
Kalsiumnitraatin käyttömäärän vaikutus jääsalaatin satoon ja laatuun

Loppuraportti 30.10.2015

Juha Näkkilä, Liisa Särkkä, Kari Jokinen ja
Janne Kaseva

KALSIUMNITRAATIN KÄYTTÖMÄÄRÄN VAIKUTUS JÄÄSALAATIN SATOON JA LAATUUN

TIIVISTELMÄ

Vuonna 2015 Luonnonvarakeskuksen Piikkiön toimipisteessä järjestettiin jääsalaatin lannoituskoe kasvihuoneessa kiertoliuosviljelyssä. Kokeessa testattiin kalkkisalpietarin käyttömäärän vaikutusta jääsalaattisadon määrään ja laatuun niukan ja runsaan luonnonvalon aikana. Koejäsenet olivat: 1) täyslannoite 76 % + kalkkisalpietari 24 %, 2) täyslannoite 100 %, 3) täyslannoite 58 % + kalkkisalpietari 42 %. Koejäseniä yhdistää sama kaliumlannoitus. Tulokset tukevat koejäsen 1 mukaisen lannoituksen käyttöä jääsalaatilla ympärivuotisessa tuotannossa. Jos sato korjataan heti 120 g tuorepainon saavuttamisen jälkeen, niin kasvin nitraattipitoisuus pysyy talvella ja todennäköisesti myös kesällä alle nitraatin maksimipitoisuuden kevyellä kauppakunnostuksella ja ilman laimennuskäsittelyä. Salaatin nitraattipitoisuus nousi vielä 5-7 vuorokautta lannoituksen laimentamiskäsittelyn aloittamisesta, joten nitraattipitoisuus alenee hitaasti. Lannoituksen laimennuskäsittely on aloitettava jo ennen salaatin sadonkorjuupainoa. Kiertoliuoksen laimennuskäsittely heikensi jääsalaattisadon säilyvyyttä ja lisäsi sadonkorjuutappiota. Salaatin nitraattipitoisuus laski viljelyn aikana alle 2000 mg kg⁻¹ tuorepainossa vain koejäsenellä 2 viikon kestäneen lannoituksen laimennoksen ja viikon kestäneen kiertoliuoksen vesilisäyksen jälkeen. Loppulaimennus vedellä lisäsi voimakkaasti lehdenreunapoltetta ja sadonkorjuutappiota. Jääsalaattisadossa oli talvella alhainen kalsiumpitoisuus ja silloin salaatti säilyi kylmävarastossa huonommin kuin kesällä.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
1 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	2
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	2
3 TULOKSET	8
4 TULOSTEN TARKASTELU	16
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	18
6 KIITOKSET	18
7 LÄHTEET	19

1 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksessa haettiin jääsalaatin ympärivuotiseen kierto-liuosviljelyyn sellaista lannoitusta, jolla viljelyaika ei pitene kannattamattomaksi, sadon sisäinen laatu täyttää EU-säädökset, tuotteen ulkoinen laatu ja säilyvyys pysyvät hyvinä.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Kierto-liuosjärjestelmä

Luonnonvarakeskuksessa Piikkiössä rakennettiin yhteen kasvihuoneosastoon kolme salaatin kierto-liuosjärjestelmää lannoituskoetta varten. Kukin kierto-liuosjärjestelmä sisälsi viljelytason, 10 kpl 5,5 metrin viljelykourua, 350 litran liuossäiliön, uppopumpun, lamellisuodattimen, lannoiteliuksen jakoputkiston ja käytetyn kasteluliuksen keruuputkiston. Uppopumppu pumppasi kasteluliusta viljelykouruihin päivällä 45 minuuttia tunnissa ja yöllä 30 minuuttia tunnissa. Lannoiteliuosta täydennettiin liuossäiliöön pintavahdin ohjaamana Itumic MS-300 – lannoitesekoittimelta.

2.2 Kasvihuoneen ilmasto-olosuhteet

Lasikattoisessa ja KKL-seinäisessä kasvihuoneosastossa olosuhteita säädettiin Itumic MultiStation-100 kasvihuonesäätimen avulla. Osastossa käytettiin käytävä- ja yläputkistoa lämmitykseen. Lämpötila-asetukset olivat talvella: yö 18 °C, päivä 18 °C, jäähdytys alkoi 21,5 °C ja tuuletus alkoi 23 °C. Kesällä yö- ja päivälämpötilaa laskettiin asteella (17 °C) ja muut lämpötila-asetukset pysyivät samoina. Osastossa oli verhot, joita käytettiin yöllä energian säästöön ja päivällä varjostukseen. Huoneilmaan syötettiin jakoputkistolla puhdasta hiilidioksidikaasua säädetyn hiilidioksidilannoitustason saavuttamiseksi. Valojakson hiilidioksidilannoitustaso oli talvella 800 ppm ja kesällä 500 ppm. Osaston ilmaa kostutettiin sumutuksella. Kasvihuoneilmaa jäähdytettiin Novarbo-pisaraverhojäähdytyslaitteistolla, jotta haluttu hiilidioksidilannoitustaso voitiin saavuttaa mahdollisimman vähäisellä tuuletusluukkujen aukomisella. Osaston ilmankiertoa tehostettiin talvikasvuston aikana kahdella vaakasuoraan puhaltavalla puhaltimella ja kesäkasvuston aikana yhdellä Nivolator-pystytuulettimella.

2.3 Valotus

Kasveja valotettiin tarvittaessa 400 W suurpainenatriumvalaisimilla. Viljelytasolta mitattiin tekovalotuksen fotosynteettisesti aktiivista säteilyä (PAR) talvella 150 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ja kesällä 110 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Valaisinten määrää vähennettiin talven lannoituskokeen jälkeen vastaamaan paremmin käytännön viljelyksillä käytössä olevaa valotusta. Tekovaloja käytettiin talvella klo 22 ja klo 16 väliseen aikaan enintään 18 h sekä kesällä klo 5 ja 22 väliseen aikaan enintään 17 h. Valaisimet olivat päällä tekovalotusjakson aikana, kun globaalisäteily alitti talvella 300 W m^{-2} ja kesällä 150 W m^{-2} . Tekovalotusjakson aikana näillä valotuksen Par-taksoilla saavutetaan enintään valokertymät

(Daily Light Integral DLI) 10 mol m^{-2} ja 7 mol m^{-2} . Luonnonvalon keskimääräinen PAR vuorokausikertymä on helmikuussa 4 mol m^{-2} ja toukokuussa 24 mol m^{-2} . Luonnonvalolaskelma perustuu Ilmatieteen laitoksen mittaamaan globaalisäteilykertymään Helsinki-Vantaan lentokentällä. Globaalisäteilystä 45 % on fotosynteettisesti aktiivista säteilyä. Tästä fotosynteettisesti aktiivisesta säteilystä oletetaan 60 % saavuttavan kasvihuonekasvin.

2.4 Taimikasvatus

Oksasen puutarha kasvatti lannoituskokeessa tarvittavat Frillice-jääsalaatin taimet. Yksi siemen kylvettiin Kekkilä VHM 620 – turpeella täytettyyn 55 mm muoviruukkuun. Taimikasvatuksen ajan taimet kasteltiin johtokyvyltään $1,8 - 2,0 \text{ ms cm}^{-1}$ lannoiteliuksella, joka sekoitettiin Kekkilä Vihannes-Superex -lannoitteesta ja kalkkisalpietarista. Viljelykouruun istutettaessa taimessa oli kolme tai neljä vähintään 2 cm pitkää lehteä. Viljelykourut täytettiin taimilla yhdellä kertaa. Kasvustojen viljelyaikataulut ovat taulukossa 1.

