

Lietebiohiilen lannoitusvaikutukset astiakokeessa



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Puutarhatalous, Lepaa

syksy, 2022

Tero Erkkilä

Puutarhatalous, Lepaa

Tiivistelmä

Tekijä Tero Erkkilä

Vuosi 2022

Työn nimi Lietebiohiilen lannoitusvaikutukset astiakokeessa

Työn ohjaaja Teo Kannainen

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö oli tutkimuksellinen astiataimikoe, joka toteutettiin Hämeen Ammattikorkeakoulun yksiköissä Lepaalla ja Visamäessä keväällä 2022. Kasvatuskokeen kesto oli kaksi kuukautta, ja se koostui kahdeksasta käsittelystä ja kahdesta koekasvilajista. Hämeen ammattikorkeakoulu toimi työn tilaajana, ja tutkimus oli osa RAHI-hanketta. Hämeen ammattikorkeakoulun rooli RAHI-hankkeessa on pyrkiä hyödyntämään Helsingin seudun jäteveden biolietteestä pyrolyysin avulla tehtyä lietebiohiiltä. Hanke tähtää kiertotalouden tehostamiseen ja rannikkovesien suojeluun.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin lietebiohiilen sisältämien ravinteiden saatavuutta koekasveille seuraamalla kasvua ja mittaamalla ravinteiden päätymistä koekasveihin. Lietebiohiilen ravinteiden, erityisesti typen, saatavuutta koekasveille pyrittiin tehostamaan lisäämällä osaan kasvualustoista viherjätekompostia. Viherjätekompostin lisäämisellä pyrittiin tuomaan kasvualustoihin mikrobeja, jotka nitrifikaatiossa hapettavat ammonium-muodossa olevaa tyyppiä liukoiseen nitraattimuotoon. Kokeessa seurattiin typen nitrifioitumista viikoittaisilla ammoniumtypen ja nitraattitypen mittauksilla Visamäen yksikön laboratoriossa.

Kokeessa suoritettujen ammoniumtypen ja nitraattitypen suhteiden seurannasta saadut tulokset antoivat selviä viitteitä siitä, että ammoniumtyppiä olisi nitrifikaation myötä muuttunut liukoiseen nitraattimuotoon. Tutkimuksen tuloksista voidaan päätellä, että kasvit pystyivät hyödyntämään lietebiohiilien sisältämiä ravinteita. Eri lietebiohiilikäsittelyiden välillä oli kuitenkin selviä eroja siinä, kuinka paljon ravinteita kasvit saivat hyödynnettyä. Parhaiten kokeen käsittelystä kummankin koekasvilajin kohdalla kasvoivat ne käsittelyt, jotka sisälsivät kaupallisia lannoitteita. Kiinankaalin paras prosentuaalinen typenotto lietebiohiilestä oli 16,2 prosenttia, kun taas raiheinän kohdalla paras prosentuaalinen typenotto lietebiohiilestä oli 33,38 prosenttia. Parhaiten kasvaneen lietebiohiilikäsittelyn

sato oli 87,97 % lannoitekontrollin sadosta kiinankaalin kohdalla ja 86,97 % raiheinän kohdalla.

Avainsanat Lietebiohiili, ravinteidenotto, nitrifikaatio

Sivut 32 sivua ja liitteitä 19 sivua

This thesis was a greenhouse pot experiment that was conducted at the Visamäki and Lepaa facilities of Häme University of Applied Sciences, during the spring of 2022. The experimentation's duration was two months, and it consisted of eight different treatments and two plant species. The study was commissioned by Häme University of Applied Sciences and was a part of the RAHI-project. The role of Häme University of Applied Sciences in the project was to find ways to utilize sludge biochar, which was created by pyrolysis from the sewage sludge generated at the treatment plant. The project aims to preserve coastal waters and circular economy efficiency.

The aim of this experiment was to find out how well the nutrients contained in the produced sludge biochar were available for the plants that were the study's subjects. The availability of nitrogen for the study's subjects was tried to be improved, by adding green waste compost to some of the study's treatment substrates. The aim was to bring nitrifiers, microbes responsible of oxidation of ammonia to nitrate by adding green waste compost to the substrates. To find out if nitrification was happening in the substrates, the levels of ammonium and nitrate in the substrates were monitored weekly at the Visamäki facilities during the study.

Monitoring of ammonium and nitrate levels in the substrates gave results that there was evidence of nitrification of ammonium to nitrate. The results of the study gave clear evidence that the plants in this greenhouse pot experiment were able to use the nutrients from the added sludge biochar, however there were big differences between treatments on how much of the nutrients the plants were able to utilize. The treatments which contained commercial fertilizers gave the best results in growth with both plant species. The best percentual intake of nitrates was 16,2 percent on chinese gabbage and 33,38 percent with

ryegrass, among the treatments containing sludge biochar. The best yield from treatments containing sludge biochar were 87,97 % from the control treatment containing commercial fertilizers on chinese cabbage and 86,97 % on ryegrass.

Keywords Sludge biochar, nitrification

Pages 32 pages and appendices 19 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoite	1
1.2	Tutkimuskysymykset	2
2	RAHI-hanke	2
3	Typpi	3
3.1	Typhen kierto	3
3.2	Nitrifikaatio ja denitrifikaatio	4
3.3	Kasvien typenotto	5
3.4	Ravinteidenotosta yleisesti	5
4	Aineisto ja menetelmät	6
4.1	Kokeen aloitus	6
4.1.1	Koekasvit ja kokeen yleiset tiedot	9
4.1.2	Kasvatuskokeen koeasetelma	10
4.2	Kasvualustakäsittelyt	11
4.2.1	Käsittelyiden lannoitusmäärät	11
4.3	Mittausaineisto	12
4.3.1	Kuiva-aineen määrittäminen	12
4.3.2	Juuriston määrittäminen	13
4.3.3	Johtokyky ja pH	14
4.3.4	Typpianalyysit	15
4.3.5	Mittausaineiston käsittely	15
5	Tulokset	18
5.1	Kasvialustojen happamuus (pH)	18
5.2	Puristenestenäytteiden ammoniumtypen ja nitraattitypen suhde	19
5.3	Kuiva-aineiden määrät koekasvikohtaisesti ja käsittelyittäin	21
5.4	Kuiva-aineiden pääravinteiden määrät ja koekasvien typenotto	22
5.5	Kuivapainon varianssianalyysit	24
5.5.1	Koekasvien kuivapainojen parivertailut	25
5.5.2	Koekasvien kuivapainojen parivertailun ryhmäjaot	25
6	Tulosten tulkinta	26

7 Johtopäätökset	29
Lähteet.....	31

Kuvat ja taulukot

Kuva 1. pH:n vaikutus ravinteiden liukoisuuteen (Farmit.net, 2010).	6
Kuva 2. Esimerkki kasvatuspöydän koeasetelmasta (Erkkilä, 2022).	7
Kuva 3. Kasvualustakäsittelyihin lisättyjen lietebiohiilien ja viherjätekompostin määrät punnittiin ja sekoitettiin lannoittamattomaan ja kalkittuun turpeeseen (Erkkilä, 2022).	8
Kuva 4. Kasvatuskoeasetelma kokeen alussa kylvön jälkeen. Kasvualustakäsittelyt merkittiin erivärisillä säleillä (Erkkilä, 2022).....	9
Kuva 5. Kiinankaalin kasvatuskoetta purettaessa ruukkukohtaiset taimimäärät laskettiin ennen kasvuston alas leikkaamista (Leppäkoski, 2022).	13
Kuva 6. Juuriston määrittämiseen käytetty asteikko (Leppäkoski, 2022).	14
Kuva 7. Kiinankaalin kasvatuskokeen kaikki käsittelyt koetta purettaessa (Erkkilä, 2022).	16
Kuva 8. Koehuoneen näkymä kokeen toiselta viikolta (Erkkilä, 2022).	16
Kuva 9. Koehuoneen hoitotöitä (Leppäkoski, 2022).	17
Kuva 10. Raiheinän kasvustot käsittelyittäin kokeen lopussa (Erkkilä, 2022).	17
Kuva 11. Kiinankaalin kasvualustojen happamuus käsittelyittäin kokeen puolivälissä ja lopussa.....	18
Kuva 12. Raiheinän kasvualustojen happamuus käsittelyittäin kokeen puolivälissä ja lopussa.	19
Kuva 13. Kiinankaalin nitraattitypen määrä käsittelyittäin kokeen aikana.	19
Kuva 14. Kiinankaalin ammoniumtypen määrä käsittelyittäin kokeen aikana.	20
Kuva 15. Raiheinän nitraattitypen määrä käsittelyittäin kokeen aikana.	20
Kuva 16. Raiheinän ammoniumtypen määrä käsittelyittäin kokeen aikana.	21
Kuva 17. Kuiva-aineen määrät käsittelyittäin, raiheinä.....	21
Kuva 18. Kuiva-aineen määrät käsittelyittäin, kiinankaali.	22
Kuva 19. Makroravinteiden pitoisuudet käsittelyittäin kiinankaalilla.....	22
Kuva 20. Makroravinteiden pitoisuudet käsittelyittäin Raiheinällä.	23
Kuva 21. Raiheinän ruukkukohtainen typenotto prosentteina.....	23

Kuva 22. Kiinankaalin ruukkukohtainen typenotto prosentteina suhteessa annettuun kokonaistypymäärään.24

Taulukko 1. Koeasetelma ja toistojen sijainti pöydillä kummankin koekasvin kohdalla. Taulukossa näkyy ensin käsittelyn numero (K) ja sen jälkeen toiston numero (T).	10
Taulukko 2. Kasvualustakäsittelyt.	12
Taulukko 3. Raiheinän ja kiinankaalin kuivapainojen varianssianalyysin tulokset.....	24
Taulukko 4. Koekasvien parivertailun tulokset.	25
Taulukko 5. Raiheinän kuivapainojen parivertailun ryhmäjaot.	25
Taulukko 6. Kiinankaalin kuivapainojen parivertailujen ryhmäjaot.	26

Liitteet

Liite 1	Mikroravinteiden pitoisuudet käsittelyittäin
Liite 2	Koekasvien johtokyvyt käsittelyittäin
Liite 3	Koekasvien juurten määrät käsittelyittäin
Liite 4	Kiinankaalin ja raiheinän kuivapainon keskiarvot (Box plot)
Liite 5	Puristenesteanalyysit, Hortilabs 24.02.2022
Liite 6	Puristenesteanalyysit, Hortilabs 17.02.2022
Liite 7	Puristenesteanalyysit, Hortilabs 03.03.2022
Liite 8	Puristenesteanalyysit, Hortilabs 31.03.2022
Liite 9	Biojätteen analyysit, MetropoliLab
Liite 10	Kasvianalyysit

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoite

Tämä opinnäytetyö on tutkimuksellinen kasvatuskoe, jossa tutkittiin lietebiohiilen ravinteiden saatavuutta koekasveille. Opinnäytetyön tilaajana toimi Hämeen ammattikorkeakoulu, ja kasvatuskoe oli osa RAHI-hanketta, joka tähtää kiertotalouden tehostamiseen. Hanke tutkii Helsingin seudun jäteveden ravinteiden sekä hiilen kokonaisvaltaista talteenottoa. RAHI-hankkeessa jätevedenpuhdistamolla syntyvästä biolietteestä sekä puun seoksesta on pyrolysoimalla tehty lietebiohiiltä, joka sitoo talteen lietteen ravinteita sekä hiiltä. Hanke on osa ympäristöministeriön Raki-ohjelmaa ravinteiden kierrätyksen edistämiseksi ja Saaristomeren tilan parantamiseksi. (HAMK, n.d.)

Lietebiohiilen ravinteita pyrittiin kasvatuskokeessa saamaan koekasvien käyttöön lisäämällä niitä kasvualustoihin ja mittaamalla kasvien kasvua, sekä tutkimalla ravinteiden päätymistä kasveihin. Ravinteiden saatavuutta kasveille pyrittiin tehostamaan lisäämällä kasvualustoihin viherjätekompostia. Kompostin odotettiin tuovan kasvualustoihin nitrifikaatiota aikaansaavia hyötyeliöitä, ja täten parantavan ravinteiden saatavuutta kasvualustassa.

Kasvatuskokeessa seurattiin ammoniumtyypen ja nitraattityypen suhdetta eri käsittelyissä, jotta nähtäisiin, tapahtuuko kasvualustoissa nitrifikaatiota. Koekasvien ravinteiden saantia tutkittiin mittaamalla kuiva-aineen määrät ja tekemällä puristeneste- ja kasvianalyysejä. Lietebiohiiliä sisältäviä kasvualustakäsittelyjä verrattiin väkilannoitekäsittelyihin. Myös viherjätekompostin lisäämisen mahdollisia hyöty- tai haittavaikutuksia pyrittiin selvittämään. Tavoitteena oli kokeen aikana myös havainnoida, oliko valmistetusta lietebiohiilestä mahdollista haittaa kasvien kasvuille, tai varastoiko lietebiohiili esimerkiksi kaupallisten lannoitteiden ravinteita itseensä, vähentäen niiden välitöntä saatavuutta kasvin käyttöön.

Kasvatuskokeen aihe rajautui RAHI-hankkeessa tutkittaviin kolmeen erilaiseen lietebiohiileen, joiden ominaisuuksia ja käytettävyyttä tutkittiin astiakokeessa. Edellä mainitut lietebiohiilet määräytyivät hankkeen työryhmää kiinnostaviksi tutkimuksen

kohteiksi hankkeen ensimmäisten kasvatuskokeiden tuloksien sekä työryhmän käymien keskusteluiden pohjalta.

1.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lietebiohiileen sitoutuneiden ravinteiden saatavuutta koekasveille. Toisena tavoitteena oli tutkia, tapahtuuko kasvualustoissa ammoniumtyyppien nitrifioitumista nitraattityyppiä. Kokeen tutkimuskysymyksiksi muotoutuivat seuraavat: 1. Saavatko kasvit ravinteita käyttöönsä lietebiohiilestä, sekä 2. Havaitaanko kasvualustoissa nitrifikaatiota?

2 RAHI-hanke

Jätevedenpuhdistamon lietteiden sisältämien ravinteiden tehokas hyödyntäminen tulevaisuudessa on keskeinen ratkaistava asia kestävämmän jätteidenkäsittelyn saralla. Tällä hetkellä noin 80 % maapallon jätevesistä päätyy takaisin luontoon käsittelemättöminä. Tämä johtaa maapallon luonnollisen ravinteiden kierron häiriintymiseen, vesistöjen pilaantumiseen sekä rehevöitymiseen ja tätä kautta suurempiin dityppioksiidi- sekä metaanipäästöihin, jotka aiheuttavat ilmastonmuutoksen kiihtymistä. Kaupungistuminen myös jatkuvasti kasvattaa jätevesien määrää. (IWA, 2018.)

RAHI-hanke on Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) toimesta toteutettava hankekokonaisuus, joka tähtää kiertotalouden tehostamiseen sekä Saaristomeren tilan parantamiseen. HSY on ennen RAHI-hanketta kehittänyt menetelmiään ravinteiden ja hiilen kokonaisvaltaiseen talteenottoon RAVITA-hankkeessa sekä aiemmissa pyrolyysihankkeissa. RAHI-hankkeessa Helsingin seudun jätevesien ravinteita sekä hiiltä pyritään ottamaan talteen HSY:n kehittämällä uusilla menetelmillä. (HSY, n.d.)

RAVITA-prosessissa fosfori otetaan talteen jätevedenpuhdistusprosessin lopuksi. HSY:n kehittämällä prosessilla pyritään saamaan talteen jopa yli 60 % jäteveden sisältämästä fosforista. Tämän lisäksi puhdistamolietteeseen sitoutuu luonnollisen mikrobitoiminnan

seurauksena noin kolmasosa jätevesien fosforikuormasta. Lietteen sisältämän fosforin talteenoton tehostamiseksi puhdistamolietteitä käsitellään pyrolysoimalla. (HSY, n.d.)

