

Hvenær sólarhringsins er hagkvæmast að lýsa vetrarræktað grænmeti?

Christina Stadler*

Landbúnaðarháskóla Íslands, Reykjum, 810 Hveragerði

Ágrip

Vetrarræktun í gróðurhúsum á Íslandi er algjörlega háð aukalýsingu. Lýsing getur því lengt uppskerutímamann. Yfir háveturinn er rafmagnskostnaður mjög hár en hann er hægt að lækka með því að lýsa á nóttunni og um helgar. Markmið tilraunarinnar var að prófa hvort ásættanleg uppskera fengist með því að lýsa á ódýrari tímum.

Paprikur (cv. Ferrari og cv. Viper) og tómatar (cv. Encore) voru ræktuð undir háþrýsti natríumlömpum í tveimur tilraunaklefum. Annar klefinn fékk hefðbundinn lýsingartíma eða frá kl. 04.00-22.00 allt ræktunartímabilið. Í hinum klefanum var ljósi stýrt eftir kostnaði. Yfir dýrara tímabilið (1.nóv.- 1.mars) var lýst um helgar (24 klst. báða dagana) og að nóttu virku dagana, þó þannig að vikulegt ljósmagn var jafnt í báðum klefum. Yfir ódýrara tímabilið var gefin jöfn lýsing frá kl. 04.00-22.00 líkt og í hinum klefanum.

Þegar paprika fékk ljós á nóttunni og um helgar var söluhæf uppskera 5-10% minni en við venjulegan lýsingartíma. Hins vegar, nálgast uppskeran stöðugt uppskeru við venjulegan lýsingartíma eftir að hefðbundin lýsing hófst aftur. Uppsöfnuð söluhæf uppskera af tómtum var á móta fyrir báða meðferðarliði framan af en svo dró í sundur og í lok uppskeru fékkst um 15% meiri uppskera við hefðbundinn lýsingartíma. Frá rekstrarlegu sjónarmiði er mælt með því að lýsa á hefðbundnum tímum sólarhringsins.

Efnisorð: Paprikur, tómatar, gróðurhús, rafmagnskostnaður, lýsingartími, lýsing, tímaháð gjaldskrá

Keywords: electricity costs, lighting time, supplemental lighting, time dependent tariffs

Inngangur

Mjög lítið náttúrulegt ljós er helsti takmarkandi þáttur fyrir vetrarræktun í gróðurhúsum á Íslandi og öðrum heimskautasvæðum. Hefðbundinn uppskerutími grænmetis í gróðurhúsi án lýsingar er frá mars til október. Lýsing getur því lengt framleiðslutímabil og dregið úr innflutningi grænmetis að vetri til.

* christina@lbhi.is

Á Íslandi er rafmagnskostnaður hátt hlutfall (um 1/3; Stadler 2010) af framleiðslukostnaði og því áhugavert að leita leiða til að minnka þann kostnað. Hægt er að velja um mismunandi leiðir í gjaldskrár orkufyrirtækja, þar sem orkan er ódýrari að nóttu en degi (í sölu á virkum dögum frá kl. 21.00-07.00 og í dreifingu alla daga frá kl. 23.00-07.00) og um helgar (í sölu). Orkuverð er hæst frá 1.nóv.- 1.mars frá kl. 09.00-21.00 í sölu og frá kl. 07.00-23.00 í dreifingu virka daga. Vegna þessarar tímaháðu gjaldskrár gæti rafmagnskostnaður við lýsingu minnkað með ódýrara rafmagni um nætur og helgar.

Markmið rannsóknarinnar var að (1) prófa hvort lýsing á ódýrari tímum, og þ.a.l. lækkun rafmagnskostnaðar, hefði áhrif á ásættanlega uppskeru af papriku og tómötum og (2) athuga hvaða áhrif lýsingartími hefði á framleiðslukostnað.

