

Ljuskvaliténs inverkan på tillväxt och smak hos basilika *Ocimum basilicum* och citronbasilika *Ocimum basilicum* var. *citrodorum*

Light quality impact on growth and flavor of basil *Ocimum basilicum* and basil lemon *Ocimum basilicum* var. *citrodorum*

Malin Nyrén



Ljuskvaliténs inverkan på tillväxt och smak hos basilika *Ocimum basilicum* och citronbasilika *Ocimum basilicum* var. *citrodorum*

Light quality impact on growth and flavor of basil *Ocimum basilicum* and basil lemon *Ocimum basilicum* var. *citrodorum*

Malin Nyrén

Handledare: Karl-Johan Bergstand, SLU,
Område Hortikultur, LTJ- fakulteten

Bitr. handledare: Hartmut K. Schüssler, SLU,
Område Hortikultur, LTJ- fakulteten

Examinator: Helena Karlén, SLU,
Område Hortikultur, LTJ- fakulteten

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grund C

Kurstitel: Självständigt arbete för hortonomprogrammet

Kurskod: EX0369

Program/utbildning: Hortonomprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2010

Omslagsbild: Malin Nyrén

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-Fakulteten

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Light Emitting Diodes, basilika, citronbasilika, essentiella oljor



Sveriges lantbruksuniversitet
LTJ fakulteten
Hortikultur

SAMMANFATTNING

Syftet var att undersöka ljuskvaliténs inverkan på tillväxt och smak hos *Ocimum basilicum* (vanlig basilika) och *Ocimum basilicum* var. *citriodorum* (citronbasilika). Ljuskvaliténs inverkan jämfördes även mellan sorterna. Arbetet bestod av ett försök och en kompletterande litteraturstudie för bakgrundsfakta om LED-belysning och basilika. Basilikan växte under åtta veckor i en klimatkammare med fem stycken avdelningar. I försöket användes fyra stycken armaturer med monokromatiskt ljus i färgerna blått, grönt, gult och rött samt en armatur med polykromatiskt ljus. Basilikaplantorna belystes under 18 h/dygn. Under försöket mättes planthöjd och antalet blad räknades. Vid avslutningen mättes även frisk- och torrsvikt, plantbredd, bladyta, stamdiameter, internodiellängd och plantornas rötter bedömdes. Resultatet visade att citronbasilikan var mer känslig för kvaliteten på ljuset än den vanliga basilikan. Genomgående gav det gröna och gula ljuset små och klena plantor. Rött ljus visade sig vara bra för sidokottillväxten och gav bra rötter, medan det blå ljuset gav dålig sidokottillväxt och mindre bra rötter. En jämförelse mellan referensplantorna i växthus och plantorna i det vita ljuset visade att citronbasilikan och basilikan växte långsammare i det polykromatiska, vita ljuset. Det vita ljuset gav bättre rotutveckling än det blåa ljuset, men var något sämre än det röda ljuset och naturligt dagsljus. Ett smaktest indikerade att det förekom smakskillnader mellan olika ljusbehandlingarna hos båda basilikasorterna.

ABSTRACT

The aim was to investigate the impact of light quality on growth and flavor of *Ocimum basilicum* (basil) and *Ocimum basilicum* var. *citriodorum* (lemon basil). The impact of light quality was also compared between the varieties. The essay consisted of an experiment and an additional literature review of background information on LED lighting and basil. Basil grew for eight weeks in a climate chamber with five compartments. Four light fixtures with monochromatic light in blue, green, yellow and red and one fixture with polychromatic white lights were used in the experiment. During the experiment plant height was measured and the number of leaves were counted. At the end of the experiment fresh and dry weight, plant width, leaf surface, stem diameter and the length of internodes were studied. The root systems were evaluated. The results showed that the basil lemon were more sensitive to the quality of light compared to regular basil. In the green and yellow light treatment, plants grew poorly. The red light had a good effect on side-shoot growth and treated plants had good root systems, compared to plants treated with blue light that had less side-shoots and roots. Both varieties grew slower in white light compared with reference plants in natural light. The white light resulted in better root growth compared to plants treated with blue light. Differences in flavor between the treatments were observed but there was no conformity between the varieties.

TACK TILL

Jag vill till en början tacka alla personer som på något sätt har bidragit till mitt arbete. Ett speciellt tack vill jag rikta till min handledare Karl-Johan Bergstrand som hjälpt till med försöket och gett tips under skrivandets gång. Jag vill även tacka min biträdande handledare Hartmut K. Schüssler för ett utmärkt stöd och Stina Månsson för bollande av idéer och de flertal timmar hon hjälpt till under mitt försök. Jag vill slutligen rikta ett stor tack till de personer som ställde upp på mitt smaktest.

Alnarp, augusti 2010

Malin Nyrén

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INTRODUKTION	1
1.1	Syfte och upplägg	1
1.1.1	Frågeställningar	2
1.1.2	Avgränsningar	2
1.2	Teoretisk bakgrund.....	2
1.2.1	Ljusets påverkan på växten	3
1.3	Light Emitting Diodes (LED)	3
1.4	Släktet Basilika (<i>Ocimum</i>)	4
1.4.1	Beskrivning	4
1.4.2	Smakämnen	5
2	MATERIAL OCH METOD.....	6
2.1	Material	6
2.1.1	LED-armaturer och odlingskammare	6
2.1.2	Modellväxt.....	6
2.2	Metod	6
2.2.1	Veckovisa avläsningar.....	7
2.2.2	Slutavläsning.....	7
2.2.3	Smaktest	7
2.4	Statistisk analys.....	8
3	RESULTAT.....	9
3.1	Mätning av LED-armaturer	10
3.2	Resultat av mätningar	10
3.2.1	Frisk- och torrsvikt	10
3.2.2	Höjd	11
3.2.3	Bredd	12

3.2.4 Internodielängd	13
3.2.5 Bladyta	13
3.2.6 Stamdiameter	15
3.2.7 Rötter	15
3.3 Smaktest	15
4 DISKUSSION	16
4.1 Förslag och förbättringar	18
4.2 Slutsats	19
5 REFERENSER	19
5.1 Elektroniska källor	21

1 INTRODUKTION

Ljus, vatten, temperatur och näringstillförsel är några av faktorerna som påverkar växtens tillväxt och utveckling (Bævre et al, 1992). Ljuset är en form av energi som består av fotoner (energibärare), som rör sig med olika våglängder (Taiz & Zeiger, 2006). Våglängderna kan vara korta eller långa beroende på avståndet mellan vågtopparna, de korta våglängderna är de mest energirika. Solens energi ligger inom våglängsområdena 300 nm till 4000 nm (SMHI, 2010). Nästan hälften av solenergin finns i det synliga området (SMHI, 2010) som ligger på 380 nm till 780 nm (Taiz & Zeiger, 2006). I de norra delarna av världen är ljusinstrålningen låg under vinterhalvåret, vilket gör att växthusodlare kompletterar det naturliga ljuset med artificiell belysning (Bævre et al, 1992). I dag används främst högtrycksnatriumlampor (HPS-lampor) för detta ändmål (Gregory et. al, 2006). Ljusspektrat som avges från en HPS-lampa skiljer sig med hänsyn till fabrikat och ålder på ljuskällan. Våglängderna som HPS-belysning avger ligger mellan 550 nm till 620 nm, vilket innebär att den största andelen ljus kommer från det gröna och det gula ljusspektret (Andersen, 1990; Taulavuori, 1996). Idag pågår flera försök med Light Emitting Diodes (LED-belysning)(Christensen & Larsson, 2010), bland annat på SLU Alnarp. Tekniken har blivit intressant att studera för växthusodling, främst för att ljuskvalitén går att påverka (Ljuskultur, 2009; Schüssler & Bergstrand, 2009). En minskning i pris har även gjort armaturerna mer lättöverkomliga. LED-belysningen består oftast av små dioder som sätts ihop och bildar en klusterarmatur (Ljuskultur, 2009). Även armaturer med endast en stor diod finns på marknaden. Dioderna tillverkas i våglängder som sträcker sig genom hela färgskalan och däribland finns vitt, blått, grönt, gult och rött ljus (Schubert, 2003).

