



**Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 20/2024**

# **Kasvuturpeelle kavereita**

Loppuraportti

**Niko Silvan (toim.)**

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 20/2024

# Kasvuturpeelle kavereita

Loppuraportti

**Niko Silvan (toim.)**

**Juha Näkkilä, Juha Heiskanen ja Satu Engström**

**Viittausohje:**

Silvan, N. (toim.), Näkkilä, J., Heiskanen, J. & Engström, S. 2024. Kasvuturpeelle kavereita : Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 20/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 56 s.

**Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:**

Näkkilä, J. & Engström, S. 2024. Kasvihuonekasvien kasvatusta turvetta sisältävissä ja turpeettomissa kasvualustoissa. Julkaisussa: Silvan, N. (toim.), Näkkilä, J., Heiskanen, J. & Engström, S. 2024. Kasvuturpeelle kavereita : Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 20/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 26–51.



ISBN 978-952-380-888-1 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-888-1>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Juha Näkkilä, Juha Heiskanen, Satu Engström ja Niko Silvan

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Kannen kuva: Erkki Oksanen, Luke

## Tiivistelmä

Niko Silvan (toim.)<sup>1</sup>, Juha Näkkilä<sup>2</sup>, Juha Heiskanen<sup>3</sup> ja Satu Engström<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

<sup>2</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Itäinen Pitkätatu 4 A, 20520 Turku

<sup>3</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Juntintie 154 77600 Suonenjoki

<sup>4</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö

Turpe on selvästi eniten käytetty kasvualusta maailmassa. Suomessa sen osuus kasvihuonekasvatuksen kasvualustoista on edelleen yli 90 %. Turpeen tuotanto ja sen myötä saatavuus ovat kuitenkin nopeasti laskemassa. Maailmalla esimerkiksi Irlannin suurin turveyhtiö Bord na Mona on lopettanut kaiken turpeen tuotannon maillaan ja Iso Britannian hallitus on ilmoittanut, että kasvuturpeen myynti harrastekäytössä kielletään vuoteen 2024 mennessä. Suomessa kieltoja kasvuturpeen käytölle ei toistaiseksi ole asetettu, mutta energiaturvetuotannon alarajon vuoksi myös kasvuturpeen saatavuus tulee lähivuosina heikkenemään olennaisesti myös meillä Suomessa. Energiaturpeen tuotannon huomattava vähentäminen tai lopettaminen sekä pyrkimykset vähentää turpeen käyttöä kasvualustana onkin johtanut uusien turpeettomien materiaalien kysynnän lisääntymiseen, josta tämän Kasvuturpeelle Kavereita (KaTuKa)-hankkeen tietotarpeet kumpusivat.

KaTuKa-hanke osoitti jälleen vaalean kasvuturpeen edut kasvihuonekasvatuksessa. Kasvuturvekomponentti näyttää edesauttavan kasvualustan toimivuutta riippumatta kasvatettavasta kasvista; sama pätee metsäpuiden taimista syötäviin kasveihin ja koristekasveihin. Lisäksi seoskasvualustoissa melko pienikin, kolmanneksen tai neljänneksen, turvesekoitus auttaa selvästi parantamaan kasvualustan ominaisuuksia. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että vähintään 50 %:n kasvuturvesekoitus riittää lähes minkä tahansa turpeettoman kasvualustakomponentin parantamiseen riittävän lähelle puhtaan kasvuturpeen tasoa. Tämä tieto tuo mahdollisuuksia ainakin huomattavasti vähentää kasvuturpeen käyttöä kasvihuonekasvatuksessa. Täysin turpeettomista kasvualustoista parhaiten toimivat sammalta ja puukuitua sisältävät kasvualustat. Sen sijaan kompostipohjaiset tai mädätejäännöstä merkittävästi (yli 25 %) sisältävät kasvualustatuotteet eivät yleensä toimi yhtä hyvin kuin edellä mainitut turpeettomat kasvualustat ilman huomattavaa viljelyreseptiikan muokkausta.

Kasvuturpeen selvistä eduista huolimatta myös täysin turpeettomilla kasvualustoilla voidaan tuottaa täysin hyväksyttäviä kasveja, mutta yleensä täysin turpeettomat kasvualustat vaativat enemmän tai vähemmän viljelyreseptiikan muutoksia verrattuna puhtaaseen kasvuturpeeseen tai vähintään 50 % turvetta sisältäviin kasvualustoihin. Suurimmat ongelmat täysin turpeettomissa kasvualustoissa liittyvät altakasteluun, joka korostaa kapillaarinousua ja kasveille käyttökelpoisen veden määrää kasvualustassa sekä lannoitukseen, erityisesti typen sitoutumiseen kasvualustaan. Kun nämä ongelmat tiedostetaan ja tehdään tarvittavia viljelyreseptiikan muutoksia, voidaan myös täysin turpeettomilla kasvualustoilla saavuttaa lähestulkoon kasvuturpeen tasoisia kasvutuloksia.

**Asiasanat:** järviruoko, kasvuturpe, mädätejäännös, puubiomassa, rahkasammal, ruokohelpi, turpeettomat kasvualustat

## Abstract

Niko Silvan (ed.),<sup>1</sup>, Juha Näkkilä<sup>2</sup>, Juha Heiskanen<sup>3</sup> and Satu Engström<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Natural Resources Institute Finland (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

<sup>2</sup> Natural Resources Institute Finland (Luke), Itäinen Pitkätatu 4 A, 20520 Turku

<sup>3</sup> Natural Resources Institute Finland (Luke), Juntintie 154 77600 Suonenjoki

<sup>4</sup> Natural Resources Institute Finland (Luke), Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö

Peat is clearly the most used growing medium in the world. In Finland, it still accounts for more than 90% of the growing media used in greenhouse cultivation. However, peat production and, with it, availability are rapidly decreasing. In the world, for example, the largest peat company in Ireland, Bord na Mona, has stopped all peat production on its own land, and the UK government has announced that the sale of growing peat for hobby use will be prohibited by 2024. In Finland, bans on the use of growing peat have not been set so far, but due to the decline in energy peat production, the availability of growing peat will also significantly decline in the next few years here in Finland. The significant reduction or cessation of energy peat production and efforts to reduce the use of peat as a growing medium has led to an increase in the demand for new peat-free materials, from which the information needs of this Kasvuturpeelle Kavereita (KaTuKa) project arised.

The KaTuKa project once again pointed out the advantages of light horticultural peat in greenhouse cultivation. The horticultural peat constituent seems to contribute to the functionality of the growing medium, regardless of the plant being grown; the same applies from forest tree seedlings to edible plants and ornamental plants. In addition, in mixed growing mediums, even a fairly small, one-third or one-fourth, peat mixture clearly helps to improve the properties of the growing medium. As a rule of thumb, a mixture of at least 50% growing peat is sufficient to improve almost any peat-free growing medium constituent close enough to the level of pure horticultural peat. This information brings opportunities to at least significantly reduce the use of horticultural peat in greenhouse cultivation. Of the completely peat-free growing media, growing media containing Sphagnum moss and wood fiber work best. On the other hand, compost-based or growing media products containing significantly (more than 25%) rot residue usually do not work as well as the above-mentioned peat-free growing media without considerable modification of the cultivation recipe.

Despite the clear advantages of horticultural peat, completely acceptable plants can also be produced on completely peat-free growing media, but in general, completely peat-free growing media require more or less cultivation recipe changes compared to pure horticultural peat or growing media containing at least 50% peat. The largest problems in completely peat-free growing media are related to sub-irrigation, which emphasizes capillary rise and the amount of water usable for plants in the growing medium, and fertilization, especially nitrogen immobilization in the growing medium. When these problems are recognized and the necessary changes in cultivation recipes are made, it is possible to achieve growth results almost at the same level as pure horticultural peat, even with completely peat-free growing media.

**Keywords:** common reed, horticultural peat, rot residue, wood biomass, Sphagnum moss, reed canary grass, peat-free growing media

# Sisällys

<b>1. Metsäpuiden paakutaimien kasvatusta sisältävissä ja turpeettomissa kasvualustoissa.....</b>	<b>7</b>
1.1. Johdanto .....	7
1.2. Aineisto ja menetelmät .....	8
1.2.1. Tutkitut kasvualustat.....	8
1.2.2. Fysikaaliset analyysit.....	9
1.2.3. Kemiaaliset analyysit.....	10
1.2.4. Taimikasvatuskokeet lasikasvihuoneessa .....	10
1.2.5. Taimikasvatusta taimitarhalla.....	11
1.2.6. Tilastoanalyysi .....	12
1.3. Tulokset.....	12
1.3.1. Kasvualustat .....	12
1.3.2. Taimikasvatuskokeet lasikasvihuoneessa .....	13
1.3.3. Taimikasvatusta taimitarhalla.....	15
1.4. Tulosten tarkastelu.....	16
1.5. Yhteenveto .....	20
<b>2. Kasvihuonekasvien kasvatusta sisältävissä ja turpeettomissa kasvualustoissa.....</b>	<b>26</b>
2.1. Kasvihuonekurkku .....	26
2.1.1. Aineisto ja menetelmät.....	26
2.1.2. Tulokset.....	28
2.1.3. Tulosten tarkastelu .....	32
2.2. Tomaatti .....	33
2.2.1. Aineisto ja menetelmät.....	33
2.2.2. Tulokset.....	34
2.2.3. Tulosten tarkastelu .....	39
2.3. Ruukkusalaatti.....	40
2.3.1. Aineisto ja menetelmät.....	40
2.3.2. Taimikasvatustulokset .....	41
2.3.3. Viljelytulokset .....	42
2.3.4. Tulosten tarkastelu .....	43
2.4. Pelargoni.....	43
2.4.1. Aineisto ja menetelmät.....	43
2.4.2. Kasvatusta Huiskula Oy:ssä .....	44

2.4.3. Kasvatus Luonnonvarakeskus Piikkiön koetoiminta-asetalla .....	44
2.4.4. Havainnot.....	45
2.4.5. Koejärjestely .....	46
2.4.6. Tulokset.....	46
2.4.7. Tulosten tarkastelu .....	47
2.5. Joulutähti .....	48
2.5.1. Aineisto ja menetelmät.....	48
2.5.2. Kasvatus Huiskula Oy:ssä .....	48
2.5.3. Kasvatus Luonnonvarakeskus Piikkiön koetoiminta-asetalla .....	48
2.5.4. Havainnot.....	49
2.5.5. Koejärjestely .....	49
2.5.6. Tulokset.....	50
2.5.7. Tulosten tarkastelu .....	51
<b>3. Yhteenvedo kasvualustatuloksista .....</b>	<b>53</b>
<b>LIITE .....</b>	<b>55</b>

# 1. Metsäpuiden paakkutaimien kasvatus turvetta sisältävissä ja turpeettomissa kasvualustoissa

Juha Heiskanen

## 1.1. Johdanto

Kasvava huoli ilmastonmuutoksesta on johtanut maailmanlaajuiseen pyrkimykseen vähentää hiilidioksidipäästöjä ja lisätä hiilen sitoutumista. EU:n tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä ja Suomi vuoteen 2035 mennessä (ym.fi/ilmastoneutraali-suomi-2035). Nämä tavoitteet ovat johtaneet fossiilisten polttoaineiden käytön ja turpeen noston vähenemiseen, sillä suot nähdään maailmanlaajuisesti merkittävänä hiilinieluna ja ne uusiutuvat hitaasti. Toisaalta luonnontilaisten hoitamattomien maiden (mukaan lukien suot) hiilivaran muutos ja kasvihuonekaasupäästö ei yleensä inventoida eikä siten tunneta, koska niitä ei ole sisällytetty hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) inventointiohjeisiin (esim. Ogle ym. 2018).

Turve on nykyään eniten käytetty kasvualusta maailmassa (n. 40 Mm<sup>3</sup> a<sup>-1</sup>) (Blok ym. 2021), jonka lisäksi energiaturvetta käytetään suurin piirtein yhtä paljon (World Energy Council 2013). Energiaturpeen noston lopettaminen sekä pyrkimykset vähentää turpeen käyttöä kasvualustana on johtanut uusien turpeettomien materiaalien kysynnän lisääntymiseen (Barrett ym. 2016, Gruda 2019). Esimerkiksi Irlannin suurin turveyhtiö on lopettanut kaiken turpeen korjuun maillaan ([www.bordnamona.ie](http://www.bordnamona.ie)) ja Iso Britannian hallitus (Defra) on ilmoittanut, että kasvualustaturpeen myynti harrastekäytössä kielletään vuoteen 2024 mennessä ([www.gov.uk/government/news/sale-of-horticultural-peat-to-be-banned-in-move-to-protect-englands-precious-peatlands](http://www.gov.uk/government/news/sale-of-horticultural-peat-to-be-banned-in-move-to-protect-englands-precious-peatlands)). Toisaalta turvekasvualustojen ympäristöjalanjäljen pisteytys (product environmental footprint method, PEF) on vastaavalla tasolla kuin turpeettomien kasvualustojen aineosien (GME 2021).

Pohjoismaissa metsäpuiden taimia on kasvatettu menestyksekkäästi vuosikymmeniä lähes yksinomaan puhtaassa turpeessa pikkupaakuissa vakiintunein hoitomenetelmin (Heiskanen 1994, 2013, Poteri 2002, Nilsson ym. 2010, Rikala 2012). Turvekasvualustaa on Suomessa tuotettu noin 2 Mm<sup>3</sup> a<sup>-1</sup>, josta puolet on käytetty kotimaassa ja 15–20 000 m<sup>3</sup> a<sup>-1</sup> metsätaimiarhoissa (Heiskanen 1994, Leinonen 2010). Suomessa metsäpuiden taimet kasvatetaan yksinomaan puhtaassa, vähän maatumessa rahkaturpeessa pienissä kovamuovikennostoissa (Heiskanen 1994, 2013, Poteri 2002, Rikala 2012, ks. myös [statdb.luke.fi](http://statdb.luke.fi)). Turvekasvualusta on osoittanut toimivuutensa paakkutaimituotannossa ja aikaansaanut myös hyviä tuloksia paakkutaimien metsänviljelyssä.

Paakkutaimituotannossa on erityispiirteitä, jotka poikkeavat syötävien ja koristekasvien kasvihuonetuotannosta. Avomaalla taimitarhoissa, maisemoinnissa tai puutarhatuotannon suurissa ruukuissa käytetyt kasvualustat eivät välttämättä sovellu metsäpuiden paakkutaimille. Pohjoismainen metsätaimituotanto on laajamittaista, jolla on rajallinen kustannusten kantokyky ja kysy sietää tuotantoketjun poikkeamia. Mänty (*Pinus sylvestris* L.), kuusi (*Picea abies* L. Karst.) ja koivu (*Betula pendula* Roth) ovat metsätaimiarhoilla kasvatettavat pääpuulajit (Heiskanen & Rikala 2000, Poteri 2002, Nilsson ym. 2010, ks. myös [publication.nordgen.org/Forest-Seeds-and-Plants-Statistics-v2023/overview-of-the-most-important-species-in-each-country.html](http://publication.nordgen.org/Forest-Seeds-and-Plants-Statistics-v2023/overview-of-the-most-important-species-in-each-country.html)).

Metsäpuiden taimet vaativat kasvualustassa mm. riittävän matalaa pH:ta ja vastustuskykyä taimipatogeenejä vastaan GM:ssä (Tahvonen 1982, Rikala 2012).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää useiden saatavilla olevien, turvetta sisältävien ja turpeettomien kasvualustojen käyttökelpoisuutta männyn ja kuusen paakkutaimituotannossa. Tutkitut kasvualustat olivat puhtaita sekä seoksia. Ne koostuivat vähän maatumesta rahkaturpeesta (pelkkä turve kontrollina), suolta kerätystä rahkasammalesta, puukuidusta, biokaasulaitoksen lehmänlannan mädätteestä ja järviruokokompostista (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.).

## 1.2. Aineisto ja menetelmät

### 1.2.1. Tutkitut kasvualustat

Taimitarhoissa yleisesti käytettyä puhdasta, kevyttä, vähän maatumutta rahkaturvetta käytettiin kontrollikäsitteilynä kuusen- ja männyn taimien kasvatuskokeessa (Taulukko 1, Kuva 1). Muut käytetyt kasvualustat olivat joko puhtaita tai seoksia, jotka koostuivat rahkaturpeesta, suolta kerätystä rahkasammalesta (jossa pieni osa muuta suobiomassaa), männyn puukuidusta, lehmänlannan mädätejäännöksestä (jatkossa mädäte) ja järviruokokompostista. Käytetty mädäte oli peräisin lehmänlannasta (sekä vähän heinää) maatalan biokaasulaitokselta (Luke, Maaninka, Suomi), jossa se käsiteltiin ja separoitiin (Virkajärvi ym. 2016).



**Kuva 1.** Tutkitut kasvualustat (ks. lyhenteet Taulukosta 1). Petriäljän läpimitta on 9 cm.

**Taulukko 1.** Tutkittujen kasvulustojen kuvaus.

Lyhenne	Tilavuus %	Määre	Lannoitus*	Tuottaja
P100	100	Rahkaturve (kontrolli), FPM 420 W F6, 4–20 mm	L+K	kekkiaprofessional.com
M100	100	Rahkasammal, <25 mm	L+K	novarbo.fi
M67D-33	100	Sammal 67 % + kuivattu, ei hygienisoitu mädäte 33 %	Sammaleessa	Itse tehty seos
M67D+33	67+33	Sammal 67 % + kuivattu, hygienisoitu 75 °C mädäte 33 %	Sammaleessa	Itse tehty seos
P75W25c	75+25	Fiberboost 420: B-turve 75 % +puukuitu 25 %, 4–20 mm	L+K	kekkiaprofessional.com
P75W25f	75+25	Fiberboost 08: C-turve 75 % +puukuitu 25 %, 0–8 mm	L+K	kekkiaprofessional.com
P50M25W25	50+25+25	Ecoboost 08: C-turve 50 % +sammal 25 % +puu 25 %, 0–8 mm	L+K	kekkiaprofessional.com
P33M33W33	33+33+33	Sammalseos 1: Turve 33 %, sammal 33 %, puu 33 %, <25 mm	L+K	novarbo.fi
M50W50	50+50	Sammalseos 2: Sammal 50 %, puu 50 %, <25 mm	L+K	novarbo.fi
R100	100	RuokoGrow: Järviruokokomposti +MycoStop	L+K	matojamulta.com
M75D25	75+25	Sammal 75 % + kuivattu, ei hygienisoitu mädäte 25 %	Sammaleessa	Itse tehty seos
M50D50	50+50	Sammal 50 % + kuivattu, ei hygienisoitu mädäte 50 %	Sammaleessa	Itse tehty seos

\*) Peruslannoite alustassa: L = lannoite 0.8–1.2 kg/m<sup>3</sup>, K = dolomiittikalkki 1.2–2.0 kg/m<sup>3</sup>

### 1.2.2. Fysikaaliset analyysit

Yksittäisten kasvualustakomponenttien hiukkaskokojakauma mitattiin (n=3) käyttämällä kuivaseulontaa (seulasarja 20–0,1 mm). Kunkin materiaalin tiheys (Db) määritettiin kuivamassan (kuivattu 105 °C:ssa) ja lähes kyllästyneen tilavuuden suhteena terässylinteriä apuna käyttäen (n=3) (Dumroese ym. 2011, 2018, Heiskanen ym. 2020). Sylinterit (korkeus 60 mm, halkaisija 58 mm) täytettiin kullakin materiaalilla, kyllästettiin ja annettiin valua (noin -0,3 kPa matriisipotentiaaliin asti).

Ainestiheys (Ds) arvioitiin käyttämällä keskimääräistä tiheyttä 2,65 g cm<sup>-3</sup> mineraaliainekselle ja 1,5 g cm<sup>-3</sup> orgaaniselle ainekselle. Hehkutuskevennystä 550 °C:ssa 2 tunnin ajan (LOI) käytettiin kasvualustojen orgaanisen aineksen likimääräisenä pitoisuutena (n=3). Kokonaishuokostila (TP) arvioitiin TP = (Ds-Db)/Ds \* 100. Kasvualustojen volumetrinen vedenpidätyskyky mitattiin (n=3) matriisipotentiaalinen pienentyessä (eli desorptiossa) käyttämällä painelevylaitetta (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA) ja standardimenetelmiä (ks. Dumroese ym. 2011, 2018; Heiskanen ym. 2020). Helposti käyttökelpoinen vesi (EAW) määritettiin vesipitoisuudeksi, joka pidättyi -1 ja -10 kPa:n matriisipotentiaalien välillä (Heiskanen 1995), ja puskurivesi (BW) pidättyneenä välillä -10 ja -100 kPa. Sähkönjohtavuus (EC) ja pH mitattiin vesisuspensiossa (1+5 menetelmä). EC ja happamuus (pH) mitattiin myös kasvualustojen puristusvedestä, joka oli otettu taimien kasvatuskokeissa.

### 1.2.3. Kemialliset analyysit

Kasvualustanäytteet kuivattiin 60 °C:ssa 96 tuntia ja seulottiin (<2 mm). Näytteistä mitattiin totaali-C ja -N (ISO 10694, 1995; ISO 13878, 1998) (Leco TruMac CN Determinator, Leco Corp., St. Joseph, MI, USA). Neulasnäytteiden totaali-C ja -N mitattiin samalla tavalla. Näytteet uutettiin muiden alkuaineiden totaalmäärittämisiksi varten (SFS-ISO 11466, 2007) suljetulla HNO<sub>3</sub>-HCl-märkähajotusmenetelmällä mikroaaltouunissa (CEM MDS-2000; CEM Corp., Matthews, NC, USA) ja uute analysoitiin emissiospektrometrillä (iCAP 6500 Duo ICP, Thermo Scientific Ltd., Cambridge, UK).

Uutettavan rikin (S) määrittämiseen käytettiin hapanta ammoniumasetaattia (pH 4,65) (Vuorinen ja Mäkitie 1955). Kvantifointi suoritettiin käyttämällä emissiospektrometriä (iCAP 6500 Duo ICP, Thermo Scientific Ltd., Cambridge, UK). Kasvualustojen ammonium (NH<sub>4</sub>), nitraatti (NO<sub>3</sub>) ja totaali-N määritettiin KCl-utteesta FIA-analysaattorilla (Lachat QuickChem 8000, Lachat Instruments, Milwaukee, WI, USA) (Kalra ja Maynard 1991). Helposti liukeneva boori (B) uutettiin käyttämällä mikroaaltouunia (CEM MDS-2000, CEM Corporation, USA) ja kuuma-vesimenetelmää ja sen jälkeen kvantifioitiin käyttämällä ICP-emissiospektrometriä.

Kationinvaihtokapasiteetin (CEC) määrittämistä varten kasvualustanäytteet valmistettiin samalla tavalla kuin uutettavien ravinteiden määrittämisessä (ISO 11260, 2018). Vaihtuvien kationien uuttamiseen käytettiin 0,1 M BaCl<sub>2</sub>-liuosta ja kokonaispitoisuudet suodoksesta määritettiin käyttämällä aiemmin kuvattua ICP-emissiospektrometriä. Vaihtuvan happamuuden määrittämiseksi 0,1 M BaCl<sub>2</sub>-uute titrattiin 0,05 M NaOH-liuoksella pH-arvoon 7,8. Efektiivinen CEC [ECEC (cmol kg<sup>-1</sup>)] laskettiin seuraavasti: ECEC = Na + K + Ca + Mg + ACI\_E, missä ACI\_E on vaihdettava happamuus BaCl<sub>2</sub>-utteesta. Emäskyllästyksen prosenttiosuus laskettiin emästen (Na, K, Ca, Mg) summana jaettuna ECEC:llä.

Kasvualustojen puristusvesien alkuaineet analysoitiin modifioidulla ICP-OES-tekniikalla (ISO 11885, 2007) ja nitraatti ja ammonium virtausanalyysillä (SFS-EN ISO 13395, 1997 ja ISO 11732, 2005; ks. Dumroese ym. 2011, 2018; Heiskanen ym. 2020).

### 1.2.4. Taimikasvatuskokeet lasikasvihuoneessa

Jokainen tutkittu kasvualusta täytettiin käsin kuuteen kovamuoviseen kennostoon (taimiarkiiniin). Taimiarkki koostui 12 kennosta (paakusta), jotka oli leikattu täydestä 81 kennon arkista (Plantek PL81F, <https://bccab.se/products-planting/growing-systems/>), jotta saavutettiin pienemmällä käsittely-yksiköillä laajempi koeasetelma kasvihuoneessa (Luke, Suonenjoki). Sekä kuusen että männyn taimia täytettiin 60 arkkia ja 720 paakkua (10 alustaa x 6 arkkia x 12 paakkua). Uloimpien taimiarkkien reunat ympäröitiin tyhjiällä arkeilla haihtumisen vaihtelun vähentämiseksi kasvihuoneessa. Taimiarkkien paikkoja vaihdettiin joka toinen viikko spatiaalisen vaihtelun vähentämiseksi. Koejärjestely vastasi täysin satunnaistettua koetta molemmilla puulajeilla.