Efni og aðferðir

Paprika (*Capsicum annuum* L. 'Ferrari', 9 toppar m⁻² og 'Viper', 6 toppar m⁻²) og tómatar (*Lycopersicon esculentum* Mill. 'Encore', 2,5 plöntur m⁻²) voru ræktaðir í fjórum endurtekningum í vikri í tveimur klefum í tilraunagróðurhúsi Landbúnaðarháskóla Íslands að Reykjum.

Paprika var með 2 toppa á plöntu og ræktuð í tvöföldum röðum frá 27.08.2009 til 26.04.2010, en vaxtartímabil fyrir tómata var frá 13.09.2010 til 16.03.2011.

Ræktað var undir háþrýsti-natríumlömpum (HPS) með eingöngu topplýsingu (TL; 600 W / 230 V) eða auka millilýsingu (IL; 250 W / 230 V) að hámarki í 18 klst. ljós á sólarhring (paprika: TL 160 W m⁻² + IL 120 W m⁻², tómatar: TL 240 W m⁻²).

Annar klevinn fékk hefðbundið ljós frá kl. 04.00-22.00 allt ræktunartímabilið („HPS, 04-22“). Í hinum klevanum var ljósi stýrt eftir kostnaði. Yfir dýrara tímabilið var lýst um helgar (24 klst. báða dagana) og að nóttu virku dagana, en þannig að vikulegt ljósmagn var jafnt í báðum klefum (grár tímarammi á mynd 1 og 2). Yfir ódýrara tímabilið var ljós frá kl. 04.00-22.00 („HPS, helgi“).

Hitastig var 24-25°C / 17-20°C (dag / nótt) og loftræsting hófst við 27°C hjá papriku og 22-23°C / 18-19°C (dag / nótt) og loftræsting hófst við 24°C hjá tómötum. Koltvísýringur var gefinn (800 ppm CO₂ án loftræstingar og 400 ppm CO₂ við loftræstingu).

Plönturnar fengu næringu (staðallausn fyrir papriku: 9,8 kg CaNO₃ á 100 l H₂O og 8,5 kg Brøste rautt í 100 l H₂O, Azelis, áður Brøste A/S, Lyngby, Danmörk, staðallausn fyrir tómata: Strong vegetable Superex L 540, Kekkilä Oy, Vantaa, Finland) með dropavökvun.

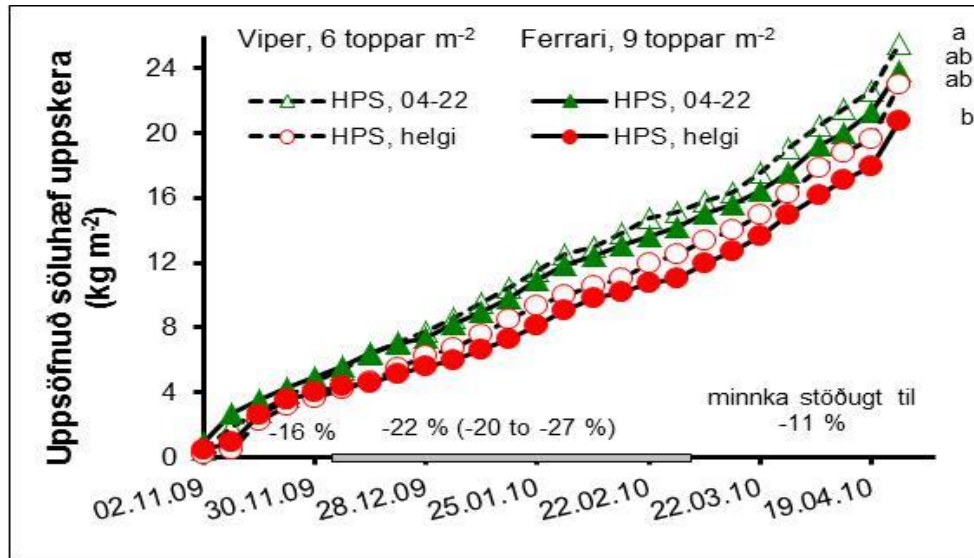
Á vaxtarskeiðinu var ávöxtum reglulega safnað (> 50% rauðir ávextir en grænum ávöxtum í paprika) og þeir flokkaðir í söluhæfa (1. og 2. flokks) og ósöluhæfa uppskeru (of litlir, krókrákir, sprungur við blóm, stílot, illa lagaðir).

