

SLUTRAPPORT

Kombination av LED och Extrem kortdag: nya möjligheter till energibesparing och växtstyrning i växthusodling. SLF Dnr H1056046

Karl-Johan Bergstrand & Hartmut K. Schüssler

SLU, Institutionen för Biosystem och teknologi

Alnarp



Innehåll

Bakgrund	3
Material & Metoder.....	3
Resultat.....	5
Diskussion	7
Publicering	7
Slutsatser	8
Resultatförmedling till näringen.....	8
Referenser.....	8

Författarens kontaktuppgifter: Karl-Johan Bergstrand, SLU, Inst. För Biosystem och teknologi,
Box 103, 230 53 Alnarp. Tel. 040-415343, karl-johan.bergstrand@slu.se

Omslagsbild: Styrbar LED-armatur. Foto: Karl-Johan Bergstrand

Bakgrund

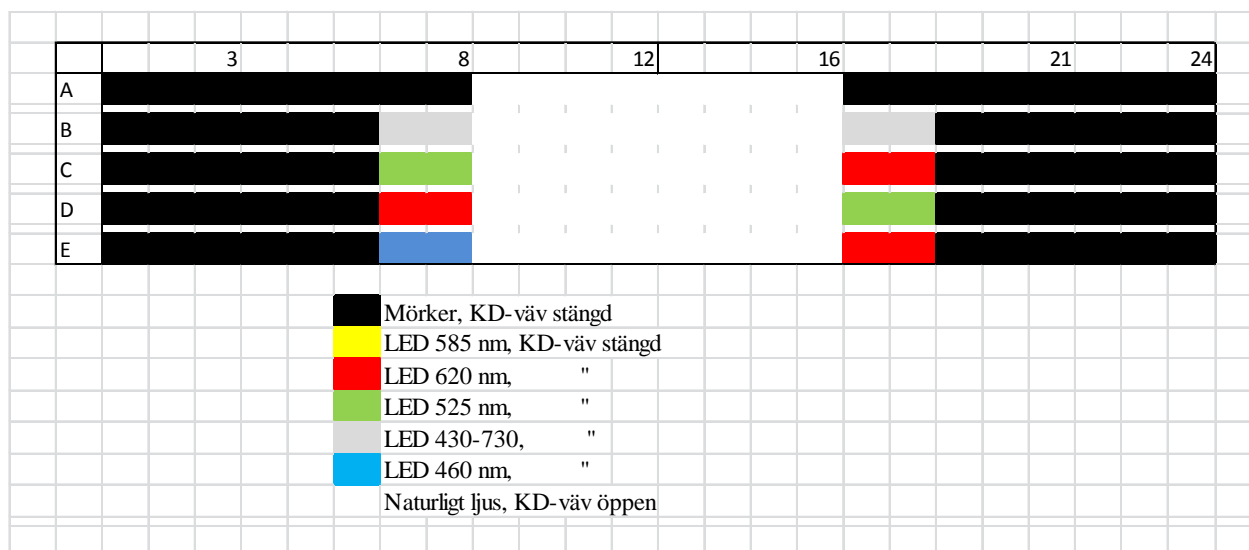
Kemiska tillväxtretardenter har använts för reglering av tillväxten hos prydnadsväxter alltsedan 1960-talet och har inneburit en revolution både vad avser sortimentet av krukodlade prydnadsväxter samt även ekonomin i produktions- och transportledet genom bättre platsutnyttjande. Konsumenterna och handeln har lärt sig uppskatta de kompakta, skott- och blomrika plantor som blir resultatet av användande av kemiska tillväxtregulatorer. Av miljö- och hälsoskäl vill såväl myndigheterna som odlarna begränsa användningen av kemiska medel i odlingen. Odlingstekniska åtgärder såsom begränsad vattning, begränsad växtnäringstillförsel och temperaturregim i form av negativ DIF eller temperaturdrop är metoder som till viss del kan ersätta kemisk retardering (Hendriks & Ueber, 1995). Ljuset är den viktigaste tillväxtfaktorn och påverkar växternas tillväxt och utveckling mycket kraftigt. Traditionellt har de möjligheter som stått till buds för att reglera ljuset i ett växthus varit reduktion av ljuset genom skuggning eller tillskott av ljus genom belysning. Moderna växthus för prydnadsväxtproduktion är också i ökande grad försedda med mörkläggningsväv för att totalt utestänga dagsljuset. Denna används i första hand för blomningsreglering av dagslängdsberoende växtslag, men kan även användas i tillväxtreglerande syfte genom att reducera fotoperioden (Schüssler & Bergstrand, 2012; Schüssler & Kosiba, 2006). Introduktionen av LED-belysning som ljuskällor i växthus innebär ytterligare en möjlighet att styra ljuset, genom att tillföra smalspektrumljus i vissa bestämda våglängder med en speciell påverkan på plantorna. Projektet hade till avsikt att undersöka och utveckla möjligheterna att använda ljusstyrning med en kombination av fotoperiod och spektral kvalitet för att styra växterna. 2011 beviljades ett fortsättningsprojekt, Dnr H1156022 ”Växtstyrning och retardering av prydnadsväxter i växthus med hjälp av avancerad ljusstyrning”. Dessa två projekt är starkt sammanlänkade varför denna rapport är att betrakta som en intermediär rapport. Fullständig slutrapport kommer att avges i samband med slutrapportering av det sistnämnda projektet.