Taulukko 1. Lannoituskokeiden aikataulu. Päivämäärän jälkeen sulkeissa on kasvin ikä kylvöpäivästä alkaen.

Vaihe	Kasvusto A talvi	Kasvusto B kesä
Kylvö	16.1.2015 (0)	25.4.2015 (0)
Istutus	4.2.2015 (19)	12.5.2015 (17)
Ensimmäinen sadonkorjuu	27.2.2015 (42)	1.6.2015 (37)
Toinen sadonkorjuu	4.3.2015 (47)	4.6.2015 (40)
Kolmas sadonkorjuu	9.3.2015 (52)	8.6.2015 (44)
Neljäs sadonkorjuu	-	15.6.2015 (51)

2.5 Lannoitus

Jääsalaatti kiertoiliosviljelyssä testattiin kolmea lannoitustapaa talvella ja kesällä. Jorma Seppälä laati testattavat lannoiteresepit (taulukot 2 ja 3). Lannoitus perustui Kekkilä Vihannes-Superex (NPK 9 - 5 - 31) – kastelulannoitteeseen ja CN-jauheeseen (kalkkisalpietari). Typpihappoa ei käytetty kasteluliuksen pH-säätöön. Kaikilla koejäsenillä kiertoiliosuksen kaliumpitoisuustavoite oli 370 mg l^{-1} sadonkorjuun alkamiseen asti. Reseptin kiertoiliosuksen johtokyky oli tarkoitettu ohjeelliseksi. Käytännössä lannoitesekoittajan antoliuksen johtokykyä muutettiin siten, että

kiertoliuossäiliössä pysyttiin lähellä tavoiteltua kaliumtasoa. Ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen kiertoliuosta laimennettiin. Eri kasvustoilla loppulaimennus toteutettiin eri tavalla. Talvikasvuston kiertoliuossäiliöt tyhjennettiin ensin mahdollisimman tyhjiksi ja kaikille koejäsenille annettiin ravinnesuhteiltaan yhdenmukaista, johtokyvyltään 1 mS cm^{-1} kasteluliuosta. Kesäkasvuston kaikkia kolmea koejäsentä alettiin laimentaa kiertoliuossäiliötä tyhjentämättä ravinnesuhteiltaan samanlaisella, mutta johtokyvyltään vain 1 mS cm^{-1} kasteluliuksella. Restart-valmistetta (PK 7 - 9) alettiin käyttää juuriston kunnon parantamiseen 37 vrk kuluttua kylvöstä. Kesäkasvuston kolmannen sadonkorjuun jälkeen kiertoliuossäiliöön alettiin lisätä pelkkää vettä säiliötä tyhjentämättä.

Taulukko 2. Eri koejäsenten lannoitus talvikasvustossa.

	Koejäsen 1	Koejäsen 2	Koejäsen 3	Laimennos koejäsenille 1-3
Typpi mg/l	170	110	247	73
Nitraattityppi mg/l	165	110	235	73
Ammoniumtyppi mg/l	5	0	12	0
Fosfori mg/l	54	54	54	36
Kalium mg/l	370	370	370	247
Kalsium mg/l	93	20	188	13
Magnesium mg/l	26	26	27	17
Rikki mg/l	34	34	34	23
Rauta mg/l	2.64	2.64	2.64	1.8
Mangaani mg/l	1.08	1.08	1.08	0.7
Boori mg/l	0.36	0.36	0.36	0.2
Sinkki mg/l	0.3	0.3	0.3	0.2
Kupari mg/l	0.14	0.14	0.14	0.1
Molybdeeni mg/l	0.06	0.06	0.06	0.0
Kloori mg/l	8.6	8.6	8.6	5.7
Natrium mg/l	3.7	3.7	3.7	2.5
Pii mg/l	5.2	5.2	5.2	3.5
Johtokyky mS/cm	1.83	1.44	2.32	1
N/K-suhde	1/2.18	1/3.35	1/1.50	1/3.35
Vihannes-Superex g/m ³	1200	1200	1200	800
Kalsiumnitraatti g/m ³	385	0	884	0
Vihannes-Superex %	75.7	100	57.6	100
Kalsiumnitraatti %	24.3	0	42.4	0

Taulukko 3. Eri koejäsenten lannoitus kesäkasvustossa

	Koejäsen 1	Koejäsen 2	Koejäsen 3	Laimen- nos koe- jäsenelle 1	Laimen- nos koe- jäsenelle 2	Laimen- nos koe- jäsenelle 3
Typpi mg/l	170	110	247	93	76	106
Nitraattityppi mg/l	165	110	235	90	76	101
Ammoniumtyppi mg/l	5	0	12	3	0	5
Fosfori mg/l	54	54	54	30	38	23
Kalium mg/l	370	370	370	202	257	159
Kalsium mg/l	93	20	188	51	14	81
Magnesium mg/l	26	26	27	14	18	12
Rikki mg/l	34	34	34	19	24	15
Rauta mg/l	2.64	2.64	2.64	1.4	1.8	1.1
Mangaani mg/l	1.08	1.08	1.08	0.6	0.8	0.5
Boori mg/l	0.36	0.36	0.36	0.2	0.3	0.2
Sinkki mg/l	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
Kupari mg/l	0.14	0.14	0.14	0.1	0.1	0.1
Molybdeeni mg/l	0.06	0.06	0.06	0.0	0.0	0.0
Kloori mg/l	8.6	8.6	8.6	4.7	6.0	3.7
Natrium mg/l	3.7	3.7	3.7	2.0	2.6	1.6
Pii mg/l	5.2	5.2	5.2	2.8	3.6	2.2
Johtokyky mS/cm	1.83	1.44	2.32	1	1	1
N/K-suhde	1/2.18	1/3.35	1/1.50	1/2.18	1/3.35	1/1.50
Vihannes-Superex g/m ³	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Kalsiumnitraatti g/m ³	385	0	884	385	0	884
Vihannes-Superex %	75.7	100	57.6	75.7	100	57.6
Kalsiumnitraatti %	24.3	0	42.4	24.3	0	42.4

2.6 Havainnot

Kiertoliuossäiliöstä otetuista näytteistä mitattiin arkipäivisin pH (Nieuwkoop pH-95), johtokyky (Nieuwkoop EC-95), NO₃-typpipitoisuus (Horiba Laquatwin B-343), kaliumpitoisuus (Horiba Laquatwin B-731) ja kalsiumpitoisuus (Horiba Laquatwin B-741). Eri koejäsenten kiertoiliuosten johtokyvyt ovat kuvissa 1 ja 2. Kolmen ensimmäisen sadonkorjuukerran yhteydessä kiertoiliuossäiliöstä ja kasvualustan puristenesteestä otettiin näyte, josta Hortilab analysoi puristenesteanalyysin. Analyysien tuloksia verrattiin ohjearvoihin (Seppälä 2012).

