označení tohoto komplexu: P₇₀₀. Poměr veškerého chlorofylu k P₇₀₀ je asi 300:1 u bylin, okolo 450:1 u listnatých stromů a 600 – 1500:1 u stálezelených jehličnanů. Fotosystém II obsahuje větší podíl chlorofylu *b* (poměr *a*:*b* je 1,2 až 2:1) a chlorofyl-*a*-bílkovinový komplex s maximální absorpcí při 680 nm.



Obr. č. 12: Spektrum elektromagnetického záření

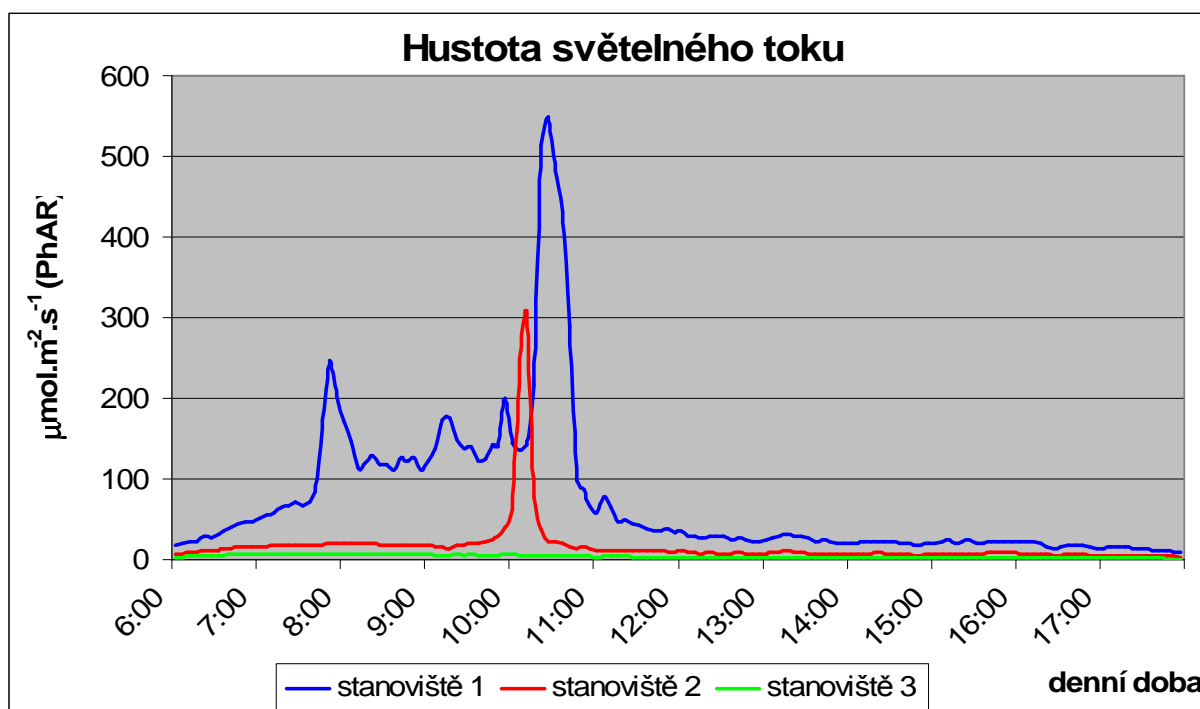
Ve fyziologii a ekologii rostlin je fyziologicky účinné elektromagnetické záření obvykle označováno a definováno dvěma způsoby: 1) jako fotosynteticky účinné záření (PAR – photosynthetic active radiation) o rozsahu vlnových délek 400-700 nm a 2) jako „světlo“ nebo fyziologicky účinné, zahrnující blízkou oblast ultrafialového záření, viditelné záření a blízkou oblast infračerveného záření o rozsahu vlnových délek 320-800 nm. Toto druhé pojetí se uplatňuje hlavně ve fyziologii vývoje. Světlo viditelné lidským okem je oblast elektromagnetického záření vymezená vlnovými délkami asi 360 a 760 nm (LUŠTINEC, ŽÁRSKÝ 2003).