Siemenet (2 kpl/paakku) kylvettiin kasvualustoihin myöhään syksyllä (3.10.2022). Siemenet olivat jalostettua siemenviljelyssiementä (kuusi (EY/FIN/T03-21-0508: SV113), mänty (EY/FIN/M29-20-0031: SV407). Laboratorioitavuus 21 päivänä kylvöstä oli männyllä 95 % ja kuusella 97 %. Taimiarkit kasteltiin aluksi sumuttamalla usein vesijohtovedellä itämisen varmistamiseksi. Sen jälkeen, kun taimien orastumistaso määritettiin 21 päivänä kylvöstä, taimet harvennettiin tai kouluttiin niin, että taimia oli yksi joka paakussa. Neljän viikon kuluttua aloitettiin kastelulannoitus (0,1 % Taimi-Superex, NPK 19-4-20, [kekkilaprofessional.com](http://kekkilaprofessional.com)). Arkkien

vesitilannetta tarkkailtiin punnitsemalla arkkien massat viikoittain. Kun arkkien massojen perusteella vesipitoisuus väheni noin 40 til.:%:iin kokonaishuokostilasta, arkit kasteltiin käsin niin, että jokaisessa alustakäsittelyssä saavutettiin noin 60 til.% vesipitoisuus kokonaishuokostilasta (Dumroese ym. 2018). Kerran kahdessa viikossa arkkeja kasteltiin myös siten, että vettä valui jonkin verran läpi, jotta voitiin välttää kasvualustojen vesipitoisuuden liiallinen vaihtelu ja yli-kuivuminen.

Ilman lämpötilaksi lasikasvihuoneessa säädettiin päiväksi 20 °C (+suora valolämpö), yöksi 15 °C syklillä 18/6 h. Itämisen aikana keinovaloja (korkeapainenaatrium) pidettiin päällä päiväs-aikaan, jolloin säteilyn intensiteetti oli 150–200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (PAR) 20 cm etäisyydellä kasvu-alustan pinnasta. Kolmen viikon jälkeen kylvöstä valon voimakkuus nostettiin arvoon 300–400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (PAR). Syksyisen luonnonvalon niukkuuden vuoksi yöllä käytettiin kahden tunnin ajan matalan intensiteetin häirintävaloa estämään varhaista silmujen muodostumista ja kasvun pysähtymistä. Puristenestettä otettiin kasvualustoista kahdesti kasvatuksen aikana.

Siementen orastumistaso määritettiin 21 päivänä kylvöstä. Sen jälkeen kasvin kunto ja pituus mitattiin joka toinen viikko. Maksasammalten (*Marchantiophyta*) esiintyminen määritettiin jokaisesta paakusta. Koe lopetettiin ja taimet korjattiin kolme kuukautta kylvöstä (4.1.2023). Taimista mitattiin lopulliset morfologiset ominaisuudet (pituus, juurenkaulan läpimitta) ja biomassa (Dumroese ym. 2018; Heiskanen ym. 2020, 2022).

### 1.2.5. Taimikasvatus taimitarhalla

Kasvualustoja P100, M100, M75D25, M50W50 ja R100 testattiin männyntaimien kasvatukseen muovihuoneessa käytännön mittakaavan taimitarhakasvatuksessa (Luke Suonenjoki). Kasvualustassa M50W50 käytettiin peruslannoitteessa lisätyyppiä (N 150 g m<sup>-3</sup>, [www.kekila.fi/tuotteet/kukkasipuliravinne](http://www.kekila.fi/tuotteet/kukkasipuliravinne)). Kutakin kasvualustaa täytettiin taimiarkkeihin yhden suuralustan verran, joissa jokaisessa oli 18 kpl Plantek 81F arkkia (eli 18x81 = 1458 tainta/suuralusta). Taimiarkit täytettiin em. kasvualustoilla ja kylvettiin 16.5.2023 (EY/FIN MM29-21-0036: SV411). Männyntaimia kasvatettiin siis yhteensä 7 290 kpl (5x18x81). Lisäksi kasvualustoissa P100, M100, M75D25 ja M50W50 kasvatettiin koulittuja kuusentaimia (kylvö 4.–5.5.2023) käytännön olosuhteissa Partaharjun taimitarhalla ([www.partaharju.fi/metsapuu-taimet](http://www.partaharju.fi/metsapuu-taimet)). Jokaista kasvualustaa kohti käytettiin yhtä suuralustaa, joka sisälsi 30 taimiarkkia (PP126 M-plastics). Siten kuusentaimia kasvatettiin yhteensä 15 120 kpl (4x30x126). Taimia hoidettiin, seurattiin ja mitattiin taimitarhassa käytettävien käytäntöjen mukaan mm. säätämällä kastelulannoitusta kokemuseräisesti visuaalisen ja tuntohavaintojen perusteella (Rikala 2012).

Kullakin kasvualustalla kasvaneet taimet arvioitiin lähellä silmujen lopullista muodostumista ja kasvun pysähtymistä syyskuussa satunnaisen 10 taimiarkin kolmesta satunnaisesta paakusta. Taimista mitattiin pituus, tyviläpimitta ja verson tuoremassa sekä arvioitiin suuntaa antava myyntikelpoisuus (varsinainen taimilajittelu tapahtui pari viikkoa myöhemmin). Itämättömät paakut sekä huonolaatuiset tai pienet taimet (mänty <10 cm) katsottiin tässä myyntikelpottomiksi ja hylättäviksi. Suomalaisilla metsätaimitarhoilla taimi lajitellaan myyntikelpoiseksi, kun se täyttää taimitarhan omien kriteerien lisäksi viralliset standardit (<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20021055>).

### 1.2.6. Tilastanalyysi

Taimikokeiden aineisto analysoitiin SAS:lla (versio 9.4). Yksisuuntaista varianssianalyysiä käytettiin vertaamaan kasvualustojen vaikutusta taimimuuttujiin (toistona arkkikeskiarvot). Varianssin homogeenisuus testattiin Levenen testillä. Markkinakelvottomien taimien osuuksien varianssianalyysi suoritettiin arcsin-neliöjuuri-muunnoksen jälkeen normaalisuusoletuksen täyttämiseksi. Bonferroni-menetelmää käytettiin post-hoc-monivertailutesteissä merkitsevyytasolla  $p < 0,05$  eri kasvualustojen tunnusten keskiarvojen välisten erojen testaamiseksi. Muuttujien välisten suhteiden tunnistamiseen käytettiin myös lineaarista regressioanalyysiä.

## 1.3. Tulokset

### 1.3.1. Kasvualustat

Hiukkaskoko painottui kokoluokkaan 1–5 mm kasvualustoissa R100, M100 ja M50W50, kun taas alustoissa P100 ja D100 hiukkaskoko jakautui suhteellisen tasaisesti eri kokoluokkiin. Kuituvaseulontamenetelmä mittaa kuitenkin erillisten hiukkasten lisäksi myös muruiksi yhdistyneitä hiukkasia, kuten oli laita erityisesti alustassa R100. P75W25f sisälsi eniten  $< 1$  mm hiukkasia.

Kaikilla kasvualustoilla oli suhteellisen samanlainen hehkutuskevennys, tiheys ja kokonaisuokoistila. Toisaalta helposti käyttökelpoinen vedenpidätyskyky (EAW) oli korkein,  $> 10$  % alustoissa P75W25c, P75W25f, P50M25W25 ja P100, kun taas alhaisin se oli R100:ssa, vain 2,7 %. Puskurivedenpidätyskyky (BW) oli alhaisemmalla tasolla ja pienin R100:ssa. pH (1+5 suspensio) oli välillä 4,5–5,3, mutta oli 6 tai enemmän mädätettä sisältävissä alustoissa ja R100:ssa. Sähkönjohtokyky (1+5 suspensio) oli myös korkein mädätettä sisältävissä alustoissa.

Alkuaineiden totaalipitoisuudet vaihtelivat kasvualustojen seosainesten alkuperän mukaan (Taulukko 5). Mädäte kohotti Ca-, Mg-, K-, P-, S-, B- ja Na-pitoisuuksia. Alustassa R100 Al-, Fe- ja Na-pitoisuudet olivat korkeita. Mädätettä oli korkeat N-pitoisuudet ja alhaiset C/N-suhteet. R100:lla oli alhaisimmat C- ja C/N-tasot. Puukuitua sisältävissä alustoissa P33M33W33 ja M50W50 oli alhaisimmat N-pitoisuudet ja korkeimmat C/N-suhteet.

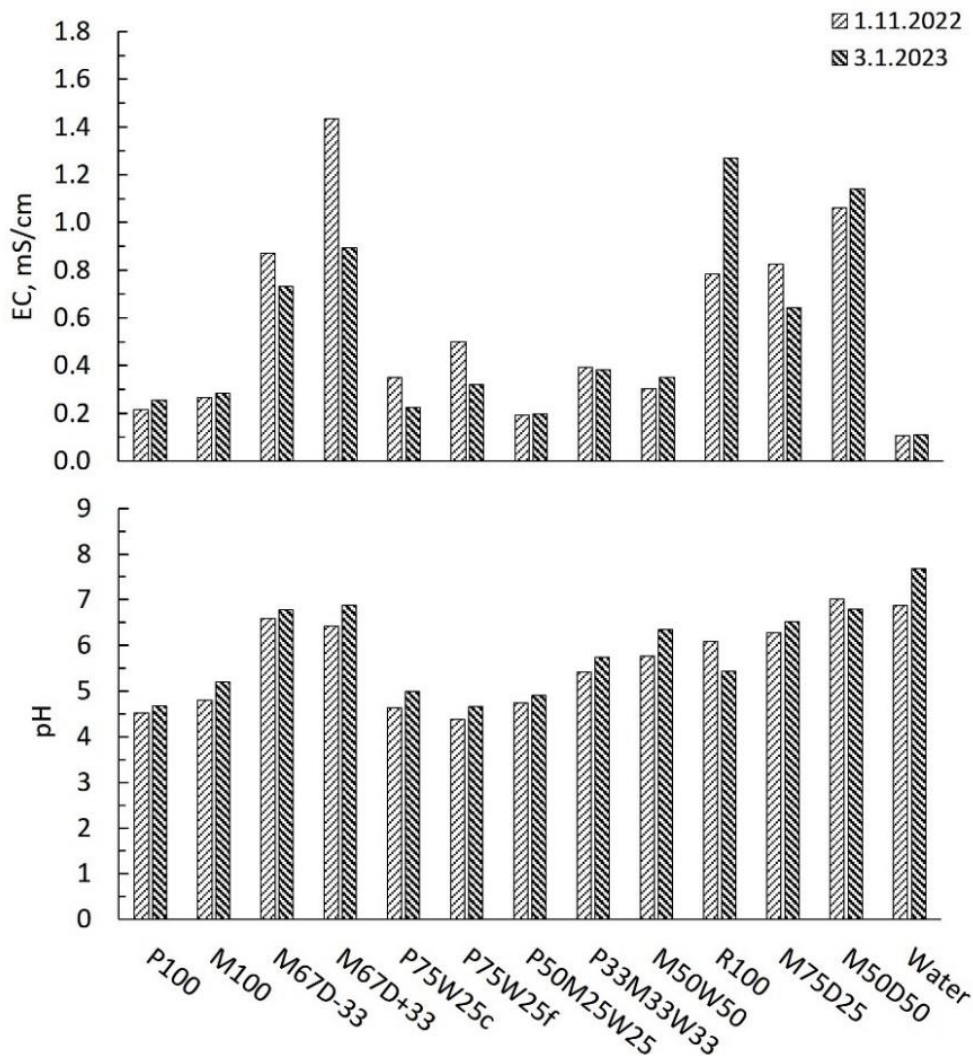
Efektiivinen kationinvaihtokapasiteetti oli korkein mädätettä sisältävissä alustoissa ( $> 100$  cmol  $\text{kg}^{-1}$ ) ja pienin R100:ssa (Taulukko 6). Liukoinen N-pitoisuus oli myös korkein mädätettä sisältävissä alustoissa ja M100:ssa. Pienin liukoinen N-pitoisuus oli järjestyksessä R100, P75W25c, M50W50 ja P33M33W33. Mädätekemponentti aiheutti kasvualustoissa korkeat P- ja K-pitoisuudet sekä alhaiset Al- ja Fe-pitoisuudet. Alustassa R100 oli pienimmät P- ja Al-pitoisuudet, mutta korkea Na-pitoisuus.

Kasvualustoista otetun puristenesteen sähkönjohtavuus ja happamuus (pH) vaihtelivat huomattavasti (Kuva 2). Korkeimmat arvot olivat mädätettä sisältävissä alustoissa. Sähkönjohtavuus oli korkea myös R100:ssa. Puristenesteen totaali-N oli erittäin korkea R100:ssa kasvatuskokeen loppuvaiheessa (Kuva 3). Suodatuksesta huolimatta R100-uutteen sameus oli erittäin korkea, mikä viittaa suspensiopartikkelien korkeaan N-pitoisuuteen. R100:ssa oli myös korkeat Al-, Ca-, Mg- ja Na-pitoisuudet. P-pitoisuus oli korkein mädätettä sisältävissä alustoissa, joissa oli myös runsaasti N, Ca ja Mg.

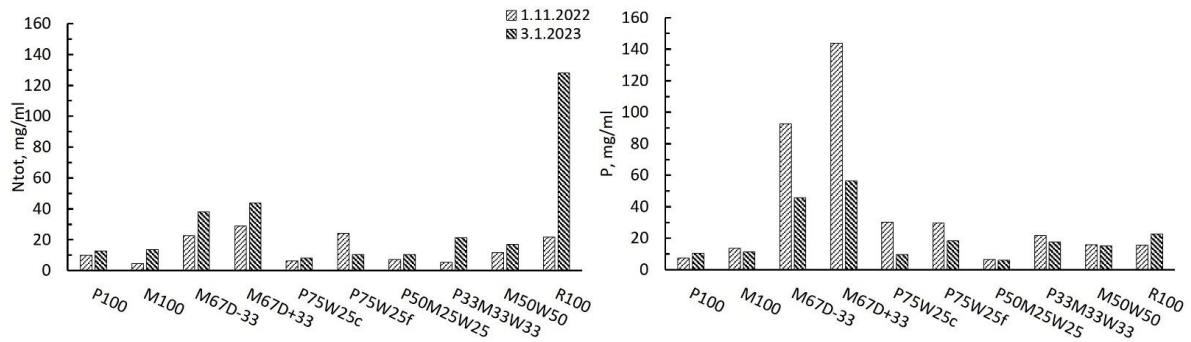
### 1.3.2. Taimikasvatuskokeet lasikasvihuoneessa

Kuusentaimien orastumistaso 21 päivää kylvön jälkeen oli >92 % kaikissa kasvualustoissa paitsi M67D+33:ssa ja P75W25f:ssä, joissa se oli noin 86 %. Mänyllä orastumistaso oli pienempi, >60 % paitsi M67D-33, M6+33 ja M50W50, joissa se oli 42–56 %.

Taimen visuaalinen laatu ja kunto olivat yleensä hyvät kaikissa käsittelyissä. Kuusen- ja mänyntaimien kuolleisuus oli alle 1,4 % kaikissa kasvualustoissa paitsi M67D-33:ssa, jossa kuusen kuolleisuus oli 2,8 %. Taimien kuolleisuus esiintyi ensisijaisesti taimiarkkien reunoilla, joissa kuivumisriski oli suurin. Mädätettä sisältävissä alustoissa oli havaittavissa märkyyttä kasvun aikana sekä pintakovuutta idätysvaiheessa sumukastelun aikana, jolloin taimilla oli havaittavissa pinnallista juurtumista. Kasvualustojen M100, P75W25f, P33M33W33, M50W50 ja R100 pinoilla ei havaittu lainkaan tai vain vähän (0–4 % paakuista) maksasammalta (*Marchantia*). Eniten maksasammalta (30 % paakuista) havaittiin M67D-33:n pinnalla mänyntaimilla. Kuusen neulasten N-pitoisuus oli yli 1,4 % (kuivamassasta), paitsi alustoilla P33M33W33 ja M50W50 kasvatetuilla taimilla, joissa se oli 1,04 ja 1,28 %. Korkein neulasten N-pitoisuus oli R100:ssa ja P100:ssa, 2,54 ja 1,99 %.



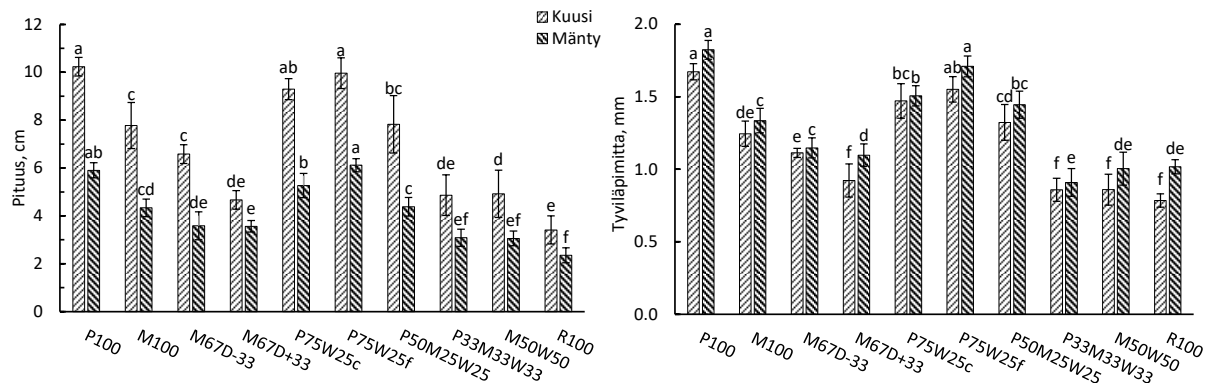
**Kuva 2.** Puristenesteen ja kasteluveden sähkönjohtokyky ja happamuus (pH) kasvatuskokeen alussa ja lopussa (yksi kokoomanäyte kasvualustaa kohti).



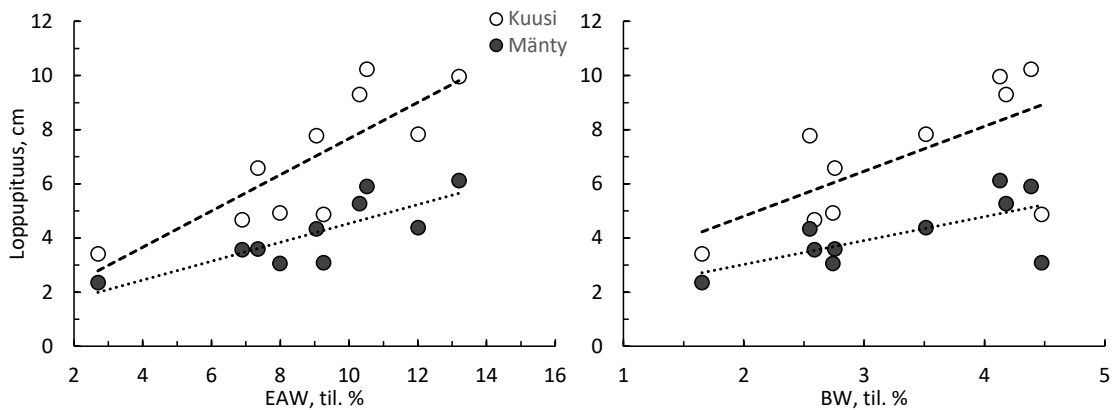
**Kuva 3.** Puristenesteen typpi- (N) ja fosforipitoisuudet (P) kasvatuskokeen alussa ja lopussa (yksi kokoomanäyte kasvualustaa kohti).

Kuusentaimien loppupituus oli parhaissa kasvualustoissa yli kaksi kertaa suurempi kuin heikkojen suoriutuneissa alustoissa (Kuva 4). Suurin pituus oli alustoissa P100, P75W25f ja P75W25c. Seuraavaksi paras kasvutulos oli alustoissa P50M25W25, M100 ja M67M-33. Vastaavia, mutta hieman vähemmän merkittäviä eroja havaittiin männnyllä. Kasvualustojen helpposti käyttökelpoisen vedenpidätyksen (EAW, vesivarasto välillä -1 ja -10 kPa) havaittiin korreloivan positiivisesti kuusen- ja männnyntaimien keskimääräisen loppupituuden ( $R^2=0,66$  molemmilla lajeilla, Kuva 5). Puskurivesi (BW, vesivarasto välillä -10 ja -100 kPa) osoitti myös positiivista lineaarista korrelaatiota kuusen- ja männnyntaimien loppupituuden kanssa ( $R^2 = 0,44$  ja  $0,46$ ).

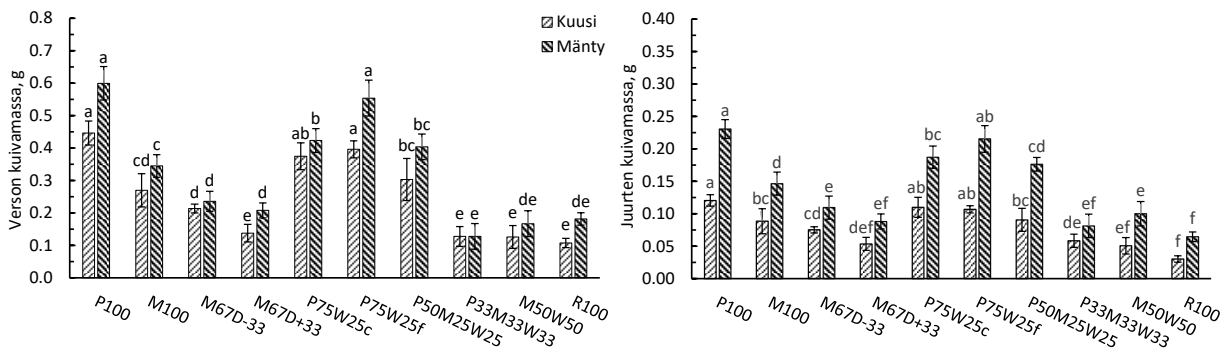
Lopullinen tyviläpimitta oli samaa suuruusluokkaa molemmilla lajeilla vaihdellen samalla tavalla kuin loppupituus eri kasvualustoissa. Taimien biomassa eri kasvualustoissa oli myös suurin alustoissa P100 ja P75W25f (Kuva 6). Versojen ja juurien biomassat näissä kasvualustoissa olivat noin kolme kertaa suuremmat kuin huonosti kasvaneiden kasvualustojen taimilla (P33M33W33, M50W50, R100 ja M67D+33). Mänty tuotti jonkin verran enemmän verso- ja juuribiomassaa kuin kuusi.



**Kuva 4.** Pituus ja tyviläpimitta eri kasvualustoissa kokeen lopussa (keskiarvo  $\pm$  Sd,  $n=6$  taimiarkkia). Eri kirjaimet pylvaiden päällä osoittavat tilastollisesti merkitsevää eroa kasvualustojen välillä ( $p<0.05$ ).



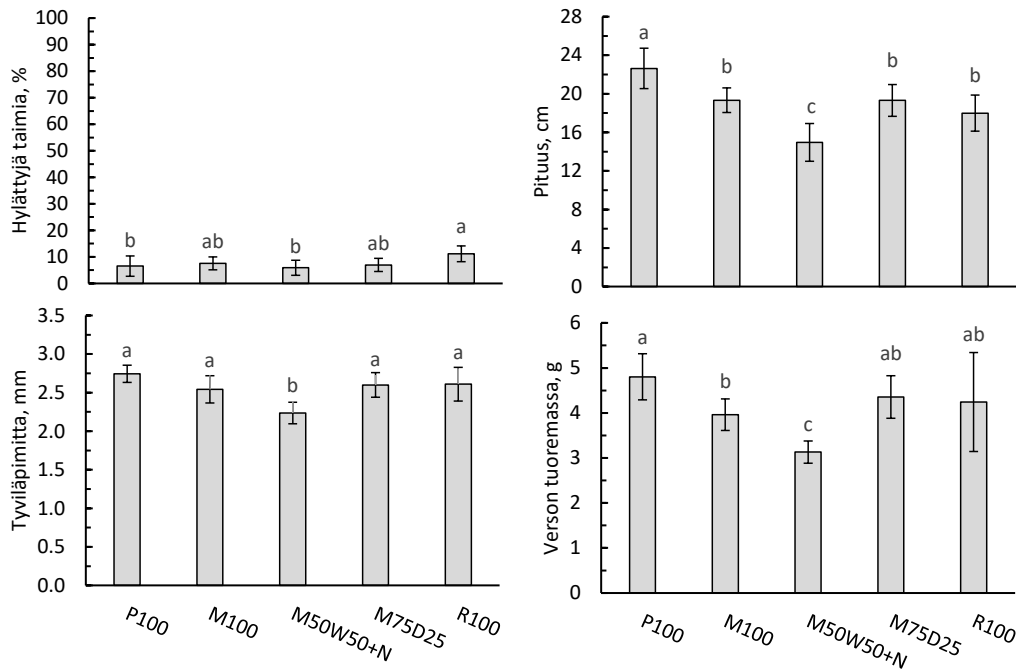
**Kuva 5.** Helposti käyttökelpoisen (EAW) ja puskurivedenpidätyskyvyn (BW) suhde taimien loppupituuteen eri kasvualustoissa (n=6 taimiarkkia).



**Kuva 6.** Verson ja juurten biomassat eri kasvualustoissa kokeen lopussa (keskiarvo  $\pm$  Sd, n=6 taimiarkkia). Eri kirjaimet pylväiden päällä osoittavat tilastollisesti merkitsevää eroa kasvualustojen välillä (p<0.05, Bonferroni).

