

**KASVIKUITUALUSTA TURPEEN TAI KOOKOSROUHEEN
KORVAAJANA MANSIKAN KASVIHUONEVILJELYSSÄ**

Eero Kuisma
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Puutarhatiede
2013

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY
OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Eero Kuisma			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Kasvikuitualusta turpeen tai kookosrouheen korvaajana mansikan kasvihuoneviljelyssä			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kasvintuotannon biologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma	Aika — Datum — Month and year 5/2013	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 54	
<i>Tiivistelmä — Referat — Abstract</i>			
<p>Turpeen käyttäminen kasvualustana on herättänyt maailmanlaajuisesti huolta, koska turpeen käyttöä ei pidetä ekologisesti kestäväenä. Kookosrouhetta pidetään muuten luontoystävällisenä vaihtoehtona, mutta sitä jouduttaisiin kuljettamaan Suomeen hyvin kaukaa. Siksi turpeelle ja kookosrouheelle halutaan kehittää korvaajaa kasvihuoneiden ja taimituotannon kasvualustana.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voiko suomalainen kasvikuitualusta korvata turpeen tai kookosrouheen mansikan kasvihuoneviljelyssä. Kokeissa verrattiin neljää kasvualustaa: turvetta, kookosrouhetta, kasvikuitua ja turve/kasvikuitu-seosta. Tutkimuksessa mitattiin kasvualustojen pH- puskuriokykyä, vedenpidätyskykyä ja liukoisen typen pitoisuutta. Viljelykokeessa mitattiin mansikan taimien vegetatiivista kasvua sekä sadon määrää ja laatua eri kasvualustoilla.</p> <p>Viljelykokeessa kasvikuitualustan pH (6,5-7,7) oli hyvin lähellä turvetta (6,4-7,6). Kookosrouheen ja kasvikuidun pH- puskuriokyvyt olivat huomattavasti turvetta sisältäviä kasvualustoja pienempiä. Kasvikuidun vedenpidätyskyky kuivapainoa kohti (613 %) oli selkeästi pienempi kuin muilla kasvualustoilla. Kasvikuitualustan vesipitoisuus (32-42 % v/v) oli kuitenkin lähes koko viljelykokeen ajan lähimpänä mansikan optimia (25-34 % v/v), kun muiden kasvualustojen vesipitoisuudet olivat liian suuria. Kasvikuidulla (23:1) ja kasvikuitu/turve-seoksella (29:1) oli tässä tutkimuksessa optimaaliset C/N- suhteet. Liukoisen typen määrä oli kokeen alussa otetuissa näytteissä selkeästi suurin kasvikuitualustassa. Kasvikuidun johtokyky (0,5 mS/cm) oli aluksi hyvin pieni, mutta se nousi nopeasti ollen 1,2-2,1 mS/cm eli vähintään toiseksi lähimpänä optimia koko viljelykokeen ajan.</p> <p>Mansikan maanpäällinen vegetatiivinen kasvu oli voimakkaampaa turpeessa verrattuna muihin kasvualustoihin. Juuriston kasvu näytti kuitenkin olevan heikointa turpeessa. Kasvialustalla ei kuitenkaan ollut vaikutusta sadon määrään eikä juurikaan sen laatuun. Siten kasvikuitualusta voisi korvata turpeen tai kookosrouheen mansikan kasvihuoneviljelyssä.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Kasvialusta, kasvikuitu, turve, kookosrouhe, mansikka			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasivat: Pauliina Palonen ja Markku Yli-Halla			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF
HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Eero Kuisma			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Plant fibre growing medium as a substitute for peat or coir in soilless culture of strawberry			
Oppiaine — Läroämne — Subject Plant production biology			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year 5/2013	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 54
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>The use of peat as a growing-medium has raised concerns globally, because it is not ecologically sustainable. Coir is an ecologically friendly alternative, but it is transported very long way to Finland. Therefore, a substitute for peat and coir as a growing-medium in soilless culture is needed.</p> <p>The aim of this research was to find out, whether Finnish plant fibre medium can replace peat or coir in greenhouse production of strawberry. In the experiments four substrates were compared: coir, peat, plant fibre and peat/plant fibre mix. Water holding capacity, pH-buffer capacity and mineralisation of nitrogen were determined, and vegetative and generative growth of strawberries on different substrates were measured.</p> <p>In strawberry cultivation experiment the pH of plant fibre (6,5-7,7) was very close to that of peat (6,4-7,6). Coir and plant fibre had considerably lower pH-buffer capacity than the media that contained peat. The water holding capacity (613 % per dw) of plant fibre was considerably lower than in other media. Plant fibre medium's water content (32-42 % v/v) was however closest to strawberry's optimum (25-34 % v/v) during almost the whole experiment. Plant fibre (23:1) and peat/plant fibre mix (29:1) had optimal C/N- ratios in this experiment. The amount of soluble nitrogen was highest in plant fibre medium in the beginning of the experiment. The EC of plant fibre medium was very low in the beginning (0,5 mS/cm), but it increased quickly being 1,2-2,1 mS/cm, so it was second closest to the optimum during the rest of the experiment.</p> <p>The vegetative growth of strawberry plants was more vigorous in peat compared to other substrates. The growth of the root system was weakest in peat. Medium had no significant influence on the amount of yield, and had only minor influence on the quality of the yield. In conclusion, the plant fibre medium could replace peat or coir in the soilless cultivation of strawberry.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Growing medium, plant fibre, peat, coir, strawberry			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Pauliina Palonen and Markku Yli-Halla			

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	7
2.1 Mansikan kasvualustat	7
2.2 Turve	8
2.3 Kookosrouhe	9
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	11
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	11
4.1 Kasvualustojen ominaisuudet	12
4.1.1 Kasvualustojen pH-puskurikyvyn määrittäminen	12
4.1.2 Vedenpidätyskyvyn määrittäminen	14
4.1.3 Hiilen, kokonaistypen ja liukoisen typen pitoisuus ja typen mineralisoituminen	14
4.2 Viljelykoe	15
4.2.1 Koejärjestely	15
4.2.2 Kasvinsuojelu ja pölytys.....	16
4.2.3 Kasvualustojen vesipitoisuus, johtokyky, lämpötila ja pH	16
4.2.4 Kasvualustojen tiivistyminen	16
4.2.5 Mansikan maanpäällisten osien vegetatiivinen kasvu.....	17
4.2.6 Juuriston kasvu	17
4.2.7 Generatiivinen kasvu	17
4.3 Tilastollinen analyysi	18
5 TULOKSET	19
5.1 Kasvualustojen pH-puskurikyky	19
5.2 Vedenpidätyskyky	21
5.3 Liukoisen typen pitoisuus, typen mineralisoituminen, pH, johtokyky ja makroravinteet	22
5.4 Viljelykoe	23
5.4.1 Kasvualustojen vesipitoisuus, johtokyky, lämpötila, tiivistyminen ja pH	23

5.4.2 Vegetatiivinen kasvu	25
5.4.3 Juuriston kasvu	29
5.4.4 Kukinnan ajoittuminen.....	31
5.4.5 Sato	31
5.4.6 Marjojen sokeri- ja happopitoisuus	33
6 TULOSTEN TARKASTELU	34
6.1 Kasvualustojen pH ja pH-puskurikyky	34
6.2 Vedenpidätyskyky	35
6.3 Typen mineralisoituminen	38
6.4 Kasvualustojen pH, johtokyky, tiivistyminen ja lämpötila	39
6.5 Ravinteet	41
6.6 Vegetatiivinen kasvu	41
6.7 Sato	44
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	46
8 KIITOKSET	47
LÄHTEET	48

1 JOHDANTO

Rajoitettuja kasvualustoja käytetään lähinnä taimisto- ja kasvihuonetuotannossa. Ruukkukasvituotannossa on 1960-luvulta lähtien käytetty pääasiallisesti muita kasvualustoja kuin multaa (Vaughn ym. 2011). Rahkaturvetta (*Sphagnum ssp.*) pidetään tärkeimpänä kasvualustana sen suotuisten fysikaalisten ominaisuuksien ja suuren ravinteidenvaihtokapasiteetin vuoksi. Yleinen ekologinen huoli turpeen käytöstä on lisääntynyt kautta maailman, koska turpeen nostaminen aiheuttaa kosteikkojen tuhoutumista (Vaughn ym. 2011). Lisäksi turve on erittäin hitaasti uusiutuva luonnonvara (Lopéz-Medina 2002). Siksi turpeelle halutaan löytää korvaajaa kasvualustamateriaalina.

Maatilojen, teollisuuden ja kuluttajien jätetuotteiden soveltuvuutta kasvualustojen ainesosiksi on tutkittu intensiivisesti viimeisten vuosikymmenten aikana. Turpeen potentiaalisina vaihtoehtoina on tutkittu muun muassa erilaisia komposteja, kookoksen (*Cocos nucifera* L.) pähkinän kuoren kuitua eli kookosrouhetta, siipikarjan sulkia, kenafin (*Hibiscus cannabinum* L.) varren ydintä, riisin (*Oryza sativa* L.) akanoita, puuvillaa (*Gossypium hirsutum* L.) ja männyn (*Pinus taeda* L.) haketta (Vaughn ym. 2011).

Mansikkaa (*Fragaria x ananassa* Duch.) viljellään yleisesti kautta maailman avomaalla maapohjassa. Lauhkealla vyöhykkeellä, kuten Pohjois- ja Keski-Euroopassa, Koreassa, Japanissa ja joissain osissa Kiinaa mansikoita kasvatetaan kasvihuoneissa rajoitetuissa kasvualustoissa (Cantliffe ym. 2007). Mansikan kasvihuonetuotannon etuja ovat suurempi sato pinta-alaa kohden, pääsatokauden ulkopuolella korkeat hinnat, suhteellisesti helpompi tuholaistorjunta pienemmällä kemikaalien käytöllä ja parempi marjan laatu. Rajoitetuissa kasvualustoissa ei ole rikkakasvien siemeniä, niissä on pienempi riski juuripatogeeneille, ja ne mahdollistavat viljelykasvin optimaalisen lannoituksen (Cantliffe ym. 2007).

Suomalainen yritys Kiteen Mato ja Multa Oy on kehittänyt heinäkasvista kasvialustamateriaalin. Tämä kasvikuitalusta on murskattua heinäkasvin vartta, joka on seulottu 8 mm seulalla. Kasvikuitalustasta ei ole aikaisempaa tutkittua tietoa.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin mansikan kasvua neljällä erilaisella kasvualustalla. Kokeissa käytetyt kasvualustat olivat turve, kookosrouhe, kasvikuitumurske ja turve/kasvikuitu-seos. Tutkimuksen pääasiallinen tavoite oli selvittää voisiko kasvikuitualusta korvata turpeen tai kookosrouheen mansikan kasvihuoneviljelyssä.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Mansikan kasvualustat

Mansikan tuotannossa on käytetty jonkin verran epäorgaanisia kasvualustoja, mutta yleisimmin kasvualustat ovat turveseoksia tai orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden seoksia (Lopez-Galarza ym. 2010). Turve, kookosrouhe, kivivilla, perliitti ja vaihtoehtoiset alustat, kuten viinirypäleiden puristejäte tai kompostoitu korkki ovat yleisesti mansikanviljelyssä käytettäviä kasvualustoja (Lopez-Medina 2002). Kasvualustalla pitäisi olla hyvä vedenläpäisykyky ja vedenpidätyskyky. Lisäksi sen täytyy olla ilmava. Kasvualustassa ei saa olla myrkkijä, rikkakasveja, tuholaisia tai kemikaaleja. Ennen kaikkea kasvualustan pitää olla hinnaltaan halpa (Cantliffe ym. 2003).

Klamkowskin ym. (2006) mukaan mansikalla on suuri vedentarve, koska sillä on matala juuristo, suuri lehtipinta-ala ja erittäin vesipitoiset hedelmät. Tarpeellisen kosteustason säilyttäminen on siten yksi mansikan kasvualustan tärkeimmistä vaatimuksista. Klamkowskin ym. (2006) ja Latiguin ym. (2011) kokeissa optimaalinen mansikan kasvualustan vesipitoisuus oli 25-34 % v/v (veden tilavuuden osuus koko kasvualustan tilavuudesta).

Ayeshan ym. (2011) tutkimuksen tulokset osoittavat, että kookosrouhepohjaiset kasvualustat vaikuttavat voimakkaasti mansikan lisääntymiseen ja laatuun liittyviin parametreihin. Kookosrouhe kasvialustaseoksessa lisäsi kukkien ja marjojen kokoa ja lukumäärää. Lisäksi kookosrouhe paransi marjojen laatua suurentamalla askorbiinihappo- ja sokeripitoisuutta. Tulokset johtuvat kookosrouheen hyvistä

fysikaalisista ominaisuuksista, kuten vedenpidätyskyvystä ja ilmatilavuudesta. Kookosrouheesta tiedetään myös vapautuvan ravinteita hitaasti pitkän aikaa, mikä vaikuttaa myönteisesti mansikan kasvuun (Ayesha ym. 2011). Recamalesin ym. (2007) tutkimuksessa verrattiin avomaalla peltomaassa viljeltyjä mansikoita kasvihuonemansikoihin, joiden kasvualustoina käytettiin korkkia, turvetta ja kookosrouhetta. Hänen mukaansa peltomaassa viljeltyjen mansikoiden marjoissa oli suurempi typpipitoisuus ja korkeampi pH kuin kasvihuonemansikoilla. Poikkeuksena oli kookosrouhe, jossa kasvaneiden marjojen typpipitoisuus ja pH eivät juuri eronneet peltomaassa kasvaneiden mansikoiden arvoista. Siksi Recamalesin ym. (2007) mukaan kookosrouhe on näistä paras kasvualusta mansikan viljelyyn rajoitetussa kasvualustassa. Bartczak ym. (2007) kuitenkin totesivat kivivillan soveltuvan kookosrouhettakin paremmin mansikan taimituotantoon. Heidän kokeessaan kivivillassa kasvavilla mansikoilla oli suurimmat latvuksen ympärysmittat ja eniten lehtiä. Lisäksi koko kasvin tuorepaino ja juuriston kuivapaino olivat suuremmat kuin muilla kasvualustoilla (Bartczak ym. 2007). Cantliffen ym. (2007) mukaan myös männynkuori on toiminut hyvin mansikan kasvualustana. Se on myös hinnaltaan edullisempaa kuin perliitti tai rahkaturve. Toisaalta myös kookosrouhe on edullinen kasvualusta (Cantliffe ym. 2007). Männynkuoren heikko kostuvuus saattaa olla ongelma, jos partikkelit ovat isoja (Cantliffe ym. 2003).

2.2 Turve

Rahkaturvetta pidetään tärkeimpänä kasvualustana viljeltäessä rajoitetulla kasvualustalla, koska sen fysikaaliset ominaisuudet ovat hyvät ja ravinteidenpidätyskyky on suuri (Vaughn ym. 2010). Kalkitun rahkaturpeen kationinvaihtokapasiteetti on tyypillisesti 130-160 cmol(+) kg⁻¹ ja se riippuu turpeen maatumisasteesta ja alkuperästä (Raviv ja Lieth 2008). Kationinvaihtokapasiteetti on riippuvaista pH:sta, ja siksi kalkitsemattoman turpeen kationinvaihtokapasiteetti voi olla niinkin pieni kuin 50 cmol(+) kg⁻¹. Rahkaturpeen kasvintuotannolle suotuisat fysikaaliset ominaisuudet ovat hiukkaskokojakauma, kokonaishuokostilavuus, vedenpidätyskyky ja tilavuuspaino (Vaughn ym. 2010). Schmilewskin (2008) mukaan

kompostoimattoman ja puolittain kompostoidun rahkaturpeen rakenne takaa suuren vesitilavuuden ja samanaikaisesti suuren ilmatilavuuden.

