

**BIOKAASULAITOKSEN REJEKTIVESIKONSENTRAATIN TYPEN
TOIMIVUUS ERILAISILLA KASVUALUSTOILLA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, Mustiala
Syyslukukausi 2020
Michaela Kontu

| | | |
|-----------|--|------------|
| Tekijä | Michaela Kontu | Vuosi 2020 |
| Työn nimi | Biokaasulaitoksen rejektivesikonsentraatin typen toimivuus erilaisilla kasvualustoilla | |
| Ohjaaja | Heikki Pietilä | |

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin biokaasulaitoksen mädätysjäännöksestä suodatetun lannoitekonsentraatin sisältämän typen toimivuutta erilaisilla kasvualustoilla. Tavoitteena oli selvittää, onko kasvualustan korkealla orgaanisen aineksen pitoisuudella heikentävä vaikutus nitrifikaation määrään. Lisäksi selvitettiin, voivatko kokeiden tulokset selittyä muilla kasvualustojen eroavaisuuksilla. Tutkimus tehtiin tarkastelemalla BioRaki 2-hankkeelta saatua, HAMK Oy Mustialassa vuonna 2019 toteutettujen kolmen kasvatuskokeen tutkimusaineistoa. Kasvatuskokeissa oli tutkittu konsentraatin toimivuutta erilaisilla kasvualustoilla yhdessä biohiilen ja EM-bioaktivaattorin kanssa. Työn tilaajana toimi HAMK Oy.

Tutkimusaineiston kokonaisuutta analysoitiin Excelillä ja JMP Pro 15-tilastonkäsittelyohjelmalla ja tuloksia tarkasteltiin kokonaisuutena. Aiempaa tutkimustietoa hyödynnettiin saadun tutkimusaineiston analysointiin ja tutkimustietoa etsittiin eri tietolähteistä.

Orgaanisen aineksen heikentävää vaikutusta nitrifikaatioon ei tarkastelun perusteella voitu vahvistaa eikä myöskään poissulkea. Tutkimusaineiston tarkastelun yhteydessä havaittiin useita mahdollisia selittäviä tekijöitä kasvualustojen ammoniumtyppi-pitoisuuden vaihteluihin. Asian varmistamiseksi tulee tehdä lisätutkimuksia aiheeseen liittyen.

Avainsanat Nitrifikaatio, typpi, kasvualustat, orgaaninen aines, kiertotalous

Sivut 61 sivua ja liitteitä 12 sivua

Mustiala

Author Michaela Kontu

Year 2020

Subject The functionality of nitrogen from biogas plant's reject water concentrate in different growing media

Supervisor Heikki Pietilä

ABSTRACT

This study focused on the functionality of nitrogen from filtered fertilizer concentrate from a biogas plant's process residue in different growing media. The target was to find out if high levels of organic matter in the growing medium have an enervating effect on nitrification and growing media was studied if any other factors could explain the results. The study was carried out by examining the research material from BioRaki 2 project that consisted of three growing experiments in HAMK Oy Mustiala in 2019. The function of the concentrate was experimented on different growing media together with bio char and EM-bio activator. This study was commissioned by HAMK Oy.

The research material was analyzed with Excel and JMP Pro 15 statistics program.

The effects of organic matter on nitrification could not be confirmed nor excluded in this study. Multiple possible factors were found during research that could explain the changes of ammoniacal nitrogen in the growing media. More research should be done to verify the results.

Keywords Nitrification, nitrogen, growing medium, organic matter, circular economy

Pages 61 pages and appendices 12 pages

Sisällys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Typen kiertokulku ja nitrifikaatio | 3 |
| 2.1 | Kiertokulku | 3 |
| 2.2 | Nitrifikaatio | 5 |
| 3 | Rejektivesikonsentraatin ja mineraalilannoitteiden typpiominaisuudet..... | 7 |
| 3.1 | Biokaasulaitoksen rejektivesikonsentraatti | 7 |
| 3.1.1 | BioKymppi Oy | 8 |
| 3.2 | Mineraalilannoitteet | 10 |
| 4 | Kasvualustojen typpiominaisuudet | 13 |
| 4.1 | Kivennäismaat ja eloperäiset maat..... | 13 |
| 4.1.1 | Typen ravinnemäärät peltomaassa ja huuhtoutuminen | 15 |
| 4.1.2 | Typen analysointimenetelmät ja kasvien typen tarve | 16 |
| 4.2 | Turvekasvualustat | 17 |
| 4.2.1 | Typen analysointimenetelmät ja kasvien typen tarve | 19 |
| 5 | Kasvatuskokeiden tutkimusaineistot ja analysointimenetelmät | 21 |
| 5.1 | Tutkimuksen tausta, tavoitteet ja aineiston analysointi | 21 |
| 5.2 | Kasvualustakokeiden komponentit..... | 23 |
| 5.2.1 | Kasvuturve..... | 23 |
| 5.2.2 | Kivennäismaa | 24 |
| 5.2.3 | Biokaasulaitoksen rejektivesikonsentraatti | 25 |
| 5.2.4 | EM-bioaktivaattori | 25 |
| 5.2.5 | Biohiili..... | 27 |
| 5.2.6 | Mineraalilannoite, apatiitti ja biotiitti..... | 27 |
| 5.2.7 | LuomuKymppi B ja lietehiili..... | 29 |
| 5.3 | Kasvatusolosuhteet..... | 30 |
| 5.4 | Konsentraatin testaus kivennäismaa-turvekasvualustalla (koe 3) | 32 |
| 5.5 | Aineiston tilastollinen käsittely..... | 34 |
| 6 | Kasvatuskokeiden tulokset ja tulosten tarkastelu..... | 35 |
| 6.1 | Kasvatuskokeet turve- ja kivennäismaa- kasvualustalla (koe 1 ja 2) | 36 |
| 6.1.1 | Kasvatuskoe 1..... | 36 |
| 6.1.2 | Kasvatuskoe 2..... | 41 |
| 6.1.3 | Tulosten yhteenveto | 46 |
| 6.2 | Kasvatuskoe kivennäismaa-turvekasvualustalla (koe 3)..... | 48 |

| | | |
|---|------------------------------------|----|
| 7 | Yhteenveto ja johtopäätökset | 52 |
| | Lähteet..... | 55 |

Liitteet

| | |
|---------|--|
| Liite 1 | Kasvatuskoe 1: Konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin vaikutusten testaus turvekasvualustalla |
| Liite 2 | Kasvatuskoe 2: Konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin testaus apatiitilla täydennetyllä kivennäismaa-alustalla |
| Liite 3 | Kasvatuskoe 3: Konsentraatin testaus turvekasvualustalla, kivennäismaalisäyksen saaneella turvekasvualustalla ja EM bioaktivaattorilisäyksen saaneella turve-kivennäismaa-kasvualustalla |

1 Johdanto

Viime vuosina maailmanlaajuisina huolenaiheina ovat olleet mm. ilmastonmuutos, luonnonvarojen ehtyminen ja ylikulutus. Poikkeuksellisena koronapandemiavuotena 2020 on yhä enemmän tullut esille myös huoltovarmuuden tärkeys. Toimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi, luonnonvarojen säästämiseksi, kestävämpien kulutustottumusten löytämiseksi ja huoltovarmuuden parantamiseksi on tehty niin kansainvälisellä kuin myös valtakunnallisella tasolla. Yhdeksi ratkaisuksi edellä esitettyihin ongelmiin on esitetty bio- ja kiertotalouden edistämistä.

Tulevaisuudessa kiertotalous tulee olemaan yhä suuremmassa roolissa.

Ympäristöministeriössä (n.d.) on valmisteilla strateginen kiertotalouden edistämisohjelma vuoteen 2035, jonka tavoitteena on luoda uusi talouden perusta, jossa tuotanto ja kulutus ovat tasapainossa maan kantokyvyn kanssa. Kiertotalouden avulla saadaan hillittyä ilmastonmuutosta, käytettyä luonnonvaroja kestävämmiin ja pidettyä materiaalit käytössä pidempään. Ohjelmaehdotus valmistellaan valtioneuvoston hyväksyttäväksi vuoden 2020 aikana. Samaan aikaan Ympäristöministeriön rinnalla Maa- ja metsätalousministeriö (2020) valmistelee uutta EU:n yhteistä maatalouspolitiikan CAP27-uudistusta, jossa yhtenä monista tavoitteista on ympäristö- ja ilmastotoimien edistäminen. Näillä näkymin CAP27-suunnitelma tulee voimaan vuonna 2023 ja siihen asti toimitaan nykyisen ohjelmakauden toimenpiteillä. Siirtymäkauden aikana, 2021–2022, ohjataan lisäksi EU:n elvytysvaroja maaseuturahaston (2020) toimenpiteisiin. Maaseutuohjelman etenemistä valvovan seurantakomitean (2020) kokouksessa elvytysvaroilla rahoitettavaksi esitettiin mm. uusituvan energian investointeja (ml. biokaasu), uusien biokaasulaitosten investointien tukitason nostoa ja ympäristökorvauksen kiertotalouden edistämistoimia.

Jo tällä hetkellä bio- ja kiertotalouden edistämiseksi on tehty mittavia toimenpiteitä. Vuonna 2015 Euroopan komissio hyväksyi toimintasuunnitelman, jonka tavoitteena oli mm. nopeuttaa Euroopan siirtymistä kiertotalouteen. Vuonna 2016 julkaistiin ministeriöiden, Sitran ja eri toimijoiden yhteistyönä Suomelle kiertotalouden tiekartta vuosille 2016–2025. Tiekartta on suunnitelma kiertotalouden mahdollisuuksien toteuttamisesta ja jota täydentää vuonna 2017 julkaistu kiertotalouden toimenpideohjelma. Toimenpideohjelma piti sisällään

MMM:n kärkihankkeet, joihin kuului mm. ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelman hankkeet. Kokeiluohjelmassa rahoitettiin 39 innovatiivista tutkimus- ja kehittämishanketta vuosina 2016–2018. (MMM, n.d.)

Yksi ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelman hankkeista oli ” BioRaki 2 -konsentraatista ja biohiilestä kasvuvoimaa” - hanke. Hankkeen tavoitteena oli kehittää ja testata tähteistä, jätteistä ja sivuvirroista konsentroitua, luomuhyväksyttyä kierrätyslannoitetta ja uuden sukupolven kasvualustoja luonnonmukaiseen puutarhatuotantoon. Hanketta hallinnoi Kiteellä sijaitseva, lietteitä ja biojätteitä käsittelevä biokaasuyritys BioKymppi Oy, joka energiatuotannon lisäksi kehittää luonnonmukaisia kierrätyslannoitteita. Hankkeessa kehitettiin nestemäisen lannoitevalmisteen konsentrintilaitteistoa ja testattiin konsentraatin toimivuutta viljelyssä. Hankkeessa oli mukana useita yhteistyökumppaneita, mm. puutarha-alan yrityksiä ja ammattikorkeakoulut HAMK ja TAMK. Hankkeen toteutusaika oli 1.5.2018-31.8.2020. (Tuni, n.d.)

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin biokaasulaitoksen mädätysjäännöksestä suodatetun lannoitekonsentraatin sisältämän typen toimivuutta erilaisilla kasvualustoilla. Tutkimus tehtiin tarkastelemalla ”BioRaki 2-konsentraatista ja biohiilestä kasvuvoimaa”– hankkeelta saatua aineistoa, johon sisältyi HAMK Oy Mustialan toimipisteen koetiloissa vuonna 2019 toteutettujen kolmen kasvatuskokeen tutkimusaineistot. Kokeissa oli tutkittu konsentraatin toimivuutta yhdessä biohiilen ja EM-bioaktivaattorin kanssa erilaisilla kasvualustoilla. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko kasvualustan korkealla orgaanisen aineksen pitoisuudella heikentävä vaikutus nitrifikaation määrään. Lisäksi selvitettiin, voisiko kokeiden tulokset selittyä muilla maa- ja turvekasvualustan eroavaisuuksilla.

Opinnäytetyön tavoiteltava hyöty oli tiedon tuottaminen BioRaki2-hankkeen hallinnoijalle, BioKymppi Oy:lle. BioKymppi Oy saa uutta tutkimustietoa kierrätyslannoitteidensa soveltuvuudesta luonnonmukaiseen kasvihuone- ja puutarhatuotantoon. Laajemmin tarkasteltuna luonnonmukaisessa tuotannossa ei puutarhayrittäjille ole kovin laajaa lannoitevalikoimaa käytössä, joten tuotevalikoiman monipuolistuminen edistäisi luonnonmukaisen viljelyn kehittymistä. Lisäksi toimiva kierrätyslannoite edistäisi kiertotaloutta ja huoltovarmuutta valtakunnallisella tasolla.

2 Typen kiertokulku ja nitrifikaatio

Kasviravinteet ovat alkuaineita, jotka ovat välttämättömiä kasvin kasvuun ja lisääntymiskyvylle. Kasviravinteita on yhteensä 16 erilaista ja ne ryhmitellään makro- ja mikroravinteiksi. Makroravinteita ovat hiili (C), vety (H), happi (O), typpi (N), fosfori (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg) ja rikki (S). Mikroravinteita ovat rauta (Fe), mangaani (Mn), sinkki (Zn), kupari (Cu), boori (B), kloori (Cl) ja molybdeeni (Mo). Pääravinteiksi kutsutaan usein typpeä, fosforia ja kaliumia sekä sivuravinteiksi kalsiumia, magnesiumia ja rikkiä. Mikroravinteista käytetään myös nimitystä hivenravinteet. (Yli-Halla, 2009, s.9)

Typen tärkein tehtävä kasvissa on toimia valkuaisaineiden rakenneosana (Yli-Halla, 2009, s.9). Kasvi tarvitsee typpeä kaikkiin elintoimintoihinsa, entsyymeihin, siemeniin ja lehtivihreän tuotantoon (Järvinen, Karjalainen & Vuollet, 2016, s. 80). Typpi liikkuu sekä maassa että kasvissa helposti. Typen puutteessa kasvin lehtivihreän muodostuminen vähentyy ja usein oireina on tällöin kasvin heikko kasvu ja kellertävä väri. Typen liikasaannin merkinä on hyvin tummanvihreä väri ja liikasaanti voi herkistää kasvia kuivuudelle ja kasvintuhoojien voituksille. (Mäntylähti, Jaakkola & Kari, 2009, s.54)

2.1 Kiertokulku

Typpeä on multavassa kivennäismaassa (eloperäistä ainesta 5 %) yli 5000 kiloa hehtaaria kohti. Tämä typpi on pääosin orgaanista ja sitoutunut suuriin molekyyliin, jota kasvi ei voi suoraan hyödyntää. Myöskään ilmakehän kaasumaista typpeä (N_2 -muotoista) kasvit eivät pysty suoraan käyttämään. Kasvi ottaa typpeä joko ammonium (NH_4^+) tai nitraatti (NO_3^-) muodossa ja näitä typen muotoja nimitetään mineraalitypeksi. Peltomaassa kasvien käyttökelpoisen typen määrä on pieni ja se on Suomessa lannoittamattoman maan minimitekijä. (Yli-Halla, 2009, s.14).