1.1 Syfte och upplägg

Syftet var att undersöka ljuskvaliténs inverkan på tillväxt och smak hos *Ocimum basilicum* (vanlig basilika) och hos *Ocimum basilicum* var. *citriodorum* (citronbasilika). Ljuskvaliténs inverkan på tillväxt och smak jämfördes även mellan sorterna. Arbetet

bestod av ett försök och en kompletterande litteraturstudie för bakgrundsfakta om LED-belysning och basilika. Litteraturstudien bestod av tre delar, en om ljus, en om LED-belysningen och en om växtslaget och smaken.

1.1.1 Frågeställningar

- Hur påverkar de olika våglängdsområdena (vit, gul, röd, grön och blå) tillväxten?
- Hur påverkar de olika våglängdsområdena (vit, gul, röd, grön och blå) smaken hos de färska bladen?

1.1.2 Avgränsningar

En kombination av olika vågländer under försöksperioden utfördes inte. Arbetet utgick från hur växten påverkades av belysningen. Inga tekniska och ekonomiska aspekter har beaktats som att göra jämförande kostnadsberäkningar för LED-belysning jämfört andra lamptyper.

1.2 Teoretisk bakgrund

Ljuset som en planta absorberar kallas för absorptionsspektrum, det ljus som används i fotosyntesreaktioner heter aktionsspektrum (Taiz & Zeiger, 2006). Det ljus som ingår i fotosyntesen är det synliga ljuset med ett ljusspektrum på 380 nm till 780 nm (Tabell 1). Fotosyntesen består av två olika system, den ljusberoende cykeln och Calvincykeln. I den ljusberoende cykeln driver ljusenergin reduktionen av koldioxid till sockerprodukter, genom fotosyntespigment i mesofyllcellerna. Pigmenten omvandlar den uppfångade ljusenergin till kemisk energi. De vanligaste pigmenten i gröna växter är klorofyll a och b, som absorberar det blå (460-480 nm) och orangeröda (650-670 nm) ljuset (Jaakkonen & Vuollet, 1996), även karotenoider är vanliga pigment (Jaakkonen & Vuollet, 1996; Taiz & Zeiger, 2006). Karotenoidernas absorptionsspektrum ligger mellan 400 nm till 500 nm, växter som innehåller höga halter av karotenoider får en orange färg (Taiz & Zeiger, 2006). Klorofyll a och b har båda toppar som ligger inom det blå och det röda spektret, vilket innebär att absorptionen av ljus är som störst inom dessa områden (Taiz & Zeiger, 2006).

Tabell 1 Översikt över färgspektrat inom våglängsområdet 400 – 700 nm. Källa: Taiz & Zeiger, 2006

	Violett- blått spektra	Grönt- gult spektra	Rött- mörkrött spektra
Våglängd, nm	400-510 nm	510-610 nm	610-700 nm

1.2.1 Ljusets påverkan på växten

Ljusinstrålningens kvantitet är direkt kopplat till fotosyntesens effektivitet, låg instrålning hämmar plantans tillväxt (Corree, 1983; Alderson et. al, 2007), vilket kan leda till stametiolering dvs. att växtens blad blir små och stammen blir lång och klen (Jaakkonen & Vuollet, 1996). Färgskiftningar på grund av färre klorofyllpigment kan göra att plantan ser blek ut. Växtens rötter har en annan ljusrespons än växtens ovanjordiska delar (Bjelland, 1984).

Ljuset som finns i det röda spektret kan delas in i rött och mörkrött (Bævre et al, 1992). Förhållandet mellan rött och mörkrött ljus påverkar växtens form (Jaakkonen & Vuollet, 1996). Det mörkröda ljuset stimulerar den apikala dominansen vilket leder till cellsträckning. Till skillnad från det mörkröda ljuset stimulerar rött ljus sidokottstillväxten, vilket ger buskigare plantor. Det röda ljuset absorberas av klorofyll- och fytokrompigment (Hansen & Madsen, 1990). Det blå spektret består av korta våglängder och är därför mer energirikt i jämförelse med det röda ljuset som består av långa våglängder (Gregory et. al, 2006; Taiz & Zeiger, 2006). Det blå ljuset anses motverka sträckningstillväxten (Gregory et. al, 2006; Runkle & Heins, 2006). Även öppningsgraden av stomata påverkas av det blå ljuset (Jaakkonen & Vuollet, 1996). Det gula och gröna ljuset absorberas av klorofyllpigmenten (Hansen & Madsen, 1990). Ljuset i det gula och gröna våglängsområdet är mindre effektivt för att driva fotosyntesen (Dougher & Bugbee, 2001; Hansen & Madsen, 1990) hos vissa växslag (Dougher & Bugbee, 2000).

1.3 Light Emitting Diodes (LED)

LED-tekniken uppfanns i början av 1900-talet (Ljuskultur, 2009). Under 1960-talet

startade den kommersiella produktionen av Light Emitting Diodes (LED), i färgerna rött, grönt och orange (Schüssler & Bergstrand, 2009; Ljuskultur, 2009). Från slutet av 80-talet började LED-armaturer komma ut på marknaden. En LED-armatur består vanligen av flera hopbyggda dioder, genom att bygga ihop olika sorters dioder kan man få armaturer som avger antingen monokromatiskt ljus eller ett bandspektrum som kan komponeras efter önskemål genom att variera antalet dioder av respektive typ (Schüssler & Bergstrand, 2009). En japansk forskare lyckades 1993 få fram det indigoblå ljuset och i mitten av 90-talet utvecklades även det vita ljuset (Ljuskultur, 2009).

Det vita spektret är polykromatiskt och består av en kombination av de tre grundfärgerna rött, grönt och blått. LED avger normalt sett varken ultraviolett ljus (UV-ljus) eller infrarött ljus, (IR-ljus) (Ljuskultur, 2009). En minskad värmestrålning ger förändrade odlingsförhållandena (Jenkins & Oy, 2010). Transpirationen sjunker vilket leder till minskat vattenbehov och därmed upptagning av näring. En hög temperatur i armaturen leder till minskad livslängd och sämre ljuskvalitet. Med hjälp av ett kylsystem på armaturens ovansida kan temperaturen regleras (Ljuskultur, 2009). Med hjälp av LED kan specifika våglängsområden användas (Ljuskultur, 2009) för att optimera smaker hos kryddväxter och grönsaker (Jenkins & Oy, 2010).

