

Mendelova univerzita v Brně

Zahradnická fakulta v Lednici



**Studium světelných zdrojů pro *in vitro* kultivaci
podnože 'Gisela 5'**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Eva Ondrušíková, CSc.

Vypracoval:

Bc. Michael Svoboda

Lednice 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Bc. Michael Svoboda**

Studijní program: Zahradnické inženýrství

Obor: Zahradnictví

Název tématu: **Studium světelných zdrojů pro in vitro kultivaci podnože Gisela 5**

Rozsah práce: 50

Zásady pro vypracování:

1. Problematika světelných zdrojů, které jsou využívány pro kultivaci rostlin in vitro, a která byla rozpracována v BP, bude rozšířena o další poznatky vlivu různých světelných zdrojů na vybrané rostlinné in vitro kultury.
2. V praktické části práce se student zaměří na výzkum vlivu vybraných světelných zdrojů pro in vitro kultivaci rostlin podnože Gisela 5 a to především na jejich vliv ve fázi multiplikace a kořenění rostlin in vitro. Gisela 5 je v současnosti žádaná podnož, v in vitro laboratoři Mendeleum-ústavu genetiky intenzivně množena. Je proto vhodné zaměřit se na zvyšování kvality produkce.
3. Práce bude souhrnem poznatků o úspěšnosti využívání světelných zdrojů pro in vitro kultivaci rostlin jak teoretických, tak výstupem praktickým.

Seznam odborné literatury:

1. RAZDAN, M K. *Introduction to plant tissue culture*. 2. vyd. Enfield: Science Publishers, 2003. 375 s. ISBN 1-57808-237-4.
2. PODEŠVA, J. – KUBÍN, Š. – VÉBER, K. *Využití umělého světla při pěstování rostlin*. 1. vyd. Praha: SZN, 1968. 220 s.
3. CYBULARZ-URBAN T., HANUS-FAJERSKA E., ŚWIDERSKI A. 2007: EFFECT OF LIGHT WAVELENGTH ON IN VITRO ORGANOGENESIS OF A CATTLEYA HYBRID, ACTA BIOLOGICA CRACOVENSIA Series Botanica 49/1: 113–118, 2007
4. HEMMING S., HEUVELINK E. Book of Abstracts 7th International Symposium on Light in Horticultural Systems. Wageningen: Light Sym, 2012, s. 140
5. Hsing-Cheng Hsu and Chiachung Chen 2010: THE EFFECT OF LIGHT SPECTRUM ON THE GROWTH CHARACTERISTICS OF IN VITRO CULTURES OF PHALAENOPSIS, Propagation of Ornamental Plants Vol. 10, 1, 2010: 3-8
6. Massa, G. D., Kim, H. H., Wheeler, R. M., & Mitchell, C. A. 2008. Plant productivity in response to LED lighting. HortScience, 43(7), 1951-1956.

Datum zadání diplomové práce: prosinec 2015

Termín odevzdání diplomové práce: květen 2017

L. S.


Bc. Michael Svoboda
Autor práce


Ing. Martina Kudělková
Vedoucí práce


doc. Mgr. Miroslav Baránek, Ph.D.
Vedoucí ústavu




prof. Ing. Robert Pokluda, Ph.D.
Děkan ZF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Studium světelných zdrojů pro *in vitro* kultivaci podnože 'Gisela 5'** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Lednici

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomáhali při zpracování této diplomové práce. Zvláštní dík patří vedoucím práce, Ing. Evě Ondrušíkové CSc., a Ing. Martině Kudělkové, za odborné vedení a ochotu spolupráce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu a rady po celý čas vysokoškolského studia.

OBSAH

1 ÚVOD	10
2 CÍL PRÁCE	11
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1 Světelné zdroje	21
3.1.1 Úvod do světelných zdrojů	12
3.1.2 Základní definice a vliv světla	12
3.1.3 Druhy umělého přisvětlování	14
3.1.4 Konstrukce umělého osvětlování	19
3.2 Problematika u podnoží třešní	21
3.2.1 Systematické zařazení	21
3.2.2 Cizojazyčné názvy	22
3.2.3 Klasifikace dle skupin	22
3.2.4 Původ	22
3.2.5 Morfologie	23
3.2.6 Výběr stanoviště	23
3.2.7 Opylovací poměry	24
3.2.8 Problematika intenzivního pěstování třešní	24
3.2.9 Významné podnože u třešní v ČR	24
3.2.10 Odrůdy v ČR využívané pro intenzivní výsadby	26
3.3 Vliv světelných zdrojů na rostliny	27
3.3.1 Optimalizace spektrální kvality pro rostlinný růst a vývoj	27
3.3.2 Kontrolovaný růst rostlin	28
3.3.3 Pěstování rajčat pod LED	29
3.3.4 Využití UV LED záření ve skleníkové výrobě	30
3.3.5 Výhody LED u vertikálního pěstování zeleniny	31
3.3.6 Vliv LED osvětlení v kulturách <i>in vitro</i>	32

4 MATERIÁL A METODY	34
4.1 Laboratoř	34
4.2 Výběr a popis materiálu	35
4.3 Příprava rostlinného materiálu	35
4.4 Složení médií	37
4.5 Založení pokusu	39
4.6 Průběh pokusu multiplikace	42
5 VÝSLEDKY	43
5.1 Výsledky multiplikace	43
5.2 Výsledky zakořeňování	48
6 DISKUSE	53
7 ZÁVĚR	55
8 SOUHRN A RESUME, KLÍČOVÁ SLOVA	57
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59

Seznam tabulek

Tabulka č. 1, výsledky multiplikace pod variantou s převažujícím červeným spektrem (SVOBODA, 2017)

Tabulka č. 2, výsledky multiplikace pod variantou s převažujícím UV zářením (SVOBODA, 2017)

Tabulka č. 3, výsledky multiplikace pod variantou s převažujícím červeným a modrým spektrem (SVOBODA, 2017)

Tabulka č. 4, počty rostlin u kontrolní varianty (SVOBODA, 2017)

Tabulka č. 5, časový pohled na založení a průběh pokusu zakořeňování (SVOBODA, 2017)

Seznam grafů

Graf č. 1, vývoj podílu odrůd uznaných pro školkařskou produkci u třešňi od roku 2007 až po rok 2012 (<http://ukzuz.cz>)

Graf č. 2, porovnání počtů rostlin mezi jednotlivými variantami ve všech opakováních (SVOBODA, 2017)

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Podnož *Gisela 5* (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 2 Příprava odběru rostlinného materiálu pro multiplikaci (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 3 Rostlinný materiál po odběru na variantu zakořeňování (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 4 A varianta LED osvětlení číslo 1 (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 4 B varianta LED osvětlení číslo 2 (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 4 C varianta LED osvětlení číslo 3 (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 5 A varianta 1 ihned po založení pokusu multiplikace 27.5.2016 (SVOBODA 2016)

Obrázek č. 5 B varianta 2 ihned po založení pokusu multiplikace 27.5.2016 (SVOBODA 2016)

Obrázek č. 5 C varianta 3 ihned po založení pokusu multiplikace 27.5.2016 (SVOBODA 2016)

Obrázek č. 6 A, varianta číslo 1 (červené spektrum) po ukončení cyklu multiplikace (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 6 B, varianta číslo 2 (UV spektrum) po ukončení cyklu multiplikace (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 6 C, varianta číslo 3 (červené a modré spektrum) po ukončení cyklu multiplikace (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 7 A, varianta číslo 1 po skončení cyklu zakořeňování (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 7 B, varianta číslo 2 po skončení cyklu zakořeňování (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 7 C, varianta číslo 3 po skončení cyklu zakořeňování (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 8 A, varianta číslo 1 po skončení cyklu zakořeňování, detail na výšku rostlin (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 8 B, varianta číslo 2 po skončení cyklu zakořeňování, detail na výšku rostlin (SVOBODA, 2016)

Obrázek č. 8 C, varianta číslo 3 po skončení cyklu zakořeňování, detail na výšku rostlin (SVOBODA, 2016)

1 ÚVOD

Podnož 'Gisela 5' je jedna z nejvýznamnějších podnoží, využívaných v intenzivních výsadbách u třešní. Jedním ze způsobů jejího rozmnožování je vegetativní rozmnožování v podmínkách *in vitro*.

Mezi hlavní faktory ovlivňující kultivaci rostlin v *in vitro* podmínkách patří umělé přisvětlování. Nejnovějším trendem v oblasti světelných zdrojů je technologie LED, která je mezi uživateli preferována zejména kvůli své dlouhé životnosti, podstatně menší spotřebě elektrické energie a díky možnostem kombinování světelného spektra.

Do nedávna se k přisvětlování rostlin využívaly žárovky a halogenové výbojky. Do dnes se využívají zejména zářivky, ale v posledních letech se dostává do popředí pokroková technologie LED osvětlení. Je klíčové zabývat se studiem těchto světelných zdrojů a jejich vlivu na rostliny, a to nejen kvůli snížení spotřeby elektrické energie a zvýšení životnosti, ale také i z hlediska kvality rostlinného materiálu, pro který je světlo nezbytné. Při rozpoznání správného světelného spektra, můžeme zlepšit kvalitu namnoženého materiálu a zároveň snížit náklady společností, které se zabývají touto pěstitelskou činností. Právě tato problematika je zkoumána v této diplomové práci.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je důkladně prozkoumat problematiku světelných zdrojů, které jsou využívány pro kultivaci rostlin v *in vitro* podmínkách. První část této diplomové práce se zabývá rozšířením poznatků o světelných zdrojích, problematice podnoží u třešní a rozšířením poznatků o vlivu LED osvětlení na rostliny nejen v *in vitro* podmínkách.

Tyto znalosti jsou následně převedeny do praxe v druhé části diplomové práce, která je zaměřena na konkrétní vlivy vybraných světelných zdrojů při *in vitro* kultivaci rostlin podnože 'Gisela 5', a to především na jejich vliv ve fázi multiplikace a zakořeňování rostlin v *in vitro* podmínkách.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Světelné zdroje

3.1.1 Úvod do světelných zdrojů

Všestranným studiem nedostatečného a často nežádoucího vývoje rostlin v *in vitro* kulturách bylo zjištěno, že limitujícím faktorem bývá nejčastěji světlo, jelikož vlhkost prostředí, teplotu nebo výživu rostlin dokážeme upravit podle známých požadavků jednotlivých druhů (PODEŠVA a kol., 1969). U světla se zatím dokázalo určit jen zlomek požadovaných hodnot.

Ekonomickým důsledkem této nevědomosti bývá v praxi nízký výnos organické hmoty (biomasy), špatný růst kořenů, nevýrazná barva, nebo velmi nepravidelná tvorba kalusu. Hlavním ekonomickým důsledkem je však spotřeba el. Energie. Proto se v posledních 50 letech zkoušely různé zdroje umělého světla k ozařování kultur, a to s různým úspěchem. U každé rostliny má totiž využití umělého světla jiný fyziologický účinek na její vývoj (PODEŠVA a kol., 1969).

3.1.2 Základní definice a vliv světla

Termín „světlo“

Termín „světlo“ který běžně využíváme označuje rozmezí vlnových délek elektromagnetického záření viditelné lidským okem, které se udává v hodnotách cca 380-770 nanometrů (nm). U rostlin je hodnota podporující jejich růst a fotosyntézu velmi podobná, pohybuje v rozmezí 400-700 nanometrů (ALBRIGHT, 2011). Těmto hodnotám se říká fotosynteticky aktivní radiace, zkratkou FAR. Světelné zdroje (popřípadě sluneční světlo) však toto rozmezí přesahují. Rozlišujeme záření ultrafialové (menší než 400nm) a infračervené (větší než 700nm), právě tyto typy záření jsou v posledních 20 letech velmi podrobně zkoumány (ALBRIGHT, 2011), jelikož mají vliv na různé vlastnosti u rostlin (chuť, vůně, vybarvení, délka kořenů), včetně kultur *in vitro* (barva, zakořeňování, multiplikace).

Světlo je zdrojem energie, umožňuje asimilaci CO₂ a jeho přeměnu v glycidy a další organické látky. Vliv světla tedy úzce souvisí s výživou. Vyhovuje-li intenzita a délka osvětlení, pak je umožněn optimální průběh růstu, vývoje a organogeneze rostlin (PODEŠVA a kol., 1969).

Světlo přímé a rozptýlené

Světlo dále rozlišujeme na světlo přímé a rozptýlené. Přímé světlo dopadá kolmo na plochu listových čepelí a rozumíme jím především světlo sluneční. Mívá obvykle vysokou intenzitu záření a infračervená složka často působí na přehřívání listů.

Naproti tomu světlo rozptýlené obsahuje více žlutočervených paprsků (50-60 %) s nižší energií a rostliny v něm rostoucí tvoří podstatně více glycidů. Proto i pod kouřovou clonou měst dokážeme vypěstovat relativně kvalitní zeleninu.

Z celkového množství fotosynteticky aktivního světla, které dopadá na listovou plochu, bývá pro fotosyntézu využito pouze 0,8-8 %, rozdíly jsou individuální podle druhu rostliny a odrůdy. Stejně tak jako pro ostatní faktory tak i pro světlo platí, že se vzrůstající intenzitou či koncentrací klesá jejich využití (PODEŠVA a kol., 1969).