HSY:n pilotoiman lietteen pyrolysoimisen ansiosta fosforin sidonta tehostuu, ja lietteestä pystytään sitomaan myös hiiltä. Pyrolyysissä kuivattua biolietteen ja puun seosta käsitellään kuumentamalla noin 30–120 minuutin ajan noin 450–650 °C lämpötilassa ja hapettomissa olosuhteissa lietebiohiileksi, joka muistuttaa puuhiiltä. Biolietteen pyrolysoiminen lietebiohiileksi myös helpottaa ja monipuolistaa talteen otettujen ravinteiden jatkokäyttöä. Lietebiohiiltä on mahdollista käyttää esimerkiksi maanparannuksessa tai hulevesien suodattamisessa. (HSY, n.d.) HSY:n toimitusjohtaja Raimo Inkisen mukaan: ”Menetelmät ovat edistyksellisiä myös maailmanlaajuisesti ja merkittäviä kiertotalouden edistäjiä. Hanke toteuttaa strategista tavoitettamme nostaa ravinteiden kierrätys- ja hyötykäyttöastetta” (HSY, 2021).

RAHI-hanke jakautuu kolmeen osaan, jotka täydentävät toisiaan. Hankkeen sivuilla osatehtäviä kuvaillaan seuraavalla tavalla: ”Hankekokonaisuuden ensimmäinen osatehtävä keskittyy RAVITA:n välituotteen eli kemiallisen lietteentuotannon markkinatestaukseen täydessä laitosmittakaavassa ja toinen osatehtävä liuotus- ja uuttoprosessin skaalaukseen täyden mittakaavan koelaitosta varten. — — Hankkeen kolmas osio keskittyy puhdistamalla syntyvästä biolietteestä tehdyn lietebiohiilen hyödyntämiseen.” (HSY, n.d.)

RAHI- hanke on ympäristöministeriön osarahoittama hanke, jonka osatoteuttajana HAMK vastaa HSY:n valmistaman lietebiohiilen hyötykäyttöön tähtäävästä tutkimuksellisesta osuudesta. HAMK tutkii HSY:n tuottaman lietebiohiilen sisältämien ravinteiden saatavuutta kasveille sekä sen erilaisia käyttömahdollisuuksia. (HSY, 2021.)

3 Typpi

3.1 Typen kierto

Typpi on maailmankaikkeuden yleisimpiä alkuaineita, ja sitä esiintyy ympäri maapalloa erilaisissa muodoissa. Ilmakehän kaasuista typpi on yleisin, edustaen lähes 80 % ilmakehän

kaasuista. Typpi on myös neljänneksi suurin rakennusaine solujen biomassossa. Maapallon suurin typpivaranto on ilmakehässä sijaitseva typpi. (Stein & Klotz, 2016; Fowler ym., 2013.)

Typen kierto ilmakehän ja maaperän sekä merien välillä on yksi maapallon keskeisimpiä biokemiallisia prosesseja. Typen kierto osatekijöineen on hyvin monimutkainen prosessi, johon ihmisen toiminta maapallolla, kuten teollisiin lannoitteisiin nojaava ruoantuotanto, päästöt sekä ravinnehuuhtoutumat, vaikuttaa. (Stein & Klotz, 2016.; Fowler ym., 2013)

Biologisen typensidonnan kautta typpeä sitoutuu maaperään sekä meriin ilmakehässä sijaitsevasta reaktiokyvyttömästä, molekyyli muodossa olevasta tyypestä. Typpi sitoutuu erilaisiksi ammoniumyhdisteiksi, kuten aminohapoiksi ja muiksi hapettuneiksi yhdisteiksi mikrobien toiminnan vaikutuksesta. Maaperään ja meriin typpeä sitoutuu typen reaktiivisissa muodoissa, kuten esimerkiksi ammoniakkinä (NH_3), ammoniumioneina (NH_4^+) tai nitriittinä (NO_2^-). Typpeä esiintyy maaperässä myös typpikaasuna (N_2) sekä sitoutuneena mineraaleihin. Reaktiivisen typen varannoista kolmasosa sijaitsee maaperässä ja 2/3 osaa merissä. (Stein & Klotz, 2016; Fowler ym., 2013; Kinnunen, 2019.)

3.2 Nitrifikaatio ja denitrifikaatio

Nitrifikaatio on prosessi, josta vastaa kolme mikro-organismien ryhmää. Ensimmäinen ryhmä on ammonium-muotoista typpeä hapettavat bakteerit (AOB) sekä arkeonit (AOA), jotka muuttavat ammoniumtyppeä nitriittimuotoon (NO_2^-). Toinen ryhmä on nitriittejä hapettavat bakteerisuvut (NOB), jotka muuttavat nitriitin nitraattimuotoon (NO_3^-). Kolmas ryhmä löydettiin *Nitrospira*-suvun mikrobeista vuonna 2015. Tämä mikro-organismien ryhmä (Comammox) pystyy hapettamaan ammoniumia nitriitiksi sekä hapettamaan nitriitit nitraateiksi, ja pystyy siis näin vastaamaan koko nitrifikaatioprosessista, jossa ammonium muuntuu nitriitin kautta nitraateiksi. Denitrifikaatio on typenpoistoprosessi, jossa maaperän anaerobiset bakteerit vapauttavat maaperän nitraatti- ja nitriittityppeä takaisin ilmakehään typpikaasuna ja typpidioksidina. Edellä mainittujen typen kiertoon kuuluvien prosessien lisäksi typpeä haihtuu maaperästä ja meristä ammoniakkinä, ja sitä palautuu ilmakehästä takaisin laskeumana. (Stein & Klotz, 2016; Rajala, 2006.)

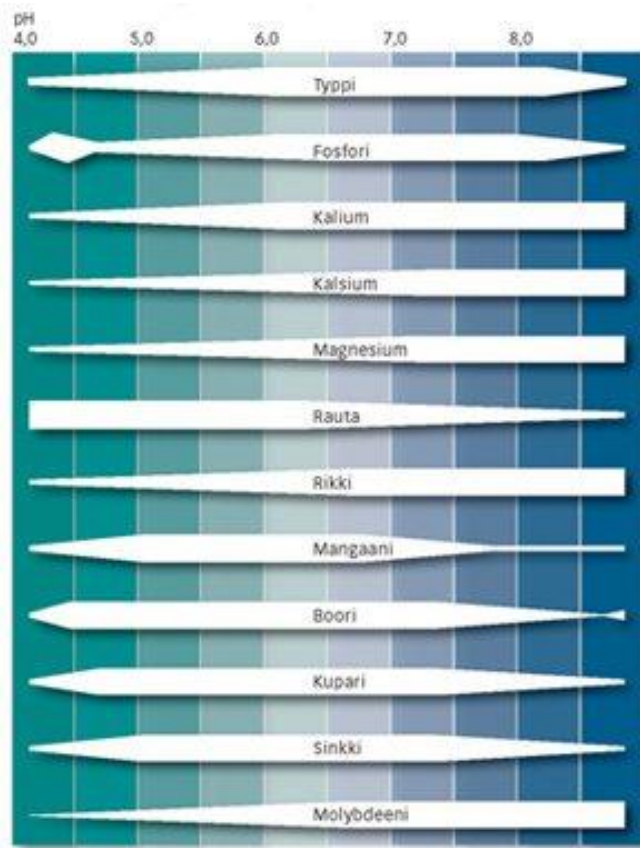
3.3 Kasvien typenotto

Typenotossa kasvit vaihtavat positiivisesti varautuneita kationeja ottaessaan typpeä ammonium-muodossa, ja vuorostaan negatiivisesti varautuneita anioneja ottaessaan typpeä nitraattimuodossa. Typpeä kasvit esimerkiksi ottavat eniten epäorgaanisessa ja liukoisessa nitraattimuodossa. Mykorritsa-sienirihmastot voivat ottaa biologisen typensidonnan avulla kasveille typpeä myös ilmakehästä, muuttaen epäreaktiivisen typen kasveille sopivaan muotoon ja saaden kasveilta vastineeksi hiilihidraatteja vaihdossa. (Fagerstedt ym., 2011; Rajala, 2006; Kinnunen, 2019.)

3.4 Ravinteidenotosta yleisesti

Kasvit ottavat maasta ravinteita ioninvaihdon ja nestevirtausten avulla. Kasvit käyttävät ravinteita elintoimintojensa ylläpitoon sekä solukoidensa rakennusaineina. Kasvien tarvitsemat ravinteet jaetaan yleisesti pääravinteisiin ja hivenravinteisiin. Pääravinteita ovat hiili, happi, vety, typpi, fosfori, Kalium, kalsium, rikki ja magnesium. Hivenravinteisiin kuuluvat, boori, kupari, sinkki, mangaani, rauta, kloori ja molybdeeni. Vedyn, hiilen ja hapen kasvit saavat ilmakehästä hiilidioksidina soluhengityksen avulla ja tarvitsemansa veden kasvit ottavat juurillaan maasta. Kivennäisravinteidenotto tapahtuu suurelta osin pieneliöstön avulla. Maan happamuus vaikuttaa siihen mitkä ravinteet ovat liukoisessa muodossa ja kasveille. (Fagerstedt ym., 2011; Rajala, 2006; Kinnunen, 2019.)

Kuva 1. pH:n vaikutus ravinteiden liukoisuuteen (Farmit.net, 2010).



4 Aineisto ja menetelmät

4.1 Kokeen aloitus

Kokeessa oli mukana kahdeksan erilaista kasvualustakäsittelyä. Yhteen toistoon kuului 3 koekasvia, ja jokaista käsittelyä kohden oli neljä toistoa. Yhtä koekasvia kohden oli siis 12 kasvia/käsittely. Koekasveja oli täten kasvilajia kohden 96 kpl ja yhteensä 192 kpl. Koeasetelma oli lohkoittain satunnaistettu eli kasvualustakäsittelyiden toistojen sijainti koepöydillä arvottiin.

Kuva 2. Esimerkki kasvatuspöydän koeasetelmasta (Erkkilä, 2022).



Kuva 3. Kasvualustakäsittelyihin lisättyjen lietebiohiilien ja viherjätekompostin määrät punnittiin ja sekoitettiin lannoittamattomaan ja kalkittuun turpeeseen (Erkkilä, 2022).



Koekasvien toistot pöydillä ympäröitiin suojarivillä samaa lajia edustavilla kasveilla, jotka oli lannoitettu Osmocote 3–4 M Standard lannoitteella 320 mg/l. Tämän lisäksi jokaisesta käsittelystä kasvatettiin kumpaakin tutkittavaa kasvia kohden neljä koekasvia, joista otettiin viikoittain puristenestenäytteitä. Nämä kasvit sijoitettiin pöytien pätyihin suojarivien viereen.

Kuva 4. Kasvatuskoeasetelma kokeen alussa kylvön jälkeen. Kasvualustakäsittelyt merkittiin erivärisillä säleillä (Erkkilä, 2022).



4.1.1 Koekasvit ja kokeen yleiset tiedot

Koekasvit tutkimuksessa olivat raiheinä (*Lolium multiflorum* var. 'Turgo Pjajberg') ja salaattikiinankaali (*Brassica rapa* var. *pekinensis*, 'Gorki F1'). Raiheinää kylvettiin ruukkuihin 1,2 g/ruukku. Kylvötiheys raiheinällä oli kaksinkertainen siementuottajan ohjeavosta. Salaattikiinankaalia kylvettiin 5 siementä/ruukku.

Koecosaston pinta-ala oli 64 m², ja yhden koepöydän koko oli 1,2 m * 3,3 m, eli yhteensä n. 4m². Koecosaston lämpötilaksi säädettiin klo 07:00-21:00 välillä 21 °C ja klo 21:00-07:00 välillä 19 °C. Koecosaston valotusaika oli 10 tuntia vuorokaudessa klo 07:00-21:00 välillä, ja HPS-valaisinten asennusteho oli huoneessa 125 W/m².

Kasvatuskoe aloitettiin 31.1.2022. Kiinankaalin kasvatuskoe purettiin 23.2.2022, ja raiheinän kasvatuskoe 30.3.2022. Kiinankaalin viljelyaika oli 24 vuorokautta ja raiheinän 54 vuorokautta.

4.1.2 Kasvatuskokeen koeasetelma

Taulukko 1. Koeasetelma ja toistojen sijainti pöydillä kummankin koekasvin kohdalla.

Taulukossa näkyy ensin käsittelyn numero (K) ja sen jälkeen toiston numero (T).

x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	K1/T4	K1/T4	K4/T4	K4/T4	x	x	K1/T2	K1/T2	K4/T2	K4/T2	x
x	K1/T4	K3/T4	K2/T4	K4/T4	x	x	K1/T2	K3/T2	K2/T2	K4/T2	x
x	K3/T4	K3/T4	K2/T4	K2/T4	x	x	K3/T2	K3/T2	K2/T2	K2/T2	x
x	K8/T4	K8/T4	K5/T4	K5/T4	x	x	K8/T2	K8/T2	K5/T2	K5/T2	x
x	K8/T4	K6/T4	K7/T4	K5/T4	x	x	K8/T2	K6/T2	K7/T2	K5/T2	x
x	K6/T4	K6/T4	K7/T4	K7/T4	x	x	K6/T2	K6/T2	K7/T2	K7/T2	x
x	K7/T3	K7/T3	K4/T3	K4/T3	x	x	K7/T1	K7/T1	K4/T2	K4/T2	x
x	K7/T3	K8/T3	K1/T3	K4/T3	x	x	K7/T1	K8/T1	K1/T1	K4/T2	x
x	K8/T3	K8/T3	K1/T3	K1/T3	x	x	K8/T1	K8/T1	K1/T1	K1/T1	x
x	K5/T3	K5/T3	K6/T3	K6/T3	x	x	K5/T1	K5/T1	K6/T1	K6/T1	x
x	K5/T3	K3/T3	K2/T3	K6/T3	x	x	K5/T1	K3/T1	K2/T1	K6/T1	x
x	K3/T3	K3/T3	K2/T3	K2/T3	x	x	K3/T1	K3/T1	K2/T1	K2/T1	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

4.2 Kasvualustakäsittelyt

4.2.1 Käsittelyiden lannoitusmäärät

Kokeessa oli tavoitteena tasata kasvualustakäsittelyiden 3, 4, ja 6 sisältämä typen määrä 320 mg/l. Kokeen käsittely 3 oli lannoitekontrolli, joka oli lannoitettu kaupallisella Osmocote 3-4 M Standard lannoitteella (NPK 16-9-12+2MgO+TE). Käsittelyihin 5 ja 7 oli lisätty viherjätekompostia 30 g, jotta kasvualustoihin saataisiin hyötyeliöitä vapauttamaan lietebiohiilien ravinteita. Viherjätekompostin tuoman typpilisän määritettiin olevan 119 mg/l.

Käsittely 1 oli lannoittamaton kontrollikäsittely, ja käsittely 2:n oli lisätty vain kokeessa käytetty viherjätekomposti, jotta voitaisiin tutkia, kuinka suuri merkitys viherjätekompostin sisältämällä ravinteilla olisi suhteessa käsittelyihin, joihin sitä ei lisätty.

Käsittelyn 8 tarkoitus kokeessa oli selvittää RAHI-hankkeelle, estääkö tai vähentääkö lietebiohiilien lisääminen kasvualustaan typen saatavuutta kasveille. Tämä käsittely lannoitettiin 320 mg/l kaupallisella lannoitteella, ja käsittelyyn lisättiin myös RAHI-hankkeen aiemmassa kasvatuskokeessa mukana ollutta lietebiohiiltä 27,1 g, joka toi kasvualustaan 256 mg lisää typpeä.

Taulukko 2. Kasvualustakäsittelyt.