1.4 Släktet Basilika (*Ocimum*)

1.4.1 Beskrivning

Basilika tillhör släktet *Ocimum* som ingår i familjen Lamiaceae (kransblommiga växter) (Salomon, 2007). Familjen består i huvudsak av örter och små buskar. De innehåller förutom släktet *Ocimum* många andra stora kryddväxtsläkten. Basilikans stam är fyrkantig och bladen sitter parvis motsatta. På blad och stam växer körtelhår (glanderhår) som innehåller essentiella oljor (Hiltunen & Holm, 1999; Salomon, 2007). Tvåsidiga knippen i bladvecken bildar blomställningen. Basilika trivs i ett varmt skyddat läge och tål inte frost, vilket gör den till en annuell i Sverige. Släktet *Ocimum* förekommer naturligt i Asien, Afrika och den tropiska delen av Amerika (Hiltunen & Holm, 1999). Basilikans blad används både färska och torkade som krydda i olika maträtter

(Kasperbauer & Loughrin, 2001).

1.4.2 Smakämnen

På basilikans blad, både ovan- och undersida och på stammen, sitter glandularhår (Dudai et al, 1992). De är avsedda som försvar mot olika angrepp av växtätare (Gang et al, 2001). Håren innehåller essentiella oljor som ger upphov till olika aromatiska smaker. Hos *O. basilicum* finns två typer av glandularhår, peltate och capitata (Dudai et al, 1992). Peltatekörtlarna består av stalkceller som fäster i bladytan och bygger upp körtlar med hjälp av fyra sekretoriska celler (celler som är specialiserade på att bilda sekret (Björn et al, 2005; Gang et al, 2001)). Runt cellerna formas ett membran innehållande de essentiella oljorna. Capitatakörtlarna är mindre och består av en till två sekretoriska celler med en mycket liten oljesäck. Två viktiga beståndsdelar i de essentiella oljorna är terpenoider och fenypropener (Gang et al, 2001). Olika kombinationer av dessa beståndsdelar bidrar till den smak vi känner. Vanlig basilika innehåller närmare 90 % av olika slags fenypropener. Fenypropenerna lagras i petalekörtlarna men finns även i capitalekörtlarna. Basilikans karakteristiska smak kommer från fenolpropenerna eugenol och linalool (Alderson et. al, 2007). Med hjälp av olika ljusspektra kan andelen essentiella oljor påverkas (Grayer et. al, 1996). I försök med vanlig basilika där halterna av fenoler studerades visade resultaten att den största ökningen sker hos plantor som belyses med vitt ljus (Goto et. al, 2009). Det röda ljuset visade sig vara bra under en längre belysningsperiod medan det blåa ljuset var något sämre för att få en förhöjd fenolhalt. Den högsta andelen aromatiska ämnen hittades enligt ett annat försök hos plantor i det gröna och gula våglängdsområdet (Kasperbauer & Loughrin, 2001).

2 MATERIAL OCH METOD

2.1 Material

2.1.1 LED-armaturer och odlingskammare

Armaturer från Trädgårdsteknik AB, Ängelholm, Sverige med en effekt på 90 W och ett fläktstyrt kylsystem användes i försöket. Armaturerna hade olika ljusspektra; polykromatiskt ljus, vitt (430-730 nm) och monokromatiskt ljus i färgerna gult (585 nm) rött (620 nm), grönt (525 nm) och blått (460 nm). En mätare av typen Licor LI-1800 (LICOR, Lincoln, USA) användes för att mäta ljusspektret. Kamrarna bestod av en hyllvagn med armaturen fäst i översta hyllans undersida. Avståndet mellan ljuskälla och odlingsyta justerades så att ljusstyrkan uppgick till $60 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ i samtliga försöksled. För att minska risken att plantorna blev påverkade av andra våglängder än den som ingick i behandlingen, kläddes vagnarna in i svart-vit plast med den vita ytan inåt. Plantorna belystes under 18 h/dygn. Utöver försöksplantorna fanns referens plantor i en växthusavdelning med naturligt ljus. Lufttemperaturen ställdes in på 20°C i odlingskammaren och på 18°C (luftning vid +2°C) i växthuset. Temperaturen loggades var 30:e minut med en givare av typen HOBO (H8, Onset computer corp.)

2.1.2 Modellväxt

Försökets modellväxter var två basilikasorter, *Ocimum basilicum* (vanlig basilika) och *Ocimum basilicum* var. *citriodorum* (citronbasilika) (Bröderna Nelsons Frö AB, Tingsryd, Sverige).

2.2 Metod

Basilikafröna såddes i K-jord (Hasselfors garden, Örebro, Sverige) på ett djup av 2 mm. Frögroning ägde rum i växthus med naturligt ljus och temperaturen 18° C . En vecka efter uppkomst planteras enkelvis 30 småplantor per basilikasort i 11 cm plastkrukor. Efter tre dagar i den nya krukans slumpades plantorna ut på de fem olika behandlingarna och som referens. Varje behandling bestod av fyra plantor per sort. Antalet

referensplantor var också fyra plantor per sort. Ljusbehandlingarna startade 17 dagar efter sådd och pågick i åtta veckor. Vattning skedde ovanifrån med vanligt kranvatten en till två gånger i veckan beroende på plantans förbrukning. Efter 28 dagar från sådd fick plantorna sin första näringsdos och efter det en gång per vecka till försökets slut. Varje planta fick 50 ml näringslösning (EC 2.4, Superba orange+Calicinit (kalciumnitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Yara AB, Landskrona, Sverige).

2.2.1 Veckovisa avläsningar

Varje vecka mättes basilikaplantornas höjd från odlingssubstratets till tillväxtpunkten (meristemet) på huvudskottet. Antalet nya blad som uppnått storleken 5 mm från bladbas till topp noterades. I registreringarna ingick inte kotyledonerna, dvs. hjärtbladen.

2.2.2 Slutavläsning

Vid avslutningen av försöket mättes planthöjden från krukans övre kant till tillväxtpunkten. Plantbredden mättes i två riktningar och ett medelvärde räknades fram. Stamdiametern mättes med ett elektroniskt skjutmått mellan första och andra bladparet räknat från krukans botten. För att få fram internodielängden räknades antalet noder och delades sedan med stamlängden för varje planta. För att mäta den totala bladytan klipptes bladen av och placerades i en bladytemätare av typen Li-Cor LI-3100 (LI-COR, Lincoln, USA). För vägning av friskvikt placerades de avklippta bladen tillsammans med stammen som klipptes av vid substratet i en pappersåse för vägning av friskvikt. Efter vägningen torkades proverna i ett torkskåp i 70° C. Under två dygn och plantornas torrsvikt vägdes och förhållandet mellan frisk- och torrsvikt beräknades. Skillnader mellan rötterna bedömdes visuellt med hjälp av en skala från 1 till 10, där 1 var inga eller ytterst få rötter och 10 var en rotklump helt täckt av rötter.