Absorpce světla pigmenty

Rostliny obsahují některé pigmenty, které jim slouží k absorpci světla a jeho následného využití v energetických procesech u fotosyntézy. Řadíme mezi ně chlorofyl *a*, chlorofyl *b*, kryptochromy, fytochromy, karotenoidy. Každý z těchto pigmentů dokáže za určité světelné délky absorbovat jiné množství světla. Díky nedávným výzkumům jsou nyní k dispozici grafy, ukazující jednotlivé pigmenty a jejich absorpční spektrum. Díky těmto poznatkům bylo zjištěno, že pro fotosyntézu jsou nejdůležitější pigmenty chlorofyl *a* a chlorofyl *b*.

Současná teorie však tvrdí, že kromě absorpčního spektra je nutné sledovat i tzv. „akční spektrum“, které udává množství kyslíku vyprodukovaného rostlinou vystavené určité vlnové délce. Podle akčního spektra lze usoudit, že každý pigment sloužící k absorpci světla má jinou účinnost při přeměně světelné energie na produkty fotosyntézy. Například „modrý“ foton dokáže absorbovat více světelného záření než foton „červený“, avšak oba dva vyprodukují stejné množství výsledných produktů

fotosyntézy. Tato teorie nás nutí vybírat zdroje umělého osvětlení dle dat ze spektrografu, který dokáže zobrazit produkovanou délku umělého osvětlení (ALBRIGHT, 2011).

Trofický a formativní vliv světla na rostlinu

U viditelného světla všeobecně rozlišujeme dva základní typy vlivů na rostlinu. Prvním je trofický vliv, ten se vztahuje především na výživu prostřednictvím světelného záření, zejména asimilaci vzdušného CO₂ při fotosyntéze a na výstavbu glycidů, kde světlo dodává energii.

Druhým vlivem je vliv formativní. Ten nelze úplně zřetelně definovat, sumárně se projevuje tento vliv světla na morfogenním vývoji rostliny, na stavbě a na vývoji viditelných orgánů rostliny.

Kromě těchto dvou vlivů působících na rostlinu se projevuje ještě třetí, který záleží v indukci předpokladů k pohybům určitých orgánů rostliny. V této souvislosti je právě důležitý vliv světla na pohyby listových průduchů, na otevírání a na zavírání jejich dýchací štěrbin, což je taky významné pro vstup atmosférického CO₂ do mezibuněčných prostor asimilačního parenchymu (CALÁBEK, 1964).

Všechny 3 tyto hlavní vlivy světla na rostlinu působí většinou současně, zřídka odděleně. Oddělené působení se dá vypožorovat pouze u nižších rostlin, například u jednobuněčných řas, které průduchy nemají, nebo působí-li světlo na list dospělého plodícího rajčete, či okurky. U takových rostlin totiž nelze předpokládat formativní vliv. I v těchto případech však světlo působí na syntézu stimulačních nebo retardačních (brzdivých) látek v listech, a na jejich migraci (pohyby) do ostatních částí rostliny, jejíž generativní nebo vegetativní vývoj je jimi druhotně a často velmi specificky ovlivňován. Tímto je zaručen harmonický vývoj a účelná orientace rostliny v životním prostředí (CALÁBEK, 1964).

3.1.3 Druhy umělého přisvětlování

Umělý světelný zdroj přisvětlování je zařízení, které přeměňuje některou formu energie (dnes hlavně energii elektrickou) v energii zářivou. Každý takový zdroj vysílá jen paprsky jistých vlnových délek a množství vyzařované energie, připadající na

jednotlivé vlnové délky, se u zdrojů různého typu zpravidla značně liší (LEMAN, 1955). Obecně k umělému přisvětlování rostlin v praxi můžeme jako zdroje používat žárovky, zářivky, vysokotlakové rtuťové výbojky, LED diody, nebo speciálně upravené výše zmíněné druhy.

Žárovky

Žárovky jsou nejjednodušší a jednu dobu bývaly nejběžnější žárové světelné zdroje na světě. Vyznačují se jednoduchou konstrukcí a snadnou instalací, jelikož oproti jiným typům elektrických světelných zdrojů nevyžadují žádná předřadná zařízení. Při konstantním provozním napětí je jejich zářivý tok velmi stabilní a v průběhu nominální doby života se snižuje jen velmi pomalu. Doba života je u běžných typů iluminačních žárovek dostatečně dlouhá (1000 až 2000 hodin) a pořizovací náklady jsou nízké. Žárovky jsou v dnešní době zatím nejlevnější světelný zdroj, co se týká pořizovací ceny a údržby. Jejich nevýhoda je spotřeba elektrické energie na úkor výkonu (NĚMEC, ŠVIHÁLEK, 1950). Při používání žárovek je třeba dbát na tři základní pravidla:

1. Žárovky pro nízká napětí jsou účinnější než žárovky pro vyšší napětí (při stejném příkonu), neboť jejich vlákna jsou tlustší, takže je lze žhavit na vyšší teplotu
2. Životnost žárovek rychle klesá se zvyšujícím se počtem zapnutí a vypnutí
3. Žárovky, které se již dlouho používají, musí být chráněny pečlivěji před otřesy, než žárovky nové a taktéž bychom neměli zbytečně měnit jejich polohu

V dnešní době nahrazují klasické žárovky s wolframovým vláknem takzvané „LED žárovky“ které obsahují LED diodu ve stejné konstrukci, v jaké je umístěno vlákno klasické žárovky (MALINA, 2003).

Zářivky

Zářivky jsou nízkotlakové rtuťové výbojky s luminoforem, v nichž postupně dochází ke dvojí energetické přeměně. Nejdříve se výbojem ve rtuťových parách s velmi nízkým tlakem mění elektrická energie v ultrafialové záření s neobyčejně velkou účinností (okolo 60%) a zároveň se ještě malá část příkonu (2%) přeměňuje ve

viditelné záření s vlnovými délkami 404,7, 407,8, 435,8, 546,1, 577,0 a 579,1 nm. Tyto spektrální čárky jsou charakteristické pro každou rtuťovou výbojku a je v nich soustředěna největší část energie, vyzařovaná těmito výbojkami v oblasti FAR. Druhá energetická přeměna mění ultrafialové záření v záření viditelné prostřednictvím látek takzvaných luminoforů, nanesených v tenké vrstvě na vnitřní stěně výbojové trubice. Účinnost této přeměny závisí hlavně na vlnové délce sekundárního (viditelného) záření a taktéž na fyzikálních a chemických vlastnostech luminoforu. V optimálním případě může výsledná účinnost dosahovat u nejkvalitnějších výrobků 18-20% (KLÍNSKÝ, 1964).

Pořizovací cena zářivky a jejího příslušenství (objímky, tlumivka, startér, kondenzátory) je sice značná, avšak pracovní náklady jsou daleko nižší než u žárovek. K ekonomickému provozu přispívá i velmi vysoká životnost zářivek, která začíná u nejnižší kvality na 7000 hodinách (PODEŠVA a kol., 1969).

Dnešní typy zářivek se rozdělují do kategorií COOL-WHITE a WARM-WHITE, rozdělují se tak podle záření, které vyzařují. Na pěstování rostlin se nejčastěji využívá COOL-WHITE. Tento typ se dále rozděluje na typ s vysokým výkonem a velmi vysokým výkonem. Nejčastěji se využívají hlavně ve velkých pěstírnách. Ve sklenících se nevyžívají hlavně kvůli nízké kvalitě světla a také kvůli vysokému zastínění způsobené montáží příslušenstvím. Nejnovější typy zářivek se rozdělují podle jejich průměru, který se udává v jednotkách osmin palce. Například nejpoužívanější zářivky v pěstírnách T8 (má průměr 8/8 palce) a T12 (má průměr 12/8 palce).

Je velmi důležité mít na paměti, že výkon zářivek se projevuje na jejich teplotě. Nejnovější zářivky zapnuté na nejvyšší výkon dosahují teploty okolo 38°C (starší modely i 42°C). Proto je nezbytné mít v zařízeních s větším počtem zářivek dostatečnou klimatizaci z důvodu jejich možného přehřívání. K dalším důvodům patří i to, že vysoká teplota značně zkracuje jejich životnost (ALBRIGHT, 2011).

Vysokotlaké rtuťové výbojky s luminoforem

Vysokotlakové rtuťové výbojky s pracovním tlakem 0,5 až několik atmosfér patří mezi nejstarší známé typy výbojek. Vyznačují se čárovým spektrem, které je bohaté energií, zvláště v dlouhovlnné ultrafialové oblasti, a proto našly své uplatnění i v léčebných zařízeních, v chemickém průmyslu (jako zdroje budícího záření některých

fotochemických reakcí), ve vodárnách, v reprodukční technice i jinde. Jejich fotosyntetické účinné záření je soustředěno do spektrálních čar s určitými vlnovými délkami. Nejčastěji se vyrábějí v příkonech od 80 W až do 2000 W, pokud se využívají pro účely osvětlovací techniky tak musí mít ochranou baňku z měkkého skla pohlcujícího ultrafialové paprsky. Díky tomu, že mají velmi nepříznivé spektrální vlastnosti, využívají se především při osvětlování exteriérů, kde nejsou kladeny tak velké požadavky na věrohodnou reprodukci barev. Přes veškeré nevýhody si i nadále udržují své postavení v osvětlovací technice, a to hlavně díky své velké světelné účinnosti, která je oproti žárovkám až trojnásobná (PODEŠVA a kol., 1969).

Pokud jde však o fotosynteticky účinné záření, je účinnost vysokotlakých výbojek poměrně nízká. U výbojek bez luminoforu se na fotosynteticky účinné záření přemění jen asi 9,5 až 12,5 % z celkového příkonu elektrické energie. Přihlédneme-li ke spektrálním vlastnostem a k účinnosti a vezmeme-li v úvahu i absorpční spektrum nelze tyto výbojky považovat za zvláště výhodné v pěstitelské praxi (PODEŠVA a kol., 1969).

Z moderních vysokotlakových výbojek se v pěstitelství využívá nejnovější typ výbojky, takzvaná HID (High intensity discharge) výbojka. Ta se nejčastěji využívá právě ve velkých společnostech jako zdroj zvyšování FAR u rostlin. Jedná se o zářivková světla, která potřebují zahřívací (tzv. warm up) období, které trvá přibližně 15 minut a nemohou být zapnuty ihned po vypnutí, díky tomuto aspektu mají určitou nevýhodu u počítačově ovládaného přisvětlování (mohou narušit jeho periodu). Distribuce v prostoru není rovnoměrná, je ovlivněna hlavně tvarem výbojky. Nejpoužívanější zdroje HID jsou halogenidové a metal halogenidové výbojky (ALBRIGHT, 2011).

Speciální typy zářivek

Mezi nejnovější typy zářivek se řadí takzvané GROW LUX zářivky, které se vyznačují tím, že vyzařují zejména modré a červené světelné spektrum (ve výsledku svítí fialovou barvou) oproti běžným zářivkám. Díky tomuto spektru mají znatelně vyšší vliv na vývoj rostlin v *in vitro* podmínkách než standartní typy zářivek. (ALBRIGHT, 2011)

Mezi nejnovější trendy patří přechod ze stávajících druhů zářivek na typ nový, takzvaný typ „T5“. Ten nejen že využívá zcela jiný druh chemikálie, ale má daleko menší průměr než běžné typy T8 a T12. Díky těmto faktorům je mnohem ekonomičtější a efektivnější. Jedinou nevýhodou je její atypická konstrukce, která je díky menšímu průměru nekompatibilní s konstrukcí typů T8 a T12 (ALBRIGHT 2011).

LED

LED je zkratka pocházející z anglických slov *Light-Emitting Diode*, která v doslovném překladu znamenají světlo vyzařující dioda. LED je v podstatě polovodičová dioda (elektronická součástka) obsahující přechod P-N (oblast rozhraní příměsového polovodiče typu P a polovodiče typu N), která má schopnost nejen vyzařovat světlo, ale i infračervené a ultrafialové záření. Těmito vlastnostmi se liší od většiny ostatních umělých zdrojů osvětlení, i když se dříve používala hlavně jako zdroje kontrolky a displejů, v posledních letech se stává nežádanějším zdrojem umělého přisvětlování (DOLEČEK 2005).

Mezi výhody LED patří: vysoká svítivost (2x větší než u zářivek), schopnost vyzařovat různé barevné spektrum bez použití filtrů, odolnost vůči vibracím a nárazům, odolnost vůči chladu, zvládají časté vypínání a zapínání, jejich životnost je mezi 100 000 a 1 000 000 hodin, díky malé velikosti se dají osadit do pásů plošných spojů, neobsahují rtuť (HABEL a kol. 2013).

Mezi nevýhody LED patří: Podstatně vyšší náklady na pořízení, kvůli velikosti jich musíme kupovat více, závislost teploty na životnost, bílé LED údajně poškozují zrak (HABEL a kol. 2013).

LED diody jsou v současnosti podrobeny nespočet výzkumům jak v průmyslu, tak na univerzitách. Většina prováděných výzkumů týkajících se pěstitelské problematiky se zaměřuje na hledání vhodného světelného poměru pro určitou rostlinu. Mezi největší technologické překážky patří odstranění tepla, překonání cenové bariéry a celková velikost zařízení. Avšak už dnes se najdou pěstitelé využívající LED jako zdroj přisvětlování v komerčním pěstování (ALBRIGHT, 2011).

