
**TUNNELIVILJELLYN VADELMAN LANNOITUS
RAJOITETUSSA TURVEALUSTASSA;
kolmen eri lannoitustason vertailukoe**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Lepaa, 2014

Leena Leppälä



LEPAA
Puutarhatalouden koulutusohjelma
Avomaan ravintokasvien tuotanto

Tekijä	Leena Leppälä	Vuosi 2014
Työn nimi	Tunneliviljelyn vadelman lannoitus rajoitetussa turvealustassa; kolmen eri lannoitustason vertailukoe	

TIIVISTELMÄ

Tunneliviljelyn yleistyessä Suomessa 2000-luvulla nousi myös ajankohtaiseksi tarve tutkia lannoituksen vaikutusta vadelmaan rajoitetussa kasvualustassa. Vadelman ravinnetarpeen tiedetään olevan suhteellisen alhainen, mutta lannoituksen ja tuottavuuden optimointi on tärkeää kustannustehokkaassa viljelyssä. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Sisä-Savon Seutuyhtymän (SSSY) Marjanviljelyn koetilan perustaminen -hanke. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa uutta tietoa vadelman lannoituksesta rajatussa kasvualustassa Suomen olosuhteissa. Opinnäytetyön tulokset olivat hyödyksi laadittaessa vadelman rajatun kasvualustan uusia lannoitusohjeita.

Opinnäytetyön kokeellisessa osuudessa tutkittiin kolmen eri lannoitustason (niukka / keskitaso / runsas) vaikutusta kesävadelman ja syysvadelman kasvuun sekä sadontuottoon. Lajikkeina kokeessa olivat 'Glen Ample' ja 'Polka'. Koe toteutettiin osaruutukokeena tunnelissa. Pääruutuina olivat lannoitekäsittelyt ilman kerranteita, ja osaruutuina lajikkeet neljällä kerranteella / pääruutu. 'Glen Ample' tuotti noin 200 kukkaa / astia kaikissa lannoituskäsittelyissä. Polka -lajikkeella lannoituskäsittelyssä 1 kukkia kehittyi noin 175 kukkaa / astia, käsittelyssä 2 noin 220 kukkaa / astia ja käsittelyssä 3 noin 480 kukkaa / astia. Satoa muodostui Glen Ample -lajikkeella lannoituskäsittelyssä 1 ja 2 noin 600 grammaa (g) / astia ja käsittelyssä 3 noin 750 g / astia. Polka -lajikkeella satoa ehti kypsyä vain vähän ennen kokeen loppumista. Marjojen painot Glen Ample -lajikkeella olivat lannoituskäsittelyssä 1 ja 2 noin 4 g ja käsittelyssä 3 noin 5 g. Polka -lajikkeella marja painoi käsittelyssä 1 noin 4 g, käsittelyssä 2 noin 5 g ja käsittelyssä 3 noin 6 g. Tulosten perusteella voitiin todeta lannoitustason noston parantavan satopotentiaalia tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,05$) vain syysvadelmalla. Satotasojen erot käsittelyiden välillä Glen Ample -lajikkeella eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tähän saattoi olla syynä runsas marjahävikki erityisesti käsittelyssä 3. Sen sijaan 'Glen Ample' -marjojen painoerot olivat tilastollisesti merkitseviä. Täten lannoitelisäyksen voidaan sanoa nostavan marjan painoa tässä kokeessa.

Avainsanat vadelma, lannoitus, kasvihuoneviljely

Sivut 37 s. + liitteet 4 s.

LEPAA
Horticulture
Horticultural Field Food Production

Author	Leena Leppälä	Year 2014
Subject of Bachelor's thesis	Fertilizing of a high tunnel raspberry grown in a limited peat substrate, comparative experiment of three different fertilizer rates	

ABSTRACT

Raspberry production in a high tunnel has become more common during the 2000's in Finland. Therefore a study of the effects of fertilization on container-grown raspberries is a current issue. The fertilization requirements of raspberries are known to be low but optimizing of fertilization rates is important in cost-effective raspberry production. The client of this thesis was the Marjanviljelyn perustaminen -project of the Sisä-Savon Seutuuyhtymä. The thesis aimed at producing new information about the fertilization of container-grown raspberries in Finland. The results of the thesis will profit planning of new fertilizing instructions for container-grown raspberries.

The experimental part of the thesis studied the effects of three different fertilization rates (low / medium / high) on the growth and yield of florican and primocane raspberries. The cultivars used in the study were 'Glen Ample' and 'Polka'. The Split Plot experiment was implemented in the high tunnel. The fertilizer treatments were the whole-plot factors without the replications and the cultivars were the split-plot factors with four replications in the experiment. As a result 'Glen Ample' grew approx. 200 flowers / plant (pl) in every treatment, whereas 'Polka' grew approx. 175 flowers / pl in treatment 1, 220 flowers / pl in treatment 2 and 480 flowers / pl in treatment 3. 'Glen Ample' yielded approx. 600 grams (g) / pl in the first 2 treatments and approx. 750 g / pl in treatment 3. Due to the delay in establishment of the experiment, only the first berries of 'Polka' matured before the end of the experiment. The berry of 'Glen Ample' weighed approx. 4 g in treatments 1 and 2 and approx. 5 g. in treatment 3. The berry of 'Polka' weighed 4 g in the low treatment, 5 g. in the medium treatment and 6 g. in the high treatment. Based on the result of the experiment it was discovered that the yield potential grew significantly ($P < 0,05$) in the primocane raspberry when fertilizer rate was increased. Differences in the yield of 'Glen Ample' were not significant between the different treatments. The possible reason for is could be the massive loss of berries especially in treatment 3. However the differences in weight of 'Glen Ample' berries were significant. Thus it can be said that increasing the amount of fertilizers increased berry weight in this experiment.

Keywords raspberry, fertilizing, greenhouse production

Pages 37 p. + appendices 4 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	VADELMAN RAVINNETALOUS	2
2.1	Ravinteet.....	2
2.1.1	Pääravinteet	2
2.1.2	Hivenravinteet	4
2.2	Ravinteiden otto	5
2.3	Lannoituksen ja kasvualustan merkitys.....	7
3	VADELMAN TUOTANTO RAJOITETUSSA KASVUALUSTASSA.....	9
3.1	Kasvualustat ja viljelyastiat.....	9
3.2	Kastelu ja lannoitus	10
3.3	Vadelmalajikkeet.....	11
3.3.1	'Glen Ample'	11
3.3.2	'Polka'	12
4	LANNOITUSKOE VADELMALLA	13
4.1	Koejärjestelyt	13
4.2	Lannoitekäsittelyt	13
4.3	Kastelu ja kasvualusta	14
4.4	Koejäsenet	14
4.5	Mittaukset.....	15
4.6	Hoitotoimenpiteet kokeen aikana.....	16
4.7	Muu havainnointi	17
4.8	Kasvukauden sää.....	17
4.9	Aineiston tilastollinen käsittely	17
5	LANNOITUSKOKOEN TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	18
5.1	Vadelman satopotentiaali	18
5.2	Vadelman sato	21
5.3	Vadelman Brix-arvo	25
5.4	Vadelman vegetatiivinen kasvu	26
5.5	Lannoituksen johtokyky.....	29
5.6	Tuholaisten ja tautien havainnointi	31
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
Liite 1	Koekartta	
Liite 2	Lannoitusohjelma	
Liite 3	Säätiedot	

1 JOHDANTO

Rajoitetussa kasvualustassa kasvatettu vadelma on suhteellisen uusi ilmiö. Vadelman viljely rajoitetussa kasvualustassa on osa vadelman kasvihuone- ja tunnelituotantotekniikkaa. (Demchak 2009, 44.) Rajoitetun kasvualustan käyttö yleistyy koko ajan ja vadelman tuoremarjatuotannon arvellaan siirtyvän tulevaisuudessa kokonaan rajattuun kasvualustaan. Esimerkiksi Alankomaissa, jossa tuotetaan lähinnä tuoremarjaa, vadelman tuotanto on jo suurimaksi osaksi rajatussa kasvualustassa (van Eldik, esitelmä 11.6.2013).

Katteen alla tuotetulla vadelmalla on niin paljon merkittäviä etuja vadelman avomaatuotantoon verrattuna, että sen suosio on lisääntynyt voimakkaasti 2000-luvun aikana monissa Euroopan maissa (Dale 2012; Kempler, 2004). Suomeen vadelman kateviljely rantautui 2000-luvun alussa, ja on kasvattanut koko ajan suosiotaan (Vilander 2009, 4; Koivisto & Niemi 2012). Kateviljelyn etuja ovat marjan parempi laatu ja suurempi satotaso avomaatuotantoon verrattuna (Dale 2012). Lisäksi satokautta pystytään pidentämään sekä alkua loppukaudesta, jolloin marjan hinta on korkeimmillaan (Kempler, 2004.)

Uudessa viljelytekniikassa menetelmät vaativat aina säätöä maksimisadon takaamiseksi. Vadelmaa on perinteisesti kasvatettu maapohjassa avomaalla, jossa olosuhteet poikkeavat merkittävästi kateviljelyn olosuhteista (Dale 2012). Uudenlainen kasvuympäristö tuo haasteita vadelman viljelytekniikan kehittämiseen. Yksi kehittämiskohteista on lannoituksen optimointi. (Pritts 2001.)

Rajatun kasvualustan lannoitusta vadelmalla on tutkittu muun muassa Skotlannissa, Yhdysvalloissa ja Norjassa (Opstad, Sønsteby, Espelien & Myrheim 2012; Heiberg, Lunde, Nes & Hageberg 2008; Demchak 2009, 45; Jennings, sähköpostiviesti 19.4.2013.) Suomessa on tehty joitakin tutkimuksia vadelman tunneliviljelystä, mutta juuri lannoitukseen liittyviä kokeita rajatussa kasvualustassa ei ole toteutettu (Palonen, Rantanen, Karhu, Pehkonen & Savelainen 2010; Palonen, Tommila, Hytönen & Karhu, esitelmä 22.9.2011; Känninen, sähköpostiviesti 7.6.2013).

Tunneliviljelyn yleistyessä nousee ajankohtaiseksi tutkia Suomessa myös lannoituksen vaikutusta vadelman satotasoon rajoitetussa kasvualustassa (Känninen, sähköpostiviesti 7.6.2013). Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa uutta tietoa vadelman lannoituksesta rajatussa kasvualustassa Suomen olosuhteissa. Opinnäytetyön tulokset ovat hyödyksi laadittaessa vadelman rajatun kasvualustan uusia lannoitusohjeita.

2 VADELMAN RAVINNETALOUS

Vadelman ravinnetarve on suhteellisen alhainen. Muiden kasvien tavoin vadelmakin tarvitsee kuitenkin kaikkia ravinteita ylläpitääkseen tasapainoista kasvua. Hyvän ravinteiden saannin takaamiseksi kasvualustan olosuhteet on oltava mahdollisimman optimaaliset. (Ruutiainen 2004, 269–271.)

2.1 Ravinteet

Ravinteet jaetaan pää- ja hivenravinteisiin kasvissa olevien ravinnepitoisuuksien mukaan. Pääravinteita on reilusti hivenravinteita enemmän ja niiden pitoisuudet ilmoitetaan prosentteina tai promilleina. Pääravinteita ovat typpi (N), fosfori (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg) ja rikki (S). (Puustjärvi 1991, 149.) Pääravinteiden lisääminen parantaa yleisesti vadelman kasvua, mutta korkeina pitoisuuksina nekin ovat toksisia ja aiheuttavat vadelmalla kitukasvuisuutta ja kasvikuolemaa (Spiers, Braswell & Gupton 1998).

Hivenravinteita ovat rauta (Fe), mangaani (Mn), kupari (Cu), sinkki (Zn), molybdeenin (Mo), boori (B) ja kloori (Cl). Niiden pitoisuudet ilmaistaan kuiva-aineen miljoonasosina (ppm) tai mg / kg -yksikkönä. (Puustjärvi 1991, 149.)

2.1.1 Pääravinteet

Typpi on tärkeimpiä kasviravinteita. Sitä on noin 2–4 % kasvin kuivapainosta (Ellis, Converse, Williams & Williamson 1991, 79). Typeä käytetään proteiinien, nukleiinihappojen, klorofyllin, ATP:n rakennusaineena. (Fagerstedt, Lindén, Santanen & Väinölä 2008, 75–76.) Typpilisäys vaikuttaa suoraan satomäärään ainoastaan syysvadelmalla. Kesävadelmalla puolestaan lisätty typpi parantaa kasvuverson kasvua, mikä taas edistää kukka-aiheiden muodostumista ja satopotentiaalia. Runsaan typpilannoituksen on todettu lisäävän marjan painoa sekä typpipitoisuutta marjassa. (Strik 2008; Ellis ym. 1991, 79.) Vadelma typen tarve on verrattain vähäinen. Liiallinen typpilannoitus lisää rehevöitymistä ja juuriversojen määrää, hidastaa marjojen kypsymistä ja vadelman talvehtimistä. (Ruutiainen 2004, 270.) Tosin joissakin vadelmalla tehdyistä tutkimuksista ei ole havaittu runsaan typpilisäyksen vaikuttavan talvehtimiseen (Strik 2008). Galletan ja Himelrickin mukaan (1990) korkea typpilannoitus vähentää marjan sokeripitoisuutta ja nostaa lehden klorofyllipitoisuutta. Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa typpilannoitteen lisäyksen todettiin vähentävän Ca - ja Mg- pitoisuutta vadelman lehdessä. (Spiers ym. 1998.) Typpi on liikkuva ravinne, joten puutosoireet tulevat ensin näkyviin vanhoissa lehdissä. Typen puutteessa vadelman kasvuversot ovat heikkokasvuisia ja lyhyitä, versojen nivelvälit ovat lyhyitä, lehdet ovat vaaleita sekä lehdet ja marjat pieniä. Myös lehdet voivat pudota ennenaikaisesti. (Ellis ym. 1991, 79.)

Fosfori on typen jälkeen kasvin kasvua eniten rajoittava ravinne (Schactman, Reid & Aylings 1998, 447). Lehtien kuivapainosta noin 0,15–0,30 % on fosforia. Sitä käytetään kasvissa entsyymitoiminnassa sekä nukleiinihappojen, sokerifosfaattien, fosfolipidien ja ATP:n muodostukseen. Fosforilla on erityinen rooli juurten kasvussa ja marjojen sekä siementen kypsyminenprosessissa. (Ellis ym. 1991, 79; Fagerstedt ym. 2008, 76.) Fosforilannoitteen lisäämisen on todettu nostavan fosforipitoisuuden lisäksi myös kalium- ja kuparipitoisuuksia vadelman lehdessä (Spier ym. 1998). Fosforin puutosoireet ovat yleensä harvinaisia vadelmalla. Ensioireet näyttäytyvät vanhemmissa lehdissä sen tumman vihreänä värinä, jossa on punaisia tai mustia alueita. Vanhemmat lehdet saattavat pudota ennaikaisesti. Satotaso heikkenee huonon marjanlaadun vuoksi. (Ellis ym. 1991, 79.)

Kaliumia on noin 1–2 % lehtien kuivapainosta. Sitä annetaan kasveille sulfaattimuodossa, sillä vadelma ei siedä kloorinarkana kloridipitoisia lannoitteita. Kalium vaikuttaa kasvin osmoottiseen tasapainoon sekä säätelee entsyymien ja ilmarakojen toimintaa. (Ellis ym. 1991, 79.) Kalium on keskeisempiä marjan laatuun vaikuttavia ravinteita. Liiallinen typen määrä suhteessa kaliumiin heikentää vadelman talvehtimistä. (Ruutiainen 2004, 271.) Vadelmalla tehdyssä lannoituskokeessa kaliumin lisääminen nosti fosforin, kaliumin, raudan ja kuparin pitoisuuksia lehdessä, mutta laski sitä vastoin kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksia (Spiers ym. 1998). Kaliuminpuutosta voi ilmetä tehoviljelyssä ja happamassa maaperässä tai liian märässä kasvualustassa. Puutosoireet tulevat näkyviin ensimmäisenä vadelman hidastuneena kasvuna. Myöhemmin ilmaantuu lehden reunaan ja kärkeen kloroosia ja nekroosia, jotka levittäytyvät koko lehdelle. Lehti saattaa myös kupruilla ja nuutua helposti. (Ellis ym. 1991, 79.)

