
Ammoniumtyppi- lannoituksen vaikutus jääsalaatin satoon ja laatuun

Loppuraportti 17.7.2017

Juha Näkkilä

AMMONIUMTYYPILANNOITUKSEN VAIKUTUS JÄÄSALAATIN SATOON JA LAATUUN

TIIVISTELMÄ

Vuonna 2016 Luonnonvarakeskuksen Piikkiön toimipisteessä järjestettiin Frillice-jääsalaatin lannoituskoe kasvihuoneessa kiertoliuosviljelyssä. Kokeessa testattiin ammoniumtyypilannoituksen vaikutusta jääsalaatin kasvuun, satoon ja laatuun. Koejäsenet olivat 1) N 120 mg l⁻¹ (Nitraattityppi 96 % + Ammoniumtyppi 4 %), P 27 mg l⁻¹, K 180 mg l⁻¹; 2) N 120 mg l⁻¹ (Nitraattityppi 92 % + Ammoniumtyppi 8 %), P 26 mg l⁻¹, K 180 mg l⁻¹; 3) N 110 mg l⁻¹ (Nitraattityppi 89 % + Ammoniumtyppi 8 % + Ureatyyppi 3 %), P 39 mg l⁻¹, K 181 mg l⁻¹. Kiertoliuoksen nitraattitypen ylärajana pidettiin 120 mg l⁻¹. Tulokset tukevat salaatin viljelyn laatu järjestelmissä käyttöön otetun kiertoliuoksen nitraattityppipitoisuuden 120 mg l⁻¹ ylärajan varmistavan jääsalaatin riittävän alhaisen nitraattityppipitoisuuden talviolosuhteissa. Lannoituksen täyslannoitteen nitraattitypen osittainen korvaaminen ammoniumtyypillä tai ammoniumtypen ja ureatypen yhdistelmällä ei välttämättä hidastanut kasvunopeutta tai ainakaan vähentänyt sadon määrää. Tyypilannoituksen ammoniumtypen osuutta lisäämällä saatiin jääsalaatin nitraattipitoisuutta ajoittain alenemaan heikentämättä salaatin säilyvyyttä tai sen makua. Kahden vuorokauden pituinen LED-loppuvalotusjakso alensi salaatin nitraattipitoisuutta 4-15 %. Salaatin nitraattipitoisuuden alenema oli suurempi runsaasti ammoniumtyypeä (8 % kokonaistypen määrästä) saaneilla salaateilla kuin niukasti ammoniumtyypeä (4 % kokonaistypen määrästä) saaneilla salaateilla.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	1
1 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	2
2 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	2
3 TULOKSET.....	8
4 TULOSTEN TARKASTELU.....	19
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	21
6 KIITOKSET.....	21
LÄHTEET.....	22
LIITTEET.....	23 - 30

TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksessa testattiin erilaisten ammoniumtyyppä sisältävien täyslannoitteiden käytön vaikutusta jääsalaatin kasvunopeuteen, satoon ja sadon laatuun, kun kiertoliuoksen nitraattityppipitoisuus on enintään 120 mg/l. Lopussa testattiin myös kaksi vuorokautta kestävä jatkuvan LED-valotuksen vaikutusta jääsalaatin nitraattipitoisuuteen.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Kokeessa käytettävällä lannoitesekoittajalla oli käytettävissä neljä emoliuossäiliötä. Yksi säiliö varattiin kaikkien koejäsenien lannoituksessa tarvittavalle kalsiumnitraatille. Kunkin koejäsenen muut tarvittavat lannoitteet piti saada sopimaan yhteen emoliuossäiliöön. Testattavat lannoitereseptit laadittiin siten, että jääsalaatin kiertoliuos täytti salaatin puristenesteen ravinnepitoisuuden ohjearvot (Hortilab 1999). Kiertoliuoksen kalsiumnitraattipitoisuus määräytyi kalsiumpitoisuuden ohjearvon (vähintään 100 mg l⁻¹) mukaisesti. Tämän takia kaikilla koejäsenillä oli ammoniumtyyppä vähintään 5 mg l⁻¹. Tyypilannoitusta täydennettiin täyslannoitteilla, joissa typpi oli kokonaan nitraattityyppä (koejäsen 1) tai typpi oli nitraattityyppä ja ammoniumtyyppä (koejäsen 2) tai typpi oli nitraattityyppä, ammoniumtyyppä ja ureatyyppä (koejäsen 3). Tavoitteena oli typpitaso 120 mg l⁻¹ ja kaliumin taso 180 mg l⁻¹. Täyslannoitteiden magnesiumpitoisuus oli niin pieni, että salaatin ohjearvotason (30 mg l⁻¹) saavuttamiseen tarvittiin erillislannoitteeksi myös magnesiumsulfaattia. Koejäsen 1 koottiin seuraavista lannoitteista: Kekkilä Vihannes-Suprex (50,4 %), Yara Krista MgS (13,0 %) ja Yara Liva Calcinit(36,5 %). Koejäsen 2 koottiin seuraavista lannoitteista Yara Fericare OTL (40,3 %), Yara Kristalon Orange (11,3 %), Yara Krista MgS (14,5 %) ja Yara Liva Calcinit (33,9 %). Koejäsen 3 koottiin lannoitteista Yara Kristalon Orange (24,8 %), Yara Fericare Up 28,0 %), Krista MgS (13,6 %) ja Yara Liva Calcinit (33,6 %). Tarkemmat ravinnetiedot ovat liitteessä 1.

Koejäsenet:

1 N 120 mg l⁻¹ (Nitraattityppi 96 % + Ammoniumtyppi 4 %), P 27 mg l⁻¹, K 180 mg l⁻¹

2 N 120 mg l⁻¹ (Nitraattityppi 92 % + Ammoniumtyppi 8 %), P 26 mg l⁻¹, K 180 mg l⁻¹

3 N 110 mg l⁻¹ (Nitraattityppi 89 % + Ammoniumtyppi 8 % + Ureatyyppi 3 %), P 39 mg l⁻¹, K 181 mg l⁻¹

Kasveja kasvatettiin kasvihuoneosastossa, jossa oli lasikatto, ulkoseinät KKL-levyä ja sisäseinät lasia. Osastossa oli yhdistetyt energia- ja varjostusverhot, puhtaan hiilidioksidikaasun jakoputkisto ja korkeapainesumuttimet ilmankosteuden kohottamiseen. Kasvihuoneolosuhteita säädettiin ja olosuhdetietoja tallennettiin Itumic Multi Station 100 – huonesäätäjän avulla. Kastelua säädettiin ja tietoja talletettiin Itumic Mix Station 100-lannoitesekoittimella.

Taimikasvatus

Kokeen taimikasvatusta varten rakennettiin Piikkiöön yhden viljelypöydän suuruinen sumutuskastelujärjestelmä. Lannoituskoe käsitti kolme jääsalaatin kylvöerää ja niiden aikataulut ovat taulukossa 1. Kaikkien koejäsenten taimikasvatusvaihe oli samanlainen. Frillice-lajikkeen jääsalaatin siemenet kylvettiin kasvualustalla täytettyihin Desch Plantpak -ruukkuihin. Ensimmäisessä kylvöerässä kasvualusta oli Kekkilä kylvöseos W HS, toisessa ja kolmannessa kylvöerässä kasvualustana oli Kekkilä VHM 620 pH 6,0. Yksi siemen kylvettiin kuhunkin ruukkuun. Kylvön jälkeen ruukun pintaan lisättiin 10 ml annos 0,5 % Prestop-valmistetta. Taimiruukut peitettiin idätysaikana mustavalkomuovilla ja siementen itämisen (3 vrk) jälkeen muovi poistettiin. Päivä- ja yölämpötila oli 18 °C ja tuuletus säädettiin alkamaan 21 °C. Tekovalotus aloitettiin itämisen jälkeen suurpainenatriumvalaisimilla, joilla annettiin fotosynteesistä aktiivista säteilyä PAR 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 20 h vrk⁻¹ (klo 3.00 - 23.00). Taimikasvatusten aikana vuorokauden fotosynteesistä aktiivisen säteilyn kertymä (Daily Light Integral DLI) vaihteli 9 ja 19 mol m^{-2} välillä. Taimikasvatuksessa lannoitukseen käytettiin Kekkilä Vihannes Superex -täyslannoitetta (53 %) ja kalsiumnitraattia (47 %). Kastelulannoituksen johtokyky oli 0,9 - 1,4 mS cm^{-1} . Kasvihuoneen lämpötilatavoite oli päivällä ja yöllä 18,0 °C ja tuuletus alkoi 21,0 °C. Sumutus loppui 60 % suhteellisessa ilmankosteudessa. Hiilidioksidia lisättiin valojakson aikana 700 ppm:n tasoon asti. Taimikasvatus päättyi, kun kasvissa oli 4 - 5 kasvulehteä ja juuria kasvoi ruukun alapinnalla.

Taulukko 1. Jääsalaattikokeen eri kylvöerien aikataulut. Päivämäärän jälkeen sulkeissa on kasvin ikä (vrk) kylvöpäivästä alkaen.

