

MTT RAPORTTI 120

Energian säästö joulutähden viljelyssä

Liisa Särkkä, Päivi Tuomola, Timo Kaukoranta, Eeva-Maria Tuhkanen



Energian säästö joulutähden viljelyssä

Liisa Särkkä, Päivi Tuomola, Timo Kaukoranta ja Eeva-Maria Tuhkanen

ISBN: 978-952-487-492-2

ISSN: 1798-6419

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-492-2>

<http://www.mtt.fi/mtraportti/pdf/mtraportti120.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Liisa Särkkä, Päivi Tuomola, Timo Kaukoranta ja Eeva-Maria Tuhkanen

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2013

Kannen kuva: Liisa Särkkä

Energian säästö joulutähden viljelyssä

Liisa Särkkä¹⁾, Päivi Tuomola¹⁾, Timo Kaukoranta²⁾ ja Eeva-Maria Tuhkanen¹⁾

¹⁾ MTT, Kasvintuotannon tutkimus, puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö

²⁾ MTT, Kasvintuotannon tutkimus, puutarhatuotanto, Tietotie, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Joulutähti on tärkeä ruukkukukka Suomessa, jossa sitä viljellään vuosittain noin 1,8 miljoonaa kappaletta. Tutkimme energiankulutusta ja kasvien laatua viljeltäessä joulutähtiä eri lämpötiloissa ja vähässä tekovälissä. Viljelykokeita tehtiin vuosina 2011 ja 2012.

Kokeiden tavoitteena oli energian säästö valkoisten ja punaisten joulutähtien viljelyn aikana kasvien laadun heikkenemättä. Vuonna 2011 käytimme kokeissamme nk. viileä aamu – lämmin ilta viljelylämpötilamenetelmää, jolla Luoteis- Euroopan Suomea leudommassa ilmastossa on säästynyt energiaa. Valitsimme viileän aamun lämpötilan asetusarvoiksi 8 °C 3 tuntia ja 10 °C yksi tunti. Auringon noustessa lämpötila nousi tai nostettiin 19-20 °C päivälämpötilaan. Lämmin ilta toteutettiin nostamalla tuuletuslämpötila ennen auringonlaskua 27 asteeseen joko 4 tai 3 tunniksi. Lämpötila sai laskea yölämpötilaan (18 °C) ulkolämpötilan laskiessa. Viileän aamun alhaiset asetusarvot saavutettiin harvoin, johtuen korkeista yölämpötiloista.

Vuonna 2012 koejäsenenä oli valotusaika. Kaikissa käsittelyissä oli viileän aamun asetusarvona 10 °C noin 4 tuntia ja lämpimän illan asetusarvona 27 °C 4 tuntia. Valotusajat olivat 2 tai 5 tuntia koko viljelyn ajan, aluksi 10 tuntia jota seurasi 5 tuntia ja lopuksi 2 tuntia, ja 5 tuntia jota seurasi 2 tuntia.

Tekovalotuksena olivat suurpainenatriumlamput. Vuonna 2011 kalusteet olivat lähellä kasveja (160 cm pöydän yläpuolella), joten niistä säteili kasveille lämpöä ja PAR-valoa (yhteyttämiselle aktiivinen valo) 120-150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Toisena vuonna kalusteet olivat niin ylhäällä, että PAR-valon määrä oli puolet edellisestä vuodesta. Vaikka asetetut lämpötilat olivat alhaiset vuonna 2011, niin runsas PAR- valon määrä teki kasveista isolehtisiä ja näyttäviä.

Vuonna 2011 energiaa säästyivät alhaisemman lämpötilan viileän aamun käsittelyssä 20 % enemmän kuin korkeammassa viileän aamun lämpötilassa. Valkoisten lajikkeiden värilehdet eivät ruskettuneet, vaikka valkoisia lajikkeita on pidetty herkkinä alhaiselle lämpötilalle.

Vuonna 2012 lämmitysenergian kulutus oli suurin 2 tunnin valotusajassa ja pienin 5 tunnin valotusajassa. Kokonaisenergian kulutus (lämpö + valotus) oli vähäisin 5 tunnin valotusajassa. Lyhyt valotusaika pienensi usean lajikkeen kokoa ja hidasti väritymistä. Kaikki lajikkeet saavuttivat kuitenkin kauppakelpoisuuden.

Vihreiden lehtien yhteyttämistä mitattiin vuonna 2012 yhdellä punaisella ja valkoisella lajikkeella. Lehdet yhteyttivät jopa 10 °C:ssa. Kasvit olivat siten sopeutuneet näinkin alhaiseen lämpötilaan. Lajikkeiden välillä oli ero optimaalisessa lämpötilassa, jossa ne yhteyttivät parhaiten.

Huonekestävyyttä simuloitiin 5 viikkoa. Kestävyyteen eivät vaikuttaneet viljelyn aikaiset lämpötila- ja valotuskäsittelyt. Kestävyys oli hyvä. Äkillistä lehtien varisemista ei tapahtunut.

Avainsanat:

joulutähti, lämpötila, tekovalo, energia, yhteyttäminen, kestävyys

Energy saving in poinsettia cultivation

Liisa Särkkä¹⁾, Päivi Tuomola¹⁾, Timo Kaukoranta²⁾ and Eeva-Maria Tuhkanen¹⁾

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research Horticulture, Toivonlinnantie 518, FI-21500 Piikkiö

²⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Horticulture, Tietotie, FI-31600 Jokioinen

Abstract

Poinsettia is an important pot plant in Finland, with annual production of 1.8 million plants. We studied the response of poinsettia and energy use in low temperatures under moderate and low artificial lighting in two greenhouse trials in 2011 and 2012.

The aim of our research was to estimate energy saving during cultivation while maintaining good quality of white and red colored poinsettia cultivars. The temperature regime of cool morning and warm evening is known to save heating in milder climate of north-western Europe. In Finland the environmental conditions are more extreme and therefore we chose in 2011 the following cool morning treatments: the temperature set points were either 8 °C for 3 hours or 10 °C for 1 hour. After sunrise the temperatures raised gradually to 19-20 °C. Warm evening was implemented by raising the ventilation temperature to 27 °C for 4 or 3 hours before sunset, respectively. Night temperature was 18 °C. The outdoor weather affected the greenhouse temperatures and low set points were seldom reached.

In 2012, the treatments were supplementary lighting times combined with temperature set points of the cool morning (10 °C for 4 hours) – warm evening (27 °C for 4 hours). Four different lighting regimes were used. The treatments were 2 or 5 hours continuously, 10 hours at the beginning followed by 5 hours and finally 2 hours, and at first 5 hours followed by 2 hours.

Supplementary light was provided by high pressure sodium lamps. In 2011 trial they were close to the plants (160 cm above the tables) warming the plants. Measured PAR light was 120-150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. In 2012, the lamps were mounted higher up to give only half of the light of the previous year. Despite the low temperatures, the high PAR irradiation in 2011 caused the plant leaves to grow large giving the plants impressive appearance.

In 2011, energy saving from the cooler morning climate was estimated to be 20 % as compared to the higher morning temperature without any loss of quality in red and white colored poinsettias. Even the sensitive white colored cultivars showed no sign of browning on the top leaves.

In 2012, consumption of heating was highest in the 2 h lighting time and lowest in 5 h lighting time. Total energy saving (heat + light) was estimated to be lowest in 5 h lighting time. Low lighting time diminished the plant size of many cultivars and slowed down leaf coloring. Yet, all cultivars were graded salable.

Leaf photosynthesis in green leaves was measured in 2012. These leaves photosynthesized even in 10 °C demonstrating that the plants were acclimatized to the low temperature. Differences between cultivars were seen in the optimal temperature for maximal photosynthesis.

Post harvest longevity was tested in simulated home conditions for 5 weeks. The longevity was good and not affected by temperature and lighting treatments. No sudden leaf drop occurred at the beginning of post harvest treatment.

Keywords:

poinsettia, photosynthesis, energy, temperature, post harvest, supplementary light

Alkusanat

Joulutähti on tärkeä viljelykasvi Suomessa. Vuosittain tuotetaan joulutähtiä noin 1,8 miljoonaa kappaletta kotimaisille joulumarkkinoille (Anon 2012). Kuitenkin joulutähtiä myös tuodaan ulkomailta ja kilpailu markkinoista on kova. Joulutähden viljelyn kannattavuuden parantamiseksi MTT Piikkiössä tutkittiin kahtena peräkkäisenä vuotena energian säästöä viljelyteknisenä toimenpiteenä. Viljelijät olivat aktiivisesti mukana kokeen seurannassa ja erityisesti toisen vuoden koesuunnittelussa. Tutkimusta rahoittivat MTT sekä Ljudmila ja Nikolai Borisoffin Puutarhasäätiö. Yhteistyössä olivat mukana Kauppapuutarhaliitto Ry, Huiskulan Puutarha Oy, Schetelig / Ansari Oy, Helle Oy ja Kekkilä Oy. Tutkimusmestari Päivi Tuomola hoiti kenttäkokeet ja teki yhteyttämissmittaukset. Tutkija Eeva-Maria Tuhkanen toimi neuvonantajana fotosynteesimittausten tekemisessä ja tulosten työstämisessä. Vanhempi tutkija Timo Kaukoranta teki energialaskelmat. Tutkimushenkilökunta kiittää rahoittajia ja yhteistyökumppaneita.

Piikkiössä 7.11.2013

Liisa Särkkä

erikoistutkija

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	7
1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet.....	7
2 Aineisto ja menetelmät	8
2.1 Viileä aamu – lämmin ilta, 1. vuoden kokeet (2011)	8
2.1.1 Lämpötilaohjelmat / koejäsenet	8
2.1.2 Valotus ja lyhytpäiväkäsittely	8
2.1.3 Lajikkeet.....	8
2.1.4 Havainnot	9
2.1.5 Viljely ja koejärjestely	9
2.1.6 Kuljetussimulaatio, kauppavaiheen simulaatio ja huonekestävyys.....	9
2.2 Tekovalon määrän vaikutus viileä aamu – lämmin ilta lämpötilaohjelmassa, 2. vuoden kokeet (2012)	12
2.2.1 Tekovalotus ja lämpötilaohjelmat / koejäsenet	12
2.2.2 Valotuskalusteiden asennuskorkeus ja lyhytpäiväkäsittely.....	12
2.2.3 Lajikkeet.....	13
2.2.4 Havainnot	13
2.2.5 Viljely ja koejärjestely	13
2.2.6 Yhteyttämisaktiivisuuden mittaus.....	14
2.2.7 Kuljetussimulaatio, kauppavaiheen simulaatio ja huonekestävyys.....	14
2.2.8 Kuluttajien mielipide.....	14
2.3 Energiankulutuksen laskeminen.....	14
3 Tulokset ja tuloksen tarkastelu	15
3.1 Energiankulutus ja viljelyaika	15
3.2 Joulutähtien lehtien väritymisnopeus ja nuppujen kehitysnopeus	18
3.3 Joulutähtien pituus, paino ja lehtipinta-ala viljelyn lopussa.....	19
3.4 Toteutuneet olosuhteet – valotus.....	36
3.5 Toteutuneet olosuhteet - lämpötila	37
3.6 Yhteyttämisaktiivisuus vuonna 2012	41
3.7 Kuljetussimulaatio, kauppavaiheen simulaatio ja huonekestävyys.....	44
3.8 Kuluttajien mielipide joulutähdistä vuonna 2012	45
4 Yhteenveto.....	47
5 Lähteet	48
Liitteet	49

1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli energian säästö joulutähden viljelyssä ja sitä kautta parantaa viljelyn kannattavuutta kasvien laadun kärsimättä. Joulutähden viljely vaatii kasvihuoneen lämmittämistä ja tekovalojen käyttöä. Joulutähteä on pidetty lämpöä vaativana kasvina ja siksi lämmitysenergian kulutusmäärä on merkittävä. Saksalaisissa kokeissa on osoitettu, että monet kasvilajit kestävät lyhytaikaisia lämpötilan laskuja laadun kärsimättä ja pidentämättä viljelyaikaa liikaa (Haas 2008, 2009). Kokeita on tehty myös joulutähdellä ja saatu hyviä tuloksia (Sauer & Hinze 1997). Siten Saksassa on säästetty lämmitysenergiaa merkittävästi. Hollantilaisissa kokeissa joulutähtiä on viljelty varsin alhaisissa lämpötiloissa laadun kärsimättä (Kromwijk et al. 2007). Joulutähtilajikkeissa on eroja viileän lämpötilan kestävyudessa. Erityisesti valkoisia lajikkeita on pidetty arkoina alhaisille lämpötiloille.

Tekovalon käyttö joulutähden viljelyssä on Suomen oloissa välttämätöntä. Kuitenkin sähköenergian hinta on lämmitysenergiaa kalliimpaa ja viljelijät halusivat tietää, miten vähällä tekovalotuksella saadaan laadukkaita joulutähtiä.

Viljelykokeita tehtiin kahtena vuotena. Ensimmäisenä vuotena keskityttiin lämmitysenergian säästöön tähtääviin kokeisiin. Saksan mallin mukaisesti (Haas et al. 2009) aamulla ennen auringonnousua lämpötilan annettiin laskea alhaiseksi ja auringonnousun mukaan lämpötila sai nousta uudelleen. Illalla ennen auringonlaskua kasvihuoneen lämpötilan annettiin nousta normaalia päivälämpötilaa korkeammaksi. Tätä viljelymenetelmää kutsutaan ”viileä aamu – lämmin ilta” viljelymenetelmäksi.

Viileä aamu toteutettiin niin, että tuuletusluukut saivat avautua, jotta lämpötila laskisi nopeasti. Tämä ei ole energiataloudellisesti kannatettavaa, siksi toisena koevuotena aamun alhainen lämpötila säädettiin niin, että tuuletusluukut eivät saaneet avautua. Viileä aamu toimii kasvunsäätteenä eli sillä vaikutetaan nivelvälin venymiseen. Lämmin ilta valitaan lämmön säästämisen takia siksi, että yölämpötilaan lasku saa tapahtua ulkoilman jäähtyessä ja yön lämmitystarve vähenee iltayöstä. Toisena koevuotena varsinaisena tutkimuskohteena oli tekovalojakson pituus.

Molempina koevuosina mukana oli monia sekä punaisia että valkoisia joulutähtilajikkeita. Toisena koevuotena mitattiin myös kasvien yhteyttämisaktiivisuutta, jonka avulla haluttiin selvittää kasvien viileän lämpötilan sietoa.

Tärkeä laadun kriteeri on kuluttajakestävyys, jota myös simuloimme.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Viileä aamu – lämmin ilta, 1. vuoden kokeet (2011)

2.1.1 Lämpötilaohjelmat / koejäsenet

Lämpötilaohjelmia oli kaksi. Kolmas ohjelma aloitettiin vasta viikolla 42.

1. 3 tuntia ennen auringonnousua lämpötilan asetusarvo oli 8 °C, 4 tuntia auringonnousun jälkeen päivälämpötilan asetusarvo oli 20 °C. 4 tuntia ennen auringonlaskua tuuletuslämpötila nostettiin 27 °C:een. Yölämpötilan asetusarvo oli 18 °C. Lämpötila sai vapaasti laskea yölämpötilaan. Osastossa oli myös pystysuuntainen tuuletin (Novalator), joka sekoitti ilmaa tehokkaasti.
2. 1 tunti ennen auringonnousua lämpötilan asetusarvo oli 10 °C, 4 tuntia auringonnousun jälkeen päivälämpötilan asetusarvo oli 20 °C. 3 tuntia ennen auringonlaskua tuuletuslämpötila nostettiin 27 °C:een. Yölämpötilan asetusarvo oli 18 °C. Lämpötila sai vapaasti laskea yölämpötilaan.
3. käsittely alkoi vasta 14. lokakuuta (vko 42) harvennuksen yhteydessä. Osaston olosuhteet olivat yöllä 18 °C, päivällä 20 °C, tuuletus 22°C.

Viileä aamu toteutettiin nk. DROP-käsittelynä, joka tarkoittaa sitä, että lämpötila pyritään saamaan alas mahdollisimman nopeasti (Särkkä 2003). DROP-käsittelyssä käytetään tuuletusluukkuja lämpötilan laskemiseksi. Tämä ei ole energiataloudellisesti hyvä asia, mutta haluttiin samalla seurata joulutähtilajikkeiden alhaisen lämpötilan sietoa, mitä ei tunnettu. Tämä tietenkin aiheutti suurempaa energiankulutusta kuin olisi ollut jos luukkujen ei olisi annettu avautua. Varjostusverhot olivat käytössä öisin ja tarvittaessa päivällä.

Marraskuun 9. (vko 45) päivä- ja yölämpötilojen asetusarvoja laskettiin yhdellä asteella kaikissa kasvi-huoneosastossa.

2.1.2 Valotus ja lyhytpäiväkäsittely

Tekovalotus suurpainenatriumlampuilla aloitettiin viikolla numero 39. Valotusaika oli 10 tuntia vuorokaudessa klo 7-17. Valot paloivat päivällä, kun ulkona kokonaissäteily laski alle 100 W m⁻². PAR-valon (yhteyttämiselle aktiivinen valo) määrä oli 120-150 μmol m⁻² s⁻¹. Asennusteho oli 60 W m⁻². Valokalusteet olivat 160 cm pöytien yläpuolella, 400 W:n kalusteissa oli 250 W:n Philips Master SON-T Pia polttimet. Asennusteho laskettiin 300 W:n mukaan. Koska valot olivat näin lähellä kasveja, niiden saama yhteyttämiselle tehokas valo oli runsaampaa kuin seuraavana vuonna samalla asennusteholla koska kalusteiden etäisyys kasveista oli pidempi. Pimennysverhoja ei käytetty, joten kasvit saivat lyhytpäiväkäsittelyn päivänpituuden lyhentyessä.

Viikolla numero 48 valotusaika lyhennettiin 5 tuntiin klo 7-12.