Magnesium on keskeinen ravinne lehtivihreän muodostuksessa. Magnesium toimii klorofyllimolekyylin keskusatomina. Lisäksi sillä on tärkeä rooli monissa biokemiallisissa reaktioissa ja entsyymien toiminnassa (Ellis ym. 1991, 79.) Magnesium lannoituksen nostaminen on havaittu lisäävän Mg-pitoisuutta ja vähentävän Ca-pitoisuutta lehdessä (Spiers ym. 1998). Magnesiuminpuutos tulee ensin näkyviin vanhoissa lehdissä. Lehtisuonten välinen kloroosi voi kehittyä nekroosiksi äärimäisessä magnesiuminpuutoksessa. Magnesiumin puutosoireet voidaan joskus sekoittaa virusten tai kaliuminpuutoksen aiheuttamiin oireisiin. Magnesiumin puutoksessa lehdet ovat myös jäykkiä ja hauraita. Lisäksi ne saattavat pudota ennaikaisesti. (Ellis ym. 1991, 79–80.)

Kalsium on kasvin soluseinien rakennusaine. Kalsiumia tarvitaan myös solunsisäiseen signaalin kuljetukseen, entsyymitoimintaan sekä stabiloimaan solukalvoja. (Fagerstedt ym. 2008, 76.) Lehtien kuivapainosta noin 0,6–1,5 % on kalsiumia (Ellis ym. 1991, 80). Tutkimuksen mukaan kalsiumlannoituksen lisäämisellä ei ole vaikutusta vadelman kasvuun. Tutkimuksessa todettiin myös typen, fosforin ja magnesiumin lisäämisen vähentävän Ca-pitoisuutta lehdessä. (Spiers ym. 1998.) Kalsiuminpuutos on harvinaista, jos vain kasvualustan pH on optimaalinen. Puutosta saattavat aiheuttaa kasvin haihduntaa estävät

tekijät, kuten korkea ilmankosteus tai kuivuusstressi. Myös maaperän huono ilmatila tai alhainen lämpötila voivat saada aikaan kalsiumin puutosta. (Ellis ym. 1991, 80.)

Rikki on tärkeä alkuaine eräissä aminohapoissa, proteiineissa, vitamiineissa ja entsyymeissä (Fagerstedt ym. 2008, 77). Rikkiä on noin 0,2–0,5 % kasvin kuivapainosta. Rikinpuutosoireet ovat hyvin samankaltaiset typenpuutoksen kanssa. Rikinpuutos tulee kuitenkin ensimmäisenä näkyviin nuorissa lehdissä, sillä alkuaine ei ole liukkuva. (Ellis ym. 1991, 79.)

2.1.2 Hivenravinteet

Rautaa tarvitaan hivenravinteista määrällisesti eniten (Reed 1996, 189). Sitä on noin 30–100 ppm lehtikudoksessa. Rautaa tarvitaan kasvien proteiini- ja klorofyllisynteesissä. Raudanpuutos näkyy vadelmalla lehtisuontenvälisenä kloroosina. Kloroosi muodostuu ensin vanhoihin lehtiin. Yleisintä puutos on silloin, kun maaperän pH nousee yli 7.5. (Ellis ym. 1991, 80.)

Mangaani on raudan jälkeen tärkein hivenravinne (Reed 1996, 193). Maaperän kasvualustan pH:sta riippuen mangaanipitoisuus kasvin kuivapainossa vaihtelee 30–500 ppm:n välillä. Mangaani toimii entsyymien aktivoijana ja on monien entsyymien rakennusaine. Mangaanilannoituksen on todettu lisäävän C-vitamiinin pitoisuutta marjoissa. Mangaaninpuutos on yleisintä emäksisillä hiekkamailla, joissa on paljon orgaanista ainesta. Mangaaninpuutoksen ensimmäiset oireet ovat lehden pinnalle ilmestyvät keltaiset pienet pilkut. Myöhemmin lehtisuonten väliin muodostuu kloroosia. Kloroosi muistuttaa magnesiuminpuutosoireita, mutta mangaaninpuutoksessa oireet tulevat ensin nuoriin lehtiin. (Ellis ym. 1991, 80.)

Kuparia on kasvissa noin 5–15 ppm kuivapainosta (Ellis ym. 1991, 80). Kuparilla on tärkeä merkitys fotosynteesissä. Alkuainetta tarvitaan plastosyaanin, fotosynteesissä toimivan proteiinin muodostukseen. (Fagerstedt ym. 2008, 78.) Kuparinpuutos näkyy nuorissa lehdissä lehtisuontenvälisenä kloroosina. Lehden reunat pysyvät kuitenkin vihreinä. Lisäksi versonkasvu ja marjanmuodostus ovat heikkoa. (Ellis ym. 1991, 80.)

Elliksen (1991) mukaan sinkkiä tarvitaan entsyymitoimintaan, typen aineenvaihduntaan ja aukiinisynteesiin. Sinkkiä on noin 30–50 ppm kasvin kuivapainosta. Sinkin saatavuus saattaa heiketä maaperässä, jossa on korkea fosforipitoisuus, koska sinkki muodostaa silloin liukenemattomia yhdisteitä. Yksi sinkinpuutosoireista on lehtisuonten välinen kloroosi, jonka väri vaihtelee kalpean vihreästä jopa valkoiseen. Lehden reunat voivat kuitenkin pysytellä vihreänä. Lisäksi vadelman kasvu heikkenee, kasvutapa muuttuu ruusukemaiseksi sinkin puutoksessa. Lehdet ovat pieniä ja hauraita.

Molybdeenia tarvitaan erittäin pieniä määriä kasvin kasvuun, joten sen puutos oireet ovat harvinaisia vadelmalla. Molybdeenin puutosoireet näkyvät ensin nuorten lehtien harmaana nekroosina. Lehden reunat saattavat kääntyä ylöspäin. Lehden ikääntyessä nekroosi etenee kohti lehden keskustaa.

Booria on kasvin kuivapainosta noin 20–50 ppm. Ravinne osallistuu auksiinin ja sytokiniinin tuotantoon ja siiteputken kasvuun. Boorinpuutos aiheuttaa epätasaista verson kasvua. Keväällä kehittyneet versot ovat epämuodostuneita, nuoret lehdet ovat sinivihreitä sekä tummia, marjat epämuodostuneita ja juuret huonosti kehittyneitä. Boorinpuutos voi viivästyttää myös marjojen kypsymistä. Boorin liikalannoitus puolestaan on kasville myrkyllistä. (Ellis ym. 1991, 80.)

Kloori osallistuu valoenergian sitomiseen fotosynteesissä ja on siksi tärkeä ravinne. Lisäksi kloorilla on roolinsa sokeriaineenvaihdunnassa, vesipotentiaalilin ylläpidossa sekä ilmarakojen säätelyssä. Kloorin puutosoireita ilmenee harvoin. Puutoksessa kasvin nuoret lehdet ovat kloroottisia ja nuutuneita. (Fagerstedt ym. 2008, 79.)

2.2 Ravinteiden otto

Fagerstedtin ym. mukaan (2008) ravinteet eli ravinnesuolat ovat epäorgaanisia ioneja. Ne ovat joko positiivisesti (kationit) tai negatiivisesti (anionit) varautuneita. Ravinteet voivat olla liukoisina alustavedessä maapartikkelien välissä tai kiinnittyneinä sähköisesti varautuneiden partikkeleiden pintaan. Kationit kiinnittyvät negatiivisesti varautuneisiin hiukkasiin ja anionit sitä vastoin positiivisesti varautuneisiin maahiukkasiin. Kationeina kasvi ottaa kaliumin (K^+), magnesiumin (Mg^{2+}), kalsiumin (Ca^{2+}), raudan (Fe^{2+}), kuparin (Cu^{2+}), mangaanin (Mn^{2+}) ja sinkin (Zn^{2+}). Anioneina puolestaan fosforin (PO_4^{3-}/HPO_4^{2-}), rikin (SO_4^{2-}), molybdeenin (MoO_4^{2-}) ja kloorin (Cl^-). Typen kasvi voi ottaa joko nitraatti- tai ammoniumioneina (NO_3^- , NH_4^+). Boorin kasvit ottavat boorihydroksidina ($B(OH)_3$). Kasvi ottaa ravinteita ainoastaan vesiliukoisessa muodossa.

Kasvi pystyy irrottamaan ravinnesuoloja maapartikkeleiden pinnoilta ionivaihdon avulla. Kationinvaihdossa juurisolujen solukalvolla olevat protonipumput luovuttavat positiivisesti varautuneita protoneita alustaveteen. Veteen kulkeutuneet protonit tarttuvat maapartikkeleihin ja vapauttavat puolestaan maapartikkeleiden kationeja veteen ja edelleen kasvin käyttöön. Anioneja kasvi pystyy irrottamaan käyttöönsä maapartikkeleista samalla periaatteella kuin kationinvaihdossakin, mutta anioninvaihdossa protonien sijasta kasvi luovuttaa alustaveteen vetykarbonaatti-ioneja. (Fagerstedt ym. 2008, 71–79.)

Ravinteet liikkuvat alustavedessä diffuusion ja massavirtauksen avulla. Diffuusiosta ravinneionit siirtyvät väkevämmästä laimeampaan pitoisuuteen. Ravinteet suuntaavat kohti juuristoa, kun juuriston pinnalla ionikonsentraatio on

ympäröivän alustaveden konsentraatiota matalampi. Ravinteista ammonium-tyyppi, kalium-kationi ja fosfaatti kulkeutuvat kasvin juuristoon diffuusion avulla. (Mengel & Kirby 2001, 66–67.)

Massavirtauksessa maaveden ravinteet liikkuvat juuristoa kohti kasvin haihtumisimun ja koheesiovoimien vaikutuksesta. Massavirtaus toimii tehokkaimmin, kun haihdunta on runsasta ja maaveden ionikonsentraatio on suuri. Ravinteista erityisesti kalsium-kationi ja nitraattityppi kulkeutuvat juuristoon massavirtauksen avulla. (Mengel & Kirby 2001, 66–67.)

Kasvien veden ja ravinteiden otto tapahtuu juuren kärjessä juurikarvojen pinnalla, missä vesi läpäisee vielä juuren epidermiksen. Ravinneionit voivat siirtyä juuren pinnalta juurisoluun joko passiivisesti diffuusion avulla tai aktiivisesti kuljetettuna solukalvon kanavaproteiinien kautta. Kanavaproteiineja on erilaisia ja ne toimivat valikoivasti. Diffuusiota tapahtuu, kun ravinteen konsentraatio maaperässä on solunsisäistä konsentraatiota korkeampi. Juurisolu on negatiivisesti varautunut, joten positiivisesti varautuneet kationit kulkeutuvat diffuusion avulla. Aktiivisessa kuljetuksessa ravinneioni siirtyy kohti korkeampaa konsentraatiota, sähkökemiallista potentiaalia vastaan, mikä vaatii energiaa. Anionit ja neutraalit molekyylit siirtyvät soluun aktiivisen kuljetuksessa avulla. (Campbell & Reece 2005, 739–744.)

Ravinteen ottonopeus riippuu kasvin ravinnetarpeesta ja ravinteen konsentraatiosta juuren pinnalla. Ravinteen konsentraation ollessa korkea kasvi tyypillisesti ottaa kyseistä ravinnetta enemmän, mutta silloinkin kasvilla ilmenee ravinteenotossa valikointia. Joskus kasvilla voi esiintyä myös ravinteiden luksusottoa, jolloin ne ottavat ravinteita yli tarpeidensa ja varastoivat niitä solurakkulaan. (Adler, Cumming, & Arora n.d.) Vadelmalla on todettu runsaan typpilannoituksen aiheuttavan tyypin luksusottoa (Strik 2008).

Kasvin ravinteiden saatavuuteen vaikuttaa kasvualustan pH. Se ilmaisee vetyionin konsentraatiota. Yleensä viljelyskasvit menestyvät parhaiten 6.2–6.8 pH:ssa, jolloin kaikki ravinteet ovat vielä kasvin saatavilla. Osa ravinteista (Fe, Mn, B, Cu ja Zn) liukenee kasvualustan happamoituessa ja vasta vuoroisesti pidättyy kasvualustan muuttuessa emäksisemmäksi. Osa ravinteista (K, S, Ca, Mg ja Mo) puolestaan käyttäytyy aivan päinvastoin. (Bailey 1996, 69–71.)

Ravinteiden välisellä vuorovaikutuksella on myös vaikutusta ravinteiden saantiin. Ravinteilla ilmenee kahdentyyppistä vuorovaikutusta. Synergismissä toisen ravinteen optimaalinen määrä parantaa myös toisen ravinteen ottoa kasvilla. Antagonismissa jonkun ravinteen korkea pitoisuus puolestaan estää kasvia ottamasta jotain toista ravinnetta. Ravinteiden käyttäytymiseen vaikuttavat kasvualusta ja sen fysikaaliset ominaisuudet, pH, lämpötila ja ravinnekostumus. (Ranade-Malvi 2011, 106.)

Tutkimuksissa on havaittu joitakin ravinteiden välisiä vuorovaikutussuhteita vadelmaa lannoitettaessa. Esimerkiksi lisätyn typpilannoituksen on todettu heikentävän boorin ja mangaanin saantia, mutta parantavan raudan ottoa (Ruutiainen 2004, 270; Spiers ym. 1999). Fosforin lisäämisen on havaittu vähentävän sinkin, raudan ja kuparin ottoa (Ellis ym. 1991, 79). Mangaanin ja kuparin riittävä lannoitus puolestaan edistää fosforin ottoa (Ruutiainen 2004, 271). Magnesiumlisäyksen on todettu heikentävän kalsiumin ottoa ja kaliumlannoituksen nostamisen parantavan kuparin saantia (Spiers ym. 1999.)

2.3 Lannoituksen ja kasvualustan merkitys

Puustjärvi (1991) kehottaa määrittämään astiaviljelyn lannoituksessa aluksi kasvin lannoitustarpeen, joka koostuu kasvin ottamista ravinteista sekä kasvualustaan sitoutuneista ja siitä huuhtoutuneista ravinteista. Kasvualustan optimaalista kosteutta ylläpitämällä estetään ravinteiden sitoutumista ja huuhtoutumista, joten niiden merkitys lannoitustarpeen määrittämisessä on vähäisempi. Niinpä lannoitustarve määräytyy pitkälti kasvuston ravinnetarpeen mukaan.

Astiaviljelyssä käytettyjä kasvualustoja on sekä inaktiivisia (esim. turve, puunkuori, kookoskuitu) että aktiivisia (esim. kivivilla, perliitti, hiekka, vermikuliitti). Kasvualustan aktiivisuus viittaa alustan kykyyn sitoa ja luovuttaa ravinteita. Inaktiivisessa kasvualustassa ravinnemäärien käyttö on hyvin rajattua, koska korkea lannoitepitoisuus kasteluvedessä alentaa veden osmoottista potentiaalia hidasten puolestaan kasvin vedenottoa. Jotta alustavedessä säilyisi kasville sopiva osmoottinen potentiaali, alustavedessä olevien ravinnemäärien on oltava riittävän alhaisia. Alhaiset ravinnemäärät riittävät vain hetkeksi kasvin tarpeisiin. Tästä syystä inaktiivisessa kasvualustassa lannoitus tulee antaa toistuvasti pieninä määrinä.

Aktiivisessa kasvualustassa osa ravinteista voi sitoutua tavalla tai toisella kiinteään ainekseen. Pidättyneet ravinteet ovat tasapainossa alustaveden liukoisten ravinteiden kanssa. Juuriston ottaessa vettä, ravinteita siirtyy veden mukana kasviin, jolloin juurten ottamat ravinteet korvautuvat kasvualustaan pidättyneillä ravinteilla. Aktiivisten kasvualustojen partikkelit ovat yleensä negatiivisesti varautuneita, jolloin ne pystyvät varastoimaan vain kationiravinteita. Aktiiviset kasvualustat saattavat sisältää myös luontaisesti vaikealiukoisia ravinteita, jotka voivat vapautua kemiallisten tai biologisten reaktioiden tuloksena alustaliuokseen. Aktiiviseen kasvualustaan sitoutuneiden ravinteiden käyttökelpoisuus riippuu kasvualustaan sitoutuneiden ionien määrästä, niiden vapautumisnopeudesta ja ionin konsentraatiosta alustavedessä. Toiset kasvualustat varastoivat tiettyä ravinnetta enemmän kuin toiset.

Puskurikapasiteetti on parametri, jota käytetään aktiivisten kasvualustojen yhteydessä, ja joka ilmaisee käyttökelpoisten ja vesiliukoisissa muodossa olevien ravinteiden välisen suhteen. Sen avulla voidaan ilmentää eri kasvualustojen ravinteiden pidätyskykyä. Esimerkiksi jos ravinteiden puskurikapasiteetti on

korkea tietyssä kasvualustassa, sitä alhaisempi sen konsentraatio voi olla alustavedessä.