Rahkaturpeen matala pH ja pieni ravinnepitoisuus mahdollistavat näiden ominaisuuksien noston lajikohtaiselle tasolle lisälannoituksella ja kalkituksella (Schmilewski 2008). Yleensä käsittelemättömän turpeen pH on välillä 3,5-4,1 (Raviv ja Lieth 2008). Meerowin (1994) kokeissa Sphagnum rahkaturpeen vesilietoksen sähkönjohtokyky (myöhemmin johtokyky) oli välillä 1,4-2,6 mS/cm. Kuitenkin Arenasin ym. (2002) kokeiden mukaan rahkaturpeen johtokyky oli vain 0,18 mS/cm. Muodostumistapansa vuoksi turpeessa ei ole tuholaisia eikä tauteja. Kontrolloiduissa kasvatusolosuhteissa siinä ei esiinny myöskään rikkakasveja (Schmilewski 2008).

Pelkän turpeen fysikaaliset ominaisuudet eivät kuitenkaan takaa optimaalisia ilma- ja vesiolosuhteita kaikissa viljelyolosuhteissa ja kaikille lajeille. Siksi monissa maissa käytetään kasvualustoissa turvepohjaisia seoksia (Heiskanen 1995). Erityisesti turpeen tiivistyminen saattaa tuottaa ongelmia viljelyssä (Cantliffe ym. 2003). Etenkin ruukuissa pitkään kasvatettavilla ja runsaasti kasteltavilla kasveilla turpeen tiivistyminen voi johtaa liian pieneen ilmatilavuuteen (Heiskanen 1995). Vaikka turvetta halutaankin korvata, niin sen käyttö säilyy tärkeänä kasvualustaseoksissa. Tekemällä turpeen ja vaihtoehtoisten kasvualustojen seoksia, voidaan kompensoida vaihtoehtoisten kasvualustojen viljelylle vähemmän suotuisia ominaisuuksia (Schmilewski 2008).

2.3 Kookosrouhe

Kookosrouhe valmistetaan kookospähkinän paksusta mesokarpista. Kookospähkinän kuori sisältää noin 75 % kuitua ja 25 % hienompijakoista ainetta, niin sanottua kookospurua (Raviv ja Lieth 2008). Kun kookospähkinän kuoria käsitellään, kookospuru erotetaan kuidusta. Pitkiä kuituja käytetään teollisuustuotteiden, kuten mattojen ja köysien valmistuksessa. Perinteisesti puru ja pienet kuidut ovat olleet jätetuotetta. Niitä on 1980-luvun loppupuolelta saakka käytetty kasvualustamateriaalina. Suurin osa kookosrouheesta tuodaan Sri Lankasta, Vietnamista, Intiasta, Filippiineiltä, Meksikosta ja Norsunluurannikolta (Raviv ja Lieth 2008). Nogueran ym. (2000)

mukaan kookosrouhetta pidetään luontoystävällisenä vaihtoehtona turpeelle, mutta toisaalta sitä jouduttaisiin kuljettamaan hyvin pitkiä matkoja Suomeen.

Kookosrouheen kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet vaihtelevat paljon sen alkuperän, varastointiajan ja käsittelyprosessin keston mukaan. Kookosrouheella on turvetta parempi tasapaino ilma- ja vesitilavuuksien välillä (Schmilewski 2008). Siten se pystyy tarjoamaan paremmin ilmaa ja vettä kasvin juurille. Nelson ym. (2004) ja Noguera ym. (2000) kuitenkin toteavat, että kookosrouheella on rahkaturpeeseen verrattuna suurempi ilmatilavuus ja pienempi käyttökelpoisen veden määrä. Koska kookosrouheen ominaisuudet ovat lähellä turvetta, sen myynnin ennustetaan lisääntyvän hiljalleen (Schmilewski 2008). Kookosrouheen tärkeimpiä ominaisuuksia on sen helppo ja nopea uudelleenkostuvuus. Toisin kuin turve, jonka uudelleenkostutus tulee vaikeammaksi sen kuivuessa, kookosrouhe pysyy suhteellisen hydrofiilisenä jopa kuivana (Noguera ym. 2000, Schmilewski 2008). Tämä ominaisuus vaikuttaa veden- ja ravinteidenkäytön tehokkuuteen.

Kookoskuidun osuus kookosrouheessa vaikuttaa kasvualustan fysikaalisiin ominaisuuksiin. Kuidun lisääminen johtaa ilmatilavuuden suurenemiseen ja tilavuuspainon sekä vedenpidätyskyvyn pienenemiseen (Prasad 1997, Nelson ym. 2004). Kookoskuidun lisääminen vähentää käyttökelpoisen veden määrää. Kookosrouheen ilmatilavuudet vaihtelevat huomattavasti. Kookosrouheeseen on mahdollista saada ennalta määrätyt ilmatilavuuden tasot sekoittamalla siihen sopivat määrät kookoskuitua (Prasad 1997). Noguera ym. (1997, 2000) mukaan kookosrouheen kokonaishuokostilavuus saattaa olla erityisen suuri, jopa yli 95 %. Raviv ja Lieth (2008) puolestaan totesivat kokonaishuokostilavuuden olevan 86-96 %.

Kookosrouheen tiivistyminen on suurempaa puuhakkeeseen verrattuna. Sen tiivistyminen voi olla vähäisempää tai suurempaa kuin rahkaturpeen, riippuen turpeen alkuperästä (Nelson ym. 2004, Prasad 1997). Nelsonin ym. (2004) tutkimuksessa rahkaturpeen tiivistyminen oli 28-37 %, kun kookosrouheella se oli 19-21 %. Noguera ym. (1997) mukaan kahdessa tutkitussa kookosrouheessa tiivistyminen oli 18 % ja 28 %.

Nogueran ym. (1997, 2000) mukaan kookosrouheen pH on lähellä kasvualustan optimia (5,2-6,3). Kloori- ja natriumpitoisuudet ovat kookosrouheessa paljon suurempia kuin turpeessa. Se vaikuttaa puolestaan johtokykyyn (Noguera ym. 2000). Johtokyky ja pH kuitenkin vaihtelevat huomattavasti kookosrouheista toiseen. Siksi joissakin kookosrouhetuotteissa saattaa olla haitallisen korkea johtokyky ja liian matala pH (Martinez ym. 1997). Ravivin ja Liethin (2008) mukaan kookosrouheen pH vaihtelee 4,8-6,8 välillä ja johtokyky 0,12-2,32 mS/cm välillä. Kookosrouheen kationinvaihtokapasiteetti vaihtelee välillä 32-117 cmol(+) kg⁻¹ eli on pienempi kuin turpeella (Noguera ym. 1997, 2000, Raviv ja Lieth 2008). Sen luonnollisesti saatavilla olevien ravinteiden määrä on pieni, etenkin typen, kalsiumin ja magnesiumin. Toisaalta fosforia ja kaliumia on tarjolla erityisen paljon ja niiden määrä ylittää ruukkukasvien optimin (Noguera ym. 2000). Prasadin (1997) mukaan typen huuhtoutuminen oli hieman suurempaa kookosrouheesta kuin irlantilaisesta turpeesta.

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää voisiko heinäkasvin varresta valmistettu kasvikuittialusta korvata turpeen tai kookosrouheen mansikan viljelyssä rajoitetussa kasvualustassa. Tavoitteeseen pyrittiin vertaamalla eri kasvualustojen kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia sekä mansikan vegetatiivista ja generatiivista kasvua erilaisilla kasvualustoilla. Vertailtavat kasvualustat olivat turve, kookosrouhe, kasvikuittumurske ja turve/kasvikuittumurske-seos.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Kokeet tehtiin Helsingin Yliopiston Viikin koekasvihuoneissa ja laboratorioissa.

Tutkimus jakautui neljään kokeeseen:

- 1) Kasvualustojen pH-puskurikyky
- 2) Kasvualustojen vedenpidätuskyky
- 3) Typen mineralisoituminen
- 4) Mansikan viljelykoe

Muut kokeet tehtiin ennen viljelykokeen aloittamista. Kokeissa oli neljä erilaista kasvualustaa: turve (Kekkilä A2 White 630 W, Vantaa, Suomi), kookosrouhe (Cocos-Lanka Holland B.V., Monster, Alankomaat), kasvikuitalusta (Kiteen Mato ja Multa Oy, Kitee, Suomi) ja turve/kasvikuitu-seos, jossa oli kumpaakin materiaalia tilavuuden mukaan yhtä paljon. Turve oli kalkittua ja lannoitettua (N-P-K 14-4-20) kun taas kasvikuituun ja kookosrouheeseen ei ollut lisätty mitään. Suomalainen yritys Kiteen Mato ja Multa Oy on kehittänyt kasvikuitalustan. Kasvikuitukasvualusta on murskattua heinäkasvin vartta, joka on seulottu 8 mm seulalla.

4.1 Kasvialustojen ominaisuudet

Kasvialustojen perusominaisuuksien määritykset teetettiin viljavuuspalvelussa (Viljavuuspalvelu OY, Mikkeli, Suomi). Niiden mukaan turpeella oli korkein pH ja kookosrouheella puolestaan suurin johtokyky (taulukko 1). Turpeessa oli huomattavasti muita kasvialustoja enemmän kalsiumia, magnesiumia ja rikkiä. Fosforia oli sen sijaan eniten kasvikuidussa ja kaliumia selkeästi suurin määrä kookosrouheessa (taulukko 1). Johtokyky ja pH mitattiin maa:vesi suspensiosta (1:2,5). Makroravinteiden määrityksessä käytettiin uuttoa happamaan ammoniumasetaatti-liuokseen.

Taulukko 1. Kasvialustojen pH, johtokyky (mS/cm) ja makroravinteiden määrä (mg/l).

Kasvialusta	pH	johtokyky	Ca	P	K	Mg	S
Kookosrouhe	5,8	1,12	330	20	1300	180	16,8
Turve	6,2	0,47	2500	65	420	660	92,5
Turve/kasvikuitu	6,1	0,50	1800	63	400	480	59,9
Kasvikuitu	5,7	0,37	480	90	310	150	20,3

4.1.1 Kasvialustojen pH-puskurikyvyn määrittäminen

Puskurikyvyn määrittäminen tehtiin kasvihuoneessa lisäämällä kasvialustoihin rikkihappoa (H_2SO_4), jonka tarkoitus oli laskea pH:ta ja kalsiumhydroksidia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) jonka

tarkoitus oli nostaa pH:ta. Lisättyjen aineiden vaikutukset kasvualustojen pH:in määritettiin inkubointikokeella.

Ensin tehtiin esikoe, jonka tulosten perusteella arvioitiin millaisia annostuksia varsinaisessa kokeessa kannatti käyttää. Esikokeessa oli kahtena kerranteena 12 käsittelyä, jotka koostuivat 4 kasvualustasta ja 3 pH -käsittelystä. Kokeen pH- käsittelyt olivat 27 milliekvivalentin lisäykset sekä kalsiumhydroksidia että rikkihappoa ja kontrolli, jossa ruukkuihin ei lisätty mitään. Kasvualustat olivat 0,5 l ruukuissa kasvihuoneessa. Koe aloitettiin lisäämällä ruukkuihin vettä sopivan kosteuden aikaansaamiseksi. Sitten kasvualustojen puristenesteistä mitattiin pH laboratoriossa pH-mittarilla (pH/mv Meter UltraBasic, Denver Instrument, Göttingen, Saksa). Mittausten jälkeen kasvualustoihin lisättiin rikkihappoa ja kalsiumhydroksidia. Lisäysten jälkeen aineet sekoitettiin kasvualustoihin tikulla. Kasvualustoja inkuboitiin viikko kasvihuoneessa, jonka jälkeen pH mitattiin uudestaan.

Varsinaisessa kokeessa käsittelyjä oli 28 (4 kasvualustaa x 7 pH-käsittelyä) ja kerranteita oli kolme. Rikkihappo ja kalsiumhydroksidi lisättiin 0,5 litraan kasvualustaa.

pH- käsittelyt:

1. 27 milliekvivalenttia (14 ml 1 M) rikkihappoa
2. 18 milliekvivalenttia (9,333 ml 1 M) rikkihappoa
3. 9 milliekvivalenttia (4,666 ml 1 M) rikkihappoa
4. kontrolli
5. 13,5 milliekvivalenttia (0,5 g) kalsiumhydroksidia
6. 27 milliekvivalenttia (1 g) kalsiumhydroksidia
7. 40,5 milliekvivalenttia (1,5 g kalsiumhydroksidia)

Ensimmäisen kerran pH mitattiin kokeen alussa. Seuraavat pH- mittaukset tehtiin kahden ja neljän viikon kuluttua kokeen aloittamisesta.

4.1.2 Vedenpidätyskyvyn määrittäminen

Kokeessa oli 4 käsittelyä (4 kasvualustaa) ja 4 toistoa. Kasvualustamateriaaleista tehtiin kuiva-ainemääritykset kuivattamalla niitä lämpökaapissa (Memmert, Schwabach, Saksa) vuorokauden ajan 70 °C:ssa. Kuivatuksen jälkeen materiaalit punnittiin. Vedenpidätyskyky määritettiin annostelemalla 10 g kutakin kasvualustaa suppiloihin. Suppiloihin laitettiin suodatinpaperit sekä korkit. Kasvualustamateriaalien annettiin kostua suppiloissa 3 vuorokautta, minkä jälkeen suppiloista poistettiin korkit ja annettiin irtoveden valua 1 vrk:n ajan. Sitten kosteat kasvualustamateriaalit punnittiin. Märän suodatinpaperin paino selvitettiin samankaltaisella kokeella, jossa veden annettiin imeytyä 15 minuuttia ja valua 5 min. Kuiva-ainemäärän, märän kasvualustan ja suodatinpaperin painojen perusteella laskettiin, kuinka paljon vettä kasvualustat pidättivät suhteessa omaan painoonsa.

4.1.3 Hiilen, kokonaistypen ja liukoisen typen pitoisuus ja typen mineralisoituminen

Ensin määritettiin kokonaistyyppi ja -hiili Vario Elementar Max C/N-kuivapolttolaitteella (German Technology, Saksa). Näiden tulosten perusteella laskettiin kasvualustojen C/N- suhde, josta voidaan arvioida, miten paljon typpeä mineralisoituu pitemmällä aikavälillä. C/N -suhteen määrittämisessä oli neljä käsittelyä (kasvualustat) ja neljä kerrannetta. Jokaisesta kasvualustasta otettiin 4 kpl noin 1 g näytettä, jotka kuivatettiin lämpökaapissa (Memmert, Schwabach, Saksa) 50 °C:ssa sekä seulottiin ja murskattiin homogeeniseksi ennen määrittämistä.

Typen mineralisoituminen kasvualustoista määritettiin inkubointikokeella, jossa kasvualustat pidettiin kosteana 0,5 l ruukuissa ilman kasvia kaksi kuukautta. Kasvualustoihin lisättiin vettä tarvittaessa, jotta ne eivät päässeet kuivumaan. Ruukut säilytettiin kasvihuoneessa (noin 20 °C) pimeässä musta/valkomuovin alla, jotta niihin ei tulisi leväkasvustoa tai muuta biologista toimintaa, joka käyttäisi mineralisoituvaa typpeä. Näytteet otettiin poistamalla ruukkuja kokeesta kokeen alussa ja 2 viikon välein. Ne säilytettiin pakkasessa (-20 °C). Näytteitä otettiin yhteensä 80 kpl (4 käsittelyä x 4 kerrannetta x 5 näytteenottoaikaa). Ne lähetettiin määritettäväksi viljavuuspalveluun

yhtä aikaa ja niistä määritettiin liukoinen tyyppi, Liukoisen tynen määrittämisessä käytettiin uuttoa 0,1 M kaliumsulfaattiliuoksella.