Salaatin kasvua ja ravinnepitoisuuksia (NO_3 , K, Ca) mitattiin kasvunäytteistä viikon välein istutuksesta alkaen sadonkorjuun aloitukseen. Kasvunäytteet kerättiin yhdestä lohkosta kerrallaan. Neljästä kohdasta viljelykourua korjattiin 6 salaatin näyte. Näytteen jokaisen salaatin ja ruukun tuorepaino mitattiin. Kolme salaattia kuivattiin ja kolme salaattia pakastettiin. Salaatteja kuivattiin $70\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa noin viikon ajan ja mitattiin kuivapaino. Pakastetuista ja sulatetuista salaateista puristettiin neste perunapuristimella ja nesteestä mitattiin nitraatti- (Horiba Laquatwin B-741), kalium- ja kalsiumpitoisuutta. Kasvunäytteistä arvioitiin myös lehdenreunapolteen ja sydänmustan vioitusta (Kauppapuutarhaliitto 2009) sekä juuriston kuntoa.

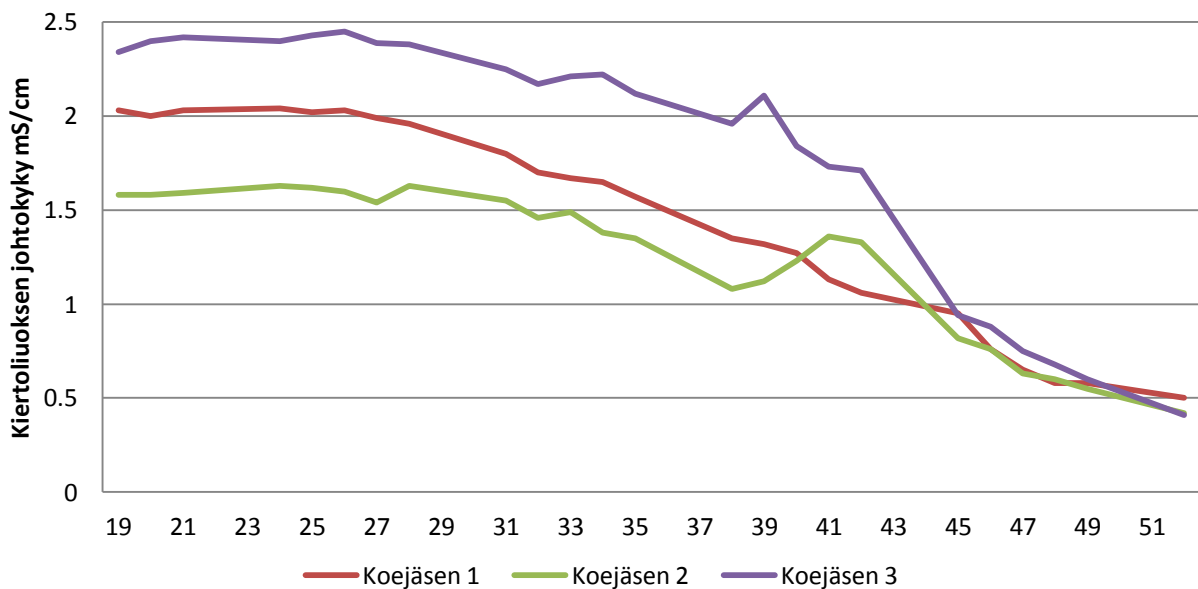
Sadonkorjuu aloitettiin jääsalaatin maanpäällisen tuorepainon ylitettyä 150 g painon, kun lannoituksen laimennuskäsittely ei vielä vaikuttanut kasvin kasvun nopeuteen. Sadonkorjuussa havaintoja tehtiin yleensä kahdesta lohkosta. Salaatteja kunnostettiin korjuun yhteydessä mahdollisimman kevyesti: ruskettuneet, kellastuneet ja revenneet ulkolehdet poistettiin kokonaan ja salaatin tyveä lyhennettiin tarvittaessa. Kauppakunnostetusta sadosta mitattiin salaatin painoa, lehdenreunapolteen vioitusta, sydänmustaa ja juuriston kuntoa. Osa salaateista ei kunnostuksen jälkeen täyttänyt kauppakelpoisuusvaatimuksia lehdenreunapoltevioituksen takia. Ne otettiin kuitenkin mukaan satonäytteisiin, jotta salaatteja oli riittävästi kaikkiin analyysihin. Yhdestä lohkosta kerättiin näytteet kuiva-ainemäärityksiin ja pikamittaukseen. Neljästä kohdasta viljelykourua korjattiin 6 salaatin näyte. Kolme salaattia kuivattiin ja kolme salaattia pakastettiin pikamittauksia varten. Toisesta lohkosta kerättiin näytteet laboratoriossa tehtäviin määrityksiin. Neljästä kohdasta viljelykourua korjattiin 6 salaatin näyte ja se pakastettiin laboratorioon lähettämistä varten. Pakastetuista laboratorionäytteistä lähetettiin Novalabiin sen sadonkorjuukerran näytteet, josta pikamittausmenetelmällä oli mitattu korkein nitraattipitoisuus. Tarkoituksena oli varmistaa nitraatin pikamittausmenetelmän ja laboratoriomenetelmän mittaustulosten välille luotu korjauskerroin. Novalabissa analysoitiin salaatinäytteistä nitraatti, kuiva-ainepitoisuus ja kasviravinteet. Muiden sadonkorjuukertojen näytteistä vain viljelykourun lopusta kerätyt näytteet lähetettiin Hortilabiin. Näytteistä analysoitiin kasviravinteet. Näillä näytteillä haluttiin varmistaa, että lannoitus oli riittävä koko viljelykourussa. Hortilabin kasvianalyysien tuloksia verrattiin ohjearvoihin (Seppälä 2012). Sadon nitraattipitoisuutta verrattiin Euroopan unionin komission asetuksen 1258/2011 mukaiseen maksimipitoisuuteen (Elintarviketurvallisuusvirasto 2012).

Säilytyskokeeseen valittiin jokaisesta korjattavasta viljelykourusta viisi salaattia eli 10 salaattia koejäsentä kohti. Käytännössä säilytyskokeeseen menevät salaattit valittiin ennen muita satonäytteitä, jotta voitiin varmistaa, että säilytyskokeen salaattit olivat riittävän hyvälaatuisia säilytystä varten. Säilytyskokeen salaattit kunnostettiin ja ne pakattiin yksittäin LD-polyeteenistä valmistettuun suljettavaan salpapussiin (Minigrip maxi). Salaatteja säilytettiin kylmiössä $2 - 5\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa 14 vrk. Salaattien ulkoista laatua arvioitiin viikon välein, mutta salpapussi avattiin vasta säilytyskokeen lopussa. Säilytyskokeen lopussa 5 salaattia kuivattiin ja 5 salaattia pakastettiin.