Rajoitetussa kasvualustassa lannoitetaan yleensä liuoslannoitteilla. Lannoitteet annetaan kastelun yhteydessä. Lannoituksen tehtävänä on korvata kasvuston alustastaan ottamat ravinteet ja ylläpitää optimaalista ravinnetilaa koko kasvukauden ajan. Lannoituksen määrä riippuu säteilyn määrästä, joka puolestaan vaikuttaa kasvin kasvunopeuteen ja vedenottoon ja siten myös ravinteidenottoon.

Kasvin ravinteiden saanti on sitä turvatumpaa, mitä korkeampi niiden pitoisuus on puristenesteessä. Ravinteiden määrässä on kuitenkin kriittinen pisteensä, jonka jälkeen kasvin kasvu ei enää nopeudu ravinteita lisättäessä. Ylimäärin otettu ravinne vain alentaa solunesteen osmoottista potentiaalia ja näin ollen hidastaa kasvin vedensaintia ja lopulta kasvua. Viljelyssä on usein määritetty viljelykasvin puristenesteen osmoottiselle potentiaalille optimialue (ylä- ja alarajat). Osmoottista potentiaalia mitataan määrittämällä puristenesteen sähkönjohtokyky. Sähkönjohtokyvyn yksikkönä käytetään dSm^{-1} . Kasvualustan ravinnetilan tarkkailu keskittyy ensisijaisesti juuri sähkönjohtokyvyn valvontaan. Johtokyvyn kohotessa liikaa lievennetään lannoitusta tai annetaan kasvustolle pelkästään vettä. (Puustjärvi 1991, 96–220.)

Aktiiviset kasvualustat vaativat liuoslannoituksen lisäksi peruslannoitteen, jonka avulla kasvualustan puristeneste saadaan vastaamaan kasvin ravinnevaatimuksia viljelyn alkuvaiheessa. Peruslannoituksen tulee olla sitä voimakkaampaa, mitä aktiivisempi kasvualusta eli ravinteiden sitoja on kyseessä. Lisäksi aktiiviset kasvualustat vaativat yleensä myös kalkituksen, jos ne ovat luonnostaan happamia. Kalkituksen tavoite on alustahappojen neutralointi, jolloin pH kohotetaan lähelle neutraalia. (Puustjärvi 1991, 201–214.) Kuten aikaisemmin tuli jo ilmi, ravinteet ovat liukoisessa muodossa pH:n ollessa lähellä neutraalia (Bailey 1996, 69–71).

3 VADELMAN TUOTANTO RAJOITETUSSA KASVUALUSTASSA

Rajoitetussa kasvualustassa viljeltäessä vadelman lannoitus- ja kastelutekniikka vastaavat pitkälle kasvihuonetuotannossa käytettyjä menetelmiä (Demchak 2009, 44). Taimet kasvatetaan astioissa huokoisessa kasvualustassa. Kastelu ja lannoitus hoidetaan kastelujärjestelmän avulla. (Ruottinen n.d., 176–177.)

3.1 Kasvualustat ja viljelyastiat

Vadelman astiaviljelyssä käytettävän kasvualustan on oltava hyvin vettä läpäisevää. pH:n tulisi olla noin 5.5–6.5 (Heidenreich, Pritts, Demchak, Hanson, Weber & Kelly 2012, 22–23). Yleisimmin käytetty kasvualusta vadelman astiaviljelyssä on turve (Ruottinen n.d, 176; Scholtens & Dijkstra 1993; Sønsteby, Myrheim, Heidberg & Heide 2009, 291; Karhu, Rantala & Palonen 2012, 12–13). Turpeeseen voidaan sekoittaa muuta kasvualustaa kuten puuhaketta, hiekkaa, perliittiä tai vermikuliittia ehkäisemään turpeen tiivistymistä. Esimerkiksi Yhdysvalloissa pelkän turpeen lisäksi käytettäviä kasvualustoja ovat erilaiset turveseokset. Yleisimmin käytetty seos sisältää 15 % hiekkaa, 35 % turvetta, 25 % perliittiä ja 25 % vermikuliittia. Kanadassa puolestaan käytetään turpeen (1/3), kompostin (1/3) ja perliitin (1/3) sekoitusta (Ruottinen n.d, 159, 176.) Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa on kokeiltu kasvualustana myös pelkkää hiekkaa (Spiers ym. 1999).

Kookosrouhe on turpeelle vaihtoehtoinen kasvualusta. Kookosrouhe soveltuu hyvin muun muassa ruukkukasviviljelyyn. Kuten kaikki vaihtoehtoiset kasvualustat, kookosrouhekin vaatii turpeesta poikkeavan kastelun ja lannoituksen. Kookoskuitu on kevyttä, huokoista, pysyvää ja yhtenäistä rakenteeltaan. Sen irtotilavuuspaino on 250–300 g / l, kun turpeella se on noin 350–400 g / l. Ilmavuuden ansiosta kasvin juurtuminen kookosrouheessa on nopeaa. (Drakes, Briercliffe, Lightfoot-Brown, Arnold & Mackay 2001, 6.) Esimerkiksi Alankomaissa vadelmaa viljellään laajalti kookosrouheessa (van Eldik, esitelmä 11.6.2013).

Vadelmaa voidaan viljellä säkissä, laatikossa tai ruukussa (Ruottinen n.d., 176). Astian koko vaihtelee 3,5–25 litran välillä, mutta yleisin astiakoko eri lähteiden perusteella on 8–10 litraa. (Heidenreich ym. 2012, 23; Ruottinen n.d., 176; Heiberg, Lunde, Nes & Hageberg 2008; Sønsteby ym. 2009). Alankomaalaiset tutkijat havaitsivat, että 5 ja 10 litran ruukuissa kasvatettujen vadelmien välillä ei ollut merkittävää eroa kasvussa tai sadossa (Scholtens & Dijkstra 1993). Tosin pienessä astiassa kasvatettu vadelma on alttiimpi sään vaihteluille. Pienestä kasvualustamäärästä vesivarat kuluvat nopeasti säteilyn lisääntyessä, joten pienempi astia vaatii tarkempaa kastelua ja lannoitusta (Puustjärvi 1991, 217). Pienessä astiassa myös juuriston kasvu on rajoittunutta, jolloin uusia, tehokkaasti ravinteita ottavia juuria syntyy vähemmän, kuten Brouwer ja De Wit (1968) toteavat (Bar-Tal 2000, 116).

3.2 Kastelu ja lannoitus

Vadelman astiaviljely tapahtuu yleensä tunnelissa tai kasvihuoneessa, jossa lämpötila kohoaa ulkolämpötilaa korkeammaksi (Dale 2012). Korkeampi lämpötila puolestaan lisää haihduntaa ja näin ollen kasvin veden tarvetta. Astiaviljelyssä kastelujärjestelmän käyttö on välttämätöntä, jotta kasvin riittävä aineenvaihdunta saadaan ylläpidettyä. (Taiz & Zeiger 2010.) Puolalaiset ovat todenneet kastelujärjestelmän käytön kaksinkertaistavan vadelman sadon ja kasvattavan merkittävästi marjan kokoa (Rolbiecki, Rolbiecki & Rzekanowski 2001).

Astiaviljelyssä kastelu hoidetaan yleensä tippukastelulla, jotta kastelu olisi mahdollisimman tasaista. Laatikossa viljeltäessä kastelussa voidaan käyttää tihkukastelujärjestelmää (Ruottinen n.d., 178; Heiberg ym. 2008; Karhu ym. 2009, 12). Tippuja asennetaan 2 tippua / astia (van Eldik, esitelmä 11.6.2013). Tippukastelu tehostaa veden käyttöä, kun vesi voidaan johtaa suoraan kasvin juuristoalueelle. (Taiz & Zeiger 2010.) Tihkukastelussa kaksi tihkuletkua yhden sijasta toimii tehokkaammin, sillä kaksi tihkuletkua kastelee maaperää tasaisemmin. (Muster & Rupp 2012.)

Vadelman kastelutarve määritetään tensiometrillä tai muilla kosteusmittareilla. Astian koosta, kasvualustasta, kastelumäärästä / kerta, säästä ja vadelman haihdutuksesta riippuen kasveja kastellaan 2–7 päivänä viikossa 1–6 kertaa päivässä. (Heidenreich ym. 2012, 22–23; Heiberg ym. 2008). Kookosturvetta käytettäessä suositeltava kastelumäärä on kaksi minuuttia kerrallaan 12 krt / pv (van Eldik, esitelmä 11.6.2013.)

Lannoitus annetaan astiaviljelyssä kastelulannoitteena kastelun yhteydessä. Kasvualustan johtokyky pidetään noin $1,1\text{--}2,0 \text{ dSm}^{-1}$ (Ruottinen n.d., 178–179; Sønsteby ym. 2009). Ylikasteluvien johtokyky pidettiin norjalaisessa tutkimuksessa elokuuhun saakka $1,8\text{--}3,1 \text{ dSm}^{-1}$, ja siitä eteenpäin kasvukauden loppuun $0,7\text{--}2,5 \text{ dSm}^{-1}$ (Heiberg ym. 2008).

Lannoitusmäärät vaihtelevat lähteestä riippuen. Esimerkiksi Yhdysvalloissa kastelulannoitus annetaan kahta emoliuosta käyttäen niin, että kastelulannoituksen typpikonsentraatio on vegetatiivisen kasvun aikana noin 0,01 %. Kukkinnan alkaessa lannoitus vähennetään puoleen vegetatiivisen kasvun vaiheesta. Emoliuokset koostuvat kalkkisalpietarista ja seoslannoitteesta (NPK 5–11–26). Kalkkisalpietaria sekoitetaan noin 1,6 kg / 100 litraa. Lisäksi kalkkisalpietariliuoksen joukkoon lisätään ammoniumtyyppiä noin 0,3 kg. Seoslannoitetta lisätään emoliuokseen noin 3,2 kg / 100 litraa. (Ruottinen n.d., 179.)

Norjalaisissa tutkimuksissa astiataimien lannoitukseen vadelmalla on käytetty kahta emoliuosta: kalsiumnitraattia (N 15,5 %, Ca 19 %) ja seoslannoitetta (NPK 7–4–22 + mikroravinteet). Kastelulannoitus on hoidettu päivittäin $1,1\text{--}1,8 \text{ dSm}^{-1}$ johtokykyä ylläpitäen. Samaa kastelulannoitusta on käytetty niin

kasvu- kuin satoversonkin muodostuksessa. (Heiberg ym. 2008, Sønsteby ym. 2009.)

Glen Ample -lajikkeen jalostaja on kehittänyt oman lannoitusohjelman lajikkeen kaupallista viljelyä varten. Ohjelman mukaan kasvuverson tuotannossa annetaan kesäkuun alusta lähtien 14 viikkoa seoslannoitetta (NPK 13–5–30 + MgO 3,2) 25 kg / ha / vko. Ammoniumfosfaattia lisätään toukokuun puolesta välistä lähtien kaksi viikkoa 25 kg / ha / vko. Satoverson lannoitusohjelmassa lannoitus aloitetaan kukinnan alussa seoslannoitteella (NPK 13–5–30 + MgO 3,2) 25 kg / ha / vko ja jatketaan 16 viikon ajan. Kalsiumnitraattia lisätään 25 kg / ha / vko raakilevaiheesta lähtien 8 viikon ajan. (Jennings, sähköpostiviesti 19.4.2013.)

3.3 Vadelmalajikkeet

'Glen Ample' on yksi päälajeista vadelman kasvihuone- ja tunneliviljelyssä Euroopassa. (Ruutiainen 2004, 175). Muita vadelman kateviljelyssä käytettyjä kesävadelmalajikkeita ovat 'Cascade', 'Delight', 'Chilliwack', 'Titan', 'Encore' ja 'Tulameen' (Heidenreich ym. 2012, 21).

Syysvadelmalajikkeista tunnetuimpia Euroopassa ovat 'Autumn Bliss' ja 'Heritage', joista ainakaan 'Heritage' ei sovellu myöhäisen sadon vuoksi Suomeen (Ruutiainen 2003). Muita hyvin kasvihuoneviljelyssä menestyneitä syysvadelmalajikkeita ovat 'Autumn Britten', 'Josephine' ja 'Caroline' (Heidenreich ym. 2012, 21).

Kuten edellä tulee ilmi, vadelman kasvihuone- ja tunneliviljelyssä on useita eri lajikkeita käytössä. Tässä opinnäytetyössä käydään tarkemmin läpi vain lannoituskokeessa käytettyjä Glen Ample - ja Polka -lajikkeita.

3.3.1 'Glen Ample'

Scottish Crop Research Institutessa kehitetty 'Glen Ample' on laitoksen menestynein vadelmalajoste. Iso-Britanniassa vadelman tuotantopinta-alasta yli puolet on Glen Ample -lajiketta, Skotlannissa jopa 90 %. (Jenning, Ferguson & Brennan 2008.) Se on eniten viljelty vadelmalajike tunneli- ja kasvihuoneviljelyssä myös Norjassa (Nes, Hageberg, Haslestad & Hagelund 2008). Suomeen lajike rantautui vuonna 2007, ja se on pian noussut yhdeksi suosituimmista vadelmalajikkeista (Puutarha & Kauppa 2009, 34; Vilander 2009, 11).

Lajikkeella on korkea kylmäsietelyvaatimus ja soveltuu siksi paremmin myöhäistuotantoon kateviljelyssä. Sen kasvu- ja lyhytversot ovat tyypillisesti pitkiä. (Kempner 2004.) Uusien versojen muodostus on keskinkertaista (Ruutiainen 2004, 175).

'Glen Ample' on satoisuudeltaan yksi parhaita vadelmia (Ruutiainen 2004, 175). Lajike tuottaa marjaa 200–1200 g / verso (Sønsteby ym. 2009; Ruutiainen n.d., 152; Karhu ym. 2012, 13). Suomessa lajikkeen on todettu tuottavan pohjoisinta Suomea lukuun ottamatta eniten satoa muihin lajikkeisiin verrattuna. Suomen olosuhteissa 'Glen Ample' ei ole paras lajike talven kestoltaan. (Hoppula, Hoppula, Hietaranta, Tahvonen, Jarvelin, Ylikoski, Soppela, Luoma & Kekkonen 2012, 6.)

Lajikkeen marjat ovat noin 5-grammaisina, hyvänmakuisia ja pyöreitä. Kiinteänä marjana se kestää myös hyvin kuljetusta. (Ruutiainen 2004, 175.) Norjalaisessa kokeessa 'Glen Ample' osoittautui parhaimman makuisiksi lajikkeeksi (Heidberg, Standal & Måge 2001). Lajike on suosittu tuoremarjana kaupan alan keskusliikkeissä juuri suuren, kiinteän ja hyvänmakuisen marjan ansiosta (Kempler 2004).

'Glen Ample' on altis taudeille ja tuholaisille (Knight 2002). Erityisesti vatsunäkämäpunkin vaoitukset ovat yleisiä lajikkeella (Tuovinen 2012, 320). Vatsunäkämäpunkki voi levittää myös vadelman lehtiläiskävirosta (Parikka & Lemmetty 2012, 318).

3.3.2 'Polka'

Polka -lajike on Puolassa, Brzeznassa, jalostettu aikainen syysvadelma. Lajike on kehitetty Autumn Bliss -lajikkeesta (Danek 2001). Polka -lajikkeella on tukevat versot, joiden kasvutarmo on keskinkertaista. (Danek 2001; Momčilo, Milutinović, Jasminka, Momir & Daković 2008). Puolalaisten tekemissä laboratoriotesteissä ja peltokokeissa lajikkeen todettiin olevan korkea vastustuskyky harmaahomeeseen (Danek 2001.)

Lajikkeen marjat ovat erittäin aromikkaita ja kiinteitä, kooltaan keskikokoisia–suuria (Danek 2001; Momčilo ym. 2008). Joskus marjat voivat olla myös pehmeitä ja tummia. (Heidenreich ym. 2012, 19). MTT:n tekemässä tunnelikokeessa Polka -lajikkeen marjakoko oli noin 5 grammaa (Palonen ym. 2010). Polka -lajikkeen marjat soveltuvat niin tuoremarjaksi, pakastukseen kuin prosessointiin. (Danek 2001.)

Norjalaisessa tutkimuksessa lajike tuotti satoa noin 640 grammaa / taimi. Lajikkeesta aloitettiin sadonkorjuu heinä-elokuun vaihteessa. (Sønsteby & Heide 2010.) Suomen olosuhteissa Polka -lajike tuottaa satoa avomaalla elokuun lopusta alkaen, ja sadonkorjuuta voi jatkua kaksikin kuukautta eteenpäin. Osa lajikkeen marjoista jää kuitenkin aina kypsymättä viilenevän loppusyksyn vuoksi. (Vilander 2009, 10.)