### 1.3.3. Taimikasvatus taimitarhalla

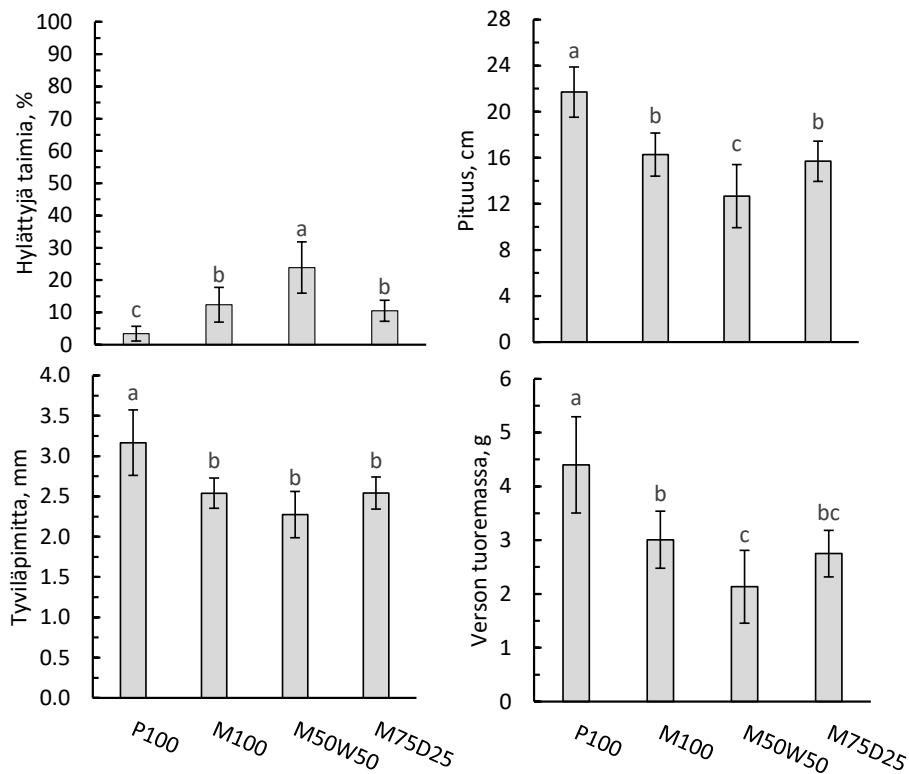
Suonenjoen tarhalla todettiin taimiarkkien (PL81f) konetäyttö epätasaiseksi ja laadultaan kelpaamattomaksi kasvualustoilla, joissa oli karkeita jakeita ja möykkyjä. Osa kasvualustoista täytettiin arkkeihin käsin. Silti myöhemmin tarhalla havaittiin joitakin taimiarkkeja, joissa oli osittain vajaita paakkuja tiivistymisen vuoksi. Sen jälkeen, kun taimiarkit oli kylvetty ja kasteltu, taimiarkkien tuoreen kokonaisuksen (kg) havaittiin alenevan lineaarisesti, kun arkissa oleva suurin paakun täyttövajaus (cm) suhteessa paakun täyteen korkeuteen (7,3 cm) lisääntyi ( $R^2 = 0,84$ ). Suurin keskimääräinen arkkimassa oli P100:ssa (6,52 kg), josta löytyi pienin paakun täyttövajaus (0,49 cm). Kolme ja puoli kuukautta myöhemmin silmujen muodostumisen tienoilla kosteissa taimiarkkeissa massan ja täyttövajauksen vuorosuhde oli vastaavanlainen, mutta vähemmän merkitsevää ( $R^2 = 0,26$ ), koska P100:lla oli pieni paakun täyttövajaus (0,31 cm) ja R100:lla suuri (1,36 cm) suhteessa taimiarkkien massa. Suonenjoen taimitarhalla eniten myyntikelvottomiksi arvioituja männyntaimia esiintyi R100:ssa (11,2 %), kun taas muissa alustoissa se oli <6,7 % (Kuva 7). Myyntikelpoisten männyntaimien loppupituus oli alhaisin M50W50+N:ssä. Partaharjun taimitarhalla myyntikelvottomien hylättyjen kuusentaimien osuus oli P100:ssa, M100:ssa, M75D25:ssä ja M50W50:ssä järjestyksessä 3,4; 10,5; 12,4 ja 23,9 % (Kuva 8). Suurin myyntikelpoisten taimien loppupituus oli P100:ssa ja heikoin M50W50:ssä.



**Kuva 7.** Myyntikelvottomien hylättyjen männyntaimien osuus sekä myyntikelpoisten taimien loppupituus, tyviläpimitta ja verson tuoremassa eri kasvialustoissa Suonenjoen taimitarhalla (keskiarvo  $\pm$  Sd,  $n=10$  taimiarkkia). Eri kirjaimet pylväiden päällä osoittavat tilastollisesti merkitsevää eroa kasvialustojen välillä ( $p < 0.05$ , Bonferroni)

## 1.4. Tulosten tarkastelu

Tässä tutkimuksessa pelkkä vaalea rahkaturve osoittautui jälleen parhaaksi kasvialustaksi metsätaimituotannossa. Rahkaturpeen valta-asema kasvialustana on perustunut sen toimivuuteen käytännön taimituotannossa ja kasvihuonekasvatuksessa sekä sen tutkimuksin todistettuihin fysikaaliskemiallisiin ominaisuuksiin (Schmilewski 2008, Rikala 2012, Barrett ym. 2016).



**Kuva 8.** Myyntikelvottomien hylättyjen kuusentaimien osuus sekä myyntikelpoisten taimien loppupituus, tyviläpimitta ja verson tuoremassa eri kasvualustoissa Partaharjun taimitarhalla (keskiarvo  $\pm$  Sd, n=10 taimiarkkia). Eri kirjaimet pylväiden päällä osoittavat tilastollisesti merkitsevää eroa kasvualustojen välillä ( $p < 0.05$ , Bonferroni)

Turpeen saatavuus on ollut hyvä, sillä on hyvät veden ja ravinteiden pidätysominaisuudet, riittävän matala pH ja hyvä vastuskyky taimien taudinaiheuttajia vastaan ehkäisten mm. taimipoltetautia (Tahvonen 1982, Rikala & Jozefek 1990, Rikala 2012, Heiskanen 2014). Paakkutaimet ovat osoittaneet hyvää istutuksen jälkeistä kasvua ja kehitystä maanmuokatuilla metsänuudistamisaloilla (Heiskanen & Rikala 2000, Laine ym. 2019, Uotila ym. 2022). Uusien turvetta osin tai kokonaan korvaavien kasvualustojen käyttöönotto taimitarhoilla edellyttää niiltä mahdollisimman paljon samoja ominaisuuksia.

Erilaisia biomassoja, biohiiliä ja kierrätysmateriaaleja on ehdotettu vaihtoehtoiseksi kasvualustoiksi kaskadiperiaatteen mukaisesti, eli ensin kasvualustoiksi ja sitten lopulta hiilipitoisiksi maanparannusaineiksi (Vandecasteele ym. 2023). Erilaisia materiaaleja on testattu turvetta korvaavien kasvualustojen löytämiseksi metsätaimituotannossa, kuten mm. kuorta, biohiiltä, haketta, kookoskuitua, kompostia, lantaa, muuta orgaanista jätettä, riisiä, sahanpurua, jätevesilietettä ja puukuituja (Landis & Morgan 2009, Heiskanen 2013, 2014, Dumroese ym. 2018, Mariotti ym. 2020, 2023, Köster ym. 2020, Adamczyk ym. 2022). Maailmanlaajuisesti kompostit ovat yleisimmin tutkittuja vaihtoehtoisia materiaaleja; lisäksi on selvitetty kuoren, eri orgaanisten materiaalien ja lannan käyttökelpoisuutta (Mariotti ym. 2023). Monet mahdolliset vaihtoehtoiset materiaalit voivat kuitenkin osoittautua kalliiksi ja laadultaan vaihteleviksi, olivatpa ne sitten neitseellisiä tai teollisuuden tai kotitalouksien sivuvirroista ja jätteistä kierrätettyjä ja mahdollisesti esikäsitelty kompostoimalla (tai ikännyttämällä) tai hydrotermisellä tms. käsittelyllä (Heiskanen 2013, Barrett ym. 2016, Dumroese ym. 2018, Gruda 2019, Van Gerrewey ym. 2020, Azori ym. 2021, Taparia ym. 2021, Hirschler ym. 2022, Adamczyk ym. 2022). Toistaiseksi pohjoismaiseen metsätaimituotantoon ei ole löydetty turpeen korvaavaa kasvualustaa.

Tässä tutkimuksessa kasvualustan vedenpidätysominaisuuksien ja kastelun havaittiin vaikuttavan taimien kasvuun merkittävästi. Kasvualustan helppokäyttöisen ja puskuriveden pidätyskyvyillä oli positiivinen lineaarinen korrelaatio kuusen- ja männyntaimien keskimääräisen loppupituuden kanssa kasvihuonekokeissa keinovaloja käytettäessä. Taimien on myös aiemmin osoitettu kasvavan hyvin, kun kasvualustan matriisipotentiali on paakkukapasiteetin (eli noin -1 kPa) ja -5...-10 kPa:n välillä (Heiskanen 1995). Tämä korrelaatio viittaa siihen, että kastelun tarve ei vaihdellut pelkästään eri kasvualustojen vedenpidätysominaisuuksien vuoksi, vaan myös taimien johtuen haihdutustarpeesta, joka oli suhteellisen korkea keinovalaistuksen takia. Käytetty kastelu ja lannoitus eivät ilmeisesti siten vastanneet täysin taimien veden ja ravinteiden tarvetta. Toisaalta liikakastelu ja kasvualustassa liian kauan vallitseva paakkukapasiteetin kosteus tila lisäävät märkyden ja hapettomuuden riskiä (Heiskanen 1995).

Kastelu- ja lannoitustarpeen on myös aiemmin havaittu vaihtelevan kasvualustan ja viljellyn puulajin mukaan (Rikala 2012, Heiskanen 2013, Dumroese ym. 2018). Lannoitus tulee siksi säätää kullekin kasvualustatyypille ja kasvuolosuhteelle erikseen, jotta saadaan paras mahdollinen veden, hapen ja ravinteiden saatavuus kasvualustasta (Heiskanen 1995, 2013, Dumroese ym. 2018). Erityisesti N-tasoa on säädeltävä kasvatuksen aikana varsinkin, jos tyyppiä huuhoutuu tai immobilisoituu kasvualustan korkean C-pitoisuuden vuoksi. Immobilisaation aikana mikro-organismit kuluttavat  $\text{NH}_4^+$  ja  $\text{NO}_3^-$  jolloin kasvit voivat kärsiä N-puutoksesta (Recous ym. 1990, Domeño ym. 2013, Adamczyk ym. 2022). Vaihtoehtoiset kasvualustat voivat sisältää sekä haitallisia että hyödyllisiä mikrobeja, joten jäännösvirrat saattavat vaatia mikrobiomin esikäsittelyä (Heiskanen 2013, 2014, Gerrewey ym. 2020, Taparia ym. 2021). Tässä tutkimuksessa ei löydetty näyttöä tuholaisten tai taudinaiheuttajien aiheuttamista taimivaurioista (vrt. Heiskanen 2014).

Mädätettä sisältävissä kasvualustoissa havaittiin kasvatuksen alussa sumukastelua käytettäessä märkyttä sekä pinnan kovuutta, mikä johti viivästyneeseen alkujuuren kasvuun kasvualustan sisään. Tämä todennäköisesti vaikutti taimikasvun hidastumiseen (vrt. Heiskanen 2021). Ruokokompostissa (R100) kosteus kasvatuksen aikana sai aikaan mururakenteen hajoamista, koska kasvualustan läpivaluntavesi muuttui lietemäiseksi. R100:ssa puristenesteen korkea totaalityypipitoisuus kasvatuskokeen loppuvaiheessa johtui luultavasti kompostin alunperin korkeasta tyypipitoisuudesta sekä kasvatuskokeen aikana kosteissa olosuhteissa etenevän hajoamisen vuoksi vapautuneesta tyypestä.

Kaiken kaikkiaan perinteisesti taimituotannossa käytetty pelkkä rahkaturve (P100) tuotti suurimmat taimet kaikissa tämän tutkimuksen kokeissa. Kasvualustaseokset, jotka sisälsivät turvetta vähintään 50 til.% (P75W25c, P75W25f, P50M25W25), tuottivat myös taimia, jotka olivat laadultaan lähes yhtä hyviä ja kooltaan yhtä suuria tai hieman pienempiä kuin pelkässä turpeessa kasvaneet taimet. Vastaavia tuloksia on raportoitu myös aiemmin (Heiskanen 2013, 2014, Srámek ym. 2010, Dumroese ym. 2018, Köster ym. 2020, Adamczyk ym. 2022). Kasvualustaseokset, joissa turveosuutta on vähennetty, ovat siten taimituotannossa potentiaalisesti käyttökelpoisia sellaisenaan tai tuotekehityksen jälkeen. Lisäksi kasvatustekniikoiden (käsitely ja lannoitus) mukauttaminen voi olla tarpeen. Tässä tutkimuksessa ei ole tehty vaihtoehtoisten kasvualustojen taloudellista arviointia mahdollisesti alhaisempien taimisaantojen tai kasvatuskäytäntöjen säätämistarpeen vaikutuksista.

Pelkässä rahkasammaleessa (M100) taimet kasvoivat myös suhteellisen hyvin verrattuna pelkkään rahkaturpeeseen, mutta sillä havaittiin myös ongelmia taimien saatavuuden (immobilisaatio) ja alemman vedenpidätyskyvyn vuoksi. Näitä ongelmia voitaneen vähentää esimerkiksi

vanhentamalla sammalta, pienentämällä hiukkaskokoa ja lisäämällä hitaasti vapautuvaa tyyppiä peruslannoitteeseen. Useat aiemmat tutkimukset osoittavat, että tuore suolta korjattu tai viljelty rahkasammal voi tarjota hyvin saatavilla olevan kasvualustan sellaisenaan tai kasvualustan turpeettoman ainesosan (Emmel 2008, Gaudig ym. 2008, Reinikainen ym. 2012, Caron & Rochefort 2013, Kämäräinen ym. 2018, 2020, Müller ja Glatz 2021, Tommila ym. 2022). Rahkasammaleen biomassan korjuuta soilta pidetään ympäristöystävällisempänä vaihtoehtona verrattuna vaalean rahkaturpeen nostoon (Silvan ym. 2017, Silvan 2019). Pohjoismaissa, joissa on runsaasti suoalueita, rahkasammal voi siksi olla lupaava kasvualusta (Blievernicht ym. 2012, Reinikainen ym. 2012). Rahkasammal on kuitenkin toistaiseksi kalliimpi materiaali kuin turve (Silvan ym. 2019). Rahkasammaleen keruu ja käyttö kasvualustana vaatii vielä lisätutkimuksia.

Taimet, jotka kasvatettiin alle kolmanneksen puukuitua sisältävissä kasvualustoissa, menestyivät yleensä kohtuullisen hyvin tässä tutkimuksessa. Samanlaisia tuloksia on havaittu myös pe-tunian kasvatuksessa (Lahti 2022). Yli neljänneksen puukuitua sisältävien alustojen (P33M33W33, M50W50) tyyppipitoisuus oli muita alhaisempi sekä alustassa että kuusen-taimien neulasissa, mikä viittaa tynen immobilisoitumiseen (Adamczyk ym. 2022). Tähän lie-nee vaikuttanut myös karkean rakenteen aiheuttaman alhaisempi veden- ja ravinteidenpidä-tyskyky. Näitä ongelmia voidaan vähentää vanhentamalla puukuituja, pienentämällä niiden hiukkaskokoa ja lisäämällä hitaasti vapautuvaa tyyppiä kasvualustan peruslannoitteeseen. Puumateriaaleja pidetään kestävästi uusiutuvina luonnonvaroina, jotka voivat tarjota kasvu-alustavaihtoehtoja turpeelle (Gruda 2012, González-Orozco ym. 2018, Adamczyk ym. 2022). Kilpailu puuvaroista (mm. energia-alan kanssa) voi kuitenkin rajoittaa puukuitujen käyttöä kasvualustoissa. Erilaiset taloudelliset, oikeudelliset ja ympäristöjalanjälkiongelmat voivat myös rajoittaa turpeettomien materiaalien saatavuutta (Hirschler ym. 2022).

Lehmänlannan mädätettä sisältävät kasvualustat osoittivat korkeita N- ja P-pitoisuuksia sekä taipumusta liettymiseen ja tiivistymiseen kasvun aikana, mikä luultavasti vaikutti alkujuurten hitaaseen kasvuun, lisääntyneeseen taimien täydennystarpeeseen ja hidastuneeseen pituus-kasvuun (vrt. Heiskanen 2014, 2021). Näitä ongelmia voitaneen vähentää kompostoimalla mädäte ja tasoittamalla (seulomalla) sen hiukkaskokojakaamaa ennen sekoittamista muihin kasvualusta-aineksiin. Ruokokomposti (R100) tuotti hyväksyttäviä taimia, mutta kooltaan pie-nempiä, johtuen luultavasti alhaisesta vedenpidätyskyvystä kasvatuksen alkuvaiheessa ja sen jälkeen mururakenteen liettymisestä johtuvasta tiivistymisestä (vrt. Heiskanen 2014). Nämä ongelmat voitaisiin ratkaista tasoittamalla hiukkaskokoa (poistamalla pisimmät hiukkaset ja seulomalla hienoimmat hiukkaset pois). Lisäksi mahdolliseen rikkakasvien siementen esiinty-miseen voi olla tarpeen varautua esim. käyttämällä kompostoinnin jälkeen varastokasoissa suojakatteita (Heiskanen 2014). Kaikki kasvualustat, joiden hiukkaskokojakauma on erittäin epätasainen tai sisältää karkeita fraktiota tai kokkareita, vaativat hiukkaskoon säätämistä, jotta taimiarkit voidaan täyttää koneellisesti.

Tämän tutkimuksen käytännön taimitarhaviiljelyssä suurimmat taimet ja suurin myyntikelpoi-sien taimien määrä oli yleensä pelkässä turpeessa (P100). Kuitenkin pelkkä rahkasammal (M100) ja turve-mädäte alusta (M75D25) tuottivat lähes yhtä hyviä taimia kuin pelkkä turve. Alustat M50W50 ja M50W50+N suoriutuivat hieman heikommin. Kasvua rajoitti todennäköi-sesti veden, tynen ja muiden ravinteiden puute. Pitkät valkoiset käsittelemättömät puukuidut tuottivat karkean rakenteen, joka olisi vaatinut useammin lannoitusta. Puukuitu olisi todennä-köisesti toiminut kasvualustan ainesosana paremmin, jos se olisi ollut ikäännytettyä tai muu-toin käsitelty vähemmän tyyppiä sitovaksi ja ollut pienempää hiukkaskokoa.

## 1.5. Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että tämä tutkimus osoitti puhtaan rahkaturpeen tuottavan parhaat kasvutulokset metsäpuiden taimikasvatuksessa. Turvetta osin sisältävät alustat, jotka sisälsivät turvetta vähintään 50 tilavuusprosenttia, pystyivät kuitenkin tuottamaan lähes yhtä hyviä taimia kuin pelkkä turve. Yleisesti ottaen kaikki tutkitut vaihtoehtoiset turpeettomat ja osin turvetta sisältävät kasvualustat voivat tuottaa hyväksyttäviä taimia, vaikkakin yleensä pienempikokoisia ja vaatien kasvatuskäytäntöjen säätöä. Tutkitut kasvualustat ovat siis potentiaalisia turvetta korvaavia alustatuotteita taimituotannossa, mutta niiden fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien sekä taimien lannoitus- ja hoitomenetelmien kehittäminen ja säätäminen on yleensä tarpeen. Vaihtoehtoisten kasvualustojen saatavuuteen ja taloudellisiin kustannuksiin sekä ympäristön kestävyysliittävät ongelmat edellyttävät ratkaisuja ennen niiden laajaa käyttöönottoa metsäpuiden taimituotannossa. Lisäksi näissä vaihtoehtoisissa kasvualustoissa kasvatettujen taimien maastomenestyminen istutuksen jälkeen on vielä tutkimatta. On myös huomioitava, että erilaisten kasvualustojen taimikasvuun kohdistuvien vaikutusten tutkiminen voi johtaa vaihteleviin ja jopa ristiriitaisiin tuloksiin, koska viljeltyjen lajien kasvuvaatimukset, kasvualustatuotteiden tuotekehityksen taso ja kasvatusolosuhteiden seuranta- ja säätömahdollisuudet vaihtelevat.

## Viitteet

- Adamczyk, B., Adamczyk, S., Kitunen, V., Hytönen, T., Mäkipää, R. & Pennanen, T. 2022. Variation in the chemical quality of woody supplements for nursery growing media affects growth of tree seedlings. *New Forests* 53: 797–810. <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09887-6>
- Atzori, G., Pane, C., Zaccardelli, M., Cacini, S. & Massa, D. 2021. The role of peat-free organic substrates in the sustainable management of soilless cultivations. *Agronomy* 11: 1236. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061236>
- Barrett, G.E., Alexander, P.D., Robinson, J.S. & Bragg, N.C. 2016. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review. *Scientia Horticulturae* 212: 220–234. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.030>
- Blievernicht, A., Irrgang, S., Zander, M. & Ulrichs, C. 2012. The youngest peat – sustainable production of peat moss and its use as growing medium in professional horticulture. Extended Abstract No. 247. Proc.14th Int. Peat Congress, Int. Peat Soc., Stockholm, 7 pp. <https://peatlands.org/assets/uploads/2019/06/Blievernicht-247.pdf>
- Blok, C., Eveleens, B. & van Winkel, A. 2021. Growing media for food and quality of life in the period 2020-2050. *Acta Horticulturae* 1305: 341-356. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1305.46>
- Caron, J. & Rochefort, L. 2013. Use of peat in growing media: State of the art on industrial and scientific efforts envisioning sustainability. *Acta Horticulturae* 982: 15–22. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.982.1>
- Domeño, I., Irigoyen, I. & Muro, J. 2013. Determination of nitrogen immobilization index in growing media: Effect of incubation time and inoculation with compost. *Acta Horticulturae* 1013: 81–84. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1013.6>
- Dumroese, K.R., Heiskanen, J., Tervahauta, A. & Englund, K. 2011. Pelleted biochar: chemical and physical properties show potential use as a substrate in container nurseries. *Biomass Bioenergy* 35: 2018–2027. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.053>
- Dumroese, R.K., Pinto, J.R., Heiskanen, J., Tervahauta, A., McBurney, K.G., Page-Dumroese, D.S. & Englund, K. 2018. Biochar can be a suitable replacement for Sphagnum peat in nursery production of *Pinus ponderosa* seedlings. *Forests* 9: 1–21. <https://doi.org/10.3390/f9050232>
- Emmel, M. 2008. Growing ornamental plants in Sphagnum biomass. *Acta Horticulturae* 779:173–178. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.779.20>
- Gaudig, G., Joosten, H. & Kamermann, D. 2008. Growing growing media: Promises of Sphagnum biomass. *Acta Horticulturae* 779: 165–171. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.779.19>
- van Gerrewey, T., Ameloot, N., Navarrete, O., Vandecruys, M., Perneel, M., Boon, N. & Geelen, D. 2020. Microbial activity in peat-reduced plant growing media: Identifying influential growing medium constituents and physicochemical properties using fractional

- factorial design of experiments. *Journal of Cleaner Production* 256: 120323. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120323>
- GME 2021. Growing Media Environmental Footprint Guideline. GrowingMedia Europe. Version 1.0, 58 p. <https://www.growing-media.eu/single-post/gme-publishes-lca-guide-line-for-growing-media>
- González-Orozco, M.M., Prieto-Ruíz, J.Á., Aldrete, A., Hernández-Díaz, J.C., Chávez-Simental, J.A. & Rodríguez-Laguna, R. 2018. Nursery Production of *Pinus engelmannii* Carr. with Substrates Based on Fresh Sawdust. *Forests* 9: 678. <https://doi.org/10.3390/f9110678>
- Gruda, N.S. 2012 Sustainable peat alternative growing media. *Acta Horticulturae* 927: 973–980. [doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.927.120](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.927.120)
- Gruda, N.S. 2019. Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems. *Agronomy* 9: 298. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060298>
- Heiskanen, J. 1994. Hydrological properties of peat-based growth media. Academic dissertation. The Finnish Forest Research Institute, Research Paper 524: 1–41. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1391-3>
- Heiskanen, J. 1995. Irrigation regime affects water and aeration conditions in peat growth medium and the growth of containerized Scots pine seedlings. *New Forests* 9: 181–195. <https://doi.org/10.1007/BF00035486>
- Heiskanen, J. 2013. Effects of compost additive in sphagnum peat growing medium on Norway spruce container seedlings. *New Forests* 44: 101–118. <https://doi.org/10.1007/s11056-011-9304-6>
- Heiskanen, J. 2014. Puun ja ruokohelpin kuitumassan soveltuvuus metsäpuiden taimien kasvualustoiksi. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoki. 18 s. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015071710652>
- Heiskanen, J. 2021. Kuivatun karjanlannan mädätejäännöksen soveltuvuus kasvualustaksi - esikoe. Pohjois-Savon liiton ja Luonnonvarakeskuksen rahoittaman tutkimushankkeen loppuraportti. Luonnonvarakeskus. 12 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021041510503>
- Heiskanen, J. & Rikala, R. 2000. Effect of peat-based container media on establishment of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings after transplanting in contrasting water conditions. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 49–57. <https://doi.org/10.1080/02827580050160466>
- Heiskanen, J., Hagner, M., Ruhanen, R. & Mäkitalo, M. 2020. Addition of recyclable biochar, compost and fibre clay to the growth medium layer for the cover system of mine tailings: A bioassay in a greenhouse. *Environmental Science and Pollution Research* 79: Article 422. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09154-5>
- Heiskanen, J., Ruhanen, H. & Hagner, M. 2022. Effects of compost, biochar and ash mixed in till soil cover of mine tailings on plant growth and bioaccumulation of elements: A growing test in a greenhouse. *Heliyon* 8: e08838. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08838>

