

**LUONNONMUKAISEN KASVUALUSTAN JA LANNOITUKSEN VAIKUTUS
TOMAATIN SATOON JA LAATUUN**

Laura Turpeinen
Maisterintutkielma
Kasvintuotantotieteet
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden osasto
toukokuu 2019

TIIVISTELMÄ

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Osasto — Sektion — Department	
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Maataloustieteiden osasto	
Tekijä — Författare — Author Laura Turpeinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Luonnonmukaisen kasvualustan ja lannoituksen vaikutus tomaatin satoon ja laatuun			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kasvintuotantotieteet			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma	Aika — Datum — Month and year Toukokuu 2019	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 55	
Tiivistelmä — Referent - Abstract Tomaatit ovat tärkeimpiä luomutuotteita Suomessa. Pohjoismaisissa oloissa luomutomaatteja kasvatetaan pääasiassa kasvihuoneissa rajoitetussa kasvualustassa. Luomukasvihuonetuotanto eroaa tavanomaisesta tuotannosta eniten kasvinravinteiden käytössä. Tutkimuksen tavoitteina oli selvittää luonnonmukaisen kasvualustojen ja kasvinravitsemuksen vaikutusta tomaatin satoon ja sadon laatuun. Kasvihuonetutkimuksessa kirsikkatomaatilla (<i>Solanum lycopersicum</i>) tutkittiin kolmea kaupallista luomukasvualustaa ja kahta kokeeseen suunniteltua luomujakojuurikasvualustaa, joita verrattiin tavanomaiseen kivennäislannoitettuun kontrollialustaan. Luomukasvualustoja lannoitettiin pelkästään siipikarjanlannasta valmistetuilla kiinteillä lannoitteilla. Jakojuurialustat erosivat toisistaan vain lannoituksen määrän suhteen. Kokeessa seurattiin kasvualustojen ravinnepitoisuuksia, sadon määrää ja laatua ja tomaattien vegetatiivista kasvua. Kasvualustoista kerättiin satoa 28 viikon ajan. Yhtä kaupallista kasvualustaa lukuun ottamatta kaikki luomukasvualustat tuottivat yhtä suuren sadon kuin kivennäislannoitettuun kontrolli. Heikoimmat sadot ja vegetatiivisen kasvun tuotti kasvualusta, jonka rakenne ei tukenut lisättyjen ravinnepanosten liukenemistä ja mineralisoitumista kasveille helposti käytettävään muotoon. Kontrolli tuotti tilastollisesti eniten kaupakelvottomia hedelmiä. Kasvualusta ja lannoiteratkaisut eivät vaikuttaneet hedelmien liukoisten kuiva-aineiden pitoisuuteen, mutta kontrolliin hedelmien titrautuva happamuus oli 25 – 30 % luomukasvualustoja suurempi kasvukauden alussa. Titrautuvan happamuuden kasvu alentaa tomaattien sokeri/happo -suhdetta, mikä viittaa kontrollissa olevan huonomman makuisia tomaatteja. Kokeessa käytetyt jakojuurialustat eivät eronneet tilastollisesti toisistaan sadon määrän, laadun tai vegetatiivisen kasvun suhteen. Kasvualustan rakenne on erityisen tärkeää lannoituksen onnistumisen kannalta. Luomukasvualustoilla ja luomulannoituksella voidaan saada samansuuruinen ja laadukkaampi sato tavanomaiseen tuotantoon verrattuna, jos kasvualustan ravinteiden riittävydestä pidetään huoli.			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords luonnonmukainen tuotanto, tomaatti, kasvualusta, lannoitus			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden maisteriohjelma, maataloustieteiden osasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työn ohjaajat: Pauliina Palonen, Liisa Särkkä			

ABSTRACT

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Osasto — Sektion — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Laura Turpeinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Effect of organic growth substrates and feralization to yield and quality of greenhouse tomato			
Oppiaine — Läroämne — Subject Plant production science			
Työn laji — Arbetets art — Level M.Sc. Thesis		Aika — Datum — Month and year May 2019	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 55
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tomatoes are one of the most important organic products in Finland. In Northern conditions organic tomatoes are mostly grown in substrate culture in greenhouses. The most significant differences between organically and conventionally grown tomatoes are in use of growth substrates and fertilizers. Aim of this study was to find out how the use of organic growth substrate and fertilizers affects the yield and the quality of greenhouse tomatoes.</p> <p>In greenhouse experiment with cherry tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>) three different commercial growing media and two split-root media were tested and compared to conventionally fertilized growing medium. All of the organic growing media were fertilized only with solid fertilizers manufactured from poultry manure. Two tested split-root media differed from each other only by the amount of fertilizer applied. During this experiment we followed the nutrient contents of the growing media, measured the yield and quality of fruits and measured the vegetative growth of tomato plants. Tomatoes were harvested 28 weeks during this experiment.</p> <p>Only one organic growing medium produced smaller yield than conventional treatment. All other organic media produced similar yield compared to the conventional growing medium. The smallest yield and vegetative biomass were produced by growing media that had structure which didn't allow the added fertilizer to dissolve and mineralize into compounds useful for plants. Growth substrate and fertilizer solutions didn't affect the amount of soluble solids in the fruits but it did affect titrable acids. Titrable acidity of the conventional treatment was 20 – 30% higher than in the organic treatments. Increase in titrable acidity lowers the sugar/acid -ratio of the fruits which indicates that conventional treatment might have had worse tasting tomatoes. Split-root media used in this experiment didn't differ from each other in terms of yield, fruit quality or vegetative growth.</p> <p>Structure of growing medium is especially important factor affecting fertilization in organic production. With organic growing media and fertilization, it is possible to obtain similar yield with potentially more flavorful tomatoes compared to conventional production if enough nutrients are supplied to the plants.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Organic production, tomato, growing medium, fertilization			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Master's Programme in Agricultural Sciences, Department of Agricultural Sciences			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Pauliina Palonen, Liisa Särkkä			

Sisällys

1 JOHDANTO	6
2 LUOMUTUOTANTO	7
2.1 Luomutomaatin viljely	7
2.2 Luomukasvualustat	9
2.3 Ravinteet luomuviljelyssä	9
3 JAKOJUURIVILJELY	10
4 TOMAATIN MAKUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	12
5 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	13
6 AINEISTO JA MENETELMÄT	13
6.1 Koejärjestelyt ja kasvimateriaali	13
6.2 Kasvualustat	14
6.3 Lannoitus	16
6.4 Kasvatusolosuhteet	18
6.5 Mittaukset	21
6.5.1 Sadonkorjuu ja kasvustomittaukset	21
6.5.2 Hedelmän laadulliset mittaukset.....	22
6.5.3 Kasvualustamittaukset	23
6.6 Tilastollinen analyysi	23
7 TULOKSET	24
7.1 Kasvualustan johtokyky ja kosteus	24
7.2 Sato	27
7.3 Vegetatiivinen kasvu	31

7.3.1 Lehtien klorofyllipitoisuus	33
7.3.2 Lehtien ravinnepitoisuus	33
7.4 Hedelmien laadulliset mittaukset	35
7.5 Kasvualustojen ravinnepitoisuus kasvukauden lopussa	39
7.6 Kasvualustan ja juurien visuaalinen tarkastelu	40
8 TULOSTEN TARKASTELU	41
8.1 Sato	41
8.2 Vegetatiivinen kasvu	43
8.3 Kasvualustan rakenteen vaikutus ravinteiden saattavuuteen	44
8.4 Kasvualustojen ravinnepitoisuuksien muutokset	45
8.5 Kiinteiden ravinteiden käyttö rajoitetuissa kasvualustoissa	47
8.6 Tomaattien sisäinen laatu	49
9 JOHTOPÄÄTÖKSET	50
10 KIITOKSET	51
11 LÄHTEET	52

1 JOHDANTO

Luonnonmukaisten tuotteiden eli luomutuotteiden kysynnän ennustetaan kasvavan ympäri maailmaa (Kallinen 2017). Viimevuosina lisääntynyt huoli ilmastonmuutoksesta ja ympäristön hyvinvoinnista on saanut kuluttajat yhä valveutuneemmiksi ruuantuotannon päästöistä, mikä on johtanut ympäristöystävälliseksi miellettyjen tuotteiden kysynnän kasvuun. Suomessa hedelmät ja vihannekset ovat suurimpia luomutuotteiden ryhmiä (Kallinen 2017). Luomukasvihuonevihanneksia tuotetaan muualla Euroopassa pääasiassa maapohjassa. Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa luomukasvihuonevihanneksia kuitenkin viljellään pääasiassa maapohjasta eristetyssä rajoitetussa kasvualustassa.

Rajoitetun kasvualustan ominaisuudet ovat tärkeitä luomutuotannossa, sillä kasvit ottavat ravinteet kasvualustan kautta. Luomutuotannossa suurin osa ravinteista tulee kiinteistä kasvualustan sisälle asetetuista ravinnepanoksista. Kasvualustan rakenne vaikuttaa lannoitteiden liukenemiseen, mineralisaatioon ja käyttökelpoisuuteen kasveille. Kasvualustaan lisätyt ravinnepanokset vaikuttavat myös kasvualustan rakenteeseen, joten luomutuotannossa kasvualustat ja kasvinravitseminen ovat tiukasti yhteydessä toisiinsa. Taloudellisen kannattavuuden takaamiseksi luomukasvihuoneiden satotasojen tulisi olla korkeita. Kasvihuonevihannekset tarvitsevat paljon ravinteita pitkän kasvukauden aikana. Hyvät kasvialustaominaisuudet ja oikeanlainen kasvinravitseminen ovat sadontuotannon kannalta elintärkeitä.

Rajoitetun kasvualustan käyttöä luomuvihannesten kasvihuonetuotannossa ei ole kovinkaan paljon tutkittu. Luomutuotannon satotasojen nostamiseksi olisi tärkeää tietää enemmän kasvialustojen ja lannoitteiden käytöstä kasvihuonetuotannossa. Tässä tutkimuksessa tutkittiin kolmea kaupallista luomukasvialustaa ja kahta kokeeseen suunniteltua luomujakokuurikasvialustaa tomaatin kasvihuonetuotannossa. Luomukasvialustojen sadontuottoa ja sadon laatua verrattiin tavanomaiseen kivennäislannoitettuun kasvialustaan. Tutkimus oli osa Luonnonvarakeskuksen ja Turun yliopiston yhteistyöhanketta ”Luomuvihannesten ammattimaisen kasvihuone-

tuotannon ja arvoketjun tuottajalta kuluttajalle edistäminen”. Hanketta rahoitti Maiju ja Yrjö Rikalan Puutarhasäätiö.

2 LUOMUTUOTANTO

Luomutuotannolla eli luonnonmukaisella tuotannolla tarkoitetaan kokonaisvaltaista elintarviketuotannon järjestelmää, jossa noudatetaan Euroopan unionin luomutuotantoa koskevia asetuksia. Luomutuotannossa pyritään käyttämään ympäristölle, ilmastolle, luonnon monimuotoisuudelle ja ihmisten ja eläinten hyvinvoinnille edullisia käytäntöjä (EU asetus 2018/848). Euroopan unionilla ei ole yksityiskohtaisia luomukasvihuoneiden tuotantovaatimuksia, vaan kasvihuonetuotannossa sovelletaan yleisiä luomutuotantoa koskevia säädöksiä. Jokaisella jäsenmaalla on omat tarkat säännöt koskien luomukasvihuonetuotantoa johtuen erilaisista Euroopan unionin säädösten tulkinnoista (Van der Lans ym. 2010).

Luomutuotteiksi saa kutsua vain tuotteita, jotka täyttävät Euroopan unionin asettamat kriteerit luomutuotteille ja joiden tuottaja kuuluu luomutuotteiden valvontajärjestelmään. Euroopan unionin sertifioiman luomutuotteen tunnistaa EU:n lehtimerkistä. Euroopan unionin luomujärjestelmän ulkopuolella toimii useita valtiollisia elimiä ja kansallisia ja kansainvälisiä järjestöjä, jotka antavat omia ympäristöystävällisen ja luonnollisen tuotantotavan sertifikaatteja.

2.1 Luomutomaatin viljely

Maailmanlaajuisesti tomaatti on yksi taloudellisesti tärkeimpiä viljelykasveja. Tomaattia kasvatetaan avomaalla tai kasvi- ja kausihuoneissa. Suomessa tomaattia viljellään pääasiassa ympäri vuoden kasvihuoneessa tai kevästä syksyyn matalamman teknologian kausihuoneissa. Suomessa tomaattia viljelee 308 yritystä, joista 18 viljelee luomutomaatteja (Luonnonvarakeskus 2017). Luomutomaatin viljelypinta-ala on Suomessa noin 4 hehtaaria (Luonnonvarakeskus 2017).

Tavanomaisessa kasvihuonevihannestuotannossa kasvualustana käytetään usein turvetta tai kivivillalevyjä, joita kastellaan jatkuvasti lannoiteliuksella. Suomessa luomutuotannossa käytetään pääasiassa turvepohjaisia rajoitettuja kasvualustoja, mutta jotkut yritykset kasvattavat kasvihuonetomaatteja maapohjassa. Maapohjassa kasvataminen on vaikeaa varsinkin pohjoismaisissa oloissa, sillä maaperän kylmyys rajoittaa kasvua huomattavasti. Maapohjassa kasvataminen on myös ongelmallista kasvitautien ja -tuholaisten ja ravinnehuhtoutumisen suhteen, minkä takia sen hyödyntäminen intensiivisessä kasvihuonetuotannossa on haastavaa.

Euroopan Unioni on hiljattain kieltänyt luomuvihannesten rajoitetussa kasvualustassa kasvatamisen (EU asetus 2018/848). Luomutuotanto voi jatkua rajoitetussa kasvualustassa vuoteen 2030 asti Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa niillä tiloilla, jotka ovat sertifioituja luomutuottajiksi ennen 28.6.2017. Uuden asetuksen mukaan luomuvihanneksiä saa tuottaa vain maapohjaan tai peruskallioon yhteydessä olevassa elävässä maaperässä (EU asetus 2018/848).

Euroopan unionilla ei ole yhteisiä säädöksiä koskien luomukasvihuoneiden energian käyttöä, lämmitystä, keinovalaistusta tai hiilidioksidilannoitusta (Van der Lans ym. 2010). Yksittäisillä jäsenmailla on kuitenkin erilaisia sääntöjä koskien näitä asioita, esimerkiksi Saksassa ei saa lämmittää kasvihuoneita talvikuukausien aikana eikä Espanjassa saa käyttää hiilidioksidilannoitusta (Van der Lans ym. 2010). Suomessa luomukasvihuoneiden lämmitys, keinovalaistus ja hiilidioksidin lisääminen ovat sallittuja (Evira 2018). Kasvinsuojeluun luomukasvihuoneessa käytetään pääasiassa hyvää viljelyhygieniää ja biologisia torjuntaeliöitä. Biologiset torjuntaeliöt ovat yleisin tuholaistorjuntatapa myös tavanomaisissa kasvihuoneissa, joten luomukasvihuoneet eivät eroa tavanomaista kasvihuonetuotannosta paljon tuholaistorjunnan suhteen. Merkittävimmät erot luomukasvihuonetuotannossa ja tavanomaisessa kasvihuonetuotannossa ovat kasvualustoissa ja lannoituksessa.

2.2 Luomukasvualustat

Kasvualustan rakenneominaisuudet vaikuttavat oleellisesti kasvien ravinteiden ja vedenottoon. Hyvässä kasvualustassa on suuri huokostilavuus, jossa on sopivassa suhteessa eri kokoisia huokosia varmistamassa juurten hapen saannin sekä hyvät vedenpidätysominaisuudet (Barrett ym. 2016). Viljeltäessä kasvualustan tulisi säilyttää hyvät rakenneominaisuudet koko viljelyn ajan, joka voi olla tomaatin kasvihuonetuotannossa jopa 10 kuukautta (Papadopoulos ym. 2011).

Kemialliset ja biologiset ominaisuudet ovat myös tärkeitä kasvualustalle varsinkin luomutuotannossa, jossa pääosa ravinteista tulee kasvualustaan lisätyistä aineista. Eloperäisissä lannoitteissa pääosa typestä ja osa fosforista on orgaanisessa muodossa, joka ei ole suoraan kasveille käytettävissä (Sonneveld ja Voogt 2009, s. 23). Eloperäisten lannoitteiden käyttökelpoisuus kasveille on riippuvaista kasvualustan biologisesta aktiivisuudesta, sillä mikrobien hajoitustoimintaa tarvitaan eloperäisten lannoitteiden mineralisaatioon kasveille käyttökelpoiseen muotoon (Zhai ym. 2009).

Kasvihuonetuotannossa turvepohjaiset kasvualustat ovat yleisimmin käytettyjä. Turpeella on kasvinviljelyn kannalta hyvät fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Turpeen kapillaaristen ominaisuuksien ansiosta se johtaa hyvin vettä, minkä takia kasvien kastelu on helppoa (Barrett ym. 2016). Turve on kuitenkin uusiutuman luonnonvara, jonka nosto soilta on ympäristön kannalta ongelmallista, minkä takia turpeen käyttö kasvualustana ei ole kovinkaan kestäväällä pohjalla (Barrett ym. 2016).

2.3 Ravinteet luomuviljelyssä

Luomukasvihuonetuotanto eroaa tavanomaisesta tuotannosta eniten ravinteiden käytön osalta. Euroopan unionin asetuksen mukaan (EU asetus 2018/848) luonnonmukaisessa viljelyssä kasvien ravinnetarpeet tulee täyttää pääasiassa viherlannoituskasveilla, luonnonmukaisesta tuotannosta peräisin olevalla karjanlannalla tai kasviperäisillä eloperäisillä aineilla. Ravinteiden tulisi tulla kasville maaperän

ekosysteemin kautta. Kasvien ravinnetarpeita saa tarvittaessa täydentää myös muilla luonnonmukaiseen tuotantoon hyväksytyillä aineilla, mutta niiden käyttöä on monissa tapauksissa rajoitettu. Esimerkiksi mineraalitypen käyttö on luonnonmukaisessa viljelyssä kokonaan kielletty.

Tyypillisesti kasvihuonetomaattia lannoitetaan jatkuvasti kasteluputkien kautta tulevan ravinneliuoksen avulla. Luomutuotannossa ravinneliuosviljely on kielletty kokonaan (Evira 2018). Kasvinravinnetarpeita voidaan kuitenkin täydentää hyödyntäen luomutuotantoon sopivia nestemäisiä lannoitteita. Nestemäisten ravinteiden jatkuvat lisäys voi olla ongelmallista luonnonmukaisessa tuotantotavassa kasteluputkien tukkeutumisen takia (Rippy ym. 2004, Zhai ym. 2009). Ravinnearvoiltaan oikeanlaisen liukoisen lannoitteen aikaansaaminen erilaisia eloperäisiä aineksia sekoittamalla voi myös olla haastavaa (Rippy ym. 2004).

