



## **SLUTRAPPORT**

**SLF Dnr H1156022 “Växtstyrning och retardering av prydnadsväxter i växthus med hjälp av avancerad ljusstyrning”.**

Karl-Johan Bergstrand

Håkan Asp

Hartmut K. Schüssler

Omslagsfoto: Tagetes 'Gold lady' i försöken i växthuset på Alnarp.  
Foto: K-J Bergstrand

Kontakt  
Karl-Johan.Bergstrand@slu.se  
[www.slu.se/](http://www.slu.se/)

# Innehåll

1	Bakgrund.....	1
2	Material & Metoder .....	1
3	Resultat .....	2
4	Diskussion.....	4
5	Publikationer .....	5
6	Slutsatser.....	6
7	Resultatförmedling till näringen .....	6
	Referenser .....	7

# 1 Bakgrund

Vid produktion av kruk- och utplanteringsväxter i växthus används ofta kemiska tillväxtretardenter för att ge växten ett tilltalande utseende och ett format som är enkelt att hantera i odlingen och för handeln. Användningen av dessa kemiska tillväxtretardenter är förenat med risker både ur miljö- och arbetarskyddssynpunkt (Hjollund, 2004), och har även varit föremål för debatt i media. Av dessa anledningar är användningen av sådana preparat idag starkt begränsad, i synnerhet för den svenska trädgårdsnäringen, och ytterligare inskränkningar är att förvänta. Redan idag ställer vissa kommunala förvaltningar och detaljhandelskedjor krav på att retarderingsmedel ej får ha använts på de produkter de köper in. Dessutom kan omfattande användning av retarderingsmedel vara en nackdel ur kvalitetsynpunkt, då utplanteringsväxter som retarderats kraftigt etablerar sig långsamt hos slutkonsumenten. En mängd alternativa retarderingsmetoder har föreslagits och används redan idag i viss omfattning. Metoder som ofta nämnts i sammanhanget är negativ DIF/drop (Moe, 1990), odling med begränsad fosforgiva (Baas, 1993; Hansen, 2001), kontrollerad bevattning (Löfkvist, 2010) och selektion och förädling av sorter med naturlig kompakthet. Dessa åtgärder var och en för sig eller tillsammans är ännu inte fullt tillräckliga för att ersätta de kemiska retarderingspreparaten.

Ljuset påverkar växterna väldigt starkt och borde vara ett naturligt förstahandsval när det kommer till kulturåtgärder för att styra tillväxten. Odlarens möjligheter att påverka ljuset i växthuset har dock hittills i huvudsak inskränkt sig till ökning eller minskning av ljusintensiteten genom skuggning respektive tillskottsbelysning. Tidigare forskning vid SLU Alnarp har påvisat praktiska möjligheter för att utnyttja kort fotoperiod som ett sätt att tillväxtreglera utplanteringsväxter (Schüssler, 2006; Schüssler, 2012). Genom introduktionen av nya, LED-baserade ljuskällor för växthusbelysning öppnar sig möjligheten att även påverka ljusets kvalitet (spektrala sammansättning) och intensitet. Genom att kombinera detta med reglerad fotoperiod genom användandet av mörkläggningsgardiner kan ljusförhållanden i växthuset regleras på ett helt annat sätt än tidigare, vilket också innebär nya möjligheter att använda ljusstyrning som ett sätt att kontrollera tillväxten hos kulturen. Avsikten med detta projekt var att undersöka och demonstrera möjligheterna att använda ljusstyrning för att ersätta kemiska tillväxtregulatorer i produktion av kruk- och utplanteringsväxter i växthus. Projektet genomfördes som en direkt fortsättning på projektet "Kombination av LED och Extrem kortdag: nya möjligheter till energibesparing och växtstyrning i växthusodling", SLF Dnr H1056046, som slutrapporterades i april 2014. Någon klar avgränsning emellan de båda projekten går ej att göra.

## 2 Material & Metoder

Försök genomfördes i växthus där korta fotoperioder med naturligt ljus (8 h, reglerat genom mörkläggningsgardin) kombinerades med smalspektrum LED-ljus, antingen tillsammans med naturligt ljus, som en dagförlängning i början/slutet av dagen, eller både och. I tillägg gjordes försök där ljuskällan monterats inne i bladverket och på så sätt kom att belysa bladen underifrån.

