
**BIOKAASUTUKSESSA MUODOSTUVA
MÄDÄTYSJÄÄNNÖS LANNOITTEENA
Nurmen astiakoe raiheinällä**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Lepaa, kevät 2016

Juuso Hämäläinen



LEPAA

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Kasvihuone- ja taimitarhatuotannon hallinta

Tekijä

Juuso Hämäläinen

Vuosi 2016

Työn nimi

Biokaasutuksessa muodostuva mädätysjäännös lannoitteena:
Nurmen astiakoe raiheinällä

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kasvualustaan lisätyn mädätysjäännöksen fytotoksisuus- ja lannoitusvaikutusta. Kasvualustakokeet suoritettiin Lepaalla syksyllä 2015. Opinnäytetyön tilaajana oli Punkalaitumen kunta.

Fytotoksisuuskokeen koekasvit olivat kurkku, ohra ja vihanneskrassi. Kokeessa kirjattiin ylös taimien itämis- ja taimettumisprosentti, juuriston kunto sekä tuore- ja kuivapaino. Kurkun osalta mitattiin vielä suurimman kasvulehden pituus ja leveys. Verrannealustoina käytettiin kaupallista viljelyturvetta sekä Kekkilän taimiseosta. Mädätysjäännöksen lannoitus- ja sadontuottovaikutusta tutkittiin nurmen astiataimikokeella. Koekasviksi valittiin raiheinä. Kokeessa kirjattiin ylös raiheinän sato tuore- ja kuivapainona. Verrannealustat edustivat kaupallisessa astiataimituotannossa käytettävää lannoitustasoa.

Nurmen astiakokeen mittaustulokset käsiteltiin tilasto-ohjelmalla ja käsittelyjen välillä oli erittäin merkitseviä tilastollisia eroja. Yleisesti mädätysjäännös nosti satotasoa. Korkeimman sadon kuivapainon suhteen antoi 7,5 % mädätysjäännöslisäys yhdessä peruslannoituksen kanssa. Mädätysjäännös korvasi peruslannoitetta 1,5 kg/m³. Mädätysjäännös kasvualustassa ei heikentänyt kurkun itävyyttä eikä taimettumista. Vihanneskrassin ja ohran tulokset olivat vaihtelevia eri kasvualustoilla.

Avainsanat Mädätysjäännös, raiheinä, fytotoksisuus, kasvualustakoe

Sivut

27 s. + liitteet 5 s.

LEPAA
Degree Programme in Horticulture

Author	Juuso Hämäläinen	Year 2016
Subject of Bachelor's thesis	The use of Biogas digestate as a fertilizer: Container Experiment with the Ryegrass.	

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to study added digestate on the growth media. The main focus was to see the phytotoxicity and fertilization effects of the digestate. The growth media experiments were done in the autumn of 2015 at HAMK Lepaa greenhouse. The thesis was commissioned by the city of Punkalaidun.

The test plants of the phytotoxicity experiment were cucumber, barley and garden cress. The percentage of germination and seedlings was measured. Other measurements were evaluating the condition of the roots and to measure the fresh and dry weights. Also the length and width of the biggest leaf of the cucumber was measured. Reference growing medias were commercial growing peat and Kekkilä plant mix. The fertilization effects of the digestive were studied in a container experiment. The ryegrass was the test plant for this experiment. The dry and fresh weights were measured. The reference growing media represented the fertilization level of commercial nursery production.

The results of the container experiment were analyzed with a statistical programme. There were significant statistical differences between the treatments. Generally the digestate seems to raise yield levels. A 7,5 % digestate addition with basic fertilization gave the highest result. The digestate replaced basic fertilization 1,5 kg/m³. The digestate did not have an effect on the germination and seedlings of the cucumber. The results of the phytotoxicity experiment were variable with barley and garden cress.

Keywords Digestate, ryegrass, phytotoxicity, growth media experiment

Pages 27 p. + appendices 5 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TURVEPOHJAISET KASVUALUSTASEOKSET.....	2
2.1	Turve	2
2.2	Kasvualustaseosten komponentit	3
2.2.1	Peruslannoitteet	3
2.2.2	Kalkit	3
2.2.3	Kivennäisaines.....	4
2.2.4	Muut yleiset seosaineet.....	4
2.3	Kasvualustaseosten laatuvaatimukset	5
2.4	Lannoitelainsäädäntö.....	6
3	FYTOTOKSISUUS.....	7
4	BIOKAASULAITOKSEN TOIMINTA	7
4.1	Biokaasutus	8
4.2	Mädätysjäännös.....	8
4.3	Mädätysjäännös lannoitteena	9
5	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	10
5.1	Fytotoksisuuskoel.....	10
5.1.1	Käsittelyt ja kasvit	11
5.1.2	Itävyys ja taimettuminen	12
5.1.3	Juuriston kunto	12
5.2	Nurmen astiataimikoe	13
5.2.1	Tavoitteet.....	14
5.2.2	Kokeen aikataulu	15
5.2.3	Käsittelyt.....	15
5.2.4	Tuorepaino ja kuivapaino	15
5.2.5	Tilastollinen käsittely	16
6	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	16
6.1	Fytotoksisuuskoel.....	17
6.1.1	Itävyys	17
6.1.2	Taimettuminen.....	18
6.1.3	Juuriston kunto	20
6.2	Nurmen astiataimikoe	21
6.2.1	Tuorepaino.....	21
6.2.2	Kuivapaino	22
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	24
	LÄHTEET	25

-
- Liite 1 Vihanneskrassin, ohran ja kurkun tuorepainot
 - Liite 2 Vihanneskrassin, ohran ja kurkun kuivapainot
 - Liite 3 Kurkun suurimman lehden pituus ja leveys
 - Liite 4 Fytotoksisuus- ja nurmen astiataimikokeen pöytäjaot
 - Liite 5 Määtysjäännöksen raaka-ainekoostumus sekä ominaisuudet

1 JOHDANTO

Nykypäivänä biokaasuteknologialla on Suomen kunnissa hyvät lisäysmahdollisuudet, kun taas maataloilla biokaasuteknologian lisäysmahdollisuudet ovat jo hyvin merkittäviä, koska maataloudessa lantaa ja olkia syntyy noin 20—25 miljoonaa tonnia ja maksimikäyttöpotentiaali on vielä korkeampi biokaasutuotannossa. Biokaasuteknologia hyödyntää luonnollista bakteerien kykyä tuottaa orgaanisesta aineesta metaania, joka prosessin avulla saadaan hyödynnettyä uusiutuvana polttoaineena. Biokaasu on polttoaineena puhdasta ja monikäyttöistä, josta voidaan tuottaa lämpöä, höyryä, sähköä tai liikennepolttoainetta. (Biokaasuyhdistys n.d.)

Biokaasulaitoksissa prosessissa syntyy myös mädätysjäännöstä sivutuotteenä, jota voidaan käyttää avomaanlannoitteena ja maanparannusaineena. Mädätysjäännöksen raaka-aineita voivat olla biojäte, jätevedenpuhdistamoiden liete, teollisuuden lietteet, eläinperäiset lannat ja peltobiomassa. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan erityisesti kasvualustaan lisätyn mädätysjäännöksen lannoitusvaikutusta raiheinän kasvuun. Kasvualustakokeissa käytetty mädätysjäännöksen raaka-ainekoostumus on pääasiassa eri eläinten lantaa sekä peltobiomassaa.

Lepaalla mädätysjäännöksellä tehdyt kasvatuskokeet ovat osa hanketta. Hankkeen nimi on Bioenergiapotentiaalista käytännön toteutukseen, jonka taustalla on tarvelähtöisyys, sillä paikallisilla maataloilla heidän tuotantonsa kasvaessa on tullut tarve löytää lietelannalle hyödyllistä ja ravinnetehokasta käyttöä. Mädätysjäännökselle pyritään löytämään käyttömahdollisuuksia kasvualustana ja lannoitteena. Tämän opinnäytetyön tuloksia tullaan hyödyntämään työelämän tarpeisiin paikallisten yrittäjien keskuudessa.

Kokeellisessa osassa pyrittiin selvittämään, lisääkö vai vähentääkö mädätysjäännöslisäys raiheinän kasvua verrattuna peruslannoitettuun ja lannoittamattomaan kasvualustaan sekä kuinka paljon mädätysjäännöstä voidaan lisätä kasvualustaan ilman, että lisäys heikentää raiheinän satoa.

2 TURVEPOHJAISET KASVUALUSTASEOKSET

Kasvualustaseokset koostuvat kahdesta tai useammasta eri kasvualustalaa- dusta. Seoksia käytetään kylvö- ja taimikasvatuksessa sekä ruukkukas- veilla. Tyypillisimmät seokset ovat sellaisia, että johonkin kasvualustama- teriaaliin on lisätty pieni määrä toisenlaista kasvualustaa, jonka ominaisuu- det täydentävät peruskasvualustamateriaalin ominaisuuksia. (Koivunen 2003, 132.)

2.1 Turve

Turve on eloperäinen maalaji, joka on syntynyt suokasvien epätäydellisen hajoamisen seurauksena hapettomissa ja kosteissa oloissa. Maalajina turve kerrostuu muodostumispaikalleen. Turpeeksi voidaan luokitella maalaji, jonka orgaanisen aineen osuus sen kuivamassasta on vähintään 75 %. Kas- vilajikoostumus ja maatumisaste vaikuttavat huomattavasti turpeen koostu- mukseen ja rakenteeseen. Turve määritellään Suomessa hitaasti uusiutu- vaksi biomassapolttoaineeksi ja EU:ssa päästökauppakelvolliseksi polttoai- neeksi. (Geologian tutkimuslaitos n.d.)

Turpeen maatumisasteikkona käytetään yleisimmin Von Post in asteikkoa. Maatumisaste eli H-arvo ilmoitetaan 1-10 asteikolla, jossa 1 vastaa maatu- matonta ja 10 erittäin maatunutta turvetta. Maatumisaste määritellään tuo- reesta turpeesta puristenäytteellä. (Puustjärvi 1973, 22.)

Puutarhakasvien kasvatukseen käytettävä turve on peräisin rahkasoilta. Rahkasuot syntyvät kohosoilla voimakkaan rahkasammalkasvun ansiosta. Rahkasammallajeista Suomessa yleisimmät ovat ruskorahkasammal (*Sphagnum fuscum*), punarahkasammal (*S. magellanicum*) ja haparahka- sammal (*S. riparium*). Elävän rahkasammalkerroksen alla on vaalea, vähän maatunut turve (Von Post 1–3), joka käytetään kasvihuonekasvien kasvu- alustaksi. Vaalean turpeen paksuus on n. 1–2m. Vaalean rahkaturpeen alla sijaitsee väliturve, joka on keskinkertaisesti maatunutta (Von Post 4–6). Tätä turvetta käytetään erityisesti avomaanviljelyssä maanparannusaineena ja multaseosten perusraaka-aineena. Alimpana kerroksena sijaitsee pitkälle maatunut (Von Post 7–10) musta turve, jota käytetään energiaturpeena te- ollisuudessa. (Tahvonen 2015, 73.)

Turve on maailmanlaajuisesti perinteinen ja eniten käytetty kasvualusta. Turpeesta tekee hyvän kasvualustan sen hyvä vedenpidätyskyky, suhteelli- sen korkea kationinvaihtokapasiteetti, joka vaikeuttaa ravinteiden huuhtou- tumista, sekä se sisältää vähän liukoisia ravinteita ja on helppo hävittää. Haittapuolina voidaan pitää turpeen rakenteen hajoamista parissa vuodessa, jolloin ilmanvaihto heikkenee ja rakenne muuttuu vetiseksi. Turpeen uudel- leenkasteleminen on hankalaa, jos se pääsee kuivamaan kunnolla. Verrat- tuna kivivillaan tai perliittialustaan, satotasot turvealustalla jäävät kuitenkin heikommiksi. (Farmit n.d.)

2.2 Kasvualustaseosten komponentit

2.2.1 Peruslannoitteet

Peruslannoituksen tavoite on nostaa kasvualustan ravinnepitoisuus viljeltävälle kasville sopivaksi (Murmman 1988, 32). Peruslannoitus voidaan tehdä ainoastaan aktiiviselle kasvualustalle, koska inaktiiviset kasvualustat eivät varastoi ravinteita. Kun kasvualusta kostutetaan sinne laitetut lannoitteet liukenevat ja pidättäytyvät kasvualustan pinnoille ja näin ollen toimii viljelyn aikana ravinnepuskurina. (Koivunen 2003, 144.)

Puustjärven (n.d., 85) mukaan peruslannoituksen tavoitteena on varastoida ravinteita mahdollisimman paljon muuhun kuin vesiliukoiseen muotoon. Ravinteista kalsiumia ja magnesiumia varastoidaan ensisijaisesti eniten ja toissijaiseksi kaliumia ja magnesiumia.

Osmocote on hallitusti liukeneva lannoite, joka luovuttaa ravinteita ihan-teellisesti olosuhteiden ja tarpeiden mukaisesti ilman, että ravinteita huuhtoutuu kasvin ulottumattomiin. (Viherympäristö 2012, 3.)

Hallitusti liukenevien lannoitteiden lannoiterakeen ympärillä on kuori, joka osmoottisesti vapauttaa ravinteita kasvin käyttöön lämpötilasta riippuvalla nopeudella. Hallitusti liukenevat lannoitteet joko sekoitetaan kasvualustaan sen valmistuspaikalla tai annostellaan kasvikohtaisesti istutuksen yhteydessä. Lannoiterakeiden ympärillä oleva kuori estää lannoitteen suoran kontaktin juuriston kanssa eivätkä lannoitteet näin ollen aiheuta polttovioituk-sia. (Sirviö 2004, 85.)

