

**LEIVINHIIVAN KASVULIUOKSESTA ELEKTROFLOTAATIOLLA
EROTETUN KIINTOAINEEN JA NESTEEN SOVELTUVUUS
LANNOITTEEKSI**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Puutarhatalous, Lepaa

kevät, 2022

Katri Visavalta

Puutarhatalous

Tekijä Katri Visavalta

Työn nimi Leivinihiivan kasvatusliuoksesta elektroflotaatiolla erotetun kiintoaineen ja nesteen soveltuvuus lannoitteeksi

Ohjaaja Marika Tossavainen

Tiivistelmä

Vuosi 2022

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, voiko leivinihiivan kasvatusliuoksesta eli emävedestä elektroflotaatiolla kerättyä kiintoainetta ja siitä sentrifugoimalla erotettua nestemäistä jaetta (supernatanttia) hyödyntää kasveille lannoitteena. Työn kokeellisen osan tilaajana toimi HAMK Bio tutkimusyksikkö ja työ tehtiin osana Suomen kulttuurirahaston rahoittamaa ETSIVÄT-hanketta. Kokeessa käytetty emävesi saatiin Suomen Hiiva Oy:ltä ja siitä erotettiin kiintoaine Lahdessa Helsingin yliopiston yksikön pilot-mittakaavan elektroflotaatiolaitteistolla hyödyntäen neljää erilaista polymeeriä (silikaa, selluloosaa, mikrokiteistä selluloosaa (MCC) ja karboksimeetyliselluloosaa (CMC)).

Kasvatuskoe toteutettiin HAMK:n Lepaan yksikön kasvihuoneessa. Koe koostui 14:sta eri käsittelystä, joista kuusi oli kiintoainekäsittelyjä, viisi supernatanttikäsittelyjä, kaksi verrokkilannoituskäsittelyjä kaupallisilla lannoitteilla (NPK 15,5-11-21 ja 7,75-5,5-10,5) sekä yksi lannoittamaton kontrollikäsittely. Koekasvina oli salaattikiinankaali (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*). Kokeen päätyttyä määritettiin taimien tuore- ja kuivapainot sekä arvioitiin koekasvien juurten määrä ja laatu.

Kasvatuskoe osoitti supernatanttien soveltuvan lannoitukseen kiintoaineita paremmin. Supernatanttikäsittelyssä, jossa kiintoaineen erotukseen käytettiin karboksimeetyliselluloosaa, koekasvien tuore- ja kuivapainot sekä juurten määrät olivat suuremmat kuin muissa supernatantti- ja kiintoainekäsittelyissä. Verrokkilannoitteella, jossa NPK oli 7,75-5,5-10,5, koekasvien tuore- ja kuivapainot sekä juurten määrät olivat kaikista suurimmat, mutta CMC-supernatanttikäsittelyn ja verrokkikäsittelyiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Verratessa käsittelyitä lannoittamattomaan kontrollikäsittelyyn havaittiin, että kiintoainekäsittelyillä ei ollut kasvin kasvua parantavia vaikutuksia, mutta kolmella supernatanttikäsittelyllä oli. Näissä kiintoaineen erotukseen oltiin käytetty silikaa, karboksimeetyliselluloosaa sekä erottelua ilman polymeeriä. Kaikilla kiintoainekäsittelyillä sekä kahdella supernatanttikäsittelyllä vaikutti olevan fytotoksisia vaikutuksia. Tämä saattoi johtua näiden fraktioiden todella korkeista rautapitoisuuksista. Kokeen perusteella CMC:llä konsentroitua supernatanttia voisi hyödyntää lannoitteena kasveille.

Avainsanat Kierrätyslannoitteet, sivuvirta, elektroflotaatio, hiivan emävesi

Sivut 45 sivua ja liitteitä 11 sivua

The aim of this thesis was to investigate whether the solids collected by electroflotation from the baking yeast growth solution and the liquid fractions (supernatants) separated from it by centrifugation can be used as fertilizer for plants. The experimental part of the work was commissioned by the HAMK Bio Research Unit ETSIVÄT-project funded by the Finnish Cultural Foundation. The growth solution used in the experiment was obtained from Suomen Hiiva Oy and the solids were separated from it with pilot-scale electroflotation equipment utilizing four different polymers (silica, cellulose, microcrystalline cellulose (MCC) and carboxymethylcellulose (CMC)) in Lahti at the unit of the University of Helsinki.

The growth experiment was carried out in the greenhouse of HAMK's Lepaa unit. The experiment included 14 different treatments containing, six solid treatments, five supernatant treatments, two control treatments with commercial fertilizers (NPK 15.5-11-21 and 7.75-5.5-10.5) and one unfertilized control treatment. The test plant was Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*). In the end of the experiment, the fresh and dry weights of the plants were determined, and the number and quality of the roots of the plants were evaluated.

The growth experiment showed that the supernatants were better suited for fertilization than solids. In the supernatant treatment using carboxymethylcellulose for solids separation, the fresh and dry weights of the test plants and the amount of roots were higher than in the other supernatant and solid treatments. With the control fertilizer with an NPK of 7.75-5.5-10.5, the fresh, dry weights and root numbers of the test plants were the highest of all, but statistically significant differences between this supernatant treatment and control treatments were not found. In comparison to unfertilized control treatment, it was found that the solid treatments did not have plant growth enhancing effects, whereas in the three supernatant treatments had (silica, carboxymethylcellulose and polymer free separation) enhanced the growth. All solid treatments as well as two supernatant treatments appeared to have phytotoxic effects. This could be due to the extremely high iron contents of these fractions. Based on the experiment, the supernatant concentrated with CMC could be utilized as a fertilizer for plants.

Keywords Recycled fertilizers, sidestream, electroflotation, yeast growth solution

Pages 45 pages and appendices 11 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Orgaaniset kierrätyslannoitteet	2
2.1	Kysyntä, haasteet ja rajoitteet	4
2.2	Fytotoksisuus	7
2.3	Orgaanisille lannoitteille asetetut vaatimukset	8
2.4	Aikaisemmat tutkimukset orgaanisten kierrätyslannoitteiden vaikutuksista.....	10
3	Leiviniivan kasvatuksen sivuvirrat kasvilannoitteena	12
3.1	Emävesi	12
3.2	Vinassi	13
3.3	Aikaisemmat tutkimukset vinassin hyödyntämisestä.....	14
4	Etsivät-hanke	16
5	Aineisto ja menetelmät	17
5.1	Kiintoaineen kerääminen emävedestä elektroflotaatiolla	17
5.2	Leiviniivan emäveden ravinneanalyysit	19
5.3	Käsittelyt	20
5.4	Kiintoaineiden ja nesteiden valmistelu ja lisääminen.....	22
5.5	Kasvatuskoe	23
5.6	Kylvö ja kokeen hoito	25
5.7	Mittaukset, havainnot ja sadonkorjuu.....	26
5.7.1	Tuore- ja kuivapainon määrittäminen taimista.....	26
5.7.2	Juurten määrän ja laadun arviointi taimista	27
5.8	Näytteiden analysointi JMP Pro 15-tilasto-ohjelmalla	27
6	Tulokset	28
6.1	Itävyys ja taimettuminen	28
6.2	Käsittelyiden tuorepainot	28
6.3	Käsittelyiden kuivapainot.....	29
6.4	Juurten määrä ja laatu	30
6.5	Muut havainnot	31
7	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	35

Liitteet

- Liite 1 Emäveden kiintoaineen ravinneanalyysit
- Liite 2 Emäveden supernatantin ravinneanalyysit
- Liite 3 Tuorepainon parivertailu
- Liite 4 Kuivapainon parivertailu
- Liite 5 Juurten määrän ja laadun parivertailu

1 Johdanto

Ravinteiden kierrätys on ollut viime vuosina puhuttu aihe, sillä luonnonvaroja hyödynnetään nopeammin kuin niitä luonnonprosessissa syntyy. Luonnonvarojen käyttö on ollut jatkuvassa kasvussa maapallon väestön ja kulutuksen kasvun seurauksena. Samalla luonnonvarojen merkitys talous- ja turvallisuuspolitiikassa on lisääntynyt, sillä kilpailu raaka-aineista ja niiden saatavuudesta kasvaa maailmanlaajuisesti kaiken aikaa. (Piesala, 2021)

Kiertotaloudella ja materiaalitehokkuudella voidaan vähentää merkittävästi luonnonvarojen kulutusta. Kiertotaloudessa on tarkoitus hyödyntää materiaalit tehokkaasti ja kestävästi sekä käyttää mahdollisimman vähän neitseellisiä raaka-aineita luonnosta. Tavoitteena on pitää raaka-aineet ja sivuvirrat tuottavassa käytössä mahdollisimman pitkään tai käyttää uudelleen jonkin toisen materiaalin raaka-aineena. Samalla vähennetään valmistusvaiheen energian ja veden käyttöä, jätteiden syntymistä sekä kielteisiä ympäristövaikutuksia. (Berninger, 2018, s. 14, 15)

Ravinteiden kierrätys on merkittävä haaste myös viljelyssä. Maataloudessa käytetään vielä paljon teollisesti tuotettuja lannoitteita, joiden ravinteista ainoastaan osa saadaan hyödynnettyä. Merkittävä osa ravinteista haihtuu ilmakehään ja kulkeutuu vesistöihin, jolloin ne kuormittavat ympäristöä. Ravinteet voidaan saada uudelleen käyttöön hyödyntämällä erilaisia sivuvirroista prosessoituja kierrätyslannoitteita, kuten orgaanisia eli eloperäisiä aineita sisältäviä lannoitteita. Orgaanisten lannoitteiden raaka-aineina ovat esimerkiksi lanta, biojäte tai teollisuuden sivuvirrat. (Karimaa & Kivelä, 2020, s. 2, 4)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko leivinhiivan tuotannosta jäljelle jäävän kasvatusliuoksesta eli emävedestä elektroflotaatiolla konsentroitua lietemäistä fraktiota hyödyntää lannoitteena kasveille tai soveltuuko se osaksi kasvualustaa. Konsentroidin jälkeen fraktioista eroteltiin kiintoaine ja neste eli supernatantti erikseen sentrifugoimalla. Tämän lisäksi kiintoaine kuivattiin vielä jauhemaiseksi. Osana ETSIVÄT-hanketta tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin, miten kiintoaineet ja supernatantit vaikuttavat kasvin kasvuun ja juuristoon. Kokeen tarkoituksena oli saada selville niiden kasvua parantavat tai fytotoksiset vaikutukset.

2 Orgaaniset kierrätyslannoitteet

Ravinteiden kulutusta tulisi vähentää ja mahdollisimman suuri osa niistä tulisi palauttaa takaisin tuotantoon (Luostarinen ym., 2019, s. 9). Tuotantojen sivuvirrat ovatkin usein ravinnerikkaita materiaalivirtoja, joita voidaan hyödyntää uudestaan. Sivuvirtoja syntyy tuotannon seurauksena, mutta ne eivät kuitenkaan päädy tuotantolinjan lopulliseen tuotteeseen. Sivuvirtoihin kuuluvat esimerkiksi eläinperäiset sivutuotteet, liete, biojäte, lanta, hera, jätevesi ja puristejäte. (Berg, 2016, s. 3, 6) Sivuvirtoja hyödyntämällä vähennetään ravinnekuormitusta ja pienennetään ympäristöön kohdistuvia haitallisia vaikutuksia, joita tulee ruuantuotannon ja -kulutuksen seurauksena (Luostarinen ym., 2019, s. 9). Samalla vähennetään jätteen määrää sekä terveyshaittoja, joita aiheutuu esimerkiksi ilmakehään päästetyistä typpiyhdisteistä. (Sitra, 2015, s. 4, 5)

Lisäämällä kierrätettyjen ravinteiden uudelleen käyttöä saadaan edistettyä tehokkaasti kiertotalouden kehittämistä ja samalla mahdollistuu ravinteiden resurssitehokas käyttö (Euroopan unioni, 2019). Kun jatkuvasti pellolle levitettävät ravinnevirrat ovat suurempia kuin sieltä lähtevät, leviää helposti osa ravinteista myös luontoon aiheuttaen vesistöjen rehevöitymistä. Liiallinen määrä typpeä ja fosforia saa aikaan vesistöjen samentumista ja umpeen kasvua. Siksi olisi erityisen tärkeää, että ravinteet otettaisiin talteen sekä uudelleen käyttöön, eivätkä ne valuisi hukkaan vesistöihin. (Koskinen, 2017)

Kierrätyslannoitteet ovat erilaisia lannoitevalmisteita, jotka on prosessoitu kierrätettävistä sivuvirroista. Ne jaetaan yleensä neljään eri ryhmään, jotka ovat orgaaniset lannoitteet, epäorgaaniset lannoitteet, kalkitusaineet ja orgaaniset maanparannusaineet (Seppänen ym., 2019, s. 4). Epäorgaanisiin lannoitteisiin kuuluvat muun muassa tuhkat (Tampio ym., 2018, s. 6). Kalkitusaineisiin luetaan yleensä masuunikuona ja meesakalkki. Orgaanisia maanparannusaineita ovat taas muun muassa mädätysjäännökset sekä viherrakennuksessa käytettävät maanparannuskompostit. (Seppänen ym., 2019, s. 4)

Orgaaniset lannoitteet ovat eloperäisistä aineista tehtyjä lannoitteita (Ruokavirasto, n.d.), joiden raaka-aineena on useimmiten kotieläinten lanta, kotitalouksien biojäte, kasvijäte sekä teollisuuden sivuvirrat (Ravinne ja energia, 2017). Monet raaka-aineet eivät kuitenkaan ole

sellaisenaan orgaanisia lannoitevalmisteita (Karimaa & Kivelä, 2020, s. 4), vaan ne vaativat ensin prosessoinnin, kuten kuivauksen, separoinnin, kompostoimisen, polton tai haihdutuksen (Kinnunen ja Pirkkamaa, 2020, s. 9). Esimerkiksi lanta vaatii kuivauksen ja biojäte kompostoinnin (Karimaa & Kivelä, 2020, s. 4).

Kasvien kasvun kannalta on erittäin tärkeää, että maan rakenne pysyy kunnossa, tuottoisana, ravinteikkaana sekä sopivasti vettä läpäisevänä ja pidättävänä (Järki-hanke, n.d.). Lannoitusvaikutuksen lisäksi lannoitteen orgaaninen aines lisää maan humuspitoisuutta, vilkastuttaen samalla pieneliöiden toimintaa ja parantaen kasvualustan mururakennetta (Suomalainen taimi, n.d.), jolloin juuriston kunto ja ravinteiden ottokyky paranevat (Sitra, 2015, s. 7). Maaperän ravinnevarasto kasvaa, se muuttuu multavammaksi sekä huokoisemmaksi ja mikrobeista tulee aktiivisempia orgaanisen aineksen lisääntyessä. Viljelylohkosta tulee myös sopeutuvaisempi haastaviin sääolosuhteisiin. (Seppänen ym., 2019 s. 6)

Orgaaniset lannoitevalmisteet eroavat toisistaan välillä hyvinkin paljon, sillä niiden orgaanisten aineiden määrät ja niiden sisältämät ravinteet vaihtelevat tuotekohtaisesti. Valmisteiden sisältämä tyyppi voi olla joko heti liukoisessa muodossa tai sitoutuneena tuotteen orgaaniseen ainekseen. Tämä on aina ilmoitettu pakkausten tuoteselosteissa. (Järki-hanke, n.d.) Valmisteet, joissa on paljon liukoisia ravinteita, soveltuvat ravinteita nopeasti tarvitseville kasveille. Valmisteet, joissa orgaaninen aines on sitonut sen ravinteet, soveltuvat paremmin kasveille, jotka tarvitsevat ravinteita koko kasvukaudelle. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi komposteista tehdyt kierrätyslannoitteet. (Seppänen ym., 2019 s. 6)

On tärkeää tietää, missä tuotannon aloilla syntyy eniten ravinnepitoista jätettä, jotta se pystytään kierrättämään tehokkaasti (Berninger, 2018, s. 22). Suomessa ravinnepitoista orgaanista jätettä syntyy joka vuosi yli 21 miljoonaa tonnia. Siitä noin 260 000 tonnia tulee elintarviketeollisuuden sivuvirroista, 670 000 tonnia yhdyskuntien jätevesilietteistä ja 800 000 tonnia on biojätettä. Eniten orgaanista jätettä Suomessa kuitenkin syntyy kotieläinten lannasta, mikä on yli 17 miljoonaa tonnia vuodessa. Fosforia tämä kaikki orgaaninen jäte

sisältää yli 26 000 tonnia. Pelkästään kotieläinten lanta sisältää riittävästi fosforia peltojen lannoittamiseen koko Suomessa. (Koskinen, 2017)

Suomen maataloudessa käytetään vuosittain noin 135 000–155 000 tonnia epäorgaanisia typpilannoitteita, jotka ovat usein rakeisen ammoniumnitraatin muodossa. Epäorgaanisten typpilannoitteiden valmistukseen kuluu hyvin paljon fossiilista energiaa, minkä takia typen kierrätys on noussut fosforin kierrätyksen ohella tärkeäksi aiheeksi. Epäorgaanisia lannoitteita varten ammoniakki kuljetetaan Venäjältä Suomeen, jossa typpi sidotaan lannoitteisiin maakaasulla tuotetun energia avulla. Typen kierrätyksellä Suomessa on siis hyvät mahdollisuudet lisätä typpiomavaraisuutta. (Ervasti ym., 2015, s. 4)

2.1 Kysyntä, haasteet ja rajoitteet

Viime vuosien aikana Suomessa väkilannoitteiden eli teollisesti tuotettujen lannoitteiden käyttö on vähentynyt ja orgaanisia lannoitteita on alettu hyödyntämään entistä enemmän (Ruokavirasto, n.d.). Kuluttajabrändit sekä tuotteiden jäljitettävyyys ovat yleistyneet ja samalla kierrätyslannoitteiden tuottajilla on ollut hyvät mahdollisuudet nostaa tuotteidensa markkina-asemaa, mainostaen samalla niiden pienempää hiilijalanjälkeä. Kannustimia tuotannon muuttamiseksi ympäristökestävämpään suuntaan on koko ajan kehitteillä lisää. Siihen on vaikuttanut paljon myös kuluttajien kiinnostus ruoan tuotannon ympäristövaikutuksista. (Seppänen ym., 2019 s. 2) Ajantasainen tiedontarve uusista myyntiin tulleista lannoitevalmisteista on lisännyt myös kirjoituksia ammattilehdissä ja toiveita uusien lannoitetuotteiden arvioinneista. (Salo ym. 2013 s. 3, 4, 7)

On todella tärkeää huomioida, miten muutoksen tarve tuodaan esille yhteiskunnassa, koska sillä voidaan vaikuttaa paljon lopputulokseen. Kun kierrätettäviä orgaanisia lannoitevalmisteita kuvataan kuluttajille vedoten esimerkiksi lähiruoan, ympäristön tilan, työllisyyden ja maaseudun elinvoimaisuuden kautta, voidaan tuotteiden kannatukseen vaikuttaa paljon. Kysynnän kannalta on myös hyvin tärkeää tuottaa luotettavaa tietoa, jossa painotetaan orgaanisten lannoitteiden vaikutuksia ekologiseen, sosiaaliseen ja taloudelliseen kestävyYTEEN. (Sitra, 2015, s. 39, 40, 44)

Mielenkiinto orgaanisiin lannoitteisiin on ollut kasvussa viime vuosina myös epäorgaanisten lannoitteiden hintavaihteluiden lisääntymisen takia. Epäorgaanisten lannoitteiden hinnannousun seurauksena viljelijöiden kiinnostus uusiin lannoitevalmisteisiin on kasvanut. (Salo ym. 2013 s. 3, 4, 7) Epäorgaanisten lannoitteiden valmistajat ovat joutuneet nostamaan lannoitteiden hintoja, koska niiden raaka-aineiden hinnat ovat nousseet. Tämä on ajanut viljelijöitä ahdinkoon ja miettimään ratkaisuja, joilla lannoituskustannuksissa pystyttäisiin säästämään. (Lehtonen, 2021) Epäorgaanisten lannoitteiden veroton hinta onkin viimeisen vuoden aikana jopa kaksinkertaistunut. Niiden raaka-aineiden valmistuksessa käytettävän maakaasun ennätysellinen hinnan nousu on näkynyt jopa eri puolilla maailmaa ja lannoitteiden saatavuudessa on ollut ongelmia ympäri Eurooppaa. Maakaasun korkea hinta on vaikuttanut suoraan epäorgaanisten lannoitteiden valmistuskustannuksiin, minkä seurauksena lannoitetehtaita on suljettu. (Hiilamo, 2021) Osa lannoitevalmistajista onkin alkanut tekemään aktiivista tuotekehitystä, minkä ansiosta yhä laadukkaampia ja tehokkaampia kierrätyslannoitteita on ilmestynyt markkinoille (Karimaa & Kivelä, 2020, s. 2).