Luomutomaattia rajoitetussa kasvualustassa viljeltäessä ravinteet tulevat pääosin kasvualustaan lisätyistä eloperäisistä lannoitteista, jotka ovat yleisemmin siipikarjanlantaa ja erilaisia kasviperäisiä komposteja. Kasvualustaan lisätyt eloperäiset lannoitteet eivät toimi pelkästään ravinteiden lähteinä, vaan ne lisäävät kasvualustaan orgaanista ainesta ja vaikuttavat oleellisesti kasvualustan mikrobiologiseen toimintaan ja rakenteeseen (Zhai ym. 2009). Kiinteiden ravinteiden käyttöä kasvihuoneviljelyssä rajoitetulla kasvualustalla ei ole kovinkaan paljon tutkittu. Suomessa on aikaisemmin tutkittu broilerinlannan käyttöä luomukasvihuoneviljelyssä tomaatilla ja kurkulla (Salminen 1998).

3 JAKOJUURIVILJELY

Jakojuuriviljelyssä kasvin juuristo jaetaan kahteen toisistaan erillä oleviin kasvualustoihin. Erillisille juuristo-osuuksille voidaan luoda erilaiset kasvuolosuhteet. Kasvihuoneissa kiinnostuksen aiheena on ollut jakojuuriviljely, jossa toiseen juuristo-osioon annetaan johtokyvyltään korkeaa ravinneliuosta ja toiseen osioon laimeaa ravinneliuosta (Sonneveld ja Voogt 1990). Jakojuuriviljelyä on tutkittu ratkaisuksi

lannoituksen optimointiin suuren ja laadukkaan sadon saamiseksi (Tabatabaei ym. 2004).

Kasvualustan korkea johtokyky parantaa hedelmien laatua suurentamalla titrautuvien happojen ja liukoisten kuiva-aineiden määrää (Tabatabaei ym. 2004). Korkea johtokyky kuitenkin vähentää juurien osmoottista potentiaalia, mikä rajoittaa veden ja sen mukana kalsiumin kulkeutumista hedelmiin (Sonneveld ja Voogt 1990). Vähentynyt osmoottinen potentiaali pienentää hedelmin painoa ja aiheuttaa latvamätää kalsiumin puutteen seurauksena. Liian matala johtokyky sen sijaan heikentää sadon laatua (Tabatabaei ym. 2004). Kasvin ollessa kasvualustassa, jonka johtokyky vaihtelee juuriston alueella matalasta korkeaan, kasvin osmoottinen potentiaali on samanlainen kuin kasvi olisi pelkässä matalan johtokyvyn alueella (Bazihizina ym. 2012). Täten jakojuurialustassa laimea puoli luo riittävän korkean osmoottisen potentiaalilin, jolloin hedelmien koko pystyy kasvamaan ja riittävästi kalsiumia kulkeutuu hedelmiin (Tabatabaei ym. 2004). Johtokyvyltään väkevä puoli sen sijaan takaa ravinteiden saannin ja parantaa hedelmien laatua (Tabatabaei ym. 2004).

Jakojuuriviljelyä on tutkittu kasvihuonekurkulla (Jokinen ym. 2011) ja tomaatilla (Sonneveld ja Voogt 1990, Mulholland ym. 2002, Tabatabaei ym. 2004, Karhula 2012). Kasvihuonekurkulla jakojuuriviljely lisäsi kurkun satoa (Jokinen ym. 2011). Tomaatilla jakojuuriviljely on tuottanut vaihtelevia tuloksia. Sonneveldin ja Voogtin (1990) tutkimuksessa sama tomaattisadon määrä saatiin kaikilla käsittelyillä, joissa ainakin toisen juuriston puolikkaan ravinneliuoksen johtokyky oli 2,5 mS/cm. Mulhollandin ym. (2002) tutkimuksessa jakojuuriviljely (2,8/8 mS/cm) pienensi hieman sadon määrää hedelmän koon pienentymisestä johtuen, mutta paransi sadon laatua. Tabatabaein ym. (2004) tutkimuksessa jakojuuriviljely tuotti suuremman ja parempilaatuisen sadon yhtenäisjuuriviljelyyn verrattuna, kun toiselle puolelle kasvualustaa annettiin vain vettä (3/0, 4,5/0 ja 6/0 mS/cm). Luonnonvarakeskus Piikkiössä suoritetussa kokeessa jakojuuriviljelyalustat (6/1,3–3,2 mS/cm) tuottivat vähemmän kauppakelpoista ja ensimmäisen luokan satoa yhtenäisjuuriviljelyyn verrattuna (Karhula 2012).

Luomutuotannossa ravinteiden keskittäminen tiettyihin kasvualustan kohtiin luo

kasvien juurille erilaisia ravinnepitoisuuksia aivan kuten jakojuuriviljelyssä. Tomaatti tarvitsee paljon ravinteita pitkän kasvukauden aikana. Jos kaikki kasvukauden aikaiset ravinteet sekoitettaisiin valmiiksi rajoitettuun kasvualustaan ennen kasvien istutusta, kasvualustan johtokyky voisi nousta aivan liian korkeaksi, minkä takia kiinteät ravinnepanokset kuten karjanlantarakeet usein sijoitetaan paakuiksi eri puolille kasvualustaa (Salminen 1998). Kasvien juuret hakeutuvat luonnollisesti ravinnepanosten luo. Ravinnepaakkujen kohdalla kasvualustan johtokyky saattaa nousta hyvinkin korkealle, mutta se ei haittaa sillä muun kasvualustan johtokyky pysyy alhaisena mikä takaa kasvien riittävän vedensaannin (Tabatabaei ym. 2004). Johtokyvyn muutokset kasvualustan sisällä saattavat olla hyvinkin suuria pienellä alueella. Kiinteitä lannoitteita voidaan myös kesken kasvukauden ripotella suoraan kasvualustan päälle, josta ne liukenevat kasveille käytettäväksi

4 TOMAATIN MAKUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Sokerien ja titrautuvien happojen määrä sekä niiden suhde ovat tärkeitä tomaatin makuun vaikuttavia komponentteja. Sokerien määrää kuvaa refraktometrisesti määritetty liukoinen kuiva-ainepitoisuus eli Brix-arvo. Koska suurin osan liukoisista kuiva-aineista on sokereita, liukoinen kuiva-ainepitoisuus korreloi melko hyvin sokereiden määrän ja yleisen koetun makeuden kanssa (Beckles 2012). Korkea liukoinen kuiva-ainepitoisuus ja titrautuvien happojen määrä on yleisesti hyvän makuisen tomaatin merkki. Liian alhainen liukoisten kuiva-aineiden pitoisuus johtaa liian happaman makuisiin tomaatteihin ja liian alhainen titrautuvien happojen osuus liian mauttomiin tomaatteihin (Saltveit 2005).

Kasvinravitseminen vaikuttaa oleellisesti tomaattien makuun. Korkeassa johtokyvyssä titrautuva happamuus ja sokerien määrä nousevat (Auerswald ym. 1999, Rodriguez ym. 2019). Korkean johtokyvyn aiheuttama sokerien määrän nousu liittyy kasvin hiilihydraattimetabolian muutoksiin sekä osmoottisen potentiaalin pienentymisen aiheuttamaan kuiva-ainepitoisuuden nousuun (Rodriguez ym. 2019). Eloperäisen lannoituksen vaikutusta titrautuviin happoihin ja liukoisiin kuiva-aineisiin on tutkittu erityisesti elintarviketeollisuuteen tuotetuilla peltoviljelyillä tomaateilla. Eloperäisen

lannoituksen on huomattu suurentavan titrautuvien happojen ja liukoisten kuiva-aineiden määrää (Bilalis ym. 2018), mutta myös päinvastaisia tuloksia on raportoitu (Hallmann 2012).

5 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteina oli selvittää luonnonmukaisten kasvualustojen ja kasvinravitsemuksen vaikutusta tomaatin satoon ja sadon laatuun. Tutkimuksessa vertailtiin kaupallisia luomukasvualustoja ja kokeeseen suunniteltuja jakokuurialustoja tavanomaisessa tuotannossa käytettyyn kivennäislannoitettuun kasvualustaan. Haluttiin myös selvittää erilaisten lannoitus- ja kasvualustaratkaisujen käyttökelpoisuutta luomuviljelyssä.

6 AINEISTO JA MENETELMÄT

6.1 Koejärjestelyt ja kasvimateriaali

Koe tehtiin Luonnonvarakeskuksen Piikkiön toimipisteessä (60°23'N, 22°33'E) kasvukaudella 2018 120 m² kokoisessa kasvihuoneosastossa. Kokeessa kasvatettiin kirsikkatomaattia *Solanum lycopersicum* L. 'Sassari RZ'. Tomaatin taimet toimitettiin Pirttikylän kauppapuutarha oy:ltä kalenteriviikolla 9 (1.3). Ennen istutusta kasvit olivat kasvuhuoneessa viljelypöydällä altakastelussa. Taimet istutettiin koekasvualustoihin viikolla 10 (5.3). Istutusvaiheessa taimet olivat 70–90 cm korkeita, niissä oli 12–15 lehteä ja yksi tai kaksi kukkaterttua kehittymässä. Jokaiseen koekasvualustaan istutettiin kaksi tomaatin tainta, jotka kasvoivat kaksiversoisina. Kaikkiin koekasveihin kehittyi kolme hedelmäterttua ennen versojen haarautumiskohtaa.

Koe oli täydellisesti satunnaistettujen lohkojen koe. Lohkoja oli neljä ja koekasvualustoja oli yksi kussakin lohossa. Lohkojen päädyissä oli suojakasvit, joiden lisäksi lohkojen molemmilla sivuilla oli rivi suojakasveja varmistamassa samankaltaiset kasvuolosuhteet kaikille lohkoille. Koealueen istutustiheys oli noin 1,3 kasvia/m².

6.2 Kasvualustat

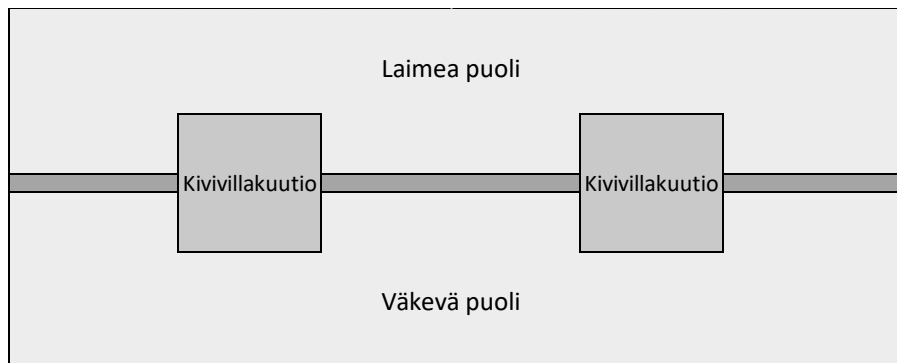
Kokeessa tarkasteltiin kolmea kaupallista luomukasvualustaa ja kahta kokeeseen suunniteltua luomuun sopivaa jakokuurikasvualustaa (taulukko 1). Kontrollina toimi kivennäislannoitettu tavanomaisessa kasvihuonetuotannossa käytetty Natural Control -levy (Kekkilä Oy, Vantaa, Suomi). Kaupalliset luomukasvualustat olivat GS BIO R3337 (Kekkilä Oy), Novarbo Kasvupussi (Novarbo Oy, Eura, Suomi) ja BIO 2 (Hatec Baltic OÜ, Pärnu, Viro). Jakokuurialustat muokattiin Natural Control Bio -levyistä (Kekkilä Oy).

Taulukko 1. Kokeessa käytetyt kasvualustat, niiden pituus, leveys, tilavuus kokeen alussa ja valmistajan ilmoittamat käytetyt raaka-aineet.

Kasvualusta	Pituus x leveys (cm)	Tilavuus (l)	Raaka-aineet
Natural Control (Kontrolli)	100 x 22	26	Vaalea rahkaturve, sammal, murskattu tupasvilla
GS BIO R3337 (Kekkilä)	100 x 30	39	Vaalea rahkaturve
BIO 2 (Hatec)	100 x 30	50	Vaalea rahkaturve, matokomposti, savi
Novarbo Kasvupussi (Novarbo)	100 x 40	75	Vaalea rahkaturve, Kompostoitu multaseos
Jakokuuri laimea, Natural Control Bio	100 x 30 yhteensä molemmat puolet	28 laimea puoli + 22 väkevä puoli	Vaalea rahkaturve, sammal, murskattu tupasvilla
Jakokuuri voimakas, Natural Control Bio	100 x 30 yhteensä molemmat puolet	28 laimea puoli + 22 väkevä puoli	Vaalea rahkaturve, sammal, murskattu tupasvilla

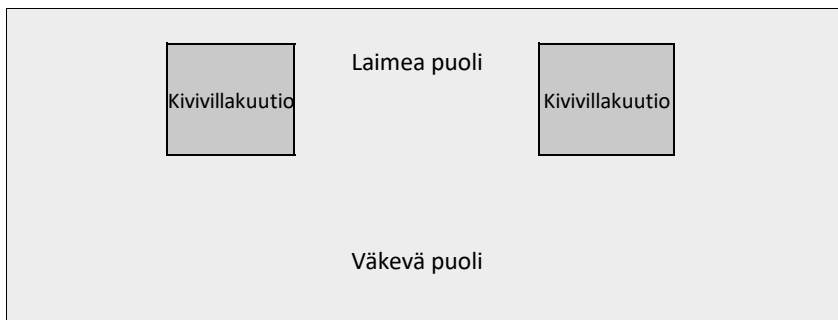
Jakokuurialustoissa kaksi kasvualustaa kiinnitettiin toisiinsa, jotta saatiin kasvualusta, jossa oli kaksi toisistaan erillistä osiota (kuva 1). Osioita eristi toisistaan kasvualustan

osioita ympäröivä muovi sekä jäykkä muovinen keskikappale, jolloin ravinteet, vesi tai kasvien juuret eivät päässeet kulkeutumaan kasvualustan osioiden välillä. Kokeessa oli kaksi jakokuurikasvualustaa, jotka erosivat keskenään vain lannoituksen suhteen. Toisessa oli enemmän ravinteita (Jakokuuri väkevä) ja toisessa vähemmän ravinteita (Jakokuuri laimea).



Kuva 1. Kaavakuva jakokuurialustoista ylhäältäpäin katsottuna. Kasvualustan väkevä ja laimea puoli on erotettu toisistaan muovisella välikappaleella. Kivillakuutioissa olevat tomaatin taimet istutettiin kasvualustapuoliskojen keskelle, jolloin ne juurtuvat molemmille kasvualustan puolille.

Kaikissa kasvualustoissa, paitsi kivennäislannoitetussa kontrollissa, oli väkevä ja laimea puoli. Kasvualustan väkevälle puolelle laitettiin kaikki lannoitteet. Tarkoituksena oli, että väkevällä puolella olisi korkea johtokyky ja laimealla puolella puolestaan alhainen johtokyky. Jakokuurialustoja lukuun ottamatta muut kasvualustat olivat yhtenäisiä, jolloin ravinteet, vesi ja kasvien juuret pääsivät liikkumaan vapaasti puolelta toiselle (kuva 2). Tomaatin taimet istutettiin laimealle puolelle kasvualustaa Kekkilän, Hatecin ja Novarbon kasvualustoissa.



Kuva 2. Kaavakuva Kekkilä, Hatec ja Novarbon kasvualustoista ylhäältä päin katsottuna. Kivivillakuutioissa olevat tomaatin taimet istutettiin laimealla puolelle kasvualustaa.

6.3 Lannoitus

Kokeen alussa ennen istutusta ja kasvukauden aikana luomualustoja lannoitettiin pääasiassa siipikarjanlantaa sisältävillä lannoitteilla. Kokeen aikana Kekkilän ja Hatecin kasvualustoja ja molempia jakojuurikasvualustoja lannoitettiin Kekkilän Superex Bio Kanankakalla (NPK 4-1-2). Novarbon kasvualustaa lannoitettiin Novarbon valmistamalla broilerinlantaa sisältävällä Arvo lannoitteella (NPK 4-1-2).

Kokeen alussa ennen tomaatin taimien istutusta Kekkilän, Novarbon ja Jakojuuri laimea kasvualustoihin laitettiin sama määrä lannoitetta suhteutettuna kasvualustan tilavuuteen (taulukko 2). Jakojuurialusta väkevään laitettiin yksi kolmasosa enemmän lannoitetta kuin Jakojuuri laimeaan koko kasvukauden ajan. Hatec kasvualustaan ei laitettu kokeen alussa ollenkaan ravinteita, sillä valmistajan mukaan sen sisältämässä kompostissa oli tarpeeksi ravinteita tukemaan tomaatin kasvua. Kasvukauden alussa puolet lannoitteesta asetettiin väkevän puolen kasvualustan reunan keskelle ja loput jaettiin väkevän puolen päätyreunoihin.

Kasvukauden aikana luomukasvualustoja lisälannoitettiin, silloin kun kasvualustan väkevän puolen johtokyky oli laskenut alle 2 mS/cm (taulukko 2). Kekkilän ja Novarbon kasvualustojen lisälannoitus asetettiin kahteen osaan alkuperäisten lannoitepanosten väliin. Koska Hatec kasvualustaan ei kokeen alussa laitettu ollenkaan lannoitetta, sille laitettiin lisälannoituksena saman verran lannoitetta samoihin kotiin kuin muille

kasvualustoille oli laitettu kasvukauden alussa. Kekkilän, Hatecin ja Novarbon kasvualustoja lannoitettiin myös nestemäisellä kastelulannoitteella siipikarjanlannan lisäyksen yhteydessä, jotta kasvualustojen johtokyky saataisiin nopeasti nousemaan. Kahtena peräkkäisenä päivänä kasvualustaa kohden annettiin 2 litraa 2 mS/cm vahvuista hoitolannoitetta. Novarbon kasvualustassa hoitolannoitus toistettiin myös viikolla 21. Kekkilän ja Hatecin kasvualustoja lannoitettiin Kekkilän Bio Superex lannoitteella (NPK 4-0-5) ja Novarbon kasvualustaa Novarbon Aino luomulannoitteella (NPK 3-0-3).