2.2.2 Kalkit

Kasvualustan happamuus vaikuttaa negatiivisesti kasvien kasvuun sekä kasvualustan viljelyominaisuuksiin. Kun happamuus lisääntyy vaihtuvan vedyn osuus maassa kasvaa ja vastaavasti vaihtuvan kalsiumin, magnesiumin ja kaliumin osuudet pienenevät. Happamassa maassa ravinteiden saatavuus heikkenee ja maa köyhtyy. Bakteerikanta vähenee happamassa maassa, koska pH alenee eivätkä maabakteerit viihdy siinä. Erityisen tarkkoja pH:n suhteen ovat typpeä sitovat juurinystyräbakteereja sisältävät pal-kokasvit. (Kalkitusopas 1991.)

Kalkituksella alennetaan kasvualustan happamuutta, säädellään ravinteiden käyttökelpoisuutta, pieneliöstön toimintanopeutta sekä parannetaan kasvu-alustan rakennetta. Puutarhaviljelyssä kalkitusaineena käytetään yleisesti dolomiittikalkkia. Dolomiittikalkki sisältää myös magnesiumia, joten se toimii myös kalsium- ja magnesiumlannoitteena. (Puustjärvi n.d., 44–45.)

Kalkitusta käytetään ainoastaan aktiivisilla kasvualustoilla kuten turpeella. Inaktiivisten kasvualustojen happamuuden säätö tehdään hapoilla. Turpeen

kalkituksessa käytetään usein magnesiumpitoista kalkkikivijauhetta tai dolomiittikalkkia (Koivunen 2003, 155–156). Dolomiittikalkissa kalsiumin ja magnesiumin suhde vastaa kasvin vaatimuksia. Turve voidaan myös ylikalkita ilman, että se aiheuttaa liiallista pH:n nousua. Dolomiittikalkin tulee olla hienojakoista, varsinkin jos kalkitus tehdään juuri ennen turpeen käyttöönottoa. (Kalkitusopas 1991, 48–49.)

2.2.3 Kivennäisaines

Kun maa-aineksesta alle 20 % on orgaanista ainesta, se luokitellaan kivennäismaaksi, poikkeuksena liejumaat. Kivennäismaat luokitellaan vielä kahteen eri pääryhmään, jotka ovat moreenimaalajit ja lajittuneet maalajit. Lajitteiden vallitsevuus määrää maalajin nimen. (Heinonen, Hartikainen, Aura, Jaakkola & Kempainen 1996, 25.)

Kivennäisaines muodostaa kasvualustan kantavan rungon ja säätelee etenkin kasvualustan fysikaalisia ominaisuuksia, kuten veden liikkeitä ja kasvualustan kantavuusominaisuuksia. Kivennäisaines on epäorgaaninen materiaali. Kivennäisaineksen raekokojakauma vaikuttaa kasvualustan huokostilavuuteen ja vedenläpäisykykyyn. (Sirviö 2004, 72.)

Hiekka on lajite, jonka raekoko on 0,2–2 mm ja hiedan vastaavasti 0,02 – 0,2 mm. Hiekkalisäyksestä puhutaan yleensä ryhmäkasviviljelyssä, kun kasvualustaan lisätään hiekkaa tai hietaa. Hiekkaa lisätään kasvualustaan, koska sen vesikapasiteetti on pieni suhteessa ilmakapasiteettiin, joten hiekkalisäys tuo ilmaa kasvualustaan. Kuitenkin on huomioita, että liiallinen hiekka- tai hietalisäys tiivistää turpeen huokosrakennetta ja pienimmät hietarakeet saattavat täyttää isompia huokosia. Hiekka ja hietta ovat yleisesti muita materiaaleja painavampia, joten ruukkujen tukevoittaminen ja näin ollen niiden käsittely helpottuu hiekkalisäyksellä. Hiekkalisäys turpeen kanssa helpottaa myös taimikenttien täyttöä. (Backman 2007, 40.)

2.2.4 Muut yleiset seosaineet

Perliitti on lasimaista vulkaanista kivimateriaalia. Perliitin hyviä ominaisuuksia on sen korkea huokostilavuus, jonka vuoksi sitä voidaan käyttää parantamaan kasvualustan ilmapuutusta. Perliitti lisää kasvualustan vedenottoa, koska se on hienojakoista. Sitä voidaan käyttää erityisesti kun kasvihuoneessa on käytössä vuoksi-luodekastelu. Perliittilisäys kasvualustaan on yleisesti 10–25 % tilavuudesta. Perliitin johtokyky on matala ja pH on 6,5–7,5. Inaktiivisena seosaineena perliitti ei pidätä ravinteita ollenkaan. (Backman 2007, 41.)

Vermikuliitti on seosaineena kevyt ja huokoinen kivimateriaali. Sen hyviä ominaisuuksia perliitin tavoin on sen alhainen johtokyky ja pH on neutraali. Toisinkuin perliitillä vermikuliitilla on jonkin verran ravinteiden puskurointikapasiteettia. Vermikuliitti sisältää viljelyn alussa kaliumia ja magnesiumia ja viljelyn aikana se sitoo fosfaattia ja ammoniumtyyppiä tilapäisesti,

jolloin ammonium muuttuu nitraatiksi. Vermikuliittia käytetään yksinomaan kylvöseoksissa ja pistokasalustoissa. Vermikuliitti tiivistyy helposti, koska se on kevyttä ja omaa heikon rakenteen. (Backman 2007, 41.)

Heinosen ym. (1996, 26) mukaan lajitteena saves on hienojakoisin ja sen rakeiden läpimitta on alle 0,002 mm. Savespitoisuuden ollessa yli 30 % voidaan kivennäismaa luokitella savimaaksi. Savi on luonnostaan runsasravinteista ja sillä on korkea kationinvaihtokapasiteetti ja hyvä ravinteiden pidätyskyky. Savea lisätään kasvualustaan yleensä vesi- ja ravinnetilanteen korjaamiseksi. (Backman 2001, 40.)

2.3 Kasvualustaseosten laatuvaatimukset

Turveteollisuusliitto, Kauppapuutarhaliitto ja Viherympäristöliitto muodostavat työryhmän, joka määrittää kasvuturpeen ja turvepohjaisten kasvialustojen yleisen laatuohjeen. Laatuohjeessa käsitellään turve- ja turvepohjaisten kasvialustojen laatuvaatimukset, näytteenotto ja määrittäminen. Laatuohjeessa määritellään enimmäisrajat kasvialustassa oleville raskasmetalleille, taudinaiheuttajille ja epäpuhtauksille. (Kasvuturpeen ja turvepohjaisten kasvialustojen laatuohje 2010.)

Raskasmetalleja päätyy luontoon ihmisen toiminnan ja luonnollisten prosessien kautta. Raskasmetalleja löytyy luonnostaan kallioperästä, maaperästä, kasveista ja ihmisistä. Raskasmetalleja esiintyy useissa eri olomuodoissa kuten mineraaleina, ioneina, suoloina tai kaasuina. Viljelymaahan raskasmetalleja kertyy esimerkiksi kasvinsuojeluaineista ja lannoitteista. Taulukossa 1. on kuvattu kasvialustoissa haitallisten metallien suurimmat sallitut pitoisuudet. (Hiukkastieto n.d.)

Taulukko 1. Haitallisten metallien suurimmat sallitut pitoisuudet kasvialustoissa

Alkuaine	Enimmäispitoisuus mg/kg kuiva-ainetta
Arseeni (As)	25
Elohopea (Hg)	1,0
Kadmium (Cd)	1,5
Kromi (Cr)	300
Kupari (Cu)	600
Lyijy (Pb)	100
Nikkeli (Ni)	100
Sinkki (Zn)	1500

Kasvihuoneviljelyyn tarkoitettujen kasvialustojen, joissa kasvinosat ovat kosketuksissa kasvialustaan, saa *Escherichia coli*- bakteeria esiintyä 1000 pmy/g. Lyhenne pmy tarkoittaa pesäkkeen muodostava yksikkö. (Tieteen termipankki n.d.) Kasvialustoihin lisättyssä mädätysjäännöksessä esiintyi *E. coli*-bakteeria, mutta sen enimmäispitoisuus ei ylittynyt. Salmonellaa ei saa esiintyä 25 g näytettä ja taimituotannossa käytettävissä kasvialustoissa ei saa esiintyä lainkaan juuripoltesientä (mm. *Fusarium*).

Turve- ja turvepohjaisissa kasvualustaseoksissa ei saa esiintyä ilmoittamatonta eläinperäistä ainesta. Kasvualustoissa olevat epäpuhtaudet voivat olla rikkakasvien siemeniä, roskia (lasi, metalli, muovi), hukkakauraa tai kasvin osia. Hukkakauraa ei kasvualustoissa saa esiintyä lainkaan. Pakatuissa kasvualustoissa saa esiintyä kaksi itänyttä rikkakasvin siementä litrassa ja pakkaamattomissa viisi siementä litrassa. Roskia saa pakatuissa kasvualustoissa esiintyä 0,2 % ja pakkaamattomissa 0,5 % tuorepainosta. Kasvualustaseokset eivät saa sisältää eläviä juuria, juurakoita tai muita kasvulliseen lisääntymiseen liittyviä kasvinosia. (Kasvuturpeen ja turvepohjaisten kasvualustojen laatuohje 2010.)

Kalkitut ja peruslannoitetut kasvuturpeet sekä turvepohjaiset kasvualustaseokset kuuluvat lannoitevalmisteisiin ja ovat lannoitevalmistelain (539/2006) alaisia tuotteita, joten tuotteista täytyy antaa tuoteseloste. Tuoteselosteessa ilmoitettuja tietoja ovat pH, johtokyky, irtotiheys ja karkeusaste. Jos turve on lannoitettu, ilmoitetaan lisäksi vesiliukoisien typen, fosforin ja kaliumin määrä.

2.4 Lannoitelainsäädäntö

Lannoitevalmistelaki (539/2006) säätelee lannoitevalmisteiden valmistusta, markkinoille saattamista, tuontia ja vientiä. Laki edellyttää mm. kaikilta toimijoilta omavalvonnan järjestämistä ja orgaanisia lannoitevalmisteita valmistavilta laitoksilta laitoshyväksyntää. Lain tavoitteena on turvata markkinoille saatettavien lannoitevalmisteiden puhtaus ja turvallisuus. (Evira n.d.)

Lannoitevalmistelain (539/2006) 2. luvun 5 § mukaan lannoitevalmisteiden on oltava tasalatuksia, turvallisia ja käyttötarkoitukseensa sopivia ja niiden tulee täyttää lannoiteasetuksessa, sivutuoteasetuksessa ja tässä laissa sekä sen nojalla annetuissa säädöksissä asetetut vaatimukset. Lannoitevalmiste ei saa sisältää sellaisia määriä haitallisia aineita, tuotteita tai eliöitä, että sen käyttöohjeiden mukaisesta käytöstä voi aiheutua vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle taikka ympäristölle. Lannoitevalmisteiden raaka-aineiden tulee olla turvallisia ja sellaisia, että niistä valmistetut lannoitevalmisteet täyttävät niille asetut laatuvaatimukset. Biokaasulaitoksen käsittelyjäänöksestä voidaan valmistaa ja markkinoida vain sellaisia lannoitevalmisteita, jotka kuuluvat jonkun lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelossa olevan tyyppinimen alle.

Sivutuoteasetus säätelee erityisesti biokaasulaitosten toimintaa. Euroopan parlamentin ja neuvoston antama asetus (1774/2002/EY) koskee muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveyssääntöjä. Asetuksessa ohjeistetaan sivutuotteiden käsittelyä, lopputuotteen laatua, hyödyntämismahdollisuuksia sekä sen loppusijoitusta. (Latvala 2009, 16.)

3 FYTOTOKSISUUS

Määritelmän mukaan fytotoksisuus tarkoittaa kasville tai kasvisolukolle haitallista (Acquaah 2009, 246).

Kasvualustan fytotoksisuus aiheuttaa siementen itävyyden heikkenemistä ja juurten kasvu häiriintyy. Yleisenä oireena voidaan pitää kasvun hidastumista. Kasvun hidastuminen johtuu fytotoksisten yhdisteiden aiheuttamasta aineenvaihdunnan hidastumisesta. Fytotoksiset yhdisteet vähentävät juurihengistystä ja ravinteiden ottoa, jolloin kasvu hidastuu. (Biojätekompostit kasvintuotannossa 1999, 27.)

Fytotoksisia oireita mitataan erilaisilla kasvitesteillä. Testeissä mitataan itävyyttä eli itäneiden siementen osuutta kylvetyistä, juuren pituuskasvua sekä taimen tuore- ja kuivapainoa. (Biojätekompostit kasvintuotannossa 1999, 28.) Fytotoksisuustestit ovat vaikeasti tulkittavia, koska eri kasvilajien herkkyys vaihtelee suuresti. (Kompostin kypsyystestit 2006, 31.)

Tyypilliset fytotoksisuustestit kestävät parista viikosta kuukauteen, riipuen valittujen koekasvien kehityksestä ja testimenetelmästä. Testikasvien siemenet kylvetään kasvualustaan, johon tutkittavaa tuotetta lisätään. Koekasveja kasvatetaan kontrolloidusti tietty määräaika ja lopuksi saatua kasvutulosta verrataan kontrollikäsitteilyyn. (MTT raportti 101, 28.)

