

Kirsi Lähderanta

Kasvuindeksianalyysi viljelymaalle

Kasvatuskokeet vehnällä, retiisillä ja lehtisalaatilla

Opinnäytetyö
Kevät 2018
SeAMK Ruoka
Agrologi (AMK)

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Ruoka

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantoprosessit

Tekijä: Kirsi Lähderanta

Työn nimi: Kasvuindeksianalyysi viljelymaalle – Kasvatuskokeet vehnällä, retiisillä ja lehtisalaatilla

Ohjaaja: Heikki Harmanen

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 41

Liitteiden lukumäärä: 2

Kokeen tarkoituksena oli selvittää, onko kompostimaan fytotoksisuutta kuvaava kasvuindeksikoe käyttökelpoinen myös viljelymaalle. Koetta jouduttiin hieman muokkaamaan viljelymaanäynteille. Kokeellinen osuus suoritettiin kesällä 2017 Ahma ympäristö Oy:n Seinäjoen toimipisteessä.

Kokeessa oli neljä eri näytettä, joista neljättä käytettiin pohjana kasvuindeksilaskuihin. Näytteet ovat; hietasavi, HtS (näyte 1); hiesusavi, HsS (näyte 2); luonnontilassa oleva metsäsaraturve, LCt (näyte 3) ja multamaa, Mm (näyte 4). Koekasveina käytettiin vehnää, retiisiä ja lehtisalaattia.

Tuloksista ilmeni ennalta-arvattavia arvoja, viljelymaana yleisesti käytetyt HtS ja HsS menestyivät hyvin, mutta luonnontilassa oleva LCt ei sovellu sellaisenaan viljelytarkoitukseen.

Jatkoa ajatellen kokeeseen voisi valita sellaisia kasveja jotka ovat yleisimmin viljelyssä ja ottaa mukaan yhden tarkoituksella saastutetun maan. Lisäksi kokeita voisi tehdä enemmän, jotta ristiintaulukoinnilla saataisiin enemmän luotettavuutta tuloksiin.

Avainsanat: Kasvuindeksi, Fytotoksisuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Production

Author/s: Kirsi Lähderanta

Title of thesis: Growth index analyst for agricultural land — Growth test for wheat, radish and lettuce

Supervisor(s): Heikki Harmanen

Year: 2018

Number of pages: 41

Number of appendices: 2

The purpose of this dissertation is to research if the compost test for phytotoxicity is also useful for agricultural soils. The test had to be modified for agricultural land. The experimental part was performed in the summer of 2017, at Ahma environment Ltd in Seinäjoki.

The test contained four different samples, one of which was used for growth index calculations. The samples were; sandy clay (sample 1), silty clay (sample 2), lingo carex peat (sample 3) and mould (sample 4). The test plants used were wheat, radish and lettuce.

The results for samples one and two showed that sandy clay and silty clay is excellent cultivated land as expected. Sample three turned out to be poor cultivated land as it is and sample four was very good cultivated land, so it was a good choice for the calculation of the growth index.

A future step in the tests, might be to choose plants that are the most common in agriculture with one of the samples being deliberately polluted for test purposes. In addition, it is good to do more tests so that the analysis of the resulting calculations are more accurate and reliable.

Keywords: Growhtindex, Phytotoxicity

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 VILJAVUUS JA KASVUTEKIJÄT.....	9
2.1 Kemialliset tekijät.....	9
2.2 Fysikaaliset tekijät.....	10
2.3 Biologiset tekijät.....	10
2.4 Fytotoksisuus.....	11
3 MAAPERÄN KASVUALUSTAN TUTKIMUKSET.....	15
3.1 Viljavuustutkimus.....	15
3.2 Stabiilisuuskokeet.....	15
3.3 Tilavuuspaino, nitraatti- ja ammoniumtypen suhde.....	16
3.4 Muita stabiilisuuskokeita.....	16
4 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	18
4.1 pH ja johtoluku.....	18
4.2 Kuiva-aine ja tuhkapitoisuus.....	19
5 KASVUINDEKSIKOE.....	21
5.1 Koemenetelmä.....	21
5.2 Kokeen suorittaminen.....	21
6 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	25
6.1 pH.....	25
6.2 Johtoluku ja aistinvarainen analysointi.....	26
6.3 Itävyys.....	28
6.4 Versojen mittaus.....	30
6.5 Kasvuindeksi.....	31
7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	35

LÄHTEET	37
LIITTEET	39

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Näytematriisin sekoittaminen ja annostelu koerasioihin.....	22
Kuva 2. Näyterasiat annosteltuna ja koekasvit kasvamassa.....	23
Kuva 3. 14 vuorokautta kasvaneet vehnät ennen kokeen purkua.....	23
Kuvio 1. Koematriisien pH:n muutos ennen koetta ja sen jälkeen.....	25
Kuvio 2. Johtoluku kokeen alussa ja lopussa.....	27
Kuvio 3. Keskiarvo mitattujen versojen pituudesta.....	31
Kuvio 4. Kasvuindeksit prosentteina näytteittäin.	34
Taulukko 1. Raskasmetallien enimmäispitoisuus viljelymaahan levitettävässä lietteessä.....	13
Taulukko 2. Raskasmetallien enimmäispitoisuus viljelymaassa.....	13
Taulukko 3. Itävyydet.....	27
Taulukko 4. Viiden verson pituus senttimetreinä 14 vrk:n jälkeen.....	28
Taulukko 5. Kasvuindeksi.....	30

Käytetyt termit ja lyhenteet

Pääravinne	Pääravinteilla tarkoitetaan ravinteita, joita kasvusto pystyy hyödyntämään yli 1 kg/ha. Näitä ovat fosfori (P), hiili (C), happi (O), vety (H), kalium (K), rikki (S), kalsium (Ca), typpi (N) ja magnesium (Mg).
Hivenravinne	Hivenravinteilla tarkoitetaan ravinteita, joita kasvusto pystyy hyödyntämään alle 1 kg/ha. Näitä ovat boori (B), molybdeeni (Mo), kupari (Cu), rauta (Fe), sinkki (Zn), kloori (Cl), mangaani (Mn) ja natrium (Na).
Eksikaattori	Lasinen astia, jossa on hioksellinen kansi ja hana, jolla voidaan tasata jäädyttämisessä syntyvä paine-ero. Pohjalla on silikageeliä imemässä kosteutta. Käytetään myös mittastioiden säilytyspaikkana, kun niihin ei haluta kosteutta.
Homogenisointi	Näytteen sekoittaminen yhden mukaiseksi seokseksi.
Nyrkkitestti	Nyrkkitestissä tutkittavaan maahan lisätään vettä sen verran, että siitä saadaan puristettua nyrkissä paakku. Paakku on saatava helposti rikki varovasti koskemalla. Mikäli nyrkkitestissä nyrkistä tulee vettä, on vettä liikaa ja näytettä on kuivattava huoneen lämmössä esim. vuorokausi ja toistettava nyrkkitestti.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aihe tuli selvitystyönä, onnistuuko fytotoksisuusanalyysi viljelymaalle. Kokeessa käytettiin pohjana kompostien maatuvuutta tutkivaa koetta, jonka on julkaissut VTT (Itävaara, Vikman, Kapanen, Venelampi & Vuorinen 2006). Kokeellinen osuus rajattiin koskemaan vain kasvuindeksiä, koska fytotoksisuus on niin laaja-alaista. Muita syitä rajaamiseen olivat kokeen toteuttamisen yksinkertaisuus laboratorio-olosuhteissa, joissa näytematriisien volyyymi on ajoittain valtava, kasvuindeksin selkeähkö tulkinta sekä ongelmamaiden vähäinen analyysivalikoima. Tulosten tulkinnan tueksi näytemaista analysoitiin myös pH ja johtoluku. Teoriaosuutta on laajennettu vielä kirjallisilla lähteillä kuten Rajala (Luonnonmukainen tuotanto 2004) ja haastattelemalla laboratorion henkilökuntaa.

Kokeeseen valitsin koekasveiksi vehnän, retiisin ja lehtisalaatin erillisestä taulukosta (liite 1), niiden helpon saatavuuden vuoksi, selkeän erilaisuuden tuloksien tulkinnan helpottamiseksi ja kokeen onnistumisen perusteeksi. Koematriisit ovat; hie-tasavi (HtS), hiesusavi (HsS), luonnontilassa oleva metsäsaraturve (LCt) ja multa-maa (Mm). Näytteet valitsin niiden ominaisuuksien takia, kaksi selkeää viljelymaata (HtS ja HsS) ja yhden niistä huomattavasti eroavan näytteen (LCt), sekä yhden yleisesti hyväksi katsotun kasvumaan (Mm) kasvuindeksi arvon pohjaksi. Luonnontilassa olevan LCt:n valitsin, jotta voin testata kasvuindeksikokeen toimivuutta.