Ravinteiden kierrätyksen lisääminen vaatii monipuolisia toimenpiteitä, joilla sekä kannustetaan että veloitetaan ihmisiä. Tärkeintä olisi kannustaa prosessoimaan orgaanisista sivuvirroista käyttökelpoisia ja turvallisia valmisteita sekä kehittää niitä tarpeiden mukaisesti. On myös tärkeää panostaa toimivien myyntiketjujen, varastoinnin sekä levityksen palveluiden rakentamiseen. (Luostarinen, 2019, s. 10) Ravinteiden kierrätyksen edistäminen onkin ollut esillä poliittisissa keskusteluissa, ja siitä on tullut yksi yhteiskunnan tärkeistä tavoitteista (Salo ym., 2013, s. 5). Suomessa hallitusohjelma on asettanut tavoitteen, jossa puolet Suomessa syntyvästä lannasta ja jätevesilietteistä tulisi olla kierrätysprosessoinnissa mukana vuoteen 2025 mennessä. Tämä edellyttäisi laitospaasiteetin lisäämistä, sillä nyt Suomessa vain 5 % lannasta käsitellään. (Koskinen, 2017)

EU, Suomen hallitus, yritykset sekä maatilat ovat yhä enemmän kiinnostuneita ravinteiden kierrätyksestä (Koskinen, 2017). Raaka-aineiden ja ravinteiden talteenottoa sekä uusiokäyttöä pyritään ohjaamaan Europarlamentin kiertotalouspaketilla. Europarlamentin lannoiteasetuksella (2019/1009) pyritään parantamaan myös orgaanisten lannoitevalmisteiden asemaa muiden lannoitteiden joukossa. (Koskinen, 2017) EU:n uuden lannoiteasetuksen ansiosta orgaaniset lannoitevalmisteet, jotka täyttävät sen vaatimukset,

voivat saada CE-merkinnän, mikä antaa niille EU-markkinoilla vapaan liikkuvuuden (Karimaa & Kivelä, 2020, s. 2).

Ongelmia tuo kuitenkin se, etteivät tällä hetkellä kaikki saatavilla olevat orgaaniset kierrätyslannoitteet vastaa välttämättä suoraan viljelijöiden tarpeisiin tai tiloilla ei ole niiden levitykseen sopivaa kalustoa. Orgaanisten lannoitevalmisteiden säilytys ja kuljetus saattaa tuoda myös haasteita, jos tilalla on totuttu käyttämään säkkeihin pakattuja väkilannoitteita. (Koskinen, 2017) Monet lietemäisten lannoitevalmisteiden valmistajat tarjoavat myös urakointipalvelua niille tiloille, joilla ei ole lietemäisen lannoitteen levitykseen sopivaa kalustoa (Seppänen ym., 2019 s. 8).

Mineraalilannoitteiden alhainen hinta on rajoittanut välillä hyvinkin paljon orgaanisten lannoitteiden markkinoita, sillä ravinteiden kierrätysteknologia on kallista. Teollisten lannoitteiden tasalaatuisuus, hinta sekä niiden käyttöön sisältyvät alhaiset riskit saattavat tehdä niistä kierrätyslannoitteita paremman vaihtoehdon, vaikka kierrätyslannoitteiden tiedetään olevan ympäristön kannalta kestävämpi vaihtoehto. Uusia tuotteita kehittelevällä ja ratkaisuja kokeilevalla tuottajalla ei aina välttämättä ole mahdollisuutta ennakoida, täyttääkö toiminta kaikki asetetut vaatimukset. Käytännön linjaukset sekä valvonta saattaa myös tuottaa haasteita. Tiloilla myös ympäristölainsäädäntö voi hankaloittaa kierrätystä, sillä sen vaatimukset ravinnepitoisille massoille lannoituskäytössä ovat tiukkoja. (Sitra, 2015, s. 40)

Mikäli tuotannosta syntyvien jätteiden hukkaa ei rajoiteta tai kielletä lainsäädännöllä, saattaa muutos jäädä pelkästään markkinoiden varaan (Salo ym., 2015, s. 40).

Valtionneuvoston asetuksessa (Kaatopaikka-asetus, 331/2013) onkin vuodesta 2016 eteenpäin rajoitettu biohajoavaa ja orgaanista ainetta sisältävän jätteen sijoittamista kaatopaikoille. Rajoituksen tavoitteena on ohjata biohajoava ja muu orgaanista ainetta sisältävä jäte muualle kuin kaatopaikoille. Tällöin orgaaninen jäte hyödynnettäisiin muuna materiaalina tai energiana, jolloin kierrätys ja jätteenkäsittelymenetelmien kehitys lisääntyisi. Samalla jätehuollosta aiheutuneet kasvihuonepäästöt ja haitallisten aineiden kulkeutuminen ympäristöön vähenisi. Asetuksen mukaan kaatopaikoille sijoitettavassa

jätteessä saa olla orgaanisen aineen pitoisuus orgaanisen hiilen kokonaismääränä tai hehkutushäviönä korkeintaan 10 %. (Korhonen ym., 2018, s. 9)

Orgaanisista lannoitteista muun muassa lannan levitystä ja varastointia säädellään Nitraattidirektiivillä (1991). Sen tarkoituksena on suojella koko Euroopan vesistöjen laatua. Suomessa maaperä on luokiteltu kokonaan nitraattiherkäksi alueeksi, joten direktiivi koskee koko maata. Siinä pyritään edistämään hyviä viljelykäytäntöjä ja estämään pohja- ja pintavesien pilaantuminen, mikä voi aiheutua maatalouden nitraateista. Direktiivillä rajoitetaan typpilannoitteiden käyttöä tietyin vaatimuksin, koskien varastointia, levitysjankohtaa sekä levitysmäärää. Direktiivin mukaan lannoittaessa on erityisen tärkeää huomioida myös maatalouskäytännöt, ilmasto-olot, maaperän ominaisuudet sekä pellon käyttö. Lannoitus on suunniteltava niin, että se perustuu viljeltävän kasvin ennakoituun tyyppien tarpeeseen sekä viljelykasvin maaperästä ottaman ja lannoituksesta saaman tyyppien tasapainoon. Tällä tavalla saadaan estettyä, ettei pellolle mene ylisuuria lannoitemääriä. (Luostarinen ym., 2019, s. 39–40)

2.2 Fytotoksisuus

Orgaanisilta lannoitevalmisteilta edellytetään aina kasvien kasvua edistäviä vaikutuksia, jotka voivat perustua sen sisältämiin ravinteisiin, maan laadun parantamiseen tai biologisen prosessin tehostamiseen. Orgaaniset lannoitevalmisteet saattavat kuitenkin sisältää fytotoksisia yhdisteitä, jotka voivat haitata kasvien kasvua (Salo ym., 2013 s. 7, 10). Fytotoksisuudella tarkoitetaan jonkin yhdisteen kykyä aiheuttaa pitkäaikaista tai tilapäistä vahinkoa kasveille (Baumgarten & Spiegel 2006 s. 9). Yleisin tällaisten yhdisteiden aiheuttama oire on hidastunut aineenvaihdunta, jonka seurauksena kasvien kasvu hidastuu. Fytotoksisten yhdisteiden seurauksena myös ravinteiden otto ja juurihengitys vähenevät. Kasvualustassa fytotoksisuus näkyy juurten kasvun heikkenemisenä sekä kylvettyjen siementen itävyyden heikkenemisenä. (Hämäläinen, 2016, s. 7)

Kasveissa olevia fytotoksisia oireita on tarpeen havainnoida useilla erilaisilla kasvutesteillä, joissa mitataan muun muassa siementen itävyyttä, taimien tuore- ja kuivapainoa sekä juurten pituuskasvua. Kasvutestit soveltuvat hyvin orgaanisten lannoitteiden

fytotoksisuuden mittaukseen, kun haitallisen vaikutuksen syy tai vaikutusmekanismi ei ole tiedossa (Salo ym., 2013, s. 11). Testeissä on otettava aina huomioon eri kasvilajien herkkyys fyto toksisia yhdisteitä kohtaan, sillä se saattaa vaihdella hyvinkin paljon (Hämäläinen, 2016, s. 7). Fytotoksisuustesteillä voidaan poissulkea orgaanisten lannoitevalmisteiden suositeltujen käyttömäärien haittavaikutuksia tai tarkkailla esiintyviä haitallisia oireita (Salo ym., 2013, s. 28).

Orgaanisten lannoitevalmisteiden fyto toksisuuden testaamiseen soveltuvat parhaiten kasvibiotestit. Ne ovat noin 2–4 viikon pituisia astiakokeita, jotka toteutetaan kasvihuoneissa vähintään kahdella eri kasvilajilla. Niissä siemenet kylvetään kasvualustaan, johon on lisätty tutkittavaa tuotetta. Kasvibiotestejä voidaan käyttää, kun halutaan tarkastella lannoitevalmisteen ja kasvin keskinäistä vaikutusta tarkemmin. Samalla voidaan myös osoittaa orgaanisten lannoitevalmisteiden positiiviset vaikutukset kasvien kasvuun muihin tuotteisiin tai kontrolliin verraten. (Salo ym., 2013, s. 3, 28, 35)

Kenttäkokeilla tai koko kasvukauden pituisilla astiakokeilla saadaan kuva orgaanisen lannoitevalmisteen soveltuvuudesta luonnollisissa käyttöympäristöissä. Jos fyto toksisia vaikutuksia halutaan selvittää nopeasti, soveltuu siihen parhaiten muutaman päivän kestävä, juuren pituuskasvun tarkasteluun sekä mittaukseen perustuva testi. Yleensä niissä käytetään krassin siemeniä, jotka kylvetään neliönmallisiin petrimaljoihin. Siemenet kylvetään kontrolliturpeeseen, johon lisätään tutkittavaa materiaalia tai sen uutetta. Itäneistä siemenistä tutkitaan itämisprosenttia, juurten pituutta ja lannoitevalmisteen vaikutusta itämiseen sekä juuriston kehittymiseen. (Salo ym., 2013, s. 28, 35)

2.3 Orgaanisille lannoitteille asetetut vaatimukset

Orgaanisilla lannoitteilla pystytään edistämään kasvien kasvua, mutta niissä olevat ainesosat voivat myös aiheuttaa kasveille haitallisia biologisia vaikutuksia. Yleisimpiä ongelmia orgaanisissa lannoitevalmisteissa ovat ympäristöön kohdistuvat riskit, kuten niiden sisältämät haitalliset yhdisteet sekä ympäristöön kohdistuva ravinnekuormitus. (Salo ym., 2013, s. 7, 10–11) Lannoitetuotteissa ei myöskään saa olla haitta-aineita, joista voi olla

vaaraa ihmisille tai eläimille. Tuotteiden yleinen haitattomuus ympäristölle, kasveille, ihmisille sekä eläimille on erittäin tärkeää. (Seppänen ym., 2019 s. 4).

Ruokaviraston mukaan orgaanisissa lannoitteissa ei saa esiintyä kasvintuhoojia, jotka on mainittu kasvinterveyden suojelemisen laissa (702/2003). Kasvintuhoojiin kuuluvat taudinaiheuttajat, joita esiintyy kasveissa tai kasvituotteissa. Niitä ovat muun muassa haitalliset organismit, kuten bakteerit, sienet, virukset tai fytoplasmat. Ne saattavat aiheuttaa välitöntä tai välillistä haittaa viljeltävälle kasville. (Ruokavirasto, 2020) Samalla kasvi- ja eläintautien sekä vieraslajien leviämisen vaara kasvaa (Ruokavirasto, 2019).

Orgaanisissa lannoitteissa ei saa myöskään olla yhdyskunnista tai teollisuudesta peräisin olevaa jätevesilietettä. (Ruokavirasto, 2019) Orgaanisten lannoitteiden epäpuhtaudet eivät saa ylittää tiettyjä raja-arvoja, jotka on lueteltu EU:n lannoiteasetuksessa (2019/1009) (Euroopan unioni, 2019). Orgaanisten kierrätyslannoitteiden turvallisuuden varmistamisessa teknologialla on suuri merkitys, sillä lannoitteista on pystyttävä poistamaan kaikki mahdolliset haitalliset aineet, kuten esimerkiksi raskasmetallit ja lääkkeet (Sitra, 2015, s. 44).

Orgaanisten lannoitevalmisteiden tulee sisältää orgaanista hiiltä ja ravinteita sekä niiden täytyy olla yksinomaan biologista alkuperää. (Euroopan unioni, 2019) Ne saavat sisältää eläimistä, kasveista ja mikrobeista peräisin olevia orgaanisia valmisteita tai aineita. Eläinperäisten lannoitteiden käyttöä on rajoitettu muun muassa Euroopan komission asetuksessa (Euroopan komissio 142/2011). Lannoitteisiin on sallittua lisätä myös elintarvikekäyttöön hyväksytyjä väriaineita, epäorgaanisia ja orgaanisia kasvisuojeluaineita, jotka on hyväksytty Suomessa, sekä aineita, joita tarvitaan stabiloimiseen ja rakeistamiseen. (Ruokavirasto, 2019) Erilaisilla kierrätyslannoitteilla ja maanparannusaineilla voidaan myös täydentää toinen toisiaan (Järki-hanke, n.d.).

Lannoitevalmisteiden lainmukaisuudesta, turvallisuudesta sekä laadusta on vastuussa valmistaja (Seppänen ym., 2019 s. 4). Orgaanisia lannoitteita koskevat yleiset hygienia- ja laatuvaatimukset sekä haitallisten ainesosien enimmäispitoisuudet. Lannoitteiden tulee olla tasalaatuisia sekä käyttötarkoitukseensa sopivia. Orgaanisissa lannoitevalmisteissa on aina oltava tuoteseloste, josta löytyy kirjalliset tiedot lannoitevalmisteen tyyppi- ja

kauppanimestä, koostumuksesta, ominaisuuksista, raaka-aineista ja lisäyistä aineista, käyttötarkoituksesta sekä valmistajan ja maahantuojan yhteystiedot. (Ruokavirasto, 2019)

Lannoitevalmisteella on oltava määriteltynä sen biologinen ja kemiallinen koostumus, menetelmät, joilla sen ominaisuudet on mitattu sekä käyttömäärät ja ohjeet turvalliseen käyttöön. (Salo ym., 2013, s. 3, 7) Tuoteselosteessa orgaanisen aineksen määrä tulee olla ilmoitettuna prosentteina kuiva-aineesta. Lietemäisissä ja kiinteissä valmisteissa on ilmoitettava myös kosteuspitoisuus prosentteina, kun taas nestemäisissä valmisteissa on ilmoitettava kuiva-ainepitoisuus prosentteina. (Karimaa & Kivelä, 2020, s. 11) Kaikki orgaanisia lannoitevalmisteita koskevat vaatimukset on esitetty Suomen lannoitevalmistelaisissa (Lannoitevalmistelaki 539/2006).

Orgaaniset lannoitevalmisteet on aina ensin hyväksyttävä elintarviketurvallisuusvirastolla (Evira), kun ne halutaan tuoda markkinoille. Evira voi hyväksyä lannoitevalmisteen jo olemassa olevan tyyppinimen alle tai se voi hyväksyä tuotteelle hakemuksesta uuden tyyppinimen. Tyyppinimeä hyväksymässä voi olla myös asiantuntijoita esimerkiksi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskukselta tai Helsingin yliopistolta, jotka kommentoivat hakemuksia omilta asiantuntija-alueiltaan. Tutkijoilla on yleensä asiantuntemusta, joka perustuu tutkimuksiin orgaanisista lannoitevalmisteista ja niiden käyttökelpoisuudesta kasvin ravinteiden lähteenä. (Salo ym., 2013, s. 5)

2.4 Aikaisemmat tutkimukset orgaanisten kierrätyslannoitteiden vaikutuksista

Aiemmissä tutkimuksissa on tutkittu muun muassa kanan- ja lehmänlannan, lihaluujauhon, nikkeliteollisuuden sivuvirrasta saadun ammoniumsulfaatin, matokompostin sekä mädätejäännöksen vaikutuksia kasvien kasvuun. Vuosina 2008 ja 2009 Intian Fergussonin yliopiston kasvitieteellisessä osastossa järjestetyssä kokeessa tutkittiin, onko orgaanisilla lannoitteilla vaikutusta riisin kasvuun ja satoon. Koe toteutettiin Iranissa ja siihen sisältyi yhteensä kahdeksan satunnaistettua käsittelyä sekä kontrolli. Riisin kasvatukseen käytettiin kanan- ja lehmänlantaa, joita sekoitettiin keskenään. Orgaanisia lannoitteita käytettiin viidellä eri pitoisuudella: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 ja 2,5 tonnia/ha ja yhdessä käsittelyssä oli kemiallisia lannoitteita (N=100, P=50, K=50 kg/ha). Mukana oli myös käsittely, johon tuli

sekoitus orgaanisia ja kemiallisia lannoitteita (N=50, P=25, K=25 + orgaaninen lannoite 1,5 tonnia/ha). (Siavoshi, Nasiri & Laware 2010, s. 217–218)

Kokeen lopussa viljasato oli lisääntynyt merkittävästi kaikissa käsittelyissä kontrolliin verrattuna, ja sen lisäksi maaperän ominaisuudet paranivat orgaanisen lannoitteen ansiosta. Käsittelyssä, jossa käytettiin 2 t/ha orgaanista lannoitetta, saatiin suurin viljasato (4335,88 kg/ha) ja suurin korkeus kasveilla (132,22 cm). Samalla käsittelyllä saatiin myös ensimmäiset hedelmälliset taimet, suurin röyhyn pituus (22,89 cm), enimmäismäärä tähkiä per röyhy (90,98) sekä suurin 1000 siemenen paino (25,42 g). Hyvin pärjäsi myös käsittely, johon tuli orgaanista lannoitetta 1,5 tonnia/ha ja yhdistelmä kemiallista sekä orgaanista lannoitetta. Yhdistelmälannoitteilla saatiin vuonna 2009 suurin korkeus kasveilla (139,44 cm), eniten kukintoja röyhyssä neliömetrillä (343,28), suurin kukinnon pituus (25,50 cm) ja maksimi 1000 siemenen paino (27,16 g). Melkein jokaisessa mittauksessa pienin tulos tuli käsittelyssä, jossa käytettiin orgaanista lannoitetta 0,5 tonnia/ha. Pelkkä kemiallinen lannoite pärjäsi huonosti ja hedelmällisten taimien määrät sitä käyttäessä jäivät pieniksi (10,28). (Siavoshi, Nasiri & Laware 2010, s. 218–220)

Suomessa on tutkittu kierrätyslannoitteiden vaikutusta esimerkiksi kauran satoon. Tutkimus toteutettiin 2017 ja sen tavoitteena oli selvittää, onko kierrätyslannoitteilla vaikutusta kauran sadonmuodostumiseen ja onko eri käsittelyiden välillä eroja sadon laadussa. Kierrätyslannoitteina tutkimuksessa käytettiin lihaluu jauhoa + kylvösiemeniä mikrobilisällä peitattuna (901 kg/ha), nikkeliteollisuuden sivuvirroista saatua ammoniumsulfaattia (571 kg/ha), kiinteää matokompostia kastematojen kompostoimalla karjanlannalla + matokompostiuutteella (4050 kg/ha) sekä mädätejäännöstä täydennettynä elintarviketeollisuuden sivuvirroista valmistetulla ravinnelisällä (20180 kg/ha). Mukana oli myös lannoittamaton kontrolli sekä väkilannoitekontrolli (Yara Mila 5-lannoite + Patenttikali) (636 kg/ha). (Unnbom, 2019, s. 22, 30–31)

Tuloksissa tarkasteltiin kasvuston muodostumista, satoa, röyhyjen ja jyvien määrää sekä jyväpainoa. Kierrätyslannoitekäsittelyiden ja väkilannoitekäsittelyiden tulokset eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Lannoittamattomalla kontrollilla saatiin hyvä sato viljavalla maalla ja sillä saadut tulokset eivät eronneet paljon kierrätyslannoitteista.