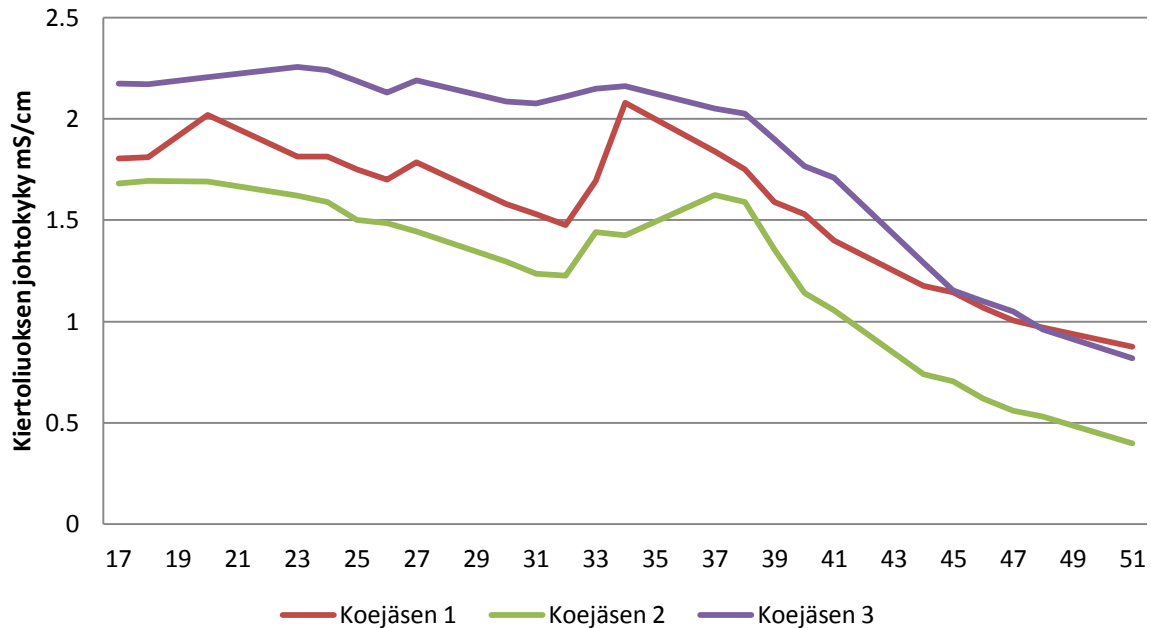
Salaatteja kuivattiin $70\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa runsaan viikon ajan ja mitattiin kuivapaino. Pakastetuista ja sulatetuista salaateista puristettiin neste perunapuristimella ja puristenesteestä mitattiin nitraatti-, kalium- ja kalsiumpitoisuutta. Pikamittauksen nitraattipitoisuustulos (mittausyksikkö mg l^{-1}) kerrottiin kertoimella 0,77, jotta se saatiin vertailukelpoiseksi laboratoriomenetelmän mitattuun nitraattipitoisuuteen (mittausyksikkö mg kg^{-1} tuorepainossa) (Näkkilä ym. 2015). Pikamittauksen kalium- ja kalsiumpitoisuuksia (mittausyksikkö mg l^{-1}) ei muunnettu millään tavalla.

Kasvunäytteiden ja ensimmäisen sadonkorjuukerran tulosten perusteella laskettiin tuorepainon kehitykselle toisen asteen polynomifunktiokäyrä kullekin lannoitustavalle. Jääsalaatilla ei ole virallista kauppakelpoisuuden minimipainoa, mutta usein myyntipäällykseen on mainittu sisällön minimipainoksi 100 g. Kun jääsalaatin maanpäällisen osan tuorepaino on 120 g, niin kevyen kauppakunnostuksen jälkeen sadon paino täyttää tämän 100 g minimipainon.

Satoa korjattiin talvella kolme kertaa ja kesällä neljä kertaa. Kesän neljäs sadonkorjuu tehtiin, kun kiertoliuoksen laimennuskäsittelyn jälkeen kiertoliuokseen oli lisätty viikon ajan pelkkää vettä. Neljäs sadonkorjuu tehtiin vain yhdestä lohokosta, joten siitä mitattiin kuiva-ainepitoisuutta, nitraattia, kaliumia ja kalsiumia pikamittausmenetelmällä. Neljännestä sadonkorjuusta ei saatu riittävästi kauppakelpoista satoa säilytyskokeeseen .



Kuva 1. Kiertoliuoksen johtokyky (mS cm^{-1}) eri koejäsenillä jääsalaatin kouruviljelyn aikana (vrk kylvöstä) talvella.



Kuva 2. Kiertoiliuksen johtokyky (mS cm^{-1}) eri koejäsenillä jääsalaatin kouruviljelyn aikana (vrk kylvöstä) kesällä.

2.7 Koejärjestely

Lannoituskoee järjestettiin osaruutukokeena, tarkemmin strip-plot -asetelmana. Viljelykourun osa oli kiinnitetty eli sitä ei voitu satunnaistaa. Lohkoja oli 9. Lohko käsitti kolme peräkkäistä viljelykourua viljelytasolla. Yhdessä viljelykourussa oli 34 kasvia ja kourun kummassakin päässä oli yksi suojakasvi. Salaattisadon nitraatti-, kalium- ja kalsiumpitoisuudet sekä sato testattiin varianssianalyysina SAS 9.3- ohjelmistolla. Koeaineiston normalisuus testattiin Shapiro & Wilkin -testillä ja keskiarvojen eroja vertailtiin Tukeyn testillä. Tilastollisesti merkitsevän tuloksen raja oli $p < 0,05$.

3 TULOKSET

3.1 Kiertoiliuksen ja kasvualustan puristenestenäytteiden ravinnepitoisuudet

Hortilabin puristenesteanalyysi tulosten mukaan koejäsenen 2 kiertoiliuksessa oli ohjearvoa (Seppälä, J. 2012) alempi kalsiumpitoisuus talvella ja kesällä kolmella ensimmäisellä sadonkorjuukerralla. Talvella koejäsenen 1 ja 3 kiertoiliuksen kalsiumpitoisuus laski ohjearvon alapuolelle toisen ja kolmannen sadonkorjuun aikana.

Hortilabin puristenesteanalyysin mukaan koejäsenen 2 kasvualustan puristenesteessä oli ohjearvoa alempi kalsiumpitoisuus talvella ja kesällä kolmella ensimmäisellä sadonkorjuukerralla. Talvella myös koejäsenillä 1 ja 3 kasvualustan puristenesteen kalsiumpitoisuus laski ohjearvon alapuolelle toisessa tai kolmannessa sadonkorjuussa.

3.2 Salaatin laatu

Ensimmäiset oireet lehdenreunapolitteesta havaittiin talvella 38 vrk kylvöstä ja kesällä 31 vrk kylvöstä. Talvella salaatin juuret säilyivät hyvässä kunnossa kokeen loppuun asti, mutta kesäkavuston juurten kunto alkoi huonontua jo 24 vrk kuluttua kylvöstä. Restart-valmistetta (PK 7 - 9) alettiin käyttää juuriston kunnan parantamiseen 37 vrk kuluttua kylvöstä.

3.3 Salaatin kasvunopeus

Talvella jääsalaatti kasvoi 120 g painoiseksi 39 vrk (koejäsenet 1 ja 3) tai 40 vrk (koejäsen 2) kylvöstä ja kesällä 34 tai 35 vuorokauden kuluttua kylvöstä. Kalkkisalpietarilannoitus nopeutti jääsalaatin tuorepainon kasvua 120 grammaan mennessä noin vuorokauden.

3.4 Sadon kalium- ja kalsiumpitoisuus

Talvella jääsalaattisadon puristenesteen kaliumpitoisuus pikamittauksissa oli keskimäärin 2800 - 2900 mg l⁻¹ ja kalsiumpitoisuus 24 – 42 mg l⁻¹. Kalium- tai kalsiumpitoisuuksissa ei ollut merkitsevää eroa eri lannoitustavoilla.

Kesällä jääsalaatin kolmen ensimmäisen sadonkorjuun sadon puristenesteen kaliumpitoisuudet pikamittauksissa olivat keskimäärin 3000 - 3100 mg l⁻¹ eikä eri lannoitustavoilla ollut merkitsevää eroa. Sadon puristenesteen kalsiumpitoisuuden pikamittauksissa koejäsenen 2 kalsiumpitoisuus (keskiarvo 30 mg l⁻¹) oli merkitsevästi pienempi ja koejäsenen 3 (keskiarvo 59 mg l⁻¹) merkitsevästi suurempi kuin verranteen (keskiarvo 43 mg l⁻¹).