2 VILJAVUUS JA KASVUTEKIJÄT

Seuraavassa käsitellään viljavuustekijöitä viljelymailla. Viljelymaan kasvukuntoa voidaan tarkastella kemiallisesti-, fysikaalisesti tai biologisesti. Viljavuustutkimus on kemiallisten- ja fysikaalisten analyysien yhdistelmä ja biologiset analyysit käsittävät mm. hiilidioksidintuotto - ja kasvuindeksianalyysit. Kasvukunnon lisäksi vaaditaan kasvutekijöiden täyttyminen. Rajalan 2004 mukaan maan viljavuus ilmenee maan kykyä tuottaa satoa eli saavutettuna sadon määränä ja laatuna. Eli näiden kaikkien ehtojen täytyessä päästään maksimaaliseen sadontuotantoon, kun kasvi ei kärsi minkään edellä mainittujen puutteesta.

Kasvien viljelyssä tärkeitä on saada auringonenergia sitoutumaan viljeltävään kasviin. Viljelykasvien kasvu sekä satomääräytyvät kasvutekijöiden mukaan, eikä yksikään ei pysty korvaamaan toista. Kasvutekijät ovat kemiallisia, fysikaalisia tai biologisia tekijöitä. (Viljavuuspalvelu 2000, 4; Rajala 2004, 53.)

2.1 Kemialliset tekijät

Kemiallisiksi kasvutekijöiksi luetaan maan happamuus eli pH, ravinteisuus ja niiden pidätyskyky sekä suolapitoisuus eli johtoluku. Happamuus maassa vaikuttaa ravinteiden kulkuun maaperässä. Happamassa maassa ravinteiden kulku on hidasta ja pieneliöiden toiminta on vähäistä, jolloin maaperään ei tule optimaalisesti orgaanisesta-aineksesta vapautuvia ravinteita. Pääsääntöisesti Suomessa viljeltävät maat ovat happamia, sillä maaperässä ei ole juurikaan emäksiseksi todettuja kivilajeja. Happamuutta pystytään torjumaan säännöllisellä kalkituksella. (Rajala 2004, 71.)

Ravinteisuudella tarkoitetaan maahan imeytynyttä ravinteiden määrää ja siitä kasville käyttökelpoisessa muodossa olevaa määrää. Ravinteisuuteen vaikuttaa maalaji. Savimaat pystyvät varastoimaan tiettyjä ravinteita jopa kymmeniä tonneja yhdelle hehtaarille, kun taas hiekkamaat jotain satoja kiloja per hehtaari. Optimitilanteessa ravinteiden pidätyskyky viljelyssä on se, että viljeltävään maahan varastoituu helposti, mutta huuhtoutuu pois huonosti. (Rajala 2004, 71–72.)

Suolapitoisuudella eli johtoluvulla tarkoitetaan maan kationinvaihtokapasiteettia, mitä suurempi vaihtokapasiteetti on, sitä helpompi kasvien on kasvaa maassa. Johtoluvun ollessa matala pieneliötoiminta on kiivaimmillaan ja juuret toimivat tehokkaammin ja näin ollen kasvavat syvemmälle ja kasvi ei ole niin poudan arka. Johtolukua säädellään eniten lannoituksen määrällä. (Rajala 2004, 72.)

2.2 Fysikaaliset tekijät

Fysikaalisiksi tekijöiksi luetaan maalaji, - rakenne, ilmavuus ja kuohkeus, vesitalous ja sääolosuhteet. Maalaji määrää pitkälti viljeltävän kasvin satoisuuden, koska toiset kasvit kasvat paremmin toisessa maalajissa, kun toisessa. Maalajin rakenne vaikuttaa maan vesitalouteen ja ilmavuuteen huomattavasti. Esimerkiksi suurirakenteiset murut päästävät veden nopeasti läpi, eikä vesi jää seisomaan maahan. Ilmavassa maassa taas maan hengitys on vaivatonta eli kaasut vaihtuvat riittävän nopeasti, eivätkä kasvien juuret kuole hapen puutteeseen. Lisäksi juuret pääsevät helpommin kasvamaan pituutta ilmavassa maassa, koska niiden ei tarvitse käyttää energiaa tiiviin maan läpäisyyn. (Rajala 2004, 65–68.)

Viljelymaan kuivatus on myös tärkeää ottaa huomioon, etenkin Suomessa, sillä ilmastomme hallitseva ominaisuus on se, että vettä sataa enemmän, kuin haihtuu. Tästä johtuen on tärkeää, että vesi pääsee maakerrosten läpi eikä jää seisomaan maan pinnalle. Veden jäädessä seisomaan pellolle kasvien juuret kuolevat helposti hapen puutteeseen. Liiallinen kuivatus ei ole kumminkaan hyväksi, sillä maahan on kumminkin hyvä päästä varastoitumaan vettä kasvien käyttöön. Vesitalous ei ole siis pelkästään veden pois johtamista. (Rajala 2004, 69–70.)

2.3 Biologiset tekijät

Biologisiksi tekijöiksi viljelyssä luetaan eloperäinen aines ja sitä hyödyntävät pieneliöt sekä juuret ja niiden eritteet. Biologiset tekijät vaikuttavat suurelta osin ruokamullan esiintymiseen joka esiintyy maan pinnalla. Juuristo on oleellinen osa kasvin kasvuun ja sadon muodostukseen vaikuttavista tekijöistä, koska sen avulla kasvi ottaa suurimman osan tarvitsemista ravinteista. Juurien tunkeutuessa maassa

muokkaavat ne omalta osaltaan maan mururakenteisuutta ja torjuvat tiivistymistä. Juuret tekevät maahan myös nk. juurikanavia jotka ovat kuolleita juuria. Näitä kanavia pitkin vesi imeytyy maahan paremmin ja näin omalta osaltaan vaikuttaa vesitalouteen. Juurieritteet taas helpottavat juurten työtä ravinteiden otossa ja toimivat samalla pieneliöiden ravintona. Juurieritteiden määrä vaihtelee kasvilajeittain. (Rajala 2004, 53–55.)

Muita viljavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat viljeltävän kasvin ominaisuudet sekä ihmisen tekemät toimenpiteet viljelymaalle. Kun nämä kaikki osa-alueet ovat, vaaditaan vielä, että maan ja kasvin välinen suhde toimii. Toisin sanoen maan viljavuus on kiinni eniten siitä osa-alueesta joka rajoittaa eniten. (Rajala 2004, 53.)

2.4 Fytotoksisuus

Fytotoksisuudella tarkoitetaan maaperän myrkyllisyyttä eliöille ja ekosysteemille. Fytotoksisuus on lähes aina ihmisen toiminnan seurauksena ympäristöön joutunut, tällöin siitä käytetään nimitystä ympäristömyrky. Tällaisia aineita ovat mm. raskasmetallit ja jotkut orgaaniset yhdisteet. Ympäristömyrkyt aiheuttavat pitoisuudesta riippuen eri kudonvaurioita, hormonaalisia muutoksia ja ekosysteemille peruuttamatonta tuhoa. (Luontoon joutuu myrkyllisiä aineita, [viitattu 10.10.2017].)

Yleisimmät lähteet fytotoksisuudelle ovat energiantuotanto, lietteet, lumen läjitysalueet, maan muokkaus, kasvinsuojeluaineiden vääräkäyttö, lähistöllä olevat tehtaat ja jätteiden väärä hävittäminen (Luontoon joutuu myrkyllisiä aineita, [viitattu 10.10.2017]). Fytotoksisuudeksi ei lueta fysiologisia ominaisuuksia, kuten maantii- viyttä, vesitaloutta tai maan pinnanmuotoja, jotka saattavat myös olla ihmisen aiheuttamia.

Yleisimmät syyt fytotoksisuudelle ovat raskasmetallit. Raskasmetallit päätyvät viljelymaahan useimmiten puhdistamolietteen mukana. Puhdistamolietteelle on asetettu raskasmetallien enimmäismäärät yksikössä milligrammaa kilossa kuiva-ainetta (taulukko 1). Puhdistamoliete on esikäsiteltävä esim. kompostoimalla tai mädättämällä ennen käyttöä. Käytettävän lietteen on myös täytettävä kemialliset-, fysikaali-

set ja biologiset puhtausvaatimukset. Lietteiden käyttöä rajoittavat lannoitevalmistelaki ja valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta (L 539/2006; A 1250/2014). Näissä käyttö sallitaan vain viljelymailla, joilla viljellään viljaa, öljykasveja, sokerijuurikasta tai nurmelle, jos liete mullataan hyvin tai suojavilja on kylvetty.

Jos puhdistamoliete on kalkittua, on peltomaan pH:n oltava 5,5 tai sen yli. Kalkittomattoman lietteiden levittämiseen viljelymaan pH 5,8 tai yli. (L 282/1994). Puhdistamolietteiden levittämiseen viljelymaahan levityksen ehtona on myös viljelymaan raskasmetallien esiintyvyys viljelymaassa (taulukko 2).

Taulukko 1. Raskasmetallien enimmäispitoisuus viljelymaahan levitettävässä lietteessä (L 282/1994).