2.1.3 Lajikkeet

Punaiset lajikkeet

- 'Christmas Beauty'
- 'Christmas Eve'
- 'Infinity Red'
- 'Electric Fire'

Valkoiset lajikkeet

- 'Christmas Feelings White'
- 'Cristallo'
- 'Mira White'

2.1.4 Havainnot

- Kuudesta kasvista lajiketta kohden tehtiin kerran viikossa pituusmittaukset. Pituuksien keskiarvoista piirrettiin kasvukäyrät jokaiselle lajikkeelle.
- Lehtien väritymistä ja kukkien muodostumista havainnoitiin viikoittain samoista kasveista kuin pituusmittaus.
- Kokeen lopussa kahdesta kasvista/lohko eli yhteensä 10 kasvista/koejäsen tehtiin loppuhavainnot: kasvin korkeus ruukun reunalta, kasvin leveys, kukkivien versojen lukumäärä, kaikkien versojen lukumäärä, nivelvälien lukumäärä värilehtiin saakka, isojen värilehtien lukumäärä, pienten värilehtien lukumäärä, osittain värittyneiden lehtien lukumäärä, vihreiden lehtien lukumäärä, tuorepaino, kuivapaino. Nivelvälin pituus laskettiin.
- Kokeen lopussa yhdestä kasvista/lohko mitattiin värittyneiden lehtien pinta-alat lehtiplanimetrillä (Li-Cor LI-3100), näistä lehdistä tehtiin myös kuivapainopunnitukset.
- Kasvihuoneiden olosuhteita seurattiin, Itumic CAG MS100- kasvihuoneautomaatiikalla.
- Kasvihuoneiden kuluttamat energiamäärät laskettiin.

2.1.5 Viljely ja koejärjestely

Koejäsenten 1 ja 2 kokeet tehtiin kahdessa vierekkäisessä kasvihuoneosastossa. Huoneen koko oli 100 m². Koejäsen 3:n huone oli 50 m². Joulutähtien viljely alkoi 2. elokuuta 2011 (vko 31) ja päättyi 5. joulukuuta 2011 (vko 49). Viljely alkoi istuttamalla juurrutetut pistokkaat 12 cm ruukkuihin. Kasvialustana oli Kekkilän joulutähtiseos. Kasvit latvottiin 1-2 viikkoa istutuksen jälkeen 5-7 nivelvälin kohdalta. Kasveja kasvatettiin monilatvaisia joulutähtiä. Kasvit olivat samoissa viljelyolosuhteissa alkukasvatuksen ajan ja eri lämpötilaohjelmat alkoivat 22. elokuuta (vko 34).

Kasvit kasteltiin ja lannoitettiin vuoksi-luodepöydillä Kekkilän lannoitusohjeiden mukaan. Lannoitus ja altakastelu aloitettiin viikolla 33, johtokyky 1,0 dS m⁻¹, N:K 1:1. Lannoitus muutettiin N:K 1:1,5 viikolla 41. Lannoitteina käytettiin Kekkilän Superex-monoravinnelannoitetta, kalkkisalpietaria ja magnesiumnitraattia. Kalkkisalpietaria annettiin koko ajan, koska sillä on kestävyyttä parantavia ominaisuuksia.

Kasvunsäätettä ei käytetty. Hiilidioksidilannoitusta ei annettu. Ilman kosteus säädettiin vesihöyryn määrän vajauksen mukaan: 1,6 g m⁻³. Lukema vastaa 10 °C:ssa 83 % RH ja 20 °C:ssa 91 % RH.

Kasvien harvennus: 1. harvennus 2.syyskuuta (vko 36) 25 kpl m⁻², 2. harvennus 19. syyskuuta (vko 38) 18,3 kpl m⁻², 3. harvennus 13-14. lokakuuta (vko 42) 10 kpl m⁻².

Koejärjestelynä oli täydellisten lohkojen koe. Lohkot olivat pesiytyneet käsittelyyn. Lohkoja oli viisi. Koejäseniä oli kolme. Tilastollinen analyysi tehtiin SAS-ohjelmistolla proseduurilla Mixed.

2.1.6 Kuljetussimulaatio, kauppavaiheen simulaatio ja huonekestävyys

Viljelykokeen lopussa tehtiin kestävyyskoe 6 kpl/koejäsen.

Kuljetussimulaatio: kasvit pakattiin joulutähtipusseihin ja laitettiin pahvilaatikoihin pimeään 2 vuorokaudeksi 18 °C:een (kuva 1).

Kauppavaiheen simulaatio: pusseissa olevat kasvit nostettiin 5 vrk:si loisteputkivaloon 12 h/d pöydälle, 18-20 °C (kuva 2).

Huonekestävyysimulointi: pussit poistettiin ja kasvit olivat huoneen pöydällä 5 viikkoa loisteputkivalossa 12 h/d, 20-22 °C, koneellinen ilmanvaihto (kuva 3).

Loisteputkivalon intensiteetti oli 14-16 μmol m⁻² s⁻¹.

Koe loppui vko 2 (2012).

Mahdolliset laadun heikkenemiset havainnoitiin eri simulaatiovaiheiden jälkeen.

Huonekestävyys­simulaation jälkeen kasvit havainnoitiin asteikolla 0-5 Hollantilaisen FloraHolland 2011 mallin mukaan hieman soveltaen (Barendse et al. 2011).

- 0 = kuollut
- 1 = huono, ei koristearvoa, suurin osa lehdistä varissut, lehdet alkaneet kuivua
- 2 = välttävä, koristearvo huono, noin puolet lehdistä varissut, muut lehdet kunnossa
- 3 = kohtalainen, muutama lehti varissut
- 4 = hyvä, kukat varisseet sekä yksittäinen lehti
- 5 = oikein hyvä, muutama kukka on voinut varista



Kuva 1. Joulutähdet menossa kuljetussimulaatioon pimeään.



Kuva 2. Joulutähdet kauppavaiheen simulaatiossa joulutähtipusseissa loisteputkivalossa.



Kuva 3. Joulutähdet huonekestävyyssimulaatiossa loisteputkivalossa.

2.2 Tekovalon määrän vaikutus viileä aamu – lämmin ilta lämpötilaohjelmassa, 2. vuoden kokeet (2012)

2.2.1 Tekovalotus ja lämpötilaohjelmat / koejäsenet

1. Valotusaika 2 t vko 39-51
2. Valotusaika 5 t vko 39-51
3. Valotusaika 5 t vko 39-43, 2 t vko 44-51
4. Valotusaika 10 t vko 39-43, 5 t vko 44-46, 2 t vko 47-51

Valotusajat:

koejäsen 1 klo 9-11,
koejäsen 2 klo 9-11 ja klo 14-17, viikosta 48 lähtien klo 9-14,
koejäsen 3 klo 9-11 ja klo 14-17, viikosta 44 lähtien klo 9-11,
koejäsen 4 klo 7-17, viikot 44-46 klo 9-11 ja klo 14-17, viikosta 47 lähtien klo 9-11.

Keskipäivällä koejäsenestä 4 valotus pois päältä, kun ulkona kokonaissäteily oli yli 100 W m^{-2} .
Lämpötila-asetukset aloitettiin vko:lla 37. Viilein jakso oli noin 4 tuntia.
Viileä aamu toteutettiin siten, että lämpötilaa laskettiin yöllä ennakoivasti seuraavasti:

Lämpötila-asetukset vko 37

klo 1 $15,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
klo 2 $14 \text{ }^{\circ}\text{C}$
klo 3 $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 26. lokakuuta $11 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Lämpötila-asetukset vko 44

klo 3 $15,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
klo 4 $14 \text{ }^{\circ}\text{C}$
klo 5 $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 30. marraskuuta $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Klo 9 valot syttyivät ja verhot saivat aueta varovasti, lämpötila sai nousta tekovalojen lämmittävän vaikutuksen myötä.

Klo 10-11 lämpötilan asetusarvoksi laitettiin $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Klo 11 valot sammuiivat, lämpötilan asetusarvoksi muutettiin päivälämpötila $19 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tuuletuslämpötilat olivat yöllä $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, auringonnoususta lähtien päivällä $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ja lämmin ilta vaiheessa $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuuletuslämpötila pidettiin tarkoituksella korkeana, jotta auringon säteilylämpötila hyödynnettiin tehokkaasti.

Lämmin ilta toteutettiin siten, että 4 tuntia ennen auringonlaskua tuuletuslämpötila nostettiin $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Yölämpöön $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kasvihuoneosasto sai laskea vapaasti ulkolämpötilan laskun myötä.

2.2.2 Valotuskalusteiden asennuskorkeus ja lyhytpäiväkäsittely

Joulutähtiä valaistiin 400 W :n suurpainenatriumlampuilla (Philips SON-T Green Power). Asennusteho oli 73 W m^{-2} . Valaisimet olivat 230 cm korkeudella vuoksi-luodepöydän pinnasta. Siten mitatut PAR-säteilyt olivat alhaisemmat kuin viime vuonna. Mitatut keskiarvot vaihtelivat lajikkeittain $60-90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ välillä. Eniten säteilyä saivat 'White Christmas' sekä 'Cristallo' ja vähiten 'Merry White' sekä 'White Star'.

Kasveja ei pimennetty, vaan lyhytpäiväkäsittely toteutui luontaisen päivänpituuden mukaan.

2.2.3 Lajikkeet

Punaiset lajikkeet

- 'Christmas Beauty'
- 'Infinity Red'
- 'Mars Improved'
- 'Prestige Early Red'

Valkoiset lajikkeet

- 'Cristallo'
- 'White Christmas'

Lajikkeet, joista havainnoitiin vain värittyminen, kauppakelpoisuus ja huonekestävyys

- 'Wintersun'
- 'Merry White'
- 'White Star'
- SK 94- koelajike

2.2.4 Havainnot

- Viidestä kasvista lajiketta ja koejäsenä kohden tehtiin kerran viikossa pituusmittaukset. Pituuksien keskiarvoista piirrettiin kasvukäyrät jokaiselle lajikkeelle.
- Lehtien väritymistä ja kukkien muodostumista havainnoitiin viikoittain samoista kasveista kuin pituusmittaus.
- Kokeen lopussa 6 kasvista/koejäsenä tehtiin loppuhavainnot: kasvin korkeus ruukun reunalta, kasvin leveys, kukkivien versojen lukumäärä, kaikkien versojen lukumäärä, nivelvälien lukumäärä värilehtiin saakka, isojen värilehtien lukumäärä, pienten värilehtien lukumäärä, osittain värityneiden lehtien lukumäärä, vihreiden lehtien lukumäärä, tuorepaino, kuivapaino ja värityneiden lehtien pinta-alamittaukset(Li-Cor LI-3100). Nivelvälin pituus laskettiin.
- Kasvihuoneiden olosuhteita seurattiin, Itumic CAG MS100 - kasvihuoneautomaatiikalla.
- Kasvihuoneiden kuluttamat energiamäärät laskettiin.

2.2.5 Viljely ja koejärjestely

Jokainen valotuskäsittely oli omassa kasvihuoneosastossaan. Osaston koko oli 50 m² ja seinän korkeus oli 6 metriä. Juurrutetut pikkutaimet istutettiin 12 cm:n muoviruukkuihin Kekkilän joulutähtiseokseen. Mars Improved-lajike istutettiin 3. elokuuta ja loput lajikkeet 7.-9. elokuuta 2012. Kasvit latvottiin 5-6 lehden takaa kahden viikon kuluttua istutuksesta. Tarkoitus oli viljellä M-kokoisia monilatvaisia joulutähtiä. Viljelykoe lopetettiin marraskuun lopun ja joulukuun 20. päivän välisenä aikana lajikekohtaisesti. Tämän jälkeen kasvit vietiin kuljetussimulaatio-, kauppasimulaatio- ja huonekestävyyskokeisiin.

Alkukasvatuslämpötila oli 20 °C. Yölämpötila laskettiin 18 °C:een 28. elokuuta (vko 35) ja 17 °C:een seuraavalla viikolla. Varsinainen lämpötilaohjelma alkoi vko:lla 37 ja valotus vko:lla 39. Kasveille ei annettu hiilidioksidilannoitusta eikä kasvunsääteitä koko viljelyn aikana.

Kasveja kasteltiin ja lannoitettiin Kekkilän ohjeiden mukaan viljelmäkohtaisella Superex-moniravinnelannoitteella, kalkkisalpietarilla ja magnesiumnitraatilla. Aluksi N:K oli 1:0,9 ja suhde muutettiin vko:lla 41 1:1,5. Johtokyky oli aluksi 1,0 dS m⁻¹, mutta nostettiin 1,5 dS m⁻¹ vko:lla 39. Kalkkisalpietaria annettiin koko ajan, koska sillä on kestävyyttä parantavia ominaisuuksia.

Kasvien 1. harvennus tehtiin vko:lla 36: voimakaskasvuinen 'White Christmas' 50 kpl m⁻² ja 'White Star' 62,5 kpl m⁻². Kasvien 2. harvennus tehtiin vko:lla 37: 'White Christmas' 30 kpl m⁻², 'Mars Improved' 51,4 kpl m⁻², 'Cristallo' sekä SK 94 62,5 kpl m⁻² ja muut lajikkeet 50 kpl m⁻². Kolmas harvennus tehtiin

vko:lla 38: 'White Christmas' sekä 'White Star' 20 kpl m⁻² ja muut lajikkeet 30 kpl m⁻². Neljäs harvennus tehtiin vko:lla 40: 'White Christmas' 12 kpl m⁻² ja muut lajikkeet 19 kpl m⁻². Viikolla 42 harvennettiin 5. kerran muut 17 kpl m⁻² paitsi 'White Christmas'.

Koejärjestelyinä oli täydellisesti satunnaistettu koe. Tulokset analysoitiin SAS-ohjelmistolla Mixed-proseduurilla ja Tukey'n HSD testillä. Vuonna 2011 analyysit tehtiin lajikekohtaisesti ja vuonna 2012 punaiset lajikkeet analysoitiin yhdessä.

2.2.6 Yhteyttämisaktiivisuuden mittaaminen

Joulutähden punaisella Infinity Red-lajikkeella ja valkoisella White Christmas-lajikkeella tehtiin fotosynteesimittauksia viikoilla numero 47 ja 48. Fotosynteesimittauksilla haluttiin selvittää, vaikuttaako alhaisessa lämpötilassa pitkäaikainen viljely sopeutumista siihen ja kuinka tehokkaasti joulutähti yhteyttää alhaisissa lämpötiloissa. Mittauksia tehtiin 5 ja 2 tunnin valotusajoissa kasvaneille kasveille eri lämpötiloissa. Lisäksi 10 ja 19 °C:ssa tehtiin valovastemittauksia, joilla kuvataan missä valotehossa yhteyttäminen saavuttaa maksimitehon. Mittaukset tehtiin samassa osastossa siirtämällä mitattavat kasvit sinne. Hiilidioksidipitoisuudeksi asetettiin 400 ppm. Fotosynteesi mitattiin kasvien ylimmistä vihreistä lehdistä. Mittauksia tehtiin myös värilehdistä. Mittaukset tehtiin Li-Cor Inc. Li-6400 fotosynteesimittarilla, jossa mittauspäänä oli 6400-02B kyvetti.

2.2.7 Kuljetussimulaatio, kauppavaiheen simulaatio ja huonekestävyys

Tämä tehtiin samalla tavalla kuin 1. vuoden kokeessa (kts. 2.1.6) paitsi, että kasvit siirrettiin eri ajankohdina eri huoneista. Tämä johtui siitä, että joulutähdet olivat eri aikaan myyntivalmiita. Jokaisesta lajikkeesta oli mukana 5 yksilöä / koejäsen, paitsi 'White Star', joka puuttui kokeesta. Lisäksi 'Wintersun', 'Merry White' ja SK 94 laitettiin suoraan kasvihuoneesta huonekestävyyskokeeseen.

2.2.8 Kuluttajien mielipide

Joulutähdistä tehtiin henkilökunnalle mielipidekysely 18. joulukuuta siitä, minkä punaisen ja valkoisen kasviyksilön ostaisi mieluummin. Joulutähdet pyydettiin laittamaan parhaasta huonoimpaan järjestykseen. Jos kaksi lajiketta oli yhtä hyviä, saattoi antaa saman arvosanan molemmille. Paras kasvi sai numeron yksi. Seuraavaksi miellyttävin sai arvosanan 2 jne. Luku suureni mitä vähemmän yksilö miellytti. Kasvit olivat arvotussa järjestyksessä pöydällä siten, että samat lajikkeet olivat vierekkäin. Punaiset – ja valkoiset lajikkeet arvosteltiin erikseen. Jokainen yksilö sai aakkosnumeron, henkilökunta ei tiennyt, että samasta lajikkeesta oli kaksi yksilöä. Toinen yksilöistä oli 10/5/2 tunnin valotuksesta ja toinen 2 tunnin valotuksesta.

2.3 Energiankulutuksen laskeminen

Valotuksen käyttämä energia laskettiin kertomalla valotusteho valojen toiminta-ajalla. Lämmitysenergia laskettiin joulutähtikokeessa 2011 mitatuista lämmityksen meno- ja paluuveden lämpötilojen erosta ja lämmitysveden virtausnopeudesta. Vuonna 2012 paluuveden lämpötilan ja virtauksen jatkuvaa mittausta ei ollut. Meno- ja paluuveden lämpötilaeron arvioitiin olleen 0.15 * (menoveden lämpötila – ilman lämpötila). Siksi vuonna 2012 tavoitteena oli verrata osastojen suhteellista lämmitystä. Valojen toiminta-aika, lämmitysveden lämpötila ja virtausnopeus otettiin kasvihuoneen säätöjärjestelmän neljän minuutin välein tallentamasta tiedosta. Lämmitysenergia (J m⁻²) laskettiin neljän minuutin välein:

Lämmitysenergia = VedenTiheys * VedenOminaisLämpö * MenoPaluuLämpötilaero * Virtaus * 240 / HuoneenPinta-ala

Datan aukkoja täytyi paikata naapurihuoneista ja yleisestä säädätystä. Kun paluuveden lämpötilaa ei ollut, täytyi katsoa meno/ paluu/ ilmalämpötilojen yhteyttä muista huoneista ja lopulta katsoa tuleeko laskennallinen lämmönvaihtokerroin järkevään suuruusluokkaan.