Material & Metoder

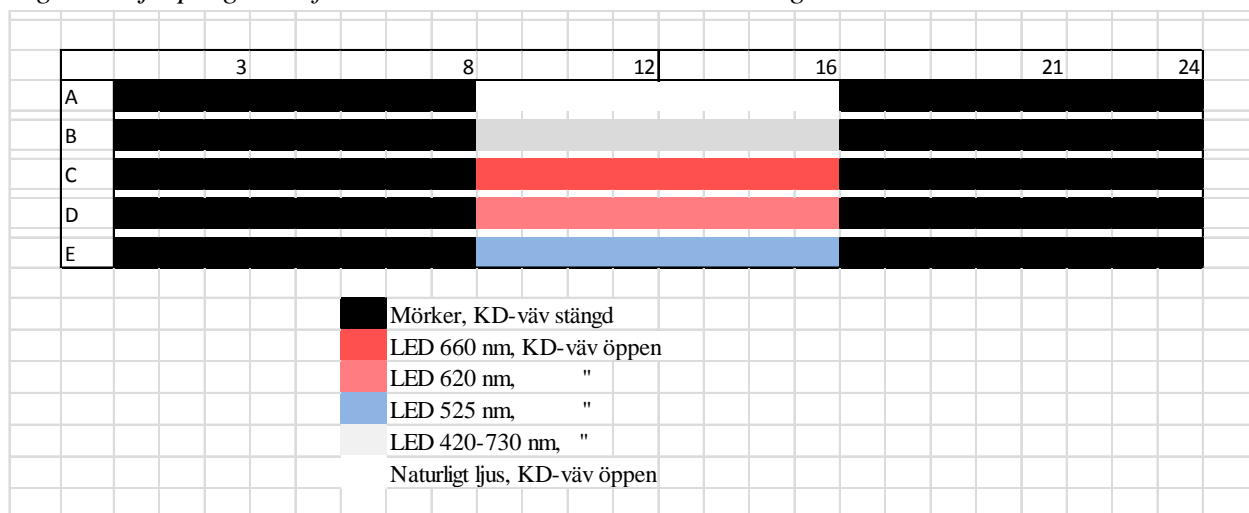
Försöken har bedrivits systematiskt för att steg för steg utröna vanliga prydnadsväxters reaktion på smalspektrumljus före, efter och under dagperioden. Speciella styrbara LED-armaturer utvecklades för ändamålet. Växtslagen *Calibrachoa x hybrida* (småpetunia), *Pelargonium x hortorum* (Pelargon), *Euphorbia pulcherrima* (Julstjärna), *Chysanthemum x morifolium*, (Krysantemum), *Kalanchoe x blossfeldiana* (Höstglöd) samt *Solanum lycopersicum* (Tomat) användes. I det första steget undersöktes effekten av en kort fotoperiod (8 h naturligt ljus) kompletterat med två timmars smalspektrumljus i kvalitéerna 620 nm (rött), 525 nm (grönt), 460 nm (blått) samt som jämförelse det polykromatiska vita ljuset (figur 1). I ett andra steg användes likaledes 8 h fotoperiod men där det naturliga ljuset kompletterades med ett svagt ($20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

¹⁾ tillskott av smalspektrumljus i våglängderna 460, 620, 660 samt polykromatiskt ljus, samt, som kontroll, inget tillskott (figur 2). Utöver detta gjordes med tomat ett försök där LED-ljus av i tre olika spektra (vitt ljus med övervikt i 460, 620 resp. 660 nm) jämfördes med ljus från högttrycksnatriumlampor och från lysrör. I detta försök gavs 16 h dagslängd.