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

Taulukko 2. Raskasmetallien enimmäispitoisuus viljelymaassa (L 282/1994).

Raskasmetalli	Enimmäispitoisuus mg/ka KA
Elohopea (Hg)	0,2
Kadmium (Cd)	0,5
Kromi (Cr)	200
Kupari (Cu)	100
Lyijy (Pb)	60
Nikkeli (Ni)	60
Sinkki (Zn)	150

Muita lietteen mukana tulevia fytoksisuuden lähteitä ovat bromatut palonsuoja-aineet, mikromuovit, perflooratut alkylyliyhdisteet ja erilaiset lääkeaineet, kuten antibioottijäät, joita ei pystytä täysin poistamaan puhdistusprosessissa sekä kasvinsuojeluaineiden tuotevääreännökset. Nämä saattavat kertyä joko maassa eläviin lieriöihin, kasveihin tai maahan, josta ne voivat liueta aina pohjaveteen asti ja näin ollen vaikuttavat ravintoketjuun. (Yhdyskuntalietteen hyötykäyttö voi aiheuttaa haittaa ympäristölle 2016, Turvallisuus ja kemikaalivirasto 2012.)

Jäämien jääminen lietteeseen johtuu siitä, että nykyiset jätevedenpuhdistamot on suunniteltu poistamaan jätevedestä vain kiintoaine jolloin ravinteet jotka menevät

prosessin läpi ja/tai pidättyvät lietteeseen. Toinen syy lietteen suurille fytotoksisuuk-
sille on jätevedenpuhdistamoiden prosessin kulku. Puhdistusprosessissa liete syn-
tyy ensimmäisenä ja puhdistustoimenpiteet suoritetaan vasta prosessin loppuvai-
heessa. (Yhdyskuntalietteen hyötykäyttö voi aiheuttaa haittaa ympäristölle 2016.).

3 MAAPERÄN KASVUALUSTAN TUTKIMUKSET

Kasvu ei ole vain yhden tekijän summa, vaan sitä on tarkasteltava monesta eri kokeesta. Viljavuustutkimus on hyvä alku, mutta se on vain suuntaa-antava. Muita täydentäviä kokeita ovat mm. stabiilisuuskokeet ja fytotoksisuuskokeet. Fytotoksisuuskokeissa on syytä ottaa huomioon myös stabiilisuus sekä kasvuominaisuudet. Kokeisiin on hyvä varata tutkittavaa maata vähintään 5 kg ja kerätä se mahdollisimman edustavasti. Liian yksipuoleisesti kerätty näyte ei anna luotettavaa tulosta koko viljelymaasta.

Tässä osiossa esitettäviä kokeita ei tehty, joten ne on vain esitelty, koska niistä on hyvä tietää. Rajaukseen päädyttiin siksi, että ne olisivat vaatineet laboratorioon erikoisjärjestelyitä ja niistä ei oltu yhtä kiinnostuneita, kuin kasvuindeksikokeista.

3.1 Viljavuustutkimus

Viljavuustutkimuksessa tutkitaan pH, johtoluku, maalaji, multavuus, fosfori sekä yhdestä kahteen muuta pääravinnetta riippuen analyysin suorittavasta laboratoriosta. Myös hivenravinteita on mahdollista tutkituttaa, joista saadaan tarkempaa tietoa maan ravinnetasapainosta, jonka pohjalta kartoitetaan hivenlannoitustarvetta. Tutkimustulokset esitetään viljavuusleimoina ja lukuarvoina, jotka vaihtelevat maalajeittain. Viljavuusleimojen perusteella tehdään lannoitussuunnitelmat. (Viljavuuspalvelu 2000, 5.)

3.2 Stabiilisuuskokeet

Pohjana käytetyssä VTT:n julkaisemassa kompostimaan kypsyystesteissä stabiilisuuskokeet on suunnattu kompostimaalle. Stabiilisuuskokeet kuvaavat mikrobiologista aktiivisuutta. Liian kuivassa maassa mikrobiologiset toimet lähtevät viiveellä käyntiin, kun taas liian kosteassa ne käyvät liian kiivaasti ja tulokset voivat olla liian korkeita. Stabiilisuuskokeisiin liittyy oleellisesti myös lämpötila, josta johtuen stabiilisuuskokeet on tehtävä vakioituissa olosuhteissa. (Itävaara, Vikman, Kapanen, Venelampi & Vuorinen 2006, 11–15.)

Stabiilisuuskokeita ovat kuiva-ainepitoisuus, tuhkapitoisuus, tilavuuspaino, pH, johdolu ja nitraatti- ja ammoniumtypen suhde. Stabiilisuuskokeita suorittaessa on tärkeää, että näytteisiin sitoutunut vesi ei pääse haitumaan. Tätä varten on tärkeää suojata näytteet kelmulla, jos työt joudutaan keskeyttämään esim. yön ajaksi. (Itävaara ym. 2006, 16–26.)

3.3 Tilavuuspaino, nitraatti- ja ammoniumtypen suhde

Tilavuuspaino määritetään näytteestä, jotta tiedetään paljonko kyseinen litramäärä esim. kaksi litraa näytettä painaa grammoina. Tällä analyysillä pyritään selvittämään näytemaan orgaanista-ainesta eli multavuutta. Maan tilavuuspainot vaihtelevat, mutta keskimäärin peltomaan tilavuuspaino on 1 g/cm^3 . (Opetushallitus, [viitattu 13.10.2017].)

Nitraatti- ja ammoniumtypen suhde saadaan määritettyä kaupallisilla valmisteilla, joita myydään maatalouskaupoissa. Näitä ovat mm. Merckoquant NO_2 ja NO_3 -kitit sekä NH_4^+ -kitti ammoniumin määrittämiseen. Näillä analyyseillä pyritään selvittämään maahan sitoutuneen typen määrää. (Itävaara ym. 2006, 23–24.)

3.4 Muita stabiilisuuskokeita

Hiilidioksidin tuotolla ja hapen kulutuksella pystytään määrittelemään missä vaiheessa orgaanisen aineksen hajoaminen on. Koemenettelyssä tutkittavaa näytettä punnitaan 5 g 500 ml mittapulloon, josta tehdään ilmatiivis. Tämän jälkeen näytteitä pidetään $+ 37 \text{ °C}$ 24 h ajan, jonka jälkeen muodostunut kaasu mitataan joko omalla kaasuanalysaattorilla tai kaupallisilla CO_2 -putkilla, jotka ilmaisevat määrän. (Itävaara ym. 2006, 25–26.)

Rottegrad-testi perustuu mikrobien lämmöntuottoon orgaanisen aineksen maatumisasteen mukaan. Testissä lämpöeristettyä mitta-astiaa, joka sisältää tutkittavan näytteen, pidetään 10 vuorokautta stabiilissa lämpötilassa. Koko kokeen ajan on

maa-ainekseen upotettuna lämpömittari alimpaan kolmannekseen, josta otetaan lukema ylös päivittäin. Lämpötiloista katsotaan maksimilämpötila, jonka perusteella katsotaan orgaanisen aineksen maatumisaste. (Itävaara ym. 27–28.)

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Opinnäytetyön käytännön osuus suoritettiin kesällä 2017, Ahma ympäristö Oy:n Seinäjoen yksikössä. Kokeen tarkoituksena oli selvittää, onko kompostimaan fyto-toksisuutta kuvaava kasvuindeksikoe käyttökelpoinen myös viljelymaalle. Aineiston pohjana käytin VTT:n julkaisemaa kompostin kypsyyttä arvioivia kokeita. Varsinaisten kasvuindeksikokeiden lisäksi näytemaista mitattiin pH sekä johtoluku ja koekasveista itävyys, kuiva-aine ja tuhkapitoisuus sekä versojen pituus. Lisäksi koetta purkaessa tehtiin aistinvaraisia havaintoja itäneistä siemenistä ja juurten haaroittuvuudesta. (Itävaara ym. 2006; Maunuksela 2012.)

Kasvuindeksilaskujen pohjana käytettiin Kekkilän puutarhamultaa (Mm), koska multamaa on hyväksi tiedetty kasvualusta useimmille kasveille. Näytematriisit ovat hie-tasavi (HtS), hiesusavi (HsS) ja luonnontilassa oleva metsäsaraturve (LCt) joka on vain metsäojitettu. Idätettävät siemenet ovat vehnä, retiisi ja lehtisalaatti. Kasvit valittiin liitteestä 1, jokaisesta luokasta yksi kasvi. Siemenet valikoituivat niiden itävyysprosentin, saatavuuden ja erilaisuuden mukaan. Kokeessa siemenien itävyyden tulee olla vähintään 90 %, jotta tuloksia voidaan pitää luotettavina.