Koska vuonna 2011 toisessa osastoista oli kaksi ulkoseinää ja toisessa vain yksi, tuloksissa tämä huomioidiin laskennallisesti, jotta huoneita voitiin verrata toisiinsa.

3 Tulokset ja tuloksen tarkastelu

3.1 Energiankulutus ja viljelyaika

Kun viileä aamu oli 3 tuntia, energiaa kului noin 20 % vähemmän kuin 1 tunnin viileässä aamussa (Taulukko 1). Ensimmäisenä koevuotena tekovalot olivat päällä noin 509 tuntia. Alkukasvatuksen aikana (4.-21.8.2011) lämmitysenergiaa kului 3,3 kWh m⁻². Alkukasvatuksen aikana auringon säteilyenergian määrä oli merkittävä, noin 88 kWh m⁻². Kuvassa 4 on kuvattuna viikoittainen energiankulutus sekä auringon merkittävä vaikutus alkusyksystä.

Taulukko 1. Energiankulutus kahdessa eri viileän aamun lämpötila-asetuksessa 22.8.-5.12.2011 välisenä aikana.

	kWh m ⁻²	
	Viileä aamu 1 t (10 °C)	Viileä aamu 3 t (8 °C)
Lämmitys	88	73
Valotus	30	30

Toisena koevuotena taimikasvatus 3.8.-15.9.2012 kulutti energiaa noin 30 kWh m⁻². Varsinainen koeaika alkoi 16.9.2012. Eri koejäsenten eli huoneiden energiankulutukset laskettiin lajikekohtaisesti, koska lajikkeet valmistuivat eri aikaan ja niiden energiankulutukset poikkesivat siten toisistaan (Taulukko 2).

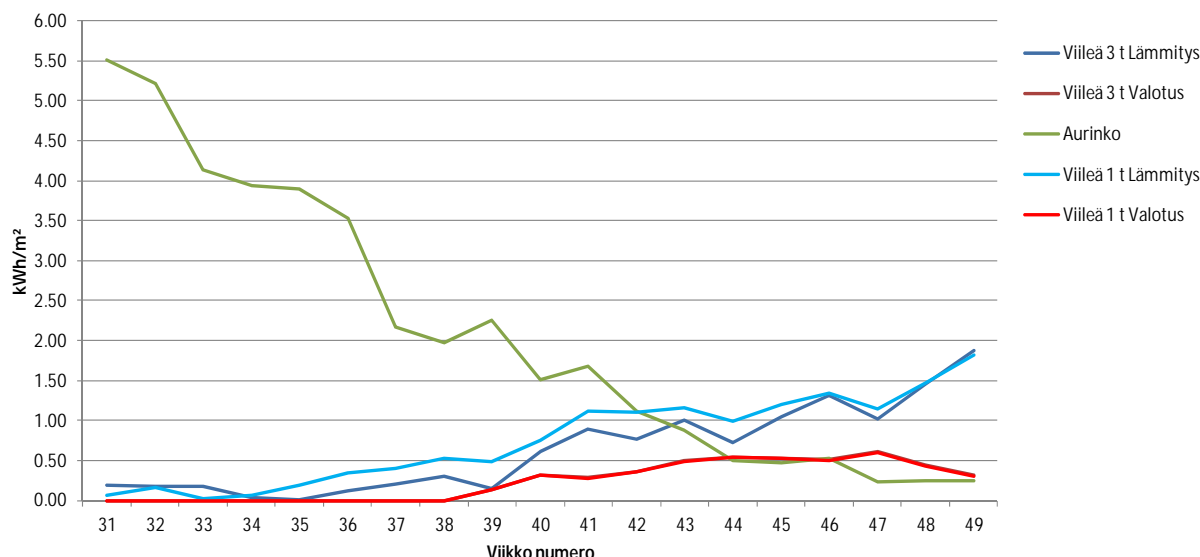
Lämmitysenergiaa ja sähköä yhteensä kului koko viljelyn aikana vähiten 5 tunnin valotuksessa ja eniten 2 tunnin valotuksessa. Valotuksen kuluttama energiamäärä on suoraan verrannollinen valotusaikaan. Valotuksen kuluttama energiamäärä oli huomattavasti vähäisempi kuin lämmitysenergian määrä. Valotuksen tuottama lämpöenergia selvästi vähensi lämmitysenergian kulutusta. Sähköenergian hinta on merkittävästi korkeampi kuin esimerkiksi hakkeella tuotettu lämpöenergia. Siksi edullisin viljelytapa pitää laskea oman tarhan sähkön ja lämmön hinnoilla.

Tuloksista näkee myös sen, että viljelyn jatkuminen pitkälle joulukuuhun lisäsi merkittävästi lämmitysenergian kulutusta. Lyhyt valotusaika pidensi viljelyaikaa, mikä myös osaltaan lisäsi lämmitysenergian kulutusmäärää.

Lämmitysenergian kulutusmäärä väheni viileä aamu – lämmin ilta viljelymenetelmällä (katso olosuhdeosiota 3.1.4). Lämpötiloja säädettiin siten, että aamun lämmityspiikki jäi pois.

Taulukko 2. Energiankulutus eri koejäsenissä lajikkeittain 2. koevuotena.

'Christmas Beauty'				
Koejäsen, valotus-aika	Viljelyn lopetus pvm	Lämmitys kWh m ⁻²	Valotus kWh m ⁻²	Energia yhteensä kWh m ⁻²
10/5/2	19.12.	172	32	253
5	19.12.	147	29	226
5/2	19.12.	174	18	241
2	21.12.	188	12	267
'Infinity Red'				
Koejäsen, valotus-aika	Viljelyn lopetus pvm	Lämmitys kWh m ⁻²	Valotus kWh m ⁻²	Energia yhteensä kWh m ⁻²
10/5/2	17.12.	165	32	246
5	18.12.	144	29	222
5/2	18.12.	170	17	237
2	21.12.	188	12	267
'Mars Improved', 'Prestige Early Red'				
Koejäsen, valotus-aika	Viljelyn lopetus pvm	Lämmitys kWh m ⁻²	Valotus kWh m ⁻²	Energia yhteensä kWh m ⁻²
10/5/2	20.12.	175	32	257
5	20.12.	151	29	230
5/2	20.12.	177	18	245
2	20.12.	184	12	262
'Cristallo'				
Koejäsen, valotus-aika	Viljelyn lopetus pvm	Lämmitys kWh m ⁻²	Valotus kWh m ⁻²	Energia yhteensä kWh m ⁻²
10/5/2	27.11.	79	29	154
5	27.11.	70	21	138
5/2	28.11.	94	15	156
2	30.11.	103	9	175
'White Christmas'				
Koejäsen, valotus-aika	Viljelyn lopetus pvm	Lämmitys kWh m ⁻²	Valotus kWh m ⁻²	Energia yhteensä kWh m ⁻²
10/5/2	11.12.	143	31	222
5	11.12.	121	26	196
5/2	13.12.	153	17	218
2	14.12.	162	11	238

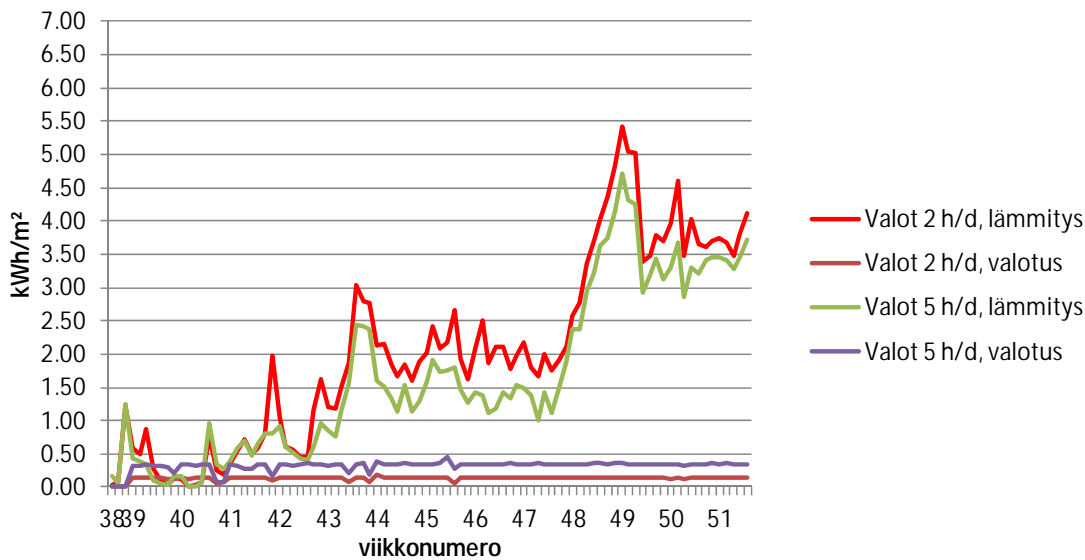
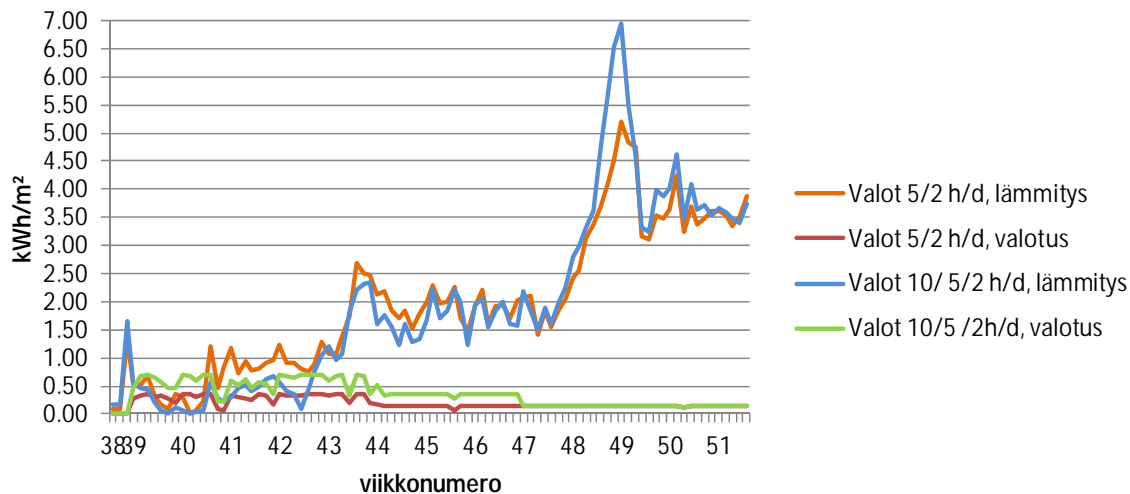


Kuva 4. Energiankulutus viikoittain vuonna 2011.

Kun vertaa vuosia 2011 ja 2012, niin merkillepantavaa on vuosien erilaisuus etenkin marraskuun lopusta alkaen (Kuvat 4 ja 5). Vuonna 2012 lämmityskulut kasvoivat paljon juuri marras-joulukuun vaihteesta eteenpäin. Siksi olisikin edullista, jos joulutähtien myyntiä pystyttäisiin aikaistamaan. Tämä edellyttäisi asennemuutosta kuluttajissa. Monissa muissa maissa joulutähtiä aletaan ostaa jo reilusti ennen joulupyhiä. Suomessa myyntisesonki on juuri ennen pyhiä.

Syytä lämmityspiikkiin valotettaessa 10/5/2 t viikolla 49 ei ole löydetty (Kuva 5).

Suomessa ei koskaan päästä Pohjois-Saksan tai Tanskan tasolle lämpöenergian säästössä, koska auringosta ei tule yhtä paljon lämpöenergiaa meidän leveysillämme kuin etelämpänä. Yksi mahdollisuus energian säästössä voisi olla viljelyn aloittaminen aikaisemmin kesällä, jolloin auringon lämpöenergiaa voitaisiin hyödyntää paremmin. Alhaisilla viljelylämpötiloilla syksyn edetessä säästettäisiin energiaa, kun kasvit ovat kasvaneet kesällä suuremmiksi ja syksyllä niiden kehitysnopeus voisi olla hidas.



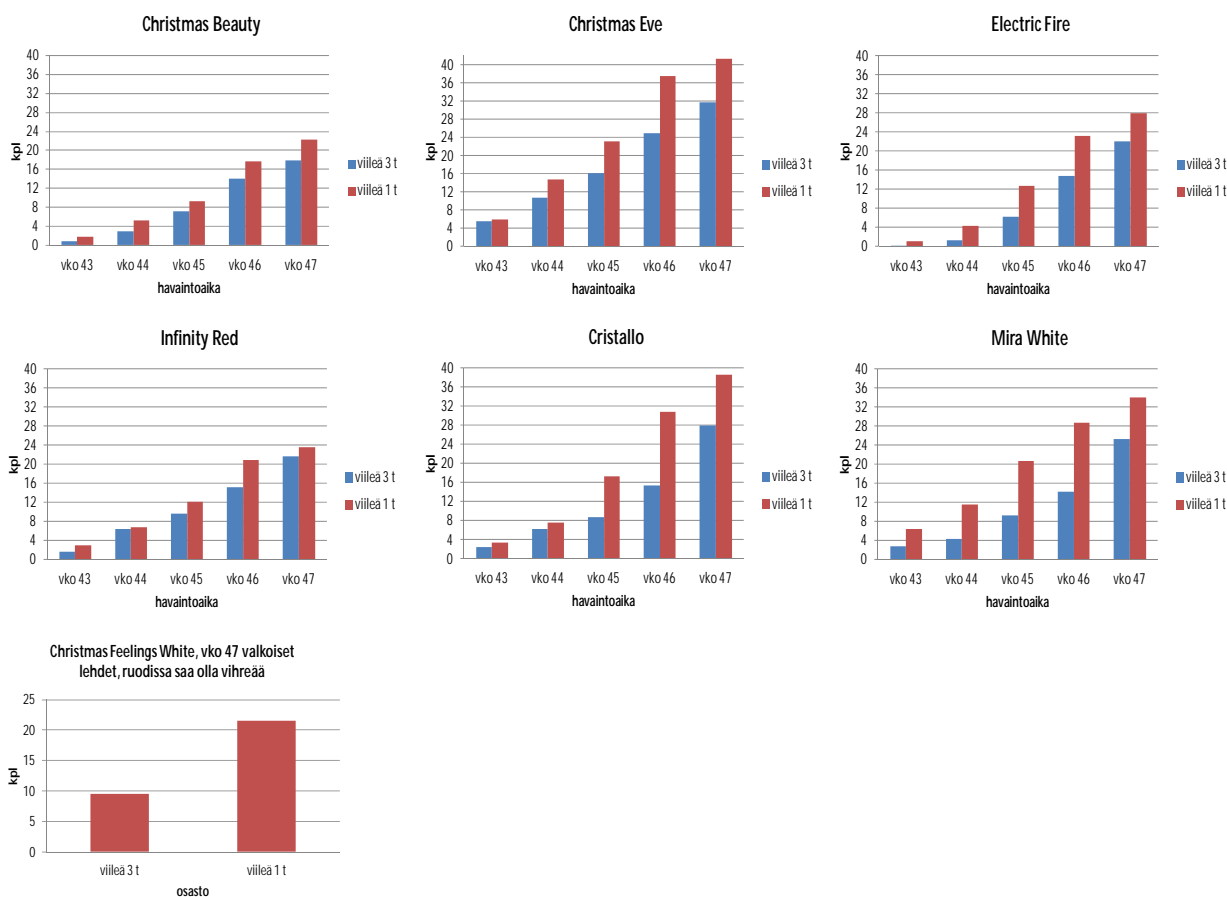
Kuva 5. Valotusenergian ja lämmitysenergian kulutukset eri valotuksen saaneissa huoneissa 2012.

3.2 Joulutähtien lehtien väritymisnopeus ja nappujen kehitysnopeus

Vuonna 2011 PAR-valon määrä oli paljon suurempi kuin vuonna 2012. Valomäärä nopeutti lehtien väritymistä. Vertaa Kuvia 6 a ja 6 b toisiinsa. Vuonna 2011 pidempijaksoinen viileä aamu hidasti lehtien väritymistä, mutta lajikkeiden välillä oli eroja (Kuva 6 a). Erot olivat suurimmat Cristallo-, Christmas Feelings White, Mira White- ja Christmas Eve-lajikkeilla. Valkoisia lajikkeita pidetään lämpöä suosivina. Myyntisesonki oli vasta viikoilla 50-51, jolloin hitaammatkin lajikkeet saavuttivat nopeammat lajikkeet.

Vuonna 2012 valotusajan ollessa 10 tuntia valotusjakson alussa nopeutti selvästi Christmas Beauty-, Infinity Red- ja Prestige Early Red-lajikkeiden värilehtien kehittymistä muihin valotusaikoihin verrattuna (Kuva 6 b). Yllättävän vähän oli eroja väritymisnopeudessa muilla lajikkeilla ja muissa valotusajoissa, paitsi Cristallo-lajikkeella, jonka lehtien värittyminen kun valotusaika oli koko ajan 2 tuntia, oli muita lajikkeita huomattavasti hitaampaa. White Christmas-lajikkeen lehtien värittyminen alkoi selvästi muita myöhemmin, mutta kiri muut lajikkeet kiinni.