Pětiletý výzkum, na kterém se podílelo 5 holandských univerzit a devět soukromých firem (Philips, LTO, Hortimax apod.) prokázal, že LED technologie dokáže ušetřit minimálně 50 % elektrické energie u nizozemských společností

zabývajících se pěstováním rajčat ve sklenících. Při správném rozmístění světel navíc dokáží zvednout úsporu o dalších 15 % (MARCELIS a kol., 2016).

Nové druhy led využíváné v zahradnictví

V posledních letech byly v Japonsku představeny dva nové typy LED zařízení, využívané v oblasti ovlivňování rostlin světlem. Nazývají se typ LS6 a typ LS32. První typ využívá 6 vlnových délek a druhý 32. Oba dva tyto typy dokáží v současnosti produkovat hustotu proudění fotosyntetických fotonů až $416 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ na ploše $0,18\text{m}^2$. Jelikož je účinná vzdálenost 17,5 cm dají se oba dva typy využívat v pokusech na rostliny, které jsou *in vitro* podmínkách (FUJIWARA a kol., 2012).

Jedna z nejnovějších technologií LED osvětlení je v současné době nainstalována na vesmírné stanici ISS (International space station), kde se využívá jako růstová komora pro pěstování zeleniny ve vesmíru. Využívá se zde několik různých světelných délek (kvůli rozdílným nárokům pěstovaných plodin) a to 630, 450, 525 a 730 nm. Taktéž je zde využito široké spektrum bílého světla. Růstové komory jsou řízeny supermoderním počítačem a zatím ukazují uspokojivé výsledky (MASSA a kol., 2016).

3.1.4 Konstrukce umělého osvětlení

Konstrukční pravidla

Každý umělý světelný zdroj musí být upevněn v nějakém osvětlovacím tělese (konstrukci), nebo armatuře. Na osvětlovací konstrukce, používané v pěstitelské praxi, jsou kladeny extrémně vysoké požadavky:

1. Mají usměrňovat světelný tok na rostliny tak, aby nevznikaly ztráty vyzařováním v jiných směrech.
2. Musí světelné zdroje bezpečně chránit před stříkající a odkapávající vodou
3. Musí být odolná proti korozi ve vlhkém prostředí.
4. Elektrická instalace musí vyhovovat požadavkům bezpečného provozu ve vlhkém prostředí

5. Mají být, pokud možno lehká a skladná, přitom však dostatečně pevná, aby snesla i méně šetrné zacházení v zahradnických provozech.

Pro instalaci žárovek a vysokotlakých rtuťových výbojek je možno zpravidla využít sériově vyráběná svítidla, jejichž sortiment je dosti bohatý. S nesrovnatelně většími těžkostmi je však spojena instalace zářivek, které se v pěstitelství využívají daleko častěji (PODEŠVA a kol., 1969). Příčin je hned několik. Zpravidla pracujeme s větším množstvím různých zářivek, každá zářivka by měla být pevně uchycena na obou koncích a z obou objímek k ní vedou dva vodiče. Jedním z největších problémů je umístění těžkých tlumivek a také je nutno vyřešit i nevhodnější umístění startérů, neboť k jejich objímkám je také nutno připojit dva vodiče čili potřebujeme, aby byly vodiče co nejkratší (PODEŠVA a kol., 1969).

Moderní konstrukce svítidel

Moderní hromadně vyráběná svítidla jsou důsledně stavebnicová. Tělesa mohou být vybavena žárovkovou objímkou, nebo objímkou a předřadníkem pro kompaktní zářivku. Svítidla využívána pro lineární zářivky při stejném vzhledu tělesa i krytu bývají často vybavena elektromagnetickým předřadníkem (startér, tlumivka, kondenzátor) nebo elektronicky stmívatelným i nestmívatelným předřadníkem. Nehledě na typ předřadníku můžeme do svítidla vestavět modul nouzového osvětlení (SOKANSKÝ, 2011).

Posuvná osvětlovací tělesa

Jsou tělesa, která jsou zavěšena na kolejničkové závěsy, po kterých se mohou pomalu pohybovat nad rostlinami. Zdroj světla tedy mění automaticky svoje postavení nad rostlinami. Tak můžeme v dlouhém sadbovém skleníku osvětlovat několikrát za jednu fotoperiodu poměrně velký počet rostlin a větší plochu stolů. Kultivační výsledky tohoto způsobu byly velmi rozdílné u více druhů zkoušených rostlin a taktéž podle působení dalších výnosových faktorů. Nejlépe si posuvná tělesa vedla u sazenic okurek, kde se ukázalo, že těleso pohybující se rychlostí 25 m/min při délce parapetu 8 metrů je daleko ekonomičtější, bez negativního účinku na sazenice (PODEŠVA a kol., 1969).

Problematika konstrukce u LED osvětlení

Vzhledem k rychlému vývoji LED technologie a její ekonomičnosti je pro investory v dnešních dnech velmi zajímavé investovat do LED osvětlení při pěstování kultur v *in vitro* podmínkách a najít co nejlevnější a nejefektivnější variantu (ZUPNIK a GRZESIAK, 2012). Avšak pro stabilní konstrukce u technologii LED je nutno zvážit několik faktorů. Patří mezi ně vedení tepla a design zdroje napájení. Z již fungujících prototypů se zdá nejefektivnější prototyp 250-W LED osvětlení, které bylo navrženo jako náhrada za současně využívané sodíkové výbojky používané ve většině flow-boxů (ZUPNIK a kol., 2012).

Osvětlení je složeno ze dvou stejných svítidel, přičemž každé obsahuje 40 červených (665nm) a 8 modrých (447nm) LED diod. Obvody, na kterých jsou diody připojeny jsou tištěné na kovovém jádru z PCB. Na jádro je namontován chladič, který je z hliníku a má na sobě 3 perforovaná vertikální žebra s perforovaným postranním reflektorem. Design chladiče byl optimalizován v počítačovém modelovacím programu. Účinnost chladiče byla měřena pomocí metody teploty spoje LED diody z vysokoenergetického křídla a jeho elektroluminescenčního pásu (NOVIČKOVAS a kol. 2012).

Naměřená hodnota v plném provozu byla naměřena 75°C. Jako ochrana proti vlhkému prostředí bylo použito průhledné polymethylmetacrylátové víčko. Celý prototyp 250-W byl řízen zdrojem kontrolovaného proudu, který byl namontován na zadní části PCB desky. Celý systém obsahující čtyři osvětlení je možné nainstalovat do flow-boxu a využívat jej na experimenty při kultivaci rostlin v *in vitro* podmínkách (NOVIČKOVAS a kol., 2012).

3.2 Problematika u podnoží třešní

3.2.1 Systematické zařazení

Říše: rostliny (*Plantae*);

Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*);

Oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*);

Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*);
Řád: růžotvaré (*Rosales*);
Čeleď: růžovité (*Rosaceae*);
Podčeleď: mandloňovité (*Amygdaloideae*);
Rod: Třešeň (*Prunus*);

3.2.2 Cizojazyčné názvy

Německy: Vogel-kirsche;
Anglicky: Wild Cherry, sweet cherry;
Holandsky: Zoete kers;

3.2.3 Klasifikace dle skupin

Ptáčnice – subsp. *Avium*;
Srdcovky – subsp. *Juliana*;
Chrupky – subsp. *Duracina*;
Polochrupky (kříženci předchozích dvou skupin) – subsp. *Juliana* x *Duracina*;

3.2.4 Původ

Původ třešně není úplně přesně znám, avšak bylo zjištěno, že se vyskytovaly na území začínajícím od Evropy, přes Zakavkazskou oblast až do Přední Asie. Dle Plinia byly původní kulturní druhy vyšlechtěny na území tehdejší Persie a poté přivezeny na území Římské říše roku 63 př.n.l. odkud se postupně rozšířily do celé Evropy.

U nás se třešně pěstují od 12. století, a proto jsou brány jako domácí druh. Jsou záměrně pěstovány zejména kvůli své ranosti, jelikož jejich sklizeň navazuje hned po jahodách a kamčatských borůvkách, které jsou prvním významným ovocným druhem dozrávajících v našich podmínkách. Plody třešně se u nás nejvíce využívají na výrobu ovocných šťáv, destilátů, kompotu a slouží také k přímému konzumu. Mají však velmi široké možnosti využití. Například díky svému vysokému obsahu jódu jsou vhodné na problémy se štítnou žlázou a bolestech páteře, také jsou prospěšné při chudokrevnosti, hypertenzi a ateroskleróze (BUCHTOVÁ, 2015).

3.2.5 Morfologie

Třešeň (latinsky *Prunus avium* L.) je strom, který má vejcovitou, široce košatou a rozloženou korunu, její spodní větve jsou vodorovné až lehce převislé. Celková výška stromu (závisí na použité podnoži, nebo mezištěpu) bývá od 15 do 35 metrů. Barva její borky bývá tmavě hnědá až fialově černá, přičemž jejím typickým znakem je její příčné odštěpování. Letorosty bývají značně tlusté. Listy třešňí jsou 60 až 160 mm dlouhé, podlouhle vejčité až obvejčité jsou velmi hrubě a nepravidelně pilovité a zašpičatělé. Řapíky mají 2 typicky červené žilky a jsou dlouhé až 50 mm. Barva květu je většinou bílá, některé druhy třešňí mají lehce růžové zbarvení květů. Květy jsou v zdánlivě přisedlých okolících (po 2-6), stopky květů jsou lysé až 60 mm dlouhé, koruna 20-25 mm široká, mají lysý kalich, který je široce baňkovitý a 6 mm dlouhý. Sepaly jsou zpětně ohnuté, tupé vesměs celokrajné. Třešeň kvete od dubna do května (dle odrůdy). Její plody jsou velké až 30 mm (záleží dle kultivaru, nejmenší 10 mm). Chuť je sladká, barva plodu je červená až černočervená. Tvar je srdčité vejčitý, nebo kulovitý. Pecka bývá kulovitá a hladká, její barva je šedavě bílá až světle hnědá (ÚŘADNÍČEK a MÖLLEROVÁ, 2009).

3.2.6 Výběr stanoviště

Ve své podstatě je třešeň teplomilný ovocný druh. Když se tento fakt nebere na zřetel jsou výnosy nižší, a to díky jarním mrazíkům a jejich poškozování květů, nebo vymrznutí mladé výsadby. Plody jsou náchylné na praskání při deštích, z tohoto hlediska je lepší vyhledávat sušší oblasti. Rovinaté polohy jsou vhodné jen pro teplejší oblasti. Ideální, tradiční oblasti pro pěstování třešňí se nachází v krytých stanovištích na jižních, jihozápadních, nebo jihovýchodních svazích. Nejvýhodnější jsou tradičně svahy jižní, kvůli jejich oslunění a teplotě. To že jižní svahy v létě trpí suchem třešním moc nevadí, vzhledem k jejich ranné sklizni. Co se týče půdy, tak třešním nejvíce vyhovují lehčí a propustné půdy, zvládají však i půdy šterkovité. V těžších hlinitojílovitých půdách je ze začátku velmi rychlý růst, ale v pozdějších letech dochází k úhynu kvůli bakteriální rakovině. Vysoká hladina podzemní vody a zamokření je pro třešně velmi špatně snesitelná (BLAŽEK a kol., 1998).

3.2.7 Opylovací poměry

V česku je drtivá většina všech pěstovaných odrůd cizosprašná (až na odrůdu STELLA). U třešně je také velmi významná její inkompatibilita. Známé je již něco přes 14 inkompatibilních skupin. Naproti tomu je přínosné, že z nepěstovanějších odrůd do nich patří jen pár (např. 'Karešova' – 'Tryptichterova' – 'Van'). Kromě inkompatibility je nutno brát v úvahu také shodu na chemickou ochranu proti vrtuli třešňové. Odrůdy vysazujeme vždycky tak, aby přímo sousedily s opylovačem. Proto opylovače vysazujeme střídavě do každé třetí řady. Na opylení 1 ha sadu jsou potřeba 3-4 včelstva, a to hlavně kvůli jarním mrazíkům, nebo nepříznivým povětrnostním podmínkám (BLAŽEK a kol., 1998).

3.2.8 Problematika intenzivního pěstování třešně

Díky bujnému růstu u třešně byly dříve velmi omezené možnosti ve výběru materiálu na intenzivní výsadby v našich podmínkách. Z tohoto důvodu je většina starých třešňových sadů vysazená na ptáčnicích (*Prunus avium* L.), které mají velmi bujný růst oproti intenzivním výsadbám jiných ovocných druhů (zejména jabloní). Díky tomu vznikla velká poptávka na podnože oslabující růst a urychlování plodnosti. Od té doby jsou intenzivní výsadby třešně na vzestupu (CALLESEN, 1998). Mezi nejčastější genetický materiál na šlechtění podnoží se využívá ptáčnice (*Prunus avium* L.), višně (*Prunus cerasus* L.) a mahalebka (*Prunus mahaleb* L.). V posledních dvou desetiletích let však začali šlechtitelé využívat i méně známe druhy, jako jsou například *Prunus canescens* L., *Prunus dawycensis* L., nebo třeba *Prunus incisa* L. (GRUPPE, 1985).