Typen kierto maaperässä on monimuotoinen prosessi (Kuva 1). Typpi muuttuu kasveille käyttökelpoiseen muotoon eri tapahtumien kautta ja kierto riippuu siitä, onko kyseessä orgaanisen aineksen hajoamisen, biologisen typensidonnan, kivennäislannoitteiden tai peräti ilmakehästä eri prosessien kautta maahan päätyvä typpi.

Palkokasvit pystyvät sitomaan ilmakehän (N_2) typpeä juurinystyröissä elävien *Rhizobium*-bakteerien avulla suoraan ammoniumtyypen (NH_4^+) muotoon (Yli-Halla, 2009, s.17). Kasvi antaa energiaa (esim. sokeria, hiilihydraattia) *Rhizobium* - bakteereille ilmakehän typen muuttamiseksi ja bakteerit taas kasville ammoniumtyppeä kasvin proteiinin tuotantoon (Havlin, Tisdale, Nelson & Beaton, 2014, s. 124).

Typen mineralisaatiossa typpi vapautuu eloperäisestä aineksesta mineraalimuotoon. Typpi vapautuu, kun mikrobit käyttävät eloperäistä ainesta energialähteenään ja mikäli typpeä on yli mikrobien oman tarpeen, vapautuu typpeä maaperään. Typpeä vapautuu joko ammoniumtyypinä (NH_4^+) tai ammoniakkina (NH_3). (Yli-Halla, 2009, s.17) Mineralisaatioon kuuluu kaksi eri vaihetta: aminisaatio ja ammonifikaatio. Aminisaatiossa proteiinin lähteet muuttuvat sienten ja bakteerien vaikutuksesta ensin aminohapoiksi, sitten amineiksi ja aminit veden avulla (ammonifikaatio) ammoniumtypeksi. (Havlin ym., 2014, s. 137).

Immobilisaatiossa mineraalityppi sitoutuu eloperäiseen ainekseen mikrobien käyttäessä liukoista typpeä elintoimintoihinsa (Yli-Halla, 2009, s.17). Immobilisaatiossa epäorgaaninen mineraalityppi muuttuu eloperäiseksi typeksi. Mikrobit kilpailevat yhdessä kasvin kanssa typestä, jolloin kasville voi tulla ravinnepuutoksia (Havlin ym., 2014, s. 139).

Denitrifikaatiossa nitraattityppi (NO_3^-) pelkistyy dityppioksidiksi (N_2O) ja vapaaksi typpikaasuksi (N_2). Dityppioksidia muodostuu, kun maa on huonosti tuuletettu.

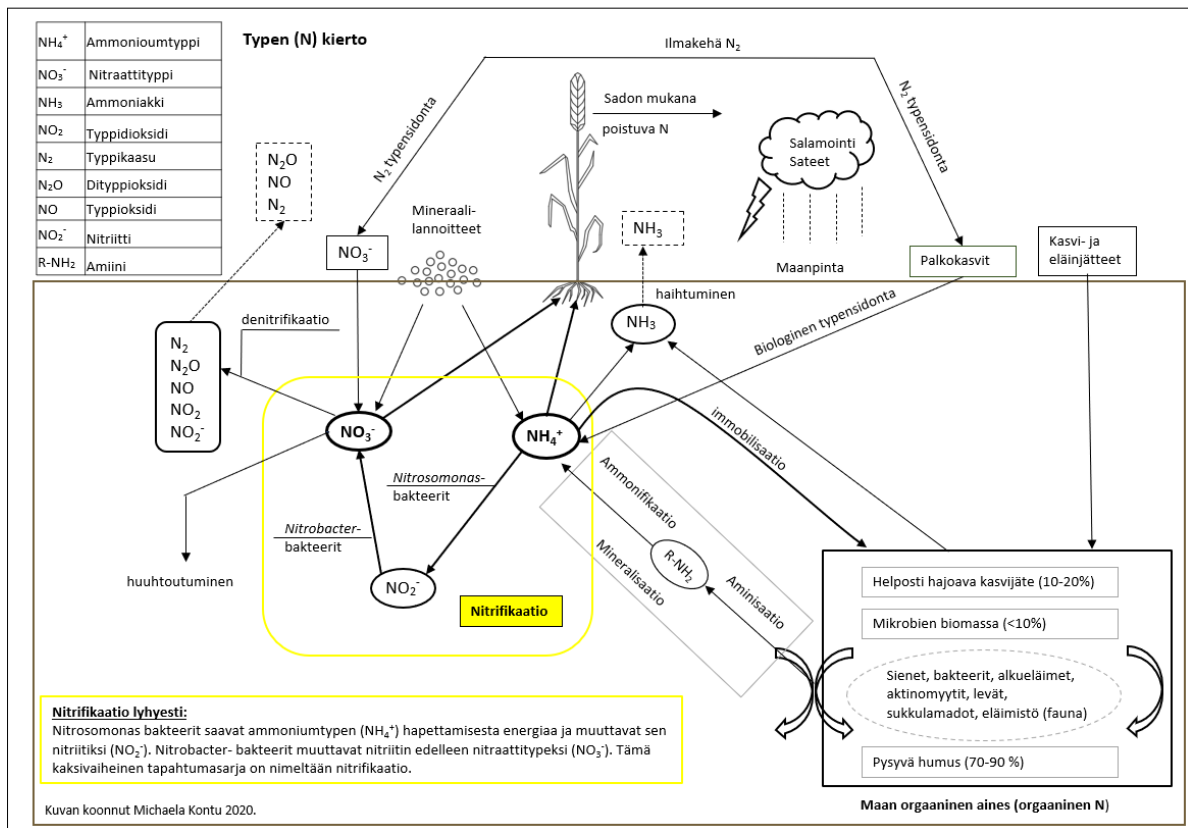
Kaasumaisten typpiyhdisteiden tappiot ovat merkittävimmät, kun maassa on märkää ja lämmintä, pH ei ole liian alhainen ja orgaanista ainesta on runsaasti. (Hartikainen, 1992, s. 76)

Typpeä voi poistua maasta huuhtoutumalla, sadon mukana tai haihtumalla.

Nitraattimuotinen typpi voi huuhtoutua valumavesien mukana. (Yli-Halla, 2009, s.17) Typen haihtumiseen vaikuttaa ilman lämpötilan lisäksi maan pH. (Havlin ym., 2014, s. 156).

Nitrifikaatiossa ammoniumtyppi (NH_4^+) hapettuu mikrobiologisen tapahtuman seurauksena nitraattitypeksi (NO_3^-) (Hartikainen, 1992, s. 221). Nitrifikaatiossa ammoniumtyppi muuttuu ensin *Nitrosomonas*-bakteerien avulla nitriitiksi (NO_2^-) ja nitraatti edelleen *Nitrobacter*-bakteerien avulla nitraatiksi (Yli-Halla, 2009, s.17).

Kuva 1. Typen kierto maaperässä. Kuva laadittu (Yli-Halla, 2009, s. 17), (Havlin ym.,2014, s. 119) ja (Brady & Weil, 2017, s.606) pohjalta.



2.2 Nitrifikaatio

Kuten jo aiemmassa luvussa todettiin, nitrifikaatiossa ammoniumtyppi (NH_4^+) hapettuu mikrobiologisen tapahtuman seurauksena nitraattitypeksi (NO_3^-) (Hartikainen, 1992, s. 221). Nitrifikaatiossa ammoniumtyppi muuttuu ensin *Nitrosomonas*-bakteerien avulla nitriitiksi (NO_2^-) ja nitraatti edelleen *Nitrobacter*-bakteerien avulla nitraatiksi (Yli-Halla, 2009, s.17).

Nitrifikaatiobakteerit ovat hyvin vaativia bakteereja. Jos maa on hapan, liian viileä, liian kuiva tai on puutetta hapestä, nitrifikaatiota ei tapahdu ja maahan kertyy ammoniumtyppeä (NH_4^+). (Hartikainen, 1992, s. 221)

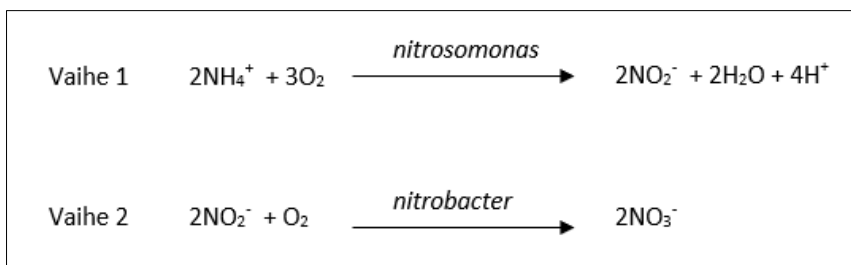
Ammoniumtyppi (NH_4^+) nitrifioituu melko nopeasti lämpimässä maassa, mutta maa ei saa olla huonosti tuuletettu eikä liian hapan. Nitrifikaation reaktiot ovat nopeimmillaan 25–30 °C:n lämpötiloissa ja käynnistyvät lämpötilan ollessa 4–5 °C. (Hartikainen, 1992, s. 75; Havlin ym., 2014, s. 147)

Toksiset eli myrkylliset aineet hidastavat tai rajoittavat nitrifikaatiota. Happamassa maassa voivat alumiini (Al_3^+)- ja mangaani (Mn^{2+})-ionien pitoisuudet nousta mikrobien toiminnan kannalta myrkylliselle tasolle. (Hartikainen, 1992, s. 75)

Nitrosomonas- ja *Nitrobacter*-bakteerien lisäksi on muitakin ammoniumia hapettavia bakteereja löydetty ja ne kuuluvat *Nitrosococcus*-, *Nitrosolobus*-, *Nitrospira*- ja *Nitrovibrio*-sukuihin. (Hartikainen, 1992, s. 75; Havlin ym., 2014, s. 145). Viime aikoina *Crenarchaeota* (*Archaea*) bakteerien on havaittu hapettavan ammoniumtyppeä ja se saattaa vaikuttaa enemmän nitrifikaatioon kuin nitrifikaatiobakteerit (Havlin ym., 2014, s. 145). Nitrifioivat bakteerit (*Nitrosomonas* ja muut *nitroso*-suvun sekä *nitrobacter*- ja muut *nitro*-alkuiset bakteerit) ovat yleisiä maassa ja vedessä (Salkinoja-Salonen, 2002, s. 286)

Nitrosomonas ja *Nitrobacter* ovat bakteereja, jotka saavat energiaa typen (N) hapettamisesta ja ottavat tarvitsemansa hiilen (C) hiilidioksidista (CO_2). (Havlin ym., 2014, s. 145) Kuvassa 2 on esitetty nitrifikaation reaktioyhtälö.

Kuva 2. Nitrifikaation reaktioyhtälö. (Havlin ym., 2014, s. 145)



Koska nitrifikaatio on mikrobiologinen prosessi, maaperän olosuhteet vaikuttavat nitrifikaation määrään. Nitrifikaatioon vaikuttaa ammoniumtyypen (NH_4^+) määrä. Jos olosuhteet eivät ole suotuisat mineralisaatiolle tai jos maahan ei ole lisätty ammoniumtyypen lähteitä, nitrifikaatio toimii heikosti. Nitrifikaatio toimii laajalla pH:n alueella (5-9) ja ihanteellisin pH on ~ 8 . Nitrifikaatiobakteerit tarvitsevat riittävästi kalsiumia (Ca^{+2}), fosforihappoa ($H_2PO_4^-$) ja mikroravinteita. Maaperän pH ja kalsiumin vaikutus nitrifikaationopeuteen riippuu kalkituksesta. (Havlin ym., 2014, s. 145–146) Nitrifikaatio-nopeus laskee nopeasti pH:n ollessa alle 5 (Parent & Khiari, s. 115).

Aerobinen nitrifikaatiobakteeri ei tuota nitraattityyppiä hapen puutteessa. Tärkeää on ylläpitää ilmavia olosuhteita, joissa kaasujen vaihto on toimiva. Ilmava maan rakenne on nitrifikaation kannalta hyvä. Myös eloperäisen aineen lisääminen maahan parantaa maan ilmavuutta. Maan kosteus ja ilmavuuden vaikutus ovat nitrifikaation kannalta lähellä toisiaan. Nitrifikaatio näyttää tutkimusten mukaan toimivan parhaiten, kun maa on kenttäkapasiteetissa. Kenttäkapasiteettia alhaisemmalla kosteudella nitrifikaatio hidastui. (Havlin ym., 2014, s. 146).

Nitrifikaatioprosessissa vapautuu vetyioneja, jotka hapattavat maata, joten ammoniumtyppilannoitteet laskevat maan pH:ta. (Yli-Halla, 2009, s.17).

Biologisella jätevedenpuhdistamolla poistetaan jätevesien typpeä nitrifioivien bakteerien avulla (*Nitrosomonas* ja *Nitrobacter*). Nitrifioivat bakteerit eivät siedä korkeaa orgaanisten aineiden pitoisuutta ja ne viihtyvät vasta sellaisessa altaassa, jossa pääosa orgaanisesta aineesta on hapetettu hiilidioksiiksi. (Salkinoja-Salonen, 2002, s. 286–287)

3 Rejektiviesikonsentraatin ja mineraalilannoitteiden typpiominaisuudet

3.1 Biokaasulaitoksen rejektiviesikonsentraatti

Biokaasulaitos tuottaa biokaasua erilaisista orgaanisista raaka-aineista. Biokaasua voidaan käyttää niin ajoneuvojen polttoaineisiin kuin teollisuuden energiaksi. Biokaasutuotannossa saadaan otettua talteen orgaanisia ravinteita, joten se tehostaa myös kiertotalousvaikutusta. (Gasum, n.d.)

Biokaasun tuotanto on vakiintunutta ja tuotanto etenee usean eri vaiheen läpi. Aluksi biojäte murskataan ja lietetään (eli lisätään nesteitä biojätteen joukkoon) ja seoksesta poistetaan kaikki biohajoamaton jäte (mm. muovipussit). Murskattu ja lietetty biojäte lämmitetään 37 °C:n lämpötilaan ja siirretään esimädätyssäiliöihin. Esimädätyksen jälkeen biomassa hygienisoidaan lämmittämällä se tunniksi 70 °C:n lämpötilaan. Hygienisoinnin jälkeen massa pumpataan pääreaktoriin, jossa itse biokaasun tuotanto lopulta tapahtuu.

Biokaasureaktorissa orgaaninen aines muuttuu mikrobitoiminnan seurauksena metaaniksi ja hiilidioksidiksi ja prosessi kestää noin kolme viikkoa. Biokaasureaktorin yläosassa on

kaasukello, johon biokaasu kerätään talteen. Lopuksi biokaasu puhdistetaan poistamalla siitä hiilidioksidia ja epäpuhtauksia, jonka jälkeen biokaasu on valmista käytettäväksi. Biokaasu on vähintään 95-prosenttisesti metaania. (Gasum, n.d.)

Biokaasun valmistuksesta jää jäljelle mädätysjäännös, joka johdetaan jälkimädätysreaktoriin ja sieltä varastosäiliöihin. Mädätysjäännös voidaan vielä lingota/separoida, jolloin siitä erotetaan kiinteä eli kuivajae ja nestemäinen osa eli rejektivesi. Kiinteää mädätysjäännöstä voidaan käyttää esimerkiksi peltolannoitteena. Rejektivettä voidaan käyttää uudelleen seuraavan murskatun biojäte-erän liettämiseen. Rejektivesi sisältää runsaasti ravinteita, etenkin typpeä ja sitä voidaan prosessoida edelleen ja käyttää esim. lannoitteena. (Gasum, n.d.; ks. myös RE-maatila, n.d.)