2.2.3 Smaktest

Smakpanelen bestod av fem personer som inte hade någon koppling till försöket. Personerna bedömde basilikan utifrån smak. Personerna som ingick i panelen rekommenderades att undvika starkare maträtter, kaffe och rökning dagen innan och under dagarna då smaktesten utfördes (ICA, 2010; Wikström, 2009). För att hålla

smaklökarna neutrala erbjöds personerna i panelen vitt bröd och vatten mellan smakproverna. Deltagarna fick ett formulär där de kunde gradera smaken på en skala från 1 till 5, där 1 stod för smaklös och 5 för mycket smakrik. Personerna fick frivilligt lämna kommentarer efter varje smakprov

En planta från varje behandling och sort användes för att utföra smaktestet. Hela plantan skördades (stjälk och blad) och hackades ner lätt. Hacket placerades i skålar märkta med behandling och sort. Personerna delades in i två grupper; grupp 1 började med vanlig basilika och avslutade med citronbasilika, grupp 2 började med citronbasilika och avslutade med vanlig basilika.

2.4 Statistisk analys

Data från försöket behandlades i programmet Minitab (Minitab inc., State College, USA) där en ANOVA-analys utfördes för att se om behandlingarna skilde sig åt på signifikansnivån 0,05 (Engstrand et al, 2005). Där skillnader mellan behandlingarna fanns utfördes ett Tukey-test på samma signifikansnivå.

3 RESULTAT

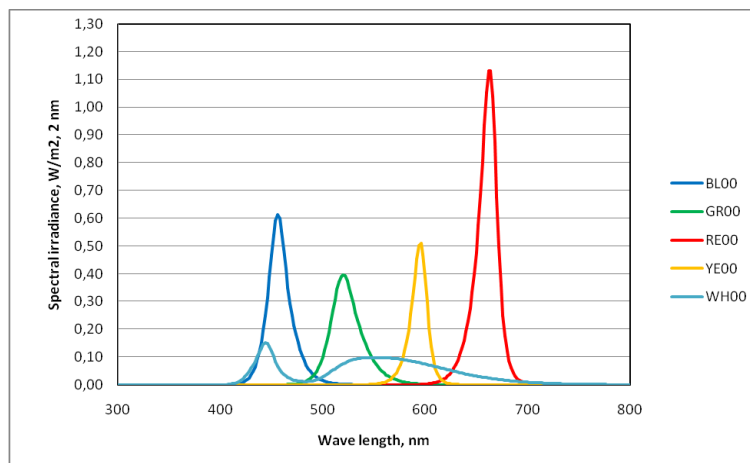
På grund av skilda odlingsförhållanden var inte referensen jämförbar med ljusbehandlingar. Variationen bland de vanliga basilikaplantorna var stor inom behandlingarna, speciellt i det röda ljuset, två plantor var mycket korta och två var mycket höga. Citronbasilikan var mer jämn i växtsättet inom behandlingarna. Hos citronbasilikan fanns en väldigt stor skillnad mellan behandlingarna där det gula ljuset gav svagväxande plantor, vilket resulterade i att smaktestet bara kunde utföras av ett fåtal personer. Det röda ljuset och plantorna som stått i växthuset hade vid tillfället för smaktestet gått i blom hos citronbasilikan och var i ett annat stadium än de övriga plantorna (Figur 1). Rött och vitt ljus visade sig vara bra för tillväxten av både skott och rötter, medan det blå ljuset endast gav en god skottutveckling. Det gröna ljuset kan liknas med det gula men gav något bättre tillväxt än detta och mindre skador. Hos den vanliga basilikan bildade plantorna i det röda ljuset stora, tjocka och kupade blad. Även för vanlig basilika var det gula och gröna ljuset klart sämst beträffande skottanläggning och rotutveckling.



Figur 1 Översikt av resultatet T.v. citronbasilika; referens, vit, röd, gul, grön och blå ljusfärg och T.h basilika; referens, vit, röd, gul, grön och blå ljusfärg. Foto: Malin Nyrén

3.1 Mätning av LED-armaturer

LED-armaturernas spektralfördelning för den blå, gröna, röda och gula armaturen har sina toppar inom det spektrum som respektive färg representerar (Figur 2). Det vita ljuset som är en blandning av det blå, gröna och röda ljuset har en topp i det blå och en topp i det grön/gula spektret.

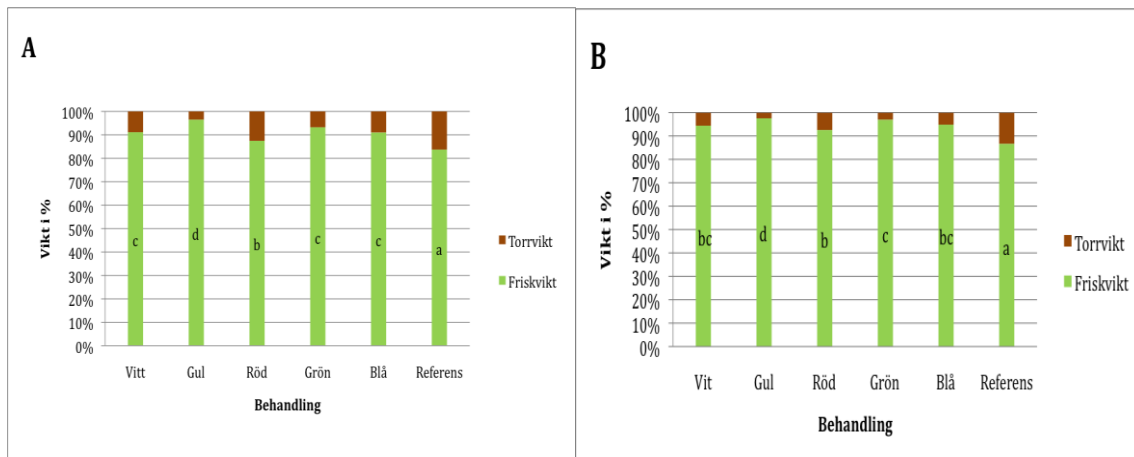


Figur 2: Mätningar av spektralfördelning hos LED- armaturerna. BLO0 betecknar blått, GR00 grönt, RE00 rött, YE00 gult och WH00 vitt ljus.