Jak už bylo zmíněno, oproti jabloním mají třešně velmi malé rozdíly v intenzitě růstu. Z tohoto důvodu je nutné zvolit správně podnož podle půdně klimatických podmínek a také podle plánovaného pěstelského tvaru. Pokud například použijeme slabě rostoucí podnož a přísnější tvarování koruny, můžeme dosáhnout nízké výšky stromu a tím pádem i snadnější sklizeň i ošetřování, což v konečném důsledku komerčního pěstování sníží náklady, a naopak zvýší výnosy (WEBSTER, 1998).

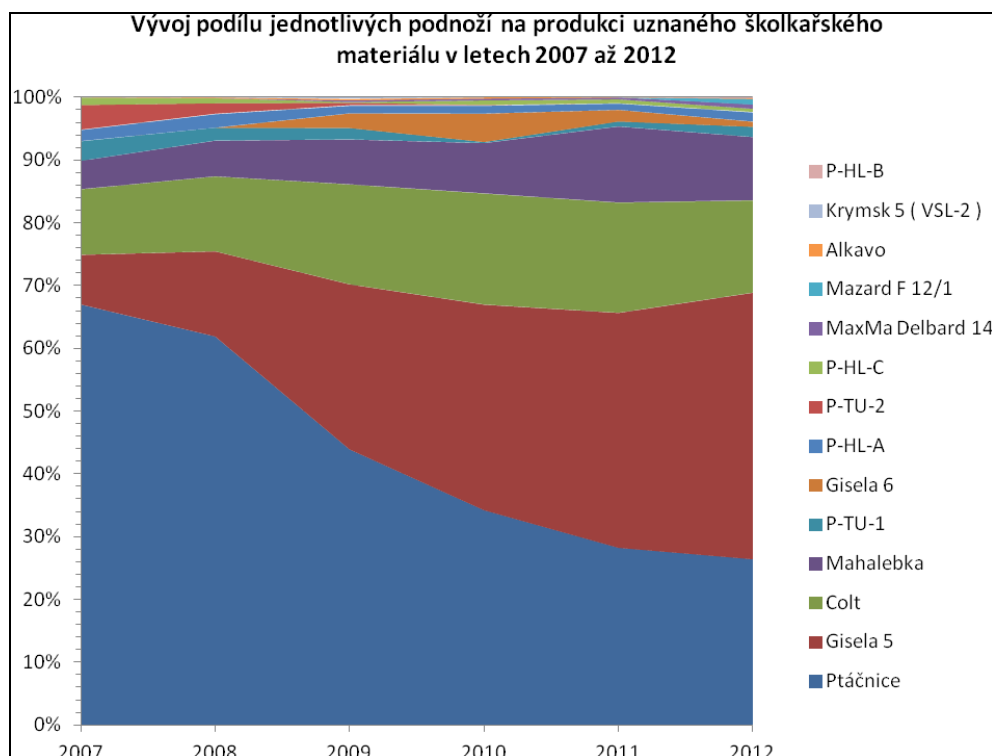
3.2.9 Významné podnože u třešně v ČR

Správně použitou podnoží si můžeme v pěstování pomoci zejména v růstu, plodnosti, kvalitě plodů, odolnosti proti škůdcům a chorobám (WEBSTER, 1995). Obecně se podnože u většiny ovocných stromů dělí na bujně rostoucí (snížený růst o 0-30 % vůči *Prunus avium* L.), středně bujně rostoucí (snížení růstu o 30-50 % vůči *Prunus avium* L.) a slabě rostoucí (snížení růstu o 50-70 % vůči *Prunus avium* L.). Předpokládá se, že podnož ovlivňuje díky anatomickým, výživovým, nebo hormonálním vlivem naštěpovanou odrůdu, avšak zatím to není úplně přesně objasněné (WEBSTER, 1998). Oproti tomu bylo zjištěno, že očkování má negativní vliv na průměr kmínku a celkovou výšku stromu. Dále bylo taktéž zjištěno, že podnož v místě srůstu podněcuje výraznou expresi genů. Tohle načasování exprese genů silně souvisí s dřívějším ukončením růstu terminálního výhonu, menší bujností růstu a také celkové oslabenosti růstu (PRASSINOS, 2009).

Podnože dělíme podle způsobu množení na podnože generativně množené (semenáče) a vegetativně množené. Dle statistických údajů z UKZÚZ můžeme zjistit, že do roku 2012 v české republice převažovaly podnože množené generativně, a to hlavně z mahalebky a ptáčnice, které jsou však pro intenzivní produkci méně vhodné. Mezi nejvýznamnější generativní podnože u nás patří tři Turnovské šlechtěnce 'P-TU-1' (z Turnovských nejméně vzrůstná), 'P-TU-2' (nejvzrůstnější, náchylná k *Blumeriella jaapii*) a 'P-TU-3' (bohatý kořenový systém. Další významná generativní podnož se nazývá 'MH-KL-1', která byla vyšlechtěna v Klčově z planě rostoucích mahalebek. Podnože odolné vůči poklesům teplot a dokáží snést i těžší půdy s vyšší hladinou podzemní vody (BLAŽEK a kol., 1998). Mezi nejvýznamnější vegetativně množené podnože v ČR zase patří zejména 'Gisela 5', která byla vyšlechtěna na universitě v Giessenu (Německo) křížením *Prunus cerasus* L. x *Prunus canescens* L. Odrůdy, které jsou na ní naštěpované mají o 50 % menší růst oproti ptáčnici, má brzký nástup do plodnosti a podporuje horizontální nasazování větví. V prvních letech je u ní potřeba jednoduchá opěrná konstrukce. Podnož množíme tkáňovými kulturami, nebo řízký. V posledních letech je 'Gisela 5' nejrozšířenější vegetativní podnoží u nás (BLAŽKOVÁ, 2004). Mezi další významné vegetativní podnože patří 'P-HL-A' (Nízká, vhodná do vysoce intenzivních výsadeb) a 'P-HL-C' (o 80-90 % nižší oproti ptáčnici, nesnáší zatravňení a herbicidy), které byly vyšlechtěny v Holovousech a v neposlední řadě zde patří podnož 'Colt', vyšlechtěná na stanici East Malling z kříženců *Prunus avium* L. x *Prunus pseudocerasus* L.. Má velmi dobrou afinitu

s třešněmi i višněmi (výjimka 'Hedelfingerské'), dobře zakořeňuje, avšak má nižší mrazuodolnost (BLAŽEK a kol., 1998).

Graf č.1 Vývoj podílu odrůd uznaných pro školkařskou produkci u třešni od roku 2007 až po rok 2012 (UKZÚS)



3.2.10 Odrůdy v ČR využívané pro intenzivní výsadby

Dle statistik z ÚKZUZ (2016) je v Česku zastoupeno 35 odrůd v intenzivních výsadbách třešni. Z toho největší podíl ploch (25 %) patří odrůdě 'Kordia', jelikož je tato odrůda velmi odolná vůči praskání plodů (BLAŽKOVÁ, 2004), a také díky tomu, že je velmi úspěšná na trhu s čerstvým konzumním ovocem. Mimo jiné snáší dobře transport a její dozrávání plně navazuje na odrůdy v jižních zemích, což z této odrůdy dělá vynikající materiál pro export do zahraničí (BLAŽEK a kol., 1998). Tato odrůda se často využívá při šlechtění na zlepšení pevnosti plodů (SANSAVINI, 2008). Je využívána i ve státech jako jsou USA, Turecko, Slovinsko, Norsko, Chile, Austrálie a Belgie (VERCAMMEN a kol., 2008). Celkově je vhodná jak pro přímý konzum, tak i pro vynikající kompoty.

Na druhém místě se zatím nachází německá pestrá chrupka 'Napoleonova', která však pomalu ztrácí svůj význam, jelikož pestré chrupky nenacházejí místo ve zpracovatelském průmyslu a zájem o konzum této odrůdy v české republice také značně klesá, stejně tak i v USA (NUGENT, 2005). Je náchylná k praskání, a vysazuje se spíše v sušších oblastech, velmi dobře se opyluje s odrůdami 'Karešova', 'Stella', 'Van', její nevýhodou je nestejněmorné dozrávání plodů (BLAŽEK a kol., 1998).

Na třetím místě s celkovým podílem cca 15 % se nachází odrůda 'Van', která je podobná odrůdě 'Kordia'. Pochází z Kanady, má velmi velké plody s tmavě karmínovou slupkou. Má velmi dobrou, aromatickou chuť, díky tomu je vhodná pro přímý konzum i kompoty. Jelikož je náchylná na pukání plodů, doporučuje se vysazovat do sušších oblastí (BLAŽEK a kol., 1998).

Na čtvrtém a pátém místě se nacházejí odrůdy 'Karešova' (česká srdcovka) a 'Hedelfingenská' (německá tmavá chrupka), tyto odrůdy se zde nacházejí stabilně již několik let. Šestá pozice patří odrůdě 'Burlat', která pochází z Francie a zaznamenává rychlý nárůst. Na sedmé a osmé pozici se dále nachází česká chrupka 'Granát' a anglická srdcovka 'Kaštánka'. Poslední odrůda, která je u nás ještě významná se nachází na 9 místě s necelými dvěma procenty. Jde o tmavou chrupku 'Těchlovan', která je velmi chutná, ale náchylná k praskání plodů. Zbylých 26 odrůd tvoří necelých 13 % sadů z toho 6,6 % sadů není specifikováno odrůdou (dle údajů UKZÚS).

3.3 Vliv světelných zdrojů na rostliny

3.3.1 Optimalizace spektrální kvality pro rostlinný růst a vývoj

V současné době byl již charakterizován efekt individuální světelné délky na fotosyntézu u jednotlivých listů rostliny, avšak stále není porozuměno efektu radiace více vlnových délek na růst a asimilaci celé rostliny. Studie s monochromatickým světlem od Hoovera, která byla provedena před necelými 50 lety, naznačuje, že modré a tyrkysové fotony jsou méně efektivní z hlediska růstu než fotony oranžové a červené, naproti tomu u studie fotosyntézy celé rostliny se zjistilo, že se zvýšením modrého světla roste síla fotosyntézy, naproti tomu růst se snížil o 5-10 %. Tento nepoměr zvyšující se fotosyntézy a snižujícího se růstu může mít za následek zachycení záření, které způsobuje právě fotosyntéza. Efektivita fotosyntézy se měří tzv. kvantovým

výtěžkem (moly uhlíku zachycené za jeden mol absorbovaného). Zvýšením modrého světla často inhibujeme buněčné dělení, buněčný růst a tím pádem i růst rostliny (BUGBEE., 2016).

Vzhledem k neustálému a stále se zrychlujícímu vývoji LED se nám každým rokem zvyšují možnosti v pěstování rostlin. Avšak abychom pochopili význam LED, musíme nejdříve porozumět významu světelných délek u rostlin. Naštěstí v posledních dvou desítkách let tento výzkum velmi pokročil. Ultrafialové světlo (280 – 400 nm) je například pro rostliny velmi klíčové z hlediska vývinu plodů, a proto nám příchod UV LED technologie nabízí možnosti spustit UV záření v potřebovaný moment, stejně tak jako využití UV záření v léčbě stresových šoků (WARGENT, 2016).

3.3.2 Kontrolovaný růst rostlin

Rostlinné buňky obsahují set světelných senzorů, které se aktivují oddělenými světelnými délkami. Tyhle senzory jsou přímo napojeny na transdukční dráhy, které okamžitě řídí změny ve fyziologii, chemii a genové exprese u rostlin. Tyto senzory se tradičně spouští pod slunečním světlem. Se zvyšujícími znalostmi efektu vlnových délek na rostliny nyní dokážeme u rostlin vyvolat specifické změny, které právě potřebujeme. Poslední pokus, který se konal na Floridské universitě, demonstroval synergické a supresivní účinky, které vyvolávají různé vlnové délky. A díky tomu demonstroval schopnost vlnových délek zvyšovat růst, kontrolovat pigmentaci, chuť rostliny, a dokonce i nutriční hodnoty (FOLTA a kol., 2016).

Pěstování rostlin ve sklenících, nebo kultivačních místnostech je podmíněno teplotou, vlhkostí ale hlavně světlem. S příchodem LED systémů jakožto nízkoeenergetickou náhradou za současné výbojky a zářivky přichází nové možnosti v kontrole světelného spektra. Díky širokému světelnému rozsahu LED můžeme u rostlin vyvolat podmínky, které by v přírodě, nebo pod výbojkami nikdy nezažili. Například aplikováním světelné délky, která překračuje přírodní komfortní zónu rostliny, můžeme zjistit negativní dopady na růst rostliny, a z toho usoudit, jaký pěstební postup použít v komerčním prostředí (LEPEREN, 2016).

3.3.3 Pěstování rajčat pod LED

S očekávanou úsporou elektrické energie a světelné distribuce jsou LED v posledních letech podrobeny mnoha výzkumům na skleníkovou produkci. Jedna z nejčastějších otázek je, jak nejlépe optimalizovat spektrální kvalitu LED ve sklenících. Studie university v USA porovnávala pět různých světelných délek u rajčat odrůdy 'Merlice' (*Solanum lycopersicum* L. cv. Merlice). Varianty byly následovné: Pouze sluneční světlo (kontrolní varianta), modré světlo (450nm), červené světlo (627nm), infračervené světlo (730 nm) a sluneční světlo vyzařované LED. Ačkoliv rostliny pod infračerveným světlem byly největší, neměly dostatečnou vitalitu a pevnost. Nejlépe hodnocené rostliny byly pod variantou slunečního světla vyzařovaného LED (GÓMEZ, 2016).