Luonnonvarakeskus on tutkinut biokaasulaitosten sivutuotteiden fytotoksisuutta. Heidän kokeessaan koekasveiksi oli valittu vihanneskrassi, ohra ja kiinankaali. Kokeessa vihanneskrassin itävyys oli yli 90 %, joka on kokeen mukaan hyvä tulos. Kiinankaali osoittautui kokeessa herkäksi koekasviksi, joka voisi tuoda laatueroja selvemmin esiin. Lopputuloksena biokaasulaitosten lopputuotteissa ei havaittu myrkyllisyyttä pellolla käytettävissä pitösuuksissa. (MTT raportti 82, 55.)

4 BIOKAASULAITOKSEN TOIMINTA

Biokaasulaitosten prosessi koostuu esikäsitteilyistä, biokaasureaktorista ja jälkikäsitteilyistä (MTT raportti 82, 13). Suomessa yleisimmin käytettävä biokaasuprosessi on mesofiilinen, yksivaiheinen, puolijatkuvatoiminen, täyssekoitteinen lietereaktori, jonka syöttö ja käsitteilyjäännös ovat pumpattavissa ja reaktorin sisältö mekaanisesti sekoitettavissa. (Latvala 2009, 30.)

Biokaasulaitokset jaetaan kolmeen luokkaan, jotka ovat maatalojen laitokset, jätevedenpuhdistamoiden biokaasulaitokset ja yhteiskäsitteilylaitokset. Maatalojen biokaasulaitokset ovat yleisesti pieniä ja ne käsittelevät vain omalla tilalla syntyvää karjan lantaa sekä peltobiomassaa. Jätevedenpuhdistamoilla syötettävä seos on yhdyskuntajätevesilietettä, joka johdetaan siirtoputkella normaalista jätevedenkäsitteilyprosessista sakeutusaltaaseen. Yhteiskuntakäsitteilylaitoksella voidaan käsitellä useita erityyppisiä jätteitä ja sivutuotteita, jonka takia prosessinohjaus on haastavampaa kuin muissa laitoksissa. (Latvala 2009, 19–21.)

Maatilojen liettelanta siirretään siirtoputkea pitkin esisäiliöön, josta se pumpataan biokaasureaktoriin. Esisäiliössä on sekoitin ja esilämmitin, jotta liettelannasta saadaan tasaista ja valmista syötettäväksi seokseksi. Esisäiliöstä seos siirtyy biokaasureaktoriin. Biokaasureaktori on hapeton tila, jossa anaerobinen hajoaminen tapahtuu. Lämpötila reaktorissa on noin 35–37° C. (Latvala 2009, 26–29.)

Reaktorissa olevaa syöteseosta tulee sekoittaa, jotta varmistutaan hyvästä kontaktista syöttömateriaalin ja mikrobien välillä sekä lämmön tasaisesta jakaantumisesta. Sekoittaminen edesauttaa biokaasun talteenottoa ja vältetään pintakerroksen kovettuminen. Sekoittamiseen käytetään lapasekoitinta tai kaasusekoitusta. Prosessissa syntyvää biokaasua pumpataan reaktorin alaosaan, josta noustessaan se sekoittaa massaa. Käytössä on myös yleisesti eri sekoitusmenetelmien yhdistely. (Latvala 2009, 31.)

Useimmissa biokaasulaitoksissa, jossa käsitellään lantaa ja kasvipiperäistä materiaalia jälkikäsitteilynä on varastointi katetussa varastoaltaassa. Varastoaltaassa on kaasunkeräysjärjestelmä, jolloin puhutaan jälkikaasutuksesta. Toinen jälkikäsitteilymenetelmä on separointi nestemäiseen ja kiinteään jakkeeseen. (Lannan käsittely ja käyttö 2009, 85.)

4.1 Biokaasutus

Biokaasutus eli mädätys tarkoittaa orgaanisen aineksen anaerobista hajoamista. Hajoaminen tapahtuu hapettomissa oloissa. Hajoamisessa syntyy huumuksenkaltaista kiintoainetta, vettä, hiilidioksidia sekä metaanikaasua. Metaanikaasu voidaan hyödyntää energianlähteenä. Mädätysprosessissa syntyvän biokaasun metaanipitoisuus on 65–70 %. Lisäksi mädätys vähentää kasvihuonepäästöjä vähentämällä lannan käsittelyn aiheuttamia metaanipäästöjä. (Lannan käsittely ja käyttö 2009, 64.)

Ympäristöhyödyn näkökulmasta eläinperäinen lanta sopii hyvin mädätykseen. Osa lannan orgaanisesta typestä muuttuu ammoniumtypeksi biokaasureaktorissa, joten se on kasvien hyödynnettävissä helposti peltolevityksessä. Anaerobinen käsittely vähentää lietteiden hajuhaittoja jopa 80 %. (Lannan käsittely ja käyttö 2009, 64.)

4.2 Mädätysjäännös

Mädätysjäännöstä syntyy vedenpuhdistamoiden ja biokaasulaitosten sivutuotteena. Biokaasulaitoksissa raaka-aineina käytetään biojätettä, jätevedenpuhdistamoiden lietettä, teollisuuden lietteitä, lantaa ja muuta orgaanisesti hajoavaa materiaalia kuten peltobiomassa. Biohajoava jäte voidaan kompostoida tai polttaa kaatopaikalle viennin sijasta. (Al-Wattar, Brommels, Hyrsky, Jaalama, Jylhämäki, Lindfors, Pimiä, Pöyhölä, Toivonen & Äikäs 2013.)

Mädätysjäännöksen laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat raaka-aineet ja prosessin eri vaiheet. Prosessin toimivuudella on erityisesti merkittävyyttä taudinaiheuttajien tuhoutumiseen sekä valmiin tuotteen käyttökelpoisuuteen

kasveille. Taudinaiheuttajien tuhoutumiseen vaikuttavat käsittelylämpötila ja aika sekä raaka-aineen sekoittuminen prosessin aikana. Tuotteen käyttökelpoisuutta arvioidessa tuotteen stabiilisuuteen vaikuttavat tekijät ovat avainasemassa. Vaikuttavia tekijöitä ovat käsittelyaika ja tasalaatuisuus sekä ravinteiden käyttökelpoisuus. (MTT raportti 82, 12.)

Mädätysjäännös sisältää raaka-aineidensa kaikki ravinteet ja osan hiilestä, jonka takia se pyritään käyttämään avomaan lannoitteena, jolloin kaikki ravinteet pystytään hyödyntämään. Mädätysjäännös sisältää myös runsaasti typpeä ja fosforia. (Lannan käsittely ja käyttö 2009, 86.)

Prosessoidulla mädätysjäännöksellä on tehty useita erilaisia kasvatus- ja lannoituskokeita peltokasveilla ja nurmella. MTT ja luonnonvarakeskus ovat osaltaan tutkineet mädätysjäännöksen kelpoisuutta lannoitteena. MTT:n raportissa (82, 3.) tutkittiin biokaasulaitosten lopputuotteiden käyttöä kasvinravitsemuksen ja maatalouden näkökulmasta. Tuloksena biokaasulaitosten lopputuotteet eivät nosta peltomaan mikrobiologista aktiivisuutta merkittävästi ravinnekäytössä. Lopputuotteet voivat sisältää ihmis-, eläin- tai kasvipärisiä taudinaiheuttajia sekä haitallisia orgaanisia yhdisteitä, joten laadun varmistamiseksi erityistä huomiota täytyy kiinnittää esimerkiksi raaka-ainevalintaan ja tehokkaaseen esikäsittelyyn. Tämän tutkimuksen loppupäätelmänä on, että biokaasulaitosten lopputuotteita asianmukaisesti käsiteltyinä voidaan pitää turvallisina lannoitevalmisteina.

4.3 Mädätysjäännös lannoitteena

Biokaasuprosessissa syntyvä mädätysjäännös soveltuu käytettäväksi orgaanisena lannoitteena ja maanparannusaineena. Mädätysjäännös voidaan käyttää sellaisenaan tai kuivattuna jakeena. (MTT raportti 82, 12.) Mädätysjäännöksen lannoittavat ominaisuudet säilyvät paremmin verrattaessa käsittelemättömään, koska raaka-aineiden ravinteet säilyvät biokaasuprosessissa. Kalium, fosfori, kalsium, magnesium ja mikroravinteet saadaan myös käyttöön, koska ne eivät häviä prosessissa. (Lannan käsittely ja käyttö 2009, 86.)

Mädätysjäännös on orgaaninen avomaan lannoite, joka lisää maaperän humuspitoisuutta. Näin ollen se ylläpitää maaperän kasvukuntoa toisin kuin väkilannoitteet. Biokaasuprosessissa syntynyt mädätysjäännös on yleisesti tasalaatuista ja juoksevaa, jolloin se imeytyy maahan nopeasti ja hajut kaotavat nopeasti. (Lannan käsittely ja käyttö 2009, 86.)

Mädätysjäännöstä käytettäessä lannoitevalmisteena, sitä valmistavan yrityksen tulee täyttää sivutuoteasetuksessa määritellyt prosessivaatimukset, mikäli käytetään eläinperäisiä syötteitä. Lisäksi sen täytyy olla hygieenisyydeltään ja muilta ominaisuuksiltaan lannoitevalmisteeksi soveltuvaa. (Latvala 2009, 17.)

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

Opinnäytetyön käytännön kokeet suoritettiin HAMK Lepaan yksikön kasvihuoneen koeosastossa syksyllä 2015.

Fytotoksisuuskokeen tarkoituksena oli tuoda kasvualustaan lisätyn mädätysjäännöksen fytotoksisuusvaikutus esille valituilla koekasveilla. Nurmen astiataimikokeen tarkoitus oli tutkia lisätyn mädätysjäännöksen lannoitusvaikutusta raiheinän kasvuun.

Fytotoksisuuskokeessa koejäsenistä mitattiin taimettuminen, itäminen, juuriston kunto sekä tuore- ja kuivapaino. Lisäksi kurkulta mitattiin suurimman lehden pituus ja leveys. Nurmen astiataimikokeessa mitattiin raiheinän sato tuore- ja kuivapainona.

5.1 Fytotoksisuuskoee

Fytotoksisuuskokeen kasvualustat tehtiin viikolla 43 ja kylvöt tehtiin viikolla 44. Vihanneskrassia ja ohraa kylvettiin viisi siementä ruukkuun, kurkkua yksi siemen. Suojariveihin kylvettiin ohraa. Kasvatus tapahtui kahdella viljelypöydällä koehuoneessa (Kuva 1). Itämisen ajaksi ruukut peitettiin läpinäkyvällä muovilla, joka poistettiin kun itäminen oli tapahtunut. Kastelu tapahtui kasteluletkun avulla. Viljelypöydille oli levitetty myös altakastelumatot kosteuden ylläpitämiseksi ja näin myös vähennettiin kastelun tarvetta.

Yksi koeruutu käsitti viisi 8 cm Vefi-ruukkuja. Koeruutuja oli yhdellä pöydällä 18 kappaletta eli ruukkuja oli yhteensä 90 kpl/pöytä. Kokeessa oli neljä kerrannetta. Kaikki koekasvit sisältyivät jokaiseen kerranteeseen (Liite 4).

Koeruutujen paikat kokeessa satunnaistettiin. Koeruudut merkittiin pistosäleillä ja säleeseen merkittiin lyhenne koekasvin nimestä (K= kurkku, O= ohra ja Kr = vihanneskrassi) sekä kasvualustan numerosta esim. Kr1.



Kuva 1. Fytotoksisuuskokeen koeasetelma, jossa kurkun, ohran ja vihanneskrassin koeruudut erottuvat erivärisillä nimisäleillä. Koeruutu sisälsi viisi Vefi-ruukua.

Vihanneskrassin ja ohran viljelyaika oli 2 viikkoa, jonka jälkeen koe purettiin niiden osalta. Kurkun viljelyaika kokeessa oli 4 viikkoa. Koe purettiin koeruduittain. Koetta purettaessa laskettiin ensin itäneet ja taimettuneet yksilöt. Tämän jälkeen juuristo puhdistettiin kasvualustasta ja sen kunto arvioitiin silmämääräisesti asteikolla 1–5. Juuriston kunnan arvioinnin jälkeen punnittiin tuorepaino ilman juuria. Tuorepainon punnitsemisen jälkeen taimet laitettiin paperipusseihin koeruduittain ja kuivattiin kemian laboratorion uunissa 60 asteessa 24 tuntia, jonka jälkeen punnittiin kuivapaino. Kurkulta mitattiin tuore- ja kuivapainon lisäksi suurimman lehden pituus ja leveys.

5.1.1 Käsittelyt ja kasvit

Kokeessa käsittelyjä oli yhteensä kuusi kappaletta, joista kaksi oli verranteita (Taulukko 2). Jokaisessa kerranteessa oli kolme koeruutua samaa koealustaa eli yksi krassilla, kurkulla ja ohralla. Kasvualustat koostuivat kasvuturpeesta ja mädätysjäännöksestä. Verrannekasvualustat olivat kasvuturvetta ja taimiseosta.

