

---

**JÄÄSALAATIN KASVUOLOJEN JA LAADUN  
OPTIMOINTI LED-VALOTUKSESSA**




Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Lepaa, 19.11.2012

Eveliina Ketola



LEPAA  
Puutarhatalouden koulutusohjelma  
Kasvihuone- ja taimitarhatuotanto

---

<b>Tekijä</b>	Eveliina Ketola	<b>Vuosi</b> 2012
<b>Työn nimi</b>	Jääsalaatin kasvuolojen ja laadun optimointi LED-valotuksessa	

---

## TIIVISTELMÄ

LED-valaisimet tulevat yleistymään ruukkuvihannestuotannossa lähivuosina muuan muassa niiden energiatehokkuuden ja valon spektrin säätömahdollisuuksien vuoksi. Tulevaisuudessa myös perinteisen kouruviljelyn ohelle saattaa tulla muita viljelytapoja kuten esimerkiksi kerrosviljely. Ongelmaksi tällaisessa viljelyssä saattaa koitua luonnonvalon vähäinen määrä, joka saattaa nostaa terveydelle haitallisen nitraatin määrää kasveissa.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Hämeen ammattikorkeakoulu, Lepaan yksikkö. Työn tavoitteena oli tarkastella erilaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat salaatin kasvuoloihin ja laatuun LED-valotuksessa. Työhön sisältyi kaksi 'Frillice'-jääsalaatilla toteutettua koetta, jotka suoritettiin Lepaan kasvihuoneen koeosastossa kevään ja alkukesän 2012 aikana. Ensimmäisessä kokeessa kasvatusta tapahtui pimennetyissä olosuhteissa ilman luonnonvaloa pelkkien LED-valojen avulla ja toisessa kokeessa salaattit saivat LED-valotuksen ohella myös luonnonvaloa. Molemmissa kokeissa käytettiin suositusten mukaisen lannoiteliuksen johtokykylukeman (2,0 mS/cm) lisäksi myös korkeampaa johtokykytasoa (2,8 mS/cm). Kokeiden päättyessä salaattit mitattiin ja ulkoista laatua arvioitiin silmämääräisesti. Salaatteista otettiin myös kasvinäytteitä nitraattipitoisuuksien analysointia varten. Molemmissa kokeissa tehtiin erilaiset käsittelyt nitraattien vähentämiseksi lisäämällä luonnonvaloa sekä laimentamalla lannoiteliusta.

Kokeiden tuloksista ilmenee, että LED-valoilla voidaan kasvattaa hyvälaatuisia salaattia ilman luonnonvaloa ja luonnonvalon kanssa. Ulkoiselta laadultaan parempia salaatteja saatiin pimennetyssä kokeessa, mutta nitraattipitoisuudet olivat korkeampia kuin luonnonvalokokeessa. Lannoiteliuksen laimentamisella viljelyn loppuvaiheessa todettiin olevan positiivinen vaikutus nitraattipitoisuuksien laskussa. Eri johtokykylukemien välillä ei näkynyt eroja salaatin kasvussa tai laadussa. Jatkossa tulisi tutkia erilaisia keinoja vaikuttaa salaatin sisäiseen laatuun LED-valotuksessa luonnonvalon määrän ollessa vähäistä.

**Avainsanat** salaatti, johtokyky, nitraatti, LED-valotus

**Sivut** 33 s. + liitteet 8 s.

LEPAA  
Degree Programme in Horticulture  
Greenhouse and Nursery production

---

<b>Author</b>	Eveliina Ketola	<b>Year</b> 2012
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Optimizing growth and quality of 'Frillice'-lettuce in LED-lightning	

---

## ABSTRACT

LED-lightning is becoming more frequent in potted vegetable production in the next few years because of their energy efficiency and possibilities to control the spectrum of light. In the future, there may appear also new farming methods such as multilayer production. The problem in such cultivation is that crops may suffer a lack of natural light which may increase the amount of nitrates that are harmful to health.

This thesis was done in the HAMK University of Applied Sciences, Lepaa unit. The aim of this thesis was to examine the various factors that affect the growth and quality of lettuce in LED-lighting. The work consisted of two experiments with 'Frillice'-lettuce during spring and early summer of 2012 at Lepaa. The first experiment was done in darkened lightning conditions with LED-lightning and in the second experiment LED-lightning was used with natural light conditions. In both experiments, the recommended nutrient solution had a conductivity value 2,0 mS/cm, but also a higher level of conductivity was used (2,8 mS/cm). In the end of the experiments salads were measured and the external quality was assessed. Samples were also collected to nitrate analysis. In both experiments the amount of nitrates was reduced by giving natural light or diluting the nutrient solution.

Results of the experiments show that good-quality salad can be grown in LED-lightning in darkened conditions and with natural light conditions. Externally better quality salads were in darkened experiment, but the amount of nitrates were higher than in those salads which were grown in natural light conditions. The dilution of the nutrient solution had a positive impact to the levels of the nitrates. The different conductivity levels in the experiments showed no differences in the growth or quality of the lettuce. In the future, different ways to influence the internal quality of lettuce in LED-lighting and low natural light conditions should be explored.

**Keywords** lettuce, electrical conductivity, nitrate, LED-lightning

**Pages** 33 p. + appendices 8 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	RUUKKUSALAATIN LAATUUN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ.....	2
2.1	Ruukkusalaatin viljely kasvihuoneessa.....	2
2.2	Ruukkuvihannesten ravinneliuosviljely.....	3
2.3	Ravinneliuoksen johtokyvyn vaikutus salaatin laatuun.....	4
2.4	Valon vaikutus kasvien laatuun.....	5
2.4.1	LED-valotus ja sen tuomat mahdollisuudet viljelyyn.....	6
2.4.2	LED-valotuksen käyttö kasvintuhoojien torjunnassa.....	8
2.4.3	LED-valotuksen vaikutus ruukkusalaatin sisäiseen laatuun.....	8
3	RUUKKUSALAATIN SISÄINEN LAATU.....	10
3.1	Nitraattipitoisuudet salaatin laatuun vaikuttavina tekijöinä.....	10
3.1.1	Nitraatin aiheuttamat terveyshaitat ja sallitut enimmäispitoisuudet.....	10
3.2	Nitraattipitoisuuksien hallinta viljelyssä.....	12
4	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	14
4.1	Lajike ja taimikasvatus.....	14
4.2	Koejärjestelyt.....	16
4.3	Ravinneliuosviljely.....	17
4.4	Salaattien mittaukset.....	18
4.5	Mittaustulosten analysointi.....	19
4.6	Nitraattikokeet.....	19
5	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	20
5.1	Varren pituus.....	21
5.2	Korkeus.....	22
5.3	Tuorepaino ja kuivapaino.....	23
5.4	Korkeuden ja tuore- ja kuivapainojen suhteet.....	25
5.5	Ulkoisen laadun arviointi.....	27
5.6	Salaattien nitraattipitoisuudet nitraattikäsittelyissä.....	28
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	29
	LÄHTEET.....	31
Liite 1	VILJELYN AIKAISET KESKILÄMPÖTILAT	
Liite 2	PURISTENESTEANALYYSI PIMENNETYSSÄ KOKEESSA	
Liite 3	PURISTENESTEANALYYSI LUONNONVALOKOKEESSA	
Liite 4	KASVIANALYYSI PIMENNETYSSÄ KOKEESSA ENNEN NITRAATTIKÄSITTELYÄ	
Liite 5	KASVIANALYYSI PIMENNETYSSÄ KOKEESSA NITRAATTIKÄSITTELYN JÄLKEEN	
Liite 6	KASVIANALYYSI LUONNONVALOKOKEESSA ENNEN NITRAATTIKÄSITTELYÄ	

---

Liite 7	KASVIANALYYSI NITRAATTIKÄSITTELYN JÄLKEEN	LUONNONVALOKOKEESSA	
Liite 8	SALAATTIEN VARREN TAIMIKASVATUSVALOISSA	PITUUDET	ERI

## 1 JOHDANTO

Vuonna 2011 tärkeimpien kasvihuonevihannesten tuotanto Suomessa oli yhteensä 80,3 miljoonaa kiloa, josta salaattien osuus oli 1,8 miljoonaa kiloa. Pehmeän keräsalaatin tuotannossa satoa saatiin ennätysmäärä puutarhatilastoinnin historiassa, 1,7 miljoonaa kiloa. Tuotannon kasvua selittää erityisesti jääsalaatin viljelyn kasvu. Myös ruukkuvihannestuotanto nousi vuodesta 2010 hehtaarin verran 26 hehtaariin. Ruukkuvihanneksia tuotettiin vuonna 2011 84 miljoonaa ruukkua, josta salaattien osuus oli 65 miljoonaa ruukkua, mikä vastaa 77 prosenttia ruukkuvihannestuotannosta. (Puutarhatilastot 2011, 81-81.)

Alkuvuosina ruukkuvihannestuotannossa Suomessa viljeltiin pääasiassa 'Grand Rapids'-lehtisalaattia, jonka jälkeen ovat yleistyneet myös kerä-, jää-, tammenlehti- ja Lollo Rosso-salaatit. Tuotteiden sisäistä ja ulkoista laatua on parannettu erilaisin viljelyteknisin keinoin. Tutkimukselle ja neuvonnalle uusia haasteita tuovat tuotevalikoiman monipuolistuminen sekä sen myötä tulevat viljelytekniset ongelmat. (Seppälä, n.d..) Myös kasvihuoneiden energiatehokkuuden parantaminen lähivuosina on olennainen kysymys energian hinnan kallistuessa. Lisäksi viljelyn kasvihuonepäästöjä halutaan vähentää. Erityisesti LED-valoissa nähdään mahdollisuuksia energiakulutuksen ja kasvihuonepäästöjen pienentämiseksi. (Kaukoranta 2012, 12-13.)

Tämä opinnäytetyö on osana ruukkuvihannestuotannon kehittämishanketta, joka on toteutettu Hämeen ammattikorkeakoulussa, Lepaan yksikössä. Hankkeessa on aikaisemmin selvitetty LED-valaisimien soveltuvuutta ruukkuvihannestuotantoon verrattuna viljelyssä tavallisesti käytössä oleviin suurpainenatriumvalaisimiin. Tässä työssä tavoitteena oli selvittää 'Frillice' jääsalaatin laatuun vaikuttavia tekijöitä LED-valotuksessa luonnonvalon määrän vaihdellessa. Työhön sisältyi kaksi erilaista salaattikoetta, joista ensimmäinen toteutettiin ilman luonnonvaloa. Toisessa kokeessa luonnonvalo oli mukana. Molemmissa kokeissa oli käytössä samanlainen LED-valotus. Erilaisten valo-olosuhteiden lisäksi kokeissa tutkittiin myös johtokyvyn vaikutusta salaatin kasvuun ja laatuun. Yhtenä laatuun vaikuttavana tekijänä opinnäytetyössä tarkasteltiin myös salaattien nitraattipitoisuuksia ja keinoja hallita sekä vähentää pitoisuuksia viljelyn aikana.

## 2 RUUKKUSALAATIN LAATUUN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

### 2.1 Ruukkusalaatin viljely kasvihuoneessa

Ruukkusalaattien kasvatus tehdään kasvihuoneessa tavallisimmin rullapöydillä liikuteltavissa kasvatuskouruissa. Talvikuukausina lehtisalaatin kasvu-aika kasvihuoneessa on 1,5 kuukautta ja kevään ja kesän aikana noin kuukasi. Jatkuvan sadon saamiseksi kylvöjä tulisi tehdä muutaman päivän välein tai viikoittain. Salaatin siemenet kylvetään suoraan turpeella täytettyyn kasvatusruukkuun tai kivivillapaakkuun. (Voipio 2001, 174.) Ruukkuvihannesten viljelyssä tulisi käyttää erikoisturpeita, joihin on lisätty hienojakoista kalkkia, josta kasvit saavat osan tarvitsemastaan kalsiumista (Seppälä n.d.). Mikäli ruukkuun halutaan saada 2-3 tainta, tulee siemeniä kylvää 3-5 kappaletta itävyydestä riippuen. Siemenet tulee idättää pimeässä 15-20 asteessa. Taimet siirretään valoon sirkkavarsien tullessa esiin. Ylimääräiset taimet tulee poistaa, sillä kasvutila vaikuttaa olennaisesti salaatin yksilökokoon. Viljelykouruihin taimet voidaan siirtää muutaman kasvulehden puhjettua. Kourujen välejä harvennetaan kasvun edistyessä. (Voipio 2001, 174.)

Viljelyn aikana lämpötila tulisi olla 12-20 asteen välillä. Yli 27 asteen lämpötilat voivat vaikuttaa haitallisesti laatuun aiheuttamalla kukkavarren kehittymistä. Myös varjostuksen käyttöä voidaan tarvita. (Mason 1990, 122.) Pimeänä vuodenaikana ruukkusalaateille tulisi antaa lisävaloa 18-24 tuntia vuorokaudessa venymisen ja nitraattipitoisuuksien nousun ehkäisemiseksi. Hiilidioksidipitoisuuden viljelyssä tulisi olla 600-800 ppm ja il-mankosteuden 70 %. Viljelyssä tulee huolehtia tarkasta hygieniasta *Pythium*-sienen välttämiseksi ja lisäksi liiallista kosteutta tulee välttää lehdenreunapolteen ja harmaanhomeen estämiseksi. (Voipio 2001, 174.) Muita salaatile esiintyviä tauteja ovat myös muun muassa pahkahome, lehtihome ja härmä. Salaatile esiintyviä tuholaisia puolestaan ovat esimerkiksi kirvat, jauhiaiset, perhosentoukat, pikkukaskaat, etanat ja kotilot. Kirvat saattavat levittää myös virustauteja. Muina ongelmina salaatinviljelyssä voi esiintyä uloimpien lehtien kellastumista tai mätänemistä liiallisen vedensaannin tai huonon ilmankierron vuoksi. Liassa auringonvalossa salaateihin voi myös ilmaantua lehdenreunapoltetta. (Mason 1990, 124.)

Ruukkusalaatin lannoituksessa typpi-kalium-suhteen tulisi olla 1:1,6-1:2,0. Talvikuukausien aikaisessa lannoituksessa kaliumia tarvitaan hieman enemmän suhteessa typpeen (1:1,8-1:2,0) kuin kesäkuukausina (1:1,6-1:1,8). Taimikasvatuksen aikana typpi-kalium-suhteen tulisi olla 1:2,0. (Kekkilä n.d.) Sivuravinteista salaatile tärkeimmät ovat molybdeeni, kupari ja mangaani. Boorintarve on salaatile vähäinen, vaikkakin se sietää korkeita booripitoisuuksia. (Mason 1990, 122.)

Ruukkusalaatin sadonkorjuu voidaan tehdä aikaisintaan, kun kasvit ovat saavuttaneet laatuvaatimusten mukaisen vähimmäispainon (Voipio 2001, 174). Laatuvaatimusten mukaisen jääsalaatin tulee olla painoltaan vähintään 100 grammaa ja korkeudeltaan 130 - 180 mm. Lehdenreunapolteen suhteen jääsalaatile noudatetaan samoja laatuvaatimuksia kuin lehtisalaatile. Reunapoltetta saa olla lehtien reunoissa pieninä määrinä sekä salaatin

kasvupisteen tuntumassa alkavana vaaleanruskeana poltteena. Sen sijaan pitkälle kehittyntä ja limautunutta sisälehtien poltetta ei sallita. (Viljelijöiden tarkennukset ruukkusalaattien ja ruukkuyrttien laatuvaatimuksiin 2010.)

Ruukkusalaatti pakataan avonaiseen pussiin, joka tukee ja suojaa lehtiä sekä rajoittaa haihduntaa. Ruukkusalaatti säilyy hyvänä viikon verran, kun lämpötila on lähellä nollaa astetta. Korkeampi lämpötila aiheuttaa kasvun jatkumista sekä vedenpuutetta, joka heikentää laatua nopeasti. (Voipio 2001, 174.) Suositeltava varastointilämpötila on 1-2 °C ja suhteellinen ilmankosteus 90-95 %. Salaatti on herkkä etyleenille, ja sille altistuessaan se menettää vihreää väriään ja vanhenee ennenaikaisesti. Etyleenin tuotanto tulee pitää mahdollisimman pienenä kasvihuonetuotteiden säilytystiloissa, eikä samassa varastossa tule säilyttää runsaasti etyleeniä tuottavia kasveja. Syntynyt etyleeni tulee poistaa tuulettamalla ja lisäksi tulee huolehtia hyvästä varastohygieniasta. (Jaakkonen, Koivunen ja Vuollet 1999, 203-205.)