Kasvualustakäsittely:	Kasvualustan koostumus:	Lisätyn typen määrä ja lähde Ntot/mg
1. 0-kontrolli	turve 1 l (pH 6)	0 mg
2. 0-kontrolli + komposti	Viherjättekoposti 30 g, turve 1 l (pH 6)	Kompostin sisältämä typpi: 119 Ntot/mg
3. Lannoitekontrolli	Osmocote 3-4 M Standard + turve 1 l (pH 6)	Osmocote 3-4 M Standard 320 Ntot/mg
4. Raudaton lietebiohiili	Lietebiohiili 9, 9,5 g + turve 1 l (pH 6)	Lietebiohiilen tuoma typpi 320 Ntot/mg
5. Raudaton lietebiohiili + komposti	Lietebiohiili 9, 9,5 g + viherjättekoposti 30 g ja turve 1 l (pH 6)	Lietebiohiilen tuoma typpi 320 mg + kompostin 119 mg = 439 Ntot/mg
6. HSY lietebiohiili	Lietebiohiili 10 23,2 g, turve 1 l (pH 6)	Lietebiohiilen tuoma typpi 320 Ntot/mg
7. HSY lietebiohiili + komposti	Lietebiohiili 10, 23,2 g + viherjättekoposti 30 g, turve 1 l (pH 6)	Lietebiohiilen tuoma typpi 320 mg + kompostin 119 mg = 439 Ntot/mg
8. HSY lietebiohiili + Osmocote	HSY lietebiohiili 27,1 g + Osmocote 3-4 M Standard, 1 l turve (pH 6)	Osmocote 3-4 M Standard 320 mg + HSY vedellä sammutettu lietebiohiili 256 mg = 576 Ntot/mg

4.3 Mittausaineisto

4.3.1 Kuiva-aineen määrittäminen

Kuiva-aineen määrittämistä varten kiinankaalin kasvusto leikattiin kokeen lopuksi. Taimet leikattiin poikki juurenniskan kohdalta kasvualustaa myöten ja kerättiin koekasvikohtaisiin pusseihin kuivapainon määrittämiseksi. Kasvimateriaalia kuivattiin uunissa noin 60 asteessa kahden päivän ajan, jonka jälkeen kasvimateriaali punnittiin vaa'alla. Ennen kasvuston keräämistä, paperipusseja oli kuivattu noin kahden vuorokauden ajan uunissa 60 asteessa, jotta voitiin selvittää tyhjien pussien paino ennen kuiva-aineen keräämistä ja määrittämistä.

Kiinankaalin kasvatuskoetta purettaessa laskettiin myös taimimäärä, jotta pystyttiin määrittämään keskimääräinen yhden taimen paino. Kuiva-aineen painon määrittämisen jälkeen koekasveista kerättiin jokaisesta käsittelystä, edustava näyte kuiva-ainetta. Näytteet lähetettiin Eurofinns Oy:n laboratorioon, jossa kuiva-aineesta tehtiin kasvianalyysit.

Raiheinän kohdalla kasvustoa leikattiin kokeen aikana kolme kertaa noin kolmen viikon välein. Kokeen loppuksi, kun kasvusto leikattiin viimeisen kerran, kasvimateriaa kuivattiin kiinankaalin tavoin, ja kuiva-aineen määrä punnittiin. Kuiva-aineen mittaamisen jälkeen kerätystä ja kuivatusta kasvustosta koottiin edustava näyte käsittelykohtaisesti, joka sisälsi eri leikkuukertojen kuiva-ainetta ja edusti täten ravinnepitoisuuksia kasvustossa kokeen eri kasvuvaiheissa.

Kuva 5. Kiinankaalin kasvatuskoetta purettaessa ruukkukohtaiset taimimäärät laskettiin ennen kasvuston alas leikkaamista (Leppäkoski, 2022).



4.3.2 Juuriston määrittäminen

Juuriston laatu määriteltiin koekasvikohtaisesti ja silmämääräisesti seuraavalla asteikolla: 1 (erittäin heikko juuristo), 2. (heikko juuristo), 3 (kohtalainen juuristo), 4 (hyvä juuristo) ja 5

(erinomainen juuristo) (kuva 5). Asteikko määritettiin koekasveja toisiinsa vertaamalla, ja asteikon laajuus määritettiin erojen mukaan.

Kuva 6. Juuriston määrittämiseen käytetty asteikko (Leppäkoski, 2022).



4.3.3 Johtokyky ja pH

Kokeen aikana johtokykyä mitattiin sekä oman seurannan avulla, että Hortilabs Oy:n laboratorion tekemien kaupallisten analyysien avulla. Oma seuranta kokeen aikana tehtiin viikoittain, ja johtokyky sekä pH-lukemat kummankin koekasvin kaikista käsittelyistä mitattiin. Tämän lisäksi puristenestenäytteitä lähetettiin kaupallisiin laboratorioihin kokeen puolivälissä ja lopussa. Näytteistä määritettiin johtokyvyn ja pH-lukeman lisäksi ravinnepitoisuudet pääravinteista sekä hivenravinteista.

4.3.4 Typpianalyysit

Kasvualustojen ammoniumtypen ja nitraattitypen välistä suhdetta seurattiin kokeen aikana tekemällä typpianalyysijä puristenestenäytteistä Visamäen kellarilaboratoriossa. Nitraattitypen määrää kasvualustoissa mitattiin Hach-Lange spektrofotometrillä. Ammoniumtypen määrää kasvualustoissa seurattiin Kjeltec 8200 tislauksyksiköllä. Typpianalyysien ohessa tehtiin myös kasvualustojen pH-arvon määrittäminen.

4.3.5 Mittausaineiston käsittely

Kaikki mitatut tulokset kasvualustakäsittelyistä kerättiin koekasvikohtaisesti Excel-tiedostoihin, ja näistä mitatuista tuloksista piirrettiin kuvaajia. Kuivapainoista tehtiin yhden muuttujan varianssianalyysit sekä parivertailut JMP-pro tilastoanalyysiohjelmalla. Käytetty menetelmä oli Studentin t-testi.

Kuva 7. Kiinankaalin kasvatuskokeen kaikki käsittelyt koetta purettaessa (Erkkilä, 2022).



Kuva 8. Koehuoneen näkymä kokeen toiselta viikolta (Erkkilä, 2022).



Kuva 9. Koehuoneen hoitotöitä (Leppäkoski, 2022).



Kuva 10. Raiheinän kasvustot käsittelyittäin kokeen lopussa (Erkkilä, 2022).

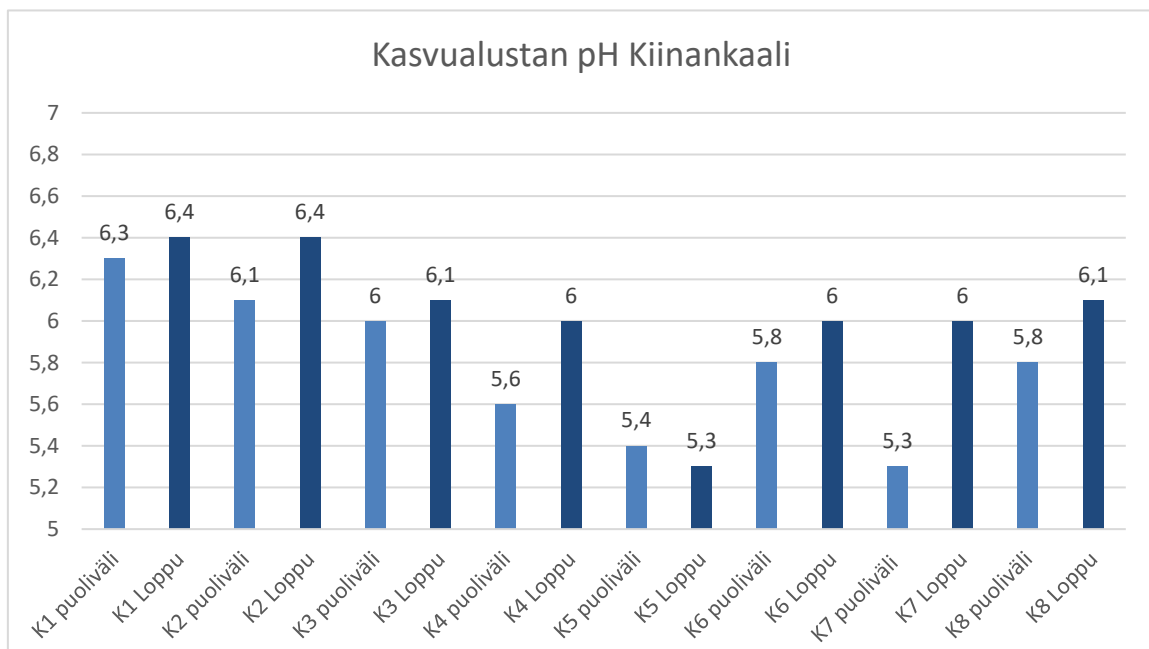


5 Tulokset

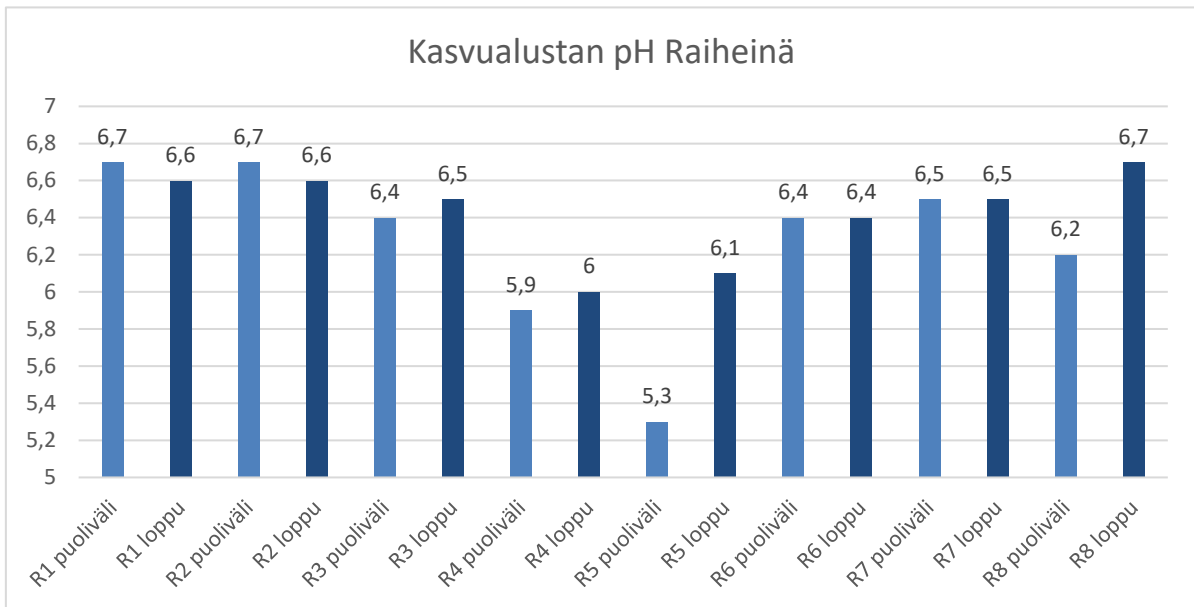
5.1 Kasvualustojen happamuus (pH)

Käsittelyiden pH-arvot olivat käsittelyiden välillä keskenään lähes samaa tasoa, lukuun ottamatta käsittelyä 5, jonka pH-lukemat jäivät alhaisemmiksi. Käsittely 5 kasvoi kuitenkin hyvin, ja sai mittauksien mukaan käyttöönsä hyvin ravinteita verrattuna muihin käsittelyihin. (Kuva 9 ja 10)

Kuva 11. Kiinankaalin kasvualustojen happamuus käsittelyittäin kokeen puolivälissä ja lopussa.

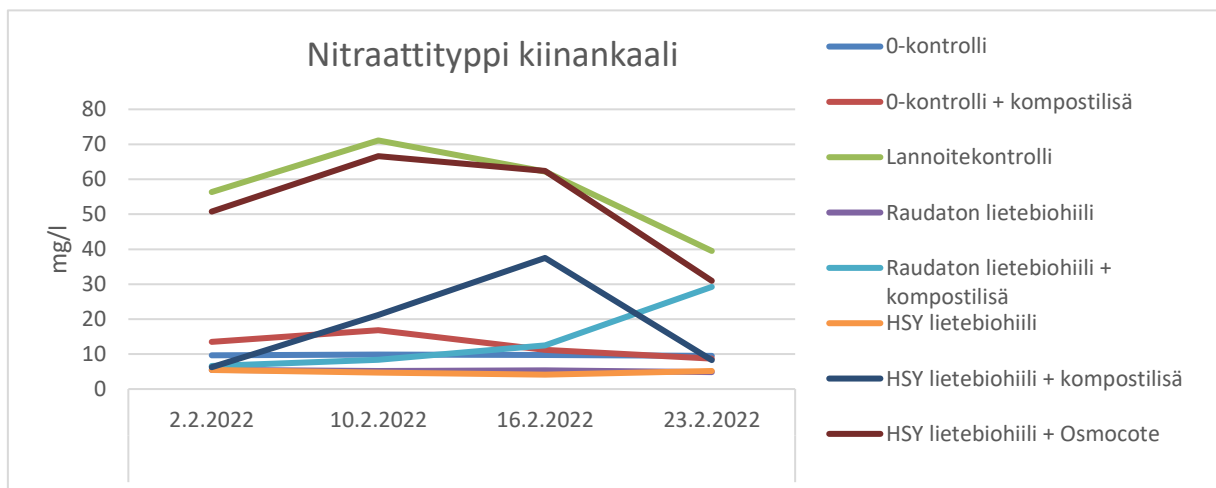


Kuva 12. Raiheinän kasvualustojen happamuus käsittelyittäin kokeen puolivälissä ja lopussa.

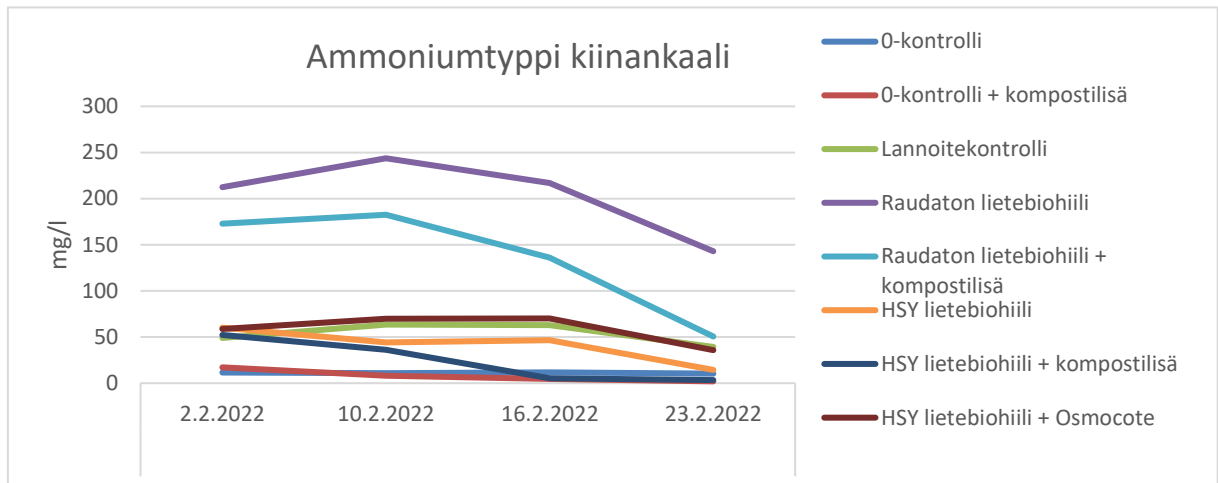


5.2 Puristenestenäytteiden ammoniumtypen ja nitraattitypen suhde

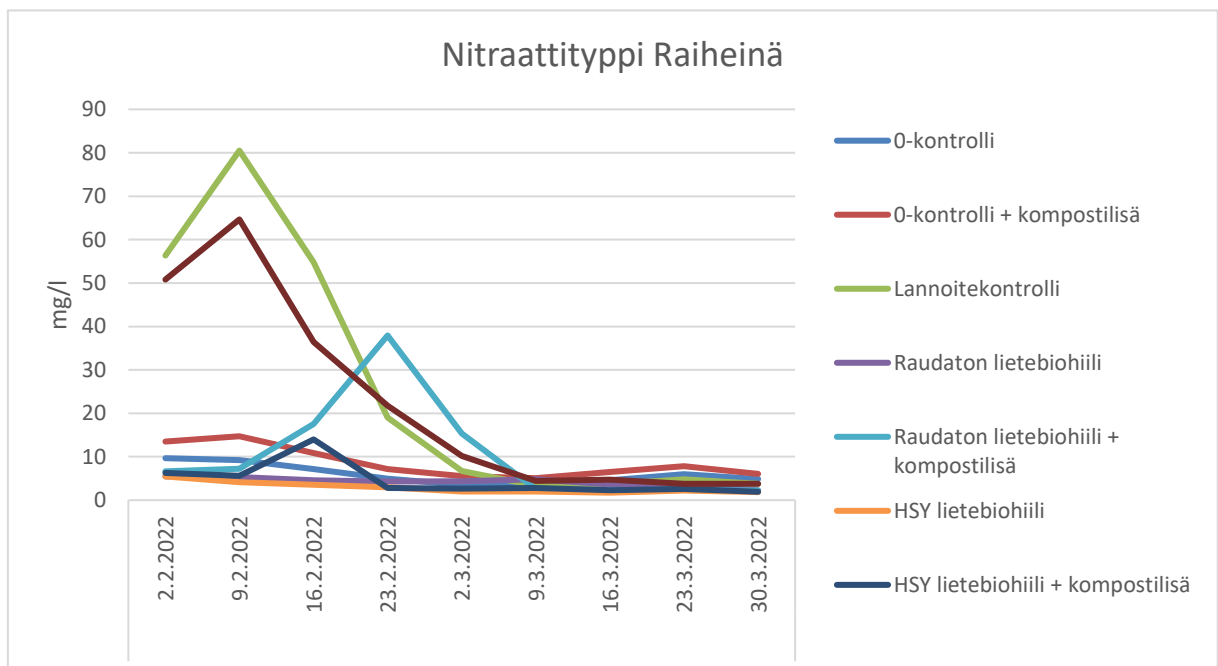
Kuva 13. Kiinankaalin nitraattitypen määrä käsittelyittäin kokeen aikana.