Konsentraatiksi sanotaan väkevöityä liuosta/tiivistettä (Suomisanakirja, n.d.).

Biokaasulaitoksen rejektivesikonsentraatilla tarkoitetaan siis biokaasulaitoksen mädätysjäännöksestä separoidusta/lingotusta nestemäisestä osasta eli rejektivedestä tuotettua väkevöityä liuosta/tiivistettä.

3.1.1 BioKymppi Oy

BioKymppi Oy on orgaanisten jätteiden käsittelyyn, energia- ja lannoitetuotantoon keskittynyt yksityinen osakeyhtiö, joka tarjoaa myös biokaasutuotannon ja jätteiden kierrätykseen ja käsittelyyn liittyviä koulutus-, asiantuntija- ja tutkimuspalveluita. Yrityksen biokaasulaitos sijaitsee Kiteen Sopensuolla, jossa orgaanisista jätteistä tuotetaan biokaasua ja luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuvia täydennyslannoitteita. (BioKymppi, n.d. a)

Biokaasulaitoksen reaktoreissa syntyvällä biokaasulla ja Kiteen suljetulta kaatopaikalta kerättävällä kaasulla tuotetaan sähköä ja lämpöä CHP-laitoksen (generaattori+ kaasumoottori) avulla. Laitos hyödyntää osan energiasta itse ja osa biokaasusta siirretään toiselle kaasukattilalle ja CHP-laitokselle, jossa kaasu muutetaan lämmöksi ja sähköksi Kiteen Kaukolämpöverkkoon. Osa tuotetusta sähköstä myydään valtakunnan verkkoon. (BioKymppi, n.d. a) CHP on lyhenne sanoista ”combined heat and power” eli suoraan käännettynä yhdistetty lämpö ja sähkö. CHP-laitoksen avulla saadaan tuotettua biokaasusta sähkö- ja lämpöenergiaa ja se mahdollistaa myös sähkön myynnin eteenpäin. (Biovoima, n.d.)

Biokaasulaitoksella mädätykseen käytetään biohajoavia tähteitä ja jätteitä. Tärkeimpiä raaka-aineita ovat kotitalouksien erilliskerätty biojäte, elintarviketeollisuuden sivuvirrat (mm. 3-luokan teurasjäte), pakattu biojäte, karjanlanta ja rasvanerotuskaivojen ja jätevedenpuhdistamojen lietteet. (BioKymppi, n.d. b) Luokan 3 teurasjäte sisältää mm. ihmisravinnoksi hyväksytyjen eläinten sivutuotteet (esim. maha, keuhkot, likaantuneet osat), pitopalveluiden, ravintoloiden ja keittiöiden ruokajäte ja entiset eläinperäiset elintarvikkeet (tukku- ja vähittäiskaupasta tai teollisuudesta), jotka eivät aiheuta vaaraa ihmisille ja eläimille, mutta jotka eivät enää ole tarkoitettu ihmisravinnoksi esim. pakkauksessa esiintyneiden ongelmien vuoksi. (Ruokavirasto, n.d. a)

BioKymppi Oy valmistaa kolmenlaista kierrätyslannoitetta: nestemäistä LuomuKymppi A-lannoitetta ja kiinteää LuomuKymppi B -lannoitetta, jotka soveltuvat luomuviljelyyn, sekä tavanomaiseen viljelyyn sopivaa NurmiKymppi A-lannoitetta. LuomuKymppi-lannoitteissa on käytetty raaka-aineina kasvipohjaisia tähteitä ja jätteitä, lantaa sekä kotitalouksien erilliskerättyä biojätettä. NurmiKymppi A:ssa on käytetty edellisten lisäksi rasva- ja puhdistamolietteitä. Lannoitteet on hygienisoitu kuumentamalla ne yli 70 °C:n yli tunnin ajaksi, joka tuhoaa e-colin, salmonellan, hukkakauran ja rikkakasvien siemenet. (BioKymppi, n.d. c)

LuomuKymppi A on luomuhyväksytty nestemäinen lannoitevalmiste (BioKymppi, n.d. d). Tuote on valmistettu mädätysjäänöksestä, jonka raaka-aineina on käytetty erilliskerättyä biojätettä, kasvipohjaisia jätteitä, kaupan vanhoja elintarvikkeita, 3. luokan teurasjätettä ja karjanlantaa. LuomuKymppi A:n tilavuuspaino on 990 kg/m³, pH 8,3, kosteusprosentti 95,2 % ja orgaanisen aineksen pitoisuus on 70,8 % kuiva-aineesta. (BioKymppi, n.d. e)

LuomuKymppi B on luomuhyväksytty kiinteä maanparannusaine (BioKymppi, n.d. d). Tuote on biokaasulaitoksen kuivattu mädätysjäänös, jonka raaka-aineina on käytetty erilliskerättyä biojätettä, kasvipohjaisia jätteitä, kaupan vanhoja elintarvikkeita, 3. luokan teurasjätettä ja karjanlantaa. LuomuKymppi B:n tilavuuspaino on 740 kg/m³, pH 6,6, kosteusprosentti 81 % ja orgaanisen aineksen pitoisuus on 87,6 % kuiva-aineesta. (BioKymppi, n.d. f)

Opinnäytetyössä tarkasteltavan tutkimusaineiston kasvatuskokeissa käytetty biokaasulaitoksen rejektivesikonsentraatti (lyh. konsentraatti) oli BioKymppi Oy:n tuottama konsentraattilannoite. Konsentraatti oli tuotettu LuomuKymppi A:sta esisuodatuksen, ultrasuodatuksen ja käänteisosmoosin avulla (Juvonen, 2018). Konsentraatin valmistusprosessi on monivaiheinen ja sitä ei ole tässä yhteydessä aiheen rajauksen vuoksi avattu enempää. Aiheeseen voi tutustua tarkemmin Summalan (2017) opinnäytetyössä, jossa BioKymppi Oy:lle on asennettu biokaasulaitoksen rejektivesien konsentrintilaitteisto ja laadittu laitteistolle käyttöohjeet. Työssä on kuvattu konsentraatin valmistusprosessi tarkasti.

BioKymppi Oy:n valmistama konsentraatti sopii koostumuksensa puolesta hyvin kastelulannoitukseen. Alhaisen kuiva-ainepitoisuuden ($k_a = 2,3 \%$) vuoksi tuotteen viskositeetti on alhainen ja konsentraatti virtaa hyvin kastelujärjestelmissä. Vertailtaessa eri lannoitteita, konsentraatin viskositeetti on $1,3 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, LuomuKymppi A:n $6,1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ja naudon lietteen $52 \text{ mPa}\cdot\text{s}$. Konsentraatin hiukkaskoko on alle $0,01 \mu\text{m}$ ja kastelujärjestelmän suuttimet läpäisevät hiukkaskooltaan alle $100 \mu\text{m}$ hiukkasia. (Juvonen, 2018)

Konsentraatti on luomuhyväksytty ja sitä voidaan käyttää typpi (N)- ja kalium (K)-lannoitukseen. Konsentraatti sisältää paljon liukoista typpeä (N) ja vähän fosforia (P). Typpi on pääosin ammonium-muodossa. (Juvonen, 2018; Juvonen 2019a)

3.2 Mineraalilannoitteet

Teollisesti valmistettuja lannoitteita kutsutaan joko väkilannoitteiksi, kivennäislannoitteiksi tai mineraalilannoitteiksi. Ne sisältävät usein helppoliukoista typpeä, joka on kasveille välittömästi käyttökelpoista. Teollisesti valmistettujen lannoitteiden typpi on peräisin ilmakehässä olevasta typpikaasusta (N_2) ja se sidotaan teollisuusprosessissa ammoniakiksi (NH_3) fossiilisten polttoaineiden avulla. Ammoniakista saadaan edelleen jalostettua nitraattityppeä (NO_3^-). (Yli-Halla, 2009, s.14) Mineraalilannoitteiden muut ravinteet ovat lähtöisin maaperästä, josta ravinteita sisältävää malmia on louhittu ja rikastettu. Osa lannoitteissa käytetyissä raaka-aineista ovat lähtöisin teollisuuden sivuvirroista. (Kleemola, 2009, s.40)

Mineraalilannoitteiden typpipitoisuus on usein orgaanisia lannoitteita korkeampi. Niiden rakeinen olomuoto tekee niistä helposti käytettäviä ja niiden maahan sijoitus on helppoa. Mineraalilannoitteet valmistetaan kontrolloidusti teollisuudessa ja tämä takaa lannoitteen tasaisen laadun ja alhaiset raskasmetallipitoisuudet. (Kleemola, 2009, s.40)

Mineraalilannoitteet luokitellaan tuotantomenetelmän, ravinteiden lukumäärän, koostumuksen, fysikaalisen olomuodon ja lannoitusvaikutuksen mukaan. Luonnollinen tuotantomenetelmä pitää sisällään vain hieman prosessoituja tai luonnossa sellaisenaan esiintyviä ravinneaineita. Teollisessa tuotantomenetelmässä taas raaka-aineet ovat täysin synteettisiä. Mineraalilannoite voi olla yksiravinteinen, jolloin se sisältää vain yhtä kasviravinnetta tai moniravinteinen, jolloin kasviravinteita on lannoitteessa kaksi tai enemmän. Koostumukseltaan lannoite voi olla mekaaninen seos yksi- tai moniravinteisista lannoitteista tai sitten yhteen lannoiterakeeseen on kemiallisesti yhdistetty kaikkia haluttuja ravinteita. Mineraalilannoite voi olla olomuodoltaan joko kiinteää, nestemäistä tai kaasumaista. Lannoitusvaikutus voi olla joko nopeavaikutteinen, jolloin ravinteet ovat kasville heti käyttökelpoisessa muodossa tai hidaskaikutteinen, jolloin ravinteet muuntuvat kasveille käyttökelpoiseen muotoon viikkojen tai kuukausien kuluessa. (Kleemola, 2009, s.40)

Yleisimmin lannoitteena levitetty kasviravinne on typpi. Typpilannoitteiden typpipitoisuudet, typen kemialliset olomuodot ja typen vaikutusnopeus vaihtelevat eri tuotteissa. Suomessa yleisimmin käytettävissä mineraalilannoitteissa typpi on joko ammonium- ja/tai nitraattimuodossa. Muualla maailmassa on käytössä ureatyyppi (amidityppi), joka muuttuu maassa ensin ammoniumtyypeksi ja on lannoitusvaikutukseltaan ammonium/nitraattityppeä hitaampaa. Ureaa hidaskaikutteisempaa typpilannoitetta saadaan päällystämällä tavalliset lannoiterakeet ohuella kalvolla. Lannoiterakeet päällystetään usein amini- ja öljypohjaisilla aineilla, estämään paakkuuntumista. (Kleemola, 2009, s.41)

Typpilannoitteen kokonaistehoon voidaan vaikuttaa peltoviljelyssä oikealla lannoitetyypin valinnalla, tekniikalla (sijoituslannoitus) ja levitysajankohdalla (kevät/syys). Tehoa laskee nitraattityypin huuhtoutuminen ja ureatypen haihtuminen. Kasvukauden aikana voidaan käyttää ns. lehtilannoitteita (liuoslannoitteita), jotka voidaan levittää kasvustoon joko

sadettamalla tai ruiskuttamalla lannoite kasvinsuojeluruiskulla kasvustoon. (Kleemola, 2009, s.41–42)

Typpilannoitetyyppejä on seitsemän erilaista. Ammoniumlannoitteet sisältävät nestemäistä ammoniakkia, jonka typpipitoisuus on 80 % (N = 80 %) ja/tai ammoniumsulfaattia (N = 21 %). Nitraattilannoitteet sisältävät kalsiumnitraattia (N = 16 %) ja/tai natriumnitraattia (N = 16 %). Ammoniumnitraattilannoitteissa voi olla ammoniumnitraattia (N = 34 %), kalsiumammoniumnitraattia (N = 21-28 %) ja/tai ammoniumsulfaattinitraattia (N = 26–30 %). Amidilannoitteet koostuvat ureasta (N = 45-46 %) ja/tai kalsiumsyanamidista (N = 20 %). Useampaa typen eri muotoa on urea-ammoniumnitraattiliuoksessa (N = 28–32 %). Näiden lisäksi on hidasliukoisia typpilannoitteita sekä moniravinteisiä lannoitteita. Moniravinteisissä lannoitteissa typpi on usein yksi merkittävimmistä ravinteista.

Lannoitevalmistajia löytyy Suomen markkinoilta useita mm. Yara, Cemagro, Belor Agro, Acron, Berner, Novarbo (Biolan), Eurochem, Flex, Griino, Haifa, Hortigrow, Cisco, Kekkilä, Mivena, Vilomix ja NEKO. (Minun Maatilani, 2020) Lannoitevalmistajien valikoimista löytyy niin rakeisia kuin myös nestemäisiä lannoitteita. Lannoitteista löytyy typpeä niin ammonium- kuin myös nitraattimuodossa ja niiden suhteet vaihtelevat eri lannoitetyypeissä.

Yara on maailmanlaajuinen ja maailman johtava lannoiteyritys, joka toimittaa kivennäislannoitteita, teollisuuskemikaaleja ja ympäristönsuojelutuotteita (Yara, n.d. a). Yara on Suomen ensimmäinen lannoitevalmistaja, jonka historia ulottuu aina vuoteen 1920, jolloin se toimi nimellä Rikkihappo- ja Superfosfaattitehtaat. Sitten nimi muuttui Rikkihappo Oy:ksi, Kemira Oy:ksi, Kemira Agrokseksi, Kemira Grow How:ksi ja vuonna 2007 yrityksestä tuli norjalaisen Yara International ASA:n tytäryhtiö. (Yara, n.d. b)

Yaran valikoimissa on useita erilaisia lannoitteita eri kasvien erilaisiin ravinnetarpeisiin. Valikoimissa on niin rakeisia mineraalilannoitteita, lehtilannoitteita kuin kastelulannoitteita. (Yara, n.d. c) Mineraalilannoitteiden typpisisällöt vaihtelevat eri lannoitevalmisteiden mukaan. Esimerkiksi Yara Mila tuotesarjan rakeisissa lannoitteissa puutarhakasveille soveltuvassa kloorivapaassa Yara Mila HeVi 4 lannoitteessa typpeä on 12 %, josta ammoniumtyppeä 7,1 % ja nitraattityppeä 4,8 % (Yara, n.d. d). Yaran rakeisissa typpilannoitteissa Yara SUOMENSALPIETARI:ssa typpeä on 26,8 %, josta ammoniumtyppeä

on 14,6 % ja nitraattityppeä 12,2 % (Yara, n.d. e). Kastelu- ja lehtilannoitukseen käytettävä vesiliukoinen Yara Tera KRISTA K PLUS sisältää 13,7 % typpeä, josta nitraattityppeä on 13,7 % (Yara, n.d. f).