Taulukko 2. Fytotoksisuuskokeessa käytetyt kasvualustat

Käsittely	Turve %	Mädätysjäännös %
1	90	10
2	80	20
3	70	30
4	50	50
5	100 (turve)	0
6	100 (taimiseos)	0

Fytotoksisuuskokeen koekasvit olivat vihanneskrassi (*Lepidium sativum*), ohra (*Hordeum vulgare*) ja kurkku (*Cucumis sativus*).

Vihanneskrassi on kaksisirkkainen ristikukkaiskasvi (*Brassicaceae*). Vihanneskrassi on yksivuotinen. Siemenet itävät valossa. Siemen itää jo 5–6 celsiusasteessa, mutta vihanneskrassin optimilämpötila on 20–24 celsiusastetta. Kasvihuoneessa hyödetettäessä viljelylämpötilaksi sopii 15–20 celsiusastetta. (Voipio 2001, 242–243.)

Ohra on yksisirkkainen heinäkasvi (*Poaceae*). Ohran kasvu-aika on lyhyt ja kasvurytmi nopea. Ohra viihtyy lämpimässä, ilmastossa ja hyvä-rakenteisessa maassa. Ohraa viljellään eniten kaikista viljoista. (Teräväinen 2000, 84.)

Kurkku on kaksisirkkainen kurkkukasvi (*Cucurbitaceae*). Heimon edustajat ovat pääasiassa trooppisia lajeja. Kurkku on yksivuotinen ja viileänarka. Optimilämpötila on tarkasteltavasta ominaisuudesta riippuen alueella 16–35 astetta, minimilämpötila välillä 10–15 astetta ja maksimilämpötila noin 40 astetta. (Voipio 2001, 264–266.)

5.1.2 Itävyys ja taimettuminen

Itäminen käynnistyy, kun siemen imee itseensä vettä ja turpoaa. Siementen itäminen kasvihuoneessa on nopeinta lämpötilavälillä 18–21 °C (Järvinen, Karjalainen, Vuollet 2015, 197). Vihanneskrassin siemenet kylvettiin kasvualustan pintaan ja kokeessa itäminen katsottiin tapahtuneeksi, kun alkeisjuuri oli työntynyt ulos siemenestä. Siementen itävyysprosentti kertoo, kuinka monta siementä on itänyt tietystä määrästä siemeniä.

Taimettuminen katsottiin tapahtuneeksi, kun sirkkalehdet olivat kokonaan auenneet. Taimettumista voi hidastaa veden vähäinen määrä kasvualustassa.

5.1.3 Juuriston kunto

Juuriston kunto arvioitiin asteikolla 1–5 kokeen purkuvaiheessa silmämääräisesti arvioiden. Juuriston kuntoa määriteltäessä arvioitiin juuriston määrää ja läpijuurtuneisuutta.

5.2 Nurmen astiataimikoe

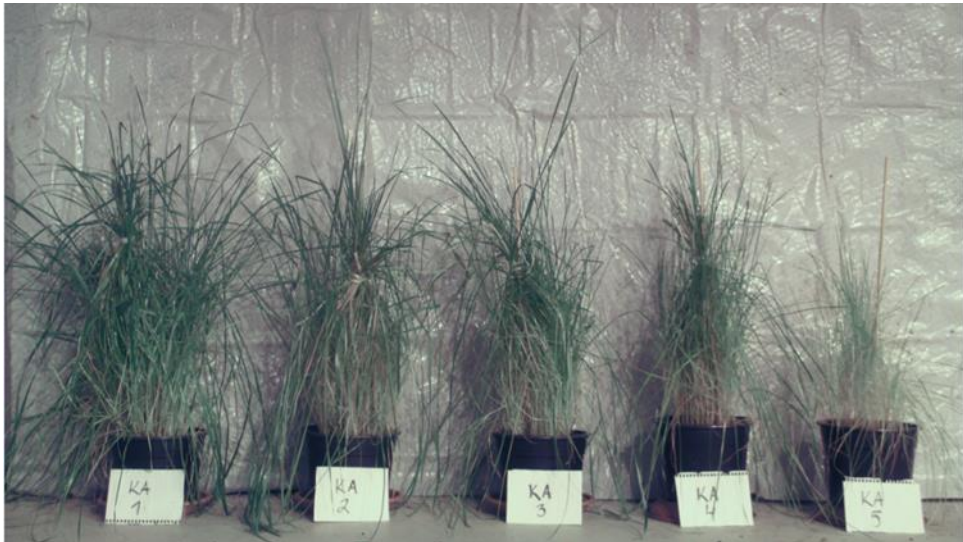
Kokeessa raiheinää (*Lolium spp.*) kylvettiin 200 siementä/ ruukku. Suojariiveihin kylvettiin myös raiheinää. Raiheinä kuuluu heinäkasvien heimoon (*Poaceae*). Raiheinän taimettumisnopeus on erittäin nopea, taimettumisnopeus on keskimäärin 8-12 vuorokautta. Raiheinä leviää maanpäällisillä ja maanalaisilla versoilla. (Soini 2003, 170.)

Viljelyruukkuihin kiinnitettiin tarrat, joista kävi ilmi kasvualustan numero sekä juokseva numerointi 1–16. Kasvatus tapahtui kahdella viljelypöydällä koehuoneessa. Itämisen ajaksi ruukut peitettiin läpinäkyvällä muovilla, joka poistettiin kun itäminen oli tapahtunut. Kastelu tapahtui alta kasteluna vuoksiluodepöydillä. Jokaisella ruukulla oli oma aluslautasensa. Vesi nostettiin pöydällä niin korkealle, että jokaiselle aluslautaselle tuli vettä. Tämän jälkeen vesi laskettiin pöydiltä pois ja aluslautaselle jäänyt vesi imeytyi ruukkuun. Ruukkuja kasteltiin alta kasteluna noin 2–3 kertaa viikossa. Kokeen edetessä kasvuerot tulivat selkeästi näkyviin eri käsittelyiden välillä ja toisia viljelyruukkuja täytyi nostaa pois kastelun ajaksi ja kastella ne manuaalisesti. Näin vältettiin kasvuston homehtuminen.

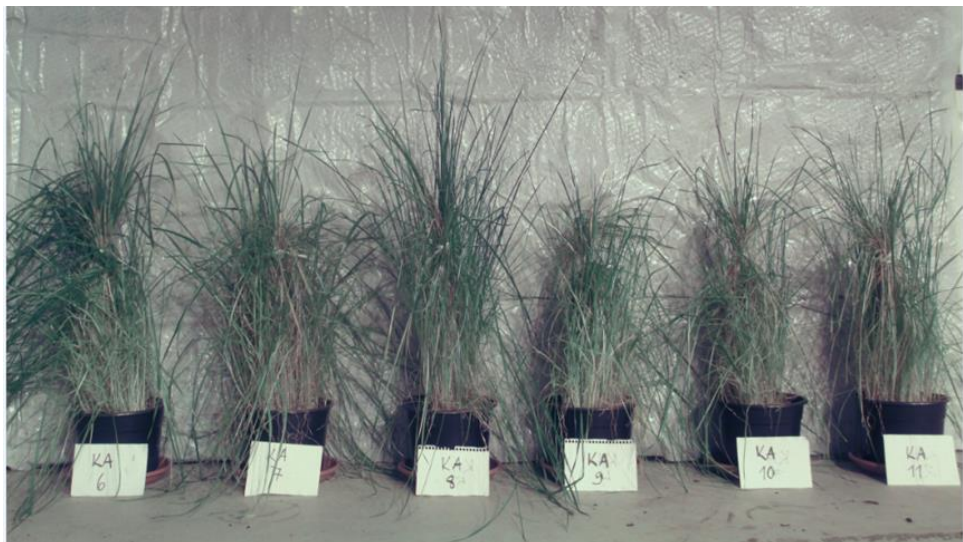
Nurmen astiakoe suoritettiin kahdella pöydällä koeosastossa. Molemmilla pöydillä oli yhteensä neljä kerrannetta, jotka sisälsivät kaikki käsittelyt ja kussakin kerranteessa oli kutakin käsittelyä kaksi kappaletta. Yhdessä kerranteessa koekasveja oli aina 22 kappaletta. Kokeessa oli yhteensä kahdeksan kerrannetta ja koe oli niin kutsuttu satunnaistettujen lohkojen koe. Yhteensä koeruukkuja oli 176 kappaletta sekä lisäksi suojakasvit 56 kappaletta. Käsittelyt 1–5 eivät sisältäneet mädätysjäännöstä (Kuva 2). Käsittelyt 6–11 sisälsivät mädätysjäännöstä (Kuva 3).

Kasvustoa ei leikattu ollenkaan kokeen aikana. Kokeen aikana tarkkailtiin myös kasvintuhoojien ja kasvitautien esiintymistä.

Koe purettiin kerranteittain. Raiheinä leikattiin saksilla ruukusta, jonka jälkeen ensimmäisenä mitattiin tuorepaino. Mittaamisen jälkeen kasvusto laitettiin paperipussiin, joka oli merkitty ruukkuun vastaavalla kasvualustanumerolla ja juoksevalla numerolla (1-16) esimerkiksi 74. Tuorepainojen mitaamisen jälkeen paperipussit kuivattiin kemian laboratorion uunissa 60 asteessa 24 tuntia, jonka jälkeen mitattiin kuivapaino. Kokeessa ei arvioitu juuriston kuntoa.



Kuva 2. Nurmen astiataimikokeen käsittelyt 1–5 ennen kokeen purkamista. Kasvualustat eivät sisältäneet mädätysjäänöstä.



Kuva 3. Nurmen astiataimikokeen käsittelyt 6–11 ennen kokeen purkamista. Kasvualustat sisälsivät mädätysjäänöstä.

5.2.1 Tavoitteet

Kokeen tavoitteena oli tutkia kasvualustaan lisätyn biokaasutetun eläinperäisen jätteen mädätysjäänöksen lannoitusvaikutusta astiakokeessa sekä selvittää lisääkö vai vähentääkö mädätysjäänöslisäys raiheinän kasvua verrattuna tavanomaisesti lannoitettuun ja lannoittamattomaan kasvualustaan. Tavoitteena oli saada tilastollista tietoa eri käsittelyiden välisistä eroista ja kuinka paljon mädätysjäänös korvaa Osmocotea kg/m^3 . Kokeessa tutkittiin myös kuinka paljon mädätysjäänöstä voidaan lisätä kasvualustaan ilman, että sen vaikutus näkyy heikentävästi raiheinän sadossa.

5.2.2 Kokeen aikataulu

Kokeen kasvualustat valmistettiin Lepaan kasvihuoneessa viikolla 43 ja raiheinän siemenet kylvettiin samalla viikolla. Raiheinän kasvatusaika kokeessa oli 12 viikkoa. Koe purettiin viikolla 2.

5.2.3 Käsittelyt

Kokeessa oli 11 eri käsittelyä (Taulukko 3). Jokaista käsittelyä tehtiin 16 ruukkua. Mädätysjäännöstä lisättiin kuuteen kasvualustaan. Kokeessa oli kaksi verrannetta, toista ei lannoitettu ollenkaan ja toinen verrannealusta edusti kaupallisessa astiataimituotannossa käytettävää lannoitustasoa.

Peruslannoitteena käytettiin Osmocote-Bloom lannoitetta. Jokaiseen viljelyruukkuun lisättiin myös kalkkia. Kasvualustat valmistettiin Teo Kanniaisen antaman ohjeen mukaisesti. Viljelyruukkujen tilavuus oli 1,5 litraa.

Taulukko 3. Nurmen astiataimikokeessa käytetyt kasvualustat

Käsittely	Turve %	Hiekka %	Mädätysjäännös %	Osmocote-Bloom 2-3 kk (12-4-15) + mikrot g/l	Kalkki g
1	60	40	0	4	5
2	60	40	0	3	5
3	60	40	0	2	5
4	60	40	0	1	5
5	60	40	0	0	5
6	57,5	40	2,5	3	5
7	55	40	5	2	5
8	52,5	40	7,5	1	5
9	50	40	10	0	5
10	45	40	15	0	5
11	40	40	20	0	5

5.2.4 Tuorepaino ja kuivapaino

Tuorepaino punnittiin maanpäällisistä kasvinosista ilman juuria. Tuorepainon punnitsemisen jälkeen kasvinosat laitettiin paperipusseihin odottamaan kuivatukseen vientiä.

Tuorepainon punnitsemisen jälkeen kasvinosat paperipusseissa kuivatettiin kemian laboratorion uunissa + 60 °C:ssa 24 tuntia. Kuivatuksen jälkeen näytteet punnittiin ja saaduista tuloksista vähennettiin paperipussin paino.

5.2.5 Tilastollinen käsittely

Varianssianalyysin avulla tutkitaan ryhmien välisten keskiarvojen tilastollisesti merkitseviä eroja. Varianssianalyysia käytetään erityisesti kokeellisissa tutkimuksissa ja kenttäkokeissa. Yksisuuntaisesta varianssianalyysistä puhutaan silloin, kun ryhmitteleviä muuttujia on vain yksi (*Oneway*). Kun muuttujia on enemmän kuin yksi, puhutaan kaksi- tai kolmisuuntaisesta varianssianalyysistä (*Multiway*). Varianssianalyysillä halutaan selvittää kuinka useamman kuin kahden ryhmän keskiarvot eroavat toisistaan. (Metsämuuronen, J. 2003, 644–646.)

Käsitteenä nollahypoteesi tarkoittaa, että tutkittavien keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Nollahypoteesin kohdalla pieni keskiarvojen välinen ero johtuu satunnaisvaihtelusta eikä se ole tilastollisesti merkitsevää. (Tilastokeskus n.d.)