Částice, představující elementární kvantum energie záření, nazýváme fotony. Každý foton působí chemickou změnu jen v jedné molekule. Počet aktivovaných molekul, vzniklých absorpcí energie, závisí na energii některých druhů záření. Například ultrafialové paprsky mají energii 6,17 eV, modrozelené 2,47 eV, oranžové 2,06 eV, červené 1,76 eV a infračervené 1,23 eV (ŠEBÁNEK 1983).

4.2 Měření světla na stanovišti pěstovaných rostlin *Macodes petola*

Různé světelné podmínky pěstovaných rostlin *Macodes petola* na různých místech během časové řady v průběhu dne. Světlo bylo zaznamenáváno od časných ranních hodin až po pozdní odpolední hodiny, kdy už světelné záření pozbývá na účinku.

Graf. č. 5: Hustota světelného toku



Tento graf znázorňuje, že působení světla na stanovišti číslo 3 bylo po celý den na téměř stejné úrovni. U stanoviště číslo 2 už byl zaznamenán výrazný rozdíl v době mezi 10 a 11 hodinou ránní, kdy zřejmě polední světlo dosáhlo tohoto stanoviště. Posledním stanovištěm bylo číslo jedna. U toho je možné zpozorovat různé výkyvy během dopoledních hodin.

4.2.1 Vyhodnocení růstu *Macodes petola* na různých stanovištích

Na stanovišti číslo jedna nám známky přesvícení prokázalo zbarvení listů rostlin do světle zelena. Rostlinám tak chybělo jejich přirozené prostředí a důsledkem toho bylo zastavení růstu. Na druhém bylo vše v normálu a na posledním třetím se u rostlin neprojevil nedostatek světla a jejich růst tím nebyl poznamenán.

4.3 Transpirace

Tab. č. 6: Výsledky destrukční metody transpirace (Analýza transpiračních křivek)

Listová plocha: 18,828cm ²		List po vysušení: 0,0561 g	
Tabulka intervalů:			
minut	hmotnost	vlhkost %	teplota
0	0,6007		20,2°C
3	0,6004	66,30%	20,1°C
6	0,6002	65,40%	20,2°C
9	0,6000	64,40%	20,1°C
12	0,5998		
15	0,5997	63,90%	
20	0,5995	63,50%	
25	0,5993		
30	0,5991		
35	0,5988		
40	0,5986	63,90%	
50	0,5981		
60	0,5977		
70	0,5972	64,40%	
80	0,5968		

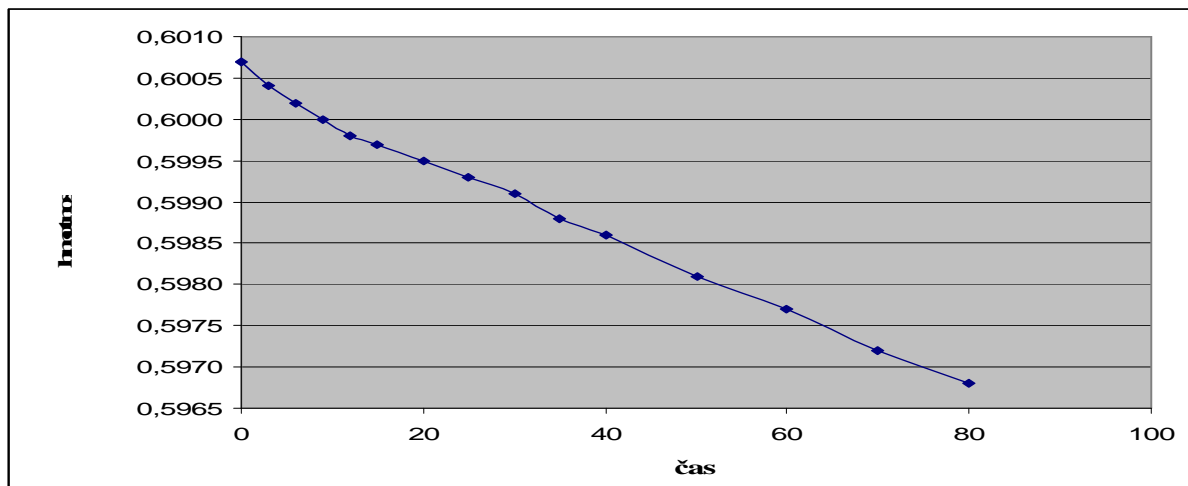
Celková transpirace = 0,1532 mg.g⁻¹.min⁻¹

Kutikulární transpirace = 0,0838 mg.g⁻¹.min⁻¹

Stomatární transpirace = 0,0694 mg.g⁻¹.min⁻¹

Stomatární transpirace, je taková, kdy se voda v plynném skupenství odpařuje z tenkostěnných buněk houbového parenchymu listů do nápadně vyvinutých mezibuněčných prostor a difúzí se uvolňuje skulinami průduchů do prostředí a kutikulární, u níž jde o odpařování vody celým povrchem listů přes kutikulu. Kutikulární transpirace je zlomkem celkové transpirace rostliny (KINCL, FAUSTUS 1975).