Tölfræðiforritið SAS, útgáfa 9.2 var notað við úrvinnslu gagna. Gerð var tvíþátta fervikagreining á þyngd paprikuuppskeru eftir lýsingatíma og yrki og einsþátta fervikagreining á uppskeru tómata eftir lýsingartíma ($\alpha = 0.05$).

Niðurstöður

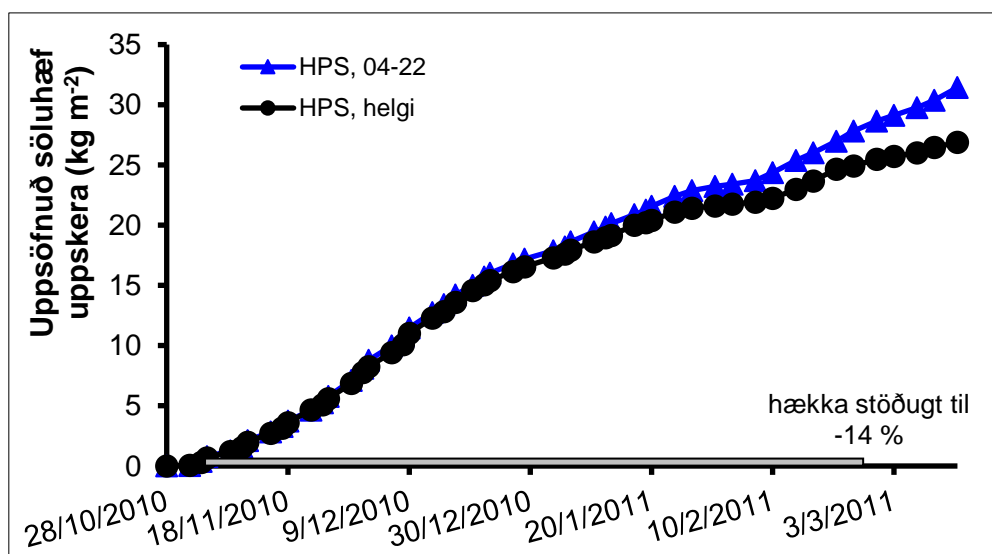
Lýsingartími hafði marktæk áhrif á söluhæfi uppskeru (mynd 1). Þegar paprika fékk ljós á nóttunni og um helgar (mynd 1, gráa tímabilið) var söluhæf uppskera 5-10% minni en við venjulegan lýsingartíma. Hins vegar, nálgast uppskeran stöðugt uppskeru við venjulegan lýsingartíma eftir að hefðbundin lýsing hófst aftur.

Uppsöfnuð söluhæf uppskera af tótmötum var á móta fyrir báða meðferðarliði framan af en svo dró sundur og í lok uppskeru fékkst um 15% marktækt meiri uppskera við hefðbundinn lýsingartíma (mynd 2).



Mynd 1. Söluhæf uppskera af papriku við mismunandi lýsingartíma (helgi: lýsing á kvöldin og um helgar).

ANOVA	Helstu áhrif +samspil	DF	F gildi	Pr > F
	Lýsingartíma	1	7.78	0.0211
	Yrki	1	3.82	0.0822
	Lýsingartíma x yrki	1	0.09	0.7772



Mynd 2. Söluhæf uppskera af tótmötum við mismunandi lýsingartíma (helgi: lýsing á kvöldin og um helgar). Marktækur munur var á uppskeru við mismunandi lýsingartíma (F= 52.48, p=0,0004).

Rafmagnskostnaður gæti lækkað um mest 2-3% með lýsingu á nóttunni og um helgar (tafla 1 og 2). Hins vegar voru tekjur af papriku og tótmötum við lýsingu á nóttunni og um helgar lægri í samanburði við hefðbundinn lýsingartíma. Samanborið við venjulegan lýsingartíma var framlegð um 15-20% lægri fyrir bæði papriku og tómatu við helgar- og næturlýsingu (tafla 1 og 2).