Ammoniumsulfaattikäsitteilyllä saatiin kuitenkin suurin versojen määrä (ka. 1204 kpl/m²), satokomponenteista laskettu sato (7203 kg/ha), maanpäällinen biomassa (20,2 t/ha) ja suurempi röyhyjen lukumäärä (ka. 993 kpl/m²). Lihaluujauholla saatiin myös suuri versojen määrä (ka. 1078 kpl/m²) sekä jyvien määrä (ka. 14716 kpl/m²). Matokompostikäsitteilyllä saatiin taas huomattavasti vähemmän puitua satoa (3727 kg/ha), kasvuston biomassaa (10,4 t/ha) sekä jyviä neliömetrillä (ka. 10226 kpl/m²). (Unnbom, 2019, s. 35-46)

3 Leivinihiivan kasvatuksen sivuvirrat kasvilannoitteena

Leivinihiivan valmistus aloitetaan laboratoriossa, kantahiivan viljelyllä. Kasvatus tapahtuu fermentorissa, jossa kantahiivan solut kasvavat viikon ajan jakautumalla. Kasvatuksen aikana käytehiiva syötetään sen kasvaessa aina isompaan fermentoriin ja mukaan lisätään ravinteita, kuten vettä ja separoitua, laimennettua sekä steriloitua sokerijuurikasmelassia. Juurikasmelassia tehtaalla vuoden aikana kuluu keskimäärin 10 000 tonnia. Fermentorin ollessa riittävän täynnä hiivasoluja, massa separoidaan eli kasvuliuksesta erotetaan hiiva. (Hämeen ympäristökeskus, 2006, s. 6)

Lahdessa sijaitseva Suomen Hiiva Oy on ainut kotimainen leivinihiivan valmistaja. Tehtaalla tuotetaan vuodessa noin 8000 tonnia leivinihiivaa vähittäismyyntiin ja leipomoille nestemäisenä hiivakermana, puristehiivana sekä kuivahiivana. Hiivan valmistusprosessissa käytetään emähiivaa, vettä ja juurikassokerimelassia sekä ravinteita, kuten esimerkiksi ammoniakkivettä ja fosforihappoa. (Hämeen ympäristökeskus, 2006, s. 5, 6)

3.1 Emävesi

Kasvatuksesta sivutuotteena jäljelle jäänyt kasvuliuos eli emävesi varastoidaan 400 m³ emävesisäiliöön. Emävesi sisältää tuotannosta jäljelle jäänyttä juurikasmelassia, jonka sokeri on käytetty hiivan kasvatukseen (Hämeen ympäristökeskus, 2006, s. 7) sekä suuria määriä ravinteita, kiintoaineita ja typpeä. Emävedessä on myös paljon sokerijuurikasmelassista lähtöisin olevaa betaiinia, joka on ei-proteogeeninen aminohappo. Sen on havaittu parantavan kasvien stressinsietokykyä sekä tehostavan soluissa tapahtuvaa aineenvaihdutaa. Väriltään emävesi on tumma liuos (Mercier, 2018, s. 6, 7), joka sisältää

noin 7 prosenttia kuiva-ainetta (Hämeen ympäristökeskus, 2006, s. 6). Tuotannon jälkeen Suomen Hiiva Oy lähettää emäveden biokaasun tuotantoon (Suomen Hiiva, 2021).

3.2 Vinassi

Yksi tunnettu orgaaninen lannoite on vinassi, jota syntyy hiivateollisuuden tai muun käymisteollisuuden sivuvirroista (Seppänen ym., 2019 s.4). Vinassilla tarkoitetaan viskoosia sivutuotetta (Euroopan unioni, 2019), joka syntyy melassin käymisestä (Taha, 2020, s.19). Hiivankasvattamon emävedestä tehty vinassi sisältää betaiinia, pieniä määriä käymättömiä sokereita, ravinteita sekä proteiineja (Turunen, 2020), joita on jäänyt jäljelle hiivan kasvatusprosessista. Vinassi yleensä tiivistetään haihdutuslaitteistossa kuiva-aineeltaan noin 55 prosenttiseksi (Hämeen ympäristökeskus, 2006, s. 6). Se on nestemäisen liuoksen muodossa ja sisältää suuria määriä orgaanista ainetta (Seppänen ym., 2019 s. 7). Ravinteet vinassissa ovat nopeasti vapautuvassa muodossa, joten se sopii hyvin myös kasvukauden alkuvaiheen lannoitukseen (Soilfood, 2016).

Monet orgaaniset raaka-aineet, kuten lanta ja biojäte eivät sellaisenaan ole valmiita lannoitteeksi, vaan niitä prosessoidaan ensin esimerkiksi kuivaamalla tai kompostoimalla. Vinassi on kuitenkin yksi teollisuuden sivu- ja lopputuotteista, joka on sellaisenaan lannoitevalmiste. Se voidaan kuitenkin edelleen jalostaa vielä esimerkiksi pelleteiksi. (Karimaa & Kivelä, 2020 s. 4)

Yksi suomalaisista vinassia myyvistä yrityksistä on Soilfood Oy, joka myy siitä lannoitteeksi kauppanimellä Soilfood NKS-Vinassi. Lannoitteen tyyppinimi on Vinassi ja vinassiuute (1B4-2). Tuoteselosteessa on lueteltu orgaanisen aineksen pitoisuudeksi keskiarvoltaan 66,6 % ja kuiva-ainepitoisuudeksi 66,3 %. Tilavuuspaino sillä on 1400 kg/m³, johtokyky 4270 mS/m, pH 5,5 ja Hiili-typpi -suhde 5,9. Soilfood ilmoittaa ravinteet heidän vinassistaan prosentteina keskiarvosta. Liukoista typpeä on 3,5, kokonaistyppeä 5,5, kokonaisfosforia 0,1, kaliumia 11, rikkiä 3,1, magnesiumia 0,1, kalsiumia 0,4, natriumia 3,6 sekä orgaanista hiiltä 38,6. Tuote sisältää myös haitallisia metalleja, kuten arseenia, kuparia, elohopeaa, lyijyä, kadmiumia, nikkeliä, kromia ja sinkkiä, mutta niiden pitoisuudet eivät ylitä maa- ja metsätalousministeriön asettamia enimmäisrajoja. (Soilfood, 2016)

Tuoteselosteessa Soilfoodin vinassin kerrotaan soveltuvan luomutuotantoon pelto- ja puutarhakasveille ja se on GMO-vapaa sekä hyvä kaliumin lähde lannoitukseen. Sen kerrotaan soveltuvan hyvin myös öljykasveille suuren rikkipitoisuutensa vuoksi.

Käyttötarkoitukseltaan Vinassi soveltuu sellaisenaan lannoitteeksi tai sillä voidaan tarvittaessa myös väkevöittää muita lietelannoitteita. Sen toimitus tapahtuu säiliöautoilla tilan omaan säiliöön. Ohjeissa neuvotaan sekoittamaan vinassia pitkän varastoinnin jälkeen. Varastoitaessa on otettava huomioon sen korkea tilavuuspaino. Vinassin levitysmäärät vaihtelevat viljelyskasvien mukaan, mutta yleiseksi käyttömääräksi suositellaan kuitenkin sellaisenaan käytettynä 1–4 t/ha. (Soilfood, 2016)

Pargas Gård Oy kaupaa myös vinassia nimellä PG Luomutuotto vinassi 3,5–0–7. Heidän tuotteensa on luomuhyväksytty orgaaninen kierrätyslannoite. Sen alkuperäksi on ilmoitettu hiivateollisuuden sivuvirta (Lallemand INC Salutaguse Pärmitehas AS, Viro). Raaka-aineena on sokerijuurikasmelassi ja lannoite on koostumukseltaan paksua ja nestemäistä. Tilavuuspainoksi on ilmoitettu 1400 kg/m³, kuiva-aine pitoisuudeksi 66,30 %, pH:ksi 5,5 sekä hiili/typpi suhteeksi 5,9. Ravinteista on lueteltu kokonaistyyppi 3,65 %, vesiliukoinen typpi 2,32 %, kalium 7,10 %, natrium 2,40 % sekä rikki 2,10 %. Tuotteen kerrotaan sisältävän myös sivu- ja hivenravinteita, mutta tämänkin vinassin fosforipitoisuus on 0 %. Haitallisista aineista on lueteltu arseeni kadmium, kromi, kupari, elohopea, nikkeli, lyijy, sinkki ja kloridi, mutta niiden pitoisuudet eivät ylitä enimmäisrajoja. (Pargas Gård, n.d.)

Varastoinniksi tälle vinassille suositellaan IBC-säiliötä, lieteallasta tai muita säiliötä.

Käyttöohjeissa sen kerrotaan soveltuvan ainoastaan lannoitteeksi pelto- ja puutarhakasveille. Käyttömääräksi suositellaan 1–4 t/ha kasvin tarpeesta riippuen. Levitys tulisi tehdä System Cameleon kylvökoneella, lietevaunulla tai muulla levityskalustolla. Tuoteselosteessa huomautetaan lopuksi vinassin koostumuksen ja ravinnesisällön mahdollisesta vaihtelusta erien välillä. (Pargas Gård, n.d.)

3.3 Aikaisemmat tutkimukset vinassin hyödyntämisestä

Vinassilla lannoitusta on tutkittu muun muassa läntisellä Götanmaalla vuonna 2007 tehdyssä kenttäkokeessa, jossa syysrapsia lannoitettiin vinassilla. Kokeessa tutkittiin neljän erilaisen

orgaanisen lannoitteen vaikutuksia. Näitä olivat vinassi (typpipitoisuus 4 %), kananlanta (70–80 % orgaanista typpeä ja 20–30 % ammoniumtyppeä), nautojen lietelanta (50 % orgaanista typpeä ja 50 % ammoniumtyppeä) ja Bioferi, joka on liha- ja luujauhoa pelletin muodossa (11 % orgaanista typpeä). Kasvatuskokeessa tutkittiin lannoituksen ajankohdan vaikutusta satomäärään ja lannoitteiden vaikutusta sadon kokoon. Vinassin vaikutusta satoon tutkittiin tarkemmin käyttämällä eri levitys- ja multaustapoja. (Engström ym., n.d.)

Kaikkien lannoitteiden todettiin lisäävän satomäärää 400–1200 kg / ha verrattuna lannoittamattomaan alaan. Vinassilla lannoitettu ala tuotti kuitenkin kaikkein suurimman sadonlisäyksen. Ennen itämistä annettu vinassi lisäsi satoa jopa 1200 kg / ha ja kasvun alkamisen jälkeen se lisäsi satoa 700 kg / ha. Suuri satomäärä johtui luultavasti siitä, että vinassi oli juoksevassa muodossa ja oli näin helpommin kasvuston saatavilla. Myös se, että vinassin sisältämä typpi oli suurimmaksi osaksi proteiinia ja helposti käytettävissä ravinnoksi, saattoi vaikuttaa tuloksiin. Vinassin levitys- ja multaustavoilla ei sen sijaan ollut merkitystä satoon. Vinassilla lannoittaminen todettiin tämän lisäksi myös taloudellisesti kannattavaksi verrattuna muihin lannoitteisiin. (Engström ym., n.d.)

Vinassia on käytetty kasvatuskokeessa lannoitteena myös siirtonurmelle. Egyptissä vuonna 2018 ja 2019 perustetussa kasvatuskokeessa tutkittiin vinassin vaikutuksia orgaanisena lannoitteena sekä sen mahdollisuutta korvata kalium- ja typpilannoitus. Kasvilajina kokeessa oli tuppihelmihirssi, joka istutettiin siirtonurmena hiekkamaalla täytettyyn istutuslaatikkoon (40 x 30 x 15 cm). Laimennetut vinassikäsitellyt olivat viidessä eri konsentraatiossa (0, 2, 4, 6 ja 8 %) ja ne levitettiin kasvuston lehdistölle käsisumuttimella. Tämän lisäksi tehtiin vielä toiset käsitellyt samoilla vinassipitoisuuksilla, mutta niihin lisättiin kompostia 150 g / istutuslaatikko. Komposti lisättiin maan pinnalle ennen siirtonurmen istutusta. Jokainen kasvatuskoe kesti kolme viikkoa ja ne toistettiin kasvukauden aikana viisi kertaa neljän viikon välein. (Taha, 2020, s. 19–20)

Tuloksissa vinassikäsitellyt kaikilla pitoisuuksilla johtivat merkittävään nousuun kaikissa tutkituissa parametreissa missä tahansa kasvujaksossa. Sillä ei ollut suurta merkitystä, oliko käsittelyssä mukana kompostia vai ei. Parhaimmat tulokset saatiin kuitenkin 6 % vinassikäsitelyllä. Sillä saatiin suurimmat kasvinkorkeudet (13,33 ja 15,42 cm),

juurenpituudet (17,50 ja 20,17 cm) ja kuivapainot (111,44 ja 89,72 g/laatikko) sekä pisimmät rönnyt (1,38 ja 1,47 cm) molempina vuosina. Tuloksissa vegetatiivista kasvua mitatessa pärjäivät hyvin käsittelyt, joissa oli 8 % vinassia ja 150 g kompostia. Kompostin käytöllä ja 8 % vinassilla saatiin myös korkeimmat kaliumin prosenttiosuudet (3,09 ja 2,83 %) molempina vuodenaikoina. Korkeimmat typpipitoisuudet (3,32 ja 3,29 %) saatiin kuitenkin 6 % vinassilla ja kompostilla kumpanakin vuonna. (Taha, 2020, s. 19, 21, 24, 25)

4 Etsivät-hanke

Opinnäytetyö tehtiin osana Etsivät-hanketta, jossa kehitetään elektroflotaatioon perustuva menetelmä saada teollisuuden laimeista jätevesistä kiintoainetta talteen. Tähän mennessä vain vähän kiintoainetta sisältävien sivuvirtojen hyödyntäminen on ollut vähäistä, sillä nykyisillä menetelmillä, esimerkiksi haihduttamalla se on kallista. Hankkeen tavoitteena on, ettei menetelmällä laimeatkaan sivuvirrat eivät päätyisi jätteeksi, vaan siitä hyötyisi jokin toinen teollisuus. Samalla hankkeessa etsitään uusia käyttökohteita menetelmällä kerätyille kiintoaineille. Hankkeessa hyödynnetään Axolot Solutions Finland Oy:n kehittämää tekniikkaa, jossa sivuvirrasta nostetaan elektroflotaatio-menetelmän avulla kiintoaineet vaahdoksi nesteen pintaan. Kiintoaine kerätään pinnalta talteen ja puhdas vesi jää alle, uudelleen käytettäväksi. (Kaustara, 2020, s. 48)

Axolotin käyttämässä elektroflotaatiomenetelmässä veteen johdetaan tasavirtaa, jolloin vesimolekyylit hajoavat synnyttäen happea positiivisessa anodissa ja vetyä katodissa. Menetelmässä käytetään rautaa tai alumiinia anodina, jolloin syntyy metalli- ja hydroksidi-ioneja sekä vetyä hapen sijaan. Nämä metalli- ja hydroksidi-ionit saavat aikaan geelimäisen vaahdon, jonka vety nostaa nesteen pinnalle, tuoden mukanaan kiintoaineita. Samalla menetelmällä laimeista sivuvirroista pystytään ottamaan kiintoaineet talteen. (Kivimäki, 2020)

Axolotin teknologiaa käytetään vedenpuhdistuksessa. Etsivät-hankkeessa tähdätään menetelmän modifioimiseen siten, että vedenpuhdistuksen ohella otetaan huomioon myös kiintoaineen hyödyntäminen. Etsivät-hankkeessa kehitettävässä menetelmässä korvataan kiintoaineen konsentrintiin käytettävä terveydelle haitallinen polyakryyliamidi

elintarvikekelpoisilla yhdisteillä. Tämä mahdollistaa kiintoaineen hyödyntämisen esimerkiksi lannoitteissa. Etsivät-hankeella on pilot-mittakaavan laitteisto Helsingin yliopiston Lahden yksikössä, jossa menetelmää on testattu jo hiivateollisuuden sivuvirroilla. (Kemia, 2020)

5 Aineisto ja menetelmät

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, voisiko leivinhiivan lietemäisestä kasvuliuoksesta eli emävedestä neljällä eri polymeerillä konsentroitua ja kuivattua kiintoainetta ja kiintoaineesta erotettua supernatanttia hyödyntää kasveille lannoitteeksi. Kasvatuskokeessa selvitettiin kiintoaineiden ja supernatanttien mahdolliset positiiviset sekä negatiiviset vaikutukset kasvin kasvuun ja juuristoon. Kasvatuskokeessa käytetty hiivankasvatuksen emävesi saatiin Lahdessa sijaitsevalta Suomen Hiiva Oy:ltä, jonka laitoksessa emävesi syntyy, kun kasvatettu hiivasolukko erotetaan sen kasvualustasta ja jäljelle jää kasvatusneste.

Kasvilajiksi kokeeseen valittiin salaattikiinankaaliin (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*), sillä se soveltuu hyvin fytotoksisuuskokeisiin. Siemenet tilattiin Schetelig Oy:ltä (eränumero 6415151139006). Kasvualustaksi valittiin Kekkilän OPM 420 W R8045 -kasvuturve, joka on valmistettu puolikarkeasta rahkaturpeesta. Kasvuturpeeseen oli lisätty jo valmiiksi kalkkia, joten se oli käyttövalmis.