### 2.2 Ruukkuvihannesten ravinneliuosviljely

Ravinneliuosviljelyssä kasveja kasvatetaan ravinneliuoksessa ilman väliainetta tai väliaineen kanssa. Väliaineena voidaan käyttää erilaisia kasvualustoja, joita ovat esimerkiksi hiekka, sora, vermikuliitti, kivivilla, turve, kookoskuitu tai sahanpuru. Väliaineen tarkoituksena on tukea kasveja. Ravinneliuosviljely voi tapahtua joko avoimena tai suljettuna menetelmänä. Avoimessa menetelmässä ravinneliuos kiertää kerran kasvin juurten läpi, eikä sitä kierrätetä uudelleen. Suljetussa järjestelmässä ravinneliuos kierrätetään ja ravinteita täydennetään. (Jensen 1999, 719–729.)

Ravinneliuosviljelyllä on useita hyötyjä verrattuna perinteiseen maalustalla tapahtuvaan vihannestuotantoon. Kasvuoloja sekä ravinteiden ja kastelun antoa juuristolle voidaan vesiviljelyssä säädellä helpommin. Myös pH:n ja johtokyvyn säätely on helpompaa. Ravinneliuosviljelyssä vältetään myös maalevintäisiltä taudeilta ja tuholaisilta. Haittapuolena ravinneliuosviljelyssä ovat korkeat aloituskustannukset. Kustannuksia nostaa myös kasvihuoneen lämmitykseen sekä jäädytykseen kuluva energia. Ravinneliuosviljelyssä kasvit reagoivat herkemmin kasvuolosuhteissa tapahtuviin muutoksiin, minkä vuoksi kasveja on tärkeä seurata tarkasti muutosten varalta. Taudit ja tuholaiset saattavat menetelmässä levitä nopeasti. (Jensen 1999, 719–729; Mason 1990, 12-14.)

Salaatti on hyvin tyypillinen ravinneliuoksessa kasvatettava kasvi. Salaatinviljelyssä on käytössä ravinnekalvo- eli NFT-tekniikka (Nutrient Film Technique), jossa taimipaakut on sijoitettu viljelykourun pohjalle. Ravinneliuosta valutetaan kourun pohjaa pitkin ja kasvien juuret levittäytyvät viljelykourun pohjalle. (Kanniainen 1999, 132.)

Salaatin ravinneliuosviljelyssä ei tulisi käyttää galvanoituja kasteluputkia ja kouruja tai messinkisiä osia, sillä niistä voi liueta haitallisia määriä sinkkiä ja kuparia. Jos galvanoituja kastelukouruja maalataan, tulisi maalin antaa kuivua vähintään viikon ajan, jotta maalinkovetusaineista ei irtoa sa-

laatille myrkyllisiä määriä mangaania. Uusia viljelmiä perustettaessa tulee myös huomioida, että kaikki maalaukset on tehty ennen kuin kasvit tuodaan kasvihuoneeseen, sillä kasvit eivät siedä maalinkäryä. (Seppälä n.d.)

Useimmilla viljelmillä seurataan ravinneliuoksen johtokykyä, pH:ta ja nitraattipitoisuutta omilla mittareilla sekä indikaattoriliuskoilla. Tämän lisäksi myös ravinneliuos- ja kasvianalyysillä on tärkeä osuus ruukkuvihannesten sisäisen ja ulkoisen laadun parantamisessa. (Seppälä n.d.)

### 2.3 Ravinneliuoksen johtokyvyn vaikutus salaatin laatuun

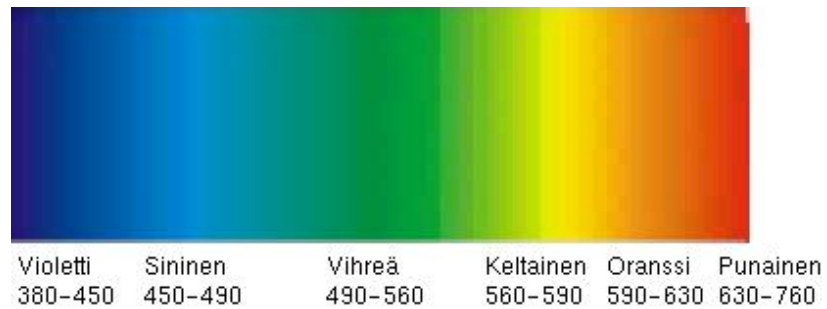
Johtokyky kertoo liuoksen sähkönjohtokyvyn mittaamalla liuoksessa olevien ionimuotoisten ravinteiden kokonaismäärän. Johtokyvyn yksikkönä käytetään mS/cm tai dS/m. Johtokyky, kasvin kasvu ja sato ovat yhteydessä toisiinsa. Matala johtokyky voi aiheuttaa ravinteiden puutosta ja kloroottista kasvua, jolloin myös sato jää pieneksi. Myös liian korkea johtokyky voi vähentää sadon määrää, sillä kasvin juuret eivät saa riittävästi vettä haihdutukseen maanesteen ollessa liian väkevää. Toisaalta korkea johtokyky voidaan hyödyntää kasvun hidastamisessa vähävaloisana aikana, jolloin kasvit voivat venähtää liikaa. Johtokykyä tulee mitata päivittäin ja pyrkiä pitämään se ohjearvojen mukaisena. (Kanniainen 1999, 147.)

Ruukkusalaatin kasteluliuoksen johtokyvyn tulisi kiertävässä ravinneliuosviljelyssä olla 1,5-2,0 mS/cm viljelyajankohdasta riippuen. Talvikuu-kausina (lokakuu-maaliskuu) johtokyvyn tulisi olla hieman korkeampi, 1,8-2,0 mS/cm kuin kesäkuukausina (huhtikuu-syyskuu), jolloin suositeltava johtokyky on 1,5-1,9 mS/cm. Taimikasvatuksen aikana johtokyvyn tulisi olla 1,8-2,0 mS/cm. (Kekkilä 2012.) Sadon määrän on todettu pienenevän johtokyvyn ollessa 2,0 tai sitä korkeampi (Mason 1990, 122).

Seo, Yang, Kays, Kim, Woo ja Park (2009, 369-374) ovat tutkineet ravinneliuoksen johtokyvyn vaikutusta salaatin kasvuun sekä seskviterpeenisten laktoneiden (SL) kertymiseen. Seskviterpeeniset laktonit ovat värittömiä, usein kitkeriä ja rasvahakuisia yhdisteitä, joita esiintyy pääasiassa *Asteraceae*-heimossa. Niillä on mm. tulehduksia ja kasvaimia ehkäiseviä vaikutuksia terveyteen. Korkeat pitoisuudet voivat kuitenkin aiheuttaa kitkerää makua sikurilla ja salaatilla, millä on vaikutusta myös kuluttajien ostopäätökseen. Tutkimuksessa käytettiin neljää eri johtokykytasoa, jotka olivat 0,5; 1,0; 2,0; ja 3,0 dS/m. Salaatin kasvu arvioitiin lehtialaindeksin, (LAI), lehtien määrän, kasvien korkeuden, tuore- ja kuivapainon sekä lehtivihreän pitoisuuksien perusteella. LAI, lehtien määrä, korkeus, tuorepaino ja lehtivihreän pitoisuus olivat muita käsittelyitä korkeammat johtokyvyn ollessa 2,0 dS/m. Kokeen tuloksissa todettiin, että ravinneliuoksen johtokyky vaikutti merkittävästi salaatin kasvuun sekä ulkoiseen laatuun. Johtokyvyn todettiin vaikuttavan myös salaatin SL-pitoisuuksiin ja siten salaattien maun kitkeryyteen. Korkein SL-pitoisuus ja siten kitkerimmät salaatit saatiin, kun johtokyky oli 0,5 dS/m. Korkeammissa johtokykykäsittelyissä SL-pitoisuudet olivat matalampia.

## 2.4 Valon vaikutus kasvien laatuun

Valo on yksi kasvin kasvutekijöistä hiilidioksidipitoisuuden, lämpötilan, veden ja ravinteiden ohella. Kasvien valontarve vaihtelee lajista ja kasvin kehitysvaiheesta riippuen. Valo on elektromagneettista säteilyä, jota kuvataan sen aallonpituudella, jonka yksikkö on nanometri, nm. Valoksi kutsutaan ihmissilmällä nähtävää, aallonpituudeltaan 400-700 nm säteilyä. Kuvassa 1 on esitetty näkyvän valon aallonpituudet eri väreinä.



Kuva 1. Näkyvän valon aallonpituudet väreinä (Ilmatieteenlaitos n.d.)

Myös kasveille yhteyttämisessä hyödyllinen säteily eli PAR- valo (Photosynthetically Active Radiation) on aallonpituusalueella 400-700 nm. Näkyvää valoa lyhytaaltoisempi säteily on nimeltään ultraviolettisäteilyä (UV-säteilyä) ja se on aallonpituudelta 300-380 nm. UV-säteily on haitallista eläville soluille ja se vahingoittaa kasvisoluja sekä vanhentaa kasvihuonemateriaaleja. Yli 730 nm aallonpituudet ovat pitkäaaltoista infrapuna- eli lämpösäteilyä ja ne nostavat solunesteen ja samalla kasvin lämpötilaa. (Jaakkonen & Vuollet 1999, 29-43.)

Yhteyttämisreaktiossa eli fotosynteesissä ilmakehän hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) sidotaan auringonvalon energian avulla hiilihydraateiksi ja samalla vesi hajoaa hapeksi ja vetyioneiksi. Kasvit käyttävät fotosynteesissä syntyvää hiilidioksidia ja siitä syntyviä yhdisteitä energianlähteenään. (Fagerstedt, Lindén, Santanen, Väinölä 2008, 79.) Hengityksen yhteydessä osa energiasta vapautuu ja kuollut orgaaninen aine hajoaa vapauttaen takaisin kiertoon siihen sitoutuneet ravinteet, veden ja hiilidioksidin (Jaakkonen, Vuollet 1999, 40). Kasvit hyödyntävät sinistä ja punaista valoa fotosynteesissä. Sininen valo säätelee kasvin liikkeitä ja punainen sekä tummanpunainen valo vaikuttavat kasvin pituuskasvuun ja kukkien muodostumiseen. Joillakin kasveilla punainen valo aktivoi myös siementen itämistä sekä monivuotisilla kasveilla lepovaiheeseen siirtymistä. (Fagerstedt ym. 2008, 95.)

Valolla on yhteyttämisestä lisäksi myös kasvien ulkonäköä muovaava vaikutus, jota kutsutaan fotomorfonogeneesiksi. Fotomorfonogeneesissa oleellista on kasvien saamaan punaisen ja kaukopunaisen valon suhde. Runsas kaukopunainen valo voi saada kasveissa aikaan venymistä ja kasvien nivelväleistä voi tulla pitkiä kun taas lehdet saattavat jäädä pieniksi. Sinisen valon on todettu vaikuttavan kasvien varren kasvuun ja ilmarakojen avautumiseen ja lisäksi se tekee kasveista tiiviskasvuisia. (Jaakkonen & Vuollet 1999, 41.)

Kasveissa oleva fytochromi-niminen väriaine on proteiiniin liittynyt pigmentti, joka reagoi punaiseen valoon. Fytochromilla on kaksi muotoa, joista Pr-muoto absorboi kirkkaanpunaista ja Pfr-muoto tummanpunaista valoa. (P = pigment, r = red light, fr = far-red light). Fytochromi on osana monissa kasvuun ja kehitykseen liittyvissä muutoksissa, kuten esimerkiksi varren pituuskasvun säätelyssä, varjostuksen aistimisessa ja antosyaanin tuotossa. Fytochromin avulla kasvit mittaavat myös vuorokautista valojaksoa. (Fargerstedt ym. 2008, 95-96.)

### 2.4.1 LED-valotus ja sen tuomat mahdollisuudet viljelyyn

Kirjainlyhenne LED tarkoittaa englanninkielistä käsitettä light emitting diode. LED on puolijohdekomponentti, joka lähettää valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirta (Tuominen 2006, 14). P- ja N-tyypin puolijohdeita yhdistelemällä saadaan aikaan elektronien liikettä, mikä mahdollistaa myös valon synnyn. P-tyypin puolijohdeessa atomin uloimmalla kehällä on puute valenssielektroneista. Puutetta kutsutaan reiäksi. N-tyypin puolijohdeessa on puolestaan ylimääräisiä valenssielektroneja. Kun P- ja N-tyypin puolijohdeet sijoitetaan lähemmäksi, osa N-alueen elektroneista yhdistyy reikien kanssa muodostaen pareja, joihin sitoutuu energiaa. Sitoutunut energia vapautuu valoenergiana, kun järjestelmä on kytketty energianlähteen. Valon väriin vaikuttavat käytetyt materiaalit sekä syötettävän energian määrä. (Raukko 2006, 15.)

LED sisältää vain yhden valon aallonpituuden, mikä mahdollistaa kasveille annettavien aallonpituuksien säätelyn. Aallonpituutta voidaan muokata LED-valon kuoren pintaan lisätyillä kalvoilla ja pinnoitteilla. LED-valoilla toteutetuissa kokeissa yleisimmin on käytetty yhdistelmiä, joissa suurin osa valoista on punaisia. Sinisten valojen osuus kokeissa on vaihdellut 10-30 prosenttiin. Hyötyaallonpituuksien määrittäminen on haastavaa eri kasvien erilaisten pigmenttiyhdistelmien vuoksi. (Tuominen 2006, 14.)

LED-valotuksen etuina tavanomaisiin valolähteisiin ovat valotuskaluston yksinkertaisuus, pitkä käyttöikä sekä mahdollisuus valon spektrin räätälöimiseen. Valon aallonpituus voidaan muokata eri kasvuvaiheisiin sopivaksi ja myös kasvunsäätöä voidaan tehdä helposti aallonpituuksia muuttamalla. LED-valaisimet käyttävät myös vähemmän energiaa natriumlamppuihin verrattuna ja ne tuottavat vähemmän lämpöä. Lisäksi LED-valaisimet varjostavat kasvustoa suurikokoisia suurpainenatriumvalaisimia vähemmän. (Tuominen 2006, 15; Rantanen, Hytönen, Mouhu, Palonen, Elomaa, Pinho & Halonen 2010, 18.)

Nykyisin tarjolla olevat LED-ratkaisut ovat jo teknisesti käyttökelpoisia kaupalliseen viljelyyn. Parhaiten ne soveltuvat matalien kasvien viljelyyn, kuten salaateille ja mikrolisätyjen taimien sopeutukseen. (Salonen 2011, 5.)

Aalto-yliopiston ja Helsingin yliopiston yhteishankkeessa selvitettiin valon laadun vaikutusta 'Frillice'-jääsalaatin kasvuun ja ravitsemuksellisiin ominaisuuksiin. Kokeessa testattiin neljää erilaista LED-valaisinta, joita verrattiin HPS-valaisimiin. Koe toteutettiin ilman luonnonvaloa, sillä sen

vaikutus haluttiin sulkea pois. Kokeessa käytettiin pelkän puna-sinisen LED-valon ohella myös lämminvalkoisia ja kylmävalkoisia aallonpituuksia sisältäviä LED-valoja yhdistettynä värillisiin LED-valoihin. Kokeen tuloksissa todettiin, että salaatti kasvoi parhaiten HPS-valon ohella lämminvalkoisessa LED-valossa, jonka spektriin sisältyi melko paljon punaista, jonkin verran sinistä sekä vihreää ja kaukopunaista valoa. Sini-punainen valo sekä kylmävalkoinen valo, johon oli lisätty punaista valoa, menestyivät kokeessa heikoiten. Kasvien tuorepaino, lehtien lukumäärä, lehtiala ja korkeus jäivät näissä valaistuksissa alhaisiksi. Sini-punavalossa esiintyi myös eniten lehdenreunapoltetta. Kokeen tulokset osoittivat, ettei pelkkä sini-punainen valo tuo parhaita kasvituloksia, vaan yhteyttämistä edistävän PAR-säteilyn lisäksi salaatin tulee saada kaukopunaista valoa edistämään lehtien pituuskasvua ja sen myötä lehtipinta-alaa sekä tuorepainoa. (Rantanen ym. 2010, 18-19.)