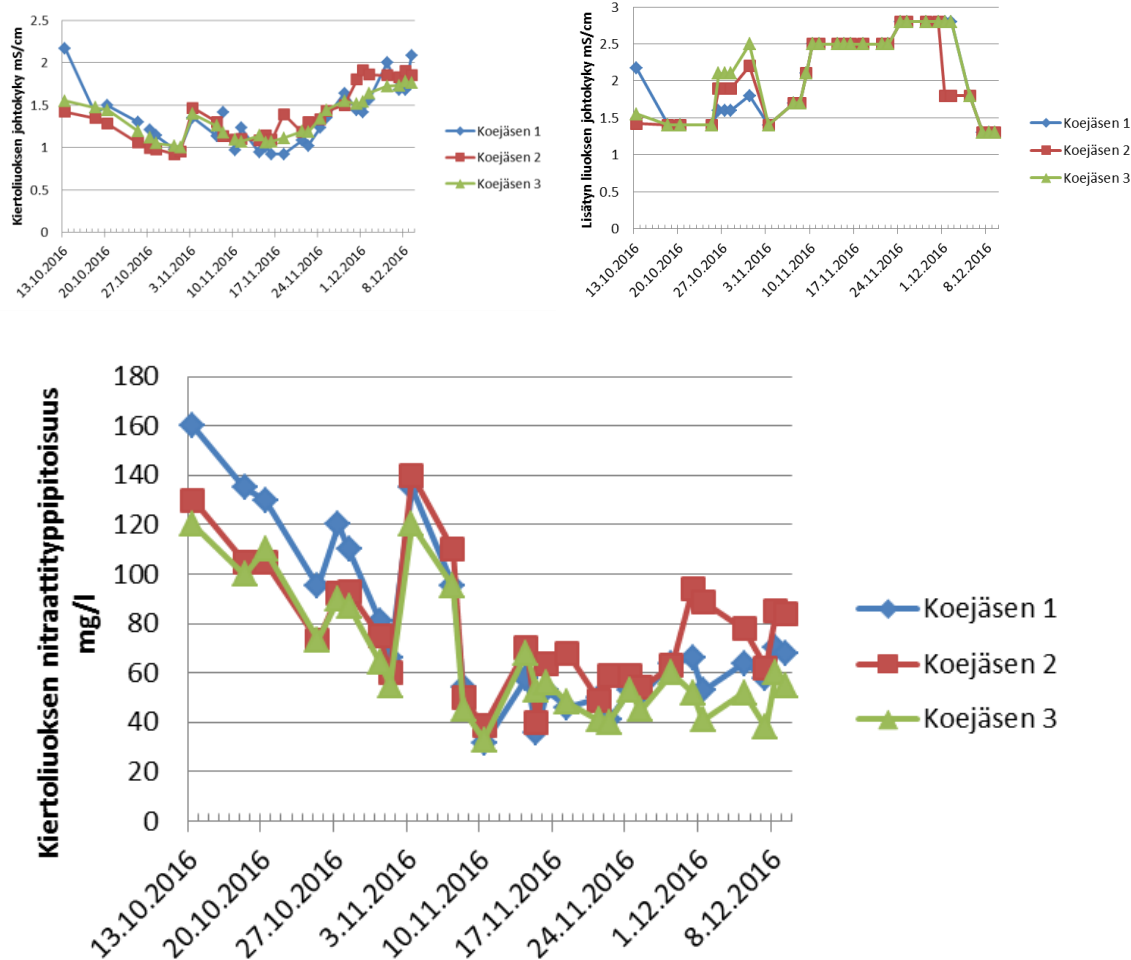
	Erä 1	Erä 2	Erä 3
Kylvö	23.9.2016 (0)	7.10.2016 (0)	26.10.2016 (0)
Tekovalotus alkoi	26.9. (3)	10.10. (3)	29.10. (3)
Istutus kouruun	13.10. (20)	25.10. (18)	14.11. (18)
Sadonkorjuu 1	1.11. (39)	18.11. (42)	7.12. (42)
Sadonkorjuu 2	3.11. (41)	21.11. (45)	9.12. (44)

Kouruviljely

Kouruviljelyvaiheessa kunkin koejäsenen taimet istutettiin viljelytasolla omaan kastelujärjestelmään, jossa oli kiertovesisäiliö, pumppu, lamellisuodatin, jakeluputkisto, kasteluputket, viljelykourut, valumakouru, karkeasuodatin ja valuma-allas. Kylvöerän taimet

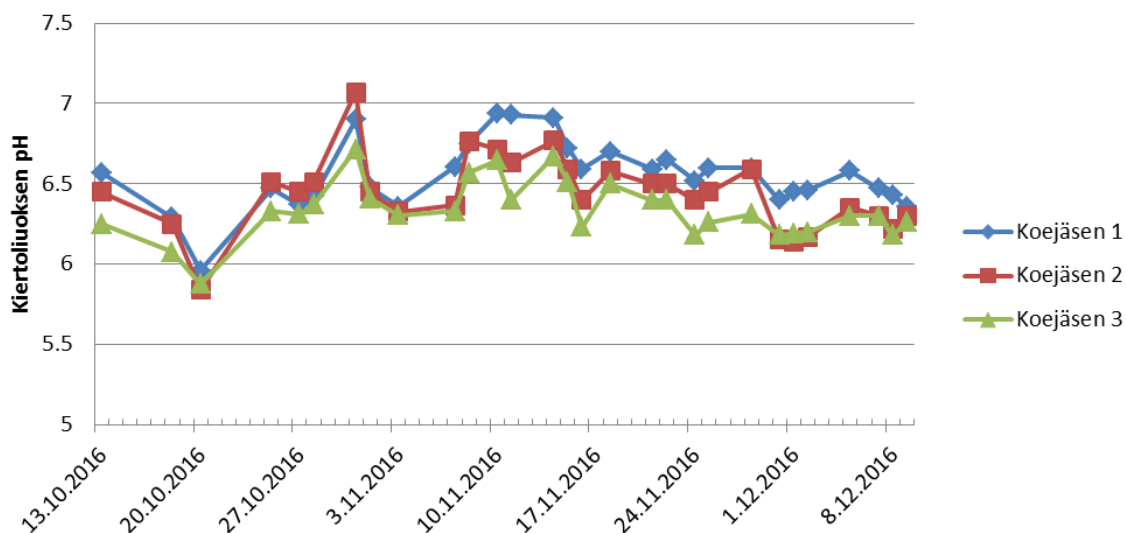
täyttivät viisi kourua kastelujärjestelmän kymmenestä kourusta. Toisen ja kolmannen erän istutuksen jälkeen viljelytaso oli täynnä kasveja. Viljelykourussa oli enintään 34 kasvia. Kasteluputki syötti viljelykouruun kasteluliuosta 120 ml min^{-1} . Kastelupumppu ajastettiin siten, että tekovalojakson aikana kasteltiin 45 min ja sen jälkeen pidettiin taukoa 15 min, yöllä kasteltiin 15 min ja sen jälkeen pidettiin taukoa 15 min. Toisen kylvöerän sisäisen lehdenreunapolteoireiden alettua 8.11.2016 ajastin poistettiin ja kasveille alettiin antaa kiertoliuosta jatkuvasti.

Lannoitesekoittajan johtokykyä säädettiin siten, että kiertoliuossäiliön nitraattityypipitoisuus yläraja 120 mg l^{-1} ei ylity (kuva 1). Kokeen alussa koejäsenen 1 lannoiteresepti oli syötetty väärin sekoittimen. Viiden päivän kuluttua virhe havaittiin, lannoitteiden annostelua korjattiin ja kiertoliuos vaihdettiin uuteen. Lannoitesekoittimen ohjelmisto päivitettiin 1.11.2016, koska kasvihuoneilla otettiin käyttöön uusi lannoitesekoitin. Ohjelmistopäivityksen seurauksena salaattikokeen lannoitesekoitin annosteli kasteluveteen liian paljon lannoitetta. Samana päivänä kiertoliuosaltaiden pintavahtien kaapelit irtosivat paikoiltaan koejäsenistä 1 ja 2. Tämän seurauksena lannoitesekoittaja pumppasi uutta ravinneliuosta liikaa kiertoliuossäiliöihin ja koejäsenien 1 ja 2 altaat tulvivat yli. Kun häiriötilanne havaittiin aamulla 2.11.2016, kaikki kiertoliuossäiliöt tyhjennettiin ja täytettiin vedellä. Iltapäivällä, kun lannoitesekoittajan ohjelmisto oli palautettu, kiertoliuossäiliöt tyhjennettiin uudelleen ja säiliöt täytettiin oikean vahvuisella kasteluliuksella.



Kuva 1. Kiertoliuoksen johtokyky (yllä oikealla), siihen lisätyn liuoksen (yllä vasemmalla) johtokyky ja kierto-liuoksen nitraattityppipitoisuus eri lannoituskoekäsenillä.

Aluksi kierto-liuoksen pH:n säätöön käytettiin typpihappoa, mutta lokakuun 26. siirryttiin käyttämään fosforihappoa. Fosforihappoa ei voinut lisätä kalkkisalpietariemoliukseen. Koejäsenen 3 toisen emoliuksen pH oli niin alhainen, että happoa ei olisi voitu lisätä kaikille toisen (täyslannoite) emoliuksen kautta. Fosforihappo jouduttiin annostelemaan suoraan kierto-liuossäiliöön. Tavoitteena oli pitää kierto-liuoksen pH 6,2 ja 6,5 välissä. Ensimmäisen ja kolmannen kylvöerän aikana, kun viljelytaso ei ollut täynnä kasveja ja kierto-liuoksen johtokyky korkea, kierto-liuoksen pH pysyi paremmin tavoitealueella kuin toisen kylvöerän aikana, kun viljelytaso oli täynnä kasveja ja kierto-liuoksen johtokyky oli matala (kuva 2). Koejäsenelle 1 lisättiin enemmän happoa kuin muille koejäsenille, mutta silti happoa olisi pitänyt antaa enemmän, koska liuoksen pH pysyi asetettua tavoitetta korkeammalla.



Kuva 2. Kiertoiliuksen pH eri lannoituskoejäsenillä.

Ensimmäinen kylvöerä sai tekovaloa suurpainenaatriumvalaisimilla enintään 20 h vrk⁻¹ (klo 23.00 - 19.00), josta saatiin fotosynteettisesti aktiivista säteilyä (PAR) 105 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Toinen kylvöerä sai tekovaloa suurpainenaatriumlampuista (PAR 95 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 20 h vrk⁻¹ ja lisäksi LED-valaisimilla (Valoya B200 AP67) PAR 115 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 8 - 10 h vrk⁻¹. LED-valotus ajoittui suurpainenaatriumvalaisimien päivittäisen käyttöjakson alkuun. Kolmatta kylvöerää valotettiin istutuksesta ensimmäiseen sadonkorjuuseen asti suurpainenaatriumvalaisimilla enintään 20 h vrk⁻¹ (klo 23.00 - 19.00, PAR 105 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ja ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen vain LED-valaisimilla (PAR 115 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 24 h vrk⁻². Kouruviljelyn aikana vuorokauden fotosynteettisesti aktiivisen säteilyn kertymä (Daily Light Integral DLI) vaihteli ensimmäisellä kylvöerällä 6 ja 12 mol m^{-2} välillä, toisella kylvöerällä 10 ja 16 mol m^{-2} välillä ja kolmannella kylvöerällä 8 ja 12 mol m^{-2} välillä (liite 2).

Kasvihuoneen lämpötilatavoite oli päivällä ja yöllä 18,0 °C ja tuuletus alkoi 21,0 °C. Sumutus loppui 60 % suhteellisessa ilmakeuhudessa ja kasvihuoneilmaan lisättiin hiilidioksidikaasua 800 ppm:n tasoon asti. Kasvihuoneilmaa kierrätettiin osastossa viljelytason yläpuolelle sijoitetulla pystytuulettimella.

Havainnot

Taimikasvatuksen päätteeksi 22 taimen otoksesta punnittiin kasvin maanpäällisen osan tuorepaino ja laskettiin kasvulehtien lukumäärä. Näitten arvioiden jälkeen kasvinosat pakastettiin. Jäinen näyte sulatettiin ja sulaneesta kasviaineksesta puristettiin perunapuristimella neste erilleen. Puristenesteestä mitattiin nitraattipitoisuutta (Horiba Laquatwin B-741), kaliumpitoisuutta (Horiba Laquatwin B-731) ja liukoista kuiva-aineen määrää (Atago Palette PR-100). Kasvinäytteiden kasvualustoista puristettiin turvepuristimella neste erilleen. Kasvualustan puristenesteestä mitattiin pH (Nieuwkoop pH-95), johtokyky

(Nieuwkoop EC-95), nitraattityppi- (Horiba Laquatwin B-343), kalium- (Horiba Laquatwin B-731) ja kalsiumpitoisuus (Horiba Laquatwin B-751).