5.1 Kiintoaineen kerääminen emävedestä elektroflotaatiolla

Tätä työtä varten kiintoaine kerättiin elektroflotaatio-menetelmää hyödyntäen hiivankasvattamon emävedestä Axolot Solutions Finland Oy:n pilot-laitteistolla (Kuva 1), joka on käytössä Helsingin Yliopistolla Lahdessa. Laitteisto keräsi hiivan emävedestä kiintoaineet vaahdoksi putkessa olevan nesteen pintaan, jonka jälkeen kiintoaineet kerättiin pinnalta talteen. Axolotin vedenpuhdistuksessa käyttämän polyakryyliamidin sijaan elektroflotaatiossa emäveden kiintoaineen keräämisen apuaineena käytettiin neljää erilaisilla polymeeriä (silika, selluloosa, mikrokiteinen selluloosa (MCC) ja karboksimeetylliselluloosa (CMC), joilla kiintoaine nostatettiin jätevedestä vaahtona.

Eri polymeerein kerätyt lietemäiset vaahdot otettiin talteen ja säilöttiin kasvatuskoetta varten muovisiin astioihin, jonka jälkeen ne pakastettiin. Ennen kokeen alkua ne sulatettiin ja lietteestä erotettiin kiintoaine sentrifugoimalla. Kiintoaine kuivattiin jauhemaiseksi ja sentrifugoimisesta jäljelle jäänyt supernatantti otettiin myös talteen. Tämän jälkeen ne lähetettiin Lepaalle kasvatuskoetta varten.

Kuva 1. Elektroflotaatio-menetelmän testausta hiivan kasvattamonlaitoksen jätevedellä Lahdessa Helsingin yliopistolla. Laite nostaa emävedestä kiintoaineet vaahdoksi putkessa olevan nesteen pintaan ja vahto kerätään talteen sinistä johtoa pitkin laskeuttamalla. (Visavalta, 2020)



5.2 Leivinhoivan emäveden ravinneanalyysit

Kiintoaineet sekä supernatantit analysoitiin Lahdessa Helsingin yliopiston yksikössä sekä Hämeenlinnassa Visamäessä ETSIVÄT-hankkeen toimesta ja sain tulokset itselleni ennen kasvatuskokeen aloittamista. Supernatantin ja kiintoaineen typpipitoisuudet analysoitiin Hach Lange pikatesteillä sekä CHNS-analysaattorilla Hamk:n Bio tutkimusyksikön laboratoriossa. Emäveden sisältämät alkuaineet analysoitiin Helsingin yliopistolla ICP-MS-analyysillä. Kiintoaineista ja supernatanteista tehdyt ravinne- ja hivenaine analyysien tulokset löytyvät liitteistä 1 ja 2.

Emävedestä neljällä eri polymeerillä erotelluissa kiintoaineissa oli natriumia, magnesiumia, alumiinia, fosforia, kaliumia, kalsiumia, vanadiinia, kromia, rautaa, mangaania, kobolttia ja nikkeliä sekä kuparia käsittelyissä, joissa kiintoaineen erotteluun oltiin käytetty selluloosaa, mikroteistä selluloosaa ja karboksimeetyyliselluloosaa. Kiintoaineiden alkuaineista sinkkiä, arseenia, seleeniä, kadmiumia ja lyijyä oli alle määritysrajan (<loq).

Emävedestä neljällä eri polymeerillä sekä yhdellä ilman polymeeriä tehdyllä erotellulla supernatanteissa oli natriumia, magnesiumia, kaliumia, kalsiumia, kromia, nikkeliä, rautaa ja mangaania. Kuparia löydettiin supernatanteista, joissa oltiin käytetty erotteluun selluloosaa ja mikrokiteistä selluloosaa. Vanadiinia löydettiin näiden lisäksi myös supernatantista, jonka erottelussa ei käytetty polymeeriä. Kobolttia löydettiin vain supernatantista, jonka erottelussa ei käytetty polymeeriä. Sinkkiä oli kaikissa muissa supernatanteissa, paitsi karboksimeetyyliselluloosalla erotellussa supernatantissa. Supernatanttien alkuaineista alumiinia, fosforia, seleeniä, kadmiumia ja lyijyä oli alle määritysrajan (<loq).

Ravinne- ja hivenaineanalyysien tuloksia hyödynnettiin tämän työn tausta-aineistona. Kiintoaineista ja supernatanteista tärkeimpinä tietoina pidettiin typen, kaliumin ja fosforin arvoja. Taulukossa 1 on kiintoaineiden ja supernatanttien typen, fosforin ja kaliumin pitoisuudet ennen koetta varten tehtyjä laimennoksia.

Taulukko 1. Eri kiintoaineiden sekä suodatettujen supernatanttien sisältämät typen, fosforin ja kaliumin määrät (mg/kg) ja (mg/l) ennen koetta varten tehtyjä laimennoksia.

Käsittely	Typpi (mg/kg)	Fosfori (mg/kg)	Kalium (mg/kg)
Kiintoaine + silika	25 700	8900	7100
Kiintoaine + selluloosa	22 200	8800	8700
Kiintoaine + mikrokiteinen selluloosa	23 900	9000	15000
Kiintoaine + karboksimeyyilliselluloosa	23 400	8100	8000
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Supernatantti + silika	154,2	2	370
Supernatantti + selluloosa	222,4	4,5	440
Supernatantti + mikrokiteinen selluloosa	162,6	3,5	420
Supernatantti + karboksimeyyilliselluloosa	139	2,2	300
Supernatantti + ilman polymeeriä	218,4	3,5	440

5.3 Käsittelyt

Kasvatuskokeessa oli yhteensä 14 erilaista käsittelyä (Taulukko 2). Niistä kuudessa oli emävedestä neljää eri polymeeriä apuna käyttäen kerättyä kiintoainetta.

Kiintoainekäsittelyjen typpipitoisuus säädettiin 15 milligrammaan. Käsittelyiden 3 ja 6 typpipitoisuudet säädettiin pienemmäksi, 7,5 milligrammaan. Samalla nähtiin oliko typpipitoisuudella vaikutusta tuloksiin. Käsittelyssä 1 erotteluun käytettiin polymeerinä silikaa (kiintoaine + silika) ja kiintoainetta käsittelyihin lisättiin 0,58 g, jotta päästiin typen lopulliseen arvoon. Käsittelyssä 2 käytettiin polymeerinä selluloosaa (kiintoaine + selluloosa) ja kiintoainetta käsittelyihin lisättiin 0,67 g. Käsittelyssä 3 käytettiin myös selluloosaa ja kiintoainetta käsittelyihin lisättiin 0,34 g. Käsittelyssä 4 käytettiin mikrokiteistä selluloosaa (kiintoaine + MCC) ja kiintoainetta käsittelyihin lisättiin 0,63 g. Käsittelyssä 5 käytettiin karboksimeyyilliselluloosaa (kiintoaine + CMC). Käsittelyssä 6 käytettiin myös mikrokiteistä selluloosaa ja kiintoainetta käsittelyihin lisättiin 0,32 g. Fosforin määrä kiintoaineissa oli typen säädön jälkeen 2,6 – 5,9 milligrammaa ja kaliumin määrä oli 2,6 – 9,5 milligrammaa (Taulukko 2).

Kiintoaineiden erottelusta jäljelle jääneestä supernatanteista koostui viisi eri käsittelyä. Niissä oli käytetty neljää polymeeriä apuna kiintoaineen keräämiseen. Käsittelyssä 7 kiintoaineen erottelun polymeerinä käytettiin silikaa (supernatantti + silika). Käsittelyssä 8 käytettiin selluloosaa (supernatantti + selluloosaa). Käsittelyssä 9 käytettiin mikrokiteistä selluloosaa (supernatantti + MCC). Käsittelyssä 10 käytettiin karboksimeetyyliselluloosaa (supernatantti + CMC). Käsittelyssä 11 kiintoaineen erottelussa ei käytetty mitään polymeeriä (supernatantti + WOP). Kaikkien supernatanttikäsittelyiden typpipitoisuudet säädettiin 7,5 milligrammaan. Supernatantteja annosteltiin ruukkuihin 0,5 dl. Fosforin määrä kiintoaineissa oli typen säädön jälkeen 0,1– 0,2 milligrammaa ja kaliumin määrä oli 14,8 – 19,4 milligrammaa (Taulukko 2).

Kasvatuskokeeseen otettiin myös vertailua varten mukaan kaksi verrokkilannoitetta, joihin tuli Calcium Nitrate Horticultural Grade-lannoitetta sekä Kekkilän Superex-lannoitetta. Käsittelyssä 12 (verrokkilannoite A) verrokkilannoitteen typen määrä oli 15,5 %, fosforin 11 % ja kaliumin 21 %. Typen määrä käsittelyssä säädettiin 15 milligrammaan, jolloin fosforia oli 11 milligrammaa ja kaliumia 21 milligrammaa. Käsittelyssä 13 (verrokkilannoite B) sama verrokkilannoite säädettiin puolet laimeammaksi. Siinä typen määrä oli 7,75 %, fosforin 5,5 % ja kaliumin 10,5 %. Typen määrä säädettiin 7,5 milligrammaan, jolloin fosforia oli 5,5 milligrammaa ja kaliumia 10 milligrammaa. Verrokkikäsittelyjä lisättiin käsittelyiden ruukkuihin 0,5 dl. Viimeisenä käsittelynä 14 oli kontrollikäsittely, johon ei tullut mukaan mitään lannoitetta.

Taulukko 2. Kaikkien käsittelyiden sisältämät fraktiot, polymeerit, typen, fosforin ja kaliumin pitoisuudet yhtä ruukkuu kohden. Kaksi kiintoainekäsittelyä toteutettiin pienemmällä typpipitoisuudella.

Käsittely	Nimi	Fraktio	Polymeeri	N (mg)	P (mg)	K (mg)
1	Kiintoaine + silika	Kiintoaine	silika	15	5,2	4,1
2	Kiintoaine + selluloosa	Kiintoaine	selluloosa	15	5,9	5,8
3	Kiintoaine + selluloosa (N = 7,5 mg)	Kiintoaine	selluloosa	7,5	3,0	3,0
4	Kiintoaine + MCC	Kiintoaine	mikrokiteinen selluloosa	15	5,7	9,5
5	Kiintoaine + CMC	Kiintoaine	karboksimeyyiliselluloosa	15	5,2	5,1
6	Kiintoaine + CMC (N = 7,5 mg)	Kiintoaine	karboksimeyyiliselluloosa	7,5	2,6	2,6
7	Supernatantti + silika	Supernatantti	silika	7,5	0,1	18,0
8	Supernatantti + selluloosa	Supernatantti	selluloosa	7,5	0,2	14,8
9	Supernatantti + MCC	Supernatantti	mikrokiteinen selluloosa	7,5	0,2	19,4
10	Supernatantti + CMC	Supernatantti	karboksimeyyiliselluloosa	7,5	0,1	16,2
11	Supernatantti + WOP	Supernatantti	ilman polymeeriä	7,5	0,1	15,1
12	Verrokkilannoite A	lannoite A	–	15	11	21
13	Verrokkilannoite B	lannoite B	–	7,5	5,5	10,5
14	Ilman lannoitetta	–	–	–	–	–

5.4 Kiintoaineiden ja nesteiden valmistelu ja lisääminen

Kiintoaineiden ruukkukohtaiset määrät eri käsittelyille laskettiin niin, että tyyppiä tuli jokaiseen käsittelyyn yhtä paljon. Ruukut täytettiin aluksi turpeella ja jokaiseen tehtiin leveä, noin 2 cm syvyinen kuoppa. Tämän jälkeen kiintoaineet punnittiin grammavaa'alla ja ripoteltiin lusikalla tasaisesti kuoppiin. Lopuksi kuopat peitettiin turpeella, niihin kaadettiin 0,5 dl vettä ja ruukut vietiin koehuoneeseen.

Supernatanttikäsittelyitä varten kiintoaineiden erottelusta jäljelle jääneet lietteet imusuodatettiin, jotta niistä saatiin poistettua loputkin kiintoaineet ja jäljelle jäi ainoastaan supernatantit. Supernatantit laimennettiin yhden litran tilavuuteen laittamalla laskettu määrä (0,674 – 1,097 l) kutakin lietettä ja loput vettä, jolloin jokaista laimennettua supernatanttilannoitetta oli litra (1000 ml) käytettävissä. Laimentamalla saatiin oikeat typpipitoisuudet käsittelyihin. Supernatantteja annosteltiin 0,5 dl käsittelyiden jokaiseen ruukkuun, minkä jälkeen ne siirrettiin koehuoneeseen.

Käsittelyiden 12 ja 13 verrokkilannoitteissa Van Iperen Calcium Nitrate Horticultural Grade- ja Kekkilän Superex-lannoitteesta tehtiin erilliset emoliuokset laittamalla 20 g lannoitetta ja 200 ml vettä. Kummastakin emoliuoksesta tehtiin tämän jälkeen käyttöliuokset.

Kalsiumnitraattilannoitteen emoliuosta mitattiin 97 ml ja siihen lisättiin 2,5 l vettä. Superex-lannoitetta mitattiin 65,8 ml ja siihen lisättiin myös 2,5 l vettä.

Verrokkilannoite (lannoite A) käsittelyyn 12 tehtiin sekoittamalla keskenään molempia käyttöliuoksia 1,5 l + 1,5 l. Toinen verrokkilannoite (lannoite B) käsittelyyn 13 tehtiin lannoitteesta A laimentamalla sitä puolella, jolloin saatiin vastaavat typpipitoisuudet kiintoaine- ja supernatanttilannoitteiden kanssa. Siihen otettiin 1 l lannoitetta A ja 1 l vettä. Lannoitetta B laimennettiin, jotta typen pitoisuudeksi saataisiin 150 mg/l. Lannoitetta B lisättiin ruukkuihin 0,5 dl, jolloin lopullinen lisättävä typen määrä oli 7,5 mg. Lannoitetta A lisättiin ruukkuihin myös 0,5 dl ja ruukut vietiin koehuoneeseen. Käsittelyyn 14 (ilman lannoitetta) laitettiin nesteen sijaan vettä.

5.5 Kasvatuskoe

Kasvatuskoe toteutettiin Lepaan kasvihuoneilla 12.11. – 16.12.2020 välisenä aikana ja se kesti 35 vuorokautta. Koehuoneen bruttopinta-ala oli 64 m², josta yhden altakastelupöydän pinta-ala oli 4 m². Käytössä oli yhteensä neljä pöytää. Huoneessa oli automaattinen ilmansäätö ja valotus. Päivälämpötilaksi huoneeseen säädettiin 21 astetta ja yölämpötilaksi 19 astetta. Huoneessa verhot olivat koko ajan kiinni ja kasvustoa valaistiin pelkästään suurpainenatriumvalaisimilla, rytmillä 12:12. Valotus alkoi kello 6.00 aamulla ja päättyi 18.00 illalla. Asennustehoa lampuissa oli 125 kW/m².

Kasvatuskokeen käsittelyt tehtiin 12.11.2020 ja kylvö tapahtui seuraavana päivänä. Kokeen kasvualusta tehtiin sankoihin valmiiksi sekoittamalla 7 litraan turvetta 1,5 litraa vettä. Tämän jälkeen kasvualustaa laitettiin mittakupilla ruukkuihin noin 0,3 litraa. Ruukkuina käytettiin muovisia neliön muotoisia ruukkuja, joiden ruukkukoko oli 8x8x8 ja tilavuus 0,3 l. Yhdelle pöydälle kokeessa niitä tuli 104. Jokaisen ruukun alle laitettiin myös aluslautanen, jonka halkaisija oli 16 cm. Salaattikiinankaalin siemeniä kylvettiin aina 3 siementä yhteen

ruukkuun, jolloin varmistettiin, että jokaisesta ruukusta lähtisi itämään edes yksi taimi. Siemeniä kokeeseen meni yhteensä 1248.

Kasvatuskokeessa käsittelyiden paikat satunnaistettiin. Toistoja jokaisesta käsittelystä tuli 4, jokaiselle pöydälle yksi. Pöydällä oleva 5 ruukun ryhmä edusti aina yhtä toistoa (Kuva 2). Pöytien reunoille laitettiin suojarivikasvusto, joka merkittiin koeasetelmasuunnitelmaan x-kirjaimella. Käsittelyt merkattiin ruukkuihin eri värisillä nimisäleillä, joiden värit näkyvät koeasetelmasuunnitelmasta (Kuva 3).

Kuva 2. Valmis koeasetelma salaattikiinankaalin kasvatukseen koehuoneessa. Pöydät alhaalta päin oikealta vasemmalle 1–2 ja ylhäällä oikealta vasemmalle 3–4. Käsittelyiden ruukut asetettiin pöydille viiden ruukun ryhmissä. (Visavalta, 2020)



Kuva 3. Kasvatuskokeen koeasetelma salaattikiinankaalin kasvatuksessa jokaiselle neljälle pöydälle. x = suojarivikasvi ja käsittelyt 1 (kiintoaine + silika), 2 (kiintoaine + selluloosa), 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg), 4 (kiintoaine + MCC), 5 (kiintoaine + CMC) ja 6

(kiintoaine + CMC N = 7,5 mg), 7 (supernatantti + silika), 8 (supernatantti + selluloosa), 9 (supernatantti + MCC), 10 (supernatantti + CMC) ja 11 (supernatantti + WOP), 12 (verrokkilannoite A), 13 (verrokkilannoite B) ja 14 (ilman lannoitetta).

Pöytä 4

x	x	x	x	x	x
x	3	3	9	9	x
x	3	3	9	9	x
x	3	11	14 14	9	x
x	11	11	8	8	x
x	11	11	8	8	x
x	5	5	8	12	x
x	5	5	12	12	x
x	5	14 14	1	12	x
x	7	1	1	12	x
x	7	1	1	10	x
x	7	7	10	10	x
x	7	2	10	10	x
x	2	2	6	6	x
x	2	2	6	6	x
x	13	14	4	6	x
x	13	13	4	4	x
x	13	13	4	4	x
x	x	x	x	x	x

Pöytä 3

x	x	x	x	x	x
x	10	10	9	9	x
x	10	10	9	9	x
x	10	14 14	5	9	x
x	1	1	5	5	x
x	1	1	5	5	x
x	11	1	3	3	x
x	11	11	3	3	x
x	11	7	14 14	3	x
x	11	7	7	13	x
x	2	7	7	13	x
x	2	2	13	13	x
x	2	2	8	13	x
x	4	4	8	8	x
x	4	4	8	8	x
x	4	6	14	12	x
x	6	6	12	12	x
x	6	6	12	12	x
x	x	x	x	x	x

Pöytä 2

x	x	x	x	x	x
x	2	2	13	13	x
x	2	2	13	13	x
x	2	3	14	13	x
x	3	3	12	12	x
x	3	3	12	12	x
x	7	7	12	5	x
x	7	7	5	5	x
x	7	14 14	8	5	x
x	10	8	8	5	x
x	10	8	8	9	x
x	10	10	9	9	x
x	10	6	9	9	x
x	6	6	1	1	x
x	6	6	1	1	x
x	11	14 14	4	1	x
x	11	11	4	4	x
x	11	11	4	4	x
x	x	x	x	x	x

Pöytä 1

x	x	x	x	x	x
x	11	11	6	6	x
x	11	11	6	6	x
x	11	14 14	8	6	x
x	13	13	8	8	x
x	13	13	8	8	x
x	9	13	10	10	x
x	9	9	10	10	x
x	9	2	14 14	10	x
x	9	2	2	3	x
x	1	2	2	3	x
x	1	1	3	3	x
x	1	1	12	3	x
x	5	5	12	12	x
x	5	5	12	12	x
x	5	4	14	7	x
x	4	4	7	7	x
x	4	4	7	7	x
x	x	x	x	x	x

5.6 Kylvä ja kokeen hoito

Kun kaikki ruukut oli täytetty mullalla ja lisätty oikea määrä kiintoainetta, lietelannoitetta ja verrokkilannoitetta jokaisen käsittelyn ruukkuihin, vietiin ruukut koehuoneeseen pöydille. Myös suojarivin ruukut täytettiin mullalla ja laitettiin oikeille paikoilleen pöydillä. Tämän

jälkeen kylvettiin jokaiseen ruukkuun kolme salaattikiinankaalin siementä noin 0,5 cm syvyyteen ja peitettiin kevyesti mullalla.