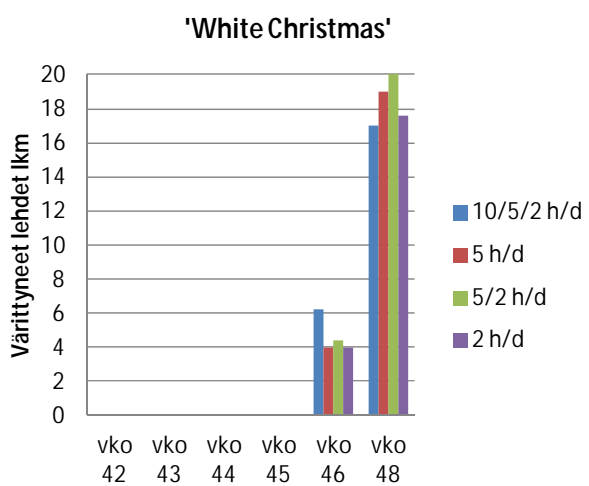
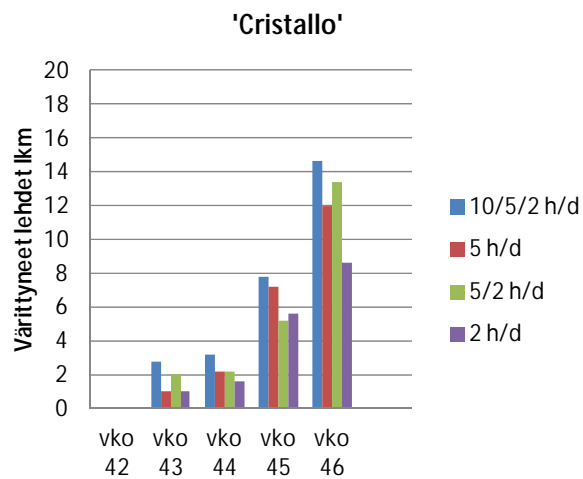
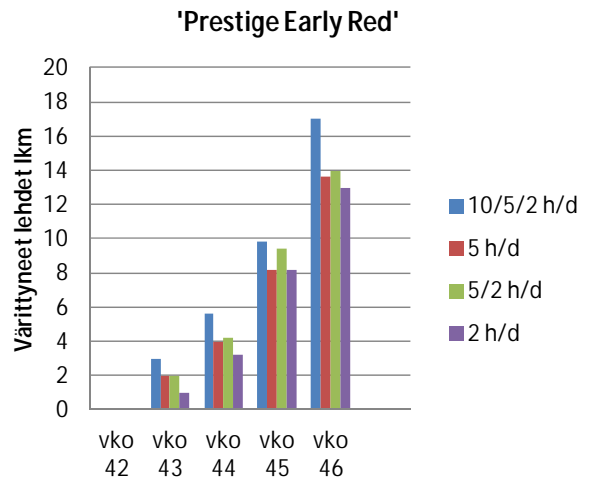
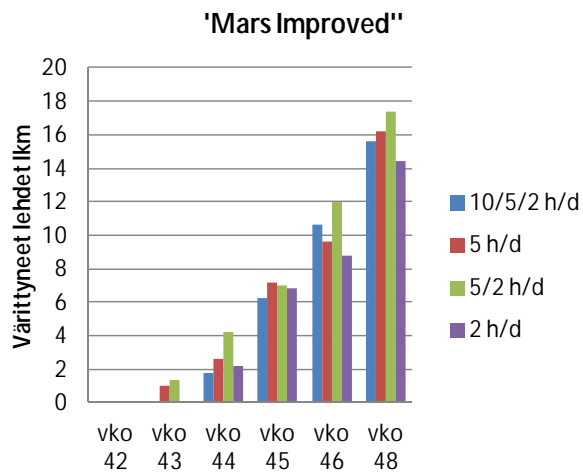
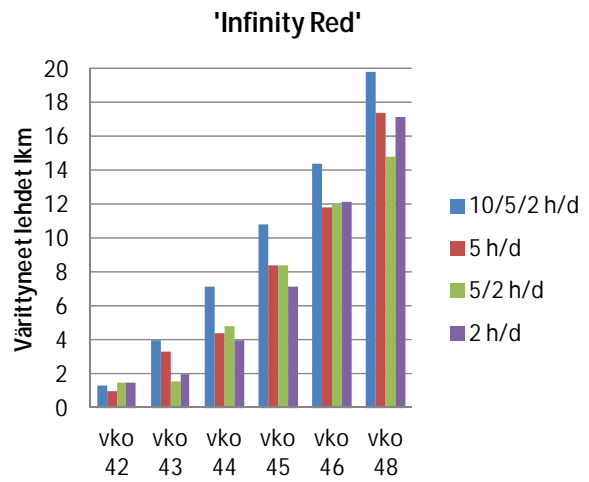
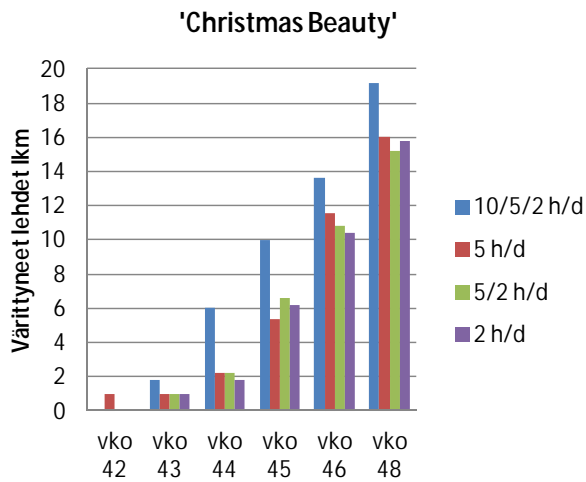
Vuonna 2012 nappujen kehittymistä seurattiin viikoittain ja nopeimmin nuput näkyivät Cristallo-lajikkeella vko:lla 45. Prestige Early Red-lajikkeella nuput näkyivät samalla viikolla, paitsi 2 t valotuksessa osittain viikkoa myöhemmin. Mars Improved-lajikkeella nuput näkyivät vko:lla 46 ja Infinity Red-lajikkeella saman ja seuraavan viikon kuluessa. Christmas Beauty- ja White Christmas-lajikkeilla nuput näkyivät vko:lla 47.



Kuva 6 a. Joulutähtilajikkeiden lehtien värittyminen viikoittain vuonna 2011. Viileä aamu oli joko 3 tai 1 tuntia vuorokaudessa.

3.3 Joulutähtien pituus, paino ja lehtipinta-ala viljely lopussa

Joulutähdet eivät venyneet liian korkeiksi eri lämpötila- ja valokäsittelyissä, vaikka kasvunsäätteitä ei annettu. Viileä aamu – lämmin ilta lämpötilakäsittelyllä oli siten myönteinen vaikutus kasvin pituuteen. Liitteissä 1 ja 2 ovat eri lajikkeiden pituuskasvukäyrät molemmilta koevuosilta. Lämpötilaohjelmat vaikuttivat eri tavoin eri lajikkeisiin. Osa lajikkeista reagoi voimakkaammin alhaisiin lämpötiloihin lyhentämällä pituuskasvua enemmän kuin toiset, kun taas osa lajikkeista reagoi pituuskasvuun samalla tavalla viileän lämpötilajakson pituudesta riippumatta. Samoin valotusaika vuonna 2012 vaikutti eri tavoin eri lajikkeilla.



Kuva 6 b. Joulutähtilajikkeiden värilehtien kehittyminen viikoittain havainnotuna eri koejäsenissä vuonna 2012. Valotusaika 2, 5, 5/2 tai 10/5/2 tuntia (h/d) vuorokaudessa, viileä aamu 3 tai 4 tuntia.

Saksalaisissa kokeissa joulutähdet saivat vaihtelevia määriä kasvunsäädekäsittelyjä, vaikka käyttivätkin viileä aamu – lämmin ilta viljelymenetelmää (Haas et al. 2009). Se, että meidän kokeissamme kasvunsäädettä ei tarvittu, voi johtua viileämmästä ulkoilmasta Suomessa kuin Saksassa. Meillä oli myös käytössä Saksaa alhaisempi viileän aamun käsittely, jonka kasvit hyvin kestivät.

Vuoden 2011 lajikkeista on kuvat 7-13. Mira White-lajike oli hieman punertavan valkoinen (kuva 11). Christmas Feelings White-lajike harvennettiin liian aikaisin, minkä takia sen versoista tuli hauraat ja katkeilevat.

Vuonna 2011 kasveja harvennettiin 14. lokakuuta nk. lämpimään huoneeseen. Täällä ei annettu viileätä aamua ja lämmintä iltaa. Kasvit olivat näissä olosuhteissa vko:t 41-49. Pieniä värilehtiä muodostui osaan lajikkeista enemmän ja osaan lajikkeista isoja värilehtiä vähemmän kuin viileän aamun käsittelyissä. Tilastolliset erot ovat Taulukossa 3.

Vuonna 2011 Electric Fire- ja Infinity Red-lajikkeita ei siirretty lämpimään osastoon. Siksi tilastokäsittelyssä tämä käsittely puuttui. Taulukossa 2 on punaisten lajikkeiden loppuhavainnot. Värillä on korostettu tilastolliset eroavuudet. Kun tilastoero on todellinen eri viileiden käsittelyjen välillä, on ne alueet väritetty hieman tummemmalla sävyllä kuin muut eroavuudet. Taulukosta 2 näkee, että eniten käsittelyjen välisiä eroja saatiin Christmas Eve-lajikkeella. Christmas Beauty-lajikkeella viileämpi aamu-käsittely rajoitti pituuskasvua merkittävästi.

Kukallisten versojen lukumäärissä oli eroja monella punaisella lajikkeella. Viileämmässä aamukäsittelyssä kukat kehittyivät hitaammin kuin lämpimämmässä. Merkillepantavaa oli se, että värilehtien koossa ei lajikkeilla ollut eroja eri lämpötiloissa. Viileämmässä käsittelyssä kasvin kuivapaino oli suurempi kuin lämpimämmässä, vaikka kaikilla lajikkeilla erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Keskimääräisessä nivelvälin pituudessa ei ollut eroja.

Vuonna 2011 suurempi PAR-valon määrä kuin vuonna 2012, vaikka asennusteho oli sama, kasvatti joulutähtien lehtien kokoa merkittävästi. Tähdistä tuli hyvin näyttäviä. Kuitenkaan viljelijäpalaute ei suosinut tällaisia joulutähtiä, koska niiden kuljetus ja pakkaaminen pitää tehdä varovaisemmin kuin pienemmillä joulutähdillä. Lisäksi tällaisista joulutähdistä pitäisi saada korkeampi hinta, mikä ei ole mahdollista markkettimyynnissä. Tällainen tuote pitäisi myydä erikseen kukkakaupoissa, joissa komeat joulutähdet voivat olla esillä edukseen ja niistä voi pyytää laadunmukaista korkeampaa hintaa.



Kuva 7. 'Christmas Eve', vasemmalla viileä aamu 1 t (10 °C) ja lämmin ilta 3 t, oikealla viileä aamu 3 t (8 °C) ja lämmin ilta 4 t vuonna 2011.



Kuva 8. 'Christmas Beauty', vasemmalla viileä aamu 1 t (10 °C) ja lämmin ilta 3 t, oikealla viileä aamu 3 t (8 °C) ja lämmin ilta 4 t vuonna 2011.



Kuva 9. 'Infinity Red', vasemmalla viileä aamu 1 t (10 °C) ja lämmin ilta 3 t, oikealla viileä aamu 3 t (8 °C) ja lämmin ilta 4 t vuonna 2011.



Kuva 10. 'Electric Fire', vasemmalla viileä aamu 1 t (10 °C) ja lämmin ilta 3 t, oikealla viileä aamu 3 t (8 °C) ja lämmin ilta 4 t vuonna 2011.



Kuva 11. 'Cristallo', vasemmalla viileä aamu 1 t (10 °C) ja lämmin ilta 3 t, oikealla viileä aamu 3 t (8 °C) ja lämmin ilta 4 t vuonna 2011.



Kuva 12. 'Mira White', vasemmalla viileä aamu 1 t (10 °C) ja lämmin ilta 3 t, oikealla viileä aamu 3 t (8 °C) ja lämmin ilta 4 t vuonna 2011.



Kuva 13. 'Christmas Feelings White', vasemmalla viileä aamu 1 t (10 °C) ja lämmin ilta 3 t, oikealla viileä aamu 3 t (8 °C) ja lämmin ilta 4 t vuonna 2011.

Valkoisten lajikkeiden kohdalla vuonna 2011 isojen värilehtien lukumäärä oli lyhyemmässä viileäkäsittelyssä suurempi kuin pidemmässä viileäkäsittelyssä (Taulukko 3). Tähän liittyi myös värilehtien lehtipinta-alan suurempi koko lyhyessä viileäkäsittelyssä. Kasvien siirto myöhäisessä vaiheessa lämpimämpään osastoon ei ole parantanut kukkien ulkonäköä. Kukinta lämpimässä aikaistui, mikä oli odotettavissa.

Viileämpi aamu vaikutti kasvien rakenteeseen enemmän tai vähemmän. Kaikkiaan erot olivat kuitenkin marginaaliset, kun katsotaan kasvien kauppakelpoisuutta. Erityisesti valkoiset lajikkeet, joiden epäiltiin kärsivän alhaisissa lämpötiloissa, menestyivätkin näissä oloissa hyvin.

Taulukko 2. Vuoden 2011 punaisten lajikkeiden loppuhavainnot. Eri aakkoset tarkoittavat tilastollista eroa kyseisen lajikkeen havaintoparametrin kohdalla. Nämä kohdat on väritetty. Tummempi väritys havainnollistaa viileä-käsittelyjen välisen tilastoeron. Aakkoset on jätetty kokonaan pois, jos ei ollut tilastollista eroa.

	'Christmas Beauty'			'Christmas Eve'			'Electric Fire'		'Infinity Red'	
	Ei viileä	Viileä 3 t	Viileä 1 t	Ei viileä	Viileä 3 t	Viileä 1 t	Viileä 3 t	Viileä 1 t	Viileä 3 t	Viileä 1 t
Kasvin korkeus ruukun reunalta,mm	176 ab	162 b	180 a	192 b	216 a	228 a	179	180	187	182
Kasvin leveys, mm	374	366	377	402 b	403 b	432 a	413	421	386	399
Kasvin leveys 2, mm	371	356	370	372 b	373 b	404 a	383	398	379	390
Kukallisten versojen lkm	2.4	0	0.9	3.5 a	2.1 b	4.6 a	1.3 b	2.9 a	1.1 b	2.5 a
Versot, lkm	7.3 a	6.8 ab	6.3 b	8.6	9	9.1	5.5	5.4	6.7	6.1
Koko kasvi, tuorepaino,g	126	121	118	132	146	140	144	135	125	123
Pisin verso pituus,mm	170	160	166	189 b	202 ab	218 a	182	178	175	175
Isot värilehdet lkm	56	56	53	56 b	70 a	67 a	51 a	59 b	52	49
Pienet värilehdet lkm	14 a	5 b	8 b	21 a	16 b	20 a	12	11	9	8
Väriä+vihreää lehdet lkm	8	7	7	9	7	9	8	7	6	6
Vihreät lehdet lkm	49	50	48	58	61	62	44	42	50	47
Värilehdet, lehtipinta-ala cm ²		2271	2353		3122	3146	2608	2963	2710	2935
Värilehdet kuivapaino, g		6.1	5.7		7.9	7.0	7.7	7.8	6.1	6.0
Koko kasvi kuivapaino, g	17.4	17.9	16.6	18.0 b	21.0 a	19.8 ab	22.7 a	20.3 b	18.2	16.8
Nivelvälin pituus mm	19	17	18	19 b	20 ab	22 a	18	19	19	18

Taulukko 3. Vuoden 2011 valkoisten lajikkeiden loppuhavainnot. Eri aakkoset tarkoittavat tilastollista eroa kyseisen lajikkeen havaintoparametrin kohdalla. Nämä kohdat on väritetty. Tummempi väritys havainnollistaa viileä-käsittelyjen välisen tilastoeron. Ilman aakkosia olevat käsittelyt eivät olleet tilastollisesti toisistaan poikkeavia.

	'Cristallo'			'Christmas Feelings White'			'Mira White'		
	Ei viileä	Viileä 3 t	Viileä 1 t	Ei viileä	Viileä 3 t	Viileä 1 t	Ei viileä	Viileä 3 t	Viileä 1 t
Kasvin korkeus ruukun reunalta,mm	190	172	177	198	205	217	179	179	194
Kasvin leveys, mm	511	494	482	556	511	520	501	494	524
Kasvin leveys 2, mm	512	501	1031	523	517	527	477	466	497
Kukallisten versojen lkm	6.0	5.3	5.3	3.5 b	0.5 a	1.5 a	5.0 a	0.1 b	4.8 a
Versot, lkm	6	6	6	7	7	7	6	6	7
Koko kasvi, tuorepaino, g	148	149	145	138	131	129	134	134	132
Pisin verso pituus,mm	191	177	176	197	200	214	180	183	193
Isot värilehdet lkm	39 a	40 b	47 a	28 ab	23 b	33 a	41	43	45
Pienet värilehdet lkm	53 a	41 b	45 ab	21 b	18 ab	13 a	23	21	21
Väriä+vihreää lehdet lkm	11 ab	13 a	9 b	20 ab	22 a	17 b	13	16	13
Vihreät lehdet lkm	41	37	38	47	50	48	40	42	45
Värilehdet, lehtipinta-ala cm ²		2151	2382		1165 b	1666 a		2488 b	2703 a
Värilehdet kuivapaino, g		6.5	6.4		3.3	4.2		6.4	6.2
Koko kasvi kuivapaino, g	16.2	22.4	20.8	22.1	23.4	20.7	20.1	20.2	19.5
Nivelvälin pituus mm	23	21	20	16 b	19 ab	20 a	18 b	19 ab	22 a

Taulukko 4. Punaisten lajikkeiden vertailu toisiinsa, kun kaikki koejäsenet on yhdistetty. Eri aakkoset tarkoittavat tilastollista ero eri lajikkeiden välillä kyseisessä parametrissa.