Kasvihuoneella kasvualustan peruslannoitukseen käytetään jauhemaista tai rakeista lannoitetta, joista jauhemainen sopii turpeiden peruslannoitukseen. Peruslannoitteen lisäksi kasvatusaikana lisälannoitus hoidetaan usein kastelulannoituksena. Ruokkuviljelyssä, esimerkiksi ryhmäkasveille, käytetään hidasliukoisia ja pitkävaikutteisia lannoitteita, jotta ravinteita riittää koko kasvukauden ajaksi. (Järvinen ym., 2016, s. 150)

Kasvihuoneviljelyssä turvekasvualustat on usein peruslannoitettu moniravinnelannoitteella. Tällä halutaan taata heti viljelyn alusta lähtien turpeen kyky puskuroida eli muuttaa ravinteita. (Kanniainen, 1997, s. 152)

4 Kasvualustojen typpiominaisuudet

Peltoviljelyssä samanlaisilla viljelymailla on usein samanlaiset viljelyominaisuudet ja niiden tarkastelua helpottaa niiden maalajiluokittelu. Kivennäismaiden luokittelu perustuu niiden raakoostumukseen ja eloperäisten maiden luokittelu orgaanisen aineksen määrään, laatuun ja syntytapaan. Suomessa kivennäismaaksi luokitellaan maat, joiden orgaanisen aineksen pitoisuus on alle 20 %. Maat luokitellaan eloperäisiksi, kun orgaanisen aineksen pitoisuus on niissä yli 20 %. Multamaissa (Mm) orgaanista ainesta on 20–40 % ja turpeiksi luokitelluissa maissa orgaanisen aineksen pitoisuus on yli 40 %. (Hartikainen, 1992, s. 24–25, 31–32)

4.1 Kivennäismaat ja eloperäiset maat

Suomessa kivennäismaaksi luokitellaan maat, joiden orgaanisen aineksen pitoisuus on alle 20 %. Kivennäismaat jaetaan edelleen kahteen pääryhmään, joista toinen on moreenimaalajit ja toinen lajittuneet maalajit. (Hartikainen, 1992, s. 24–25)

Maalaji nimetään sen mukaan, mitkä maalajitteet ovat siinä vallitsevia. Eri maalajitteita ovat saves, joiden rakeiden läpimitta on alle 0,002 mm, hieno hiesu (0,002–0,006 mm), karkea hiesu (0,006–0,02 mm), hieno hieta (0,02–0,06 mm), karkea hieta (0,06–0,2 mm), hieno

hiekkä (0,2–0,6 mm), karkea hiekkä (0,6–2 mm), hieno sora (2–6 mm), karkea sora (6–20 mm) ja pienet kivet (20–60 mm). (Hartikainen, 1992, s. 25)

Lajittuneet kivennäismaat nimetään maalajikolmion avulla ja maalajin nimeämiseen vaikuttaa maassa oleva raekokojakauma (Hartikainen, 1992, s. 25), toisin sanoen montako prosenttia maassa on mitäkin maalajitetta. Lajittuneita kivennäismaita ovat liejusavi (Lj), aitosavi (AS), hiesusavi (HsS), hiuesavi (HeS), hietasavi (HtS), hiue (He), hiesu (Hs), hieta (Ht), hiekkä (Hk) ja sora (Sr) (Hartikainen, 1992, s. 26–30).

Moreenimaat, eli lajittumattomat kivennäismaat, ovat yleisimpiä maita Suomessa. Moreenissa on sekoittuneena eri lajitteita aina saveksesta kiviin ja lohkareisiin. Moreenimaat eivät ole lajittuneita, joten niiden rakeet ovat särmikkäitä. Moreenimaita ovat savi (SMr)-, hiesu (HsMr)-, hieta (HtMr)-, hiekkä (HkMr)- ja soramoreenit (SrMr). Moreenimaiden etuna on monipuolinen lajitekoostumus. Karkeammat lajitteet ovat hyviä maan fysikaalisten ominaisuuksien kannalta ja hienommat lajitteet ravinneominaisuuksien kannalta. Savi-, hiesu- ja hietamoreeni ovat luokitukseltaan hienoaineksisia moreeneja. Hietamoreenin (HtMr) ilmavuus- ja kosteussuhteet sekä ravinnepitoisuus ovat hyvät. Hietamoreeni sopii hyvin hikeytyensä puolesta viljelysmaaksi ja on myös hyvää metsämaata. (Hartikainen, 1992, s. 30–31)

Kivennäismaissa huomioidaan orgaanisen aineksen pitoisuus erilaisella lisämäärällä. Määreitä ovat vähämultainen (vm., alle 3 % orgaanista ainesta), multava (m., 3–6 %), runsasmultainen (rm., 6–12 %) ja erittäin runsasmultainen (erm., 12–20 %). (Hartikainen, 1992, s. 28; ks. myös Eurofins, n.d., s.45)

Eloperäisissä maissa luokittelu perustuu orgaanisen aineksen määrään, laatuun ja syntytapaan. Eloperäisten maiden orgaanisen aineksen pitoisuus on yli 20 %. Multamaissa (Mm) orgaanista ainesta on 20–40 % ja turpeiksi luokitelluissa maissa orgaanisen aineksen pitoisuus on yli 40 %. Turpeet ovat muodostuneet pääosin suokasvien jätteistä ja turvelajien luokittelu perustuu kasvinjätekoostumukseen. Turpeet jaetaan kahteen pääryhmään: rahkaturpeisiin ja saraturpeisiin. Joitain lajeja voidaan lisäksi luokitella lehtisammalen osuuden ja puunjätteen määrän perusteella. (Hartikainen, 1992, s. 24,31)

Yleisimpiä rahkaturvelajeja ovat rahkaturve (S-T), sararahkaturve (CS-t) ja metsärahkaturve (LS-t), joka sisältää puunjätettä. Saraturpeita ovat saraturve (C-t), rahkaturve (SC-t), metsäsaraturve (LC-t) ja ruskosammalsaraturve (BC-t). (Hartikainen, 1992, s. 31)

4.1.1 Typen ravinnemäärät peltomaassa ja huuhtoutuminen

Peltomaan muokkauskerroksessa oleva ravinteiden määrä riippuu maalajista, maaperästä ja orgaanisen aineen määrästä. Muokkauskerroksessa on kivennäismailla typpeä useita tonneja, jopa kymmenen tonnia hehtaaria kohden ja turvemaidilla vielä enemmän. Osa ravinteista on maassa luonnostaan ja osa on lannoituksen seurauksena maahan varastoitunutta ylijäämää. (Puustinen, 2009, s. 88)

Typpi on varastoitunut muokkauskerrokseen orgaaniseen ainekseen, mikrobimassaan ja kasvien korjuutähteisiin. Vain pieni osa varastoituneesta typestä on kasveille käyttökelpoista epäorgaanista typpeä. Käyttökelpoinen typpi on maanesteessä liukoisessa nitraattimuodossa tai on sitoutunut maahiukkasiin ammoniumtyyppinä. Joka vuosi osa orgaanisesta typestä mineralisoituu ja muokkauskerroksen epäorgaanisen typen määrä lisääntyy. (Puustinen, 2009, s. 88)

Ravinteita huuhtoutuu pelloilta kuivatusvesien mukana. Valunta pelloilta on vuodessa keskimäärin 300 mm, joka vesimääräksi muutettuna tarkoittaa 3000 kuutiota peltohehtaaria kohden. Valunta kasvukauden aikana on alle 10 % koko vuoden valunnasta ja kasvukauden ulkopuolella tapahtuu yli 90 % koko vuoden valunnasta, toisin sanoen ravinnekuormituksesta. (Puustinen, 2009, s. 88–89)

Pelloilta typpi huuhtoutuu pääosin liukoisessa nitraattimuodossa ja karjanlannalla lannoitetulta pelloilta myös ammonium-muodossa. Pääosa huuhtoutuvasta typestä tulee salaojavaluntana ja jyrkillä pelloilla myös pintavaluntana. Lannoitteiden pintalevitys aiheuttaa suurimman huuhtoutumisriskin. (Puustinen, 2009, s.89)

Typpihuuhtoumat alkavat viljakasveilla normaalisateisena vuotena kasvaa, kun typpilannoitusmäärä ylittää 100 kg/ha/vuosi. Typen huuhtoumassa ei tämän tason alapuolella ole havaittu eroja. Kasvit käyttävät lannoitetypestä kasvukauden aikana 40–80 % ja käyttämätön typpi sitoutuu maan orgaaniseksi typeksi. Loppukesän ja syksyn aikana

orgaaninen typpi vapautuu mineralisaation kautta epäorgaaniseen muotoon. Mineralisaatio on voimakkaammillaan kosteassa ja lämpimässä maaperässä. Lannoitetussa muokkauskerroksessa on aina ylimääräistä epäorgaanista typpeä johtuen mineralisaatiosta. Typpeä huuhtoutuu vuodessa keskimäärin 15–18 kg/ha. (Puustinen, 2009, s.89)

4.1.2 Typen analysointimenetelmät ja kasvien typen tarve

Kivennäismaiden ja eloperäisten maiden typpilannoituksen suunnitteluun käytetään viljavuusanalyysillä saatuja tietoja. Tavallisella viljavuustutkimuksella saataviin tuloksiin sisältyy maan multavuusluokan määrittäminen ja typpipitoisuutta ei erikseen määritellä (Eurofins, n.d.).

Jos viljeltävä peltolohko kuuluu ympäristökorvauksen piiriin, typpilannoitusta säätelee ympäristökorvauksen määrittelemät, maan multavuuteen perustuvat typpilannoituksen enimmäismäärät. Esimerkiksi ohran viljelyssä (satotaso 4000 kg/ha) typpilannoituksen enimmäismäärä vähämultaisilla (vm) ja multavilla (m) mailla on 100 kg/ha, runsasmultaisilla (rm) mailla 90 kg/ha, erittäin runsasmultaisilla (erm) mailla 80 kg/ha ja eloperäisillä mailla 60 kg/ha. Avomaakurkulla typpilannoituksen enimmäismäärä vähämultaisilla (vm) ja multavilla (m) mailla on 160 kg/ha, runsasmultaisilla (rm) mailla 150 kg/ha, erittäin runsasmultaisilla (erm) mailla 140 kg/ha ja eloperäisillä mailla 125 kg/ha. (Ruokavirasto, n.d. b) Yleisenä käytäntönä peltoviljelyssä on, että viljelykasveja lannoitetaan ympäristökorvauksen maksimirajojen mukaan.

Edellisen ympäristötukijärjestelmän yhtenä valittavana lisätoimenpiteenä oli ”typpilannoituksen tarkentaminen peltokasveilla”. Tämä toimenpide edellytti maan liukoisien typen määrittämistä ennen kevään lannoituksia ja siinä määriteltiin sekä ammonium- että nitraattityypen määrä. Maan liukoinen typpi voitiin määrittää laboratoriossa ja sitä varten otettiin maanäytekairalla maanäyterasiainen muokkauskerroksen syvyydeltä peltomaata. Näyte tuli lähettää viimeistään kolmen tunnin kuluttua näytteenotosta ja näytettä ei saanut säilyttää lämpimässä, ettei typpipitoisuus muuttuisi. (ProAgria, n.d.)

Liukoinen typpi voidaan määrittää myös itse ns. typpilaukun avulla. Typpilaukkujen käyttö perustui myös edellisen tukikauden ympäristösitoumusjärjestelmän ”typpilannoituksen

tarkentaminen peltokasveilla” lisätoimenpiteeseen (Farmit, n.d.). Eri tyypilaukkujen avulla saatiin määritettyä joko pelkästään nitraattityppi tai sitten ammonium- ja nitraattityppi. Joillain tuotepakkauksilla voitiin lisäksi määrittää muiden ravinteiden sekä pH:n määrä peltomaassa. (TEHO, 2009)

4.2 Turvekasvualustat

Rahkasammalet (Spagnum-suku) ovat tyypillisin suokasvirhyhmä. Rahkasammalilla on rahkasolujensa ansiosta hyvän kasvualustan ominaisuuksia. Rahkasolujen tehtävänä on imeä ja johtaa vettä. Rahkasolujen seinissä on rengasmaisia, levymäisiä ja kierteisiä vahvennuksia, joiden takia ne eivät painu kuivanakaan kasaan ja pystyvät vielä maatumisvaiheessa kuljettamaan ja imemään vettä. Rahkasammal pystyy varastoimaan ja luovuttamaan suuria määriä ravinteita lehti- ja varsisolujensa pinta-aktiivisuutensa ansiosta. Rahkasammalta ei tarvitse kompostoida, vaan se on heti valmista käyttöön. (Puustjärvi, 1973, s.19)

Turpeella kasvualustaominaisuudet määräytyvät maatumisasteen ja kasvilajikoostumuksen mukaan. Maatumisasteen määrittymenetelmistä on yleisimmin käytössä von Postin menetelmä. Maatumisaste määritellään välillä H1-H10, josta H1 maatumatonta ja H10 kokonaan maatumutta turvetta. Maatumisaste määritellään puristamalla tuoretta turvetta kädessä ja tarkkailemalla siitä puristevettä ja myös käteen jäävää turvemassaa. (Puustjärvi, 1973, s.23)

Vaalean turpeen maatumisaste von Postin asteikolla on 1–3. Turpeen ominaisuudet määräytyvät vaaleassa turpeessa lähes ainoastaan turpeen kasvilajikoostumuksen mukaan. Vaalea rahkaturve ei sisällä juuri lainkaan kiinteää massaa ja se ei tästä syystä kuivuessaan kokkaroidu. Vaaleassa rahkaturpeessa ei ole mukana tummia maatumistuotteita, joten se on saman väristä kuin turvetta muodostavalla rahkasammaleella. (Puustjärvi, 1973, s.23)

Turpeen ravinnepitoisuus on usein luonnontilaisena todella alhainen. Turve on erittäin aktiivista ainetta ja pieneliöstön toiminta alkaa turpeessa heti kun se on kasteltu viljelykosteuteen. Pieneliöstö aloittaa orgaanisen aineksen hajotustoiminnan ja samalla typpi sitoutuu uusien solujen seiniin ja soluseiniin sitoutunut ainemäärä kasvaa. Lannoituksen kannalta on tärkeää tarkastella kasvualustan ja bakteerien välistä typpipitoisuutta. Vaalean

rahkasammalturpeen typpipitoisuus on 0,5–1 %:n välillä ja bakteerien typpipitoisuus lähes kymmenkertainen. (Puustjärvi, 1973, s.88, 116)

Mitä rahkasammalvaltaisempaa ja heikommin maatunutta turve on, sitä voimakkaammin typpi tulee sitoutumaan. Ensimmäisen vuoden aikana orgaanisesta aineesta voidaan ajatella hajautuvan n. 3–5 %. Pieneliöt eivät kuitenkaan ole pitkäikäisiä ja niiden kuoltua typpi jälleen vapautuu käyttöön. (Puustjärvi, 1973, s.88, 116)

Turvekasvualustalla viljelyn alkuvaiheessa typpeä sitoutuu enemmän kuin vapautuu ja tämän vuoksi turpeen typen tarve on alkuvaiheessa suuri. Turve siis sitoo typpeä enemmän kuin mitä kasvit sitä ottavat. Typen runsas vapautuminen alkaa muutaman kuukauden kuluessa ja typen tarve pienenee. Jossain vaiheessa typpeä vapautuu kasvien tarvitsema määrä. Jos tämä tilanne saavutetaan silloin, kun kasvin typen tarve on vähäistä, saattaa turpeen typpipitoisuus kohota haitallisen korkeaksi. (Puustjärvi, 1973, s.88, 117)