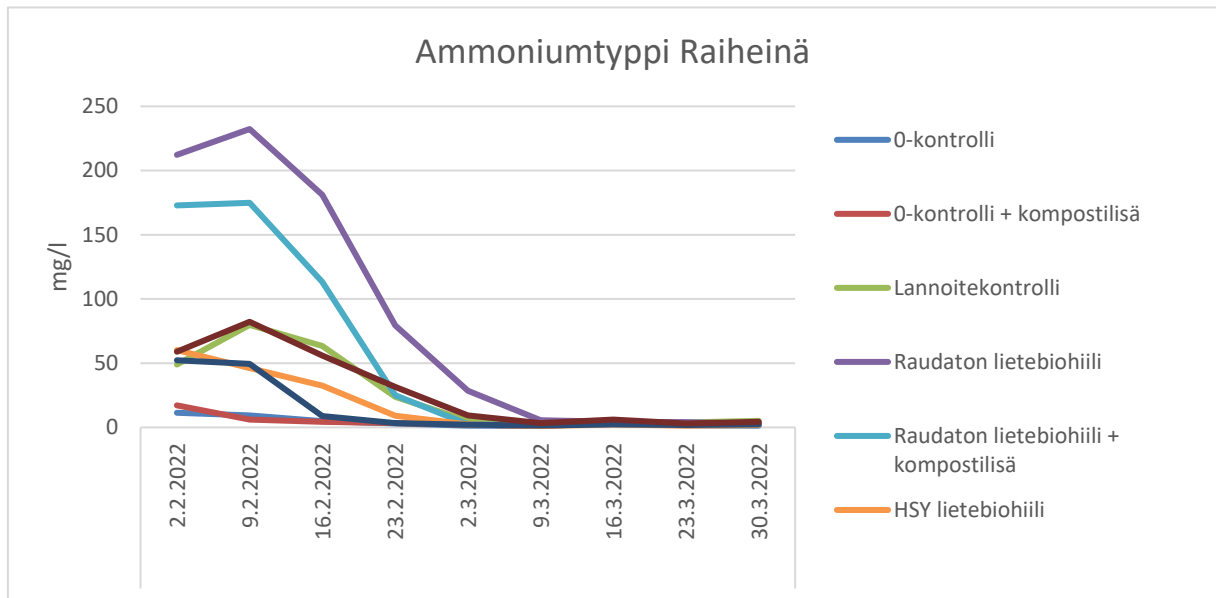
Kuva 14. Kiinankaalin ammoniumtyypen määrä käsittelyittäin kokeen aikana.



Kuva 15. Raiheinän nitraattityypen määrä käsittelyittäin kokeen aikana.

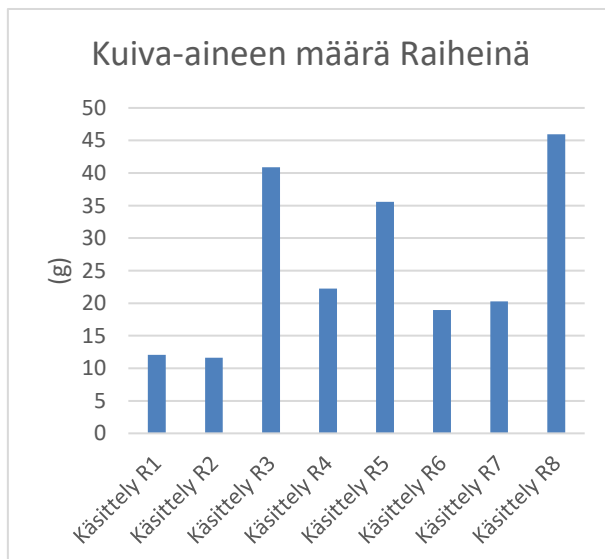


Kuva 16. Raiheinän ammoniumtyypen määrä käsittelyittäin kokeen aikana.

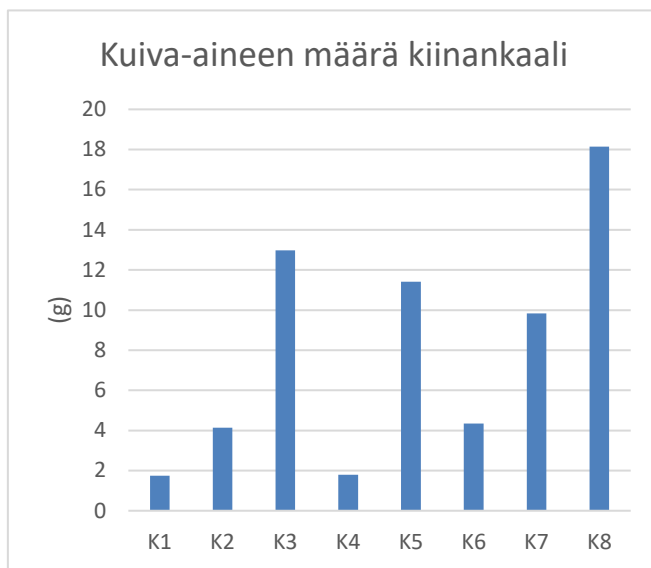


5.3 Kuiva-aineiden määrät koekasvikohtaisesti ja käsittelyittäin

Kuva 17. Kuiva-aineen määrät käsittelyittäin, raiheinä.

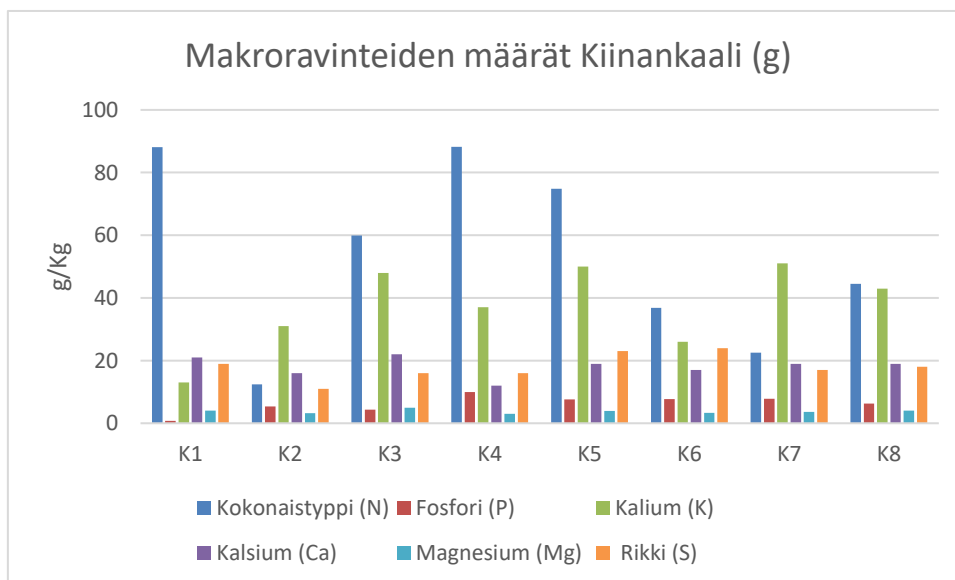


Kuva 18. Kuiva-aineen määrät käsittelyittäin, kiinankaali.

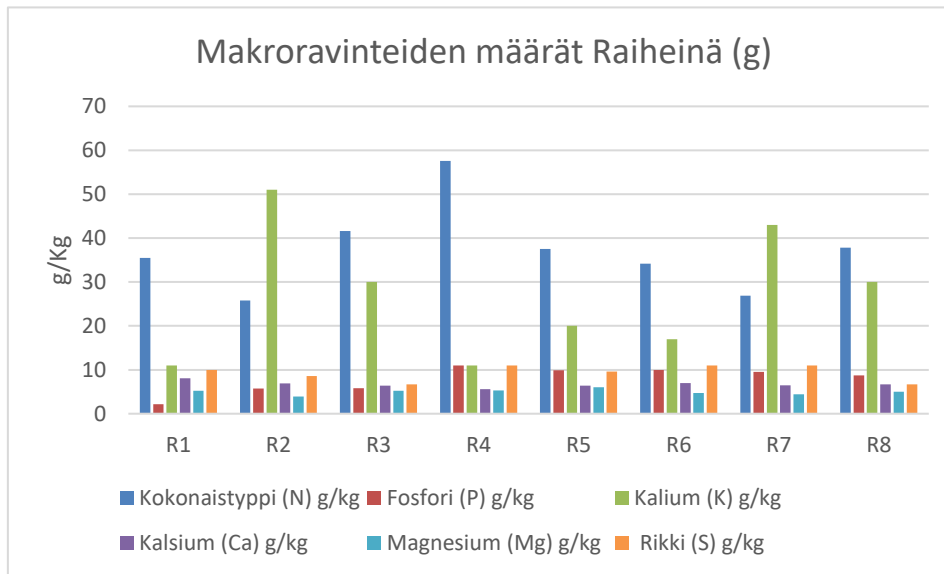


5.4 Kuiva-aineiden pääravinteiden määrät ja koekasvien typenotto

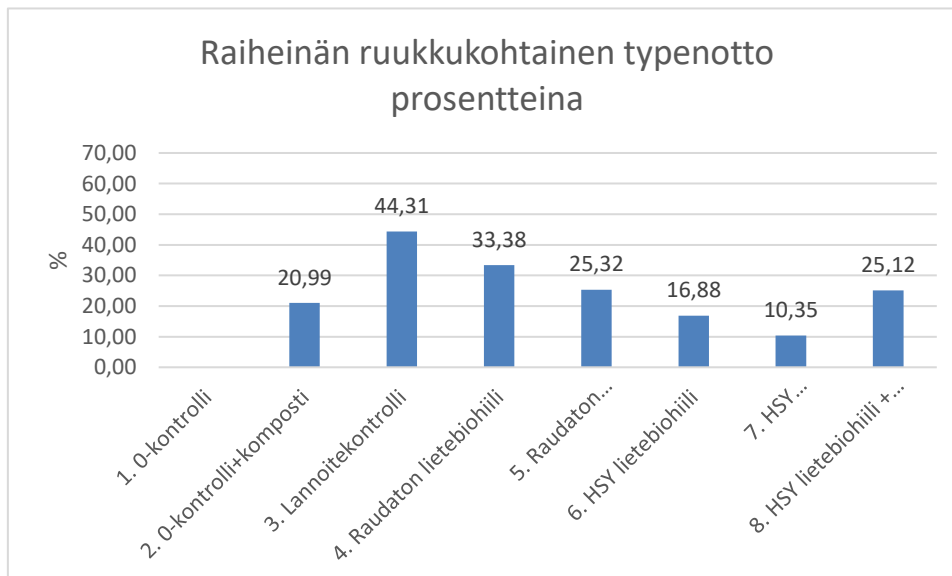
Kuva 19. Makroravinteiden pitoisuudet käsittelyittäin kiinankaalilla.



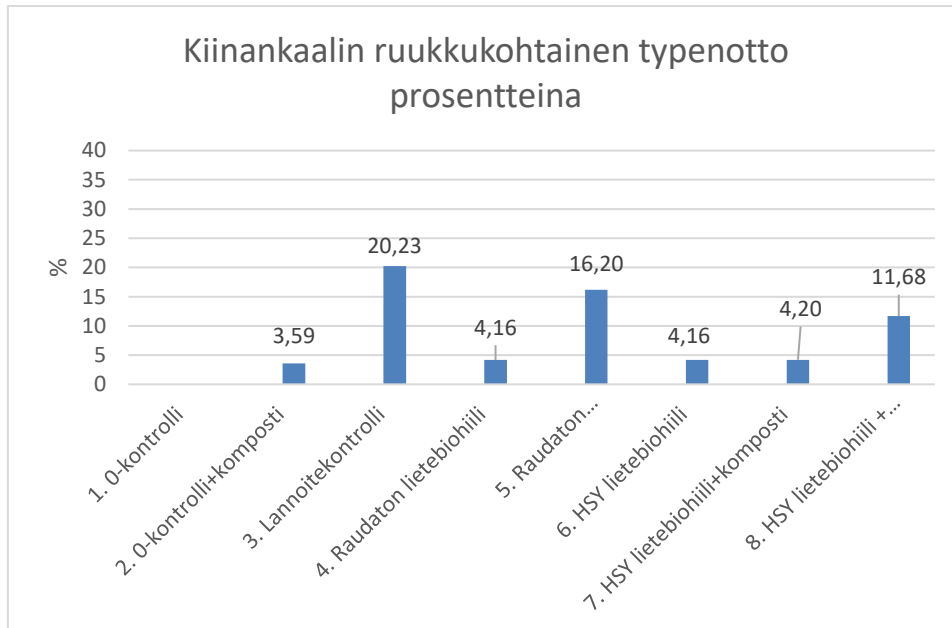
Kuva 20. Makroravinteiden pitoisuudet käsittelyittäin Raiheinällä.



Kuva 21. Raiheinän ruukkukohtainen typenotto prosentteina.



Kuva 22. Kiinankaalin ruukkukohtainen typenotto prosentteina suhteessa annettuun kokonaistyyppimäärään.



5.5 Kuivapainon varianssianalyysit

Kuivapainojen erot kasvualustakäsittelyiden välillä olivat erittäin merkitseviä kummankin koekasvin kohdalla. Varianssianalyysin p-luvuksi tuli $p > 0,0001$, joka tarkoittaa, että tulos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (taulukko 3).

Taulukko 3. Raiheinän ja kiinankaalin kuivapainojen varianssianalyysin tulokset.

Kuivapainojen varianssianalyysit	
Käsittely	p-Arvo
Raiheinä	<,0001*
Kiinankaali	<,0001*

5.5.1 Koekasvien kuivapainojen parivertailut

Taulukko 4. Koekasvien parivertailun tulokset.

Käsittelyparit			p-Arvo			Käsittelyparit			p-Arvo		
R8	R2	<,0001*	K8	K1	<,0001*						
R8	R1	<,0001*	K8	K4	<,0001*						
R3	R2	<,0001*	K8	K2	<,0001*						
R3	R1	<,0001*	K8	K6	<,0001*						
R8	R6	<,0001*	K3	K1	<,0001*						
R8	R7	<,0001*	K3	K4	<,0001*						
R5	R2	<,0001*	K5	K1	<,0001*						
R8	R4	<,0001*	K5	K4	<,0001*						
R5	R1	<,0001*	K3	K2	<,0001*						
R3	R6	<,0001*	K3	K6	<,0001*						
R3	R7	<,0001*	K8	K7	<,0001*						
R3	R4	<,0001*	K7	K1	<,0001*						
R5	R6	<,0001*	K7	K4	<,0001*						
R5	R7	<,0001*	K5	K2	<,0001*						
R5	R4	<,0001*	K5	K6	0,0001*						
R4	R2	<,0001*	K8	K5	0,0002*						
R8	R5	<,0001*	K7	K2	0,0010*						
R4	R1	<,0001*	K7	K6	0,0014*						
R7	R2	<,0001*	K8	K3	0,0024*						
R7	R1	<,0001*	K3	K7	0,0511						
R6	R2	<,0001*	K6	K1	0,1023						
R6	R1	<,0001*	K6	K4	0,1087						
R3	R5	0,0005*	K2	K1	0,1300						
R8	R3	0,0009*	K2	K4	0,1379						
R4	R6	0,0204*	K5	K7	0,3134						
R4	R7	0,1472	K3	K5	0,3164						
R7	R6	0,3340	K6	K2	0,8967						
R1	R2	0,7547	K4	K1	0,9741						

5.5.2 Koekasvien kuivapainojen parivertailun ryhmäjaot

Taulukko 5. Raiheinän kuivapainojen parivertailun ryhmäjaot.