Tafla 1. Hlutfallslegur og raun rafmagnskostnaður, tekjur af papriku og framlegð eftir mismunandi lýsingartíma.

	HPS, 04-22		HPS, helgi ^z	
	(%)	(ISK)	(%)	(ISK)
Rafmagnskostnaður m⁻² y	100	4.474 - 5.433	98-100	4.387 - 5.428
Tekjur m⁻²				
Viper, 6 toppar m ⁻²	100	14.213	90	12.831
Ferrari, 9 toppar m ⁻²	100	13.293	87	11.589
Framlegð m⁻² x				
Viper, 6 toppar m ⁻²	100	8.780 - 9.739	86	7.403 - 8.444
Ferrari, 9 toppar m ⁻²	100	7.860 - 8.819	80	6.161 - 7.201

^z helgi: lýsing á kvöldin og um helgar

^y rafmagnskostnaður: kostnaður vegna dreifingar (niðurgreidd) og sölu

^x framlegð = tekjur - rafmagnskostnaður

Tafla 2. Hlutfallslegur og raun rafmagnskostnaður, tekjur af tótmötum og framlegð eftir mismunandi lýsingartímum.

	HPS, 04-22		HPS, helgi ^z	
	(%)	(ISK)	(%)	(ISK)
Rafmagnskostnaður m⁻² y	100	3.937	97	3.822
Tekjur m⁻²	100	15.556	86	13.382
Framlegð m⁻² x	100	11.618	82	9.560

^z helgi: lýsing á kvöldin og um helgar

^y rafmagnskostnaður: kostnaður vegna dreifingar (niðurgreidd) og sölu

^x framlegð = tekjur - rafmagnskostnaður

Umræður

Lýsing utan hefðbundins tíma leiddi aðeins til lítillar lækkunar á rafmagnskostnaði (mest 3%), en til mikils uppskerutaps og því einnig minni framlegðar.

Árið 2003 var gerð tómatatilraun þar sem lýsing var frá kl. 04.00-22.00 samanborið við kl. 23.00-17.00 (*Gunnlaugsson og Aðalsteinsson* 2003). Þar gaf hefðbundin lýsing 12% meiri uppskeru en kostaði 11% meira. Þess vegna ályktuðu höfundar að ekki borgaði sig að stilla lýsingartíma eftir gjaldskrá raforku. Þetta var staðfest í þessari tilraun með tómatu og papriku.

Fengju plöntur stöðugt (24 klst.) ljós, leiddi það til lægri uppskeru af papriku og aflögun blaða (*Demers o.fl.* 1998b). Tómatar sem fengu stöðugt ljós byrjuðu að mynda fölvasýki (leaf chlorosis) eftir sjö vikur, en á fyrstu 5-7 vikunum höfðu tómatar sem voru ræktaðir undir stöðugu ljósi betri vöxt og meiri uppskeru en plöntur sem fengu 14 klst. ljós (*Demers o.fl.* 1998a). Höfundar ræddu að það gæti verið möguleiki að vera með langa ljóslootu eða stöðugt ljós einungis í nokkrar vikur á tímabilinu þegar náttúrulegt ljós er lítið til að bæta vöxt og uppskeru.

Masuda og Murage (1998) greindu frá því að paprikur, með 12 klst. ljóslootu í þrjár vikur og síðan 24 klst. stöðugt ljós í þrjár vikur, voru með hærri þurrvigt í sprotum, einstökum blöðum og settu fleiri

aldin en plöntur með eingöngu 12 klst. ljóslotu. Hins vegar dró stöðug helgarlýsing í þessari tilraun úr uppskeru af bæði papriku og tómötum.

Bæði stöðugt ljós og 20 klst. ljóslota hafði neikvæð áhrif á vöxt gúrku (*Cucumis sativus* L.) og sérstaklega tómata samanborið við 12 klst. ljóslotu (Ménard o.fl. 2006). Dorais o.fl. (1996) sýndu að 18 klst. ljóslota í stað 12 klst. studdi sprotapróun í tómötum og að þurrvigt plöntunnar jókst um 30%, en ekki var marktækur munur í uppskeru. Hins vegar jók lenging ljóslotu ekki sprotapurrvigt af paprikuplöntum en uppskera jókst marktækt.