Další výzkum byl prováděn opět na odrůdě 'Merlice' (tentokrát roubované na odrůdě 'Maxifort'), ale tentokrát byl prováděn v Nizozemí. Cílem bylo pěstování této rostliny pod 100 % podílem LED osvětlení (žádné sluneční světlo). Výzkum se zaměřil na zvýšení produkce (více stonků na metr čtvereční) a úspory energie. Jelikož výzkum financovala firma Philips, byly použity jejich LED zařízení, a to dvě varianty jedna o ozářenosti 105 μmol Top-LED a pak varianta o ozářenosti 2 x 53 μmol LED. Výsledky prokázaly, že obě dvě varianty byly úspěšné oproti běžně používaným světelným zdrojům. Výzkum nám taktéž ukázal, že rajčatům stačí k dozrávání pouze 105 μmol (<http://delphy.nl>).

Jeden z nedávných výzkumů se zaměřil na vliv modrého a červeného LED osvětlení na rostlinnou biomasu, vodivost průduchů a obsah metabolitů u devíti různých genotypů rajčat. Genotypy byly zvoleny na základě jejich rozdílnosti, fylogenezi, dostupnosti genové informace a zemědělské poptávce. Účelem této studie bylo určit vliv červeného a modrého světla (zdroj bylo samozřejmě LED osvětlení) na fyziologické, morfologické, chemické a vývojové změny. Byly použity dvě světelné varianty: první byla složena ze 100 % červeného světla a druhá z 88 % červeného světla a 12 % modrého světla (u červeného byl vrchol 662 nm a u modrého 456 nm). Kombinace modrého a červeného světla měla za následek zvýšení celkové sušiny oproti u sedmi z devíti genotypů oproti variantě s červeným světlem. U varianty s červeným světlem byla navíc zjištěna kadeřavost listů, a to rovnou u všech devíti genomů. Vodivost průduchů nebyla modrým světlem příliš ovlivněna, ale právě varianta

s modrým světlem měla značný vliv na vyšší obsah chlorofylu a flavonoidů u tří genotypů. Vystavením všech genotypů rajčat variantě červeného a modrého světla zmírnila kadeřavost a zvýšila biomasu, mírně ovlivnila vodivost průduchů a obsah sekundárních metabolitů v porovnání s červenou variantou (OUZOUNIS a kol., 2012).

3.3.4 Využití UV LED záření ve skleníkové výrobě

Rostliny, které rostou pod přímým slunečním světlem, jsou vystaveny taktéž ultrafialovému záření (UV), které slunce vyzařuje. UV záření se rozděluje do tří kategorií: UV-A, UV-B a UV-C. Kategorie UV-C obsahuje vlnové délky po 280 nm; tyto vysoce energetické vlnové délky jsou absorbovány ozonem, a proto se ve většině případů na zemský povrch nedostanou, tím pádem nemůžeme pozorovat vliv UV-C záření na rostliny pěstované pouze pod slunečním světlem. Díky technologiím LED však můžeme tento vliv sledovat. Nedávný výzkum na universitě v Cornellu byl zaměřen na vliv UV-C záření na okrasné rostliny pěstované ve skleníku. Výzkum byl soustředěn hlavně na zvýšení větvení, snížení výšky rostliny a urychlení kvetení. Došlo se k několika závěrům. První množství UV-C záření, které rostlina ve skleníku obdrží je kritické pro její následné změny. Ideální týdenní dávka ozáření nesmí být delší než 15 minut (vyšší dávka rostliny popálí, nižší zase nemá viditelný efekt). Při správném dodržení dávkování dosáhneme snížením růstu oproti kontrolním rostlinám, zvýšení větvení a také urychlit kvetení (rychlost větvení kvetení oddaluje). Do budoucna by se dalo UV-C záření využívat namísto růstových regulátorů a jiných chemikálií spojených se skleníkovou výrobou okrasných rostlin (BRIDGEN a kol., 2016).

Jiné výzkumy zase dokazují, že správná světelná manipulace je klíčem ke zvýšení fytochemické koncentrace a antioxidační kapacity u listové zeleniny. Podstatou výzkumu bylo vystavování červeného salátu UV záření a sledování výše zmíněných faktorů. Pokus byl založen pod zcela novým typem LED diod složených z UV zdroje a červených LED diod (sloužili jako fotosyntetický zdroj). Salát byl vystaven několika variantám světelných délek (310, 325, a 340 nm). Koncentrace antokyanů byla značně vyšší u varianty s 310 nm oproti jiným variantám. Avšak všechny tři varianty měly vyšší koncentraci než kontrolní varianta (bez UV). Úplně stejný výsledek byl u koncentrace fytochemických látek (opět nejlepší varianta v 310 nm). Díky dosaženým

výsledkům můžeme konstatovat, že zdroj s UV LED technologií může značně vylepšit kvalitu pěstovaných salátů v hydroponických kulturách (GOTO a kol., 2016).

3.3.5 Výhody LED u vertikálního pěstování zeleniny

Již od roku 2000 přišla do módy technologie vertikálního (tzv. „plant factory“) pěstování zeleniny. Díky této technologii bylo možné pěstovat zeleninu v kontrolovaných podmínkách, které pomohly vylepšit ochranu, obsahové látky, nutriční hodnotu a celkový zdravotní stav pěstovaných rostlin. Avšak s energetickou náročností a investicemi do pěstebních technologií se logicky musela zvýšit i cena takto pěstované zeleniny. S příchodem LED technologie je na druhou stranu možné zlepšit nejen pěstební technologii, ale hlavně snížit energetické náklady. Právě na tuto problematiku se zaměřuje výzkumné středisko firmy Philips, které sídlí v Nizozemí. Pěstují zde spoustu druhů zeleniny pod širokým spektrem světelných variant začínajících u UV záření a končících až na infračerveném záření. Jejich výzkum je zaměřen na spoustu faktorů, mezi které patří například spotřeba elektrické energie, výnos rostliny v g/mol, obsah antokyanů, optimalizace místa, textura, obsah nitrátů a vysoký obsah flavonoidů (NICOLE a kol., 2016).

Dalším užitečným faktorem LED je také zvyšování obsahu vitamínu C u rajčat (*Solanum lycopersicum* L.). L-askorbát (AsA, vitamin C) je pro a antioxidant esenciální pro výživu člověka. Rajčata pěstovaná ve skleníkové výrobě mají obecně menší obsah vitamínu C než rajčata pěstovaná venku pod přímým slunečním zářením. Bylo zjištěno, že právě světelný zdroj ve sklenících je hlavním abiotickým faktorem redukcí obsah vitamínu C. Ve výzkumném ústavu firmy Philips byla vedena práce, zaměřující se na zvýšení obsahu vitamínu C za použití LED technologií. V této práci bylo zjištěno, že rostliny, které byly vystaveny bílému světlu o světelném spektru 263 nm, obsahovaly o 32 % více vitamínu C než rostliny pěstované pod běžnými sodíkovými výbojkami. Celý výzkum byl prováděn metodou vertikálního osvětlování (NTAGKAS a kol., 2016).

U vertikálního přisvětlování můžeme taktéž zvýšit efektivitu kombinací modrého a červeného LED osvětlení. Bylo dokázáno, že u pěstování rajčat a okurek jsou LED světla daleko efektivnější než zářivky. Tento výzkum byl prováděn na universitě v Severní Karolíně. Účelem tohoto výzkumu bylo zhodnotit v jakém poměru modrého a červeného světla je nejvýhodnější pěstovat výše zmiňované rostliny. Je totiž

obecně známo, že každý druh rostliny reaguje na modré a červené světlo rozdílnou reakcí. U okurek byl použit kultivar „Cumlade“ a u rajčat kultivar „Komeett“.

Pokus byl rozdělen na sekce s rozdílným poměrem modrého (455 nm) a červeného (661 nm) světla v poměru: 0 %, 10 %, 30 %, 50 %, 75 % a 100 % modrého světla. Kontrolní varianta byla pěstována pod zářivkami. Měřeny byly dva faktory, a to délka hypokotylu a celkový obsah sušiny. Nejdelší hypokotyl u okurek byl naměřen pod variantou se 100 % červeného světla, a to o hodnotě 297 % oproti kontrolní variantě, naproti tomu nejmenší hypokotyl byl naměřen u varianty s 10 % modrého světla, a to o hodnotě 65 % oproti kontrolní variantě. Největší podíl sušiny byl u varianty se 100 % červeného světla a to o 68 % oproti kontrolní variantě, nejnižší byl u varianty se 75 % modrého světla.

U rajčat byla nejdelší délka hypokotylu naměřena taktéž pod variantou se 100 % červeného světla, a to o 113 % oproti kontrolní variantě, nejnižší hypokotyl byl pod variantou s 50 % modrého světla, naproti tomu největší podíl sušiny byl naměřen u varianty se 75 % modrého světla a to o 66 % oproti kontrolní variantě. Díky tomuto pokusu můžeme do budoucna upravit metody pěstování rajčat a okurek (HERNÁNDEZ a kol., 2016).

3.3.6 Vliv LED osvětlení v kulturách *in vitro*

Nedávná studie ukázala, že se rod *Cymbidium* v *in vitro* kulturách nejlépe multiplikuje a zakořeňuje pod zeleným světlem, na druhou stranu největší počet kořenů bylo vysledováno pod světlem bílým (HERMAN, 2014). Další studie zabývající se taktéž multiplikací a zakořeňováním zjistila, že u kultury *Helleborus orientalis* L. má nejpozitivnější vliv na zakořeňování kombinace bílého a červeného světla. U multiplikace nebyl mezi variantami (bílé + červené světlo, modré + červené světlo, modré, červené světlo) zjištěn žádný významný rozdíl (DHOODHE a LABEKE, 2012).

Jeden z mnoha zkoumaných vlivů LED osvětlení je vliv na somatickou embryogenezi v *in vitro* podmínkách. Zde bylo zjištěno, že kultura *Cydonia oblonga* L. nejlépe reagovala na bílé světlo, kultura *Daucus carota* L. zase vytvořila nejvíce embryí pod světlem červeným (ONOFRIO a kol., 1998) a modré světlo podněcovalo embryogenezi velmi pozitivně u kultury *Arabidopsis thaliana* L. (KALDENHOFF a kol., 1994).

V roce 2016 byl zkoumán vliv pěti druhů LED osvětlení (bílé, modré, červené, zelené a infračervené) na organogenezi u *Anoectochilus formosanaus* L. U této rostliny je velmi problémové množení a má velký význam v medicíně, proto je potřeba prozkoumat co nejefektivnější a nejrychlejší množení (zejména u meristémových kultur). U všech světelných variant se používala 16 - ti hodinová světelná perioda po dobu šesti týdnů. Pokus ukázal, že varianta pod zeleným světlem měla největší tvorbu biomasy i kořenového systému, a to i bez použití růstových regulátorů. Tato studie doporučuje rozmnožovat kulturu *Anoectochilus formosanaus* L. meristémovými kulturami *in vitro* pod zeleným světlem, jelikož se tento způsob množení jeví jako nejrychlejší, nejlehčí a nejspolehlivější (HAQUEA a kol., 2016).

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Laboratoř

Pokus byl uskutečněn střídavě na dvou místech. Prvním místem byla laboratoř *in vitro*, která se nachází na ZF v Lednici a spadá pod ústav Mendeleum. Výzkum byl konkrétně prováděn v laboratoři *in vitro*, která slouží k ozdravování, multiplikaci a pozdějšího převodu rostlin do nesterilních podmínek. Zdejší práce mají velkou perspektivu a zabývají se hlavně multiplikací certifikovaných podnoží ovocných dřevin, ozdravování révy vinné a ovocných dřevin. Součástí zdejší laboratoře je veškeré vybavení potřebné pro práci *in vitro* (prostor pro kultivaci *in vitro*, demineralizační soustava sloužící k úpravě vody, skladovací prostory, laboratorní sklo, mraznička, chladnička, pH metr, elektronické míchadlo s ohřevem, autokláv, profi myčka, třepačka a další). V kultivační místnosti se také nacházejí regály se zářivkami (je zde vize LED technologie), spínačem (fotoperioda), klimatizací a také flowboxem nezbytný pro převod do *in vitro* podmínek. Ve flowboxu se nacházejí všechny potřebné nástroje, jako jsou: pinzety, skalpely, stojan, nádoba s lihem, lupa, a sterilizační postřik. Díky všem těmto komponentům slouží celý tento prostor nejen jako kultivační místnost, ale také jako prostor pro kultivaci *in vitro*.