P-luku raportoiti tulokset kolmella eri merkitsevyystasolla, jotka ovat erittäin merkitsevä, merkitsevä ja melkein merkitsevä ero keskiarvojen välillä (taulukko 4). Riskitaso 0.1 % ($p=0.001$) merkitsee, että nollahypoteesi voidaan hylätä ja riski sen paikkansa pitävyydelle on vain 0.1 % eli erittäin pieni. (Metsämuuronen 2003, 369.)

Taulukko 4. P-lukujen merkitsevyystasojen luokitus

Toden- näköi- syys	Riskitaso	Sanallinen kuvaus	Taulukko
p<0.001	0.1 %	erittäin merkitsevä	***
p<0.01	1.0 %	merkitsevä	**
p<0.05	5.0 %	melkein merkitsevä	*

6 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Fytotoksisuuskokeessa kasvualustat antoivat toisistaan poikkeavia tuloksia. Myös koekasvien välillä oli havaittavissa eroja. Tuloksissa on laskettu kaikkien kasvualustojen kerranteet yhteen ja niistä on laskettu itävyys- ja taimettumisprosentit. Fytotoksisuuskoetta tehtiin ainoastaan kerran.

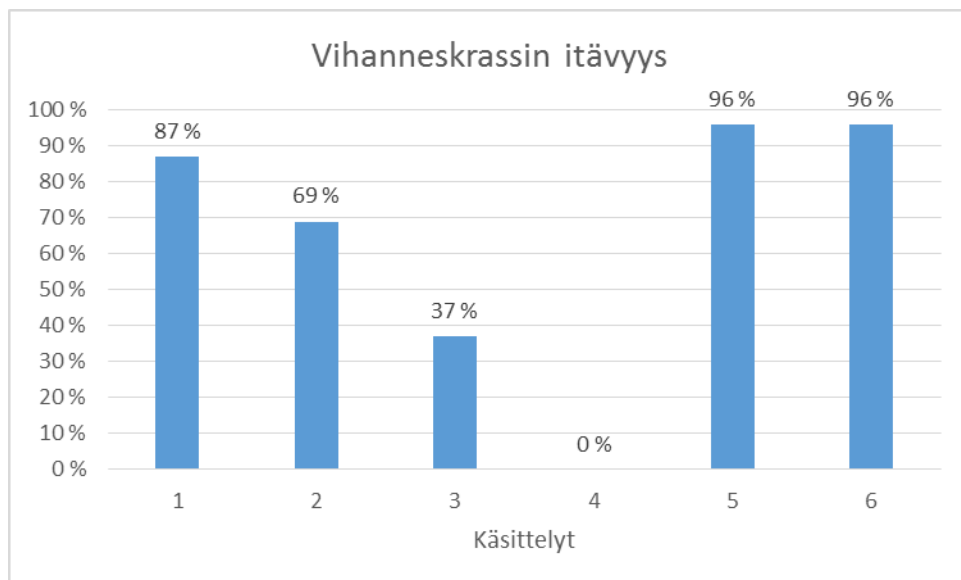
Nurmen astiataimikoe antoi käsittelyiden ja kerranteiden välisiä tilastollisia eroja. Suurelta osin käsittelyiden ja kerranteiden väliset erot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Kuivapainoilla oli suurempi merkitys tuloksia tarkastellessa.

6.1 Fytotoksisuuskoekoe

Kokeessa tutkittiin mädätysjäännöksen fytotoksisuutta eli haitallisuutta eri pitoisuuksina valituilla koekasveilla. Fytotoksisuustestienä olivat itävyys, taimettuminen ja juuriston kunto. Ohran tuloksia tarkastellessa itävyys- ja taimettumisprosentit ovat alhaisia, koska siementen kylvö kokeessa epäonnistui. Näin ollen tulokset ohran kohdalla eivät ole luotettavia. Näiden lisäksi mitattiin myös kurkulta suurimman lehden pituus ja leveys sekä tuore- ja kuivapainot, jotka on esitetty liitteissä 1, 2 ja 3.

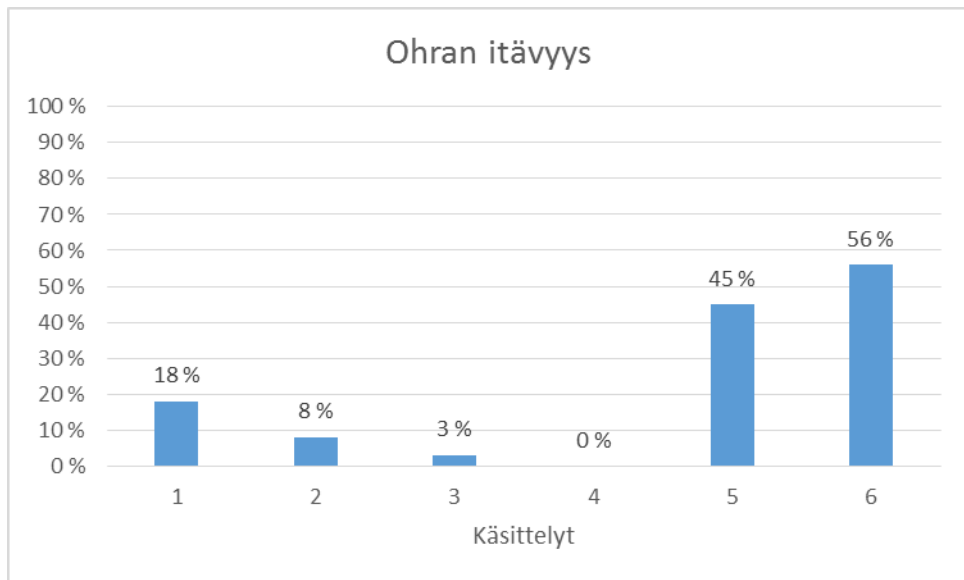
6.1.1 Itävyys

Vihanneskrassin itävyys (Kuvio 1) oli parhaimmillaan verrannekasvualustoilla, kummallakin alustalla siementen itävyys oli 96 %. Mädätysjäännöksen lisääntyessä siementen itävyys heikkeni. Mädätysjäännöstä sisältävien kasvualustojen kohdalla kasvualusta 1 antoi itävyyden suhteen korkeimman tuloksen, 87 %.



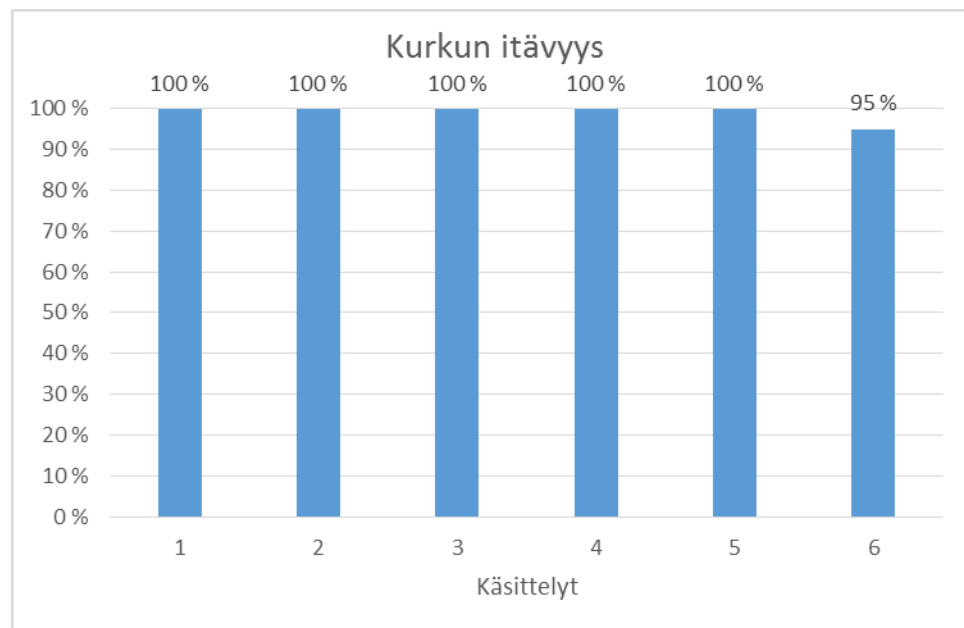
Kuvio 1. Vihanneskrassin itävyysprosentit eri kasvualustoilla

Ohran itävyys (Kuvio 2) jäi kokeessa alhaiseksi, koska siementen kylvö epäonnistui. Korkeimmillaankin itävyysprosentti on vain 56 % verrannealustalla. Kasvualustassa 4 siemenet eivät itäneet lainkaan. Myös tässäkin tapauksessa mädätysjäännöksen lisääntyminen näyttäisi vähentävän itävyyttä.



Kuvio 2. Ohran itävyysprosentit eri kasvualustoilla

Kurkun kylvö kokeessa onnistui erinomaisesti. Siementen itävyys (Kuvio 3) on kasvualustoilla 1–5 100 % ja kasvualustalla kuusi 95 %. Kaikki kurkun siemenet itivät myös kasvualustassa 4, jossa mädätysjäännöspitoisuus oli 50 %.

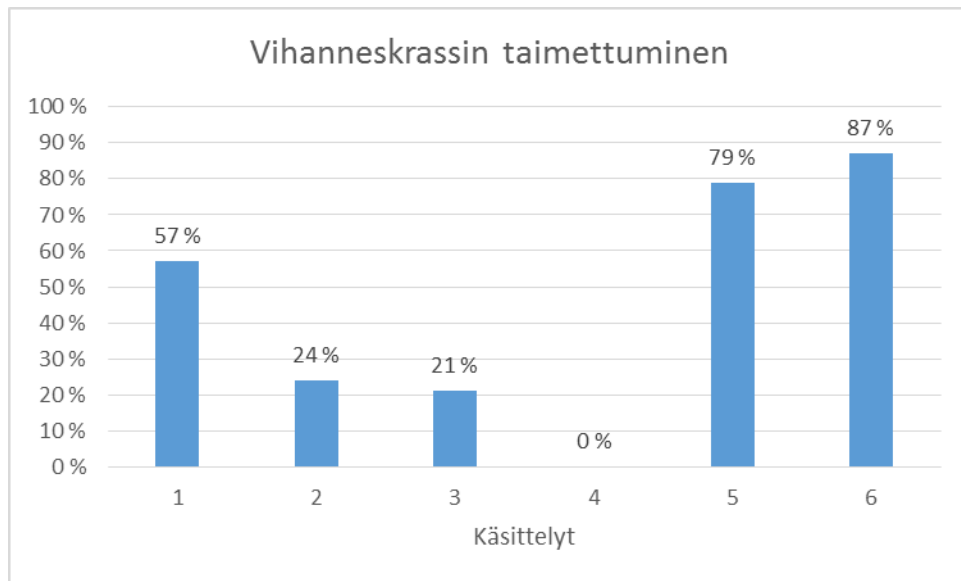


Kuvio 3. Kurkun itävyysprosentit eri kasvualustoilla

6.1.2 Taimettuminen

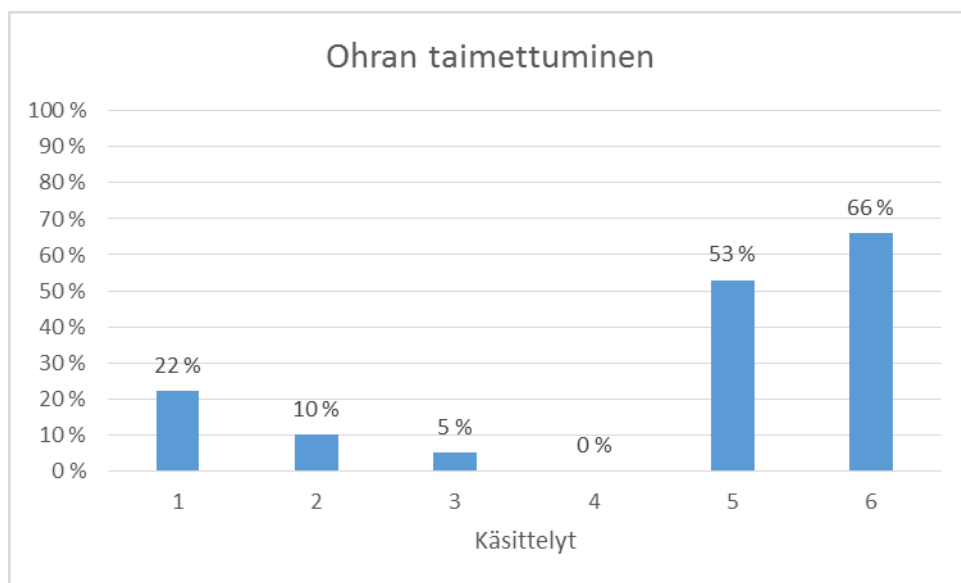
Vihanneskrassin taimettuminen (Kuvio 4) oli korkeimmillaan verran-
nealustalla kuusi, jossa taimettumisprosentti on 87 %. Turvealustalla tai-

mettumisprosentti on 79 %. Mädätysjäännöstä sisältävillä alustoilla taimettumisprosentti laskee mädätysjäännöksen lisääntyessä. Kuitenkin erot kasvualustojen 2 ja 3 välillä ovat melko pieniä vaikka mädätysjäännöslisäys kasvualustassa 3 on 10 % korkeampi kuin kasvualustassa 2.