Graf č. 6: Průběh transpirace



Z grafu je patrné, jak v průběhu časové řady (0, 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80 minut) postupně klesala hmotnost listu. To bylo způsobeno postupným odpařováním vody.

Transpirace jako každý fyziologický proces závisí na různých podmínkách, ať již vnitřních či vnějších.

Poranění rostlin transpiraci zvyšuje. Odříznuté rostlinné části v prvních minutách zvyšují transpiraci, ale ta se pak snižuje, což souvisí s uzavřením průduchů. Například odříznutá a zaparafinovaná stébla jarního ječmene (*Hordeum vulgare*) udržovaná při 27 °C, 55 % relativní vzdušné vlhkosti s rovnoměrným osvětlením 3500 luxů (rostliny byly pěstovány při 60 % maximální vodní kapacitě) transpirovala takto:

Tab. č. 7: Průběh transpirace jarního ječmene

Intervaly v minutách	Transpirace v miligramech vody na 100 g čerstvé rostlinné hmoty
5	872
10	752
15	762
20	752
25	733
30	733
35	558
40	454
45	384
50	349

Velmi důležitým faktorem intenzity transpirace jsou průduchy (stomata), kterými se voda vypařuje do ovzduší. Výdej vody průduchy do ovzduší se nazývá stomatární transpirací, výdej kutikulou pokožky kutikulární transpirací. Ta tvoří u vyvinutých starších listů 1/10 – 1/20 stomatární transpirace, u slabých listů se slabou kutikulou 1/4 – 1/2. Kutikulární transpiraci ovlivňuje pokles vlhkosti vzduchu (např. snížením vzdušné vlhkosti z 95 % na 50 % se kutikulární transpirace zvýší 5 – 6krát).

4.3.1 Vlivy působící na transpiraci

Zvýšením teploty stoupne výpar a tím i transpirace. Při teplotě 0 °C je např. napětí vodní páry ve vzduchu 4,58 mm Hg (1 mm Hg = 1,33 Pa), při 10 °C 9,2 mm Hg a při 30°C 31,3 mm Hg. Jestliže bude relativní vzdušná vlhkost rovna 50 %, budou deficity napětí vodní páry při uvedených teplotách 4,6 mm; 9,8 mm, a 29,5 mm Hg.

Pro rostliny je důležitější zahřátí vlivem přímého osvětlení než pokles tlaku vodní páry v atmosféře. Listy kukuřice (*Zea mays*) vytranspirovaly ve tmě za jednu hodinu na 0,01 m²

listové plochy 97 mg vody, při rozptýleném světle již 114 mg vody a na přímém světle až 785 mg vody.

Dalšími faktory ovlivňujícími transpiraci jsou vítr, půdní faktory a další vnější faktory (ŠEBÁNEK 1983).

5. ZÁVĚR

Cílem práce bylo stanovení některých základních fyziologických parametrů orchideje *Macodes petola*, která se vyznačuje celou řadou anatomických i morfologických jedinečností a má i velmi specifické stanovištní požadavky. Její nejvýznačnější vlastností je schopnost využívat i velmi nízkých intenzit osvětlení v rozsahu PAR pro své fotosyntetické procesy. Tato vlastnost byla měřením potvrzena a již při ozáření 75 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v celém spektru PAR dosahovala fotosyntéza maximálních hodnot a při vyšší ozáření již docházelo k poklesu. Světelný kompenzační bod fotosyntézy se projevil již při ozáření okolo 50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Tato hodnota odpovídá energii záření v přepočtu asi 12 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ a patří v rostlinné říši k nejnižším. Rostlina může takto nízkých hodnot záření využívat jen díky specifickým, světlo koncentrujícím papilám.