I försöken med smalspektrumljus som tillskott till naturligt ljus tillämpades 8 h fotoperiod med tillskott  $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  under fotoperioden. Följande spektra användes: Vitt, rött (660 nm), rött (620 nm), samt blått (460 nm). Modellväxter var *Chrysanthemum x morifolium* 'Cyber', *Euphorbia pulcherrima* 'Novia' samt *Kalanchoe blossfeldiana* 'Simone'. I övrigt odlades plantorna på traditionellt

vis i 11 eller 12 cm krukor med Hasselfors K-jord och bevattning med flytande näring Superba NPK 14-4-21 + Calcinit. Försöket upprepades två gånger under två år.

Försök med dagförlängning med olika ljuskvaliteter genomfördes med utplanteringsväxterna *Pelargonium zonale* 'Americana light pink splash' och *Calibrachoa* 'Callie bright red'. Som grund gavs 8 h fotoperiod med naturligt ljus. Därutöver förlängdes dagen med 2 h på morgonen och 2 h på kvällen med hjälp av smalspektrumljus i olika kvaliteter (620 nm, 460 nm och 525 nm samt som kontroll, vitt ljus) vid låg intensitet ( $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Fem olika kombinationer utvärderades. Försöket upprepades två gånger under två år.

I försöken med belysning underifrån var julstjärna enligt ovan modellväxt. Philips Green Power LED production module deep red/blue 150 (44 W) monterades antingen mellan rännorna eller upphänga över rännorna, vilket innebar en installerad effekt om c:a  $160 \text{ W m}^{-2}$ . Detta resulterade i en ljusstyrka på  $100\text{-}130 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  vid plantornas toppar vid tiden för inkrukning. 16 h fotoperiod gavs från start till mitten av september, därefter 10 h. Även här gjordes två upprepningar under två år.

Erfarenheterna från ovan nämnda försök ledde fram till ett demonstrationsförsök där ett ljusprogram avsett att ge god reduktion av sträckningstillväxten jämfördes med konventionell kemisk retardering (Alar/CCC) samt oretarderade plantor. Ljusbehandlingen innebar 8 h naturligt ljus med tillskott av 660 nm ljus ( $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) samt en dagförlängning med en period om totalt 4 h, 2 h på morgonen (630 nm,  $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) samt 2 h på kvällen (525 nm,  $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Växtslagen som användes var *Tagetes erecta*, *Calibrachoa*, *Argyranthemum frutescens* samt *Pelargonium zonale*.

I alla försök mättes skottlängd veckovis samt vid slutskörd planthöjd, plantbredd, stamdiameter, antal noder, blombildning, frisk/torrsvikt samt i förekommande fall fotosyntes och klorofyllfluorescens. Klimatparametrar som temperatur, luftfuktighet och ljusintensitet registrerades med loggerutrustning och klimatdator.

### 3 Resultat

De inledande försöken med tillskott av smalspektrumljus gav vid handen att ett tillskott med ljus i våglängden 660 nm kunde minska stamlängden hos julstjärna med 12%, jämfört med plantor utan tillskottsljus. Något oväntat fick plantor som fått tillskott med blått ljus längre stamlängd. För krysanthemum uppstod inga tydliga skillnader mellan behandlingarna, medan kalanchoe reagerade nästintill omvänt med högst internodielängd då tillskottet gavs med 660 nm ljus. Här var även frisk- och torrsvikt högre med 660 nm ljus, vilket tyder på att det är fråga om mer tillväxt totalt sett snarare än ökad sträckning. Försöket med kalanchoe genomfördes i perioden oktober-december när den naturliga instrålningen är som lägst, medan försöken med krysanthemum och julstjärna startades i augusti.

Då en kort fotoperiod med naturligt ljus (8 h) förlängdes med 4 h med smalspektrumljus i olika kvaliteter visade det sig att plantor som fått 620 nm ljus före och 525 nm ljus efter den huvudsakliga fotoperioden fick reducerad sträckning i *Calibrachoa*, medan resultaten för pelargon var mindre tydliga. Allra minst sträckningstillväxt hade dock de plantor som fått enbart 8 h ljus utan dagförlängning. I den behandlingen bildades inga blommor p.g.a. den korta fotoperioden. Antalet sidoskott var samma i alla behandlingarna.

I försöken med ljus givet underifrån blev resultatet i stort sett lika om ljuset gavs ovanifrån eller underifrån. Inga signifikanta skillnader i sträckningstillväxt uppstod, däremot blev braktéerna större och sidoskotten fler om ljuset gavs underifrån (bild 1). Detta berodde troligtvis på den högre lufttemperatur i plantskiktet som blev följd av att armaturerna monterats emellan rännorna.