Käsittely	Keskiarvo	
R8	A	3,8275000
R3	B	3,4083333
R5	C	2,9641667
R4	D	1,8541667
R7	D E	1,6883333
R6	E	1,5791667
R1	F	1,0033333
R2	F	0,9683333

Taulukko 6. Kiinankaalin kuivapainojen parivertailujen ryhmäjaot.

Käsittely		Keskiarvo
K8	A	1,5116667
K3	B	1,0808333
K5	B	0,9508333
K7	B	0,8200000
K6	C	0,3616667
K2	C	0,3450000
K4	C	0,1500000
K1	C	0,1458333

6 Tulosten tulkinta

Kokeen tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että kokeen kasvualustakäsittelyistä, käsittelyillä 5, 7 ja 8 kokonaistypen määrä kasvualustoissa oli korkeampi kuin muissa käsittelyissä. Käsittelyssä 8 tämä kokonaistypen määrä oli huomattavasti muita käsittelyjä korkeampi (taulukko 2). Tämä vaikeuttaa tulkintaa siitä, mitä ravinteita koekasvit ovat saaneet hyödynnettyä, ja tekee myös käsittelyiden vertailusta suoraan toisiinsa haastavaa. Ammoniumtypen määrä kokeen alussa kasvualustakäsittelyissä 4 ja 5 on niin korkea, että tämän voi olettaa haitanneen kasvien kasvua kokeen alkupuolella (kuva 14 ja 16).

Kummankin koekasvin kohdalla korkeimmat arvot kuiva-aineen määrän suhteen antoivat käsittelyt 3 ja 8, jotka sisälsivät kaupallisia lannoitteita (kuvat 17 ja 18). Kaikista matalimmat tulokset kuiva-aineen määrän suhteen antoi käsittely 1, joka ei sisältänyt lainkaan lisättyjä ravinteita (kuvat 17 ja 18). Tuloksista on pääteltävissä, että kaupallisten väkilannoitteiden ravinteet olivat kasveille parhaiten saatavissa.

Käsittelyn 8 tarkoitus kokeessa oli selvittää RAHI-hankkeelle, estääkö tai vähentääkö lietebiohiilen lisääminen kasvualustaan ravinteiden saatavuutta kasveille. Käsittelyiden 3 ja 8 tulokset olivat ammoniumtypen ja nitraattitypen suhdetta mitattaessa hyvin samankaltaiset, vaikka käsittely 8 kokonaistypen määrä kasvualustassa oli huomattavan suuri muihin käsittelyihin verrattuna (kuvat 13–16 ja taulukko 2). Kasvualustakäsittely 8 sisälsi yhtä paljon väkilannoitteen ravinteita kuin lannoitekontrollikäsittely 3.

Tästä huolimatta käsittelyn 8 typenotto oli kiinankaalin kohdalla puolet lannoitekontrollia heikompi, ja raiheinän kohdallakin huomattavasti käsittelyä 3 alhaisempi (kuvat 21 ja 22). Kuiva-aineen määrä oli käsittelyllä 8 hieman käsittelyä 3 suurempi, mutta ero ei ollut suhteessa kokonaistypen määrän eroihin kasvualustoissa (kuvat 17 ja 18). Tulokset huomioiden lietebiohiili ei ainakaan lisännyt koekasvien typen saantia annetussa suhteessa, mutta siitä voi havaita olleen hyötyä kasveille. Selvää näyttöä siitä, että lietebiohiili laskisi ravinteiden saatavuutta kasveille, ei löytynyt. Tuloksia voisi selittää se, että käsittelyn 8 lietebiohiili ei ole luovuttanut ravinteita kasveille. Koekasvit ovat mahdollisesti hyödyntäneet lähinnä kasvualustaan lisätyt väkilannoitteiden ravinteet.

Käsittelyiden 5 ja 7 tarkoitus kokeessa oli tutkia, auttaako viherjätekompostin lisääminen kasvualustojen ammoniumtypen nitrifioitumista nitraattitypeksi. Käsittelyiden 5 ja 7 ammoniumtypen ja nitraattitypen seuranta antoi kummankin koekasvin kohdalla tuloksia, joiden mukaan ammoniumtypen määrä kasvualustoissa laski samaan aikaan kun nitraattitypen määrä kasvoi. Käsittelyiden typen seurannan tulokset kummankin koekasvin kohdalla antavat selviä viitteitä siitä, että kasvualustoissa olisi tapahtunut nitrifikaatiota (kuvat 13–16).

Käsittelyn 2 kasvualustoissa oli havaittavissa hyvin pientä nitraattitypen määrän nousua, mutta ei lainkaan niin selvästi, kuin käsittelyiden 5 ja 7 kohdalla. Raiheinän kohdalla, jonka viljelyaika kokeessa oli huomattavasti pidempi kuin kiinankaalin, oli havaittavissa myös, että koekasvit olivat kokeen puoleen väliin mennessä käyttäneet suurimman osan saatavilla olevasta tyyppistä (kuvat 13–16).

Käsittelyn 5 kuiva-aineen määrät olivat suurimmat heti kaupallisia lannoitteita sisältäneiden käsittelyiden 3 ja 8 jälkeen (kuvat 17 ja 18). Käsittelyn 5 typenotto oli kiinankaalin kohdalla selvästi suurin kaikista lietebiohiiltä sisältäneistä käsittelyistä. Käsittelyn 5 typenotto oli koekasvi kiinankaalin kohdalla lähes nelinkertainen suhteessa käsittelyyn 7, jonka kokonaistypen taso oli yhtä korkea kuin käsittelyn 5, ja joka sisälsi saman verran viherjätekompostia (kuva 22).

Kun vertaa käsittelyistä 4 ja 5 saatuja tuloksia, voidaan huomata selviä eroja kuiva-aineen sekä nitraattitypen määrässä (kuvat 17, 18, 13 ja 15). Ammoniumtypen määrä kokeen alussa oli käsittelyn 4 kohdalla kaikista koekasveista korkein (14 ja 16). Käsittelyn 5 kuiva-aineen ja nitraattitypen määrä on kuitenkin selvästi käsittelyä 4 korkeampi (kuvat 17, 18, 13 ja 15). Kokeen aikana oli myös selvästi havaittavissa, että käsittely 5 kasvoi muita lietebiohiiltä sisältäneitä käsittelyjä paremmin. Se oli myös kasvun määrältään lähimpänä lannoitekontrollikäsittelyä 3 sekä eniten ravinteita sisältänyttä käsittelyä 8 (kuvat 17 ja 18).

Ainoa tulos, joka ei selvästi osoita viherjätekompostin lisäämisestä olleen hyötyä käsittelyiden 4 ja 5 välillä on käsittelyn 4 saama korkeampi tulos raiheinän typenoton suhteen (kuva 21). Tätä poikkeamaa voi selittää se, että raiheinä pystyi hyödyntämään ammoniumtyppeä huomattavasti paremmin kuin kiinankaali. Kuiva-ainemäärien pohjalta voi kuitenkin todeta, että kasvun määrä oli suurempi käsittelyllä 5 (kuva 17).

Ainoa erottava tekijä samaa lietebiohiiltä sisältäneiden käsittelyiden 4 ja 5 välillä on viherjätekompostilisäys käsittelyn 5 kohdalla. Merkittäviä eroja näiden käsittelyiden välillä ei siis pystytä selittämään muilla tekijöillä. Lietebiohiili 5 sai kyllä viherjätekompostin mukana hieman enemmän ravinteita käyttöönsä, mutta se ei täysin selitä erojen suuruutta, eikä varsinkaan käsittelyiden välillä olevan liukoisen typen määrän selvää eroa kummankin koekasvin suhteen (kuvat 13 ja 15).

Käsittelyiden kuivapainosta tehdyt varianssianalyysit osoittivat kasvualustakäsittelyiden välillä olevan tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja kummankin koekasvin kohdalla (taulukko 3). Alhaisimmat kuivapainojen keskiarvot raiheinän kohdalla antoivat kokeen matalaravinteisimmat käsittelyt 1 ja 2. Kuivapainojen parivertailu osoitti, että raiheinän käsittely 5 poikkesi kaikista muista käsittelyistä. Kuivapainojen keskiarvoja tarkasteltaessa käsittely 5 oli lähimpänä käsittelyä 3, joka oli kokeen lannoitekontrolli, sekä käsittelyä 8, joka oli kokeen käsittelyistä ravinnepitoisin (taulukko 5).

Kiinankaalin kohdalla kuivapainojen parivertailu osoitti käsittelyiden välillä kolme erillistä ryhmää. Parivertailu laski raudatonta lietebiohiiltä sekä kompostia sisältäneet käsittelyt 5 ja 7 samaan ryhmään käsittelyn 3 kanssa, joka oli kokeen lannoitekontrolli. Kuivapainojen

tarkastelun perusteella siis käsittelyt 5 ja 7 ylsivät kasvussaan lähelle lannoitekontrollin tasoa. Parivertailu laski kiinankaalikokeen kasvualustakäsittelyistä vähiten ravinteita sisältäneet käsittelyt omaksi ryhmäkseen C. Kuivapainojen keskiarvot näillä käsittelyillä olivat huomattavasti muita käsittelyitä alhaisemmat (taulukko 6).

7 Johtopäätökset

Tässä kokeessa havaittu ammoniumtypen ja nitraattitypen suhteiden kehitys kokeessa olleiden käsittelyiden välillä antaa selviä viitteitä siitä, että kasvualustoissa olisi tapahtunut nitrifikaatiota, ja että ammoniumtyyppiä olisi muuttunut liukoiseen muotoon kasvien käyttöön. Seurannassa kerätyn aineiston ja tehtyjen analyysien määrä ei kuitenkaan riitä itsessään todistamaan tätä varmaksi tiedoksi, mutta käsittelyistä saadut muut tulokset vaikuttavat olevan saman suuntaisia tämän oletuksen kanssa.

Nitrifikaatiosta saatiin siis kokeessa selviä viitteitä, mutta asiaa pitäisi tutkia enemmän. Typen seuranta vaatisi jatkossa useampia rinnakkaisia näytteitä, jotta tilastolliset poikkeamat pystyttäisiin karsimaan. Olisi olennaista tehdä erillisiä tutkimuksia keskittyen juuri lietebiohiilien sisältämän ammoniumtypen nitrifikaatioon.

Koekasvit pystyivät kokeen tuloksien perusteella myös selvästi hyödyntämään kasvualustoihin lisättyjen lietebiohiilien ravinteita, mutta eri lietebiohiilien suhteen oli keskenään paljon eroja sen välillä, kuinka paljon ravinteita kasvit saivat käyttöönsä. Esimerkiksi osa käsittelyistä onnistui raiheinän kohdalla selvästi hyödyntämään ammoniumtyyppiä myös ilman kompostin lisäämistä. Kiinankaalin liebiotehiilellä lannoitettu käsittely ylsi prosentuaalisen typenoton kohdalla parhaimmillaan lähelle samaa tasoa lannoitekontrollin kanssa. Samansuuntaisiin tuloksiin päästiin myös raiheinän lietebiohiilellä lannoitetun käsittelyn kohdalla. Kokeessa havaittiin selviä merkkejä nitrifikaatiosta, mutta ravinteiden saatavuudessa koekasveille oli huomattavia eroja käsittelyiden välillä, joissa nitrifikaatiota näytti esiintyvän.

Kummankin tutkimuskysymyksen kohdalla saatiin tuloksia, jotka viittaavat siihen, että kasvien on mahdollista hyödyntää lietebiohiilien ravinteita, ja että lietebiohiilien ammonium-

muodossa olevaa typpeä on mahdollista saada kasvualustoissa liukoiseen nitraattimuotoon. Aihe vaatii kuitenkin tarkempaa tutkimusta siitä, minkä kaltaiset lietebiohiilen koostumukset vapauttavat hyvin ravinteita kasvien saataville, ja miten ravinteiden saatavuutta olisi mahdollista edesauttaa.

Lähteet

Fagerstedt, K., Linden, L., Santanen, A. & Väinölä, A. (2011). *Kasvioppi: siemenestä satoon*. Edita Publishing Oy.

Farmit.net. (11.10.2010). *Kalkituksen vaikutukset*.

<https://www.farmit.net/kasvinviljely/kalkitus/kalkin-vaikutukset>

Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, J. N., Reis, S., Sheppard, L. J., Jenkins, A., Grizzetti, B., Galloway, J. N., Vitousek, P., Leach, A., Bouwman, A. F., Butterbach-Bahl, K., Dentener, F., Stevenson, D., Amann, M. & Voss, M. (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 368(1621)

<https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0164>

HAMK (n.d.). *RAHI-Lietehiili*. Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK.

<https://www.hamk.fi/projektit/rahi-lietehiili/>

HSY. (n.d.). *Jäteveden ravinteiden ja hiilen kokonaisvaltainen talteenotto (RAHI)*. Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY.

<https://www.hsy.fi/ymparistotieto/projektit-ja-hankkeet/rahi-hanke/>

HSY. (18.2.2021) *Jäteveden ravinteet ja hiili tehokkaasti kiertoon uudella menetelmällä*

[Lehdistötiedote]. STT Info. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/jateveden-ravinteet-ja-hiili-tehokkaasti-kiertoon-uudella-menetelmalla?publisherId=4346&releaseId=69901273>

IWA. (2018). *The Reuse Opportunity. Wastewater Report 2018*. The International

Water Association. <https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2018/02/v7-OFID-Wastewater-report-2017-screen-1.pdf>

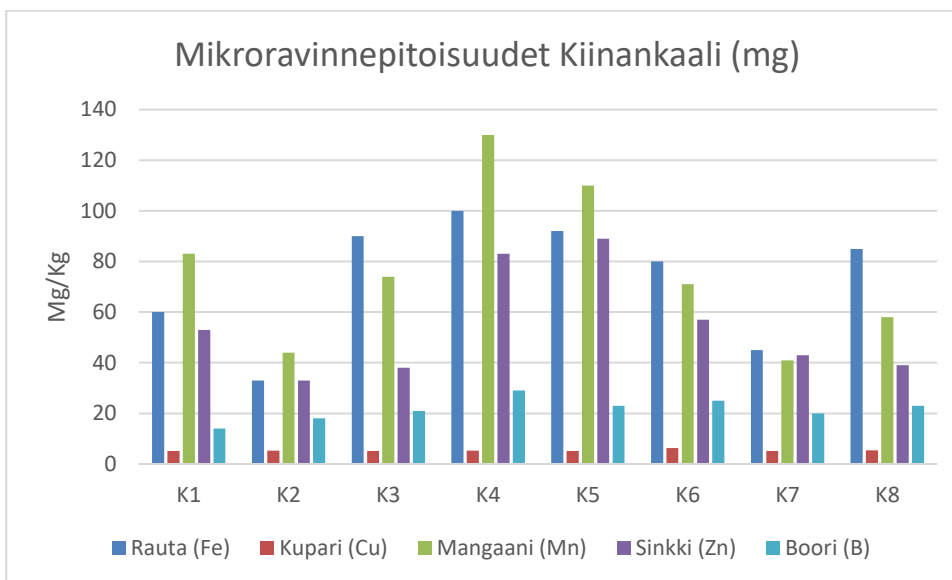
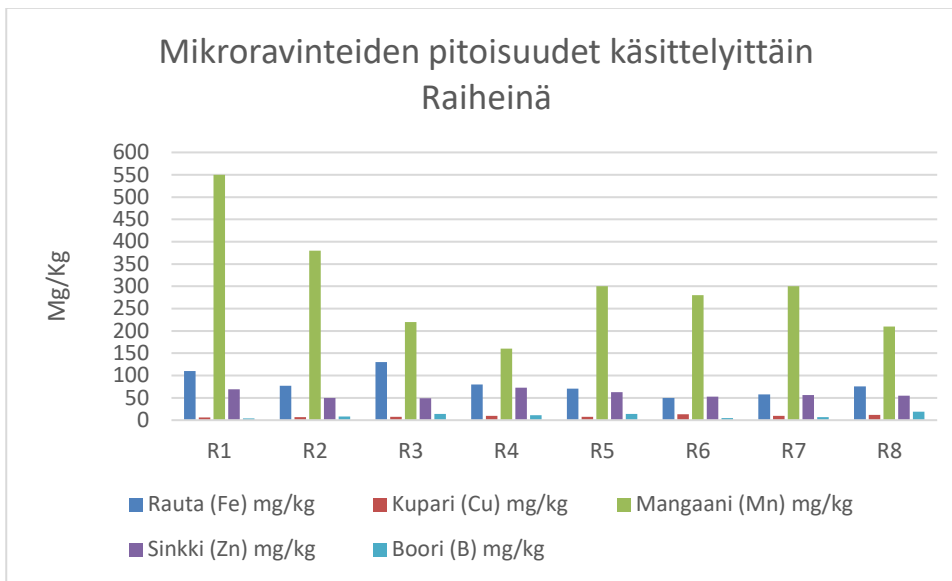
Kinnunen, O. (2019). *Typen ainevirrat ja peltotase kierrätyslannoitetun kauran (Avena sativa*