4.2 Viljelykoe

4.2.1 Koejärjestely

Mansikan viljelykoe toteutettiin täydellisesti satunnaistettujen lohkojen kokeena. Lohkoja oli neljä. Ne oli sijoitettu kahteen kasvihuonepöytäan siten, että yhdessä pöydässä oli lohkot 1 ja 3 ja toisessa lohkot 2 ja 4. Jokaisessa lohkossa oli 4 käsittelyä ja 10 yhden kasvin kerrannetta käsittelyä kohti. Siten koeruutuja oli yhteensä 160. Viljelykokeessa käytetyt kasvit olivat mansikan A+ frigotaimia ja lajike oli 'Elsanta' (Neessen B.V., Aardbei & asperge planten, Grashoek, Alankomaat). Taimet istutettiin 6. syyskuuta 2012 korkeisiin 2 l ruukkuihin (niin sanotut ruusuruukut). Taimia istutettiin yhteensä 244 kpl. Niistä 160 kpl oli varsinaisia koetaimia ja 84 kpl oli varataimia, jotka toimivat samalla suojataimina. Suojataimet olivat varsinaisten koetaimien ympärillä. Niiden tarkoitus oli reunavaikutusten estäminen. Kasveja kasteltiin kokeen alussa käsin. Mansikoiden kastelu ja lannoitus toteutettiin 14.9.2012 lähtien tippukastelulla, jossa annettiin samanlainen lannoitus kaikille kasvualustoille. Lannoitteesta 50% oli Yara Ferticare 7-9-32 (NPK) -lannoitetta ja 50% Yara Calcinit 5-0-0 (NPK) -lannoitetta. Tippukastelu toteutettiin automaatiikalla, siten että kastelu tapahtui kellonajan mukaan kolme kertaa vuorokaudessa. Kastelukertoja lisättiin 27.9.2012 kuuteen, koska kasvukuitualusta ei pystynyt pidättämään paljoa vettä kerralla. Lannoiteliuoksen johtokyky oli aluksi 1,0 mS/cm. Koska lehdissä havaittiin kalsiumin puutosoireita, johtokyky nostettiin 27.9.2012 1,3 mS/cm:iin. Kasvihuoneessa pidettiin alkuun varjostusverhot kiinni säteilyn mukaan, ja valotus oli säädetty 16 h päivänpituudelle, siten että lamput (HPS, 400 W) olivat päällä vain, kun säteilyä ei tullut ulkoa tarpeeksi. Päivälämpötila oli 17 °C alkukehityksen ajan ja 15 °C kukinnan ja sadonmuodostuksen aikana. Päivälämpötila nostettiin 4.11.2012 18 °C:een, koska osastoon tuotiin toisen tutkimuksen kasveja. Yölämpötila pidettiin koko ajan 11 °C:ssa. Koe päättyi 14.1.2013.

4.2.2 Kasvinsuojelu ja pölytys

Härmää torjuttiin ennaltaehkäisevästi rikittimellä (Paskal Technologies Ltd., Fredericksburg, Yhdysvallat), joka asennettiin kasvihuoneeseen viljelykokeen alussa. Tuholaisia tarkkailtiin kasvihuonepöydille asetetuilla liima-ansoilla. Tuhoeläinten ennaltaehkäisevään torjuntaan käytettiin biologista torjuntaa. Ripsiäisiä torjuttiin ennaltaehkäisevästi ripsiäispunkeilla (*Amblyseius cucumeris*).

Pölytyksen onnistumisen varmistamiseen ja parantamiseen käytettiin mantukimalaispesää (Minipol, Koppert, Alankomaat). Mantukimalaiset (*Bombus terrestris*) ovat tehokkaita mansikan pölyttäjiä, koska niiden ruumiinrakenne soveltuu siihen hyvin. Kimalaispesä asetettiin kukinnan alkamisen jälkeen 2.10.2012 kasvihuoneeseen korokkeen päälle, hieman lattiasta irti, jotta muurahaiset ja muut hyönteiset eivät pääsisi niin helposti pesään. Korokkeen avulla estettiin myös pesää kastumasta lattialla olevasta vedestä. Pesän päälle laitettiin pahvinen levy suojaamaan tippuvalta vedeltä.

4.2.3 Kasvualustojen vesipitoisuus, johtokyky, lämpötila ja pH

Kasvualustojen vesipitoisuus, johtokyky ja lämpötila mitattiin kokeen alussa ja kuukauden välein kasvihuoneessa Grodan WCM-H- mittarilla (Grodan, Roermond, Alankomaat). Myös pH mitattiin kokeen alussa ja kuukauden välein ruukkujen valumavedestä kannettavalla pH- mittarilla (pH Tester 2, Eutech Instruments, Malesia).

4.2.4 Kasvualustojen tiivistyminen

Kasvualustojen tiivistyminen määritettiin mittaamalla kasvualustojen tilavuus ruukuissa viljelykokeen alussa ja lopussa. Kokeen alussa ja lopussa mitattiin viivoittimella etäisyys ruukkujen reunoilta kasvualustan pintaan. Etäisyys mitattiin neljästä eri kohtaa ja laskettiin niiden keskiarvo.

4.2.5 Mansikan maanpäällisten osien vegetatiivinen kasvu

Kahden viikon välein laskettiin lehtien lukumäärä ja mitattiin viivoittimella lehtiruodin pituus kolmanneksi nuorimmasta lehdestä. Lehtien klorofyllipitoisuus mitattiin kokeen puolivälissä ja lopussa SPAD –laitteella (Minolta Chlorophyll meter, SPAD-502, Minolta Camera CO.,LTD., Japani). Mittaukset tehtiin nuorista täysikasvuista lehdistä, päätelehdykköjen pääsuonien vierestä. SPAD-laite ilmaisee klorofyllipitoisuuden 0-100 välisenä arvona, jolla ei ole yksikköä. Tämä laite rekisteröi optisia tiheysmittoja, muuttaa ne digitaalisiksi signaaleiksi ja sitten SPAD-arvoksi. SPAD-arvot korreloivat hyvin kasvihuoneessa kasvavien kasvien klorofyllipitoisuuksien kanssa (Rodriguez ja Miller 2000). Rönsyt laskettiin kahden viikon välein ja poistettiin kerran kuukaudessa. Poistetutuista rönsyistä määritettiin kuivapaino. Rönsyjä kuivatettiin lämpökaapissa 2 vuorokautta 70°C:ssa ennen punnitusta. Lehtiala (cm²) mitattiin kokeen lopussa lehtialamittarilla (Portable Area Meter, Model LI-3000A, LI-COR, Yhdysvallat) neljästä kasvista lohkoa ja käsittelyä kohti. Lehtilavat irrotettiin kasveista, jonka jälkeen ne laitettiin yksitellen lehtialamittarissa olevan tunnistimen läpi, joka mittasi lehtialan. Lisäksi kokeen lopussa punnittiin maanpäällisten vegetatiivisten osien kuivapaino kasvia kohti. Niitä kuivatettiin lämpökaapeissa kolme vuorokautta 70 °C:ssa ennen punnitusta.

4.2.6 Juuriston kasvu

Kokeen lopussa juuripaakku leikattiin kahtia, minkä jälkeen juuristosta otettiin valokuvia digikameralla (Digital Camera, Model No.µ-5000, Olympus Imaging Corp, Tokio, Japani). Valokuvista havainnoitiin silmämääräisesti juurten kokoa, kasvua ja miten suuren osan juuret olivat täyttäneet kasvualustasta.

4.2.7 Generatiivinen kasvu

Generatiivisesta kasvusta määritettiin kukinnan ajoittuminen, sadon ajoittuminen sekä sadon määrä ja laatu. Kukinnan ajoittuminen määritettiin kukin kasvin ensimmäisen auenneen kukan mukaan. Sadon ajoittuminen määritettiin ensimmäisen kypsän marjan perusteella ja kun 50 % sadosta oli kypsää. Sato korjattiin kahdesti viikossa, jolloin

mitattiin sadon määrä ja marjojen lukumäärä käsittelyä kohden sekä keskimääräinen marjanpaino. Sadon laatu määritettiin mittaamalla marjoista sokeripitoisuus sadon alussa, puolivälissä ja lopussa sekä happopitoisuus pH- ja titrauslaitteella (C6010, Consort, Turnhout, Belgia) sadon puolivälissä. Näytteet valmistettiin murskaamalla marjat perunamurskaimessa (Zaseves, Italia) harsokankaisten pussien sisällä, siten että kangas oli taitettu kaksinkerroin ja mehu suodattui kankaan läpi. Mehua titrattiin 10 ml 0,1 M NaOH liuksella (Opetushallitus, Laboratorioanalyysit). Näytteiden kokonaishappopitoisuus laskettiin vastaamaan sitruunahappopitoisuutta (1 ml NaOH neutralisoi 64 mg sitruunahappoa). Näytteet otettiin kun marjat olivat kokonaan punaisia. Kumpaankin laatumäärittelyyn otettiin noin 10 marjan näyte jokaisen käsittelyn jokaisesta lohkoista. Jokaisesta näytteestä mitattiin kolme rinnakkaismäärittelyä Brix refraktometrillä (Master, Atago, Japani). Tämä laite mittaa nesteen taitekertoimen ja ilmoittaa taitekerrointa vastaavan ruokosokeripitoisuuden painoprosenttina liuksessa (°Brix). Se kertoo marjojen liukoisen kuiva-ainepitoisuuden, koska marjoissa on sokerien lisäksi myös vesiliukoisia happoja ja pektiiniä, mutta arvoa käytetään yleisesti kuvaamaan marjojen tai hedelmien sokeripitoisuutta. Happopitoisuus mitattiin vain sadon puolivälissä ja jokaisesta näytteestä tehtiin 2-3 rinnakkaismäärittelyä.

4.3 Tilastollinen analyysi

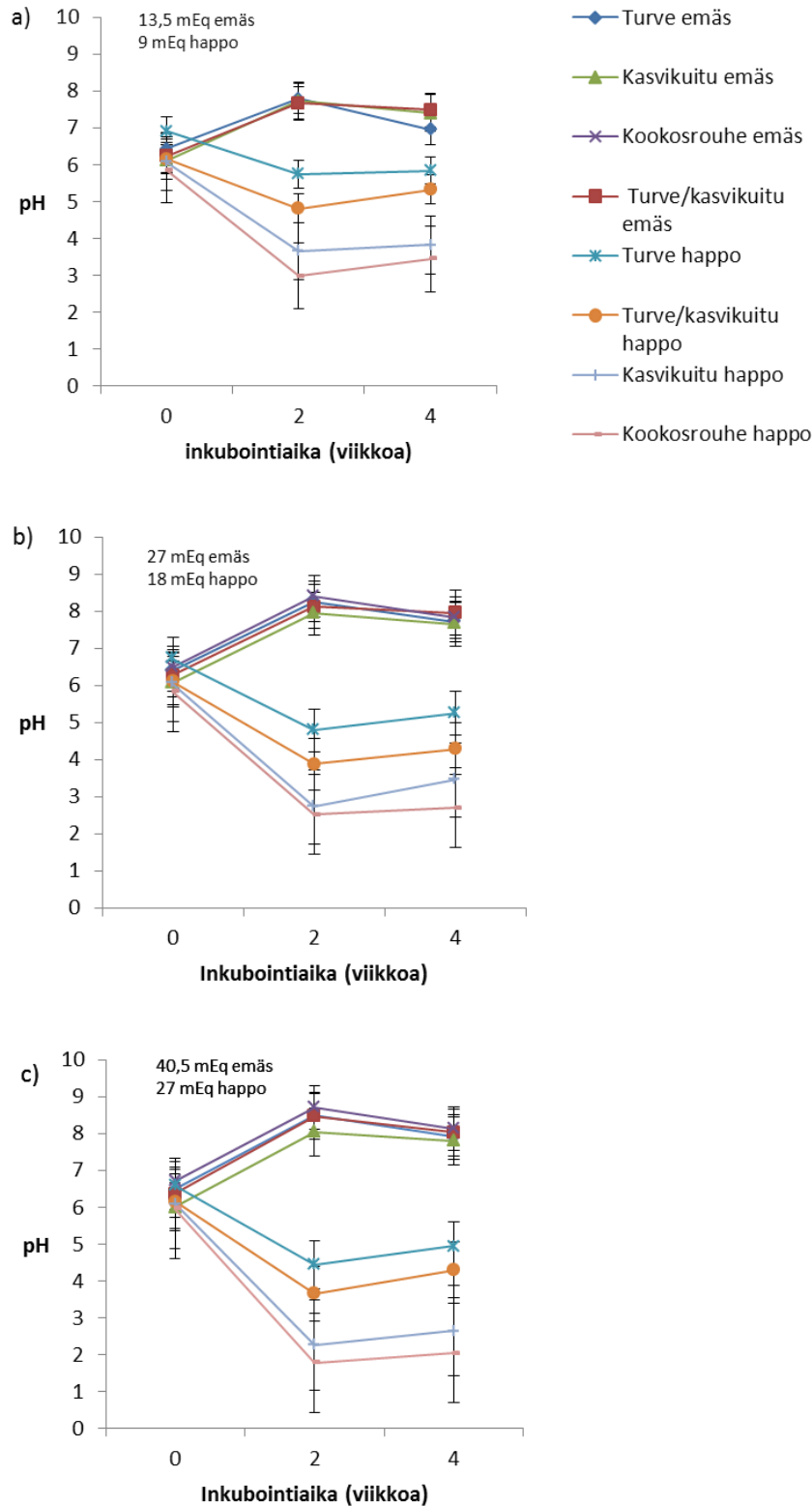
Tutkimuksen testattava tekijä oli kasvualustakäsittely ja koeasetelmana viljelykokeessa käytettiin täydellisesti satunnaistettujen lohkojen koetta. Tulosten tilastollisessa analyysissä käytetty ohjelmisto oli SAS- versio 9.2 (SAS institute Inc. Cary, USA). Varianssianalyysi tehtiin GLM- proseduuria käyttäen. Parivertailutestit tehtiin Tukeyn testillä. Rajana tilastollisesti merkitseville eroille pidettiin $p=0,05$ riskitasoa.

5 TULOKSET

5.1 Kasvualustojen pH-puskurikyky

Kontrollissa pH oli alkumittauksissa turpeella 6,85, kookosrouheella 6,32, turve/kasvikuitu-seoksella 6,37 ja kasvikuidulla 6,32. Viljavuuspalvelun mukaan kasvualustojen pH:t olivat kuitenkin huomattavasti tätä matalampia (taulukko 1).

Turpeen ja turve/kasvikuitu-seoksen pH-puskurikyky oli huomattavasti suurempi kasvikuituun ja kookosrouheeseen verrattuna. Kontrollikäsitellyssä kasvikuidun pH laski enemmän kuin muissa alustoissa. Rikkihapon lisäämisen seurauksena turvetta sisältävien kasvualustojen pH laski kaikissa happokäsittelyissä kahden viikon inkuboinnin aikana ja neljän viikon aikana vähemmän kuin kookosrouheen ja kasvikuidun pH (kuva 1 ja taulukko 2). Neljän viikon inkuboinnin aikana kookosalustan pH laski enemmän kuin minkään muun alustan kahdessa suurimmassa happolisäyksessä. Kalsiumhydroksidin lisäämistä seuranneessa pH:n nousussa ei ollut merkitsevää eroa eri kasvualustojen välillä yhtä emäskäsittelyä (13,5 mEq CaOH₂) lukuun ottamatta, jossa kookosrouheen ja turpeen pH:t nousivat vähemmän ($p < 0,001$) kasvikuitua sisältäviin kasvualustoihin verrattuna (kuva 1 ja taulukko 1).