Itävyysprosentti lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\text{Itävyys-\%} = \frac{\text{itäneet siemenet (kpl)}}{\text{kylvetyt siemenet (kpl)}} * 100 \%$$

4.1 pH ja johtoluku

pH ja johtoluku määritetään uutteesta, jossa on tutkittavaa näytettä ja vettä suhteessa 1:5. Laimennusveden on täytettävä seuraavat laatuvaatimukset: pH yli 5,6 ja johtoluku alle tai sama kuin 0,2 mS/m. Uutetta ravistellaan tunnin ajan +22 °C +/- 3 °C asteen lämpötilassa jonka jälkeen se suodatetaan verkkokankaan tai vastaavan läpi puhtaaseen astiaan, josta mittaus suoritetaan välittömästi suodatuksen jälkeen. Mittaus suoritetaan kalibroidulla anturilla. (Itävaara ym. 2006, 22.)

Kokeessa pH:n mittaukseen käytetään Metrohm LL Aquatrode plus -pH mittaria, jonka sallittu vaihteluväli rinnakkaisten näytteiden kesken on 0.20 yksikköä. Mittari

kalibroidaan pesun jälkeen tai, kun standardinäytteet eivät mene sallittuihin rajoihin. Johtoluvun mittaus suoritetaan Knick Konduktometer 702-mittarilla, jonka sallittu aihteluväli on 3 %. Johtolukumittari kalibroidaan kahdesti vuodessa tai, kun standardinäytteet eivät mene sallittujen raja-arvojen väliin.

4.2 Kuiva-aine ja tuhkapitoisuus

Stabiilisuuskokeissa kuiva-aine kertoo tutkittavan näytteet kosteuden prosentteina, ja tuhkapitoisuus kertoo eloperäisen aineksen määrän eli orgaanisen aineksen osuuden prosentteina.

Kuiva-ainepitoisuudessa tyhjät mitta-astiat kuivataan lämpökaapissa +103 °C +/- 2 °C, jonka jälkeen ne jäädytetään eksikaattorissa 15 min ajan. Jäädyttämisen jälkeen astia punnitaan ja siihen annostellaan 50-100 g tutkittavaa näytettä ja punnitaan mitta-astian sekä näytteen yhteispaino. Tämän jälkeen näytteitä kuivataan +103 °C +/- 2 °C vähintään 8 h. Kuivattamisen jälkeen näytteet siirretään eksikaattoriin jäähtymään, jonka jälkeen näytteet punnitaan. (Itävaara ym. 2006, 17–18.)

Tulokset lasketaan kuiva-ainepitoisuudessa kaavalla:

$$ka = (m_c - m_a) / (m_b - m_a) * 100 \%$$

missä

ka näytteen kuiva-aine prosentteina alkuperäisestä näytteestä

m_a mitta-astian paino

m_b näytteen ja mitta-astian yhteispaino

m_c kuivan näytteen ja mitta-astian yhteispaino

Näytteen sisältämä vesi on 100 % - kuiva-aine-%

Tuhkapitoisuus määritetään kuivattamalla punnittuja kuiva-ainemääryksessä käytettyjä näytteitä hehkutusuunissa +550 °C lämpötilassa 2 h. Hehkuttamisen jälkeen näytteet jäädytetään eksikaattorissa ja punnitaan. (Itävaara ym. 2006, 18–19.)

Tulokset lasketaan kaavalla

$$\text{tuhka-\%} = (m_c) - (m_a) / (m_b - m_a) * 100 \%$$

missä

tuhka-% näytteen kuiva-aineen tuhkapitoisuus

m_a mitta-astian paino

m_b kuivan näytteen ja mitta-astian paino

m_c hehkutetun näytteen ja mitta-astian yhteispaino

Näytteen sisältämä orgaaninen aines (VS) on 100 % - tuhka-%

5 KASVUINDEKSIKOE

Kokeessa on tarkoitus selvittää näytteissä itäneiden ja kontrollina käytetyssä multa-
maassa itäneiden siementen suhdetta. Tämän perustella saadaan kasvuindeksi,
joka kuvaa maan kasvukuntoa kyseiselle kasville. Koska viljelymaalle ei ole ole-
massa varsinaista kasvikoetta, on koetta hieman muokattu. VTT:n julkaisussa me-
netelmäohjeessa kontrollia ja näytettä sekoitetaan 1:1, josta tehdään varsinainen
näyte. Tässä kokeessa jokainen maanäyte on pelkästään viljelymaata, josta teh-
dään kolme rinnakkaismäärittystä/näyte/koekasvi (Jokela 2017).

Koe kestää 2 viikkoa, jossa puolessa välissä lasketaan itäneet siemenet. Koko ko-
keen ajan näyterasioita kastellaan vesijohtovedellä, johon on lisätty lannoite, koska
kontrollina käytetty multa sisältää vain alkulannoituksen. Lannoitteena on Kekkilän
kastelulannoite®. Kokeen purussa lasketaan itäneet siemenet ja määritetään itänei-
den kasvien paino tuoreena, kuivattuna sekä tuhkana. (Itävaara ym. 2006, 31–33.)

5.1 Koemenetelmä

Kokeessa tarvitaan; korkeita kasvatusrasioita, taustakontrolli, siemeniä, vaaka
(tarkkuus vähintään 0,001g), muovikelmua, ravinneliuosta ja kuumuuden kestäviä
astioita. Koetta tehdessä korkeat kasvatusastiat takaavat, että itäneiden siementen
juuret pääsevät muodostumaan esteettömästi. Taustakontrollina käytettävän maan
pH oltava noin 6 ja sen olisi hyvä olla jatkuvasti samaa, jotta tuloksia voidaan ver-
tailla. (Itävaara ym. 2006, 31–33; Jokela 2017.)

5.2 Kokeen suorittaminen

Koe aloitetaan kaatamalla runsaasti tutkittavaa maata muoviseen astiaan (kuva 1),
josta määritetään maalaji ja samalla näyte homogenisoidaan. Homogenisoinnin jäl-
keen näytteeseen lisätään tarvittaessa vettä sen verran, että siitä onnistuu tehdä
nyrkkitestit. Hyväksytyin nyrkkitestin jälkeen näytteestä mitataan pH ja johtoluku kap-

paleen 4.1 mukaan. Tämän jälkeen näyte jaetaan yhdeksään rinnakkaisnäytteeseen (liite 2), seuraavalla tavalla: kolmeen rasiaan tulee 50 kpl vehnän siemeniä/näyterinnakkainen, seuraaviin kolmeen rasiaan 40 kpl retiisin siemeniä/näyterinnakkainen ja viimeisiin kolmeen rasiaan 100 kpl salaatsiemeniä/näyterinnakkainen. Yhteen rasiaan tutkittavaa näytettä tulee noin 300 g. Preparoinnin jälkeen näytteet laitetaan kasvamaan (kuva 2) valoisaan ja vedottomaan paikkaan. Kastelu itämisen ja taimettumisen alkuun asti tehdään ionivaihdetulla vedellä ja tämän jälkeen ravinneliuoksella. (Itävaara ym. 2006. 31–33.)



Kuva 1. Näytematriisin sekoittaminen ja annostelu koerasioihin.



Kuva 2. Näyterasiat annosteltuna ja koekasvit kasvamassa.

Seitsemän vuorokauden jälkeen näytteistä lasketaan itäneet siemenet ja kirjataan ylös mahdolliset poikkeavuudet normaalista. 14 vuorokauden jälkeen koe puretaan. Kokeen purku aloitetaan tarkastelemalla silmin havaittavia muutoksia, jonka jälkeen versot katkaistaan niin läheltä tutkittavaa maata, kuin mahdollista. Leikkaamisen jälkeen mitataan viiden verson pituus senttimetreinä ja leikellään kasvusto punnittuun kuumuutta kestävään mitta-astiaan.



Kuva 3. 14 vuorokautta kasvaneet vehnät ennen kokeen purkua

Tämän jälkeen kasvatusalustan sisältö kaadetaan suureen astiaan ja tarkastellaan juurten pituutta ja haaroittuvuutta sekä toistetaan pH ja johtoluvun mittausta. Näiden kokeiden jälkeen maaosuuden voi hävittää. Edellä mainittu toistetaan kaikille näytterasioille, jonka jälkeen leiketty kasvusto punnitaan mitta-astian kanssa ja siirretään kuivumaan +130 °C, 24h ajaksi. Kuivaamisen jälkeen näytteet jäähdytetään eksikaattorissa ja punnitaan.