Kasvuhavainnoissa tavoitteena oli määrittää oikea sadonkorjuuajankohta ja seurata kasvin ravinnepitoisuuksia pikamittauksin. Kasvin tuorepaino ja lehtien lukumäärä laskettiin viikon välein kouruun istuttamisesta viiden kasvin otoksesta. Samalla arvioitiin juurten terveys asteikolla 1 - 4 ja sisäisen ja ulkoisen lehdenreunapoltteen esiintyminen asteikolla 1 - 4 (liite 4). Näitten arvioiden jälkeen kasvinäytteet pakastettiin. Kasvin puristenesteestä mitattiin nitraatti- ja kaliumpitoisuutta sekä liukoista kuiva-aineen määrää. Kasvinäytteiden kasvualustoista puristettiin turvepuristimella neste erilleen. Kasvualustan puristenesteestä mitattiin pH, johtokyky sekä nitraattityppi-, kalium- ja kalsiumpitoisuus.

Sadonkorjuu aloitettiin, kun jääsalaatin tuorepaino ylitti 120 g. Ensimmäisenä sadonkorjuupäivänä koeruudusta korjattiin kolme peräkkäistä kasvia ja toisena sadonkorjuupäivänä korjattiin seuraavat kolme kasvia. Satohavainnot tehtiin kolmen kasvin koeruudusta. Sadonkorjuun yhteydessä arvioitiin juurten terveyttä asteikolla 1 - 4 sekä punnittiin jääsalaatin tuorepaino. Kauppakunnostuksessa poistettiin huonokuntoiset ja sadonkorjuussa vioittuneet lehdet ja viimeisteltiin kasvin tyvi. Kauppakunnostettu sato punnittiin. Kauppakunnostetusta sadosta arvioitiin sisäistä ja ulkoista lehdenreunapolttetta asteikolla 1 - 4. Tämän jälkeen salaatin halkaistiin. Pikamittausta varten salaatin yhden puolikkaat pakattiin koeruuduittain. Laboratorionäytettä varten salaatin toiset puolikkaat samasta lohkokosta yhdistettiin yhdeksi näytteeksi. Koeruuduittain pakattujen puolikkaiden puristenesteestä mitattiin nitraatti- ja kaliumpitoisuutta sekä liukoista kuiva-ainetta. Lohkottain pakatuista salaateista mitattiin kuiva-ainepitoisuutta Piikkiössä tai ne lähetettiin laboratorioon (Hortilab Oy) kasviraavinteiden, nitraattipitoisuuden ja kuiva-ainepitoisuuden määrittämistä varten. Kasvialustan puristenesteestä mitattiin pH, johtokyky sekä nitraattityppi-, kalium- ja kalsiumpitoisuus.

Kasveista, kasvialustan puristenesteestä ja kiertoliuoksesta otettiin näytteet laboratoriotutkimuksia varten kolme kertaa. Näitten näytteiden avulla pyrittiin mittaamaan lannoituksen riittävyyttä. Kasvinäytteistä analysoitiin makro- ja mikroravinteet, kuiva-ainepitoisuus ja nitraattipitoisuus. Kasvinäyte koostui kahdestatoista kauppakunnostetuista jääsalaatin puolikkaasta. Kasvianalyysin, kasvialustan puristenesteen ja kiertoliuoksen analyysilukemia verrattiin ohjearvoihin (Hortilab 1999).

Kahdesti viikossa kiertoliuoksesta otettiin näyte, josta mitattiin pH, johtokyky, nitraattityppipitoisuus, kaliumpitoisuus ja kalsiumpitoisuus. Kiertoliuosnäytteestä mitattiin myös ammoniumtyppeä Reflectoquant Ammonium Test -mittaliuskoilla ja RQflex 10 Reflectoquant -reflektometrillä (Merck KGaA, Darmstedt, Saksa). Ammoniumtypen määrittämistä varten kiertoliuosnäyte yleensä pakastettiin myöhemmin tapahtuvaa mittausta varten.

Ensimmäisestä kylvöerästä otettiin kymmenen salaatin näyte ja toisesta kylvöerästä viiden salaatin näyte. Kauppakunnostettu salaatinäyte pakattiin suljettavaan pussiin. Näytteitä säilytettiin kylmiössä +2 - + 5 °C lämpötilassa 2 viikkoa. Ensimmäisen viikon jälkeen

salaatin ulkonäköä ja kauppakelpoisuutta arvioitiin pussin läpi ja toisen viikon jälkeen salaatti arvioitiin ilman pussia.

Kolmannesta kylvöerästä otettiin toisen sadonkorjuun jälkeen kahdenkymmenen salaatin näyte. Jääsalaatit säilytettiin kylmiössä yli viikonlopun. Jääsalaatin lehdet irrotettiin, huuhdottiin vesijohtovedellä ja lingottiin salaatingolla. Salaateista poistettiin uloimmat suuret ja pienimmät, alle 5 cm pituiset lehdet. Luonnonvarakeskuksen Piikkiön toimipisteen henkilöstöstä koottu kuluttajaraati, johon kuului 13 henkilöä, arvioi salaatinäytteiden maun miellyttävyyttä (Liite 5). Käytetty arvioasteikko oli 1 - 5 (1=erittäin maukas, 5=surkea maku). Näytteeseen valittiin kolme erikokoista lehteä. Arvioija sai käyttää vettä näytteiden välissä ja näytteiden arviointijärjestys oli vapaa. Kukin arvioija sai arvioitavakseen neljä näytettä, sillä koejäsen 1 oli mukana kahdessa näytteessä. Kaksoisnäytteellä pyrittiin testaamaan, pysyykö arvioijan antama arvio samana.

Laboratoriomenetelmin mitattuja jääsalaatin nitraattipitoisuuksia verrattiin pikamittausmenetelmällä mitattuihin jääsalaatin puristenesteen nitraattipitoisuustuloksiin, jotta voitaisiin arvioida aiemmin luodun pikamittausmenetelmän ja laboratoriomenetelmän välisen korjauskertoimen luotettavuutta: pikamittauksen nitraattipitoisuus (mg/l) * 0,77 = laboratoriomenetelmän nitraattipitoisuus (mg/kg) (Näkkilä, Jokinen, Särkkä ja Raivonen 2015).

Koejärjestely

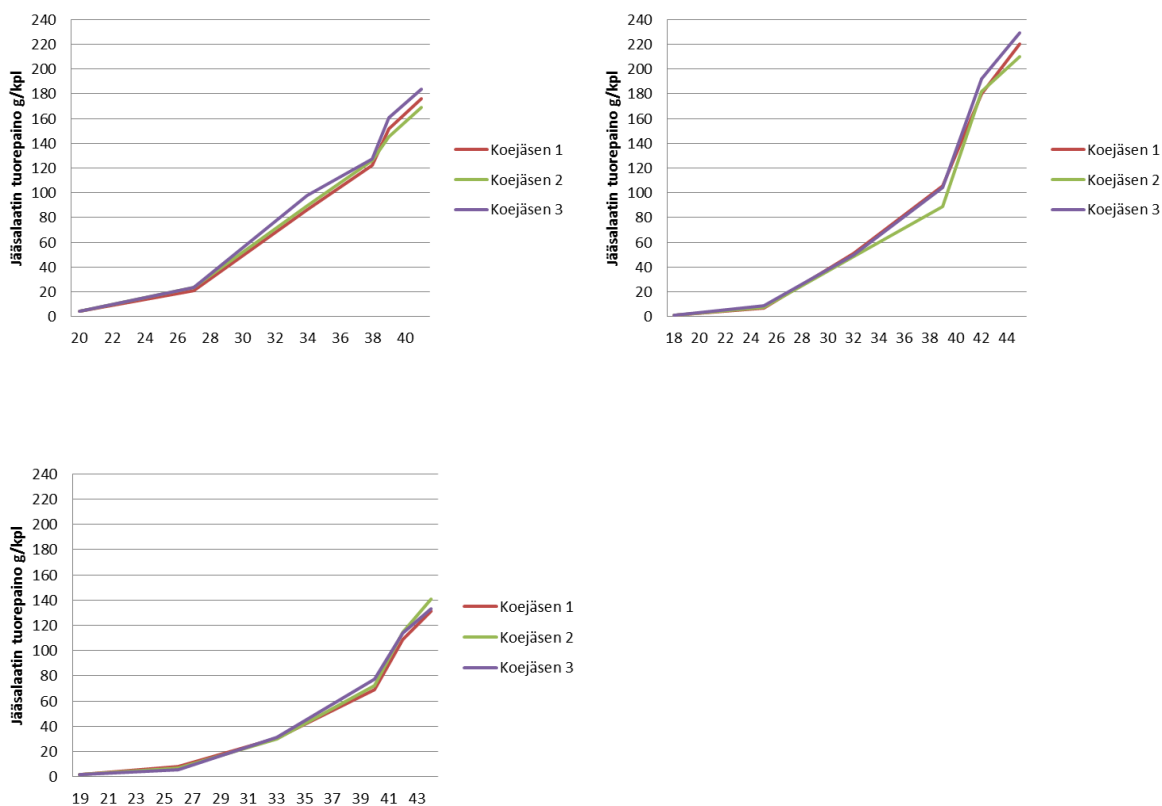
Koe järjestettiin osaruutukokeena, tarkemmin strip-plot -asetelmana. Kourun osa oli kiinnitetty, eli sitä ei voitu satunnaistaa. Lohkoja oli 4. Lohko käsitti kolme peräkkäistä kourua viljelytasolla. Yhdessä kourussa oli 34 kasvia. Salaattisadon nitraatti- ja kaliumpitoisuus sekä liukoisen kuiva-aineen pitoisuus sekä sato testattiin sekamallien avulla SAS 9.4-ohjelmistolla.

Vastemuuttujien normaalisuus testattiin Shapiro & Wilkin –testillä. Mallien jäännökset tarkastettiin ja havaittiin normaaliksi. Keskiarvoparien eroja vertailtiin Tukeyn HSD testillä. Tilastollisesti merkitsevän tuloksen raja oli $p < 0,05$.

3. TULOKSET

Kasvu

Kouruviljelyn aikana jääsalaatin tuorepaino ylitti 120 g ensimmäisellä kylvöerällä 37 - 38 vrk kylvöstä, toisella erällä 39 - 40 vrk kylvöstä ja kolmannella erällä 44 vrk kylvöstä (kuva 3). Eri koejäsenet erosivat kasvunopeudessa korkeintaan vuorokaudella.



Kuva 2. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin eri-ikäisten kasvien (vuorokautta kylvöstä) tuorepainoon ensimmäisessä (ylhäällä oikealla), toisessa (ylhäällä vasemmalla) ja kolmannessa kylvöerässä (alhaalla oikealla).