Kuva 1. a) 13,5 mEq emäs- ja 9 mEq emäs- ja happolisäysten b) 27 mEq emäs- ja 18 mEq happolisäysten c) 40,5 mEq emäs- ja 27 mEq happolisäysten vaikutus kasvialustojen pH:een. Arvot ovat kolmen kerranteen keskiarvoja. Pystyjanat kuvaavat keskihajontaa.

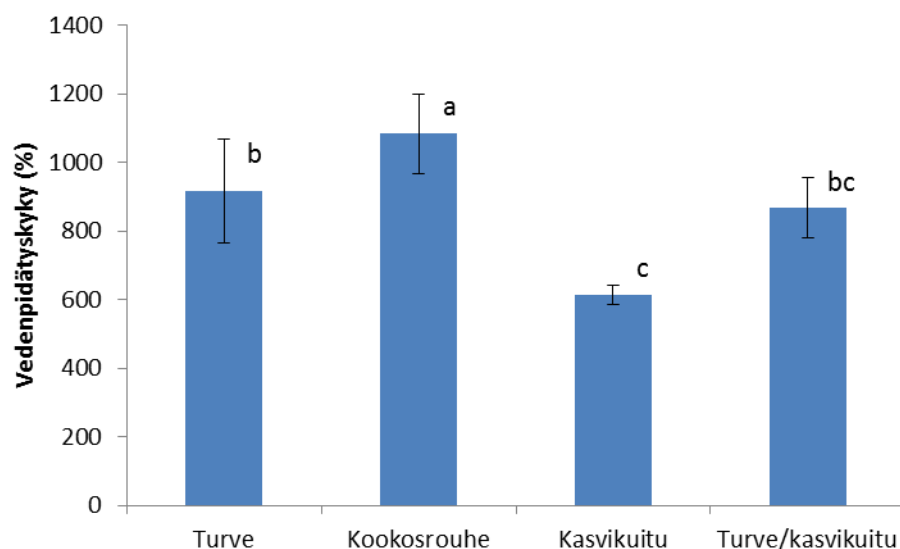
Taulukko 2. pH-muutokset eri kasvualustoilla happo- ja emäslisäysten seurauksena kahden ja neljän viikon inkubointien jälkeen. Luvut ovat 3 kerranteen keskiarvoja.

Kussakin sarakkeessa eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$) Tukeyn testin mukaan

Inkubointiaika/ kasvualusta	pH –käsittely (mEq)						
	27 H ₂ SO ₄	18 H ₂ SO ₄	9 H ₂ SO ₄	kontrolli	13,5 CaOH ₂	27 CaOH ₂	40,5 CaOH ₂
2 viikkoa							
Kookosrouhe	-4,18 a	-3,31 a	-2,87 a	-0,49 b	1,28	1,91	1,99
Turve	-2,14 b	-1,92 b	-1,11 b	-0,01 a	1,36	1,86	2,00
Turve/Kasvikuitu	-2,50 b	-2,23 b	-1,34 b	-0,16 ab	1,42	1,85	2,10
Kasvikuitu	-3,83 a	-3,30 a	-2,43 a	-0,93 c	1,62	1,86	2,00
<i>p</i>	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	n.s	n.s	n.s
4 viikkoa							
Kookosrouhe	-3,92 c	-3,14 d	-2,41 b	-0,52 b	0,84 b	1,33	1,42
Turve	-1,65 a	-1,46 a	-1,07 a	-0,54 b	0,52 b	1,32	1,42
Turve/Kasvikuitu	-1,81 b	-1,66 a	-0,83 a	-0,11 a	1,25 a	1,69	1,66
Kasvikuitu	-3,45 b	-2,58 c	-2,26 b	-0,88 c	1,29 a	1,58	1,79
<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,049	n.s

5.2 Vedenpidätyskyky

Kasvualustojen vedenpidätyskyvyissä oli selkeitä eroja (kuva 2). Kookosrouhe pidätti eniten vettä suhteessa kuivapainoonsa. Kookosrouheen ja turpeen vedenpidätyskyvyt olivat suuremmat kuin kasvikuidulla.



Kuva 2. Kasvialustojen vedenpidätyskyky mitattuna materiaalin pidättämän veden painon suhteena alustan kuivapainoon. Arvot ovat neljän toiston keskiarvoja. Pystyjanat kuvaavat keskihajontaa. Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$) Tukeyn testin mukaan

5.3 Liukoisen typen pitoisuus, typen mineralisoituminen, pH, johtokyky ja makroravinteet

Kasvialustojen kokonaishiilen määrillä ei ollut merkitseviä eroja kasvialustojen välillä. Sen sijaan kokonaistypen määrät erosivat toisistaan kaikilla kasvialustoilla (taulukko 3). Myös kasvialustojen C/N- suhteiden välillä oli suuria eroja. Kookosrouheen C/N- suhde oli huomattavasti suurempi kuin muilla materiaaleilla. Kaikkien kasvialustojen C/N- suhteet erosivat merkitsevästi ($p < 0,001$) toisistaan. Erot kasvialustojen C/N- suhteissa johtuivat niiden erilaisista kokonaistyyppipitoisuuksista.

Kokeen alussa 25.6.2012 otetuissa näytteissä kaikkien kasvialustojen liukoisen typen määrät poikkesivat toisistaan ($p < 0,001$) (Taulukko 3). Silloin kasvikuuden liukoisen typen määrä oli kaikista alustoista suurin. Kahden, neljän ja kuuden viikon inkuboinnin jälkeen turpeen liukoisen typen määrä oli käsittelyistä suurin, mutta se ei eronnut merkitsevästi kasvikuudesta. Kahdeksan viikon jälkeen turpeessa oli enemmän liukoista

typpeä kuin missään muussa kasvualustassa. Kookosrouheen liukoisen typen määrä oli huomattavasti pienempi kuin muissa alustoissa.

Taulukko 3. Hiili/typpi- suhde, kokonaistyyppi- ja hiilipitoisuus sekä liukoisen typen määrä (mg/l) eri kasvualustoilla viitenä eri näytteidenottoajankohtana (0, 2, 4, 6 ja 8 viikkoa). Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$) Tukeyn testin mukaan ($n=4$).

Kasvialusta	C/N	N(%)	C (%)	Liukoinen typpi (mg/l)				
				0 vkoa	2 vkoa	4 vkoa	6 vkoa	8vkoa
Kookosrouhe	60 d	0,7 d	41,7	12 d	<10 c	<10 c	<10 c	<10 c
Turve	41 c	1,0 c	42,6	115 c	104 a	120 a	91 a	108 a
Turve/kasvikuitu	29 b	1,5 b	41,9	183 b	77 b	65 b	66 b	69 b
Kasvikuitu	23 a	1,8 a	41,0	353 a	80 ab	119 a	79 ab	78 b
<i>p</i>	<0,001	<0,001	0,304	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

5.4 Viljelykoe

5.4.1 Kasvialustojen vesipitoisuus, johtokyky, lämpötila, tiivistyminen ja pH

Viljelykokeen alkupuolella kaikkien kasvialustojen vesipitoisuudet poikkesivat toisistaan; turpeen vesipitoisuus oli merkitsevästi suurempi kuin muissa kasvialustoissa (taulukko 4). Kokeen lopussa eri kasvialustojen vesipitoisuuksien välillä ei ollut enää tilastollisesti merkitseviä eroja. Myös kasvialustojen johtokyvyt erosivat toisistaan kokeen alussa (taulukko 4). Silloin kookosrouheen johtokyky oli suurempi kuin muissa alustoissa. Kokeen lopussa eri kasvialustojen johtokyvyt eivät eronneet toisistaan merkitsevästi.

Kasvialustojen lämpötilat eivät poikenneet toisistaan kokeen loppua lukuun ottamatta, jolloin turpeen ja turve/kasvikuitu-seoksen lämpötilat olivat korkeampia kuin kookosrouheessa (taulukko 4). Turve/kasvikuituseoksen pH ylivalumavedestä mitattuna oli koko kokeen ajan korkeampi kuin turpeella ja kookosrouheella (taulukko

4). Kookosrouheen pH oli merkitsevästi matalampi kuin muilla kasvualustoilla, paitsi kokeen lopussa, jolloin se ei eronnut turpeen pH:sta.

Kasvikuitualusta tiivistyi enemmän kuin muut kasvualustat ($p < 0,001$). Sen pinta ruukuissa laski kokeen aikana keskimäärin 0,5 cm. Turve/kasvikuitu-seoksen pinta laski 0,1 cm ja turpeen (0,0 cm) sekä kookosrouheen (0,0 cm) ei ollenkaan.

Taulukko 4. Kasvualustojen vesipitoisuus, johtokyky, lämpötila ja pH viljelykokeen aikana. Luvut ovat 40 kerranteen keskiarvoja. Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$) Tukeyn testin mukaan.

	Havaintoajankohta (viikkoja kokeen alusta)				
	1	5	9	13	17
Vesipitoisuus (%)					
Kookosrouhe	61 b	55 b	56 a	39 ab	47
Turve	68 a	61 a	52 a	25 c	48
Turve/kasvikuitu	55 c	51 b	57 a	44 a	55
Kasvikuitu	42 d	38 c	40 b	32 bc	39
<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	n.s.
Johtokyky (mS/cm)					
Kookosrouhe	1,2 a	1,4 a	1,4 a	1,7 b	1,9
Turve	0,9 b	1,1 bc	1,3 a	2,7 a	2,2
Turve/kasvikuitu	0,7 b	0,9 c	1,0 b	1,7 b	2,0
Kasvikuitu	0,5 c	1,2 ab	1,4 a	1,9 b	2,1
<i>p</i>	<0,001	0,002	0,005	<0,001	n.s.
Lämpötila (°C)					
Kookosrouhe	23,1	15,7	16,1	14,8	14,8b
Turve	23,2	20,7	16,6	14,9	14,9a
Turve/kasvikuitu	22,7	16,0	16,6	14,8	14,9 a
Kasvikuitu	23,2	16,0	16,3	14,8	14,8 ab
<i>p</i>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,005
pH					
Kookosrouhe	5,9 c	6,3 c	6,6 d	---	6,9 c
Turve	6,4 b	6,8 b	7,0 c	---	7,6 bc
Turve/kasvikuitu	6,6 a	7,4 a	7,6 a	---	8,1 a
Kasvikuitu	6,5 ab	6,8 b	7,1 b	---	7,7 ab
<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001

5.4.2 Vegetatiivinen kasvu

Kasvualusta vaikutti mansikan vegetatiiviseen kasvuun (taulukko 5). Ensimmäisen havainnointiajankohdan jälkeen turpeessa kasvaneissa kasveissa oli poikkeuksetta

enemmän lehtiä kuin muissa kasvualustoissa, vaikka ero muihin kasvualustoihin ei aina ollut merkitsevä (taulukko 5).

Lehtiruodin pituudessa oli merkitseviä eroja kolmena mittausajankohtana (taulukko 5). Lehtiruodit olivat 4 ja 6 viikon kuluttua istutuksesta merkitsevästi pitempiä turpeessa kasvaneissa kasveissa kuin muissa kasvualustoissa. Lisäksi 10 viikkoa istutuksen jälkeen turpeessa lehtiruodit olivat kasvaneet merkitsevästi pitemmiksi turve/kasvikuitu-seokseen verrattuna.

Taulukko 5. Mansikoiden lehtien lukumäärä kasvia kohden ja lehtiruodin pituus (cm) eri kasvualustoilla. Luvut ovat 40 kerranteen keskiarvoja. Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$) Tukeyn testin mukaan.

	Havaintoajankohta (viikkoja kokeen alusta)							
	2	4	6	8	10	12	14	16
Lehtien lkm/kasvi								
Kookosrouhe	4,3	6,0 b	7,3 ab	10,0 ab	11,0	12,3 b	12,5 b	15,0
Turve	4,0	6,8 a	8,5 a	10,8 a	12,3	14,3 a	14,8 a	16,8
Turve/Kasvikuitu	3,8	5,8 b	7,3 ab	8,8 b	10,3	12,0 b	14,3 ab	15,0
Kasvikuitu	4,0	5,8 b	7,0 b	9,3 ab	10,8	12,3 b	14,5 a	15,3
<i>p</i>	n.s.	<0,001	0,043	0,033	n.s.	0,007	0,022	0,048
Lehtiruodin pituus (cm)								
Kookosrouhe	7,4	13,6 b	15,9 b	17,9	20,1 ab	20,8	21,7	21,9
Turve	8,7	16,4 a	18,5 a	26,3	21,5 a	20,8	21,6	20,6
Turve/Kasvikuitu	14,4	13,0 b	15,5 b	17,8	19,2 b	19,9	20,7	20,9
Kasvikuitu	7,9	12,2 b	15,2 b	17,1	19,4 ab	20,7	21,0	21,3
<i>p</i>	n.s.	0,003	0,003	n.s.	0,036	n.s.	n.s.	n.s.

Rönsyjä muodostaneiden kasvien osuudella ei ollut merkitseviä eroja eri kasvialustojen välillä (taulukko 6). Turpeessa oli muodostunut 7 viikkoa istutuksen jälkeen enemmän rönsyjä kasvia kohden kahden viikon aikana kaikkiin muihin kasvualustoihin verrattuna, 11 viikkoa kokeen alusta kookosrouheeseen ja turvekasvikuitu-seokseen verrattuna ja 15 viikkoa kokeen alusta kookosrouheeseen verrattuna (taulukko 6). Muina

määritysajankohtina rönsyjen lukumäärällä kasvia kohden ei ollut merkitseviä eroja kasvualustojen välillä.

Taulukko 6. Rönsyjä muodostaneiden kasvien osuus kaikista kasveista (40 kpl) ja rönsyjen lukumäärä kasvia kohden ja eri kasvualustoilla. Rönsyjen lukumäärä kasvia kohden laskettiin vain rönsyjä muodostaneista kasveista. Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$) Tukeyn testin mukaan.

	Havaintoajankohta (viikkoja kokeen alusta)						
	5	7	9	11	13	15	17
Rönsyjä muodostaneiden kasvien osuus (%)							
Kookosrouhe	40,0	65,0	35,0	92,5	92,5	45,0	22,5
Turve	57,5	97,5	87,5	100,0	90,0	97,5	50,0
Turve/Kasvikuitu	7,5	65,0	62,5	100,0	85,0	92,5	45,0
Kasvikuitu	7,5	67,5	35,0	92,5	80,0	95,0	42,5
<i>p</i>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,049	n.s.
Rönsyjen lkm/kasvi							
Kookosrouhe	1,3	1,6 b	1,2	1,2 b	1,8	1,0 b	1,0
Turve	1,4	2,6 a	1,5	3,7 a	1,8	2,4 a	1,4
Turve/Kasvikuitu	1,0	1,6 b	1,3	1,8 b	1,2	1,8 ab	1,1
Kasvikuitu	1,0	1,4 b	1,5	2,3 ab	1,4	2,0 ab	1,2
<i>p</i>	n.s.	<0,001	n.s.	0,008	n.s.	0,006	n.s.