Druhou lokací bylo výzkumné oddělení společnosti Fosfa a.s., která se nachází v Břeclavi. Historie této společnosti spadá až do roku 1884 a v současné době se nejvíce zajímá odvětvími jako jsou: výroba speciálních aplikací na bázi fosforu, energetikou, detergeny (prací prášky a čisticí prostředky). Společnost Fosfa je také největším zpracovatelem žlutého fosforu v Evropě a vlastníkem vlastní ekologické řady detergenů feel eco. Místnost, ve které byl uskutečněn pokus, se nachází ve sklepení a sloužila původně jako kryt před nálety. V současné době zde probíhá výzkum na hydroponické pěstování pod různými LED osvětleními. Zpočátku byl pokus zaměřen pouze na kultivary *Lactuca sativa* L., ale později se rozrostl i na jiné druhy jako například *Fragaria vesca* L.. *Mesembryanthemum crystallinum* L. (známá pro svou schopnost mít zásobní tekutinu plnou solí a živin přímo na svých listech) a několik druhů netradičních bylinek. Celý výzkum je veden panem Ing. Sýkorou, který je zaměstnancem společnosti Fosfa. V tomto výzkumném zařízení se nacházejí pěstební stoly s technologií přiliv

odliv, různé typy LED osvětlení, hnojiva, osiva, pH metr, kultivační místnost taktéž s rozdílnými LED systémy a další nástroje potřebné k pěstování zeleniny.

4.2 Výběr a popis materiálu

Jelikož je podnož *Gisela 5* ekonomicky nejvýznamnější u třešni byla právě tato podnož vybrána pro pokus. Rostlinný materiál byl odebrán z ústavu Mendeleum, tato podnož se zde běžně multiplikuje, takže je kvalitní a taktéž se zde dá použít jako kontrolní varianta pro kontrolu s ostatními variantami.

Obrázek č. 1 Podnož *Gisela 5* (SVOBODA, 2016)



4.3 Příprava rostlinného materiálu

Vzorky byly vybrány podle zdravotního stavu rostlinného materiálu. Po vyselektování nejzdravějších kusů, byly sterilizovaným skalpelem odstraněny apikální části nejmladších listů. Tyto části byly poté převedeny do sklenic s připraveným médiem a celá sklenice byla třikrát obalena do potravinářské fólie. Celá tato operace byla prováděna ve flowboxu ve sterilních podmínkách. Příprava rostlinného materiálu probíhala úplně stejně u obou fází pokusu (multiplikace a zakořeňování).

Obrázek č. 2 Příprava odběru rostlinného materiálu pro multiplikaci (SVOBODA, 2016)



Obrázek č. 3 Rostlinný materiál po odběru na variantu zakořeňování (SVOBODA, 2016)



4.4 Složení médií

Vzhledem k tomu, že pokus byl rozdělen na multiplikaci a zakořeňování bylo zapotřebí založit dvě různá média. První médium, které bylo použito pro multiplikaci, bylo médium DKW, nebo také *Juglans* médium, do kterého bylo navíc přidáno $1,0 \text{ mg l}^{-1}$ BAP a $0,05 \text{ mg l}^{-1}$ IBA. Druhým médiem pro zakořeňování bylo médium Murashige, Skoog (1962) s přídatkem $0,8 \text{ mg l}^{-1}$ IBA.

Založení DKW média pro multiplikaci

Na míchadle s ohřevem byl v destilované vodě rozpuštěn nejdříve agar a postupně zde byly přidány makroelementy, mikroelementy, sacharóza, vitamíny a železo. Pro uvaření jednoho litru média bylo zapotřebí 6000 mg agaru. Jakmile byl agar rozpuštěn, byly přidány další uvedené látky vyjma sacharózy. Ta byla v množství 30 000 mg rozpuštěna v destilované vodě a přidána poté přimíchána do směsi. Výsledné pH 6 bylo nakonec upraveno 5 % NaOH. Médium bylo převařeno a poté byla teplota média ztlumena.

Složení v mg l^{-1} :

Mikroelementy:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,25

FeNaEDTA – 44,63

H_3BO_3 – 4,80

$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 33,80

$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,39

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 17,00

Makroelementy:

CaCl_2 – 112,50

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 1664,64

KH_2PO_4 – 265,00

K_2SO_4 – 1559,00

MgSO₄ – 361,49

NH₄NO₃ – 1416,00

Vitamíny:

glycin – 2,00

myo-Inositol – 100,00

kyselina nikotinová - 1,00

thiamin – 2,00

Složky navíc:

BAP – 1,0

IBA – 0,05

Poté co bylo médium hotové, bylo přelito do předem sterilizovaných nádob s uzávěrem v přibližném množství cca 30 ml na jednu sklenici. Sklenice byly poté uzavřeny alobalem, tyto sklenice poté prošly sterilizací v autoklávu (20 minut) a zbytek média byl přelit do větší nádoby s uzávěrem. Všechny komponenty byly poté zchlazeny při pokojové teplotě a uskladněny do lednice.

Příprava MS média pro zakořeňování

Příprava byla téměř totožná s přípravou DKW média. Jediným rozdílem (kromě složení) byla změna nádob, do kterých se médium přelévalo.

Složení v mg l⁻¹:

Mikroelementy:

CoCl₂.6H₂O – 0,025

CuSO₄.5H₂O – 0,025

FeNaEDTA – 36,70

H₃BO₃ – 6,20

KI – 0,83

MnSO₄.H₂O - 16,90

$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 0,25

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 8,60

Makroelementy:

CaCl_2 – 332,02

KH_2PO_4 – 170,00

KNO_3 – 1900,00

MgSO_4 - 180,54

NH_4NO_3 – 1650,00

Vitamíny:

glycin – 2,00

myo-inositol - 100,00

kyselina nikotinová – 0,50

pyridoxin – 0,50

thiamin – 0,10

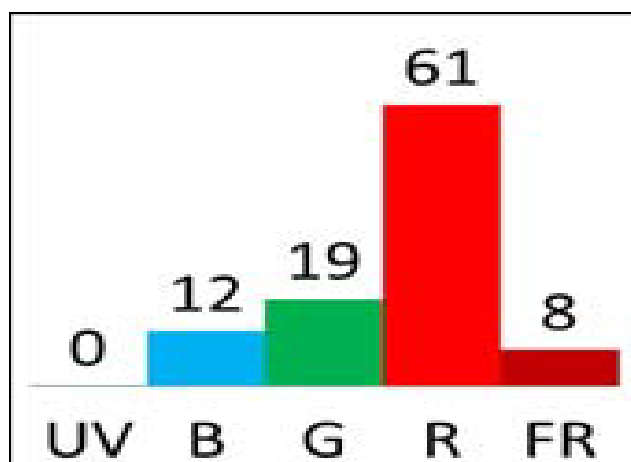
Složky navíc:

IBA – 0,8

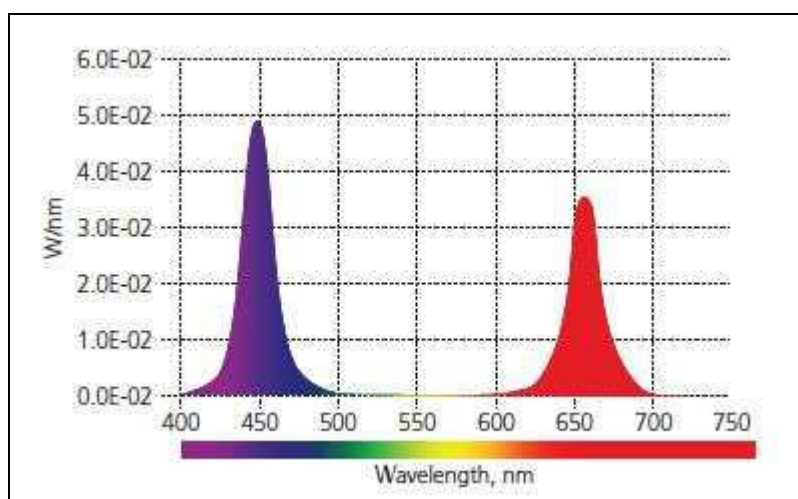
4.5 Založení pokusu

Obě dvě části pokusu začínali ve flowboxu převodem vhodných částí do nádob při teplotě 22 - 26°C, následným označením variant. Varianty byly rozděleny a očíslovány čísly 1-3, kontrolní varianta označena nebyla, jelikož zůstala na samotném ústavu mendeleum pod klasickými zářivkami v kultivační místnosti o intenzitě 20,25 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Každá varianta obsahovala tři vzorky (celkem 12 nádob). Poté byly očíslované vzorky převezeny do Břeclavské firmy Fosfa, kde byly umístěny pod tři různé LED osvětlení s fotoperiodou 16 hodin světlo/8hodin tma. První varianta obsahovala zejména červené spektrum, druhá varianta obsahovala UV záření a třetí varianta byla kombinací červeného a modrého spektra. Světelná spektra jednotlivých variant jsou znázorněny na obrázcích 4 A, 4 B, 4 C.

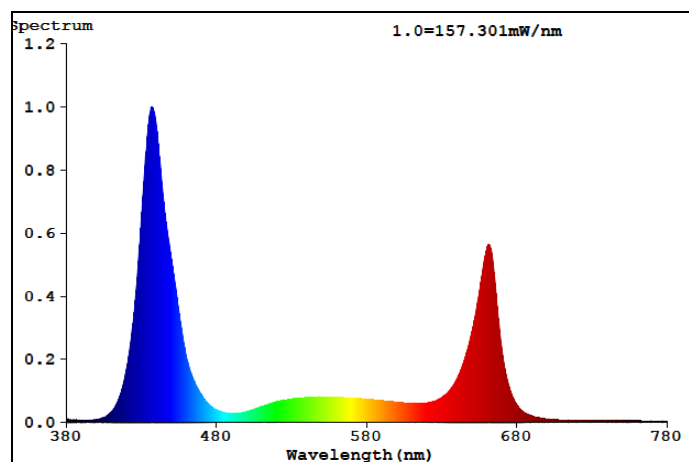
Obrázek č.4 A varianta LED osvětlení číslo 1 (SVOBODA, 2016)



Obrázek č. 4 B varianta LED osvětlení číslo 2 (SVOBODA, 2016)



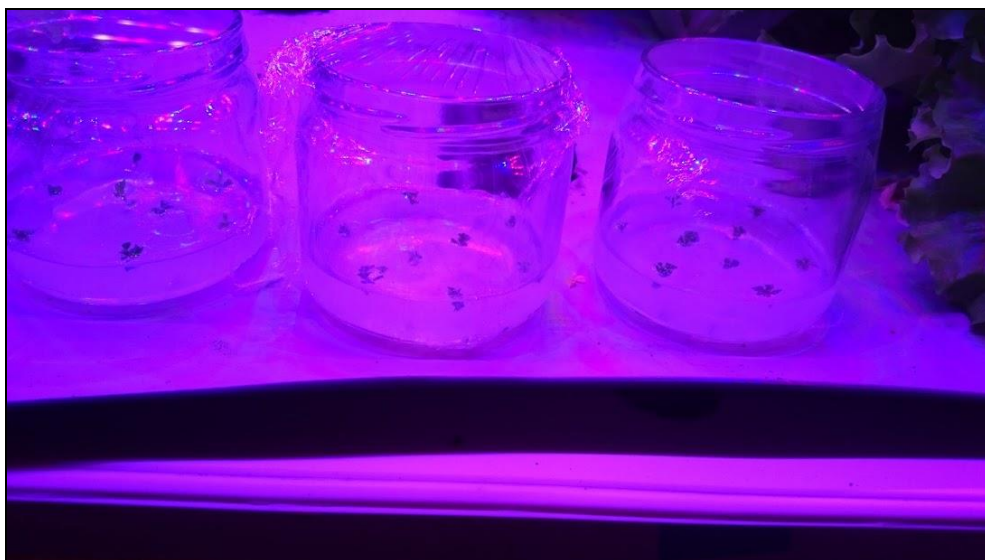
Obrázek č. 4 C varianta LED osvětlení číslo 3 (SVOBODA, 2016)



Obrázek č. 5 A varianta 1 krátce po založení pokusu multiplikace 27.5.2016
(SVOBODA 2016)



Obrázek č. 5 B varianta 2 krátce po založení pokusu multiplikace 27.5.2016
(SVOBODA 2016)



Obrázek č. 5 C varianta 3 krátce po založení pokusu multiplikace 27.5.2016 (SVOBODA 2016)



4.6 Průběh pokusu multiplikace

Jednotlivé varianty byly ponechány pod jednotlivými světly po dobu čtyř týdnů. Poté byly vzorky převezeny zpět na Mendeleum, kde byly jednotlivé varianty multiplikovány, a od každého vzorku byl napočítán počet multiplikovaných rostlin. Z těchto rostlin se poté vybraly nejlépe vypadající jedinci, a ti byly převedeny do dalšího cyklu pokusu. Pokud byla rostlina infikována, byla vyřazena z pokusu. Počáteční počet rostlin v jednom cyklu byl vždy osm (včetně kontrolní varianty).

U Zakořeňování jsme postupovali stejným postupem, opět byly vzorky převezeny do firmy FOSFA a podle označení byly rozmístěny pod jednotlivé druhy LED osvětlení s fotoperiodou 8 hodin tmy a 16 hodin světla. Změna byla v délce cyklu. Ten trval přesně 14 dní. Cykly byly celkem tři, tudíž celkový čas rostlin strávený pod osvětleními byl 42 dní. Po každém cyklu byly rostliny převezeny na Mendeleum. Po převozu se rostliny odebraly a porovnávaly ve flowboxu. Porovnával se jejich zdravotní (vizuální) stav a také se porovnávala výška jednotlivých rostlin.