Kaikkia luomukasvualustoja lannoitettiin viimeisen kerran viikolla 27 pelkällä siipikarjanlannalla, jotta tomaateilla olisi tarpeeksi ravinteita koko loppukaudeksi. Lisälannoitus asetettiin koko kasvualustan mittaiseksi viiruksi väkevälle puolelle noin 8 cm kasvualustan reunasta. Koska lisälannoitus asetettiin kasvualustan sisään viikolla 27 ja sekä lisälannoituksissa ennen sitä, jouduttiin lisälannoitusta tehdessä kaivamaan hieman kasvualustamateriaalia pois lannoiterakeiden mahduttamiseksi. Poistettu kasvualustamateriaali pyrittiin laittamaan takaisin lannoiterakeiden päälle, jotta lannoiterakeilla olisi paremmat kosteusolosuhteet liueta eikä kasvualustasta poistuisi ravinteita kasvualustamateriaalin mukana.

Taulukko 2. Tomaatin koekasvualustojen lannoitusmäärät siipikarjanlannalla ennen tomaattien istutusta kasvukauden alussa ja kasvukauden aikana.

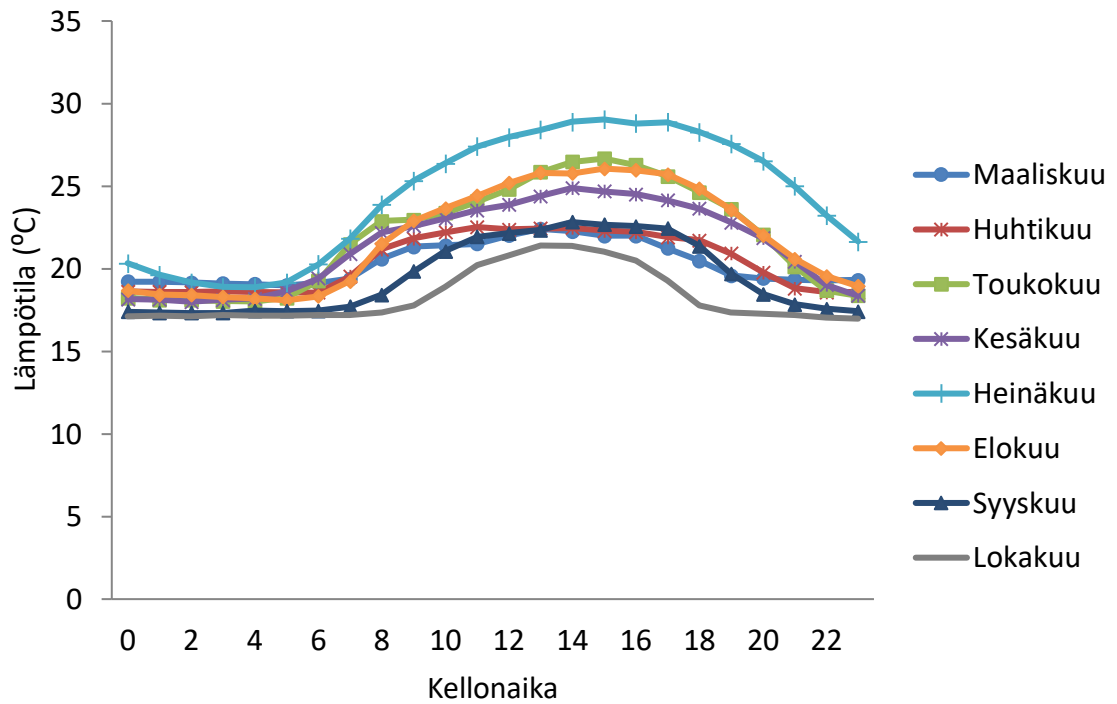
	Lannoitus siipikarjanlannalla (l/dl kasvualustaa)				
	Kasvukauden alussa Viikko 10	Kasvukauden aikana			
		Viikko 19	Viikko 20	Viikko 26	Viikko 27
Kekkilä	0,6			0,3	0,4
Hatec		0,6			0,3
Novarbo	0,6		0,3		0,2
Jakojuuri laimea	0,6				0,3
Jakojuuri väkevä	0,8				0,4

Kontrollikasvualustaa lannoitettiin koko kasvukauden ajan tippukastelun mukana tulevalla kivennäislannoituksella Kekkilän viljelysuositusten mukaan. Lannoitukseen käytettiin Kekkilän Vihannes Superex (NPK 9-5-31) 52 %, YaraLiva CALCINIT kalsiumnitraattia 40 % (Yara, Oslo, Norja) ja Magnisal magnesiumnitraattia 8 % (Haifa, Israel).

6.4 Kasvatusolosuhteet

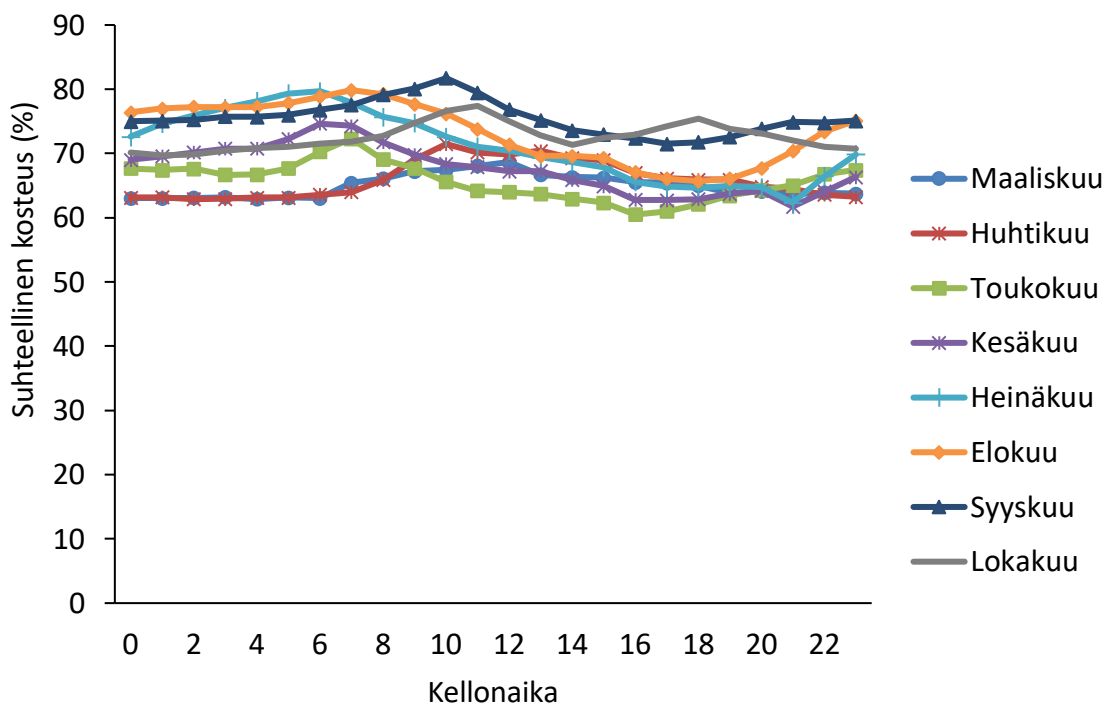
Tomaattikasvustoa hoidettiin menetelmin, jotka ovat Euroopan unionin luomusäädöksissä hyväksytyjä (EU asetus 2018/848). Tomaatit tuettiin alaslaskumenetelmällä. Kerran viikossa tomaatteja laskettiin alaspäin, kehittyvät sivuversot poistettiin ja tomaatin alalehtiä poistettiin tarpeen mukaan. Valaistukseen käytettiin pelkästään luonnonvaloa koko kasvukauden ajan.

Kasvihuoneen lämpötilaa ja ilmankosteutta säädeltiin lämmitysputkistojen, tuuletusluukkujen, varjostusverhojen ja vesisumutuksen avulla. Tavoitepäivälämpötila oli 22 °C ja yölämpötila 17 °C. Koska kasvihuoneessa ei ollut tehokkaita menetelmiä lämpötilan laskemiseen, kasvihuoneen lämpötila oli osan ajasta paljon tavoitelämpötiloja korkeampia (kuva 3). Heinäkuu oli erityisen lämmin, jolloin lämpötilat kasvihuoneen sisällä kohosivat jopa 35 °C:seen.



Kuva 3. Kokeen aikana mitattu kasvihuoneosaston keskilämpötila eri kuukausina.

Suhteellinen ilmankosteus pyrittiin pitämään yön aikana noin 60 %:ssa ja päivällä 70 %:ssa. Yli 80 % ilmankosteutta pyrittiin välttämään sienitautien ehkäisemiseksi. Tehokkaita keinoja ilmankosteuden kontrolloimiseksi ei kuitenkaan ollut, joten ilmankosteus vaihteli kasvukuukausien välillä paljon sääolosuhteiden mukaan (Kuva 4).



Kuva 4. Kokeen aikana mitattu kasvihuoneosaston keskimääräinen suhteellinen kosteus eri kuukausina.

Hiilidioksidipitoisuus kasvihuoneessa pyrittiin pitämään noin 450–500 ppm välillä. Maaliskuussa päivisin kasvihuoneessa oli noin 560 ppm ja huhtikuussa, syyskuussa ja lokakuussa noin 450 ppm hiilidioksidia. Toukokuun ja elokuun välisenä aikana hiilidioksidin määrä päivisin oli vain noin 350 ppm, sillä tuuletusluukkuja jouduttiin pitämään paljon auki. Kasvihuoneeseen ei haluttu lisätä hiilidioksidia tuuletusluukkujen ollessa kokonaan auki, jolloin lisätty hiilidioksidi olisi osalta karannut ulkoilmaan tuuletusluukkujen kautta.

Tomaatit kasteltiin tippukastelun avulla. Tippukastelun kautta luomukasvualustoille annettiin pelkästään vettä. Kastelun tavoitteena oli pitää kasvualustat sopivan kosteina kuitenkin antamatta yhtään enempää vettä kuin kasvit tarvitsivat ylikastelun mukana olevan ravinnehuuhtouman välttämiseksi. Tomaatintaimien istutuksen jälkeen yksi tippu asetettiin kivivillakuution päälle varmistamaan kasvin riittävä vedensaanti juurtumisen aikana. Jakojuurialustoissa asetettiin molemmin puolin kivivillakuutiota yksi tippu, jotta kasvit juurtuisivat tasaisesti molemmille kasvualustan puolille.

Myöhemmin kasvien juurruttua tiput siirrettiin kasvualustaan. Kokeen alussa kaikissa luomukasvualustoissa oli kuusi tippua, joista neljä laimealla puolella ja kaksi väkevällä puolella. Kasvualustan laimeaa puolta kasteltiin enemmän, sillä oletuksella että, kasvit ottavat suurimman osan vedestä kasvualustanalueelta, jonka johtokyky on alhaisempi.

Kasvukauden aikana tippuja jouduttiin lisäämään ja sulkemaan eri kasvualustoilta kastelun säätämiseksi, sillä tippujen määrän vaihtelevuus oli ainoa keino säätää eri kasvualustoille tulemaan eri määrä vettä. Kastelun muuttamisesta päätettiin kasvualustan kosteusmittausten perusteella. Kontrollikasvualustalle annettiin tippukastelun mukana jatkuvasti lannoitusta. Kontrollissa oli kolme tippua tasaisin välein kasvualustan keskellä koko kasvukauden ajan. Kontrollin ylikastelu pyrittiin pitämään noin 20%:ssa.

Tuholaistorjunnassa käytettiin biologisia torjuntaeliöitä. Jauhaisluteita (*Macrolophus pygmaeus*, Biotus oy, Forssa, Suomi) käytettiin ennaltaehkäisevästi. Kasvihuone-osastolla oli ongelmia harsosääskien ja liejukärpästen kanssa. Harsosääskipetopunkkeja (*Hypoaspis miles*) levitettiin harsosääskien torjumiseksi viikolla 32 ja pikkusukkulamatoja (*Steinernema carpocapsae*) liejukärpästen torjumiseksi viikoilla 33 ja 34 kasvihuoneosaston kaikkiin koe- ja suojakasvien kasvualustoille. Pölytykseen käytettiin kimalaispesiä (Natupol smart, Koppert B.V., Rotterdam, Alankomaat).

6.5 Mittaukset

6.5.1 Sadonkorjuu ja kasvustomittaukset

Sadonkorjuu aloitettiin viikolla 15 (13.4) ja se jatkui kokeen lopettamiseen saakka viikolle 42 (15.10). Aluksi satoa kerättiin kolme kertaa viikossa. Viikolla 25 satoa kerättiin vain kaksi kertaa viikossa ja kokeen kolmena viimeisenä viikkona vain kerran viikossa. Hedelmät lajiteltiin 1. ja 2. luokan mukaisesti laatuluokkiin (EU asetus 543/2011) ja kaikki muut kypsänä kerätyt hedelmät kauppakelvottomiin hedelmiin. Kokonaissatoon laskettiin mukaan myös vihreinä kerätyt hedelmät.

Kokeen aikana laskettiin poistettujen terttujen ja lehtien lukumäärä. Joka toinen viikko poistettujen lehtien tuore- ja kuivapaino määritettiin. Niinä viikkoina, joina lehtien painoa ei määritetty, tuore- ja kuivapainot arvioitiin edellisen ja seuraavan viikon yhden lehden painon keskiarvon perusteella. Tyhjät hedelmätertturangat poistettiin kaksi kertaa kasvukaudessa ja niiden tuore- ja kuivapaino määritettiin. Kokeen lopussa kasvien pää- ja sivuhaarojen pituus mitattiin ja niiden tuore- ja kuivapaino määritettiin. Hoitotöissä poistettujen sivuhaarojen painoa ei mitattu kokeen aikana. Ennen kasvinosien kuivapainon määrittystä niitä kuivattiin 70 °C asteisessa uunissa. Satoindeksi laskettiin jakamalla kaikkien kerättyjen hedelmin tuorepaino koko kasvin biomassan tuorepainolla juurten biomassaa lukuun ottamatta.

Lehtistä mitattiin klorofyllipitoisuutta noin kahden viikon välein käyttämällä SPAD-mittaria (SPAD-505 chlorophyll meter, Konica Minolta, Japani). Mittaus tehtiin uloimmasta parilehdykästä kolmannesta täysin kehittyneestä lehdestä latvasta alaspäin laskettuna. Lehtinäytteitä lähetettiin Hortilab oy:lle (Närpiö, Suomi) kasvianalyysejä varten yhteensä kolme kertaa kasvukaudessa kalenteriviikoilla 22, 27 ja 34. Jokaisesta tomaatin latvasta otettiin näytteeksi kolmanneksi nuorin täysin kehittynyt lehti. Kaikkien saman koejäsenen tomaattien lehdet yhdistettiin yhdeksi näytteeksi, jotka lähetettiin analysoitavaksi. Lehdistä analysoitiin ravinnepitoisuudet ja kuiva-ainepitoisuus. Lehtinäytteiden tuloksia verrattiin tomaatin lehtinäytteiden yleisiin viitearvoihin.

6.5.2 Hedelmien laadulliset mittaukset

Kypsistä hedelmistä mitattiin liukoinen kuiva-ainepitoisuus (°Brix-arvo), titrautuva happamuus sekä kuivapaino kolme kertaa kasvukaudessa kalenteriviikoilla 22, 27 ja 34. Yksi näyte koostui kolmesta osanäytteestä, jonka keskiarvoa käytettiin tilastollisissa analyyseissä. Yhteen osanäytteeseen valittiin neljä tasakypsää hedelmää, jotka pestiin, kuivattiin ja halkaistiin kahtia. Toisista puolikkaista puristettiin mehua verkkokankaan läpi metallisella puristimella. Puristetusta mehusta mitattiin refraktometrillä (Atago PR-100, ATAGO CO.,LTD., Tokio, Japani) °Brix-arvo. Kolmen rinnakkaismittauksen

keskiarvoja käytettiin tilastollisissa analyyseissä. Titrautuva happamuus määritettiin titraamalla (TitroLine easy, SCHOTT instruments, Mainz, Saksa) 3 g tomaattimehua pH 7,1:teen asti käyttäen 0,1 M NaOH liuosta. Näytteiden kokonaishappopitoisuus laskettiin vastaamaan sitruunahappopitoisuutta (0,1 ml NaOH liuosta vastaa 6,4 mg sitruunahappoa). Tomaatin toiset puolikkaat olivat kaksi viikkoa 70 °C uunissa, jonka jälkeen niistä määritettiin kuiva-ainepitoisuus.

6.5.3 Kasvualustamittaukset

Kasvualustan johtokyky ja vesipitoisuus mitattiin kerran viikossa koko kasvukauden ajan erikseen väkevältä ja laimealta puolelta käyttäen WET-2 piikkisensoria (Delta-T Devices Ltd, Lontoo, Englanti). Mittaus tapahtui neljästä eri kasvualustan kohdasta, joiden keskiarvo merkattiin ylös. Kasvualustan väkevällä puolella pyrittiin ottamaan mittaukset lannoitepanosten läheltä kuitenkin osumatta kuitenkaan niihin. Piikkisensori oli kalibroitu kivivillalle, joten sen tuloksissa saattoi olla epätarkkuutta. Kasvualustojen rakennetta tarkasteltiin silmämääräisesti ja sormella painelemalla kasvukauden aikana ja kokeen loputtua.

Kokeen loputtua kasvualustoja ympäröivät muovit irrotettiin ja kasvualustan ylä-, ala- ja sivupinnoilla olevien tomaattien juurien kuntoa tarkasteltiin silmämääräisesti. Kaikista kasvualustoista otettiin puristenestettä kasvualustan väkevältä puolelta, josta määritettiin pH, johtokyky ja nitraatti-, kalium- ja kalsiumionien pitoisuudet. Nitraatti-, kalium- ja kalsiumpitoisuudet määritettiin kannettavilla mittareilla (LAQUA Twin Nitrate Meter, LAQUA Twin Potassium Meter ja LAQUA Twin Calcium Meter, Horiba, Kyoto, Japani). Puristenestenäytteisiin kerättiin nestettä puristamalla kosteaa kasvualustamateriaalia neljästä kasvualustan kohdasta koko kasvualustan korkeudelta.