4 LANNOITUSKOE VADELMALLA

Kokeen tarkoituksena on selvittää erilaisten lannoitemäärien vaikutusta vadelman sadontuottoon ja kasvuun rajoitetussa kasvualustassa sekä tuottaa uutta tietoa ja käytännön sovelluksia vadelman lannoitukseen. Kokeen pohjalta on tavoitteena kehittää uudet lannoitusohjeet rajoitetussa kasvualustassa viljellylle vadelmalle.

Kokeen tilaajana on Sisä-Savon Seutuyhtymän (SSSY) Marjanviljelyn koetilän perustaminen -hanke. Vadelman lannoituskoe toteutettiin Suonenjoella SSSY:n marjanviljelyn koetilalla kesällä 2013 8.6.–27.9. välisenä aikana.

4.1 Koejärjestelyt

Koe toteutettiin osaruutukokeena. Kokeen koejäseninä olivat vadelmalajikkeet 'Glen Ample' ja 'Polka'. Koejäsenille tehtiin kolme erilaista lannoituskäsittelyä. Jokaisessa lannoituskäsittelyssä oli neljä kerrannetta kummastakin lajikkeesta. Jokaisen kerranteen koeruudussa oli aina viisi tainta, joista kolme keskimmäistä huomioitiin mittauksissa. Lannoitekäsittelyistä ei ollut kerranteita. Rivien kummassakin päädyssä oli suojaruudut, joissa oli 5-6 tainta/ruutu. Suojaruudut koostuivat Glen Ample - ja Polka -lajikkeista. Käsitteilyiden ja koeruutujen sijoittelu satunnaistettiin arpomalla. Koekartta liitteenä (liite 1).

Koe suoritettiin muovitunnelissa, jonka ala oli noin 400 m² (8 x 50 m). Kokeessa oli käytössä noin 200 m² koko tunnelin pinta-alasta. Koejäsenten taimiväli oli noin 45 cm ja riviväli noin 2 m, lukuun ottamatta keskimmäistä riviä, jonka toisella puolella riviväli oli vajaan metrin. Kaiken kaikkiaan koalueella oli neljä riviä, joista yksi, keskellä oleva 'Glen Ample' -kasvusto, ei kuulunut kokeeseen.

4.2 Lannoitekäsittelyt

Lannoitekäsittelyinä olivat käytännön alhainen taso (lannoituskäsittely 1), Yaran kastelulannoitusosuus (lannoituskäsittely 2) ja Skotlannin malli (lannoituskäsittely 3). Skotlannin malli sovellettiin James Hutton Institutessa Glen Ample -lajikkeelle kehitetystä lannoitusohjelmasta (Jennings, sähköpostiviesti 19.4.2013). Lannoitusohjelma oli suunniteltu kesävadelmalle, mutta tässä kokeessa lannoitusohjelmaa käytettiin myös syysatoiseen 'Polka' -vadelmaan.

Lannoitteina käytettiin Yaran Ferticare 7-9-32 - ja YaraLiva Calcinit -lannoitteita. Lannoitus jaettiin lannoituskäsittelyssä 3 kolmelle kerralle viikossa ja muissa käsittelyissä kahdelle kerralle. Lannoituskäsittelyssä 3 annettiin lisäksi kaliumsulfaattia kerran viikossa raakilevaiheesta eteenpäin. Alkuperäisen, Glen Ample -lajikkeelle suunnitellun ohjelman mukaan kaliumsulfaatti parantaa marjan makua ja Brix-arvoa (Jennings, sähköpostiviesti

19.4.2013). Kokeessa käytettiin kaliumsulfaattilannoitteena Yaran Krista SOP-lannoitetta.

Kaikille käsittelyille annettiin lisäksi magnesiumsulfaattia kerran viikossa klorofyllin muodostumista parantamaan (Ruutiainen 2004, 271). Magnesiumsulfaatti lannoitukseen käytettiin Yaran Krista MgS -lannoitetta. Lannoitusohjelma liitteenä (liite 2). Taulukossa 1 on kokeen aikana annetut lannoitemäärät / lajike / käsittely.

Taulukko 1. Lajikekohtainen lannoitus (N/P/K g / ruukku) kokeen aikana kussakin lannoituskäsittelyssä. Glen Ample -lajiketta lannoitettiin aikavälillä 8.6–20.8 ja Polka -lajiketta 14.6–23.9 välisenä aikana.

	'Glen Ample'	'Polka'
Lannoituskäsittely 1	3/ 1/ 4	4/ 2/ 7
Lannoituskäsittely 2	5/ 2/ 8	8/ 4/ 14
Lannoituskäsittely 3	10/ 9/ 38	12/ 11/ 45

4.3 Kastelu ja kasvualusta

Kaikissa käsittelyissä taimia pyrittiin kastelemaan saman verran joka päivä lannoituksen määrästä riippumatta. Kastelu oli manuaalista, joten kastelumäärissä saattoi olla pieniä vaihteluita. Säästä riippuen taimet saivat 2–3 litraa kasteluvettä / -lannoitusta päivässä. Tippukastelu oli päällä kerralla noin 15 minuuttia, ja taimia kasteltiin yhteensä 30–45 minuuttia päivässä. Käytössä ollut kasteluvesi pumpattiin koetilán lähellä olevasta lammeesta.

Taimet olivat 10 litran ruukuissa. Jokaisessa ruukussa oli kaksi tippua. Kasvualustana käytettiin Kekkilán viljelyseos White 420W:tä. Ruukut sijoitettiin Mypex-kankaan päälle tunnelissa.

4.4 Koejäsenet

Kokeen 'Glen Ample' -taimet olivat Marjasuomen Taimituotannolla viljeltyjä long cane -taimia. Niistä oli otettu koetilalla ensimmäinen sato vuoden 2012 kesällä, ja jätetty seuraavaa vuotta varten kaksi kasvoversoa kasvamaan.

Kokeeseen valikoidut 'Glen Ample' -taimet arvioitiin silmämääräisesti tasalaatuisiksi. Muutamaa tainta lukuun ottamatta kaikissa oli kaksi noin 120 cm

pitkää satoversoa. Kaupallisessa tuotannossa oleviin taimiin verrattuna kokeen long cane -taimet olivat hieman heikkokasvuisia.

Polka -lajikkeen taimet olivat koulittaessa 10 cm korkeita tuoretaimia. Ne olivat Puolassa tuotettuja ja erittäin tasalaatuisia. Koulinnan jälkeen, taimet kas-teltiin huolellisesti käsin. Kaikkia taimia pyrittiin kastelemaan yhtä paljon.



Kuva 1. Kuvassa lannoituskäsittelyiden 1 (vas.) ja 2 rivit. Pienet taimet ovat Polka -koeruutuja ja isommat taimet Glen Ample -lajiketta

4.5 Mittaukset

Taimista laskettiin satoa ja kukkien määrää, mitattiin pituutta, lehtien klorofyllin määrää sekä marjan sokeripitoisuutta. Mittaukset tehtiin koeruuduittain. Glen Ample -lajikkeelle mittauksia tehtiin 8.6–20.8 välisenä aikana ja Polka -lajikkeelle 17.6–27.9 välisenä aikana.

Satoa kerättiin Glen Ample -lajikkeesta kahdesti viikossa ja Polka -lajikkeesta yhdesti. Sadosta punnittiin erikseen kauppakelpoinen ja -kelvoton sato sekä laskettiin kauppakelpoisten marjojen määrä. Punnituksessa käytettiin gram-mantarkkuudella mittaavaa kirjevaakaa.

Marjan sokeripitoisuus mitattiin Brix-mittarilla. Brix-mittaus tehtiin kerran viikossa. Mittaus suoritettiin heti poiminnan jälkeen. Mittausta varten soseutettiin 5–15 marjaa / koeruutu riippuen siitä kuinka paljon koeruutu tuotti kussakin sadonkorjuussa. Jokaisen koeruudun sosesta otettiin kolme eri mittaus-ta kerralla. Ensimmäinen Glen Ample -lajikkeen Brix-mittaus otettiin viidestä marjasta, jotka puristettiin valkosipulin puristimella, ja jokaisen marjan Brix-arvo mitattiin erikseen. Tämä käytäntö osoittautui kuitenkin erittäin työlääksi, jonka jälkeen siirryttiin soseutukseen. Mittauksessa käytettiin ATAGO Pocket refractometer PAL-3 -mittaria. Mittari kalibroitiin aina ennen ensimmäistä mittausta.

Glen Ample -lajikkeella mitattiin pituus satoverson lyhytversosta ja kasvuver-
sosta. Kokeen loppuvaiheessa mitattiin kaikkien kasvoversojen ja satoverson
lyhytversojen pituudet. Lyhytverson pituus mitattiin tyvestä viimeisten marjo-
jen haaroittumiskohtaan saakka. Kasvoverso mitattiin puolestaan verson ty-
veltä viimeiseen lehtien haaroittumiskohtaan saakka. Polka -lajikkeen jokai-
nen satoverso mitattiin erikseen kokeen lopussa. Pituus mitattiin verson tyvel-
tä ylimpään haaroittumiskohtaan. Mittaustarkkuus oli senttimetrejä molempi-
en lajikkeiden mittauksissa.

Kukat laskettiin jokaisesta satoversosta vadelman satopotentiaalin määrittämi-
seksi. Laskenta perustui kuihtuneisiin marjan kantoihin, raakileisiin ja kuk-
kiin, jotka eivät olleet kehittyneet marjoiksi. Laskennassa huomioitiin kukat,
jotka voitiin silmin havaita kukkanupuiksi sekä niistä kehittyneemmät kukka-
asteet. Glen Ample -lajikkeen kukat laskettiin suunnilleen kokeen puolessa
välissä ja Polka -lajikkeen kukat kokeen lopussa.

Klorofyllin määrää mitattiin SPAD-mittarilla. Mittaukset tehtiin kokeen aika-
na kahdesti kummallekin lajikkeelle. Glen Ample -lajikkeella ensimmäinen
mittaus tehtiin noin neljä viikkoa kokeen aloituksesta ja toinen mittaus noin
neljä viikkoa myöhemmin. Polka -lajikkeella mittaukset tehtiin 6,5 ja 14 vii-
koa kokeen aloituksesta. SPAD-luku mitattiin jokaisesta taimesta viidestä sa-
malla korkeudella olevasta lehdestä. Mittaus pyrittiin ottamaan samankokoi-
sista ja -ikäisistä lehdistä. Glen Ample -lajikkeella klorofylli mitattiin noin
metrin korkeudelta ja Polka -lajikkeella mittaus tehtiin noin 50 cm korkeudel-
ta molemmissa mittauksissa. Mittaus suoritettiin Konica Minolta SPAD-502
Plus -mittarilla, ja se kalibroitiin aina ennen mittauksien aloittamista.

Edellä mainittujen mittausten lisäksi kokeessa seurattiin kastelulannoituksen
johtokykyä. Jokaisen lannoituskäsittelyn antoliuoksen ja ylikasteluveden joh-
tokyky mitattiin johtokykymittarilla. Ylikasteluveden johtokyky mitattiin yh-
destä taimesta / lajike / lannoituskäsittely. Johtokyvyn seuranta aloitettiin vas-
ta kokeen puolivälissä, ja se oli verrattain epäsäännöllistä. Kokeessa käytetty
EC-93 Nieuwkoop BW -mittari oli kalibroitu 29.6.2012.

4.6 Hoitotoimenpiteet kokeen aikana

Kastelulannoituksen lisäksi muita kokeessa suoritettuja hoitotoimenpiteitä
olivat versojen tukeminen ja leikkuu sekä kasvinsuojelu. Kokeessa käytetty
kasvinsuojelu oli luonnonmukaista.

Glen Ample -lajikkeen kasvoversoista leikattiin ylimääräiset versot pois, jotta
ne eivät laskisi sadontuottokykyä. Jokaiseen taimen jätettiin kaksi vahvakas-
vuista kasvoversoa seuraava kasvukautta varten. Leikkuut suoritettiin 1.7 ja
30.7. Polka -lajikkeen versoja ei leikattu kertaakaan.

Kokeen alussa Glen Ample -lajikkeen satoversot tuettiin tukinauhalla bambukeppeihin ja tukilankaan. Polka -lajikkeen versot tuettiin myöhemmin heinäkuussa vadelman tukiverkolla, kun versojen kasvu muuttui enemmän lamoavaksi. Tukiverkko tuki samalla myös Glen Ample -lajikkeen lyhytversoja.

Kasvinsuojelussa vadelman äkämäpunkin torjuntaan käytettiin mäntysuopaliuosta (mäntysuopa 4 % + rypsiöljy 4 %), joka ruiskutettiin keväällä Glen Ample -lajikkeelle. Heinäkuussa vihannespunkin ja äkämäpunkin torjuntaan levitettiin ripsiäispetopunkkeja (*Amblyseius cucumeris*) koko koalueelle.

4.7 Muu havainnointi

Mittausten lisäksi koeruuduista havainnoitiin tauteja ja tuholaisia sekä taimien yleiskuntoa. Havainnointi oli epäsäännöllistä ja perustui silmämääräiseen arvioon.

Glen Ample -lajikkeesta määritettiin kokeen alussa (26.6) jokaisen koetaimen kasvukunto ja pituus sekä mahdollisten tautien ilmeneminen. Polka -lajikkeen koetaimet olivat alussa tasalaatuisia, joten niille ei tehty alkukartoitusta. Kokeen lopussa molemmista lajikkeista silmäiltiin lajikkeessa ilmeneviä tauteja ja tuholaisia.

4.8 Kasvukauden sää

Kasvukauden säätä seurattiin Metlan Suonenjoen tutkimusaseman sääasemasta touko-syyskuun ajan. Sääasema sijaitsee alle kilometrin päässä koetilasta. Sääasemalla mitattiin päivän keskilämpötilaa ja sadekertymää (liite 3).

Kasvukausi 2013 oli lämmin, ja lämpöä riitti pitkälle syksyyn. Toukokuussa lämpötila nousi rajusti loppua kohden, ja se pysytteli vähintään +15 °C:ssa elokuulle saakka. Lämpötila laski alle +10 °C:een vasta syyskuun loppupuolella. Sadetta tuli kohtalaisesti heinä-syyskuun aikana. Alkukesä oli erittäin aurinkoinen ja kuiva.

4.9 Aineiston tilastollinen käsittely

Kokeesta saatua dataa oli määrällisesti paljon, joten tilastollinen käsittely tehtiin vain viljelijän kannalta olennaisimmista tiedoista. Kokeen tuloksista analysoitiin tilastollisesti kummankin lajikkeen kokonaissato ja kukkien määrä sekä Glen Ample -lajikkeen marjan keskipaino. Polka -lajikkeen marjan keskipainolle tilastollista käsittelyä ei voitu tehdä puutteellisten tietojen vuoksi.

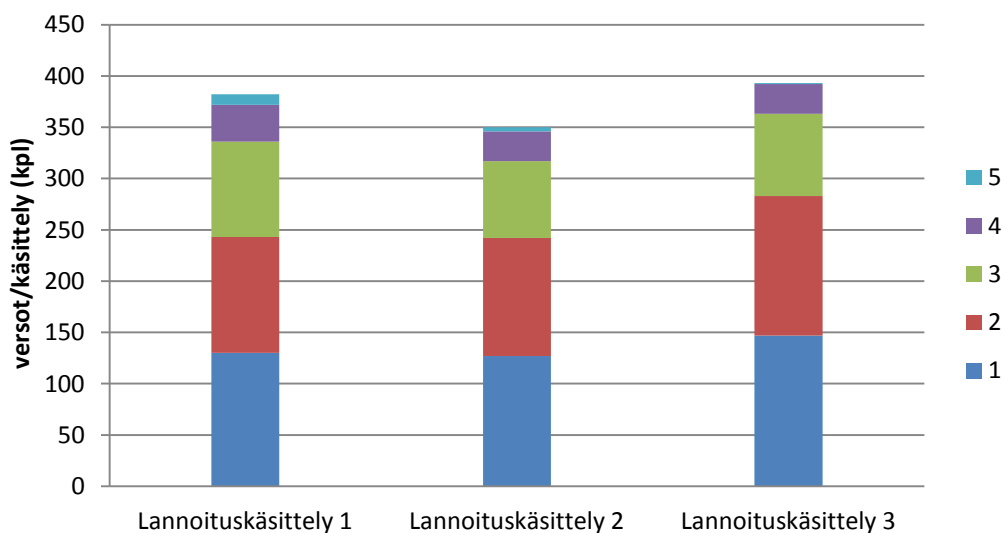
Analyysi suoritettiin IBM SPSS Statistics 22 -ohjelmalla. Kokeen datalle tehtiin UNIVARIATE -varianssianalyysi.