Kesällä neljännen sadonkorjuun salaateista mitattiin kaikista koejäsenistä keskimäärin 2300 mg l⁻¹ kaliumpitoisuus. Neljännessä sadonkorjuussa keskimääräiset kalsiumpitoisuudet olivat 13 mg l⁻¹ (koejäsen 1), 11 mg l⁻¹ (koejäsen 2) ja 34 mg l⁻¹ (koejäsen 3).

Hortilabin kasvianalyysien tulosten mukaan koejäsenen 2 kalsiumpitoisuus oli ohjearvoa (Seppälä, J. 2012) alempi talvella laimennuskäsittelyn lopussa ja kesällä kahdella ensimmäisellä sadonkorjuukerralla.

3.5 Sadon nitraattipitoisuus

Kaikkien koejäsenten jääsalaattien nitraattipitoisuudet alittivat talvisen enimmäisrajan 5000 mg/kg tuorepainossa. Talvella jääsalaattisadon nitraattipitoisuus oli korkein 47 vrk:n ikäisillä salaateilla, viisi vuorokautta laimennuskäsittelyn aloituksesta (kuva 3). Koejäsenen 3 nitraattipitoisuus (4100 mg kg⁻¹) oli sadonkorjuun aikana merkitsevästi korkeampi kuin verranteella (3800 mg kg⁻¹). Koejäsenen 2 nitraattipitoisuus (3600 mg kg⁻¹) oli sadonkorjuun ajan keskimäärin alempi kuin verranteen, mutta ero ei ollut merkitsevä.

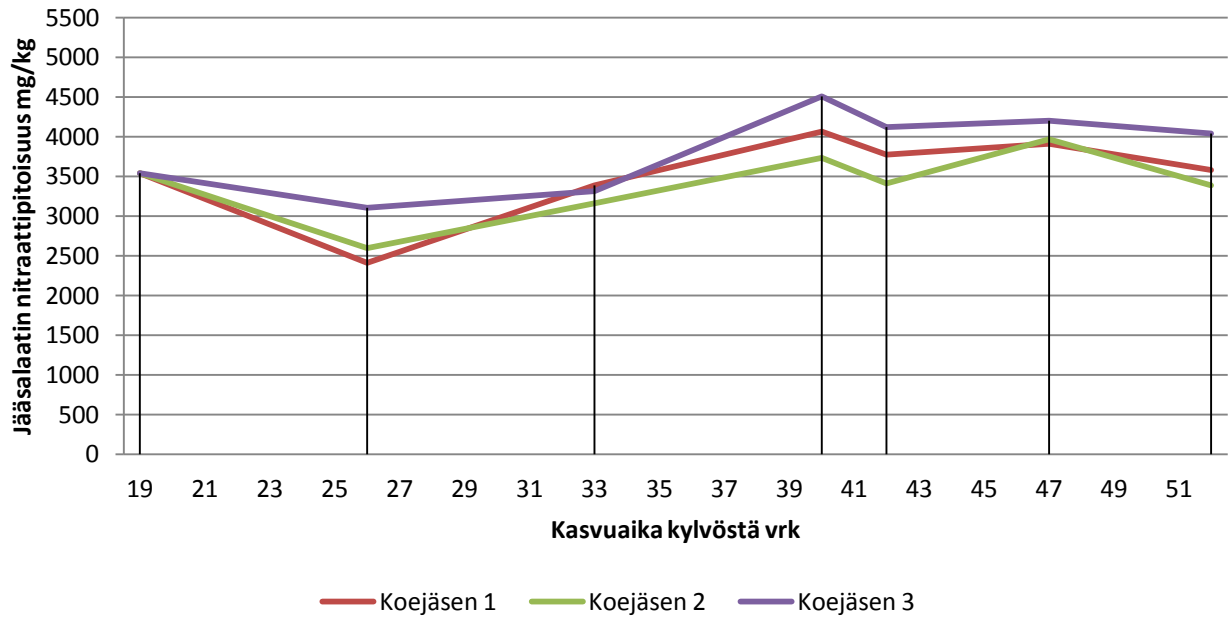
Vain koejäsen 2 alitti ensimmäisellä sadonkorjuukerralla EU:n kesäisen enimmäisrajan 4000 mg kg^{-1} tuorepainossa. Kesällä jääsalaattisadon nitraattipitoisuus oli korkein kolmen ensimmäisen sadonkorjuun aikana 44 vrk:n ikäisillä salaateilla, seitsemän vuorokautta laimennuskäsittelyn aloituksesta (kuva 4). Sadon nitraattipitoisuus oli sadonkorjuun aikana koejäsenellä 1 keskimäärin 4600 mg kg^{-1} , koejäsenellä 2 4400 mg kg^{-1} ja koejäsenellä 3 4700 mg kg^{-1} , mutta erot verranteeseen eivät olleet merkitseviä. Kesällä neljännen sadonkorjuun jääsalaateista mitattiin sadon kaikkein alimmat keskimääräiset nitraattipitoisuudet ($1700 - 2500 \text{ mg kg}^{-1}$).

Novalabin mittaustulosten mukaan talvella 47 vrk kylvöstä kaikki koejäsenet alittivat talvisen nitraatin maksimipitoisuuden ja kesällä vain koejäsen 2 alitti kesän maksimipitoisuuden 44 vrk kylvöstä (taulukko 3).

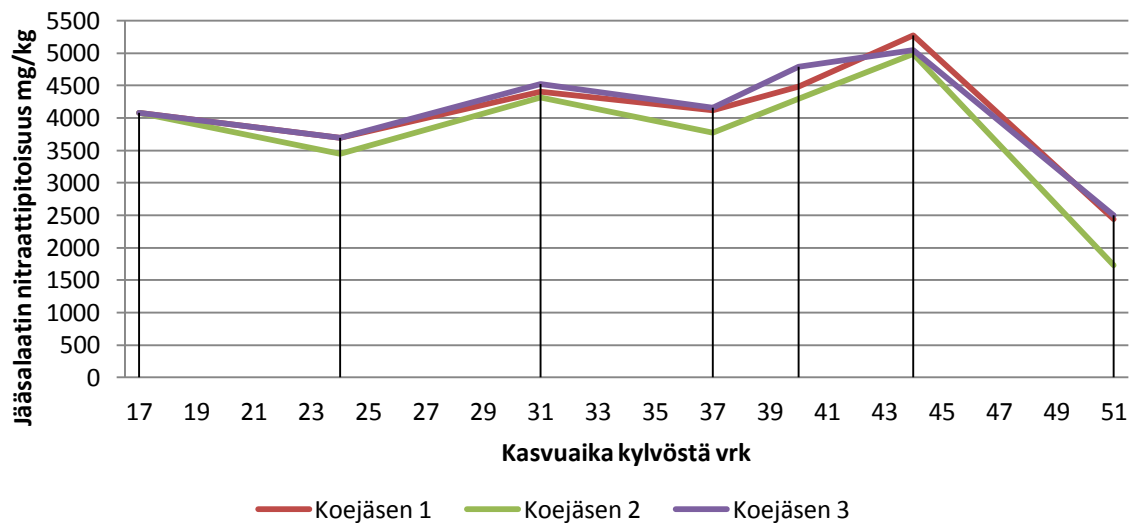
Pikamittausmenetelmän nitraattipitoisuuden korjauskerroin toimi hyvin talvikasvuston tuloksilla. Kun pikamittauksien keskiarvot vaihtelivat 5000 ja 5500 mg/l välillä, pikamittausmenetelmästä muunnettu keskiarvo ja laboratoriomenetelmän keskiarvo erosivat enintään 9% . Kesällä pikamittausmenetelmällä mitatut salaatin nitraattipitoisuudet olivat talvisia pitoisuuksia suuremmat ja keskiarvot vaihtelivat 6500 ja 6900 mg/l välissä. Tällä mittausalueella nitraattipitoisuuden korjauskerroin osoittautui epätarkaksi, sillä pikamittausmenetelmästä muunnettu keskiarvo ja laboratoriomenetelmän keskiarvo erosivat enintään 39% .