L.) viljelyssä [pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto]. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201903051420>

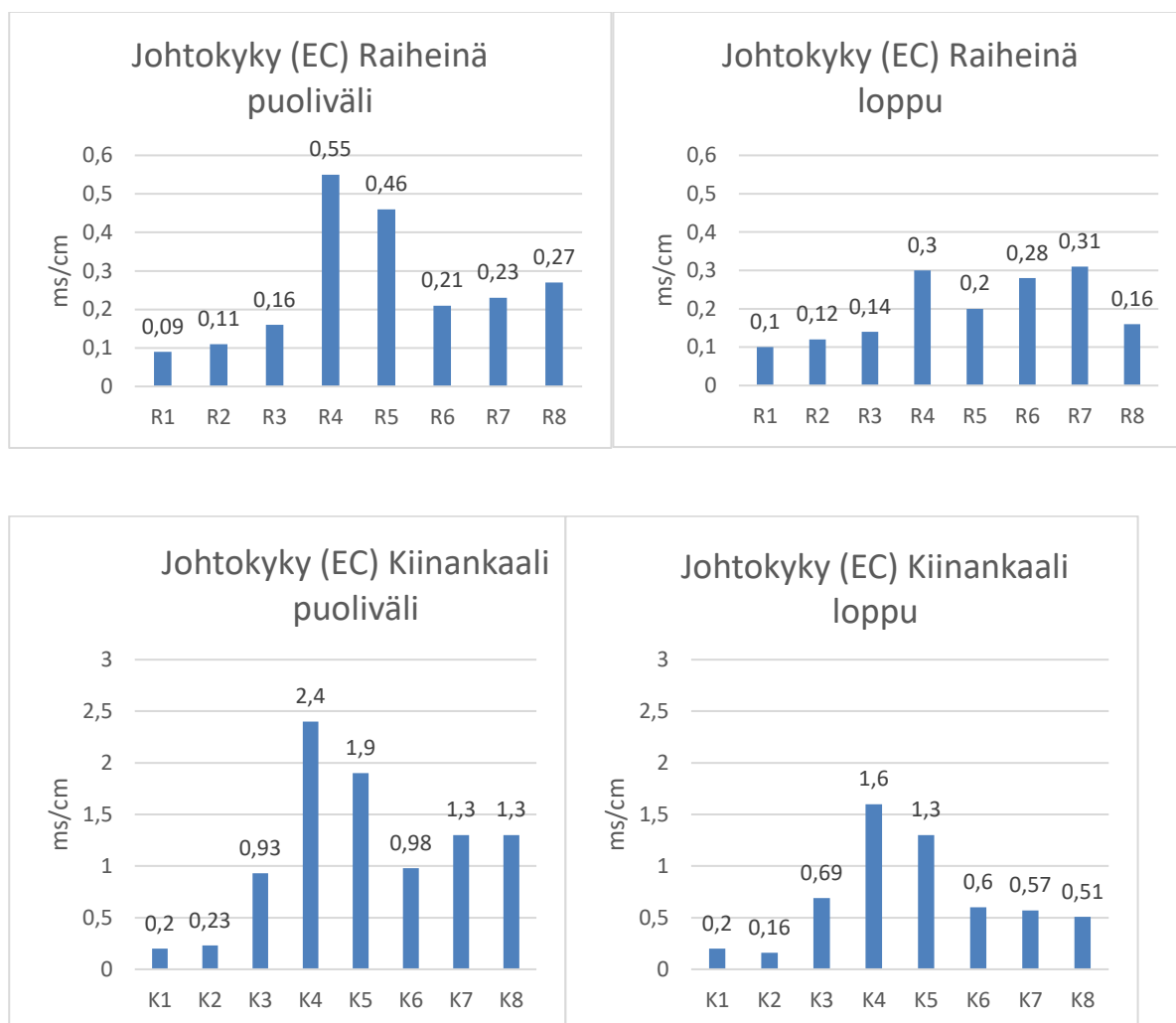
Rajala, J. (2006). Ravinnekierrot ja ravinnehuolto luonnonmukaisessa viljelyssä. Teoksessa Rajala, J. (toim.), *Luonnonmukainen maatalous* (123–248). Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus. <https://aoe.fi/#/materiaali/1120>

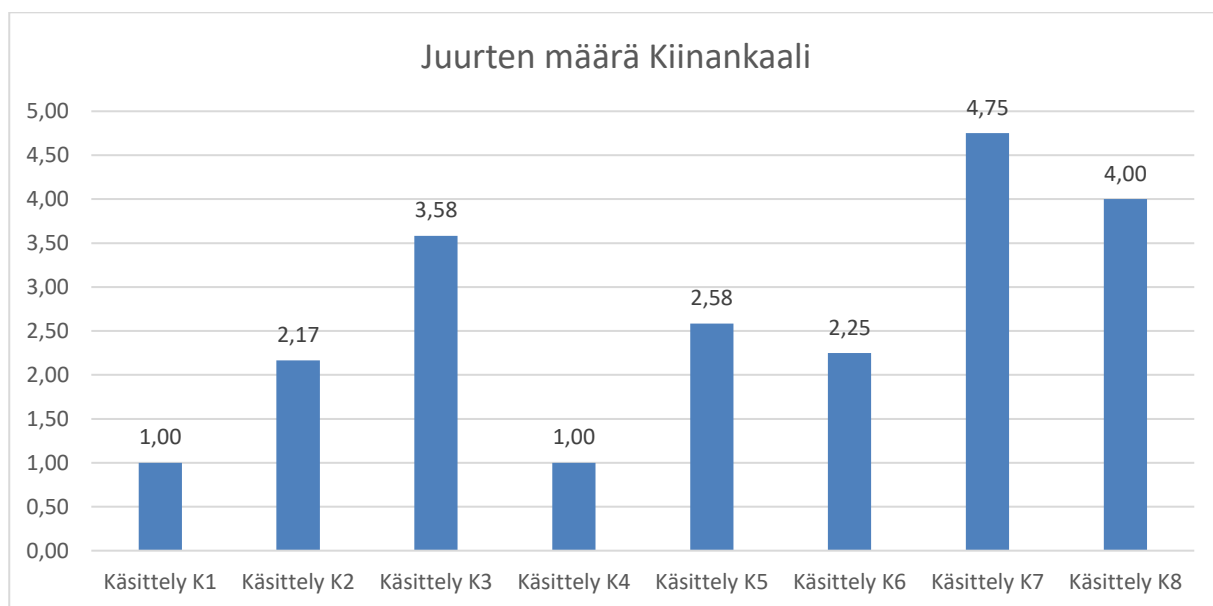
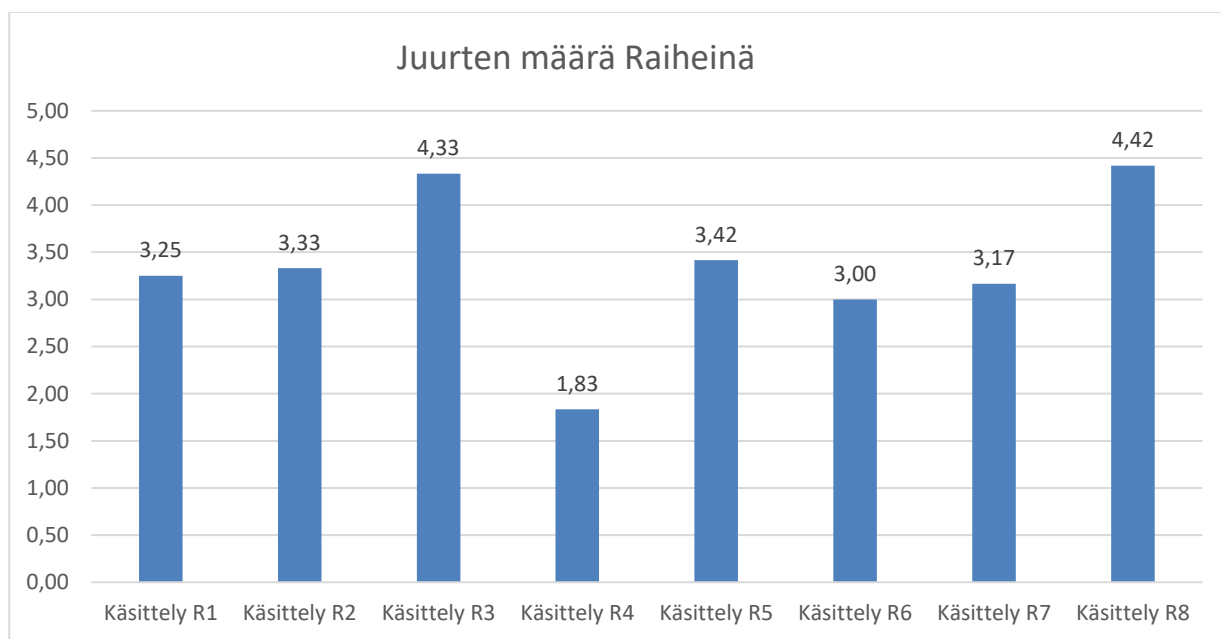
Stein L. Y. & Klotz M. G. (2016). The nitrogen cycle. *Current Biology*, 26(3).
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.12.021>

Liite 1. Mikroravinteiden pitoisuudet käsittelyittain

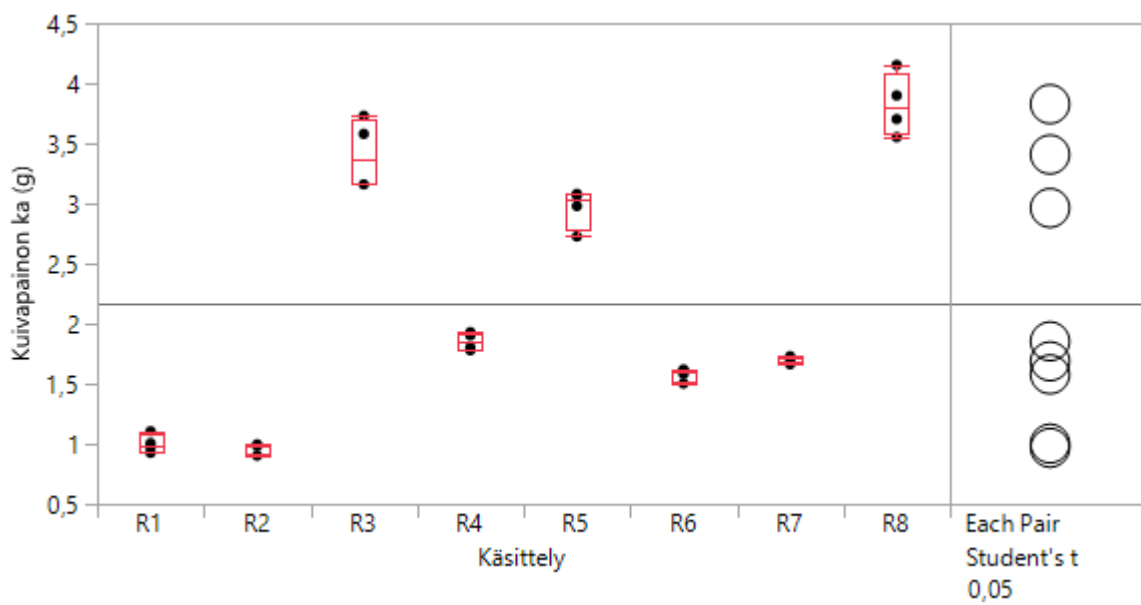
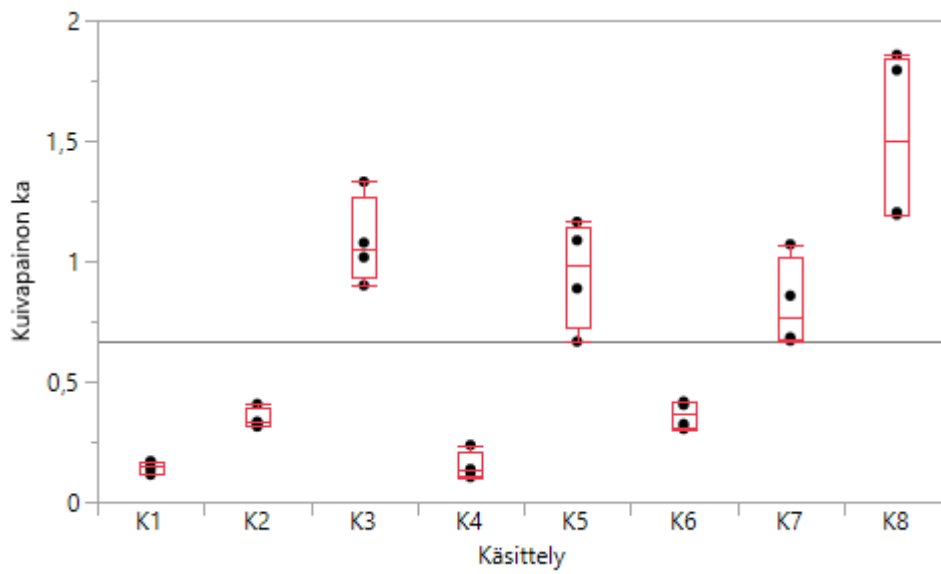


Liite 2. Koekasvien johtokyvyt käsittelyittäin



Liite 3. Koekasvien juurten määrät käsittelyittäin

Liite 4. Kiinankaalin ja Raiheinän kuivapainon keskiarvot (Box plot)



Liite 5. Puristenesteanalyysi, kiinankaali, Hortilabs 24.02.2022





PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä 24/02/22 Asiakasnumero [REDACTED] Tutkimusnumero 70093

HAMK LEPAA KASVIHUONEET [REDACTED] 14610 LEPAA		Näytteenotopäivä		Saapumispäivä		Alon päivä		Sivu	
		23/02/22		23/02/22		23/02/22		1/2	
Merkki									
Näytteen numero		1	2	3	4	5			
Labettäjän tunnus	K1 Kiinankaali	K2 Kiinankaali	K3 Kiinankaali	K4 Kiinankaali	K5 Kiinankaali				
*Johtokyky mS/cm	0,20	0,16	0,69	1,6	1,3				
*Happamuus (pH)	6,4	6,4	6,1	6,0	5,3				
Alkaliteetti (HCO ₃) mg/l									
*Permang. (KMnO ₄) mg/l									
*Nitraattityppi (NO ₃ -N)mg/l	2,4	< 2,0	41	< 2,0	29				
Amm.tyyppi (NH ₄ -N) mg/l									
*Fosfori (P) mg/l	0,2	1,2	9,1	5,7	6,7				
*Kalium (K) mg/l	4,6	12	30	11	32				
*Kalsium (Ca) mg/l	21	19	38	98	110				
*Magnesium (Mg) mg/l	6,1	5,5	15	38	46				
*Rikki (S) mg/l	8,9	7,1	41	250	180				
*Rauta (Fe) mg/l	0,9	1,0	1,6	0,6	0,5				
*Boori (B) mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05				
*Kupari (Cu) mg/l	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02				
*Mangaani (Mn) mg/l	0,05	0,05	0,09	0,23	0,33				
*Sinkki (Zn) mg/l	0,02	0,03	0,10	0,03	0,04				
*Molybdeeni (Mo) mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02				
*Natrium (Na) mg/l	15	14	18	22	25				
*Kloridi (Cl) mg/l	17	14	13	10	15				
*Alumiini (Al) mg/l	0,33	0,41	0,17	0,26	0,36				
*Pii (Si) mg/l	18	17	17	21	20				
Kasvikoodi	51040	51040	51040	51040	51040				
Johtokyky on mitattu 20 asteessa.									
<p>Vain ne määritykset, joissa tässä raportissa on merkintä (*), kuuluvat akkreditoimien piiriin. Tulokset koskevat vain vastaanotettuja näytteitä. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testuslaboratorion lupaa. Akkreditoimien ei koske lausuntoa. Määntelmätarkuudet ja mittauspöytävaatukset saatavana pyynnöstä.</p>									
<p>[REDACTED]</p> <p>Laatimismies</p> <p>Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.</p>									
<p>FINAS Finnish Accreditation Service T187 (EN ISO/IEC 17025)</p>									

PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä 24/02/22 Asiakasnumero [REDACTED] Tutkimusnumero 70093

HAMK LEPAA KASVIHUONEET 14610 LEPAA	Näytteenotto/vm	Saapumät	Alotettu	Sivu	
		23/02/22	23/02/22	2/2	
Merkki					
Näytteen numero	6	7	8	9	10
Lähetäjän tunnus	K6 Kiinankaali	K7 Kiinankaali	K8 Kiinankaali		
*Johtokyky mS/cm	0,60	0,57	0,51		
*Happamuus (pH)	6,0	6,0	6,1		
Alkaliteetti (HCO ₃) mg/l					
*Permang. (KMnO ₄) mg					
*Nitraattityppi (NO ₃ -N)mg/l	< 2,0	4,7	12		
Amm.tyyppi (NH ₄ -N) mg					
*Fosfori (P) mg/l	3,0	4,1	7,1		
*Kalium (K) mg/l	7,2	20	23		
*Kalsium (Ca) mg/l	67	71	33		
*Magnesium (Mg) mg/l	23	25	12		
*Rikki (S) mg/l	89	83	42		
*Rauta (Fe) mg/l	0,4	0,4	1,3		
*Boori (B) mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05		
*Kupari (Cu) mg/l	< 0,02	< 0,02	0,04		
*Mangaani (Mn) mg/l	0,09	0,08	0,07		
*Sinkki (Zn) mg/l	0,02	0,03	0,10		
*Molybdeeni (Mo) mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02		
*Natrium (Na) mg/l	21	23	18		
*Kloridi (Cl) mg/l	8,1	9,1	8,9		
*Alumiini (Al) mg/l	0,09	0,15	0,12		
*Pii (Si) mg/l	19	20	18		
Kasvikoodi	51040	51040	51040		
Johtokyky on mitattu 20 asteessa.					
<p>Vain ne määritykset, joissa tässä raportissa on merkintä (*), kuuluvat akkreditoinnin piiriin. Tulokset koskevat vain vastaanotettuja näytteitä. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testauslaboratorion lupaa. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Menetelmäkuvaukset ja mittauspäivämuodot saatavana pyynnöstä.</p>					
 Laatukemisti			 FINAS Finnish Accreditation Service T187 (EN ISO/IEC 17025)		
			Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.		

Liite 6. Puristenesteanalyysit, Hortilabs 17.02.2022




PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä 17/02/22 Asiakasnro [REDACTED] Tutkimusnumero 70078

Näytteen numero	1		2		3		4		5	
	K1 Käimäkaali	K2 Käimäkaali	K3 Käimäkaali	K4 Käimäkaali	K5 Käimäkaali	K6 Käimäkaali	K7 Käimäkaali	K8 Käimäkaali	K9 Käimäkaali	K10 Käimäkaali
HAMK LEPAA KASVIHUONEET [REDACTED] 14610 LEPAA	<p>Näytteenottoaika Saapumispäivä Alonnettu päivä 17/02/22 17/02/22 1/2</p> <p>Merkki</p>									
Lähetäjän tunnus										
*Johtokyky mS/cm	0,20	0,23	0,93	2,4	1,9					
*Happamuus (pH)	6,3	6,1	6,0	5,6	5,4					
Alkaliteetti (HCO ₃) mg/l										
*Permang. (KMnO ₄) mg/l										
*Nitraattityppi (NO ₃ -N)mg/l	< 2,0	2,5	57	< 2,0	12					
Amm.tyyppi (NH ₄ -N) mg/l										
*Fosfori (P) mg/l	< 0,2	2,4	12	6,4	6,9					
*Kalium (K) mg/l	3,2	19	39	15	46					
*Kalsium (Ca) mg/l	27	34	64	190	160					
*Magnesium (Mg) mg/l	7,8	9,6	22	65	54					
*Rikki (S) mg/l	9,6	11	59	420	310					
*Rauta (Fe) mg/l	1,0	1,3	2,1	0,7	0,8					
*Boori (B) mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05					
*Kupari (Cu) mg/l	0,02	0,02	0,02	< 0,02	< 0,02					
*Mangaani (Mn) mg/l	0,07	0,10	0,16	0,48	0,41					
*Sinkki (Zn) mg/l	0,02	0,04	0,12	0,05	0,06					
*Molybdeeni (Mo) mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02					
*Natrium (Na) mg/l	14	15	18	24	24					
*Kloridi (Cl) mg/l	16	23	17	11	23					
*Alumiini (Al) mg/l	0,46	0,76	0,24	0,37	0,61					
*Pii (Si) mg/l	22	23	20	24	23					
Kasvikoodi	51040	51040	51040	51040	51040					
Johtokyky on mitattu 20 asteessa.										
<p>Vain ne määrittelyt, joissa tässä raportissa on merkintä (*), kuuluvat akkreditoimien piiriin. Tulokset koskevat vain vastaanotettuja näytteitä. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testauslaboratorion lupaa. Akkreditoimien ei koske lausuntoa. Mensetelmävaihtelut ja mittauspöytävarmuudet saatavana pyynnöstä.</p>										
<p>[REDACTED]</p> <p>LABORANTTI</p> <p>Tämä tutkimustodistus on sähköisesti sähköisesti.</p>										
<p>FINAS Finnish Accreditation Service T187 (EN ISO/IEC 17025)</p>										

PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä 17/02/22 Asiakasnumero [REDACTED] Tutkimusnumero 70078

Näytteenotto/vm		Saapunut	Aloitettu	Sivu	
		17/02/22	17/02/22	2/2	
Merkki					
[REDACTED]					
HAMK LEPAA KASVIHUONEET [REDACTED] 14610 LEPAA					
Näytteen numero	6	7	8	9	10
Lähtäjän tunnus	K6 Kiinankaali	K7 Kiinankaali	K8 Kiinankaali		
*Johtokyky mS/cm	0,98	1,3	1,3		
*Happamuus (pH)	5,8	5,3	5,8		
Alkaliteetti (HCO3) mg/l					
*Permang. (KMnO4) mg					
*Nitraattityppi (NO3-N)mg/l	< 2,0	41	65		
Amm.tyyppi (NH4-N) mg/l					
*Fosfori (P) mg/l	6,0	7,1	16		
*Kalium (K) mg/l	11	46	57		
*Kalsium (Ca) mg/l	110	190	94		
*Magnesium (Mg) mg/l	35	62	30		
*Rikki (S) mg/l	160	190	110		
*Rauta (Fe) mg/l	0,7	1,0	2,9		
*Boori (B) mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05		
*Kupari (Cu) mg/l	< 0,02	< 0,02	0,08		
*Mangaani (Mn) mg/l	0,24	0,33	0,22		
*Sinkki (Zn) mg/l	0,04	0,07	0,22		
*Molybdeeni (Mo) mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02		
*Natrium (Na) mg/l	20	29	24		
*Kloridi (Cl) mg/l	9,9	30	24		
*Alumiini (Al) mg/l	0,15	0,46	0,25		
*Pii (Si) mg/l	25	28	26		
Kasvikoodi	51040	51040	51040		
Johtokyky on mitattu 20 asteessa.					
<p>Vain ne määritykset, joissa tässä raportissa on merkintä (*), kuuluvat akkreditoinnin piiriin. Tulokset koskevat vain vastaanotettuja näytteitä. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testauslaboratorion lupaa. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Menetelmäkuvaukset ja mittauspöytäkirjat saatavana pyynnöstä.</p>					
[REDACTED]			 <p>FINAS Finnish Accreditation Service Y187 (EN ISO/IEC 17025)</p>		
Laatukemisti			Tämä tutkimusodistus on allekirjoitettu sähköisesti.		

Liite 7. Puristenesteanalyysit, Hortilabs 31.03.2022



PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä 31/03/22 Asiakasnro [REDACTED] Tutkimusnumero 70316

Näytteen numero		1	2	3	4	5
Lähetäjän tunnus		R1 RAIHEINÄ	R2 RAIHEINÄ	R3 RAIHEINÄ	R4 RAIHEINÄ	R5 RAIHEINÄ
*Johtokyky	mS/cm	0,10	0,12	0,14	0,30	0,20
*Happamuus (pH)		6,6	6,6	6,5	6,0	6,1
Alkaliteetti (HCO ₃)	mg/l					
*Permang. (KMnO ₄)	mg/l					
*Nitraattityppi (NO ₃ -N)	mg/l	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Amm.tyyppi (NH ₄ -N)	mg/l					
*Fosfori (P)	mg/l	< 0,2	0,3	0,5	3,1	2,0
*Kalium (K)	mg/l	1,1	1,9	1,5	1,2	1,3
*Kalsium (Ca)	mg/l	11	17	14	38	24
*Magnesium (Mg)	mg/l	3,3	4,4	5,1	15	8,5
*Rikki (S)	mg/l	4,3	4,8	12	45	27
*Rauta (Fe)	mg/l	0,5	0,7	0,5	0,2	0,3
*Boori (B)	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
*Kupari (Cu)	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02
*Mangaani (Mn)	mg/l	0,01	0,02	0,02	0,13	0,04
*Sinkki (Zn)	mg/l	< 0,02	0,02	0,05	0,06	< 0,02
*Molybdeeni (Mo)	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
*Natrium (Na)	mg/l	12	16	12	15	13
*Kloridi (Cl)	mg/l	5,3	7,7	3,0	2,7	3,2
*Alumiini (Al)	mg/l	0,12	0,26	< 0,08	0,10	0,14
*Pii (Si)	mg/l	7,0	6,0	7,9	6,3	6,8
Kasvikoodi		0	0	0	0	0

Johtokyky on mitattu 20 asteessa.

Vain ne määrittelyt, joissa tässä raportissa on merkintä (*), kuuluvat akkreditoinnin piiriin. Tulokset koskevat vain vastamotettuja näytteitä. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testuslaboratorion lupaa. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Menetelmäviraukset ja mittaus epävarmuudet saatavana pyynnöstä.

[REDACTED]

FINAS
Finnish Accreditation Service
T187 (EN ISO/IEC 17025)

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä 31/03/22 Asiakasnumero [REDACTED] Tutkimusnumero 70316

Näytteen numero	6	7	8	9	10
HAMK LEPAA KASVIHUONEET [REDACTED] 14610 LEPAA					
Näytteenottopvm	31/03/22				
Saapumist					
Alotettu					
Sivu					2/2
Merkki					
Lähtetjän tunnus	R6 RAIHEINÄ	R7 RAIHEINÄ	R8 RAIHEINÄ		
*Johtokyky mS/cm	0,28	0,31	0,16		
*Happamuus (pH)	6,4	6,5	6,7		
Alkaliteetti (HCO ₃) mg/l					
*Permang. (KMnO ₄) mg					
*Nitratityppi (NO ₃ -N)mg/l	< 2,0	< 2,0	2,3		
Amm.tyyppi (NH ₄ -N) mg					
*Fosfori (P) mg/l	2,0	2,4	1,9		
*Kalium (K) mg/l	< 1,0	1,4	4,1		
*Kalsium (Ca) mg/l	36	38	14		
*Magnesium (Mg) mg/l	13	13	4,9		
*Rikki (S) mg/l	42	45	14		
*Rauta (Fe) mg/l	0,2	0,3	0,4		
*Boori (B) mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05		
*Kupari (Cu) mg/l	< 0,02	< 0,02	0,02		
*Mangaani (Mn) mg/l	0,01	0,03	0,11		
*Sinkki (Zn) mg/l	< 0,02	0,02	0,12		
*Molybdeeni (Mo) mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02		
*Natrium (Na) mg/l	15	22	14		
*Kloridi (Cl) mg/l	< 2,0	2,4	3,0		
*Alumiini (Al) mg/l	< 0,08	< 0,08	< 0,08		
*Pii (Si) mg/l	6,8	6,3	8,3		
Kasvikoodi	0	0	0		
Johtokyky on mitattu 20 asteessa.					
<p>Vain ne määritykset, joissa tässä raportissa on merkintä (*), kuuluvat akkreditoinnin piiriin. Tulokset koskevat vain vastaanotettuja näytteitä. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testauslaboratorion lupaa. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Menetelmäkuvaukset ja mittauspäivämuodot saatavana pyynnöstä.</p>					
<p>[REDACTED]</p> <p>Lautukemisti</p> <p>Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.</p>					
<p>FINAS Finnish Accreditation Service T187 (EN ISO/IEC 17025)</p>					

Liite 8. Puristenesteanalyysit, Hortilabs 02.03.2022

Hortilab AB OY

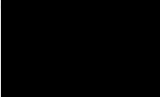

Vasavägen 41, 64200 Närpiö/Närpes
☎ 06 347 4250 hortilab@hortilab.fi
www.hortilab.fi

PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä
03/03/22

Asiakasnumero
[REDACTED]

Tutkimusnumero
70132

Näytteenotopvm		Saapumit		Aloitettu		Sivu	
03/03/22		02/03/22		02/03/22		1/2	
Merkki							
HAMK LEPAA KASVIHUONEET [REDACTED] 14610 LEPAA							
Näytteen numero	1	2	3	4	5		
Lähetäjän tunnus	R1	R2	R3	R4	R5		
*Johtokyky mS/cm	0,09	0,11	0,16	0,55	0,46		
*Happamuus (pH)	6,7	6,7	6,4	5,9	5,3		
Alkaliteetti (HCO ₃) mg/l							
*Permang. (KMnO ₄) mg/l							
*Nitraattityppi (NO ₃ -N)mg/l	< 2,0	< 2,0	< 2,0	3,8	15		
Amm.tyyppi (NH ₄ -N) mg/l							
*Fosfori (P) mg/l	< 0,2	0,3	0,5	2,5	3,2		
*Kalium (K) mg/l	< 1,0	2,9	4,3	3,5	7,1		
*Kalsium (Ca) mg/l	8,3	13	13	46	55		
*Magnesium (Mg) mg/l	2,5	3,6	4,6	18	21		
*Rikki (S) mg/l	4,3	5,2	13	79	62		
*Rauta (Fe) mg/l	0,3	0,6	0,7	0,4	0,3		
*Boori (B) mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		
*Kupari (Cu) mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02		
*Mangaani (Mn) mg/l	0,01	0,02	0,03	0,07	0,14		
*Sinkki (Zn) mg/l	< 0,02	0,02	0,03	0,02	0,03		
*Molybdeeni (Mo) mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02		
*Natrium (Na) mg/l	13	15	15	20	19		
*Kloridi (Cl) mg/l	4,0	6,1	4,4	5,3	4,0		
*Alumiini (Al) mg/l	< 0,08	0,23	< 0,08	0,15	0,24		
*Pii (Si) mg/l	7,2	6,8	7,6	9,8	9,6		
Kasvikoodi	0	0	0	0	0		
Johtokyky on mitattu 20 asteessa.							
Vain ne määrittelyt, joissa tässä raportissa on merkintä (*), kuuluvat akkreditoimien piiriin. Tulokset koskevat vain vastaanotettuja näytteitä. Raportin saa kopioida vain kokonaisuudessaan testauslaboratorion lupaa. Akkreditoimien ei koske lausuntoa. Menetelmäloukkaukset ja mittauspöytävarmuudet saatavana pyynnöstä.							
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Lausuneimisi </div> <div style="text-align: center;">  FINAS Finnish Accreditation Service T167 (EN ISO/IEC 17025) </div> </div> <p style="text-align: center;">Tämä tutkimustiedustus on sähköisesti vahvistettu.</p>							



PURISTENESTEANALYYSI

Päivämäärä
03/03/22

Asiakasnumero

Tutkimusnumero

70132

Näytteenotto		Saapunut		Alotettu		Sivu	
HAMK LEPAA		02/03/22		02/03/22		2/2	
KASVIHUONEET		Merkki					
14610 LEPAA							
Näytteen numero	6	7	8	9	10		
Lähtetäjän tunnus	R6	R7	R8				
*Johtokyky mS/cm	0,21	0,23	0,27				
*Happamuus (pH)	6,4	6,5	6,2				
Alkaliteetti (HCO ₃) mg/l							
*Permang. (KMnO ₄) mg							
*Nitraattityppi (NO ₃ -N)mg/l	< 2,0	< 2,0	3,3				
Amm.tyyppi (NH ₄ -N) mg/l							
*Fosfori (P) mg/l	1,8	2,1	3,1				
*Kalium (K) mg/l	1,2	3,6	12				
*Kalsium (Ca) mg/l	24	24	22				
*Magnesium (Mg) mg/l	8,1	7,5	7,9				
*Rikki (S) mg/l	27	28	30				
*Rauta (Fe) mg/l	0,3	0,4	0,9				
*Boori (B) mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05				
*Kupari (Cu) mg/l	< 0,02	< 0,02	0,02				
*Mangaani (Mn) mg/l	0,03	0,02	0,04				
*Sinkki (Zn) mg/l	0,02	< 0,02	0,08				
*Molybdeeni (Mo) mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02				
*Natrium (Na) mg/l	15	18	19				
*Kloridi (Cl) mg/l	2,7	3,1	4,0				
*Alumiini (Al) mg/l	< 0,08	0,10	< 0,08				
*Pii (Si) mg/l	9,2	8,8	8,5				
Kasvikoodi	0	0	0				
Johtokyky on mitattu 20 asteessa.							
Vain ne määritykset, joissa tässä raportissa on merkintä (*), kuuluvat akkreditoimien piiriin. Tulokset koskevat vain vastaanotettuja näytteitä. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testauslaboratorion lupaa. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Menetelmäläpaukset ja mittauspäivämuutokset saatavana pyynnöstä.			 Laatukemisti		 FINAS Finnish Accreditation Service F187 (EN ISO/IEC 17025)		
Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.							