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky multiplikace

Tabulka č. 1, výsledky multiplikace pod variantou s převažujícím červeným spektrem (SVOBODA, 2017)

ČERVENÉ SPEKTRUM				
Termín→	29.6.	1.8.	22.8.	15.9.
Opakování	(kusů)			
1.	x	x	x	x
2.	39	x	x	x
3.	45	30	54	49
Statistické vyhodnocení jednotlivých variant				
Průměr	42,00	30,00	54,00	49,00
Rozptyl	9,00	0,00	0,00	0,00
Směrodatná odchylka	3,00	0,00	0,00	0,00
Vyřazeno	1	2	2	2
Statistické vyhodnocení všech termínů				
Průměr	43,4			
Rozptyl	69,04			
Směrodatná odchylka	8,309			
Vyřazeno celkem	7			

Tabulka číslo jedna zobrazuje termíny založení multiplikace u první varianty LED osvětlení (červené spektrum), jejich počty multiplikovaných rostlin a taktéž infekci (x označuje infikovaný vzorek), celkem bylo infikováno sedm vzorků ze dvanácti, což je více než polovina. Infekce byla způsobena neopatrností při převodu rostlin. Dále jsou zde uvedeny statistické vyhodnocení jednotlivých variant, a také statistické vyhodnocení všech termínů.

Tabulka č. 2, výsledky multiplikace pod variantou s převažujícím UV zářením (SVOBODA, 2017)

UV SPEKTRUM				
Termín→	29.6.	1.8.	22.8.	15.9.
Opakování	(kusů)			
1.	45	22	31	39
2.	40	22	32	31
3.	45	x	x	x
Statistické vyhodnocení jednotlivých variant				
Průměr	43,33	22,00	31,50	35,00
Rozptyl	5,56	0,00	0,25	16,00
Směrodatná odchylka	2,36	0,00	0,50	4,00
Vyřazeno	0	1	1	1
Statistické vyhodnocení všech termínů				
Průměr	34,11			
Rozptyl	68,10			
Směrodatná odchylka	8,25			
Vyřazeno celkem	3			

Tabulka číslo dvě popisuje hodnoty u druhé varianty LED osvětlení (UV záření). Zde můžeme vyčíst, že sice měla méně vyřazených vzorků (pouze 4), ale co se týče multiplikace, nebyla úspěšná tak, jako vzorky pod předchozí variantou. Z větší části bylo dosaženo menšího počtu multiplikovaných rostlin jak v průměru, tak i v maximálním počtu rostlin na jedince.

Tabulka č. 3, výsledky multiplikace pod variantou s převažujícím červeným a modrým spektrem (SVOBODA, 2017)

ČERVENÉ + MODRÉ SPEKTRUM				
Termín→	29.6.	1.8.	22.8.	15.9.
Opakování	(kusů)			
1.	44	x	x	x
2.	39	x	x	x
3.	48	56	52	81
Statistické vyhodnocení jednotlivých variant				
Průměr	43,67	56,00	52,00	81,00
Rozptyl	13,56	0,00	0,00	0,00
Směrodatná odchylka	3,68	0,00	0,00	0,00
Vyřazeno	0	2	2	2
Statistické vyhodnocení všech termínů				
Průměr	53,33			
Rozptyl	182,56			
Směrodatná odchylka	13,51			
Vyřazeno celkem	6			

V tabulce číslo tři se nachází hodnoty, které byly naměřeny a vypočítány u varianty LED osvětlení s převažující kombinací modrého a červeného spektra. Z uvedených dat můžeme vyčíslit, že v porovnání s předchozími variantami měla nejvíce namnožených rostlin jak v průměru, tak i v maximálním počtu rostlin na variantu (81). Z tohoto pokusu bylo vyřazeno celkem 6 kusů.

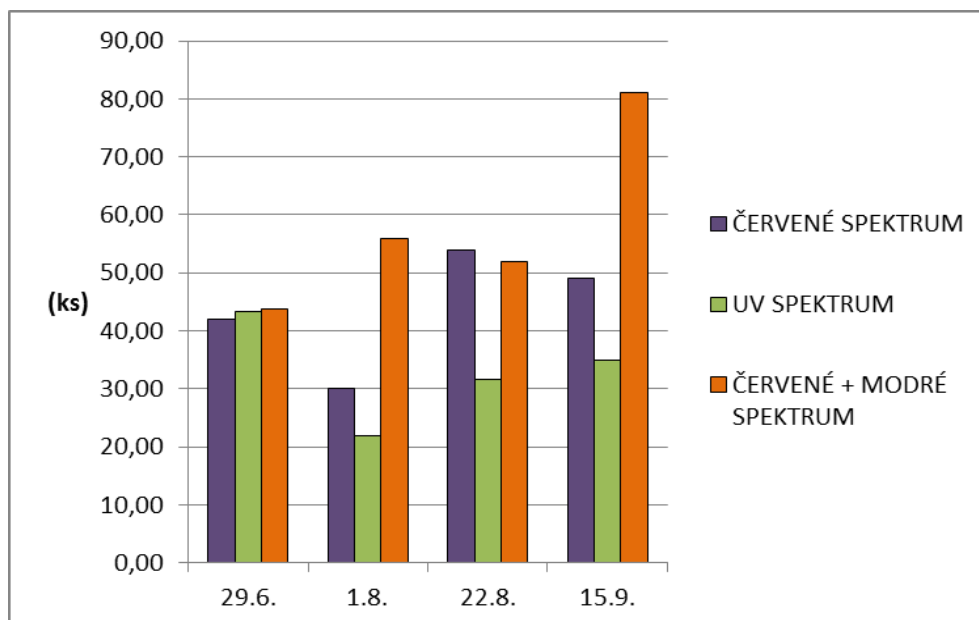
Tabulka č. 4, počty rostlin u kontrolní varianty (SVOBODA, 2017)

Kontrolní varianta		
Datum / opakování	27. 5. 2016	29. 6. 2016
1.	8	48
2.	8	50
3.	8	52

V tabulce číslo čtyři jsou zobrazeny počty multiplikovaných rostlin z kontrolní varianty, tato čísla sloužila jako podklad k porovnání, zda je některá varianta LED osvětlení účinnější než běžně používané osvětlení na Mendeleu. Jediná varianta, která

několikrát překonala kontrolní variantu, byla varianta s převažujícím červeným a modrým spektrem.

Graf č. 2, porovnání počtů rostlin mezi jednotlivými variantami ve všech opakováních (SVOBODA, 2017)



U grafu číslo jedna jsou přehledně zobrazeny rozdíly v počtech namnožených rostlin mezi rozdílnými spektry LED osvětlení u jednotlivých opakování. U varianty s UV spektrem si můžeme všimnout, že u 3 ze 4 opakování měla nejmenší počet rostlin, tudíž by se do praktického využití neměla doporučovat. Naproti tomu varianta s kombinací červeného a modrého spektra měla u 3 ze 4 opakování největší počet rostlin, tím pádem by se v praktickém využití měla použít právě tahle varianta LED osvětlení.

Co se týče zdravotního stavu rostlin, tak si můžeme všimnout rozdílu ve vybarvení variant, viz obr. Číslo 6 A, 6 B, 6 C. První varianta měla často světlejší listy, podle toho lze soudit, že neměla dostatečné spektrum pro zdravější vybarvení, u druhé varianty se zase objevovalo červené zbarvení žilnatiny a okrajů listu, zde na druhou stranu můžeme tvrdit, že jde o následek UV záření, které bylo ve druhé variantě majoritní. Třetí varianta měla pěkné zbarvení, avšak v několika případech rostliny vypadaly starší, než by měly.

Obrázek č. 6 A, varianta číslo 1 (červené spektrum) po ukončení cyklu multiplikace (SVOBODA, 2016)



Obrázek č. 6 B, varianta číslo 2 (UV spektrum) po ukončení cyklu multiplikace (SVOBODA, 2016)



Obrázek č. 6 C, varianta číslo 3 (červené plus modré spektrum) po ukončení cyklu a příprava na další cyklus multiplikace (SVOBODA, 2016)



5.2 Výsledky zakořeňování

U zdravotního stavu byly vyzorovány velmi podobné rozdíly jako u multiplikace. První varianta měla v několika případech chlorózy na listech a špatné vybarvení (viz Obrázek 7 A). Pod druhou variantou s UV zářením nebylo nyní zpozorováno červené zabarvení řapíku a žilnatiny, ale barvy listů byly lehce světlejší oproti kontrolní variantě (viz Obrázek 7 B). Třetí varianta vypadala zdravotně v pořádku a oproti pokusu multiplikace nepůsobily listy tak starším dojmem (viz obrázek 7 C).

Tabulka č. 5, časový pohled na založení a průběh pokusu zakořeňování (SVOBODA, 2017)

První cyklus	Druhý cyklus	Třetí cyklus
24. 10.-7. 11. 2016	9. 11.-23. 11. 2016	28. 11 - 5. 12. 2016

Tabulka 4 ukazuje, že celý pokus vlivu LED osvětlení na zakořeňování byl založen dne 24.10., a skončil 5.12.2016.

Obrázek č. 7 A, varianta číslo 1 po skončení cyklu zakořeňování (SVOBODA, 2016)



Obrázek č. 7 B, varianta číslo 2 po skončení cyklu zakořeňování (SVOBODA, 2016)



Obrázek č. 7 C, varianta číslo 3 po skončení cyklu zakořeňování (SVOBODA, 2016)



Při měření výšky jednotlivých rostlin jsme u první varianty (červené spektrum) mohli zjistit, že výška rostlin byla nejnižší ze všech variant nejnižší, naopak třetí varianta (kombinace červeného a modrého spektra) tvořila viditelně vyšší rostliny a měla znatelnější tvorbu kořenů (viz. Obrázky 8 A, 8 B, 8 C).

Obrázek č. 8 A, varianta číslo 1 po skončení cyklu zakořeňování, detail na výšku rostlin (SVOBODA, 2016)



Obrázek č. 8 B, varianta číslo 2 po skončení cyklu zakořeňování, detail na výšku rostlin (SVOBODA, 2016)



Obrázek č. 8 C, varianta číslo 3 po skončení cyklu zakořeňování, detail na výšku rostlin (SVOBODA, 2016)



6 DISKUZE

Tato diplomová práce je zaměřena na porovnání vlivu různých druhů LED osvětlení u vegetativně množených podnoží 'Gisela 5' v podmínkách *in vitro*. Problematika LED osvětlení je v posledních letech jedním z nejméně zkoumaných témat v oblasti *in vitro*. Světelné zdroje jsou klíčové pro úspěšný růst rostlin v růstových komorách, avšak jsou vysoce náročné na spotřebu elektrické energie. Proto se v dnešní době snaží spousta společností přejít na LED osvětlení, které je sice dražší, ale za to má mnohonásobně nižší spotřebu, a naopak vyšší životnost. Jedním z nejdůležitějších problémů u použití LED osvětlení na rostliny v podmínkách *in vitro* je specifická náročnost na složení světelného spektra, proto byly u této práce zvoleny LED osvětlení s různými světelnými spektry.

Pokus byl prováděn střídavě na ZF v Lednici a ve firmě Fosfa a.s. v Břeclavi. K pokusu byl použit rostlinný materiál podnoží 'Gisela 5', který se běžně používá v komerčních společnostech zabývajících se prodejem vegetativně množených podnoží pěstovaných v podmínkách *in vitro*. Vzorky byly umístěny pod tři různá LED osvětlení, které firma Fosfa využívá na přisvětlování u hydroponického pěstování salátů. První osvětlení obsahovalo hlavně červené spektrum, druhé UV záření a třetí kombinaci červeného a modrého spektra. Kontrolní vzorek byl umístěn pod klasické žárovky na ústavu Mendeleum, kde se tyto podnože běžně kultivují. Pokus byl rozdělen na dvě části. V první části se zjišťoval vliv osvětlení na multiplikaci rostlin. Jeden cyklus pod osvětlením trval čtyři týdny, poté se rostliny převezly zpátky na ústav Mendeleum, kde byly vzorky namnoženy a sledoval se počet namnožených rostlin, zdravotní stav a infekce u jednotlivých variant. Jako médium bylo použito médium DKW, do kterého bylo navíc přidáno $1,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ BAP a $0,05 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ IBA. Celkem se tento pokus opakoval čtyřikrát.

Nejnižší průměrný počet rostlin byl v průměru namnožen u varianty s UV zářením, nejvyšší zase u varianty kombinace červeného a modrého světla. Pozitivní vliv kombinace modrého a červeného světla byl v minulosti spatřen u rajčat, a to zejména na morfológickou stavbu a tvorbu biomasy (OUZOUNIS a kol., 2012).

Varianta s modrým a červeným spektrem byla u multiplikace jako jediná v několika případech lepší než kontrolní varianta. U zdravotního stavu se žádná z variant nedokázala přiblížit kontrolní variantě. U první varianty trpěly rostliny

chlorózami a u UV záření měly červené zabarvení žilnatiny i řapíku. Třetí varianta měla zdravé vybarvení, avšak listy vypadaly mnohem starší, než by měly být. Naopak HERMAN, 2014 zjistil, že rod *Cymbidium* se nejlépe multiplikuje pod světlem zeleným.