	'Christmas Beauty'	'Infinity Red'	'Mars Improved'	'Prestige Early Red'
Punaisten lehtien pinta-ala, cm ²	1056 a	1014 a	720 b	973 a
Isot värilehdet lkm	33 a	33 a	28 b	29 ab
Pienet värilehdet lkm	19 a	11 b	19 a	19 a
Kasvin keskimääräinen leveys, mm	252 c	269 b	199 d	303 a
Kasvin korkeus ruukun yläreunasta, mm	196 b	215 a	183 c	173 d
Nivelvälin pituus, mm	14 b	17 a	14 b	15 b
Kukkaversojen lkm	8.0 a	6.4 b	7.2 bc	7.3 c
Kasvin tuorepaino, g	77 a	59 b	58 bc	52 c
Kasvin kuivapaino ilman värilehtiä, g	8.2 a	5.8 b	6.2 b	4.4 c

Vuonna 2012 analyysijä tehtiin myös siten, että eri valotustapojen vaikutus voitiin nähdä yleisenä trendinä kaikkien punaisten lajikkeiden suhteen. Nämä tulokset on esitetty Taulukoissa 4 ja 5. Lajikekohtaiset havainnot on esitetty Taulukoissa 6 ja 7.

Taulukosta 4 voi tarkastella eri lajikkeiden kasvuominaisuuksia toisiinsa. Näyttävimmät lajikkeet olivat 'Christmas Beauty' ja 'Infinity Red', jos värilehtien koko lasketaan valintakriteeriksi.

Taulukosta 5 näkee, että niukimmin valoa saaneet kasvit värittyivät vähiten. Viiden tunnin valotuksen vähentäminen kahteen tuntiin vaikutti merkittävästi tähtien kokoon (vertaa 5 t koko ajan vs 5 / 2 t – koejäsenet). Kun alussa valotettiin 10 tuntia, niin kasvit ehtivät kehittyä pidemmälle, ennen kuin tässä koejäsenessä valotusaikoja lyhennettiin. Jos kasvun alkuvaiheessa valottaa enemmän, valotusaikaa voidaan vähentää reilusti myöhemmässä kehitysvaiheessa. Kuitenkin myös viiden tunnin jatkuvassa valotuksessa kehittyi lähes yhtä suuria tähtiä kuin runsaimmassa valotuksessa. Valotusajan vähentäminen alun runsaan valotuksen jälkeen tasoitti eroja eri koejäsenten välillä.

Taulukko 5. Eri valokäsittelyiden vaikutus kaikkien punaisten lajikkeiden ominaisuuksiin. Eri aakkoset ilmentävät tilastollista eroa kyseisessä parametrissa.

	Valot 2 t	Valot 5 t	Valot 5 / 2 t	Valot 10 / 5 / 2 t
Punaisten lehtien pinta-ala, cm ²	781 c	991 b	854 c	1138 a
Isot värilehdet lkm	28 b	34 a	27 b	34 a
Pienet värilehdet lkm	17 a	17 a	16 a	18 a
Kasvin keskimääräinen leveys, mm	239 b	264 a	252 b	269 a
Kasvin korkeus ruukun yläreunasta, mm	193 ab	186 b	188 b	199 a
Nivelvälin pituus, mm	15 a	14 a	15 a	15 a
Kukkaversojen lkm	6.9 a	7.4 a	7.2 a	7.5 a
Kasvin tuorepaino, g	56 b	63 b	56 b	70 a
Kasvin kuivapaino ilman värilehtiä, g	5.8 b	6.6 ac	5.8 bc	6.7 a

Taulukossa 6 on kuvattu yleisimpiä mittausparametrejä, joissa oli lajikekohtaisia eroja. Lajikekohtaisesti näkee myös, että yleensä suurimmat värilehtien koot olivat 10/5/2 t ja 5 t koejäsenissä. Näissä koejäsenissä myös kasvin tuorepainot olivat korkeimmat, vaikka tilastollisia eroja ei aina saatu. Tuloksia tarkastellessa kannattaa kiinnittää huomiota eri lajikkeilla erojen suuruuksiin, koska niissä oli lajikekohtaisia eroja. On muistettava, että vaikka vuoden 2012 tuloksia on kommentoitu valotusjaksojen mukaan, näissäkin käsittelyissä viileä aamu – lämmin ilta-käsittely vaikutti myös merkittävästi tuloksiin.

Kasvit luokiteltiin myös Kauppapuutarhaliiton kokoluokkaohjeiston mukaan (Anon 1995). Mars Improved-lajikkeen kasvit olivat pääsääntöisesti S-luokkaa. Prestige Early Red-lajikkeen kasvit olivat M-luokkaa. Christmas Beauty-lajikkeella M-koko oli vallitseva, mutta 10/5/2 tunnin valokäsittelyssä suurin osa kasveista oli L-luokkaa. Infinity Red-lajikkeella 10/5/2 tunnin valokäsittelyn kasvit olivat L-luokkaa, 5/2 tunnin käsittelyn kasvit enimmäkseen M-luokkaa ja muissa käsittelyissä pääasiassa M-luokkaa ja osa L-luokkaa. White Christmas-lajikkeen kasvit olivat L-luokkaa. Cristallo-lajikkeella 2 tunnin valotuksen kasveista suurin osa oli S-luokkaa, 10/5/2 tunnin valotuksesta suurin osa oli M-luokkaa ja muissa käsittelyissä oli sekä M- että S-luokan kasveja.

Taulukko 6. Yleisimmät tilastolliset erot lajikekohtaisesti eri parametreissa valotusajan mukaan. Eri aakkoset kuvaavat tilastollista eroa. Aakkosten puuttuminen kuvaa, että kyseisessä parametrissa ei ollut tilastoeroja. Suluisissa olevat aakkoset kuvaavat suuntaa-antavia tuloksia. Ilman aakkosia olevat käsittelyt eivät olleet tilastollisesti toisistaan poikkeavia.

Lajike	Valotusaika	Värilehtien pinta-ala cm ²	Isot värilehdet lkm	Pienet värilehdet lkm	Kasvin leveys mm	Kasvin tuorepaino g
'Christmas Beauty'	2 t	868 bc	36	12.5 b	237 b	71 bc
	5 t	1185 ad	35.5	20 ab	275 ac	79 ac
	5 / 2 t	879 cd	26	21 ab	224 b	66 bc
	10 / 5 / 2 t	1293 a	35	24 a	273 a	91 a
'Infinity Red'	2 t	827 c	28 bd	13	222 b	53
	5 t	1019 bc	33 cd	11	272 a	59
	5 / 2 t	899 bc	29 bd	10	279 a	56
	10 / 5 / 2 t	1311 a	40 ac	9	304 a	68
'Mars Improved'	2 t	649	25	20	207	54
	5 t	730	31	20	191	60
	5 / 2 t	752	28	18	202	55
	10 / 5 / 2 t	750	28	19	196	63
'Prestige Early Red'	2 t	778 c	22 b	23 a	289	47 bc
	5 t	1032 b	34 a	16.5 (b)	317	54 ac
	5 / 2 t	885 bc	27 bc	16 (b)	304	49 bc
	10 / 5 / 2 t	1199 a	32 ac	23 a	302	58 a
'Cristallo'	2 t	489 b	16 c	9	296	49 b
	5 t	660 b	23 ab	13	288	53 b
	5 / 2 t	641 b	20 bc	10	289	50 b
	10 / 5 / 2 t	886 a	29 a	14	306	70 a
'White Christmas'	2 t	1006 b	36 b	14 ab	347	93
	5 t	1314 a	51 a	9 b	346	105
	5 / 2 t	1197 ab	42 ab	15.5 a	352	97
	10 / 5 / 2 t	1223 ab	44 ab	15 ab	341	109

Kuvissa 14-18 on lajikkeet kuvattu kokeen lopetusvaiheessa, joka oli samalla kaupakelpoisuusvaihe. Kuvista voi tarkastella tähtien ja kasvien kokoa. Kuvissa 19 ja 20 on punaiset ja valkoiset lajikkeet erikseen samassa kuvassa 5 tunnin valotuskäsittelystä. Kuvista näkee lajikkeiden koot ja valkoisista lajikkeista lisäksi värisävyt. Kuvissa on mukana myös ne valkoiset lajikkeet, joista ei tehty kaikkia havaintoja. Merry White-lajike oli selvästi muita valkoisia lajikkeita hitaampi värilehtien väritymisessä. SK94-koelajikkeen ja Wintersun-lajikkeen värilehdet olivat punertavan valkoiset. Tämä voi johtua lajikeominaisuudesta tai alhaisesta lämpötilasta. Valkoisia lajikkeita eri kasvatusvalotuksissa on kuvattuna myös Kuvissa 21 ja 22. Kuvauspäivämääriin kannattaa kiinnittää huomio.

Kasvien juuristot tarkistettiin viljelyn päätyttyä. Eri koejäsenten välillä erot olivat pienet. Suuremmat erot olivat lajikkeiden välillä. Kookkailla lajikkeilla myös juuristo oli yleensä voimakkaampi.



Valotusaika 10/5/2 t

5 t

5/2 t

2 t

Kuva 14. 'Christmas Beauty', valokuvattu 21.12.2012. Ylä- ja alarivissä on samat kasvit.



Valotusaika 10/5/2 t

5 t

5/2 t

2 t

Kuva 15. 'Infinity Red', valokuvattu 21.12.2012. Ylä- ja alarivissä on samat kasvit.



Valotusaika 10/5/2 t

5 t

5/2 t

2 t

Kuva 16. 'Mars Improved', valokuvattu 20.12.2013. Ylä- ja alarivissä on samat kasvit.



Valotusaika 10/5/2 t

5 t

5/2 t

2 t

Kuva 17. 'Prestige Early Red', valokuvattu 20.12.2013. Ylä- ja alarivissä on samat kasvit.



Valotusaika 10/5/2 t

5 t

5/2 t

2 t

Kuva 18. 'White Christmas', valokuvattu 10.12.2012. Ylä- ja alarivissä on samat kasvit.



'Christmas Beauty'

'Infinity Red'

'Mars Improved'

'Prestige Early Red'

Kuva 19. Punaiset joulutähnilajikkeet 5 tunnin valotuskäsittelystä, valokuvattu 17.12.2012.



Vasen 'White Star', oikea 'Wintersun'



'Cristallo'

'Merry White'

SK94

'White Christmas'



Yläriivi 'Cristallo', 'Merry White', SK94. Alariivi 'White Christmas', 'White Star', 'Wintersun'.

Kuva 20. Valkoiset joulutähnilajikkeet 5 tunnin valotuskäsittelyssä, valokuvattu 17.12.2012.



Valotusaika 10/5/2 t

5 t

5/2 t

2 t

Kuva 21. Ylärivissä SK94-koelajike ja alarivissä 'White Star', valokuvattu 4.12.2012.



Valotusaika 10/5/2 t

5 t

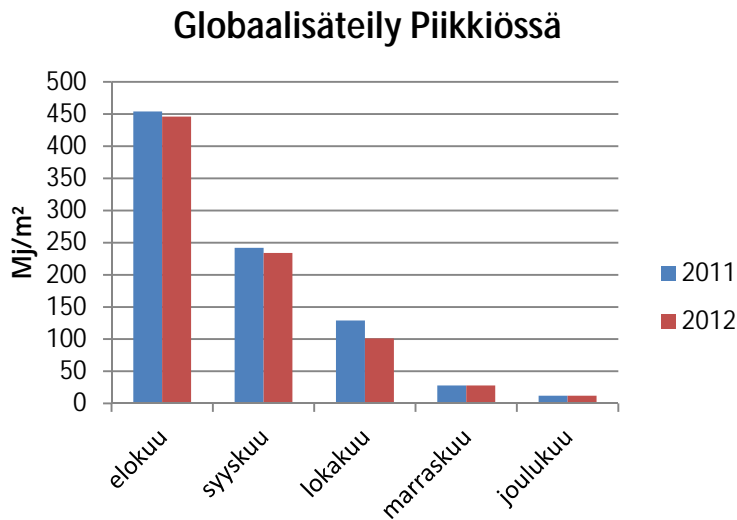
5/2 t

2 t

Kuva 22. Ylärivissä 'Merry White' ja alarivissä 'Wintersun', valokuvattu 20.12.2012.

3.4 Toteutuneet olosuhteet – valotus

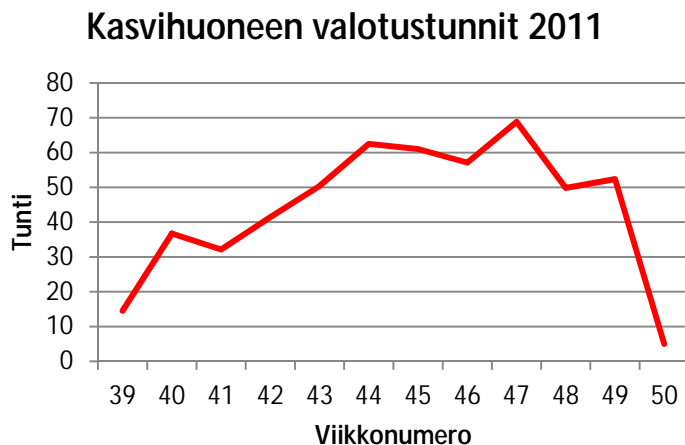
Valoisuudeltaan vuosien 2011 ja 2012 välillä ei ollut kovin suurta eroa. Vuosi 2011 oli hieman valoisampi elo-lokakuussa kuin vuonna 2012, mutta marras-joulukuussa ero oli hyvin pieni. Valotuskokeen kannalta pimeämpi syksy vuonna 2012 oli eduksi, sillä valotuksen merkitys oli silloin suurempi kuin valoisampana syksynä.



Kuva 23. Globaalisäteily Ilmatieteen laitoksen mittauspisteessä MTT Piikkiössä.

Vuosi 2011

Koejäseniä valotettiin yhtä paljon. Kuvassa 24 on valotustunnit viikoittain. Viljelyn loppuvaiheessa valotusaikaa lyhennettiin. Valotustunteja kertyi 531.



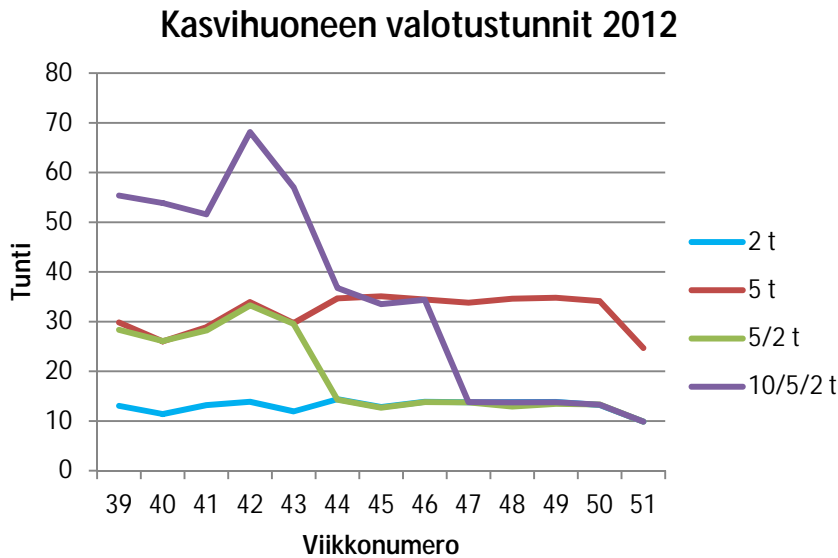
Kuva 24. Vuoden 2011 joulutähtikokeen valotustunnit viikoittain viikkosummina. Molemmissa koejäsenissä oli sama valotusaika.

Vuosi 2012

Kasvihuoneissa toteutuneet valotukset viikoittain ovat Kuvassa 25. Kuvasta näkee miten valotusmäärät poikkeavat alkuvaiheessa ulkoilman säteilyn mukaan viikkoina 39-43. Viikolla 44 valotusajat muuttuivat kahdella koejäsenellä ja viikolla 47 yhdellä koejäsenellä. Valotustuntien määrä koko viljelyn aikana vko 39-51 on Taulukossa 7. Energialaskelmissa oli energiankulutus laskettu lajikekohtaisesti, mutta tässä esitetään huonekohtaiset valotustunnit yhtä pitkänä ajanjaksona. Viikko 51 ei ollut täysi viljelyviikko, siksi valokäyrät laskevat.

Taulukko 7. Vuonna 2012 valotustuntien määrä eri koejäsenissä.

Koejäsenet	2 t	5 t	5/2 t	10/5/2 t
Valotustunnit	169	415	250	455



Kuva 25. Vuoden 2012 joulutähtikokeen valotustunnit eri valokäsittelyissä valotusviikkojen summana.

Kun vertaa molempien vuosien tuloksia, niin hyviä joulutähtiä kehittyi vähemmässäkin luonnonvalo + tekovalossa. Tekovalon määrän kasvu mitattuna PAR-valona kasvatti värilehtien kokoa merkittävästi. Valon asennusteho ei siten kerro valon todellista tehoa kasvuun ja kehitykseen, vaan valoteho pitäisi mitata PAR-valona. Kun suurpainenatriumvalaisimet ovat lähempänä kasvustoa, niistä säteilee enemmän kasvien käyttämää valoa kuin korkealla katonrajassa sijaitsevat valaisimet. Lisäksi lähempänä kasveja sijaitsevat valaisimet säteilevät kasveille lämpöä, joka nopeuttaa kasvua ja kehitystä.