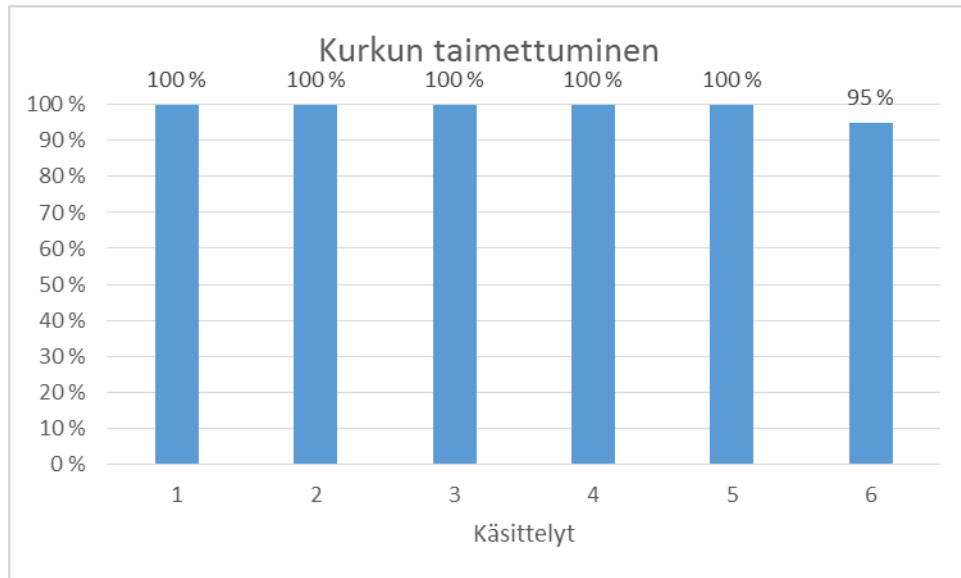
Kuvio 4. Vihanneskrassin taimettumisprosentit eri kasvualustoilla

Ohralla verrattaessa itävyyttä ja taimettumista, itävyysprosentit ovat alhaisempia kuin taimettumisprosentit. Voidaan todeta, että itäminen on ollut hyvin epätasaista ja hidasta. Siemeniä on itänyt vielä senkin jälkeen kun itävyyden laskemista ei ole enää tehty. Taimettumisen suhteen (Kuvio 5) kuitenkin verrannealustoilla päästään korkeimpiin tuloksiin ja mädätysjäännöslisäys vähentää taimettumista kuten myös edellä on jo havaittu.



Kuvio 5. Ohran taimettumisprosentit eri kasvualustoilla

Kurkun taimettuminen (Kuvio 6) kokeessa onnistui myös erinomaisesti. Taimettumisprosentti on 100 jokaisella alustalla, paitsi alustalla 6 se on 95 %, koska tällä alustalla jäi itämättä yksi siemen. Näin ollen itävyys ja taimettumisprosentit tulee olla samat.



Kuvio 6. Kurkun taimettumisprosentit eri kasvualustoilla

6.1.3 Juuriston kunto

Juuriston kunto arvioitiin kokeen purkuvaiheessa asteikolla 1–5. (Taulukko 5) Vihanneskrassin, ohran ja kurkun alapuolella olevat numerot taulukossa edustavat kasvualustan numeroa. Esimerkiksi ohran juuristo on kasvualustalla 3 arvioitu 1 arvoiseksi eli juuristoa on ollut vähän ja läpijuurtuneisuus on ollut heikkoa.

Vihanneskrassin ja ohran osalta kasvualustan 4 osalta juuristoja ei voitu arvioida, koska siemenet eivät itäneet ollenkaan. Kurkku muodosti juuria kasvualustassa 4. Juuriston kunto oli parhaimmillaan verrannekasvualustoilla 5 ja 6. Juuristoa oli runsaasti ja tasaisesti sekä juuristo oli erinomaisesti läpijuurtunut.

Taulukko 5. Juuriston kunnan arviointitaulukko, jossa numerot edustavat kasvualustaa.

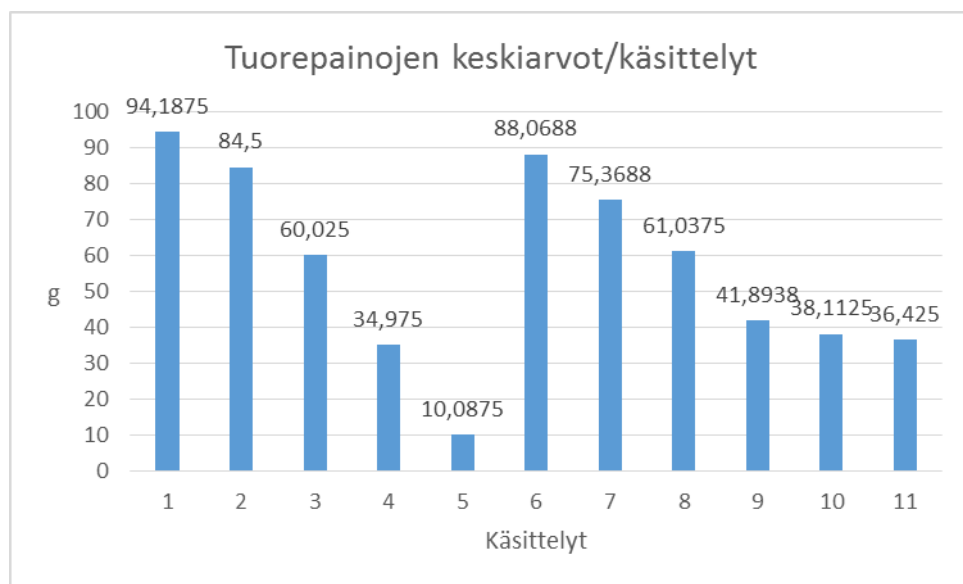
As- teikko	Juurtumisen ja juurten si- joittuminen	Vihannes- krassi	Ohra	Kurkku
0	Ei juuria ollenkaan	4	4	-
1	Juuristoa vähän, heikko läpi- juurtuneisuus	3	3	4
2	Juuristo epätasainen, läpijuur- tumista havaittavissa	2	2	3
3	Juuristo epätasainen, läpijuur- tunut	1	1	2
4	Tasainen juuristo, läpijuurtu- nut	6	6	1
5	Juuristo runsas ja tasainen, lä- pijuurtunut	5	5	5 ja 6

6.2 Nurmen astiataimikoe

6.2.1 Tuorepaino

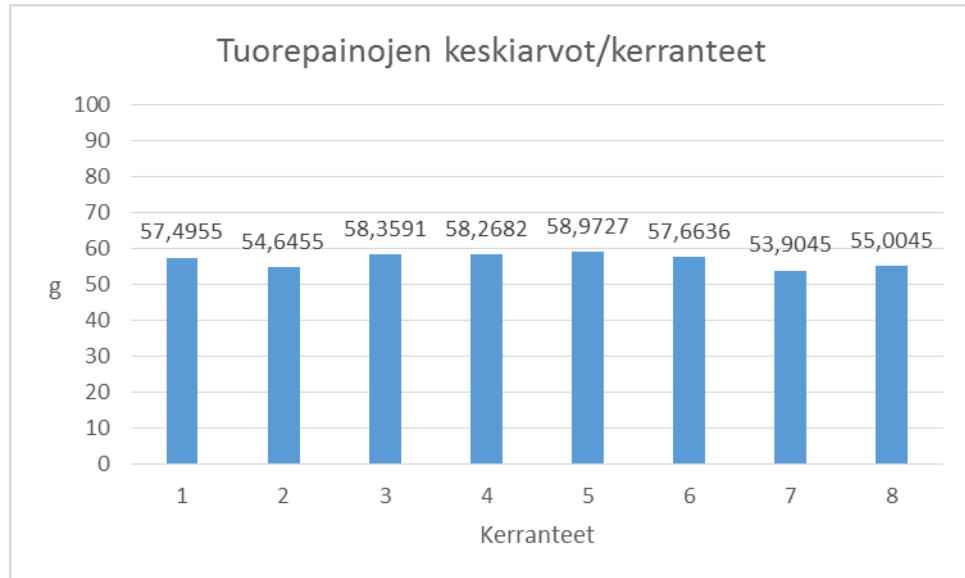
Eri käsittelyiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja. Käsittely 1 eroaa käsittelystä 5 tilastollisesti eniten, p-arvo <0,0001. Toiseksi eniten käsittely 6 eroaa käsittelystä 5, p-arvo <0,0001.

Tuorepainon suhteen korkeimman tuloksen antoi kasvualusta 1, mikä edusti kaupallista lannoitustasoa (Kuvio 7). Millään mädätysjäännöslisäyksellä ei päästy kaupalliselle lannoitustasolle. Kasvualusta 5 antoi alhaisimman tuloksen, koska kasvualusta ei sisältänyt lainkaan lannoitetta. Tuloksia tulkitessa kuivapainoilla oli suurempi merkitys, joten tuloksia on kuivapainon kohdalla käsitelty laajemmin.



Kuvio 7. Käsittelyiden väliset erot tuorepainossa

Tuorepainoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja kerranteiden välillä. Tuorepainojen ja kuivapainojen kerranteet eivät ole kuitenkaan linjassa toistensa kanssa (Kuviot 8 ja 10).



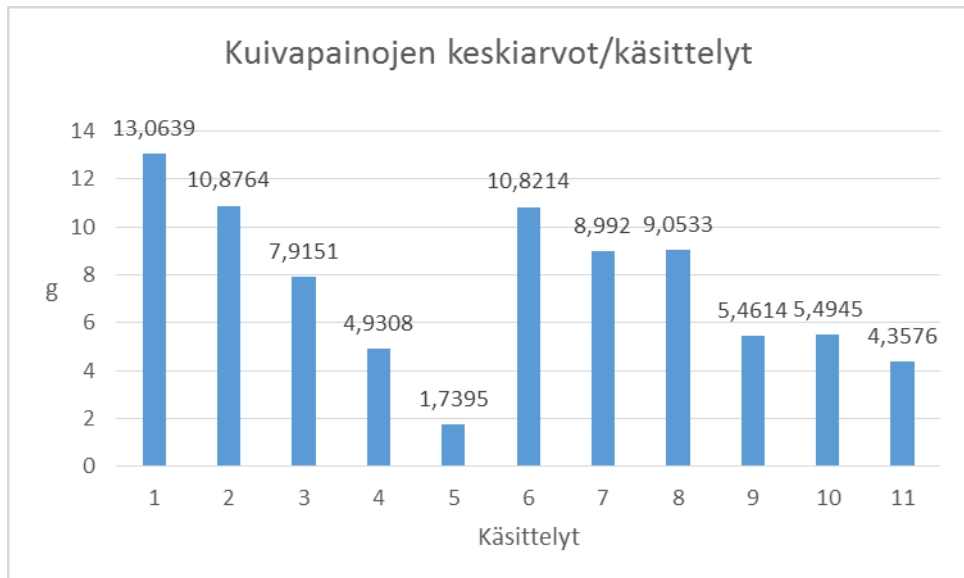
Kuvio 8. Kerranteiden väliset erot tuorepainossa

6.2.2 Kuivapaino

Kuivapainojen käsittelyiden välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja. Käsittely 1 eroaa eniten käsittelystä 5. Kuivapainon suhteen korkeimpaan tulokseen päästään myös kasvualusta 1 ja alhaisimman tuloksen antaa kasvualusta 5.

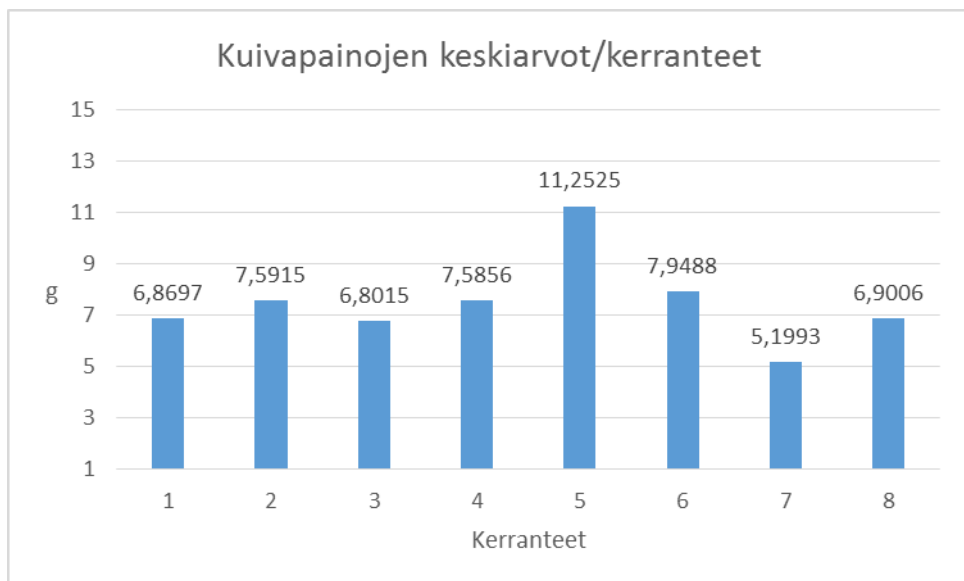
Kasvualustat 2 ja 6 antoivat melkein samanarvoiset tulokset keskenään, vaikka kasvualusta 6 sisältää peruslannoituksen lisäksi 2,5 % mädätysjäännöstä (Kuvio 9). Näin ollen 2,5 % mädätysjäännöslisäyksellä ei saatu lannoitusvaikutusta vielä aikaan. 20 % lisäys aiheutti jo haittavaikutuksia ja satotaso alkoi laskea, mutta kuitenkin lisäyksestä on enemmän hyötyä kuin haittaa.