- Hirschler, O., Osterburg, B., Weimar, H., Glasenapp, S. & Ohmes, M.-F. 2022. Peat replacement in horticultural growing media: Availability of bio-based alternative materials. Thünen Working Paper 190. 56 p. <https://doi.org/10.3220/WP1648727744000>
- Kalra, Y.P. & Maynard, D.G. 1991. Methods manual for forest soil and plant analysis. Forestry Canada, Information Report NOR-X-319E. 116 p. <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications/download-pdf/11845>
- Kämäräinen, A., Simojoki, A., Linden, L., Jokinen, K. & Silvan, N. 2018. Physical growing media characteristics of Sphagnum biomass dominated by *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. Mires and Peat 21: 1–16. [http://mires-and-peat.net/media/map21/-map\\_21\\_17.pdf](http://mires-and-peat.net/media/map21/-map_21_17.pdf)
- Kämäräinen, A., Jokinen, K. & Lindén, L. 2020. Adding Sphagnum to peat growing medium improves plant performance under water restricting conditions. Mires Peat 26: Article 13. [http://mires-and-peat.net/media/map26/map\\_26\\_13.pdf](http://mires-and-peat.net/media/map26/map_26_13.pdf)
- Köster, E., Pumpanen, J., Palviainen, M., Zhou, X. & Köster, K. 2020. Effect of biochar amendment on the properties of growing media and growth of containerized norway spruce, scots pine, and silver birch seedlings. Canadian Journal of Forest Research 51: 31–40. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-039>
- Lahti, S. 2022. The effects of added wood fibre in peat-based growing medium on *Petunia x hybrida*. Degree Thesis for Master of Natural Resources, Degree Program in Natural Resource Management. 40 p. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022061417843>
- Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. 2019. Metsämaan muokkaus: Kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyYTEEN. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 83 s. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-813-5>
- Landis, T.D. & Morgan, N. 2009. Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. In: Dumroese, R.K. & Riley, L.E. (tech. coords.) National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2008. Proc. RMRS-P-58. Fort Collins, CO: U.S. Dept of Agric, For Serv, Rocky Mountain Research Station, pp 26–31. [https://rngr.net/publications/proceedings/2008/growing-media-alternatives-for-forest-and-native-plant-nurseries/at\\_download/file](https://rngr.net/publications/proceedings/2008/growing-media-alternatives-for-forest-and-native-plant-nurseries/at_download/file)
- Leinonen, A. (ed.) 2010. Turpeen tuotanto ja käyttö. Yhteenveto selvityksistä. [Peat production and use. Summary of reports] VTT Tiedotteita 2550, 104 p <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2550.pdf>
- Mariotti, B., Martini, S., Raddi, S., Tani, A., Jacobs, D.F., Oliet, J.A. & Maltoni, A. 2020. Coconut Coir as a Sustainable Nursery Growing Media for Seedling Production of the Ecologically Diverse Quercus Species. Forests 11: 522. <https://doi.org/10.3390/f11050522>
- Mariotti, B., Oliet, J.A., Andivia, E., Tsakalimi, M., Villar-Salvador, P., Ivetić, V., Montagnoli, A., Janković, I., Bilir, N., Bohlenius, H., Cvjetković, B., Dūmiņš, K., Heiskanen, J., Hinkov, G., Fløistad, I.S. & Coccozza, C. 2023. A global review on innovative, sustainable, and effective materials composing growing media for forest seedling production. Current Atherosclerosis Reports. <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00204-2>

- Müller, R. & Glatz, S. 2021. Sphagnum farming substrate is a competitive alternative to traditional horticultural substrates for achieving desired hydro-physical properties. *Mires Peat* 27: Article 21. [http://www.mires-and-peat.net/media/map27/map\\_27\\_21.pdf](http://www.mires-and-peat.net/media/map27/map_27_21.pdf)
- Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Örländer, G. & Puttonen, P. 2010. Reforestation with planting in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25: 283–294. <https://doi.org/10.1080/02827581.2010.498384>
- Ogle, S.M., Domke, G., Kurz, W.A., Rocha, M.T., Huffman, T., Swan, A., Smith, J.E., Woodall, C. & Krug, T. 2018. Delineating managed land for reporting national greenhouse gas emissions and removals to the United Nations framework convention on climate change. *Carbon Balance Manage* 13:9. <https://doi.org/10.1186/s13021-018-0095-3>
- Poteri, M. 2002. Forest nurseries in Finland. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. *Proceedings RMRS-P-28*: 59–63. <https://rngr.net/publications/proceedings/2002/poteri.pdf>
- Recous, S., Mary, B. & Faurie, G. 1990. Microbial immobilization of ammonium and nitrate in cultivated soils. *Soil Biology & Biochemistry* 22: 913–922. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(90\)90129-N](https://doi.org/10.1016/0038-0717(90)90129-N)
- Reinikainen, O., Korpi, J., Tahvonen, R., Näkkilä, J., Silvan, N. & Silvan, K. 2012. Harvesting of Sphagnum biomass and its use as a growing medium constituent. Extended Abstract No. 137, Proc. 14th Int. Peat Congress, Int. Peat Soc., Stockholm, 6 pp. <https://peatlands.org/assets/uploads/2019/06/Reinikainen-137.pdf>
- Rikala, R. 2012. Metsäpuiden paakkutaimien kasvatusopas. Metsäntutkimuslaitos. Vantaa, 247 s. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2359-0>
- Rikala, R. & Jozefek, H.J. 1990. Effect of dolomite lime and wood ash on peat substrate and development of tree seedlings. *Silva Fennica* 24: 4 article id 5432. <https://doi.org/10.14214/sf.a15586>
- Schmilewski, G. 2008. The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires Peat* 3: Article 2. <http://mires-and-peat.net/pages/volumes/map03/map0302.php>
- Silvan, N. 2019. Short-term Effects of Shallow Sphagnum Moss Biomass Harvesting on the Runoff Water Quality. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis* 7: 34–39. <https://doi.org/10.11648/j.ijema.20190701.15>
- Silvan, N., Jokinen, K., Näkkilä, J. & Tahvonen, R. 2017. Swift recovery of Sphagnum carpet and carbon sequestration after shallow Sphagnum biomass harvesting. *Mires Peat* 20: Article 01. [http://mires-and-peat.net/media/map20/map\\_20\\_01.pdf](http://mires-and-peat.net/media/map20/map_20_01.pdf)
- Silvan, N., Sarkkola, S. & Laiho, R. 2019. Rahkasammalbiomassa ja sen korjuuseen soveltuvat suot Suomessa (Summary: Peatlands suitable for harvesting of renewable Sphagnum moss biomass in Finland). *Suo - Mires and Peat* 70: 41–53. <http://86.50.170.180/pdf/article10319.pdf>
- Srámek, F., Dubský, M., Weber, M., Dostálek, J. & Skalo, J. 2010. Peat-reduced substrates with mineral components for growing of woody plants. *Acta Horticulturae* 885: 361–366. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.885.51>

- Tahvonen, R. 1982. The suppressiveness of Finnish light coloured Sphagnum peat. *Journal of Agricultural Science Finland* 54: 345–356. <https://doi.org/10.23986/afsci.72115>
- Taparia, T., Hendrixa, E., Nijhuis, E., Boer, W. & van der Wolf, J. 2021. Circular alternatives to peat in growing media: A microbiome perspective. *Journal of Cleaner Production* 327: 129375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129375>.
- Tommila, T., Kämäräinen, A., Kokko, H. & Palonen, P. 2022. Sphagnum moss is a promising growth substrate in arctic bramble container cultivation. *Acta Agriculturae Scandinavica B - Soil Plant Science* 72: 997–1008. <https://doi.org/10.1080/09064710.2022.-2138778>
- Uotila, K., Luoranen, J., Saksa, T., Laine, T. & Heiskanen, J. 2022. Long-term growth response of Norway spruce in different mounding and vegetation control treatments on fine-textured soils. *Silva Fennica* 56: article id 10762. <https://doi.org/10.14214/sf.10762>
- Van Gerrewey, T., Ameloot, N., Navarrete, O., Vandecruys, M., Perneel, M., Boon, N. & Geelen, D. 2020. Microbial activity in peat-reduced plant growing media: Identifying influential growing medium constituents and physicochemical properties using fractional factorial design of experiments. *Journal of Cleaner Production* 256: 120323. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120323>.
- Vandecasteele, B., Similon, L., Moelants, J., Hofkens, M., Melis, P. & Visser, R. 2023. Cascading use of renewable growing media versus peat or mineral wool: added value of biochar for end-of-life, recycling of nutrients and C storage potential. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* In review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2399045/v1>
- Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Rätty, M., Pakarinen, T., Pyykkönen, V. & Luostarinen, S. 2016. Biokaasuteknologiaa maataloilla II. Biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen hyödyntäminen lannoitteena. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 37: 1–115. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-266-9>
- Vuorinen, J. & Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeol Publ* 63: 1–44
- World Energy Council 2013. *World Energy Resources. 2013 Survey. Chapter 6: Peat.* 1–24 p. [https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/10/WER\\_2013\\_6\\_Peat.pdf](https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/10/WER_2013_6_Peat.pdf)

## 2. Kasvihuonekasvien kasvatusta turvetta sisältävissä ja turpeettomissa kasvualustoissa

Juha Näkkilä ja Satu Engström

### 2.1. Kasvihuonekurkku

#### 2.1.1. Aineisto ja menetelmät

**Taulukko 1.** Kasvialustakokeen koejäsenet, kasvialustan valmistaja, kasvialustakomponentit, kalkitus ja peruslannoitus.

Koejäsen	Kasvialusta	Valmistaja	Komponentit	Kalkitus/Peruslannoitus
1	Grow Board Natural Control	Kekkilä-BVB	turve 75 %, tupasvillakuitu, sammal	kyllä/ei
2	Grow Board Natural Control puukuitu	Kekkilä-BVB	turve 65 %, tupasvillakuitu, puukuitu	kyllä/ei
3	Järviruoko	Kiteen mato ja multa	kompostoitu järviruoko	ei/ei
4	Mosswool 33/33/33	Novarbo	turve 33 %, sammal 33 %, puukuitu 33 %	kyllä/ei
5	Mosswool 50/50	Novarbo	sammal 50 %, puukuitu 50 %	kyllä/ei
6	Sammal+mädätejäännös	Luke	sammal 75 %, mädätejäännös 25 %	kyllä/ei

Kasvialustat 1, 2, 4 ja 5 olivat levymäisiä, 50 cm pitkiä muovin pakattuja kasvialustapaketteja. Grow Board -kasvialustat turpoavat kostutettaessa. Mosswool -kasvialustat oli valmistettu vaahtorainamalla. Niiden tilavuus ei juuri muuttunut alustoja kasteltaessa.

Kasvialustan 6 rahkasammal hankittiin Biolan Oy:stä. Sitä kuivattiin kasvihuoneen pöydällä, hienonnettiin Junkkari-hakkurilla ja seulottiin 25 mm seulalla ennen käyttöä. Kasvialustan mädätejäännös oli peräisin Luke Maaningan nautakarjanavetasta. Navetan lietelantaa mädätetään tilan bioreaktorissa ja bioreaktorikäsittelyn jälkeen mädätetty lietelanta separoidaan. Separoinnin kiinteä jae, mädätejäännös, ohjataan yleensä takaisin navettaan kuivikkeeksi, mutta nyt sitä haluttiin testata kasvialustakomponenttina. Mädätejäännös hygienisoitiin kuumentamalla sitä tunnin ajan 70 °C. Hygienisoitu mädätejäännös kuivattiin kasvihuonepöydällä ja seulottiin 25 mm seulalla ennen käyttöä. Mädätejäännöksestä otettiin näyte, josta mitattiin pH, johtokyky, typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuus sekä raskasmetallit Eurofins Agrossa. Sammalta ja mädätejäännöstä sekoitettiin kasvialustaksi tilavuussuhteella 75 %/25 % aiempien kasvialustako-keiden kokemusten perusteella. Sammalta kalkittiin magnesiumpitoisella puutarhakalkilla 3 g/l. Valmistusta kasvialustaseosta pakattiin 12 litraa 30 cm läpimittaiseen, 0,05 mm paksuun ja 60 cm pitkään polyeteenisukkaan.

Järviruokoa toimitettiin Piikkiöön 50 litran säkeissä, mutta se pakattiin samanlaiseen PE-sukkaan, jotta kasvualustan tilavuus saatiin muiden alustojen kanssa verrannolliseksi. Läpinäkyvän sukan päälle tehtiin mustavalkomuovinen päällyys, jotta kasvin juuret eivät altistu valolle.

Kasvualustoista otettiin kolme kasvualustanäytettä, joista mitattiin mm. kosteutta, tiheyttä, huokostilaa ja vesitilaa erilaisissa imupaineissa Luke Jokioisissa. Kasvualustoista otettiin myös näytteet, joista mitattiin alustojen pH, johtokyky, typpi- fosfori ja kaliumpitoisuutta Eurofins Agrossa. Kurkun sadonkorjuun alussa, puolessa välissä ja lopussa kasvualustoista otettiin puristenestenäytteet ja kasveista lehtinäytteet, jotka analysoitiin Hortilabissa. Näytteistä analysoitiin makro- ja mikroravinnepitoisuuksia.

Imea-lajikkeen taimet kasvatettiin kivivillapaakuissa altakastelupöydällä Luke Piikkiössä. Koeosasto oli 150 neliömetrin suuruinen lasikattoinen ja kerroslevyseinäinen kasvihuoneosasto, jossa oli korkeapainesumutus ja varjostusverhot. Kasvualustat aseteltiin viljelykourujen päälle ja niitä kasteltiin ensin kasteluliuksella, joka koostettiin täysravinnekastelulannoitteesta (Kekkilä Vihannes-Superex N 8, P 5, K 28, Mg 2,5), kalsiumnitraatista (Yara Tera Calcinit N 15,5, Ca 19), magnesiumsulfaatista (Yara Krista MgS Mg 9,6, S 13). Kasteluliuksen pH:n säätelyyn käytettiin typpihappoa, jota lisättiin täysravinneliuksen emosäiliöön. Taimet asetettiin tasavälein kasvualustan päälle tehtyihin aukkoihin 11.1. 2023. Kuhunkin kasvualustaan istutettiin kolme tainta. Koeruutuun kuului kaksi kasvualustaa eli 6 kasvia. Istutustiheydeksi tuli 2,3 kasvia neliömetrille. Joka taimelle asetettiin kaksi tippukastelusuutinta (1,0 l h<sup>-1</sup>) kivivillapaakun läpi kasvualustaan. Kasvualustan kastelu- ja ylikastelumäärää mitattiin päivittäin yhdestä kasvualustapaketestista. Samasta kohdasta mitattiin kasvualustan kosteutta, johtokykyä ja lämpötilaa jatkuvatoimisilla Stevens Hydra Probe -antureilla. Anturi asetettiin taimipaakkujen väliin, puoleen väliin kasvualustan korkeudesta. Osastossa oli kolme lannoitusryhmää: kasvualustat 1 ja 2, 4 ja 5 sekä 3 ja 6 kytkettiin samaan lannoitusryhmän. Kasvualustoja 1, 2, 4 ja 5 lannoitettiin turvealustalle suunnitellulla lannoitusohjelmalla ja kasvualustoja 3 ja 6 lannoitettiin kivivillalle suunnitellulla lannoitusohjelmalla. Hoitolannoitus koostettiin edellä mainituista lannoitteista. Samassa lannoitusryhmässä ravinneliuksen johtokyky ja kasteluannos voitiin säätää kunkin kasvualustan tarpeen mukaan. Muutaman päivän kuluttua taimien istutuksesta kasvualustojen suojamuovit rei'itettiin liian kasteluliuksen poistamiseksi. Kokeessa käytetty kastelujärjestelmä oli avoin. Kastelu- ja ylikasteluliuksesta otettiin näytteet kahdesti viikossa ja niistä mitattiin liuksen johtokyky, pH, nitraattityppi-, kalium- ja kalsiumpitoisuutta.

Kurkun taimet tuettiin tarhurilangan ja tuentaklipsien avulla ylätukeen, joka oli 3,3 m korkeudella. Kurkku viljeltiin alaslaskumenetelmällä, jossa kaikki sivuversot poistetaan ja sato kerätään vain päärungosta. Kasveja ei latvottu ennen raivausta. 150 neliömetrin osastossa oli 400 W suurpainenaatriumvalaisimia kasvien yläpuolella käytävillä ja joka toisella käytävällä oli 250 W suurpainenaatriumvalaisimia välivalaisimina. Tekovaloa annettiin enintään 20 h vrk<sup>-1</sup>. Osastossa tavoiteltiin 1 000 ppm hiilidioksidipitoisuutta lisäämällä hiilidioksidikaasua, kun tuuletusluukut olivat kiinni.

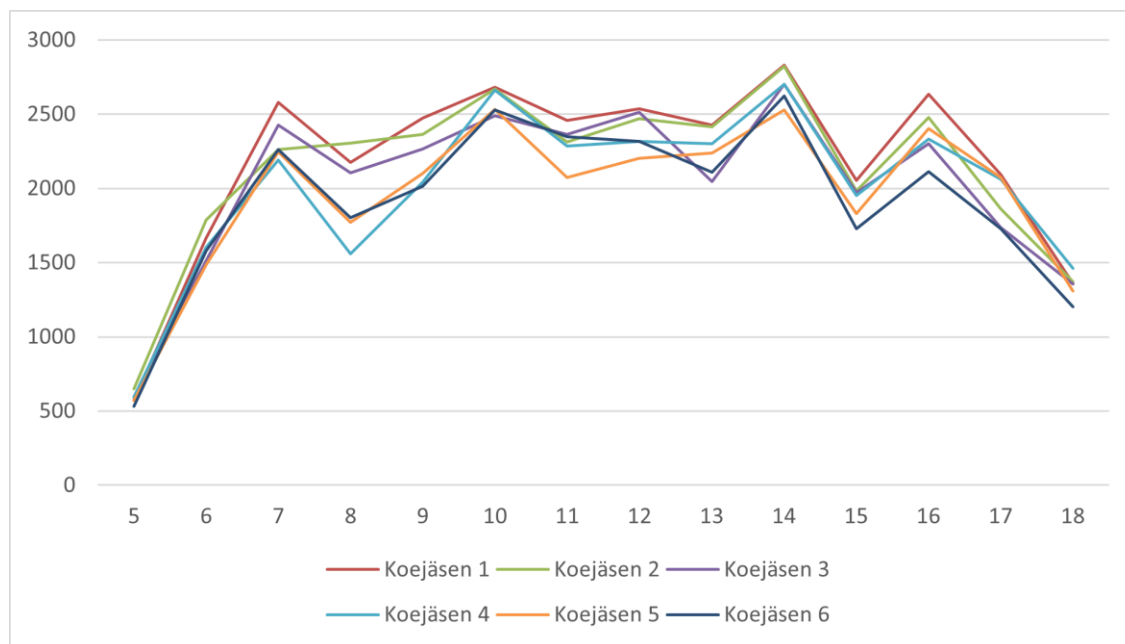
Satoa korjattiin kolme kertaa viikossa 1.2 ja 3.5.2023 välisen ajan. Kurkut lajiteltiin viiteen eri laatuluokkaan: 1 luokka, 2 luokka, kevyet, käyrät ja muut. Kevyiksi luokiteltiin muodoltaan moitteettomat, mutta painoltaan alle 250 g kurkut. Niitä jouduttiin yleensä korjaamaan kasvuston alaslaskun ja alalehtien poiston takia, kun hedelmät yltivät kasvualustaan. 1 luokan kurkuista otettiin kuiva-ainepitoisuusnäytteet sadonkorjuun alussa, keskellä ja lopussa.

Kasvualustan vaikutusta kasvin kasvuun arvioitiin kasvuston raivauksen yhteydessä mittaamalla koeruudun yhdestä kasvista varren pituus, varren tuore- ja kuivapaino, varren lehtien määrä, lehtien tuore- ja kuivapaino, hedelmäaiheiden ja kukkivien kukkien määrä. Kasvualustoista arvioitiin juurten tasaisuutta, määrää ja terveyttä.

Viljelykoe järjestettiin rivi ja sarake -asetelmana. Rivejä ja sarakkeita oli kuusi. Sadon määrä testattiin sekamallien avulla SAS 9.4 -ohjelmistolla. Vastemuuttujan normaalisuus testattiin Shapiro-Wilk-testillä. Mallien jäännökset tarkastettiin ja havaittiin normaaliksi. Keskiarvoparien eroja vertailtiin Tukeyn HSD testillä. Tilastollisesti merkitsevän tuloksen raja oli  $p < 0,05$ .

## 2.1.2. Tulokset

Kurkun sadonkorjuu alkoi samaan aikaan kaikissa kasvualustoissa, joten kasvualusta ei vaikuttanut sadon aikaisuuteen. Kurkkuja korjattiin viikossa 6–7 kpl eli 1,8–2,1 kg (Kuva 1). 1 luokan kurkkujen osuus oli 83–87 % koko sadon painosta. 1 luokan jälkeen suurin laatuluokka oli kevyet kurkut. Niitä korjattiin 6–9 % koko sadon painosta. 2 luokan osuudeksi tuli 3–5 % koko sadon painosta. Kurkun 2 luokkaan luokittelu johtui yleensä lievistä käyryydestä tai pintaviasta.



**Kuva 1.** Kasvualustan vaikutus kurkun viikkosatoon. Vaaka-asteikolla on kalenteriviikko ja pystyasteikolla yhden kasvin koko sadon paino grammoina. Koejäsenet: 1 Growing board natural control, 2 Growing board natural control puukuitu, 3 Järviruoko, 4 Mosswool33/33/33, 5 Mosswool 50/50 ja 6 Sammal-mädätejäännös.

Eniten kasvualustaturvetta sisältävästä koejäsenestä 1 korjattiin keskimäärin suurin kurkkusato ja kurkkujen lukumäärä (Taulukko 2). Koejäsenen 1 kurkkusato ja kurkkujen lukumäärä oli merkitsevästi suurempi kuin koejäsenten 3, 4, 5 ja 6. Koejäsenen 1 tuotti myös merkitsevästi suuremman koko sadon painon kuin koejäsenen 2. Koejäsenen 1 1 luokan keskipaino oli keskimäärin pienin.

Turvetta ja puukuitua sisältävän koejäsenen 2 1 luokan ja koko sato olivat keskimäärin 4 % ja 2 % pienempiä kuin koejäsenen 1, mutta 1 luokan sadon, koko sadon ja kaikkien kurkkujen lukumäärän suhteen ero ei ollut merkitsevä. Koejäsenen 2 ei eronnut merkitsevästi

järviruokoalustasta 1 luokan sadon painon, koko sadon paino ja kaikkien kurkkujen lukumäärän suhteen.

Järviruokoalustasta korjattiin 7 % pienempi kurkkusato ja 9 % vähemmän kurkkuja kuin koejäsenestä 1. Järviruokoalusta tuotti myös merkitsevästi vähemmän 1 luokan kurkkuja kuin koejäsen 2. Järviruokoalusta ei eronnut merkitsevästi Mosswool -alustoista 1 luokan sadon painon, koko sadon painon, 1 luokan kurkkujen lukumäärän ja kaikkien kurkkujen lukumäärän suhteen.

Vaahtorainatuista Mosswool-levyistä korjattiin 8 % pienempi 1 luokan sato ja 8–10 % pienempi koko sato kuin koejäsenestä 1. Mosswool-levyistä saatiin 12 % vähemmän 1 luokan kurkkuja kuin koejäsenestä 1 ja keskimäärin pienin määrä kaikkia kurkkuja, 12–13 % vähemmän kuin koejäsenestä 1. Turvetta sisältävistä Mosswool-levyistä korjattiin keskimäärin painavimmat 1 luokan kurkut, mutta Mosswool-levyt eivät eronneet toisistaan tai järviruokoalustasta 1 luokan kurkun keskipainon suhteen. Turvetta sisältänyt Mosswool-levy oli keskimäärin satoisampi kuin turpeeton Mosswool-levy, mutta erot eivät olleet merkitseviä.

Eniten sammalta sisältävästä koejäsen 6 korjattiin keskimäärin kaikkein pienin 1 luokan sato ja koko sato. Sadot olivat 12–14 % pienempiä kuin koejäsenellä 1. Koejäseneltä 6 korjattiin 1 luokan kurkkuja keskimäärin vähiten, kurkkuja oli 15 % vähemmän kuin koejäsenellä 1. Koejäsenen 6 1 luokan kurkun keskipaino ei eronnut koejäsenien 1, 2 ja 3 keskipainosta.

Kasvualustaturvetta runsaasti sisältävissä Grow board -levyissä kurkkusadon paino oli suurempi kuin vaahtorainatuissa Mosswool-alustoissa. Ero pieni, kun turpeeseen oli seostettu puukuitua. Järviruokoalustasta saatiin yhtä suuri sadon paino kuin puukuidulla seostetusta kasvualustaturpeesta. Kaikissa turpeettomissa kasvualustoissa (järviruoko, Mosswool 50/50, sammal-mädätejäännös) kurkkusato jäi pienemmäksi kuin runsasturpeisessa alustassa. Mosswool-alustoilla 1 luokan kurkun keskipaino oli korkeampi kuin suuremman kappalesadon tuottaneet Grow board -levyt.

Kasvualustalla ei ollut merkitsevää vaikutusta 2 luokan, keveiden, käyrien ja muiden kurkun laatuluokkien satoon.

**Taulukko 2.** Kasvualustan vaikutus kurkun 1 luokan kurkkusadon painoon, kokonaissadon painoon, 1 luokan kurkkujen lukumäärään, kaikkien kurkkujen lukumäärään ja 1 luokan kurkun keskipainoon. Samassa sarakkeessa samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,05$ ).