Taulukko 3. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin nitraattipitoisuuteen (mg kg^{-1} tuorepaino) laboratoriomenetelmän (Novalab) mukaan 47 vrk kylvöstä talvella ja 44 vrk kylvöstä kesällä.

Lannoitus	talvella	kesällä
Koejäsen 1	3575	4075
Koejäsen 2	4175	3575
Koejäsen 3	4050	4375



Kuva 3. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin nitraattipitoisuuteen (mg kg^{-1} tuorepaino) talvella. Nitraattipitoisuus perustuu Horiba-pikamittauksiin ja mittaustulos on kerrottu kertoimella 0,77.



Kuva 4. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin nitraattipitoisuuteen (mg kg^{-1} tuorepaino) kesällä. Nitraattipitoisuus perustuu Horiba-pikamittauksiin ja mittaustulos on kerrottu kertoimella 0,77.

3.6 Sato

Talvella jääsalaattia korjattiin kolme kertaa viiden vuorokauden välein. Koko sadonkorjuuajan koejäsenen 2 kasvin maanpäällinen tuorepaino oli merkitsevästi pienempi kuin verranteen, mutta koejäsenen 3 maanpäällinen tuorepaino ei eronnut merkitsevästi verranteesta (taulukko 4, kuva 5). Kauppakunnostuksessa koejäsenessä 2 oli huonokuntoista poistettavaa lehtimassaa merkitsevästi vähemmän kuin verranteessa (taulukko 5). Koko sadonkorjuuajan koejäsen 2 tuotti merkitsevästi pienemmän ja koejäsen 3 merkitsevästi suuremman kauppakelpoisen sadon kuin verranne (taulukko 6). Lannoitus ei vaikuttanut merkitsevästi kauppakelvottoman sadon määrään. Lehdenreunapolte oli pääsyy sadon kauppakelvottomuuteen.

Kesällä jääsalaattia korjattiin neljä kertaa 3-7 vrk välein. Koejäsenen 2 kasvin maanpäällinen tuorepaino oli merkitsevästi pienempi kuin verranne, mutta koejäsenen 3 maanpäällinen tuorepaino ei eronnut merkitsevästi verranteesta (taulukko 7, kuva 6). Kauppakunnostuksessa koejäsenessä 2 oli huonokuntoista poistettavaa lehtimassaa merkitsevästi vähemmän kuin verranteessa (taulukko 8). Neljännellä sadonkorjuukerralla kauppakunnostuksessa poistettiin huonokuntoisia lehdenreunapoltteen vioittamia ulkolehtiä enemmän kuin kolmella aikaisemmalla korjuukerralla yhteensä. Koko sadonkorjuuajan koejäsen 2 tuotti merkitsevästi pienemmän kauppakelpoisen sadon kuin verranne (taulukko 9). Koejäsen 3 tuotti keskimäärin suuremman kauppakelpoisen sadon (897 g) kuin verranne (786 g), mutta ero ei ollut merkitsevä. Lannoitus ei vaikuttanut merkitsevästi kauppakelvottoman sadon määrään. Lehdenreunapolte oli pääsyy sadon kauppakelvottomuuteen.

Taulukko 4. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus eri-ikäisten jääsalaattien maanpäälliseen tuorepainoon (g/kasvi) talvella. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	42 vrk	47 vrk	52 vrk	Keskiarvo
Koejäsen 1	176	262	322	253 b (100)
Koejäsen 2	162	237	305	234 a (92)
Koejäsen 3	184	270	335	263 b (104)

Taulukko 5. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus eri-ikäisten jääsalaattien maanpäällisen kauppakunnostusjätteen määrään talvella. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät ero merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	42 vrk	47 vrk	52 vrk	Keskiarvo
Koejäsen 1	11	29	47	29b (100)
Koejäsen 2	7	21	40	23a (79)
Koejäsen 3	9	34	55	33b (114)

Taulukko 6. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus eri-ikäisten jääsalaattien kauppakelpoiseen satoon (g/koeruutu) talvella. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	42 vrk	47 vrk	52 vrk	Keskiarvo
Koejäsen 1	761	817	1067	882 b (100)
Koejäsen 2	588	716	916	741 a (84)
Koejäsen 3	876	1187	1162	1075 c (122)

Taulukko 7. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus eri-ikäisten jääsalaattien maanpäälliseen tuorepainoon (g/kasvi) kesällä. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

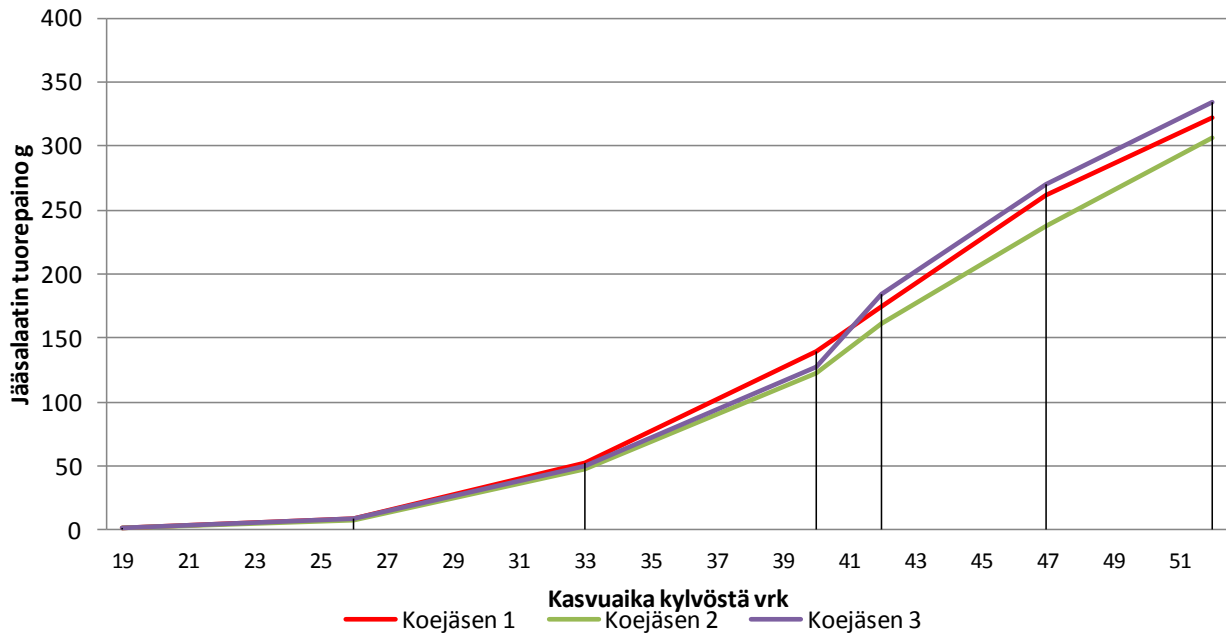
Lannoitus	37 vrk	40 vrk	44 vrk	51 vrk	Keskiarvo
Koejäsen 1	175	209	265	314	230 b (100)
Koejäsen 2	156	199	257	277	215 a (93)
Koejäsen 3	171	218	275	359	241 b (105)