Samtliga försök ägde rum i forskningsväxthuset vid SLU Alnarp. Standardiserade klimatinställningar var 18°C uppvärmningstemperatur, 20°C luftningstemperatur och skuggning med skuggväv vid 700 W m⁻² instrålning. Plantorna odlades i 12 eller 13 cm krukor och gödslades med näringslösning omväxlande Yara superba 14-4-21 och Calcinit Ca(NO₃)₂. Tillväxten (skottlängden) mättes veckovis och vid slutavläsning även andra plantparametrar som höjd, bredd, internodiellängd, blomutveckling samt frisk- och torrviikt. Klimatparametrar loggades också genom dataloggrar (HOBO U12) samt klimatdator (Priva Intégro 730+Priva Office).



Figur 1: Ljusprogram i försöken med Calibrachoa och Pelargon



Figur 2: Ljusprogram i försöken med Julstjärna, Krysantemum och Kalanchoe.

Resultat

Då Calibrachoa odlades enligt ljusscheman i figur 1 uppnåddes den kortaste internodielängden vid användande av alternativ A. Det fanns även stora skillnader i internodielängd mellan behandlingarna B-E, där alternativ C hade signifikant lägre internodielängd än övriga behandlingar. Plantorna som odlats med alternativ B blev mest blomrika. Beträffande frisk- och torrsvikt avvek endast alternativ a med lägre vikter än övriga behandlingar.

För pelargon gav alternativ D den kortaste internodielängden, medan övriga plantparametrar var opåverkade av de olika behandlingarna (bild 1).



Bild 1: Pelargon i de fem behandlingarna A-E enligt figur 1 + "ND", som har vuxit i naturligt ljus vid naturliga dagslängdsförhållanden. Foto: K-J Bergstrand

Krysantemum påverkades inte i någon större utsträckning av tillskottet av smalspektrumljus, då de två upprepningarna räknades samman fanns inga signifikanta skillnader. Däremot fanns skillnader de enskilda åren, t.ex. var antalet blommor och knoppar större i den behandling som fått tillskott med blått ljus i 2012 års upprepning. I 2013 års upprepning var friskvikten större i den behandling som fått 660 nm ljus.

För julstjärna fanns däremot signifikanta skillnader, med lägst planthöjd hos de plantor som fått 660 nm ljus som tillskott, detta trots att friskvikten på samma gång var högst i denna behandling. Däremot var inte internodielängden påverkad av behandlingen. Som helhet blir bedömningen att de plantor som fått 660 nm tillskott (bild 2) hade bäst kvalitet.



Bild 2: Julstjärna som fått 8 h fotoperiod med följande tillskott ($20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$): A: Inget tillskott, B: vitt ljus, C: Rött 660 nm, D: Rött 620 nm, E: Blått 460 nm. Foto: H. K. Schüssler

Tomaterna fick en avsevärt större sträckningstillväxt i HPS-ljus, jämfört med övriga ljuskällor, med en signifikant större internodielängd. Friskvikten var signifikant lägre i behandlingarna vitt+620 och vitt+460, jämfört med övriga behandlingar, liknande trend gällde för torrvikten. Däremot var sidoskotts-utvecklingen kraftigare i de plantor som belysts med LED-belysning. Även för måttet friskvikt/mm skottlängd fanns skillnader, med lägst värde för HPS-belysta plantor. Lufttemperatur och luftfuktighet i plantskiktet framgår av tabell 1.

Tabell 1: Temperatur och luftfuktighet i plantskiktet hos tomat som belysts med olika ljuskällor enligt ovan. "Dag" är den tid då lamporna är tända medan "Natt" representerar den del av dygnet då lamporna är släckta.