3.2 Resultat av mätningar

3.2.1 Frisk- och torrsvikt

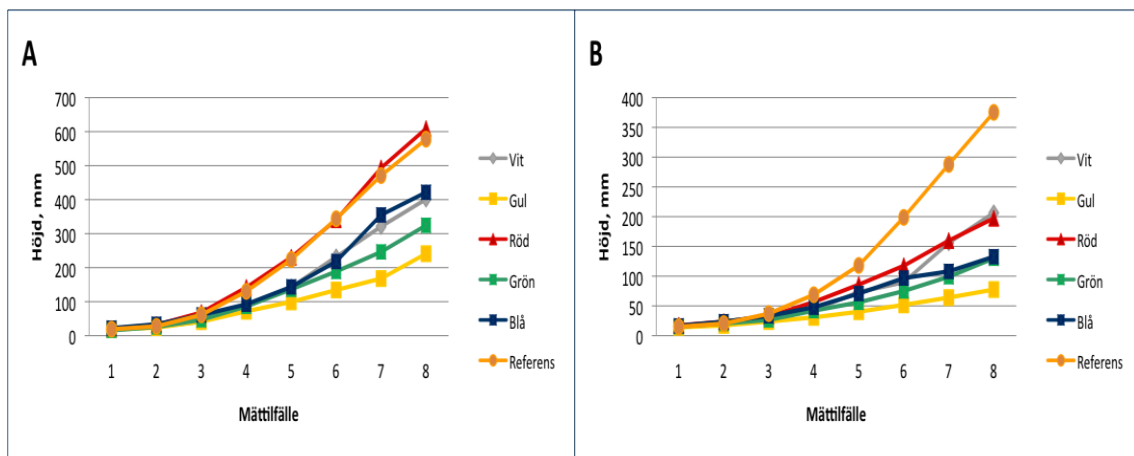
Frisk- och torrsvikt ger ett mått på vattenhalten i plantan i relation till den faktiska substansen (torrsvikten). Referensplantorna skilde sig signifikant ($p < 0.05$) från ljusfärgerna hos båda basilikasorterna (Figur 3). Citronbasilika i det röda ljuset skilde sig signifikant ($p < 0.05$) från övriga ljusfärger (Figur 3 A). Basilika i det gula ljuset skilde sig signifikant ($p < 0.05$) från de andra ljusfärgerna (Figur 3 B).

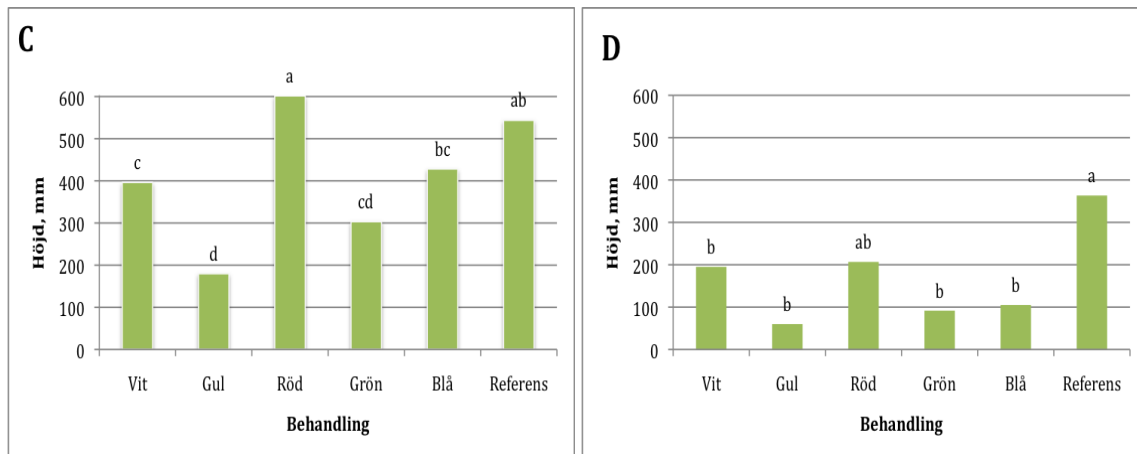


Figur 3 Relationen mellan frisk- och torrsvikt hos citronbasilika (A) och basilika (B).

3.2.2 Höjd

Tillväxthastigheten skilde sig åt mellan behandlingarna hos både citronbasilika och basilika (Figur 4 A och B). Citronbasilikan i det röda ljuset hade en liknande höjdtillväxt som referensplantorna medan övriga färger hade en mindre höjdtillväxt. För basilika var höjdtillväxten relativt lika mellan samtliga ljusbehandlingarna men betydligt mindre i jämförelse med referensplantorna (Figur 4 B).





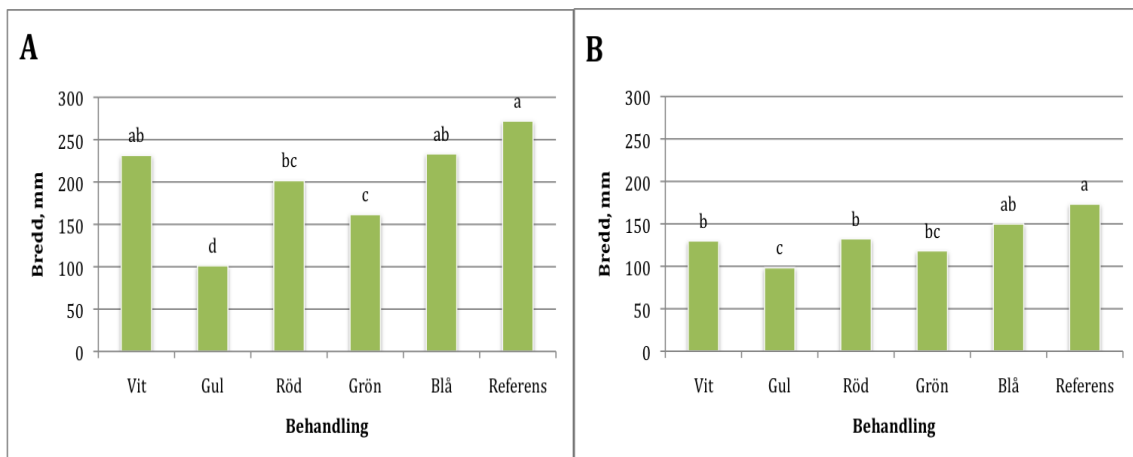
Figur 4 Veckovisa mätningar av höjden hos citronbasilika (A) och basilika (B) under åtta veckor. Färgerna på linjerna motsvarar respektive behandling. Slutmätningen av medelhöjden från krukans kant till tillväxtpunkten hos citronbasilika (C) och basilika (D).

En variation i höjdtillväxten mellan ljusbehandlingarna kunde noteras. Citronbasilikan som blivit behandlad i det röda ljuset skilde sig på signifikansnivån $p < 0.05$ från övriga ljusbehandlingar (Figur 4 A). Referensplantorna hos citronbasilika skilde sig på signifikansnivån $p < 0.05$ från behandlingarna vit, gul och grön. Hos basilikan fanns ingen signifikant skillnad i höjdtillväxten mellan ljusfärgerna (Figur 4 B). Basilikans referensplantor skilde sig på signifikansnivån $p < 0.05$ från alla ljusbehandlingar förutom den röda.