6.6 Tilastollinen analyysi

Tilastollisessa testauksessa käytettiin varianssianalyysin sekamallia (SPSS Statistics 25,

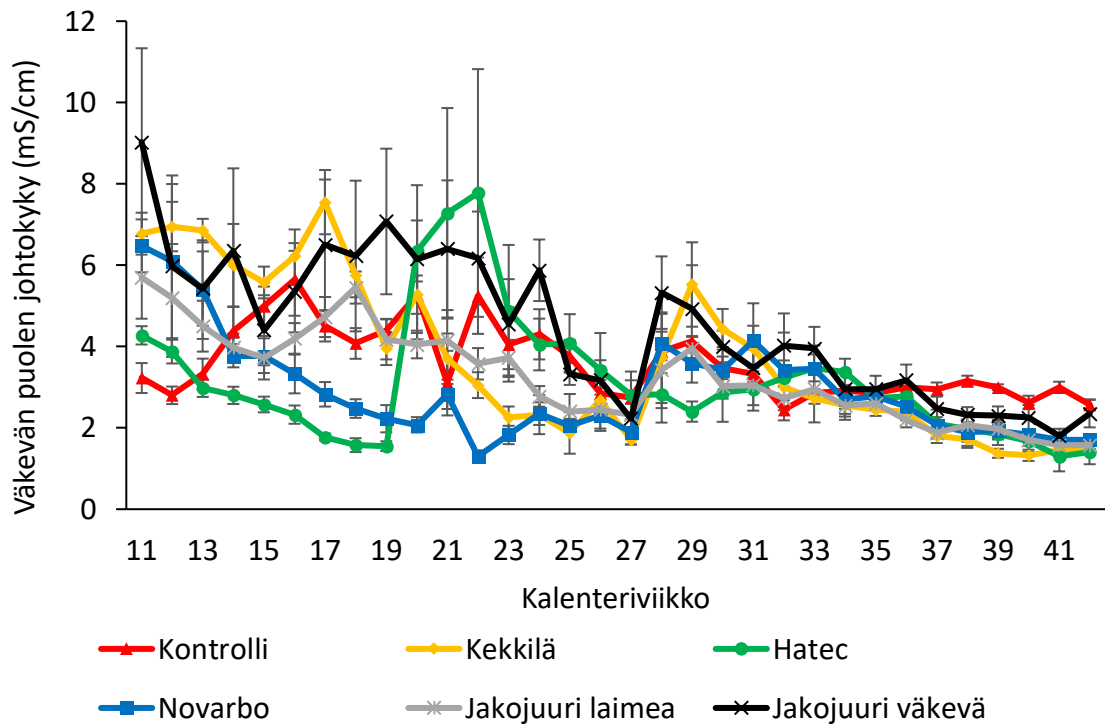
IBM). Parittaiset vertailut tehtiin Tukeyn testillä. P-arvon merkitsevyytasona käytettiin 0,05 kaikissa tilastollisissa analyyseissa. Kekkilän kasvualustan kohdalla yhden kerranteen tuloksia ei otettu huomioon kaikissa satoon ja kasvustomittauksiin liittyvissä tilastollisissa analyyseissä tomaatin varren katkeamisen takia.

7 TULOKSET

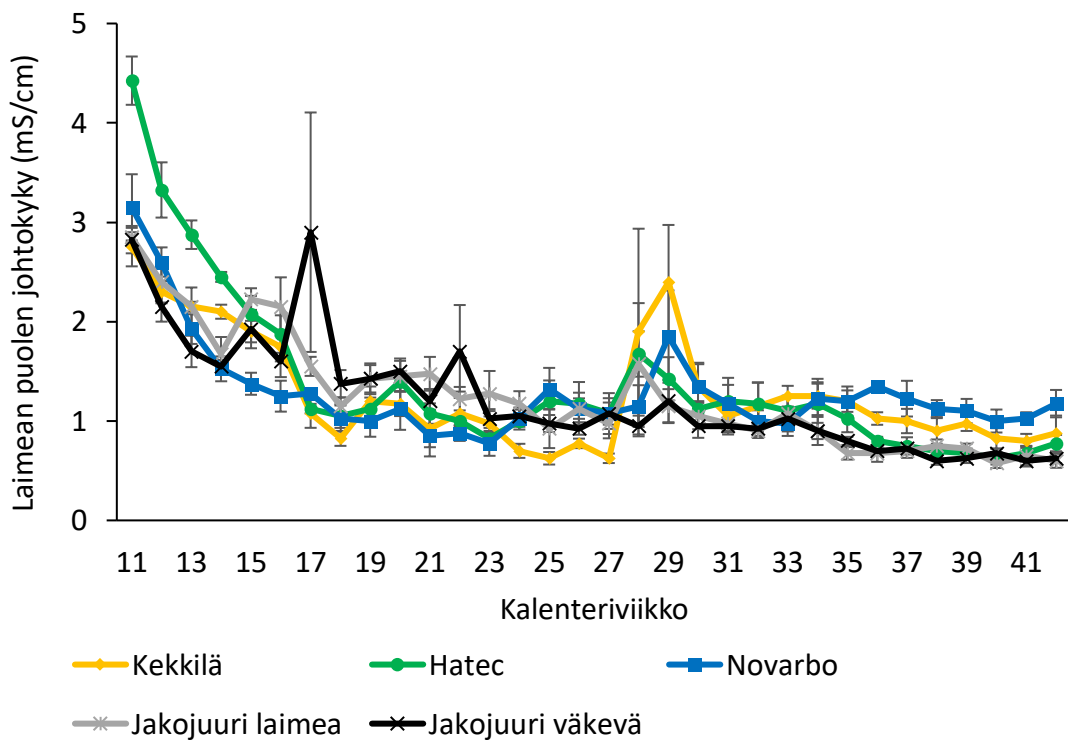
7.1 Kasvualustan johtokyky ja kosteus

Väkevän puolen johtokyky vaihteli paljon kasvualustojen välillä. Kekkilän ja jakojuurialustojen johtokyky pysyi kauemmin korkeana kuin Hatecin ja Novarbon kasvualustoissa (kuva 5). Viikolla 27 kaikki luomukasvualustat lannoitettiin siipikarjanlannalla, mikä näkyy useiden alustojen kohdalla väkevän puolen johtokyvyn nousuna. Hatecin kasvualustat lannoitettiin viikolla 19, minkä jälkeen kasvualustan johtokyky nousi viikon aikana huomattavasti. Novarbon kasvualustaa lannoitettiin viikolla 20, mikä ei merkittävästi vaikuttanut johtokykyyn.

Kokeen ensimmäisellä viikolla laimean puolen johtokyvyt olivat noin 2,5 – 3,5 mS/cm kaikilla kasvualustoilla paitsi Hatecin kasvualustalla, jonka johtokyky oli korkeampi. Laimean puolen johtokyky laski noin viikolle 18 asti, jonka jälkeen se pysyi melko tasaisesti 0,5 – 1,5 mS/cm välillä kaikissa kasvualustoissa. Viikon 27 lannoitus näkyi myös kuitenkin laimean puolen johtokyvyn nousuna Kekkilän, Hatecin ja Novarbon kasvualustojen kohdalla (Kuva 6).

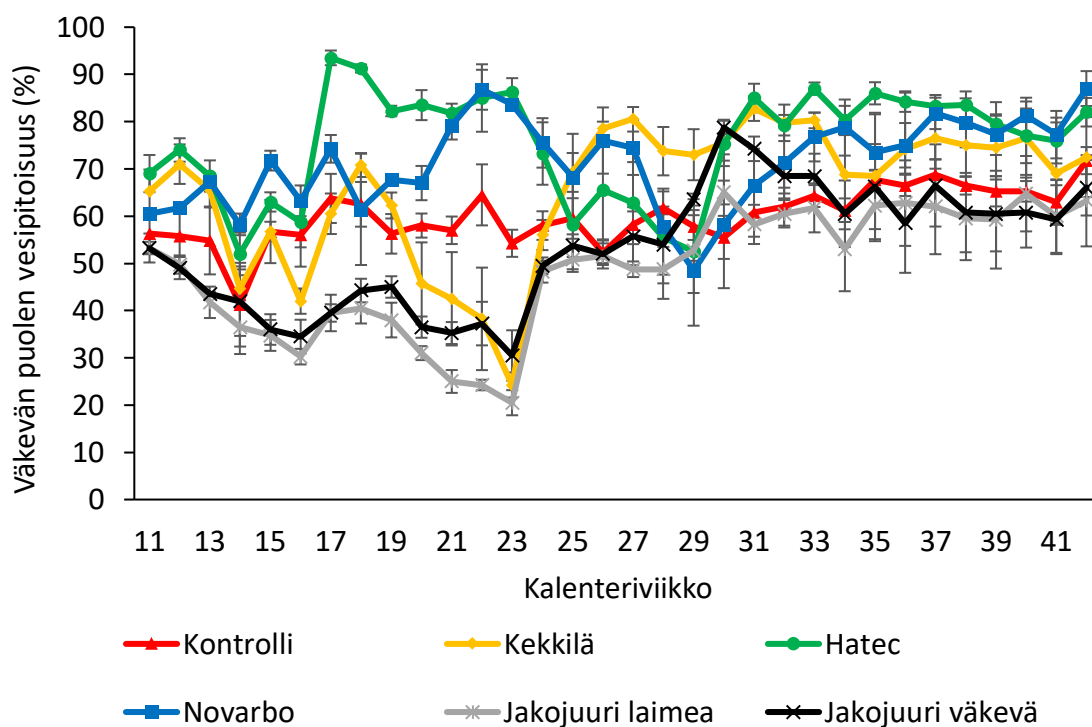


Kuva 5. Tomaatin kasvualueiden johtokyky (mS/cm) väkevältä puolelta mitattuna. Arvot ovat neljän kerranteen keskiarvoja. Pylväät kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.

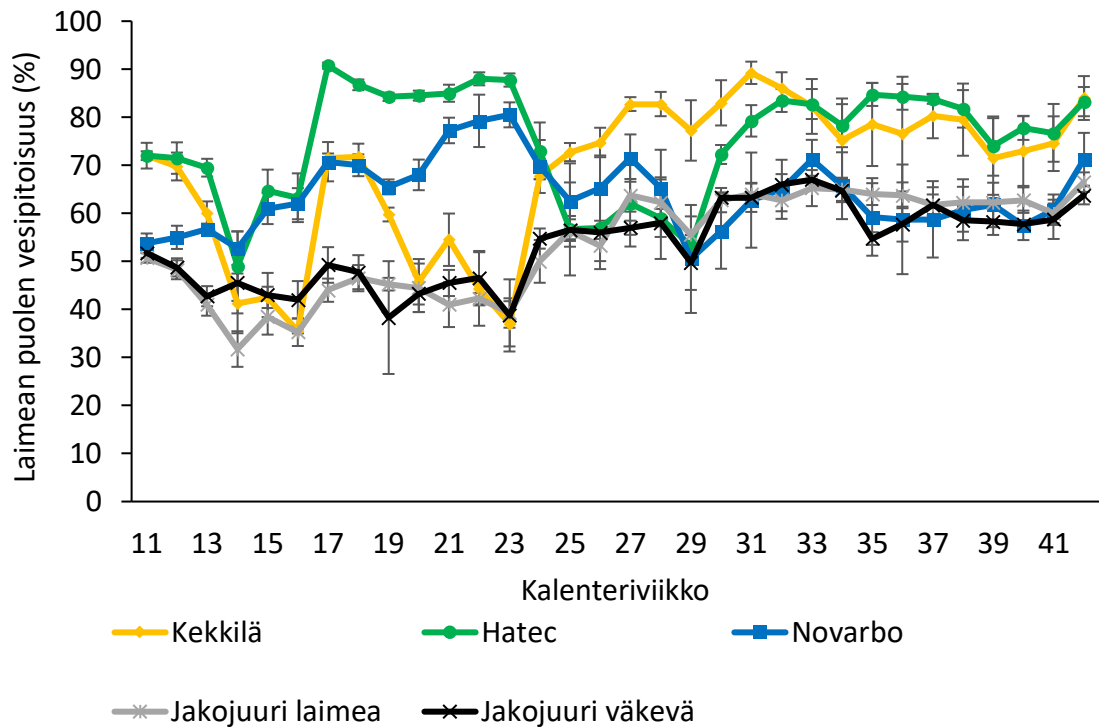


Kuva 6. Tomaatin kasvualueiden johtokyky (mS/cm) laimealta puolelta mitattuna. Arvot ovat neljän kerranteen keskiarvoja. Pylväät kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.

Kasvualustojen kosteuspitoisuus vaihteli kokeen aikana (kuva 7 ja kuva 8). Kontrollikasvualustaa lukuun ottamatta kasvualustojen kosteus oli ajoittain epäoptimaalinen. Novarbo ja Hatecin kasvualustat olivat väkevältä puolelta kosteampia kuin muut kasvualustat. Jakojuurikasvualustat ja Kekkilän kasvualustat olivat myös ennen viikkoa 23 ajoittain liian kuivia.



Kuva 7. Tomaatin kasvualustojen kosteus (%) väkevällä puolella. Arvot ovat neljän kerranteen keskiarvoja. Pylväät kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.



Kuva 8. Tomaatin kasvualustojen kosteus (%) laimealla puolella. Arvot ovat neljän kerranteen keskiarvoja. Pylväät kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.

7.2 Sato

Kaikki kokeessa mukana olleet kasvit tuottivat keskimäärin 13,4 kg hedelmiä. Kontrolli, Kekkilä ja Jakojuuri laimea kasvualustojen kokonaissato ja kauppakelpoinen sato olivat tilastollisesti suurempia kuin Hatecin kasvualustan (taulukko 3). Novarbo ja Jakojuuri väkevä kasvualustat eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi mistään kasvualustasta kokonaissadon tai kauppakelpoisen sadon suhteen.

Kaikissa kasvualustoissa 1. luokan hedelmiä oli keskimäärin 95–98 % kauppakelpoisen sadon painosta. Kauppakelvottomien hedelmien määrä oli 0,4–2,1 % kaikkien kypsänä kerättyjen hedelmien painosta eri kasvualustoissa. Kontrollikasvualustassa oli enemmän kauppakelvottomia hedelmiä kuin Hatec, Novarbo ja Jakojuuri laimea kasvualustoissa. Suurimmat syyt hedelmän kauppakelvottomaksi luokittelemisessa oli kypsien hedelmien halkeilu ja latvamäät. Kontrollikasvualustalla 85 % kauppakelvottomista

hedelmistä oli haljenneita hedelmiä. Satoindeksissä ei ollut eroja kasvualustojen välillä.

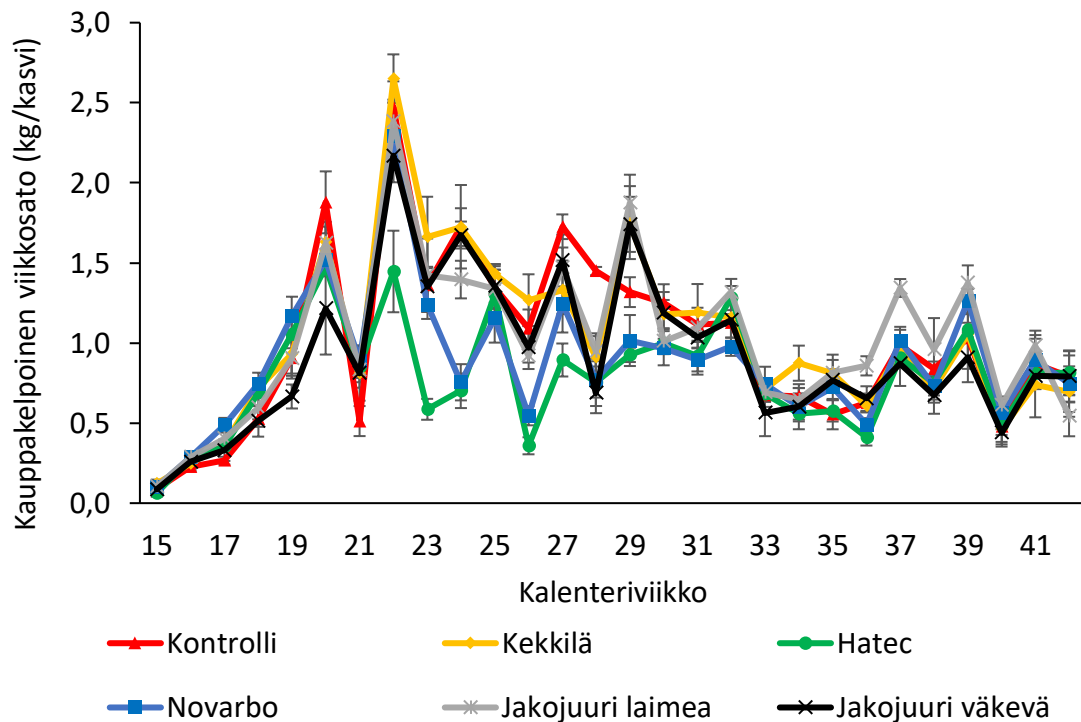
Taulukko 3. Tomaattien kokonaissadon, kauppakelpoisen sadon ja kauppakelvottoman sadon määrä koko kasvukaudelta eri kasvualustoilla. Arvot ovat keskiarvoja \pm keskihajonta (Kekkilä $n = 3$, muut kasvualustat $n = 4$). Samalla kirjaimella merkityt arvot sarakkeittain eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi Tukeyn testin mukaan ($P < 0.05$).