5 LANNOITUSKOKKEEN TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

Kokeen tuloksissa käsitellään satopotentiaalia, satoa ja sen laatua, vegetatiivista kasvua sekä kasvualustan johtokykyä. Lisäksi mainitaan lyhyesti tuho- ja tautihavainnoista koekasveissa.

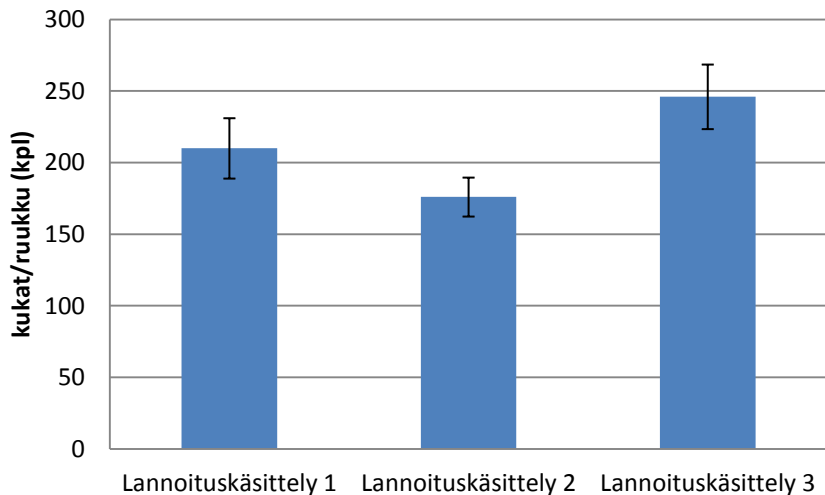
Sama koe hieman eri koejärjestelyin toteutettiin myös MTT:n Sotkamon tutkimusasemalla kesällä 2013. MTT:n kokeen tuloksista on maininta tämän kokeen tuloksien yhteydessä.

5.1 Vadelman satopotentiaali



Kuvio 1. Glen Ample -lajikkeen kaikki lyhytversot/lannoituskäsittely (kpl). Versot ovat luokiteltu pituuden mukaan. Luokat: 1: 1–10 cm, 2: 11–20 cm, 3: 21–30 cm, 4: 31–40 cm ja 5: 41–52 cm

Glen Ample -lajikkeen lyhytversojen määrässä ja pituuksissa on hieman eroja eri lannoituskäsittelyiden välillä (kuvio 1). Luokkien 2–5 eli 11–52 cm pitkien lyhytversojen määrä oli sadon tuoton kannalta olennaisinta, koska niihin kehittyi runsaimmin kukkia. Lannoituskäsittelyissä 1 ja 3 on suunnilleen saman verran luokkien 2–5 lyhytversoja. Lannoituskäsittelyssä 2 niitä on sen sijaan hieman vähemmän. MTT:n tekemässä tutkimuksessa Glen Ample -lajike tuotti keskimäärin noin 22 cm pituisia lyhytversoja (Palonen ym. esitelmä 22.9.2011). Tämän kokeen lyhytversoista suurin osa on samaa luokkaa. Kaiken kaikkiaan 'Glen Ample' -materiaali oli kohtuullisen tasalaatuista.

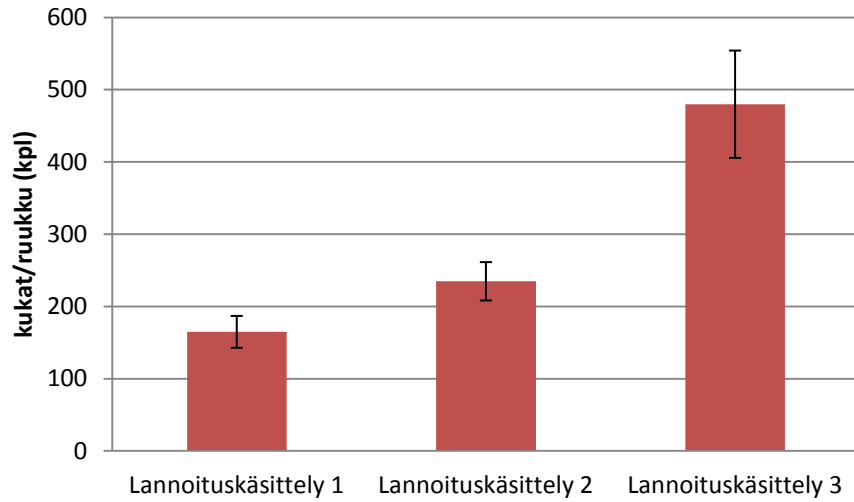


Kuvio 2. Glen Ample -lajikkeen kukkien määrä/ruukku (kpl) eri lannoituskäsittelyissä. ($P > 0,05$)

Kuviosta 2 voidaan havaita yhteneväisyyksiä kuvion 1 kanssa. Kukkia / ruukku / lannoituskäsittely on suhteessa saman verran kuin lyhytversoja kussakin lannoitustasossa. Erot kukkien määrässä lannoituskäsittelyiden välillä eivät ole tilastollisesti merkittäviä ($P > 0,05$). Lannoituksen lisääminen ei täten vaikuta merkittävästi Glen Ample -lajikkeen kukkien määrään. Tämä voidaan selittää sillä, että lajike on kesäsatoinen eli tuottaa kukka-aiheet satovuotta edeltävänä kesänä. Täten lannoituksella ei voida vaikuttaa merkittävästi satoversojen kukkien kehittymiseen. (Ruutiainen 2004, 27–28.)

Kaiken kaikkiaan kukkia on keskimääräistä vähemmän, kun verrataan muihin suomalaisiin tutkimustuloksiin. Niissä Glen Ample -lajikkeen kukkien määrä vaihtelee välillä 230–300 kukkaa / taimi. (Palonen ym. 2010; Palonen ym. esitelmä 22.9.2011.) Norjalaisessa tutkimuksessa pelkästään jo marjoja kehittyi 500 kpl / taimi (Heiberg ym. 2008).

Glen Ample -lajikkeen satopotentiaalini voidaan todeta olevan kohtuullisen alhainen tässä kokeessa. Keskimääräisen Glen Ample -marjan painon (5 g) mukaan laskettuna satopotentiaali on 400–600 g / verso. Yleensä lajike tuottaa satoa 200–1200 g / verso (Sønsteby ym. 2009; Ruottinen n.d., 152; Karhu ym. 2012, 13). Alhainen satopotentiaali johtuu todennäköisesti koetaimien heikosta kunnosta. Vadelman sadontuottokyvyn tiedetään laskevan ensimmäisen satovuoden jälkeen, ja tässä kokeessa koetaimet olivat jo toista vuotta tuotannossa (Heiberg ym. 2008; Scholtens & Dijkstra 1993).

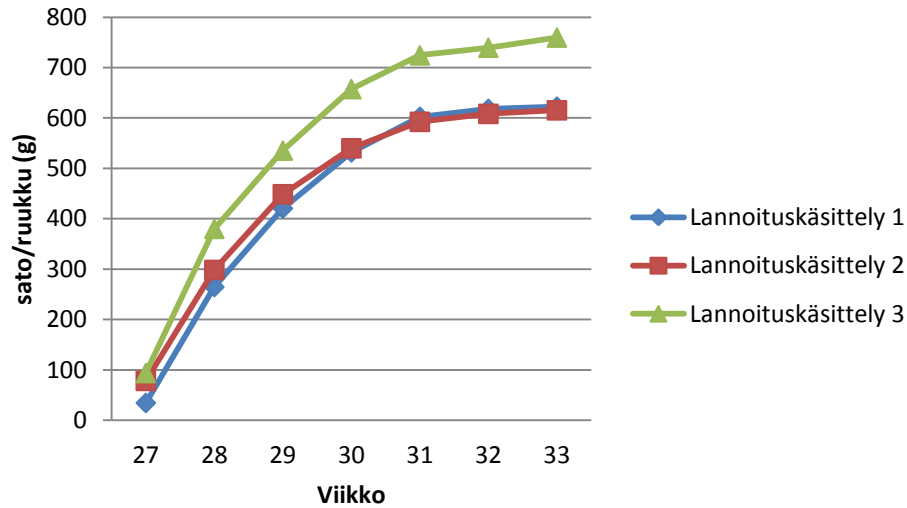


Kuvio 3. Polka -lajikkeen kukkien määrä/ruukku (kpl) eri lannoituskäsittelyissä. ($P < 0,05$)

Polka -lajikkeen kohdalla voidaan sen sijaan havaita lannoituskäsittelyn vaikuttavan tilastollisesti merkittävästi ($P < 0,05$) kukkien määrään (kuviokuva 3). Lannoituskäsittelyssä 3 kukkien määrä on huomattavasti suurempi kuin lannoituskäsittelyssä 1 ja 2. Suomalaisessa tunnelikokeessa 'Polka' tuotti noin 200 kukkaa / taimi (Palonen ym. 2010). Siihen nähden lannoituskäsittelyn 3 kukkamäärä on erittäin korkea. Runsaan lannoituksen voidaan todeta lisäävän merkittävästi satopotentiaalia Polka -lajikkeella.

Eroavaisuus kukkien määrässä myös lajikkeiden välillä on tilastollisesti merkittävää ($P = 0,039$). Merkittävä ero lajikkeiden välillä johtunee lajikkeiden erilaisesta kasvurytmistä. 'Polka' on syysvadelma, joka tuottaa kukat jo ensimmäisen vuoden versoihin, kun taas Glen Ample -lajikkeella satoversot ovat 2. vuoden versoja, ja niiden kukka-aiheet ovat muodostuneet jo edellisellä syksynä 1.vuoden kasvuversoihin. Lannoituksella voidaan havaita merkittävää vaikutusta kehittyvien kukkien määrään vain kukka-aiheiden muodostumisen aikana. (Ruutiainen 2004, 27–30.)

5.2 Vadelman sato



Kuvio 4. Glen Ample -lajikkeen kumulatiivinen kauppakelpoinen sato/ruukku (g) eri lannoituskäsittelyissä. ($P > 0,05$)

Kokeen tulosten mukaan lannoituksen lisääminen ei vaikuta tilastollisesti merkittävästi sadon määrään ($P > 0,05$). Kuvion 4 mukaan lannoituskäsittelyssä 3 on noin 100 grammaa suurempi sato / ruukku kuin lannoituskäsittelyssä 1 ja 2, jotka ovat suunnilleen samaa tasoa. Sadon tuotto näyttää olleen runsaimmillaan ensimmäisten kolmen viikon aikana, jonka jälkeen tuotto hiipui. 'Glen Ample' tuotti satoa kokeessa vajaan kahden kuukauden ajan heinäkuun alusta lähtien.

Kirjallisuuteen verrattuna, jonka mukaan 'Glen Ample' tuottaa satoa 200–1200 g / verso, tämän kokeen tulos on kohtalaisen heikko (Sønsteby ym. 2009; Ruottinen n.d., 152; Karhu ym. 2012, 13). MTT:n tekemässä tutkimuksessa yksiversoisena kasvatettu 'Glen Ample' antoi satoa 550 g / kasvi (Palonen ym., esitelmä 22.9.2011). Kesällä 2013 suoritetussa MTT:n tunnelikokeessa 'Glen Ample' tuotti 1. käsittelyssä 618 g / taimi, 2. käsittelyssä 665 g / taimi ja 3. käsittelyssä 890 g / taimi. MTT:n kokeen käsittelyiden 2 ja 3 tulokset ovat tätä koetta korkeammat. Tähän syynä on todennäköisesti tässä kokeessa ilmennyt runsas tauti- ja tuholaisesiintymä (katso kohta 5.6). MTT:n kokeessa marjat olivat lähes 100 % kauppakelpoisia, kun taas tässä kokeessa hävikki vaihteli välillä 25–50 %. (Taulukko 2; Hoppula, sähköpostiviesti 7.4.2014.)

Tunnelivadelman lannoitus rajoitetussa turvealustassa; kolmen eri lannoitustason vertailukoe

Taulukko 2. Glen Ample -lajikkeen marjojen kokonaismäärä (kpl) ja kauppakelpoinen sato (%) eri lannoituskäsittelyissä

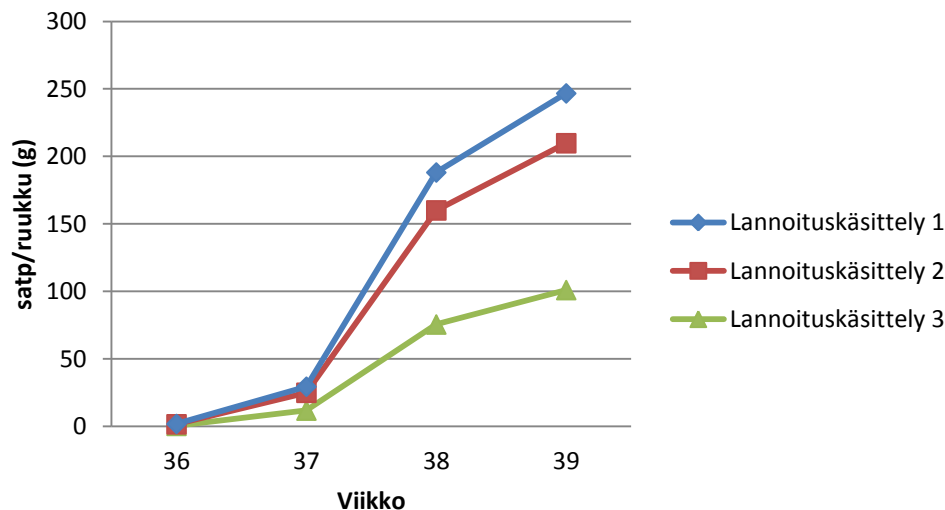
	Lannoituskäsittely 1	Lannoituskäsittely 2	Lannoituskäsittely 3
marjojen määrä (kpl/lannoituskäsittely)	1985	1759	2037
kauppakelpoinen sato kokonaissadosta (%)	75	74	49

Lannoituskäsittelyn 3 suurempi satotaso lannoituskäsittelyihin 1 ja 2 verrattuna johtuu todennäköisesti kukkien ja marjojen runsaammasta määrästä sekä marjan suuremmasta keskipainosta. Lannoituskäsittelyssä 3 oli lannoituskäsittelyyn 2 verrattuna runsaammin kukkia ja marjoja kypsyi enemmän. Lisäksi marjat olivat suurempia kuin lannoituskäsittelyssä 2 (taulukko 2 ja 3). Lannoituskäsittelyssä 1 puolestaan marjoja kypsyi lannoituskäsittelyä 3 enemmän, mutta niiden keskipaino on lannoituskäsittelyä 3 alhaisempi, jolloin satotaso jää lannoituskäsittelyä 3 matalammaksi (taulukko 2 ja 3). Lannoituskäsittelyn 3 suureen marjakokoon vaikutti todennäköisesti kaliumin runsas määrä lannoitteessa. Sen tiedetään parantavan marjan laatua ja nostavan ainakin syysvadelmalla satotasoa yhdessä typen kanssa (Buskiené & Uselis 2008, 30; Ruutiainen 2004, 271).

Lannoituskäsittelyn 3 kauppakelpoista satotasoa alentaa merkittävästi runsas hävikki, joka on jopa 51 % kokonaistuotosta (taulukko 2). Muissa lannoituskäsittelyissä hävikki on pienempää, noin 25 %. Lannoituskäsittelyn 3 runsaaseen hävikkiin on syynä todennäköisimmin erilaiset taudit ja tuholaiset.

Runsaammasta lannoituksesta huolimatta lannoituskäsittelyssä 2 satotaso on sama kuin lannoituskäsittelyssä 1. Sama satotaso johtuu todennäköisesti siitä, että lannoituskäsittelyssä 2 oli alun perin vähemmän kukkia, joten marjojakin kypsyi vähemmän kuin lannoituskäsittelyssä 1. Lisäksi marjan keskipaino on sama kummassakin lannoituskäsittelyssä (taulukko 3).

Tunnelivadelman lannoitus rajoitetussa turvealustassa; kolmen eri lannoitustason vertailukoe



Kuvio 5. Polka -lajikkeen kumulatiivinen sato/ruukku (g) eri lannoituskäsittelyissä. ($P > 0,05$)

Polka -lajikkeella satotasot ovat eri lannoituskäsittelyillä päinvastaiset kuin Glen Ample -lajikkeella (kuvio 5). Erot lannoitustasojen välillä eivät ole tilastollisesti merkittäviä ($P > 0,05$). Satotasoissa on tilastollista merkitsevyyttä ainoastaan lajikkeiden välillä ($P = 0,001$).