Taulukko 8. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus eri-ikäisten jääsalaattien maanpäällisen kauppakunnostusjätteen määrään kesällä. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

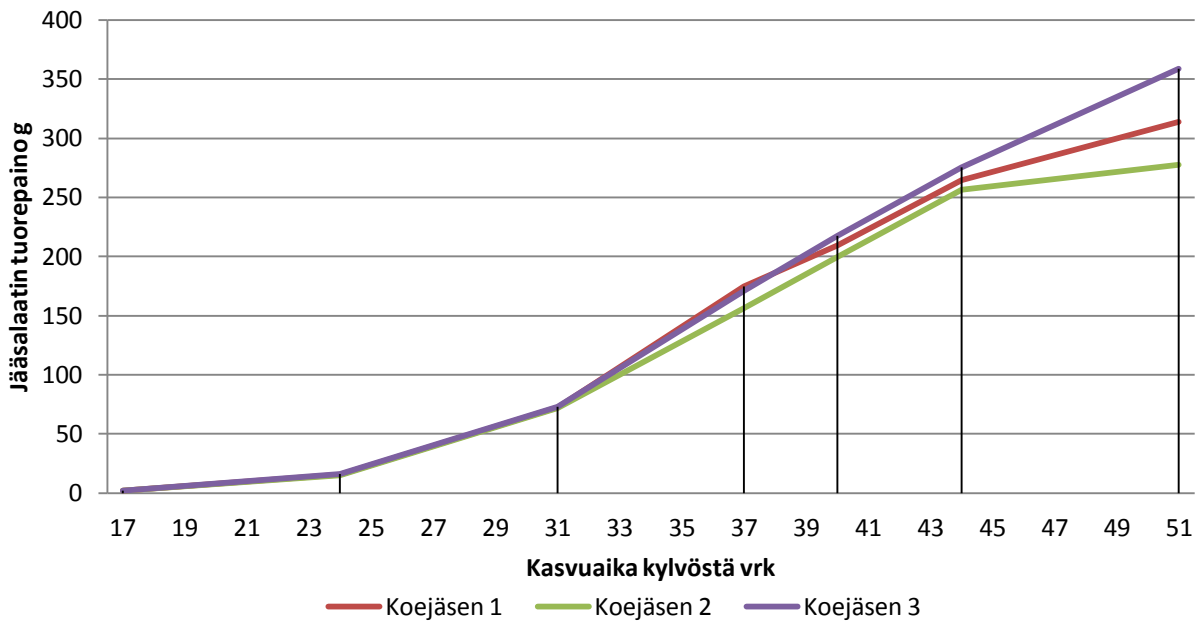
Lannoitus	37 vrk	40 vrk	44 vrk	51 vrk	Keskiarvo
Koejäsen 1	17	34	41	141	47b (100)
Koejäsen 2	15	26	35	134	41a (87)
Koejäsen 3	18	32	41	146	47b (100)

Taulukko 9. Jääsalaatin lannoituksen vaikutus eri-ikäisten jääsalaattien kauppakelpoiseen satoon (g/koeruutu) kesällä. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Lannoitus	37 vrk	40 vrk	44 vrk	51 vrk	Keskiarvo
Koejäsen 1	885	739	728	799	786 b (100)
Koejäsen 2	728	581	555	591	617 a (78)
Koejäsen 3	845	880	856	1115	897 b (114)



Kuva 5. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin maanpäälliseen tuorepainoon talvella.



Kuva 6. Lannoituksen vaikutus jääsalaatin maanpäälliseen tuorepainoon kesällä.

3.7 Jääsalaatin säilyvyys

Talvella ensimmäisen viikon säilytyksen jälkeen kappalesadosta vähintään 80 % oli kauppakelpoista ja toisen viikon jälkeen 37 % oli kauppakelpoista. Kesällä ensimmäisen viikon säilytyksen jälkeen kappalesadosta ainakin 90 % oli kauppakelpoista ja toisen viikon jälkeen kappalesadosta 73 % oli kauppakelpoista. Talvella salaatti säilyi huonommin kuin kesällä.

Lannoituksen laimennuskäsittelyn kuluessa ulkoinen laatu heikkeni säilytyksen aikana kaikilla koejäsenillä. Pakatun sadon laatua alensi eniten lehdenreunapoltteen paheneminen. Jääsalaatti menetti kahden viikon varastoinnin aikana tuorepainostaan noin 2 %.

Kahden viikon kylmäsäilytyksen aikana salaatin sadon nitraattipitoisuus aleni pikamittauksissa talvella 4 % ja kesällä 15 %. Salaatin nitraattipitoisuus muuttui kylmäsäilytyksessä suhteellisesti vähiten ensimmäisellä sadonkorjuukerralla ennen laimennuskäsittelyn alkua ja eniten laimennuskäsittelyn lopussa.

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Lannoituksen vaikutus sadon määrään

Kalkkisalpietarilannoitus nopeutti jääsalaatin kasvua vasta 100 g tuorepainon jälkeen. Kokeen sadonkorjuun aloitushetkellä maanpäällisen tuorepainon ylittäessä 150 g kasvuero oli jo havaittavissa täyslannoitteen (koejäsen 2) ja sekä täyslannoitteen että kalkkisalpietarin (koejäsenet 1 ja 3) avulla kasvatettujen salaattien välillä. Kalkkisalpietarin osuuden lisääminen 24 prosentista 42 prosenttiin kokonaislannoituksesta ei enää lisännyt salaatin maanpäällisen tuorepainon kasvua. Kalkkisalpietarilannoitus 43 % lisäsi kauppakelpoista satoa vain talvella, mutta kesällä sama lannoitus ei lisännyt kauppakelpoista satoa. Ilman kalkkisalpietaria kasvanut koejäsen 2 oli rakenteeltaan tiiviimpi kuin muut, joten sadonkorjuun yhteydessä kasvusta ei tarvinnut poistaa ulkolehtiä yhtä paljon kuin muista. Lannoitus ei vaikuttanut kauppakelvottoman sadon määrään.

4.2 Lannoituksen vaikutus sadon laatuun

Koejäsen 2 kasvoi pelkällä täyslannoitteella ilman kalkkisalpietaria. Kiertoliuoksessa ja kasvualustan puristenesteessä oli koko sadonkorjuun ajan ohjearvoja pienempiä kalsiumpitoisuuksia, mikä näkyi myös ohjearvoja alemmina kasvin kalsiumpitoisuuksina. Jääsalaatin nitraattipitoisuuden maksimipitoisuuden alittaminen ei talviviljelyssä tuottanut vaikeuksia, sillä kaikkien koejäsenten jääsalaattien nitraattipitoisuudet alittivat talvisen enimmäisrajan 5000 mg/kg tuorepainossa. Koejäsen 3 tuotti talvella nitraattipitoisempaa salaattisatoa kuin muut koejäsenet. Vain koejäsen 2 alitti ensimmäisellä sadonkorjuukerralla kesän enimmäisrajan 4000 mg kg⁻¹ tuorepainossa. Kesällä nitraattipitoisuuden maksimipitoisuuden

alittaminen oli haastavampaa. Kesällä koejäsenen 2 sato sisälsi alemman nitraattipitoisuuden kuin muut koejäsenet. Kesäkasvuston sadon korkeat nitraattipitoisuudet koejäsenillä 1 ja 2 johtuivat osittain kiertoliuoksen väkevöitymisestä liuossäiliöiden tulvimisen takia juuri ennen sadonkorjuuta. Pakattu jääsalaatti säilyi kylmiössä hyvin 7 vuorokautta, mutta 14 vuorokautta kylmiössä oli talvella valtaosalle salaateista liikaa.