Kasvualusta	Kokonaissato (kg/kasvi)	Kauppakelpoinen sato (kg/kasvi)	Kauppakelvoton sato (kg/kasvi)	Satoindeksi
Kontrolli	14,5 \pm 1,8 a	13,9 \pm 1,6 a	0,3 \pm 0,2 a	0,71 \pm 0,02
Kekkilä	14,8 \pm 0,6 a	14,4 \pm 0,5 a	0,1 \pm 0,1 ab	0,73 \pm 0,02
Hatec	11,4 \pm 0,8 b	11,0 \pm 0,8 b	0,0 \pm 0,0 b	0,74 \pm 0,02
Novarbo	12,7 \pm 1,8 ab	12,4 \pm 1,7 ab	0,0 \pm 0,1 b	0,74 \pm 0,01
Jakojuuri laimea	14,7 \pm 0,6 a	14,4 \pm 0,5 a	0,0 \pm 0,1 b	0,74 \pm 0,01
Jakojuuri väkevä	13,4 \pm 1,5 ab	12,9 \pm 1,6 ab	0,1 \pm 0,1 ab	0,71 \pm 0,02
<i>P</i>	0,014	0,017	0,005	ns

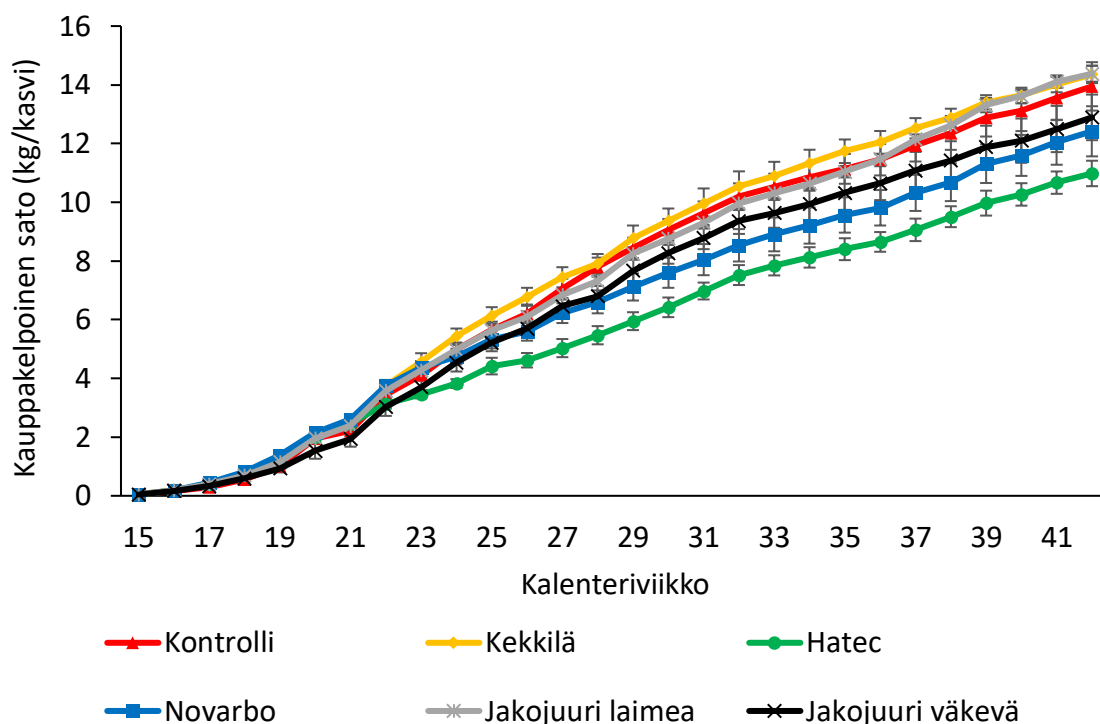
Kontrolli ja Jakojuuri laimea tuottivat kappalemäärisesti enemmän hedelmiä kuin Hatecin kasvialusta (taulukko 4). Muita eroja kaikkien hedelmien kappalemäärissä ei havaittu kasvualustojen välillä. Sadon määrä vaihteli viikoittain (kuva 9). Korkeimmillaan kasvit tuottivat noin 2,5 kiloa satoa viikossa. Hatecin kasvialustan heikompi sadontuotto alkoi näkyä jo viikoilla 23 ja 24 (kuva 10).

Taulukko 4. Tomaattien kokonaissadon ja kauppakelpoisen sadon määrä koko kasvukaudelta eri kasvualustoilla. Arvot ovat keskiarvo \pm keskihajonta (Kekkilä $n = 3$, muut kasvualustat $n = 4$). Samalla kirjaimella merkityt arvot sarakkeittain eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi Tukeyn testin mukaan ($P < 0.05$).

Kasvualusta	Kokonaissato (kpl/kasvi)	Kauppakelpoinen sato (kpl/kasvi)
Kontrolli	1037 \pm 83 a	973 \pm 73 a
Kekkilä	1005 \pm 26 ab	940 \pm 11 ab
Hatec	847 \pm 76 b	800 \pm 76 b
Novarbo	903 \pm 84 ab	859 \pm 84 ab
Jakojuuri laimea	1055 \pm 70 a	997 \pm 77 a
Jakojuuri väkevä	989 \pm 85 ab	920 \pm 50 ab
<i>P</i>	0,008	0,014

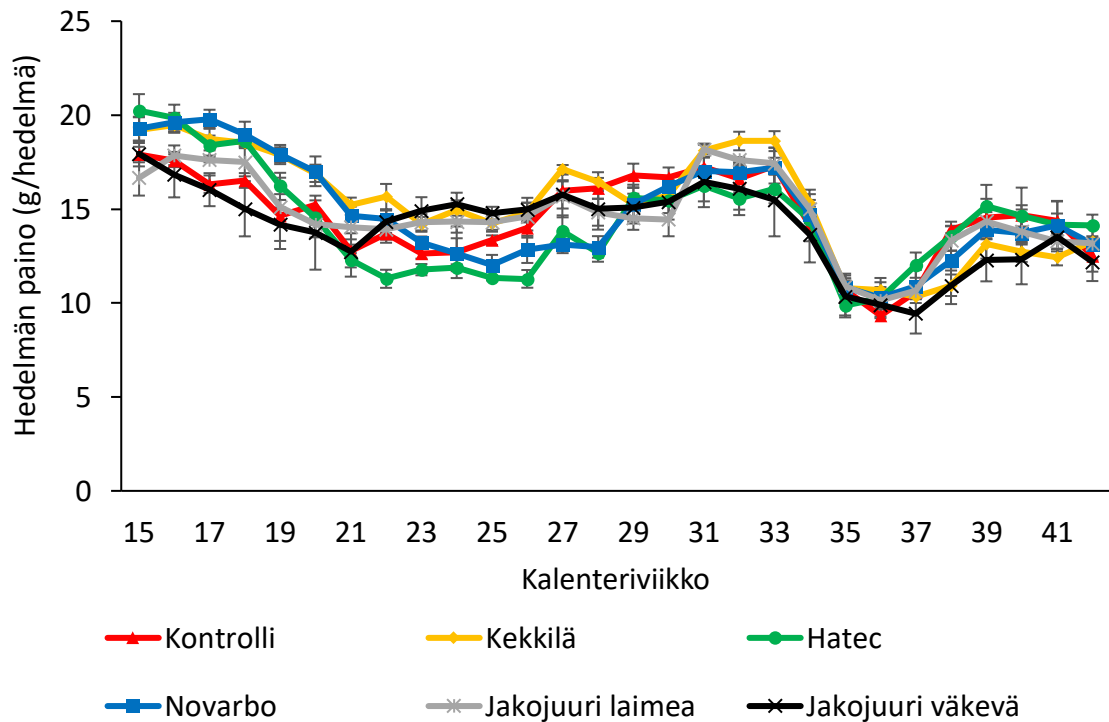


Kuva 9. Tomaattien tuottama kauppakelpoisen sadon määrä viikoittain eri kasvualustoissa. Arvot ovat keskiarvoja (Kekkilä $n = 3$, muut kasvualustat $n = 4$). Pylväät kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.



Kuva 10. Tomaattien tuottama kaupakelpoisen sadon kertymä viikoittain eri kasvualustoissa. Arvot ovat keskiarvoja (Kekkilä $n = 3$, muut kasvualustat $n = 4$). Pylväät kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.

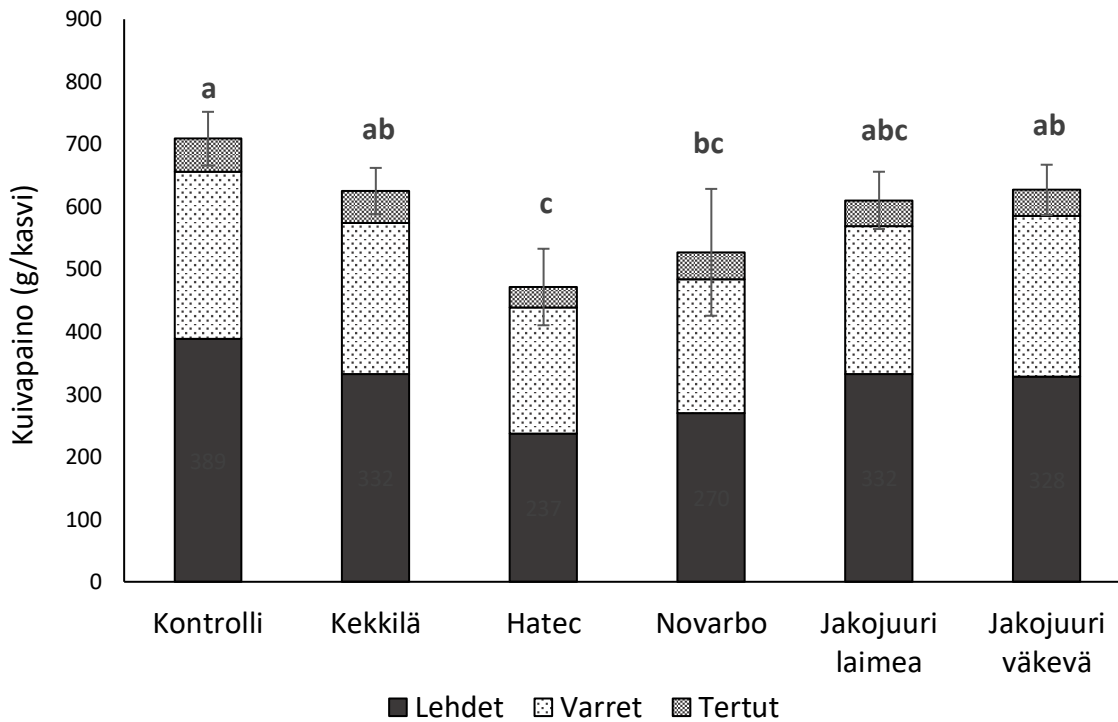
Kaupakelpoisten hedelmien keskimääräinen paino oli kaikkein suurin Kekkilän kasvualustoilla. Koko kasvukauden aikana kaupakelpoisen hedelmän paino oli Kekkilän kasvualustalla keskimäärin 15,3 g, Hatecin kasvualustalla 13,8 g ja muissa kasvualustoissa 14,0–14,5 g väliltä. Kaupakelpoisten hedelmien koko vaihteli suuresti kokeen aikana (kuva 11). Suurimmillaan hedelmät olivat aivan sadonkorjuun alussa sekä viikoilla 32 ja 33, jolloin yksittäiset hedelmät painoivat keskimäärin 15–20 grammaa. Hedelmien paino kuitenkin pieneni viikkojen 35 ja 36 aikana, jolloin kaikissa kasvualustoissa hedelmien keskipaino oli 9–11 gramman väliltä.



Kuva 11. Tomaatin kuppakelpoisten hedelmien paino viikoittain eri kasvualustoissa. Arvot ovat keskiarvoja ($n = 4$). Pylväät kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.

7.3 Vegetatiivinen kasvu

Kasvualusta vaikutti tomaattien vegetatiivisen biomassan määrään ($P = 0,003$). Kontrollia pienemmän vegetatiivisen biomassan tuottivat Hatecin ja Novarbon kasvualustat (kuva 12). Myös Kekkilä ja Jakojuuri väkevä tuottivat suuremman biomassan kuin Hatecin kasvualusta. Lehtien ja terttujen kappalemäärässä eikä varren pituudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja kasvualustoiden välillä (taulukko 5).



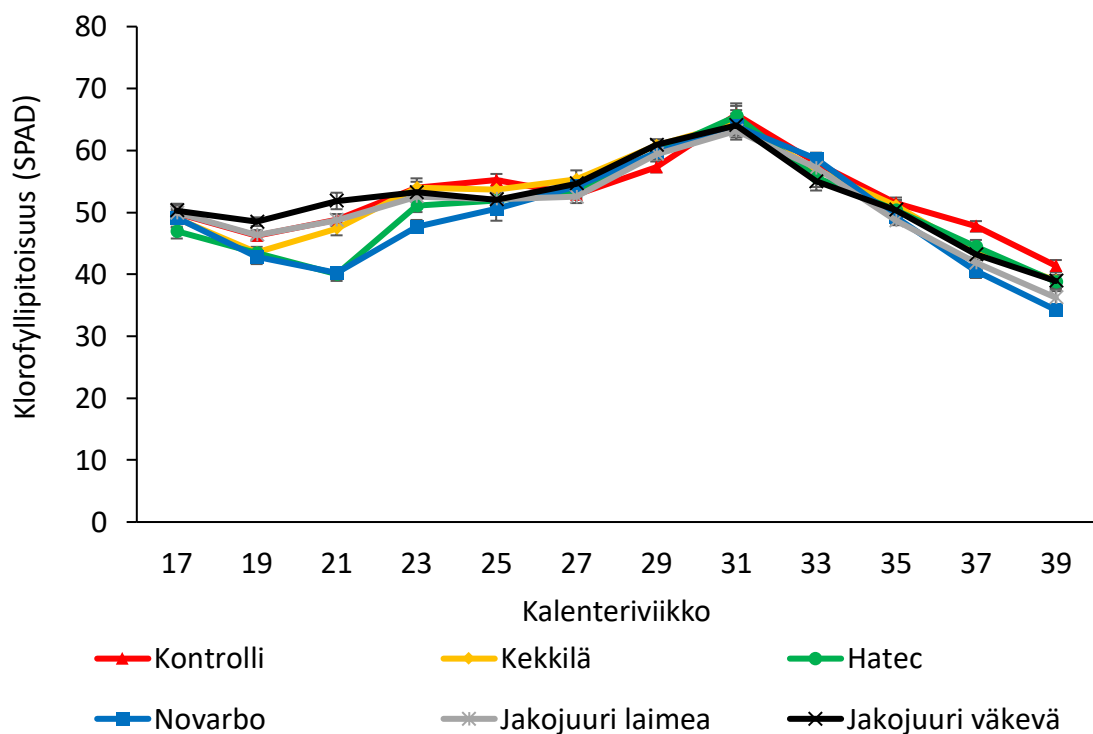
Kuva 12. Tomaatin vegetatiiviseen biomassan jakautuminen lehtien, varsien ja tertturankojen välillä. Arvot ovat keskiarvoja (Kekkilä $n = 3$, muut kasvialustat $n = 4$). Pylväät kuvaavat kokonaiskuivapainon keskihajontaa. Samalla kirjaimella merkitettyjen käsittelyiden vegetatiivisen kokonaisbiomassan kuivapainot eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi Tukeyn testin mukaan ($P < 0.05$).

Taulukko 5. Lehtien ja terttujen määrä ja pääverson ja sivuverson yhteenlaskettu pituus. Arvot ovat keskiarvoja \pm keskihajonta (Kekkilä $n = 3$, muut kasvialustat $n = 4$).

Kasvialusta	Lehtiä (kpl/kasvi)	Terttuja (kpl/kasvi)	Varren pituus (cm)
Kontrolli	187 \pm 5	62 \pm 3	1718 \pm 71
Kekkilä	169 \pm 22	58 \pm 6	1746 \pm 92
Hatec	161 \pm 11	56 \pm 4	1624 \pm 118
Novarbo	167 \pm 10	60 \pm 4	1643 \pm 105
Jakojuuri laimea	177 \pm 11	62 \pm 4	1715 \pm 64
Jakojuuri väkevä	178 \pm 6	60 \pm 3	1750 \pm 90
<i>P</i>	ns	ns	ns

7.3.1 Lehtien klorofyllipitoisuus

Lehtien klorofyllipitoisuus suureni kasvukauden aikana noin 65 SPAD yksikköön asti kaikilla kasvualustoilla (kuva 13). Korkeimmillaan klorofyllipitoisuus oli viikolla 31, jonka jälkeen se lähti laskemaan tasaisesti. Eri kasvualustojen klorofyllipitoisuudet olivat melko samanlaisia. Hatecin ja Novarvon kasvualustojen klorofyllipitoisuudet olivat kuitenkin viikolla 21 selvästi muita alhaisempia.



Kuva. 13. Lehtien suhteellinen klorofyllipitoisuus (SPAD yksikköä). Arvot ovat keskiarvoja ($n = 4$) Pylväät kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.

7.3.2 Lehtien ravinnepitoisuus

Suurimmat lehtien ravinnepitoisuudet löytyivät Kontrollilta ja Jakojuuri väkevä kasvualustoilta (Taulukko 6). Lehtien typpipitoisuus ei alittanut viitearvoja millään kasvialustalla. Viikolla 22 Hatecin typpipitoisuus oli kuitenkin viitearvojen alapäässä,

jolloin Kontrolli kasvualustan lehtinäytteissä oli melkein kaksinkertainen määrä typpeä. Viikolla 27 kaikkien kasvualustojen, paitsi Novarbo kasvualustan, typpipitoisuus oli hieman viitearvoja suurempi. Kivennäislannoitetun kontrollikasvualustan kasvien typpipitoisuus oli kaikilla näytteenotto-kerroilla hieman viitearvoja suurempi.

Viikolla 22 Hatec, Novarbo ja Jakojuurilaimean fosfori ja Kalium pitoisuudet olivat viitearvojen alapuolella, mutta viikolle 27 mennessä ne olivat korjaantuneet viitearvojen mukaisiksi. Viikolla 34 kaikilla luomukasvualustoilla oli melko vähän kalsiumia, mutta vain Kekkilän kasvualustalla kalsiumpitoisuus alitti viitearvot.

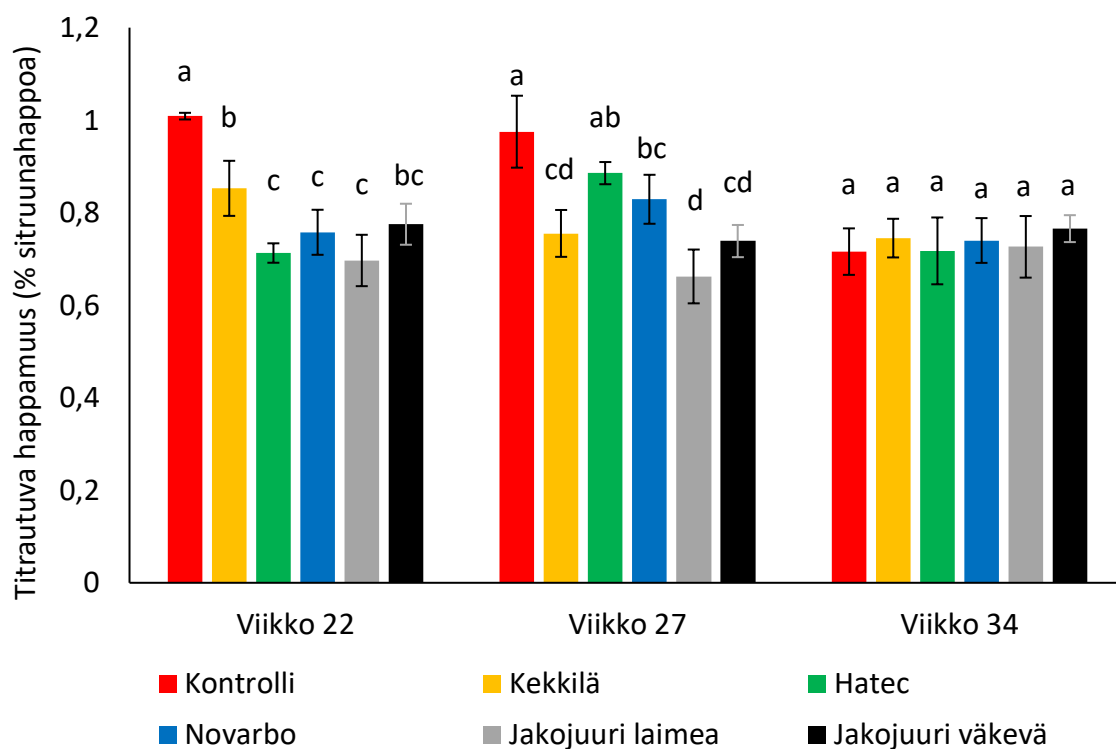
Taulukko 6. Ravinnepitoisuudet tomaatin lehdistä sekä viitearvot tomaatille (Seppälä 2012).