		A	B	C	D	K
Dag	Temp °C	21,1	18,8	19,1	19,4	20,2
	Rh %	51,2	59,4	61,2	57,2	57,9
Natt	Temp °C	18,5	17,5	17,8	18,3	18,4
	Rh %	49,9	54,1	56,9	52,0	55,3



Bild 3: Tomatplantor som belysts med olika ljuskällor: A: lysrör, B: LED vit+röd (620), C: LED vit+röd (660), D: LED vit+blå (460 nm), K: HPS. Foto: K-J Bergstrand

Diskussion

De uppnådda resultaten tyder på en potential för tillväxtreglering med hjälp av tillskott av smalspektrumljus. Särskilt lovande tycks användningen av 620 och 660 nm (rött) ljus vara, både som tillskott i kombination med naturligt ljus men även som dagförlängning. Även användandet av grönt ljus som dagförlängning verkar påverka tillväxten, vilket även tidigare föreslagits (Folta & Maruhnich, 2007). Dessa upptäckter kommer att användas vidare som bas i projektet "Växtstyrning och retardering av prydnadsväxter i växthus med hjälp av avancerad ljusstyrning". Dnr H1156022. Det finns sannolikt stora möjligheter till kontroll av sträckningen genom att kombinera kort fotoperiod, tillskott dagtid med smalspektrumljus samt tillskott av smalspektrumljus före resp. efter perioden av naturligt ljus. En ytterligare möjlighet kan vara att komplettera med någon form av spektrala filter, vilket i andra studier visat sig vara en effektiv metod att begränsa sträckningstillväxten (Khattak *et al.*, 2004; Rajapakse & Kelly, 1992).

Publicering

Vetenskapliga artiklar

Bergstrand, K.-J., Asp, H., Schüssler, H.K. 2014. Development and Acclimatisation of Horticultural plants subjected to Narrow-band Lighting" *European Journal of Horticultural Sciences* 79(2):45-51

Bergstrand, K.-J., Schüssler, H.K. 2013. Growth, Development and Photosynthesis of some Horticultural Plants as affected by Different Supplementary Lighting Technologies. *European Journal of Horticultural Sciences* 78(3):119-125

Bergstrand, K.-J., Schüssler H.K. 2012. Growth and Photosynthesis of Ornamental Plants Cultivated under Different Light Sources. *Acta Horticulturae* 956:141-147

Populärvetenskapliga artiklar, faktablad

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

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

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

Slutsatser

Projektet har påvisat en stor potential för grundtanken att styra växterna med hjälp av fotoperiod och ljuskvalité. En fotoperiod på 8 h och tillskottsljus i kvalitén 660 nm kombinerat med naturligt ljus, samt perioder med 620 eller 525 nm ljus före resp. efter perioden med naturligt ljus verkar mest användbart. Detta kommer att utvärderas ytterligare och med fler växtslag inom projektet Dnr H1156022 "Växtstyrning och retardering av prydnadsväxter i växthus med hjälp av avancerad ljusstyrning".

Resultatförmedling till näringen

Resultatförmedling till näringen har skett främst genom publicering av populärvetenskapliga artiklar och faktablad, samt genom direktkontakt med odlare genom besök i odlingsföretag. Bland företag som besökts kan nämnas Stella växt, Kristianstad, Vä handelsträdgård, Kristianstad, K.E. Pettersons handelsträdgård, Helsingborg, Björkebo gård, Mörap, Orevads handelsträdgård, Hörby, Gluggstorps handelsträdgård, Tågarp samt K.G. Hanssons handelsträdgård, Billeberga. Direktkommunikation med odlare genom företagsbesök är tidskrävande och innebär av praktiska skäl en begränsad spridning av forskningsresultaten. Den ideala situationen vore att informera om resultaten vid odlarträffar, samt att sprida resultaten via rådgivarna för att på så sätt nå ut till fler avnämare. Detta har tyvärr visat sig vara svårare än förväntat att uppnå.

Referenser

- Folta, K.M., Maruhnich, S.A., 2007. Green light: a signal to slow down or stop. *Journal of Experimental Botany* Special issue, 1-13.
- Hendriks, L., Ueber, E., 1995. Alternative methods of regulating the elongation growth of ornamental plants: a current assessment. *Acta Hort.* 378, 159-167.
- Khattak, A.M., Pearson, S., Johnson, C.B., 2004. The effects of far red spectral filters and plant density on the growth and development of chrysanthemums. *Scientia Horticulturae* 102, 335-341.
- Rajapakse, N.C., Kelly, J.W., 1992. Regulation of Chrysanthemum Growth by Spectral Filters. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 117, 481.
- Schüssler, H.K., Bergstrand, K.-J., 2012. Control of the Shoot Elongation in Bedding Plants Using Extreme Short Day Treatments. *Acta Hort.* 956, 409-415.
- Schüssler, H.K., Kosiba, A., 2006. Effects of Extreme Short-Day Treatment (ESD) on the development and appearance of *Calibrachoa hybr.* Cerv. and *Scaevola saligna* G. Forst. *Acta Hort.* 711, 297-300.