Liite 9. Biojätteen analyysit, MetropoliLab



TESTAUSSELOSTE 2021-36195
Maanäyte

1(3)
26.01.2022

Tilaaaja
2274241-9
HSY Jätehuolto, biojätteen käsittely

Maksaja
**HSY Helsingin seudun
ympäristöpalvelut
-kuntayhtymä
Ostolaskut**



PL 210
00066 HSY

PL 303
00066 HSY

Näytetiedot	Näyte	Komposti	Kellonaika	
	Näyte otettu	08.12.2021	Kellonaika	18.00
	Vastaanotettu	09.12.2021	Kellonaika	11.45
	Tutkimus alkoi	09.12.2021	Näytteenoton syy	Omaavonta
	Näytteenottaja	Tilaaajan toimesta		
	Viite	000031449		

Analyysi	Menetelmä	36195-1 Komposti V4-21_K2	Yksikkö	Epävarmuus- %
Escherichia coli	* Sisäinen menetelmä, Colilert Quanti-Tray	< 10	mpn/g	
Salmonella, toteaminen	* Sisäinen menetelmä, perustuu NMKL 71:1999	ei todettu	/25 g	
Juurenpituusindeksi	SFS-EN 16086-2:2012	83	%	20
Kloridi, Cl, vesiliukoinen	Sis.menet, AQ	170	mg/l	20
Kloridi, Cl, vesiliukoinen	Sis.menet, AQ	500	mg/kg ka	20
Ammoniumtyppi, NH4-N, vesiliukoinen	SFS-EN 13652	2,3	mg/l	20
Ammoniumtyppi, NH4-N, vesiliukoinen	SFS-EN 13652	6,8	mg/kg ka	20
Nitraatti- ja nitriittitypen summa, (NO3NO2)N	SFS-EN 13652	7,3	mg/l	20
Nitraatti- ja nitriittitypen summa, (NO3NO2)N	SFS-EN 13652	21	mg/kg ka	20
(NO3-NO2)N/NH4-N -suhde	VTT 2351	3,1		20
Typpi, N, vesiliukoinen	SFS-EN 13652	87	mg/l	20
Typpi, N, vesiliukoinen	SFS-EN 13652	280	mg/kg ka	20
Fosfori, P, vesiliukoinen	SFS-EN 13652	24	mg/l	20
Fosfori, P, vesiliukoinen	SFS-EN 13652	72	mg/kg ka	20
Fysikaalisten epäpuhtauksien toteaminen	1) Sisäinen menetelmä			
- Epäpuhtauksien määrä näytteessä >2mm	Sisäinen menetelmä	0,1	%	
- lasia	Sisäinen menetelmä	0,00	%	
- metallia	Sisäinen menetelmä	0,00	%	
- muovia	Sisäinen menetelmä	0,05	%	
- muovin pinta-ala	Sisäinen menetelmä	10,90	cm ² /l	
- muu materiaali yli 2mm seula	Sisäinen menetelmä	0,00	%	

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa. Tämä
testausseloste on hyväksytty sähköisesti ja on pätevä ilman allekirjoitusta.

	Sisäinen menetelmä	5,30	%	
- Lisäksi näytteessä esiintyi kiviä >5mm				
Sähkönjohtavuus	SFS-EN 13038:2011	34	mS/m	10
Hilidioksidin tuotto	Sis. menet. perustuu VTT tied. 2351/2006	2,4	mg CO2-C/g VS/vrk	30
pH-mittaus	SFS-EN 13037:2011	8,1		5
Tilavuuspaino	SFS-EN 13040:2008	649	g/l	10
Kosteus	SFS-EN 13040:2008	47,4	%	10
Kuiva-aine	SFS-EN 13040:2008	52,6	%	10
Orgaaninen aines	SFS-EN 13039:2011	29,8	% ka	10
Kokonaistyyppi	SFS-EN 13654-2:2002	0,9	% ka	30
Boori, B, vesiuutto	SFS-EN 13652, ICP-OES	10	mg/kg ka	20
Boori, B, vesiuutto	SFS-EN 13652, ICP-OES	3,5	mg/l	20
Elohopea, Hg	ICP-MS: SFS-EN ISO 17294-2 2016	0,05	mg/kg ka	20
Fosfori, P	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	1 500	mg/kg ka	25
Fosfori, P	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	520	mg/l	25
Kalium, K	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	6 700	mg/kg ka	25
Kalium, K	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	2 300	mg/l	25
Kalsium, Ca	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	12 000	mg/kg ka	25
Kalsium, Ca	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	4 100	mg/l	25
Kromi, Cr	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	20	mg/kg ka	20
Kupari, Cu	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	43	mg/kg ka	20
Lyijy, Pb	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	20	mg/kg ka	20
Magnesium, Mg	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	3 900	mg/kg ka	25
Magnesium, Mg	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	1 300	mg/l	25
Mangaani, Mn	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	290	mg/kg ka	20
Mangaani, Mn	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	98	mg/l	20
Natrium, Na	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	450	mg/kg ka	25
Natrium, Na	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	150	mg/l	25
Nikkeli, Ni	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	9	mg/kg ka	20
Rauta, Fe	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	12 000	mg/kg ka	25
Rauta, Fe	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	4 000	mg/l	25

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopiointista on saatava lupa. Tämä testausseloste on hyväksytty sähköisesti ja on pätevä ilman allekirjoitusta.

Rikki, S	*	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	1 200	mg/kg ka	25
Rikki, S		ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	410	mg/l	25
Sinkki, Zn	*	ICP-OES: SFS-EN ISO 11885:2009	170	mg/kg ka	20
Arseeni, As	*	ICP-MS: SFS-EN ISO 17294-2	3	mg/kg ka	20
Kadmium, Cd	*	ICP-MS: SFS-EN ISO 17294-2 2016	0,28	mg/kg ka	20
Rikkakasvimääritys	1)	Evira 7404 Sisäinen menetelmä	0	kpl/l	

* = Akkreditoitu menetelmä

1)=Alihankkija Ruokavirasto Helsinki

Lausunto Rikkakasvit: Näytteessä on siementen itävyyttä estäviä yhdisteitä (ohransiementen itävyys näytteessä suhteessa kontrolliin on alle 80 %). Epäpuhtauksiin kuuluvat kaikki tuotteessa esiintyvät yli 2 mm kokoiset ei-toivotut epäorgaaniset materiaalit. Yli 5 mm kivien määrä ei sisälly epäpuhtauksien kokonaismäärään. Tulokset ilmoitettu painoprosenteina näytteen tuorepainosta.



Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille. Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopiointista on saatava lupa. Tämä testausseloste on hyväksytty sähköisesti ja on pätevä ilman allekirjoitusta.



Liite 10. Kasvianalyysit



Tutkimustodistus AR-22-FV-003848-01 Sivu 1/4
Päivämäärä 21/04/2022

Hämeen ammattikorkeakoulu Oy

14610 LEPÄÄ
FINLAND

Tutkimuksen yhteyshenkilö : [REDACTED]

Saapunut	14.4.2022
504-2022-00040182	
Näyte otettu	30.3.2022
504-2022-00040183	
Näyte otettu	30.3.2022
504-2022-00040184	
Näyte otettu	30.3.2022
504-2022-00040185	
Näyte otettu	30.3.2022
504-2022-00040186	
Näyte otettu	30.3.2022
504-2022-00040187	
Näyte otettu	30.3.2022
504-2022-00040188	
Näyte otettu	30.3.2022
504-2022-00040189	
Näyte otettu	30.3.2022
504-2022-00040190	
Näyte otettu	23.2.2022
504-2022-00040191	
Näyte otettu	23.2.2022
504-2022-00040192	
Näyte otettu	23.2.2022
504-2022-00040193	
Näyte otettu	23.2.2022
504-2022-00040194	
Näyte otettu	23.2.2022
504-2022-00040195	
Näyte otettu	23.2.2022
504-2022-00040196	
Näyte otettu	23.2.2022
504-2022-00040197	
Näyte otettu	23.2.2022


Tutkimustodistus AR-22-FV-003848-01 Sivu 2/4
Päivämäärä 21/04/2022

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2022-00040182	504-2022-00040183	504-2022-00040184
			R1, raiheinä kuivattu	R2, raiheinä kuivattu	R3, raiheinä kuivattu
Kokonaistyyppi	FV (a) SFS-EN ISO 5983-2:2009	g/kg ka	35,5	25,8	41,6
Fosfori	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	2,2	5,7	5,8
Kalium (K)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	11	51	30
Kalsium (Ca)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	8,1	6,9	6,4
Magnesium (Mg)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	5,2	3,9	5,2
Rikki (S)	FV SFS-EN 15510:2008 mod	g/kg ka	10	8,6	6,7
Rauta (Fe)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	110	77	130
Kupari (Cu)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	6,3	6,9	7,3
Mangaani (Mn)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	550	380	220
Sinkki (Zn)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	69	50	49
Boori (B)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	4,1	8,1	14

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2022-00040185	504-2022-00040186	504-2022-00040187
			R4, raiheinä kuivattu	R5, raiheinä kuivattu	R6, raiheinä kuivattu
Kokonaistyyppi	FV (a) SFS-EN ISO 5983-2:2009	g/kg ka	57,6	37,5	34,2
Fosfori	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	11	9,9	10
Kalium (K)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	11	20	17
Kalsium (Ca)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	5,6	6,4	7,0
Magnesium (Mg)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	5,3	6,0	4,7
Rikki (S)	FV SFS-EN 15510:2008 mod	g/kg ka	11	9,6	11
Rauta (Fe)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	80	71	50
Kupari (Cu)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	10	7,5	13
Mangaani (Mn)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	160	300	280
Sinkki (Zn)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	73	63	53
Boori (B)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	11	14	4,9

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2022-00040188	504-2022-00040189	504-2022-00040190
			R7, raiheinä kuivattu	R8, raiheinä kuivattu	K1, kiinankaali kuivattu
Kokonaistyyppi	FV (a) SFS-EN ISO 5983-2:2009	g/kg ka	26,9	37,8	88,1
Fosfori	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	9,5	8,7	0,77
Kalium (K)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	43	30	13
Kalsium (Ca)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	6,5	6,7	21
Magnesium (Mg)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	4,4	5,0	4,0
Rikki (S)	FV SFS-EN 15510:2008 mod	g/kg ka	11	6,7	19
Rauta (Fe)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	58	76	60
Kupari (Cu)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	9,6	12	<5,2
Mangaani (Mn)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	300	210	83
Sinkki (Zn)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	56	55	53
Boori (B)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	7,0	19	14

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2022-00040191	504-2022-00040192	504-2022-00040193
			K2, kiinankaali kuivattu	K3, kiinankaali kuivattu	K4, kiinankaali kuivattu
Kokonaistyyppi	FV (a) SFS-EN ISO 5983-2:2009	g/kg ka	12,4	59,9	88,2
Fosfori	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	5,4	4,3	10
Kalium (K)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	31	48	37
Kalsium (Ca)	FV (a) SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	16	22	12


Tutkimustodistus AR-22-FV-003848-01 Sivu 3/4
Päivämäärä 21/04/2022

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2022-00040191	504-2022-00040192	504-2022-00040193	
			K2, kiinankaali kuivattu	K3, kiinankaali kuivattu	K4, kiinankaali kuivattu	
Magnesium (Mg)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	3,2	5,0	3,0
Rikki (S)	FV	SFS-EN 15510:2008	g/kg ka	11	16	16
		mod				
Rauta (Fe)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	33	90	100
Kupari (Cu)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	<5,3	<5,2	5,3
Mangaani (Mn)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	44	74	130
Sinkki (Zn)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	33	38	83
Boori (B)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	18	21	29

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2022-00040194	504-2022-00040195	504-2022-00040196	
			K5, kiinankaali kuivattu	K6, kiinankaali kuivattu	K7, kiinankaali kuivattu	
Kokonaistyyppi	FV (a)	SFS-EN ISO 5983-2:2009	g/kg ka	74,8	36,8	22,5
Fosfori	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	7,6	7,7	7,8
Kalium (K)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	50	26	51
Kalsium (Ca)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	19	17	19
Magnesium (Mg)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	3,9	3,3	3,6
Rikki (S)	FV	SFS-EN 15510:2008	g/kg ka	23	24	17
		mod				
Rauta (Fe)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	92	80	45
Kupari (Cu)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	<5,2	6,3	<5,2
Mangaani (Mn)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	110	71	41
Sinkki (Zn)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	89	57	43
Boori (B)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	23	25	20

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2022-00040197	
			K8, kiinankaali kuivattu	
Kokonaistyyppi	FV (a)	SFS-EN ISO 5983-2:2009	g/kg ka	44,5
Fosfori	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	6,3
Kalium (K)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	43
Kalsium (Ca)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	19
Magnesium (Mg)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	g/kg ka	4,0
Rikki (S)	FV	SFS-EN 15510:2008	g/kg ka	18
		mod		
Rauta (Fe)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	85
Kupari (Cu)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	5,4
Mangaani (Mn)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	58
Sinkki (Zn)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	39
Boori (B)	FV (a)	SFS-EN 15510:2017	mg/kg ka	23

Näyttemäärät hyvin pieniä, joten analyysien annostelut tehty huomattavan pienillä annoksilla.

ALL INFORMATION CONTAINED HEREIN IS UNCLASSIFIED EXCEPT WHERE SHOWN OTHERWISE

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

ALL INFORMATION CONTAINED HEREIN IS UNCLASSIFIED EXCEPT WHERE SHOWN OTHERWISE

**Huomautukset**

Asiakirjojen osittainen kopioiminen on kielletty. Testaustulos koskee vain tutkittua näytettä. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Akkreditoitujen menetelmät on arvioitu tutkimuksen suorittaneen laboratorion oman maan akkreditointielimen toimesta. Tämä tutkimustodistus on luotu sähköisesti ja se on tarkastettu ja hyväksytty. Mittausepävarmuuksien osalta lisätietoja saatavilla pyydettäessä, eikä mittausepävarmuuksia huomioida raja-arvotarkasteluissa.
= Tulos poikkeaa raja-arvosta.
[] = Mahdolliset raja-arvot ovat tuloksen perässä hakasuluissa.

FV = Analysoiva laboratorio on Eurofins Viljavuuspalvelu (Mikkeli).

(a) = Analyysit on tehty akkreditoitulla menetelmällä (SFS EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T096).