Aalto-yliopiston ja Helsingin yliopiston yhteishankkeen jatko-osassa päätettiin myös samansuuntaisiin tuloksiin, että lämminvalkoinen LED-valo soveltuu hyvin salaattien kasvuvaloksi. Jatko-osassa koe toteutettiin luonnonvalossa ja kasvun ohella seurattiin salaatin ravitsemuksellista laatua sekä DLC-järjestelmän vaikutusta säteilysummaan ja sähkönkulutukseen. DLC on dynaaminen valaistuksensäätöjärjestelmä, joka säätelee valaistuksen intensiteettiä luonnonvalon mukaan. DLC-järjestelmän tavoitteena on sähköenergian kulutuksen pienentäminen. Kokeessa käytettiin pelkkää LED-valoa, DLC-sensorilla varustettua LED-valoa ja HPS-valaisimia. DLC-järjestelmän todettiin pienentävän sähkönkulutusta 20 prosenttia pelkkään LED-valoon verrattuna. DLC-LED-valotuksessa säteilysumma jäi 14 prosenttia pienemmäksi, mikä teki kasveista hieman pienikokoisempia muihin käsittelyihin verrattuna. Kokeessa todettiin, että DLC-järjestelmän energiansäästömahdollisuuksista tulisi tehdä pidempiaikaista tutkimusta. Riittävän valotehon aikaansaaminen energiatehokkaasti kasvihuoneviljelyssä vaatii vielä kehittämistä. (Rantanen, Pinho, Kauste, Joensuu, Palonen, Neves, Hytönen, Elomaa & Halonen 2011, 10-11.)

Tällä hetkellä LED-valoista saadaan saman verran valoa kulutettua sähköenergiaa kohden kuin suurpainenatriumlampuista. Muutaman vuoden kuluessa LED-valojen energiatehokkuus saattaa nousta 50 prosenttia suurpainenatriumlamppua korkeammaksi. Energiankulutusta ja kasvihuonepäästöjä tuotettua satokiloa kohden voidaan vähentää merkittävästi korvaamalla osa suurpainelampuista LED-valoilla. Energiaa säästyy myös kun valotuksesta syntyvää lämpöä ei tarvitse tuulettaa ulos. (Kaukoranta 2012, 12).

LED-valot tuottavat vähän kasveihin suoraan kohdistuvaa lämpösäteilyä, minkä ansiosta ne voidaan viedä lähemmäs kasvin latvustoa. Tämä tuo erilaisia mahdollisuuksia viljelyyn, kuten kerrosviljelyyn, joka soveltuu monien kasvien viljelyyn sekä lisäykseen. Kerrosviljelyssä voidaan käyttää muutakin valaistusta, mutta LED-valojen avulla tuotantoa voidaan tehostaa lisäämällä hyllyköiden määrää kun lämpösäteilyltä vältytään. (Buck n.d., 28.)

LED-valojen säätöjärjestelmät tulevat myös kehittymään. Sensoreiden avulla voidaan saada tietoa auringonvalon määrästä eri aikoina sekä valon sijainnista kasvihuoneen eri osissa. Tietojen avulla voidaan antaa tai vähentää lisävalotusta tarpeen mukaan. Tutkinnan kohteena on myös LED-valotuksen vaikutus muun muassa sadon ajoitukseen ja määrään, antioksidanttipitoisuuteen, aistinvaraiseen laatuun sekä sadonkorjuun jälkeiseen säilyvyyteen. LED-valotuksen käyttömahdollisuuksia tutkitaan myös lisäyksessä sekä varrennuksessa ja korjatun sadon lajittelussa. (Mitchell, Both, Bourget, Burr, Kubota, Lopez, Morrow & Runkle 2012, 10.)

### 2.4.2 LED-valotuksen käyttö kasvintuhoojien torjunnassa

Valolla voidaan vaikuttaa tuhoeläimiin sekä taudinaiheuttajiin eri tavoin. Salaatilla punaisen valon on todettu lisäävän fenolisten aineiden määrää. Fenoliset aineet toimivat kasvin puolustusaineina tuholaisia vastaan. Valon spektri voi myös vaikuttaa hyödyllisten torjuntaeliöiden menestymiseen. Valolla on mahdollista vaikuttaa suoraan tuholaisiin esimerkiksi pyrkimällä vaikeuttamaan tuholaisen liikkumista niin, etteivät ne löydä isäntäkasviaan. (Salonen 2011, 5.)

MTT:llä toteutetussa kokeessa ansarijauhiaiset löysivät tiensä parhaiten tomaatin lehdelle, kun valotuksessa käytettiin valkoista valoa. Sen sijaan punainen ja sininen valo vaikeuttivat lehden löytämistä. Toisaalta Kanadassa toteutetussa kokeessa on saatu päinvastaisia tuloksia, sillä lisävalona käytetty sininen LED-valo houkutteli kalifornianripsäisiä enemmän kasvin lehdille kuin valkoinen ja punainen LED. Punaista ja sinistä valoa yhdistämällä punainen valo ei kuitenkaan toiminut tuhojia häiritsevästi. Toisessa tutkimuksessa sinisillä LED-valoilla toteutettu välivalotus vaikutti ansarijauhiaisten määrään vähentävästi keltaisissa liima-ansoissa.

Valon vaikutusta taudinaiheuttajiin on tutkittu Norjassa ruusuhärmällä. Kokeessa pimeässä annettu tunnin mittainen valojakso punaisella valolla vähensi ruusunhärmän itiömuodostumista ja leviämistä. (Salonen 2011, 5-6).

### 2.4.3 LED-valotuksen vaikutus ruukkusalaatin sisäiseen laatuun

Valo vaikuttaa kasvien sisäiseen laatuun. Salaatilla valon laatu vaikuttaa monien vitamiinien (A, C, K, B), antioksidanttien sekä haitallisen nitraatin määrään. (Rantanen, Hytönen, Mouhu, Palonen, Elomaa, Pinho & Halonen 2010, 18.)

Urbonavičiūtė, Samuolienė, Brazaitytė, Ulinskaitė, Jankauskienė, Duchovskis ja Žukauskas (2008, 83-92) ovat tutkineet LED-valojen vaikutusta eri vihannesten aineenvaihduntaan sekä sisäiseen, ravintoaineelliseen laatuun. Kokeessa käytettiin pelkkää punaista LED-valoa sekä neljää eri aallonpituutta sisältävää LED-valoa (450 nm, 640 nm, 660 nm ja 735 nm). LED-valotuksen todettiin soveltuvan salaatin, meiramin, vehnäruohon ja lehtevän retiisin kasvatukseen. Näillä kasveilla nitraattipitoisuudet vähenivät ja sokeri- ja C-vitamiinipitoisuus kasvoivat. Nitraattipitoi-

suudet pienentyivät salaatile ja meiramilla eniten, kun käytössä oli 640 nm LED-valo. Tillillä, basilikalla ja vehnäruoholla punainen valo lisäsi lehtien nitraattipitoisuuksia. Salaatinviljelyyn soveltui parhaiten eri aallonpituuksista yhdistetty valo, sillä se oli fotosynteesin kannalta paras vaihtoehto. Eri aallonpituuksia sisältävä valo sai salaatteihin kolme kertaa suuremman fruktoosipitoisuuden kuin suurpainenatriumvalotus. Myös pelkässä punaisessa LED-valossa fruktoosipitoisuus oli 2,5 kertaa suurempi kuin suurpainenatriumvaloilla. Tulosten perusteella kasvien aineenvaihduntaa voidaan ohjailta valon avulla ja vaikuttaa sitä kautta vihannesten ravitsemukselliseen laatuun. Haluttujen tulosten aikaansaaminen voi kuitenkin olla hankalaa, sillä eri kasvit reagoivat valo-olosuhteisiin eri tavalla.

Samankaltaisia tuloksia ovat saaneet myös Samuolienè, Urbonavičiūtė, Brazaitytė, Jankauskienė, Duchovskis, Bliznikas ja Žukauskas (2009, 111-120), jotka tutkivat punaista, alhaista aallonpituutta sisältävien LED-valojen vaikutusta salaatin yhteyttämiseen, ravitsemukselliseen laatuun ja vanhettumiseen eli senesenssiin. Kokeen salaateit kasvatettiin luonnonvalossa HPS-valotuksella ja kuusi päivää ennen sadonkorjuuta ne saivat punaista LED-valoa 24 tunnin ajan. LED-valotuksen todettiin laskevan salaatin nitraattipitoisuuksia sekä nostavan C-vitamiinin, sokereiden ja karotenoidien määrää ja nopeuttavan vanhettumista.

Aalto-yliopiston ja Helsingin yliopiston yhteishankkeessa sekä sen jatko-osassa selvitettiin salaatin ravitsemuksellista laatua E-vitamiinin, A-vitamiinin esiasteen luteiinin, folaatin ja nitraattipitoisuuden suhteen. Ilman luonnonvaloa kasvaneilla salaatteilla nitraattipitoisuudet pysyivät sallituissa rajoissa, eikä eri käsittelyiden välillä ollut eroja. E-vitamiinia ja luteiinia kertyi salaatteihin kuivapainoa kohden enemmän sinipunaisessa valossa kuin lämminvalkoisessa LED-valossa tai HPS-valossa. Luonnonvalossa kasvatetuilla salaatteilla vitamiinien ja nitraatin pitoisuudet olivat kaikissa käsittelyissä samalla tasolla. (Rantanen ym. 2011, 11.)

### 3 RUUKKUSALAATIN SISÄINEN LAATU

#### 3.1 Nitraattipitoisuudet salaatin laatuun vaikuttavina tekijöinä

Typellä on tärkeä osuus kasvien ravitsemuksessa ja toiminnassa. Nitraatti ja muut typpiyhdisteet ovat yhteydessä kasvien aineenvaihduntaan. Nitraattia on pääasiassa kasvin solurakkuloissa, joista sitä siirtyy ksylemiin eli puusolukkoon. Ksyleemi kuljettaa vettä ja ravinteita juurista lehtiin ja nila siirtää yhteyttämistuotteita lehdistä kasvin kasvupisteisiin. Tämä vaikuttaa myös nitraatin jakautumiseen lehtien ja varastoelimiä välillä. Nitraattipitoisuudet ovat suurempia lehtivihanneksilla kuin juurikkeilla. Nuoremmissa lehdistä nitraattia esiintyy vähemmän kuin vanhemmissa lehdistä. (Nitrate in Vegetables 2008, 13.)

Nitraattia ( $\text{NO}_3^-$  eli nitraatti-ioni) löytyy luonnostaan tai lannoituksesta johtuen kasviksista sekä juomavedestä. Kasvisten nitraattipitoisuuksiin vaikuttavat lannoituksen ohella valon määrä, prosessointi, kuivuus kasvukaudella sekä runsas typen määrä maaperässä. Suurin altistuminen nitraateille tapahtuu kasvisten kautta, juomaveden ja muiden elintarvikkeiden ollessa vähemmän merkittäviä tekijöitä. Kasviksista nitraattia sisältävät paljon pinaatti, nokkonen, salaatti, kiinankaali ja punajuuri. (Evira 2011.)

Nitraattia kertyy kasveihin yleensä enemmän talviaikaan viljeltäessä alhaisen valonvoimakkuuden vuoksi. Nitraattipitoisuuteen vaikuttavat lisäksi kasvin perimä, ikä ja ympäristö. Nitraattipitoisuus on suurempi kasvin lehtiruodissa kuin lehdistä. (Konstantopoulou, Kapotis, Salachas, Petropoulos, Karapanos & Passam 2010, 93.e1.)

##### 3.1.1 Nitraatin aiheuttamat terveyshaitat ja sallitut enimmäispitoisuudet

Nitraatit pelkistyvät elimistössä nitriiteiksi sekä karsinogeenisiksi nitrosamiineiksi (Konstantopoulou ym. 2010, 93.e1). Nitriitti muuntaa veren hemoglobiinin methemoglobiiniksi, joka ei pysty sitomaan ja kuljettamaan soluille happea yhtä tehokkaasti kuin hemoglobiini. Vastasyntyneet ja pienet lapset ovat nitraatille herkimpiä. (Evira 2011.)

Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen, EFSA:n vuonna 2008 tekemässä arvioissa nitraatin saantisuosituksukset eivät ylittyneet keskivertokuluttajalla, kun erilaisia kasviksia ja hedelmiä käytettiin 400 grammaa vuorokaudessa. Vain 2,5 prosentilla EU:n väestöstä oli todennäköisyys ylittää nitraatin suositellut rajat vihreiden lehtivihannesten, kuten esimerkiksi rucolan, lehtisalaatin ja pinaatin käytön ollessa runsasta. Korkeimmat nitraattipitoisuudet on mitattu rucola-salaatista, jonka päivittäisen annoksen ollessa 47 grammaa saattavat nitraattisuositukset ylittyä. Kyseinen rucolan käyttömäärä ei ole kuitenkaan päivittäin pitkällä aikavälillä todennäköistä, eikä satunnaisesta suositusten ylityksestä koidu terveydelle vaaraa. Arvion mukaan myöskään kasvissyöjillä ei ollut todennäköisyyttä altistua nitraatille. (Ruokatieto Yhdistys ry 2008.)

SCF:n (Scientific Committee on Food) suosittelema ADI-arvo (An Acceptable Daily Intake) eli päivittäin saantisuositus nitraatille on 3,8 mg/kg. 60-kiloisella ihmisellä nitraattimäärä olisi siis 222 mg vuorokaudessa. Tähän määrään on laskettu kaikki ravinnosta ja juomavedestä saatava nitraatti, jossa 400 grammasta erilaisia vihanneksia ja kasviksia saataisiin 157 mg nitraattia. (Nitrate in vegetables 2008, 2)

Euroopan unionin jäsenvaltioiden on seurattava niiden vihannesten nitraattipitoisuutta, joissa pitoisuus saattaa olla merkittävä. Erityisesti vihreitä lehtivihanneksia tulee seurata nitraattipitoisuuksien suhteen. Tulokset seurannasta tulee ilmoittaa komissiolle vuosittain. (Komission asetus (EY) N:o 1881/2006, annettu 19.12.2006.) Suomessa lehtivihannesten nitraattipitoisuutta valvovat elintarvikeviranomaiset, tullilaitos sekä vihannestuottajat. (Ruokatieto Yhdistys ry 2008.) Salaattien sallitut nitraattipitoisuudet vaihtelevat riippuen siitä onko salaatti kasvatettu katteen alla vai avomaalla. Kateviljelyssä korjuuajankohdalla on myös vaikutusta sallittuihin pitoisuuksiin. Salaattien nitraattipitoisuuksissa noudatetaan Euroopan komission asetusta N:o 1258/2011. (Euroopan unionin virallinen lehti 2011, 15-17). Taulukkoon 1 on koottu asetuksen määrittämät nitraatin enimmäismäärät tuoreella salaatilla, jäävuorisalaatilla ja rucolalla.

Taulukko 1. Euroopan komission asetuksen N:o 1258/2011 sallimat nitraatin enimmäismäärät salaatilla, jäävuorisalaatilla ja rucolalla. Sallittuihin enimmäismääriin vaikuttavat viljeltävän kasvin lisäksi kasvatustapa sekä sadonkorjuun ajankohta. (Komission asetus (EU) N:o 1258:2011, annettu 2.12.2011.)