Kasvuindeksi lasketaan kaavalla

$$\text{Kasvuindeksi} = \frac{\text{kasvu näytteseoksessa (g)}}{\text{kasvu taustakontrollissa (g)}} \cdot 100 \%$$

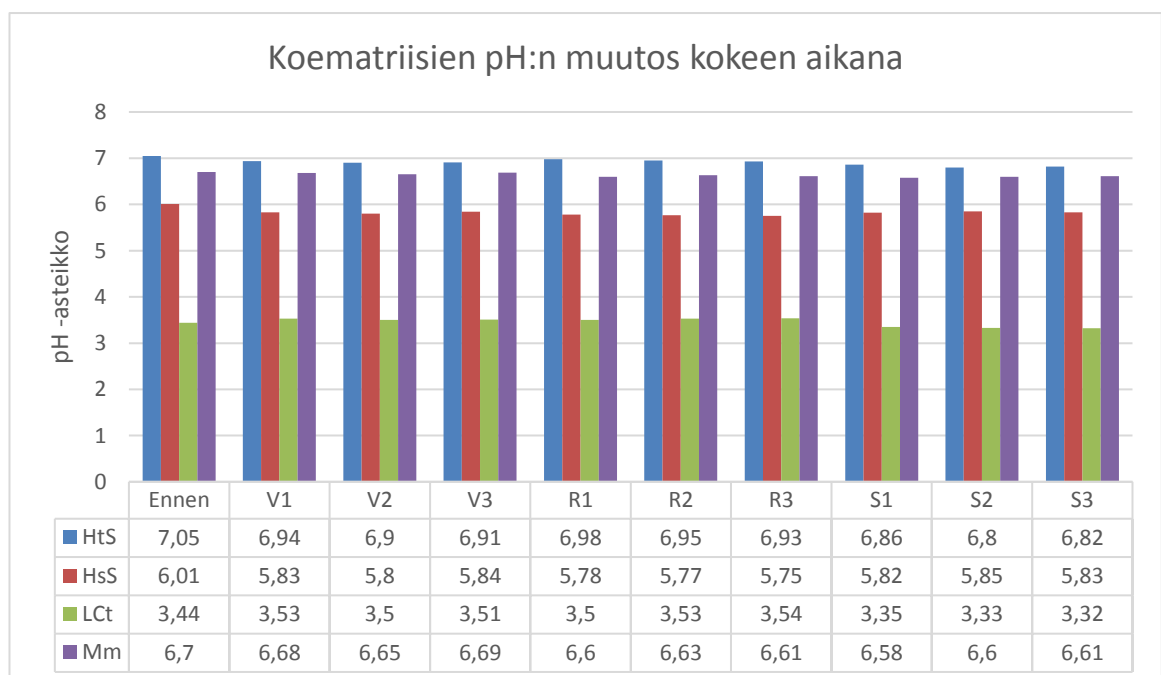
Kasvuindeksi lasketaan yleensä kuivapainoa kohden, jos kasvuindeksi on alle 80 % voi kasvua pitää heikentyneenä. (Itävaara ym. 2006, 33.)

6 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Kokeen tulokset on jaoteltu analyysi-, koekasvi- ja näyte kohtaisesti, riippuen tulosten helppolukuisuudesta. Ensimmäisenä esitetään pH ja sähkönjohtavuus, joiden jälkeen kasvuindeksien tulokset. Näyte 1 on HtS, näyte 2 HsS, näyte 3 LCt ja näyte 4 Mm, jota käytettiin kasvuindeksin laskemisessa vertailukohtana.

6.1 pH

Koe suoritettiin kohdan 5.1 mukaan. Kokeen näytteet uutettiin laboratoriovedellä, jonka pH oli 5,73. Kuviossa 1 viivat kuvaavat näytteitä, sininen HtS, punainen HsS, vihreä LCt ja violetti Mm. Ennen sarake kuvaa pH:ta näytteestä ennen kokeen aloittamista, V= vehnä, R= retiisi ja S= salaatti ja numero rinnakkaisnäytteen numeroa. Esimerkiksi R2 tarkoittaa, että koekasvina on retiisi ja kyse on 2. rinnakkaisnäytteestä.



Kuvio 1. Koematriisien pH:n muutos ennen koetta ja sen jälkeen.

Kuviosta nähdään hyvin, että pH pysyy lähes kaikissa näytteissä samana, kuin ennen koetta. Tästä poikkeaa vain näyte 2 eli HsS, poikkeama johtuu todennäköisesti

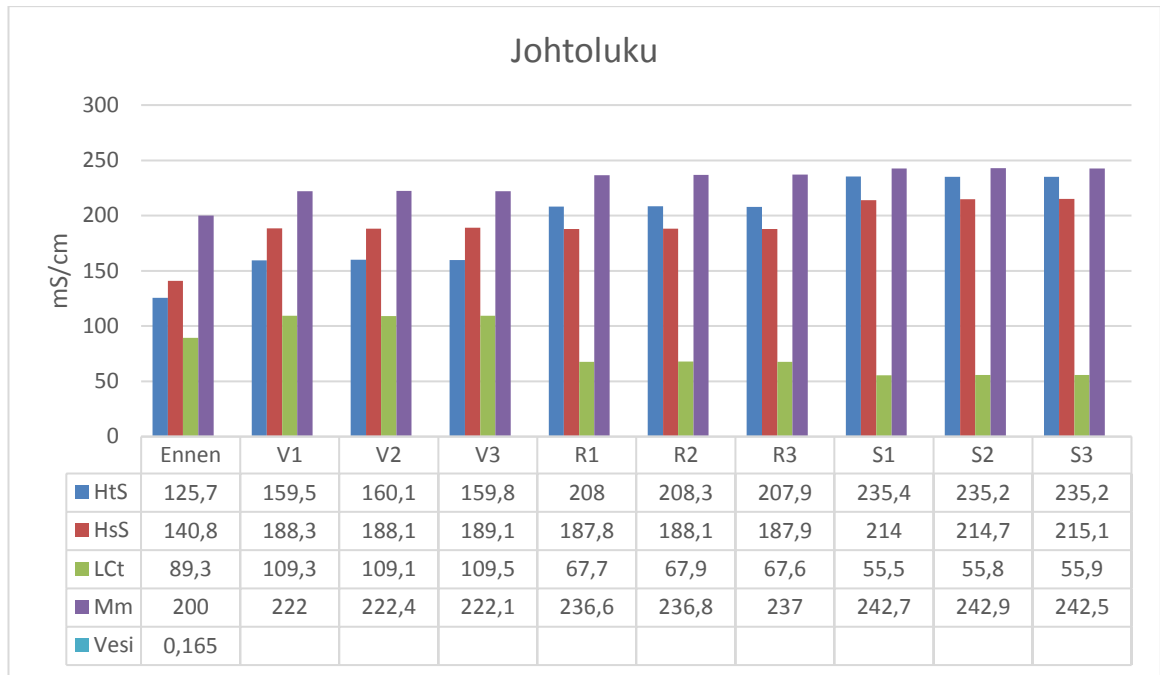
viljelymaan ominaisuuksista sitoa itseensä ravinteita. Näytteessä 1 (HtS) pH on vielä hyvä viljan viljelyyn, mutta näytteen 2 (HsS) viljelymaahan kannattaisi suorittaa kalkitus lähivuosina, jotta pH ei pääse tippumaan viljelyluokasta hyvä luokkaan välttävä. Näytteen 3 (LCt) pH eroaa huomattavasti kokeen muiden näytteiden tuloksesta, koska se on turvetta ja turpeella on luonnostaan matala pH. Toinen tätä tukeva seikka on sen maatumisaste H4 von Postin kymmenasteikolla. Maatumisaste H4 ominaisuuksia ovat puristettaessa tuleva samea neste, puuromaisuus ja puristettaessa käteen jäävä osuus kimpoaa hieman takaisin. (Viljavuuspalvelu 2000, 8.; livonen 2008,12.)

Kokeen tuloksista nähdään, että rinnakkaisnäytteet poikkeavat hyvin vähän toisistaan ja kasvilajien kohdalla ei ole suuria eroavaisuuksia. Tämän perusteella pystytään sanomaan, etteivät koekasvit pudota viljelymaan pH:ta lyhyellä aikavälillä. Syy pH:n putoamiseen tulee vasta itämisen jälkeen. Itämiseen kasvi tarvitsee vain kosteutta. Esimerkiksi viljoilla aleuronikerroksen α -amylaasihormoni aktivoituu kosteudesta käynnistäen itämisen. Itämiseen tarvittavan ravinnon itu saa jyvistä. (Sepänen ym. 2012, 36–37.)

On kumminkin mielenkiintoista huomata, kuinka multamaa on hyvin lähellä näytettä 1 (HtS). Näytteet 2 (HtS) ja 3 (LCt) erityisesti ovat selkeästi erilaisempia, kuin nämä kaksi edellä mainittua. Koekasvien ja rinnakkaisten välillä eroa ei kumminkaan ole juurikaan havaittavissa.

6.2 Johtoluku ja aistinvarainen analysointi

Johtoluku kertoo viljelymaan kationinvaihtokapasiteettiä (Rajala 2004, 72). Johtoluvun mittaus tehtiin kohdan 4.1 mukaan. Tulokset johtoluvusta esitetään kuviossa 2 yksikössä mS/cm. Näytteiden uuttamiseen käytettiin laboratoriovettä, jonka johtoluku oli 0,165 mS/cm.



Kuvio 2. Johtoluku kokeen alussa ja lopussa.