4.3 Lannoituksen laimennuskäsittelyn vaikutus sadon laatuun

Lannoituksen laimennuskäsittely aloitettiin ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen. Koska sadon nitraattipitoisuus nousi vielä viisi - seitsemän vuorokautta laimennuskäsittelyn alettua, on mahdollinen lannoituksen laimennuskäsittely aloitettava ennen sadonkorjuuta, jotta korkeaksi havaittu sadon nitraattipitoisuus alkaa alentua. Laimennuskäsittely 1 mS cm^{-1} kasteluliuksella heikensi sadon säilyvyyttä ainakin talvella. Lehdenreunapolte oli suurin salaatin kauppakelvottomuuden aiheuttaja. Kesällä kiertoliuoksen laimentaminen vedellä lisäsi voimakkaasti kauppakunnostusjätteen määrää lehdenreunapoltevioituksen takia. Lannoituskokeen alimpiin nitraattipitoisuuksiin ($1700 - 2500 \text{ mg kg}^{-1}$) päästiin kahdessa viikossa sadonkorjuun aloittamisesta ensin viikon lannoituksen laimennuskäsittelyllä ja sitä seuranneella viikon vesilisäyksellä sekä reippaalla kauppakunnostuksella.

4.4 Nitraatin pikamittausmenetelmän ja laboratoriomenetelmän vertailu

Jääsalaattisadon nitraatin pikamittausmenetelmän korjauskerroin näytti toimivalta, kun mitattu nitraattipitoisuus oli enintään 5500 mg l^{-1} . Kun salaatista mitattiin yli 6500 mg l^{-1} nitraattipitoisuuksia, korjauskerroin ei vaikuttanut enää yhtä luotettavalta, koska eri menetelmien pitoisuudet poikkesivat toisistaan niin paljon. Tässä kokeessa pikamittauksia ja laboratoriota varten näytteet koottiin eri viljelykourujen salaattiyksilöistä. Pikamittausmenetelmän korjauskerrointa laskettaessa salaattinäytteet kerättiin vierekkäisistä samassa kourussa kasvaneista kasveista. Mittausmenetelmien väliset vertailunäytteet on kerättävä samasta viljelykourusta tai halkaistuista salaateista satunnaisvaihtelun vähentämiseksi.

4.5 Lehdenreunapolteen syitä

Salaatin lehdenreunapolteen runsastuminen talvella johtui todennäköisesti auringon paisteen aiheuttamasta nopeasti kohonneesta lämpötilasta. Kesällä lehdenreunapolteen todennäköisiä aiheuttajia oli useita: juuriston heikentyminen juuristotaudin takia, korkea lämpötila ja alhainen ilmankosteus. Pisaraverhojäähdytyslaitteita käytettiin salaatin viljelyyn ensimmäistä kertaa. Talvella osastossa oli aluksi käytössä liian vähän jäähdytystehoa ja kesällä jäähdytyksessä oli käyntihäiriöitä, jolloin jäähdytysvettä ei saatu riittävästi osastoon.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulokset tukevat koejäsenen 1 (täyslannos 76 % + kalkkisalpietari 24 %) mukaista lannoitusta jääsalaatilla ympärivuotisessa tuotannossa. Jos sato korjataan heti 120 g tuorepainon saavuttamisen jälkeen, niin kasvin nitraattipitoisuus pysyy talvella ja todennäköisesti myös kesällä alle nitraatin maksimipitoisuuden kevyellä kauppakunnostuksella ja ilman laimennuskäsittelyä.

Salaatin nitraattipitoisuus nousi vielä 5-7 vuorokautta lannoituksen laimentamiskäsittelyn aloittamisesta, joten liian korkealle noussut nitraattipitoisuuden alenee hitaasti. Lannoituksen laimennuskäsittely on aloitettava jo ennen salaatin sadonkorjuupainoa. Kiertoliuoksen laimennuskäsittely heikensi jääsalaattisadon säilyvyyttä ja lisäsi sadonkorjuutappiota.

Tässä tutkimuksessa mitattiin eri tavalla lannoitettujen jääsalaattien nitraattipitoisuutta koko viljelyn ajan. Salaatin nitraattipitoisuus laski viljelyn aikana alle 2000 mg kg⁻¹ tuorepainossa vain koejäsenellä 2 viikon kestäneen lannoituksen laimennoksen ja viikon kestäneen kiertoliuoksen vesilisäyksen jälkeen. Loppulaimennus vedellä lisäsi voimakkaasti lehdenreunapoltetta ja sadonkorjuutappiota. Jääsalaattisadossa oli talvella alhainen kalsiumpitoisuus ja salaatti säilyi kylmävarastossa talvella huomattavasti huonommin kuin kesällä.

Jääsalaatin nitraattipitoisuuden alentaminen lannoitusta laimentamalla tai se lopettamalla pidentää salaatin viljelyaikaa, koska kasvin kasvu hidastuu. Salaatin viljelytekniikkaa voisi myös kehittää parantamalla kasvuolosuhteita esimerkiksi valo-olosuhteita ja hiilidioksidilannoitusta, jolloin viljelyaika ei välttämättä lisäänty ja kasvin ottama nitraatti ohjautuu kasvuun. Näitten kasvutekijöiden muuttaminen voi vaatia myös muutoksia lannoitukseen.

6 KIITOKSET

Hanketta rahoittivat Kauppapuutarhaliiton puutarhasäätiö, Luonnonvarakeskus ja Kekkilä Oy. Kiitän Juha Oksasta avusta salaatin kiertoliuosjärjestelmän suunnittelussa, Jorma Seppälää ja Towe Backmania avusta lannoituksen suunnittelussa ja Kauppapuutarhaliiton Ruukkuvihannesjaostoa avusta kokeen ja havaintojen suunnittelussa sekä Luonnonvarakeskuksen Piikkiön toimipisteen aineistopalvelujen henkilöstöä avusta lannoituskokeen eri vaiheissa.

7 LÄHTEET

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. 2012. Nitraatin enimmäispitoisuusrajat. Annettu 22.11.2011. Helsinki, Suomi.

http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/tietoa_elintarvikkeista/elintarvikevaarat/elintarvikkeiden_luontaiset_myrkyt/kasvisten_nitratit

Kauppapuutarhaliitto ry, Ruukkuvihannesjaosto. 2009. Viljelijöiden tarkennukset ruukkusalaattien ja ruukkuyrttien laatuvaatimuksiin, Helsinki, Suomi.

http://www.kauppapuutarhaliitto.fi/images/neuvonta/Laatu/Viljelijöiden_tarkennukset_ruukkusalaattien_ja_yrttien_laatuvaatimuksiin.pdf

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

Seppälä, J. 2012. Puristeneste- ja lehtianalyysin ohjeavot tomaatille, kurkulle, salaatile ja paprikalle. Kekkilä Oy, moniste, 1 sivu.