Koejäsen	Kasvualusta	1 luokan sato kg/kasvi (suhdeluku)	Kokonais-sato kg/kasvi (suhdeluku)	1 luokan kurkkujen lkm kpl/kasvi (suhdeluku)	Kaikkien kurkkujen lkm kpl/kasvi (suhdeluku)	1 luokan kurkkujen keskipaino g/kpl (suhdeluku)
1	Grow Board Natural Control	26,0 (100) d	30,6 (100) c	76 (100) c	99 (100) c	340 (100) a
2	Grow Board Natural Control puukuitu	25,5 (98) cd	29,7 (97) b	73 (96) c	94 (96) bc	348 (102) ab
3	Järviruoko	24,3 (93) bc	28,4 (93) ab	69 (91) b	90 (91) ab	351 (103) bc
4	Mosswool 33/33/33	23,9 (92) b	28,1 (92) a	67 (88) ab	87 (88) a	357 (105) c
5	Mosswool 50/50	23,8 (92) b	27,4 (90) a	67 (88) ab	85 (87) a	355 (105) c
6	Sammal+mädätejäännös	22,2 (86) a	26,9 (88) a	65 (85) a	88 (89) a	341 (100) ab

Kurkun varren pituus raivattaessa oli keskimäärin pisin koejäsenellä 1 ja lyhin koejäsenellä 5 (Taulukko 3). Varren pituusero oli enintään 3 %, eivätkä erot pituudessa olleet merkitseviä. Varren kuivapaino raivattaessa oli keskimäärin suurin koejäsenellä 2 ja pienin koejäsenellä 6. Varren kuivapainoero oli enintään 10 %, eivätkä erot kuivapainossa olleet merkitseviä. Lehtien lukumäärä raivattaessa oli keskimäärin suurin koejäsenellä 4 ja pienin koejäsenellä 6. Lehtien lukumäärien ero oli enintään 6 %, eivätkä erot olleet merkitseviä. Lehtien kuivapaino raivattaessa oli keskimäärin suurin koejäsenellä 3 ja pienin koejäsenellä 6. Lehtien kuivapaino ero oli enintään 17 %, eivätkä erot kuivapainossa olleet merkitseviä. Lehtien ja lehtiarprien lukumäärä raivattaessa oli keskimäärin suurin koejäsenillä 1 ja 5 ja pienin koejäsenillä 3 ja 4. Lehtien ja lehtiarprien lukumäärien ero oli enintään 2 %, eivätkä erot olleet merkitseviä.

Kasvualusta ei vaikuttanut kurkkukasvin kasvuun. Kasvualustoilla oli sadontuotossa suhteellisesti suuremmat keskinäiset erot kuin vegetatiivisessa kasvussa.

**Taulukko 3.** Kasvualustan vaikutus kurkun varren pituuteen, varren kuivapainoon, lehtien kuivapainoon sekä lehtien ja lehtiarprien lukumäärään. Samassa sarakkeessa samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,05$ ).

Koejäsen	Kasvualusta	Varren pituus (suhdeluku) cm	Varren kuivapaino (suhdeluku) g	Lehtien lkm (suhdeluku) kpl	Lehtien kuivapaino (suhdeluku) g	Lehtien ja lehtiarprien lkm (suhdeluku) kpl
1	Grow Board Natural Control	1 212 (100) a	79 (100) a	27,3 (100) a	66 (100) a	130 (100) a
2	Grow Board Natural Control puukuitu	1 196 (99) a	82 (104) a	27,0 (99) a	67 (102) a	129 (99) a
3	Järviruoko	1 191(98) a	79 (100) a	27,3 (100) a	71 (108) a	128 (98) a
4	Mosswool 33/33/33	1 182 (98) a	76 (96) a	28,2 (103) a	67 (102) a	128 (98) a
5	Mosswool 50/50	1 175 (97) a	75 (95) a	27,8 (102) a	64 (97) a	130 (100) a
6	Sammal+mädätejäännös	1 192 (98) a	74 (94) a	26,5 (97) a	59 (89) a	129 (99) a

Kasvualustan puristenesteanalysien mukaan turvereseptillä lannoitetuilla koejäsenillä 1, 2, 4 ja 5 sekä kivivilloreseptillä lannoitetuilla koejäsenillä 3 ja 6 oli ohjearvoalueen (Hortilab 1999) ylittävä kasvualustan johtokyky sadonkorjuun alussa ja lopussa. Koejäsenillä 4 ja 5 oli kasvualustan pH ohjearvoalueen yläpuolella sadonkorjuun puolivälissä ja lopussa. Kasvualustan ylikasteluliuoksenkin pH oli sitä korkeampi, mitä suurempi oli alustan puukuitupitoisuus.

Kaikkien kasvualustojen nitraattityypipitoisuus ja kaliumpitoisuus ylittivät sadonkorjuun alussa ohjearvoalueen. Kaikkien kasvualustojen kalsiumpitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa ja lopussa. Kaikkien kasvualustojen magnesiumpitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Järviruokoalustan magnesiumpitoisuus ylitti ohjearvoalueen myös sadonkorjuun puolivälissä ja lopussa. Sammal-mädätejäännös-alustan magnesiumpitoisuuden ohjearvoalue ylittyi myös sadonkorjuun lopussa. Kaikkien kasvualustojen rikki-, rauta-, boori- ja sinkkipitoisuuden ohjearvoalueet ylittyivät sadonkorjuun alussa, keskellä ja lopussa. Järviruokoalustan natriumpitoisuus laski koko sadonkorjuuajan, mutta se ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuuajan alussa, keskellä ja lopussa. Mosswool 33/33/33 ja sammal -mädätejäännös alustoilla natriumpitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa ja lopussa. Mosswool

50/50 alustalla natriumpitoisuus nousi koko sadonkorjuuajan ja se ylitti pysyvästi ohjearvoalueen sadonkorjuun puolivälissä. Järviruoko- ja sammal-mädätejäännösaloilla kasvualustan kloridipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa ja lopussa. Koejäsenillä 1, 3 ja 5 kasvualustan mangaanipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Koejäsenen 5 kasvualustan mangaanipitoisuus ylitti ohjearvoalueen myös sadonkorjuun puolivälissä ja koejäsenen 3 sadonkorjuun lopussa. Järviruokoalustan alumiinipitoisuus aleni sadonkorjuun edetessä, mutta alumiinipitoisuus ylitti ohjearvoalueen koko sadonkorjuun ajan.

Koejäsenen 2 kasvualustan nitraattityypipitoisuus alitti ohjearvoalueen sadonkorjuun puolivälissä. Koejäsenillä 2 ja 3 kasvualustassa oli fosforin ohjearvoalueen alittava pitoisuus sadonkorjuun puolivälissä. Koejäsenillä 3 ja 5 oli fosforin ohjearvoalueen alittava pitoisuus sadonkorjuun lopussa. Koejäsenillä 3 ja 5 kaliumpitoisuus alitti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa.

Koejäsenien 1, 2, 3, 5 ja 6 lehtien fosforipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa.

Järviruokoalustalla lehtien kalsiumpitoisuus alitti niukasti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa. Kaikkien koejäsenien lehtien magnesiumpitoisuus alitti ohjearvoalueen ainakin sadonkorjuun puolivälissä ja lopussa. Koejäsenien 1, 2, 3 ja 6 lehtien rautapitoisuus alitti ohjearvoalueen sadonkorjuun puolivälissä. Koejäsenen 5 lehtien rautapitoisuus alittui sadonkorjuun alussa. Koejäsenen 6 lehtien rautapitoisuuden ohjearvoalue alittui myös sadonkorjuun lopussa. Koejäsenen 6 lehtien kuparipitoisuus alitti ohjearvoalueen sadonkorjuun puolivälissä. Koejäsenten 4 ja 6 lehtien kuparipitoisuus alitti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa. Koejäsenten 1, 2, 5 ja 6 lehtien sinkkipitoisuus alitti ohjearvoalueen sadonkorjuun puolivälissä jo lopussa. Koejäsenen 4 lehtien sinkkipitoisuus alitti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa.

Koejäsentä 3 kasteltiin kokeen aikana runsaimmin ja koejäsentä 4 niukkimmin (Taulukko 4). Ylikasteluprosentti oli suurin (30 %) koejäsenellä 2 ja pienin (21 %) koejäsenellä 3. Tämän perusteella koejäsenen 3 kasvi käytti vettä eniten ja koejäsenen 2 vähiten. Kun kasvin veden käyttö suhteutettiin mittauspaikesta korjattuun kurkkusatoon, kasvin vedenkäyttötotehokkuus vaihteli 6,6 ja 7,5 litran välillä kurkkukiloa kohti. Koejäsenet 2 ja 6 tarvitsivat vettä satokiloa kohti vähiten 6,8 l/kg ja koejäsen 3 eniten 7,5 l/kg. Kurkkukasvi käytti kasteluvettä sadon tuottamiseen turpeesta ja sammalesta koostetuilla alustoilla hieman tehokkaammin kuin järviruokoalustalla.

**Taulukko 4.** Kasvialustakokeessa annettu kasteluliuksen määrä, ylikastelun määrä, ylikastelu-%, kasvin käyttämän kasteluliuksen määrä ja vedenkäyttötotehokkuus. Vedenkäyttötotehokkuus on määritetty jakamalla kasvin kasteluliuksen käyttö (l/kasvi) sen tuottaman kurkkusadon painolla (kg/kasvi). Mittaukset ovat yhdestä mittauspisteestä.

Koejäsen	Kasvialusta	Annettu kasteluliuos l/kasvi (suhdeluku)	Ylikastelu l/kasvi	Ylikastelu %	Kasvin veden käyttö l/kasvi (suhdeluku)	Kasvin veden käyttötotehokkuus l/kg
1	Grow Board Natural Control	303,5 (100)	72,7	25,4	230,8 (100)	6,8
2	Grow Board Natural Control puukuitu	268,1 (88)	74,6	30,0	193,5 (84)	6,6
3	Järviruoko	313,9 (103)	71,5	21,8	242,4 (105)	7,5
4	Mosswool 33/33/33	253,0 (83)	55,3	22,8	197,7 (86)	6,8
5	Mosswool 50/50	265,3 (87)	68,6	26,2	196,7 (85)	6,7
6	Sammal+mädätejäännös	279,1 (92)	73,3	25,7	205,8 (89)	6,6

### 2.1.3. Tulosten tarkastelu

Reedin (1996) mukaan kasvualustan korkea pH vaikeuttaa kasvin mikroravinteiden raudan, mangaanin, kuparin, sinkin ja boorin liukoisuutta. Vetenovetzin (1996) mukaan kasvualustan runsas kalium tai kalsium haittaavat kasvin magnesiumin ottoa ja runsas natrium kasvualustassa haittaa kasvin kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin ottoa. Kasvualustan runsas sinkki voi aiheuttaa kasvissa mangaanin ja raudan puutetta.

Mosswool -alustojen korkea pH tai kalsiumpitoisuus on voinut aiheuttaa lehtien alhaisen magnesiumpitoisuuden. Järviruoko- ja sammal-mädätejäännös-alustojen runsaat kalsium- ja natriumpitoisuudet ovat voineet aiheuttaa lehtien alhaisen magnesiumpitoisuuden.

Koejäsenillä 1, 2, 3 ja 6 kasvualustan pH pysyi paremmin tavoitetasolla (pH 5–6,5) kuin koejäsenillä 4 ja 5. Koejäsenet 4 ja 5 olisivat hyötäneet vielä runsaammasta typpihapon lisäyksestä emoliuossäiliöön. Suurin kurkkusato ja kurkkujen lukumäärä saatiin kasvuturvepitoisimmasta Grow Board Natural Control-kasvualustasta. Sen kurkkusato ja kurkkujen lukumäärä oli merkittävästi suurempi kuin järviruoko-, Mosswool 33/33/33-, Mosswool 50/50- ja sammal-mädätysjäännös-alustalta. Puukuitua sisältänyt Grow Board Natural Control- kasvualusta asettui satotasoltaan näiden ääripäiden väliin. Kasvualustalla ei ollut merkittävää vaikutusta 2 luokan, keveiden, käyrien ja muiden kurkun laatuluokkien satoon. Kasvualustalla ei ollut vaikutusta kurkun kasvuun tai kehitykseen. Kasvualustan pH säätely asetetuissa rajoissa onnistui parhaiten Grow Board- kasvualustoilla ja järviruoko- ja sammal-mädätejäännös-alustoilla. Mosswool-alustoilla kasvualustan pH pääsi nousemaan asetettujen rajojen yläpuolelle. Järviruoko- ja sammal-mädätejäännöskasvualustoja lannoitettiin tässä kokeessa kivivillan tapaan turvereseptiä runsaammalla kalsium- ja magnesiumpitoisuudella, mutta kasvualustojen korkeiden kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien perusteella turveresepti olisi voinut riittää myös näille alustoille.

## 2.2. Tomaatti

### 2.2.1. Aineisto ja menetelmät

**Taulukko 5.** Kasvualustakokeen koejäsenet, kasvualustan valmistaja, kasvualustakomponentit, kalkitus ja peruslannoitus.

Koejäsen	Kasvualusta	Valmistaja	Komponentit	Kalkitus/ Peruslannoitus
1	Grow Board Natural Control	Kekkilä-BVB	turve 75 %, tupasvilla-kuitu, sammal	kyllä/ei
2	Grow Board Natural Control puukuitu	Kekkilä-BVB	turve 65 %, tupasvilla-kuitu, puukuitu	kyllä/ei
3	Järviruoko	Kiteen mato ja multa	kompostoitu järviruoko	ei/ei
4	Mosswool 33/33/33	Novarbo	turve 33 %, sammal 33 %, puukuitu 33 %	kyllä/ei
5	Mosswool 50/50	Novarbo	sammal 50 %, puukuitu 50 %	kyllä/ei

Kasvualustat 1, 2, 4 ja 5 olivat levymäisiä, 100 cm pitkiä muoviin pakattuja kasvualustapaketteja. Grow Board -kasvualustat turpoavat kostutettaessa. Mosswool-kasvualustat oli valmistettu vaahtorainamalla. Niiden tilavuus ei juuri muuttunut alustoja kasteltaessa. Järviruokoa toimitettiin Piikkiöön 18 litran muovisukissa

Kasvualustoista otettiin kolme kasvualustanäytettä, joista mitattiin mm. kosteutta, tiheyttä, huokostilaa ja vesitilaa erilaisissa imupaineissa Luke Jokioisissa. Kasvualustoista otettiin myös näytteet, joista mitattiin alustojen pH, johtokyky, typpi- fosfori ja kaliumpitoisuutta Eurofins Agrossa. Tomaatin sadonkorjuun alussa, puolella välissä ja lopussa kasvualustoista otettiin puristenestenäytteet ja kasveista lehtinäytteet, jotka analysoitiin Hortilabissa. Näytteistä analysoitiin makro- ja mikroravinnepitoisuuksia.

Kokeessa käytetyt Encore-lajikkeen kaksilatvaiset, perusrungolliset kivivillapaakuissa kasvatetut tomaatintaimet tilattiin Oy Sigg-Plant Ab:sta. Koeosasto oli 150 neliömetrin suuruinen lasikattoinen ja kerroslevyseinäinen kasvihuoneosasto, jossa oli korkeapainesumutus ja varjos- tusverhot. Kasvualustat aseteltiin viljelykourujen päälle ja niitä kasteltiin ensin kasteluliuk- sella, joka koostettiin täysravinnestekastelulannoituksesta (Kekkilä Vihannes-Superex N 8, P 5, K 28, Mg 2,5), kalsiumnitraatista (Yara Tera Calcinit N 15,5, Ca 19), magnesiumsulfaatista (Yara Krista MgS Mg 9,6, S 13). Kasteluliuksen pH:n säätelyyn käytettiin typpihappoa, jota lisättiin täysravinneliuksen emosaaliin. Taimet asetettiin tasavälein kasvualustan päälle tehtyihin aukkoihin elokuun 8. päivänä 2022. Kuhunkin kasvualustaan istutettiin kolme tainta. Koeruu- tuun kuului yksi kasvualusta eli kolme tainta ja 6 latvaa. Istutustiheydeksi tuli 2,3 latvaa neliö- metrille. Joka taimelle asetettiin kaksi tippukastelusuutinta (1,0 l h<sup>-1</sup>) kivivillapaakun läpi kas- vualustaan. Kasvualustan kastelu- ja ylikastelumäärää mitattiin päivittäin yhdestä kasvualusta- paketista. Samasta kohdasta mitattiin kasvualustan kosteutta, johtokykyä ja lämpötilaa jatku- vatoimisilla Stevens Hydra Probe -antureilla. Anturi asetettiin taimipaakkujen väliin, puoleen väliin kasvualustan korkeudesta. Osastossa oli kolme lannoitusryhmää: kasvualustat 1 ja 2, 4 ja 5 sekä 3 kytkettiin samaan lannoitusryhmän. Kasvualustoja 1, 2, 4 ja 5 lannoitettiin tur- vealustalle suunnitellulla lannoitusohjelmalla ja kasvualustaa 3 lannoitettiin kivivillalle

suunnitellulla lannoitusohjelmalla. Hoitolannoitus koostettiin edellä mainituista lannoitteista. Samassa lannoitusryhmässä ravinneliuoksen johtokyky ja kasteluannos voitiin säätää kunkin kasvualustan tarpeen mukaan. Muutaman päivän kuluttua taimien istutuksesta kasvualustojen suojamuovit rei'itettiin liian kasteluliuoksen poistamiseksi. Kokeessa käytetty kastelujärjestelmä oli avoin. Kastelu- ja ylikasteluliuoksesta otettiin näytteet kahdesti viikossa ja niistä mitattiin liuoksen johtokyky, pH, nitraattityppi-, kalium- ja kalsiumpitoisuutta.

Tomaatin taimet tuettiin tuentalangan ja tuentaklipsien avulla ylätukilankaan, joka oli 3,3 m korkeudella. Tomaatti viljeltiin alaslaskumenetelmällä, jossa päävarren sivuversot poistetaan. Kasveja ei latvottu ennen kasvuston raivausta. Koeosastossa oli 400 W suurpainenatriumvalaisimia kasvien yläpuolella käytävillä (asennusteho  $235 \text{ W/m}^2$ ) ja joka toisella käytävällä Valoya B200 AP 67 LED-valaisimia välivalaisimina (asennusteho  $35 \text{ W/m}^2$ ). Tekovaloa annettiin elokuun 29. alkaen enintään  $16 \text{ h vrk}^{-1}$  ja maaliskuun 21. alkaen enintään  $12 \text{ h vrk}^{-1}$ . Osastossa tavoiteltiin 800 ppm hiilidioksidipitoisuutta lisäämällä hiilidioksidikaasua, kun tuuletusluukut olivat kiinni. Aivan kokeen alussa tomaattiterttuja tärjistettiin ja kasvien juurruttua ylätukilankoja lyötiin kepillä kukkien pölytyksen varmistamiseksi. Osastossa oli 30.8.2022 alkaen vähintään 1 kimalaisyhdyskunta pölyttämässä tomaatin kukkia.

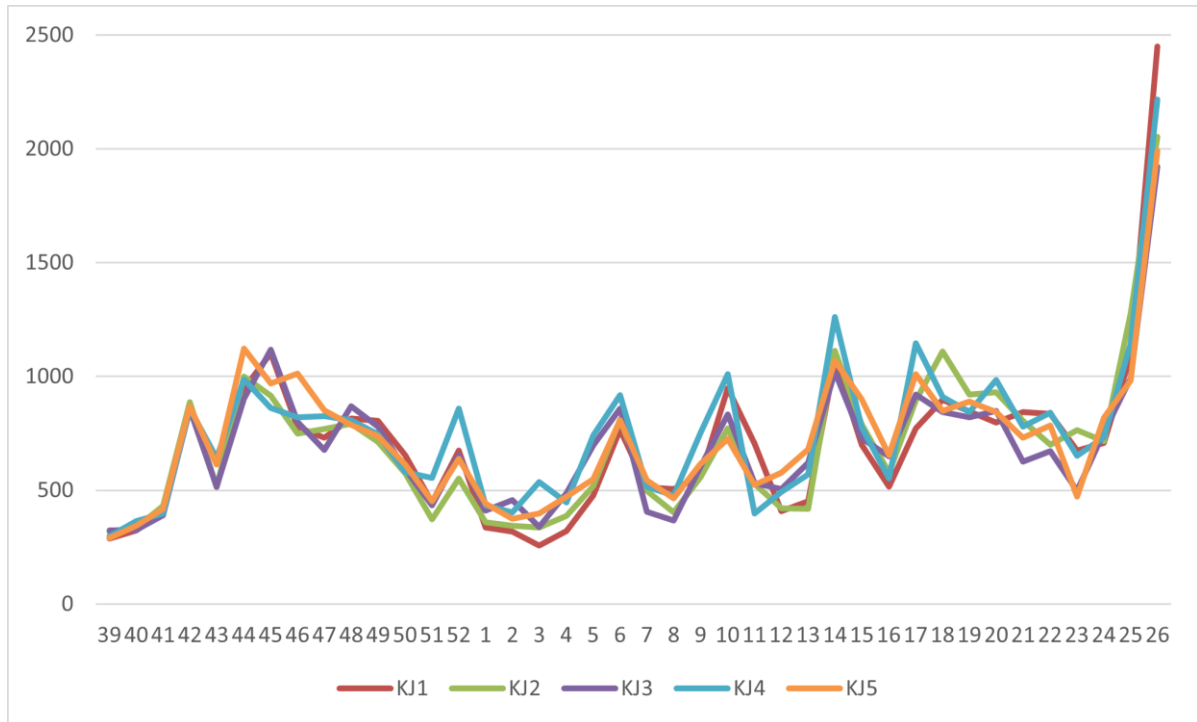
Satoa korjattiin kaksi tai kolme kertaa viikossa 26.9.2022 ja 26.6.2023 välisen ajan. Tomaatit lajiteltiin kahdeksaan eri laatuluokkaan: 1 luokka, 2 luokka, pienet, latvamätäiset, vihreät, epämuotoiset, haljenneet ja muut. 1 luokan tomaateista otettiin näytteet kuiva-ainepitoisuuden ja Brix-mittaukseen kerran kuukaudessa.

Kasvualustan vaikutusta kasvin kasvuun arvioitiin kasvuston raivauksen yhteydessä mittamalla koeruudun yhdestä taimen molempien varsien pituus, varren tuore- ja kuivapaino, varren lehtien määrä sekä lehtien tuore- ja kuivapaino. Kasvualustoista arvioitiin juurten tasaisuutta, määrää ja terveyttä.

Viljelykoe järjestettiin lohkokottain satunnaistettuna koeasetelmana. Lohkoja oli kuusi. Sadon määrä testattiin sekamallien avulla SAS 9.4 -ohjelmistolla. Vastemuuttujan normalisuus testattiin Shapiro-Wilk-testillä. Mallien jäännökset tarkastettiin ja havaittiin normaaliksi. Keskiarvoparien eroja vertailtiin Tukeyn HSD testillä. Tilastollisesti merkitsevän tuloksen raja oli  $p < 0,05$ .

### 2.2.2. Tulokset

Tomaatin sadonkorjuu alkoi samaan aikaan kaikissa kasvualustoissa, joten kasvualusta ei vaikuttanut sadon aikaisuuteen. Tomaatteja korjattiin viikossa keskimäärin 9–10 kpl eli 0,67–0,73 kg latvaa kohti (Kuva 1). 1 luokan tomaattien osuus oli 84–87 % koko sadon painosta. 1 luokan jälkeen suurin laatuluokka oli vihreät hedelmät, joita korjattiin 7–8 % koko sadon painosta. 2 luokan hedelmiä korjattiin 2–4 % koko sadon painosta. 2 luokkaan luokittelu johtui yleensä hedelmän pintavioista. Latvamätäisiä hedelmiä korjattiin 2 % koko sadon painosta. Haljenneita hedelmiä korjattiin 1 % koko sadon painosta.



**Kuva 2.** Kasvualustan vaikutus tomaatin viikkosatoon. Vaaka-asteikolla on kalenteriviikko ja pystyasteikolla yhden latvan koko sadon paino grammoina. Koejäsenet: 1 Growing board natural control, 2 Growing board natural control puukuitu, 3 Järviruoko, 4 Mosswool 33/33/33 ja 5 Mosswool 50/50.

Turvetta, sammalta ja puukuitua sisältävästä koejäsenestä 4 korjattiin keskimäärin suurin sato ja tomaattien lukumäärä (Taulukko 6). Koejäsenen 4 1 luokan sadon paino oli merkitsevästi suurempi kuin koejäsenten 1, 2 ja 3. Koejäsenen 4 tuotti myös merkitsevästi suuremman 1 luokan tomaattien lukumäärän kuin muut koejäsenet. Koejäsenen 4 tuotti merkitsevästi suuremman kaikkien tomaattien lukumäärän kuin koejäsenet 1, 2 ja 5. Koejäsenen 4 1 luokan hedelmän keskipaino ei eronnut merkitsevästi muitten kasvualustojen keskipainoista.

Sammalta ja puukuitua sisältävän koejäsenen 5 1 luokan ja koko sadon paino olivat 4 % pienempiä kuin koejäsenen 4, mutta 1 luokan sadon ja koko sadon painon suhteen ero ei ollut merkitsevä. Koejäsenen 5 tuotti 8 % vähemmän 1 luokan hedelmiä ja 7 % vähemmän kaikkia hedelmiä kuin koejäsenen 4 ja ero oli merkitsevä. Koejäsenen 5 1 luokan hedelmän keskipaino oli merkitsevästi suurempi kuin koejäsenen 3.

Turvepitoisimmasta koejäsenestä 1 korjattiin keskimäärin 9 % pienempi 1 luokan sato ja 7 % pienempi koko sato kuin koejäsenestä 4. Koejäsenen 1 1 luokan tomaattien lukumäärä oli keskimäärin 13 % pienempi ja kaikkien tomaattien lukumäärä 10 % pienempi kuin koejäsenen 4. Koejäsenen 1 1 luokan hedelmien keskipaino oli merkitsevästi suurempi kuin koejäsenen 3.