Kasvualusta	Typpi (g/kg)	Fosfori (g/kg)	Kalium (g/kg)	Kalsium (g/kg)
Viitearvo	25-50	3-10	30-70	10-30
Kalenteriviikko 22				
Kontrolli	51,4	3,84	48,9	28,7
Kekkilä	44,1	3,46	31,5	24,1
Hatec	26,9	2,29	21,6	35,4
Novarbo	30,5	2,45	23,1	25,3
Jakojuuri laimea	36	2,12	22,8	19,9
Jakojuuri väkevä	40,3	7,08	47,2	10,4
Kalenteriviikko 27				
Kontrolli	53,2	5,47	45,7	19,9
Kekkilä	56,2	5,04	38,6	15,8
Hatec	51,9	4,52	38,2	14,2
Novarbo	45,6	4,21	36,2	13
Jakojuuri laimea	51,2	5,8	35,5	17,9
Jakojuuri väkevä	55,4	6,2	36,6	12,9
Kalenteriviikko 34				
Kontrolli	51,3	7,8	50,7	15,7
Kekkilä	41,3	6,48	46,4	9,83
Hatec	44	5,66	46,1	10,5
Novarbo	44,1	5,92	42	14,4
Jakojuuri laimea	42,4	6,08	42,2	11,1
Jakojuuri väkevä	40,3	7,08	47,2	10,4

7.4 Hedelmien laadulliset mittaukset

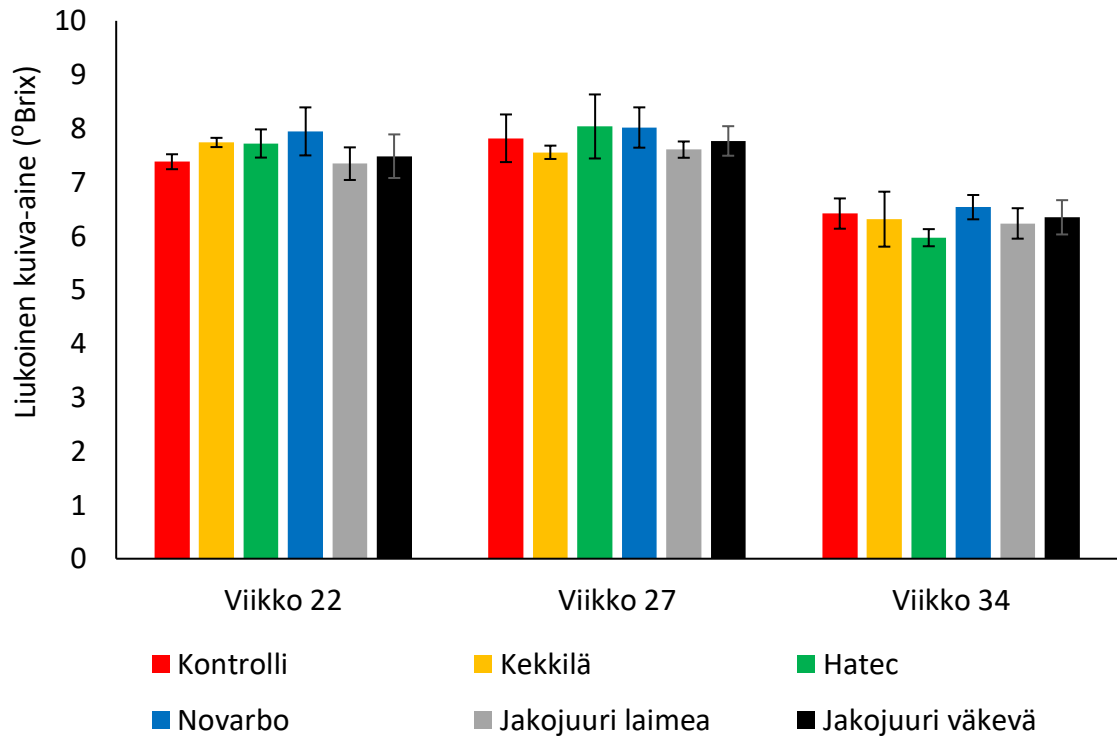
Kasvualusta sekä hedelmien poiminta-ajankohta vaikuttivat tomaatin laadullisiin ominaisuuksiin. Eroja kasvualustojen välillä esiintyi viikoilla 22 ja 27. Viimeisellä mittauskerralla viikolla 34 kasvualustojen välillä ei ollut tilastollisia eroja titrautuvan happamuuden, liukoisen kuiva-ainepitoisuuden tai kuiva-ainepitoisuuden suhteen.

Titrautuva happamuus vaihteli välillä 0,65–1,00 % sitruunahappoa eri kasvualustoiden ja mittausajankohtien välillä (kuva 14). Kivennäislannoitetun kontrollikasvualustan tomaattien titrautuva happamuus oli kaikkein korkein. Se erosi tilastollisesti merkitsevästi kaikista luomukasvualustoissa viikoilla 22, ja se erosi kaikista paitsi Hatecin kasvialustasta viikolla 27. Viikolla 22 Kekkilän kasvialustan hedelmien titrautuva happamuus oli suurempi kuin Hateric, Novarbon ja jakojuuri laimea kasvialustojen. Kuitenkaan viikolla 27 Kekkilän kasvialusta ei eronnut merkitsevästi kuin kontrollikasvialustasta.



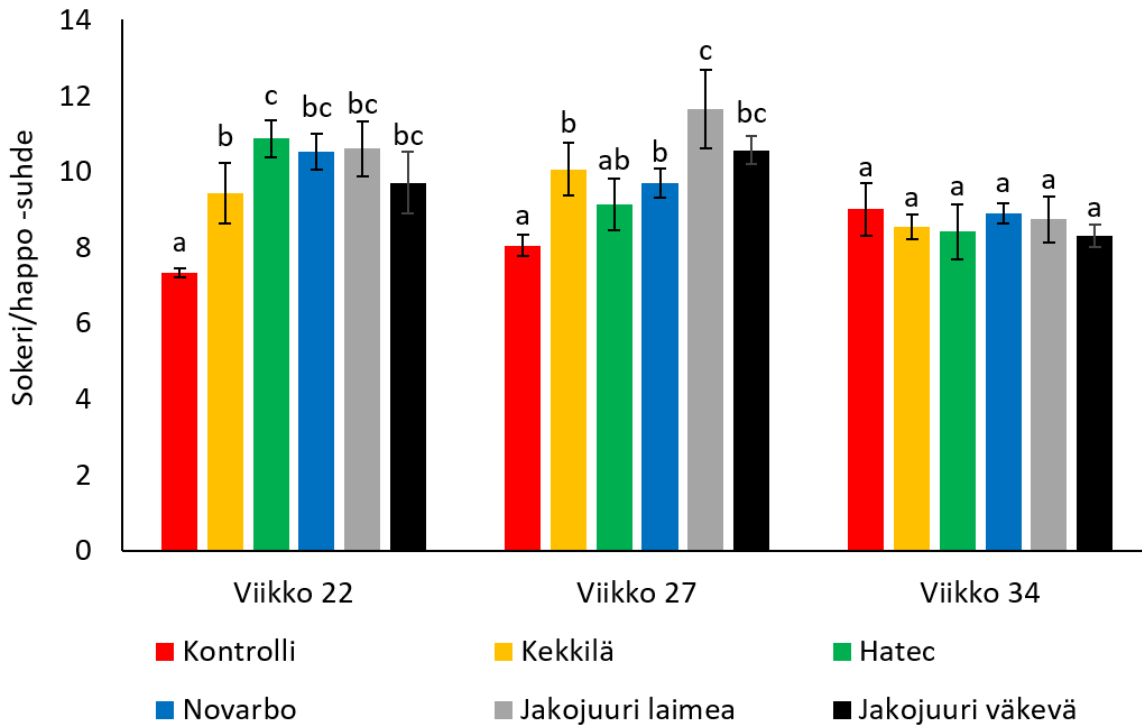
Kuva 14. Tomaattien titrautuva happamuus kolmena mittausajankohtana kalenteriviikoilla 22, 27 ja 34 eri kasvualustoissa. Arvot ovat keskiarvoja ($n = 4$). Pylväät kuvaavat keskihajontaa. Samalla kirjaimella samana mittausajankohtana merkittyjen käsittelyiden titrautuvat happamuudet eivät eronneet toisistaan tilastollisesti Tukeyn testin mukaan ($P < 0,05$).

Kasvualustoiden välillä ei ollut eroja hedelmien liukoisessa kuiva-ainepitoisuudessa (kuva 15). Hedelmien keruuajankohdalla oli merkitsevä vaikutus liukoisten kuiva-aineiden määrään ($P < 0,001$). Kaikkien kasvualustojen liukoisten kuiva-aineiden määrän keskiarvo oli viikolla 22 7,6 °Brix, viikolla 27 7,8 °Brix ja viikolla 34 6,3 °Brix.

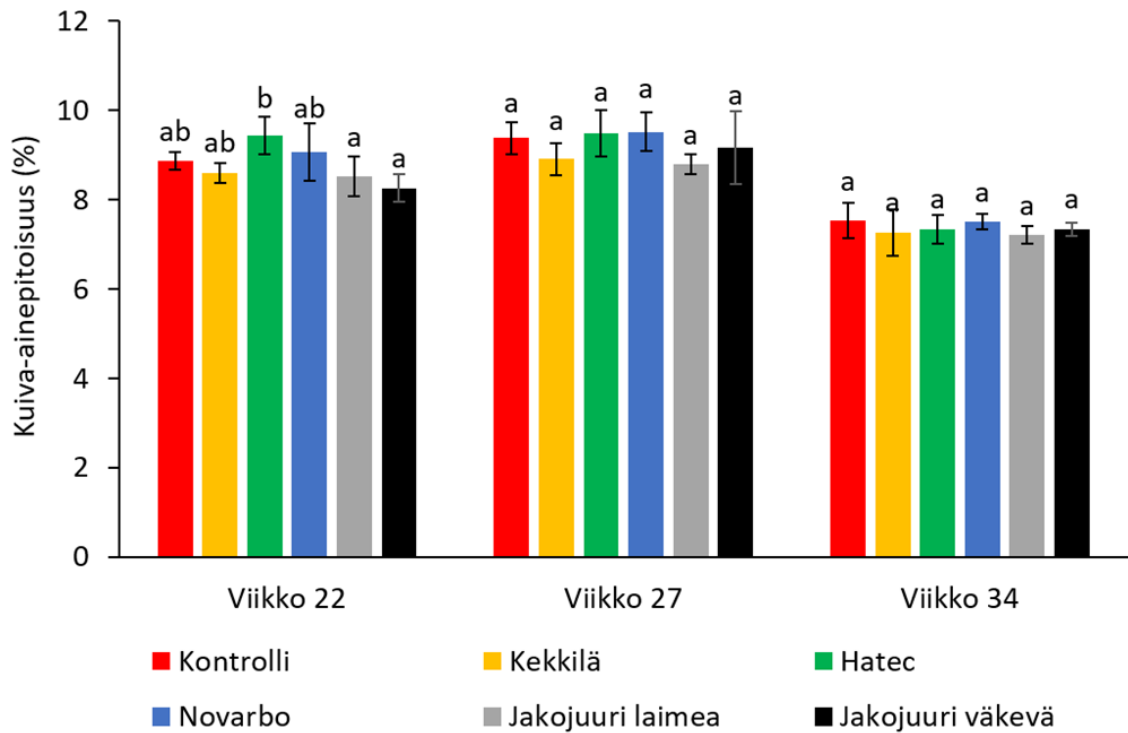


Kuva 15. Tomaattien hedelmien liukoinen kuiva-aineen määrä kolmena mittausajankohtana kalenteriviikoilla 22, 27 ja 34 eri kasvualustoissa. Arvot ovat keskiarvoja ($n = 4$). Pylväät kuvaavat keskihajontaa.

Kontrolli kasvualustan hedelmillä oli alhaisin sokeri/happo -suhde (kuva 16). Kasvualustojen sokeri/happo -suhteet vaihtelivat mittausajankohtien välillä. Kasvualustojen välillä hedelmien kuiva-aine pitoisuudessa oli eroja vain viikolla 22 kerätyissä hedelmissä (kuva 17). Hatecin kasvualustassa oli merkitsevä korkeampi kuiva-ainepitoisuus kuin Jakojuuri laimea ja Jakojuuri väkevä kasvualustoissa. Hedelmien keruuajankohdalla oli merkitsevä vaikutus kuiva-ainepitoisuuteen ($P < 0,001$). Kakkien kasvualustojen kuiva-ainepitoisuudet olivat keskimäärin 8,8 % viikolla 22, 7,4 % viikolla 27 ja 9,2 % viikolla 34.



Kuva 16. Tomaattien sokeri/happo -suhde kolmena mittausajankohtana kalenteriviikoilla 22, 27 ja 34 eri kasvualustoissa. Arvot ovat keskiarvoja ($n = 4$). Pylväät kuvaavat keskihajontaa. Samalla kirjaimella samana mittausajankohtana merkittyjen käsittelyiden sokeri/happo -suhteet eivät eronneet toisistaan tilastollisesti Tukeyn testin mukaan ($P < 0,05$).



Kuva 17. Tomaattien kuiva-ainepitoisuus kolmena mittausajankohtana kalenteriviikoilla 22, 27 ja 34 eri kasvualustoissa. Arvot ovat keskiarvoja ($n = 4$). Pylväät kuvaavat keskihajontaa. Samalla kirjaimella samana mittausajankohtana merkittyjen käsittelyiden kuiva-ainepitoisuudet eivät eronneet toisistaan tilastollisesti Tukeyn testin mukaan ($P < 0,05$).

7.5 Kasvualustojen ravinnepitoisuus kasvukauden lopussa

Luomukasvualustojen puristenesteen ravinnepitoisuudet olivat selvästi kontrollia alhaisempia (Taulukko 7). Kontrollin johtokyky oli kaksinkertainen luomualustoihin verrattuna. Luomualustoilla varsinkin kalsiumpitoisuudet olivat alhaisia. Kontrollin kalsiumpitoisuus oli melkein kymmenkertainen Kekkilän, Hatecin, Novarbon ja Jakojuuri väkevään verrattuna. Luomualustoissa oli selvästi korkeampi pH kuin kontrollissa.

Taulukko 7. Kasvualustan väkevältä puolelta kerätyn puristenesteen johtokyky, pH ja nitraatti-, kalium- ja kalsiumpitoisuudet. Arvot ovat keskiarvoja \pm keskihajonta ($n = 4$). Samalla kirjaimella merkittyjen käsittelyiden kuiva-tulokset eivät eronneet toisistaan tilastollisesti Tukeyn testin mukaan ($P < 0,05$).

Kasvualusta	Johtokyky (mS/cm)	pH	NO ₃ ⁻ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)
Kontrolli	3,5 \pm 0,2 a	6,3 \pm 0,1 a	400 \pm 14 a	493 \pm 54 a	143 \pm 15 a
Kekkilä	1,2 \pm 0,5 b	7,3 \pm 0,2 b	135 \pm 21 b	98 \pm 66 b	15 \pm 1 b
Hatec	1,4 \pm 0,7 b	7,4 \pm 0,3 b	113 \pm 31 b	170 \pm 112 b	16 \pm 4 b
Novarbo	1,3 \pm 0,4 b	7,2 \pm 0,4 b	167 \pm 41 b	220 \pm 62 b	9 \pm 2 b
Jakojuuri laimea	1,6 \pm 0,8 b	7,2 \pm 0,5 b	155 \pm 51 b	143 \pm 135 b	37 \pm 25 b
Jakojuuri väkevä	1,7 \pm 0,6 b	7,1 \pm 0,6 b	143 \pm 61 b	182 \pm 61 b	18 \pm 6 b
<i>P</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

7.6 Kasvualustan ja juurien visuaalinen tarkastelu

Hatecin kasvualustat tiivistyivät kokeen aikana enemmän kuin muut kasvualustat. Hatecin kasvualustan rakenne vaihteli kosteusolojen mukaan. Kastelutippujen kohdalla ja kasvualustan pohjalla oli paljon kosteutta, mutta kasvualustan reunat ja pinta olivat kuivia. Hatecin kasvialustoiden kuivat osat olivat kovia, mutta kosteat osat liejumaisia. Novarbon kasvialustojen pinta oli kuiva, vaikka kasvialustojen pohjalla oli runsaasti vettä. Kekkilän kasvialustoiden, jakojuurialustoiden ja kontrollikasvialustojen kosteus pysyi tasaisena kasvialustojen eri osien välillä.

Kontrollikasvialustassa juuria näkyi runsaammin kasvialustan reunoilla ja pohjassa kuin luomualustoissa. Kontrollikasvialustan juuret olivat tasaisesti levittäytyneet koko kasvialustan alueelle. Luomukasvialustoissa laimean ja väkevän puolen juuriston osat erosivat silminnähtävästi toisistaan. Laimealla puolella oli vähän pitkiä ja paksuja juuria

(Kuva 18). Laimean puolen reunoilla näkyi vain harvoja paksuja juuria. Väkevällä puolella juuria oli hieman runsaammin, ne olivat ohuempia ja niitä oli enemmän kasvualustan reunassa. Kaikkien luomualustojen juuret vaikuttivat keskenään visuaalisesti yhtä terveiltä.



Kuva 18. Kasvualustojen laimea puoli kokeen lopussa kasvualustojen muovien avaamisen jälkeen. Alarivi vasemmalta päin: Kontrolli, Kekkilä ja Jakojuuri väkevä. Ylärivi vasemmalta päin: Hatec, Jakojuuri väkevä, Novarbo, Jakojuuri laimea ja Kekkilä.