Rönsyjen kuivapaino oli merkitsevästi suurempi turpeessa kasvaneissa kasveissa muihin kasvualustoihin verrattuna 7 ja 11 viikkoa istutuksen jälkeen (taulukko 7). Kuitenkin 15 viikkoa istutuksesta turve/kasvikuitu-seoksessa kasvaneiden mansikoiden rönsyjen kuivapaino oli merkitsevästi suurempi kuin turpeessa. Yhteensä koko kokeen aikana turpeessa kasvaneiden kasvien rönsyjen kuivapaino oli merkitsevästi suurempi muihin kasvualustoihin verrattuna. Muut alustat eivät eronneet toisistaan.

Yhden rönsyn keskimääräinen kuivapaino oli kokeen alkupuolella, 7 viikkoa istutuksesta merkitsevästi ($p < 0,05$) suurempi turpeessa kasvaneissa kasveissa muihin kasvualustoihin verrattuna (taulukko 7). Kokeen loppupuolella 15 viikkoa istutuksesta kuitenkin turve/kasvikuidussa kasvaneet rönsyt olivat merkitsevästi painavampia kuin muissa kasvualustoissa. Kun verrattiin koko kokeen aikana kasvaneita rönsyjä, yhden rönsyn kuivapainoissa ei ollut merkitseviä eroja kasvualustojen välillä.

Taulukko 7. Rönsyjen kuivapaino (g/kasvi) sekä yhden rönsyn keskimääräinen kuivapaino eri kasvualustoilla kasvaneissa mansikoissa. Luvut ovat 40 kerranteen keskiarvoja. Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$) Tukeyn testin mukaan.

	Havaintoajankohta (viikkoja kokeen alusta)			
	7	11	15	yhteensä
Rönsyjen kuivapaino (g/kasvi)				
Kookosrouhe	7,0 b	34,4 b	33,1 ab	74,5 b
Turve	36,0 a	60,8 a	31,5 b	128,3 a
Turve/kasvikuitu	6,3 b	28,4 b	38,4 a	73,1 b
kasvikuitu	5,0 b	23,4 b	32,6 ab	60,0 b
<i>p</i>	<0,001	<0,001	0,022	<0,001
Yhden rönsyn kuivapaino (g)				
Kookosrouhe	0,19 b	0,51	0,34 b	0,35
Turve	0,37 a	0,40	0,34 b	0,37
Turve/kasvikuitu	0,16 b	0,28	0,42 a	0,31
Kasvikuitu	0,16 b	0,20	0,34 b	0,25
<i>p</i>	0,018	n.s.	0,019	n.s.

Turpeessa kasvaneiden kasvien maanpäällisten vegetatiivisten osien kuivapaino ja lehtiala kasvia kohti (cm²) olivat suuremmat kuin muilla kasvualustoilla (taulukko 8). Kookosrouheessa lehtiala oli suurempi kuin turve/kasvikuitu-seoksessa. Sen sijaan kookosrouheen ja kasvikuitualustan välillä ei ollut merkitsevää eroa. Pienimmät

lehtialat olivat kasvikuitua sisältävissä alustoissa. Lehtien klorofyllipitoisuudessa ei ollut merkitseviä eroja kasvualustojen välillä.

Taulukko 8. Mansikan maanpäällisten vegetatiivisten osien kuivapaino ja lehtiala (cm²/kasvi) kokeen lopussa sekä lehtien klorofyllipitoisuus (SPAD-arvot) kokeen alussa ja lopussa eri kasvualustoilla. Luvut ovat 40 kerranteen keskiarvoja. Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$) Tukeyn testin mukaan.

	Maanpäällisten osien kuivapaino (g)	Lehtiala (cm ² /kasvi)	SPAD-arvo	
			19.10	7.1
Kookosrouhe	32,5 b	3285 b	33,8	33,8
Turve	44,5 a	3904 a	35,6	34,7
Turve/kasvikuitu	30,9 b	2699 c	35,2	33,3
Kasvikuitu	29,8 b	2811 bc	34,8	36,0
<i>p</i>	<0,001	<0,001	n.s.	n.s.

5.4.3 Juuriston kasvu

Kookosrouheessa juuret olivat jakautuneet huomattavasti tasaisemmin kuin muissa kasvualustoissa (kuva 3a). Siinä juuret olivat yleensä täyttäneet koko kasvualustan, kun turpeessa ja turve/kasvikuituseoksessa kasvualustan keskiosassa ei usein ollut paljon juuria (kuvat 3b ja 3c). Kasvikuitualustassa juuret eivät täyttäneet kasvualustaa yhtä tasaisesti kuin kookosrouheessa, mutta huomattavasti tasaisemmin turvepitoisiin kasvualustoihin verrattuna (kuva 3d). Kookosrouheessa juuria oli määrällisesti enemmän ja ne olivat keskimäärin ohuempia ja lyhyempiä muihin alustoihin verrattuna. Turpeessa juurten kasvu näytti olevan heikointa. Juuria oli vähiten, eivätkä ne olleet yhtä suuria kuin kasvikuittupitoisissa alustoissa. Etenkin turve/kasvikuituseoksessa oli pitkiä juuria, jotka ulottuivat kasvualustan yläosasta aivan alaosaan saakka.



a) Kookosrouhe



b) Turve



c) Turve/kasvikuitu

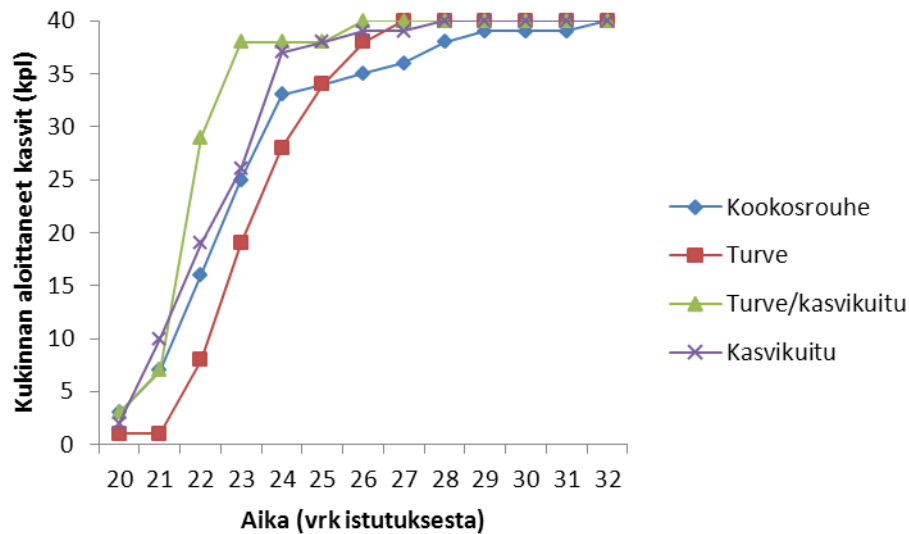


d) Kasvikuitu

Kuva 3. Valokuvia mansikan kahtia halkaistuista juuristoista eri kasvualustoilla: a) kookosrouhe, b) turve, c) turve/kasvikuitu-seos ja d) kasvikuitualusta.

5.4.4 Kukinnan ajoittuminen

Kaikkien kasvien ensimmäiset kukat avautuivat 26.9 - 8.10.2012 ajanjaksolla, 3-5 viikkoa istutuksesta. Turve/kasvikuitu-seoksessa kasvaneissa kasveissa ensimmäiset kukat avautuivat keskimäärin hieman aiemmin kuin muissa käsittelyissä (Kuva 4).



Kuva 4. Kukinnan aloittaneiden mansikkakasvien lukumäärä eri kasvualustoilla. Kasveja oli yhteensä käsittelyä kohti 40 kpl.

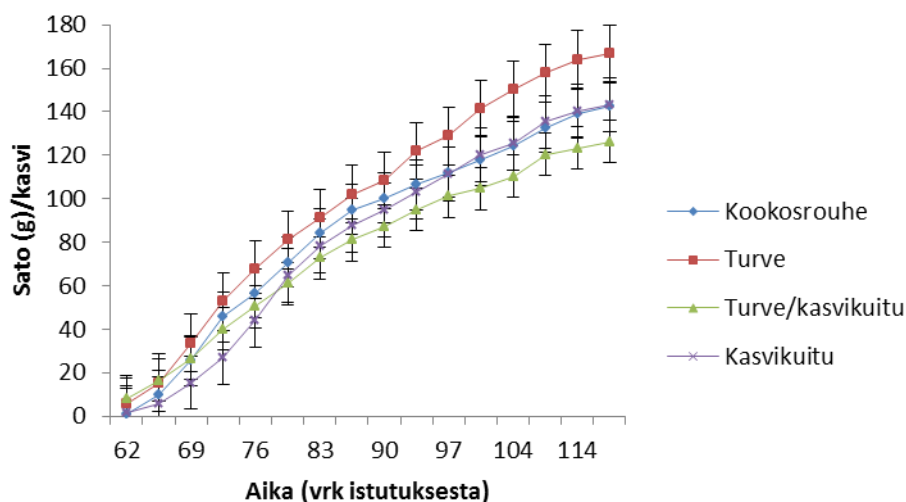
5.4.5 Sato

Mansikat tuottivat keskimäärin 147 g marjoja/kasvi. Keskimääräinen marjakoko oli 9,1g. Sadon määrässä, marjakoossa tai marjojen lukumäärässä ei ollut merkitseviä eroja kasvualustojen välillä (taulukko 9).

Taulukko 9. Eri kasvualustoilla kasvaneiden mansikkakasvien keskimääräinen sato (g), marjojen lukumäärä ja marjakoko (g) satokauden aikana. Luvut ovat 40 kerranteen keskiarvoja.

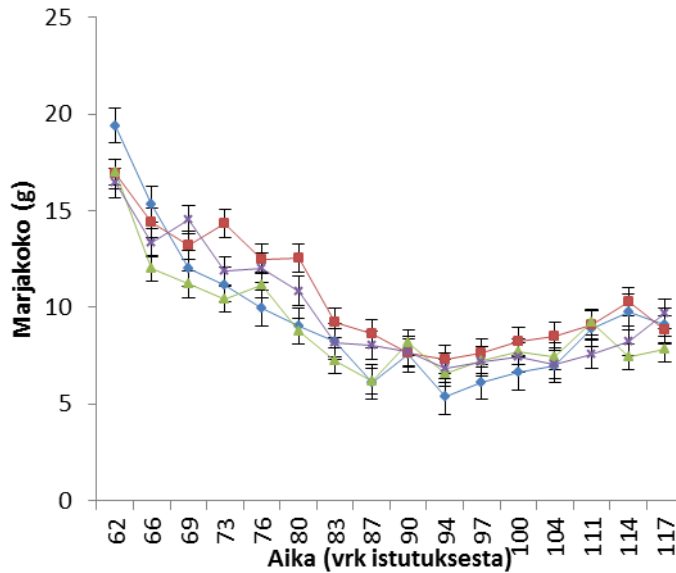
Kasvualusta	Sato (g/kasvi)	Marjanpaino (g)	Marjojen lukumäärä/kasvi
Kookosrouhe	142	8,9	16,1
Turve	168	10,1	16,9
Turve/kasvikuitu	130	8,5	14,9
Kasvikuitu	146	9,0	16,4
ρ	n.s.	n.s.	n.s.

Sadon ajoittumisessa ei ollut eroja kasvualustojen välillä. Kaikissa kasvualustoissa 50 % sadosta oli muodostunut 29.11.2012, kun istutuksesta oli kulunut 83 vuorokautta (kuva 5).



Kuva 5. Mansikkasadon kumulatiivinen määrä ajan funktiona eri kasvualustoilla. Arvot ovat neljän kerranteen keskiarvoja. Pystyjanat kuvaavat keskihajontaa.

Marjako oli suurimmillaan viljelykokeen alussa ja pieneni aina kokeen puoliväliin saakka, minkä jälkeen se alkoi suurentua lievästi (kuva 6).



Kuva 6. Mansikan marjakoko ajan funktiona eri kasvualustoilla. Arvot ovat neljän kerranteen keskiarvoja. Pystyjanat kuvaavat keskihajontaa.

5.4.6 Marjojen sokeri- ja happopitoisuus

Marjojen happopitoisuudessa ja sokeri:happo -suhteessa ei ollut merkitsevää eroa kasvualustojen välillä (Taulukko 10). Myöskään liukoisen kuiva-aineen pitoisuudessa ei ollut merkitsevää eroa sadon alku- ja keskivaiheessa. Kuitenkin sadon loppuvaiheessa kookosrouheessa kasvaneiden marjojen liukoisen kuiva-aineen pitoisuus oli suurempi kuin kasvikuitua sisältävissä kasvualustoissa kasvaneissa marjoissa.

Taulukko 10. Eri kasvualustoissa kasvaneiden mansikan marjojen puristemehun liukoisen kuiva-ainepitoisuus (°Brix) satokauden alku-, keski- ja loppuvaiheessa sekä happopitoisuus ja sokeri:happo -suhde. Marjojen happopitoisuus on esitetty laskennallisena sitruunahappopitoisuutena. Luvut ovat 40 kerranteen keskiarvoja. Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$) Tukeyn testin mukaan.

	Happopitoisuus (%)	°Brix	°Brix	°Brix	Sokeri:happo -suhde
Kasvualusta	27.11	15.11	27.11	10.12	
Kookosrouhe	0,98	7,2	7,1	11,1 a	7,1
Turve	0,96	7,3	7,7	10,0 ab	8,0
Turve/Kasvikuitu	0,99	6,5	5,9	9,6 b	6,0
Kasvikuitu	0,94	7,3	6,8	9,6 b	7,2
p	n.s	n.s	n.s	0,033	n.s

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Kasvualustojen pH ja pH-puskurikyky

Kasvualustojen pH- puskurikyky on tärkeä kemiallinen ominaisuus viljelykasvien onnistuneen ravinteiden saannin kannalta. Puskurikyky vaikuttaa kasvualustojen kykyyn pitää pH vakaana happo- ja emäslisäysten jälkeen. Pieni pH- puskurikyky voi aiheuttaa ongelmia, jos pH muuttuu liikaa viljelyn aikana (Huang ym. 2010). Orgaanisten kasvualustojen pH-puskurikyky johtuu paljolti kationinvaihtokapasiteetista, jonka suuruus puolestaan määräytyy enimmäkseen COOH-ryhmien ionisaation perusteella (Stevenson 1982).

Omassa kokeessani suurin pH-puskurikyky oli turpeella. Kasvikuidun ja kookosrouheen pH- puskurikyvyt olivat keskenään samaa luokkaa ja huomattavasti turvetta pienempiä. Turve/kasvikuitu-seos puolestaan puskuroi pH- muutoksia vastaan lähes yhtä hyvin kuin turve. Turpeen tärkein puskurikykyyn vaikuttava ominaisuus on karboksyyli-ryhmien dissosioitumisesta johtuva kationinvaihtokapasiteetti (Huang ym.

2010). Turpeen maatumisen ajatellaan lisäävän kationinvaihtokapasiteettiä. Kasvikuidun kationinvaihtokapasiteetti oli todennäköisesti pienempi kuin turpeella kasvikuidun vähäisemmän maatumisen vuoksi. Pienempi kationinvaihtokapasiteetti on siis hyvin todennäköinen syy kasvikuitualustan turvetta pienempään pH-puskurikykyyn.