Turveviljelyssä turpeen orgaaninen typpi vapautuu pieneliöstön toiminnan vaikutuksesta ammonium-typeksi (NH_4^+). Osa ammoniumista sitoutuu humukseen, osa pieneliöstöön ja osa kasviin. Ilmavassa turpeessa osa ammoniumista hapettuu nitraattitypeksi (NO_3^-). (Puustjärvi, 1973, s.88, 117)

Urea hapettuu ilmavassa turpeessa (ilmatila vähintään 50 %) melko pian ammoniumiksi ja siitä edelleen nitraatiksi. Jos näin ei tapahdu, kertoo se turpeen liian hienojakoisesta rakenteesta tai liikakastelusta. (Puustjärvi, 1973, s.88, 117)

Turve saattaa olla rakenteeltaan liian hienoa tai karkeaa. Yleisimmin turve on liian hienoa, jolloin ilmatila on liian alhainen ja vesitila liian korkea. Tiivistä turverakennetta voidaan parantaa kuohkeuttavan lisäaineen lisäyksellä. Savi-turveseoksia ovat tarhurit suosineet jo vanhastaan ja hiekka-turveseoksia on käytetty myöhemmin laajasti. Hiekka ja turve sekoittuvat helposti keskenään ja niiden seossuhteita muuttamalla saadaan halutut ominaisuudet aikaan. (Puustjärvi, 1973, s.170–171)

4.2.1 Typen analysointimenetelmät ja kasvien typen tarve

Kasvihuoneviljelyssä tarkan lannoitesuunnitelman mukaista kasvin ravinnetarvetta seurataan erilaisilla ravinneliuoksesta tehtävillä analyyseillä. Antoliuokseksi sanotaan lannoiteveettä, joka lähtee lannoitesekoittimesta tai kasteluvesialtaasta. Puristenesteeksi sanotaan kasvualustassa olevaa, ravinnepitoista vapaata vettä. Ylikasteluksi sanotaan kastelukäytäntöä, jossa kasvualustaa kastellaan enemmän kuin mitä se voi maksimissaan pidättää. Johtokyky kertoo vesiliuoksen sähkönjohtokyvystä ja sen yksikkö on mS/cm. (Järvinen ym., 2016, s. 152–153)

Ravinnepitoinen ylikasteluvesi, eli pidättymätön vesi valuu kasvualustasta ulos ja se kerätään talteen erilaisten putkistojen ja kourujen avulla. Ylikastelun avulla saadaan kasvualustan ravinnepitoisuutta ohjattua erittäin tarkasti erityisesti kurkun, tomaatin ja paprikan viljelyssä. Ylikastelua käytetään turvekasvualustoilla vähemmän kuin epäorgaanisilla alustoilla. Ylikastelutarpeeseen vaikuttavat mm. käytetty turpeen laatu ja valo-olosuhteet kasvihuoneessa. Jos kasvit eivät haihduta tehokkaasti, märkää turvealustaa on hankala saada kuivaksi. Kasvualustaa voidaan huuhtoa, jolloin saadaan poistettua haitallisia ioneja (esim. klooria). Huuhtomisella saadaan myös laimennettua kasvualustan johtokykyä ja muutettua puristenesteen ravinnetasapainoa. (Järvinen ym., 2016, s. 153)

Johtokykymittarilla mitataan kasvualustan puristenesteen johtokyky, jolla varmistetaan oikea ravinteiden annostelumäärä ja antoliuoksen johtokyky. Tällä varmistetaan, että kasvualustassa on oikea ravinnetaso. Ylikasteluv veden johtokyky mitataan, kun on käytössä suljettu kastelujärjestelmä. Johtokyvyn yksikkö, mS/cm, vastaa suunnilleen kasteluv veden mukana olevan seoslannoitteen pitoisuutta promilleina. (Järvinen ym., 2016, s. 153)

Nitraattitypen määrää voidaan arvioida nitraattiliuskojen avulla. Karkeana nyrkkisääntönä nitraattityppi-pitoisuuden (mg/l) tulisi olla noin satakertainen verrattuna johtokykyyn. Nitraattiliuskoilla saadaan varmistettua, että kasvilla on riittävästi typpeä saatavilla. (Järvinen ym., 2016, s. 155)

Puristenesteen johtokykyä mitattaessa tulee puristenestenäyte ottaa edustavasta, viljelykosteudessa olevasta näytteestä jonkin aikaa kastelun päättymisestä. Puristenesteen laboratorioanalyyseillä saadaan selville kasville välittömästi käytössä olevien ravinteiden

määrä. Ongelmatilanteissa voidaan puristenesteanalyysin lisäksi teettää kasvi/lehtianalyysi: kasvualustassa voi olla suhteellisen vähän ravinteita, jolloin kasvi on ottanut sitä runsaasti ja itse kasvin ravinnepitoisuus voi olla tällöin suuri. Puristenesteen ravinnepitoisuus voi vastaavasti olla myös hyvin korkea, mutta kasvi ei ole saanut sitä riittävästi käyttöönsä esimerkiksi vääränlaisen pH:n vuoksi. (Järvinen ym., 2016, s. 155–156)

Kasvihuonekurkun taimikasvatus voidaan tehdä keskikarkeassa ja lievästi lannoitetussa turpeessa (Murmman, 1992, s. 57). Yleisesti taimikasvatusaikana on varottava yllannoitusta (Järvinen ym., 2016, s. 204). Kun kurkun taimet on istutettu, istutuksen jälkeisen puristenesteen johtokyvyn olisi hyvä olla välillä 2,5–3,0 mS/cm. Viljelyn aikana johtokyvyn olisi hyvä olla välillä 1,8–3,0 mS/cm ja nitraattitypen (NO_3^-) pitoisuuden 100–300 mg/ ja ammoniumtyppi-pitoisuuden (NH_4^+) alle 100 mg/l. (Murmman, 1992, s. 66,37)

Avomaakurkun viljelyssä siemenet kylvetään joko suoraan peltomaahan tai taimet esikasvatetaan 5 cm halkaisijaltaan olevissa ruukuissa (Voipio, 2001, s. 267). Tästä voitaneen vetää johtopäätös, että avomaakurkun esikasvatuksessa turvekasvualustalla voidaan soveltaa kasvihuonekurkun taimikasvatuksen lannoitusperiaatteita.

HAMK Oy Lepaan tuotantoyksikön tuotantopäällikkö Keijo Juntusen (haastattelu 14.12.2020) mukaan tomaatin valoviljelyssä turvekasvualustalla seurataan kasvatuksen aikana niin antoliuoksen, kasvualustan puristenesteen kuin myös ylikastelueden arvoja. Viralliset puristenesteanalyysit otetaan viljelyssä kahden viikon välein, jotta voidaan varmistua, että tomaatti saa kasvuunsa tarvitsemansa ravinteet. Niin antoliuoksen, puristenesteen kuin myös ylikastelueden analyysi/mittaustuloksia tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena. Puristenestenäytteestä analysoidaan nitraattitypen määrä, ammoniumtypen määrää ei ole analysoitu. Turvekasvualustalle on lannoitusohjeissa annettu suositusarvot, jonka mukaan ammoniumtypen määrä ei saisi puristenesteessä ylittää 100 mg/l arvoa ja ohjeissa on mainintana, että korkea ammoniumpitoisuus kertoo kasvualustan olevan liian kostea ja ammoniumin hapettuminen nitraatiksi estyy. Juntunen jatkaa vielä, että tomaatin viljelyssä käytössä olevat lannoitteet sisältävät pääosin nitraattityppeä, joten ammoniumtypen analysoimiseen ei ole ollut tarvetta. Pääosin turvekasvualustalla viljeltäessä nitraattityppeä on kasvatuksessa jopa yllin kyllin. Nitraattityppeä saadaan kasvualustaan niin lannoituksen

muodossa kuin myös kasvatuksen loppuvaiheessa itse turvekasvualustasta, joka alkaa hajoamaan/maatumaan ja vapauttaa typpeä kasvin käyttöön.

5 Kasvatuskokeiden tutkimusaineistot ja analysointimenetelmät

5.1 Tutkimuksen tausta, tavoitteet ja aineiston analysointi

Työssä tarkasteltiin ”BioRaKi2-konsentraatista ja biohiilestä kasvuvoimaa”-hankkeelta saatua tutkimusaineistoa, jossa on tutkittu konsentraatin lannoitekäytön kehittämiseksi konsentraatin toimivuutta yhdessä biohiilen ja EM-bioaktivaattorin kanssa.

Hankkeelta saatu aineisto piti sisällään HAMK Oy Mustialan toimipisteen koetiloissa vuonna 2019 toteutettujen kolmen kasvatuskokeen tutkimusaineistot kokonaisuudessaan (kokeiden suunnittelu, toteutus, tulokset, tulosten tarkastelu, johtopäätökset ja raportointi). Kaksi ensimmäistä koetta olivat esikokeita kolmannelle, varsinaiselle kasvatuskokeelle.

Ensimmäinen koe oli toteutettu turvekasvualustalla, toinen koe kivennäismaa-alustalla ja kolmas koe toteutettiin turvekasvualustalla, jossa osaan koejäsenistä oli lisätty mukaan kivennäismaata. Ensimmäisessä ja kolmannessa kokeessa testikasvina oli avomaakurkku ja toisessa kokeessa kasvilajina oli ohra.

Kahden ensimmäisen kasvatuskokeen aikana (esikokeet) sekä kiteeläisen kauppapuutarhan testauksissa nousi esiin konsentraattitypen toimivuuden kyseenalaisuus turvekasvualustalla. Kasvualustasta tuli satunnaismuuttuja, joka ei ollut kokeen alussa muuttujana ja oli näin ollen ennakoimaton. Kokeissa havaittiin, että kivennäismaa-alustalla ylivaluntaveden nitraattitypen määrä oli suurempi kuin ammoniumtypen. Turvekasvualustalla taas ammoniumtypen pitoisuudet olivat nitraattityppeä korkeammat. Näiden koetulosten perusteella konsentraatin sisältämä ammoniumtyppi näytti muuttuvan peltomaassa turvekasvualustaa paremmin nitraattitypeksi ja konsentraatin typpilannoituksen toimivuus turvekasvualustalla kyseenalaistui. (Juvonen, 2020a; Juvonen, 2020b)

Kolmas koe suunniteltiin ja toteutettiin esikokeista saatujen tulosten pohjalta. Tämä varsinainen kasvualustoihin keskittyvä koe koostettiin kasvualustan orgaanisen aineksen määrän ja konsentraattitypen toimivuuoletusten mukaan. Kokeen tulosten tarkoituksena oli

joko vahvistaa tai kumota käsitys kasvualustan orgaanisen aineksen määrän ja konsentraattitypen yhteydestä, eli oliko kasvualustan korkealla orgaanisen aineksen pitoisuudella (turve) vaikutusta/yhteys konsentraattitypen nitrifikaatioon (ammonium/nitraattitypen pitoisuudet eri kasvualustoilla) ja täten typpilannoituksen toimivuuteen. (Juvonen, 2020a; Juvonen, 2020b)

Kolmannessa kokeessa kivennäismaalisäys lisäsi satoja ja selitti suuren osan kasvusta, mutta tulokset täytyy varmistaa uudella kokeella. Kokeen tulosten perusteella konsentraattitypen nitrifikaatio ei tapahtuisi turpeessa toivotunlaisesti. Nitrifikaatiobakteerit eivät mahdollisesti viihtyisi turpeessa kovin hyvin, vaan tarvitsevat toimiakseen kivennäismaalisäyksen kasvualustaan. (Juvonen, 2020a)

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko kokeissa esiin tulleen kasvualustan korkealla orgaanisen aineksen pitoisuudella heikentävä vaikutus nitrifikaation määrään. Tarkastelu tehtiin aiheesta löytyvän, olemassa olevan tutkimustiedon perusteella. Nitrifikaation lisäksi selvitettiin, voivatko kokeiden tulokset johtua nitrifikaatio-hypoteesin sijaan joistain muista maa- ja turvekasvualustan eroista. Olemassa olevaa tutkimustietoa hyödynnettiin saadun tutkimusaineiston analysointiin ja tutkimustietoa etsittiin laaja-alaisesti eri tietolähteistä (julkaisut, artikkelit, tieteelliset tutkimukset). Hankkeelta saatua tutkimusaineiston kokonaisuutta analysoitiin lisäksi Excelillä ja JMP Pro 15 tilastonkäsittelyohjelmalla.

Opinnäytetyössä raportoitiin kahden ensimmäisen kokeen tulokset niiltä osin, kun ne liittyivät konsentraattitypen ja kasvualustan toimivuuteen. Kolmas, varsinainen koe, raportoitiin kokonaisuudessaan. Kokeiden tarkastelussa keskityttiin erityisesti kasvualustojen orgaanisen aineksen pitoisuuksiin sekä eri lannoitteiden nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuuksiin.

Kasvualustakokeissa on tutkittu konsentraatin lisäksi myös EM-bioaktivaattorin, biohiilen ja lietebiohiilen yhteisvaikutuksia kasvien kasvuun. Juvosen (2020b) mukaan EM-bioaktivaattori ei tehdyissä kokeissa vaikuttanut typpitalouteen ja biohiilen lisääminen korkean orgaanisen aineksen omaavaan kasvualustaan ei parantanut konsentraattitypen käyttökelpoisuutta. Näiden edellä mainittujen asioiden vuoksi työssä ei tarkasteltu tarkemmin EM-bioaktivaattoria, biohiiltä eikä lietebiohiiltä.

5.2 Kasvualustakokeiden komponentit

Kasvatuskokeiden koeasetelmat ja -rakenteet poikkesivat toisistaan ja niissä käytettiin erilaisia variaatioita eri komponenteista. Jokaisessa kokeessa oli mukana turve- ja/tai kivennäismaakasvualusta, biokaasulaitoksen rejektivesikonsentraatti, biohiili ja EM-bioaktivaattori. Eri kokeissa lannoituskäsittelyt sisälsivät konsentraatin lisäksi myös mineraalilannoitetta, biotiittia, apatiittia, BioKymppi Oy:n valmistamaa kierrätyslannoite LuomuKymppi B:tä ja LuomuKymppi B:stä pyrolysointimenetelmällä valmistettua lietehiiltä.

5.2.1 Kasvuturve

Kokeissa turvekasvualustana käytettiin luomuhyväksyttyä Kekkilä Professional VHM 420 LO R8397 kasvuturvetta.

Kekkilän aluemyyntipäällikkö Lankiselta (2020) saadun tuoteselosteen mukaan Kekkilä Professional VHM 420 LO R8397 kasvuturve on luomuhyväksyttyä vaaleaa rahkaturvetta, joka on seulottu 4–20 mm seulalla (B-turve) ja kalkittu Mg-pitoisella kalkilla. Tuotteesta on poistettu pienimmät partikkelit, jotta saadaan varmistettua kasvin juurten ja kokonaisvaltaisen kasvun kannalta oikeanlainen ilmatila ja taataan hyvä vedenpoisto. Tuotetta ei ole peruslannoitettu. Tuoteselosteen tarkemmat tiedot löytyvät Taulukosta 1.