3.2.3 Bredd

Plantornas bredd varierade mycket beroende på ljuskällan. Rött ljus visa sig ge en kraftig sidokottstillväxt, medan plantorna i den blå behandlingen fick stora bladpar. Citronbasilikans referensplantor skilde sig signifikant ($p < 0.05$) från röd, grön och gul ljusbehandling (Figur 5 A). Citronbasilikan i det gula ljuset skilde sig signifikant från samtliga ljusbehandlingar. Hos basilikan skilde sig referensplantorna från vit, röd, grön och gul ljusfärg (Figur 5 B). Basilikan i det gula ljuset skilde sig signifikant från vit-, röd- och blå ljusbehandling. Ingen signifikant skillnad fanns mellan den gula- och gröna

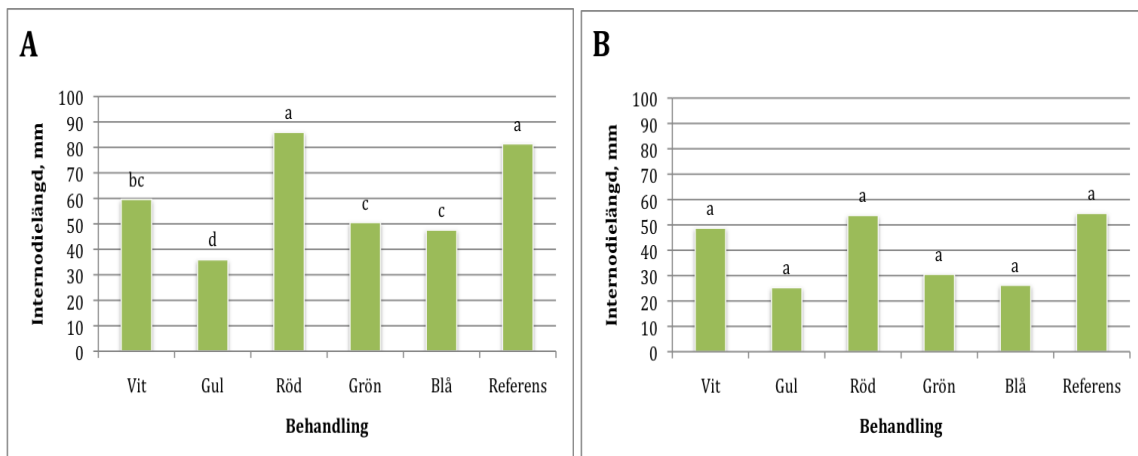
behandlingen hos basilikan.



Figur 5 Bredden genomsnittligt mätt i två riktningar hos citronbasilika (A) och basilika (B).

3.2.4 Internodielängd

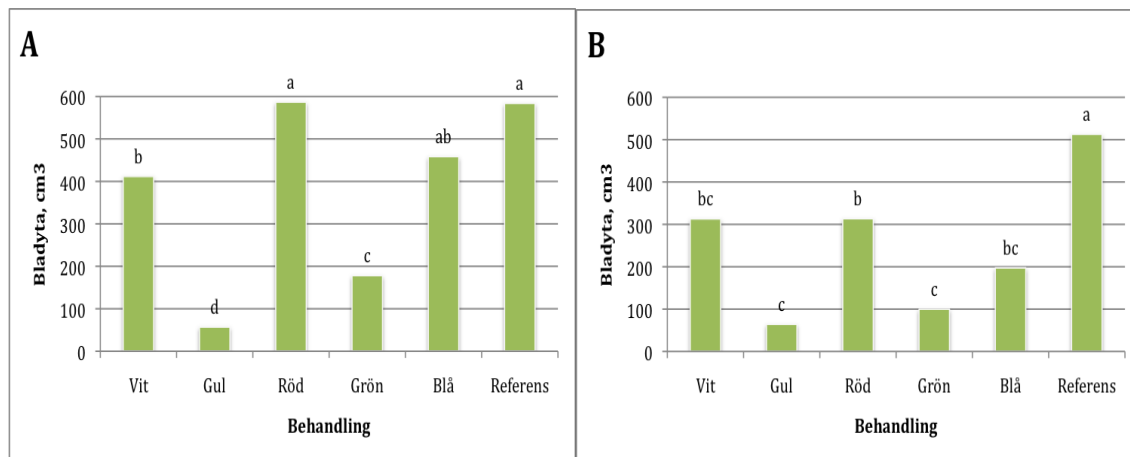
Plantornas internodielängd varierade hos citronbasilikan medan basilikan visade på mindre variation. Hos citronbasilikan skilde sig plantorna i referensen och det röda ljuset sig signifikant ($p < 0.05$) åt från övriga behandlingar (Figur 6 A). Citronbasilikan i det gula ljuset skilde sig signifikant ($p < 0.05$) från övriga behandlingar. Ingen signifikant skillnad fanns mellan de olika behandlingarna hos den vanliga basilikan (Figur 6 B).



Figur 6 Medel internodielängden hos citronbasilika (A) och basilika (B).

3.2.5 Bladyta

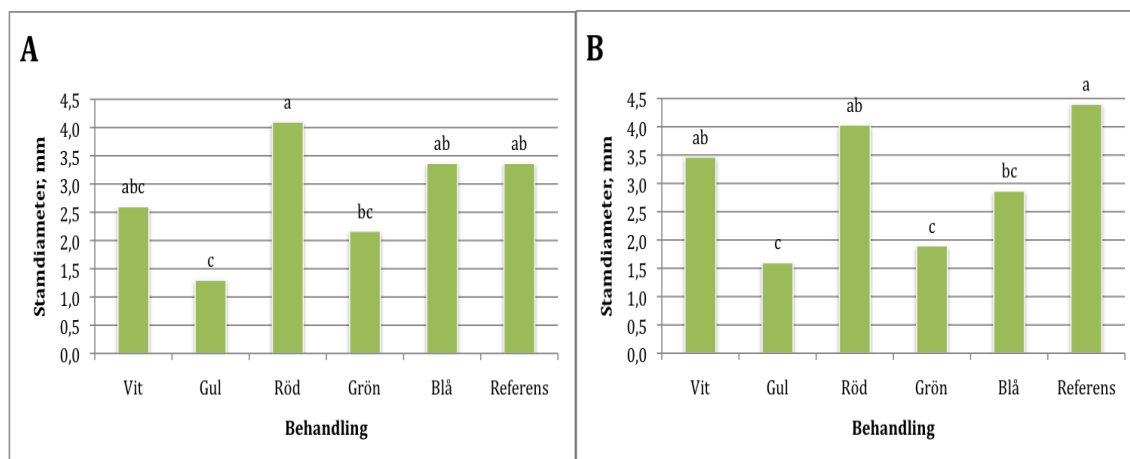
Bladytan varierade kraftigt mellan ljusbehandlingarna. Grönt och gult ljus gav hos båda basilikasorterna liten bladmassa. Hos citronbasilikan skilde sig plantorna i det gröna och gula ljuset signifikant ($p < 0.05$) från varandra och även från övriga behandlingar (Figur 7 A). Referensplantorna skilde sig på signifikansnivån $p < 0.05$ från övriga behandlingar hos basilikan (Figur 7 B). Basilikaplantor odlade i rött ljus skilde sig signifikant ($p < 0.05$) från plantor odlade i gult och grönt ljus. Ingen signifikant skillnad finns mellan den röda, vita och blå ljuset hos basilikan.



Figur 7: Total bladyta hos citronbasilika (A) och basilika (B).

3.2.6 Stamdiameter

Stamtjockleken hos plantorna o det gula ljuset var dålig och plantorna klarade inte av att stå upprätt utan stöd. Hos citronbasilikan skilde sig det gula ljuset signifikant ($p < 0.05$) från alla behandlingar utom det vita och gröna ljuset (Figur 8 A). Övriga ljusfärger hos citronbasilikan visade ingen signifikant ($p < 0.05$) skillnad. Hos basilikan skilde sig gul, grön och blå inte från varandra (Figur 8 B). Referensplantorna hos den vanliga basilikan skilde sig signifikant från det gula, gröna och blå ljuset (Figur 8 B).



Figur 8 Stamdiameter hos citronbasilika (A) och basilika (B).