3.5 Toteutuneet olosuhteet - lämpötila

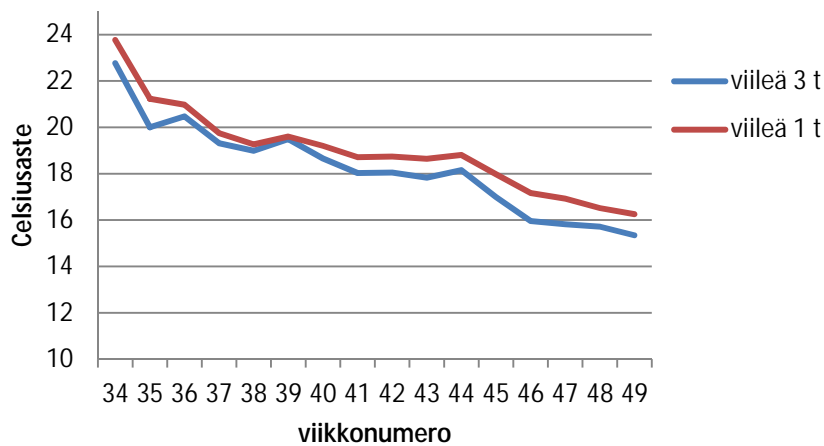
Vuosi 2011

Kasvihuoneosastojen keskimääräiset lämpötilat viikoittain esitetään Kuvassa 26. Vuonna 2011 kasvihuoneiden lämpötiloissa oli eri asetusarvot viileän aamun – lämpimän illan lämpötiloille. Keskilämpötila jäi viileämmän aamun huoneessa kuitenkin vain hieman alhaisemmaksi (18,2 °C) kuin lämpimämmän aamun huoneessa (19,0 °C). Tästä syystä kehitysnopeudessa ei ollut eroja huoneiden välillä. Lämpötilan lasku aamulla hetkellisesti jopa alle 10 asteen ei vaikuttanut joulutähtilajikkeisiin laatua heikentävästi. Mira White-lajikkeen värilehdet olivat punertavanvalkoiset, minkä oletettiin johtuvan viileistä lämpötiloista. Viljelijäpalautteessa saatiin kuulla, että kyseinen lajike on myös heillä punertava, vaikka lämpötiloja ei pidetä yhtä alhaisina. Valkoisia lajikkeita pidetään arkoina alhaisille lämpötiloille, mutta tämän kokeen perusteella ne kestävät hyvin nopeita ja lyhyitä lämpötilan laskuja.

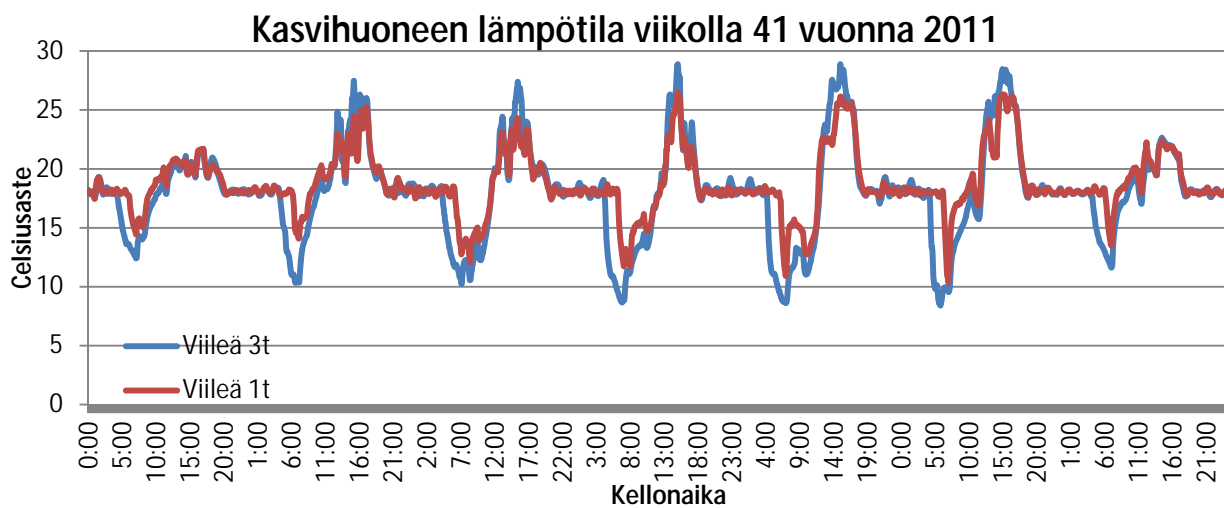
Kasvuston keskellä oli lämpötila-anturit. Lämpötila laski kylminä aamuina jopa alle 10 asteen 3 tunnin viileässä huoneessa, kun ulkolämpötila oli riittävän alhainen. Yhden tunnin viileässä aamussa lämpötila laski kylminä aamuina 13-14 asteeseen. Kasvualustoissa oli myös lämpötila-anturit. Niiden lämpötilat laskivat aamulla, mutta eivät yhtä alas kuin ilman lämpötila.

Kuvassa 27 on esimerkki viikon numero 41 eri vuorokauden aikoina mitatuista kasvihuoneiden lämpötiloista. Kuvasta näkee miten aamun lämpötilan lasku toteutui eri osastoissa ja miten keskipäivällä lämpötila nousi auringon lämpövaikutuksesta. Aamun lämpötiloihin vaikutti ulkolämpötila, mikä näkyy viikon aamuina toteutuneisiin alhaisiin lämpötiloihin. Viileän aamun käsittelyt edellyttävät, että syksyllä on riittävän kylmät yöt. Iltapäivällä 3 tunnin viileän aamun käsittelyn aikaisempi lämpimän illan aloitus (4 t) nosti huoneen lämpötilaa enemmän kuin 1 tunnin viileän aamun lämmin ilta-käsittely (3 t) tasoittaen viljelyn aikaista keskilämpötilaa.

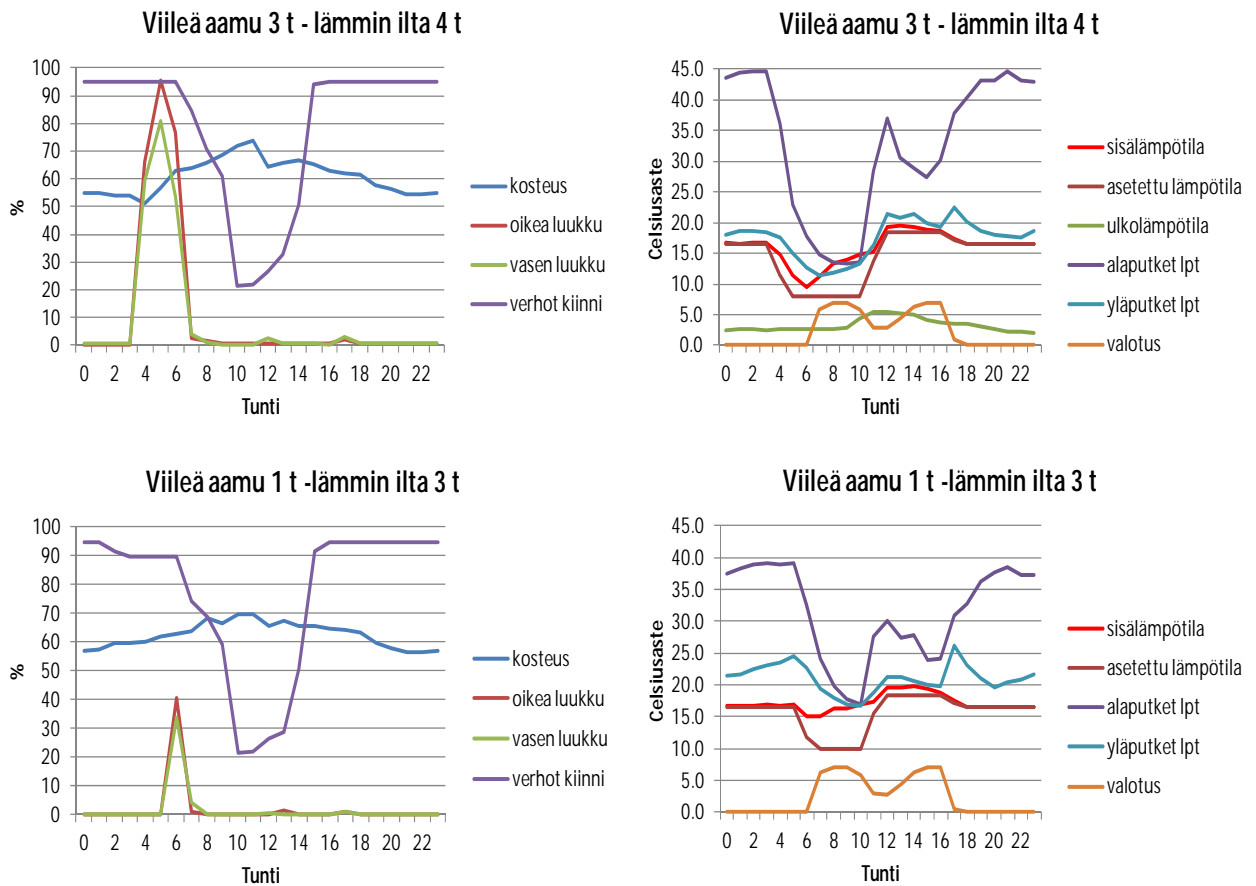
Kasvihuoneen viikon keskilämpötila 2011



Kuva 26. Kasvihuoneiden viikon keskilämpötilat vuonna 2011.



Kuva 27. Kasvihuoneissa mitatut lämpötilat lokakuun toisen viikon aikana vuonna 2011.



Kuva 28. Kasvihuoneiden olosuhteiden mittaukset viikolta 46 tuntien keskiarvoina vuonna 2011. Valotuksen ollessa luku 7, valot paloivat koko valotusjakson.

Jotta viileä aamu saatiin toteutettua nopeasti, huoneen lämpötila-asetuksessa otettiin tämä huomioon laskemalla asetusarvoa ennakoivasti (Kuva 28). Alhainen lämpötila toteutettiin antamalla luukkujen avautua. Verhot avautuivat hieman myöhemmin, jotta kasvit eivät saaneet kylmäshokkia.

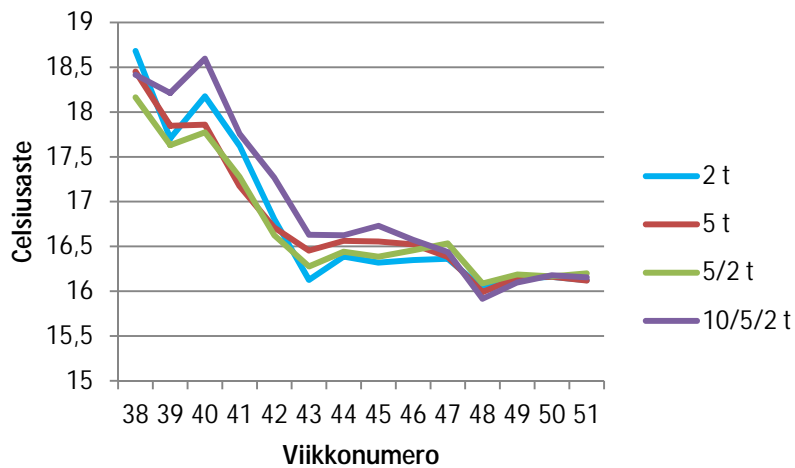
Lämpötilaan liittyy kiinteästi ilman suhteellinen kosteus. Se pysyi hyvin hallinnassa koko viljelyn ajan.

Vuosi 2012

Eri koejäsenissä oli samat lämpötila-asetukset, mutta osittain eri tekovalotusten takia huoneiden lämpötilat eivät olleet viikoittain samat (Kuva 29). Kasvihuoneiden keskimääräiset lämpötilat viljelyn aikana viikoilta 38-51 oli 16,8 °C muissa koejäsenissä, paitsi 10/5/2 tunnin valotuskoejäsenessä 17 °C.

Aamulla ennen viileän aamun käsittelyn alkua huoneiden lämmityksissä ilmeni mielenkiintoinen seikka. Juuri ennen lämpötilan alhaista asetusta alaputkilämmössä oli piikki ylöspäin eli voimakas lämmityksen tarve alkoi hieman ennen alhaisen lämmityksen asetusta. Tämän takia muutimme lämpötila-asetukset ennakoivasti. Näin saimme eliminoidua turhan lämmityspiikin juuri ennen haluttua alhaista lämpötila-asetusta. Jos aikoo viljellä viileä aamu-menetelmällä, tätä seikkaa kannattaa seurata omassa kasvihuoneessa ja tehdä lämpötila-asetukset oman huoneen käyttäytymisen mukaan.

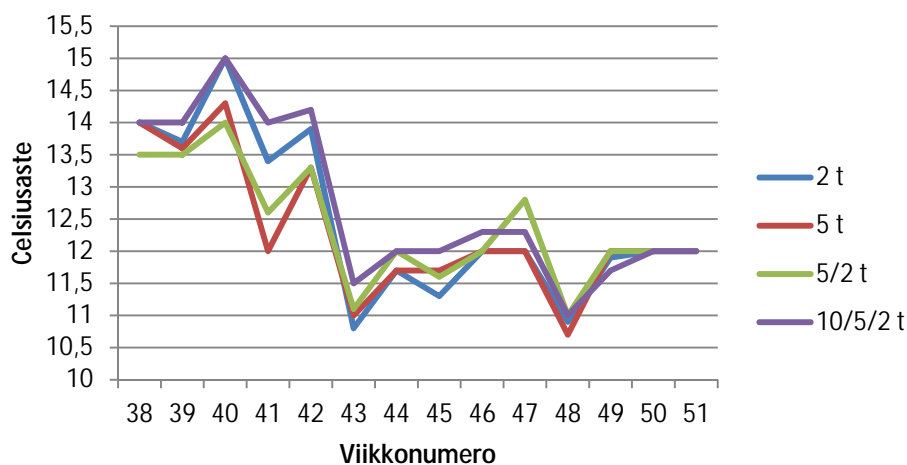
Kasvihuoneen viikon keskilämpötila 2012



Kuva 29. Vuonna 2012 toteutuneet lämpötilat eri kasvihuoneosastoissa viljelyviikkojen keskiarvoina.

Kuvassa 30 on vuoden 2012 koejäsenten minimilämpötilat viikkokeskiarvoina. Haluttu minimilämpötila oli 10 astetta, mutta niin alas ei päästy keskiarvoissa. Vuoden 2011 koetulosten perusteella uskalsimme laittaa näin alhaisen asetusarvon ja kaikki koelajikkeet kestivät alhaisen aamulämpötilan hyvin ilman värvioituksia.

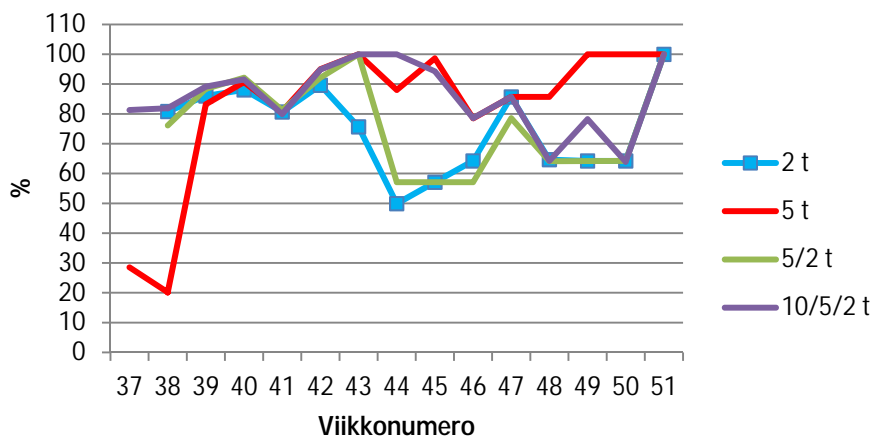
Minimilämpötilat 2012



Kuva 30. Viikoittain minimilämpötilan keskiarvot eri koejäsenissä vuonna 2012.

Verhojen piti olla kiinni öisin (100 %) ja avautua varovasti päivän sarastaessa. Näin ei kuitenkaan ollut, koska verhoja ei saatu toimimaan asetusten mukaan. Siksi on esitetty Kuva 31, jossa on öisin verhojen kiinnioloaste eri osastoissa viikoittain.

Verhojen kiinnioloaste klo 24-05



Kuva 31. Verhojen kiinnioloaste viikoittain klo 24-05 välisenä aikana vuonna 2012.