Kekkilän laatuasiantuntija Hannulan (2020) mukaan B-turve on Eurajoella seulottu 20 mm:n seulastolla. Seulonnassa otetaan myös osa < 7 mm:n jakeesta pois, jotta tuotteeseen saadaan riittävästi ilmatilavuutta. Jos turpeessa on liikaa hienoaainesta, joissakin tuotteissa/viljelyssä se aiheuttaa kasvualustan tiivistymistä ja sitä kautta ilmatila pienenee. B-turpeen maatumisaste on 1–3 von Postin asteikolla ja orgaanisen aineksen määrä 90 %. Ravinteita turpeessa on luonnostaan niukanlaisesti. Vesiliukoiset ravinteet ovat käytännössä lähellä nollaa.

Taulukko 1. Kekkilä Professional VHM 420 LO R8397 kasvuturpeen tuoteseloste (Lankinen, 2020)

| | | |
|-------------------|--|------------------------------|
| Koostumus | Turpeen raaka-aine Seulonta | Vaalea rahkaturve 4–20 mm |
| Lisäaineet | Kalkki (Ca, Mg) Ei lisätty starttilannoitetta | 4,0 kg/m ³ |
| pH | 1+5 EN 13037 puristeneste | 5,9 5,5 |
| Johtokyky | 1+5 EN 13038 puristeneste | 8 mS/cm 0,6 mS/cm |

5.2.2 Kivennäismaa

Kasvatuskokeissa käytetystä kivennäismaasta teetettiin viljavuusanalyysi ennen toisen kasvatuskokeen alkua, maaliskuussa 2019. Kivennäismaan maalaji oli multava (m) hietamoreeni (HtMr), pH 6,6 ja fosforiluokka hyvä sekä kaliumluokka tyydyttävä. Kokeiden kannalta tärkeimmät viljavuusanalyysin tulokset on koottu Taulukkoon 2.

Taulukko 2. Kasvualustakokeiden kivennäismaan viljavuusanalyysi.

| | Viljavuusarvot | Viljavuusluokka |
|--|-----------------------|------------------------|
| Maalaji | HtMr | - |
| Multavuus | m | - |
| pH | 6,6 | korkea |
| Fosfori (P) [mg/l] | 27 | hyvä |
| Kalium (K) [mg/l] | 124 | tyydyttävä |
| Nitraattityppi NO₃- [mg/l] | 9,3 | - |

5.2.3 Biokaasulaitoksen rejektivesikonsentraatti

Kokeissa käytetty biokaasulaitoksen rejektivesikonsentraatti (lyh. konsentraatti) oli BioKymppi Oy:n tuottama konsentraattilannoite, joka oli tuotettu LuomuKymppi A:sta (Juvonen, 2018). Konsentraatista ja LuomuKymppi A:sta on kerrottu tarkemmin luvussa 3.1.1.

Kasvatuskokeissa käytetystä konsentraatista teetettiin laaja lanta-analyysi ennen kasvatuskokeiden alkua, tammikuussa 2019. Kaikissa kolmessa kasvatuskokeessa käytettiin saman erän konsentraattia. Analyysitulosten mukaan konsentraatin kokonaistyyppi on 6,5 kg/tn ja liukoinen tyyppi 5,4 kg/tn. Analyysissä on nitraattityypen arvoksi annettu < 2,5 mg/kg tp, eli alle 2,5 milligrammaa per tuorepainokilo. Konsentraatin tilavuuspaino on 1000 kg, joten nitraattityppeä on tällöin 0,0025 kg/tn ja näin ollen liukoisesta tyypestä nitraattityppeä on 0,046 %. Konsentraatin analyysitulokset on koottu Taulukkoon 3.

Taulukko 3. Kasvualustakokeiden rejektivesikonsentraatin ravinnesisältö.

| | | |
|-------------|--|--------|
| Typpi (N) | Kokonaistyyppi (N_{kok}) [kg/tn] | 6,5 |
| | Liukoinen tyyppi (N_{liuk}) [kg/tn] | 5,4 |
| | $N_{\text{liuk}} / N_{\text{kok}}$ [%] | 83 |
| | Nitraattityppi ($\text{NO}_3\text{-N}$) [kg/tn] | 0,0025 |
| | Nitraattityppi ($\text{NO}_3\text{-N}$) osuus liukoisesta tyypestä [%] | 0,046 |
| Fosfori (P) | Kokonaisfosfori (P_{kok}) [kg/tn] | 0,16 |
| Kalium (K) | Kokonaiskalium (K_{kok}) [kg/tn] | 3,4 |

5.2.4 EM-bioaktivaattori

EM-bioaktivaattori (Effective micro-organisms activator) on 100 % luonnontuote, joka soveltuu biologisen hajotuksen nopeuttamiseen ja hajuhaittojen ehkäisyyn (lietteet, biojätteet, kompostit, puuceet, kemialliset WC:t ja muut kohteet). Tuote on valmistettu suljetun ja steriilin käymisprosessin kautta sokeriruokomelassista, mikrobiseoksesta, modifioidusta ja UV-puhdistetusta erikoisvedestä. Tuote sisältää mm.

fotosynteesibakteereja, maitohappobakteereja, hiivasientä, actinomyceteeniä sekä aerobisia ja anaerobisia bakteereja. (Geoanalyysi, n.d.)

EM-bioaktivaattorin pH on 3,2–3,8 ja maahantuojan ohjeen mukaan tuote sekoitetaan veteen suhteessa 1:20. Käyttöaika sekoitetulla liuoksella on maksimissaan 2 vuorokautta. Sekä perus- että käyttöliuos on säilytettävä viileässä, suojattuna valolta. (Geoanalyysi, n.d.; Juvonen 2019a) Kuvassa 3. on esitetty EM-bioaktivaattorin myyntipakkaus ja tuote käytössä.

Kuva 3. EM-bioaktivaattoria myydään mm. 10 litran myyntipakkauksessa (vasen kuva). Tuote on nestemäistä ja väriltään oranssinruskeaa (oikea kuva). (Kontu, 2019a)



EM-bioaktivaattori sisältää kolmea erilaista maitohappobakteeria: *Lactobacillus plantarum* auttaa säilörehun käymisessä, *Lactobacillus caseita* löytyy probioottityyppisissä jogurteista ja *Lactobacillus fermentumia* käytetään mm. hapanleivän valmistuksessa. Valmiste sisältää myös *Rhodopseudomonas palustris* fotosynteesibakteeria, joka on yhteyttävä ja tyypeä sitova bakteeri sekä lisäksi *Bacillus subtilis* bakteeria, jonka on maassa todettu lisäävän fosforin käyttökelpoisuutta. EM-bioaktivaattorissa on myös *Saccharomyces cerevisiae*-hiivaa, joka tunnetaan leiviniivana. (Juvonen, 2020a)

5.2.5 Biohiili

Biohiili on kasvipäisestä biomassasta (usein puuaineksesta) hiillettyä hiiltä. Biohiiltä valmistetaan vähähappisella pyrolysointi- eli kuivatusmenetelmällä korkeassa lämpötilassa. Biohiileen saadaan tällä pyrolysointimenetelmällä erittäin suuri ja huokoinen rakenne. (Carbofex, n.d. a; Carbons, n.d.)

Biohiili on ryhmä tuotteita ja eri käyttötarkoituksiin soveltuvat eri biohiililaadut. Biohiilen ominaisuuksiin vaikuttavat mm. käytetty raaka-aine, prosessin lämpötila ja jälkikäsittely. Myös biohiilen koolla on merkitystä: isompi koko parantaa maan ilmanvaihtoa ja pienempi koko on suuren ominaispinta-alansa vuoksi hyvä hyötymikrobien alustaksi.

Maanparannusainekäyttöön soveltuva biohiili on puhdas haitta-aineista, sillä on korkea kationinvaihtokapasiteetti ja hiilipitoisuus ja se on rakenteeltaan vakaata/pysyvää. Laadukas biohiili ei tahraa eikä haise ja se on pehmeän huokoista. Biohiilellä on lähes 60 erilaista käyttötarkoitusta ja sitä käytetään maanparannusainekäytön lisäksi mm. katemateriaalina, kosmetiikassa, hajunsyöjänä ja lämmön sekä äänen eristeenä. (Carbons, n.d.)

Kasvatuskokeissa käytetty biohiili oli Carbofex Oy:n valmistamaa. Biohiili oli pyrolysoitu kuusihakkeesta, tilavuuspaino 230-370 kg/m³, pH 9-10 ja kiintohiili >90 %. Biohiili hylkii aluksi vettä, mutta jo viikon jälkeen pidättää painonsa verran vettä ja kuuden viikon kuluttua kaksi kertaa painonsa verran vettä. (Juvonen, 2019a; Juvonen 2018) Kokeiden tutkimusaineistossa oli lisäksi tuotu esille, että käytetyn biohiilen pinta-ala oli 4–3000 m²/g ja kosteus 30–50 %.

5.2.6 Mineraalilannoite, apatiitti ja biotiitti

Kokeissa käytettiin mineraalilannoitteena kloorivapaata, puutarhakasveille soveltuvaa **Yara HeVi 4** lannoitetta. Yaran (n.d. d) mukaan Yara HeVi 4 soveltuu kaikille puutarhakasveille, kun ravinnetila maassa on hyvä ja hivenlannoitus hoidetaan erikseen. Se sopii erityisesti perunalle ja tärkkelysperunan peruslannoitteeksi. Taulukossa 4. on esitetty lannoitteen ravinnesisällöt.

Taulukko 4. Mineraalilannoite Yara HeVi 4 ravinnesisältö. (Yara, n.d. d)

| Ravinne | Ravinnesisältö [%] |
|-----------------|--------------------|
| Typpi (N) | 12 |
| Nitraattityppi | 4,8 |
| Ammoniumtyppi | 7,1 |
| Fosfori (P) | 4 |
| Kalium (K) | 17 |
| Rikki (S) | 12 |
| Magnesium (Mg) | 1,8 |
| Boori (B) | 0,04 |
| Kupari (Cu) | 0,035 |
| Mangaani (Mn) | 0,17 |
| Molybdeeni (Mo) | 0,001 |
| Sinkki (Zn) | 0,027 |

Koska konsentraatti ei sisältänyt juuri lainkaan fosforia, lisättiin joihinkin käsittelyihin fosforia apatiitin muodossa. Yaran (n.d. g) mukaan **Yara apatiitti** sopii luonnonmukaisen viljelyn fosforilannoitukseen. Apatiitin käyttömäärä on 1000–3000 kg/ha joka viides vuosi. Apatiitti sisältää fosforia (P) 1 % ja kalsiumia (Ca) 34 %.

Joihinkin käsittelyihin lisättiin lisäksi kaliumia biotiitin muodossa. **Yara biotiitti** sisältää hidasliukoista kaliumia, jonka kaliumista liukenee viiden vuoden aikana noin 2/3. Biotiitilla voidaan lisätä vähäkaliumisilla mailla varastokaliumin määrää ja tuotteella on myös kalkitusvaikutusta. Biotiitti sisältää kaliumia (K) 5 %, kalsiumia (Ca) 7 % ja magnesiumia (Mg) 10 %. Yara (n.d. h)

5.2.7 LuomuKymppi B ja lietehiili

Kolmannessa kasvatuskokeessa yhdessä käsittelyssä oli mukana BioKymppi Oy:n valmistamaa kierrätyslannoite **LuomuKymppi B**:tä. Tuotesisältöä on avattu tarkemmin luvussa 3.1.1.

Kokeessa käytetty LuomuKymppi B analysoitiin laboratoriossa tammikuussa 2019 ja Taulukossa 5. on esitetty kasvatuskokeen kannalta tuotteen tärkeimmät ravinnesisällöt.

Taulukko 5. LuomuKymppi B:n ravinnesisältö [kg/tn].

| Kokonaistyyppi (N _{kok}) | Liukoinen tyyppi (N _{liuk}) | N _{liuk} / N _{kok} [%] | Kokonaisfosfori (P _{kok}) | Kokonaiskalium (K _{kok}) |
|---------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|
| 5,5 | 0,98 | 18 | 2,7 | 2,0 |

BioRaki2-hankkeessa selvitettiin biokaasulaitoksen (BioKymppi Oy:n) mädätysjäännöksen kiintojakeen (LuomuKymppi B:n) pyrolysoinnin, eli ns. **lietehiilen** tuotannon mahdollisuuksia.

Pyrolyysin eli kuivatislauksen avulla biomassa muutetaan lämmön avulla (termokemiallinen muuntaminen) kiinteiksi, nestemäisiksi tai kaasumaisiksi lopputuotteiksi. Pyrolyysissä biomassaa kuumennetaan joko ilman happea tai rajoitetulla hapensaannilla 300–1200 C°:n lämpötilassa. (Highbio, n.d.) Biohiilen tuotannossa käytetyssä prosessissa pyrolysoinnin lämpötilana käytetään 500–700 °C (Carbofex, n.d. b).

LuomuKymppi B:n pyrolysointi lietehiileksi vaati esikäsittelyksi aluksi kuivauksen, jotta tuote voitiin pelletöidä. Kuiva pelletöity ja pyrolysointiprosessin läpikäynyt lopputuote oli pellettimuotoinen lietehiili. Hankkeen budjetin puitteissa hankittiin pieni pelletöintilaitte ja aloitettiin pyrolysointikoetoiminta. Tällä menetelmällä valmistettua lietehiiltä testattiin kasvatuskokeessa numero 3. (Juvonen, 2020a)

LuomuKymppi B:stä tuotetun lietehiilen ravinnearvot ovat laskennallisia ja laskenta perustui Keskisen (ym.,2019) tutkimusartikkeliin (Juvonen, 2020c). Kasvatuskokeessa numero kolme käytettiin lietehiilelle seuraavia laskennallisia arvoja (Taulukko 6.):

Taulukko 6. LuomuKymppi B:stä valmistetun lietehiilen ravinnesisältö [kg/tn].

| Kokonaistyyppi (N_{kok}) | Liukoinen tyyppi (N_{liuk}) | $N_{\text{liuk}} / N_{\text{kok}}$ [%] | Kokonaisfosfori (P_{kok}) | Kokonaiskalium (K_{kok}) |
|--|---|--|---|--|
| 5,5 | 0,49 | 9 | 2,7 | 2,0 |

5.3 Kasvatusolosuhteet

Kasvatuskokeet suoritettiin HAMK Oy Mustialan toimipisteen vanhaan navettarakennukseen järjestetyissä koetiloissa. Koetiloissa koejäsenet (ruukut ja kasvatuslaatikot) oli nostettu irti kylmästä betonilattiasta trukkilavojen päälle ja trukkilavojen ympärille oli rakennettu kehiöt kasvatusvalojen kiinnittämistä varten (Kuva 4.).

Koetiloissa kasveille sopivat lämpötila- ja valo-olosuhteet saatiin kasvatusalueiden päälle asennetuilla kasvatusvaloilla. Kasvatusaikana käytettiin valotusaikana 12 tuntia, jolloin valotettiin n. 9,0–13,0 klux voimakkuudella. Valaistuna aikana lämpötila oli lampun alla 26 °C ja pimeänä aikana 16 °C. Kasvatusvalot oli ajastettu. Lämpötilan mittaamiseen käytettiin lämpömittaria ja valomäärän mittaamiseen lux-mittaria.