3.2.7 Rötter

Tabell 2 Tillväxten av rötter bedömdes på en skala 1 till 10, där 1 var inga eller ytterst få rötter och 10 var en rotklump helt täckt av rötter.

Behandling	Vit	Gul	Röd	Grön	Blå	Referens
Citronbasilika	7	2	9	4	6	10
Basilika	5	1	6	2	2	9

Plantorna i det röda ljuset visade på starkväxande rötter med många och kraftiga sidorötter främst hos citronbasilikan (Tabell 2). Plantorna i det gula ljuset hade hos båda sorterna svagast rottillväxt. Plantorna som i det blå ljuset hade haft en bra ovanjordisk utveckling, visade på färre rötter, i förhållande till plantans storlek. Klart störst rottillväxt hade referensplantorna där rotklumpen var helt täckt av rötter.

3.3 Smaktest

Tabell 3 Smakstyrkan bedömdes på en skala 1 till 5, där 1 stod för smaklös och 5 för mycket smakrik.

Behandling	Vit	Gul	Röd	Grön	Blå	Referens
Citronbasilika	3,4	3,8	3,2	4,6	4,0	4,0
Basilika	2,4	2,2	3,2	3,2	3,2	3,8

Smaktestet visade inte på någon större skillnad mellan ljusbehandlingarna (Tabell 3). Mellan sorterna i behandlingarna kunde inte heller någon större skillnad urskiljas.

Tabell 4 Kommentarererna från smaktestet visade på skillnader i smakintryck.

Behandling	Kommentarer, Citronbasilika	Kommentarer, Basilika
Vit	Inte så bitter	Mycket Mild.
Gul	Besk sticker på tungan, äcklig. God citron smak, bäst. Tydlig syrlighet.	Ganska smakrik.
Röd	Relativt mild. Gräsig smak, inte så god. Sträv.	Pepparkaka, lite stark. Syrlig.
Grön	Smakar järnväg. Smakar inte gott, pepprig smak. Sträv stickande.	Ganska smakrik. Lite bitter.
Blå	God. Smakar inte så gott	God. Relativt smakrik, hyfsat god. Lite stäv.
Kontroll	Besk, äcklig. Smakar mycket men inte gott. Sträv och ihållande smak.	Lite bitter. Smakar relativt mycket men äckligt. Äcklig och träig konsistens.

Skillnaden i smakupplevelse mellan personerna och även bedömningen av styrka skilde sig åt (Tabell 3 och 4).

4 DISKUSSION

Med hjälp av LED kan specifika ljusspektrum skapas vilket gör att belysningen kan anpassas efter plantans behov (Jenkins & Oy, 2010). Basilika används som kryddväxt

både färsk och torkad. En odlare av färsk basilika är ute efter en planta med en hög andel friskvikt och en hög torrsvikt vid torkad basilika. Det röda ljuset gav i försöket både en hög andel frisk- och torrsvikt. Kryddväxter transporteras ofta långa sträckor från odlare till konsument och plantan måste därför vara transportvänlig. En liten och robust planta med mycket bladmassa är att föredra då dessa är lättare att packa, tar mindre plats och därmed minskar belastningen på miljön. Plantorna som växte i det röda ljuset och även det vita ljuset gav mycket bladmassa och hade en stabil stam som klarade av att stå utan stöd. En bra sidokottstillväxt är att föredra då stammen får mer stöd än hos en som enbart växer apikalt. Plantor av mer symmetrisk form bör även vara lättare att sälja i handeln. Återigen visade sig det röda och vita ljuset ge goda effekter på sidokottstillväxten vilket resulterade i en jämnare och mer symmetrisk planta. Plantorna i handeln säljs dock inte som solitärplantor och det kan därför vara av intresse att undersöka ljuskvaliténs effekt på ett plantbestånd.

Det vita ljuset är en blandning av flera våglängder och likande mest det naturliga ljuset i jämförelse med de andra ljusbehandlingarna. Min teori var att plantorna i dessa behandlingar skulle ha liknande resultat vad gällde smak och övriga mätningar. Det naturliga ljuset hade en högre ljusstyrka och bredare ljusspektrum än det vita vilket var till fördel för plantorna i växthuset som fick en starkare tillväxt. Det röda ljuset fungerade enligt teorin, då rött ljus stimulerar sidokottbildning (Andersen & Hansen, 1990). Att det var plantorna i det röda spektret som först bildade blommor stämmer också med litteraturen då fytokromet, som ingår i blombildningsprocessen (Taiz & Zeiger, 2006), är ett av pigmenten som absorberar det röda ljuset (Andersen & Hansen, 1990). Dock är blomningen något som bör undvikas eftersom att plantorna lämnar det vegetativa stadiet och en förändring i smak uppstår då plantan börjar producera blommor. För att förhindra blombildningsprocessen kan blått ljus användas. Plantorna som växte i det blå ljuset kom aldrig i blom vilket kan ha berott på avsaknaden av det blomningsstimulerande röda ljuset (Andersen & Hansen, 1990). Dock verkar det blå ljuset inte vara optimalt för bildandet av rötter till skillnad från det röda och vita ljuset som hade en positiv påverkan på rotbildningen. Enligt teorin borde det gula och gröna ljuset ge sämst tillväxt eftersom dessa spektra ligger vid sidan av optimum för

fotosyntesen och försöket visade också att citronbasilikan hade svårt att klara sig i de våglängderna (Taiz & Zeiger, 2006).

Resultaten visade att även smaken kan påverkas av olika ljusspektrum. Smaken är extra viktig att tänka på hos kryddväxter. Plantan bör innehålla en hög andel aromer. Plantorna hade i det gula och gröna ljuset tunna bladskivor som borde vara lätta att känna smaken från. Tidigare försök har visat att plantor behandlade i gult och grönt ljuset har en mycket hög andel aromer (Kasperbauer & Loughrin, 2001). En teori bakom plantornas höga halter av aromer var att de växte under stress och bildade essentiella oljor som försvar (Gang et al 2001). I ett försök med fenololjor visade det sig att det vita ljuset stimulerar produktionen av fenoler och att även behandling med enbart det röda eller blå spektret gav en hög produktion av oljorna (Alderson et. al, 2007). Enskilda oljor kan studeras genom att göra en tunnskiktskromatografi (TLC).

Resultaten från denna och en parallellt utförd studie (Månsson, 2010) visar att olika växtslag reagerar olika på en specifik ljuskvalité. Att undersöka kopplingen mellan bladtjocklek och smakrikedom vore intressant att undersöka.

4.1 Förslag och förbättringar

Med hjälp av LED kan olika kombinationer av våglängder under kulturtiden testas exempelvis för att inducera eller fördröja blomning. Även plantans sidoskottsutveckling och sträckningstillväxt kan påverkas. För att utveckla smaktestet kan en kemisk analys utföras där andelen essentiella oljor bestäms med exempelvis TLC. Ett större antal plantor per behandling skulle ha minskat spridningen och gett större statistisk säkerhet. För att ge bättre kontroll på vatten- och näringstillförsel kan fat användas under krukorna. Plantorna i behandlingsrummet hade ett annat odlingsförhållande i jämförelse med referensplantorna. Att referensplantorna odlades under andra förhållanden innebar att de inte var fullt jämförbara med de behandlade plantorna. Basilikaplantorna kan i någon mån ha påverkats av att frögroningen skedde i växthus och inte i odlingskammaren. Dock fick alla fröerna samma ljusbehandling fram till försökets start.