Z hlediska vodního režimu je orchidej *Macodes petola* přizpůsobena růstu v oblastech se zvýšenou vzdušnou vlhkostí a také ji vyžaduje. Na druhou stranu praktickou zkušeností z pěstování lze potvrdit, že rozsah tolerance při dostatečně dlouhé době přizpůsobení je poměrně značný, i když na úkor rychlosti růstu.

Fyziologické parametry studované orchideje si zaslouží intenzivnější a podrobnější sledování. Rozsah výsledků této práce je do jisté míry omezen jednak dostupností aparatury Licor a jednak omezenými zdroji *Macodes petola* pro destruktivní měření, kdy značnou nevýhodou této rostliny je její velmi pomalý růst. Použití jiné, méně přesné, přístrojové techniky neposkytovalo vzhledem k nízké intenzitě fyziologických procesů sledovaného druhu použitelné výsledky.

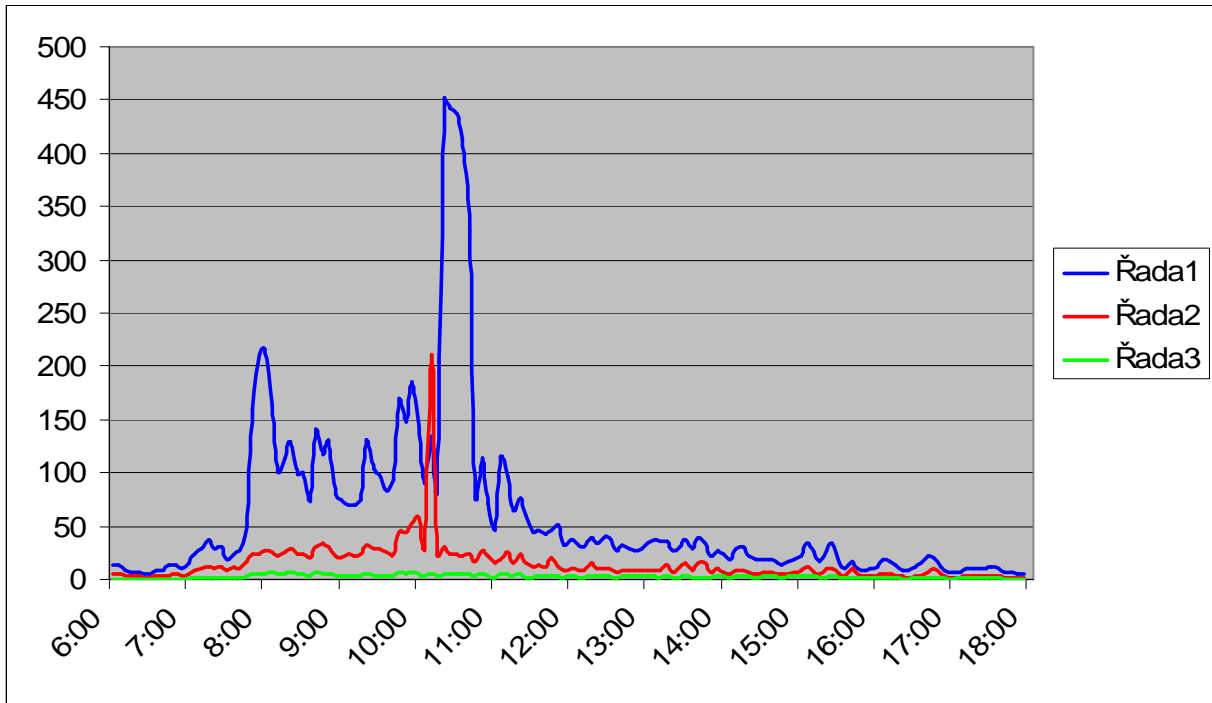
6. SEZNAM LITERATURY

1. HAAGER J. R. – OTTOVÁ R.: Orchideje v bytě, Praha, 1999
2. PROCHÁZKA, F. – VELÍSEK, V.: – Orchideje naší přírody, Academica, 1983
3. BUTTLER, K. P.: – Orchideje, Planě rostoucí druhy a poddruhy Evropy, Přední Asie a severní Afriky, Knižní klub, Praha, 2000
4. DUŠEK, J. – KŘÍSTEK, J.: – Orchideje, Československá akademie věd, 1986
5. HUGHES, J.: – Velká obrázková všeobecná encyklopedie, Svojtka&Co., 1999
6. BALOUNOVÁ, Z. – RAJCHARD, J.: – *Macodes petola* (Bl.) Lindl., ekologie a kultivace. Interorchid 2001, sborník referátů z mezinárodní konference, Brno 16. 3. - 17. 3., 2001
7. GILBERT, R.: – 200 POKOJOVÝCH ROSTLIN, Vydavatelství osveta, 1992
8. BROOKES, J.: – Příjemný život s rostlinami, Ikar, Praha, 1992
9. SLAVÍK, B. A SPOL.: – Metody studia vodního provozu rostlin, Nakladatelství Československé Akademie Věd, Praha, 1965