Sadon määrä ja laatu

Ensimmäinen kylvöerä

Jääsalaatin tuorepaino oli 39 vuorokauden ikäisillä kasveilla koejäsenestä riippuen keskimäärin 152 g, 146 g ja 160 g. Jääsalaatin kauppakunnostettu tuorepaino oli koejäsenestä riippuen keskimäärin 134 g, 126 g ja 140 g. Koejäsenen 2 koko sadon ja kauppakelpoisen sadon määrä oli merkitsevästi pienempi kuin koejäsenen 3 (taulukko 2). Koejäsenten 1 ja 3 sadot eivät eronneet merkitsevästi toisistaan. Kauppakunnostuksessa salaalista poistettiin keskimäärin 12 - 13 % tuorepainosta.

Taulukko 2. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus koko satoon ja kauppakelpoiseen satoon ensimmäisen kylvöerän ensimmäisessä sadonkorjuussa. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	Koko sato g/koeruutu	Kauppakelpoinen sato g/koeruutu
Koejäsen 1	456 (100) ab	403 (100) ab
Koejäsen 2	437 (96) a	379 (94) a
Koejäsen 3	482 (106) b	419 (104) b

Jääsalaatin juuret olivat terveet kokeen loppuun asti kaikilla koejäsenillä. Jääsalaattisato oli laadultaan hyvää ja kunnostettu sato täytti kauppakelpoisuusvaatimukset. Ulkoista lehdenreunapoltetta oli lievänä vioituksena neljällä salaattilla ja eniten niitä oli koejäsenellä 3 (3 kpl, 6 % kasveista). Ulkoista lehdenreunapoltetta oli keskellä viljelytasoa viljelykourujen loppupäissä. Sisäistä lehdenreunapoltetta ei salaateissa havaittu lainkaan.

Toinen kylvöerä

Jääsalaatin tuorepaino oli 42 vuorokauden ikäisillä kasveilla koejäsenestä riippuen keskimäärin 180 g, 182 g ja 192 g. Jääsalaatin kauppakunnostettu tuorepaino oli koejäsenestä riippuen keskimäärin 149 g, 152 g ja 160 g. Koejäsenen 3 kauppakelpoisen sadon määrä oli merkitsevästi korkeampi kuin koejäsenellä 1 ja 2 (taulukko 3). Kauppakunnostuksessa salaateista poistettiin keskimäärin 16 - 17 % tuorepainosta

Taulukko 3. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus koko satoon ja kauppakelpoiseen satoon toisen kylvöerän ensimmäisessä sadonkorjuussa. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	Koko sato g/koeruutu	Kauppakelpoinen sato g/koeruutu
Koejäsen 1	540 (100) a	371 (100) a
Koejäsen 2	546 (101) a	383 (103) a
Koejäsen 3	575 (106) a	452 (122) b

Jääsalaatin juuret olivat terveet kokeen loppuun asti kaikilla koejäsenillä. Lähes puolella jääsalaateista oli lievää ulkoista lehdenreunapoltetta ja 20 jääsalaattia oli kauppakelvottomia sisäisen lehdenreunapolteen takia. Lukumääräisesti 14 % salaateista oli kauppakelvottomia.

Koejäsenellä 1 kauppakelvottomia salaatteja oli eniten (8 kpl, 18 % kasveista). Ulkoinen ja sisäinen lehdenreunapolte vioittivat eniten jääsalaatteja viljelykourun keskiosissa.

Kolmas kylvöerä

Jääsalaatin tuorepaino oli 42 vuorokauden ikäisillä kasveilla koejäsenestä riippuen keskimäärin 109 g, 115 g ja 114 g. Jääsalaatin kauppakunnostettu tuorepaino oli koejäsenestä riippuen keskimäärin 97 g, 103 g ja 101 g. Lannoitus ei vaikuttanut merkitsevästi sadon määrään (taulukko 4). Kauppakunnostuksessa salaateista poistettiin keskimäärin 11 % tuorepainosta.

Taulukko 4. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus koko satoon ja kauppakelpoiseen satoon kolmannen kylvöerän ensimmäisessä sadonkorjuussa. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	Koko sato g/koeruutu	Kauppakelpoinen sato g/koeruutu
Koejäsen 1	327 (100) a	290 (100) a
Koejäsen 2	344 (105) a	308 (106) a
Koejäsen 3	341 (104) a	304 (105) a

Jääsalaatin tuorepaino oli 44 vuorokauden ikäisillä kasveilla koejäsenestä riippuen keskimäärin 131 g, 141 g ja 133 g. Jääsalaatin kauppakunnostettu tuorepaino oli koejäsenestä riippuen keskimäärin 115 g, 122 g ja 115 g. Lannoitus ei vaikuttanut merkitsevästi sadon määrään (taulukko 4). Kauppakunnostuksessa salaateista poistettiin keskimäärin 12 -14 % tuorepainosta.

Taulukko 5. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus koko satoon ja kauppakelpoiseen satoon kolmannen kylvöerän toisessa sadonkorjuussa. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	Koko sato g/koeruutu	Kauppakelpoinen sato g/koeruutu
Koejäsen 1	393 (100) a	344 (100) a
Koejäsen 2	423 (108) a	365 (106) a
Koejäsen 3	399 (101) a	345 (100) a

Jääsalaatin juuret olivat terveet kokeen loppuun asti kaikilla koejäsenillä. Jääsalaattisato oli laadultaan hyvää ja kunnostettu sato täytti kauppakelpoisuusvaatimukset. Ulkoista tai sisäistä lehdenreunapoltetta ei esiintynyt.

Jääsalaatin sisäinen laatu

Lannoituksella oli vaikutusta jääsalaatin puristenesteen nitraattipitoisuuteen ensimmäisessä kylvöerässä. Koejäsen 2 nitraattipitoisuus oli merkitsevästi muita koejäseniä alempi ensimmäisessä sadonkorjuussa ja toisessakin sadonkorjuussa merkitsevästi koejäsentä 3 alempi (taulukko 6). Koejäsenen 3 nitraattipitoisuus oli ensimmäisessä sadonkorjuussa merkitsevästi koejäsentä 1 alempi. Ensimmäisen kylvöerän sadonkorjuun edetessä koejäsenillä 2 ja 3 nitraattipitoisuus nousi, mutta koejäsenellä 1 nitraattipitoisuus laski.

Taulukko 6. Lannoituksen vaikutus ensimmäisen kylvöerän jääsalaatin kauppakunnostetun sadon puristenesteen nitraattipitoisuuteen (mg l⁻¹) 39 ja 41 vrk kylvöstä. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	39 vrk Nitraattipitoisuus mg/l	41 vrk Nitraattipitoisuus mg/l	Nitraattipitoisuuden muutos
Koejäsen 1	4250 (100) c	3838 (100) ab	-412 (9,7 %)
Koejäsen 2	3194 (75) a	3619 (94) a	+425 (13,3 %)
Koejäsen 3	3744 (88) b	4063 (106) b	+319 (8,5 %)

Lannoituksella ei ollut vaikutusta jääsalaatin puristenesteen nitraattipitoisuuteen toisessa kylvöerässä. Kolmessa vuorokaudessa puristenesteen nitraattipitoisuus laski 8 - 11 % (taulukko 7). Koejäsenissä 2 ja 3 nitraattipitoisuuden keskimääräinen lasku oli keskimäärin suurempi kuin koejäsenessä 1.

Taulukko 7. Lannoituksen vaikutus toisen kylvöerän jääsalaatin kauppakunnostetun sadon puristenesteen nitraattipitoisuuteen (mg l^{-1}) 42 ja 45 vrk kylvöstä. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	42 vrk Nitraattipitoisuus mg/l	45 vrk Nitraattipitoisuus mg/l	Nitraattipitoisuuden muutos
Koejäsen 1	3675 (100) a	3369 (100) a	-306 (8,3 %)
Koejäsen 2	3744 (102) a	3356 (100) a	-388 (10,4 %)
Koejäsen 3	3719 (101) a	3306 (98) a	-413 (11,1 %)

Lannoitus vaikutti jääsalaatin puristenesteen nitraattipitoisuuteen kolmannessa kylvöerässä. Koejäsenen 3 nitraattipitoisuus oli merkitsevästi alempi kuin koejäsenten 1 ja 2 kummankin sadonkorjuun aikana. Koejäsenen 2 nitraattipitoisuus erosi merkitsevästi muista koejäsenistä ensimmäisessä sadonkorjuussa, mutta toisessa sadonkorjuussa ero oli merkitsevä vain koejäsenen 3. Kahden vuorokauden LED-valotusjakson jälkeen kaikkien koejäsenten nitraattipitoisuus laski 4 -15 % (taulukko 8). Koejäsenissä 2 ja 3 nitraattipitoisuuden keskimääräinen lasku oli keskimäärin suurempi kuin koejäsenessä 1.

Taulukko 8. Lannoituksen vaikutus kolmannen kylvöerän jääsalaatin kauppakunnostetun sadon puristenesteen nitraattipitoisuuteen (mg l^{-1}) 42 ja 44 vrk kylvöstä. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	42 vrk Nitraattipitoisuus mg/l	44 vrk Nitraattipitoisuus mg/l	Nitraattipitoisuuden muutos
Koejäsen 1	5075 (100) b	4863 (100) b	-212 (4,2 %)
Koejäsen 2	5859 (115) c	4994 (103) b	-865 (14,8 %)
Koejäsen 3	4744 (93) a	4288 (88) a	-456 (9,6 %)

Lannoitus vaikutti jääsalaatin puristenesteen liukoisen kuiva-aineen pitoisuuteen ensimmäisessä kylvöerässä. Koejäsenillä 2 ja 3 oli merkitsevästi korkeampi Brix-% kuin koejäsenellä 1 (taulukko 9). Toisessa kylvöerässä koejäsenten liukoisen kuiva-aineen pitoisuudessa ei ollut merkitsevää eroa. Kolmannessa kylvöerässä koejäsenen 3 liukoisen kuiva-aineen pitoisuus oli ensin merkitsevästi muita korkeampi, mutta LED-valotusjakson jälkeen ero koejäsenten 1 ja 3 välillä poistui (taulukko 10). Kolmannessa kylvöerässä koejäsenen 2 liukoinen kuiva-ainepitoisuus oli muita koejäseniä matalampi.