4.2 Slutsatser

- En skillnad i skott- och rottillväxt kunde observeras mellan ljusbehandlingarna. Plantorna som var odlade i det röda ljuset tillväxte snabbt i höjd och bredd, vilket gav en symetrisk planta. Plantorna i det röda ljuset kom dock i blom till skillnad från plantor i övriga ljusbehandlingar. Citronbasilikan jämfört med vanlig basilika, påverkades kraftigare av ljuskvalitén, särskilt i grönt och gult ljus blev plantorna kraftigt tillbakasatta.
- Skillnader i smakupplevelser kunde fastställas mellan behandlingar av samma basilikasort. Det gröna och gula ljuset som gett en svag tillväxt hos plantorna visade sig ge en hög smakstyrka.

5 REFERENSER

Andersen, A., Hansen, J. (1990) *Kunstlys og planteproduktion*. Valby: Gartnerinfo.

- Alderson, PG., Chang, X., Wright, CJ. (2007)** *Solar irradiance level alters the growth of basil (Ocimum basilicum L) and its content of volatile oils.* Environmental and Experimental Botany 63 (2008)216–223.
- Bjelland, O. (1984).** *Grönsaksodling i växthus.* Stockholm: LTs förlag.
- Bævre, OA., Gislerød, HR.(1992)** *Plantedyrking i regulert klima.* Oslo; Landbrukforlaget.
- Björn, LO., Enckell, PH., Meurling, P., Pelger, S., Ståhl, S. (2005)** *Biologisk ordlista.* Lund: Studentlitteratur.
- Corree, W.J. 1983.** *Growth and morphogenesis of sun and shade plants. I: The influence of light intensity.* Acta Bot. Neerl. 32, 49–62.
- Dudai, N., Katzir, I., Putievsky, E., Ravid, U. & Werker, E. (1992).** *Glandular Hairs and Essential Oil in Developing Leaves of Ocimum basilicum.* Jerusalem; The Hebrew University of Jerusalem. Annals of Botany 71:43-50.
- Dougher, T., Bugbee, B. (2000)** *Evidence for Yellow Light Suppression of Lettuce Growth.* Photochemistry and Photobiology 2001, 73(2): 208–212. Crop Physiology Laboratory, Department of Plants, Soils and Biometeorology, Utah State University, Logan, UT.
- Engstrand, J-E., Engstrand, U. & Olsson, U. (2005)** *Biometri: Grundläggande biologisk statistik.* 2. ed. Lund: Studentlitteratur.
- Gang, DR., Dudareva, N., Lewinsohn, E., Nam, KH., Pichersky, E., Simon, JE., Wang, J. (2001)** *An Investigation of the Storage and Biosynthesis of Phenylpropenes in Sweet Basil.* Plant Physiol. Vol. 125.
- Goto, F., Hashida, S., Shiga, T., Shimada, H., Shoji, K., Yoshihara, T. (2009)** *Effect of light quality on rosmarinic acid content and antioxidant activity of sweet basil, Ocimum basilicum L.* Plant Biotechnology 26, 255–259.
- Gregory, PJ., Ingram, DS., Vince-Prue, D. (2006)** *Science and the Garden.* UK: Blackwell Publishing.
- Grayer, R., Bryan, S., Goldstone., F., Kite, G., Paton, A., Putievsky, E. (1996)** *Infraspecific Taxonomy and Essential Oil Chemotypes in Sweet Basil, Ocimum basilicum.* Phytochemistry 1033-1039.
- Hansen, J., Madsen, A. (1990)** *Lys og lysmålning. Kunstlys og planteproduktion.* Valby: Gartnerinfo.

- Jaakkonen, A-K., Vuollet, A. (1996)** Tillväxtfaktorerna och tillväxten. *Effektiv växthusodling*. Vanda: Utbildningsstyrelsen.
- Jenkins, D., Oy, P. (2010)** LED i växthusbelysning-Fakta eller fiction. *Trädgårdsnytt* 01, 30-31.
- Kasperbauer, MJ., Loughrin, JH. (2001)** *Light Reflected from Colored Mulches Affects Aroma and Phenol Content of Sweet Basil (Ocimum basilicum L.) Leaves*. *Agric. Food Chem.* 2001, 49, 1331-1335 Coastal Plains Research Center, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture 2611 West Lucas Street, Florence, South Carolina 29501-1242
- Månsson, S. (2010)** Opublicerad data
- Runkle, ES., Heins, RD. (2006).** *Manipulating the light environment to control flowering and morphogenesis of herbaceous plants*. *Acta Horticulturae*. 711. 51-59.
- Salomon, B. (2007)** SLU Alnarp, LTJ Fakultet. Botanik. Föreläsningar september-oktober 2007.
- Schubert, EF. (2003)** *Light-Emitting Diodes*. 2 ed. Cambridge: Cambridge University Press
- Schüssler, H., Bergstrand, K-J. (2009)** *Lysdioder-framtidens växthusbelysning?* Fakta från tillväxt trädgård info nr 7.
- Taiz, L., Zeiger E. (2006)** *Plant Physiology* . 4 ed. Sunderland: Sinauer Associates.
- Taulavuori, T. (1996)** Användning av konstbelysning i växthus. *Effektiv växthusodling*. Vanda: Utbildningsstyrelsen.

5.1 Elektroniska källor

- Christensen, I., Larsson, G. (2010)** Energianvändning i Trädgårdsnäringen. Grön kompetens. [online] tillgänglig från [http://www.energimyndigheten.se/Global/Press/Pressmeddelanden/Christensen%20och%20Larsson%20\(2010\)%20Energianv%C3%A4ndningen%20i%20tr%C3%A4dg%C3%A5rdsn%C3%A4ringen.pdf](http://www.energimyndigheten.se/Global/Press/Pressmeddelanden/Christensen%20och%20Larsson%20(2010)%20Energianv%C3%A4ndningen%20i%20tr%C3%A4dg%C3%A5rdsn%C3%A4ringen.pdf) [2010-08-08].
- Hiltunen, R., Holm, Y. (1999)** *Basil: The Genus Ocimum*. 1 ed. UK: Gordon And Breach.
- ICA. Hemsida.** [online](2010-05-08) Tillgänglig: <http://www.ica.se/Recept-Mat/Mat-med-teman/Arkiv/Choklad/> [2010-05-17].

Ljuskultur. Hemsida. Värt att veta om LED [online]. Tillgänglig:

http://www.ljuskultur.se/files/Teknik_Miljo/Teknik/Vart_att_veta_om_LED.pdf [2010-05-17]

SMHI. Hemsida [online](2010-08-08)

<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/solstralning-1.4186> [2010-08-10].

Wikström, E. (2009-12-03). Heli får betalt för att äta godis. *Gefle Dagblad* [online].

Tillgänglig: <http://gd.se/nyheter/jobbpengar/1.1577996-heli-far-betalt-for-att-ata-godis> [2010-05-17]