*Bild 1: Fr. v. ljus (LED-ljus 460/660 nm) ovanifrån, underifrån resp. inget tillskottsljus.*

*Foto: K-J Bergstrand*

I demonstrationsförsöket blev internodiellängden i *Calibrachoa* kortast i behandling B (kemisk retardering), medan antalet skott blev något högre. Även plantbredden blev lägst med kemisk retardering (bild 3). Frisk- och torrsvikt blev högre hos oretarderade plantor. Plantbredd men inte internodiellängd blev signifikant lägre i behandling A ("ljusretarderat") jämfört med oretarderade plantor.

I *Tagetes* blev internodiellängden allra kortast i behandling A, följt av B och C, alla statistiskt åtskilda (bild 2). Planthöjden blev lägre i behandling A och B jämfört med behandling C, liksom frisk- och torrsvikt. Blomningen försenades tre dagar i B jämfört med C, och ytterligare två dagar i A jämfört med B.

Hos Pelargon blev planthöjden märkligt nog högst i behandling B, men lägst i behandling A (bild 4). Internodiellängden blev kortare i A jämfört med C. Frisk- och torrsvikt samt även stamdiameter blev något lägre i A jämfört med övriga behandlingar. I övrigt fanns inga tydliga skillnader.

Hos Margeriterna (bild 5) uppstod de tydligaste skillnaderna mellan de olika behandlingarna. Den totala planthöjden var lägst i A, följt av B och C, alla statistiskt skilda. Även internodiellängd och plantbredd var lägst i A. Däremot var stamtjockleken förvånande nog högst i A, liksom frisksvikten. Torrsvikten var dock lägre. Antalet blommor och knoppar var betydligt lägre hos A. Även skottantalet var lägst i A. Blomningen försenades också betydligt, c:a två veckor. Lufttemperaturen under hela försöket var i medeltal 19,6°C i avdelning 9 (Beh. A) och 19,3° i avd. 10 (Beh. B/C). Luftfuktigheten var 55,8% i avd. 9 och 61,6% i avd. 10.

Efter avslutat försök utplanterades 12 exemplar från vardera behandling på friland. Efter fyra veckor gjordes en bedömning av materialet. För *Calibrachoa* och Pelargon fanns då inga synliga skillnader mellan behandlingarna. För *Tagetes* noterades något mer omfattande bladskador (p.g.a. uttorkning och UV-ljus) i behandling C. För Margerit tycktes nytillväxten vara kraftigare hos plantor som fått behandling A, och de gav ett buskigare och mer blomrikt intryck.



*Bild 2-5: Tagetes, Margerit, Pelargon och Margerit vid tiden för försökets avslutning. A: Retardering med kortdag och smalspektrumljus, B: Kemisk retardering, C: Ingen retardering. Foto: K-J Bergstrand*

## 4 Diskussion

Det har sedan tidigare varit känt att korta fotoperioder är en praktiskt framkomlig väg för att begränsa sträckningstillväxten hos kruk- och utplanteringsväxter (Schüssler, 2006; Schüssler, 2012). Det har också varit känt att s.k. End-of-Day behandlingar med ljus i specifika kvalitéer kan ha stor inverkan på sträckningen (Decoteau, 1991; Vince-Prue, 1977). Också End-of-Night-behandling har visat sig ha effekt (Fraszczak, 2013). Att ljusets spektrala fördelning, inte minst med avseende på rött/långröttbalans och innehåll av blått ljus påverkar sträckningen är generiska kunskaper. Resultaten i detta projekt visade att tillskott med rött (660 nm) i kombination med naturligt ljus reducerade sträckningen i vissa växtslag. I många andra sammanhang har det visats att ökad andel av blått ljus reducerar sträckningen. Även här krävs vidare insatser för att öka kunskapsbasen.

I föreliggande rapport påvisas möjligheten att kombinera dessa kunskaper på ett sådant sätt att tillväxten hos prydnadsväxter kan kontrolleras lika effektivt som med kemiska tillväxtregulatorer. Den presenterade metoden är att betrakta som en utgångspunkt; ytterligare finslipning av metoden med hänsyn till växtslag och önskat slutresultat behöver givetvis göras eftersom. Möjligen kan metoden också förenklas med avseende på hur många olika ljuskvaliteter som behöver användas. Om metoden vinner kommersiellt genombrott står den svenska prydnadsväxtodlingen väl rustad inför minskande tillgång på kemiska tillväxtmedel och ökande efterfrågan på plantor som inte behandlats kemiskt. Man kan till och med tänka sig att kulturer som hittills inte producerats i Sverige, ibland till del beroende på avsaknad av de allra mest effektiva kemiska tillväxtregulatorerna, skulle kunna komma i produktion i svenska växthus. Metoden kan givetvis även användas på grönsaksplantor avsedda för utplantering i växthus eller på friland, där kemiska tillväxtregulatorer inte kan användas.