Johtoluvun osalta muutokset ovat suuremmat, kuin pH:n. Tähän vaikuttaa suuresti kasteluvesi. Kokeessa kasteluvesi oli lannoitettua, joten se lienee syy ainakin osaan muutoksista. Näytteet HtS (näyte 1) ja HsS (näyte 2) sekä multamaa noudattavat lähes yhtenäistä kaavaa johtoluvun mukaan. Suurempi johtoluku salaattilla johtuu mitä ilmeisimmin siitä, että salaatti ei pysty käyttämään kaikkea saamaansa ravinnetta niin tehokkaasti, kuin vehnä ja retiisi. Tämä selittyy jo salaatin pienemmällä ulkomuodolla taimettumisvaiheessa, jolloin sen ravinteiden ottokaan ei voi olla niin suurta, kuin muiden koekasvien.

Näyte 3 (LCt) johtoluvun muutos eroaa muista näytteistä huomattavasti. Tämä johtuu mitä ilmeisimmin turvemaan ominaisuuksista sitoa itseensä vettä ja ravinteita. Myös koekasvien kohdalla on eroavaisuuksia, jotka selittyvät osittain jo edellä mainitusta turvemaan ominaisuudesta sekä viljelykasvien ominaisuuksista. Kokeen perustella retiisi ja salaatti pystyvät hyödyntämään turvemaassa ravinteet paremmin, kuin muissa kokeessa tutkittavissa maissa.

Aistinvaraisessa analysoinnissa katsottiin koekasvien terveyttä ja juurien muodostumista. Koekasvit osoittautuivat terveiksi ja niiden juuret muodostuivat hyvin. Juurien muodostumista havainnoitiin, kun koetta purettiin. Juurista katsottiin silmämääräisesti pituutta ja haaroittuvuutta.

6.3 Itävyys

Itävyydellä on tärkeä rooli kasvuindeksikokeiden onnistumiseen. Kokeessa käytettyjen kasvien itävyys oli vehnällä 99 %, retiisillä 96 % ja salaatilla 91 %, joten siemeniä voitiin käyttää kokeessa. Taulukossa 3 on esitelty kokeessa käytettyjen kasvien itävyydet 7 vrk ja 14 vrk:n jälkeen. Itävyys-% laskettiin erillisenä kokeena kolmen rinnakkaistuloksen keskiarvo kustakin kasvista.

Taulukko 3. Itävyydet.

	Käytetyt	7 vrk	14 vrk	Itäv-%
Vehnä				
HtS R1	50	45	50	100
HtS R2	50	48	49	98
HtS R3	50	46	50	100
HsS R1	50	44	50	100
HsS R2	50	45	50	100
HsS R3	50	46	50	100
LCt R1	50	47	50	100
LCt R2	50	46	50	100
LCt R3	50	47	50	100
Mm R1	50	48	50	100
Mm R2	50	45	49	98
Mm R3	50	46	50	100
Retiisi				
HtS R1	40	37	38	95
HtS R2	40	38	39	97,5
HtS R3	40	36	39	97,5
HsS R1	40	37	40	100
HsS R2	40	37	38	95
HsS R3	40	38	38	95
LCt R1	40	37	39	97,5
LCt R2	40	35	40	100
LCt R3	40	35	38	95
Mm R1	40	36	39	97,5
Mm R2	40	40	40	100
Mm R3	40	38	39	97,5
Salaatti				
HtS R1	100	88	89	89
HtS R2	100	90	92	92
HtS R3	100	90	92	92
HsS R1	100	87	95	95
HsS R2	100	91	94	94
HsS R3	100	85	91	91
LCt R1	100	90	93	93
LCt R2	100	84	98	98
LCt R3	100	86	93	93
Mm R1	100	86	98	98
Mm R2	100	91	93	93
Mm R3	100	87	91	91

6.4 Versojen mittaus

Versojen pituutta mitattaessa tuli hyväksi toimintatavaksi menetellä siten, että leikkaa ensin versot ensin mahdollisimman läheltä näytteen pintaa ja mittaa vasta siten. Tällä menetelmällä pystyttiin pois sulkemaan mahdolliset mittausepävarmuudet ja se joudutti kokeen purkua huomattavasti. Mikäli versot haluttiin mitata, tuli se suorittaa ennen kasvuindeksikokeen suorittamista. Taulukossa 4. on esitelty kokeessa saadut versojen pituudet senttimetreinä. Tässä koeosuudessa tapahtui inhimillinen virhe ja 3 rinnakkaisen sijaan versot mitattiin vain ensimmäisestä rinnakkaisesta.

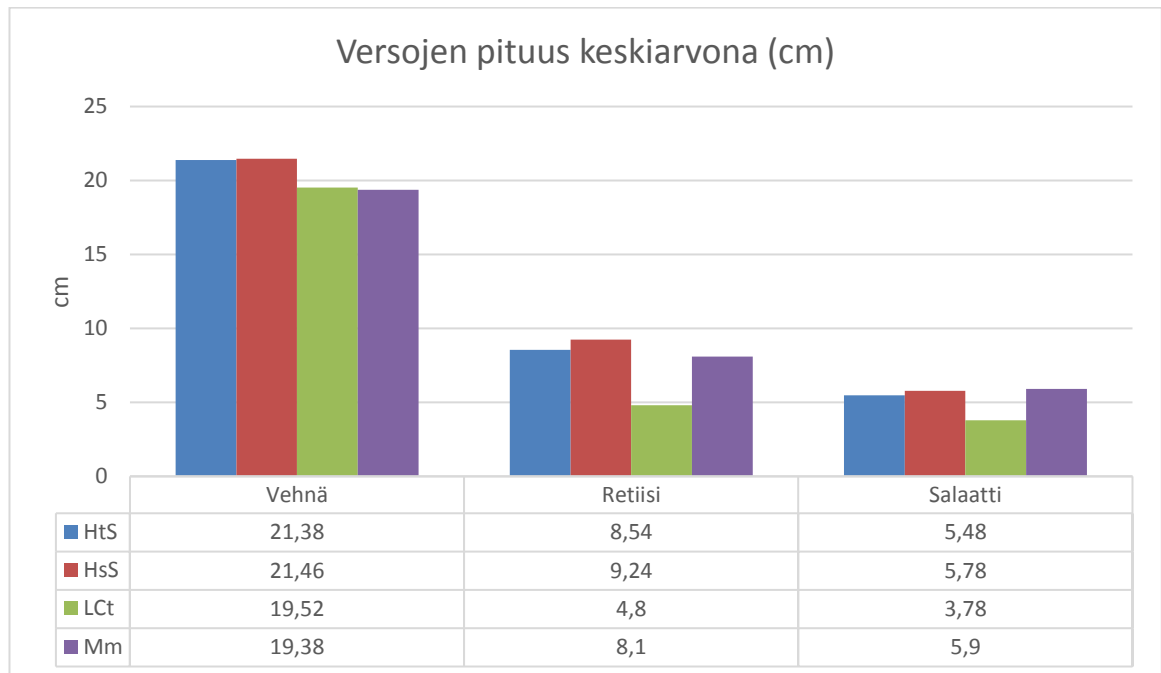
Taulukko 4. Viiden verson pituus senttimetreinä 14 vrk:n jälkeen.

Näytetunnus	1.pituus	2.pituus	3.pituus	4.pituus	5.pituus	Keskiarvo
Vehnä						
HtS	9,4	24,1	23,6	24,5	25,3	21,38
HsS	23,3	21,5	17,6	22,8	22,1	21,46
LCt	19,8	11,2	23,3	21,5	21,8	19,52
Mm	18,7	22,1	17,1	18,9	20,1	19,38
Retiisi						
HtS	9	10,2	7,6	7,8	8,1	8,54
HsS	10,8	10,1	7,8	8,6	8,9	9,24
LCt	4,3	5,1	3,3	5,6	5,7	4,8
Mm	9,8	7,6	5,4	6,2	11,5	8,1
Salaatti						
HtS	6,5	4,3	5,8	4,8	6	5,48
HsS	5,8	6,2	7,9	8,1	5,9	6,78
LCt	4,8	3,9	2,5	3,6	4,1	3,78
Mm	5,9	6,2	6,4	5,7	5,3	5,9

Tuloksissa on suurtarkin hajontaa tulosten välillä, tämä johtuu siitä, että pituudet mitattiin sattumanvaraisesti valikoiduista yksilöistä. Vastaisuuden varalle mittaukset kannattaa suorittaa säännönmukaisesti esim. 5 pisimmästä versosta tai 2–3 pisintä ja 2 lyhintä versoa. Inhimillisestä virheestä johtuen taulukon luvut ovat suuntaa antavia.

Versojen pituusvaihtelu koe matriisien mukaan (Kuvio 3). Vehnän versojen pituus oli kaikissa kokeessa käytettävissä maissa 20 cm kummallakin puolella, retiisillä 8 cm pintaan ja salaatilla lähes 6 cm. Erojakin tulee esille ja suurimmat niistä näytteessä 3 (LCt), jossa tulokset ovat tulokset lähes aina muita näytteitä huonommat.