Aluksi kaikki ruukut kasteltiin tasaisesti vedellä sumuttamalla ja koepöydät peitettiin muoveilla. Muovit otettiin pois kolmen päivän kuluttua, kun siemenet olivat itäneet. Tämän jälkeen kokeen hoitoa jatkettiin vedellä kastelemalla aluksi sumupullolla päältä ja taimien kasvettua kastelu annettiin alta aluslautasille, kokeen kymmenennestä päivästä alkaen. Kastelu tehtiin tasaisesti, niin että jokainen ruukku sai saman verran vettä. Tarvittaessa kasteltiin lisää, jos jotkin ruukut sitä vaativat.

Kun taimet olivat tarpeeksi isoja, poistettiin ruukuista ylimääräiset taimet leikkaamalla, sillä melkein jokaisesta ruukusta oli itänyt kaikki kolme siementä. Ruukkuihin jätettiin vain yksi vahvimman ja parhaimman näköinen taimi. Jokaiseen pöytään laitettiin yksi keltainen liimansa keräämään tuholaisia.

5.7 Mittaukset, havainnot ja sadonkorjuu

Kokeen alussa havaintoja tehtiin itävyydestä ja taimettumisesta. Lehtien väriä, taimien kokoa ja kasvulehtien määrää havainnoitiin silmämääräisesti koko kokeen aikana. Kelta-ansoilla tarkkailtiin esiintyviä tuholaisia. Kokeen päättyessä, kun taimilla oli noin 8-10 kasvulehteä, tehtiin sadonkorjuu ja määritettiin tuore- ja kuivapainot.

5.7.1 Tuore- ja kuivapainon määrittäminen taimista

Tuorepainot taimista määritettiin leikkaamalla taimi alhaalta, mullan pinnan kohdalta irti ja punnitsemalla se kokonaisuutena. Tämän jälkeen taimet laitettiin paperipusseihin ja vietiin kuivamaan 40 asteiseen lämpökaappiin. Noin 24 tunnin päästä kuivatut taimet punnittiin uudelleen.

5.7.2 Juurten määrän ja laadun arviointi taimista

Juurten määrää ja laatua arvioitiin silmämääräisesti asteikolla 0–4 (Kuva 4). Asteikossa 0 tarkoitti itämätöntä, jolloin juuria ei ollut yhtään. 1= juuria on melko vähän ja laadultaan huonoja, 2= kohtalaisesti juuria, 3= runsaasti juuria sekä laadultaan hyviä, 4= juuria oli runsaasti ja ne olivat laadultaan erinomaisia.

Kuva 4. Arviointiasteikko (1–4) juurien laadun ja määrän ruukkukohtaisessa arvioinnissa. 1 = juuria on melko vähän ja laadultaan huonoja, 2 = kohtalaisesti juuria, 3 = runsaasti juuria sekä laadultaan hyviä, 4 = juuria oli runsaasti ja ne olivat laadultaan erinomaisia. (Visavalta, 2020)



5.8 Näytteiden analysointi JMP Pro 15-tilasto-ohjelmalla

Aineisto tuore- ja kuivapainoista sekä juurten määrästä ja laadusta analysoitiin JMP Pro 15-tilastoanalyysiohjelmalla. Tuloksista vertailtiin eri käsittelyiden keskiarvojen eroja, sekä niiden tilastollista merkitsevyyttä. Tilastotestien tulokset eivät olleet normaalijakautuneet ja varianssien yhtäsuuruusehto ei täytynyt, joten aineistoa analysoitiin ei-parametrisillä testeillä. Ei-parametriset testit tehtiin Wilcoxon/ Kruskal-Wallis testillä ja parivertailut Steel-Dwass testillä.

Käsittelystä 10 (supernatantti + CMC) kaksi kasvia eivät saaneet aivan 0,5 desilitraa supernatanttilannoitetta, koska sitä ei ollut riittävästi. Tästä syystä nämä kasvit jäivät muita saman käsittelyn kasveja pienemmiksi. Myös käsittelyn 13 (verrokkilannoite B) taimista yksi ei itänyt ollenkaan. Tilastanalyysseissa nämä kolmen kasvin arvot korvattiin muiden saman käsittelyn kasvien keskiarvoilla.

6 Tulokset

6.1 Itävyys ja taimettuminen

Itävyyttä ja taimettumista seurattiin kokeen alussa. Kaikkien käsittelyiden taimet olivat yhtä lukuun ottamatta itäneet viikon jälkeen kylvöstä 19.11.20. Myös taimettuminen oli hyvin tasaista ensimmäiset kolme viikkoa, jolloin käsittelyiden välillä ei vielä ollut havaittavissa eroja.

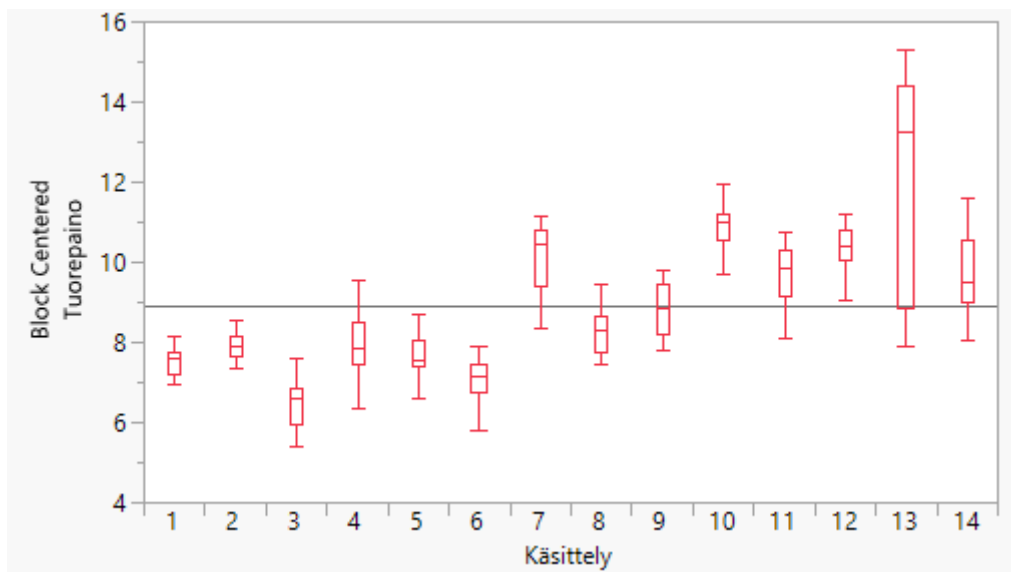
6.2 Käsittelyiden tuorepainot

Tuorepainot käsittelyistä punnittiin taimikohtaisesti ja niissä oli tilastollisesti merkitseviä eroja ($p < 0,05$). Tuorepainot olivat suurempia supernatantti- ja verrokkilannoituskäsittelyissä kuin kiintoainekäsittelyissä (Kuva 5). Taimien tuorepaino oli suurin (12,3 g) käsittelyssä 13 (verrokkilannoite B) ja pienin (6,5 g) käsittelyssä 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg) ($p < 0,05$). Käsittelyssä 13 (verrokkilannoite B) oli kuitenkin suurta hajontaa tulosten välillä. Myös käsittelyiden 7 (supernatantti + silika) (10,16 g) ja 10 (supernatantti + CMC) (10,51 g) taimilla oli suuri tuorepaino.

Supernatantti- ja verrokkikäsittelyiden tuorepainoissa oli kiintoainekäsittelyihin verrattuna tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) (Liite 3). Supernatanttikäsittelyissä 7 (supernatantti + silika), 10 (supernatantti + CMC) ja 11 (supernatantti + WOP) oli tilastollisesti merkitseviä eroja verrattaessa kaikkiin kiintoainekäsittelyihin. Kummassakin verrokkikäsittelyssä, käsittelyssä 12 (Verrokkilannoite A) ja 13 (Verrokkilannoite B) sekä kontrollikäsittelyssä 14 oli myös tilastollisesti merkitseviä eroja verrattaessa kaikkiin kiintoainekäsittelyihin ($p < 0,05$).

Supernatanttikäsittelyissä 8 ja 9 oli tilastollisesti merkitsevä ero verrattuna muihin supernatantti-, verrokki- sekä kontrollikäsittelyihin ($p < 0,05$).

Kuva 5. Salaattikiinankaalin tuorepainot käsittelyissä 1–14 (g). 1 (kiintoaine + silika), 2 (kiintoaine + selluloosa), 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg), 4 (kiintoaine + MCC), 5 (kiintoaine + CMC) ja 6 (kiintoaine + CMC N = 7,5 mg), 7 (supernatantti + silika), 8 (supernatantti + selluloosa), 9 (supernatantti + MCC), 10 (supernatantti + CMC) ja 11 (supernatantti + WOP), 12 (verrokkilannoite A), 13 (verrokkilannoite B) ja 14 (ilman lannoitetta).

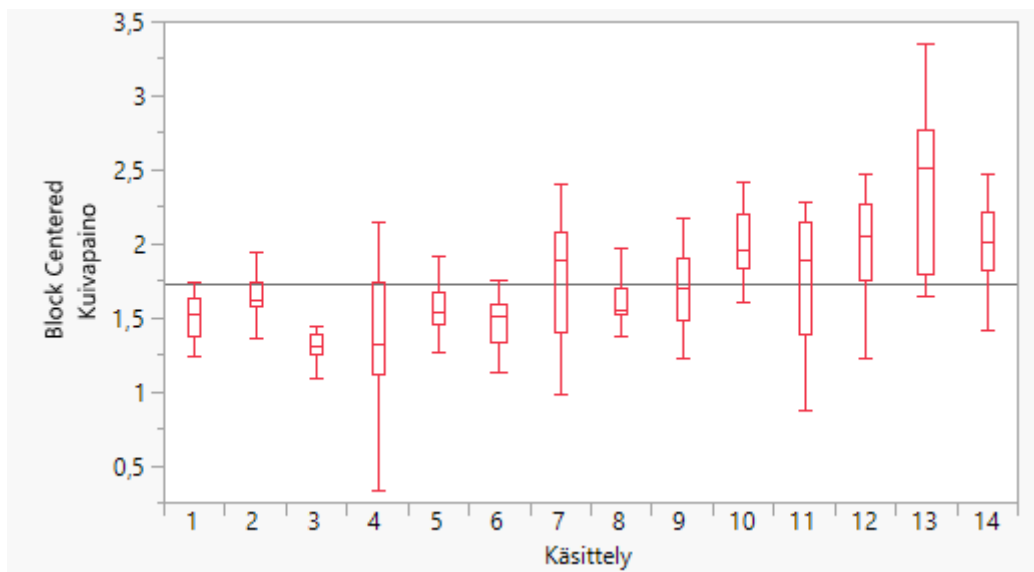


6.3 Käsittelyiden kuivapainot

Kuivapainot punnittiin taimikohtaisesti (Kuva 6) ja niissä oli tilastollisesti merkitseviä eroja ($p < 0,05$). Taimien kuivapaino oli suurin (2,4 g) käsittelyssä 13 (verrokkilannoite B) ja pienin (1,3 g) käsittelyssä 3 (kiintoaine + N = 7,5 mg) ($p < 0,05$). Käsittelyssä 4 (kiintoaine + MCC) oli suurta hajontaa tulosten välillä. Kuivapainoissa ei ollut suuria eroja käsittelyiden välillä, mutta supernatantti- ja verrokkikäsittelyiden kuivapainoissa oli kiintoainekäsittelyihin verrattuna tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) (Liite 4). Supernatanttikäsittelyissä 10 (supernatantti + CMC) oli tilastollisesti merkitseviä eroja verrattaessa kaikkiin kiintoainekäsittelyihin ($p < 0,05$). Kummassakin verrokkikäsittelyssä, käsittelyssä 12 (Verrokkilannoite A) ja 13 (Verrokkilannoite B) sekä kontrollikäsittelyssä 14 oli myös

tilastollisesti merkitseviä eroja verrattaessa kaikkiin kiintoainekäsittelyihin ($p < 0,05$). Supernatantti- ja verrokkilannoitusten sisällä ei ollut merkitseviä eroja käsittelyiden välillä.

Kuva 6. Salaattikiinankaalin kuivapainot käsittelyissä 1–14 (g). 1 (kiintoaine + silika), 2 (kiintoaine + selluloosa), 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg), 4 (kiintoaine + MCC), 5 (kiintoaine + CMC) ja 6 (kiintoaine + CMC N = 7,5 mg), 7 (supernatantti + silika), 8 (supernatantti + selluloosa), 9 (supernatantti + MCC), 10 (supernatantti + CMC) ja 11 (supernatantti + WOP), 12 (verrokkilannoite A), 13 (verrokkilannoite B) ja 14 (ilman lannoitetta).



6.4 Juurten määrä ja laatu

Juurten määrää ja laatua arvioitiin ruukkukohtaisesti asteikolla 0–4 (Kuva 7). Juurten laatu oli paras ja niiden määrä suurin käsittelyssä 13 (verrokkilannoite B) ja huonoin sekä pienin käsittelyssä 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg) ($p < 0,05$). Kiintoainekäsittelyssä 5 (kiintoaine + CMC) ja supernatanttikäsittelyssä 10 (supernatantti + CMC) juurten määrät olivat suurimmat ja ne olivat laadultaan parhaimmat ($p < 0,05$).

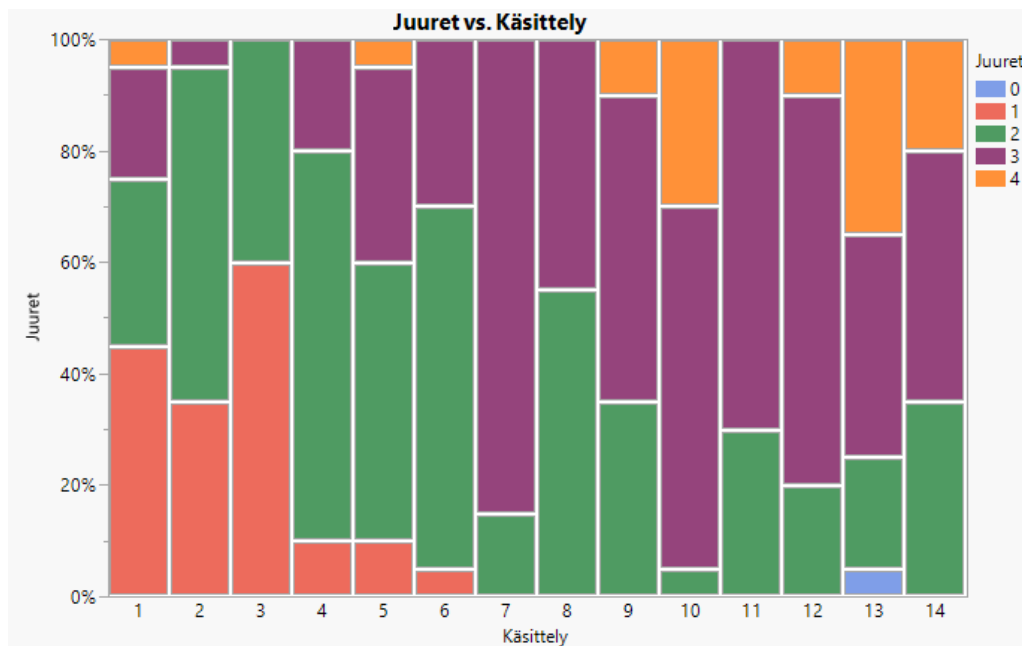
Supernatantti- ja verrokkikäsittelyiden juurten määrässä ja laadussa oli

kiintoainekäsittelyihin verrattuna tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) (Liite 5).

Supernatanttikäsittelyissä 10 (supernatantti + CMC) oli tilastollisesti merkitseviä eroja verrattaessa kaikkiin kiintoainekäsittelyihin ($p < 0,05$). Kummassakin verrokkikäsittelyssä,

käsittelyssä 12 (Verrokkilannoite A) ja 13 (Verrokkilannoite B) sekä kontrollikäsittelyssä 14 oli myös tilastollisesti merkitseviä eroja verrattaessa kaikkiin kiintoainekäsittelyihin ($p < 0,05$). Supernatantti- ja verrokkilannoitusten sisällä ei ollut merkitseviä eroja käsittelyiden välillä.

Kuva 7. Käsittelyiden 1–14 juurten määrälle ja laadulle annetut silmämääräiset arviot asteikoilla 0–4 (0 = ei yhtään juuria, 1 = juuria on melko vähän ja laadultaan huonoja, 2 = kohtalaisesti juuria, 3 = runsaasti juuria sekä laadultaan hyviä, 4 = juuria oli runsaasti ja ne olivat laadultaan erinomaisia). Kuvasta näkyy käsittelyiden 1 (kiintoaine + silika), 2 (kiintoaine + selluloosa), 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg), 4 (kiintoaine + MCC), 5 (kiintoaine + CMC) ja 6 (kiintoaine + CMC N = 7,5 mg), 7 (supernatantti + silika), 8 (supernatantti + selluloosa), 9 (supernatantti + MCC), 10 (supernatantti + CMC) ja 11 (supernatantti + WOP), 12 (verrokkilannoite A), 13 (verrokkilannoite B) ja 14 (ilman lannoitetta) sisällä oleva vaihtelu juurten määrässä ja laadussa prosentteina.



6.5 Muut havainnot

Neljätoista eri käsittelyn välillä oli sekä paljon yhtäläisyyksiä että huomattavia eroja taimien koossa ja värissä (Kuva 9 a, b ja c). Silmämääräisesti suurimmat taimet olivat käsittelyssä 13 (verrokkilannoite B) ja pienimmät käsittelyssä 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg).

Kokoerot näkyivät myös tuore- ja kuivapainojen tuloksissa. Käsittelyiden 12 (verrokkilannoite

A) ja 14 (ilman lannoitetta) taimet olivat suuria, mutta niissä oli kellertäviä lehtiä. Eniten kellertäviä lehtiä oli käsittelyiden 2 (kiintoaine + selluloosa), 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg), 5 (kiintoaine + CMC) ja 12 (Verrokkilannoite A) taimissa. Käsittelyiden 6 (kiintoaine + CMC N = 7,5 mg) ja 14 (ilman lannoitetta) taimissa oli hieman kellertäviä lehtiä.

Kiintoainekäsittelyiden osalta käsittelyssä 4 (kiintoaine + MCC) taimet olivat väriltään sekä kooltaan parhaimmat, kun taas käsittelyssä 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg) taimet olivat pienimpiä ja niissä oli eniten keltaisia lehtiä.

Supernatanttikäsittelyissä oli selvästi vihreämpiä lehtiä kuin kiintoainekäsittelyissä, sillä käsittelyiden 7 (supernatantti + silika), 10 (supernatantti + CMC) ja 11 (supernatantti + WOP) taimissa ei havaittu kellertäviä lehtiä. Supernatantilla käsitellyt taimet olivat keskenään melko samankaltaisia. Parhaimmat taimet olivat käsittelyssä 10 (supernatantti + CMC) ja huonoimmat käsittelyssä 9 (supernatantti + MCC). Käsittelyssä 9 (supernatantti + MCC) ei ollut paljoa kellertäviä lehtiä, mutta ne olivat kooltaan pienimmät. Supernatanttikäsittelyissä 7 (supernatantti + silika), 10 (supernatantti + CMC) ja 11 (supernatantti + WOP) sekä verrokkikäsittelyissä kasvien lehdet olivat väriltään ja kooltaan hyvin samanlaisia.