Tulosten perusteella mädätysjäännöstä ei tulisi laittaa enempää kuin 15 % kasvualustaan ilman, että satotaso laskee. Korkeimpaan tulokseen päästiin kasvualustalla 8, jossa oli 7,5 % mädätysjäännöspitoisuus. Kasvualusta sisälsi myös peruslannoitetta.



Kuvio 9. Käsittelyjen väliset erot kuivapainossa

Kerranne 5 eroaa tilastollisesti merkitsevästi muista kerranteista kuivapainossa, mutta korkeammalle keskiarvolle ei löytynyt syytä. Mahdollinen syy korkeampaan keskiarvoon voi olla paremmat kasvuolosuhteet muihin kerranteisiin verrattuna.



Kuvio 10. Kerranteiden väliset erot kuivapainossa

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä tutkittiin mädätysjäänöslisäyksen fytotoksia vaikutuksia siementen itävyyteen ja taimettumiseen. Nurmen astiakokeella tutkittiin mädätysjäänöslisäyksen lannoitus- ja sadontuottovaikutusta raiheinällä.

Fytotoksisuuskokeessa ohran siemenen heikko itäminen johtui siitä, että siemenet kylvettiin liian pintaan ja tästä johtuen siemenet eivät saaneet riittävästi kosteutta itämiseen. Fytotoksisuuskokeen toistaminen olisi ollut hyvä, jotta olisi saatu ohran itävyydestä ja taimettumisesta luotettavampia tuloksia.

Kurkun itävyys- ja taimettumisprosentit olivat korkeammat kuin ohralla ja vihanneskrassilla. Mädätysjäänöspitoisuuden kasvaminen ei vaikuttanut kurkun itämiseen eikä taimettumiseen. Ohralla ja vihanneskrassilla mädätysjäänöspitoisuuden kasvu heikensi selvästi itämistä ja taimettumista. Kokeen tulosten perusteella ohralla ja vihanneskrassilla mädätysjäänöspitoisuus kasvualustassa tulisi olla enintään 10 %.

Mädätysjäänös lisää raiheinän kasvua verrattuna peruslannoitettuun ja lannoittamattomaan kasvualustaan. Millään mädätysjäänöstä sisältävällä kasvualustalla ei kuitenkaan päästy kaupallisen lannoitustason tuottamalle sätotasolle. Kokeen tulosten perusteella peruslannoituksella on suurempi merkitys sadontuottoon kuin mädätysjäänöksellä. Mädätysjäänöstä voidaan lisätä 15 % ilman, että lisäys näkyy raiheinän sadossa. Yli 15 % mädätysjäänöslisäys heikentää sadontuottoa. Mädätysjäänös korvaa Osmocote-peruslannoitetta noin 1,5 kg/m³ kasvualustoilla, joilla mädätysjäänöspitoisuus on 10–15 %. Kokeen tulosten perusteella voidaan päätellä, että sätotaso on korkeimmillaan 7,5 % mädätysjäänöslisäyksellä edellyttäen, että kasvualusta on peruslannoitettu.

Mädätysjäänös soveltuu hyvin korvaamaan osan kemiallisesta peruslannoitteesta avomaanviljelyssä. Tulosten perusteella nollahypoteesi voidaan kumota tilastollisesti erittäin merkitsevien erojen vuoksi. Tilastolliset erot eivät johtuneet satunnaisvaihtelusta.

pH:n mittaaminen kokeiden aikana olisi ollut hyvä, koska olisi saatu tietoa oliko mädätysjäänöksellä vaikutusta kasvualustan pH:n. Myös kasvualustan hiili—typpisuhteen laskeminen olisi tuonut tilaajalle lisää arvokasta tietoa kokeesta.

Työn tulokset ovat työn tilaajalle erittäin merkittäviä ja hän voi hyödyntää tuloksia esimerkiksi tuotekehittelyssä. Tämän opinnäytetyön aihe on tärkeä bioenergian ja sivuvirtojen hyödyntämisen kannalta. Lisätutkimuksena kokeen voisi suorittaa avomaolosuhteissa. Avomaalla koe tulisi tehdä kontrolloidusti katoksen alla, jotta saadaan minimoitua häiriötekijät kuten sääolosuhteiden vaikutukset.

LÄHTEET

Acquaah, G. 2009. Horticulture-principles and practices. 4. p. Pearson prentis hall

Alm, M., Jaakkonen, A., Kannianen, T., Kivisaari, A., Koivunen, T., Lindqvist, I., Taulavuori, T., Uronen, K., Vuollet, A., Vänninen, I. 1997. Tehokkaasti kasvihuoneesta. Opetushallitus.

Ansalehti, A. Luomuviljan tuotanto. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja no 947. 2000.

Backman, T., Salonen K. 2008. Ryhmäkasvien viljely & Ryhmäkasvituo-
tannon talous. Helsinki.

Biokaasulaitosten mädätysjäännöksestä liiketoimintaa-Tuotteistamistyöpa-
jat. Laurea-ammattikorkeakoulu. 2013. Viitattu 25.1.2016.

<http://www.hamk.fi/tyoelamalle/hankeet/bioliike/Documents/Biokaasu-laitok-sen%20m%C3%A4d%C3%A4tysj%C3%A4nn%C3%A4nn%C3%B6ksest%C3%A4%20liiketoimintaa.pdf>

Biokaasuyhdistys. Tietoa biokaasusta. Biokaasu ja maatilat. Viitattu 9.4.2016

<http://www.biokaasuyhdistys.net/tietoa-biokaasusta/biokaasu-ja-maatilat/>

Evira. Kasvit. Viljely ja tuotanto. Lannoitevalmisteet. Lainsäädäntö. Viitattu 17.2.2016.

<http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely+ja+tuotanto/lannoitevalmisteet/lainsaadanto/>

Farmit. Kasvinviljely. Kasvualusta. Viitattu 24.1.2016.

<http://www.farmit.net/kasvinviljely/erikoiskasvien-viljely/kasvihuoneviljely/kasvihuoneviljely-kaesikirja/kasvualusta>

Geologian tutkimuskeskus. Geologia tutuksi. Geologiset luonnonvarat. Turve. Viitattu 24.1.2016.

<http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/turve/>

Heinonen, R., Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A., Kemppainen, E. Maa, viljely ja ympäristö. 1992. Porvoo.

Hiukkastieto. n.d. Hiukkaskäsikirja. Hiukkasten vaikutus ympäristöön. Raskasmetallit ja hiukkaset. Viitattu 9.3.2016.

<http://www.hiukkastieto.fi/node/140>

Itävaara, M., Vikman, M., Kapanen, A., Venelampi, O., Vuorinen, A. Kompostin kypsyystestit. VTT tiedotteita 2351. Espoo. 2006. Viitattu 12.3.2016.

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf>

Järvinen, M., Karjalainen, K., Vuollet, A. 2015. Kasvihuoneviljely- Tuotantotekniikan perusteet. Opetushallitus. Helsinki.

Kaivosoja, I., Kukkonen, S., Mäntylahti, V., Niemi, T., Nieminen, P., Parikka, P., Pehkonen, P., Pulkkinen, J., Rannikko, M., Reinikainen, O., Rinkinen, T., Sirviö, J., Uosukainen, M., Vasara, E., Vestberg, M., Walden, H. 2004. Viheralueiden kasvualustat. Helsinki 2004.

Lannan käsittely ja käyttö. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1073. 2009. Otavan kirjapaino Oy.

Lannoitevalmistelaki 539/2006. 29.6.2006.

Marttinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Salo, T., Kapuinen, P., Rintala, J., Vikman, M., Kapanen, A., Torniainen, M., Maunuksela, L., Suominen, K., Sahlström, L., Herranen, M. Biokaasulaitosten lopputuotteet lannoitevalmisteita. 2013. MTT Jokioinen. Viitattu 15.3.

<http://jukuri.mtt.fi/bitstream/handle/10024/438289/mttraportti82.pdf?sequence=1>

Metsämuuronen, J. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteessä. 2003. Jyväskylä. 2. uudistettu painos.

Murmann, T. 1988. Tomaatin viljely. Kauppapuutarhaliitto Ry. Helsinki.

Nurminen, M. 2012. Lannoitteiden kestävä käyttö. Viherympäristö. Viitattu 10.2.2016.

http://www.schetelig.com/documents/12427/1086669/Lannoitteiden%20kest%C3%A4v%C3%A4%20kehitys%20VY%203-12%2050_52%20F.pdf

Puustjärvi, V. 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. Turveteollisuusliitto 1973. Kustannuspaikka tuntematon.

Puustjärvi, V. n.d. Puutarhakasvien ravinnetalous. Puutarhaliiton opaskirjoja nro 33. Julkaisu nro 244. Forssan kirjapaino.

Salo, T., Palojärvi, A., Kukkonen, S., Vestberg, M., Kapuinen, P., Tontti, T., Ylivainio, K., Parikka, P., Nummila, M., Maunuksela, L., Lindström, K., Orasmaa, S., Paulin, L. Orgaanisten lannoitevalmisteiden vaikutus kasvien kasvuun - testimenetelmät. MTT raportti 101. Viitattu 12.3.2016.

<https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/481095/mttraportti101.pdf?sequence=1>

Soini, T. 2003. Viherrakentajan käsikirja. Viherympäristöliiton julkaisu 25. Jyväskylä.

Tahvonen, R. 2015. Viljelyolosuhteiden hallinta nykyaikaisessa kasvihuoneutuotannossa. Kauppapuutarhaliitto Ry.

Tieteen termipankki. n.d. Mikrobiologia. Pesäkkeen muodostava yksikkö. Viitattu 9.3.2016.

http://tieteentermipankki.fi/wiki/Mikrobiologia:pes%C3%A4kkeen_muodostava_yksikk%C3%B6

Tilastokeskus. Tietoa tilastoista. Nollahypoteesi. Viitattu 10.3.2016.

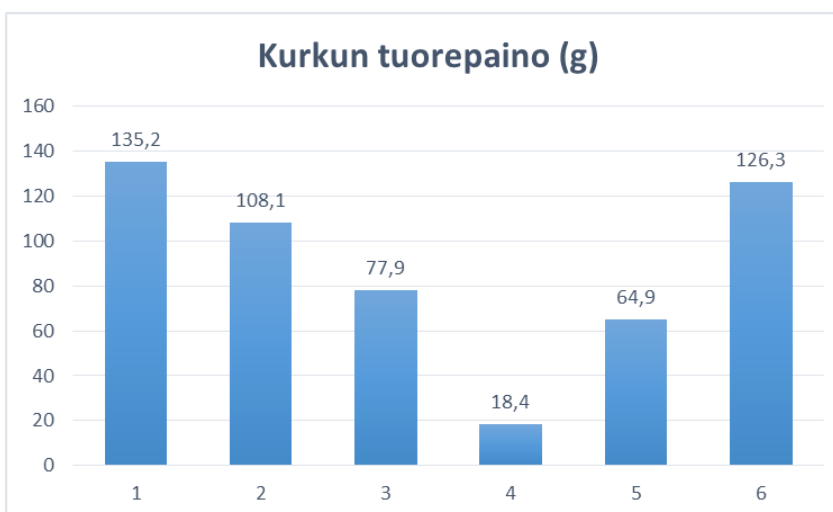
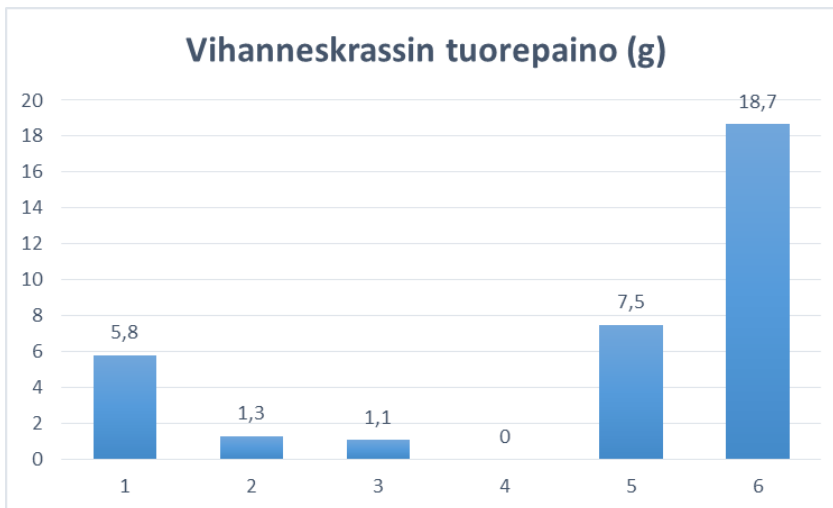
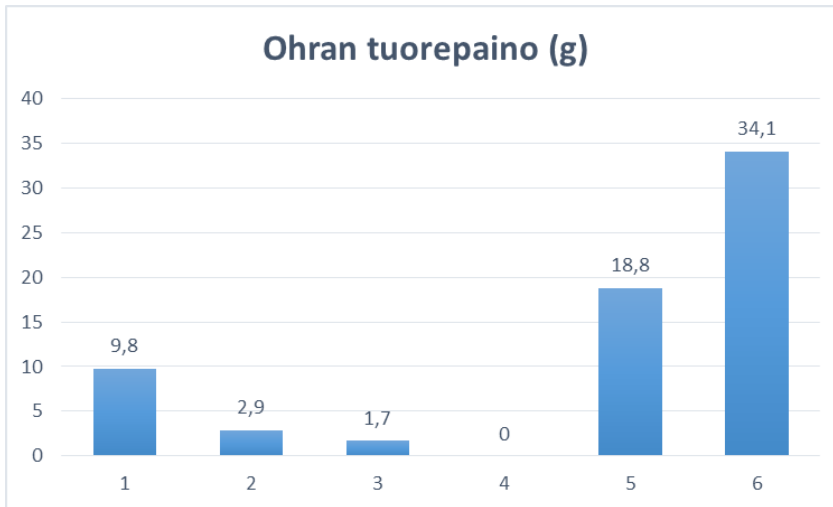
<http://www.stat.fi/meta/kas/nollahypoteesi.html>

Tontti, T., Mäkelä-Kurto, R. 1999. Biojätekompostit kasvintuotannossa. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. 1999. Jyväskylän yliopistopaino. Viitattu 10.2.2016.