Någon ekonomisk analys är inte inkluderad i studien. Såväl mörkläggningsgardiner som LED-belysningssystem för med sig stora investeringskostnader och kan sannolikt inte motiveras enbart för att användas för tillväxtreglering. Därtill kommer strömförbrukningen för LED-belysningen, låt vara att endast låga ljusintensiteter och därmed relativt liten energiåtgång är aktuellt. Mörkläggningsväv finns ofta installerad i anläggningar som används för att producera kortdagsväxter som julstjärna och kalanchoe. Mörkläggningsvävar innebär också en avsevärd reduktion av energiåtgång för uppvärmning.

Vissa LED-system på marknaden är styrbara och skulle därmed kunna användas både för vanligt assimilationsljus och för att tillföra smalspektrumljus med avseende på tillväxtreglering. Ett sätt att hålla nere investeringskostnaderna kan vara att använda ett hybridssystem, där assimilationsljus ges med traditionella HPS-armaturer medan ett mindre kraftfullt LED-belysningssystem finns installerat för att suppleras med smalspektrumljus.

**Tack till:** Stiftelsen lantbruksforskning för finansiering av projektet. Kabbarps trädgård, Tågerups trädgård samt Syngenta flowers som tillhandahållit plantmaterial. Heliospectra AB samt UBA Växthusteknik AB som tillhandahållit belysningsutrustning. Stiftelsen Edvard Nonnens stipendiefond samt Stiftelsen Knut och Alice Wallenbergs stipendiefond som finansierat konferensresor inom projektet.

## 5 Publikationer

### Vetenskapliga publikationer

Bergstrand, K.-J., Asp, H., Larsson Jönsson, E.H., Schüssler, H.K. 2015. Plant developmental consequences to lighting from above or below in the production of Poinsettia. *European Journal of Horticultural Science* 80(2):51-55

Bergstrand, K.-J., Asp, H., Schüssler, H.K. Narrow-band Lighting Combined with Short Photoperiods as a way of Controlling Growth and Shape in Greenhouse Grown Ornamentals. *Inskickat manuskript*

Bergstrand, K.-J., Asp, H., Schüssler, H.K. Different light spectra is affecting growth and morphology of transplants of *Solanum lycopersicum*. *Inskickat manuskript*



Bergstrand, K.-J., Asp, H., Schüssler, H.K. Using Short Photoperiods and Narrow-band Lighting as a Way of Controlling Growth in Ornamental Pot- and Bedding Plants. *Manuskript*

### **Populärvetenskapliga artiklar**

Karl-Johan Bergstrand, Håkan Asp, Hartmut K. Schüssler, 2015. Utnyttja belysningen effektivt. LTV-fakultetens faktablad 2015:3.

Karl-Johan Bergstrand, Leiv M. Mortensen, Aruppillai Suthaparan, Hans R. Gislerød, 2014. Regulering av strekningsvekst. *GartnerYrket* nr. 11, 17-19.

Karl-Johan Bergstrand, Håkan Asp, Hartmut K. Schüssler, 2014. Nya möjligheter att kontrollera tillväxten hos utplanteringsväxter med hjälp av ljuset. LTV-fakultetens faktablad 2014:20.

Karl-Johan Bergstrand, 2014. Växter växer bäst i vitt ljus. *Natur & trädgård* nr. 4, 2-11.

Karl-Johan Bergstrand, Håkan Asp, Hartmut K. Schüssler, 2013. Högtrycksnatriumlampan duger än. *Trädgårdsnytt* nr. 6-7, 26-27.