10. PŘIBYL, J. – BERGER, Z.: – Pokojové rostliny, Aventinum, Praha 1992
11. SLAVÍKOVÁ, J.: – Ekologie rostlin, Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1986
12. LARCHER, W.: – Physiological Plant Ecology, Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups, Third Edition, Springer, 1995
13. HAAGER, J.: – Pokojové rostliny, Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha, 1992
14. STEIN, S.: – Množení rostlin pro dům a zahradu, Příroda, Bratislava, 2000
15. SOUKUP, MATOUŠ A KOL.: – Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví, Státní zemědělské nakladatelství, 1979
16. BÖHM, Č.: – Okrasná zahrada a její rostliny, Státní zemědělské nakladatelství, 1987
17. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR: Situační a výhledová zpráva – Okrasné rostliny, 2005
18. <http://www.orchidspng.com/Macodes.html>
19. ČAČKO, L.: – Magazín Koktejl, duben 2002
20. SAXTON Fresh Flower Book , The John Henry Copany , Lansing , MI , 1986
<http://www.hort.vt.edu/faculty/McDaniel/hort2164/R8WorldCutFlowerTrade.htm>
21. <http://www.hort.vt.edu/faculty/McDaniel/hort2164/R8WorldMap.htm>
22. <http://www.ilo.org/public/english/dialogue/sector/papers/ctflower/139e4.htm>
23. HEGER, P.: – <http://orchidej.wz.cz/>

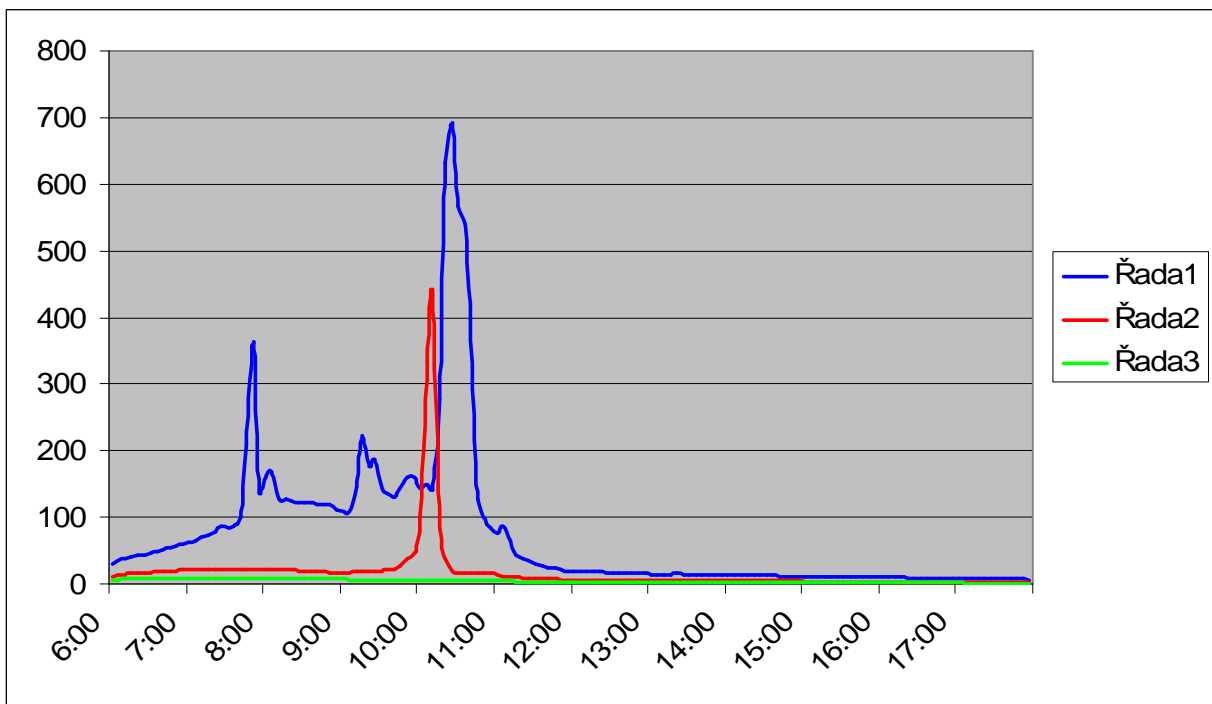
- 24.** <http://www.orchidphotos.org/images/orchids/speciesV2/Macodes/macodespetola1>
- 25.** KINCL, M. – FAUSTUS, L.: – Základy fyziologie rostlin, Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1975
- 26.** ŠEBÁNEK, J. a KOL.: – Fyziologie rostlin, Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1983
- 27.** LUŠTINEC, J., ŽÁRSKÝ, V.: – Úvod do fyziologie vyšších rostlin, Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum Praha, 2003