Taulukko 9. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin kuiva-ainepitoisuuteen ja puristenesteen liukoiseen kuiva-ainepitoisuuteen ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä. Kylvöerä on merkitty sarakkeen otsikkoon tunnuksella I ja II. Jääsalaatin kuiva-ainepitoisuudesta on merkitty keskiarvo ja keskivirhe. Puristenesteen liukoisen kuiva-aineen sarakkeessa samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	I Kuiva-ainepitoisuus %	II Kuiva-ainepitoisuus %	I Brix-%	II Brix-%
Koejäsen 1	3,46 ± 0,09	4,22 ± 0,12	2,2 a	3,1 a
Koejäsen 2	3,76 ± 0,04	4,06 ± 0,11	2,4 b	3,0 a
Koejäsen 3	3,58 ± 0,03	4,23 ± 0,14	2,4 b	3,1 a

Taulukko 10. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin kolmannen kylvöerän salaatin kuiva-ainepitoisuuteen ja puristenesteen liukoisen kuiva-aineen pitoisuuteen 42 ja 44 vrk kylvöstä. Jääsalaatin kuiva-ainepitoisuudesta on merkitty keskiarvo ja keskivirhe. Puristenesteen liukoisen kuiva-aineen sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	42 vrk Kuiva-ainepitoisuus %	44 vrk Kuiva-ainepitoisuus %	42 vrk Brix-%	44 vrk Brix-%
Koejäsen 1	4,05 ± 0,14	4,41 ± 0,08	2,7 b	2,9 b
Koejäsen 2	3,94 ± 0,08	4,15 ± 0,02	2,6 a	2,7 a
Koejäsen 3	4,20 ± 0,13	4,45 ± 0,07	2,8 c	2,9 b

Säilyvyys

Ensimmäisen kylvöerän jääsalaatin tuorepaino laski 2 viikon kylmiösäilytyksen aikana keskimäärin 2 % ja kaikki salaattit säilyivät kauppakelpoisina. Lannoituksella ei ollut vaikutusta säilyvyyteen. Toisen kylvöerän jääsalaatin tuorepaino laski 2 viikon kylmiösäilytyksen aikana keskimäärin 3 %. Ensimmäisen viikon jälkeen kaikki jääsalaatit olivat vielä kauppakelpoisia. Kahden viikon säilytyksen jälkeen koejäsenen 1 salaateista kauppakelpoisia oli 80 %, koejäsenen 2 40 % ja koejäsenen 3 60 %. Useimmiten salaatin kauppakelvottomuuden syy oli uloimpien lehtien nahistuminen.

Jääsalaatin aistinvarainen laatu

Koejäsenen 3 arvioi erittäin maukkaaksi (arvosana 1) yhteensä yhdeksän arvioijaa (69 %) (taulukko 11). Koejäsenet 1 ja 2 arvioitiin keskimäärin hyvän makuisiksi (arvosana 2). Kolme arvioijaa (23 %) arvioi koejäsenen 1 kaksoisnäytteet samalla arvosanalla ja samat arvioijat pitivät koejäsentä 3 erittäin maukkaana.

Taulukko 11. Lannoituksen vaikutus jääsalaattinäytteiden aistinvaraisen analyysin makuun. Maun arviosta on merkitty keskiarvo ja keskivirhe.

Tunnus	Lannoitus	Maku
A	Koejäsen 2	2,1 ± 0,202
B	Koejäsen 1	2,2 ± 0,213
C	Koejäsen 3	1,4 ± 0,173
D	Koejäsen 1	2,2 ± 0,291

Kasviravinteiden riittävyys

Kasvianalyysien perusteella jääsalaatin typpi-, kalium-, fosfori-, rikki- ja magnesiumpitoisuudet olivat ohjearvoalueella. Makroravinteista vain kalsiumpitoisuus laski hieman ohjearvoalueen alapuolelle toisessa tai kolmannessa kylvöerässä kaikilla koejäsenillä. Koejäsenen 3 booripitoisuus oli ohjearvoaluetta alempana kaikissa kylvöerissä, koejäsenen 2 booripitoisuus alitti ohjearvoalueen ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä ja koejäsenen 1 booripitoisuus alitti ohjearvoalueen vain toisessa kylvöerässä. Koejäsenen 2 mangaanipitoisuus alitti ohjearvoalueen ensimmäisessä ja kolmannessa kylvöerässä ja koejäsenen 3 mangaanipitoisuus alitti ohjearvoalueen ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä. Rautapitoisuudet olivat ohjearvoalueen alapuolella toisessa ja kolmannessa erässä kaikilla koejäsenillä. Kupari- ja sinkkipitoisuudet olivat ohjearvoalueen mukaisia.

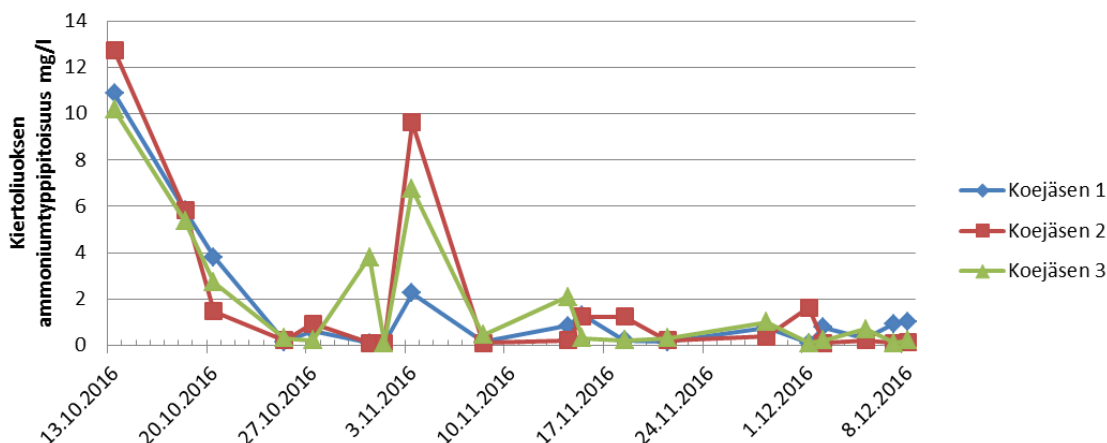
Kasvialustan puristenesteanalyysin perusteella kasvialustan nitraattityyppipitoisuus alitti salaatin ohjearvoalueen ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä kaikki koejäsenet ja kolmannessa kylvöerässä vielä koejäsenet 1 ja 3. Kasvialustan kaliumpitoisuus alitti ohjearvoalueen kaikkien kylvöerien kaikilla koejäsenillä. Kasvialustan kalsiumpitoisuudet olivat ohjearvoalueella ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä, mutta kolmannessa kylvöerässä pitoisuudet nousivat ohjearvoalueen yläpuolelle kaikilla koejäsenillä.

Koejäsenten 2 ja 3 kasvualustan rikki- ja sinkkipitoisuus ylitti ohjearvoalueen toisessa ja kolmannessa kylvöerässä ja koejäsen 1 ylitti rikin ohjearvoalueen kolmannessa kylvöerässä. Kasvualustan booripitoisuudet olivat ohjearvoalueen alapuolella kaikilla koejäsenillä ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä, mutta kolmannessa kylvöerässä ohjearvoalueen alittivat vain koejäsenet 2 ja 3. Kasvualustan mangaanipitoisuuden ohjearvoalueen alitti toisessa ja kolmannessa kylvöerässä kaikki koejäsenet. Kasvualustan rautapitoisuus alitti ohjearvoalueen kahdesti kaikilla koejäsenillä. Kasvualustan rautapitoisuus oli ohjearvoalueella ensimmäisessä kylvöerässä koejäsenillä 1 ja 3 ja kolmannella kylvöerällä koejäsenellä 2. Kaikkien koejäsenten kasvualustan kupari- ja sinkkipitoisuudet olivat ohjearvoalueella kaikilla kylvöerillä. Kaikkien koejäsenten kasvualustan molybdeenipitoisuus alitti useimmiten analyysimenetelmän erotuskyvyn (alle $2,0 \text{ mg l}^{-1}$), joten molybdeeniä ei ollut ainakaan liikaa ohjearvoalueeseen verrattuna.

Kiertoliuoksen nitraattityyppipitoisuus alitti salaatin ohjearvoalueen ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä kaikki koejäsenet ja kolmannessa kylvöerässä vielä koejäsenet 1 ja 3. Kiertoliuoksen kaliumpitoisuudet alittivat ohjearvoalueen kaikilla koejäsenillä kaikissa kylvöerissä. Kiertoliuoksen kalsiumpitoisuus oli ohjearvoalueella ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä. Koejäsenten 2 ja 3 kiertoliuoksen kalsium- ja rikki- ja sinkkipitoisuus nousivat ohjearvoalueen yläpuolelle kolmannessa kylvöerässä. Kiertoliuoksen booripitoisuus alitti ohjearvoalueen ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä kaikki koejäsenet ja kolmannessa kylvöerässä vielä koejäsen 2. Kiertoliuoksen mangaanipitoisuus alitti ohjearvoalueen ensimmäisessä ja toisessa kylvöerässä kaikki koejäsenet ja kolmannessa kylvöerässä vielä koejäsen 3. Kiertoliuoksen rautapitoisuuden ohjearvoalueen alitti vain koejäsen 2 ensimmäisessä kylvöerässä, muulloin kiertoliuoksen rautapitoisuus oli ohjearvoalueella. Kaikkien koejäsenten kiertoliuoksen kupari-, sinkki- ja molybdeenipitoisuudet olivat ohjearvoalueen mukaiset kaikilla kylvöerillä.

Kiertoliuoksen ammoniumtyyppipitoisuus

Kiertoliuoksen ammoniumtyyppipitoisuus laski koejäsenellä 1 uuden täyden säiliön 5 mg l^{-1} tasosta mittausrajan alapuolelle ($0,16 \text{ mg l}^{-1}$) viikossa ja koejäsenen 2 ja 3 kiertoliuoksen ammoniumtyyppipitoisuus laski uuden täyden säiliön 9 mg l^{-1} tasosta mittausrajan alapuolelle 2 viikossa, vaikka kiertoliuosta täydennettiin tuona aikana uudella lannoiteliuksella (kuva 3).



Kuva 3. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin kiertoliuoksen ammoniumtyyppipitoisuuteen.

Jääsalaatin nitraattipitoisuuden mittausten välinen vertailu

Laboratoriomenetelmin määritettiin jääsalaatin nitraattipitoisuutta kunkin kylvöerän ensimmäisen sadonkorjuukerran näytteistä. Näytteenä valittiin Horiba-pikamittausten tulosten perusteella kaikista koejäsenistä korkeimman nitraattipitoisuuden näyte. Kaikkien laboratorioon lähetettyjen jääsalaatinäytteiden nitraattipitoisuus alitti talviajan nitraattipitoisuuden maksimirajan 5000 mg kg^{-1} tuorepainossa (taulukko 12). Kun pikamittausten menetelmällä mitatut jääsalaatin puristenesteen nitraattipitoisuus kerrottiin aiemmin kehitetyllä kertoimella 0,77, saatiin nitraattipitoisuus, joka oli pienimmillään 20 % pienempi ja enintään 6 % suurempi kuin laboratoriomenetelmällä mitattu nitraattipitoisuus. Pikamittausten menetelmällä mitattu ja muunnoskertoimella 0,77 kerrottu nitraattipitoisuus oli keskimäärin 99 % laboratoriomenetelmällä mitatusta nitraattipitoisuudesta.