Karl-Johan Bergstrand, Håkan Asp, Hartmut K. Schüssler, 2013. Ryktet om högtrycksnatriumlampans död betydligt överdrivet. *Viola* nr. 5, 30-31

Karl-Johan Bergstrand, Hartmut K. Schüssler, 2013. Retardering utan kemikalier. LTJ-fakultetens faktablad 2013:8

Karl-Johan Bergstrand, Hartmut K. Schüssler, 2012. Nya tekniker inom växthusbelysning. LTJ-fakultetens faktablad 2012:26

Hartmut K. Schüssler, Håkan Asp, Karl-Johan Bergstrand 2012. Ljuset styr växterna i framtidens växthus. *Viola* nr. 5, 15-17

## **6 Slutsatser**

Användning av kort fotoperiod i kombination med smalspektrumljus visade sig vara lika effektivt som kemisk retardering när det gäller reduktion av skottlängden. Metoden behöver dock ytterligare förfinas för att undvika olägenheten med försening av kulturen. En mer ingående utredning om olika ljuskvalitéers inverkan på olika växtslag behöver också göras; de olika växtslagens olika reaktioner gör det svårt att ge generella rekommendationer. På det hela taget har dock projektet kommit fram till sitt slutmål: att utveckla en ljusstrategi som kontrollerar sträckningstillväxten hos prydnadsplantor lika effektivt som kemisk retardering.

## **7 Resultatförmedling till näringen**

Utöver de populärvetenskapliga publikationerna i form av faktablad och tidskriftsartiklar har hemsidan [www.vaxthusljus.se](http://www.vaxthusljus.se) kontinuerligt underhållits. Hemsidan och ett av faktabladen omnämndes i nyhetsbrev från LRF trädgård, 2015-03-12. Resultaten från projektet har presenterats, men även

svenska sammanfattningar av relevanta internationellt publicerade artiklar har lagts ut på hemsidan. Direktkommunikation med odlare har skett genom företagsbesök, t.ex. på Orevads handelsträdgård, Hörby, Björkebo gård, Mörarp, Poppelgårdens driverier, Ängelholm, Stella växt, Kristianstad, Vä handelsträdgård, Kristianstad, Tygelsjöanstalten, Tygelsjö samt Gluggstorps handelsträdgård, Tågarps. Representanter från Sörby handelsträdgård har besökt Alnarp för att studera försöken. Resultat från projektet har presenterats vid odlarträffar med "gurkgruppen" (Alnarp, 2014-01-15, c:a 50 åhörare från Sverige och Danmark) samt med Prydnadsväxtsektionen (Jönköping, 2014-10-07, c:a 50 åhörare). Försöken och projektet presenterades på Alnarp 2014-03-04 vid en trädgårdsvandring anordnad av Vendel trädgårdsrådgivning. Utöver detta har medlemmarna i projektgruppen deltagit i Borgeby fältdagar samt Alnarpsdagen och där presenterat projektet. Resultat från projektet har även presenterats för Norska odlare och konsulter vid odlarträffar i Jæren (2014-03-12) samt i Drammen (2014-11-11). Projektet har också involverats i undervisningen på Trädgårdsingenjör- och Hortonomprogrammen, bl. a. i kurserna "Horticultural crop physiology", "Odling i trädgårdsföretag" samt "Produktutveckling inom trädgårdsnäringen".

## Referenser

- Baas, R., Brandts, A., Straver, N., 1993. Growth regulation of bedding plants and poinsettia using low phosphorus fertilization and ebb-and flow irrigation, Workshop on Environmental Regulation of Plant Morphogenesis 378, pp. 129-138.
- Decoteau, D.R., Friend, H.H., 1991. Growth and subsequent yield of tomatoes following end-of-day light treatment of transplants. HortScience 26, 1528-1530.
- Fraszczak, B., 2013. Effect of short-term exposure to red and blue light on dill plants growth. Horticultural Science 40, 177-185.
- Hansen, C., Nielsen, K., 2001. Reduced phosphorus availability as a method to reduce chemical growth regulation and to improve plant quality. Plant Nutrition, Springer, pp. 314-315.
- Hjollund, N., Bonde, J.P., Ernst, E., Lindenberg, S., Andersen, A., Olsen, J., 2004. Pesticide exposure in male farmers and survival of in vitro fertilized pregnancies. Human Reproduction 19, 1331-1337.
- Löfkvist, K., 2010. Irrigation and Horticultural Practices in Ornamental Greenhouse Production. Diss, Dept. of Horticulture. Swedish Univ. Agr. Sci., Alnarp.
- Moe, R., Heins, R., 1990. Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature. Acta Hortic. 272, 81-89.
- Schüssler, H.K., Bergstrand, K.J., 2012. Control of the Shoot Elongation in Bedding Plants Using Extreme Short Day Treatments. Acta Hortic. 956, 409-415.