Turvetta ja puukuitua sisältävästä koejäsenestä 2 korjattiin keskimäärin 9 % pienempi 1 luokan sato ja 7 % pienempi koko sato kuin koejäsenestä 4. Koejäsenen 2 1 luokan tomaattien lukumäärä oli keskimäärin 13 % pienempi ja kaikkien tomaattien lukumäärä 9 % pienempi kuin koejäsenen 4. Koejäsenen 2 1 luokan hedelmien keskipaino oli merkitsevästi suurempi kuin koejäsenellä 3.

Järviruokoalustasta korjattiin keskimäärin 10 % pienempi 1 luokan sato ja 8 % pienempi koko sato kuin koejäsenestä 4. Järviruokoalusta tuotti keskimäärin 6 % vähemmän 1 luokan tomaatteja kuin koejäsen 4 ja ero oli merkitsevää. Järviruokoalustan tuotti tomaatteja keskimäärin 3 % vähemmän kuin koejäsen 4, mutta ero ei ollut merkitsevää. Järviruokoalustan 1 luokan hedelmän keskipaino oli merkitsevästi pienempi kuin koejäsenillä 1, 2 ja 5. Järviruokoalustan sato ei eronnut merkitsevästi Grow board-levyistä ja Mosswool 50/50-levystä. Suurimmat tomaatin kappalemäärän tuottaneet koejäsenet 3 ja 4 tuottivat kevyimmät 1 luokan tomaatin keskipainot. Kasvualustalla ei ollut merkitsevää vaikutusta 2 luokan, pienien, latvamätäisten, vihreiden, epämuotoisten, haljenneiden ja muiden laatuluokkien satoon.

**Taulukko 6.** Kasvualustan vaikutus tomaatin latvan 1 luokan sadon painoon, koko sadon painoon, 1 luokan tomaattien lukumäärään, kaikkien tomaattien lukumäärään ja 1 luokan tomaatin keskipainoon. Samassa sarakkeessa samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,05$ ).

Koejäsen	Kasvualusta	1 luokan sato kg/latva (suhdeluku)	Koko sato kg/latva (suhdeluku)	1 luokan tomaattien lukumäärä kpl/latva (suhdeluku)	Kaikkien tomaattien lukumäärä kpl/latva (suhdeluku)	1 luokan tomaattien keskipaino g/kpl (suhdeluku)
1	Grow Board Natural Control	23,8 (100) a	28,2 (100) a	272 (100) a	352 (100) a	88 (100) b
2	Grow Board Natural Control puukuitu	23,7 (100) a	27,9 (99) a	267 (98) a	354 (101) a	89 (101) b
3	Järviruoko	23,6 (99) a	27,7 (98) a	289 (106) a	374 (107) bc	82 (93) a
4	Mosswool 33/33/33	26,1 (109) b	30,1 (107) a	308 (113) b	388 (110) c	85 (97) ab
5	Mosswool 50/50	25,0 (105) ab	28,9 (102) a	283 (104) a	361 (103) ab	88 (101) b

Tomaatin varsien pituus raivattaessa oli keskimäärin pisin koejäsenellä 1 ja lyhin koejäsenellä 5 (Taulukko 7). Pituusero oli enintään 4 %, eivätkä erot pituudessa olleet merkitseviä. Varsien ja lehtien kuivapaino raivattaessa oli keskimäärin suurin koejäsenellä 2 ja pienin koejäsenellä 5. Kuivapainoero oli enintään 2 %, eivätkä erot kuivapainossa olleet merkitseviä. Lehtien lukumäärä raivattaessa oli keskimäärin suurin koejäsenillä 3 ja 5 ja pienin koejäsenellä 4. Lehtien lukumäärien ero oli enintään 1 %, eivätkä erot olleet merkitseviä. Terttujen lukumäärä raivattaessa oli keskimäärin suurin koejäsenellä 1 ja pienin koejäsenillä 3, 4 ja 5. Lukumäärien ero oli enintään 2 %, eivätkä erot olleet merkitseviä.

Kasvualusta ei vaikuttanut merkitsevästi tomaatin kasvuun. Kasvualustoilla oli sadontuotossa suhteellisesti suuremmat keskinäiset erot kuin vegetatiivisessa kasvussa.

**Taulukko 7.** Kasvualustan vaikutus tomaattikasvin molempien varsien pituuteen, lehtien ja varsien kuivapainoon, lehtien lukumäärään ja terttujen lukumäärään. Samassa sarakkeessa samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,05$ ).

Koejäsen	Kasvualusta	Varsien pituus cm (suhdeluku)	Lehtien ja varsien kuivapaino g (suhdeluku)	Lehtien lukumäärä kpl (suhdeluku)	Terttujen lukumäärä kpl (suhdeluku)
1	Grow Board Natural Control	2 431 (100) a	780,0 (100) a	303 (100) a	96 (100) a
2	Grow Board Natural Control puukuitu	2 375 (98) a	793,1(102) a	301 (99) a	95 (99) a
3	Järviruoko	2 366 (97) a	784,2 (101) a	304 (100) a	94 (98) a
4	Mosswool 33/33/33	2 412 (99) a	784,5 (101) a	300 (99) a	94 (98) a
5	Mosswool 50/50	2 338 (96) a	781,5 (100) a	304 (100) a	94 (98) a

Kasvualustan puristenesteanalyysien mukaan turvereseptillä lannoitetuilla koejäsenillä 1 ja 2 oli ohjearvoalueen (Hortilab 1999) ylittävä kasvualustan johtokyky sadonkorjuun alussa ja lopussa, koejäsenillä 4 ja 5 sadonkorjuun alussa ja koejäsenellä 5 vielä sadonkorjuun puolivälissä. Kivivillareseptillä lannoitettu koejäsenen 3 kasvualustan johtokyky ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa, puolivälissä ja lopussa. Koejäsenellä 5 kasvualustan pH oli ohjearvoalueen yläpuolella sadonkorjuun alussa ja koejäsenellä 4 sadonkorjuun puolivälissä. Kasvu-alustan ylikasteluliuksenkin pH oli sitä korkeampi, mitä suurempi oli alustan puukuitupitoisuus.

Kaikilla koejäsenillä kasvualustan nitraattityypipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Koejäsenillä 2, 3, 4 ja 5 alustan nitraattityypipitoisuus ylitti ohjearvoalueen myös sadonkorjuun puolivälissä. Koejäsenillä 2, 3, ja 4 alustan nitraattityypipitoisuus ylitti ohjearvoalueen vielä sadonkorjuun lopussa.

Koejäsenillä 1, 2 ja 4 kasvualustan fosforipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Koejäsenellä 5 alustan fosforipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun puolivälissä. Kaikilla koejäsenillä alustan fosforipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa.

Kaikilla koejäsenillä kasvualustan kaliumpitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Koejäsenillä 3 ja 5 alustan kaliumpitoisuus ylitti ohjearvoalueen vielä sadonkorjuun puolivälissä.

Kaikilla koejäsenillä kasvualustan kalsiumpitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Koejäsenellä 5 alustan kalsiumpitoisuus ylitti ohjearvoalueen myös sadonkorjuun puolivälissä.

Koejäsenillä 1 ja 2 kasvualustan magnesiumipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa ja lopussa. Koejäsenillä 3, 4 ja 5 alustan magnesiumipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa, puolivälissä ja lopussa.

Koejäsenillä 1, 2 ja 4 kasvualustan rikkipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Koejäsenillä 1, 3 ja 4 kasvualustan rikkipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa. Koejäsenellä 1 kasvualustan rautapitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa,

puolivälissä ja lopussa. Koejäsenillä 2 ja 4 kasvualustan rautapitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa ja koejäsenellä 3 kasvualustan rautapitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa. Koejäsenillä 1, 2, 4 ja 5 kasvualustan booripitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa, puolivälissä ja lopussa. Koejäsenellä 3 kasvualustan booripitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun puolivälissä ja lopussa. Kaikilla koejäsenillä kasvualustan kuparipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun puolivälissä ja lopussa. Koejäsenen 4 kuparipitoisuus ylitti ohjearvoalueen jo sadonkorjuun alussa. Koejäsenillä 1, 4 ja 5 kasvualustan mangaanipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Kaikilla koejäsenillä kasvualustan sinkkipitoisuus nousi ohjearvoalueen yläpuolelle sadonkorjuun puolivälissä. Koejäsenillä 1, 2, 3 ja 4 kasvualustan sinkkipitoisuus ylitti ohjearvoalueen jo sadonkorjuun alussa. Vain koejäsenellä 3 sinkkipitoisuus ylitti ohjearvoalueen vielä sadonkorjuun lopussa. Kaikkien koejäsenten kasvualustan natriumpitoisuus nousi ohjearvoalueen yläpuolelle sadonkorjuun alussa. Koejäsenen 1 ja 2 natriumpitoisuus ylitti ohjearvoalueen myös sadonkorjuun lopussa. Koejäsenen 3 natriumpitoisuus jatkui sadonkorjuun puolivälissä ja lopussa. Järviruokoalustan alumiinipitoisuus ylitti ohjearvoalueen koko sadonkorjuun alussa ja puolivälissä.

Kaikkien koejäsenien kasvualustojen rikkipitoisuus laski ohjearvoalueen alapuolelle sadonkorjuun puolivälissä. Koejäsenien 1 ja 2 kasvualustan mangaanipitoisuus laski ohjearvoalueen alapuolelle sadonkorjuun puolivälissä. Koejäsenen 5 kasvualustan mangaanipitoisuus laski ohjearvoalueen alapuolelle sadonkorjuun lopussa.

Koejäsenen 4 lehtien kaliumpitoisuus nousi ohjearvoalueen yläpuolelle sadonkorjuun lopussa. Koejäsenten 1, 3 ja 5 lehtien kalsiumpitoisuus nousi ohjearvoalueen yläpuolelle sadonkorjuun lopussa. Kaikkien koejäsenten lehtien rikkipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Koejäsenten 1, 2, 3 ja 5 lehtien rikkipitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa. Kaikkien koejäsenten lehtien rautapitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun alussa. Koejäsenen 5 lehtien rautapitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa. Koejäsenten 3 ja 5 lehtien booripitoisuus ylitti ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa.

Koejäsenien 2, 3, 4 ja 5 lehtien fosforipitoisuus laski alle ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa. Koejäsenten 1 ja 4 lehtien sinkkipitoisuus laski alle ohjearvoalueen sadonkorjuun puolivälissä. Koejäsenten 2, 4 ja 5 lehtien sinkkipitoisuus laski alle ohjearvoalueen sadonkorjuun lopussa.

Koejäsenillä 1 ja 2 kasvualustan pH pysyi paremmin tavoitetasolla kuin koejäsenillä 3, 4 ja 5. Koejäsenet 3 ja 5 olisivat hyötäneet runsaammasta typpihapon lisäyksestä sadonkorjuun alusta asti.

Koejäsentä 2 kasteltiin kokeen aikana runsaimmin ja koejäsentä 4 niukkimmin (Taulukko 8). Ylikasteluprosentti oli suurin (22,7 %) koejäsenellä 1 ja pienin (16,4 %) koejäsenellä 2. Tämän perusteella koejäsenen 2 kasvi käytti vettä eniten ja koejäsenen 4 vähiten. Kun kasvin veden käyttö suhteutettiin mittauspaikasta korjattuun kurkkusatoon, kasvin vedenkäyttötehokkuus vaihteli 13,9 ja 21,5 litran välillä kurkkukiloa kohti. Koejäsen 4 tarvitsi vettä tomaattikiloa kohti vähiten 13,9 l/kg ja koejäsen 2 eniten 21,5 l/kg. Mosswool-alustalla kasvin veden käyttö oli keskimäärin hiukan tehokkaampaa kuin Grow Board- tai järviruokoalustoilla.

**Taulukko 8.** Kasvualustakokeessa annettu kasteluliuksen määrä, ylikastelun määrä, ylikastelu-%, kasvin käyttämän kasteluliuksen määrä ja vedenkäyttötehokkuus. Vedenkäyttötehokkuus on määritetty jakamalla kasvin kasteluliuksen käyttö (l/kasvi) sen tuottaman tomaattisadon painolla (kg/latva). Mittaukset ovat yhdestä mittauspisteestä.

Koejäsien	Kasvualusta	Annettu kasteluliuos l/kasvi (suhdeluku)	Ylikastelu l/kasvi	Ylikastelu %	Kasvin vedenkäyttö l/kasvi (suhdeluku)	Kasvin vedenkäyttötehokkuus l/kg
1	Grow Board Natural Control	1 199 (100)	267	22,7	932	16,4
2	Grow Board Natural Control puukuitu	1 489 (124)	240	16,6	1 249	21,5
3	Järviruoko	1 353 (113)	299	22,0	1 054	17,6
4	Mosswool 33/33/33	1 145 (95)	254	22,3	891	13,9
5	Mosswool 50/50	1 201 (100)	264	21,9	937	15,3

### 2.2.3. Tulosten tarkastelu

Reedin (1996) mukaan kasvualustan korkea pH vaikeuttaa mikroravinteiden raudan, mangaanin, kuparin, sinkin ja boorin liukoisuutta. Vetenovetzin (1996) mukaan alustan runsas fosforipitoisuus voi estää kasvin raudan, sinkin ja kuparin ottoa tai alustan runsas kuparipitoisuus voi estää kasvin mangaanin, raudan tai sinkin ottoa.

Koejäsenten 2, 3, 4 ja 5 lehtien alhaisen fosforipitoisuuden on voinut aiheuttaa kasvualustan korkea pH tai kalsiumpitoisuus. Kasvualustoissa oli samaan aikaan runsaasti fosforia. Koejäsenten 1, 2, 4 ja 5 alustan korkea kuparipitoisuus on voinut aiheuttaa lehtien alhaisen sinkkipitoisuuden.

Keskimäärin suurin tomaattisato ja hedelmien lukumäärä saatiin kasvuturpeesta, sammalesta ja puukuidusta koostetusta Mosswool 33/33/33-kasvualustasta. Sen 1 luokan sato oli merkittävästi suurempi kuin Grow board-alustoilla ja järviruokoalustalla. Puukuitua ja sammalta sisältänyt Mosswool 50/50 asettui satotasoltaan näiden ääripäiden väliin. Kasvualustalla ei ollut merkittävää vaikutusta muiden tomaatin laatuluokkien satoon ja tomaatin kokonaissatoon. Kasvualustalla ei ollut merkittävää vaikutusta kurkun kasvuun tai kehitykseen. Kasvualustan pH säätely onnistui parhaiten Grow board -kasvualustoilla. Järviruokoalusta olisi hyötynyt typpihapon runsaammasta lisäyksestä sadonkorjuun alusta asti. Mosswool-alustoilla kasvualustan pH nousi ajoittain asetettujen rajojen yläpuolelle. Järviruokokasvualustaa lannoitettiin tässä kokeessa kivivillan tapaan turvereseptiä runsaammalla kalsium- ja magnesiumpitoisuudella, mutta lehtien korkean kalsiumpitoisuuden ja kasvualustan korkeiden kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien perusteella turveresepti olisi saattanut riittää myös tälle alustoille.

## 2.3. Ruukkusalaatti

### 2.3.1. Aineisto ja menetelmät

**Taulukko 9.** Kasvualustakokeen koejäsenet, kasvualustan valmistaja, kasvualustakomponentit, kalkitus ja peruslannoitus.

Koejäsen	Kasvualusta	Valmistaja	Komponentit	Kalkitus/ Peruslannoitus
1	Airboost Traymix	Kekkilä-BVB	turve, sammal	kyllä/kyllä
2	Ecoboost Traymix	Kekkilä-BVB	turve, puukuitu	kyllä/kyllä
3	Järviruoko	Kiteen mato ja multa	kompostoitu järviruoko	ei/ei
4	Salaattikoealusta 1	Novarbo	turve 33 %, sammal 33 %, puukuitu 33 %	kyllä/kyllä
5	Salaattikoealusta 2	Novarbo	sammal 50 %, puukuitu 50 %	kyllä/kyllä

Ellepot-paakkuun ja salaattiruokkuun mahtuu kasvualustaa vajaa 0,1 litraa kasvia kohti. Kasvualustojen soveltuvuutta koneelliseen paakutukseen testattiin Ellepot-laitteistolla Oksasen Puutarhalla. Vain kasvualustat 1 ja 2 soveltuivat sellaisenaan Ellepot-paakutukseen. Kasvualusta 3 oli liian märkää, joten sitä ei yritetty ajaa paakutuskoneella. Laitteistolla yritettiin paakuttaa kasvualustoja 4 ja 5, mutta kasvualustalla täytetyn paperisylinterin paloittelu ei onnistunut siististi paakutuskoneen sahan terällä. Paakut saattoivat jäädä vajaatäyttöisiksi. Järviruoko-alustasta testattiin Pythium-taudinaiheuttajasienen esiintymistä kurkku-testikasveilla Luke Piikkiössä. Kurkun taimilla ei havaittu sienitaudin oireita.

Kasvualustat 1 ja 2 pakattiin Ellepot-laitteistolla paakkuihin ja kasvualustat 3–5 käsin salaattiruokkuun (Vefi PR 306). Danstar-jääsalaattia kylvettiin 10.10.2023 10 kennoa (a' 52 ruukkua) kutakin kasvualustaa. Yksi pilleröity siemen sijoitettiin kunkin ruukun pintaan. Kylvön yhteydessä alustat kasteltiin Gliomix-valmisteella. Kennot vietiin pimeään idätyskammioon kahdeksi vuorokaudeksi. Idätyskammioista kennot nostettiin taimikasvatuslinjalle. Taimia valotettiin suurpainenatrium- ja LED-valaisimien yhdistelmällä enintään 18 tuntia vuorokaudessa. Taimikasvatuksen aikana kennoja kasteltiin kastelurampilla verrannealustan kastelutarpeen mukaan. Kasteluliuos koostui täysravinnelannoitteesta (Kekkilä Viljelmäkohtainen Superex N 10, P 3, K 30, Mg 1,7) ja kalsiumnitraatista. Kasvihuoneessa ei käytetty hiilidioksidilannoitusta. Taimikasvatuksen lopussa laskettiin siihen mennessä taimettuneiden taimien määrä. Puolet kennoista jäi Oksasen puutarhalle ja puolet vietiin Luke Piikkiöön. Piikkiöön viedyistä taimikennoista otettiin 5 taimen otos ja niistä mitattiin maanpäällinen tuorepaino ja kuivapaino. Kasvualustoista otettiin puristenestenäytteet. Niistä mitattiin pH, johtokyky, nitraattityppi, kalium ja kalsium.

Taimet siirrettiin 31.10.2023 viljelytason viljelykouruihin, jotka oli jaettu kolmeen erilliseen suljettuun kastelujärjestelmään. Yhteen viljelykouruun siirrettiin 34 kasvia, joissa oli sama kasvualusta. Viljelytasolla viljelykourussa oli 2 % kallistus kourun päiden välissä. Saman kasvualustavalmistajan kasvualustat yhdistettiin samaan suljettuun kastelujärjestelmään. Kasveja valotettiin suurpainenatriumvalaisimilla enintään 18 h vrk<sup>-1</sup>. Osastossa tavoiteltiin hiilidioksidilannoituksen avulla 1 000 ppm hiilidioksidipitoisuutta, kun luukut olivat kiinni. Kouruun lisättiin

kasteluliuosta 15 minuutin ajan tunnissa tekovalojakson aikana ja 15 minuutin ajan 2 tunnissa pimeään jakson aikana. Kasteluliuos koottiin täysravinnelannoitteesta (Kekkilä Vihannes-Supere N 8, P 5, K 28, Mg 2,5), kalsiumnitraatista (Yara Tera Calcinit N 15,5, Ca 19) ja magnesiumsulfaatista (Yara Krista MgS Mg 9,6, S 13). Lannoitteiden välinen suhde oli kasteluliuoksessa 69/28/3 (koejäsenet 1, 2, 4 ja 5) tai 67/30/3 (koejäsen 3). Hoitolannoituksen kalsiumpitoisuudet olivat 107 (koejäsenet 1, 2, 4 ja 5) tai 123 mg/l (koejäsen 3) ja magnesiumpitoisuudet 37 ja 38 mg/l. Liuoksen pH säätelyyn käytettiin typpihappoa. Kasteluliuoksen johtokykytaavoite oli 2,1 mS cm<sup>-1</sup>(koejäsenet 1, 2, 4 ja 5) tai 2,2 mS cm<sup>-1</sup> (koejäsen 3). Jääsalaatin sadonkorjuuajan kohtaa ennustettiin ottamalla viikon välein neljän kasvin näyte. Salaatin maanpäällinen osan tuorepainotavoitteena oli 120 g, jolloin kasvista voi vielä poistaa huonokuntoisia lehtiä kaupakunnostuksessa ja minimituorepaino 100 g vielä täyttyä. Viljelykoe lopetettiin, kun kaikkien kasvialustojen kasvit olivat saavuttaneet kaupakelpoisuuden painorajan. Kasvista mitattiin maanpäällinen tuorepaino ja kaupakunnostettu tuorepaino. Kaupakunnostetuista salasteista mitattiin ravinnepitoisuuksia ja nitraattipitoisuutta ja kasvialustoista otettiin puristenes-tenäytteet, joista analysoitiin pH, johtokyky ja ravinnepitoisuuksia Oy Hortilab Ab:ssa.

Viljelykoe järjestettiin osaruutukokeena, tarkemmin strip-plot-asetelmana. Kourun osa oli kiinnitetty eli sitä ei voitu satunnaistaa. Viljelytason viisi vierekkäistä kourua muodosti lohkon ja lohkoja oli viisi. Sadon määrä testattiin sekamallien avulla SAS 9.4 -ohjelmistolla. Vaste-  
muuttujan normaalisuus testattiin Shapiro-Wilk-testillä. Mallien jäännökset tarkastettiin ja ha-  
vaittiin normaaliksi. Keskiarvoparien eroja vertailtiin Tukeyn HSD testillä. Tilastollisesti mer-  
kitsevän tuloksen raja oli p <0,05.

### 2.3.2. Taimikasvatustulokset

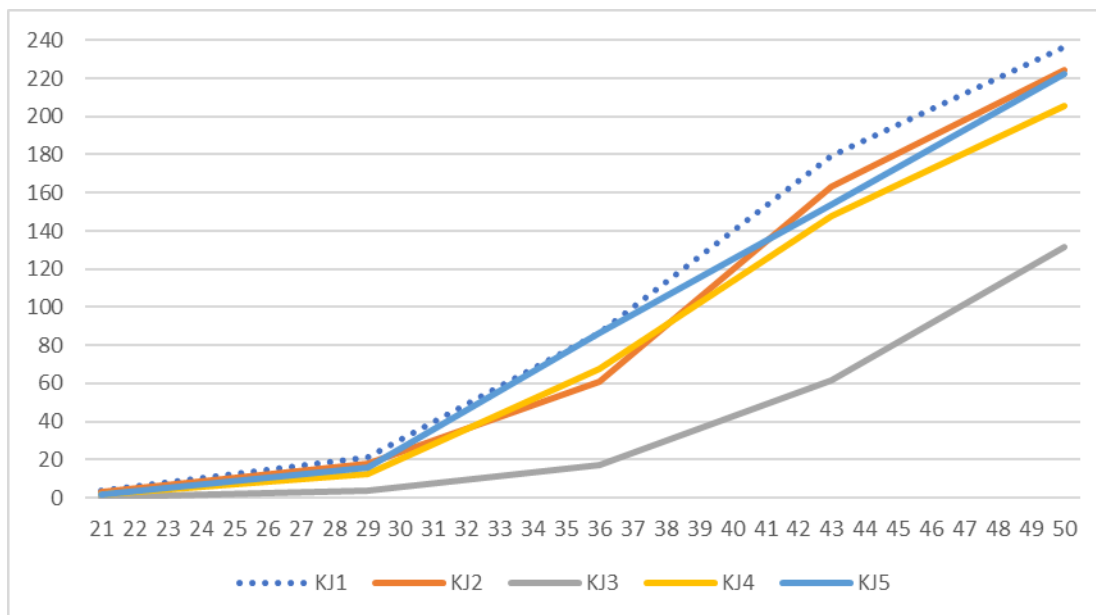
**Taulukko 10.** Kasvialustan vaikutus jääsalaatin siementen taimettumiseen, taimen maanpääl-  
liseen tuorepainoon, kuiva-ainepitoisuuteen ja kuivapainoon taimikasvatusjakson lopussa.

Koejäsen	Taimettuminen %	Tuorepaino (suhdeluku) g	Kuiva-ainepitoisuus %	Kuivapaino (suhdeluku) g
1	99	3,47 (100)	6,0	0,21 (100)
2	99	2,88 (83)	5,9	0,17 (81)
3	98	0,24 (7)	12,3	0,03 (14)
4	100	1,80 (52)	8,1	0,14 (65)
5	98	1,84 (53)	7,8	0,14 (68)

Kasvialustalla ei ollut juuri vaikutusta jääsalaatin siementen taimettumiseen, mutta alustan vaikutus taimien kasvuun oli suuri (Taulukko 10). Paakutetuilla kasvialustoilla (koejäsenet 1 ja 2) saavutettiin taimikasvatuksessa keskimäärin suurempi tuorepaino kuin ruukutetuilla kasvu-  
alustoilla (koejäsenet 3–5). Ruukutettujen alustojen taimien kuiva-ainepitoisuus oli keskimää-  
rin korkeampi kuin paakutettujen alustojen taimien, joten taimien suhteelliset kuivapainoerot  
olivat pienemmät. Taimikasvatuksen päättyessä kasvialustan 1 taimien tuorepaino oli keski-  
määrin suurin ja kasvialustalla 3 tuorepaino oli keskimäärin pienin.