Taulukko 12. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin kauppakunnostetun sadon puristenesteen nitraattipitoisuuteen. Nitraattipitoisuus 1 (mg l^{-1}) on keskiarvo neljästä pikamittauksesta, muunnettu pikamittaus on aiemmin luotu muuntokerroin (0,77) pikamittausmenetelmän ja laboratoriomenetelmän pitoisuuksien välille. Nitraattipitoisuus 2 on laboratoriomenetelmällä mitattu nitraattityypipitoisuus (mg kg^{-1}). Suhdeluku on muunnetun nitraattipitoisuuden ja laboratoriomenetelmällä mitatun pitoisuuden osamäärä kerrottuna sadalla.

Erä, ikä, koejäsen, lohko	Nitraatti- pitoisuus 1 mg l^{-1}	Muunnettu nitraatti- pitoisuus mg kg^{-1} tuorep.	Nitraatti- pitoisuus 2 mg kg^{-1}tuorep.	Suhdeluku
I, 39, 1, 1	4675	3600	4500	80
I, 39, 2, 2	3550	2734	2800	98
I, 39, 3, 1	4075	3138	3300	95
II, 42, 1, 3	4075	3138	3000	105
II, 42, 2, 4	4200	3234	3100	104
II, 42, 3, 4	3935	3022	3100	97
III, 42, 1, 1	5600	4312	4100	105
III, 42, 2, 1	6200	4774	4500	106
III, 42, 3, 1	5100	3927	4000	98

4. TULOSTEN TARKASTELU

Lannoituksen vaikutus sadon määrään

Kun tässä kokeessa kiertoliuoksen nitraattitypen enimmäistasoksi asetettiin 120 mg, saatiin jääsalaatti kasvamaan 120 g painoiseksi 37- 44 vuorokaudessa. Luonnonvalon vähetessä kasvu aika piteni. Ero eri koejäsenten kasvunopeudessa oli korkeintaan vuorokausi. Jääsalaatin kasvunopeus ei poikennut aiemmasta talvisesta lannoituskokeesta, jossa nitraattityppipitoisuudet eri koejäsenillä olivat 110, 165 ja 235 mg l⁻¹ (Näkkilä, Särkkä, Jokinen ja Kaseva 2015). Jääsalaatti kasvoi ammoniumtyypeä runsaasti (8 %) sisältävällä lannoituksella yhtä nopeasti kuin ammoniumtyypeä niukasti (4 %) sisältävällä lannoituksella.

Koejäsenistä 2 ja 3 saatiin aina vähintään yhtä suuri kauppakelpoinen sato kuin koejäsenestä 1. Toisessa kylvöerässä koejäsenen 3 kauppakelpoinen sato oli suurempi kuin muilla koejäsenillä.

Toisen kylvöerän satoero aiheutui ulkoisen ja sisäisen lehdenreunapolteen vioituksesta. Enemmän ammoniumtyypeä saaneet koejäsenet 2 ja 3 kärsivät pienemmän satotappion kuin koejäsen 1.

Lannoituksen vaikutus sadon laatuun

Korkeimmat jääsalaatin puristenesteen nitraattipitoisuudet mitattiin kolmannesta kylvöerästä. Kun salaatin puristenesteen nitraattipitoisuudet muunnettiin muuntokertoimen avulla salaatin nitraattipitoisuudeksi, voitiin todeta, että koejäsenen 1 nitraattipitoisuus oli 3900 mg kg⁻¹, koejäsenen 2 4711 mg kg⁻¹ ja koejäsenen 3 3300 mg kg⁻¹. Kun tavoiteltiin kiertoliuoksen nitraattityppipitoisuutta 120 mg l⁻¹, pysyi salaatin nitraattipitoisuus koko ajan talviajan EU-normin maksimitasoa (5000 mg kg⁻¹) alempana, käytettiin lannoitukseen nitraattitypen lisäksi ammoniumtyypeä vähän (4 %) tai paljon (8 %).

Ensimmäisestä kylvöerästä mitattiin matalia jääsalaatin puristenesteen nitraattipitoisuuksia. Kun salaatin puristenesteen nitraattipitoisuudet muunnettiin muuntokertoimen avulla salaatin nitraattipitoisuudeksi, voitiin todeta, että koejäsenen 1 nitraattipitoisuus oli 2830 mg kg⁻¹, koejäsenen 2 2459 mg kg⁻¹ ja koejäsenen 3 2883 mg kg⁻¹. Tuolloin salaatin nitraattipitoisuus pysyi kesäajan EU-normin maksimitasoa (4000 mg kg⁻¹) alempana, käytettiin lannoitukseen nitraattitypen lisäksi ammoniumtyypeä vähän (4 %) tai paljon (8 %).

Koejäsenien 2 ja 3 jääsalaatit olivat nitraattipitoisuudeltaan merkitsevästi alempia kuin koejäsen 1 ensimmäisessä ja kolmannessa kylvöerässä. Ensimmäisessä kylvöerässä alin

nitraattipitoisuus oli koejäsenellä 2 ja kolmannessa koejäsenellä 3. Toisessa kylvöerässä eri koejäsenten nitraattipitoisuudet eivät poikenneet toisistaan.

Lannoituksella ei ollut vaikutusta salaatin säilyvyyteen ensimmäisessä kylvöerässä. Kaikki koejäsenet säilyivät kylmiössä 2 viikkoa. Toisen kylvöerän näytteet säilyivät kylmiössä hyvinä vain yhden viikon. Toisen viikon aikana salaateista nahistui 20 - 60 %. Näyte-erän pienen koon (5 kasvia) takia toisen säilytyskokeen tulokset eivät ole yhtä luotettavia kuin ensimmäisen säilytyskokeen tulokset. Lehdenreunapoltteen vaivaamasta erästä oli vaikea löytää riittävästi kauppakelpoisia salaatteja säilytykseen.

Koejäsenen 3 salaatin maku todettiin keskimäärin koejäsenten 1 ja 2 salaatin makua miellyttävämmäksi. Samassa salaattierässä koejäsenen 3 puristenesteen nitraattipitoisuus oli merkitsevästi muita koejäseniä alempi.

LED-valotusjakson vaikutus sadon laatuun

Toisen kylvöerän aikana toteutettu LED-valotusjakso suurpainenatriumlamppujen käyttöajan alussa (aamulla ennen sadonkorjuuta) ei osoittautunut hyväksi menetelmäksi. LED- ja suurpainenatriumvalaisimien yhteisvalotus sekä lannoiteseokoittimen käyttöhäiriön aikana tapahtuneet kiertoliuoksen johtokyvyn äkilliset vaihtelut altistivat nuoret salaattit lehdenreunapoltteelle. LED-valaisimien teho kannattaa mitoittaa sellaiselle PAR-tasolle, että LED-valaisimia voi käyttää talvella koko tekovalojakson kuten suurpainenatriumvalaisimien, jotta kasvin veden ja ravinteiden saanti pystytään mitoittamaan oikein ja salaatin kasvu tasaantuu. Ensimmäisen ja toisen sadonkorjuun välisen tavanomaisen valotusjakson (8 h/vrk LED +20 h/vrk suurpainenatrium) tuloksena salaatin nitraattipitoisuus aleni kolmen vuorokauden aikana eri koejäsenillä 8 - 11 %.

24 tunnin LED-valotus alensi kahdessa vuorokaudessa kolmannen kylvöerän salaatin puristenesteen nitraattipitoisuutta 4 - 15 %. Suurin nitraattipitoisuuden alenema tapahtui eniten nitraattia sisältäneissä salaateissa.

LED-valotuskäsittelyjen vaikutus nitraattipitoisuuden alenemaan oli keskimäärin suurempi runsaasti ammoniumtyppeä (8 %) saaneilla koejäsenillä kuin vähän ammoniumtyppeä (4 %) saaneella koejäsenellä.

Ammoniumtypen sekä ammoniumtypen ja ureatypen yhdistäminen salaatin täyslannoitukseen osoittautui aivan käyttökelpoiseksi vaihtoehdoksi salaatin viljelyyn.

Parannuksia tuleviin kokeisiin

Kiertoliuoksen johtokykyä seurattiin kiertoliuksesta otettavalla näytteellä muutaman kerran viikossa. Pitkä mittausväli aiheuttaa sen, että nopeat muutokset kiertoliuoksen

koostumuksessa jäävät havaitsematta ja mahdolliset laiteviat jäävät huomaamatta. Jatkuvatoiminen johtokyvyn mittaus kiertoliuoksesta on lannoituskokeiden jatkamisen edellytys. On myös nopeutettava antoliuoksen sekoittumista koko kiertoliuossäiliön sisältöön, jotta kiertoliuoksen johtokyky saadaan pysymään vakaampana. Kiertoliuossäiliön yhtenäiseen kanteen pitää saada tarkistusluukku mittauksia, näytteiden ottoa ja happolisäystä varten.

Kahden eri-ikäisen kasvuston viljely samassa lannoituskokeessa ei ole hyvä ratkaisu tulosten tulkintavaikeuksien takia. Tuloksia on helpompi tulkita, kun kasvit kasvatetaan yhdellä reseptillä, tehdään tarvittavia korjauksia ja kasvatetaan seuraavat kasvit alusta asti uudella liuoksella/reseptillä. Jos kokeessa epäonnistutaan, sitä ei kannata heti toistaa uudella kasvustolla.

Tutkijan laskuvirheestä seuranneen lannoitevalinnan takia jäi yli 10 % ammoniumtyyppiä sisältävä salaatin lannoitusresepti testaamatta.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulokset tukevat salaatin viljelyn laatu järjestelmissä käyttöön otetun kiertoliuoksen nitraattityypipitoisuuden 120 mg l^{-1} ylärajan varmistavan jääsalaatin riittävän alhaisen nitraattityypipitoisuuden talviolosuhteissa. Lannoituksen täyslannoitteen nitraattityypen osittainen korvaaminen ammoniumtyypellä tai ammoniumtyypen ja ureatypen yhdistelmällä ei välttämättä hidastanut jääsalaatin kasvunopeutta tai ainakaan vähentänyt sadon määrää. Tyypilannoituksen ammoniumtyypen osuutta lisäämällä saatiin jääsalaatin nitraattipitoisuutta ajoittain alenemaan heikentämättä salaatin säilyvyyttä tai sen makua.

Kahden vuorokauden pituinen LED-loppuvalotusjakso alensi salaatin nitraattipitoisuutta 4-15 %. Salaatin nitraattipitoisuuden alenema oli suurempi runsaasti ammoniumtyyppiä (8 % kokonaistypen määrästä) saaneilla salaateilla kuin niukasti ammoniumtyyppiä (4 % kokonaistypen määrästä) saaneilla salaateilla.