8 TULOSTEN TARKASTELU

8.1 Sato

Suurin osa luomukasvualustoista tuotti saman verran satoa kappale- ja kilomääräisesti kuin kivennäislannoitettu kontrolli. Vain Hatecin kasvualusta tuotti pienemmän sadon kuin kontrolli. Satoindeksissä ei ollut eroja kasvualustojen välillä. Sadon määrä vaihteli viikoittain runsaasti. Satokauden lopulla sato aleni kaikilla koejäsenillä todennäköisesti valonpuutteen vuoksi. Kasvihuoneessa ei käytetty ollenkaan lisävalaistusta eikä auringon valon määrä pystynyt tukemaan yhtä rehevää kasvua kuin aikaisemmin kesällä.

Viikoilla 35 ja 36 kaikkien kasvualustojen hedelmien paino pieneni. Hedelmän koon pieneneminen liittyi heinäkuun viimeisten viikkojen ja elokuun alun hellejaksoon, joka

oli pahimmillaan viikkojen 29–31 aikana. Kokeen aikana tomaatit kehittyivät kukasta kypsäksi hedelmäksi noin 5–6 viikossa, jolloin viikoilla 35 ja 36 kerätyt hedelmät olivat kukkimassa ja kriittisessä solunjakautumisvaiheessa pahimman helteen aikaan. Helle näkyi kaikissa kasvualustoissa samankaltaisena sadon ja hedelmänkoon pienenemisenä.

Hedelmien laatu oli yleisesti kaikilla kasvualustoilla hyvä. Kauppakelvottomia ja toisen laatuluokan hedelmiä tuli vähän kaikilla kasvualustoilla. Hedelmien laatu oli kontrollialustalla huonompi kuin luomukasvualustoilla. Huomattavaa on, että kontrolli tuotti enemmän kauppakelvottomia hedelmiä kuin Jakojuuri laimea, vaikka kasvualustoiden kokonaissadot olivat yhtä suuria. Suurin syy hedelmän luokittelemiseksi kauppakelvottomaksi oli kypsän hedelmän halkeaminen kannasta pituussuunnassa kukkapohjukseen päin. Kontrollikasvualustan hedelmät olivat alttiimpia hedelmän halkeamiselle. Hedelmiin syntyy halkeamia, kun kypsä hedelmä laajenee liian nopeasti lisääntyneen veden ja siihen liuenneiden aineiden kuljetuksen seurauksena (Saltveit 2005).

Usein luomutuotantoa luonnehtivat alhaiset satotasot. Keskimäärin luonnonmukaisen tuotannon satotasojen on arvioitu olevan 25 % pienemmät kuin tavanomaisten tuotannon (Seufert ym. 2012). Satotasot ovat kuitenkin hyvinkin paljon kasvi- ja tuotantotapakohtaisia (Seufert ym. 2012). Tässä tutkimuksessa saatiin luomu- ja tavanomaisella tuotantotavalla tilastollisesti yhtä suuret sadot. Kasvihuonetomaatin tuotannossa luonnonmukaisilla tuotantomenetelmillä ollaan saatu myös aikaisemmin tavanomaisten tuotannon kanssa vertailukelpoisia satotasoja useissa tutkimuksissa, jotka hyödyntävät erilaisia kasvualustaan lisättäviä eloperäisiä lannoitteita ja komposteja (Rippy ym. 2004, Surrage ym. 2010, Guajardo-Rios ym. 2018). Useissa kokeissa luonnonmukaisilla menetelmillä on saatu myös huomattavasti heikompia satoja tavanomaiseen verrattuna (Peet ym. 2004, Kaya ym. 2008, Papadopoulos ym. 2011). Kaikissa edellä mainituissa tutkimuksissa suurin osa ravinteista tuli jatkuvana nestemäisenä lisäyksenä toisin kuin tässä tutkimuksessa. Rajoitettujen kasvualustojen käyttöä luonnonmukaisessa tuotannossa, jossa hyödynnetään pääasiassa kiinteitä ravinnepanoksia, ei ole tutkittu paljoa.

8.2 Vegetatiivinen kasvu

Hatecin ja Novarbon kasvualustat tuottivat pienimmän vegetatiivisen biomassan. Lehtien, kukkaterttujen tai varsien pituuksissa ei ollut eroja kasvualustojen välillä. Kontrollin juuristo näytti runsaammalta ja terveemmältä luomukasvualustoihin verrattuna. Kontrollin kasvualustan tilavuus oli kuitenkin selvästi muita kasvualustoja pienempi, minkä takia juuristo oli pakkautunut pienemmälle alueelle.

Luomualustojen lehtien ravinnepitoisuudet olivat pääasiassa melko samaa luokkaa kontrollin kanssa. Suurimmat erot olivat viikolla 22 jolloin Hatecin, Novarbon ja Jakojuuri laimean lehdissä oli huomattavan alhaiset typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet. Alkukasvukaudesta osa lannoitteiden sisältämistä ravinteista ei ole ollut kasvien käytettävissä. Kasvukauden aikana lannoitteiden sisältämät ravinteet vapautuvat hiljalleen kasvien käyttöön. Tätä tukee Jakojuuri laimean lehtien ravinnemittaukset, joiden mukaan kasveilla oli viikolla 22 pulaa makroravinteista, mutta viikolla 27 ravinnepitoisuudet ovat kohonneet kontrollin kanssa samalle tasolle. Jakojuurialustoja lisälannoitettiin ensimmäistä kertaa vasta viikon 27 lehtianalyysinäytteen oton jälkeen. Jakojuuri väkevässä sen sijaan oli koko kokeen ajan kontrollin kaltaiset typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet. Viikolla 22 Jakojuuri väkevässä oli yli kolminkertainen määrä fosforia ja yli tuplasti kaliumia Jakojuuri laimeaan nähden.

Luomualustojen kasvinäytteiden typpipitoisuus oli korkeimmillaan kasvukauden keskivaiheilla otetuissa näytteissä viikolla 27, jolloin kaikkien muiden paitsi Novarbo kasvualustan typpipitoisuus oli hieman yli viitearvojen. Vastaaviin tuloksiin päätyi Ripppy ym. (2004) eloperäisiä kasvualustoja ja lannoitteita hyödyntävässä kokeessa. He arvelivat, että kasvukauden keskivaiheilla nitrifikaatioon pystyvät bakteerit ovat muuttaneet ammonium typpeä (NH_4^+), jota on tyypillisesti paljon eloperäisissä lannoitteissa kasvien helpommin hyödynnettäväksi nitraatiksi (NO_3^-). Lehtinäytteiden ravinnemittausten typpipitoisuutta tukevat klorofyllimittaukset, joiden mukaan lehtien klorofyllipitoisuus oli suurimmillaan kasvukauden keskivaiheilla. Kasvien klorofyllipitoisuus laski tasaisesti viikosta 31 alkaen. Klorofyllipitoisuuden laskun taustalla on todennäköisesti auringonvalon määrän väheneminen syksyä kohti.

Kalsiumin viitearvot lehdissä ovat eri lähteiden mukaan 10–15 g/kg (Viljavuuspalvelu 1998, Seppälä 2012). Viikoilla 27 ja 34 melkein kaikkien luomukasvualustojen lehtinäytteiden kalsiumpitoisuudet olivat alle 15 g/kg. Kalsiumin puute hedelmissä aiheuttaa latvamätää. Latvamätää esiintyi kuitenkin ylipäättänsä vähän. Kirsikkatomaatit eivät ole pienen kokonsa vuoksi kovin alttiita lavamädälle (Adams ja Ho 1995). Tavallisia tomaatteja viljellessä latvamätäisten tomaattien osuus kaikilla kasvualustoilla olisi luultavasti noussut.

Tavanomaisessa viljelyssä on havaittu, että matalan johtokyvyn ravinneliuoksessa kasvaneiden kasvien lehdissä on enemmän kalsiumia ja vähemmän fosforia ja typpeä kuin optimaalisissa ravinnetiloissa (Sonneveld ja Voogt 2009, s.168). Tämä näkyi myös meidän tutkimuksessamme. Viikolla 22 Hatecin kasvualustan kasveissa oli kaikkien alhaisimmat typpi ja fosforipitoisuudet sekä korkein kalsiumin pitoisuus, joka oli hieman yleisiä tomaatin viitearvoja korkeampi. Hatecin kasvualustaa oltiin lannoitettu pari viikkoa ennen lehtinäytteiden ottoa heikon johtokyvyn takia, mutta luultavasti se ei ollut vielä kerennyt heijastua näytteisiin kerättyihin lehtiin. Jakojuuri väkevän lehtinäytteissä oli sen sijaan koko kokeen ajan runsaasti fosforia, mutta kalsiumin määrä oli viitearvojen alapäässä.

8.3 Kasvualustan rakenteen vaikutus ravinteiden saattavuuteen

Kasvualustan ominaisuuksilla on vaikutusta lannoitteiden vapautumiseen kasveille käytettävään muotoon. Gravelin ym. (2011) tutkimuksessa todettiin, että rakenteeltaan erilaisilla kasvualustoilla biologinen aktiivisuus on erilainen, mikä voi johtaa lannoitteiden erilaisiin mineralisoitumisnopeuksiin ja täten lannoitteen sisältämien ravinteiden käytettävyyteen kasveille.

Meidän tutkimuksessa ei mitattu kasvualustan biologista aktiivisuutta, mutta kasvualustan rakenteella oli vaikutus lannoituksen onnistumiseen ainakin Hatecin kasvualustan tapauksessa. Ensimmäistä kertaa viikolla 19 Hatecin kasvualustaa

lannoittaessa sen väkevän puolen johtokyky nousi nopeasti noin 8 mS/cm:lle asti. Kuitenkin viikon 27 lannoituksen jälkeen johtokyky ei noussut samaa tahtia muiden luomukasvualustojen kanssa. Kasvualustoista oli tullut kasvukauden aikana kovia, minkä takia lannoitetta ei pystytty laittamaan kasvualustan sisään kuten muille kasvualustoille tehtiin. Lannoitteen ollessa kasvualustan päällä se ei pysty liukenemaan tarpeeksi hyvin ilman riittävää kosteutta. Vaikka kasvualustat olivat pohjasta usein jopa liian märkiä, kasvualustan pinta-osat ja reunat olivat liian kuivia luultavasti johtuen huonoista kapillaarisista ominaisuuksista. Kasvualustan huono rakenne oli todennäköisesti suurimpia syitä Hatecin kasvualustojen huonompaan sadontuottoon.

Novarbon kasvualustan kanssa oli myös ongelmia lannoitteen liukenemisen suhteen, sillä viikon 20 lannoituksen jälkeen väkevän puolen johtokyky ei lähtenyt nousemaan eikä viikon 27 lannoituksen jälkeen johtokyky noussut yhtä paljon kuin muilla kasvualustoilla. Novarbon kasvualustassa vesi ei noussut kapillaarisesti kasvualustan ylempiin kerroksiin, minkä takia lannoiterakeet eivät päässeet liukenemaan kunnolla. Novarbon kasvualustassa vesitippuja jouduttiin siirtämään ensin lannoitepanosten lähelle ja myöhemmin suoraan lannoitepanosten päälle, jotta ne alkaisivat liukenemaan kunnolla.

8.4 Kasvualustojen ravinnepitoisuuksien muutokset

Kekkilän kasvualustassa ja jakokuurialustoissa väkevän puolen johtokyky pysyi kauemmin korkeana kuin Novarbon kasvualustassa, vaikka Novarbon kasvualustaan laitettiin melkein kaksinkertainen määrä lannoitetta Kekkilän kasvualustaan verrattuna ja 1,4 litraa enemmän lannoitetta kuin Jakokuuri laimeaan. Kuitenkin näissä kasvualustoissa lannoitteen määrä suhteutettuna kasvualustan tilavuuteen oli sama (0,6 dl/litra kasvualustaa). Sen lisäksi huomionarvoista on, että Novarbon kasvualustalla käytettiin eri lannoitetta kuin muissa kasvualustoissa. Novarbon kasvualusta-lannoite - yhdistelmä tässä tilanteessa suoriutui heikommin, sillä viljelijän kannalta useammin lisälannoittaminen heikon johtokyvyn takia tuottaa lisäkustannuksia.

Laimean puolen johtokyky pysyi melko tasaisena kaikilla luomukasvualustoilla viikosta 18 alkaen, mikä viittaa siihen, etteivät kasvit ottaneet laimealta puolelta suuria määriä ravinteita, sillä laimealla puolelle ei annettu ollenkaan ravinteita kasvin istutuksen jälkeen. Havainto laimean puolen johtokyvyn muutoksista on yhtäläinen aikaisemman jakokuorialustatutkimuksen kanssa, jossa on todettu tomaattien ottavan ravinteita pääasiassa ravinnerikkaalta kasvualustan alueelta (Sonneveld ja Voogt 1990). Kun jotkut juuriston osat eivät saa alhaisen ravinteiden saatavuuden vuoksi tarpeeksi ravinteita, muut juuriston osat pystyvät kompensoimaan (Sonneveld ja Voogt 1990).

Ainoat erot kokeessa olleissa jakokuorialustoissa oli, että Jakojuuri väkevään annettiin yksi kolmasosa enemmän lannoitetta kuin Jakojuuri laimeaan. Eri määrä lannoitetta ei kuitenkaan aiheuttanut eroja sadon määrään, laatuun tai vegetatiivisen biomassan tuottoon. Vastaavia tuloksia on aiemmin saatu jakokuurikokeista kivivillalla ja kivennäislannoituksessa (Tabatabaei ym. 2004). Yhtä suuri ja laadukas sato saatiin aikaan lannoiteluoksen johtokyvyllä 4,5 ja 6,0 mS/cm kun juuriston toista puolta kasteltiin pelkällä vedellä. Jakokuorialustojen samankaltaisesta suorituskyvystä voidaan kuitenkin päätellä, että sadontuotannon kannalta jakokuorialustoilla viljellessä viljelijän ei tarvitse olla kovinkaan tarkka väkevän puolen johtokyvyn kanssa, kunhan kasvualustassa on tarpeeksi kasville käyttökelpoisia ravinteita.

Vaikka Kekkilän, Hatecin ja Novarobon kasvualustoilla ajateltiin tässä tutkimuksessa olevan laimea ja väkevä puoli, kasvualustoissa ei ollut rajoja laimean ja väkevän puolen välillä. Kasvualustoissa oli ravinnegradientti väkevän puolen reunasta, sieltä mihin lannoitepanokset asetettiin, laimealle puolelle päin. Kasvualustan johtokyky vaihteli siis merkittävästi riippuen siitä, mistä kohtaa sitä mittasi. Pääosa ravinteista oli aivan väkevän puolen reunassa, josta lannoitteen liuetessa, ravinteet liikkuvat keskeemmälle kasvualustaa. Kekkilän, Hatecin ja Novarobon kasvualustojen kohdalla väkevältä puolelta on saattanut diffundoitua ravinteita laimealle puolelle. Ravinteiden diffuusiota puolelta toiselle ei luultavasti ole tapahtunut merkittävästi, sillä jakokuorialustojen laimean puolen johtokyky laskee samaa tahtia muiden luomukasvualustojen kanssa. Jakokuorialustoissa ravinteiden diffuusio puolelta toiselle oli mahdotonta.

Kasvukauden lopulla luomukasvualustojen ravinnepitoisuudet olivat hyvin alhaiset verrattuna kontrolliin. Varsinkin kalsiumpitoisuudet olivat liian matalia kaikissa luomukasvualustoissa. Luomukasvualustojen kalsiumpitoisuudet olivat 9–37 mg/l välillä kokeen loputtua. Kalsiumpitoisuuden ohjearvo on 100–400 mg/l (Viljavuuspalvelu 1998). Puristenesteen johtokyvyt olivat 1,2–1,7 mS/cm välillä kaikissa luomukasvualustoissa. Suositusten mukaan johtokyky ei saisi olla alle 2 mS/cm (Viljavuuspalvelu 1998). Huomionarvoista on, että puristenestenäytteet otettiin pelkästään kasvualustan väkevältä puolelta. Oletettavasti laimealla puolella johtokyvyt ja ravinnepitoisuudet olivat vielä alhaisempia. Kasvukauden lopun heikosta ravinnetilasta huolimatta luomukasvualustat tuottivat kontrollin kanssa yhtäläisen sadon. Loppukasvukaudesta valon määrä rajoitti tomaattien sadon tuottoa. Jos kasvihuoneessa olisi käytetty lisävalaistusta ja kasvukautta olisi jatkettu pidemmälle syksyyn, luomukasvualustat eivät luultavasti olisi pystyneet tuottamaan loppukasvukaudesta yhtä hyvää satoa kuin kontrolli huonosta ravinnetilasta johtuen, ellei luomukasvualustoja oltaisi lisälannoitettu uudestaan.

Tutkimuksen lopussa kontrollikasvualustan pH oli 6,3, joka on paljon alhaisempi kuin luomukasvualustoilla. Luomukasvualustojen puristenesteen pH oli keskimäärin 7,1 – 7,4. Viljavuuspalvelun (1998) ohjearvo tomaatin kasvualustan puristenesteen pH arvolle on 5 – 6,5. Myös muissa tutkimuksissa eloperäisesti lannoitettujen kasvualustojen pH:n on huomattu nousevan (Peet ym. 2004, Gravel ym. 2010). Tässä tutkimuksessa korkean pH ei kuitenkaan vaikuttanut haittaavan tomaatin kasvua.