Kuva 8 a. Ensimmäiseltä koepöydältä vasemmalta oikealle jonossa käsittelyt 1 (kiintoaine + silika), 2 (kiintoaine + selluloosa), 3 (kiintoaine + selluloosa N = 7,5 mg), 4 (kiintoaine + MCC), 5 (kiintoaine + CMC) ja 6 (kiintoaine + CMC N = 7,5 mg) väri ja koko erojen vertailuun. (Visavalta, 2020)



Kuva 8 b. Ensimmäiseltä koepöydältä vasemmalta oikealle jonossa käsittelyt 6 (kiintoaine + CMC $N=0,0075$), 7 (supernatantti + silika), 8 (supernatantti + selluloosa), 9 (supernatantti + MCC), 10 (supernatantti + CMC) ja 11 (supernatantti + WOP) väri ja koko erojen vertailuun. (Visavalta, 2020)



Kuva 8 c. Ensimmäiseltä koepöydältä vasemmalta oikealle jonossa käsittelyt 12 (verrokkilannoite A), 13 (verrokkilannoite B) ja 14 (ilman lannoitetta) väri ja koko erojen vertailuun. (Visavalta, 2020)



Kasvintuhoojia seurattiin kelta-ansoilla, joita laitettiin jokaiseen pöytään yksi. Kokeen lopussa jokaiseen ansaan oli jäänyt kiinni muutamia harsosääskiä (*Sciara hemerobioides*). Harsosääskistä ei ollut merkittävää vaikutusta kokeelle, eikä ansoja jouduttu vaihtamaan kertaakaan sen aikana. Kokeen aikana ei havaittu kasvitauteja, mutta käsittelyissä 13 (verrokkilannoite A), 8 (supernatantti + selluloosa) ja 14 (ilman lannoitetta) havaittiin hieman hometta kasvualustojen pinnoilla.

Kuva 9. Harsosääskiä kelta-ansassa ensimmäisellä pöydällä (Visavalta, 2020).



7 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Kasvatuskokeella saatiin vastaukset tutkimuskysymyksiin. Tämän kokeen perusteella emävedestä kerätyllä ja kuivatulla kiintoaineella ei kannata lannoittaa taimia, sillä lannoittamattomaan kontrolliin verrattuna sillä ei saatu mitään lisäystä taimien tuore- ja kuivapainoihin, eikä juurten määrään ja laatuun. Supernatanteista karboksimeetyliselluloosalla (Käsittely 10) sentrifugoitu supernatantti voisi kuitenkin sopia lannoittamiseen, koska sillä saatiin eniten lisäystä taimien tuore- ja kuivapainoihin sekä juurten määrään ja laatuun verrattuna lannoittamattomaan kontrolliin.

Supernatanttikäsittelyillä 7 (supernatantti + silika), 10 (supernatantti + CMC) ja 11 (supernatantti + WOP) ei havaittu fytotoksisia vaikutuksia kasvuun, koska niillä saatiin lisäystä taimien tuore- ja kuivapainoihin. Kaikilla kiintoainekäsittelyillä sekä supernatanttikäsittelyistä käsittelyillä 8 (supernatantti + selluloosa) ja 9 (supernatantti + MCC) vaikutti kuitenkin olevan fytotoksisia vaikutuksia, sillä niillä lannoitettujen taimien tuore- ja kuivapainot olivat pienemmät kuin lannoittamattomalla kontrollikäsittelyllä.

Taimista ei kuitenkaan tehty kasvianalyysiä, joten ei tiedetä tarkkaan, mitkä yhdisteet saattoivat aiheuttaa fytotoksisuutta.

Kokeessa ilmenneet fytotoksiset vaikutukset, kuten pienet tuorepainot kaikilla kiintoainekäsittelyillä ja kahdella supernatanttikäsittelyllä 8 (supernatantti + selluloosa) ja 9 (supernatantti + MCC), saattoivat johtua näiden fraktioiden korkeista rautapitoisuuksista. Ennen koetta tehdyissä kiintoaineiden ravinneanalyyseissä rautaa oli 280 000–320 000 mg/kg ja supernatantteissa sitä oli käsittelyssä 8 (supernatantti + selluloosa) 120 000 mg/l ja 9 (supernatantti + MCC) 99 000 mg/l. Muissa supernatanttikäsittelyissä rautaa oli vain 41 000–76 000 mg/l. Suositeltu rautapitoisuus salaattikiinankaalilla saisi olla vain 75–382 mg/kg (Suojala-Ahlfors ym., 2020, s. 23). Raudan kertyminen kiintoaineisiin onkin yksi elektroflotaation ongelmista. Suurella raudan määrällä on tutkitusti kasvua heikentäviä vaikutuksia ja joissain tapauksissa kasvi voi myös kuolla tämän seurauksena. Kasvin saadessa liikaa rautaa maaperästä, sen kyky imeä ravinteita heikkenee, eikä kasvi pysty enää ottamaan tärkeitä aineita, kuten fosforia ja typpeä. Myös klorofyllin tuotanto saattaa estyä, eikä kasvi pysty yhteyttämään enää kunnolla (Lacoma, 2019), sillä raudalla kasvi säätelee sen viherhiukkasten kehitystä ja kasvua sekä niiden valkuaisainepitoisuutta (Suojala-Ahlfors ym., 2020, s. 22).

Kiintoainekäsittelyissä kokeiltiin kahta typen pitoisuutta, joista korkeampi (15 mg) johti taimien suurempiin tuore- ja kuivapainoihin sekä parempaan juurten määrään ja laatuun. Tulosten perusteella 7,5 mg typpeä ei selvästi ollut riittävä määrä käsittelyissä, sillä taimien tuorepainot jäivät huomattavasti matalimmiksi. Tuloksiin saattoi vaikuttaa myös kiintoaineiden ja supernatanttien fosforin ja kaliumin määrät. Kiintoainekäsittelyistä parhaat tulokset saatiin käsittelyllä 4 (kiintoaine + MCC), jossa kaliumin (9,5 mg) määrä oli muita kiintoainekäsittelyitä suuremmat. Suurin kuivapaino kiintoainekäsittelyissä oli käsittelyllä 2 (kiintoaine + selluloosa), joka sisälsi käsittelyistä eniten fosforia 5,9 mg. Muissa kiintoainekäsittelyissä fosforin määrä oli 2,6–5,7 mg ja kaliumin 2,6–5,8 mg.

Supernatanttikäsittelyistä oli suurimmat tuorepainot, kuivapainot ja juuret käsittelyllä 10 (supernatantti + CMC), joka sisälsi fosforia 0,12 mg ja kaliumia 16,19 mg. Hyviä tuloksia saatiin myös käsittelyllä 7 (supernatantti + silika), joka sisälsi fosforia 0,10 mg ja kaliumia 18

mg sekä käsittelyllä 11 (supernatantti + WOP), joka sisälsi fosforia myös 0,12 mg ja kaliumia 15,11 mg/l. Näiden käsittelyiden fosforin ja kaliumin määrät olivat keskiarvot verrattaessa muihin supernatanttikäsittelyihin, joiden fosforipitoisuudet olivat 0,10–0,16 mg ja kaliumin määrä oli 14,83–19,38 mg.

Kiintoainekäsittelyiden fosforipitoisuudet olivat korkeammat kuin supernatanttien, mutta niiden kaliumipitoisuudet olivat huomattavasti supernatantteja matalammat. Liiallinen määrä fosforia ja kaliumia heikentää kasvin kykyä vastaanottaa maaperästä muita tärkeitä ravinteita, jolloin kasvi kärsii ja sen kasvu häiriintyy (Iseli, 2021). Suuri fosforin määrä maaperässä voi häiritä kasvin juurten kasvua ja niiden haarautumista. Kasvit alkavat myös pudottamaan lehtiä niihin kerääntyessä liikaa fosforia. Kaliumin suuri pitoisuus maaperässä häiritsee muiden kationien ottoa ja voi johtaa muiden ravinteiden kuten kalsiumin tai magnesiumin pieneen pitoisuuteen kasveissa. (Suojala-Ahlfors ym., 2020, s. 10, 11, 14) Fosforin puutosoireet tulevat näkyviin kasvustoon vasta, kun fosforin puute on jo todella iso. Tyypillisin oire on heikentynyt kasvu ja pienentynyt sato (Farmit, 2009). Kaliumin puutoksen havaitseminen voi olla myös hankalaa, sillä kasvit näyttävät hyvin harvoin siitä mitään merkkejä (Suojala-Ahlfors ym., 2020, s. 14). Supernatanttien fosfori- ja kaliumipitoisuudet vaihtelivat osittain paljon eri käsittelyiden välillä. Selviä johtopäätöksiä näiden pitoisuuksien vaikutuksista ei voida tehdä, sillä hyviä tuloksia saatiin sekä matalilla että korkeilla P- ja K-pitoisuuksilla.

Käsittelyiden tulosten välillä oleva ero taimien tuore- ja kuivapainoissa sekä juurten laadussa johtui mahdollisesti typen eri pitoisuuksista. Korkeampi typen määrä (15 mg), sekä korkeat fosforin ja kaliumin pitoisuudet ennen typen säätöä vaikuttivat esimerkiksi käsittelyn 4 saatuihin suuriin tuorepainoihin ja lehtien vihreämpään väriin. Käsittelyissä, joissa typen määrä oli säädetty pienemmäksi (7,5 mg) oli kellertäviä lehtiä ja tuorepainot olivat pienet, mikä viittaisi typen puutteeseen. Typen lisäksi myös kaliumin ja joissain tapauksissa fosforinkin puutteen tiedetään aiheuttavan taimien kellastumista. Ennen kaikkea typen lisäämisen on havaittu parantavan taimien kasvua sekä lisäävän kasvien vihreää väriä, sillä klorofylli eli kasvien lehtivihreä koostuu enimmäkseen typestä. (Vinje, n.d.) Toisaalta liian suuri typen tarjonta kasvin tarpeeseen nähden aiheuttaa liian rehevää kasvua, joka saa aikaan solurakenteiden pehmenemisen. Tällöin myös taudit ja tuholaiset lisääntyvät sekä

kasvuston kehitys hidastuu. Sadon laadun ja määrän kannalta liiallinen typen määrä voi pitkittää kasvin vegetatiivista vaihetta liian pitkään. (Suojala-Ahlfors ym., 2020, s. 8)

Lannoitevalmistaja Yaran lannoitusoppaan mukaan salaattikiinankaalille suositeltu typen määrä on 195 kg/ha, joka vastaa tässä kokeessa 124,8 mg typpeä yhtä ruukua kohden (Yara, 2022). Kiintoainekäsittelyissä käytetty 15 milligramman typen määrä yhtä ruukua kohden on hyvin pieni verrattuna oppaan suositukseen. Fosforin enimmäismäärä on maan kunnosta riippuen kaaleille 25–110 kg/ha, mikä on 16–70,4 mg ruukua kohden (Yara, 2020). Kiintoaineiden fosforipitoisuus on suositukseen verrattuna todella alhainen. Kaliumin enimmäismäärä on maan kunnosta riippuen kaaleille 60–200 kg/ha, mikä on 38,4–128 mg ruukua kohden (Yara, 2020). Kiintoaineissa myös kaliumin pitoisuudet olivat tähän verrattuna alhaiset, mutta supernatanttien kaliumpitoisuudet olivat lähempänä suositeltuja määriä, mutta silti niiden alle.

Kokeen verrokkilannoitteiden fosforin ja kaliumin määriä vertailtaessa kiintoaine- ja supernatanttikäsittelyiden määriin, huomattiin, että verrokkilannoitteiden fosforin määrät olivat lähellä kiintoaineita ja kaliumin määrät olivat lähellä supernatantteja. Verrokkilannoite B:n fosforin määrä (5,5 mg/kg) oli lähellä kiintoaineiden määriä, jotka vaihtelivat välillä 2,6–5,9 mg/kg. Supernatanttien fosforin määrät olivat molempia verrokkilannoitteita selvästi alhaisemmat (0,1–0,2 mg/kg). Verrokkilannoite B:n kaliumin määrä (10,5) oli lähempänä kiintoaineiden määriä (2,6–9,5 mg/kg), mutta supernatanttien kaliumin määrät (14,8–19,4 mg/kg) olivat lähellä verrokkilannoite A:n kaliumin määrää (21 mg/kg). Kiintoaineiden NPK-määrät vastasivat kaupallisten lannoitteiden NPK-määriä, mutta supernatanteissa fosforin määrä oli huomattavasti alhaisempi.

Kiintoaineita hyödyntäessä kannattavinta on käyttää elektroflotaatio-menetelmässä polymeeriä mikrokiteistä selluloosaa, koska sillä saatiin suurimmat tuorepainot kiintoainekäsittelyissä. Kiintoainekäsittelyt kuitenkin näyttivät aiheuttavan fytotoksisia vaikutuksia, ja kiintoaineen erotus lietteestä on myös kallista, joten supernatantin käyttö on parempi vaihtoehto. Kokeessa olisi voitu tehdä käsittely, jossa kiintoaine ja supernatantti olisi jätetty erottelematta toisistaan, jolloin olisi nähty voiko sitä hyödyntää ilman erottelua vai aiheutuisiko siitä myös fytotoksisia vaikutuksia.

Supernatanteilla saatiin paremmat tulokset kuin kiintoaineella. Tämä saattoi johtua siitä, että kasvit pystyivät paremmin hyödyntämään supernatanttia ja siihen liuenneita ravinteita nestemäisessä muodossa. Jauhemaisen kiintoaineen ravinteet saattoivat myös olla liian hitaasti taimien saatavilla kolmen viikon kokeen aikana. Nestemäiset lannoitteet levittyvät nopeasti maaperään kasvien juurten lähelle, josta niiden ravinteet ovat liikkuvampia ja helpommin kasvien saatavilla. Rakeiset lannoitteet ovat vaikutukseltaan voimakkaampia, mutta niiden ravinteet liukenevat hitaammin maaperään. (Isleb, 2016)

Jotain asioita tässä kokeessa olisi voitu tehdä toisin, jotta tulokset antaisivat enemmän tietoa näiden lannoitteiden vaikutuksista. Jauhemainen kiintoaine olisi voitu esimerkiksi sekoittaa ruukkujen turpeeseen, sillä nyt se vain ripoteltiin turpeen pinnalle tehtyihin koloihin. Näin kiintoaine olisi saatu paremmin taimien käyttöön. Kiintoainetta olisi voitu kokeilla lisätä ruukkuihin enemmän, mikä olisi saattanut vaikuttaa taimien kasvuun. Tässä kokeessa supernatanttia oli käytettävissä vain rajallinen määrä, joten sitä annettiin ainoastaan kokeen alussa. Supernatantteja olisi voinut kokeilla antaa taimille kastelulannoitteena koko kokeen ajan. Kasvualustan pH:n mittaaminen kokeen alussa ja lopussa olisi antanut myös lisää tietoa lannoitteiden vaikutuksista kasvualustaan.

Lähteet

- Berg, J. (2016). ETL:n jäte- ja sivuvirtaselvitys 2016. Elintarviketeollisuusliitto.
http://www.etl.fi/media/aineistot/raportit-ja-katsaukset/etl-jate_ja_sivuvirtaselvitys_2016.pdf
- Berninger, K. (2018). *Ravinteiden kierrätys suomessa*. Tyrskyconsulting.
https://www.tyrskyconsulting.fi/wp-content/uploads/2018_ravinteiden_kierratys_suomessa.pdf
- Engström, L. & Wallenhammar, A. (n.d.). *Vinassi omaa luokkaansa*. HS Konsult Ab.
http://pargasgard.fi/images/VINASSI_OMAA_LUOKKAANSA.pdf
- European Commissio. (2006). *European eco-label user manual*.
https://ec.europa.eu/environment/archives/ecolabel/pdf/soil_improvers/gm_criteria2.pdf
- Euroopan komission asetus N:o 142/2011. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0142&from=en>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 1009/2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32019R1009>
- Farmit. (2009). *Tunnista fosforin puutosoireet kasvustosta – fosfori ravinteena*.
<https://www.farmit.net/kasvinviljely/2009/03/26/tunnista-fosforin-puutosoireet-kasvustosta-fosfori-ravinteena>
- Hiilamo, E. (2021). *Ruuan hinta lähtee Suomessa pian selvään nousuun – yksi syy on lannoitteissa, joiden hintaan heijastuu Euroopan energiamarkkinoiden myllerys*. Yle uutiset 24.10.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-12156753>
- Hämeen Ympäristökeskus. (2006). *Ympäristölupapäätös*.
<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B05719AAB-3224-4CC7-8ECB-BE8325A784E4%7D/79981>
- Hämäläinen, J. (2016). *Biokaasutuksessa muodostuva mädätysjäännös lannoitteena: Nurmen astiakoe raiheinällä*. [opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu].
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/110988/Hamalainen_Juuso.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Iseli, M. (2021). *How To Lower Potassium In Soil? Now I Know!* Plantophiles.
<https://plantophiles.com/gardening/how-to-lower-potassium-in-soil/>

- Isleib, J. (2016). *Pros and cons of granular and liquid fertilizers*. Michigan State University.
https://www.canr.msu.edu/news/pros_and_cons_of_granular_and_liquid_fertilizers
- Järki-hanke. (2017). *ISKU 20: Kierrätyslannoitteet – Hinta ja sisältö ratkaisevat*. BSAG ja Luonnon- ja riistanhoitosäätiö: yhteishanke.
http://ravinnejaenergia.fi/materiaali/omalannoitteet/wp-content/uploads/sites/3/2017/09/jarki_isku_20_web.pdf
- Karimaa, E. & Kivelä, J. (1.2020) Luomutuotantoon soveltuvat kierrätyslannoitteet – katsaus Suomen ja EU:n markkinoilla oleviin tuotteisiin. Blogs at Helsinkiuni.
https://blogs.helsinki.fi/hykerrys-hanke/files/2020/01/Raportti_Luomutuotantoon-soveltuvat-kierr%C3%A4tyslannoitteet.pdf
- Kaustara, E. (2020). Lahdessa-poimitaan-ravinteet-sivuvirroista. Kemia, 2/2020
<https://www.kemia-lehti.fi/wp-content/uploads/2020/03/2-2020-Lahdessa-poimitaan-ravinteet-sivuvirroista.pdf>
- Kinnunen, R. & Pirkkamaa, J. (2020). *Lainsäädäntö ja rahoitus orgaanisten jätteiden, lietteiden ja sivutuotteiden peltokäytön hyödyntämisessä – selvitys*. Winto Better World Oy https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2020/10/Raportti-2.10.2020_FINAL.pdf
- Kivimäki, A. (2020). *Ei pisaraakaan hukkaan*. Suomen Kulttuurirahasto.
<https://skr.fi/ajankohtaista/ei-pisaraakaan-hukkaan>
- Korhonen, M., Pitkänen, K. & Niemistö, J. (2018). *Selvitys orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon vaikutuksista*. Ympäristöministeriö.
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160946/SY_03_3018_Organisen_jatteen_kaatopaikkakiello.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Koskinen, M. (2020). *Kiertotalous mullistaa myös lannoitteet*. Gasum.
<https://www.gasum.com/ajassa/tulevaisuuden-energia/2017/kiertotalous-mullistaa-myos-lannoitteet/>
- Lacoma, T. (22.11.2019) *The Effect of Excess Iron in Plants*. Sciencing.
<https://sciencing.com/effect-excess-iron-plants-5526745.html>
- Lannoitevalmistelaki 539/ 2006. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060539#L2>
- Lehtonen, S. (2021). *Viljelijä: "Lannoitteiden hinnannousu järkyttävä, monella vielä viime kevään lannoitteetkin maksamatta"* Maaseudun tulevaisuus 06.10.2021.
<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/artikkeli-1.1584165>