Turpeettomissa kasvialustoissa 3 ja 5 oli taimikasvatuksen lopussa kasvialustassa muita  
alempi johtokyky, ohjearvoalueen (Hortilab 1999) yläpuolella oleva pH ja ohjearvoalueen ala-  
puolella oleva kalsiumpitoisuus. Ruukutetuissa kasvialustoissa taimen paino oli keskimäärin  
pienempi kuin paakutetuissa kasvialustoissa.

### 2.3.3. Viljelytulokset



**Kuva 3.** Kasvualustan vaikutus jääsalaatin maanpäällisen tuorepainoon (g/kpl) kouruviljelyn aikana. Vaaka-asteikolla on aika kylvöstä (vrk). Tavoitepaino on 120 g. Koejäsenet: 1 Airboost Traymix, 2 Ecoboost Traymix, 3 Järviruoko, 4 Salaattikoealusta 1 ja 5 Salaattikoealusta 2.

**Taulukko 11.** Kasvualustan vaikutus jääsalaatin maanpäälliseen tuorepainoon, kauppakunnostettuun tuorepainoon ja nitraattipitoisuuteen. Saman sarakkeen samalla kirjaimella merkityt luvut eivät eroa merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,05$ ).

Koejäsen	Tuorepaino (suhdeluku) g	Kauppakunnostettu tuorepaino (suhdeluku) g	Jääsalaatin nitraattipitoisuus mg kg tuorepainoa kohti
1	246,2 (100) c	209,9 (100) c	3 400
2	238,1 (97) bc	206,3 (98) bc	3 400
3	140,1 (57) a	122,9 (59) a	4 800
4	224,0 (91) bc	189,1 (91) bc	3 300
5	216,2 (88) b	183,6 (87) b	3 300

Jääsalaatit saavuttivat kauppakelpoisuuden keskimäärin nopeimmin koejäsenellä 1 (38 vrk kylvöstä) ja hitaimmin koejäsenellä 3 (49 vrk kylvöstä) (Kuva 3). Kasvin maanpäällinen kokonaistuorepaino ja kauppakunnostettu sato olivat keskimäärin suurimmat koejäsenellä 1 ja ne olivat merkitsevästi suuremmat kuin turpeettomien koejäsenten 3 ja 5 (Taulukko 11). Kasvin maanpäällinen kokonaistuorepaino ja kauppakunnostettu sato olivat keskimäärin pienimmät koejäsenellä 3 ja ne olivat merkitsevästi pienempiä kuin muilla kasvualustoilla. Salaateilla ei havaittu lehdenreunapoltetta.

Kaikkien kasvualustojen puristenestenäytteissä oli kokeen lopussa ohjearvoalueen ylittävä pH (Hortilab 1999). Kaikkien kasvualustojen puristenestenäytteessä oli ohjearvoalueen ylittävä pitoisuus kalsiumia. Koejäsenen 3 puristenestenäytteessä oli myös ohjearvoalueen ylittävä määrä magnesiumia ja natriumia. Kaikilla kasvualustoilla oli ohjearvoalueen alittava pitoisuus nitraattityppeä. Koejäsenten 1, 2, 4 ja 5 puristenestenäytteissä oli ohjearvoalueen alittava kaliumipitoisuus.

Koejäsenen 3 lehtinäytteessä oli ohjearvoalueen ylittävä kaliumpitoisuus. Kaikilla kasvualustoilla oli lehdissä ohjearvoalueen alittava pitoisuus kalsiumia. Koejäsenen 3 lehtinäytteen lehden magnesiumpitoisuus alitti ohjearvoalueen. Kaikilla koejäsenillä oli ohjearvoalueen alittava booripitoisuus. Koejäsenillä 1, 2 ja 4 oli ohjearvoalueen alittava lehden rautapitoisuus. Koejäsenellä 5 oli ohjearvoalueen alittavat lehden rauta-, kupari- ja sinkkipitoisuudet.

Talviaikaan suurin sallittu salaatin nitraattipitoisuus on 5 000 mg tuorekiloa kohti. Kauppakunnotetusta sadosta mitattu nitraattipitoisuus oli kaikilla kasvualustoilla alle 5000 mg tuorekiloa kohti (Taulukko 11). Nitraattipitoisuus oli keskimäärin korkein koejäsenellä 3 ja alin koejäsenellä 4 ja 5. Koejäsenen 3 suljetussa kastelujärjestelmässä oli puolet vähemmän kasveja kuin muissa kastelujärjestelmissä, joten kasveilla oli myös mahdollisuus ottaa runsaammin nitraattityppeä kasteluliuksesta.

Kaikkien koejäsenten alustoissa oli runsaasti kalsiumia, mutta sitä ei kulkeutunut riittävästi kasvin lehtiin. Koejäsenen 3 hoitolannoituksessa oli runsaasti magnesiumia, mutta sitä ei kulkeutunut riittävästi lehtiin.

#### **2.3.4. Tulosten tarkastelu**

Reedin (1996) mukaan kasvualustan pH ollessa korkea (yli 6,5–7,0), mikroravinteista raudan, mangaanin, sinkin, kuparin ja boorin liukoisuus vähenee. Kasvin on vaikea ottaa niitä, vaikka niitä olisi alustassa runsaasti saatavilla. Vetenovetzin (1996) mukaan kasvualustan runsas kalsium voi vaikeuttaa kasvin magnesiumin ja boorin ottoa.

Airboost Traymix -alustan taimet olivat painavimpia taimikasvatuksen päätteeksi ja kasvit ylittivät ensimmäisenä myös kauppakelpoisuusrajan. Kaikkien puukuitua sisältävien kasvualustojen (Ecoboost Traymix, Salaattikoealusta 1 ja 2) kasvit kasvoivat kauppakelpoisiksi lähes samaan tahtiin. Järviruokoalustan taimet olivat pienimpiä taimikasvatuksen jälkeen eivätkä kasvit tavoittaneet muitten kasvutulosta kouruviljelyjakson aikana. Tulos korostaa alustan perustalannoituksen ja taimikasvatuksen aikaisen riittävän kastelun merkitystä. Päältä päin tapahtuva taimivaiheen kastelu pitäisi sovittaa kasvualustan vedenpidätysominaisuuksien mukaan.

Järviruokoalustan hoitolannoitus kivivillalle tarkoitetulla salaattireseptillä vaikutti toimivalta ratkaisulta, mutta kasvualustan puristenesteen korkeat kalsium- ja magnesiumpitoisuudet viittaavat siihen, että salaatin hoitolannoitukseen voisi riittää turvekasvualustalle tarkoitettu hieman pienempi kalsium- ja magnesiumpitoisuus.

## **2.4. Pelargoni**

### **2.4.1. Aineisto ja menetelmät**

Pelargonikasvualustojen koe tehtiin sekä Huiskula Oy:ssä, että Luonnonvarakeskus Piikkiön koetoiminta-asemalla samanaikaisesti keväällä 2023. Kaikki koekasvualustat toimitettiin Huiskulaan. Kasvualustoista otettiin näytteet, joista analysoitiin CEN-paino, kuiva-ainepitoisuus, pH, johtokyky ja pääravinteet Luke Jokioisilla. Koejäsenet ja kasvualustakomponentit on kuvailtu taulukossa 12.

Pelargonien tavoitteena oli valmistua äitienpäiväksi (vko 19).

**Taulukko 12.** Kasvualustakokeen koejäsenet, kasvualustan valmistajat, kasvualustakomponentit, kalkitus ja peruslannoitus.

Koejäsen	Kasvualusta	Valmistaja	Komponentit	Kalkitus/peruslannoitus
1	Turve+hiekka	Huiskula	Turve, hiekka	kyllä/kyllä
2	Ecoboost Ruukutus W	Kekkilä-BVB	Turve 55 %, sammal, puukuitu, hiekka	kyllä/kyllä
3	Ruukutus Flow W	Kekkilä-BVB	Turve 70 %, puukuitu, hiekka	kyllä/kyllä
4	Järviruoko	Kiteen mato ja multa	Kompostoitua järviruoko	kyllä/ei
5	Kesäkukkaseos	Novarbo	Turve 60 %, puukuitu, sammal, hiekka	kyllä/kyllä
6	Sammal+mädätejäännös	Luke	Sammal 75 %, mädätejäännös 25 %	kyllä/kyllä

Huiskulan, Kekkilä-BVB:n ja Novarbon kasvualustat oli kaikki peruslannoitettu ja kalkittu. Järviruokokasvualusta oli matokompostoitua järviruokoa, joka peruslannoitettiin ennen ruukutusta.

Luken oma sekoitus koostui sammaleesta ja mädätejäännöksestä, jossa mädätejäännös oli bioreaktorimädätetyn nautakarjalietelannan separoitua kuivajaetta, joka oli hygienisoitu lämpökäsittelyllä ja kuivattu kasvihuonepöydillä. Sammalla tässä seoksessa oli Biolanin toimittamaa suobiomassaa. Seos peruslannoitettiin ja kalkittiin ennen ruukutusta.

#### 2.4.2. Kasvatus Huiskula Oy:ssä

Kokeeseen valittiin pelargonilajike 'Smart Senna Red'. Kasvit istutettiin Huiskulassa pistokastaimista koekasvualustoilla käsin täytettyihin ruukkuihin viikolla 10. Ruukkukoko oli halkaisijaltaan 12 cm. Kasvit sijoitettiin altakastelupöytiin kasvihuoneeseen. Pistokastaimia juurrutettiin Huiskulassa kolme viikkoa. Ensimmäisen kastelun yhteydessä lisättiin veden pintajännitystä alentavaa Greenfain WP3-valmistetta 0,5 % (Faintend, Salo), jotta kasvualustat kastuisivat paremmin. Taimet saivat yhden kasvunsäädäkäsittelyn jo juurruttamisvaiheen aikana. Juurruttamisjakson jälkeen osa kasveista (600 kpl) siirrettiin Piikkiöön viikolla 13 ja osa jäi Huiskulaan.

Viljelyn lopussa kasvitiheys oli Huiskulassa 35 kasvia neliömetrille. Yhteen 16 neliömetrin viljelypöytäan mahtui kasveja 560 kpl. Kutakin kasvualustaa varten varattiin yksi viljelypöytä, jonka kastelu järjestettiin kasvualustalle mahdollisimman sopivaksi. Kasvit kasteltiin altakasteluna ja jokaisen kastelun mukana annettiin ravinneliuosta. Altakastelupöydän lannoitus ja liuosväkkyvyys olivat eri pöydillä samat, sillä pöydät kattava kastelujärjestelmä oli suljettu ja yhdeltä pöydältä kerätty ylikasteluliuos käytettiin uudelleen kasteluun toisella pöydällä. Viljelyssä ei käytetty tekovaloa eikä hiilidioksidilannoitusta.

#### 2.4.3. Kasvatus Luonnonvarakeskus Piikkiön koetoiminta-asemalla

Kasvihuoneessa oli käytössä kaksi 94 neliömetrin suuruista osastoa. Osastoissa oli yhteensä kuusi erillistä koetta eri kastelupöydillä, joita kasteltiin ja lannoitettiin oman verranrealustansa

mukaan. Osastoissa oli lasikatto, harjatuuletusluukut ja kaksikerroslevyseinät. Lisäksi osastoissa oli korkeapainesumutusventtiilit, varjostusverhot ja 400 W suurpainenatriumvalaisimet kasvuston yläpuolella. Asennustehoa näissä oli  $105 \text{ Wm}^{-2}$ . Tekovaloa käytettiin tarvittaessa enintään 12 tuntia päivässä.

Lämpötilatavoite oli aluksi  $+20^\circ\text{C}$  vuorokauden ympäri, lopussa sekä päivä- että yölämpötilaa laskettiin (päivä  $+19^\circ\text{C}$ , yö  $16^\circ\text{C}$ ). Kosteus pyrittiin pitämään päivällä 60–70 %, yöllä 50–60 %.

Alussa kasvualustan tavoitejohtokyky oli  $3,0 \text{ mS/cm}$  ja kukinnan alkaessa lannoituksen väkyyttä vähennettiin. Kastelujärjestelmä oli Piikkiössä avoin, joten ylikasteluvettä ei käytetty kasteluun uudelleen.

Lannoitukseen käytettiin täysravinnelannoitetta (Kekkilä Turve-Superex N 11, P 5, K 26), kalsiumnitraattia (YaraTera Calcinit N 15,5, Ca 19) sekä magnesiumsulfaattia (YaraTera Krista Mg 9,7, S 13). Emoliuoksiin lisättiin typpihappoa sen verran, että kasteluliuksen pH pysyi 5,5 ja 6,5 välillä.

Viljelypöydillä 1, 2, 3 ja 5 lannoitettiin aluksi reseptillä Turve-Superex 50 % ja Calcinit 50 %. Viljelypöydillä 4 ja 6 käytettiin lannoitusreseptiä Turve-Superex 45 %, kalsiumnitraatti 45 %, sekä magnesiumsulfaatti 10 %. Johtokyky molemmissa  $2,0 \text{ mS/cm}$ .

Kukkavarret nypittiin alkuvaiheessa pois, jotta kasvu saatiin kunnolla käyntiin. Viimeisen kerran ne nypittiin pois 21.4. (selkeästi kasvuston yläpuolelle nousevat), tämän jälkeen kukinnot saivat kasvaa. Kasvunsääteitä ei Piikkiössä käytetty kasvatuksen aikana.

Kukintavaiheen alettua viljelypöytiä 1, 2, 3 ja 5 lannoitettiin reseptillä Turve-Superex 76 % ja Calcinit 24 % (johtokyky  $1,8 \text{ mS/cm}$ ). Viljelypöydillä 4 ja 6 käytettiin lannoitusreseptiä Turve-Superex 59 %, kalsiumnitraatti 32 %, sekä magnesiumsulfaatti 9 % (johtokyky  $1,8 \text{ mS/cm}$ ). Kasteluliusten johtokykyä alennettiin edelleen kokeen loppua kohden. Viljelypöytä 4 (järvi-ruoko) jouduttiin kastelemaan useammin ja seisottamaan vettä kauemmin pöydällä, koska alustan vedenpidätyskyky oli selvästi heikompi kuin muilla alustoilla.

#### **2.4.4. Havainnot**

Kasvun ja kasvualustan korkeuden seurantaan varten asetettiin merkintätikut 5 kasviin/koejäsen/pöytä, joihin merkintä tehtiin kerran viikossa.

Kasvualustan ravinnepitoisuutta tarkkailtiin ruukuista piikkimittauksella (Cultilene) sekä puristenesteanalyseillä kerran viikossa. Myös kasteluvdestä otettiin pöydiltä näytteet kerran viikossa ja analysoitiin niistä ravinteet. Näiden avulla kasteluveden johtokykyä säädeltiin kasvien kasvun ja tarpeen mukaan. Kokeen lopussa kasvualustan puristeneste- sekä lehtinäytteet lähetettiin myös Hortilabiin analysoitavaksi.

Kokeen lopussa arvioitiin kasvien kaupallista laatua kaikista koekasveista (Kauppapuutarhaliitto, Pelargonin laatuvaatimukset 2006). Kaikista viljelypöydistä mitattiin kymmenen kasvin otoksesta kasvin maanpäällisen osan tuore- ja kuivapaino, kasvualustan korkeuden/tilavuuden muutos, kasvualustahavainnot kasvualustan pohjasta: juuriston määrä, juuriston tasaisuus ja juurten väritys. Juuripaakkujen paino punnittiin ja niistä mitattiin kosteusprosentti ja johtokyky piikkimittarilla.

### 2.4.5. Koejärjestely

Koeasetelma oli lohkoittain satunnaistettu koe. Kuusi erillistä koetta eri kastelupöydillä kasteltiin ja lannoitettiin oman verrannealustansa mukaan. Samassa pöydässä oli kaikkia koejäseniä, yhteensä 144 kpl/pöytä, joka oli edelleen jaettu 24 lohkokoon. Lohko käsitti kasviryhmin viljelypöydän poikkisuuntaan eli 6 kasvia. Lisäksi ulkoreunoille oli aseteltu suojakasveja. Pelargoniviljelyn lopussa kasvitiheys oli noin 25 kpl neliömetrille.

Pelargonien maanpäällisen osan tuore- ja kuivapaino testattiin sekamallien avulla SAS 9.4-ohjelmistolla. Vastemuuttujen normaalisuus testattiin Shapiro-Wilk-testillä. Mallien jäännökset tarkastettiin ja havaittiin normaaliksi. Keskiarvoparien eroja vertailtiin Tukeyn HSD-testillä. Tilastollisesti merkitsevän tuloksen raja oli  $p < 0,05$ .

### 2.4.6. Tulokset

Turpeettomilla kasvualustoilla (koejäsen 4, Kiteen Mato ja Multa ja koejäsen 6, Luke) kasvit jäivät selvästi sekä tuore- että kuivapainomassaltaan pienemmiksi kuin turvetta sisältäneet alustat (Taulukko 13 ja 14). Jonkin verran pöytäkohtaista vaihtelua oli, johtuen erilaisista lannoiteväkevyyksistä ja kastelurytmistä. Lehtianalyysojen perusteella turpeettomilla alustoilla ei kuitenkaan ollut ravinteiden saannissa ongelmia.

**Taulukko 13.** Pelargonien tuorepaino ilman ruukkua. Taulukossa samalla kirjaimella merkityt eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

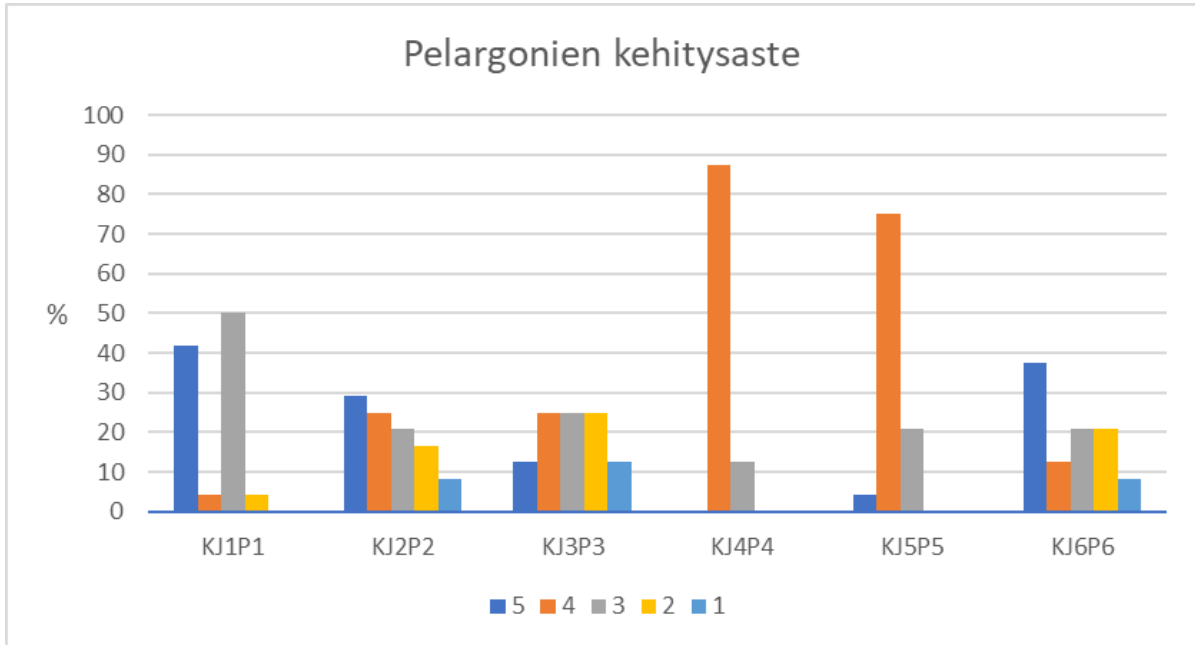
Koejäsen	Kasvialusta	Pöytä 1	Pöytä 2	Pöytä 3	Pöytä 4	Pöytä 5	Pöytä 6
		Tuorepaino g	Tuorepaino g	Tuorepaino g	Tuorepaino g	Tuorepaino g	Tuorepaino g
1	Turve+hiekka	136,96 cd	150 c	151,36 cd	183,83 b	143,2 c	161,04 c
2	Ecoboost Ruukutus W	144,57 d	139,65 bc	156,35 de	181,73 b	151,43 c	162,74 cd
3	Ruukutus Flow W	133,16 bcd	136,02 b	166,31 e	172,59 b	142,24 bc	166,08 cde
4	Järviruoko	90,5 a	111,06 a	115,77 a	140,55 a	100,47 a	100,81 a
5	Kesäkukkaseos	130,17 bc	148,12 bc	137,39 bc	173,39 b	144,12 c	178,02 e
6	Sammal+mädätejäännös	121,24 b	121,5 a	136,73 b	137,97 a	128,64 b	142,59 b

**Taulukko 14.** Pelargonien kuivapaino ilman ruukkua. Taulukossa samalla kirjaimella merkityt eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Koejäsen	Kasvialusta	Pöytä 1	Pöytä 2	Pöytä 3	Pöytä 4	Pöytä 5	Pöytä 6
		Kuivapaino g	Kuivapaino g	Kuivapaino g	Kuivapaino g	Kuivapaino g	Kuivapaino g
1	Turve+hiekka	25,004 cd	25,305 c	26,021 bc	28,702 b	24,084 c	26,955 bc
2	Ecoboost Ruukutus W	25,739 d	24,729 bc	27,122 cd	28,784 b	25,167 c	27,105 cd
3	Ruukutus Flow W	24,421 bc	23,826 b	27,762 d	27,754 b	23,876 c	27,302 cd
4	Järviruoko	19,979 a	21,328 a	22,594 a	24,37 a	20,098 a	20,603 a
5	Kesäkukkaseos	24,17 bc	25,256 bc	24,932 b	27,557 b	24,083 c	28,46 d
6	Sammal+mädätejäännös	23,219 bc	22,352 a	24,932 b	24,165 a	22,477 b	25,204 b

Vain yhtä kasvia lukuun ottamatta kaikki kasvit saavuttivat vähimmäiskehitysvaiheen, jossa kasvissa on värittyneet nuput vähintään yhdessä kukkavarressa (Kuva 4). Kaikkia pöytiä

yhteensä tarkasteltuna selvästi hitaimmin kehittyi koejäsen 6 (Luke), jossa 78 % saavutti Kaupapuutarhaliiton suosituskehitysasteen 3, jossa kasvissa on vähintään 2 kukkavarressa on 5–10 kukkaa auki. Muilla koejäsenillä tämän vaiheen saavutti yli 80 % kasveista. Nopeimmin kehittyi koejäsen 2 (Ecoboost, Kekkilä), jossa 89 % saavutti vähintään kehitysasteen 3.



**Kuva 4.** Pelargonien kehitysaste koejäsenittäin ja pöydittäin oman verrannealustansa mukaan. Kehitystasteluokitus: 5 = yli 15 kukkaa auki, 4 = yli 10 kukkaa auki, 3 = 2 kukkavarressa kukkia auki, 5–10 kukkaa auki (suositeltu myyntikehitysvaihe), 2 = 1 kukkavarressa kukkia auki, 2–5 kukkaa auki, 1 = värittyneet nuput (vähimmäiskehitysvaihe)

#### 2.4.7. Tulosten tarkastelu

Kasvualustojen pH pysyi kaikilla kasvualustoilla omilla koepöydillä Hortilabin ohjearvoissa 5–6,5. Sen sijaan johtokyvyt nousivat kaikissa kasvualustoissa reilusti yli ohjearvojen (1,5–3 mS/cm). Korkeimmat johtokyvyt puristenestenäytteissä kokeen lopussa olivat koejäsenillä 2 ja 3, joilla ne olivat jopa 10–11 mS/cm. Muillakin kasvualustoilla johtokyky oli 7 ja 8,5 mS/cm välillä.

Kasvualustan tilavuuden muutos oli selkeintä koejäsenellä 4 (järviruoko), jolla kasvualustan korkeus laski jopa 18 %. Juurten kunto ja väri olivat kaikilla kasvualustoilla hyvät, mutta juurten määrä oli paakun pohjasta tarkasteltuna selvästi vähäisempi koejäsenillä 4 (järviruoko) ja 1 (turve + hiekka) ja se oli myös epätasaisemmin jakautunut. Paakun paino oli myös selvästi kevyempi koejäsenellä 4, mikä voi hankaloittaa ruukun pystyssä pysymistä kasvin kasvaessa.

Pöytää 4, jossa verranteena oli järviruokoalusta, jouduttiin kastelemaan useammin ja seisottamaan vettä kauemmin pöydällä, koska alustan vedenpidätyskyky oli selvästi heikompi. Samoin pöytää 6, jossa verranteena sammal-mädätejäännösalusta, jouduttiin kastelemaan hiekan useammin kuin pöytiä 1,2,3 ja 5.

Kaikki kasvit saavuttivat lehdistöltään vähintään 12 cm:n korkeuden mitattuna ruukun yläreunasta. Kokoluokituksestaan suurin osa kasveista asettui luokkaan M–L. Laatu kaikissa koejäsenissä oli erittäin hyvä. Lähes kaikki luokiteltiin 1-luokkaan muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

Kaikki pelargonit selvisivät simuloitun kuljetuksen ja kukkakauppasäilytyksen kautta kuluttajan pöytään asti hyvässä kunnossa. Kasvit säilyivät elossa pelkillä vesikasteluilla 2 viikon säilytysjakson asuinhuoneolosuhteissa (+20°C).