Elintarvikkeet	Enimmäismäärät (mg NO <sub>3</sub> /kg)	
Tuore salaatti ( <i>Lactuca sativa</i> L.) (kasvihuoneessa ja avomaalla kasvatettu salaatti)	Sato korjattu 1.10.-31.3.:	
	Katteen alla kasvatettu salaatti	5000
	Avomaalla kasvatettu salaatti	4000
	Sato korjattu 1.4.-30.9.:	
	Katteen alla kasvatettu salaatti	4000
	Avomaalla kasvatettu salaatti	3000
Jäävuorisalaatit	Katteen alla kasvatettu salaatti	2500
	Avomaalla kasvatettu salaatti	2000
Rucola ( <i>Eruca sativa</i> , <i>Diplotaxis</i> sp, <i>Brassica tenuifolia</i> , <i>Sisymbrium tenuifolium</i> )	Sato korjattu 1.10.-31.3.:	7000
	Sato korjattu 1.4.-30.9.:	6000

### 3.2 Nitraattipitoisuuksien hallinta viljelyssä

Nitraatin kertymiseen voidaan vaikuttaa monin eri tavoin viljelyn aikana ja sen jälkeen. Erityisesti valo-oloilla on tärkeä merkitys nitraattien syntymisessä. Kasvisten nitraattipitoisuudet nousevat, kun niitä viljellään heikoissa valo-olosuhteissa. Normaalisti nitraatti muuttuu lehdissä ammoniumiksi, joka toimii valkuaisaineiden rakennusosana. Vähäisemmissä valo-olosuhteissa nitraattia kulkeutuu enemmän kasvin muihin osiin, kuin sitä kuluu valkuaisaineiden muodostukseen. Talviaikana valo-oloja tulee parantaa tekovalon avulla, ja lisäksi on tärkeää huolehtia, että kasvihuoneiden katteet ovat puhtaita ja taimitiheys on oikealla tasolla, jolloin kasvusto saa riittävästi valoa. Myös viljelyjakso kannattaa ajoittaa niin, että aloittaminen ja lopettaminen tapahtuu ajanjaksona, jolloin luonnonvalo on riittävästi. (Murmann 2008, 16)

Toisaalta korkeaa nitraattipitoisuutta voi esiintyä myös liiassa valossa ja lämmössä, esimerkiksi lisävalaistuksen tuomasta lämmöstä johtuen tai helteillä. Etenkin helteillä on tärkeää huolehtia kasvihuoneen riittävästä jäähdyttämisestä, sillä nitraattipitoisuuksien nousun lisäksi myös lehdenreunapoltteen ja kasvien venymisen riski kasvaa. Nitraattipitoisuuden vähentämiseksi hiilidioksidipitoisuus tulisi pitää 500-1000 ppm:n välillä. (Seppälä, n.d.)

Myös lannoituksella on oleellinen vaikutus nitraattipitoisuuksissa. Nitraatin otto ja kerääntyminen kasveissa liittyy ensisijaisesti käytetyn typpilannoitteen määrään ja muotoon. (Konstantopoulou ym. 2010, 93.e.) Pavlou, Ehaliotis & Kavvadias (2007, 319) esittävät, että orgaanisen ja epäorgaanisen lannoituksen käytöllä olisi eroja nitraattien kertymiseen lehtisalaatilla. Tutkimuksessa saatiin korkeimmat nitraattitasot, kun käytettiin keski- ja maksimimääräisiä lannoitekäsitteilyjä epäorgaanisella lannoitteella. Viljelyajankohdalla ei ollut nitraatin kertymiseen vaikutusta. Epäorgaanisia lannoitteita saaneiden kasvien nitraattipitoisuus oli huomattavasti suurempi verrattuna orgaanisen lannoitteen käyttöön (keski- ja maksimitasolla) sekä kun käytettiin pienempää määrää epäorgaanista lannoitetta. Pienimmät nitraattipitoisuudet esiintyivät kontrolliryhmän kasveilla, joita ei lannoitettu ollenkaan. Epäorgaanisen lannoitteen runsasta käyttöä kokeen tuloksissa suositeltiin välttämään, sillä huonoissa valo-olosuhteissa nitraattipitoisuudet kohosivat.

Ravinneliuos- ja kasvianalyyseillä on tärkeä merkitys ruukkukasvien sadon laadun parantamisessa. Kasvinäytteiden ottoon onkin tärkeää kiinnittää huomiota. Kasvinäytteet tulisi yleensä lähettää maanantaina ruukkuihneeseen, jotta kasvit eivät ehdi nuutua ennen näytteiden nitraattipitoisuuksien analysointia. Korkea nitraattipitoisuus voi selittyä sillä, että vesi on päässyt loppumaan kasvuturpeesta, jolloin taimien tuorepaino on matala. (Seppälä, n.d.)

Murmann (2008, 16) esittää, että ennen sadonkorjuuta voitaisiin käyttää laimennettua ravinneliuosta kastelussa tai jopa puhdasta vettä parin päivän ajan ennen korjuuta, jolloin nitraattipitoisuuksia voitaisiin laskea. Salaattien nitraattitasot saattavat nousta vielä korjuun jälkeen kuljetusten, säilytyksen ja myynnin aikana, jos olot ovat kasvulle otolliset, mutta valoa

on niukasti. Omajuuriset salaattit jatkavat kasvua sekä veden ja ravinteidenottoa, kun kasvualustassa on vielä ravinteita mukana. Tämä voi olla merkittävä seikka, jos salaatin nitraattitasot olivat jo ennen korjuuta lähellä enimmäismääriä. Salaatin sadonkorjuun jälkeinen jäähditys onkin tärkeää tehdä viljelmällä huolellisesti, jolloin salaatin kasvu pysähtyy, eivätkä nitraattitasot pääse muuttumaan.

## 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Opinnäytetyöhön sisältyi kaksi salaattikoetta, jotka toteutettiin Hämeen ammattikorkeakoulun Lepaan yksikössä. Kokeet suoritettiin Lepaan kasvihuoneen koeosastossa kevään ja alkukesän 2012 aikana. Kokeiden taimikasvatukset toteutettiin HPS- ja LED-valaisimilla. Kokeissa oli käytössä Valoya Oy:n 150 W LED-kasvuvalo AP673, B-sarja. HPS-valaisimiin ei ole tässä opinnäytetyössä keskitytty tarkemmin, sillä Lepaalla on toteutettu aikaisemmin opinnäytetöitä, joissa on vertailtu HPS- ja LED-valaisimien eroja.

Ensimmäisessä kokeessa taimikasvatus sekä viljely toteutettiin kokonaan ilman luonnonvaloa. Luonnonvalo suljettiin kokeesta pois varjotusverhoja apuna käyttäen. Toisessa kokeessa taimikasvatus ja viljely tapahtuivat luonnonvalossa. Molemmissa kokeissa käytettiin lannoitus-suositusten mukaista ravinneliuoksen johtokykyä, mutta sen lisäksi käytettiin myös normaalia korkeampaa johtokykytasoa.

### 4.1 Lajike ja taimikasvatus

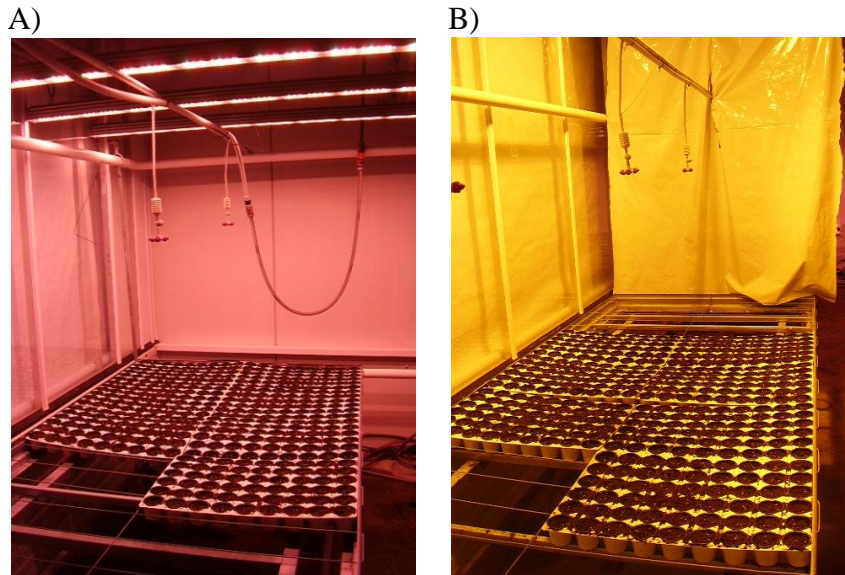
Kokeiden lajikkeeksi valittiin vihreä jääsalaatti 'Frillice'. Jääsalaatti *Lactuca* sp. 'Frillice' on tavallisen lehtisalaatin ja rapealehtisen keräsalaatin risteytys. Kuluttajille jääsalaatti esiteltiin erikoisuutuuksena vuonna 1998, minkä jälkeen se on vakiinnuttanut asemansa. Jääsalaatin valtteina ovat sen maku, rapeus ja monikäyttöisyys. (Voipio 2001, 169; Soini 2002, 4-5.)

Kasvualustana molemmissa kokeissa käytettiin Kekkilän lannoitettua ja kalkittua White 620 kasvuturvetta, joka on salaatin viljelyyn ja taimikasvatukseen soveltuva vaalea turve. Ennen siementen kylvöä kasvuturvetta käsiteltiin Gliomix®-hyötymikrobi-valmisteella. 50 grammaa jauhemaista Gliomix® -valmistetta sekoitettiin 5 litraan vettä, jolloin saatiin 1 % liuos. Gliomix® sisältää *Gliocladium*-sienen itiöitä ja rihmastoa jauhemaisessa muodossa. Valmiste edistää kasveille hyödyllisen mikrobiston kehittymistä kasvualustaan, parantaa itämistä ja edistää juurten kasvua sekä lisäksi parantaa stressinsietokykyä ja suojaa kasvitaudeilta. (Hyötymikrobivalmiste Gliomix®. n.d.)

Pilleröidyt siemenet kylvettiin VEFI:n salaattiruukkuihin. Kylvömääränä käytettiin kahta siementä yhtä ruukkua kohden. Siemeniä idätettiin noin puolentoista vuorokauden ajan mustavalkoisen muovin alla, kunnes sirkakajuuri oli tullut näkyviin. Tämän jälkeen muovi poistettiin ja taimikenoista puolet siirrettiin HPS-valotuksen alle ja toiset puolet LED-valotuksen alle (Kuva 2.) Viljelypöydät erotettiin toisistaan mustavalkomuovin avulla. Ensimmäisen vuorokauden aikana taimia sumutettiin 15 minuutin välein 3 sekuntia kerrallaan. Tämän jälkeen taimia sumutettiin kahden vuorokauden ajan 30 minuutin välein 3 sekunnin ajan. Valotusaika taimikasvatuksessa oli 20 tuntia, ja päivälämpötila 17 °C. Yölämpötila taimikasvatuksen aikana oli 15 °C.

Ensimmäisessä kokeessa taimikasvatus toteutettiin ilman luonnonvaloa. Toisessa kokeessa taimet saivat luonnonvaloa ja lisäksi valojen välillä

oleva muovi poistettiin. Molempien kokeiden taimikasvatuksessa käytettiin samaa valotusta, jossa taimista puolet sai HPS-valoa ja puolet LED-valoa. Taimikasvatuksessa PAR-valon määrän oli tarkoitus olla  $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , mutta HPS-valaisimilla määrä jäi alhaisemmaksi, sillä valaisimia ei saatu laskettua oikealle tasolle. Tämän johdosta myös LED-valaisimia laskettiin alemmas ja PAR-valon määräksi molemmilla valaisimilla tuli  $70 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ .



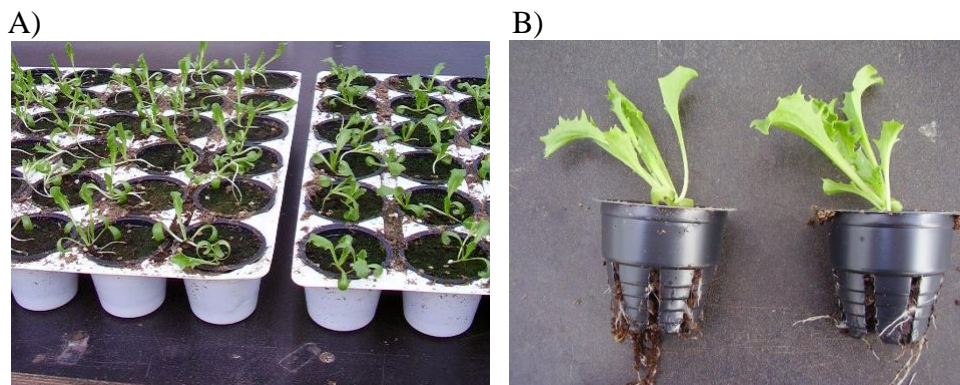
Kuva 2. Salaattien taimikasvatusta eri valaisimilla. A) Taimikasvatusta LED-valotuksessa B) Taimikasvatusta HPS-valotuksessa. Molemmat kuvat ovat ilman luonnonvaloa toteutetusta kokeesta.

Seitsemän vuorokauden kuluttua ensimmäisen kokeen kylvöstä todettiin, etteivät taimet olleet riittävän hyvälaatuisia kokeen taimimateriaaliksi. Taimet olivat venyneitä, hentovartisia ja kaatuilevia. LED- ja HPS-valotuksissa olleista taimista otettiin vertailevia valokuvia ja taimien pituudet mitattiin (Kuva 3.) Jokaisesta taimikennosta mitattiin joka kymmenes ruukku. HPS-valoa saaneiden taimien pituuksien keskiarvo oli 3 cm ja LED-valotusta saaneiden taimien 2 cm. Silmämääräisesti arvioituna HPS-valon alla kasvaneet taimet olivat venyneempiä ja hentovartisempia kuin LED-valon alla olleet taimet. Mittauksen jälkeen kaikki taimet irrotettiin ruukuista juurineen ja kylvö tehtiin uudelleen samaan kasvualustaan ja peitettiin jälleen mustavalkoisella muovilla noin puolentoista vuorokauden ajaksi. Poikkeuksena aikaisempiin olosuhteisiin, taimikasvatuksen päivälämpötilaksi säädettiin 15 astetta. Lisäksi varjostusverhoja avattiin 5 % ja tuuletusta lisättiin.



Kuva 3. HPS- ja LED-valotuksessa kasvanut taimet vertailussa ensimmäisessä kokeessa

Kasvun edistyessä eri valotuksissa kasvaneista taimista otettiin vertailevia valokuvia (kuva 4.)



Kuva 4. HPS- ja LED-valotusta saaneet taimet vertailussa A) Pimeässä kasvatettuja taimia, kuvassa vasemalla HPS-valon taimet ja oikealla LED-valon taimet B) Luonnonvalossa kasvatettuja taimia, vasemalla kuvassa HPS-valoa saanut taimi, oikealla LED-valossa kasvanut taimi.

#### 4.2 Koejärjestelyt

Molemmista kokeista viljelykouruja oli yhteensä 20 kappaletta, joista 4 kappaletta oli suojarivejä. Myös kourujen päädyissä oli viiden kasvin suojavaikot. Kouruista puolet sai ravinneliuosta, jonka johtokyky oli 2,0 mS/cm ja puolet ravinneliuosta, jossa johtokyky oli 2,8 mS/cm. Taimet siirrettiin kouruihin kokeissa siten, että joka toisessa kourussa oli HPS-valotusta saaneita taimia ja joka toisessa kourussa LED-valotusta saaneita taimia. Koejärjestely on esitetty kuviossa 1. Samaa koejärjestelyä käytettiin molemmista kokeista (Kuva 5).

Johtokyky 2,0 mS/cm										Johtokyky 2,8 mS/cm									
Suojarivi	A	B	A	B	A	B	A	B	Suojarivi	Suojarivi	A	B	A	B	A	B	A	B	Suojarivi

Kuvio 1. Koejärjestelyt ilman luonnonvaloa sekä luonnonvalossa toteutetussa kokeessa ravinneliuksen eri johtokykylukemissa. Neljän suojarivin lisäksi kourujen päädyissä käytettiin viiden salaatin suojavyöhykkeitä. Kirjaimet kuvaavat taimikasvatuksessa käytettyä valotusta: A=LED, B=HPS.

A)



B)



Kuva 5. Kokeiden koejärjestelyt A) LED-valotus ilman luonnonvaloa ensimmäisessä kokeessa B) LED-valotus luonnonvalossa toisessa kokeessa. Molemmissa kuvissa vasemmalla puolella on käytössä 2,0 mS/cm johtokyky ja oikealla on 2,8 mS/cm johtokyky.

#### 4.3 Ravinneliuosviljely

Salaattien taimet siirrettiin ravinneliuosviljelyyn taulukon 2 aikataulujen mukaisesti.

Taulukko 2. Kokeiden aikataulu keväällä ja kesällä 2012

	Kylvö	Kouruihin siirto	Kokeen lopetus
Ensimmäinen koe (pimennetty)	27.2.	27.3.	24.4.
Toinen koe (luonnonvalossa)	10.5.	29.5.	25.6.

Ravinneliuosviljelyn aikana lämpötila oli 17 °C molemmissa kokeissa, mutta toisessa kokeessa lämpötilat nousivat hieman korkeammiksi luonnonvalon ollessa kokeessa mukana. Kuukausikohtaiset keskilämpötilat ovat esitettynä liitteessä 1.