7. PŘÍLOHA

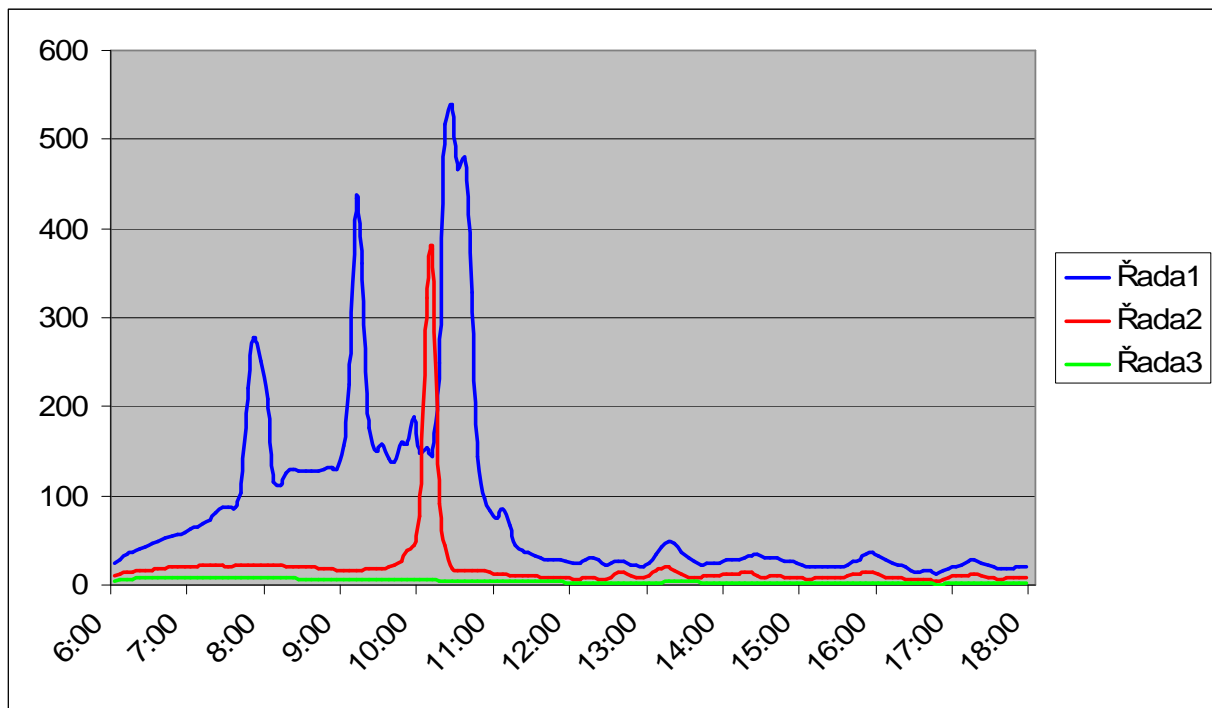
Graf č. 7: Měření světelného toku ze dne 29.5.



Graf č. 8: Měření světelného toku ze dne 30.5.



Graf č. 9: Měření světelného toku ze dne 31.5.



Graf č. 10: Měření světelného toku ze dne 1.6.