## 2.5. Joulutähti

### 2.5.1. Aineisto ja menetelmät

Joulutähden kasvualustakokeet suoritettiin samanaikaisesti Huiskula Oy:ssä ja Luonnonvarakeskus Piikkiön koetoiminta-asemalla syksyllä 2022. Kaikki kasvualustat toimitettiin Huiskulaan, jossa 'Christmas Universe' joulutähtilajikkeen paakulliset pistokkaat istutettiin koekasvualustoilla käsin täytettyihin ruukkuihin 3. elokuuta. Koejäsenet ja kasvualustan komponentit on kuvailtu taulukossa 15.

**Taulukko 15.** Kasvualustakokeen koejäsenet, kasvualustan valmistajat, kasvualustakomponentit, kalkitus ja peruslannoitus.

Koejäsen	Kasvualusta	Valmistaja	Komponentit	Kalkitus /peruslannoitus
1	Joulutähtiseos	Kekkilä-BVB	turve (65 %), sammal, perliitti	kyllä/kyllä
2	Järviruoko	Kiteen mato ja multa	kompostoitu järviruoko	ei/ei
3	Joulutähtiseos	Novarbo	turve (50 %), puukuitu, sammal perliitti	kyllä/kyllä

### 2.5.2. Kasvatus Huiskula Oy:ssä

Joulutähden ruukkukoko oli 12 cm ja viljelyssä tavoiteltiin yksilätvaisia kasveja. Kukin kasvualusta sijoitettiin omalle altakastelupöydälle Huiskulassa ja kastelua ohjattiin kullekin alustalle tarpeen mukaan. Kasvihuoneosastossa oli sumutusmahdollisuus. Kasveja kasteltiin ensin päältä, mutta heti paakun juurtumisen jälkeen siirryttiin altakasteluun.

Lannoitus koottiin täysravinnelannoitteesta (Kekkilä Starex-15 N 12, P 4, K 28, Mg 2 %) ja kalsiumnitraatista. Liuoksen pH:ta alennettiin tarvittaessa lisäämällä typpihappoa uuteen kasteluliukseen. Altakastelupöytien kasteluliuosta kierrätettiin Huiskulassa.

### 2.5.3. Kasvatus Luonnonvarakeskus Piikkiön koetoiminta-asemalla

Kasvien juurruttua Huiskulassa, 18. elokuuta osa kasveista (n. 400 kpl) siirrettiin jatkokasvatukseen Luke Piikkiön koetoiminta-asemalle. Piikkiössä kasvit jaettiin yhden kasvihuoneosaston kolmeen altakastelupöytään. Yhteen pöytään sijoitettiin 130 ruukkua. Kuhunkin pöytään valittiin yksi kasvualustoista verranteeksi, jonka mukaan pöydän kasveja kasteltiin ja lannoitettiin. Koejärjestely oli kolme lohkoittain satunnaistettua koetta. Kaikkiin pöytiin sijoitettiin kaikkia kasvualustoja, lisäksi reunoille verranteen suojakasveja.

Koeosasto Piikkiössä oli 46 m<sup>2</sup>. Osastossa oli lasikatto, harjatuuletusluukut ja kaksikerroslevyseinät, korkeapainesumutusventtiilit ja varjostusverhot. Lisäksi osastossa oli 400 W suurpainenatriumvalaisimet kasvuston yläpuolella. Valaisimia käytettiin tarvittaessa lisävalotukseen. Kasveja pimennettiin syyskuussa kahden viikon ajan. Päivänpituus oli enintään 9 tuntia vuorokaudessa.

Osastossa tavoiteltiin 500 ppm hiilidioksidipitoisuutta annostelemalla osastoon hiilidioksidikaasua, kun tuuletusluukut olivat kiinni. Lämpötilatavoite oli aluksi +20°C vuorokauden ympäri, lopussa sekä päivä- että yölämpötilaa laskettiin (päivä +19°C, yö 16°C). Ilman suhteellinen kosteus pyrittiin pitämään päivällä 60–70 % välillä, yöllä 50–60 %.

Lannoitukseen käytettiin täysravinnelannoitetta (Kekkilä Turve-Superex N 11, P 5, K 26), kalsiumnitraattia (YaraTera Calcinit N 15,5, Ca 19) sekä magnesiumsulfaattia (YaraTera Krista Mg 9,7, S 13). Kasteluliuosta ei kierrätetty Piikkiössä. Emoliuoksiin lisättiin typpihappoa sen verran, että kasteluliuoksen pH pysyi 5,5 ja 6,5 välillä.

Pöytiä 1 (verranteena Joulutähtiseos, Kekkilä-BVB) ja 3 (verranteena Joulutähtiseos, Novarbo) lannoitettiin reseptillä Turve-Superex 55 % ja Calcinit 45 %. Pöytä 2 (verranteena Järviruoko, Kiteen Mato ja Multa) käytettiin lannoitusreseptiä Turve-Superex 45 %, kalsiumnitraatti 45 %, sekä magnesiumsulfaatti 10 %. Johtokyky molemmissa resepteissä oli alkuun 1,2 mS/cm. Pöydällä 2, jossa koejäsen 2 pääjäsenenä, jouduttiin johtokykyä nostamaan pian, koska kasvit olivat selvästi vaaleampia ja kärsivät puutosoireista.

#### **2.5.4. Havainnot**

Alkuhavaintoina taimista laskettiin lehtien lukumäärä. Lisäksi asetettiin kasvunseurantaa varten merkintätikut 5 lohkoon/kasvatuspöytä, merkintä kerran viikossa. Harsosääskiä torjuttiin ennakkoon kastelemalla ruukut isosukkulamatoliuoksella 25 ml/ruukku.

Kasvualustan johtokykyä tarkkailtiin piikkimittauksella (Cultilene) sekä ravinnepitoisuutta puristenesteanalyseilla kerran viikossa. Kasteluliuoksesta (vedestä) otettiin pöydiltä myös näytteet kerran viikossa ja analysoitiin pH, johtokyky, nitraattityppi, kalsium ja kalium (ravinteet). Näiden mittausten avulla kasteluveden johtokykyä säädeltiin kasvien kasvun ja tarpeen mukaan.

Kokeen lopussa tehtiin havainnot kasvien koko- ja laatuluokitusta varten (Kauppapuutarhaliitto, lajitteluohje), laskettiin värityneiden sivuversojen lukumäärä, punnittiin erikseen lehtien ja varsien tuore- ja kuivapainot sekä arvioitiin juurten kunto silmämääräisesti tarkastelemalla juurten määrää ja väriä. Juuripaakkujen paino punnittiin ja niistä mitattiin kosteusprosentti ja johtokyky piikkimittarilla.

Kaikista kasvualustoista valittiin verrannekasveja 12 kpl, joiden kestävyyttä testattiin simuloimalla niille kauppaketju viljelmältä kuluttajalle asti. Kuljetus kesti 3 vrk, kauppasäilytys 2 vrk, kuluttajavaihe 14 vrk ja lopuksi kuivatus kastelu päättämällä. Kasveja kasteltiin pelkällä vedellä kuluttajasimulaatiossa. Kuljetuksen ja kauppasäilytyksen aikana kasveja ei kasteltu.

#### **2.5.5. Koejärjestely**

Koejärjestely oli kolme lohkoittain satunnaistettua koetta. Lohkoja oli pöydässä 24 kpl ja lohko käsitti kasvirivin viljelypöydän poikkisuuntaan eli 3 kasvia. Lisäksi pöydillä oli suojakasvirivit ulkoreunoilla. Joulutähtien maanpäällisen osan tuore- ja kuivapaino testattiin sekamallien avulla SAS 9.4-ohjelmistolla. Vastemuuttujien normalisuus testattiin Shapiro-Wilk-testillä. Mallien jäännökset tarkastettiin ja havaittiin normaaliksi. Keskiarvoparien eroja vertailtiin Tukeyn HSD-testillä. Tilastollisesti merkitsevän tuloksen raja oli  $p < 0,05$ .

### 2.5.6. Tulokset

Jo lähtövaiheessa jouduttiin pöytää 2 (verranteena Kiteen Mato ja Multa) kastelemaan vahvemmalla lannoiteliuksella, koska koejäsenen 2 kasvit kärsivät selvästi puutosoireista ja jäivät jälkeen kasvussa. Kasvien väri parantui voimakkaammalla lannoituksella, mutta kasvien koko jäi silti pienemmäksi kaikilla pöydillä (Taulukko 16 ja 17).

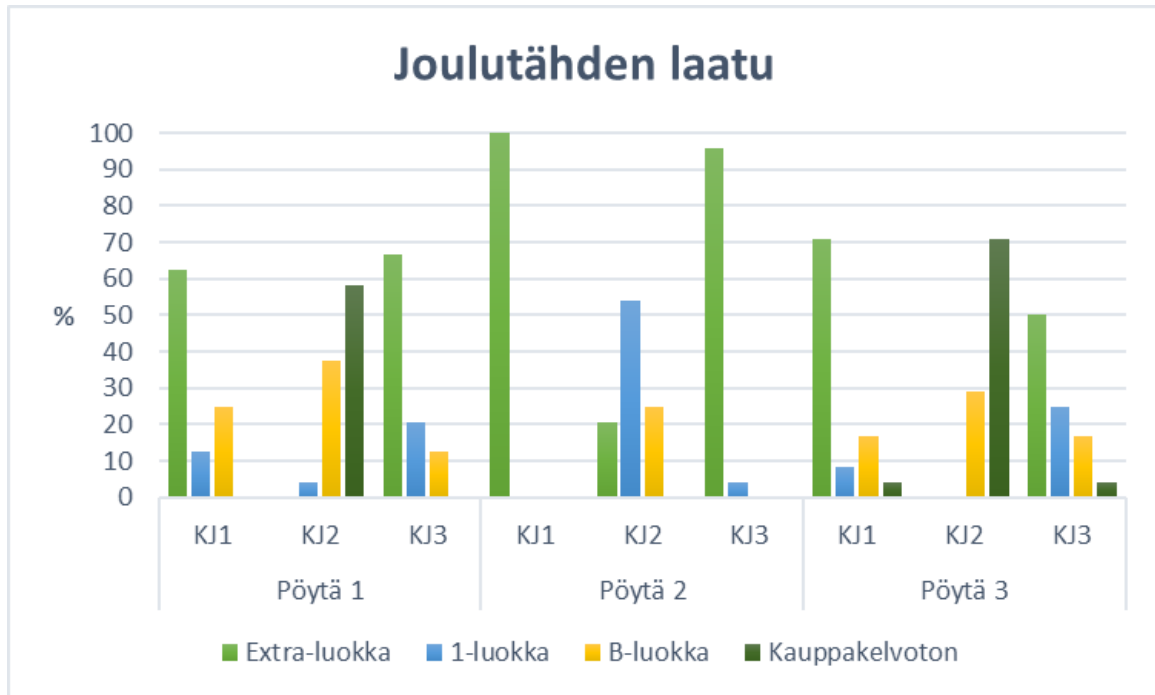
**Taulukko 16.** Kasvualustan vaikutus joulutähden maanpäällisen osan tuorepainoon. Samalla sarakkeella samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,05$ ).

Koejäsen	Kasvualusta	Pöytä 1	Pöytä 2	Pöytä 3
		Tuorepaino g	Tuorepaino g	Tuorepaino g
1	Joulutähti Airboost	134,79 c	156,41 b	140,82 b
2	Järviruoko	37,46 a	88,106 a	45,689 a
3	Joulutähtiseos	115,48 b	172,63 b	129,42 b

**Taulukko 17.** Kasvualustan vaikutus joulutähtien maanpäällisen osan kuivapainoon. Samalla sarakkeella samalla kirjaimella merkityt arvot eivät ero merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,05$ ).

Koejäsen	Kasvualusta	Pöytä 1	Pöytä 2	Pöytä 3
		Kuivapaino g	Kuivapaino g	Kuivapaino g
1	Joulutähti Airboost	21,275 b	22,677 b	21,671 b
2	Järviruoko	6,444 a	13,372 a	7,61 a
3	Joulutähtiseos	18,381 b	24,676 b	21,733 b

Piikkiössä ei käytetty enää kasvunsäädettä kasveille, joten kasvit kasvoivat melko reheviksi. Niinpä suurin osa koejäsenen 1 (Kekkilä-BVB) ja 3 (Novarbo) kasveista luokiteltiin Extra-luokkaan kuuluviksi (Kuva 5). Pöydissä 1 ja 3, joissa lannoitus säädettiin koejäsenille 1 ja 3, suurin osa koejäsenen 2 kasveista hylättiin kauppakelvottomina, koska ne jäivät lehdistöltään harvoiksi ja niiden ylälehdet eivät ehtineet värittyä kokonaan. Pöydällä 2, jossa lannoitus oli väkevempi, suurin osa koejäsenen 2 kasveista luokiteltiin 1-luokkaan. Kasvit myös värittyivät paremmin, joten yhtään kauppakelvotonta ei tässä pöydässä ollut.



**Kuva 5.** Kasvualustan vaikutus joulutähden laatuun. Laatuluokitus: Extra-luokka: Korkeus 25–35 cm ruukkuineen. Vähintään kaksi hyvin värittyä sivuversoa, 1-luokka: Sopusuhtainen ja suoravartinen. Riittävän tuuhea tai sivuversollinen, B-luokka: Eivät täytä 1-luokan vaatimuksia. Käyttökelpoisia esim. istutuksiin, syy mainittava. Suurin syy kokeessa, etteivät ylälehdet olleet kaikki värittyneet. Kauppakelvottomiin luokiteltiin lehdistöltään harvat ja ylälehdtään väritymättömät.

### 2.5.7. Tulosten tarkastelu

Kastelukertoja pöydässä 1 oli 52 kertaa, pöydässä 2 71 kertaa ja pöydässä 3 62 kertaa. Pöytää 2, jossa siis verranteena Kiteen Mato ja Multa, jouduttiin kastelemaan siis selkeästi useammin kuin muita pöytiä. Kasteluliuosta jouduttiin myös seisottamaan tällä pöydällä useammin ja pidempään kuin muilla pöydillä. Myös pöytää 3, jossa verranteena Novarbon alusta, kasteltiin useammin kuin pöytää 1, jossa oli verranteena Kekkilä-BVB:n alusta. Kasvualustojen vedenpidätyskyvyssä ja kapillaarisuudessa on selkeitä eroja, jotka vaikuttavat kasvien kastelutapaan ja -tiheyteen.

Kaikissa pöydissä kaikilla koejäsenillä kasvatuksen lopussa puristenesteen johtokyvyt olivat ohjearvoja (Hortilab, kukkivat ruukkukasvit) korkeammat. Erityisesti pöydällä 2 runsaamman kastelun vuoksi johtokyvyt nousivat hyvin korkeiksi. Kasvualustan pH pysyi koejäsenellä 1 koko kasvatuksen ajan ohjearvoissa (5–6,5), muilla koejäsenillä pH nousi hieman korkeammaksi.

Kaikki joulutähdet selvisivät simuloidun kuljetuksen ja kukkakauppasäilytyksen kautta kuluttajan pöytään asti hyvässä kunnossa. Vain turvepitoisten kasvualustojen muutamien kookkaiden kasvien ylälehdet vioittuivat hankautuessaan laatikon kantta vasten. Kasvit säilyivät elossa pelkillä vesikasteluilla 2 viikon säilytysjakson asuinhuoneolosuhteissa. Joulutähdet alkoivat lakastua 3–4 vrk kuluttua vesikastelun lopettamisen jälkeen. Suurikokoiset turvepitoisella kasvualustalla kasvaneet joulutähdet alkoivat lakastua keskimäärin nopeammin kuin pienikokoiset järviruo'ossa kasvatetut joulutähdet.

## **Viitteet**

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

Reed, D.M. 1996. Micronutrient Nutrition. Teoksessa Reed, D.W. (ed.). Water, media and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing. 314 s.

Vetenovetz, R.P. 1996. Tissue analysis and interpretation. Teoksessa Reed, D.W. (ed.). Water, media and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing. 314 s.

### 3. Yhteenveto kasvualustatuloksista

KaTuKa-hanke osoitti puhtaan rahkaturpeen tuottavan parhaat kasvutulokset metsäpuiden taimikasvatuksessa. Turvetta osin sisältävät alustat, jotka sisälsivät turvetta vähintään 50 tilavuusprosenttia, pystyivät kuitenkin tuottamaan lähes yhtä hyviä taimia kuin pelkkä turve. Yleisesti ottaen kaikki tutkitut vaihtoehtoiset turpeettomat ja osin turvetta sisältävät kasvualustat voivat kuitenkin tuottaa hyväksyttäviä taimia, vaikkakin yleensä pienempikokoisia ja vaatien kasvatuskäytäntöjen säätöä.

Kurkulla suurin sato ja kurkkujen lukumäärä saatiin kasvuturpepitoisimmasta Grow board natural control-kasvualustasta. Sen kurkkusato ja kurkkujen lukumäärä oli merkitsevästi suurempi kuin järviruoko-, Mosswool 33/33/33-, Mosswool 50/50- ja sammal-mädätysjäännös-alustalta. Puukuitua sisältänyt Grow board natural control- kasvualusta asettui satotasoltaan näiden ääripäiden väliin.

Tomaatilla keskimäärin suurin sato ja hedelmien lukumäärä saatiin kasvuturpeesta, sammal- ja puukuidusta koostetusta Mosswool 33/33/33-kasvualustasta. Sen 1 luokan sato oli merkitsevästi suurempi kuin Grow board-alustoilla ja järviruokoalustalla. Puukuitua ja sammalta sisältänyt Mosswool 50/50 asettui satotasoltaan näiden ääripäiden väliin.

Kasvualustalla ei ollut juuri vaikutusta jääsalaatin siementen taimettumiseen, mutta alustan vaikutus taimien kasvuun oli suuri. Turve/puukuitu ja turve/sammal pohjaiset alustat tuottivat parhaat jääsalaatin kasvutulokset, järviruokoalusta selvästi huonoimmat.

Pelargonilla turpeettomilla kasvualustoilla (järviruoko, Kiteen Mato ja Multa ja sammal/mädätejäännös) kasvit jäivät selvästi sekä tuore- että kuivapainomassaltaan pienemmiksi kuin turvetta sisältäneet alustat. Turvetta sisältäneet turve/sammal/puukuitu -alustat pärjäsivät parhaiten.

Joulutähdellä sekä Kekkilä-BVB:n että Novarbon turvetta, puukuitua/perliittiä ja sammalta sisältäneet kasvualustat tuottivat parhaan kasvun ja laadun. Kiteen Mato & Mullan järviruoko-seos oli edellä mainittuja selvästi huonompi.

Yhteenvetona kaikista kasvualustakokeiden tuloksista voidaan sanoa, että yleisesti ottaen kasvuturvekomponentti, pienikin, edesauttaa kasvualustan toimivuutta riippumatta kasvatettava kasvista. Täysin turpeettomista kasvualustoista parhaiten toimivat sammalta ja puukuitua sisältävät kasvualustat. Sen sijaan kompostipohjaiset (esim. Kiteen Mato & Multa) tai mädätejäännöstä merkittävästi sisältävät kasvualustatuotteet eivät yleensä toimi yhtä hyvin kuin muut turpeettomat kasvualustat ilman huomattavaa viljelyreseptiikan muokkausta.

Viljelyreseptiikan muutoksista merkittävimmät liittyvät kasteluun: tippukastelu soveltuu yleensä hyvin kaikille uusille alustoille, ml. kompostipohjaiset alustat, toisin kuin altakastelu, joka soveltuu vain kapillaarisilta ominaisuuksiltaan parhaille alustoille, lähinnä turvetta tai rahkasammalta sisältäville alustoille. Lisäksi on huomattavaa, että tiettyjen komponenttien (järviruoko) Na- ja Cl-pitoisuus aiheuttaa ongelmia osalle kasvilajeista sekä erityisesti puukuitu nostaa kasvualustan pH-arvoa. Näiden lisäksi ruokkuvihannesten taimikasvatuksessa kastelutiheys on sovitettava kasvualustan vedenpidätyskykyyn ja on huomattava, että kaikki uudet kasvualustat eivät sovellu koneelliseen paakutukseen.

Hankkeen tulosten pohjalta voidaan viljelijälle antaa ohjeeksi uusien kasvualustojen käytössä erityisesti hankkimaan etukäteen tietoa käytettävästä kasvualustasta ja sen ominaisuuksista. Uusi kasvualusta voi nimittäin tarvita turpeesta huomattavasti poikkeavan kastelun, lannoituksen tai pH-säädön. Tällöin viljelijän tulee huomioida uudella kasvualustalla viljellessä aluksi oma kasteluryhmä ja valumamittaus, kasvualustan kosteuden ja johtokyvyn seuranta, oma kasteluliuos sekä tarvittaessa kasteluliuoksen pH-säätö. Kasvatuksen edetessä viljelijän on hyvä mitata kasvutulosta ja verrata sitä perinteisen turvekasvatuksen tulokseen sekä ottaa näytteitä kasvualustasta analyysiin ravinteiden saannin varmistamiseksi.

## LIITE

**Taulukko 1.** Kurkku- ja tomaattikokeen kasvualustat, komponentit, huokostila, ilmatila (-1 kPa), helppokäyttöinen vesi (-1 – -5 kPa) ja tiheys. Kurkkukokeessa käytettiin taulukon alustoja 1–6 ja tomaattikokeessa alustoja 1–5. Komponenttiedot ovat valmistajalta. Muut tulokset perustuvat kolmen näytteen keskiarvoon.

Koe-jäsen	Kasvialusta, valmistaja	Komponentit	Huokostila %	Ilmatila %	Helppo-käyttöinen vesi %	Tiheys kg/l
1	Grow Board Natural Control, Kekkilä-BVB	turve (75 %), tupasvillakuitu, sammal	94,1	42,9	8,1	0,093
2	Grow Board Natural Control puukuitu, Kekkilä-BVB	turve (65 %), tupasvillakuitu, sammal, puukuitu	93,8	42,9	7,0	0,098
3	Järviruoko, Kiteen mato ja multa	kompostoitu järviruoko	93,2	40,7	4,1	0,139
4	Mosswool 33/33/33 Novarbo	turve (33 %), puukuitu (33 %), sammal (33 %)	93,6	51,6	10,3	0,098
5	Mosswool 50/50 Novarbo	puukuitu (50 %), sammal (50 %)	94,0	44,8	13,9	0,094
6	Sammal+ mädätejäännös, Luke	sammal (75 %), mädätejäännös (25 %)	94,2	52,5	4,8	0,092

**Taulukko 2.** Ruukkusalaattikokeiden kasvualustat, komponentit, huokostila, ilmatila (-1 kPa), helppokäyttöinen vesi (-1 – -5 kPa) ja tiheys. Komponenttiedot ovat valmistajalta. Muut tulokset perustuvat kolmen näytteen keskiarvoon.

Koe-jäsen	Kasvialusta, valmistaja	Komponentit	Huokostila %	Ilmatila %	Helppo-äyt-töinen vesi %	Tiheys kg/l
1	Airboost Traymix, Kekkilä-BVB	turve (70 %), sammal	93,7	40,4	12,2	0,102
2	Ecoboost Traymix, Kekkilä-BVB	turve (50 %), sammal, puukuitu	93,7	43,4	8,8	0,103
3	Järviruoko, Kiteen mato ja multa	kompostoitu järviruoko	93,9	47,6	5,2	0,118
4	Koealusta 1, Novarbo	turve, puukuitu, sammal	94,2	63,7	4,7	0,096
5	Koealusta 2, Novarbo	puukuitu, sammal	94,1	48,5	11,7	0,097

**Taulukko 3.** Pelargonikokeen kasvualustat, komponentit, huokostila, ilmatila (-1 kPa), helpokäyttöinen vesi (-1 – -5 kPa) ja tiheys. Komponenttiedot ovat valmistajalta. Muut tulokset perustuvat kolmen näytteen keskiarvoon.

Koejäsen	Kasvialusta, valmistaja	Komponentit	Huokostila %	Ilmatila %	Helppo-käyttöinen vesi %	Tiheys kg/l
1	Turve-hiekkaseos, Huis-kula	turve, hiekka	91,2	46,7	7,9	0,185
2	Ecoboost Ruukutus W, Kekkilä-BVB	turve (50 %), sammal, puukuitu, hiekka	93,2	47,8	10,0	0,132
3	Ruukutus Flow W, Kekkilä-BVB	turve (70 %), puukuitu, hiekka	91,0	48,7	8,1	0,175
4	Järviruoko, Kiteen mato ja multa	kompostoitu järviruoko	93,3	42,8	4,2	0,135
5	Kesäkukkaseos, Novarbo	turve, puukuitu, sammal, hiekka	92,1	47,1	9,2	0,171
6	Sammal+mädätejäännös, Luke	sammal (75 %), mädätejäännös (25 %)	94,5	55,8	5,5	0,088

**Taulukko 4.** Joulutähtikokeen kasvualustat, komponentit, huokostila, ilmatila (-1 kPa), helpokäyttöinen vesi (-1 – -5 kPa) ja tiheys. Komponenttiedot ovat valmistajalta. Muut tulokset perustuvat kolmen näytteen keskiarvoon.

Koejäsen	Kasvialusta, valmistaja	Komponentit	Huokostila %	Ilmatila %	Helppo-käyttöinen vesi %	Tiheys kg/l
1	Joulutähtiseos, Kekkilä-BVB	turve (65 %), sammal, perliitti	93,9	48,9	7,1	0,103
2	Järviruoko, Kiteen mato ja multa	kompostoitu järviruoko	94,0	53,5	3,6	0,107
3	Joulutähtiseos, Novarbo	turve (50 %), puukuitu, sammal perliitti	94,9	52,3	7,8	0,087



**Löydät meidät  
verkosta**

**luke.fi**