Handreckin (1993) mukaan turpeen kationinvaihtokapasiteetti on huomattavasti suurempi kuin kookosrouheella, joten on loogista, että turpeen pH-puskurikyky on kookosrouhetta parempi. Hänen mukaansa kookosrouheen pieni kationinvaihtokapasiteetti indikoi huonoa kykyä puskuroida pH- muutoksia vastaan. Kithome ja Kannangara (1999) kuitenkin totesivat kookosrouheen suuren kationinvaihtokapasiteetin, pinta-alan ja puskurivoiman indikoivan hyvää pH-puskurikykyä. Tutkimusten välinen ero johtuu todennäköisesti siitä, että kationinvaihtokapasiteetti vaihtelee hyvin paljon kookosrouheesta toiseen.

Omassa kokeessani kaikki kasvualustat reagoivat emäslisäyksiin melko samankaltaisesti, mutta happolisäykset laskivat kasvikuidun ja kookosrouheen pH:ta huomattavasti enemmän kuin turvetta sisältävillä kasvualustoilla. Koska kaikki kasvualustat olivat aika samanlaisia pH:n noston suuntaan, niin kasvikuidun kalkitussuositus olisi todennäköisesti suunnilleen sama kuin turpeen. Neljän viikon inkubointiajalla ajalla ei saavutettu kokeeseen lisäarvoa, koska muutokset olivat tapahtuneet jo kahden viikon kuluessa.

6.2 Vedenpidätyskyky

Kookosrouheella oli kokeessani suurin vedenpidätyskyky. Se pidätti vettä 1083 % kuivapainoonsa verrattuna. Toiseksi suurimman vedenpidätyskyvyn omasi turve, joka pidätti vettä 917 % suhteessa kuivapainoonsa. Turve/kasvikuitu-seoksen vedenpidätyskyky oli hieman turvetta pienempi, 867 %. Kasvikuidun kyky pidättää vettä oli huomattavasti muita kasvualustoja pienempi, vain 613 %. Myös Arenasin ym. (2002) kokeiden mukaan kookosrouheen vedenpidätyskyky on suurempi kuin turpeen. Heidän kokeissansa kookosrouhe pidätti vettä 763 % ja turve 695 % materiaalien kuivapainoihin verrattuna. Sitä vastoin Noguera ym. (2000) mukaan turpeen

vedenpidätyskyky oli noin 14 % kookosrouhetta suurempi, kun se mitataan suhteessa tilavuuteen. Heidän mukaansa turpeen vedenpidätyskyky oli 620 ml/l ja kookosrouheen 533 ml/l. Myös Berrutin ja Scariotin (2012) ja Lopez-Medinan (2002) mukaan turpeen vedenpidätyskyky on suurempi kuin kookosrouheella. Heidän kokeessaan turpeen vesitilavuus ennen viljelyä oli 693 ml/l ja kookosrouheen 588 ml/l. Sambo ym. (2008) saivat puolestaan kokeessaan turpeen vedenpidätyskyvyksi 614 ml/l. Nogueran ym. (1997) tutkimuksen kookosrouheiden vedenpidätyskyky vaihteli välillä 491-523 ml/l riippuen tuotteen alkuperästä. Abad ym. (2005) tutkivat 13 erilaisen kookosrouheen fysikaalisia ominaisuuksia ja totesivat kookosrouheiden vedenpidätyskyvyn olevan pieni. Se vaihteli välillä 137-786 ml/l. Kasvualustojen optimi vedenpidätyskyky on 600-1000 ml/l (Abad ym 1989).

Vedenpidätyskyky mitattuna veden painona kasvualustan kuivapainoon nähden ei ole verrannollinen tilavuutena mitattuun vedenpidätyskykyyn. Vaikka kookosrouheen vedenpidätyskyky oli omassa kokeessani suurempi kuin turpeen, niin sen vedenpidätyskyky tilavuudessa mitattuna ei välttämättä ole yhtä suuri kuin turpeella. Aikaisempien tutkimusten perusteella kookosrouheen vedenpidätyskyky on turvetta suurempi, kun määrittäminen tehdään kuivapainoon suhteutettuna. Toisaalta, kun se mitataan tilavuutena, niin turpeen vedenpidätyskyky on suurempi. Viljelyn kannalta tilavuutena mitattu vedenpidätyskyky on painona mitattua keskeisempää, koska se kertoo kuinka paljon tietyn kokoinen ruukku tiettyä kasvualustaa pystyy pidättämään vettä.

Kasvualustan vedenpidätyskyky on riippuvainen hiukkaskokojakaumasta. Hiukkaskoon kasvaessa kookosrouheen vedenpidätyskyky pienenee (Abad ym. 2005). Myös Fornes ym. (2003) totesivat hiukkaskokojakauman olevan tärkein syy kookosrouheen vedenpidätyskyvyn vaihteluun. Heidän tutkimuksessaan meksikolaisen kookosrouheen vedenpidätyskyky oli pienempi kuin turpeella, mutta Sri Lankasta peräisin oleva kookosrouhe omasi yhtä hyvän vedenpidätyskyvyn kuin turpe. Erot johtuivat jauhausasteen vaihtelusta. Myös turpeen vedenpidätyskyky on paljolti hiukkaskokojakaumasta riippuvaista (Fornes ym. 2003). Lisäksi turpeen suuri vedenpidätyskyky selittyy sillä, että se sisältää paljon fenoli- ja hydroksyyli- ja radikaaleja (Lopez-Galarza ym. 2010).

Todennäköisesti hiukkaskokojakauma vaikuttaa myös kasvukuidun vedenpidätyskykyyn. Siten kasvukuidun vedenpidätyskykyä pystyttäisiin mahdollisesti parantamaan jauhamalla sitä pienemmäksi, jolloin ei tarvitsisi kastella niin usein. Toisaalta hiukkaskoon pienentäminen todennäköisesti vähentäisi kasvukuitualustan ilmatilavuutta.

Mansikalle optimaalinen kasvualustan vesipitoisuus on 25-34 % v/v (Klamkowski ym. 2006, Latigui ym. 2011). Kasvukuitualustan vesipitoisuus (32-42 % v/v) oli lähes koko kokeen ajan lähimpänä mansikan optimia ja pienempi kuin muiden alustojen (taulukko 5). Poikkeuksellisesti 13 viikkoa istutuksen jälkeen turpeen vesipitoisuus oli vain 25 % v/v. Turpeen huomattava vesipitoisuuden pieneneminen vaikutti olevan hetkellistä kuivuutta, joka johtui mahdollisesti turpeessa kasvavien kasvien voimakkaasta vegetatiivisesta kasvusta ja toisaalta turpeen heikosta uudelleenkostumiskyvystä. Muulloin turpeen vesipitoisuus oli suhteellisen suuri (48-68 % v/v), kuten kookosrouheellakin (39-61 % v/v). Kokeen alkupuolella turve/kasvukuitu-seoksen vesipitoisuus (51-55 % v/v) oli toiseksi lähimpänä optimia. Kokeen loppupuolella seoksen vesipitoisuus (44-57 % v/v) oli kuitenkin suurin, ja siten kauimpana mansikan optimista.

Mansikan juuret tarvitsevat runsaasti happea (Yasunaga 2008). Etenkin kasvualustan ilma- ja vesitilavuuden suhteen ja vesitilavuuden tiedetään vaikuttavan merkittävästi mansikan kasvuun ja sadonmuodostukseen. Kasvualustan, jossa on suuri ilma:vesi - suhde, kuten kookosrouheessa, ajatellaan olevan hyvin soveltuva mansikan viljelyyn (Yasunaga 2008). Kasvualustan ilmavuus lisääntyy ilmahuokostilavuuden kasvaessa ja vähenee vesipitoisuuden lisääntymisen seurauksena (Raviv ja Lieth 2008). Siten liian suuri vesipitoisuus muuttaa ilmatilavuuden liian pieneksi.

Kasvukuitualustan pienestä vedenpidätyskyvystä johtuen kasveja jouduttiin kastelemaan hyvin usein. Todennäköisesti runsaasta kastelusta ja erityisen tiheästä kasteluvälisestä johtuen kasvukuitualustan vesipitoisuus oli pienestä vedenpidätyskyvystä huolimatta lähes koko viljelykokeen ajan lähimpänä mansikan optimia. Kasvukuitualustan optimaalinen vesipitoisuus saattaa viitata siihen, että myös sen ilmatilavuus oli mansikan kasvun kannalta suotuisampi kuin muissa kasvualustoissa. Kasteluannosta ja -

tiheyttä pienentämällä myös muihin kasvualustoihin voisi saada optimaalisen vesipitoisuuden

6.3 Typen mineralisoituminen

Kasvialustojen optimaalinen C/N- suhde on 20:1- 40:1 (Adab ym. 1989). Siten kasvikuidun ja turve/kasvikuitu-seoksen C/N- suhteet olivat kokeen mukaan optimaalisia. Lannoitetun turpeen C/N- suhde oli puolestaan hieman optimia suurempi. Ostosin ym. (2008) kokeissa suomalaisen vaalean rahkaturpeen C/N- suhde oli 47:1 ja Dumroesen ym. (2011) tutkimuksessa 42:1 eli hieman suurempi kuin tässä kokeessa. Arenasin ym. (2002) tutkimuksessa kanadalaisen rahkaturpeen C/N- suhde oli 46:1 eli myös lähellä tämän kokeen tulosta, 41:1. Omassa kokeessani kookosrouheen C/N- suhde oli 60:1 eli huomattavasti suurempi kuin turpeen, kasvikuidun tai näiden sekoituksen. Myös aikaisempien tutkimusten mukaan kookosrouheen C/N- suhde on huomattavasti suurempi kuin turpeen (Noguera 2000, Abad ym. 2002 ja Arenas ym. 2002). Kookosrouheen C/N- suhde vaihtelee yleensä 60:1 ja 220:1 välillä, riippuen kookosrouheen alkuperästä (Arenas ym. 2002). Kookosrouheen C/N- suhde on huomattavasti kasvialustan ideaalia suurempi eli siitä vapautuu todella niukasti typpeä. Toisaalta myös lannoittamattoman ja kalkitse mattoman rahkaturpeen C/N- suhde on huomattavasti optimia suurempi. Ostosin ym. (2008) mukaan lannoittamattoman ja kalkitse mattoman suomalaisen vaalean rahkaturpeen C/N- suhde on 62:1. Suuri C/N- suhde voi aiheuttaa typen immobilisaatiota. Pienen typen menetyksen voi kuitenkin todennäköisesti korvata tavanomaisella lannoitusohjelmalla (Noguera ym. 2000). Omassa kokeessani kastelulannoituksen mukana tullut typen määrä oli moninkertainen verrattuna kasvialustojen liukoiseen tyypeen. Siten kastelulannoitus vaikutti enemmän mansikoiden kasvuun kuin kasvialustojen alkuperäinen liukoinen tyyppi ja kasvialustoista mineralisoitunut tyyppi.

Liukoisen typen määrä oli kokeen alussa otetuissa näytteissä selkeästi suurin kasvikuutumurskeessa. Myöhemmin otetuissa näytteissä kuitenkin turpeen liukoisen typen määrä oli kaikista alustoista suurin. Turve oli lannoitettua, joten sen typen mineralisoitumista ei voi verrata muihin kasvialustamateriaaleihin. Turpeen liukoinen

typpi oli ilmeisesti peräisin mineraalilannoituksesta. Kasvikuitumurskeessa havaittiin kokeen aikana kasvavan sienikasvustoa, joka saattoi olla syynä liukoisen typen määrän voimakkaaseen vähenemiseen. Turve/kasvikuitu-seoksessa liukoisen typen määrä oli kokeen alussa toiseksi suurin, mutta laski seuraavissa näytteissä turvetta ja kasvikuitua pienemmäksi. Liukoisen typen määrän pieneneminen johtui todennäköisesti tässäkin tapauksessa kasvikuitumurskeessa tapahtuneesta biologisesta toiminnasta. Kookosrouheessa typen mineralisoituminen oli erittäin selvästi muita kasvualustoja vähäisempää kaikkina näytteenottoajankohtina. Tämä vastasi odotuksia, sillä korkean C/N- suhteen tiedetään aiheuttavan typen immobilisaatiota.

Viljellyn maan liukoisen typen määrä oli Zhoun ym. (2011) kokeissa 6,3-8,8 mg/l , riippuen viljelykasvista. Kalbitzin ja Geyerin (2002) kokeissa intensiivisesti viljellyn turvemaan pintakerroksen liukoisen typen määrä oli 6,8-8,1 mg/l. Suhteellisen koskemattomassa turvemaassa liukoisen typen määrä oli puolestaan 6,4-12,0 mg/l (Kalbitz ja Geyer 2002). Kasvikuitualustassa liukoisen typen määrä vaihteli eri näytteenottoajankohtina välillä 78-353 mg/l. Siten liukoisen typen määrä oli erittäin suuri turvemaahan verrattuna. Kookosrouheen liukoisen typen määrä oli puolestaan näytteenottoajankohdasta riippuen <10-12,3 mg/l. Näin ollen kookosrouheen liukoisen typen määrä ei eronnut juurikaan turvemaan liukoisen typen määrästä. Kasvikuitualustan runsas typen mineralisoituminen vastasi odotuksia, koska sen pieni C/N-suhde indikoi suurta typen mineralisoitumista.

6.4 Kasvualustojen pH, johtokyky, tiivistyminen ja lämpötila

Optimaalinen mansikan kasvualustan pH on 5,3-6,3 (Nogueran ym. 1997, 2000, Caso ym. 2009). Siten kaikkien alustojen pH:t olivat perusmäärityksen mukaan optimaalisten rajojen sisällä. Kookosrouheen pH on 4,8-6,8 (Raviv ja Lieth 2008). Viljavuuspalvelun tekemässä määrityksessä kookosrouheen pH oli 5,8. Viljelykokeessa kookosrouheen pH oli lähimpänä mansikan optimia nousten kokeen aikana 5,9:stä 6,9:ään (taulukko 3). Turpeen pH oli toiseksi lähimpänä optimia, (6,4-7,6) ja kasvikuitualusta hyvin lähellä tätä (6,5-7,7). Turve/kasvikuitu-alustan pH (6,6-8,1) oli kauimpana optimista.

Meerowin (1994) kokeissa rahkaturpeen johtokyky oli 1,4-2,6 mS/cm. Turpeen johtokyky oli oman kokeeni perusmäärityksessä kuitenkin vain 0,47 mS/cm. Kookosrouheen johtokyky on 0,12-2,32 mS/cm (Raviv ja Lieth 2008). Omassa kokeessani kookosrouheen johtokyky oli 1,12 mS/cm. Turve/kasvikuitu-seoksen johtokyky oli hyvin lähellä turvetta, kun taas kasvikuitualustan johtokyky oli kasvualustoista pienin. Abad ym. (2001) toteavat ideaalin johtokyvyn rajoitetussa kasvualustassa olevan 0,75-3,49 mS/cm. Caso ym. (2009) mukaan mansikalle optimaalinen kasvualustan johtokyky on 3,49 mS/cm. Siten kookosrouheen johtokyky oli kokeeni perusmäärityksessä lähimpänä optimia. Myös viljelykokeen aikana mitatut johtokyvyt olivat huomattavasti optimia pienempiä. Kokeen alussa kookosrouheen johtokyky oli lähimpänä optimia, 1,2 mS/cm (taulukko 4). Loppupuolella kuitenkin turpeen johtokyky oli suurin (2,2 mS/cm) ja siten lähimpänä mansikan optimia. Kasvikuitualustan johtokyky oli aluksi hyvin pieni (0,5 mS/cm), mutta se nousi nopeasti ollen vähintään toiseksi lähimpänä optimia koko viljelykokeen ajan. Turve/kasvikuitu-seoksen johtokyky oli alkua lukuun ottamatta pienempi kuin kasvikuitualustassa. Kasvikuitualustan korkea sähkönjohtavuus johtui mahdollisesti siitä, että kuolleiden kasvisolujen sisälmysten ionit vapautuivat kasvualustaan.