Taimikasvatuksessa käytettyä LED-valaisintyyppiä (Valoya Oy:n LED-kasvuvalo AP673, B-sarja) käytettiin myös molempien kokeiden ravinneliuosviljelyssä. PAR-valon määrä molemmissa kokeissa oli 100  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ .

Lannoituksessa kokeissa käytettiin Kekkilän Vihannes-Superexia (NPK-jakauma 9-5-31) sekä kalkkisalpietari-magnesiumnitraattiliuosta. Tavoitteena molemmissa kokeissa oli saada johtokykylukemiksi puolelle viljelykouruista 2,0 mS/cm sekä puolelle 2,8 mS/cm. Viljelyn aikana ravinneliuoksesta otettiin näytteitä puristenesteanalyysejä varten. Näytteet lähetettiin analysoitavaksi Hortilab Oy:hin, Närpiöön. Analyyseja ei tarkastella opinäytetyössä tarkemmin, mutta ne löytyvät liitteistä 2 ja 3.

Viljelykouruja harvennettiin salaattien kasvun edistyessä. Ensimmäinen harvennus tehtiin siten, että kourujen väliin jätettiin yhden kourun levyinen tila, mikä oli noin 8 cm. Toisessa harvennuksessa kourujen väliin tilaa jäi noin 15 cm. Ensimmäisen kokeen harvennukset suoritettiin 5.4. ja 16.4. Toisessa kokeessa harvennukset tehtiin 7.6. ja 15.6.

#### 4.4 Salaattien mittaukset

Ensimmäisessä, ilman luonnonvaloa toteutetussa kokeessa kylvöstä sadonkorjuuseen kului aikaa 58 vuorokautta. Luonnonvalossa toteutetussa kokeessa kylvöstä sadonkorjuuseen kului 47 vuorokautta. Molemmissa kokeissa jokaisesta kourusta mitattiin joka kolmas salaatti. Ensimmäisessä kokeessa mitattiin 134 kasvia ja toisessa kokeessa 144 kasvia.

Mitattavista salaateista arvioitiin silmämääräisesti yleiskunto, tiiviys sekä juuriston kunto asteikoilla 1-5. Yleiskunnon arvioinnissa arvosana 5 vastasi tervettä ja hyväkuntoista, hyvän nestejännityksen omaavaa kasvia, jossa oli reunapoltetta vain hyvin pieninä määrinä. Arvosana 1 puolestaan vastasi heikkokuntoista salaattia. Tiiviiden arvioinnissa arvosana 5 vastasi hyvin tiivistä salaattia, kun taas arvosana 1 vastasi hyvin löysää ja harottavaa rakennetta. Juuriston kunnan arvioinnissa arvosana 5 tarkoitti hyväkuntoista, valkoista, pitkää ja hyvin haaroittunutta juuristoa ja arvosana 1 vastasi heikkokuntoista, huonosti haaroittunutta ja väriltään ruskeaa juuristoa.

Silmämääräisen arvioinnin jälkeen salaateista mitattiin korkeus potin yläpuolelta viivoitinta apuna käyttäen. Tämän jälkeen salaatti leikattiin tyvestä ja alkeisvarren pituus mitattiin. Leikattu salaatti punnittiin ja tuorepaino kirjattiin ylös. Jokaisesta käsittelystä valittiin satunnaisesti 10 eri kasvia kuivapainon punnitusta varten, eli yhdestä kokeesta yhteensä 40 kasvia. Kasvit kerättiin paperipusseihin ja kasveja kuivattiin kuivatuskaapissa muutaman päivän ajan. Kuivapaino punnittiin, kun lehdet olivat täysin kuivuneita.

### 4.5 Mittaustulosten analysointi

Tuloksia käsiteltiin IBM SPSS Statistics 20 -ohjelmalla, jonka varianssi-analyysin avulla saatiin selville mittaustulosten tilastolliset merkitsevyydet. Analyysiarvoissa ilmoitetaan F-arvo (testisuure), df-arvo (vapausasteiden määrä) ja P-arvo (tilastollinen merkitsevyys). Tilastollinen merkitsevyys: Ei tilastollisesti merkitseviä eroja ( $p > 0,05$ ), merkitsevät erot ( $p = 0,05-0,01$ ), hyvin merkitsevät erot ( $p = 0,01-0,001$ ), erittäin merkitsevät erot ( $p < 0,001$ ). Ulkoisen laadun tuloksia ei analysoitu SPSS-ohjelmalla, sillä ne olivat silmämääräisiä arviointeja.

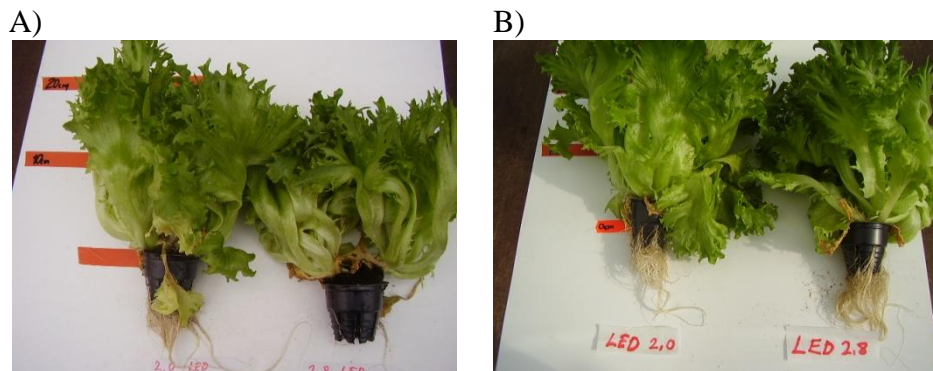
### 4.6 Nitraattikokeet

Viljelyn päättyessä työn molemmissa kokeissa tarkasteltiin salaattien nitraattipitoisuuksia. Eri johtokykykäsittelyistä kerättiin lehtinäytteet, jotka lähetettiin analysoitavaksi Hortilab Oy:hin, Närpiöön. Näytteistä analysoitiin typpi (N), fosfori (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), rikki (S), rauta (Fe), boori (B), kupari (Cu), mangaani (Mn), sinkki (Zn), kuiva-aine ja kasvien nitraatti. Kasvianalyysit löytyvät työn liitteistä 4 ja 6.

Ensimmäisessä, ilman luonnonvaloa toteutetussa kokeessa käsittely nitraattipitoisuuksien laskemiseksi toteutettiin siten, että pimeässä kasvaneille salaateille annettiin luonnonvaloa 3 vuorokauden ajan avaamalla varjostusverhot. Toisessa kokeessa, jossa luonnonvalo oli mukana, käsittely nitraattipitoisuuksien laskemiseksi toteutettiin siten, että kasvien lannoitus lopetettiin ja ravinneliuoksen annettiin laimentua 7 vuorokauden ajan. Käsittelyiden jälkeen kerättiin uudet lehtinäytteet muuttuneiden nitraattipitoisuuksien selvittämiseksi. Käsittelyiden jälkeiset kasvianalyysit löytyvät työn liitteistä 5 ja 7.

## 5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Kokeiden lopetusajankohdat on esitetty opinnäytetyön taulukossa 2. Tuloksissa ja analyysissä on huomioitu vain LED-valotusta taimikasvatuksen aikana saaneet kasvit. Kauppakuntoisissa salaateissa ei ollut nähtävissä eroja sen suhteen, mitä valotusta salaateit olivat taimikasvatuksen aikana saaneet. Kokeiden lopetuksien yhteydessä salaateista otettiin vertailuvia valokuvia (Kuva 7). Taulukossa 3 on esitetty mittaustulosten keskiarvot eri valo-olosuhteissa toteutetuissa kokeissa.



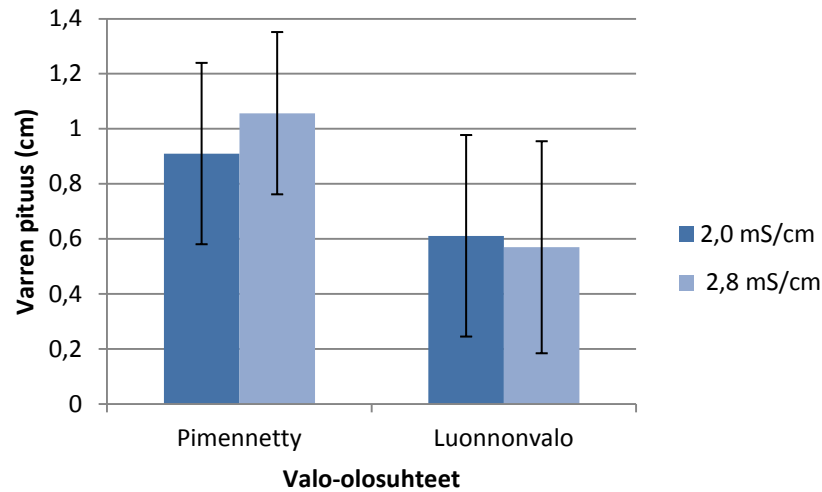
Kuva 6. Eri johtokykykäsittelyissä kasvatettuja salaatteja vertailussa: A) pimennetyssä kokeessa B) luonnonvalokokeessa. Molemmissa kuvissa vasemmalla puolella on 2,0 mS/cm johtokyvyssä kasvatettuja salaatteja ja oikealla 2,8 mS/cm johtokyvyssä kasvatettuja salaatteja.

Taulukko 3. Valo-olosuhteiden ja johtokyvyn vaikutus salaatin korkeuteen, tuore- ja kuivapainoon sekä varren pituuteen. Taulukossa esitetyt lukemat ovat mittaustulosten keskiarvoja.

Valo-olosuhteet	Johtokyky (mS/cm)	Korkeus (cm)	Tuorepaino (g)	Kuivapaino (g)	Varren pituus (cm)
Pimennetty	2,0	18,5	178,1	7,3	0,9
Pimennetty	2,8	19,1	192,9	7,2	1,1
Luonnonvalo	2,0	19,4	263,7	10,3	0,6
Luonnonvalo	2,8	18,6	257,3	9,3	0,6

## 5.1 Varren pituus

Kokeiden lopetuksen yhteydessä salaateista mitattiin alkeisvarren pituus potin yläpuolelta viivoitinta apuna käyttäen. Mittaustulosten keskiarvot ja keskihajonnat ovat esitettynä kuviossa 2.



Kuvio 2. Valo-olosuhteiden vaikutus salaatin alkeisvarren pituuteen eri johtokykykäsitteilyissä

Pimennetyssä kokeessa alkeisvarret kasvoivat pidemmäksi, varsien keskiarvopituuksien ollessa 0,9 ja 1,1 cm eri johtokykyissä. Luonnonvalokokeessa varsien keskiarvopituudet jäivät lyhyemmiksi, 0,6 cm mittaisiksi.

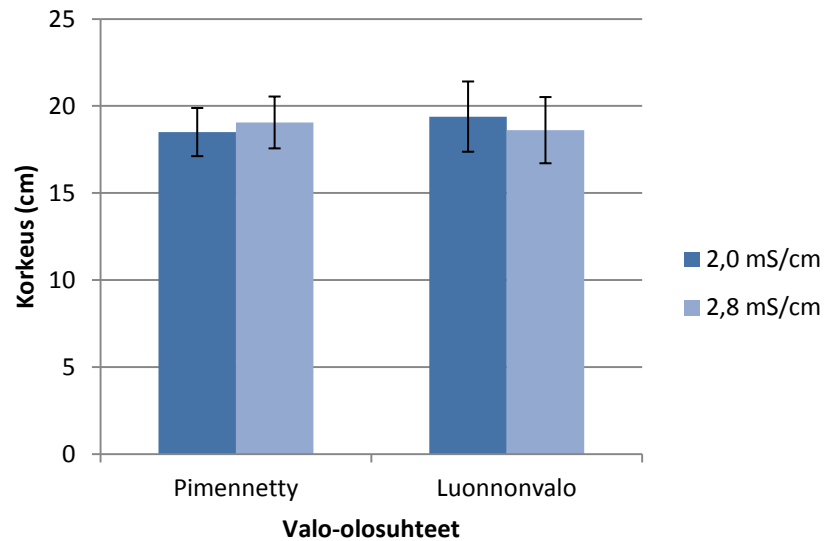
Varianssianalyysin mukaan pimennetyssä kokeessa eri johtokykykäsitteilyiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja salaatin varren pituudessa ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=4,215,  $p$ -arvo=0,044). Luonnonvalokokeessa eri johtokykykäsitteilyiden välillä ei todettu tilastollisesti merkitseviä eroja ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=0,221,  $p$ -arvo=0,640).

Johtokyvyn ollessa 2,0 mS/cm eri valo-olosuhteiden välillä oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=14,024,  $p$ -arvo=0,000). Myös 2,8 mS/cm johtokykytasoisissa erot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=436,945,  $p$ -arvo=0,000).

Opinnäytetyön liitteessä 8 on esitetty eri taimikasvatusvalojen vaikutus varren pituuteen. Pimennetyssä kokeessa HPS- ja LED-valoa saaneet taimet kasvattivat pidemmän alkeisvarren kuin luonnonvalossa kasvatetut taimet. Molemmissa kokeissa HPS-valoa saaneet taimet kasvattivat pidemmän varren verrattuna LED-valotusta saaneisiin taimiin.

## 5.2 Korkeus

Kokeiden päättyessä salaattien korkeus mitattiin ilman pottia kasvualustan yläpuolelta. Korkeuden mittaustulosten keskiarvot ja keskihajonnat ovat esitettyinä kuviossa 3.



Kuvio 3. Valo-olosuhteiden sekä johtokyvyn vaikutus salaatin korkeuteen eri johtokykykäsittelyissä

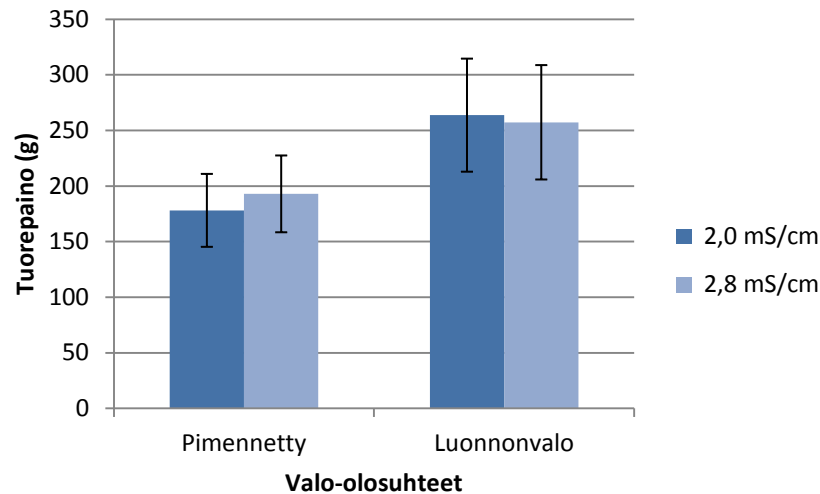
Laatuvaatimusten mukaan jääsalaatin korkeuden tulisi olla 13-18 cm, joten osa salaateista ylitti laatuvaatimusten määrittelemän korkeuden (Kauppapuutarhaliitto Ry) keskiarvopituuksien ollessa 18-19 cm.

Varianssianalyysin mukaan ilman luonnonvaloa kasvaneilla salaateilla eri johtokykykäsittelyiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=2,866,  $p$ -arvo=0,095). Luonnonvalossa kasvatetuilla salaateilla eri johtokykykäsittelyiden välillä ei myöskään ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=2,832,  $p$ -arvo=0,097).

Johtokyvyn ollessa 2,0 mS/cm kokeiden valo-olosuhteiden välillä todettiin tilastollisesti merkitseviä eroja ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=5,104,  $p$ -arvo=0,027). 2,8 mS/cm johtokykylukemissa eri kokeiden valo-olosuhteiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=1,231,  $p$ -arvo=0,271).

### 5.3 Tuorepaino ja kuivapaino

Salaattien tuorepaino punnittiin leikatusta lehtimassasta ilman potteja. Kuviossa 4 on esitetty tuorepainojen keskiarvot ja keskihajonnat. Molemmissa kokeissa kummastakin johtokykykäsittelystä valittiin myös satunnaisesti 10 kappaletta kasveja kuivatukseen, yhteensä 20 kasvia koetta kohden. Kuivauksen jälkeen salaateista mitattiin niiden kuivapainot, joiden keskiarvot ja keskihajonnat ovat esitettynä kuviossa 5.