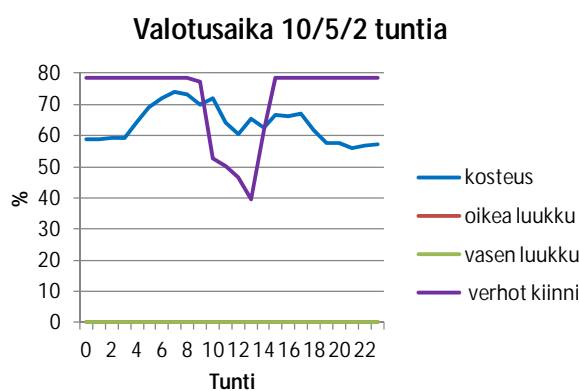
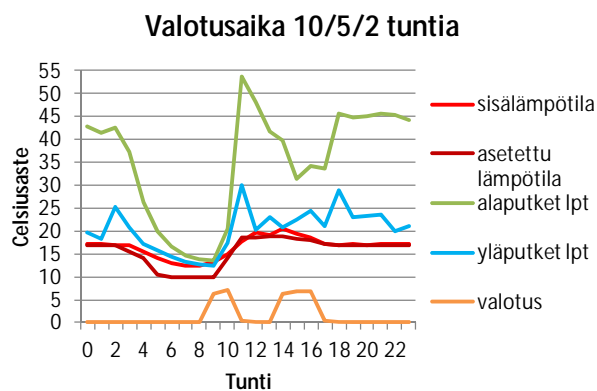
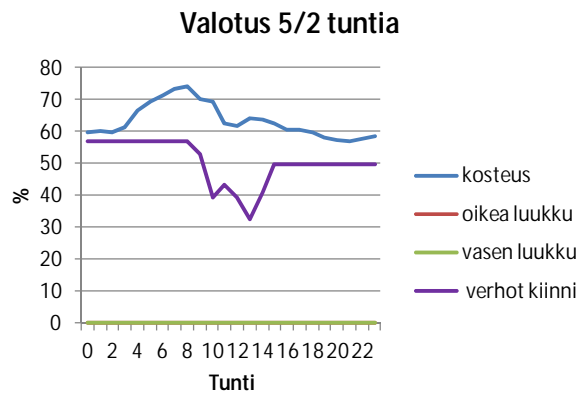
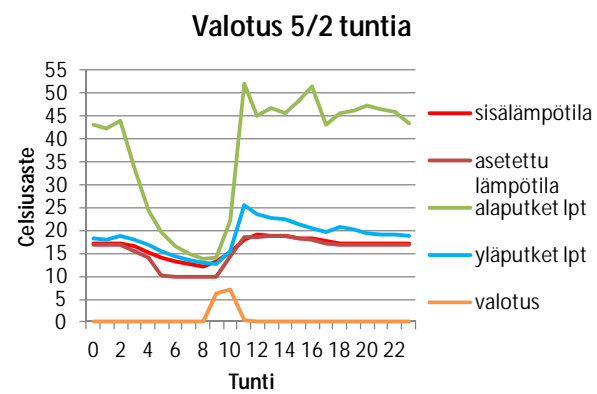
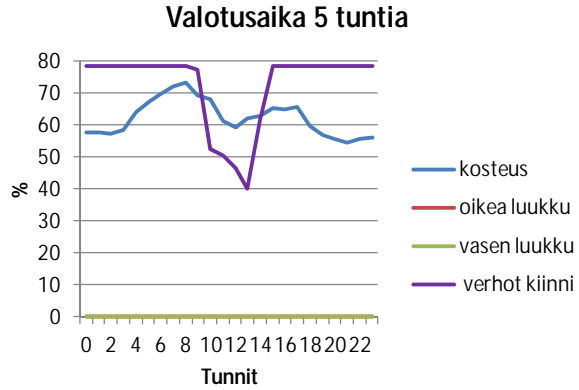
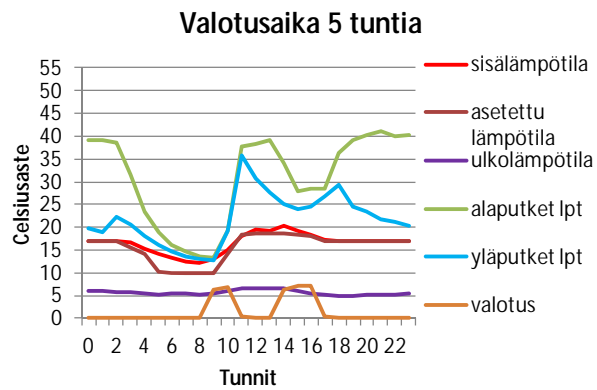
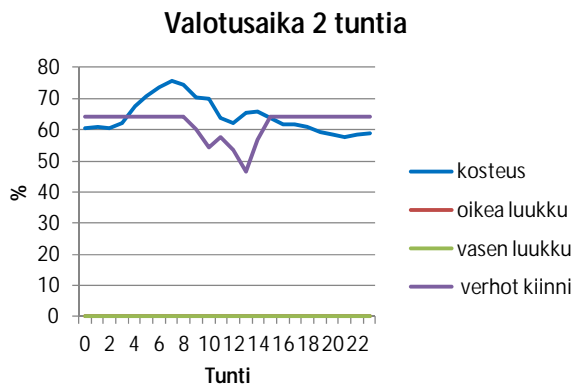
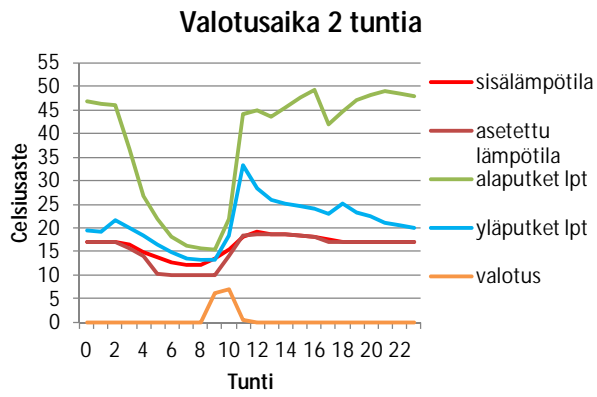
Kuvassa 32 on esimerkki yhden viikon (vko 46) olosuhteiden toteutumisesta eri kasvihuoneissa vuorokauden tuntien keskiarvoina. Valotuksessa oltiin tässä vaiheessa siirrytty 5/2 tunnin valotuksessa kahteen tuntiin ja 10/5/2 tunnin valotuksessa viiteen tuntiin. Tuuletusluukut olivat kiinni koko vuorokauden. Ilman suhteellinen kosteus ei noussut liian korkeaksi, ennemminkin oli alhainen. Koejäsenissä näkyi pientä lämmityksen nousua aamulla ennen viileän jakson alkamista. Tätä lämmityspiikkiä pyrittiin asetuksilla pienentämään mahdollisimman paljon. Tässäkin kuvassa näkyy hyvin verhojen erilainen aukioloaste. Verhojen aukiolo ei kuitenkaan lisännyt merkittävästi lämmitystarvetta öisin. Kuvista näkee myös hyvin, miten iltapäivällä valojen syytyminen vähensi lämmitystarvetta 5 tunnin valotuksissa.

Vuosien 2011 ja 2012 olosuhteita ei voi suoraan verrata toisiinsa, koska käytössä oli erilaiset kasvihuoneet. Jokaisella viljelmällä on omanlaisensa kasvihuoneet ja niiden sijainnit, joten näitä tuloksia ei voi suoraan verrata omiin tuloksiin. Kuitenkin näistä tuloksista pitäisi olla hyötyä, kun suunnittelee oman viljelmän viljelystrategioita.

Reinders (2008) pitää 16 °C turvallisena viljelylämpötilana, mutta kirjoittaa, että varhaisia lajikkeita voi viljellä alhaisemmissakin lämpötiloissa.

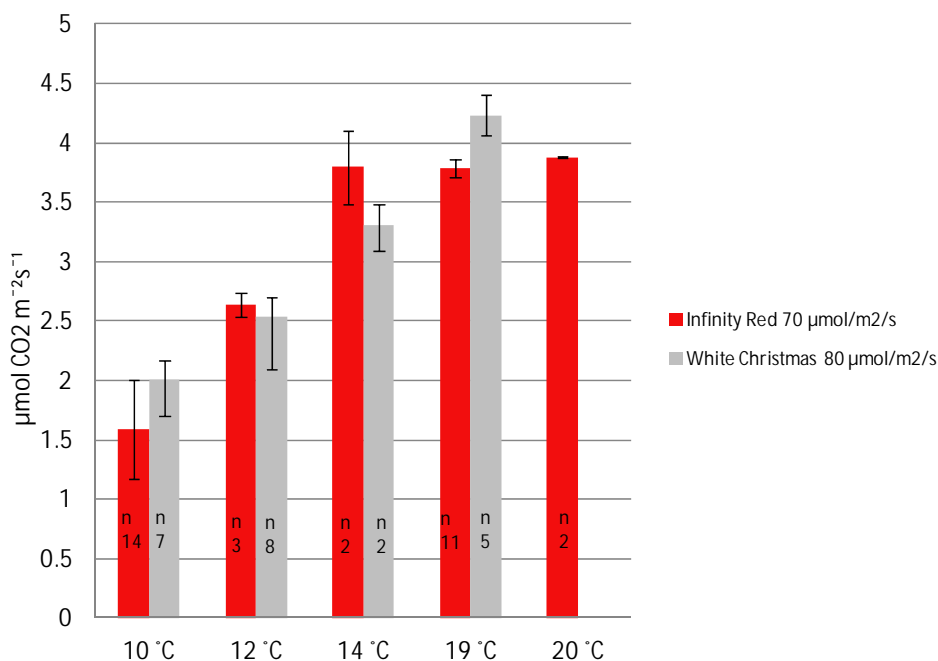
3.6 Yhteyttämisaktiivisuus vuonna 2012

Värilehdet eivät yhteyttäneet. Vihreät lehdet yhteyttivät. Kuvassa 33 on 5 tunnin valotusjaksossa kasvien kasvien yhteyttäminen eri lämpötiloissa, kun valomäärä oli sama kuin viljelyssä. Punainen Infinity Red-lajike saavutti yhteyttämishuippunsa jo 14 asteessa, kun taas valkoinen White Christmas-lajike yhteytti paremmin 19 asteessa. Tämä osoittaa, että kyseinen punainen lajike kasvaa periaatteessa yhtä hyvin 14 asteessa kuin 19 asteessa. Valkoinen lajike kasvaa paremmin korkeassa lämpötilassa (19 °C). Kuva osoittaa myös, että kasvit yhteyttivät myös alhaisessa 10 asteessa. Ne olivat siis sopeutuneet alhaiseen lämpötilaan, vaikka yhteyttämistehokkuus olikin alhainen.

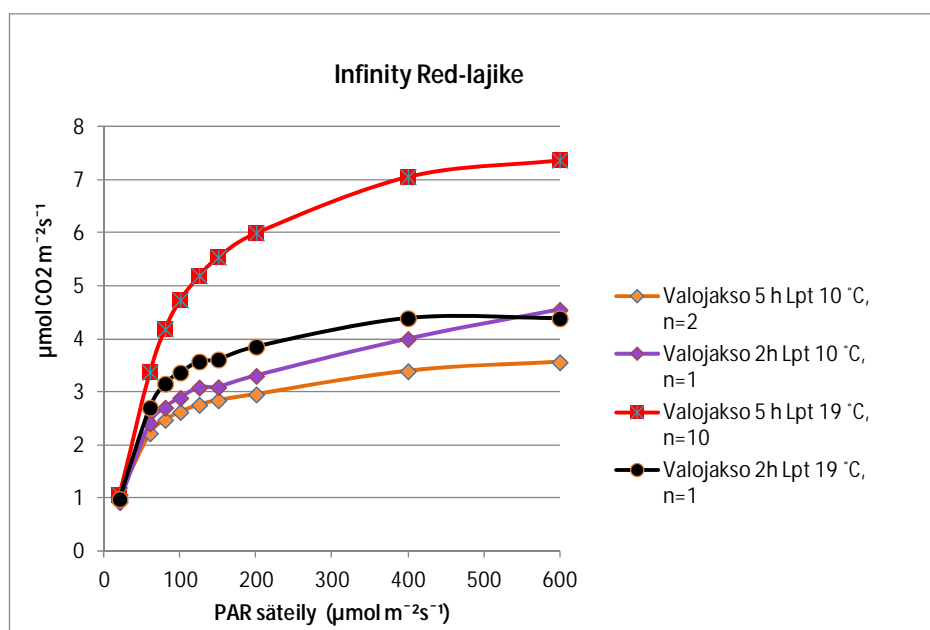


Kuva 32. Viikon 46 olosuhteet eri kasvihuoneissa/koejäsenissä tuntien keskiarvoina vuonna 2012. Valotuksessa luku 7 tarkoittaa, että valot paloivat jokaisena viikonpäivänä koko tuntiin.

Nettofotosynteesi eri lämpötiloissa



Kuva 33. Kahden joulutähtilajikkeen nettofotosynteesitehokkuudet eri lämpötiloissa ja mitattuna kasvien viljelyvalotuksessa (PAR). Valotusaika viljelyn aikana oli 5 tuntia. n = mittauskerran lukumäärä.



Kuva 34. Infinity Red-lajikkeen nettofotosynteesin valovastekäyrät kahdessa eri lämpötilassa, kun kasvit oli viljelty joko 2 tai 5 tunnin valojaksossa. n= mittauskertojen lukumäärä.

Kuvassa 34 on Infinity Red-lajikkeen valovastekäyrät kasveista, jotka ovat kasvaneet 2 ja 5 tunnin valossa. Viiden tunnin valossa kasvaneet kasvit hyötyivät lämpötilan noususta 19 asteeseen valomäärän noustessa. Kahden tunnin valojaksossa kasvaneet kasvit eivät hyödy lämpötilan nostosta 19 asteeseen läheskään yhtä paljon kuin 5 tunnin valossa kasvaneet. Kahden tunnin valossa kasvaneiden kasvien 19 asteessa mitattu nettofotosynteesi oli varsin lähellä 10 asteen lämpötilassa mitattuja yhteyttämistehokkuuksia valomäärän noustessa. Kuvasta näkee, että 2 tunnin valossa kasvaneet kasvit olivat sopeutuneet vähään valoon, koska valomäärän noustessa niiden fotosynteesi ei parantunut yhtä paljon kuin 5 tunnin valossa kasvaneiden kasvien fotosynteesi lämpötilan noustessa.

Kuvassa 34 näkee myös, että valomäärän lisääminen nosti yhteyttämistä, kun kasvi on kasvanut 5 tunnin valossa $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Kasvien kehitysnopeutta voidaan siten tarvittaessa nopeuttaa. Näin ei käy 2 tunnin valossa.

3.7 Kuljetussimulaatio, kauppavaiheen simulaatio ja huonekestävyys

Kuljetussimulaatioiden ja kauppavaiheen simuloinnin jälkeen joulutähdet olivat hyvässä kunnossa. Laadun heikkenemistä ei havaittu kumpanakaan vuonna.

Taulukossa 8 on vuoden 2011 viiden viikon huonekestävyys­simulaation jälkeen tehdyt kasvien laatu­havainnot. Kasvit kestivät hyvin tämän ajan, erot käsittelyiden välillä olivat pienet. Arvostelu oli kriittinen, siksi kannattaa myös lukea sanalliset selitykset.

Taulukko 8. Viiden viikon huonekestävyys­simuloinnin jälkeiset laatu­havainnot vuonna 2011. Havaintoyksilöitä oli viisi/lajike.

Lajike	Viileä 3 t	Viileä 1 t
'Christmas Beauty'	5	5
'Infinity Red'	4.2	4.3
'Electric Fire'	3.5	4.7
'Christmas Eve'	4.2	5
'Christmas Feelings White'	3	3
'Cristallo'	2	1.8
'Mira White'	4	5

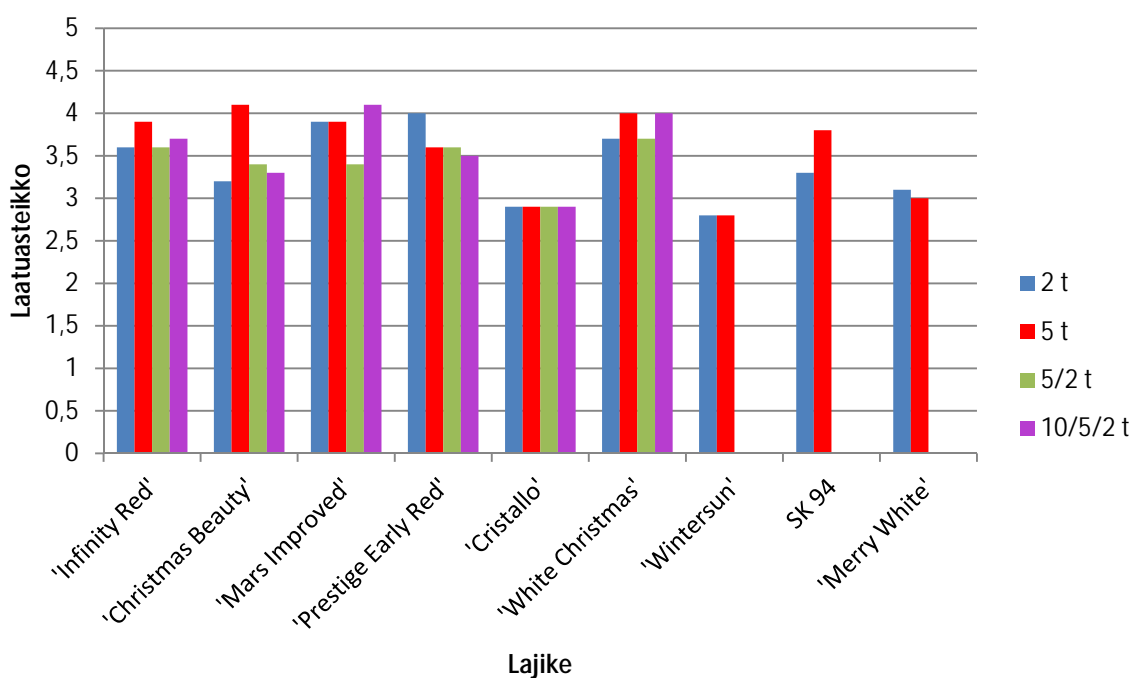
Asteikko

5= paras

0= huonoin (kuollut)

	Sanallinen arvostelu
'Christmas Beauty'	Vaikka kukat varisseet, näyttivät silti hyviltä.
'Infinity Red'	Tiheäkasvuinen, jonkin verran värilehtien tummumista.
'Electric Fire'	Kukat osittain varisseet, ihan ok näköiset kuivinakin. Uudet pienet punaiset lehdet vähän haalistuneet.
'Christmas Eve'	Osasta yksilöitä kukkia varissut, osassa vielä jäljellä, kukat kuivuneet kauniisti eli keskusta ok. Yksi kuollut viileä 3 t.
'Christmas Feelings White'	Huonoon arvosanaan suurin syy versojen katkeaminen ja siten kasvista tuli harva tai muotopuoli. Päältä päin kohtuullisen hyvän näköinen.
'Cristallo'	Keskustassa kukkien kuivuminen paikoilleen ruman näköistä. Samoin pieniä lehtiä kuivunut, mikä teki keskustan ruman näköiseksi, vaikka muuten kasvi oli tuuhea. Siitä huono arvosana.
'Mira White'	Punerrusta enemmän viileä 3 t kuin 1 t, jossa väri muuttunut punertavasta kauniimman vihertäväksi. Kuivuneet kukat rumat jos eivät varisseet

Kasvien ulkonäkö vuonna 2012



Kuva 35. Viiden viikon huonekestävyysimuloinnin jälkeen tehty arvostelu lajikkeittain eri valotuskäsittelyissä. Lukema on keskiarvo viidestä yksilöstä. Laatuasteikko löytyvät aineisto- ja menetelmä-osiosta.

Huonesimuloinnissa kaikki lajikkeet kestivät varsin hyvin viljelyolosuhteista riippumatta. Eniten pelättiin lehtien varisemista lämpimässä huoneessa viileän viljelylämpötilan jälkeen. Näin ei kuitenkaan tapahtunut. Lajikekohtaisia pieniä eroja oli eri valotuskäsittelyissä. Keskimäärin viiden tunnin yhtäjaksoisesta valotuksesta peräisin olleet kasvit olivat laadukkaimpia huonesimuloinnin lopussa useimmilla lajikkeilla (Kuva 35).