6 KIITOKSET

Hanketta rahoittivat Kauppapuutarhaliiton puutarhasäätiö ja Luonnonvarakeskus. Kiitän Yara Oy:n Raija Roosia avusta salaatin lannoitusohjelman laadinnassa ja tarvittavien lannoitteiden toimittamisesta lannoituskoetta varten, Kauppapuutarhaliiton Ruukkuvihannesjaostoa avusta kokeen toteutuksessa sekä Luonnonvarakeskuksen Piikkiön toimipisteen aineistopalvelujen henkilöstöä avusta lannoituskokeen eri vaiheissa.

LÄHTEET

Hortilab Oy Ab.1999. Kasvihuoneanalyysien tulkintaopas, 8 s.

Näkkilä J., Jokinen K., Särkkä L. ja Raivonen M. 2015. Nitraatin pikamittaus varmistaa salaatin laadun. Puutarha & Kauppa vol. 19, no 3 (5.3.2015), s. 20 - 21.

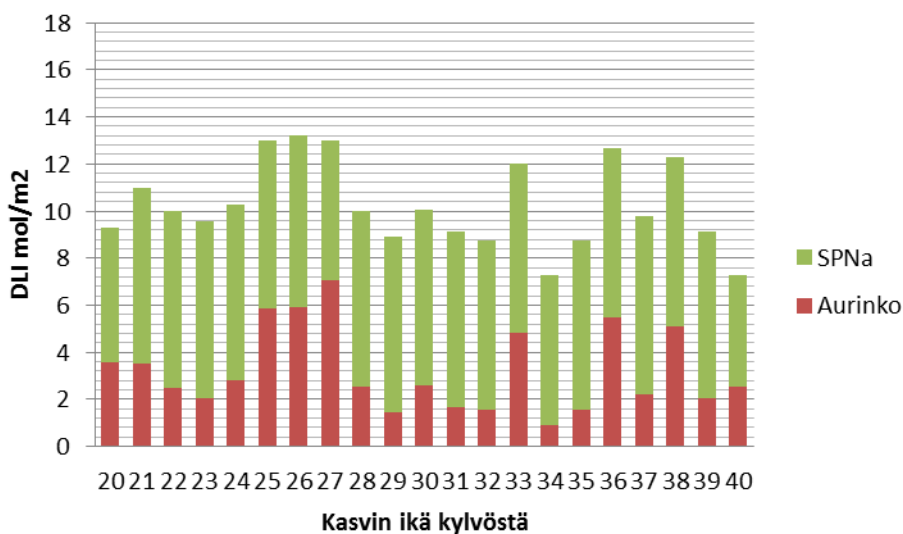
Näkkilä J., Särkkä L. Jokinen K. ja Kaseva J. 2015. Kalsiumnitraatin käyttömäärän vaikutus jääsalaatin satoon ja laatuun. Loppuraportti 30.5.2015. 19 s.

LIITE 1

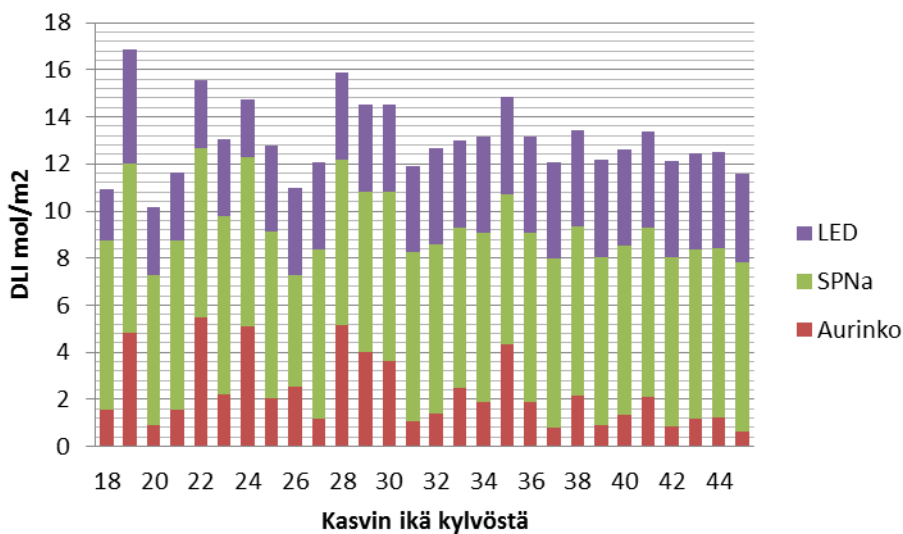
Taulukko1. Kouruviljelyn lannoitus

Ravinne	Koejäsen		
	1	2	3
Typpi mg/l	120	120	110
Nitraattityppi mg/l	115	111	98
Ammoniumtyppi mg/l	5	9	9
Ureatyppi mg/l	0	0	2
Fosfori mg/l	26	27	39
Kalium mg/l	180	180	181
Kalsium mg/l	100	100	100
Magnesium mg/l	28	30	30
Rikki mg/l	38	50	59
Rauta mg/l	1.4	1.2	1.2
Mangaani mg/l	0.5	0.5	0.2
Boori mg/l	0.2	0.2	0.3
Sinkki mg/l	0.1	0.09	0.2
Kupari mg/l	0.09	0.08	0.1
Molybdeeni mg/l	0.03	0.03	0.04
Kloori mg/l	8.6	8.6	8.6
Natrium mg/l	3.7	3.7	3.7
Johtokyky mS/cm	1.3	1.4	1.4
N/K suhde	1/1.49	1/1.49	1/1.64

LIITE 2/1

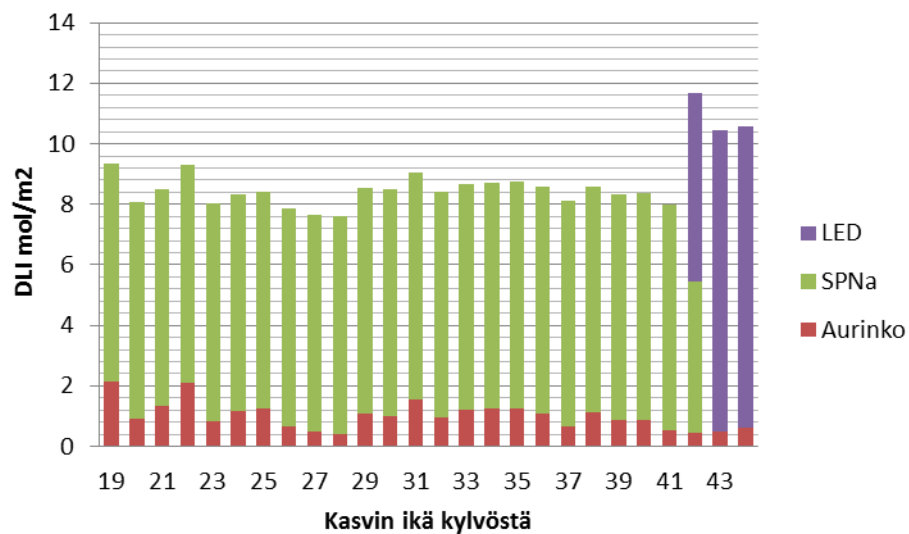


Kuva 1. Ensimmäisen kylvöerän vuorokauden fotosynteesistä aktiivisen säteilyn kertymän (Daily Light Integral) mol m⁻² jakautuminen kouruviljelyvaiheen aikana auringon säteilyn ja suurpainenatriumvalotuksen (SPNa) kesken.



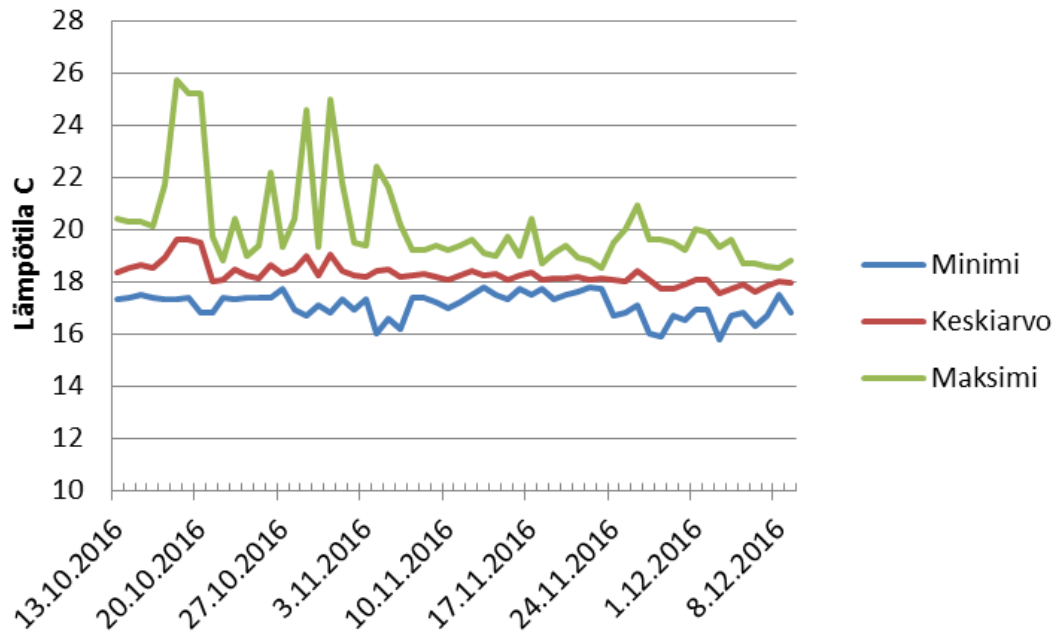
Kuva 2. Toisen kylvöerän vuorokauden fotosynteesistä aktiivisen säteilyn kertymän (Daily Light Integral) mol m⁻² jakautuminen kouruviljelyvaiheen aikana auringon säteilyn, suurpainenatriumvalotuksen (SPNa) ja LED-valotuksen kesken.