Kasvikuitualustan tiivistyminen oli muita kasvualustoja suurempaa, mutta ei kuitenkaan haitallisen suurta. Todennäköisesti tiivistymisestä oli vain hyötyä, koska se saattoi suurentaa kasvikuitualustan vedenpidätyskykyä.

Mansikan on todettu tuottavan vähemmän satoa, jos kasvualustan lämpötila nousee liikaa. Lämpötilan noustessa yli 23 °C on mansikkasadon todettu kärsivän niin laadullisesti kuin määrällisestikin (Yasunaga 2008). Juuriston optimaalinen lämpötila on kuitenkin lajikekohtaista (Raviv ja Lieth 2008). Kasvualustan lämpötilan noustessa juurten saatavilla oleva happi vähenee ja juurten hengitys lisääntyy. Siitä voi seurata hapen puutetta juuristossa ja siitä johtuvaa kasvun hidastumista (Yasunaga 2008). Myös liian matala kasvualustan lämpötila voi heikentää vegetatiivista kasvua (Dong ym. 2009). Omassa kokeessani kasvualustojen lämpötiloissa ei ollut paljon eroja (Taulukko 4).

6.5 Ravinteet

Tagliavinin ym. (2005) mukaan mansikka käyttää ravinteista eniten kaliumia ja seuraavaksi eniten kalsiumia ja typpeä. Mansikoiden ravinteiden tarve vaihtelee eri lajikkeiden kesken. `Elsanta` -lajikkeen ravinteidentarve on erityisen suuri, johtuen todennäköisesti sen suuresta satoindeksistä (Tagliavini ym. 2005). Voimakkaasti vegetatiivisesti kasvavat lajikkeet tarvitsevat runsaasti typpeä ja kalsiumia, kun taas runsaasti kaliumia ottavat lajikkeet muodostavat yleensä runsaamman marjasadon (Tagliavini ym. 2005).

Nogueran ym. (2000) mukaan kookosrouheessa käyttökelpoisen typen, kalsiumin ja magnesiumin määrä on pieni. Toisaalta fosforia ja kaliumia on saatavilla erityisen paljon (Noguera ym. 2000). Kookosrouheen runsas kaliumpitoisuus on todennäköisesti eduksi mansikan kasvulle ja sadonmuodostukselle, koska mansikka tarvitsee nimenomaan runsaasti kaliumia. Omassa kokeessani kookosrouheessa oli 1300 mg/l kaliumia (taukukko 1). Kasvikuitualustassa oli huomattavasti vähemmän kaliumia (310 mg/l) kuin kookosrouheessa. Lannoitettu turve sisälsi 420 mg/l kaliumia.

Neuweilerin (1997) mukaan runsas typpilisäys saattaa lisätä mansikan kasvua, mutta toisaalta liiallinen typpilannoitus voi heikentää marjojen laatua. Muun muassa marjojen sokeri- ja happopitoisuus saattaa pienentyä liiallisen typenoton seurauksena. Typpi usein stimuloi vegetatiivista kasvua vaikuttaen negatiivisesti kukan muodostumiseen ja marjan kehitykseen (Neuweiler 1997).

6.6 Vegetatiivinen kasvu

Maanpäällisten kasvinosien vegetatiivinen kasvu oli voimakkainta turpeessa. Erityisen vahva vegetatiivinen kasvu ei kuitenkaan usein ole hyväksi mansikan sadonmuodostuksen kannalta. Liian voimakas vegetatiivinen kasvu saattaa rajoittaa mansikan kukkien ja hedelmien muodostusta (Tagliavini ym. 2005).

Typpi nopeuttaa vegetatiivista kasvua. Roostan ja Afsharipoorin (2012) mukaan typen oton lisääntyessä kasvien vegetatiivinen kasvu voimistuu. Runsaan typen tiedetään muun muassa lisäävän mansikan lehtien pinta-alaa ja klorofyllipitoisuutta. Magnesiumin ja mangaanin puute johtaa puolestaan vegetatiivisen kasvun heikentymiseen. Sen sijaan fosforin puutoksesta seuraa kasvun hidastumista (Roosta ja Afsharipoor 2012). Omassa kokeessani lehtien kasvu oli voimakkainta turpeessa. Siihen vaikuttivat mahdollisesti turpeen runsaat typpi- ja magnesiumpitoisuudet sekä suhteellisen suuri fosforin määrä. Toisaalta turpeen suurella vesipitoisuudella on todennäköisesti ollut myös merkittävä vaikutus vegetatiiviseen kasvuun, koska ravinteidenoton tiedetään vähenevän vedenpidätyskyvyn pienetessä (Roosta ja Afsharipoor 2012).

Mansikan rönsyjen kasvu johtuu lähinnä kasvualustan kemiallisista ominaisuuksista, ei niinkään fysikaalisista (Choi ym. 2011). Typpilisäyksen on todettu lisäävän mansikan rönsyjen kasvua. Ravinneliuoksen, jossa on 80-120 mg/l typpeä on todettu olevan optimaalinen rönsyjen kasvun kannalta ainakin mansikoilla, jotka kasvavat kookosrouheessa tai männynkuorihakkeessa (Cantliffe ym. 2007). Omassa kokeessani rönsyjen kasvu oli turpeessa voimakkaampaa verrattuna muihin kasvualustoihin. Se johtui todennäköisesti siitä, että turpeessa liukoisen typen määrä oli runsaampi kuin muissa alustoissa. Roostan ja Afsharipoorin (2012) mukaan rönsyjen kasvun lisääntyminen rajoittaa kukkien ja marjojen muodostumista. Jos mansikkaan ei muodostu lainkaan rönsyjä, se pystyy käyttämään kaiken energiansa kukkien ja marjojen muodostamiseen (Roosta ja Afsharipoor 2012). Siksi runsas rönsyjen kasvu ei ole suotuisa ominaisuus mansikan sadonmuodostuksen kannalta. Turpeessa kasvaneiden mansikoiden voimakas rönsyjen muodostus viittaa siihen, että turpeessa saattoi olla liikaa liukoista typpeä mansikan optimaaliseen marjantuotantoon.

Roostan ja Afsharipoorin (2012) mukaan hapen konsentraatio ja huokosten jakautuminen juuristoalueella vaikuttavat hiusjuurten kehittymiseen. Ilmava kasvualusta edistää hiusjuurten kasvua, koska vesi ja ilma jakautuvat tasaisesti huokosissa. Jos kiinteän kasvualustan huokokset sisältävät tasaisesti vettä ja ilmaa, niin hapen määrä riittää juurten normaaliin kasvuun (Roosta ja Afsharipoor 2012).

López-Galarzan ym. (2002) mukaan mansikan juurten kasvu on voimakkaampaa turpeessa kuin kookosrouheessa, koska turpeen vedenpidätyskyky on yleensä suurempi kuin kookosrouheella. Toisaalta kumpikin kasvualusta soveltuu hyvin mansikan taimituotantoon, jos kastelu on riittävää (López-Galarza ym. 2002). Kanniaisen (2003) mukaan vaaleassa rahkaturpeessa on usein liikaa alle 1 mm kokoisia huokosia ja suurten huokosten määrä ilmatilavuudesta on liian pieni. Siitä johtuen vaaleassa rahkaturpeessa on ylikastelun riski. Siitä saattaa puolestaan seurata juuriston heikkoa kehitystä ja kasvua (Kanniainen 2003). Omassa kokeessani juurten kasvu näytti olevan heikointa turpeessa. Heikko kasvu saattoi johtua ylikastelusta. Turpeen muita kasvualustoja suurempi vesipitoisuus kokeen alkupuolella tukee tätä käsitystä.

Ravivin ja Liethin (2008) mukaan kookosrouheen on todettu olevan yleisesti turvetta parempi kasvualusta pistokkaiden juurruttamisessa. Myös tomaatin juuriston on todettu kehittyvän nopeammin kookosrouheessa kuin turpeessa (Raviv ja Lieth 2008). Nopea juurten kehitys johtuu todennäköisesti kookosrouheen suuresta ilmatilavuudesta. Suuren ilmatilavuuden omaavana myös kasvikuitalusta voisi soveltua hyvin pistokkaiden juurruttamiseen sekä sellaisten kasvien viljelyyn, jotka tarvitsevat erityisen ilmavan kasvialustan. Omassa kokeessani juuret olivat jakautuneet tasaisimmin kasvialustaan kookosrouheessa. Myös kasvikuitalupitoisissa alustoissa juuret olivat jakautuneet suhteellisen tasaisesti kasvialustaan ja lisäksi niihin oli kasvanut suurempikokoisia juuria kuin muihin kasvialustoihin. Kookosrouheen ja kasvikuitalupitoisten alustojen turvetta voimakkaampi juuriston kasvu saattoi johtua niiden suuremmista ilmatilavuuksista.

Ravivin ja Liethin (2008) mukaan useimpien kasvialustojen ilmatilavuus on 10-30 %. Optimaalinen ilmatilavuus vaihtelee kuitenkin paljon ruukun koosta ja kastelun tiheydestä riippuen. Turpeen (7-50 %) ja kookosrouheen (8-55 %) ilmatilavuudet vaihtelevat suuresti huokoskoon mukaan (Raviv ja Lieth 2008). Optimaalinen turvekasvialustan ilmatilavuus on kuitenkin 20-30 %. Vesitulavuus turvealustalla tulisi puolestaan olla 65-75 % (De Boodt ja Verdonck 1972). Muita kasvialustoja pienemmästä vesipitoisuudesta päätellen omassa kokeessani kasvikuitalustan ilmatilavuus oli suurempi kuin muilla kasvialustoilla ja siten suotuisampi kokeessa käytetylle ruukkukoolle ja kastelutiheydelle. Koska vesitulavuus pienenee

ilmatilavuuden kasvaessa ja päinvastoin, niin kasvukuitualustalla on todennäköisesti näissä olosuhteissa ollut myös optimaalisin vesitilavuus. Toisaalta pienempää kastelutiheyttä käyttämällä muissa kasvualustoissa olisi todennäköisesti ollut mansikan kasvun kannalta kasvukuitua paremmat vesi- ja ilmatilavuudet.

6.7 Sato

Omassa kokeessani sadon määrissä ei ollut merkitseviä eroja kasvualustojen välillä. Myöskään eri kasvualustoilla kasvaneiden marjojen koossa ei ollut merkitseviä eroja. Siten kaikki kokeessa käytetyt kasvualustat soveltuivat mansikan viljelyyn rajoitetussa kasvualustassa. Tehranifarin ym. (2007) kokeissa kasvualusta kuitenkin vaikutti mansikan satoon. Heidän mukaansa kasvualustaseokset, jotka sisälsivät turvetta tai kookosrouhetta olivat sadonmuodostuksen kannalta parhaita. Myös Anagnostoun ja Vasilakakis (1995) kokeissa kasvualusta vaikutti mansikan satoon. He totesivat kuitenkin suositeltavan kasvualustan olevan lajikekohtaista. Toisaalta Cantliffen ym. (2003, 2007) ja Özekekin ym. (1999) kokeissa, joissa verrattiin erilaisia perliittikasvualustoja, turvetta, kookosrouhetta ja männynkuorihaketta, kasvualustalla ei ollut vaikutusta satoon, marjojen lukumäärään eikä marjakokoon.

Endon ym. (2006) tutkimuksessa mansikka tuotti suuremman sadon turpeessa kuin kookosrouheessa, koska turpeessa oli suurempi vesitilavuus. Heidän mukaansa mansikan runsas marjasato vaatii juuriston runsaan hapensaannin lisäksi erityisesti suurta vedenottoa. Kuitenkin Ayeshan ym. (2011) kokeissa kookosrouheen lisääminen kasvualustaseokseen lisäsi marjojen kokoa ja lukumäärää. Myös Ayeshan ym. (2011) mukaan vedenpidätyskyky ja ilmatilavuus ovat kasvualustan keskeisimpiä ominaisuuksia mansikan sadonmuodostuksen kannalta. Kookosrouheen etuna on näiden fyysikaalisten ominaisuuksien lisäksi sen hidas ravinteiden vapautus, joka edesauttaa mansikan kasvua (Ayesha ym. 2011). Kasvualustan ravinteiden vapautus ei ole kuitenkaan kovin keskeistä kun käytetään viljelytekniikkaa, jossa ravinteet annetaan kasveille kasteluvien mukana. Sen sijaan kasvualustan vesipitoisuudella on merkittävä vaikutus mansikan satoon. Mansikan on todettu tuottavan suurimman sadon, kun kasvualustan vesipitoisuus on 25-34 v/v % (Klamkowski ym. 2006, Latigui ym. 2011).

Omassa kokeessani kasvukuitualustan vesipitoisuus oli kaikista alustoista lähimpänä tätä optimia. Kuitenkin kasteluannosta ja –tiheyttä pienentämällä pystyttäisiin saamaan myös muihin kasvualustoihin optimaalinen vesipitoisuus (Latigui ym. 2011).

Happo- ja sokeripitoisuudet liittyvät marjojen kypsyyteen ja niitä pidetään tärkeimpinä mansikan makuun vaikuttavina tekijöinä. Mansikan hyvä maku vaatii suuren sokeripitoisuuden ja suhteellisen suuren happopitoisuuden (Recamales ym. 2007). Recamalesin ym. (2007) kokeissa kookosrouheessa kasvaneissa mansikoissa oli suuremmat sokeripitoisuudet sekä sokeri:happo –suhteet, kuin muissa kasvualustoissa kasvaneissa marjoissa. Myös oman kokeeni sadon loppuvaiheessa marjojen liukoisen kuiva-aineen pitoisuus oli suurempi kookosrouheella kasvaneissa marjoissa kuin kasvukuitupitoisissa alustoissa kasvaneissa marjoissa. Ayeshan ym. (2011) mukaan kookosrouheessa kasvaneiden mansikoiden suurempi sokeripitoisuus johtuu kookosrouheen hyvästä vedenpidätyskyvystä ja ilmatilavuudesta. Lisäksi kookosrouheen hidas ja pitkäaikainen ravinteiden vapautus vaikuttaa positiivisesti marjojen laatuun (Ayesha ym. 2011). Marjojen sokeri- ja happopitoisuus saattaa pienentyä liiallisen typenoton seurauksena (Neuweiler 1997.)

Cantliffen ym. (2003) ja Anagnostoun ja Vasilakakisin (1995) kokeissa kasvualustalla ei ollut vaikutusta mansikoiden liukoisen kuiva-aineen pitoisuuteen. Yleisesti mansikan kuiva-ainepitoisuudet vaihtelevat välillä 7-12 °Brix, riippuen lajikkeesta (Galletta ym. 1995). Omassa kokeessani marjojen liukoisen kuiva-aineen pitoisuudet olivat turpeella 7,3-10,0 °Brix, kookosrouheella 7,1-11,1 °Brix ja kasvukuitualustalla 7,3-9,6 °Brix . Recamalesin ym. (2007) kokeissa liukoisen kuiva-aineen pitoisuudet olivat puolestaan turpeella vain 3,9 °Brix ja kookosrouheella 7,7 °Brix. Paranjpe ym. (2003) tutkivat seitsemän mansikkalajikkeen kuiva-ainepitoisuuksia. Heidän kokeissaan mansikoiden kuiva-ainepitoisuudet olivat yleensä 10-11 °Brix. Siihen verraten omassa kokeessani marjojen kuiva-ainepitoisuudet olivat suhteellisen pieniä. Vähäisen valon määrän tiedetään pienentävän hedelmien sokeripitoisuutta (Dokoozlian ja Kliewer 1996). Onkin hyvin todennäköistä, että marjojen suhteellisen pienet sokeripitoisuudet ovat kokeessani johtuneet valon puutteesta, koska satokausi ajoittui loppusyksyyn ja talveen. Marjojen sokeripitoisuuden tiedetään vaihtelevan myös lajikkeiden välillä (Galletta ym. 1995).