Kastelu suoritettiin jokaisessa kokeessa manuaalisesti ja kasveja kasteltiin kasvien tarpeen mukaan aistinvaraisin arvioin (seuraamalla kasvuston kuntoa ja kasvualustan kosteutta) antamalla kastelukerroilla sama vesimäärä kaikille koejäsenille. Kastelumääriä seurattiin kirjaamalla ylös jokainen kastelukerta/määrä (l/ml). Kastelumäärien mittaamiseen käytettiin erikokoisia mittakannuja (ml/dl/l).

Kokeiden perustamisessa käytettiin apuna erikokoisia mittakannuja (ml/dl/l) sekä vaakaa, joiden avulla saatiin koostettua oikeanlaiset käsittelyt. Vaakaa käytettiin myös ylikasteluvesien, puristenesteiden ja kasvatusruukkujen painon mittaamiseen.

Kuva 4. Kasvatuskokeiden koetilat Mustialan toimipisteen vanhassa navetassa. Ruukut ja kasvatuslaatikot oli nostettu irti kylmästä betonilattiasta trukkilavojen päälle ja trukkilavojen ympärille oli rakennettu kehikot kasvatusvaloille (vasen kuva). EM-bioaktivaattoria annosteltiin ml- ruiskun avulla (oikea kuva ylhäällä) ja oikeanlaiset käsittelyt varmistettiin vaa'an ja erikokoisten mittakannujen avulla (oikea alakuva). (Kontu, 2019b; Juvonen, 2019d)



5.4 Konsentraatin testaus kivennäismaa-turvekasvualustalla (koe 3)

HAMK Oy Mustialan toimipisteen koetiloissa toteutettiin vuonna 2019 kolme kasvatuskoetta, joista kaksi ensimmäistä koetta olivat esikokeita kolmannelle, varsinaiselle kasvatuskokeelle. Ensimmäinen koe toteutettiin turvekasvualustalla (25.1-6.3.2019), toinen koe kivennäismaa-alustalla (13.3.-29.4.2019) ja esikokeiden tulosten pohjalta koostettu kolmas koe turvekasvualustalla, johon oli lisätty mukaan kivennäismaata (29.10.-3.12.2019). Ensimmäisessä ja kolmannessa kokeessa testikasvina oli avomaakurkku ja toisessa kokeessa kasvilajina oli ohra.

Opinnäytetyössä keskityttiin kokeiden raportoinnin osalta erityisesti kolmannen kokeen tutkimusaineistoon ja näin ollen esikokeiden tutkimusaineistoja ei konsentraattitypen ja kasvualustan toimivuuteen liittyvien tuloksien lisäksi avattu tässä yhteydessä tarkemmin. Esikokeisiin voi halutessaan tutustua opinnäytetyön liitteiden avulla. Koeasetelma, kokeiden kulku ja toimenpiteet on koottu kasvatuskokeen 1 osalta Liitteeseen 1 ja kasvatuskokeen 2 osalta Liitteeseen 2.

Kolmannen kasvatuskokeen tarkoituksena oli tutkia kivennäismaalisäyksen vaikutusta nitrifikaatioon ja kasvin kasvuun turvekasvualustalla. Kokeen tulosten tarkoituksena oli joko vahvistaa tai kumota käsitys kasvualustan orgaanisen aineksen määrän ja konsentraattitypen yhteydestä, eli oliko kasvualustan korkealla orgaanisen aineksen pitoisuudella (turve) vaikutusta/yhteys konsentraattitypen nitrifikaatioon (ammonium/nitraattitypen pitoisuudet eri kasvualustoilla) ja täten typpilannoituksen toimivuuteen. Kasvi ottaa typen pääsääntöisesti nitraattina, joten on tärkeää tietää, miten turvekasvualusta muuttaa konsentraatin sisältämän ammoniumtypen nitraatiksi. (Juvonen, 2020a)

Koe suoritettiin aikavälillä 29.10.-3.12.2019 (viikot 44–49) ja testikasvina oli avomaankurkku 'Profi F1'. Kokeessa oli 6 erilaista lannoitekäsittelyä (Taulukko 7), jotka koostuivat konsentraatin, LuomuKymppi B:n, lietehiilen, apatiitin ja biotiitin yhdistelmistä. Yksi lannoitekäsittely piti sisällään ainoastaan fosforipitoisen mineraalilannoitteen (Yara HeVi 4) ja yhdessä käsittelyssä ei käytetty lainkaan lannoitusta (0-ruutu). Käsittelyissä tavoiteltu typpi (N) lannoituksen määrä oli 95 kg/ha ja kalium (K) lannoituksen määrä 33 kg/ha, joskin eri lannoitekäsittelyjen välillä ravinnemäärät hieman vaihtelivat.

Taulukko 7. Kasvatuskokeen nro 3 lannoituskäsittelyt ja -tasot.

| Käsittely- nro. | Lannoitekäsittely | N _{kok} [kg/ha] | N _{liuk} [kg/ha] | P [kg/ha] | K [kg/ha] |
|--------------------|--|-----------------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| 1. | Konsentraatti + LuomuKymppi B | 169 | 100 | 33 | 78 |
| 2. | Konsentraatti + lietehiili | 107 | 94 | 33 | 78 |
| 3. | Konsentraatti + apatiitti + biotiitti | 114 | 95 | 32 | 134 |
| 4. | Konsentraatti | 114 | 95 | 3 | 60 |
| 5. | Mineraalilannoite Yara HeVi 4 | 95 | 95 | 32 | 134 |
| 6. | Ei käsittely (0-ruutu) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *tavoiteltu tyyppi [N] ja fosfori (P) määrä | | ~95 | ~33 | |

Lannoituskäsittelyt toistettiin turvekasvualustan lisäksi kivennäismaalisäyksen saaneella kasvuturpeella sekä kivennäismaa-turvekasvualustalla, johon oli lisätty EM-bioaktivaattoria (Taulukko 8). Kivennäismaalisäyksen mukana meni kasvualustaan ravinteita, myös tyyppiä, jonka laskennallinen vaikutus poistettiin tulosten analysoinnin yhteydessä.

Taulukko 8. Kasvatuskokeen nro 3 kasvualustakäsittelyt

| | Kasvualusta | Turve [g] | Kivennäis- maa [g] | Turve [l] | Kivennäis- maa [l] |
|---------------|---|-----------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| 1.–6. | Turve (100 %) | 275 | - | 1,575 | - |
| m1. – m6. | Turve (~70 paino%) + kivennäismaa (~30 paino%) | 250 | 100 | 1,5 | 0,075 |
| me1. – me6 | Turve (~70 paino%) + kivennäismaa (~30 paino%) + EM-bioaktivaattori | 250 | 100 | 1,5 | 0,075 |

Koe suoritettiin astiakokeena, ruukun halkaisija 16 cm. Kerranteita oli viisi. Ruukut täytettiin viikolla 44 lannoitus- ja kasvualustakäsittelyjen mukaisesti (Kuva 5). Ruukkuja kasteltiin tasaisesti koko kuusi viikkoa kestäneen kokeen ajan. Viikolla 49, kokeen purun yhteydessä, mitattiin kasvien tuoremassa punnitsemalla kasvin maanpäällinen osa. Koeasetelma, kokeen

kulku ja toimenpiteet on esitetty tarkemmin Liitteessä 3. Liitteestä löytyy myös valokuvia kokeesta.

Kokeessa tehtyjen mittausten ja analyysien perusteella syntyi tutkimusaineisto ja aineistolle voitiin suorittaa tilastollisia käsittelyjä. Koeaineisto piti sisällään kokeen purun yhteydessä saadun kasvien tuoremassan (kasvien maanpäällisen osan paino). Puristeneste- ja ylikasteluvesianalyysejä ei ehditty teettämään aikatauluhaasteiden vuoksi (Juvonen, 2020c).

Kuva 5. Kasvatuskoe 3 viikolla 44 (kasvatusviikko nro 1, kokeen perustamisesta 3 päivää). (Kontu, 2019c)



5.5 Aineiston tilastollinen käsittely

Tutkimusaineistoa analysoitiin JMP Pro 15-tilastonkäsittelyohjelmalla ja Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Analysoinnin tukena toimivat Juvosen (2020a) aineistosta aiemmin tekemät tilastolliset käsittelyt ja niiden pohjalta saadut tulokset.

JMP Pro 15-tilastonkäsittelyohjelman avulla aineistosta tehtiin varianssianalyysejä ja parivertailuja käyttämällä Tukey-Kramerin testejä. Varianssianalyysin (analysis of variance/ANOVA) avulla saadaan tutkittua ”eroavatko kahden tai useamman ryhmän keskiarvot tilastollisesti merkitsevästi toisistaan” (KvantiMOTV, 2002). Parivertailun avulla selvitetiin eri koejäsenten/käsittelyjen keskiarvojen väliset tilastolliset merkitsevyydet.

Aineiston tilastollisen testin tuloksena saadaan p-arvo (probability). P-arvo kertoo, kuinka suuri riski on, että ero/riippuvuus on sattuman aiheuttama. Testattu ero/riippuvuus on tilastollisesti erittäin merkitsevä, jos $p \leq 0,001$ ja tilastollisesti merkitsevä, jos $0,001 < p \leq 0,01$. Ero/riippuvuus on tilastollisesti melkein merkitsevä, jos $0,01 < p \leq 0,05$ ja tilastollisesti suuntaa antava/oireellinen, jos $0,05 < p \leq 0,1$. (Heikkilä, 2014, s.7; KvantiMOTV, 2003)

Kolmannessa kokeessa tutkittiin regressioanalyysin avulla kivennäismaalisäyksen vaikutusta satoon. Analyysissä selittävänä tekijänä käytettiin kasvualustaa (turve, turve +kivennäismaa) ja selitettävänä tekijänä sadon tuorepainoa (Juvonen, 2020a). Mellinin (2006, s.240) mukaan ”regressioanalyysi on tilastollinen menetelmä, jossa jonkin, ns. selitettävän muuttujan tilastollista riippuvuutta joistakin toisista, ns. selittävästä muuttujista pyritään mallintamaan regressiomalliksi kutsutulla tilastollisella mallilla”. Kokeen kolme osalta regressioanalyysin avulla tutkittiin sadon tuorepainon tilastollista riippuvuutta kasvualustasta (turve, turve+ kivennäismaa).

6 Kasvatuskokeiden tulokset ja tulosten tarkastelu

JMP Pro 15-tilastonkäsittelyohjelman avulla käsitellyistä aineistoista muodostettiin laatikko-janakuviot (boxplot). Laatikko-janakuvion x-akselilla on selittävä muuttuja (X-factor) ja y-akselilla selitettävä muuttuja. Vertailu on tehty selittävän muuttujan suhteen. Mustat pisteet ovat yksittäisiä mittaus/analyysituloksia. Vihreä vaakaviiva kuvaa selittävän muuttujan keskiarvoa ja harmaa vaakaviiva kaikkien tarkastelussa olevien mittauspisteiden keskiarvoa.

Box Plot-kuvioiden lisäksi JMP Pro 15- ohjelmasta saatiin myös ”connecting letters”- raportti. Raportissa on nähtävissä kunkin selittävän muuttujan(level) keskiarvo (Mean) ja erot eri selittävien muuttujien välillä kirjaimella eroteltuna (esim. A-E). Eri kirjaimella merkityt selittävät muuttujat eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Joitakin tuloksia selventämään on tuotu JMP Pro 15 -ohjelmasta myös ”ordered differences”- raportti, jossa on näkyvissä selittävien muuttujien (level) välisten erojen/riippuvuuksien p-arvot (p-value).

6.1 Kasvatuskokeet turve- ja kivennäismaa- kasvualustalla (koe 1 ja 2)

6.1.1 Kasvatuskoe 1

Ensimmäisen kasvatuskokeen tarkoituksena oli konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin toimivuuden ja yhteisvaikutusten testaus turvekasvualustalla. Tavoitteena oli selvittää konsentraatin ja muiden komponenttien vuorovaikutusmekanismeja. Koe suoritettiin osaruutukokeena (split-plot) aikavälillä 25.1.-6.3.2019 (viikot 4–10) ja testikasvina oli avomaankurkku ‘Adam F1’.

Kokeessa oli 10 erilaista käsittelyä, jotka koostuivat turpeeseen lisätyistä erilaisista konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin yhdistelmistä. Kahdessa käsittelyssä koejäseniä muhitettiin ennen turpeeseen sekoittamista ja kurkun kylvöä, jotta voitiin selvittää komponenttien esikäsittelyn vaikutuksia kasvuun. Kolme käsittelyä koostui turpeeseen lisäystä fosforipitoisesta mineraalilannoitteesta (Yara HeVi 4). Nollaruutuna oli turve. Koeasetelma, kokeiden kulku ja toimenpiteet on esitetty Liitteessä 1.

Kokeessa tehtyjen mittausten ja HAMKIn laboratoriossa teetettyjen puristenesteanalyysien perusteella syntyi tutkimusaineisto ja aineistolle voitiin suorittaa tilastollisia käsittelyjä.