LIITE 2/2

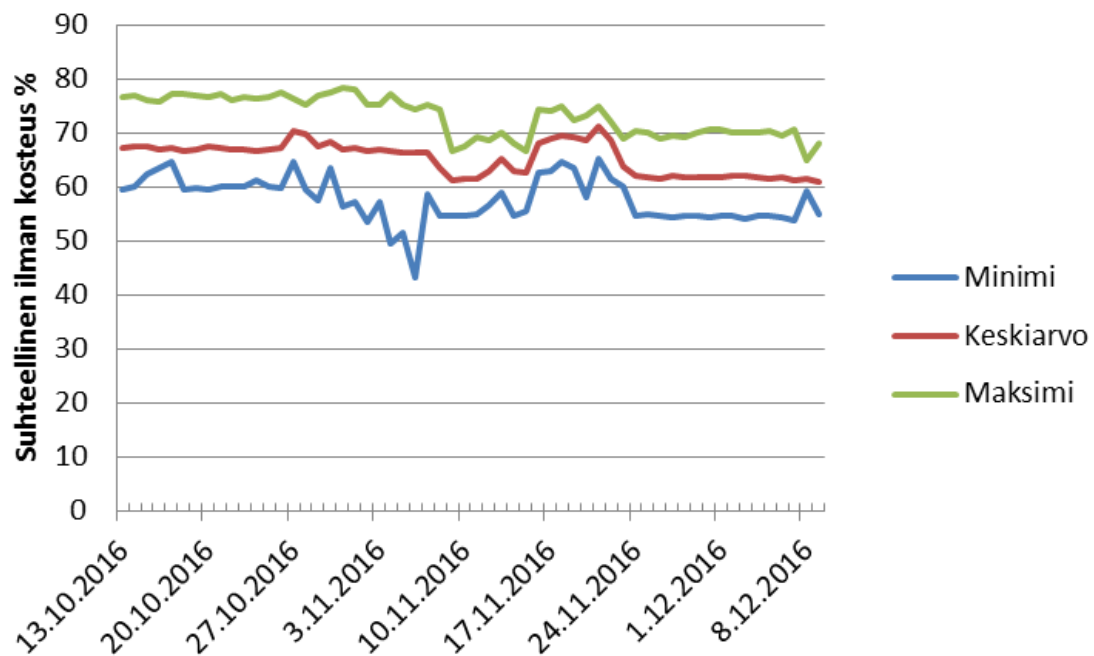


Kuva 3. Kolmannen kylvöerän vuorokauden fotosynteettisesti aktiivisen säteilyn kertymän (Daily Light Integral) mol m⁻² jakautuminen kouruviljelyvaiheen aikana auringon säteilyn, suurpainenatriumvalotuksen ja LED-valotuksen.

LIITE 3



Kuva 1. Koesaston lämpötila kouruviljelyn aikana.



Kuva 2. Koesaston suhteellinen ilmankosteus kouruviljelyn aikana.

LIITE 4

Havainnoissa käytetyt arviointiasteikot ja niiden määritelmät

Juurten terveys (kasvumittaukset ja sadonkorjuu)

1=terve vaalea ja runsas juuristo

2=hieman (alle 10 %) ruskettuneita juuria

3=kohtalaisesti (alle puolet) ruskettuneita juuria, epätasaisesti kehittyneet juuret

4=runsaasti juuria (yli puolet) ruskettunut, heikko ja niukka juuristo

Ulkoinen ja sisäinen lehdenreunapolte (kasvumittaukset ja sadonkorjuu)

1=ei lehdenreunapoltetta

2= lievä lehdenreunapolte (sallittu)

3=hieman lehdenreunapoltetta (rajatapaus)

4=lehdenreunapoltetta runsaasti (ei sallittu)

Jääsalaatin yleisväritys päältä ja alalehtien väritys (säilyvyshavainnot)

1=vihreä

2=vihreä väri vaalentunut

3=väri alkaa kellastua

4=väri alkaa ruskettua

Jääsalaatin rakenne (säilyvyshavainnot)

1=lehdet kiinteät, hyvä nestejännitys

2=lehdet nahistuneita, huono nestejännitys

3=lehdet kuivuneet

4=lehdet mädäntyneet

Arvioi, ostaisitko tämän tuotteen kaupasta? (säilyvyshavainnot)

1=kyllä 2=ei

LIITE 5

ATL-salaatti 41007-00085000

Kirjoita viivalle nimesi _____

Laita astioissa olevat jääsalaatit paremmuusjärjestykseen oman makuaistisi mukaan.

Anna kussakin astiassa (A-D) olevalle salaatile arvosana mausta asteikolla 1-5:

1 = erittäin maukas, tätä haluan ehdottomasti ostaa kaupasta

2 = hyvä maku, ostan tätä ensi kerrallakin

3 = keskimääräinen maku, tällaista saa yleensä kaupassa

4 = heikonpuoleinen maku, tämä menettelee paremman puutteessa

5 = surkea maku, vien tämän kauppaan takaisin

Ympyröi arviosi kullekin näytteelle!

Astia A	Arvosana	1	2	3	4	5
---------	----------	---	---	---	---	---

Astia B	Arvosana	1	2	3	4	5
---------	----------	---	---	---	---	---

Astia C	Arvosana	1	2	3	4	5
---------	----------	---	---	---	---	---

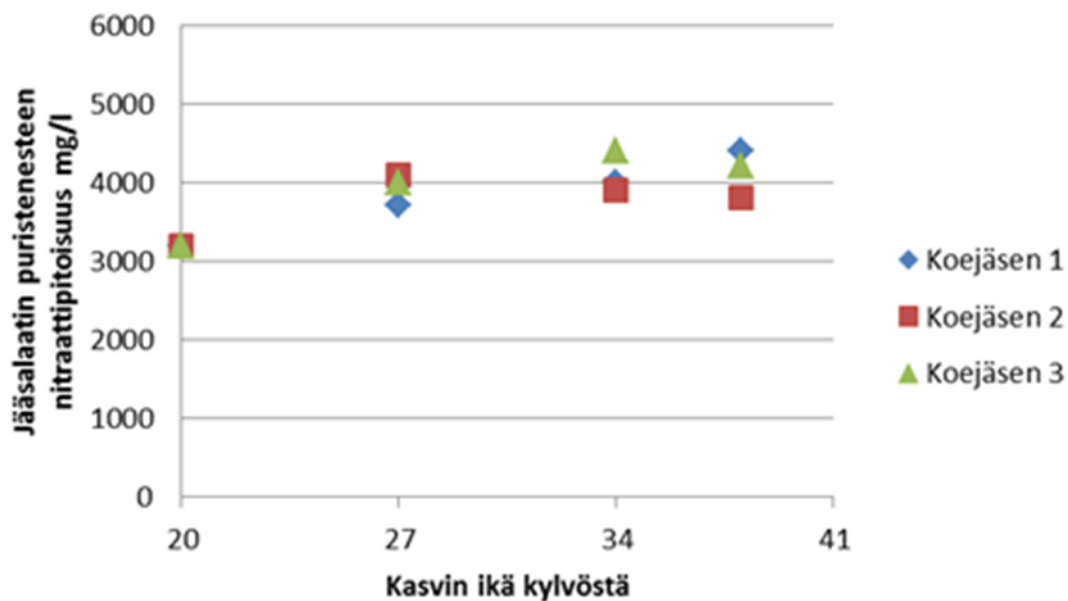
Astia D	Arvosana	1	2	3	4	5
---------	----------	---	---	---	---	---

Olivatko jääsalaattien maut mielestäsi erilaisia? Kyllä Ei

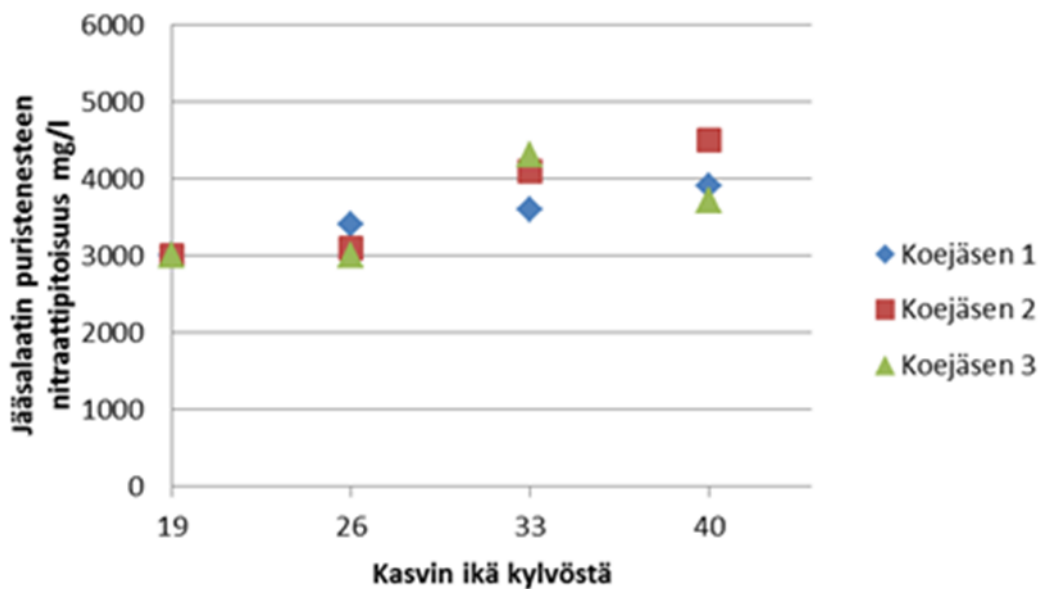
Muuta kommentoitavaa:

Kiitos osallistumisestasi!

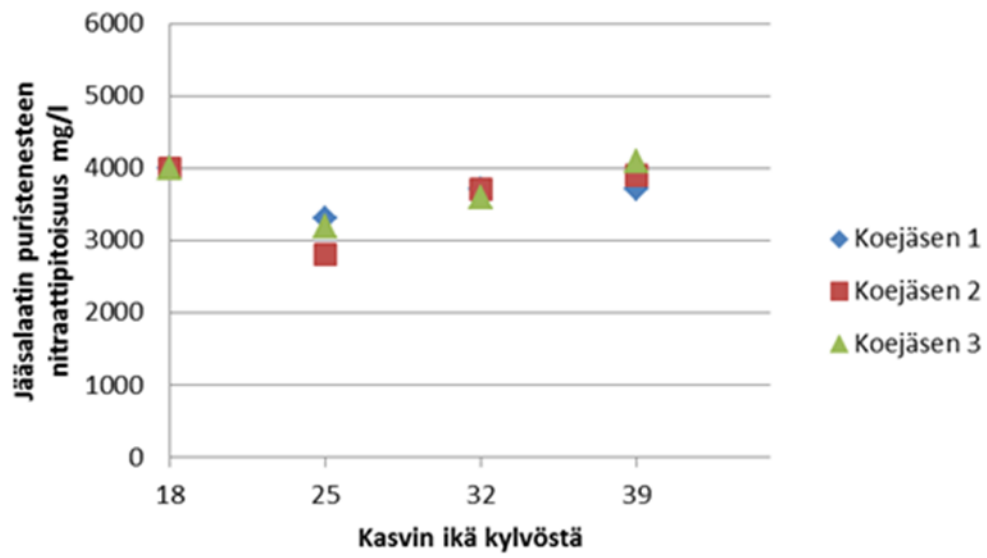
LIITE 6/1



Kuva 1. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin puristenesteen nitraattipitoisuuteen (mg l^{-1}) ensimmäisen kylvöerän kouruviljelyn aikana (vuorokautta kylvöstä).



Kuva 2. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin puristenesteen nitraattipitoisuuteen (mg l^{-1}) toisen kylvöerän kouruviljelyn aikana (vuorokautta kylvöstä).



Kuva 3. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin puristeen nitraattipitoisuuteen (mg l^{-1}) kolmannen kylvöerän kouruviljelyn aikana (vuorokautta kylvöstä).