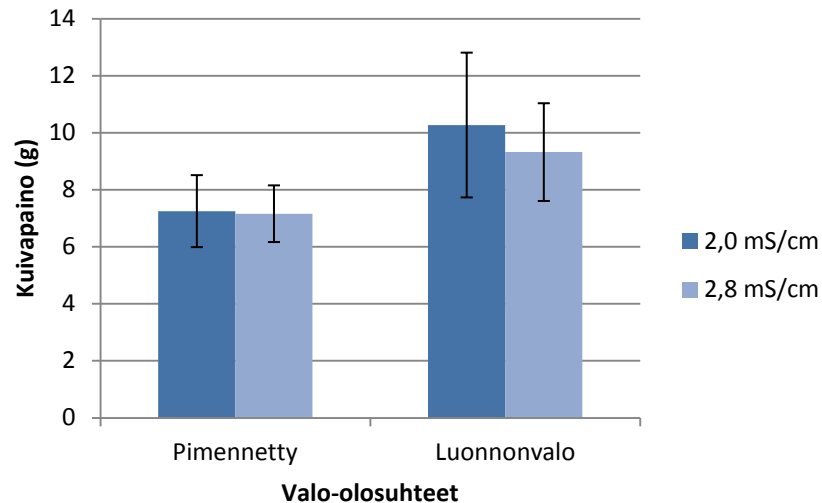


Kuvio 4. Valo-olosuhteiden vaikutus jääsalaatin tuorepainoon eri johtokykylukemissa

Molemmissa kokeissa salaatit ylittivät laatuvaatimusten mukaisen tuorepainon minimipainon, joka jääsalaatilla on vähintään 100 grammaa (Kauppapuutarhaliitto Ry). Tuorepainot olivat keskiarvoltaan 180-260 grammaa. Tuorepainoltaan suuremmat salaatit olivat luonnonvalossa, jossa molemmissa johtokykytasoissa tuorepaino oli yli 250 grammaa. Ilman luonnonvaloa kasvaneilla salaateilla tuorepaino jäi alle 200 gramman.

Pimennetyissä valo-olosuhteissa kasvaneilla salaateilla ei ollut tuorepainossa tilastollisesti merkitseviä eroja eri johtokykykäsittelyiden välillä (df=1, F-arvo=3,738, p-arvo=0,057). Luonnonvalossa kasvaneiden salaattien tuorepainossa ei myöskään todettu tilastollisesti merkitseviä eroja eri johtokykykäsittelyiden välillä (df=1, F-arvo=0,282, p-arvo=0,597).

Johtokyvyn ollessa 2,0 mS/cm tuorepainossa eri kokeiden valo-olosuhteiden välillä oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja (df=1, F-arvo=77,651, p-arvo=0,000). Myös 2,8 mS/cm johtokykykäsittelyissä tuorepainoissa eri kokeiden valo-olosuhteiden välillä oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja (df=1, F-arvo=39,618, p-arvo=0,000).



Kuvio 5. Valo-olosuhteiden vaikutus jääsalaatin kuivapainoon eri johtokykylukemissa

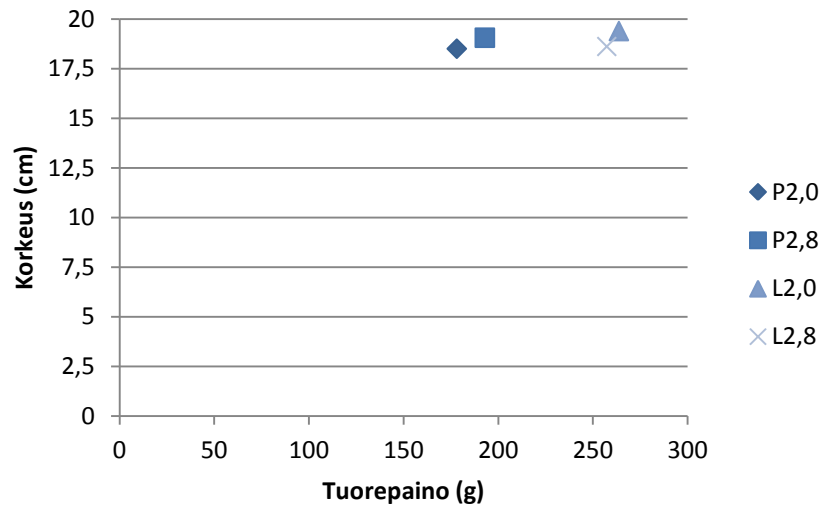
Pimennetyssä kokeessa salaattien kuivapainot olivat keskiarvoltaan noin 7 grammaa. Luonnonvalossa toteutetussa kokeessa salaattien kuivapaino oli korkeampi, keskiarvon ollessa 9-10 grammaa. Tuore- ja kuivapainojen tulokset olivat yhtenevät.

Pimennetyssä kokeessa eri johtokykykäsittelyiden välillä ei todettu olevan tilastollisesti merkitseviä eroja salaatin kuivapainoissa ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=0,031,  $p$ -arvo=0,861). Samaan tulokseen päädyttiin myös luonnonvalokokeessa ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=0,962,  $p$ -arvo=0,340).

Johtokyvyn ollessa 2,0 mS/cm eri valo-olosuhteiden välillä todettiin olevan tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja salaattien kuivapainoissa ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=11,346,  $p$ -arvo=0,003). 2,8 mS/cm johtokykytasossa eri valo-olosuhteiden välillä oli myös tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ( $df=1$ ,  $F$ -arvo=11,889,  $p$ -arvo=0,003). Kuivapainojen tulokset ovat yhteneviä tuorepainojen tulosten kanssa. Ilman luonnonvaloa kasvaneet salaattit olivat tuore- ja kuivapainoltaan kevyempiä kuin luonnonvalossa kasvaneet salaattit.

#### 5.4 Korkeuden ja tuore- ja kuivapainojen suhteet

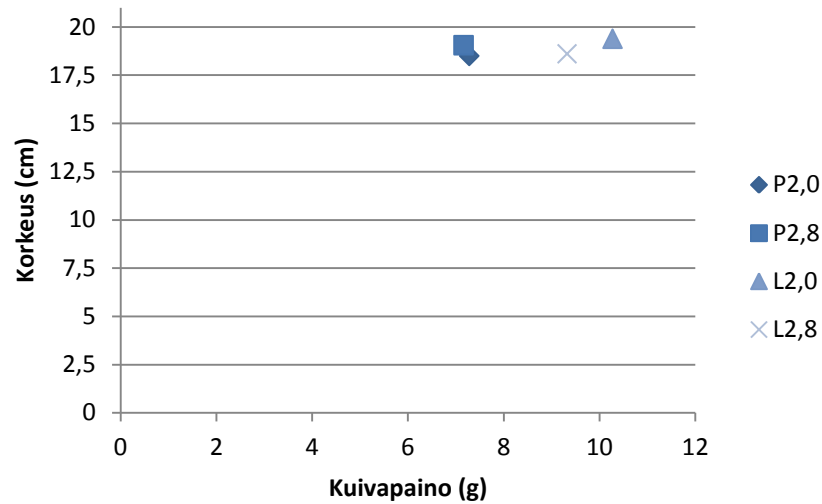
Kuviossa 5 on esitetty jääsalaatin korkeuden ja tuorepainon suhteet ja kuviossa 6 korkeuden ja kuivapainon suhteet.



Kuvio 6. Salaattien korkeuden ja tuorepainon suhde. Kuvassa on esitetty salaattien korkeuksien ja tuorepainojen keskiarvolukemat eri valokäsittelyissä sekä johtokykylukemissa. Oikealla olevat lukemat kuvaavat lannoiteliuosten johtokykytasoja. P-kirjain johtokykylukeman edessä tarkoittaa pimennetyissä valo-olosuhteissa toteutettua koetta ja L-kirjain luonnonvalossa toteutettua koetta.

Salaattien tuorepainon ja korkeuden suhdetta tarkastellessa pimennetyissä valo-olosuhteissa kasvatetut salaatit olivat tuorepainoltaan kevyempiä kuin luonnonvaloa saaneet salaatit. Kuitenkaan eri valo-olosuhteiden välillä ei ollut suuria eroja salaattien korkeuksissa. Luonnonvalossa tuorepainoa kertyi siis enemmän suhteessa korkeuteen kuin pimennetyssä kokeessa.

Matalampi johtokyky saattoi tehdä kasveista pienikokoisempia pimeässä toteutetussa kokeessa, sillä matalamman johtokyvyn salaatit olivat tuorepainoltaan kevyempiä ja hieman lyhyempiä kuin korkeammassa johtokyvyssä olleet salaatit. Luonnonvalokokeessa tulokset menivät kuitenkin toisin, sillä korkeammassa johtokykylukemassa salaatit jäivät pienikokoisemmiksi.



Kuvio 7. Salaattien korkeuden ja kuivapainon suhde. Kuvassa on esitettyä salaattien korkeuksien sekä kuivapainojen keskiarvolukemat eri valokäsittelyissä ja johtokykylukemissa. Oikealla olevat lukemat kuvaavat lannoiteliuosten johtokykytasoja. P-kirjain johtokykylukeman edessä tarkoittaa pimennetyissä valo-olosuhteissa toteutettua koetta ja L-kirjain luonnonvalossa toteutettua koetta.

Salaattien kuivapainon ja korkeuden suhdetta vertaillessa pimennetyissä valo-olosuhteissa kasvaneet salaattit olivat kuivapainoltaan kevyempiä kuin luonnonvaloa saaneet salaattit, kuten tuorepainon ja korkeuden suhteenkin todettiin. Pimeässä toteutetussa kokeessa eri johtokykyjen välillä ei ollut juurikaan eroa kuivapainon kertymisessä suhteessa korkeuteen. Eroa oli havaittavissa selkeämmin tuorepainon ja korkeuden suhteen.

Luonnonvaloa saaneilla salaateilla korkeammassa johtokykylukemassa olleet salaattit olivat korkeudeltaan ja kuivapainoltaan pienempiä kuin matalamman johtokyvyn salaattit. Tulokset olivat yhtenevät korkeuden ja tuorepainon kanssa. Korkeampi johtokyky saattoi tehdä salaateista myös kuivapainoltaan kevyempiä suhteessa korkeuteen.

## 5.5 Ulkoisen laadun arviointi

Salaattien ulkoista laatua arvioitiin silmämääräisesti niiden yleiskunnon, tiiviyn ja juuriston kunnan suhteen asteikolla 1-5. Taulukossa 4 on esitetty arvioinnin keskiarvot sekä moodit.

Taulukko 4. Jääsalaattien yleiskunnon, tiiviyn ja juuriston kunnan arvosanat eri valo-olosuhteissa ja johtokykykäsittelyissä. Taulukossa on esitetty arvosanojen keskiarvot sekä moodit. P-kirjain johtokykykäsittelyssä tarkoittaa pimennetyissä valo-olosuhteissa toteutettua koetta ja L-kirjain tarkoittaa luonnonvalossa toteutettua koetta.

Johtokyky mS/cm	Yleiskunto		Tiiviys		Juuristo	
	Ka	Moodi	Ka	Moodi	Ka	Moodi
P2,0	4,8	5	4,2	5	3,8	5
P2,8	4,9	5	2,9	3	3,8	5
L2,0	3,7	4	3,2	3	2,5	2
L2,8	3,6	3	3	3	1,6	2

Yleiskunnon arvioinnissa arvosana 5 vastasi kunnoltaan erittäin hyväkuntoista salaattia ja arvosana 1 puolestaan kuvasi huonokuntoista salaattia. Arvioinnissa otettiin huomioon myös reunapoltteen määrä. Yleiskunnoltaan parhaimmat salaattit saatiin pimennetyissä valo-olosuhteissa. Eri johtokykykäsittelyillä ei ollut juurikaan vaikutusta salaatin yleiskuntoon pimeässä. Luonnonvaloa saaneilla salaateilla yleiskunto oli hieman matalampi kuin ilman luonnonvaloa kasvaneilla salaateilla ja myös reunapoltetta löytyi hieman enemmän, mikä on huomioitu kuntoarvioinneissa. Luonnonvalossa saaneilla salaateilla korkeampi johtokyky laski yleiskunnon arvosanaa.

Tiiviyn arvioinnissa arvosana 5 vastasi rakenteeltaan hyvin tiivistä salaattia ja arvosana 1 rakenteeltaan hyvin löysää ja harottavaa salaattia. Tiiviimmät salaattit saatiin pimennetyissä valo-olosuhteissa lannoiteliuoksen johtokyky ollessa 2,0 mS/cm. Tiiviyn keskiarvolukemien mukaan korkeampi johtokykykäsittely heikensi salaattien rakennetta, mutta moodilukemissa vastaavaa eroa ei ole nähtävissä. Moodilukemien mukaan luonnonvalossa kasvaneilla salaateilla johtokyky ei vaikuttanut tiiviyyteen.

Juuriston kunnan arvioinnissa arvosana 5 vastasi juuristoltaan hyväkuntoista ja hyvin haaroittunutta, vaaleaa ja tuuhea juuristoa. Arvosana 1 vastasi huonokuntoista, huonosti haaroittunutta ja väriltään tummaa juuristoa. Pimennetyissä valo-olosuhteissa kasvaneet salaattit olivat juuristoltaan parempikuntoisempia kuin luonnonvaloa saaneet salaattit. Pimeässä olleilla salaateilla eri johtokykytaso ei vaikuttanut juuriston kuntoon. Luonnonvaloa saaneilla salaateilla korkeampi johtokyky laski juuriston kuntoa keskiarvolukemissa, mutta moodilukemissa eroa ei ole eri johtokykytasojen välillä nähtävissä.

## 5.6 Salaattien nitraattipitoisuudet nitraattikäsittelyissä

Nitraattipitoisuuksien arvioinnissa on käytetty Euroopan komission asetus-  
ta N:o 1258/2011, jonka mukaan nitraatin sallittu enimmäismäärä katteen  
alla kasvatetuilla salaateilla on 4000 mg/kg, kun sadonkorjuu tehdään 1.4.-  
30.9. Asetuksen sallimat enimmäismäärät on esitetty opinnäytetyön taulu-  
kossa 1.

Ensimmäisen, ilman luonnonvaloa toteutetun kokeen kasvianalyysien nit-  
raattipitoisuudet ovat esitetty taulukossa 5. Tarkemmat kasvianalyysit en-  
simmäisestä kokeesta ovat opinnäytetyön liitteissä 4 ja 5. Kokeessa teh-  
dyssä käsittelyssä salaattit saivat luonnonvaloa 3 vuorokauden ajan.

Kasvianalyyseistä voidaan nähdä, että salaattien nitraattipitoisuudet ylitti-  
vät sallitun enimmäismäärän ennen käsittelyä sekä sen jälkeen. Nitraattipi-  
toisuus nousi käsittelyn myötä molemmissa johtokykylukemissa, joten  
luonnonvalolla oli ei-toivottu vaikutus salaattien sisäisen laadun paranta-  
misessa.

Taulukko 5. Salaattien nitraattipitoisuudet ennen käsittelyä sekä sen jälkeen ensim-  
mäisessä, ilman luonnonvaloa toteutetussa kokeessa

<b>Nitraatti mg/kg</b>	<b>2,0 mS/cm</b>	<b>2,8 mS/cm</b>
Ennen käsittelyä	5000	4900
Käsittelyn jälkeen	5600	5800

Luonnonvalokokeessa salaattien nitraattipitoisuutta pyrittiin laskemaan  
lopettamalla ravinneliuoksen lannoitus. Ravinneliuoksen annettiin laimen-  
tua 7 vuorokauden ajan. Taulukosta 6 voidaan nähdä, että salaattien nit-  
raattipitoisuudet ylittivät sallitun enimmäismäärän ennen käsittelyä. Käsit-  
telyn jälkeen nitraattitasot olivat madaltuneet huomattavasti ja olivat alle  
sallittujen enimmäismäärien. Käsittelyn jälkeen johtokykylukemat mitat-  
tiin uudelleen ja ne olivat laimentuneet 2,0 mS/cm:sta 0,6 mS/cm:n sekä  
2,8 mS/cm:sta 1,5 mS/cm:n. Tarkemmat kasvianalyysit toisen kokeen nit-  
raattipitoisuuksista ovat opinnäytetyön liitteissä 6 ja 7.