U pozorování infikovaných vzorků jsme zjistili, že procentuální infekce byla u varianty jedna 46,67 %, u druhé varianty 20 % a u poslední varianty 40 %. Podle rozšíření infekce, které bylo u všech infikovaných vzorků stejné lze vydedukovat, že osvětlení nemělo výrazný vliv na rozšíření infekce.

V druhé části pokusu jsme se zaměřili na vliv osvětlení na zdravotní stav a výšku rostlin, při zakořeňování v podmínkách *in vitro*. Jeden cyklus pod osvětlením trval 14 dní a jako médium bylo použito Murashige, Skoog (1962) médium s přídavkem $0,8 \text{ mg l}^{-1}$ IBA. Pokus se opakoval celkem třikrát

U zdravotního stavu bylo vypořádáno, že varianta jedna s červeným spektrem měla opět problémy s chlorózami, varianta dvě byla srovnatelná s kontrolní, stejně tak jako varianta třetí, u které tentokrát listy vypadaly úměrně dobře kultivace. Výška rostlin byla nejnižší u varianty jedna a nejvyšší u varianty tři, kde byla i znatelnější tvorba kořenů. Tyto výsledky dokazují, že jiné druhy rostlin mají rozdílné nároky na světelné spektrum. Například DHOODHE a LABEKE, 2012 zjistili, že *Helleborous orientalis* L. v podmínkách *in vitro* nejlépe zakořeňuje pod kombinací bílého a červeného spektra. Výsledky hydroponického pěstování salátů ve firmě Fosfa tento fakt potvrzují, pod variantou dvě saláty tvořily nejdelší a nejhustší kořeny, pod variantou tři zase tvořily největší biomasu a pod variantou jedna byly saláty sice menší, ale měli kompaktnější tvar oproti zbylým variantám (SÝKORA, ústní sdělení 2016).

7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce je zpracována na téma Studium světelných zdrojů pro *in vitro* kultivaci podnože 'Gisela 5'.

Literární rešerše je rozdělena do tří částí. V první části je zpracována všeobecná charakteristika světelných zdrojů, se zaměřením na základní definici a popis světla, jeho vliv na rostliny. Dále jsou zde podrobně popsány druhy umělého přisvětlování, jejich výhody a nevýhody. Větší důraz je kladen na LED osvětlení. Druhá část rešerše popisuje všeobecnou problematiku u podnoží třešní. Ta je rozdělena na obecnou charakteristiku, původ a zařazení třešně ptačí (*Prunus avium* L.). V této části se taktéž řeší problematika intenzivních výsadeb u nás, jsou zde popsány nejvýznamnější podnožové odrůdy včetně nejvýznamnějších odrůd využívaných u nás.

Poslední část je zaměřena na konkrétní případy vlivu umělého přisvětlování na rostliny. Jsou zde popsány vývojové trendy v oblasti přisvětlování, zaměřené hlavně na nejnovější druhy LED osvětlení. Je zde popsán jejich význam ve skleníkové výrobě, a taktéž i vliv různého světelného spektra na rostliny v *in vitro* podmínkách.

Praktická část byla rozdělena na dvě samostatné části. V první z nich jsme pozorovali vliv třech různých LED osvětlení s jinými světelnými spektry (červené, UV záření a kombinace modrého a červeného) na multiplikaci podnoží 'Gisela 5'. Sledoval se počet multiplikovaných rostlin, infekce a jejich zdravotní stav. Z výsledků vyplývá, že UV záření mělo negativní vliv jak na multiplikaci (nízký počet namnožených rostlin), tak i na zdravotní stav (rostliny měly červenou žilnatinu a okraje listů). Naproti tomu kombinace červeného a modrého světla působila na rostliny velmi příznivě, co se týče počtu rostlin (z větší části byly vyšší než kontrolní varianta). Nejlepší vybarvení měla však kontrolní varianta pod zářivkami (pod červeným světlem se vyskytovaly chlorózy a pod kombinací červeného a modrého světla vypadaly rostliny starší, než by měly).

V druhé části se sledoval vliv výše uvedených LED osvětlení na podnože 'Gisela 5' při zakořeňování v podmínkách *in vitro*. Nejlepšího výsledku se dosáhlo u varianty s kombinací červeného a modrého světla. Rostliny byly nejvyšší a byla zde nejlépe viditelná tvorba kořenů. U vybarvení nebyl spatřen negativní vliv stárnutí listů jako u multiplikace.

Pod červeným světlem byly opět viditelné chlorózy, pod UV zářením se tentokrát neprojevilo červené zabarvení žilnatiny a okraje listů, ale rostliny byly oproti kontrolní variantě nižší.

8 SOUHRN A RESUME, KLÍČOVÁ SLOVA

Studium světelných zdrojů pro *in vitro* kultivaci podnože 'Gisela 5'

Souhrn

Diplomová práce byla zpracována na téma Studium světelných zdrojů pro *in vitro* kultivaci podnože 'Gisela 5'. Pokus byl prováděn střídavě na ZF v Lednici, na ústavu Mendeleum v *in vitro* laboratoři a ve firmě Fosfa a.s. v Břeclavi.

Cílem práce bylo rozšířit poznatky o vlivu světelných zdrojů na kultivaci rostlin v *in vitro* podmínkách. Na základě těchto informací a znalosti byl následně proveden pokus, který se zabýval zkoumáním vlivu třech různých LED osvětlení na kultivaci rostlin podnože 'Gisela 5', ve fázi multiplikace a zakořeňování v *in vitro* podmínkách.

Klíčová slova

Světlo, 'Gisela 5', kultivace rostlin, LED technologie.

Study of light sources for *in vitro* cultivation of the rootstock 'Gisela 5'

Resume

Final thesis was worked out on theme Study of light sources for *in vitro* cultivation of the rootstock 'Gisela 5'. Experiment was conducted alternately on Mendeleum – Institute of Genetics and Plant breeding, Faculty of Horticulture in Lednice and on Fosfa a.s. company in Břeclav.

The aim of this thesis was to expand knowledge about light sources and their influence on *in vitro* plant cultivation. Based on this information and knowledge, an experiment was then made to investigate the impact of three different LED light sources on *in vitro* cultivation of the rootstock 'Gisela 5' in the phase of multiplication and rooting.

Keywords

Light, '*Gisela 5*', Plant cultivation., LED technology.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BLAŽEK, Jan. a kol. (1998) *Ovocnictví*. 1. vydání, ISBN 80-85362-33-3.
- BLAŽKOVÁ, J. (2004) Resistance to abiotic and biotic stressors in sweet cherry rootstocks and cultivars from the Czech Republic. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, vol. 12, Special Edition, p. 303–311.
- BRIDGEN, Mark. Using ultraviolet-C (UV-C) irradiation on greenhouse ornamental plants for growth regulation. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 29 [cit. 2016-4-18]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- BUGBEE, Bruce. Toward an optimal spectral quality for plant growth and development: The importance of radiation capture. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 25 [cit. 2016-4-14]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- BUCHTOVÁ, Irena, Vladimír DOBIÁŠ a Jitka MAŠKOVÁ. Vnitrostátní strategie ČR pro udržitelné operační programy organizací producentů v sektoru ovoce a zeleniny: příloha k Situační a výhledové zprávě ovoce a zelenina. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2015. ISBN 9788074342271.
- CALÁBEK, J.: Antagonismus vlivu giberelinu a zářivkového světla, Sborník VŠZ-Brno, řada A, 1964.
- CALLESEN, O. (1998). Recent developments in cherry rootstock research. *Acta*.
- CYBULARZ-URBAN T., HANUS-FAJERSKA E., SWIDERSKI A. Effect of light wavelength on in vitro organogenesis of a cattleya hybrid. www2.ib.uj.edu.pl [online]. 2007, roč. 49, č. 1, s. 113-118 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: http://www2.ib.uj.edu.pl/abc/pdf/49_1/14cybula.pdf p. 9–10.

- DOLEČEK, Jaroslav. Moderní učebnice elektroniky. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 8073001845. dwarfing in cherries is caused by differential cessation of terminal meristem growth and is triggered by rootstock-specific gene regulation. *Tree Physiology*, vol. 29, no. 7, p. 927–936.
- FOLTA, Kevin et al. Controlling plant growth, development and metabolism with commands from the electronic canopy. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 26 [cit. 2016-4-14]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- GÓMEZ, Celina – MITCHELL, Cary. In search of an optimized supplemental lighting spectrum for greenhouse tomato production with intracanopy lighting. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 27 [cit. 2016-4-1]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- GOTO, Eiji et al. Effect of UV light on phytochemical accumulation and expression of anthocyanin biosynthesis genes in red leaf lettuce. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 30 [cit. 2016-4-1]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- GRUPPE, W. (1985). An overview of the cherry rootstock breeding program at Giessen 1965–1984. *Acta Horticulturae* 169, p. 189–198..
- GRZESIAK W. The influence of assembly technology on exploitation parameters of power SSL-LEDs. *Materialy elektroniczne*. 2008, č. 36, str. 124-132.
- GRZESIAK W., ŽUPNIK M. An intelligent plant irradiation system based on SSL LED technology. *Prace instytutu elektrotechniki*. 2012, č. 20, s. 20-12.
- HABEL, Jiří. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 9788086534213. *Horticulturae* 468, p. 219–228. *Horticulturae* 468, p. 229–240.

- HAQUEA, S.M. et al. In vitro organogenesis of *Anoectochilus formosanus* under different sources of lights. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 66 [cit. 2016-4-14]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- HERNÁNDEZ, Ricardo et al. Growth and morphology of vegetable seedlings under different blue and red photon flux ratios using light-emitting diodes as sole-source lighting. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 45 [cit. 2016-4-24]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- KLÍNSKÝ, V.: Zářivky. Praha, 1964.
- LEMAN, V. M.: Kurs svetokultury rastěnij, Moskva, 1961.
- MALINA, Václav. Poznáváme elektroniku. 3. vyd. České Budějovice: KOPP, 2003. ISBN 80-7232-039-4.
- MARCELIS, Leo – HEUVELINK, Ep. Responses of two *Anthurium* cultivars to high daily integrals of diffuse light. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 44 [cit. 2016-4-8]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- MARCELIS, Leo et al. Led it be: A road to 50% energy saving by the smart use of leds in greenhouse horticulture. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 30 [cit. 2016-4-16]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- MASSA, Gioia et al. Growth chambers on the international space station for large plants. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 49 [cit. 2016-4-8]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- NĚMEC, I., ŠVIHÁLEK, J.: Žárovky, Praha, 1950.

- NICOLE, Celine et al. Lettuce growth and quality optimization in a plant factory. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 33 [cit. 2016-4-14]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- NTAGKAS, Nikolaos et al. Illuminating tomato fruit enhances fruit Vitamin C content. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 35 [cit. 2016-4-4]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- NUGENT, J., Lang, G., Shane, B. (2005) Early twenty-first century cherry varieties for the Great Lakes and Eastern North America. *New York Fruit Quarterly*, vol. 13, no. 3.
- OUZOUNIS, Theoharis et al. Blue and red led lighting effects on plant biomass, stomatal conductance, and metabolite content in nine tomato genotypes. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 27 [cit. 2016-4-17]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- PHILLIPS Electronics N.V. Growing your profits. Horticultural lighting [online]. 2010, 2.6.2010 [cit.2015-03-16]. Dostupné z: http://www.lighting.philips.nl/application_areashorticultural/pdf/growing_your_profits.pdf.
- PHILLIPS. Künstliche Belichtung im Gartenbau [online]. 2003 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: http://www.lighting.philips.de/pwc_li/main/shared/assets/downloads/pdf/horticulture/leaflets/general-booklet-philips-led-lighting-in-horticulture-DE.pdf.
- PODEŠVA, Jaroslav, Karel VÉBER a Štěpán KUBÍN. Využití umělého světla při pěstování rostlin. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1968. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).

- PRASSINOS, C., Ko, JH, Lang G, Iezzoni AF, Han KH. (2009) Rootstock-induced precocity, and yield productivity. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural*.
- SANSAVINI, S., Lugli, S. (2008) Sweet cherry breeding programs in Europe and Asia. *Acta Horticulturae* 795, p. 41–57 *Science*, vol. 23, p. 373–382.
- SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 9788001049419.
- ÚRADNÍČEK, Luboš. *Dřeviny České republiky. 2., přeprac. vyd.* Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2009. ISBN 9788087154625.
- VAN LEPEREN, Wim. Plant growth control by light spectrum: Fact or fiction? 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 26 [cit. 2016-4-3]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- VERCAMMEN, J., van Daele, G., Vanrykel, T. (2008) Testing of sweet cherry varieties in Belgium, *Acta Horticulturae* 795, 179–184.
- WARGENT, Jason. UV leds in horticulture: From biology to application. 8th International Symposium on Light in Horticulture [online]. 2016, str. 25 [cit. 2016-4-14]. Dostupné z <<http://www.lightsym16.com>>.
- WEBSTER A.D. (1995) Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigor.
- WEBSTER A.D. (1998) Strategies for controlling the size of sweet cherry trees. *Acta*.
- ZUPNIK M, GRZESIAK W. The application of SSL LED technology in programmable plant lighting systems. *Agricultural Engineering*. 2012, č.2, s. 361-369.