On kumminkin syytä huomata, että erot tuloksella ovat verrattain pieniä, paitsi retiisillä näytteessä 3 (LCt).



Kuvio 3. Keskiarvo mitattujen versojen pituudesta.

6.5 Kasvuindeksi

Kasvuindeksikokeet tehtiin kohdan 5.2 mukaan ja tulokset ovat kasveittain, koska tällöin tuloksia on helpompi vertailla (taulukko 5). Multamaan kohdalla ei ole mahdollista laskea kasvuindeksiä, koska sitä käytettiin kokeessa kontrollina, joten se on jätetty tyhjäksi ja laitettu taulukossa erikseen. Koekasveista on vielä lisäksi laskettu kuiva-aine (KA) tulosten vertailun helpottamiseksi. Taulukossa on rinnakkaisnäyte merkattu R-kirjaimella ja numero kertoo rinnakkaisen numeron. Esimerkiksi salaattikohdassa HsS R3. kertoo kyseessä olevan Hiesusavi rinnakkaisnäyte 3 ja koekasvin olevan salaatti.

Taulukko 5. Kasvuindeksi

Näyte nro	Tyhjä astia (g)	Tuorepaino (g)	Kuivattu näyte + astia (g)	Kasvuindeksi (%)	KA (%)
Multamaa					
Vehnä R1	0,7364	8,3226	1,3596		8,21
Vehnä R2	0,7254	8,3238	1,3576		8,32
Vehnä R3	0,7236	8,3218	1,3562		8,33
Retiisi R1	0,7246	6,7302	1,0202		4,92
Retiisi R2	0,7253	6,7452	1,032		5,09
Retiisi R3	0,7224	6,736	1,0209		4,96
Salaatti R1	0,721	0,9852	0,7589		14,35
Salaatti R2	0,7224	0,9864	0,7594		14,02
Salaatti R3	0,72641	0,9871	0,7632		14,11
Vehnä					
HtS R1.	0,7276	6,506	1,3422	97,66	10,64
HtS R2.	0,728	6,492	1,352	99,15	10,83
HtS R3.	0,7211	6,602	1,348	99,61	10,66
HsS R1.	0,7267	6,3006	1,3193	94,16	10,25
HsS R2.	0,7247	6,3051	1,3302	96,21	4,92
HsS R3.	0,7259	6,3041	1,3329	96,45	5,30
LCt R1.	0,725	3,8927	1,0498	51,61	10,63
LCt R2.	0,7263	3,9036	1,0492	51,31	10,85
LCt R3.	0,7232	3,8829	1,0463	51,34	10,88
Retiisi					
HtS R1.	0,7262	4,2892	0,915	62,88	5,30
HtS R2.	0,7268	4,299	0,918	63,68	5,35
HtS R3.	0,724	4,287	0,9117	62,51	5,27
HsS R1.	0,7222	5,0002	0,9382	71,94	5,05
HsS R2.	0,7232	5,0016	0,9394	72,00	5,05
HsS R3.	0,7241	5,0028	0,9378	71,17	4,99
LCt R1.	0,7248	1,0973	0,7528	9,33	7,52
LCt R2.	0,7243	1,0985	0,7525	9,39	7,54
LCt R3.	0,7261	1,1001	0,7549	9,59	7,70
Salaatti					
HtS R1.	0,7251	0,9953	0,7442	51,30	7,07
HtS R2.	0,7258	0,9962	0,746	54,26	7,47
HtS R3.	0,7253	0,9975	0,7452	53,45	7,31
HsS R1.	0,7208	1,3199	0,7533	87,30	5,42
HsS R2.	0,7211	1,32	0,7548	90,52	5,63
HsS R3.	0,7236	1,3267	0,7569	89,44	5,52
LCt R1.	0,7264	0,9453	0,7418	41,36	7,04
LCt R2.	0,7261	0,9569	0,7412	40,56	6,54
LCt R3.	0,7281	0,9672	0,7439	42,44	6,61

Pääsääntöisesti koe onnistui hyvin, vaikka sen tulokset ovat vielä suuntaa-antavia.

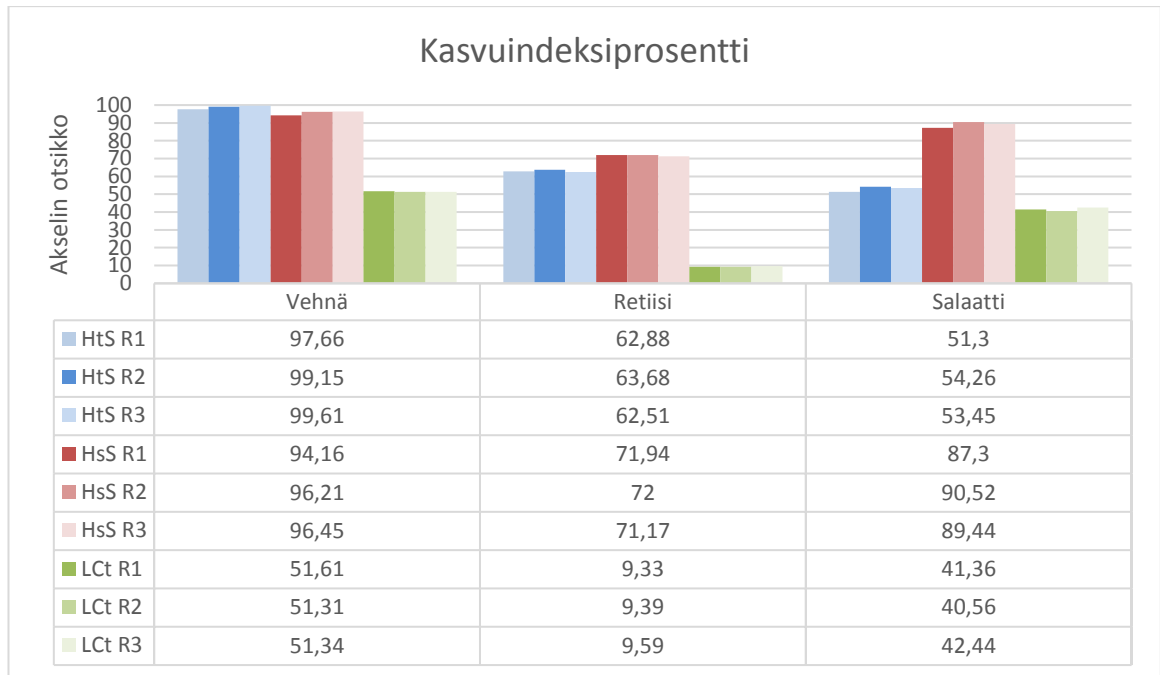
Tulosten luotettavuutta voisi parantaa toistamalla kokeita vielä lisää ja vertaamalla

niitä toisiinsa. Mikäli koetta aletaan toteuttaa laboratorio-olosuhteissa, kannattaa sitä varten tehdä jokin oma tulokantansa, johon tuloksia voi tallentaa ja näin ollen verrata kokeessa saatavia tuloksia vanhoihin tuloksiin.

Kokeissa vehnä ja retiisi osoittautuivat hyvin menestyviksi koekasveiksi, kun taas salaatti kuoli erittäin helposti. Kokeissa multamaassa kasvaneet salaattit menestyivät kaikista heikoiten, sillä ne olivat kaikista heikoimpia versoiltaan ja kuolivat vielä helpommin, kuin varsinaisissa näytteissä kasvatettavat. Tähän voisi harkita toisen kasvin käyttöä tai kiinnittää parempaa huomiota salaatin versojen kuolemisen ehkäisemiseen. Kasvuindeksilaskuihin pohjana käytettävästä multamaasta otettiin vain itäneet rasiat ja kuolleet näytteet hylättiin. Tästä johtuen salaatin kasvuindeksilaskuihin käytetyt näytteet jouduttiin kasvattamaan uudestaan.

Kasvuindeksikokeissa LCt (näyte 3) sai huonoimmat tulokset. Tämä johtunee siitä, että metsämaasta kerätty turve ei ole sellaisenaan valmista viljelymaaksi vaan vaatii maanparannustoimia. Näitä ovat kemialliset-, fysikaaliset- ja biologiset toimenpiteet. Näyte otettiin kokeisiin mukaan, koska kokeen toimivuutta haluttiin kokeilla eri maa-lajeilla ja hajontaa viljelymaiden välille haluttiin reilusti.

Kuviossa 4 esitetään taulukon 5 kasvuindeksit havainnollistavammassa muodossa. Kasvuindeksinäytteiden voidaan olettaa onnistuneen hyvin, sillä niistä saatiin selkeitä tuloksia. Kuviossa 4 tulokset on esitelty kasvilajeittain niin, että sinisen sävyt kuvaavat näytettä 1 (HtS), punainen näytettä 2 (HsS) ja vihreä näytettä 3 (LCt). Eri sävyt on laitettu rinnakkaisnäytteiden lukemista helpottamaan.



Kuvio 4. Kasvuindeksit prosentteina näytteittäin.