Dorais (2003) greindi fólvasýki á tómötum eftir aðeins nokkra daga með yfir 17 klst. lýsingu eða stöðugu ljósi. Hins vegar sýndu tómátplöntur nær engin neikvæð einkenni undir nánast 24 klst. náttúrulegu sólarljósi í Finnlandi. Annars vegar virðast ljósgæði (náttúrulegt ljós / viðbótar ljós) og hins vegar lengd viðbótarljóss vera mikilvægir áhrifavaldar í ræktun. Þannig getur lengd tímabils með samfellda helgarlýsingu verið afgerandi fyrir uppskeru.

Einnig tilgreinir Murage o.fl. (1997) að tíðni blaða með fólvasýki í smáplöntum af eggaldini (*Solanum Melongena* L.) undir stöðugri lýsingu var mjög háð ljósgæðum, ljósmagni og hitastjórnun og samspili þessara þátta. Auk þess eru tegundir misviðkvæmar gagnvart ljósi; t.d. er tómatur þekktur fyrir að vera viðkvæmur fyrir stöðugu ljósi (Velez-Ramirez o.fl. 2011; Sysoeva o.fl. 2010). Þetta gæti útskýrt hvers vegna uppskera af tómötum lækkaði hlutfallslega meira en uppskera af papriku í þessari tilraun.

Mjög lítil lækkun í rafmagnskostnaði fæst með lýsingu á nóttunni og um helgar og þar að auki minni uppskera. Frá rekstrarlegu sjónarmiði er mælt með því að lýsa á hefðbundnum tímum sólarhringsins með HPS lömpum.

Þakkir

Þakkir til Sambands garðyrkjubænda fyrir stuðning þeirra og starfsfólks Lbhí fyrir aðstoð þeirra.

Heimildaskrá

Demers, D. A., M. Dorais, C. H. Wien og A. Gosselin 1998a. Effects of supplemental light duration on greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants and fruit yields. *Sci. Hort.* 74: 295-306.

Demers, D. A., A. Gosselin og H. C. Wien 1998b. Effects of supplemental light duration on greenhouse sweet pepper plants and fruit yields. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123: 202-207.

Dorais, M. 2003. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: Light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. *Canadian Greenhouse Conference* October 9.

Dorais, S., S. Yelle og A. Gosselin 1996. Influence of extended photoperiod on photosynthate partitioning and export in tomato and pepper plants. *New Zeal. J. Crop Hort.* 24: 29-37.

Gunnlaugsson, B. og S. Aðalsteinsson 2003. Áhrif lýsingartíma og frævnar á vöxt og uppskeru tómata við raflýsingu. *Garðyrkjufréttir* 210.

Masuda, M. og E. Murage 1998. Continuous fluorescent illumination enhances growth and fruiting of pepper. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 67: 862-865.

Ménard, C., M. Dorais, T. Hovi og A. Gosselin 2006. Development and physiological responses of tomato and cucumber to additional blue light. *Acta Hort.* 711: 291-296.

Murage, E. N., N. Watashiro og M. Masuda 1997. Influence of light quality, PPFD and temperature on leaf chlorosis of eggplants grown under continuous illumination. *Sci. Hortic* 68: 73-82.

Stadler, C. 2010. Effects of plant density, interlighting, light intensity and light quality on growth, yield and quality of greenhouse sweet pepper. *Final report, Rit Lbhí nr. 30*.

Sysoeva, M.I., E. F. Markovskaya og T. G. Shibaeva 2010. Plants under continuous light: *A review. Plant Stress* 4: 5-17.

Velez-Ramirez, A. I., W. van Ieperen, D. Vreugdenhil og F. F. Millenaar 2011. Plants under continuous light. *Trends in Plant Science* 16: 310-318.