- Luostarinen, S., Tampio, E., Berlin, T., Grönroos, J., Kauppila, J., Koikkalainen, K., Niskanen, O., Rasa, k., Salo, T., Turtola, E., Valve, H. & Ylivainio K. (2019). *Keinoja orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön edistämiseen*. Maa- ja metsätalousministeriö
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161419/MMM_2019_5_Organiset_lannoitevalmisteet.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mercier, L. (2018). *Nutrient uptake, growth, protein production and cobalamin accumulation of *Euglena gracilis* in baker's yeast production wastewater*. [pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto]
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/299026/Mercier_Leon_Pro_gradu_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- OY Pargas Gård AB. (n.d.). *PG Luomutuotto Vinassi 3,5–0–7*.
https://www.pargasgard.fi/images/pdf/pg_luomutuotto_vinassi_3_5_0_7_printversion_fi.pdf
- Piesala, P. (2021). *Elämme luonnon varassa*. Opetushallitus. Haettu 20.11.2021 osoitteesta
<https://www.oph.fi/fi/oppimateriaali/luovasti-luonnonvaroista/luonnonvarojen-merkitys-ja-kaytto/elamme-luonnon-varassa>
- Ravinne ja energia. (2017). *Orgaaniset lannoitevalmisteet*. Haettu 4.11.2021 osoitteesta
<http://ravinnejaenergia.fi/materiaali/omalannoitteet/orgaaniset-lannoitevalmisteet/>
- Ruokavirasto. (16.6.2020). *Haitalliset aineet*. Haettu 30.11.2021 osoitteesta
<https://www.ruokavirasto.fi/yriytykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/haitalliset-aineet-ja-hygienia/>
- Ruokavirasto. (22.2.2019). *Orgaanisen lannoitteen tuoteseloste*. Haettu 1.12.2021 osoitteesta
<https://www.ruokavirasto.fi/yriytykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/pakkausmerkinnat/orgaaniset-lannoitteet/>
- Ruokavirasto. (n.d.). *Lannoiteopas*. <https://ruokavirasto.mobiezine.fi/zine/273/article-21027>
- 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. (2013). *Orgaanisten lannoitevalmisteiden vaikutus kasvien kasvuun – Testimenetelmät*. MTT Jokiainen. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti101.pdf>
- Seppänen, A., Luostarinen, S. & Pesonen, L. (2019). *Kierrätyslannoitus: Suunnittelu, käytännöt ja mahdollisuudet tulevaisuudessa*. Luonnonvarakeskus (Luke).

https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/544071/LUKE_Kierr%C3%A4tyslannoitus_opas.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Siavoshi, M., Nasiri, A. & Laware, S. (2010). *Effect of Organic Fertilizer on Growth and Yield Components in Rice (Oryza sativa L.)* [tutkimusaineisto].

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1019.511&rep=rep1&type=pdf>

Sitra. (2015). *Ravinteiden kierron taloudellinen arvo ja mahdollisuudet Suomelle.*

<https://media.sitra.fi/2017/02/27174934/Selvityksia99-2.pdf>

Soilfood Oy. (6.4.2016). *NKS-Vinassi tuoteseloste.*

https://kierratyslannoitteet.files.wordpress.com/2018/05/soilfood_nks-vinassi.pdf

Suojala-Ahlfors, T., Lumme, I., Salo, T., Uusitalo, R., Kivijärvi, P., Kallela, M., Inkeroinen H. & Tuononen, M. (2020). *Kasvinravinteet avomaanvihannesten tuotannossa.* Luonnonvarakeskus (Luke).

https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/546422/luke_luobio_79_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Suomalainen taimi. (n.d.). *Lannoitus.* Haettu 9.11.2021 osoitteesta

<https://www.suomalaintaimi.fi/content/fi/1/20133/Lannoitus.html>

Suomen Hiiva Oy. (2021). *Hiiva.* Haettu 21.8.2021 osoitteesta

<https://www.suomenhiiva.fi/hiiva/>

Taha, A. (2020). *Effect of yeast vinasse on the growth of paspalum turf-grass under compost application in sandy soils* [tutkimusaineisto].

https://sjas.journals.ekb.eg/article_125781_3f13c16bf8fc830a1f8d44f73dd434eb.pdf

Tampio, E., Vainio, M., Virkkunen, E., Rahtola, M. ja Heinonen, S. (2018). *Opas kierrätyslannoitevalmisteiden tuottajille.* Luonnonvarakeskus (Luke).

https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542240/luke-luobio_37_2018_2X.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Turunen, S. (2020). *Hiivajäämistä kosmetiikkaa tai kalanrehua? Lahdessa tutkitaan, miten elintarviketeollisuuden jätevesistä saadaan käyttökelpoiset aineet kiertoon.* Yle Uutiset 14.2.2020. <https://yle.fi/uutiset/3-11207913>

Unnbom, M. (2019). *Kauran (Avena sativa L. 'Obelix') sadon muodostus ja laatu neljällä kierrätyslannoitekäsittelyllä.* [pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto].

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/309380/Unnbom_Mari_Pro_gradu_2019.pdf?sequence=2

Vinje, E. (n.d.). *Fertilizer Basics: What's In a Number?* Planet Natural Research Center. Haettu 31.1.2022 osoitteesta <https://www.planetnatural.com/fertilizer-numbers/>

Yara. (2022). *Kaalin laatuvaatimukset*. <https://www.yara.fi/lannoitus/kaali/kaalin-laatuvaatimukset/>

Yara. (2020). *Lannoiteopas 2020–2021*.

https://www.yara.fi/contentassets/933fda523d41435ca01181ddbd46f4b1/yara_lannoiteopas_2020_fi_0409.pdf/

Liite 2: Emäveden supernatantin ravinneanalyysit

Certificate of Analysis		Date	2.11.2020																	
Etsivät																				
Sample information	Water samples from floc suspension, filtered with GF/C by Indu.																			
Arrival date	30.10.2020																			
Measurement date	30.10.2020																			
Methods	Elan DRC II ICP-MS, samples were filtered with 0.45 µm PES-syringe filter. Filtered samples were diluted 1/100 and 0,1 ml conc. HNO ₃ / 5 ml of diluted sample was added.																			
		Na	Mg	Al	P	K	Ca	V	Cr	Fe	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb	
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
	LOQ*	34032	137	1883	5249	275	1814	82	46	1068	78	82	72	222	167	89	947	60	68	
	ETU**			23 %	13 %			15 %	9 %	26 %	17 %	14 %	10 %	19 %	12 %	10 %		7 %	19 %	
Blank sample 1 [µg/l]		-2,13	-4,16	-5,05	-3,57	-0,02	-0,47	0,08	0,14	-5,12	0,17	0,06	0,13	0,25	1,15	0,08	0,05	0,12	0,22	
Control sample 10 [µg/l]		8,07	6,29	5,88	5,86	9,65	10,81	10,44	10,22	5,68	10,33	10,72	10,16	10,80	11,33	10,05	9,77	9,83	10,38	
Control sample 100 [µg/l]		100,36	101,12	99,31	100,63	94,75	100,95	97,94	99,60	97,84	100,56	97,11	97,43	99,78	100,31	100,08	99,91	99,64	97,84	
GF/C blank		<LOQ (230)	6	<LOQ (5.5)	<LOQ (7.8)	35	39	<LOQ (0.021)	<LOQ (0.14)	<LOQ (7)	<LOQ (0.21)	<LOQ (0.016)	<LOQ (0.12)	<LOQ (1.5)	2,7	<LOQ (0.041)	<LOQ (0.072)	<LOQ (0.0046)	<LOQ (0.26)	
Supernatantti (mikrokiteinen selluloosa)		230000	11000	<LOQ (510)	<LOQ (3500)	420000	22000	120	200	99000	4300	<LOQ (51)	500	270	200	<LOQ (13)	<LOQ (11)	<LOQ (3.3)	<LOQ (20)	
Supernatantti (selluloosa)		240000	8800	<LOQ (620)	<LOQ (4500)	440000	25000	120	260	120000	4600	<LOQ (62)	460	340	200	<LOQ (27)	<LOQ (22)	<LOQ (7.8)	<LOQ (20)	
Supernatantti (karboksimeetyliselluloosa)		170000	4200	<LOQ (560)	<LOQ (2200)	300000	18000	<LOQ (60)	90	46000	1500	<LOQ (16)	230	<LOQ (110)	<LOQ (150)	<LOQ (8)	<LOQ (3.7)	<LOQ (0.51)	<LOQ (4.9)	
Supernatantti (ilman polymeeriä)		240000	7000	<LOQ (610)	<LOQ (3500)	440000	24000	170	230	76000	2600	110	390	<LOQ (110)	220	<LOQ (58)	<LOQ (56)	<LOQ (25)	<LOQ (24)	
Supernatantti (silika)		210000	6100	<LOQ (560)	<LOQ (2000)	370000	25000	<LOQ (60)	100	41000	2200	<LOQ (53)	290	<LOQ (93)	240	<LOQ (76)	<LOQ (76)	<LOQ (41)	<LOQ (32)	
Blank sample 2 [µg/l]		-1,77	-4,28	-5,16	-3,63	-0,54	-1,91	0,02	0,11	-4,12	0,03	0,03	0,11	0,22	1,14	0,05	0,03	0,01	0,07	
Control sample 10 [µg/l]		8,60	6,40	5,18	6,60	11,11	9,93	10,27	9,95	5,55	10,09	10,46	9,82	10,46	11,06	9,95	9,99	9,98	10,10	
Control sample 100 [µg/l]		97,35	97,81	98,60	96,53	93,53	99,97	98,81	98,64	101,93	97,20	97,78	97,22	99,59	99,99	100,06	97,81	99,14	99,06	
* LOQ=limit of quantitation, for 1/100 diluted samples																				
** ETU=expanded total uncertainty, for instrument control samples.																				

Liite 3: Tuorepainon parivertailu

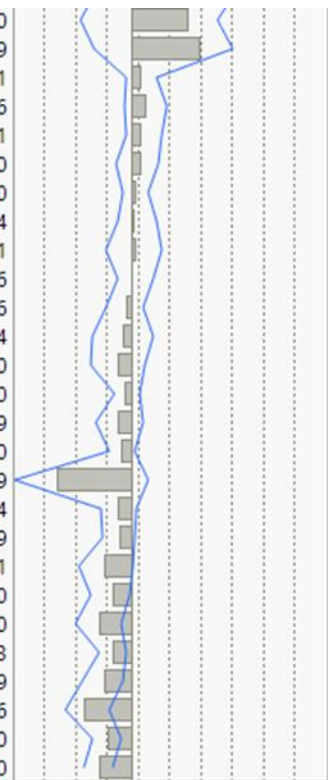
Nonparametric Comparisons For All Pairs Using Steel-Dwass Method									
		q*	Alpha						
		3,35362	0,05						
Level	- Level	Score Mean Difference	Std Err Dif	Z	p-Value	Hodges-Lehmann	Lower CL	Upper CL	Difference Plot
7	1	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	2,80207	1,73000	3,39443	
7	3	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,82207	2,79157	4,56571	
7	6	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,21221	2,21714	3,91000	
9	3	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	2,40436	1,51714	3,10000	
10	1	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,38221	2,79871	3,98286	
10	2	19,9500	3,696499	5,39700	<,0001*	3,03350	2,42571	3,58000	
10	3	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	4,42421	3,76714	5,19286	
10	4	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,01207	2,02557	3,72286	
10	5	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,30079	2,50000	3,86843	
10	6	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,83421	3,14000	4,54443	
10	8	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	2,63779	1,80000	3,46000	
11	3	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,25429	2,30000	4,02000	
11	6	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	2,60207	1,62414	3,41443	
12	1	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	2,87000	2,22429	3,40843	
12	2	19,9500	3,696499	5,39700	<,0001*	2,50564	1,86000	3,04000	
12	3	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,88857	3,17557	4,59571	
12	5	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	2,72936	1,94586	3,36429	
12	6	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,26857	2,55000	3,95429	
13	3	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	6,73079	2,22286	8,10571	
13	6	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	6,15857	1,62000	7,46586	
14	3	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	3,32143	2,20557	4,49000	
14	6	19,9500	3,696846	5,39649	<,0001*	2,65936	1,54843	3,83557	
7	2	19,8500	3,696499	5,36995	<,0001*	2,45850	1,37586	3,02000	
10	9	19,8500	3,696846	5,36944	<,0001*	2,07143	1,32414	2,92286	
11	1	19,8500	3,696846	5,36944	<,0001*	2,20707	1,28429	2,88871	
14	1	19,8500	3,696846	5,36944	<,0001*	2,18143	1,21443	3,36000	
7	5	19,7500	3,696846	5,34239	<,0001*	2,67650	1,64586	3,34871	
13	1	19,7500	3,696846	5,34239	<,0001*	5,75793	1,14871	7,01157	
9	6	19,6500	3,696846	5,31534	<,0001*	1,74350	0,90000	2,50571	
12	4	19,4500	3,696846	5,26124	<,0001*	2,46579	1,44000	3,18843	
12	8	19,3500	3,696846	5,23419	<,0001*	2,08436	1,31429	2,86571	

11	5	19,2500	3,696846	5,20714	<,0001*	2,03207	1,12557	2,78129	
9	1	19,1500	3,696846	5,18009	<,0001*	1,30286	0,52157	2,02286	
14	5	19,1500	3,696846	5,18009	<,0001*	1,93714	1,03557	3,20000	
11	2	18,9500	3,696499	5,12647	<,0001*	1,81000	0,93157	2,51871	
14	2	18,9500	3,696499	5,12647	<,0001*	1,78571	0,85571	2,94843	
13	5	18,7500	3,696846	5,07189	<,0001*	5,67000	1,14871	6,93157	
13	2	18,6500	3,696499	5,04531	<,0001*	5,40000	0,78286	6,63129	
7	4	18,5500	3,696846	5,01779	<,0001*	2,30000	1,23000	3,14571	
4	3	18,0500	3,696846	4,88254	<,0001*	1,45079	0,69714	2,40000	
5	3	18,0000	3,696672	4,86924	<,0001*	1,14936	0,54443	1,93157	
12	9	17,8500	3,696846	4,82844	0,0001*	1,52421	0,72557	2,40000	
8	3	17,6500	3,696846	4,77434	0,0002*	1,78350	0,98000	2,62871	
11	4	17,2500	3,696846	4,66614	0,0003*	1,73571	0,67429	2,65000	
13	4	16,9500	3,696846	4,58499	0,0004*	5,32436	0,89871	6,69129	
14	4	16,6500	3,696846	4,50384	0,0006*	1,67793	0,67871	3,00843	
9	5	16,4500	3,696846	4,44974	0,0007*	1,14436	0,38414	1,97414	
8	6	16,0500	3,696846	4,34154	0,0012*	1,18793	0,37429	1,94443	
11	8	16,0500	3,696846	4,34154	0,0012*	1,42064	0,47129	2,30000	
13	8	15,5500	3,696846	4,20629	0,0021*	4,97500	0,48286	6,42429	
14	8	15,3500	3,696846	4,15219	0,0026*	1,54293	0,38443	2,89586	
9	2	15,1000	3,696325	4,08514	0,0035*	0,91636	0,15557	1,66871	
8	1	12,9500	3,696846	3,50299	0,0308*	0,73643	0,03586	1,42443	
13	9	12,4500	3,696846	3,36774	0,0478*	4,34500	-0,00129	5,74000	
9	4	12,2000	3,696672	3,30027	0,0590	0,80714	-0,02286	1,80571	
6	3	11,7500	3,696846	3,17839	0,0847	0,60564	-0,05157	1,32871	
11	9	11,4500	3,696846	3,09724	0,1064	0,83714	-0,11000	1,81129	
10	7	11,1500	3,696846	3,01608	0,1323	0,59157	-0,10286	1,66871	
2	1	10,6500	3,696499	2,88110	0,1856	0,37000	-0,06000	0,81000	
8	5	10,3500	3,696846	2,79968	0,2244	0,63864	-0,14571	1,30871	
12	11	10,2500	3,696846	2,77263	0,2383	0,65350	-0,17286	1,62414	
14	9	10,2000	3,696672	2,75924	0,2455	0,95721	-0,24157	2,19157	
13	11	9,2500	3,696846	2,50213	0,4063	3,47714	-0,90714	4,98714	
13	7	8,3500	3,696846	2,25868	0,5859	2,92071	-1,52000	4,43000	



13	10	7,9500	3,696846	2,15048	0,6658	2,34071	-2,19129	3,65000
13	12	7,9500	3,696846	2,15048	0,6658	2,88150	-1,64714	4,25129
8	2	7,8000	3,696325	2,11020	0,6945	0,37921	-0,28843	1,02871
9	8	7,6500	3,696846	2,06933	0,7227	0,57157	-0,31571	1,45286
4	1	7,5500	3,696846	2,04228	0,7408	0,36214	-0,25414	1,24871
8	4	5,0000	3,696672	1,35257	0,9868	0,32629	-0,71157	1,14000
5	1	2,6500	3,696846	0,71683	1,0000	0,10986	-0,36429	0,66000
12	7	1,2500	3,696846	0,33813	1,0000	0,05436	-0,64443	1,06414
14	11	1,1000	3,696672	0,29756	1,0000	0,12793	-1,12129	1,28571
4	2	-0,5000	3,696325	-0,13527	1,0000	-0,02500	-0,63000	0,87286
5	4	-5,0500	3,696846	-1,36603	0,9856	-0,25000	-1,08571	0,46286
14	7	-5,0500	3,696846	-1,36603	0,9856	-0,38000	-1,68443	0,88414
14	12	-5,9500	3,696846	-1,60948	0,9441	-0,59000	-1,72871	0,53000
5	2	-6,5500	3,696499	-1,77195	0,8889	-0,26857	-0,74157	0,31000
11	7	-8,6000	3,696672	-2,32642	0,5350	-0,56636	-1,52000	0,45129
6	1	-9,2500	3,696846	-2,50213	0,4063	-0,42143	-0,98000	0,13000
14	13	-9,4500	3,696846	-2,55623	0,3691	-3,18921	-4,96000	0,68429
12	10	-10,1500	3,696846	-2,74558	0,2529	-0,55714	-1,29586	0,16414
6	5	-11,5000	3,696672	-3,11091	0,1025	-0,52507	-1,27571	0,07429
14	10	-12,3500	3,696846	-3,34069	0,0521	-1,18707	-2,24714	0,01871
6	4	-13,8500	3,696846	-3,74644	0,0131*	-0,79707	-1,75871	-0,09000
9	7	-15,2500	3,696846	-4,12514	0,0030*	-1,36786	-2,39429	-0,46000
6	2	-16,2500	3,696499	-4,39605	0,0009*	-0,78064	-1,37000	-0,24843
11	10	-16,7500	3,696846	-4,53089	0,0005*	-1,18700	-2,10157	-0,42429
8	7	-17,9500	3,696846	-4,85549	0,0001*	-1,99779	-2,83443	-0,93586
3	1	-18,3500	3,696846	-4,96369	<,0001*	-1,04914	-1,67443	-0,48000
3	2	-19,5500	3,696499	-5,28879	<,0001*	-1,41564	-2,07286	-0,86000