Taulukko 6. Salaattien nitraattipitoisuudet ennen käsittelyä sekä sen jälkeen toisessa  
kokeessa, jossa salaattit saivat luonnonvaloa

<b>Nitraatti mg/kg</b>	<b>2,0 mS/cm</b>	<b>2,8 mS/cm</b>
Ennen käsittelyä	4500	4100
Käsittelyn jälkeen	1700	2100

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Salaatit kasvoivat hyvin molemmissa valo-olosuhteissa ja LED-valossa. Ulkoiselta laadultaan parempia salaatteja saatiin ilman luonnonvaloa viljeltynä. Salaatinviljely onnistunee siis hyvin ilman luonnonvaloakin pelkän LED-valotuksen avulla. Käytännössä tämä mahdollistaisi esimerkiksi salaatin kerrosviljelyyn, jossa kasveja kasvatetaan ilman luonnonvaloa kerroksittain. Toisaalta kokeiden tuloksissa tulee huomioida kokeiden eri toteutusajankohdat ja erilaiset valo-olosuhteet, joten niitä ei voida verrata täysin keskenään. Toisessa kokeessa luonnonvalo nosti viljelyhuoneen lämpötilaa, mikä saattoi saada aikaan salaatile epäsuotuisimmat olosuhteet. Ensimmäisessä kokeessa luonnonvalo ei päässyt nostamaan viljelylämpötilaa ja viileämpi lämpötila oli salaatin kasvulle ja ulkoiselle laadulle todennäköisesti parempi vaihtoehto. Kokeet olivat pituudeltaan myös hieman erimittaisia. Ilman luonnonvaloa kasvaneet salaatit tarvitsivat hieman pidemmän kasvatusajan kuin luonnonvaloa saaneet salaatit.

Vaikka kokeissa ei vertailtukaan LED- ja HPS-valaisimia, kokeiden taimikasvatuksessa LED-valaisimilla saatiin parempilaatuisempia taimia kuin HPS-valaisimilla. HPS-valossa taimet olivat venyneempiä ja hento-  
vartisempia. Viljelyn aikana erot eivät kuitenkaan olleet silmämääräisesti enää niin selkeästi havaittavissa. Kokeissa käytetyt LED-valaisimet soveltuivat sekä taimikasvatukseen että viljelyyn.

Ravinneliuksen normaalia korkeammalla johtokyvyllä ei ollut juurikaan vaikutusta salaatin kasvuun tai laatuun. Käytännössä johtokykyä ei siis kannata nostaa yli suositusten, sillä lannoituskustannukset nousevat, eikä korkeampi johtokyky vaikuta oleellisesti laatuun. Kokeissa olisi voinut kokeilla vielä suurempaa johtokykytasoa kuin 2,8 mS/cm, jolloin eroja olisi ehkä tullut paremmin näkyviin. Salaatinviljelyssä ravinneliuksen johtokyvyn ja kitkerää makua aiheuttavien yhdisteiden välillä on todettu olevan yhteys (Seo ym. 200, 369-374). Salaattien maussa saattoi siis olla pientä eroa eri johtokykykäsittelyiden välillä.

Korkeammat nitraattitasot olivat ilman luonnonvaloa kasvaneilla salaateilla. Nitraattien kertyminen saattaakin koitua ongelmaksi, mikäli luonnonvaloa on saatavilla rajoitetusti. Toisaalta Aalto-yliopiston ja Helsingin yliopiston yhteishankkeessa ilman luonnonvaloa kasvaneilla salaateilla nitraattipitoisuudet pysyivät sallituissa rajoissa (Rantanen ym. 2011, 11). Viljelyn aikana olisi tärkeää keskittyä viljelytekniisiin keinoihin, kuten esimerkiksi oikeanlaiseen lannoitukseen ja riittävään harvennukseen nitraattipitoisuuksien ehkäisemiseksi.

Nitraattikäsittelyissä luonnonvalon antaminen pimeässä kasvaneille salaateille ei tuottanut haluttua tulosta nitraattien laskemiseksi, vaan nitraattipitoisuudet lähtivät nousuun. Samankaltaisia tuloksia on saatu aikaisemmin Lepaalla toteutetuissa tutkimuksissa. Syynä saattoi olla se, että luonnonvalo nosti samalla viljelyhuoneen lämpötilaa, mikä saattoi osaltaan myös vaikuttaa nitraattitasojen nousuun. Salaateista otetut näytteet kasvianalyysijä varten saattoivat myös päästä hieman nuutumaan, jolloin pitoisuudet

nousivat. Näytteidenotossa tulisikin olla riittävän huolellinen, jotta nitraattipitoisuudet eivät turhaan nouse ja vääristä tuloksia.

Luonnonvalossa kasvaneilla salaateilla puolestaan lannoiteliuoksen laimentaminen vähensi nitraattipitoisuuksia sallittujen enimmäismäärien alapuolelle. Kokeiden tuloksia ei voida kuitenkaan vertailla keskenään, sillä valo-olosuhteet poikkesivat toisistaan. Käsittelyt nitraattipitoisuuksien laskeksi tehtiin myös kokeiden purkujen jälkeen, jolloin salaattien muu laatu kärsi hieman viljelyajan pitkittyessä. Käytännössä käsittelyt tulisi tehdä esimerkiksi jo viikkoa tai muutamaa päivää ennen sadonkorjuuta. Vaikka kahta eri koetta ei voidakaan verrata keskenään, olisi lannoituksen vähentäminen viljelyn loppuvaiheessa todennäköisesti toiminut myös pimeässä kasvaneilla salaateilla.

Tulevissa tutkimuksissa voisi olla mielenkiintoista keskittyä erityisesti ruukkusalattien sisäisen laadun parantamiseen. Valon on todettu vaikuttavan salaattien vitamiini- ja antioksidanttipitoisuuksiin (Rantanen ym. 2010, 18). Näihin pitoisuuksiin salaateilla voitaisiinkin vaikuttaa oikeanlaisella valotuksella ja lisätä ruukkuvihannesten ravitsemuksellista laatua.

## LÄHTEET

- Buck, J. N.d. Possibilities of LED-lighting. Greenhouse Product News. Pdf-tiedosto. Grower 101. 25-27. Viitattu 10.11.2012  
<http://www.gpnmag.com/possibilities-led-lighting>
- Evira. 2011. Lasten ja aikuisten altistumien nitraatille ja nitriitille. Viitattu 5.10.2011.  
<http://www.evira.fi/portal/30542>
- Evira. 2011. Kasvisten nitraatit. Viitattu 5.10.2011.  
[http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/tietoa\\_elintarvikkeista/elintarvi-kevaarat/elintarvikkeiden\\_luontaiset\\_myrkyt/kasvisten\\_nitraatit/](http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/tietoa_elintarvikkeista/elintarvi-kevaarat/elintarvikkeiden_luontaiset_myrkyt/kasvisten_nitraatit/)
- Fagerstedt, K., Lindén, L., Santanen, A.& Väinölä, A. 2008. Kasvioppi. Siemenestä satoon. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Hyötymikrobivalmiste Gliomix®. N.d. Viitattu 2.3.2012  
<http://www.verdera.fi/fi/tuotteet/ammattiviljely/gliomix/>
- Ilmatieteenlaitos.Valo ja spektri. N.d.. Viitattu 21.10.2012  
<http://www.geo.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/valonsade/spektri.html>
- Jaakkonen, A-K. & Vuollet, A. 1999. Kasvutekijät ja kasvu. Teoksessa Koivunen, T. (toim.) Tehokkaasti kasvihuoneesta. Helsinki: Opetushallitus.
- Jensen, M. 1999. Hydroponics worldwide. Teoksessa: Papadopoulos, A. (Toim.) Acta horticulturae 481:2. Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics. Leuven, Belgia: International Society for Horticultural Science. 719–729.
- Kanniainen, K. 1999. Kasvualustat ja kasteluvesi. Teoksessa Koivunen, T. (toim.) Tehokkaasti kasvihuoneesta. Helsinki: Opetushallitus.
- Kanniainen, K. 1999. Kasvinravinteet ja lannoitus. Teoksessa Koivunen, T. (toim.) Tehokkaasti kasvihuoneesta. Helsinki: Opetushallitus.
- Kaukoranta, T. 2012. Millainen on kasvihuoneiden energiatehokkuus 2017? Puutarha&kauppa 6. 12-13.
- Kauppapuutarhaliitto ry, Ruukkuvihannesjaosto. 2010. Viljelijöiden tarkennukset ruukkusalaattien ja ruukkuyrttien laatuvaatimuksiin. PDF. Viitattu 14.3.2012.  
[http://www.kauppapuutarhaliitto.fi/kauppapuutarhaliitto/kplry.nsf/532d131a1644d842c2256c08003342c4/dad031cb9f2849aac225761f00438478/\\$FILE/ruukkusalaatti\\_laatu%236EE570.pdf/ruukkusalaatti\\_laatuohje\\_FIN.pdf](http://www.kauppapuutarhaliitto.fi/kauppapuutarhaliitto/kplry.nsf/532d131a1644d842c2256c08003342c4/dad031cb9f2849aac225761f00438478/$FILE/ruukkusalaatti_laatu%236EE570.pdf/ruukkusalaatti_laatuohje_FIN.pdf)
- Kekkilä viljelyohjeet. n.d. Ruukkusalaatti. Pdf-tiedosto. Viitattu 1.10.2012  
<http://www.kekkila.fi/ammattiviljely/ammattiviljeliija/ohjeet/viljelyohjeet>

Komission asetus (EY) N:o 1881/2006, annettu 19.12.2006. Viitattu 30.11.2011.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006R1881:20100701:FI:HTML#E0048>

Komission asetus (EU) N:o 1258:2011, annettu 2.12.2011. Viitattu 4.12.2011.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:320:0015:0017:FI:PDF>

Konstantopoulou, E., Kapotis, G., Salachas, G., Petropoulos, S., Karapanos, I. & Passam, H. 2010. Nutritional quality of greenhouse lettuce at harvest and after storage in relation to N application and cultivation season. *Scientia Horticulturae* 125 (2010), 93.e1-93.e5. Viitattu 28.11.2011.

Mason, J. 1990. *Commercial Hydroponics. How to Grow 86 Different Plants In Hydroponics.* Hong Kong: Colorcraft Ltd.

Matilda maataloustilastot. Puutarhatilastot 2011. Pdf-tiedosto. Viitattu 13.11.2012.

[http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/pure\\_2011\\_kansineen\\_ilman\\_leikk.varoja.pdf](http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/pure_2011_kansineen_ilman_leikk.varoja.pdf)

Mitchell, A., Both, A.-J., Bourget, M., Burr, J., Kubota, C., Lopez, R., Morrow, R. & Runkle, E. 2012. LEDs: The Future of Greenhouse Lighting! *Chronica Horticulturae. A Publication of the International Society For Horticultural Science. Volume 52 – Number 1. 6-12.* Pdf-tiedosto. Viitattu 10.11.2012

<http://leds.hrt.msu.edu/publications/>

Murmann, T. 2008. Nitraatti jälleen silmätikkuna. *Puutarha & Kauppa* 12(2008): 2, 16.

Nitrate in vegetables. 2008. *The EFSA Journal* (2008) 689, 1-79. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. Viitattu 5.10.2011

[http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific\\_Opinion/contam\\_ej\\_689\\_nitrate\\_en.pdf](http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific_Opinion/contam_ej_689_nitrate_en.pdf)

Pavlou, G., Ehaliotis, C. & Kavvadias, V. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae* 111 (2007), 319-325.

Rantanen, M., Hytönen, T., Mouhu, K., Palonen, P., Elomaa, P., Pinho, P. & Halonen, L. 2010. Salaatti kasvaa LED-valolla. *Puutarha&kauppa* 14-15. 18-19.

Rantanen, M., Pinho, P., Kauste, K., Joensuu, K., Palonen, P., Neves, G., Hytönen, T., Elomaa, P. & Halonen, L. 2011. *Puutarha&kauppa* 10. 10-11.

Raukko, E. 2006b. Valoa puolijohdetekniikalla. Puutarha&kauppa 10. 15.

Ruokatieto Yhdistys ry. 2008. Kasvisten hyödyt ylittävät nitraatin vaarat. Viitattu 5.10.2011.

[http://uutiset.ruokatieto.fi/WebRoot/1043198/X\\_Arkistoitu\\_uutinen\\_tai\\_tiedote.aspx?id=1078952&NewsItem=2402](http://uutiset.ruokatieto.fi/WebRoot/1043198/X_Arkistoitu_uutinen_tai_tiedote.aspx?id=1078952&NewsItem=2402)

Salonen, K. 2011. Ledien monet mahdollisuudet. Puutarha&kauppa 15. 4-6.

Samuolienė, G., Urbonavičiūtė, A., Brazaitytė, A., Jankauskienė, J., Duchovskis, P., Bliznikas, Z. & Žukauskas, A. 2009. The benefits of red LEDs: improved nutritional quality due to accelerated senescence in lettuce. Scientific Works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture. Sodininkystė ir daržininkystė. 28(2). 111-120.

Seo, M., Yang, D., Kays, S., Kim, J., Woo, J. & Park, K. 2009. Effects of nutrient solution electrical conductivity and sulfur, magnesium, and phosphorus concentration on sesquiterpene lactones in hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). Scientia Horticulturae 122 (2009), 369-374. Viitattu 31.10.2012.

Seppälä, J. n.d.. Viljelytekniikan vaikutus ruukkuvihannesten sisäiseen ja ulkoiseen laatuun. Pdf-tiedosto. Viitattu 5.10.2011.

[http://www.kekkila.fi/media/files/viljelytekniikan\\_vaikutus](http://www.kekkila.fi/media/files/viljelytekniikan_vaikutus)

Soini, M. 2002. Ruukkusalaattia moneen makuun. Puutarha&kauppa 9. 4-5.

Tuominen, J. 2006. LED tarjoaa mahdollisuuden täsmävalotukseen. Puutarha&kauppa 10. 14-15.


Urbonavičiūtė, A., Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Ulinskaitė, R., Jankauskienė, J., Duchovskis, P. & Žukauskas, A. 2008. The possibility to control the metabolism of green vegetables and sprouts using light emitting diode illumination. Scientific Works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture. Sodininkystė ir daržininkystė. 27(2). 83-92.

Voipio, I. 2001. Vihannekset – lajit, viljely, sato. Helsinki. Puutarhaliiton julkaisuja nro 316.