Lannoituskäsittelyiden 2 ja 3 alhainen satotaso voi johtua siitä, että korkea tyypin määrä lannoituksessa lisäsi voimakkaasti verson vegetatiivista kasvua, erityisesti versojen määrää, viivästyttäen marjojen kehittymistä. Lannoituskäsittelyiden 2 ja 3 satopotentiaalit ovat kuitenkin korkeimmat (kuvio 3). Satotasojen käänteinen järjestys satopotentiaaliin verrattuna viittaisi siihen, että lannoitetypen määrällä on vaikutusta sadon kypsymisen ajankohtaan Polka -lajikkeella. (Ruutiainen 2004, 270). Toisaalta MTT:n kesän 2013 kokeessa tulos oli kuta kuinkin päinvastainen tähän kokeeseen verrattuna. MTT:n kokeessa 'Polka' tuotti satoa 1. käsittelyssä 183 g / taimi, 2. käsittelyssä 172 g / taimi ja 3. käsittelyssä 271 g / taimi. Satotaso nousi käsittelyssä 3 muita käsittelyitä korkeammaksi. (Hoppula, sähköpostiviesti 7.4.2014.)

Sadon tuotto oli kaiken kaikkiaan vähäistä Polka -lajikkeella, koska suurin osa marjoista ei ehtinyt kypsymään kokeen aikana. Ensimmäinen sato kerättiin vasta syyskuun alussa. Kokeen lopussa suurin osa kukista oli vielä nupulla tai kehittyneet marjat raakilevaiheessa. Sama ilmiö havaittiin suomalaisessa tunnelikokeessa, jossa lokakuun lopussa oli vielä runsaasti raakileita, kukkia ja nappuja jäljellä (Palonen ym. 2010). Myös Sotkamossa toteutetussa MTT:n kokeessa satokausi viivästyi syyskuun alkuun, ja lokakuun alussa versoissa oli vielä kohtalaisen paljon kukkia. (Hoppula, sähköpostiviesti 7.4.2014.) Tämä on todettu olevan ongelma syysvadelman tuotannossa Suomessa. Syysvadelma vaatii pitkän kesän saavuttaakseen riittävän verson pituuden ja sitä myöten kukkien muodostumisen. (Ruutiainen 2003.) Norjalaisessa kokeessa Polka -

lajikkeesta aloitettiin sadonkorjuu heinä-elokuun vaihteessa ja saatiin satoa keskimäärin noin 640 grammaa / taimi (Sønsteby & Heide 2010).

Polka -lajikkeen alhaiseen satotasoon tässä kokeessa vaikuttivat todennäköisesti kokeen myöhäinen aloitusajankohta. Samaan johtopäätökseen tultiin myös MTT:llä Sotkamossa (Hoppula, sähköpostiviesti 7.4.2014). Lisäksi lannoitustekniikalla saattoi olla merkitystä tässä kokeessa Polka -lajikkeen alhaiseen satotasoon. Lannoituskäsittelyn 3 lannoitusohjelma oli suunniteltu erityisesti kesäsatoiselle vadelmalle, ja kokeessa noudatettiin Glen Ample -lajikkeen kasvurytmiä.

Taulukko 3. Glen Ample - ja Polka -lajikkeiden marjojen paino (g) eri lannoituskäsittelyillä. Keskihajonta (s = 0,49)

	Lannoituskäsittely 1	Lannoituskäsittely 2	Lannoituskäsittely 3
'Glen Ample'*	4(0,49)	4(0,45)	5(0,99)
'Polka'	4(0,82)	5(0,00)	6(0,00)

*Tilastollinen merkitsevyys $P \leq 0,005$

Glen Ample -lajikkeella marjan keskipainon erojen lannoituskäsittelyiden välillä voidaan sanoa olevan vielä tilastollisesti merkittävää ($P = 0,005$). Lannoituskäsittelyssä 3 on suurin keskipaino lannoitustasojen 1 ja 2 ollessa samoja. Glen Ample -lajikkeen marjan keskipaino on ollut kenttäkokeissa yleensä 4–6 gramman välillä (Mylnefield Research Services 2011). Tämän kokeen keskipainot sijoittuvat samalle välille, joten kokeen lannoitus ei tuottanut erityisen pieniä tai suuria marjoja. MTT:n kokeessa Glen Ample -lajikkeen marjapainot olivat käsittelyiden 1–3 välillä seuraavat: 3,4; 3,6 ja 4,3 g / marja (Hoppula, sähköpostiviesti 7.4.2014). MTT:n kokeessa marjat olivat keskimäärin hieman pienempiä tämän kokeen tuloksiin verrattuna, mutta tämän kokeen tapaan käsittelyiden 1 ja 3 välillä marjapainossa on eroa noin gramman verran MTT:n kokeessakin.

Lannoituskäsittelyssä 3 hajonta on suurempaa muihin lannoitustasoihin verrattuna. Se viittaa siihen, että lannoituskäsittelyssä on myös keskiarvoa reilusti pienempiä ja suurempia marjoja. Kokeen perusteella voidaan kuitenkin todeta runsaamman lannoituksen tuottavan suurempia marjoja Glen Ample -lajikkeella.

Polka -lajikkeen marjan keskipainolle ei tehty tilastollista tarkastelua, mutta keskipainojen voidaan havaita poikkeavan eri lannoitustasojen välillä. Lannoituskäsittelyn 3 keskipaino on kokeen korkein. Glen Ample -lajikkeen tapaan Polka -lajikkeen runsas lannoitus nostaa marjan keskipainoa. Suomalai-

sessä tutkimuksessa 'Polka' -marjan paino oli 5 g, joka on samaa luokkaa tämän kokeen tulosten kanssa (Palonen ym. 2010). Myös MTT:n tulokset Polka-lajikkeella marjapainon osalta ovat noin 5 grammaa / marja. Vaihtelua matalimman ja suurimman lannoitustason välillä on vain 0,2 grammaa. (Hoppula, sähköpostiviesti 7.4.2014.) Tässä kokeessa 'Polka' -marjan painossa saatiin suurempaa vaihtelua lannoitustasojen välille Sotkamon MTT:n kokeeseen verrattuna.

5.3 Vadelman Brix-arvo

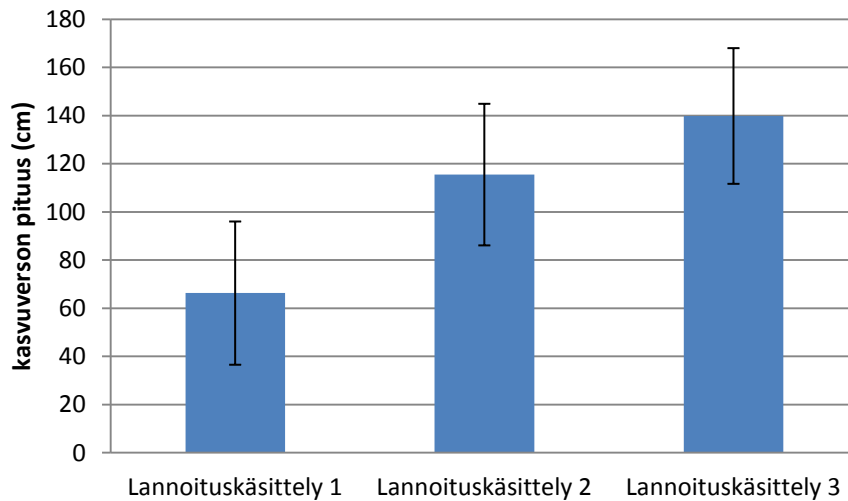
Taulukko 4. Glen Ample - ja Polka -lajikkeiden Brix-arvo (°Bx) eri lannoitustasoissa

	Lannoituskäsittely 1	Lannoituskäsittely 2	Lannoituskäsittely 3
'Glen Ample'	10,4	10,2	9,4
'Polka'	5,9	5,2	5,0

Molemmilla lajikkeilla keskimääräiset Brix-arvot laskevat lannoitustason noustessa. Polka -lajikkeen arvot ovat reilusti Glen Ample -lajiketta alhaisemmat. Glen Ample -lajikkeen Brix-arvo on yleensä noin 9,2 (Mylnefield Research Services 2011). Tämän kokeen tulokset vahvistavat Galletan ja Himmelrickin (1990) havaintoa siitä, että typpilisäys laskee marjan sokeripitoisuutta (Spiers ym. 1999).

Lannoituskäsittelyn 3 tulos Glen Ample -lajikkeen kohdalla on mielenkiintoinen, sillä sen lannoitusohjelmaan on lisätty kaliumsulfaattia parantamaan nimenomaan Brix-arvoa. Tässä kokeessa kaliumsulfaatin lisäyksellä ei saatu haluttua tulosta.

5.4 Vadelman vegetatiivinen kasvu

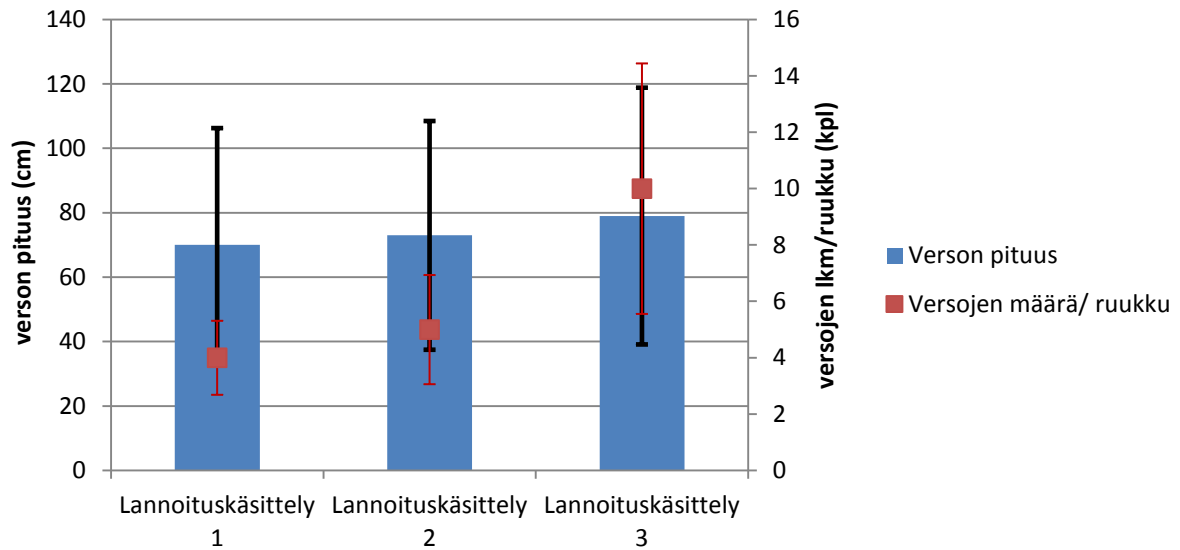


Kuvio 6. Glen Ample -lajikkeen kasvuversion pituus (cm) eri lannoitustasoissa kokeen lopussa

Glen Ample -lajikkeen kasvuversion pituus kasvaa lannoitustason noustessa. Typenlisäys edistää tunnetusti vegetatiivista kasvua (Ruutiainen 2004, 270; Spiers ym. 1999; Strik 2008). Samaan päätelmään voidaan tulla myös tämän kokeen perusteella (kuvio 6). Toisaalta kaikkien lannoitustasojen hajonta pituuskasvussa on suurta eli kaikissa lannoitustasoissa on myös keskiarvoa reilusti lyhyempiä ja pidempiä versoja.

Kokeesta voidaan myös havaita, että vegetatiivinen kasvu ei lisääntynyt samassa suhteessa käsittelyssä annettuun typpimäärään (taulukko 1). Annettu typpi on todennäköisesti sitoutunut kasvualustaan ja kasvin muihin osiin sekä huuhtoutunut osin pois (Puustjärvi 1991, 153). Typen tiedetään sitoutuvan myös lyhytversoisiin ja marjoihin. Marjojen typpipitoisuuden on todettu olevan korkea runsaassa typpilannoituksessa. (Strik 2008.)

Tunnelivadelman lannoitus rajoitetussa turvealustassa; kolmen eri lannoitustason vertailukoe



Kuvio 7. Polka -lajikkeen verson pituus (cm) ja määrä (kpl) eri lannoituskäsittelyissä kokeen lopussa

Polka -lajikkeen kohdalla kasvoversojen pituuskasvussa ei ole merkittävää eroa. Keskiarvot poikkeavat toisistaan hyvin vähän, ja hajonta kaikkien lannoituskäsittelyiden sisällä on suurta. Jokaisessa lannoituskäsittelyssä on siis huomattavasti keskiarvopituudesta poikkeavia versoja (kuvio 7).

Lannoituskäsittelyn 3 suhteellisen alhainen keskiarvopituus selittynee sillä, että versojen määrä / ruukku on selkeästi muita lannoituskäsittelyitä korkeampi. Pituuskasvun sijasta lannoituskäsittelyn 3 taimet tuottivat runsaasti versoja. Syysvadelman on havaittu tuottavan paljon versoja pitkässä päivässä (Dale 2008). Se voisi olla yksi mahdollinen syy runsaaseen verson tuottoon.

Sen sijaan typen ja kaliumin lisäys lannoituskäsittelyssä 2 ei vaikuttanut merkittävästi vegetatiiviseen kasvuun lannoituskäsittelyyn 1 verrattuna, vaikka lannoituskäsittelyssä 2 annettiin puolet enemmän mainittuja ravinteita (taulukko 1). Runsaan kalium- ja typpilannoituksen on havaittu parantavan vegetatiivista kasvua syysvadelmalla (Buskien & Uselis 2008).

Tunnelivadelman lannoitus rajoitetussa turvealustassa; kolmen eri lannoitustason vertailukoe

Taulukko 5. Glen Ample - ja Polka -lajikkeiden keskimääräiset SPAD-arvot eri lannoitus-
käsittelyissä. Keskihaarjonta (s = 1,52)

	Lannoituskäsittely 1	Lannoituskäsittely 2	Lannoituskäsittely 3
'Glen Ample'	36,2(1,52)	39,9(1,09)	47,0(4,35)
'Polka'	34,3(3,23)	38,9(2,44)	40,3(1,18)

Klorofyllipitoisuus lisääntyy taulukon mukaan kummallakin lajikkeella lannoitustason noustessa (taulukko 5). Selkeä ero klorofyllin määrässä on erityisesti Glen Ample -lajikkeella verrattaessa lannoituskäsittelyä 3 käsittelyihin 1 ja 2, joiden SPAD-lukemat ovat reilusti alhaisemmat. Toisaalta Glen Ample -lajikkeen hajonta on myös suurta lannoituskäsittelyssä 3. Syyinä suureen vaihteluun on mittaustulosten eroavaisuus eri mittauskerroilla.

Polka -lajikkeella erot lannoituskäsittelyiden välillä ovat Glen Ample -lajiketta maltillisemmat. Kaiken kaikkiaan Polka -lajikkeen arvot ovat alhaisemmat, minkä voi todeta kuvista. 'Polka' -kasvuston väritys on 'Glen Ample' -kasvustoa vaaleampi (kuvat 2 ja 3).

Typhen tiedetään nostavan klorofyllin määrää lehdessä (Ruutiainen 2004, 270; Spiers ym. 1999). Tulosten perusteella typpilisäyksen voidaan todeta lisäävän klorofyllin määrää myös tässä kokeessa. Runsas lannoitus parantaa erityisesti Glen Ample -lajikkeen klorofyllin kehittymistä.