Block Pöytä



Liite 4: Kuivapainon parivertailu

Nonparametric Comparisons For All Pairs Using Steel-Dwass Method									
		q*	Alpha						
		3,35362	0,05						
Level	- Level	Score Mean Difference	Std Err Dif	Z	p-Value	Hodges-Lehmann	Lower CL	Upper CL	Difference Plot
10	3	19,9500	3,696672	5,39675	<,0001*	0,65143	0,473000	0,94700	
13	3	19,9500	3,696672	5,39675	<,0001*	1,23000	0,461571	1,54700	
14	3	19,6500	3,696846	5,31534	<,0001*	0,73221	0,441571	0,94143	
10	6	19,4500	3,696672	5,26149	<,0001*	0,54500	0,278571	0,84300	
13	6	19,4500	3,696672	5,26149	<,0001*	1,07350	0,307000	1,48143	
10	1	19,3500	3,696672	5,23444	<,0001*	0,48771	0,247000	0,75000	
13	1	19,2500	3,696672	5,20739	<,0001*	1,04350	0,283000	1,40857	
8	3	19,2000	3,696499	5,19410	<,0001*	0,27700	0,143000	0,44700	
13	5	18,1500	3,696672	4,90982	<,0001*	0,97850	0,238571	1,35000	
14	6	18,1500	3,696846	4,90959	<,0001*	0,59000	0,270000	0,86857	
10	5	18,0500	3,696672	4,88277	<,0001*	0,42079	0,200000	0,71000	
13	8	17,8500	3,696499	4,82889	0,0001*	0,92700	0,198571	1,26000	
14	1	17,5500	3,696846	4,74729	0,0002*	0,53071	0,230000	0,79000	
13	4	17,5000	3,696499	4,73421	0,0002*	1,04421	0,441571	1,63857	
10	8	17,1500	3,696499	4,63953	0,0003*	0,37857	0,170000	0,66700	
13	2	17,1500	3,696499	4,63953	0,0003*	0,87000	0,141571	1,22000	
10	2	16,8500	3,696152	4,55880	0,0004*	0,33000	0,120000	0,61000	
5	3	16,6500	3,696499	4,50426	0,0006*	0,23700	0,080000	0,41000	
12	3	16,6500	3,696846	4,50384	0,0006*	0,72500	0,318571	1,00300	
10	4	16,5500	3,696672	4,47700	0,0006*	0,65079	0,170000	1,02000	
14	5	16,4000	3,696672	4,43642	0,0008*	0,46221	0,158571	0,72857	
14	4	16,1000	3,696672	4,35527	0,0011*	0,62000	0,180000	1,07143	
9	3	16,0500	3,696672	4,34174	0,0012*	0,36143	0,100000	0,65143	
14	8	15,4000	3,696499	4,16610	0,0025*	0,43000	0,110000	0,67700	
12	6	15,3500	3,696846	4,15219	0,0026*	0,57421	0,170000	0,90157	
14	2	15,3500	3,696672	4,15238	0,0026*	0,38221	0,077000	0,62000	
13	9	14,9000	3,696325	4,03103	0,0044*	0,78071	0,100000	1,28700	
12	4	14,8500	3,696846	4,01694	0,0046*	0,61929	0,088571	1,10000	
12	1	14,3500	3,696846	3,88169	0,0079*	0,52221	0,108571	0,82000	
12	5	13,6500	3,696846	3,69234	0,0159*	0,48150	0,048571	0,77300	
12	8	13,4000	3,696499	3,62505	0,0202*	0,44300	0,028571	0,73000	

10	9	12,6000	3,696325	3,40879	0,0420*	0,32079	0,001429	0,64157
14	9	12,1000	3,696499	3,27337	0,0640	0,33993	-0,020000	0,69000
12	2	11,7000	3,696499	3,16516	0,0880	0,39921	-0,031429	0,68000
13	7	11,6500	3,696672	3,15148	0,0915	0,67850	-0,081429	1,28000
7	3	11,5000	3,696672	3,11091	0,1025	0,55000	-0,050000	0,81843
11	3	11,0500	3,696846	2,98903	0,1419	0,61157	-0,078571	0,87300
11	6	10,9500	3,696846	2,96198	0,1521	0,47500	-0,201571	0,76000
11	4	10,8000	3,696672	2,92155	0,1683	0,47000	-0,113000	0,97300
7	6	10,5500	3,696846	2,85378	0,1981	0,38500	-0,151429	0,73857
13	11	10,5000	3,696499	2,84053	0,2043	0,62429	-0,120000	1,21857
2	1	10,2500	3,696325	2,77302	0,2381	0,14000	-0,040000	0,33857
11	1	10,2500	3,696846	2,77263	0,2383	0,42000	-0,248571	0,69000
12	9	10,1000	3,696499	2,73232	0,2602	0,32350	-0,130000	0,70000
7	1	10,0000	3,696672	2,70514	0,2756	0,34421	-0,223000	0,64857
7	4	9,8000	3,696672	2,65103	0,3079	0,41071	-0,091571	0,90857
9	6	9,8000	3,696499	2,65116	0,3078	0,22000	-0,077000	0,57700
13	12	9,5500	3,696672	2,58340	0,3509	0,45857	-0,250000	1,01143
6	3	9,3000	3,696672	2,51578	0,3968	0,16300	-0,080000	0,32000
11	5	9,1500	3,696846	2,47508	0,4255	0,35779	-0,288571	0,64000
9	4	8,8500	3,696672	2,39405	0,4845	0,31221	-0,167000	0,73000
11	8	8,6500	3,696672	2,33994	0,5249	0,33000	-0,351571	0,60300
11	2	8,5500	3,696672	2,31289	0,5452	0,27150	-0,398571	0,54700
7	5	8,5000	3,696672	2,29937	0,5554	0,30779	-0,260000	0,59700
13	10	8,4000	3,696325	2,27253	0,5755	0,50000	-0,178429	0,93143
8	6	8,3500	3,696152	2,25911	0,5856	0,14221	-0,053000	0,39857
9	1	8,3500	3,696672	2,25879	0,5859	0,17000	-0,100000	0,47143
7	2	7,2500	3,696672	1,96122	0,7920	0,20579	-0,370000	0,49143
14	7	6,8000	3,696672	1,83949	0,8582	0,20150	-0,203000	0,70000
12	7	6,3500	3,696846	1,71768	0,9102	0,19571	-0,283000	0,71000
10	7	6,2500	3,696672	1,69071	0,9197	0,15571	-0,178429	0,69000
8	1	6,2000	3,696499	1,67726	0,9242	0,09000	-0,078571	0,29000
8	4	5,9500	3,696672	1,60956	0,9441	0,28079	-0,203000	0,57857
11	9	5,9000	3,696499	1,59610	0,9476	0,18779	-0,391571	0,57300

5	4	5,6500	3,696846	1,52833	0,9627	0,21357	-0,233000	0,54300
9	5	5,2500	3,696672	1,42020	0,9798	0,13000	-0,160000	0,41000
14	11	4,9500	3,696846	1,33898	0,9880	0,12921	-0,248571	0,72857
12	11	4,2000	3,696672	1,13616	0,9975	0,15143	-0,300000	0,69843
8	5	3,4000	3,696152	0,91988	0,9997	0,04071	-0,137000	0,22300
5	1	3,2000	3,696672	0,86564	0,9999	0,05929	-0,150000	0,26300
9	8	3,1500	3,696499	0,85216	0,9999	0,06921	-0,217000	0,37143
6	4	1,3500	3,696846	0,36518	1,0000	0,06500	-0,383000	0,46000
11	7	1,3000	3,696672	0,35167	1,0000	0,03500	-0,523000	0,56300
9	2	1,1500	3,696499	0,31111	1,0000	0,03150	-0,238429	0,33300
14	10	0,8000	3,696499	0,21642	1,0000	0,01221	-0,317000	0,32000
14	12	0,7000	3,696672	0,18936	1,0000	0,02000	-0,371571	0,42300
12	10	0,5000	3,696152	0,13528	1,0000	0,01500	-0,410000	0,36300
4	3	0,2500	3,696846	0,06763	1,0000	0,00929	-0,263000	0,45300
6	1	-2,9000	3,696325	-0,78456	1,0000	-0,04221	-0,297000	0,16857
4	1	-3,4500	3,696499	-0,93332	0,9997	-0,15000	-0,498571	0,30000
11	10	-4,0000	3,696499	-1,08211	0,9985	-0,08771	-0,708571	0,24000
9	7	-4,0500	3,696672	-1,09558	0,9983	-0,15229	-0,511429	0,38300
8	2	-4,3500	3,696499	-1,17679	0,9965	-0,05700	-0,211429	0,12700
6	5	-5,5500	3,696499	-1,50142	0,9677	-0,09000	-0,361429	0,11300
4	2	-7,1500	3,696672	-1,93417	0,8079	-0,31579	-0,618571	0,14000
5	2	-7,1500	3,696325	-1,93435	0,8078	-0,09143	-0,273000	0,09000
8	7	-7,6500	3,696672	-2,06943	0,7226	-0,24779	-0,533000	0,33000
14	13	-8,4500	3,696672	-2,28584	0,5655	-0,49429	-0,950000	0,21700
6	2	-12,5000	3,696152	-3,38190	0,0457*	-0,18000	-0,438571	0,00000
3	1	-13,6500	3,696499	-3,69268	0,0159*	-0,19500	-0,357000	-0,01700
3	2	-19,2000	3,696499	-5,19410	<0,001*	-0,32157	-0,488429	-0,19300

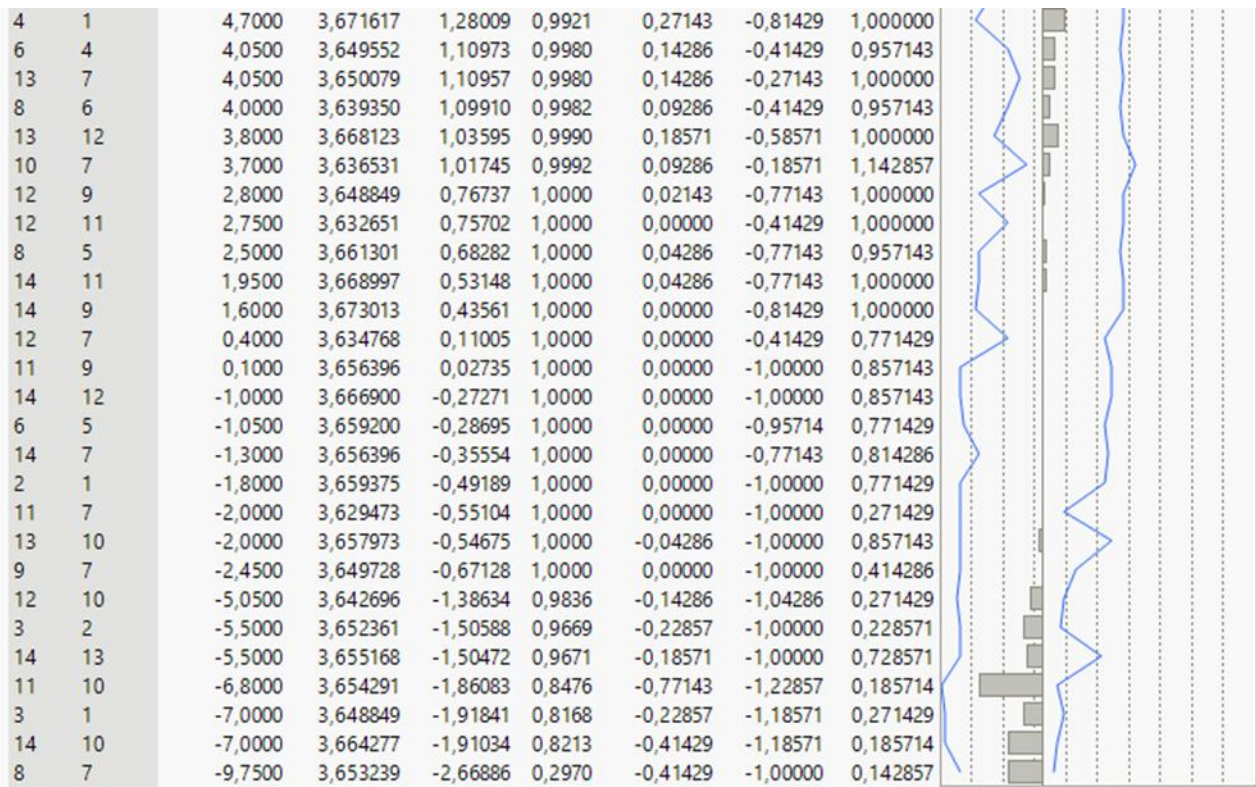
Block Pöytä

Liite 5: Juurten määrän ja laadun parivertailu

Nonparametric Comparisons For All Pairs Using Steel-Dwass Method									
		q*	Alpha						
		3,35362	0,05						
Level	- Level	Score Mean Difference	Std Err Dif	Z	p-Value	Hodges-Lehmann	Lower CL	Upper CL	Difference Plot
10	3	19,9500	3,678594	5,42327	<,0001*	2,00000	1,00000	2,414286	
13	3	19,7500	3,679465	5,36763	<,0001*	1,81429	1,00000	2,585714	
10	2	19,7000	3,680336	5,35277	<,0001*	1,58571	0,95714	2,228571	
13	2	19,1000	3,681207	5,18852	<,0001*	1,34286	0,77143	2,042857	
14	3	18,8000	3,677374	5,11234	<,0001*	1,41429	0,77143	2,142857	
12	3	17,7500	3,662002	4,84708	0,0001*	1,58571	0,85714	2,185714	
7	3	17,5500	3,675979	4,77424	0,0002*	1,58571	0,95714	2,142857	
10	1	17,5500	3,665501	4,78789	0,0001*	1,58571	0,41429	2,228571	
14	2	17,5500	3,679639	4,76949	0,0002*	1,04286	0,27143	1,957143	
12	2	16,9000	3,668298	4,60704	0,0003*	1,16429	0,58571	2,000000	
8	3	16,8000	3,672664	4,57434	0,0004*	1,00000	0,27143	1,814286	
13	1	16,6500	3,680336	4,52404	0,0005*	1,22857	0,22857	2,042857	
9	3	16,6000	3,672839	4,51966	0,0005*	1,22857	0,72857	2,042857	
7	2	16,5500	3,672490	4,50648	0,0006*	1,14286	0,72857	1,957143	
11	3	16,5000	3,669346	4,49671	0,0006*	1,22857	0,77143	2,000000	
10	6	16,4500	3,658499	4,49638	0,0006*	1,00000	0,27143	1,957143	
10	4	16,0500	3,675281	4,36701	0,0010*	1,04286	0,72857	2,000000	
13	4	15,6500	3,672315	4,26162	0,0017*	1,00000	0,27143	1,957143	
13	6	15,2500	3,655519	4,17177	0,0024*	0,95714	0,04286	1,771429	
9	2	15,1000	3,674235	4,10970	0,0032*	1,00000	0,14286	1,957143	
11	2	15,1000	3,671617	4,11263	0,0031*	1,00000	0,14286	1,771429	
6	3	14,6000	3,668997	3,97929	0,0054*	1,00000	0,04286	1,414286	
7	1	14,5500	3,674409	3,95982	0,0058*	1,00000	0,14286	2,000000	
8	2	14,5000	3,670220	3,95072	0,0060*	0,81429	0,04286	1,271429	
5	3	14,4000	3,666550	3,92740	0,0066*	1,00000	0,04286	1,814286	
10	5	14,4000	3,664976	3,92908	0,0065*	0,95714	0,04286	1,814286	
14	1	14,2500	3,676851	3,87560	0,0080*	1,00000	0,14286	1,957143	
10	8	13,8000	3,654818	3,77584	0,0117*	0,85714	0,00000	1,414286	
12	1	13,7500	3,657272	3,75963	0,0125*	1,04286	0,00000	2,000000	
13	5	12,8000	3,674758	3,48322	0,0329*	0,95714	0,00000	1,771429	
7	6	12,7000	3,655870	3,47387	0,0339*	0,77143	0,00000	1,142857	

13	8	12,7000	3,660076	3,46987	0,0344*	0,79286	0,00000	1,585714	
14	4	12,7000	3,672140	3,45847	0,0357*	0,81429	0,00000	1,585714	
12	4	12,3500	3,670045	3,36508	0,0482*	1,00000	0,00000	1,414286	
11	1	12,2500	3,669870	3,33799	0,0525	0,95714	0,00000	1,857143	
9	1	12,2000	3,674409	3,32026	0,0555	1,00000	0,00000	1,957143	
7	4	12,0000	3,657973	3,28051	0,0626	1,00000	0,00000	1,228571	
5	2	11,5500	3,669696	3,14740	0,0925	0,77143	0,00000	1,271429	
6	2	11,5000	3,662877	3,13961	0,0946	0,58571	0,00000	1,142857	
4	3	11,2000	3,664626	3,05625	0,1189	0,81429	0,00000	1,228571	
12	6	11,0500	3,669870	3,01101	0,1341	0,77143	-0,04286	1,228571	
14	6	10,8000	3,656045	2,95401	0,1552	0,72857	0,00000	1,228571	
8	1	10,7000	3,668123	2,91702	0,1701	0,77143	-0,14286	1,585714	
9	4	9,9000	3,670744	2,69700	0,2803	0,77143	-0,04286	1,271429	
11	4	9,9000	3,666550	2,70009	0,2785	0,81429	-0,04286	1,228571	
7	5	9,7500	3,668647	2,65766	0,3038	0,72857	-0,14286	1,142857	
12	5	8,9000	3,656571	2,43397	0,4551	0,58571	-0,14286	1,228571	
11	6	8,6000	3,669870	2,34341	0,5223	0,58571	-0,14286	1,042857	
14	5	8,6000	3,671268	2,34252	0,5229	0,41429	-0,22857	1,228571	
9	6	8,2000	3,668997	2,23494	0,6037	0,58571	-0,18571	1,185714	
12	8	8,1000	3,663577	2,21095	0,6215	0,41429	-0,14286	1,042857	
5	1	8,0000	3,662352	2,18439	0,6411	0,72857	-0,58571	1,585714	
6	1	7,9000	3,668997	2,15318	0,6638	0,58571	-0,58571	1,042857	
14	8	7,6000	3,659901	2,07656	0,7178	0,22857	-0,22857	1,000000	
8	4	7,5000	3,658674	2,04992	0,7357	0,25000	-0,18571	1,000000	
10	9	7,4000	3,660251	2,02172	0,7543	0,58571	-0,18571	1,228571	
4	2	7,3500	3,655519	2,01066	0,7614	0,25000	-0,18571	1,000000	
13	11	6,7500	3,668647	1,83992	0,8580	0,41429	-0,27143	1,042857	
11	5	6,3000	3,667599	1,71775	0,9102	0,34286	-0,27143	1,042857	
9	5	6,2000	3,671791	1,68855	0,9204	0,27143	-0,41429	1,185714	
13	9	6,1000	3,670744	1,66179	0,9291	0,34286	-0,27143	1,142857	
11	8	5,5000	3,666375	1,50012	0,9680	0,18571	-0,27143	1,000000	
9	8	5,0500	3,669696	1,37614	0,9847	0,18571	-0,27143	1,000000	
5	4	4,8500	3,669346	1,32176	0,9893	0,18571	-0,58571	1,000000	





Block Pöytä