VILJELYN AIKAISET KESKILÄMPÖTILAT

Sivua 1 -sta 2

### Raportti ilmasto

<b>Nimi tarha</b> HAMK Lepaa Education <b>Paikka</b> Lepaa <b>Raporttijakso</b> neljännes 2 (1 huhtikuu 2012 saakka 30 kesäkuu 2012) <b>Osasto</b> 2							
<b>Raportti ilmasto</b>							
<b>Lämpötila</b>	päivä	°	keski	huhti	touko	kesä	neljännes 2
		°	korkein	17,8	18,2	19,7	18,6
		°	korkein	25,8	29,9	30,7	30,7
		°	matalin	13,6	9,5	14,7	9,5
	yö	°	keski	17,8	18,2	19,7	18,6
		°	korkein	25,8	29,9	30,7	30,7
		°	matalin	13,6	9,5	14,7	9,5
	vrk.	°	keski	17,8	18,2	19,7	18,6
		°	korkein	25,8	29,9	30,7	30,7
		°	matalin	13,6	9,5	14,7	9,5
<b>SK</b>	päivä	%	keski	55	50	60	55
		%	korkein	77	78	82	82
		%	matalin	18	13	30	13
	yö	%	keski	55	50	60	55
		%	korkein	77	78	82	82
		%	matalin	18	13	30	13
	vrk.	%	keski	55	50	60	55
		%	korkein	77	78	82	82
		%	matalin	18	13	30	13
<b>KV</b>	päivä	g/m <sup>3</sup>	keski	7,0	8,3	7,2	7,5
		g/m <sup>3</sup>	suurin	16,9	23,2	17,0	23,2
		g/m <sup>3</sup>	pienin	3,0	3,0	2,8	2,8
	yö	g/m <sup>3</sup>	keski	7,0	8,3	7,2	7,5
		g/m <sup>3</sup>	suurin	16,9	23,2	17,0	23,2
		g/m <sup>3</sup>	pienin	3,0	3,0	2,8	2,8
	vrk.	g/m <sup>3</sup>	keski	7,0	8,3	7,2	7,5
		g/m <sup>3</sup>	suurin	16,9	23,2	17,0	23,2
		g/m <sup>3</sup>	pienin	3,0	3,0	2,8	2,8
<b>CO2</b>	päivä	ppm	keski	560	526	528	538
		ppm	keski	560	526	528	538
	yö	ppm	keski	560	526	528	538
	vrk.	ppm	keski	560	526	528	538
<b>Putkilpt.</b>	1 päivä	°	keski	30	33	31	31
		°	keski	30	33	31	31
	yö	°	keski	30	33	31	31
	vrk.	°	keski	31	36	34	33
<b>Verho</b>	1 vrk.	hh:mm	sum.	559:27	62:49	105:16	727:32
		J/cm <sup>2</sup>	sum.	0	7212	0	7212
<b>Valotus</b>	päivä	J/cm <sup>2</sup>	sum.	0	7212	0	7212
		J/cm <sup>2</sup>	sum.	0	7212	0	7212
	yö	J/cm <sup>2</sup>	sum.	0	7212	0	7212
	vrk.	J/cm <sup>2</sup>	sum.	0	7212	0	7212
<b>Laskettu säteilysumma</b>	päivä	J/cm <sup>2</sup>	sum.	33978	60011	39870	133859
		J/cm <sup>2</sup>	sum.	33978	60011	39870	133859
	yö	J/cm <sup>2</sup>	sum.	33978	60011	39870	133859
	vrk.	J/cm <sup>2</sup>	sum.	33978	60011	39870	133859
<b>Säteily</b>	päivä	J/cm <sup>2</sup>	sum.	43100	65148	51417	159665
		J/cm <sup>2</sup>	sum.	43100	65148	51417	159665
	yö	J/cm <sup>2</sup>	sum.	43100	65148	51417	159665
	vrk.	J/cm <sup>2</sup>	sum.	43100	65148	51417	159665
<b>CO2</b>							
<b>CO2 ohj.</b>	1 vrk.	kg/ha	sum.	0	0	0	0
	2 vrk.	kg/ha	sum.	0	0	0	0
	3 vrk.	kg/ha	sum.	0	0	0	0
	4 vrk.	kg/ha	sum.	0	0	0	0
	5 vrk.	kg/ha	sum.	0	0	0	0
	7 vrk.	kg/ha	sum.	0	0	0	0
	71 vrk.	kg/ha	sum.	0	0	0	0
<b>Autonomiset verhot</b>							
<b>Autonomi</b>	1 Verho	1 hh:mm	sum.	268:41	197:57	141:23	608:01
	Verho	2 hh:mm	sum.	-	-	-	-
<b>Autonomi</b>	2 Verho	1 hh:mm	sum.	560:33	31:30	-	592:03
	Verho	2 hh:mm	sum.	718:58	742:58	656:14	2118:10
<b>Autonomi</b>	3 Verho	1 hh:mm	sum.	296:45	299:17	165:24	761:26
	Verho	2 hh:mm	sum.	718:58	250:19	-	969:17
<b>Autonomi</b>	4 Verho	1 hh:mm	sum.	288:47	198:15	141:56	628:58
	Verho	2 hh:mm	sum.	610:42	-	-	610:42
<b>Autonomi</b>	5 Verho	1 hh:mm	sum.	291:20	221:13	161:48	674:21
	Verho	2 hh:mm	sum.	718:58	742:58	656:14	2118:10
<b>Autonomi</b>	6 Verho	1 hh:mm	sum.	718:58	742:58	656:14	2118:10
	Verho	2 hh:mm	sum.	718:58	742:58	656:14	2118:10
<b>Autonomi</b>	7 Verho	1 hh:mm	sum.	718:58	742:58	656:14	2118:10
	Verho	1 hh:mm	sum.	718:58	486:25	-	1205:23
<b>Autonomi</b>	8 Verho	1 hh:mm	sum.	258:55	137:36	-	396:31
	Verho	1 hh:mm	sum.	718:58	514:22	-	1233:20
<b>Käytettävyyss tiedot</b>							
<b>Käytettävyyss</b>		%		huhti	touko	kesä	neljännes 2

PURISTENESTEANALYYSI PIMENNETYSSÄ KOKEESSA



Vasav. 41, 64200 Närpes/Närpiö  
☎ 06-347 4250, fax 06-347 4260  
www.hortilab.fi

PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä Asiakasnumero Tutkimusnumero  
29/03/12 568566 38317

HAMK LEPAA KASVIHUONEET KEIJO JUNTUNEN LEPAANTIE 129 14610 LEPAA	Näytteenotto/vm	Saapunut	Aloitettu	Sivu	
	27/03/12	28/03/12	28/03/12	1/1	
	Merkki				
Näytteen numero	1	2	3	4	5
Lähettäjän tunnus	4 SALAATTI	5 SALAATTI			
*Johtokyky mS/cm	2,0	2,7			
*Happamuus (pH)	6,2	6,0			
Alkaliteetti (HCO <sub>3</sub> ) mg/l					
Permang. (KMnO <sub>4</sub> ) mg/l					
*Nitraattityppi (NO <sub>3</sub> -N)mg/l	210	280			
Amm.tyyppi (NH <sub>4</sub> -N) mg/l					
*Fosfori (P) mg/l	53	75			
*Kalium (K) mg/l	350	540			
*Kalsium (Ca) mg/l	110	140			
*Magnesium (Mg) mg/l	38	48			
*Rikki (S) mg/l	35	51			
*Rauta (Fe) mg/l	2,6	3,7			
*Boori (B) mg/l	0,40	0,55			
*Kupari (Cu) mg/l	0,15	0,22			
*Mangaani (Mn) mg/l	1,1	1,6			
*Sinkki (Zn) mg/l	0,38	0,53			
*Molybdeeni (Mo) mg/l	0,02	0,03			
*Natrium (Na) mg/l	20	22			
Kloridi (Cl) mg/l	2,6	2,5			
*Alumiini (Al) mg/l	< 0,08	< 0,08			
*Pii (Si) mg/l	7,7	7,6			
Johtokyky on mitattu 20 asteessa.					
Vain ne määritykset, joissa tässä raportissa on merkintä *, kuuluvat akkreditoinnin piiriin. Tulokset pätevät vain testatuille näytteille. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testauslaboratorion lupaa. Akkreditointi ei koske suosituksia.					

PURISTENESTEANALYYSI LUONNONVALOKOKEESSA



PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä 31/05/12 Asiakasnumero 568566 Tutkimusnumero 39259

HAMK LEPAA KASVIHUONEET KEIJO JUNTUNEN LEPAANTIE 129 14610 LEPAA	Näytteenottopvm	Saapunut	Aloitettu	Sivu	
	29/05/12	31/05/12	31/05/12	1/1	
Merkki					
Näytteen numero	1	2	3	4	5
Lähtetäjän tunnus	4	5			
*Johtokyky mS/cm	2,0	2,7			
*Happamuus (pH)	6,4	6,3			
Alkaliteetti (HCO <sub>3</sub> ) mg/l					
Permang. (KMnO <sub>4</sub> ) mg/l					
*Nitraattityppi (NO <sub>3</sub> -N)mg/l	220	310			
Amm.tyyppi (NH <sub>4</sub> -N) mg/l					
*Fosfori (P) mg/l	48	61			
*Kalium (K) mg/l	330	450			
*Kalsium (Ca) mg/l	130	180			
*Magnesium (Mg) mg/l	32	41			
*Rikki (S) mg/l	32	42			
*Rauta (Fe) mg/l	2,3	3,3			
*Boori (B) mg/l	0,32	0,48			
*Kupari (Cu) mg/l	0,13	0,20			
*Mangaani (Mn) mg/l	0,89	1,4			
*Sinkki (Zn) mg/l	0,31	0,43			
*Molybdeeni (Mo) mg/l	< 0,02	< 0,02			
*Natrium (Na) mg/l	20	22			
Kloridi (Cl) mg/l	< 2,0	< 2,0			
*Alumiini (Al) mg/l	< 0,08	< 0,08			
*Pii (Si) mg/l	7,6	7,6			
Johtokyky on mitattu 20 asteessa.					
Vain ne määritykset, joissa tässä raportissa on merkintä (*), kuuluvat akkreditoinnin piiriin. Tulokset pätevät vain testatuille näytteille. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testauslaboratorion lupaa. Akkreditointi ei koske suosituksia.					
Oy HORTILAB Ab			Finnish Accreditation Service T187 (EN ISO/IEC 17025)		

KASVIANALYYSI  
NITRAATTIKÄSITTELYÄ

PIMENNETYSSÄ

KOKEESSA

ENNEN



KASVIANALYYSI

Päivämäärä 04/05/12 Asiakasnumero 568566 Tutkimusnumero 38704

HAMK LEPAA KASVIHUONEET KEIJO JUNTUNEN LEPAANTIE 129 14610 LEPAA	Näytteenottopvm		Saapunut		Aloitettu		Sivuja yht		
	30/04/12		30/04/12		30/04/12		1/1		
Merkki									
Näytteen numero	1		2		3		4		5
Lähettäjän tunnus	2.0 HPS	2.0 LED		2.8 HPS		2.8 LED			
Typpi (N) g/kg	44,6		43,9		45,9		46,4		
Fosfori (P) g/kg	8,39		7,95		8,18		8,91		
Kalium (K) g/kg	105		111		110		113		
Kalsium (Ca) g/kg	11,1		13,6		12,5		12,5		
Magnesium (Mg) g/kg	3,83		4,35		4,13		4,09		
Rikki (S) g/kg	3,21		3,11		3,26		3,47		
Rauta (Fe) mg/kg	72		86		70		82		
Boori (B) mg/kg	28		33		30		32		
Kupari (Cu) mg/kg	7		6		5		6		
Mangaani (Mn) mg/kg	87		110		120		120		
Sinkki (Zn) mg/kg	47		44		40		50		
Kuiva-aine %	3,5		3,5		3,8		3,4		
Kasvikoodi	54640		51640		51640		51640		
Nitraatti kasveista mg/kg*	5500		5000		5500		4900		
Tulokset on ilmoitettu pitoisuuksina näytteen kuiva-aineessa. *) Tulokset on ilmoitettu pitoisuuksina tulokosteassa näytteessä. Menetelmänkuvaus saatavana pyynnöstä.									
Oy HORTILAB Ab									

KASVIANALYYSI PIMENNETYSSÄ KOKEESSA NITRAATTIKÄSITTELYN JÄLKEEN



KASVIANALYYSI

Päivämäärä 11/05/12 Asiakasnumero 568566 Tutkimusnumero 38802

HAMK LEPAA KASVIHUONEET KEIJO JUNTUNEN LEPAANTIE 129 14610 LEPAA		Näytteenotto/vm	Saapunut	Aloitettu	Sivuja yht
		02/05/12	03/05/12	03/05/12	1/1
Merkki					
Näytteen numero	1	2	3	4	5
Lähettäjän tunnus	2,0 HPS SALAATTI	2,8 LED SALAATTI			
Typpi (N) g/kg					
Fosfori (P) g/kg					
Kalium (K) g/kg					
Kalsium (Ca) g/kg					
Magnesium (Mg) g/kg					
Rikki (S) g/kg					
Rauta (Fe) mg/kg					
Boori (B) mg/kg					
Kupari (Cu) mg/kg					
Mangaani (Mn) mg/kg					
Sinkki (Zn) mg/kg					
Kuiva-aine %					
Nitraatti kasveista mg/kg*	5600	5800			
*) Tulokset on ilmoitettu pitoisuuksina tulokosteassa näytteessä. Menetelmänkuvaus saatavana pyynnöstä.		Oy HORTILAB Ab _____			

KASVIANALYYSI  
NITRAATTIKÄSITTELYÄ

LUONNONVALOKOKEESSA

ENNEN



KASVIANALYYSI

Päivämäärä 11/07/12 Asiakasnumero 568566 Tutkimusnumero 39555

HAMK LEPAA KASVIHUONEET KOEOSASTO LEPAANTIE 129 14610 LEPAA	Näytteenottopvm	Saapunut	Aloitettu	Sivuja yht	
	25/06/12	26/06/12	26/06/12	1/1	
Merkki					
Näytteen numero	1	2	3	4	5
Lähettäjän tunnus	HPS 2,0 SALAATTI	HPS 2,8 SALAATTI	LED 2,0 SALAATTI	LED 2,8 SALAATTI	
Typpi (N) g/kg	43,2	43,6	44,7	43,6	
Fosfori (P) g/kg	6,11	7,27	7,51	6,78	
Kalium (K) g/kg	115	100	104	99,5	
Kalsium (Ca) g/kg	16,6	16,1	15,1	13,4	
Magnesium (Mg) g/kg	4,68	4,24	4,38	3,98	
Rikki (S) g/kg	2,83	3,11	3,10	2,90	
Rauta (Fe) mg/kg	52	76	73	73	
Boori (B) mg/kg	37	42	39	33	
Kupari (Cu) mg/kg	6	6	6	6	
Mangaani (Mn) mg/kg	79	86	76	76	
Sinkki (Zn) mg/kg	49	57	62	54	
Kuiva-aine %	4,2	3,9	3,9	4,2	
Kasvikoodi	51461	51461	51461	51461	
Nitraatti kasveista mg/kg*	3700	3900	4500	4100	
Tulokset on ilmoitettu pitoisuuksina näytteen kuiva-aineessa. *) Tulokset on ilmoitettu pitoisuuksina tulokosteassa näytteessä. Menetelmänkuvaus saatavana pyynnöstä.					
Oy HORTILAB Ab					

KASVIANALYYSI LUONNONVALOKOKEESSA NITRAATTIKÄSITTELYN  
JÄLKEEN

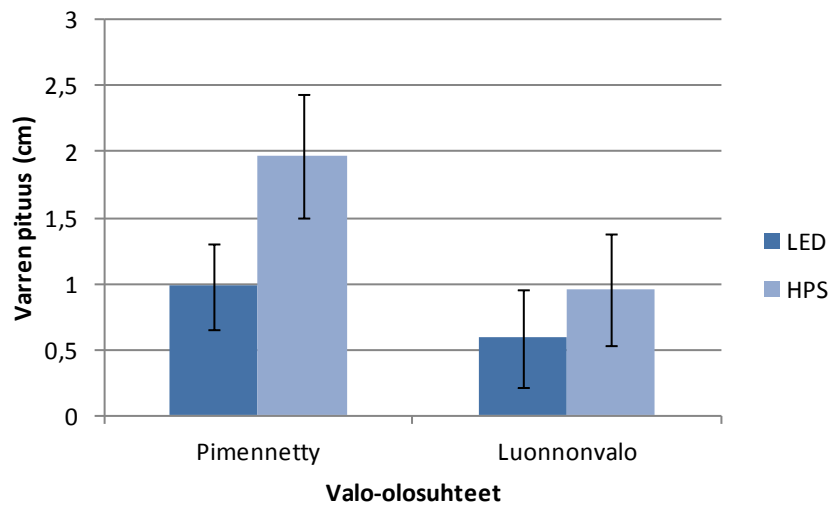


KASVIANALYYSI

Päivämääri Asiakasnumero Tutkimusnumero  
12/07/12 568566 39580

HAMK LEPAA KASVIHUONEET KOEOSTO LEPAANTIE 129 14610 LEPAA	Näytteenottopvm	Saapunut	Aloitettu	Sivuja yht	
	03/07/12	04/07/12	04/07/12	1/1	
Merkki					
Näytteen numero	1	2	3	4	5
Lähettäjän tunnus	LED 2,0 salaatti	HPS 2,0 salaatti	LED 2,8 salaatti	HPS 2,8 salaatti	
Typpi (N) g/kg					
Fosfori (P) g/kg					
Kalium (K) g/kg					
Kalsium (Ca) g/kg					
Magnesium (Mg) g/kg					
Rikki (S) g/kg					
Rauta (Fe) mg/kg					
Boori (B) mg/kg					
Kupari (Cu) mg/kg					
Mangaani (Mn) mg/kg					
Sinkki (Zn) mg/kg					
Kuiva-aine %					
Nitraatti kasveista mg/kg*	1700	3200	2100	1800	
Oy HORTILAB Ab					
*) Tulokset on ilmoitettu pitoisuuksina tulokosteassa näytteessä. Menetelmänkuvaus saatavana pyynnöstä.					

SALAATTIEN VARREN PITUUDET ERI TAIMIKASVATUSVALOISSA



Kuviossa esitetyt pituudet ovat varren pituuden keskiarvolukemia sekä keskihajontoja.