Kasvuindeksikokeet paljastavat HtS (näyte 1) kohdalla, että vehnä antaa kasvuindeksiksi yli 90 % ja retiisi hieman päälle 60 %. Näytteen kasvukuntoa niiden perusteella voidaan pitää vähintäänkin välttävänä. Salaatin kasvuindeksi on tosin juuri ja juuri yli 50 %, joten kasvukunto on sen kohdalta heikentynyt. Syitä tähän ovat todennäköisesti viljelymaan ominaisuus sitoa ravinteita niin, ettei salaatti pysty sitä hyödyntämään ja viljelymaan mururakenne sekä vähämultaisuus.

HsS (näyte 2) saa kasvuindeksin tulokseksi hyvän, sillä vehnän kasvuindeksi on taas yli 90 %, retiisi hieman yli 70 % ja salaatti yli 80 %. Näytteen parempaan kasvuindeksitulokseen on mitä ilmeisimmin syynä multaisuusaste. Viljelymaan sisältäessä enemmän eloperäistä materiaalia kasvit pystyvät hyödyntämään siihen sitoutuneet ravinteet paremmin.

LCt (näyte 3) menestyi tutkittavista maista kaikista huonoiten. Sen kasvuindeksiksi tuli huono. Kasvuindeksit olivat kaikilla koekasveilla reilusti alle 80 %, osalla koekasveista juuri ja juuri 50 %. Syy tähän on turvemaan luontaiset ominaisuudet erityisesti matala pH ja täten luonnollinen happamuus. Mikäli tästä haluaisi viljelymaata, tulee sille tehdä paljon maanparannustoimenpiteitä, kuten esim. kivennäis- maan lisäämistä, kalkitusta ja lannoitusta.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kasvuindeksikoe onnistui niin kuin olin odottanutkin, pieniä epäonnistumisia lukuun ottamatta. Tuloksista tuli selkeitä ja osin ennalta-arvattavia, kuten näytteet 1 (HtS) ja 2 (HsS) osoittautuivat hyväksi viljelymaiksi perinteiselle viljelykasville. Luonnontilassa oleva näyte 3 (LCt) ei kasvuindeksinsä puolesta sovi sellaisenaan viljelymaaksi perinteisille viljelykasveille.

Pääsääntöisesti kasvuindeksianalyysi onnistui hyvin ja se on pienillä muutoksilla käyttökelpoinen laboratoriossa. Sellaisenaan koe voidaan toteuttaa myös kaupallisesti, mutta se vaatii vain lisää rinnakkaisia tutkittavista maista jotta, tulosten tulkinta on helpompaa ja lausunnot yhdenmukaisia. Tällöin mukaan saadaan myös ristiintaulukointia ja tuloksia ja niiden paikkaansa pitävyyttä voidaan vertailla ja laskea.

Pelkästään tämän kokeen suorittamiseen varsinaista työaikaa kuluu noin kahdeksasta kymmeneen tuntia. Kokeen esivalmistelut vievät kahdesta kolmeen tuntia ja kokeen purku viidestä seitsemään tuntia. Kokeen suorittaminen alusta loppuun vie aikaa noin kolme viikkoa, joten fyysistä työaikaa se ei vie suhteessa paljoa verrattuna koko kokeen keston. Tähän ei ole kumminkaan otettu mukaan ennen koetta tehtäviä valmisteluita, kuten siementen itävyyden selvittämistä tai näytteiden hakemista. Nämä koetta ennen tehtävät valmistelut vievät varsinaista työaikaa vähintään kaksi tuntia, mutta kun ne kerran tehdään, ei niitä tarvitse toistaa kuin ehkä kerran vuodessa maksimissaan kaksi. Ja näytteiden hakemiseen ei mene välttämättä aikaa, jos niitä aletaan kaupallisesti tehdä, koska silloin asiakas saattaa ne itse tuoda.

Parannusehdotukseksi ehdottaisin standardisoituja koetiloja, jotka olisi vain ja ainoastaan koetta varten. Laboratoriossa näytteitä tulee hyvin nopeasti monta ja tilojen riittävyys on tärkeää, jotta kokeen rinnakkaiset ovat kasvaneet samoissa olosuhteissa. Koetilassa olisi myös hyvä olla ajastuksella varustettu kasvivalo, jotta turvataan pimeään aikaan tapahtuvien kokeiden valon riittävyys. Myös jonkin näköinen automaattinen kastelujärjestelmä olisi hyvä olla, jotta kastelu on kaikille kokeessa oleville kasveille tasainen.

Koska kasvuindeksi on mahdollista selvittää myös viljelymaalla, kannattaa seuraavaksi kokeilla koetta tarkoitettusti saastutetulla maalla. Kun mukana on tarkoituksella

saastutettu maa, saadaan kokeeseen taas enemmän tieteellistä painoa ja tuloksia pystyisi vertailemaan. Tämä tarkoituksella saastutettu näyte jäi minulta kokeeseen laittamatta osittain huolimattomuuttani ja osittain tietämättömyyttäni. Kun sen huomasi, oli jo ehkä liian myöhäistä korjata asia.

LÄHTEET

A 1250/2014.

Hämäläinen, J. 2016. Biokaasutuksessa muodostuva mädätysjäännös lannoitteena – Nurmen astiakoe raiheinällä. [Verkkojulkaisu]. Lepaa: Hämeen ammattikorkeakoulu. Puutarhatalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 1.6.2017]. Saatavana: <http://docplayer.fi/22229699-Biokaasutuksessa-muodostuva-madatysjaannos-lannoitteena-nurmen-astiakoe-raiheinalla.html>

Iivonen, S. 2008. Ympäristöturpeet ja niiden käyttö. [Verkkojulkaisu]. Mikkeli: Helsingin yliopisto. [Viitattu 1.11.2017]. Saatavana: <http://www.helsinki.fi/ruralia/julkaisut/pdf/Raportteja32.pdf>

Itävaara, M., Vikman, M., Kapanen, A., Venelampi, O., & Vuorinen, A. 2006. Kompostin kypsyystestit – Menetelmäohjeet. [Verkkojulkaisu]. Espoo: VTT. Tiedotteita 2351. VTT. [Viitattu 1.6.2017]. Saatavana: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf>

Jokela, V. 2017. Agronomi. Eurofins Suomi – Eurofins Scientific Finland Oy. Haastattelu 27.7.2017.

Kukkonen, S., Alakukku, L., Mylly, M. & Palojärvi, A. 2004. Maan laadun arviointi tiloilla. Helsinki: Data Com Finland Oy

L 282/1994. Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä.

L 539/2006. Lannoitevalmistelaki.

Luontoon joutuu myrkyllisiä aineita. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Muhos: Muhoksen lukio. [Viitattu 10.10.2017]. Saatavana: <https://peda.net/muhos/muhoksen-lukio/oppiaineet2/biologia/bejy/1ljma>

Maunuksela, M. 2012. Biotestit orgaanisten lannoitevalmisteiden laadunarvioinnissa. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Evira. [Viitattu 1.6.2017]. Saatavana: <https://asiakas.kotisivukone.com/files/biolaitosyhdistys.palvelee.fi/biotestit.pdf>

Opetushallitus. Ei päiväystä. Tilavuuspainon määrittäminen maanäytteestä. [Verkkosivu]. Helsinki: Opetushallitus. [Viitattu 13.10.2017]. Saatavana: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_tilavuuspaino.html

Rajala, J. 2004. Luonnonmukainen maatalous. Mikkeli: Teroprint Oy.

Seppänen, M. (toim.), Mäkelä, P., Yli-Halla, M., Helenius, J., Kallela, M., Stoddard, F. & Teeri, T. 2012. Peltokasvien tuotanto. 2.painos. Helsinki: Opetushallitus.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tukes. 2012. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. [Viitattu 28.11.2017]. Saatavana: <http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Kasvinsuojeluaineet/Varo-kasvinsuojeluaineiden-tuotevaarennoksia/>

Viljavuuspalvelu. 2000. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Mikkeli: Viljavuuspalvelu Oy.

Yhdyskuntalietteen käyttö voi aiheuttaa haittaa ympäristölle. 2016. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Suomen ympäristöpalvelu. [Viitattu 28.11.2017]. Saatavana: [http://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Yhdyskuntalietteen_hyotykaytto_voi_aiheu\(41194\)](http://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Yhdyskuntalietteen_hyotykaytto_voi_aiheu(41194))

LIITTEET

Liite 1. OECD:n suosittelat kasvilajit kasvikoekeseen

Liite 2. Näytteen preparointi

Liite 1. OECD:n suosittamat kasvilajit kasvikoekseen

Kasviryhmä	Kasvilaji
1	Vehnä
	Kaura
	Riisi
	Rairuoho
	Durra
2	Retiisi
	Kiinankaali
	Nauris
	Rapsi
	Sinappi
3	Lehtisalaatti
	Krassi
	Puna-apila
	Mungopapu
	Virna
	Sarviapila

Liite 2. Näytteen preparointi