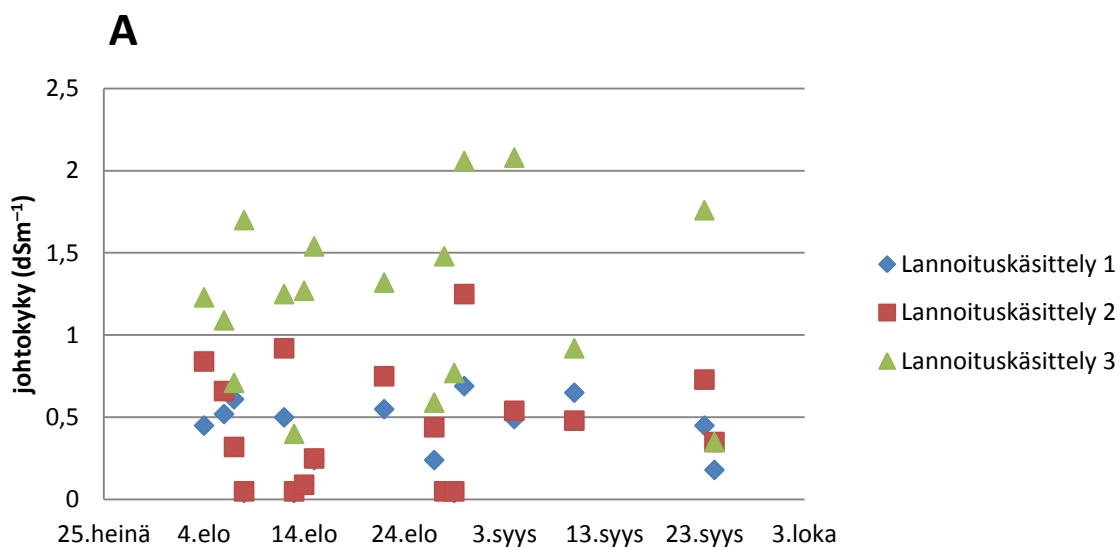
Kuva 2. Glen Ample -lajikkeen koeruutuja. Vasemmalta oikealle: lannoitustaso 1, lannoitustaso 2 ja lannoitustaso 3. Kuvasta voi havaita eroja erityisesti kasvuversojen kasvussa

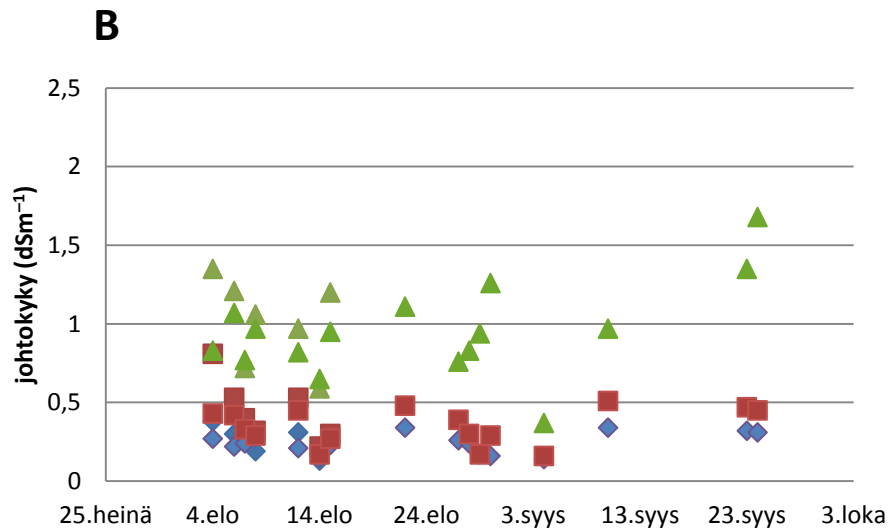
Tunnelivadelman lannoitus rajoitetussa turvealustassa; kolmen eri lannoitustason vertailukoe



Kuva 3. Polka -lajikkeen koeruutuja. Vasemmalta oikealle: lannoitustaso 1, lannoitustaso 2 ja lannoitustaso 3. Kasvuston rehevyys lisääntyy lannoitustason noustessa vasemmalta oikealle

5.5 Lannoituksen johtokyky





Kuvio 8. A) Antoliuoksen johtokyky (mS/cm) ja B) ylikasteluveden johtokyky eri lannoituskäsittelyissä ajalta 4.8.–24.9.

Johtokyky vaihtelee kunkin lannoituskäsittelyn kohdalla kuviossa lannoituspäivän mukaan (liite 2). Johtokyky on korkeimmillaan heti lannoituksen jälkeen mitattuna ja alhaisimmillaan ennen lannoitusta mitattaessa (kuvio 8, kuvaaja A). Johtokyky nousee antoliuoksessa, mitä korkeampi käsittelyn lannoitustaso on. Lannoituskäsittelyssä 3 näyttää kuvion 6 mukaan olleen keskimäärin korkein johtokyky. Lannoituskäsittelyn 2 ja 3 johtokykylukemat heilahtelevat rajusti, mutta lannoituskäsittelyn 1 johtokyky antoliuoksessa on pysynyt kohtuullisen stabiilina.

Antoliuoksen johtokyvyt ovat lannoituskäsittelyssä 2 ja 3 suunnilleen normaalilla tasolla verrattuna kirjallisuuteen ja tutkimuksiin, joissa ilmenneet johtokyvyt liikkuvat välillä 1,1–2,0 dSm⁻¹ (Ruottinen n.d., 178–179; Sønsteby ym. 2009). Sen sijaan lannoituskäsittelyn 1 johtokyky pysyttelee koko ajan erittäin alhaalla. Alhaisessa johtokyvyssä kasvin riittävä ravinteiden otto ei ole taattua (Puustjärvi 1991, 151–152.) Lannoituskäsittelyn 1 vegetatiivinen ja generatiivinen tuotto olikin heikointa kaikista käsittelyistä.

Ylikasteluveden johtokykylukemat ovat antoliuoksen lukemia stabiilimpia. Ylikasteluveden johtokyvyn voi havaita nousevan lannoituksen lisääntyessä. Lannoituskäsittelyn 3 ylikastelun johtokyky on suunnilleen samaa tasoa antoliuoksen kanssa, mutta lannoituskäsittelyissä 1 ja 2 johtokyky ylikasteluvessään pysyttelee antoliuoksen johtokykyä alhaisempaa (kuvio 8, kuvaaja B). Yleensä ylikasteluveden johtokyky on reilusti antoliuoksen johtokykyä korkeampia (Lang 1996, 134). Norjalaisessa kokeessa kastelulannoitus annettiin 1–6 kertaa päivässä turvekasvualustaan. Kokeen ylikasteluveden johtokyky vaihteli 1,8–3,1 dSm⁻¹ välillä elokuuhun saakka ja siitä eteenpäin välillä 0,7–

2,5 dSm⁻¹. (Heiberg ym. 2008.) Kirjallisuuden valossa kokeen johtokyvyt ylikasteluvudessa ovat erittäin alhaiset.

Ylikasteluveden alhaisempi johtokyky verrattuna antoliukseen viittaa siihen, että vadelma on ottanut runsaasti ravinneioneita ja / tai ionit ovat pidättyneet kasvualustaan (Puustjärvi 1991, 151–152, 213–214, 220). Tämän perusteella lannoitetta voisi antaa enemmän ainakin lannoitekäsittelyissä 1 ja 2, jotta kasvi ei kärsi ravinnepuutoksesta.

Johtokykymittari oli kalibroitu noin vuosi ennen kokeen toteutusta, ja mittaukset tehtiin ainoastaan yhdestä ruukusta / lajike / lannoitustaso. Epätarkkojen mittausmenetelmien vuoksi johtokykytulokset eivät ole täysin luotettavia.

5.6 Tuholaisten ja tautien havainnointi

Kokeen alussa Glen Ample -lajikkeelle tehtiin silmämääräinen arvio sen taimien kunnosta sekä niissä ilmenevistä taudeista ja tuholaisista. Kokeen lopussa tehtiin molemmille lajikkeille silmämääräinen uudelleenkartoitus taudeista ja tuholaisista.

Alkuarvion mukaan Glen Ample -lajikkeessa oli pienikokoisia taimia / keskimääräistä lyhyempiä satoversoja noin puolessa koemateriaalista jokaisessa lannoituskäsittelyssä. Osassa 'Glen Ample' -taimista latvuksen versot olivat kellertäviä (kuva 4). Lannoituskäsittelyissä 1 ja 2 kellertäviä latvoja oli suunnilleen saman verran (noin 40 % koekasveista), kun taas lannoitustasossa 3 niitä oli alle 10 %. Kokeen loppuvaiheessa kellertävä väritys oli levinnyt koko koemateriaaliin. Ylimmät lehdet olivat osin ruskeita ja kuihtuneita. Polka -lajikkeella oireita ei juuri ollut havaittavissa. Kellertävän värin aiheuttajana oli mahdollisesti vihannespunkki. Tyypillisesti punkin aiheuttamat oireet ilmenevät lehdessä aluksi vaaleina laikkuina, jotka muuttuvat myöhemmin harmaankellertäviksi, ja lopulta punkkien imentä johtaa lehtien kuihtumiseen. Vihannespunkteja on erityisen runsaasti lämpiminä kesinä. (Tuovinen 2012, 319. Kesän 2013 lämmin sää suosi todennäköisesti vihannespunkkien esiintymistä.



Kuva 4. Vihannespunkin aiheuttama kellertävä väritys kuvassa kokeen alussa (oik.). Lopussa (vas.) oireita esiintyi kaikissa Glen Ample -lajikkeen taimissa.

Glen Ample -lajikkeella ilmeni alkukartoituksessa myös vaaleita, laajoja laikkuja lehtien pinnalla. Laikut olivat todennäköisesti vadelman äkämäpunkin aiheuttamia (kuva 5). Niitä ilmeni lannoitustason 3 taimilla eniten (noin 60 %) ja lannoitustasossa 1 vähiten (noin 25 %). Kokeen lopussa oireet olivat levinneet kaikkiin 'Glen Ample' -taimiin. Laikukkaita lehtiä oli kaikkien Glen Ample -lajikkeen koetaimien kasvuversoissa. Satoversoissa oireita ilmeni puolella lannoitustason 3 koetaimista ja muutamalla lannoitustason 2 koetaimista. Polka -lajikkeella äkämäpunkin oireita ei ilmennyt. Äkämäpunkkien vioitus näkyy kellanvihreinä ja laajoina laikkuina lehden yläpinnalla. Se on erityisen yleinen Glen Ample -lajikkeella. (Tuovinen 2012, 320.)



Kuva 5. Vadelman äkämäpunkin aiheuttamia vioituksia Glen Ample -lajikkeen lehdessä

Vadelman varsisääsken toukkia esiintyi lannoitustasossa 3 kummallakin lajikkeella loppuarviossa versojen tyvellä (kuva 6). Polka -lajikkeella toukkia ilmeni 25 %:ssa taimista. Glen Ample -lajikkeella varsisääsken toukkia oli

noin 60 %:ssa taimista. Varsisääski munii nuorten versojen halkeamiin ja muista kehittyneet toukat vioittavat versoja. Toukat ovat väriltään punertavia ja noin 3–4 mm:n pituisia. (Tuovinen 2012, 322.)



Kuva 6. Vadelman varsisääsken toukkia 'Glen Ample' -taimen tyvellä

Polka -lajikkeessa esiintyi vadelman versotautia lannoitustasossa 3 50 %:ssa taimista (kuva 7). Versojen tyvi oli täysin mädäntynyt, verso katkesi helposti ruukun tyveltä. Versotauti iskee varsisääsken toukkien aiheuttamiin vioituskohtiin (Tuovinen 2012, 322). Sieni tuhoaa versojen tyviä aiheuttaen versojen mustumisen ja katkeamisen tyveltä (Parikka & Lemmetty 2012, 317).



Kuva 7. Vadelman versotauti tuhoaa versojen tyviä maan rajasta. Tautia esiintyi Polka -lajikkeella lannoitustasossa 3

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokeen johtopäätöksenä voidaan todeta, että runsas lannoitus ei vaikuta tilastollisesti merkittävästi kesävadelman satotasoon, mutta nostaa merkittävästi syysvadelman satopotentiaalia. Lannoitusta lisäämällä saadaan kuitenkin tuotettua suurempia marjoja kesä- ja syysvadelmalla. Lannoitelisäys vaikuttaa marjan laatuun alentamalla marjan sokeripitoisuutta.

Glen Ample -lajikkeen kohdalla tuholaisten runsas esiintyminen aiheutti runsaasti hävikkiä sadossa vaikuttaen todennäköisesti kokeen tuloksiin. Lisäksi Glen Ample -koetaimien heikko kunto vaikutti mahdollisesti tuloksiin alentaen satopotentiaalia. Polka -lajikkeen kohdalla puolestaan satoa tuli vasta myöhään syksyllä, kokeen loppuvaiheessa, joten lannoituksen todellista vaikutusta syysvadelman satotasoon ei voitu tämän kokeen perusteella selvittää.

Runsas lannoitus vaikutti tilastollisesti merkittävästi kukkien määrään vain Polka -lajikkeella. Kokeen perusteella voidaan päätellä runsaan lannoituksen lisäävän kukkien määrää ainakin syysvadelmalla. Lannoituksen vaikutukset kukkien määrässä näkyvät kesävadelmassa todennäköisesti seuraavana kasvukautena, koska kesävadelma kehittää kukka-aiheensa aina 1. vuoden versoon (Ruutiainen 2004, 27–28).

Kokeen tulosten mukaan lannoitetta lisäämällä parannetaan vadelman vegetatiivista kasvua. Lannoitelisäyksen myötä kasvuverson määrää lisääntyy, pituuskasvu nopeutuu sekä klorofyllipitoisuus lehdessä nousee sekä kesä- että syysvadelmallakin.

Kokeen tulokset ovat suuntaa antavia, sillä kokeessa oli monta tulokseen vaikuttavaa tekijää kuten tuholaisten, koejärjestelyt, kokeen ajankohta, taimien kunto ja kastelujärjestelmä. Koe vaatisi toistoja, jotta voitaisiin saada selville tehostetun lannoituksen todelliset vaikutukset. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin havaita lannoitelisäyksen parantavan kohtuullisesti kesävadelman satoa. Jopa merkittävästi, kun huomioidaan myös epäkurantti sato. Lannoitusohjeistusta ajatellen tulokset viittaavat siihen, että ohjeistuksen lannoitemääriä olisi syytä nostaa.

Suurimmat lannoitemäärät eivät välttämättä sovellu viljelymenetelmään, jossa samaa tainta viljellään useamman vuoden, koska runsas lannoitus lisää todennäköisesti talvehtimisriskiä (Ruutiainen 2004, 270). Toisaalta vadelman astiaviljelyssä taloudellisesti kannattavinta on uusia kasvusto vähintään muutama vuoden välein, sillä ainakin typpilannoituksen kohdalta on todettu sen lisäämisen parantavan vain ensimmäisen ja toisen vuoden satoa. Siitä eteenpäin runsaasta typpilannoituksesta ei ole merkittävää etua. (Strik 2008). Monet vadelman astiaviljelijät uusivatkin kasvuston vuosittain, koska vadelman sadontuottokyvyn tiedetään laskevan ensimmäisen satovuoden jälkeen (Heiberg ym. 2008; Scholtens & Dijkstra 1993). Tehostettu lannoitus voisi soveltua parhaiten tällaiseen viljelytekniikkaan.

LÄHTEET

Adler, P., Cumming, J. & Arora, R. n.d. Nature of mineral nutrient uptake by plants. Agricultural sciences. Vol. 1.

Viitattu 24.3.2014. <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C10/E5-24-04-03.pdf>

Bailey, D. 1996. Alkalinity, pH, and acidification. Teoksessa Reed, D. (toim.) Water, media and nutrition for greenhouse crops. Batavia: Ball Publishing, 69–91.

Bar-Tal, A. 2000. The significance of root size for plant nutrition in intensive horticulture. Teoksessa Rengel, Z. (toim.) Mineral nutrition of crops – Fundamental mechanisms and implications. New York: Food Products Press.

Buskienè, L. & Uselis, N. 2008. The influence of nitrogen and potassium fertilizers on the growth and yield of raspberries cv. 'Polana'. Agronomy Research 6 (1), 27–35.

Viitattu 27.3.2014. <http://agronomy.emu.ee/vol061/p6103.pdf>

Campbell, N. & Reece, J. 2005. Biology. 7. uud. p. San Francisco: Benjamin Cummings.

Dale, A. 2012. Protected cultivation of raspberries. Acta Horticulturae 946: 2012. Leuven: ISHS.

Danek, J. 2001. 'Polka' and 'Pokusa' – New primocane fruiting raspberry cultivars from Poland. Acta Horticulturae 585: 2001. Leuven: ISHS.

Demchak, K. 2009. Small fruit production in high tunnels. HortTechnology. 19 (1), 44–49.

Drakes, D., Briercliffe, T., Lightfoot-Brown, S., Arnold, D. & Mackay, N. 2001. The use and disposal of growing media – summary of current practice. Viitattu 12.3.2014.

<http://www.pesticides.gov.uk/Resources/CRD/Migrated-Resources/Documents/C/Compostdisposal.pdf>

Ellis, M., Converse, R., Williams, R. & Williamson, B. 1991. Compendium of raspberry and blackberry diseases and insects. Minnesota: The American Phytopathological Society.

Fagerstedt, K., Lindén, L., Santanen, A. & Väinölä, A. 2008. Kasvioppi siemenestä satoon. Helsinki: Edita.

Mylnefield Research Services. 2011. Glen Ample. Viitattu 18.12.2013. <http://www.mrsltd.com/sitepix/downloads/fruit-glen-ample-ra.pdf>.

Heiberg, N., Lunde, R., Nes, A. & Hageberg, B.S. 2008. Long cane production of red raspberry plants and effects. *Acta Horticulturae* 777: 2008. Leuven: ISHS.