Omassa kokeessani marjojen happopitoisuudet olivat 0,94-0,99 %, eikä kasvualustojen välillä ollut merkitseviä eroja. Myöskään Anagnostoun ja Vasilakakis (1995) kokeissa kasvualustalla ei ollut vaikutusta marjojen happopitoisuuteen. Recamalesin ym. (2007) tutkimuksessa mansikoiden happopitoisuudet olivat pienempiä kuin omassa kokeessani, turpeessa 0,88 % ja kookosrouheessa 0,93 %.

Etenkin sokeri:happo- suhde vaikuttaa mansikan makuun (MacNaiedhe 2001). MacNaiedhen (2001) mukaan parhaimman makuisten mansikoiden sokeri:happo- suhde on usein 8-11. Omassa kokeessani marjojen sokeri:happo- suhde oli tämän optimirajan alapuolella, 6,0-8,0, eivätkä kasvualustojen väliset erot olleet merkitseviä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Rajoitetussa kasvualustassa viljeltäessä mansikan kasvualustan keskeisimmät ominaisuudet ovat vedenpidätyskyky ja ilmavuus. Mansikan kasvun ja kehityksen kannalta on tärkeää, että kasvualustan vesi- ja ilmatilavuus jakautuvat mahdollisimman optimaalisesti.

Kasvikuitualustan vedenpidätyskyky (613 %) oli huomattavasti pienempi kuin muilla kasvualustoilla. Siksi kasveja jouduttiin kastelemaan hyvin usein. Kasvikuidun vesipitoisuus (32-42 %) oli pienestä vedenpidätyskyvystä huolimatta lähes koko viljelykokeen ajan lähimpänä mansikan optimia. Sen johtokyky (1,2-2,1 mS/cm) oli puolestaan vähintään toiseksi lähimpänä optimia melkein koko viljelykokeen ajan. Kasvikuitualustan pH (6,5-7,7) oli viljelykokeessa hyvin lähellä turvetta (6,4-7,6). Sen pH-puskurikyky oli kuitenkin huomattavasti turvetta pienempi. Koska kaikki kasvualustat reagoivat silti emäslisäykseen melko samankaltaisesti, niin kasvikuidun kalkitussuositus olisi todennäköisesti suunnilleen sama kuin turpeen. Kasvikuidulla (23:1) ja kasvikuitu/turve-seoksella (29:1) oli tässä tutkimuksessa optimaaliset C/N-suhteet. Niissä typen mineralisoituminen oli suhteellisen runsasta, kuten C/N- suhteiden perusteella oli odotettavissakin.

Sadon määrässä ei ollut merkitseviä eroja kasvualustojen välillä. Sadon laadussakaan ei kasvualustojen välillä ollut yhtä poikkeusta lukuun ottamatta merkitseviä eroja. Vegetatiiviseen kasvuun kasvualustalla sen sijaan oli vaikutusta. Maanpäällinen vegetatiivinen kasvu oli voimakkainta turpeessa. Toisaalta juuriston kasvu näytti olevan turpeessa heikointa. Kasvikuitupitoisiin kasvualustoihin muodostui kookkaampia juuria kuin muihin kasvualustoihin.

Koska kasvualustalla ei ollut juurikaan vaikutusta satoon, niin voidaan päätellä, että tässä tutkittu kotimainen kasvikuitualusta voisi korvata turpeen ja kookosrouheen mansikan viljelyssä rajoitetulla kasvualustalla.

8 KIITOKSET

Kiitokset ohjaajilleni Pauliina Paloselle ja Markku Yli-Hallalle sekä kasvihuoneiden ja laboratorioden tekniselle henkilökunnalle. Kiitän kasvialustamateriaalien toimittamisesta Kiteen Mato ja Multa Oy:tä sekä Cocos-Lanka Holland B.V.:tä. Lisäksi haluan kiittää perhettäni tuesta ja ilosta.

LÄHTEET

- Abad M, Noguera, P & Bures, S. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plantproduction: case study in Spain. *Bioresource technolonoly* 77: 197-200.
- Abad, M., Fornes, F., Carrion, C., Noguera, V., Noguera, P., Maquieira, A. & Puchades, R. 2005. Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. *HortScience* 40: 2138-2144.
- Abad, M., Noguera, V., Martinez, F., Fornes, F. & Martinez, J. 1989. Physical and chemical properties of sedge peat-based media and their relation to plant growth. *Acta Horticulturae*. 238:45-56.
- Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A. & Noguera, V. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource technology* 82: 241-245.
- Anagnostou, K & Vasilakakis, M.D.. 1995. Effect of substrate and cultivar on earliness, plant productivity, and fruit quality of strawberry. *Acta Horticulturae* 379:267-274
- Arenas, M., Vavrina, C., Cornell, J., Hanlon, E. & Hochmuth, G. 2002. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. *HortScience* 37: 309-312.
- Ayesha, R., Fatima, N., Ruqayya, M., Qureshi, K. M., Ahmad, I., Hafiz, K. S. K., & Kamal, A. 2011. Influence of different growth media on the fruit quality and reproductive growth parameters of strawberry (*Fragaria ananassa*). *Journal of Medicinal Plants Research* 5: 6224-6232.
- Bartczak, M, Pietrowska, M & Knaflewski M. 2007. Effects of substrate on vegetative quality of strawberry plants (*Fragaria x ananassa* Duch.) produced by soilless method. *Folia Horticulturae* 19:39-46.

- Berruti, A. & Scariot, V. 2012. Coconut Fiber: a Peat-Like Substrate for Acidophilic Plant Cultivation. *Acta Horticulturae* 952: 629-635.
- Burgess, C. 1997. Nutrition of new everbearing strawberry cultivars. *Acta Horticulturae* 439: 693-700.
- Cantliffe, D. J., Castellanos, J. Z., & Paranjpe, A. V. 2007. Yield and quality of greenhouse-grown strawberries as affected by nitrogen level in Coco Coir and Pine Bark Media. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 20:157-161.
- Cantliffe, D., Funes, J., Jovicich, E., Paranjpe, A., Rodriguez, J. & Shaw, N. 2003. Media and containers for greenhouse soilless grown cucumbers, melons, peppers, and strawberries. *Acta Horticulturae* 614:199-203.
- Caso, C., Chang, M. & Rodríguez-Delfín, A. 2009. Effect of the growing media on the strawberry production in column system. *Acta Horticulturae* 843:373-380.
- Choi, J.M., Park, J.Y. & Latigui, A. 2011. Impact of Physicochemical Properties of Root Substrates on Growth of Mother Plants and Occurrence of Daughter Plants in 'Seolhyang' Strawberry Propagation through Bag Culture. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 29:95-101.
- De Boodt, M. & Verdonck, O. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae* 26:37-44.
- Dokoozlian, N.K. & Kliewer, W.M. 1996. Influence of Light on Grape Berry Growth and Composition Varies during Fruit Development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121:869-874.
- Dong, J., Zhang, Y.T., Wang, G.X. & Jin, W.M. 2009. Effects of Substrate Culture on Strawberry Growth and Development in Greenhouse. *Acta Horticulturae* 842:1007-1010.

- Dumroese, R.K., Heiskanen, J., Englund, K. & Tervahauta, A. 2011. Pelleted biochar: Chemical and physical properties show potential use as a substrate in container nurseries. *Biomass & Bioenergy* 35:2018-2027.
- Endo, M., Kiriwa, Y. & Nukaya, A. 2006. Effects of coir and peat ratios on growth, yield and water relations of strawberries 'Akihime' grown in soilless culture. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 75:344-349.
- Fornes, F., Belda, R., Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A. & Noguera, V. 2003. The microstructure of coconut coir dusts for use as alternatives to peat in soilless growing media. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43:1171-1179.
- Galletta, G.J., Maas, J.L., Enns, J.M., Draper, A.D. & Swartz, H.J. 1995. "Mohawk" strawberry. *HortScience* 30:631-634.
- Handreck, K. 1993. Properties of Coir Dust, and its use in the Formulation of Soilless Potting Media. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 24:349-363.
- Heiskanen, J. 1995. Physical properties of two-component growth media based on *Sphagnum* peat and their implications for plant-available water and aeration. *Plant and Soil* 172:45-54.
- Huang, J., Fisher, P., Horner, W. & Argo, W. 2010. Limestone Particle Size and Residual Lime Concentration Affect pH Buffering in Container Substrates. *Journal of Plant Nutrition* 33:846-858.
- Kalbitz, K & Geyer, S. 2002. Different effects of peat degradation on dissolved organic carbon and nitrogen. *Organic Geochemistry* 33:319-326.
- Kanniainen, T. 2003. Kasvualustat ja kasteluvesi. Teoksessa: Koivunen, T. (toim.) Tehokkaasti kasvihuoneesta. Jyväskylä Gummerus Kirjapaino Oy. s. 121-138.
- Kithome, M., Paul, J. & Kannangara, T. 1999. Adsorption isotherms of ammonium on coir. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 30:83-95.

- Klamkowski, K., Treder, W. & Tryngiel-Gac, A. 2006. The effects of substrate moisture content on water potential, gas exchange rates, growth, and yield in strawberry plants grown under greenhouse conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 14: 163-171.
- Latigui, A., Zerarka, A., Kasmi, A., Mettai, K. & Braik O. 2011. The effect of byproduct of olive tree on horticultural substrate of strawberry (*Fragaria ananassa*) grown in soilless crop system. *American Journal of Plant Physiology* 6:83-90.
- Lopez-Galarza, S., Maroto, J., Cano, E., San Bautista, A. & Pascual, B. 2002. Enhancing root systems of waiting-bed strawberry plants grown on substrates. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 77:58-61.
- López-Galarza, S., San Bautista, A., Martinez, A., Pascual, B. & Maroto, J.V. 2010. Influence of substrate on strawberry plug plant production. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 85:415-420.
- López-Medina, J. 2002. The use of substrates for strawberry production in Spain. *Proceedings of international conference on alternatives to methyl bromide - The remaining challenges.*2002. s.77-81.
- Martínez, F. X, Sepó, N & Valero, J. 1997. Physical and physiochemical properties of peat-coir mixes and the effects of clay-material addition. *Acta Horticulturae* 450:39-46.
- MacNaeidhe, F.S. 2001. The effect of nutrition on the flavour of strawberries grown under protection. Loppuraportti 4458. Teagasc the Agriculture and Food Development Authority. Ireland. 21 p.
- Meerow, A. W. 1994. Growth of two subtropical ornamentals using coir (coconut mesocarp pith) as a peat substitute. *HortScience* 29:1484-1486.

- Nelson, P.V, Oh, Y.-M & Cassel, D.K. 2004. Changes in physical properties of coir dust substrates during crop production. *Acta Horticulturae* 644:261-268.
- Neuweiler, R. 1997. Nitrogen fertilization in integrated outdoor strawberry production. *Acta Horticulturae* 439:747-751.
- Noguera, P., Abad, M., Noguera, V., Puchades, R. & Maquieira, A. 2000. Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. *Acta Horticulturae* 517:279-286.
- Noguera, P., Abad, M., Puchades, R., Noguera, V., Maquieira, A. & Martinez, J. 1997. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. *Acta Horticulturae* 450: 365-373.
- Opetushallitus, Laboratorioanalyysit. Kokonaishappamuuden määrittäminen marjavalmistuksesta. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysiohjeet_kokonaishappamuus_marjavalmistuksesta.html. Viitattu 13.5.2013.
- Ostos, J., Lopez-Garrido, R., Murillo, J. & Lopez, R. 2008. Substitution of peat for municipal solid waste- and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L.. *Bioresource technology* 99: 1793-1800.
- Paranjpe, A.V., Cantliffe, D.J., Rondon, S., Chandler, C.K., Brecht, J.K., Brecht, E.J. & Cordasco, K. 2003. Trends in fruit yield and quality, susceptibility to powdery mildew (*Sphaerotheca macularis*), and aphid (*Aphis gossypii*) infestation for seven strawberry cultivars grown without pesticides in a passively ventilated greenhouse using pinebark as soilless substrate. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 116:63–72.
- Prasad, M. 1997. Physical, chemical and biological properties of coir dust. *Acta Horticulturae* 450:21-30

- Prasad, M & Maher M.J. 2004. Stability of peat alternatives and use of moderately decomposed peat as a structure builder in growing media. *Acta Horticulturae* 648:145-151.
- Raviv, M & Lieth J.H. 2008. *Soilless culture theory and practice*. 1. painos. Lontoo, UK: Elsevier. 587 s.
- Recamales, A.F., Lopez Medina, J. & Hernanz, D. 2007. Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. *Journal of Food Quality* 30:837-853.
- Rodriguez, R. & Miller, G. 2000. Using a Chlorophyll Meter to Determine the Chlorophyll Concentration, Nitrogen Concentration, and Visual Quality of St. Augustinegrass. *HortScience* 35:751–754.
- Roosta, H, R. & Afsharipoor, S. 2012. Effects of different cultivation media on vegetative growth, ecophysiological traits and nutrients concentration in strawberry under hydroponic and aquaponic cultivation systems. [http://www.thefreelibrary.com/Effects of different cultivation media on vegetative growth,...-a0287109543](http://www.thefreelibrary.com/Effects+of+different+cultivation+media+on+vegetative+growth,...-a0287109543). The Free Library. *Advances in Environmental Biology*. Julkaistu 2012. Viitattu 29.4.2013.
- Sambo, P., Sannazzaro, F., & Evans, M. R. 2008. Physical properties of ground fresh rice hulls and sphagnum peat used for greenhouse root substrates. *HortTechnology* 18:384-388.
- Schmilewski, G. 2008. The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires and Peat* 3:1-7.
- Stevenson, F.J. 1982. *Humus chemistry*. 1. painos. USA: John Wiley & Sons. 443 s.
- Tagliavini, M., Baldi, E., Lucchi, P., Antonelli, M., Sorrenti, G., Baruzzi, G. & Faedi, W. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria x Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy* 23:15-

25.

Tehraniifar, A, Poostchi, M, Arooei, H & Nematti, H. 2007. Effects of Seven Substrates on Qualitative and Quantitative Characteristics of Three Strawberry Cultivars under Soilless Culture. *Acta Horticulturae* 761:485-488.

Vaughn, S.F., Deppe, N.A., Palmquist, D.E. & Berhow, M.A. 2011. Extracted sweet corn tassels as a renewable alternative to peat in greenhouse substrates. *Industrial Crops and Products* 33:514-517.

Yasunaga, I. 2008. Root zone aeration improves growth and yields of coir-cultured strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) during summer. *Acta Horticulturae* 779:251-254.

Zhou, X., Liu, X., Rui, Y., Chen, C., Wu, H. & Xu, Z. 2011. Symbiotic nitrogen fixation and soil N availability under legume crops in an arid environment. *Journal of Soils and Sediments* 11:762-770.

Özeker, E., Eltez, R.Z., Tüzel, Y., Gül, A., Önal, K. & Tanrisever, A. 1999. Investigations on the effects of different growing media on the yield and quality of strawberries grown in vertical bags. *Acta Horticulturae* 491:409-414.