3.8 Kuluttajien mielipide joulutähdistä vuonna 2012

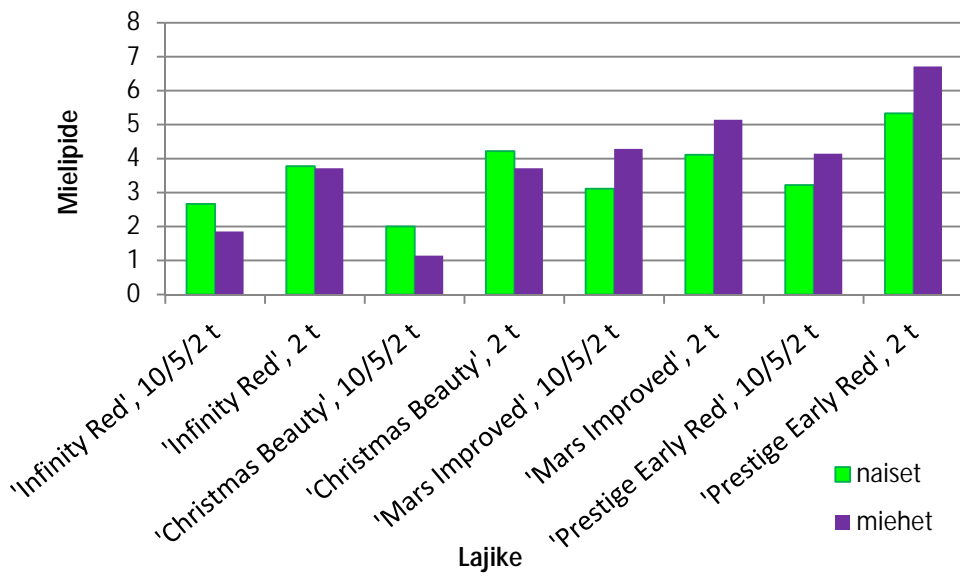
MTT:n henkilökunnalla teetettiin mielipidekysely vuoden 2012 eri lajikkeista. Kyselyyn vastasi 9 naista ja 7 miestä. Mielipidekyselyn esillepanosta on Kuva 36. Kuvassa 37 on tulokset esitetty keskiarvoina. Mitä suurempi lukema sitä vähemmän yksilö miellytti. Naisten ja miesten välillä oli jonkin verran eroja, mutta suunta oli molemmilla sama. Punaisista lajikkeista parhaiten menestyi 'Christmas Beauty' 10/5/2 tunnin valotuskäsittelystä ja valkoisista lajikkeista 'White Christmas' molemmista valotuskäsittelyistä. 'Christmas Beauty' 2 tunnin valotuksessa sai huonomman arvosanan kuin 10/5/2 t valotuskäsittely, koska lehdet olivat ruttuisia. 'Prestige Early Red' sai huonomman arvosanan, koska näytti kituvannäköiseltä 2 t valotuksessa. SK 94 ja 'Wintersun' saivat huonomman arvosanan, koska valkoiset lehdet olivat punertavat. White Star-lajikkeesta pidettiin muuten, mutta vihreät lehdet olisivat saaneet olla tummempia. 'Merry White' oli kehityksessä muita valkoisia hitaampi, joten värilehdet eivät olleet vielä riittävän valkoisia.

Kuluttajakyselystä ilmeni myös se, että suuremman kokoiset joulutähdet olivat yleensä halutumpia. Haastattelussa ilmeni, että valintaan vaikutti kasveista mahdollisesti maksettava hinta. Pienikokoiset tähdet kelpasivat, jos ne saisi halvemmalla.

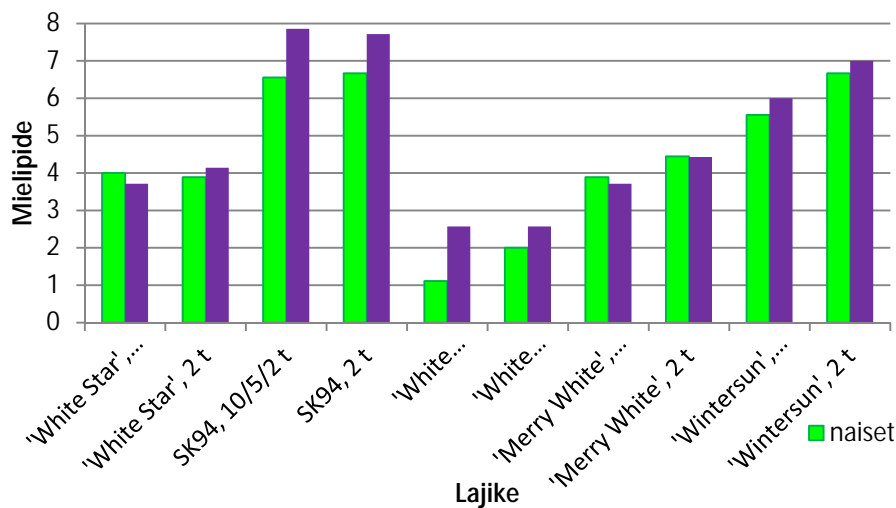


Kuva 36. Mieliidekyselyn esillepano MTT Piikkiössä joulukuussa 2012

Punaiset joulutähdet



Valkoiset joulutähdet



Kuva 37. Henkilökunnan mieliide eri lajikkeista. Mitä pienempi lukema sitä suositumpi yksilö.

4 Yhteenveto

Viileä aamu – lämmin ilta viljelymenetelmä sopi joulutähdelle. Kasvit sopeutuivat hyvin aamun alhaisiin lämpötiloihin. Alhainen lämpötila rajoitti pituuskasvua, joten kasvunsäätettä ei tarvittu. Viljelyn aikana energiaa säästy, mikä oli tutkimuksen tavoite.

Joulutähden lajikkeiden välillä oli suuria eroja lämpötilan ja valotuksen vaikutuksesta kokoon ja ulkonäköön. Viljelijän kannalta koolla on merkitystä hinnanmuodostuksessa ja kasvimäärässä viljelypöydillä. Lajikevalinta on siten tärkeää. Lamppujen etäisyydellä kasveista on huomattava merkitys kasvien saamaan valomäärään ja lämpösäteilyyn ja sitä kautta kokoon. Valotusaika ja valomäärä yhdessä vaikuttavat yhteyttämisvalon määrään kertymään koko viljelyn aikana ja siten kehitysnopeuteen.

Kasvit yhteyttivät alhaisissa lämpötiloissa, joten joulutähti sopeutui kasvamaan näissä lämpötiloissa. Yhteyttämistehokkuus kertoi, että valkoiselle lajikkeelle olisi kasvun kannalta ollut korkea lämpötila suotuisampi kuin alhainen lämpötila. Valkoisia lajikkeita on pidetty arkoina alhaisille lämpötiloille, joten yhteyttämistehokkuus tuki tätä väitettä. Kuitenkin koetuloksissa valkoisista lajikkeista tuli hyviä ja myyntikelpoisia kasveja. Vaikka meidän kokeissa värilehdet eivät yhteyttäneet, niin muualla maailmassa on saatu päinvastaisia tuloksia.

Tässä esitettyjen tulosten perusteella voidaan suositella viileän aamun ja lämpimän illan lämpötilaohjelmia, joiden seurauksena energiaa säästyy ja kasveista saadaan myyntikelpoisia, jotka kestävät kuluttajalla pitkään.

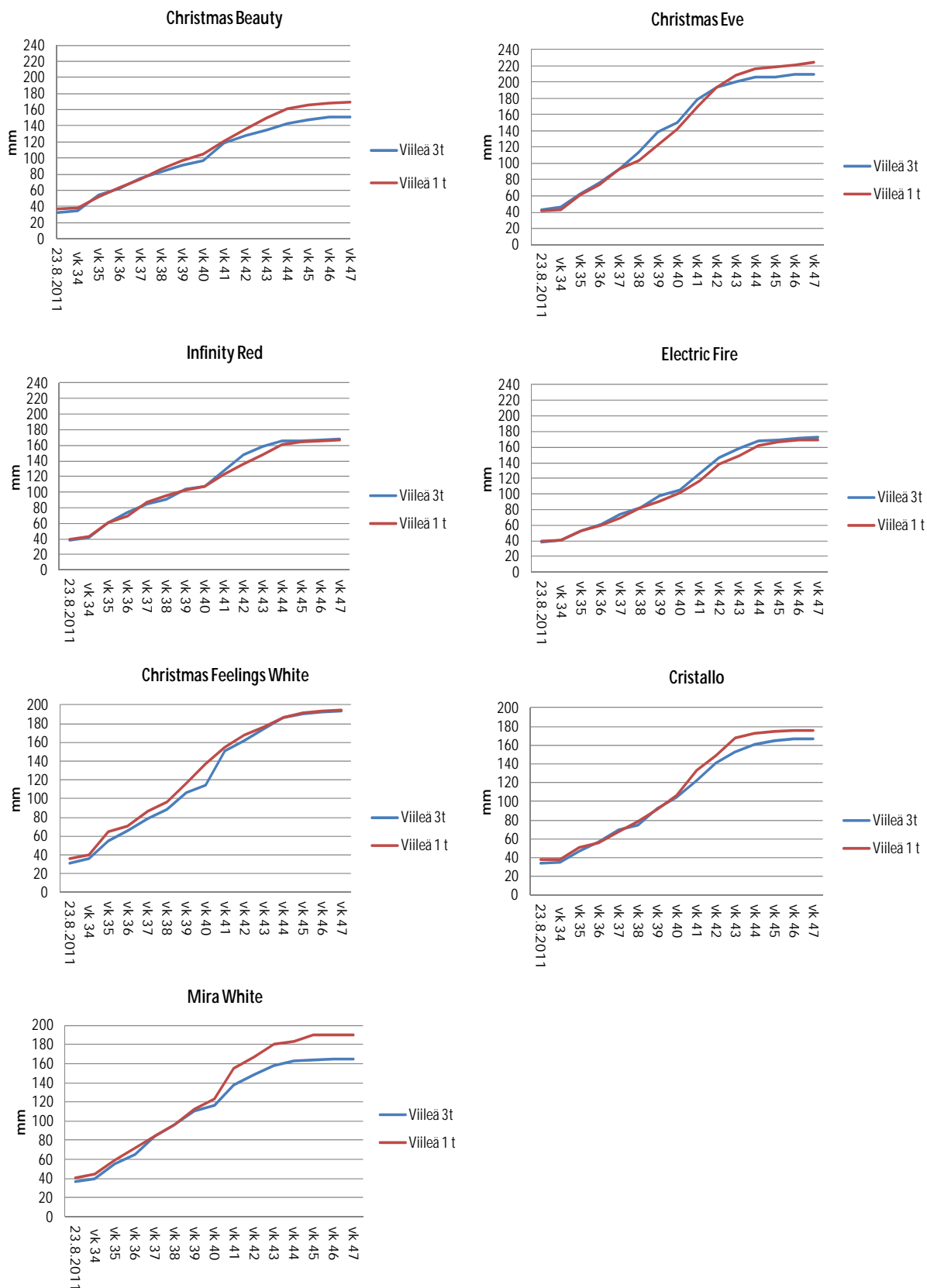
Koska joulutähdet kestävät alhaisia lämpötiloja ja niukkaa valotusta viljelyn aikana, viljelystrategioita voi harkita nykyistä monipuolisemmiksi mm. valotusaikojen, viljelyaikojen ja lämpötilojen suhteen.

5 Lähteet

- Anon. 1995. Joulutähden lajitteluohjesuositus. Kauppapuutarhaliitto ry. 1 p.
- Anon. 2012. Puutarhatilastot 2011. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus (Tike), Helsinki. 155 p.
- Barendse, H., Vermeulen, C. & Wubben, K. 2011. Onderzoeksverslag Poinsettia Houdbaarheid '10-'11. Referentie 8003-007-01. Kenniscentrum Product Kwaliteit FloraHolland. 24 p.
- Haas, H. P. 2009. Beet –und Balkonpflanzen, Energiesparend produzieren. Dega 10: p. 50-52.
- Haas, H. P. 2008. Temperaturstrategien, Energie sparen bei der Hortensientreiberei. Dega 41: p. 32-34.
- Haas, H., Kohlrausch, F. & Winkelmann, T. 2009. Poinsettien Energiesparend kultivieren. DEGA 6: p. 42-43.
- Kromwijk, A., Steenbergen, P., Schrama, P., van Leeuwen, F. & van den Broek, G. 2007. Energiebesparing poinsettia 2006-2007. WageningenUR Glastuinbouw, Wageningen, Holland. 47 p.
- Reinders, U. 2008. Cultivating poinsettia at low temperatures. FlowerTECH 11 (8): p. 22-24.
- Särkkä, L. 2003. DROP-käsittelyllä lyhyitä joulutähtiä. Puutarha&kauppa 7 (22): p. 6-7.
- Särkkä, L. 2012. Viileä aamu säästää energiaa joulutähden viljelyssä. Puutarha&kauppa 16 (12): p. 14-15.

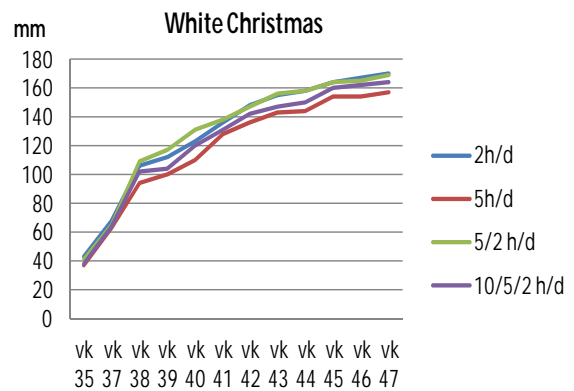
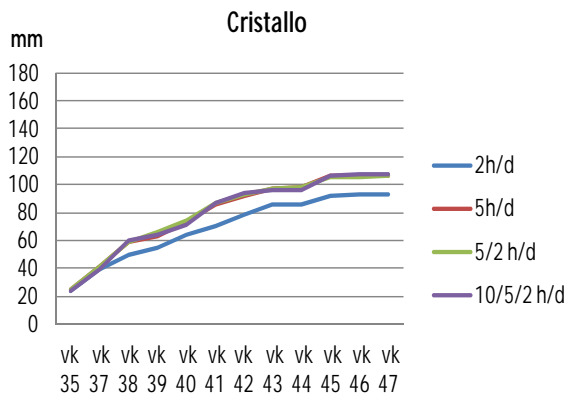
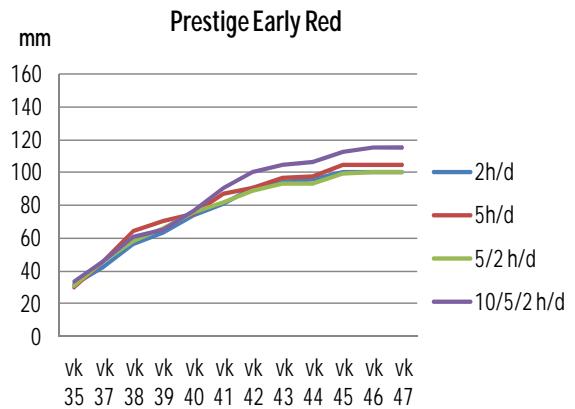
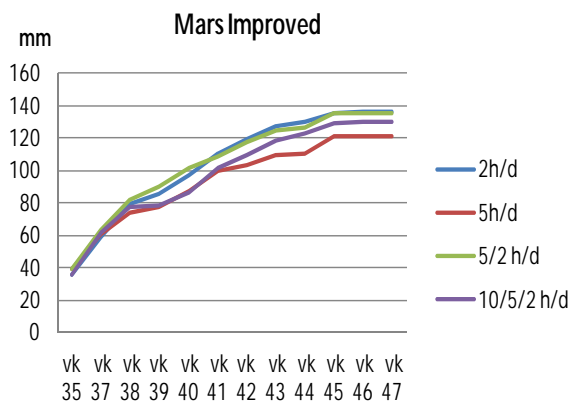
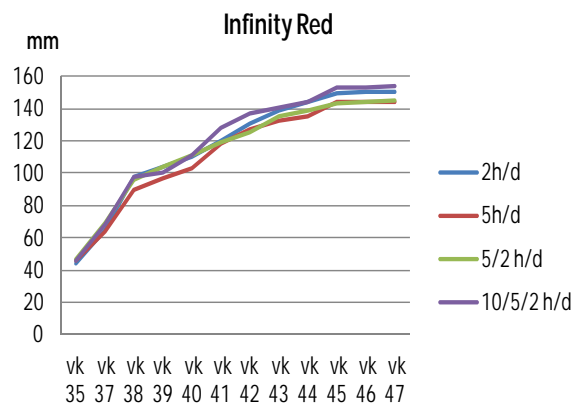
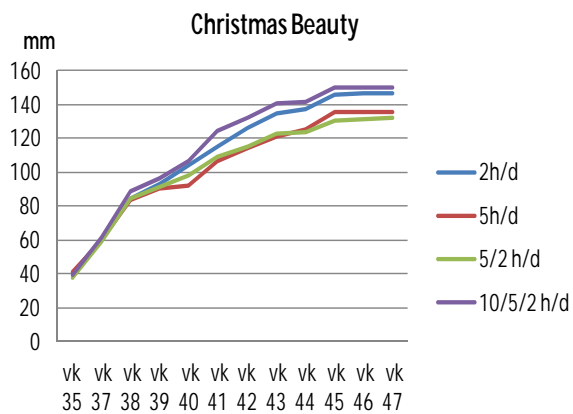
Liitteet

Liite 1. Joulutähtilajikkeiden pituuskasvukäyrät eri koejäsenissä vuonna 2011. Vuosi 2011, viileä aamu 3 tuntia tai 1 tunti.



Liite 2. Joulutähtilajikkeiden pituuskasvukäyrät eri koejäsenissä vuonna 2012.

Vuosi 2012, valotusaika 2, 5, 5/2 tai 10/5/2 tuntia vuorokaudessa, viileä aamu 3 tai 4 tuntia.



MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI

120

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkojulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