8.5 Kiinteiden ravinteiden käyttö rajoitetuissa kasvualustoissa

Kasvualustaan lisättyjen kiinteiden ravinnepanosten laatu ja ravinnesisältö on tärkeä huomioida lannoitusta suunniteltaessa. Jiangin ym. (2003) tekemässä kiinteitä ravinnepanoksia käyttävässä neljän kuukauden pituisessa kasvihuonekokeessa seurattiin turve-vermikuliitti seoksen pH:n ja johtokyvyn vaihtelua. Kasvualustan johtokyky pysyi optimaalisena, kun kiinteää kananlantaa lisättiin kasvualustan pintaan kymmenen päivän välein. Lannoituksen keskeytyessä kasvualustan johtokyky kuitenkin

pieneni nopeasti. Ennen lannoituksen lopettamista johtokyky oli 2,52 mS/cm ja 20 päivää lannoituksen lopettamisen jälkeen johtokyky oli tipahtanut 1,63 mS/cm:llä. Zhain ym. (2009) tekemässä tutkimuksessa huomattiin, että vaikka kasvualustaan lisättiin jopa 40 % kompostoitua sianlantaa, kasvualustaan lisätty komposti ei ollut riittävä tukemaan tomaattien kasvua kolmen kuukauden tutkimusaikana. Meidän tutkimuksessamme Kekkilän kasvualustaan ja jakokuuri kasvualustoihin lisättiin ensimmäistä kertaa lannoitusta viikolla 26 ja 27, jolloin niiden satotasot olivat kontrollin kanssa samanlaisia. Osa luomualustoista selvisi siis neljä kuukautta vain kasvualustan peruslannoituksella sekä kokeen alussa lisätyllä siipikarjanlantalannoitteella. Jiangin ym. (2003) ja Zhain ym. (2009) tutkimuksissa käytettiin vain 15 ja 16 litraisia astioita tomaatin taimille. Tässä tutkimuksessa Kekkilän kasvualustoilla oli 20 ja jakokuurialustoissa 25 litraa kasvualustaa yhdelle kasville.

Toisin kuin meidän tutkimuksessa Jiangin ym. (2003) ja Zhain ym. (2009) tutkimuksissa lannoitteet sekoitettiin tasaisesti kasvualustaan. Lannoitteiden keskittäminen tiettyihin kasvualustan kohtiin on saattanut olla edullista sekä kasvin kasvun, että lannoitteen hyödyntämisen suhteen. Koska tomaatit pärjäsivät hyvin neljä kuukautta pelkällä kokeen alussa asetetuilla ravinnepanoksilla, herää kysymys olisiko mahdollista asettaa kasvualustaan tarpeeksi ravinteita riittämään koko kasvukaudeksi ilman negatiivisia vaikutuksia tomaatin kasvuun. Viljelijän kannalta olisi helppoa, jos kasvukauden aikana ei tarvitsisi huolehtia lannoituksesta ollenkaan. Aikaisemmassa Suomessa tehdyssä luomukasvihuonetomaattikokeessa pyrittiin laittamaan kaikki kasvin tarvitsemat ravinteet kasvualustaan jo ennen istutusta (Salminen 1998). Vaikka lannoitteiden määrä oli mitoitettu riittämään koko kasvukaudelle, kesken kasvukauden tehdystä lisälannoituksesta oli hyötyä. Kasvit, joita ei oltu lisälannoitettu tuottivat loppukaudesta heikomman sadon (Salminen 1998).

Kasvualustaa suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon sen lannoitusmahdollisuudet. Tässä kokeessa olevien kasvualustojen lisälannoituksessa oli haastavaa saada lannoitteet mahtumaan kasvualustan sisään. Kasvualustoista piti kaivaa kasvualustamateriaalia hieman pois ennen kuin lannoiterakeet mahtuivat sisään. Lisälannoituksen käytännön toteutukseen tulisi kiinnittää huomiota uusia lannoitus- ja kasvualustaratkaisuja

kehittäessä.

8.6 Tomaattien sisäinen laatu

Tässä kokeessa liukoisten kuiva-aineiden pitoisuudessa ei ollut eroja eri kasvualustojen välillä. Tuloksia tukee aikaisemmat kasvihuonekokeet tomaatilla, joissa eloperäinen lannoitus ei vaikuttanut liukoisiin kuiva-aineisiin (Toor ym. 2006, Guajardo-Rios ym. 2018). Luonnonmukaisen kasviraivituksen vaikutusta on tutkittu prosessointiin tarkoitetuilla peltoviljelyillä tomaateilla. Useissa tutkimuksissa peltoviljelyn tomaatin liukoisten kuiva-aineiden määrä kasvoi luonnonmukaisessa tuotantotavassa tavanomaiseen tuotantoon verrattuna (Chassy ym. 2006, Barrett ym. 2007, Pieper ja Barrett 2009, Bilalis ym. 2018).

Mittausajankohta kuitenkin vaikutti merkittävästi liukoisiin kuiva-aineisiin. Viikolla 27 liukoisten kuiva-aineiden määrä oli 7,8 °Brix ja viikolla 34 6,3 °Brix. Liukoisten kuiva-aineiden määrään vaikuttaa vahvasti lämpötila ja säteilyn määrä hedelmän kehittymisen ja kypsymisen aikana (Beckles 2012), mikä selittää miksi suurimmat liukoisten kuiva-aineiden määrät saatiin keskimmaisella mittauskerralla, jota edelsi valoisa ja lämmin ajanjakso.

Kasvualusta vaikutti tomaatin titrautuvien happojen määrään. Kontrollissa oli selkeästi kaikkein suurin happamuus. Kontrollin titrautuva happamuus oli viikolla 22 1,0 % sitruunahappoa, kun luomualustoilla se vaihteli 0,85–0,70 % välillä. Aikaisemmassa kasvihuonekokeessa eloperäinen lannoitus ei vaikuttanut merkittävästi titrautuviin happoihin (Toor ym. 2006). Peltokokeissa titrautuvien happojen määrässä on saatu ristiriitaisia tuloksia. Osassa kokeista eloperäinen lannoitus on nostanut niiden määrää (Barrett ym. 2007, Bilalis ym. 2018), mutta myös päinvastaisia tuloksia on raportoitu (Hallmann 2012).

Happojen määrään vaikutti mittausajankohta. Viimeisenä mittauskertana ei ollut ollenkaan eroja, mutta alkukasvukaudesta erot olivat suuria luomualustojen ja kontrollin

välillä. Hedelmien happamuus on yhteydessä kasvin kaliumin määrään (Adams ja Ho 1995). Kontrollissa oli viikoilla 22 ja 27 suurimmat kalium pitoisuudet lehdissä sekä suurin titrautuvien happojen määrä hedelmissä. Viikolla 34, kun kasvualustojen välillä ei ollut eroja titrautuvien happojen määrässä, lehtien kaliumpitoisuudetkin olivat tasaisia.

Jakojuurialustojen välillä ei ollut eroja titrautuvien happojen määrässä, mikä on yhtenäinen Tabatabaei ym. (2004) tuloksen kanssa, jossa jakojuuriviljelyn väkevän puolen johtokyvyn nosto ei suurentanut titrautuvien happojen määrää. Tässä kokeessa ei ollut mukana luomukasvualustaa, jonka johtokyky olisi ollut tasainen koko kasvualustan alueella, joten epätasaisen johtokyvyn vaikutusta ei pysty arvioimaan.

Happojen määrä vaikuttaa hedelmän koettuun makeuteen. Sokerien ja happojen suhdetta käytetään yleisesti kuvaamaan hedelmän makua (Beckles 2012). Yleisesti tomaatit, joilla on korkea sokeri/happo -suhde, mielletään hyvän makuisiksi. Kontrollissa oli alhaisin sokeri/happo -suhde, mikä viittaa siihen, että luomukasvualustoilla tuli paremman makuisia hedelmiä. Hedelmän makuun vaikuttaa kuitenkin happojen ja sokerin lisäksi myös mm. eri aromaattisten yhdisteiden määrä, joten hedelmän miellyttävyyttä kuluttajille ei voida arvioida pelkästään sokerien ja happojen määrää tarkistelemalla (Beckles 2012).

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kasvihuonetomaatin tuotannossa luomumenetelmin voidaan päästä yhtäläisiin satoihin tavanomaisen tuotannon kanssa. Vain yksi tarkastelluista luomukasvualustoista tuotti pienemmän sadon kuin tavanomainen kasvualusta. Luomukasvualustojen välillä oli kuitenkin eroja sadon ja vegetatiivisen kasvun osalta. Kasvualustan rakenteella on iso vaikutus lannoitteiden käytettävyyteen kasveille ja kasvien kasvuun ylipäättänsä. Pienimän sadon ja vegetatiivisen kasvun tuottivat Hatecin ja Novarbon kasvualustat, joiden rakenne ei tukenut lisättyjen ravinnepanosten liukenemista ja mineralisoitumista kasveille helposti käytettävään muotoon.

Lannoitteiden sijoittaminen paakuksi toiselle puolelle kasvualustaa on toimiva lannoituskäytäntö. Luomukasvualustojen väkevillä puolilla johtokyky oli ajoittain hyvinkin korkea, mutta se ei heikentänyt tomaatin kasvua. Kiinteiden lannoitteiden sijoittaminen vain osaan kasvualustasta vähentää liiallisen lannoituksen riskejä, sillä kasvualustassa on osa, josta kasvit voivat ottaa vapaasti vettä. Sijoittamalla lannoitus osaan kasvualustaa lannoitusta voidaan laittaa kerralla enemmän ja lannoituskertoja voidaan vähentää, mikä säästää työvoimakuluja.

Luomukasvualustojen hedelmien laatu oli parempi kuin tavanomaisilla kasvualustoilla. Luomualustoissa tuli vähemmän kauppakelvottomia hedelmiä ja luomukasvualustoissa oli viitteitä kauppakelpoisten hedelmien paremmasta mausta. Tavanomaisessa kasvualustassa oli suurempi titrautuvien happojen pitoisuus. Suuri titrautuvien happojen pitoisuus on yleisesti hyvän tomaatin merkki, jos tomaatissa on myös paljon sokereita. Suuri määrä titrautuvia happoja teki kontrollin hedelmien sokeri/happo -suhteesta alhaisemman kuin luomualustoilla. Hedelmät, joissa on korkea sokeri/happo -suhde koetaan usein parhaimman makuisiksi.

Tomaatin pitkän satokauden aikana tulisi kiinnittää huomiota kasvualustan ravinnepitoisuuksiin ja lisätä lannoitusta tarvittaessa. Vaikka jatkossa rajoitettujen kasvualustoiden käyttö kiellettäisiin luomutuotannossa, luomukasvualustoja ja ravinteita voitaisiin käyttää myös pienimuotoisessa tavanomaisessa tuotannossa. Luomukasvualustojen etuna olisi matalamman teknologiatason tarve yhdistettynä tavanomaisen tuotannon satotasoihin sekä potentiaalisesti paremman makuisiin tomaatteihin.

10 KIITOKSET

Kiitokset Maiju ja Yrjö Rikalan Puutarhasäätiölle ja muille ”Luomuvihannesten ammattimaisen kasvihuonetuotannon ja arvoketjun tuottajalta kuluttajalle edistäminen” -hankkeen rahoittajille. Kiitokset myös ohjaajilleni Liisa Särkälle ja Pauliina Paloselle. Haluan myös kiittää Luonnonvarakeskus Piikkiön henkilökuntaa kaikesta

kesän aikaisesta avusta ja opastuksesta.

11 LÄHTEET

- Adams, P. & Ho, L. 1995. Uptake and distribution of nutrients in relation to tomato fruit quality. *Acta Horticulturae* 412: 374-387.
- Auerswald, H., Schwarz, D., Kornelson, C., Krumbein, A. & Bruckner, B. 1999. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. *Scientia Horticulturae* 82: 227-242.
- Barrett, D. M., Weakley, C., Diaz, J. V. & Watnik, M. 2007. Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production systems. *Journal of Food Science* 72: C441-C451.
- Barrett, G. E., Alexander, P. D., Robinson, J. S. & Bragg, N. C. 2016. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review. *Scientia Horticulturae* 212: 220-234
- Bazihizina, N., Barrett-Lennard, E. G. & Colmer, T. D. 2012. Plant growth and physiology under heterogeneous salinity. *Plant and Soil* 354: 1-19.
- Beckles, D. M. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 63: 129-140.
- Bilalis, D., Krokida, M., Roussis, I., Papastylianou, P., Travlos, I., Cheimona, N. & Dede, A. 2018. Effects of organic and inorganic fertilization on yield and quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Folia Horticulturae* 30: 321-332.
- Chassy, A. W., Bui, L., Renaud, E. N., Van Horn, M. & Mitchell, A. E. 2006. Three-year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 8244-8252.
- EU asetus 2018. Euroopan Parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2018/848, luonnonmukaisesta tuotannosta ja luonnonmukaisesti tuotettujen tuotteiden merkinnöistä ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 834/2007 kumoamisesta. Asetus no

- 2018/848. Annettu 30.5.2018 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0848> Julkaistu 14.6.2018. Viitattu 25.3.2019
- EU asetus 2011. Komission täytäntöönpanoasetus (EU) N:o 543/2011, neuvoston asetuksen (EY) N:o 1234/2007 soveltamista koskevista yksityiskohtaisista säännöistä hedelmä- ja vihannesalan sekä hedelmä- ja vihannesjalostealan osalta. Asetus no 543/2011. Annettu 7.6.2011 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0543&from=EN> Julkaistu 29.1.2012. Viitattu 25.3.2019.
- Evira. 2018. Luonnonmukainen tuotanto: 1 Yleiset ja kasvintuotannon ehdot. Eviran ohje 18219/7. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/luomun-lomakkeet/luomutuotannon-ohjeet/eviran_ohje_18219_7_fi_050718.pdf Viitattu 20.2.2019
- Gravel, V., Ménard, C. & Dorais, M. 2010. Organic greenhouse tomato production in raised bed containers: a two year study. *Acta Horticulturae* 915: 69-74.
- Gravel, V., Ménard, C., Dorais, M. & Pepin, S. 2011. Greenhouse tomato plant development under organic Growing conditions: a case study of six organic soils. *Acta Horticulturae* 915: 83-89.
- Guajardo-Rios, O., Javier Lozano-Cavazos, C., Alonso Valdez-Aguilar, L., Benavides-Mendoza, A., Ibarra-Jimenez, L., Alberto Ascacio-Valdes, J. & Noe Aguilar-Gonzalez, C. 2018. Animal-based organic nutrition can substitute inorganic fertigation in soilless-grown grape tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 68: 77-85.
- Hallmann, E. 2012. The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 2840-2848.
- Jiang, W. J., Liu, W., Yu, H. J., & Zhu, D. W. 2003. Dynamic change of pH and EC value in substrate culture using directly solid fertilizers instead of nutrient solution. *Acta Horticulturae* 609: 453-458.
- Jokinen, K., Särkkä, L. E., Näkkilä, J. & Tahvonen, R. 2011. Split root fertigation enhances cucumber yield in both an open and a semi-closed greenhouse. *Scientia Horticulturae* 130: 808-814.

- Kallinen, A., Salmenhaara, M. ja Saarnivaara, P. 2017 Luomun kuluttajabarometri 2017. <https://proluomu.fi/wp-content/uploads/sites/11/2018/03/luomun-kuluttajabarometri-2017.pdf> Julkaistu 23.10.2017. Viitattu 22.4.2019.
- Karhula, T. 2012. Jakojuuriviljelyn vaikutus kasvihuonetomaatin satoon ja sadon laatuun. Puutarhatieteen maisterintutkielma. Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos. 53 s.
- Kaya, S., Caturano, E., Tuzel, Y., Okur, N. & Leonardi, C. 2008. Response of tomato plants to organic nutrition in soilless culture. *Journal of Food Agriculture & Environment* 6: 303-305.
- Luonnonvarakeskus. Tilastotietokanta. http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_04%20Tuotanto_20%20Puutarhatilastot/?tablelist=true&rxid=11264c83-2e53-4121-91e2-87ee9cca3ae3. Viitattu 19.2.2019
- Mulholland, B., Fussell, M., Edmondson, R., Taylor, A., Basham, J., McKee, J. & Parsons, N. 2002. The effect of split-root salinity stress on tomato leaf expansion, fruit yield and quality. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 77: 509-519.
- Papadopoulos, A. P., Madhiyazhagan, R., Hao, X., Khosla, S., Ehret, D. L. & Lin, W. C. 2011. Integrated systems for the production of organic greenhouse tomatoes. *Acta Horticulturae* 893: 1201-1208.
- Peet, M., Rippy, J., Nelson, P. & Catignani, G. 2004. Organic production of greenhouse tomatoes utilizing the bag system and soluble organic fertilizers. *Acta Horticulturae* 659: 707-719.
- Pieper, J. R. & Barrett, D. M. 2009. Effects of organic and conventional production systems on quality and nutritional parameters of processing tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 177-194.
- Rippy, J., Peet, M., Louws, F., Nelson, P., Orr, D. & Sorensen, K. 2004. Plant development and harvest yields of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *HortScience* 39: 223-229.
- Robinson, D. 1994. The Responses of Plants to Nonuniform Supplies of Nutrients. *New Phytologist* 127: 635-674.
- Rodriguez, F., Pedreschi, R., Fuentealba, C., de Kartzow, A., Olaeta, J. A. & Alvaro, J. E. 2019. The increase in electrical conductivity of nutrient solution enhances

- compositional and sensory properties of tomato fruit cv. Patron. *Scientia Horticulturae* 244: 388-398.
- Salminen, M. 1998. Luonnonmukaisen viljelytekniikan kehittäminen: Kenttäkokeet 1996. Maatalouden tutkimuskeskus. Julkaisusarja B: 17.
- Seppälä, J. 2012. Puristeneste- ja lehtianalyysin ohjeavot tomaatille, kurkulle, salaatile ja paprikalle. Kekkilä Oy, moniste, 1 s.
- Saltveit, M. E. 2005. Fruit Ripening and Fruit Quality. Teoksessa: Heuvelink, E. (toim.). Tomatoes. CAB International. s. 145-170.
- Seufert, V., Ramankutty, N. & Foley, J. A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485: 229-U113.
- Sonneveld, C., ja W. Voogt. 1990. Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment. *Plant and Soil* 124: 251-256.
- Sonneveld, C. & Voogt, W. 2009. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Dordrecht, Alankomaat: Springer. 431 s.
- Surrage, V. A., Lafreniere, C., Dixon, M. & Zheng, Y. 2010. Benefits of vermicompost as a constituent of growing substrates used in the production of organic greenhouse tomatoes. *HortScience* 45: 1510-1515.
- Tabatabaei, S., Gregory, P. & Hadley, P. 2004. Distribution of nutrients in the root zone affects yield, quality and blossom end rot of tomato fruits. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 79: 158-163.
- Toor, R., Savage, G. & Heeb, A. 2006. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 20-27.
- Van der Lans, C., Meijer, R. & Blom, M. 2010. A view of organic greenhouse horticulture worldwide. A view of organic greenhouse horticulture worldwide. *Acta Horticulturae* 915: 15-22.
- Viljavuuspalvelu Oy 1998. Kasvihuoneanalyysien tulkintaopas. Viljavuuspalvelu Oy. Arkmedia. 8p
- Zhai, Z., Ehret, D. L., Forge, T., Helmer, T., Lin, W., Dorais, M. & Papadopoulos, A. P. 2009. Organic fertilizers for greenhouse tomatoes: productivity and substrate microbiology. *HortScience* 44: 800-809.