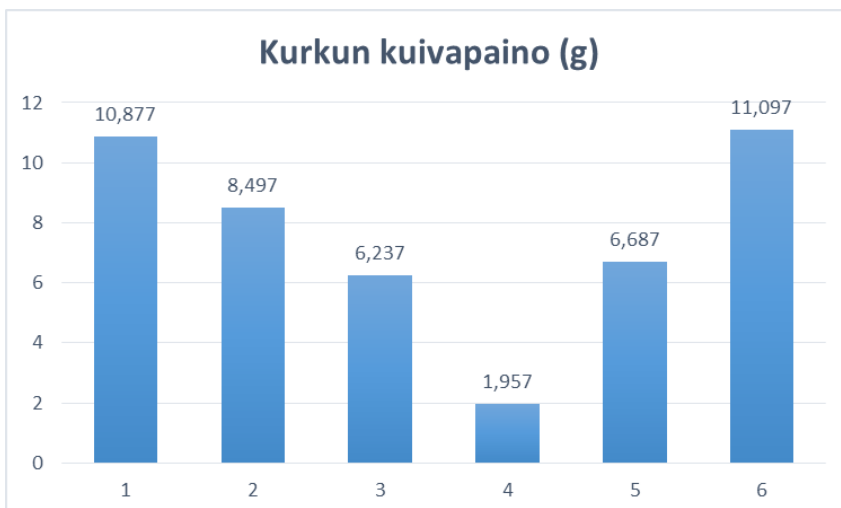
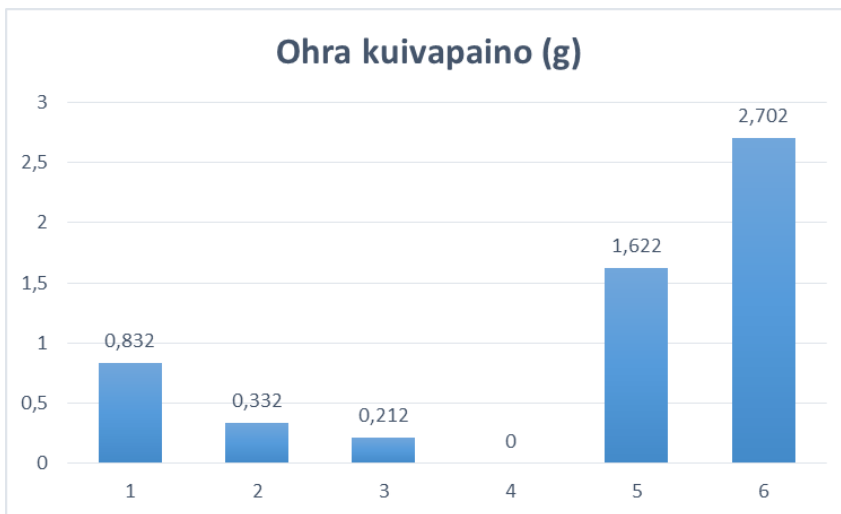
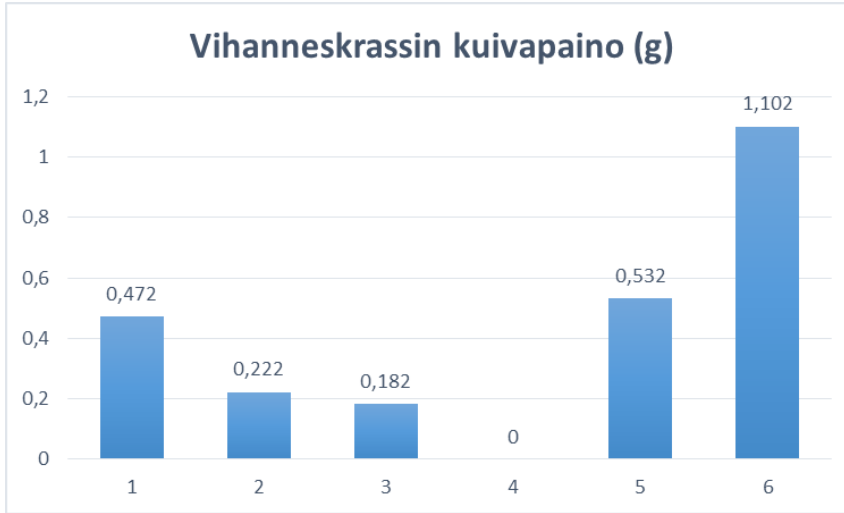
<http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/439802/asarja64.pdf?sequence=1>

Voipio, I. 2001. Vihannekset – lajit, viljely, sato. Forssa. Nordmanin kirjapaino Oy.

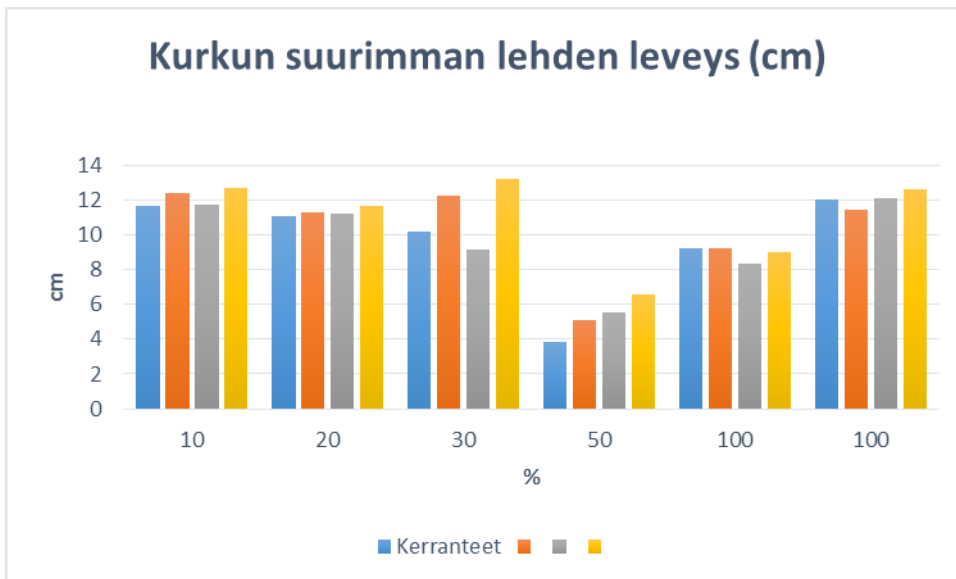
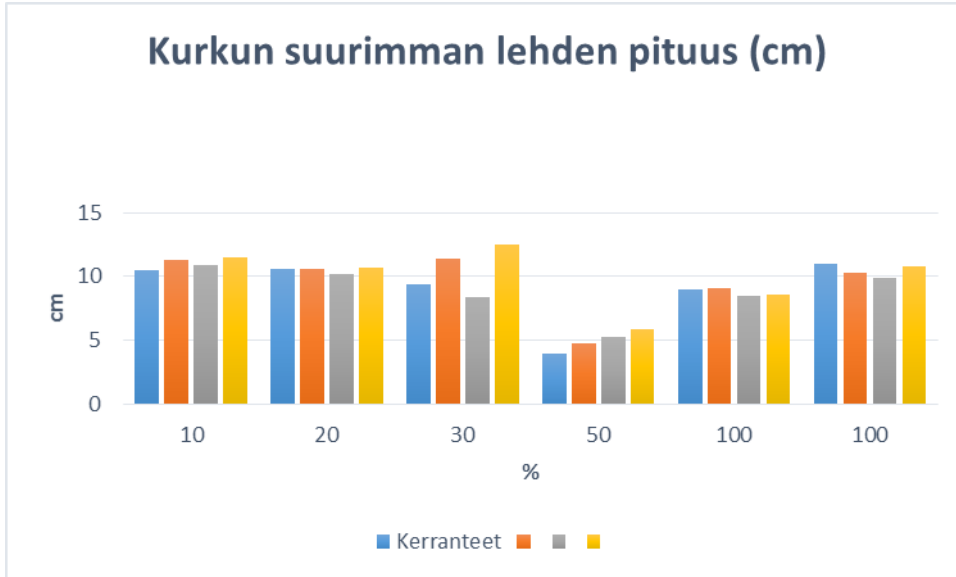
VIHANNESKRASSIN, OHRAN JA KURKUN TUOREPAINOT



VIHANNESKRASSIN, OHRAN JA KURKUN KUIVAPAINOT



KURKUN SUURIMMAN LEHDEN PITUUS JA LEVEYS



FYTOTOKSISUUSKOKEEN JA NURMEN ASTIATAIMIKOKEEN PÖYTÄJAKO

O6	K3	Kr4	K4	O4	Kr3	Kr2	Kr1	K1	O5	K2	O2
O1	O2	Kr6	K6	Kr2	Kr1	O6	Kr3	O3	K5	K6	K4
Kr5	K2	K5	K1	O5	O3	Kr6	O4	Kr5	K3	O1	Kr4

Pöytä 1.

Kr6	Kr2	K6	O6	O5	O2	Kr3	K3	O5	Kr2	O2	O3
O1	K1	K5	O4	Kr4	K2	Kr1	K6	K1	Kr6	K4	K5
Kr1	K4	Kr5	O3	Kr3	K3	Kr5	O1	O4	K2	Kr4	O6

Pöytä 2.

Pöytä
1

R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R
R	2	3	8	5	R
R	9	4	9	5	R
R	5	6	2	7	R
R	9	3	10	6	R
R	6	11	1	3	R
R	10	7	11	4	R
R	5	1	9	8	R
R	10	8	10	3	R
R	2	4	7	4	R
R	1	11	11	1	R
R	8	7	2	6	R
R	6	3	7	1	R
R	10	8	9	4	R
R	2	7	8	11	R
R	7	2	4	3	R
R	6	9	3	10	R
R	8	11	9	5	R
R	4	5	6	7	R
R	5	1	2	2	R
R	10	11	8	10	R
R	9	3	5	6	R
R	1	4	1	11	R
R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R

Pöytä
2

R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R
R	11	8	1	3	R
R	5	10	7	2	R
R	4	6	5	10	R
R	5	2	9	11	R
R	7	3	1	4	R
R	9	9	11	10	R
R	1	6	8	9	R
R	11	2	7	8	R
R	7	4	2	3	R
R	8	10	6	5	R
R	1	3	6	4	R
R	7	4	9	4	R
R	6	6	5	11	R
R	8	1	6	6	R
R	2	9	7	10	R
R	11	2	9	2	R
R	11	10	1	2	R
R	5	10	3	4	R
R	7	3	8	1	R
R	1	8	3	10	R
R	5	9	5	8	R
R	3	4	11	7	R
R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R

MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN RAAKA-AINEKOOSTUMUS SEKÄ OMINAISUUDET

Koeajon 2 raaka-aineet	Osuus syötteistä [%]	TS [%]	VS [%]	TS%%VS	Tiheys [g/l]	pH	Kok. N [g/kg TS]
Sianlanta separoitu	27,00 %	36,00 %	31,00 %	86,11 %	340	9	24
Kananlanta	10,00 %	39,00 %	25,00 %	64,10 %	700	7,9	49
Lehmänlanta	27,00 %	30,00 %	26,00 %	86,67 %	520	7,9	8,2
Peltobiomassa	30,00 %	35,00 %	32,00 %	91,43 %	240	5,1	19
Kalan perkuujätteet	0,00 %	44,00 %	29,00 %	65,91 %	1300	6,8	51
Teurasjäte	0,00 %	26,00 %	24,00 %	92,31 %	1100	2,1	88
Viljan pöly/olki	6,00 %	96,00 %	62,00 %	64,58 %	336		5

Koepäivä	72	132	132 nestejäte	132 kiinteä jäte
Ntot [g/kg]	6,2	2,8	5,5	4,0
Nliuk [g/kg]	3,0	1,7	1,7	1,5
Ptot [g/kg]	2,1	2,1	1,2	4,4
Pliuk [g/kg]	0,3	0,3	0,2	0,2
Ktot [g/kg]	2,2	3,6	3,3	3,3
E. Coli [pmy/g]	76	510	870	610
Ctot [g/kg]		56,76	26,082	73,932
TS [%]	11,50 %	13,20 %	6,90 %	18,30 %
VS [%]	8,40 %	10,30 %	4,80 %	14,50 %