Heidenreich, C., Pritts, M., Demchak, K., Hanson, E., Weber, C. & Kelly, M.J. 2012. High tunnel raspberries and blackberries. Cornell University, Department of horticulture publication 2012 [No. 47], 5–23. Viitattu 13.3.2014. <http://www.hort.vt.edu/ghvegetables/documents/High%20Tunnel%20Construction%20and%20Crop%20Production/Cornell%20High%20Tunnel%20Raspberries%20and%20Blackberries%202012.pdf>

Heidberg, N., Standal, R. & Måge, F. 2001. Evaluation of red raspberry cultivars in Norway. *Acta Horticulturae* 585: 2001. Leuven: ISHS.

Hoppula, K. 7.4.2014. Vastaanottaja Leena Leppälä. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 7.4.2014.

Hoppula, K., Hoppula, K., Hietaranta, T., Tahvonen, R., Jarvelin, V., Ylikoski, J., Soppela, K., Luoma, S. & Kekkonen, H. 2012. Marjalajikkeet testattiin Pohjois-Suomessa. *Maaseudun Tulevaisuus* 28.5.2012 [Maaseudun Tiede liite 2/2012], 6.

Jennings, N. 19.4.2013. Fertiliser programme for raspberry. Vastaanottaja Leena Leppälä. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 26.11.2013.

Jennings, S., Ferguson, L. & Brennan, R. 2008. New prospects from the Scottish raspberry breeding programme. *Acta Horticulturae* 777: 2008. Leuven: ISHS.

Karhu, S., Rantala, J. & Palonen, P. 2012. *Puutarha & Kauppa* 21(21), 12–13.

Kempler, C. 2004. Out-of-season greenhouse production of raspberry and strawberry. *Acta Horticulturae* 633: 2004. Leuven: ISHS.

Knight, V.H. 2002. Raspberry breeding at HRI-East Malling. *Acta Horticulturae* 585: 2002. Leuven: ISHS.

Koivisto, A. & Niemi, S. 2012. Sateen riski ei riitä perusteeksi tunnelituotannolle. *Maaseudun Tulevaisuus* 28.5.2012 [Maaseudun Tiede liite 2/2012], 6–7.

Känninen, J. 7.6.2013. Vadelman lannoituskokeen määrät. Vastaanottaja Leena Leppälä. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 26.3.2014.

Lang, H. 1996. Growing media testing and interpretation. Teoksessa Reed, D. (toim.) *Water, media and nutrition for greenhouse crops*. 1996. Batavia: Ball Publishing, 123–139.

Mengel, K. & Kirkby, E. 2001. Principles of plant nutrition. 5. uud. p. Dordrecht: Springer-science + business media.

Momčilo, D., Milutinović, M., Jasminska, M., Momir, M. & Daković, G. 2008. Growing primocane raspberry cultivars in Serbia. Acta Horticulturae 777: 2008. Leuven: ISHS.

Nes, A., Hageberg, B., Haslestad, J. & Hagelund, R. 2008. Influence of cane density and height on productivity and performance of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) cultivar 'Glen Ample'. Acta Horticulturae 777: 2008. Leuven: ISHS.

Opstad, N., Sønsteby, A., Espelien, H. & Myrheim, U. 2012. Fertigation timing and fertilizer composition affects growth and yield in raspberry long cane and field production. Acta Horticulturae 946: 2012. Leuven: ISHS.

Palonen, P., Tommila, T., Hytönen, T. & Karhu, S. 2011. Vadelman pensasmaiset satotaimet. Marjojen tunneli-tuotanto -seminaari. Suonenjoki. 22.9.2011. Marjaosaamiskeskus.

Viitattu 26.3.2014.

http://www.marjaosaamiskeskus.fi/www/fi/elinkeinopalvelut/marjaosaamiskeskus/Marjaosaamiskeskuksenmateriaalit/Satotaimet_Suonenjoki_220911.pdf

Palonen, P., Rantanen, M., Karhu, S., Pehkonen, E. & Savelainen, H. 2010. Vadelman kasvun hallinta ProCa:n ja fotoselektiivisen kalvon avulla. Maataloustieteen Päivät 2010 [esitelmä]. Viitattu 14.3.2014.

<http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/101.pdf>

Parikka, P. & Lemmetty, A. 2012 Vadelman kasvitaudit. Teoksessa Ahvenniemi, P. (toim.) Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Kasvinsuojeluseura ry:n julkaisuja n:o 103. 15. uud. p. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Pritts, M. 2001. From plant to plate: how can we redesign Rubus production systems to meet future expectations? Acta Horticulturae 585: 2001. Leuven: ISHS.

Puustjärvi, V. 1991. Kasvu ja kasvunhallinta kasvihuoneviljelyssä. Vantaa: Kauppapuutarhaliitto ry.

Puutarha & Kauppa. 2009. Marjaväelle lajikkeita ja tarvikkeita. 26(19), 34–37.

Ranade-Malvi, U. 2011. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 24(1): 106–109.

Viitattu 25.3.2014.

<http://web.inflibnet.ac.in/ojs/index.php/KJAS/article/viewFile/865/795>

Reed, D. 1996. Micronutrient nutrition. Teoksessa Reed, D (toim.) Water, media and nutrition for greenhouse crops. Batavia, USA: Ball Publishing, 171–195.

Rolbiecki, S., Rolbiecki, R. & Rzekanowski, C. 2001. Effect of micro-irrigation on the growth and yield of raspberry (*Rubus idaeus* L.) cv. 'Polana' grown in very light soil. Acta Horticulturae 585: 2001. Leuven: ISHS.

Ruottinen, M. n.d. Mansikan ja vadelman viljely kasvihuoneessa kirjallisuuden ja tiedonantojen pohjalta. Viitattu 12.3.2014.

<http://www.sisa-savonseutuuyhtyma.fi>

[/www.fi/elinkeinopalvelut/marjaosaamiskeskus/Marjaosaamiskeskuksenmateriaalit/Mansikan_ja_vadelman_kasvihuoneviljely_MR2003.pdf](http://www.fi/elinkeinopalvelut/marjaosaamiskeskus/Marjaosaamiskeskuksenmateriaalit/Mansikan_ja_vadelman_kasvihuoneviljely_MR2003.pdf)

Ruutiainen, I. 2004. Vadelman viljely. Helsinki: Puutarhaliiton julkaisuja nro 330.

Ruutiainen, I. 2003. Syysvadelmaa kasvihuoneessa ja avomaalla. Puutarhasanomat. Viitattu 14.3.2014.

<http://www.puutarha-sanomat.net/artikkelit/index.asp?Nro=66>

Schachtman, D., Reid, R.J. & Ayling, S.M. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. Plant Physiology 116 (2), 447–453. Viitattu 16.1.2014.

<http://www.plantphysiology.org/content/116/2/447.short>

Scholtens, A. & Dijkstra, J. 1993. Growing early and late raspberries in containers. Acta Horticulturae 352: 1993. Leuven: ISHS.

Spiers, J., Braswell, J. & Gupton, C. 1999. Influence of P, K, Ca and Mg rates on leaf elemental concentration and plant growth of 'Dormanred' raspberry. Acta Horticulturae 505: 1999. Leuven: ISHS.

Strik, B. 2008. Review of nitrogen nutrition of *Rubus*. Acta Horticulturae 777: 2008. Leuven: ISHS.

Sønsteby, A. & Heide, O.M. 2010. Earliness and fruit yield and quality of annual-fruited red raspberry (*Rubus idaeus* L.): Effects of temperature and genotype. Journal of Horticulture Science & Biotechnology 4 (85), 341–349. Viitattu 18.12.2013.

<http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/82163/S%25C3%25B8nsteby%2526Heidejhsb854p341-349.pdf>

Sønsteby, A., Myrheim, U., Heidberg, N. & Heide, O. 2009. Production of high yielding red raspberry long canes in a northern climate. *Scientia Horticulturae*. 121, 289–297.

Taiz, L. & Zeiger, E. 2010. Irrigation. *Plant physiology*. 5. uud. p. Viitattu 20.3.2014. <http://5e.plantphys.net/article.php?ch=4&id=38>

Taiz, L. & Zeiger, E. 2010. Leaf transpiration in water vapor gradients. *Plant physiology*. 5. uud. p. Viitattu 20.3.2014. <http://5e.plantphys.net/article.php?ch=4&id=42>

Tuovinen, T. 2012. Vadelman tuhoeläimet. Teoksessa Ahvenniemi, P. (toim.) Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Kasvinsuojeluseura ry:n julkaisu n:o 103. 15. uud. p. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

van Eldik, W. 2013. Koulutustilaisuus vadelman valmennusryhmälle. Suonenjoki. 11.6.2013. Marjaosaamiskeskus. Seminaarin muistiinpanot.

Vilander, A. 2009. Vadelmaa syysmaisemista. *Puutarha & Kauppa* 21 (21), 10–11.

Vilander, A. 2009. Aikaista satoa tunneleista. *Puutarha & Kauppa*. 26 (11), 4.

KOEKARTTA

TUNNELIN TAKAOSA

Suojarivi			Suojarivi		Suojarivi			
3Ad	KÄYTTÄVÄ	Glen Ample rivi	2Bd	KÄYTTÄVÄ	1Bd			
3Bd			2Ad		1Ad			
3Bc			2Ac		1Ac			
3Bb			2Bc		1Bc			
3Ac			2Bb		1Bb			
3Ba			2Ba		1Ba			
3Ab			2Ab		1Ab			
3Aa			2Aa		1Aa			
Suojarivi						Suojarivi		Suojarivi

1: Käytännön alhainen lannoitustaso

2: Yaran kastelulannoitus suositus

3: Skotlannin malli

A: Glen Ample

B: Polka

a-d: kerranteet

ETUOVI

LANNOITUSOHJELMA

Kesäkuu

					1.	2.
3.	4.	5.	6.	7.	8. (vaihe 1)	9.
10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.

Heinäkuu

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
8. (vaihe 2)	9.	10.	11.	12.	13.	14.
15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
29.	30.	31.				

Elokuu

			1.	2.	3.	4.
5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
26.	27.	28.	29.	30.	31.	

Syyskuu

						1.
2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.
23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.

	1,2 ja 3 käsittelyt
	3 käsittelyt
	Krista MgS (1,2 ja 3 käsittelyt)
	Krista SOP (3 käsittelyt)

I Niukka lannoitus

Vaihe 1: Keväästä kukinnan loppuun asti

Ferticare 7-9-32 0,95 g/taimi/vko

Yara Liva Calcinit 1,05 g/taimi/vko

Lannoitteet annetaan jaettuna, kahtena eri päivänä/vko

Vaihe 2: Kukinnan lopusta syksyyn

Ferticare 7-9-32 1,50 g/taimi/vko

Yara Liva Calcinit 1,05 g/taimi/vko

Lannoitteet annetaan jaettuna, kahtena eri päivänä/vko

Tunnelivadelman lannoitus rajoitetussa turvealustassa;
kolmen eri lannoitustason vertailukoe

II Yaran kastelulannoitus

Vaihe 1: Keväästä kukinnan loppuun asti

Ferticare 7-9-32 1,90 g/taimi/vko

Yara Liva Calcinit 2,10 g/taimi/vko

Lannoitteet annetaan jaettuna, kahtena eri päivänä/vko

Vaihe 2: Kukinnan lopusta syksyyn

Ferticare 7-9-32 3,00 g/taimi/vko

Yara Liva Calcinit 2,10 g/taimi/vko

Lannoitteet annetaan jaettuna, kahtena eri päivänä/vko

III Skotlannin malli

Koko kauden

Ferticare 7-9-32 10,2 g/taimi/vko

Yara Liva Calcinit 2,10 g/taimi/vko

Lannoitteet annetaan jaettuna, kolmena eri päivänä/vko

Kesäkuun alusta/ raakilevaiheesta eteenpäin

Krista SOP 2,10 g/taimi/vko

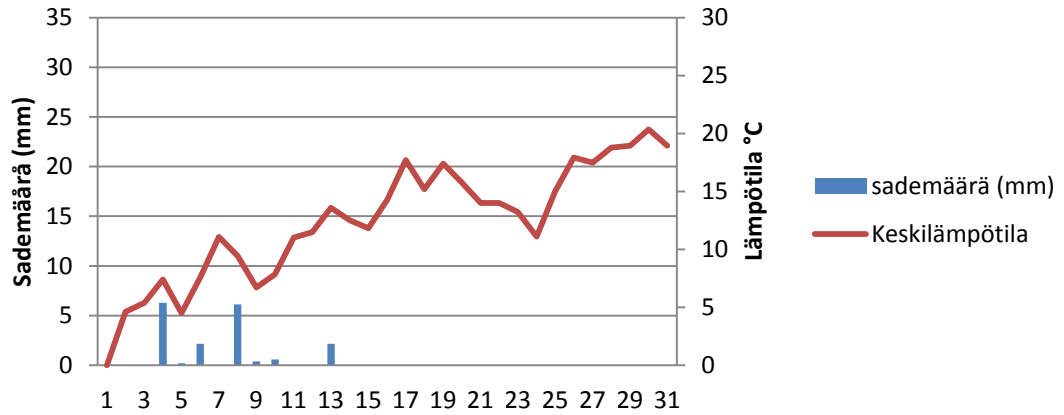
Lannoite annetaan jaettuna, kahtena eri päivänä/vko

Magnesiumsulfaatti

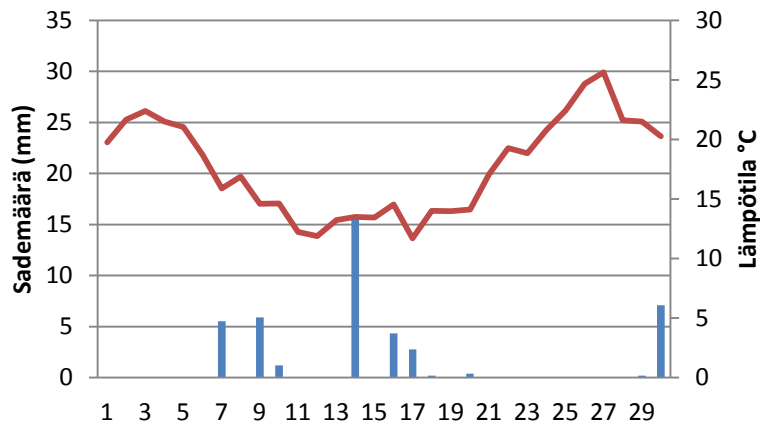
Kaikille käsittelyille

Krista MgS 1,70 g/taimi/vko

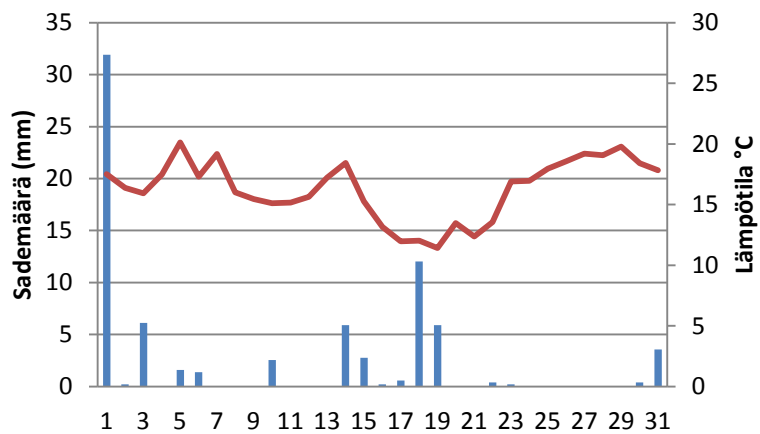
Toukokuu



Kesäkuu

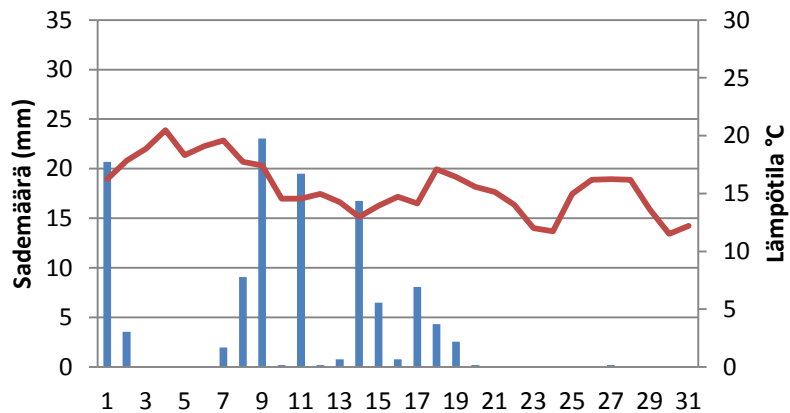


Heinäkuu



Tunnelivadelman lannoitus rajoitetussa turvealustassa;
kolmen eri lannoitustason vertailukoe

Elokuu



Syyskuu