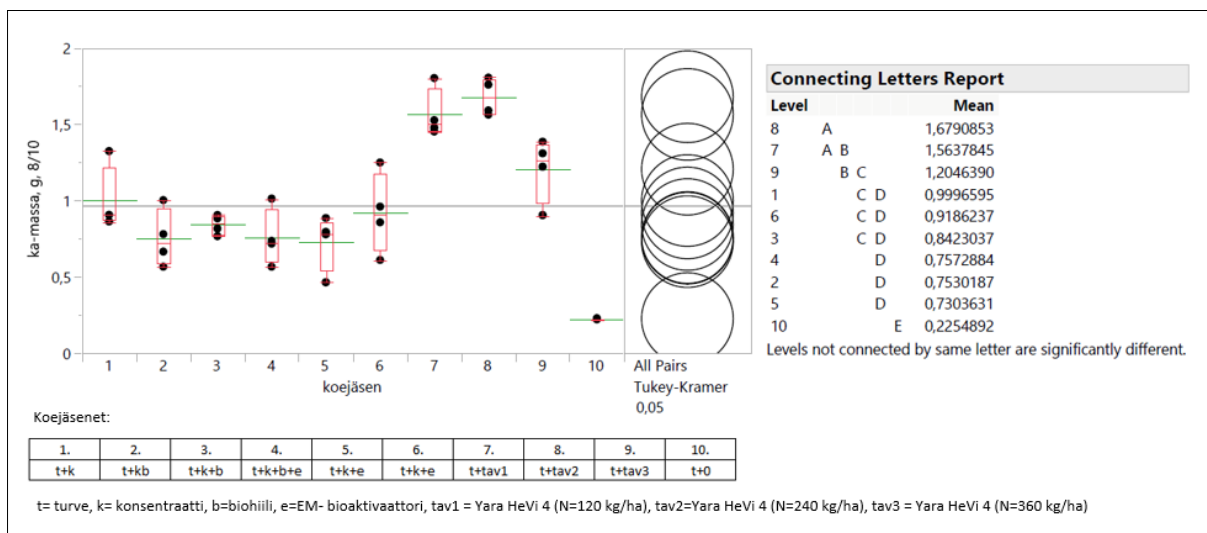
Koeaineisto piti sisällään:

- Puristenesteanalyysi viikolta 5: pH, johtokyky, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi ja fosfori sekä puristenesteen paino
- Puristenesteanalyysi viikolta 6: pH, johtokyky, puristenesteen paino, kasvualustan paino
- Puristenesteanalyysi viikolta 8: pH ja johtokyky sekä puristenesteen paino
- Puristenesteanalyysi viikolta 10: pH, johtokyky, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, fosfori sekä puristenesteen paino ja lisäksi kasvien tuoremassa (kasvien maanpäällisen osan paino)

Ensimmäisen kasvatuskokeen lannoitekonsentraattia sisältävien koejäsenten (1–6) välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa kasvin satoon (Kuva 4). Konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin ja niiden yhteisvaikutuksilla ei siis ollut vaikutusta satoon. (Juvonen, 2020a)

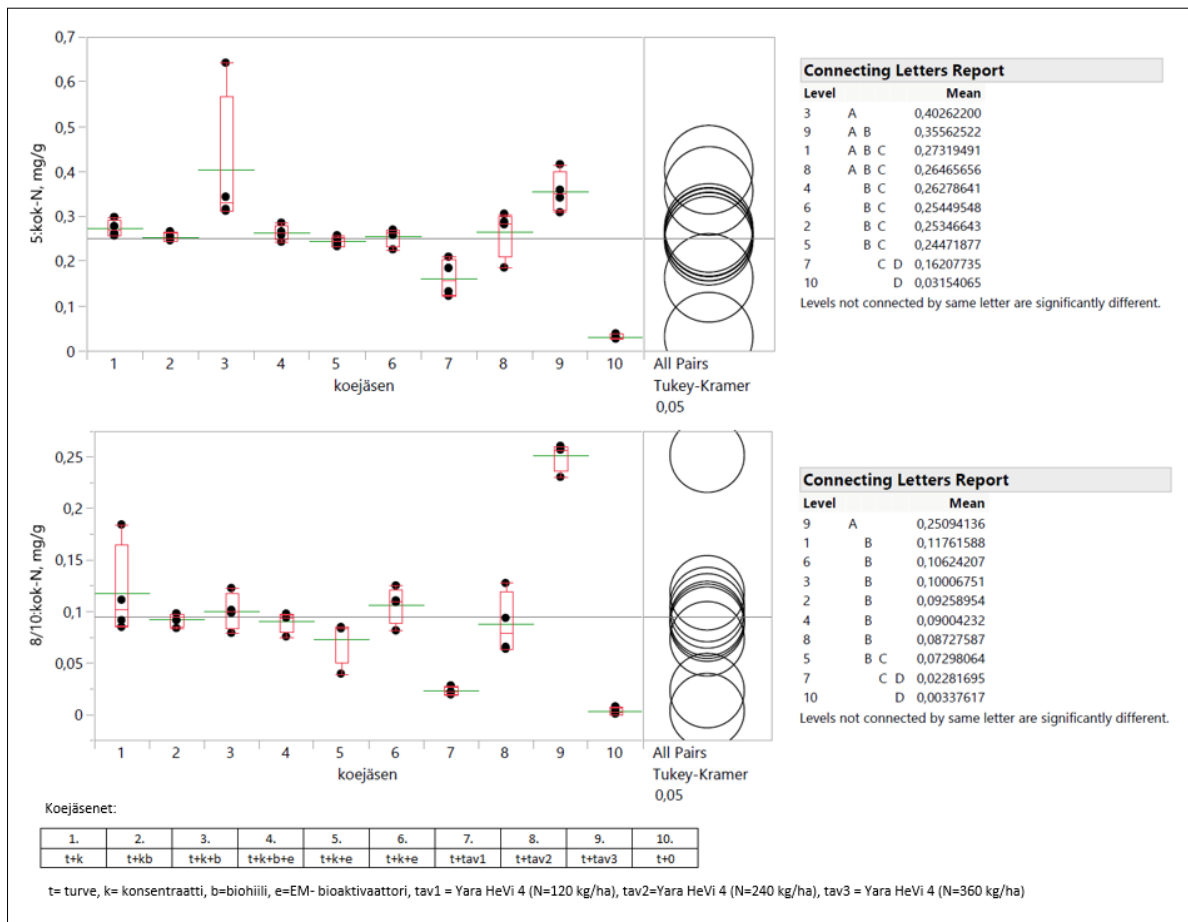
Kasvit kasvoivat parhaiten mineraalilannoituskäsittelyn (7,8,9) saaneilla kasvualustoilla, seuraavaksi parhaiten konsentraattilannoituksen eri variaatioilla ja heikointa kasvu oli 0-ruudulla (Kuva 6). Konsentraattityppeä sisältäneet koejäsenet kasvoivat huomattavasti 0-ruutua paremmin: parivertailussa neljä koejäsenistä (8,7,9,1) kasvoivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi ja neljä (6,3,4,2) merkitsevästi ja koejäsen nro. 5 melkein merkitsevästi paremmin kuin 0-ruutu (koejäsen 10). Konsentraattikäsitellyistä koejäsenistä kasvoivat parivertailussa tilastollisesti erittäin merkitsevästi huonommin koejäsenet 5,2,4,3 ja 6 kuin mitä parhaimman sadon saanut, mineraalilannoitettu koejäsen 8.

Kuva 6. Kasvatuskokeen nro. 1 koejäsenten kuivapainot [g].



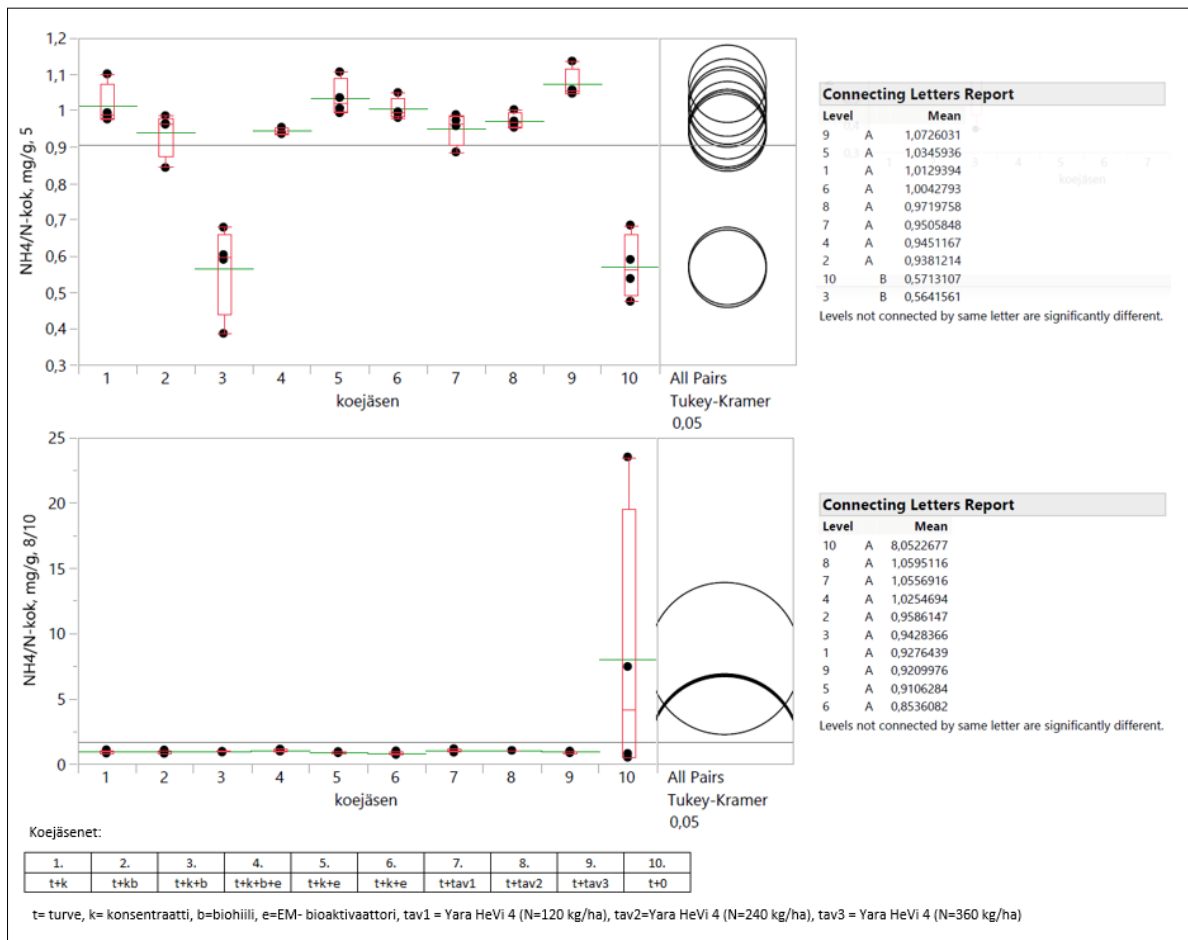
Koejäsenen nro. 8 muita parempi kasvu ei selittynyt suurimmalla annettulla typpimäärällä (Kuva 7), sillä kokonaistyyppi viikoilla 5 ja 10 otettujen analyysitulosten mukaan oli suurin koejäsenellä 9. Kovin suuria muutoksia ei kokonaistyyppimäärässä ollut tapahtunut 5 viikon kasvatuksen aikana. Kokonaistypen pitoisuus puristenesteessä oli noussut eniten käsitellyllä 9. Tuloksista huomataan myös, että kokonaistypen määrät ovat laskeneet kaikilla käsitelyillä 5 viikon kasvatuksen aikana.

Kuva 7. Kasvatuskokeen nro. 1 koejäsenten puristenesteen kokonaistyyppipitoisuudet [mg/g] viikolla 5 (ylempi kuva) ja viikolla 10 (alempi kuva).



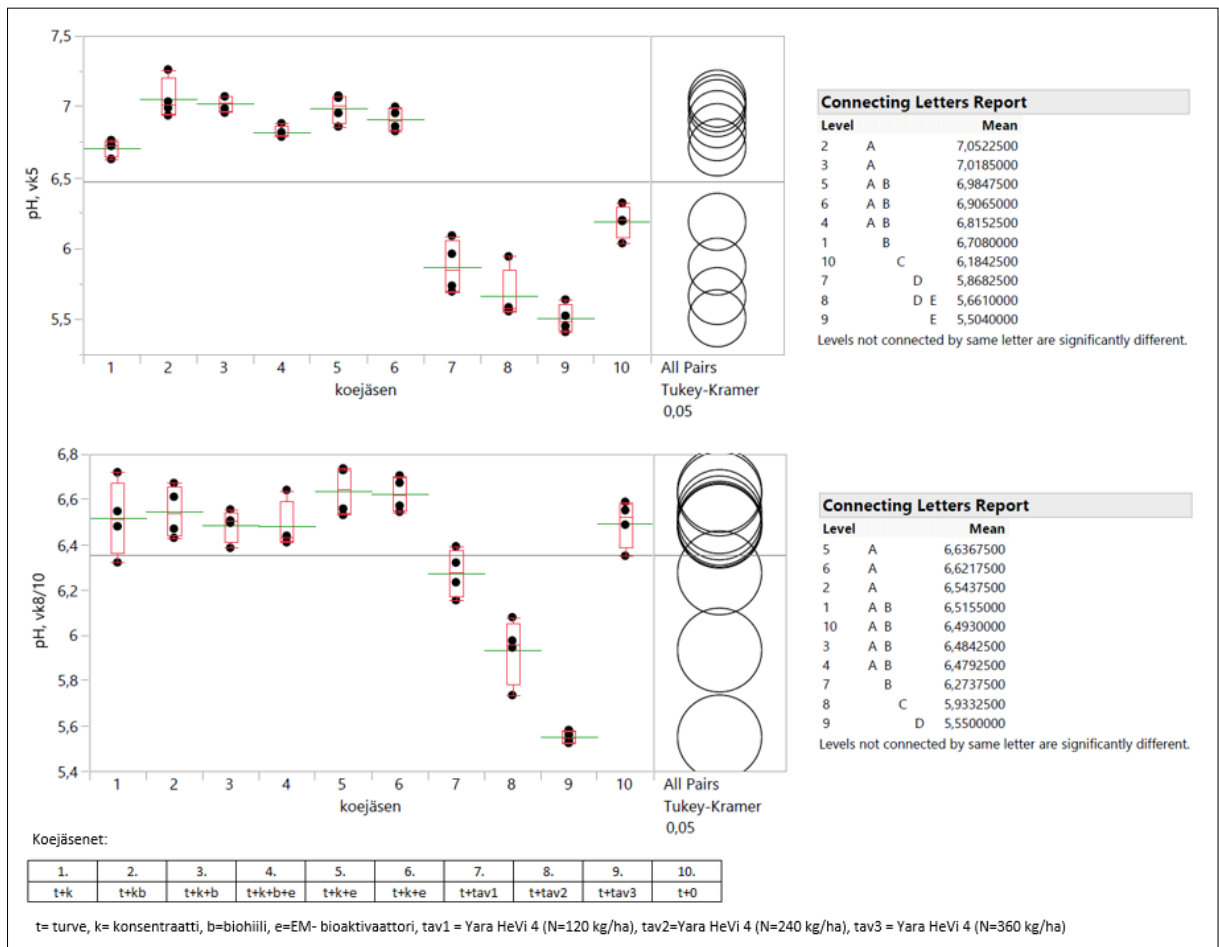
Ammoniumtyypin suhde kokonaistyypeen vaihteli kokeen alussa jonkin verran eri koejäsenten välillä (Kuva 8). Suurin ero oli konsentraattia sisältäneen koejäsenen 3 ja mineraalilannoituksen sisältäneen koejäsenen 9 välillä. Viikolla 10 ammoniumin pitoisuudet puristenesteessä olivat kaikilla käsittelyillä lähes samanlaiset. Viikolla 5 ammoniumtyypin osuus kokonaistypestä vaihteli koejäsenten välillä 56–107 % ja viikolla 10 aina 85–805 %:n välillä. Koejäsenen nro. 10 yli 800 %:n arvo johtuu todennäköisesti analyysiarvojen suuresta hajonnasta. Ammoniumtyypin osuus kokonaistypestä ei koskaan voi kuitenkaan käytännössä olla 100 % enempää, joten yli 100 % menevät arvot johtunevat joistakin tyyden laboratorioanalysointiin liittyvistä tekijöistä.

Kuva 8. Kasvatuskokeen nro. 1 koejäsenten puristenesteen ammoniumtyypen suhde kokonaistyypeen viikolla 5 (ylempi kuva) ja viikolla 10 (alempi kuva).



Kasvatuskokeen aikana puristenesteestä mitatut pH:t (Kuva 9) laskivat konsentraattikäsittelyn saaneilla koejäsenillä 1–6. Mineraalilannoituksen saaneilla koejäsenillä 7–9 sekä 0-ruudulla (käsittely 10) pH:t nousivat. Mineraalilannoituksen saaneen koejäsenen nro 9 pH pysyi lähes samana koko kokeen ajan. Mineraalilannoituksen saaneilla koejäsenillä pH:t oli alhaisimmat (5,5–6,27) ja konsentraattilannoituksen saaneilla koejäsenillä korkeimmat (6,48–7,05).

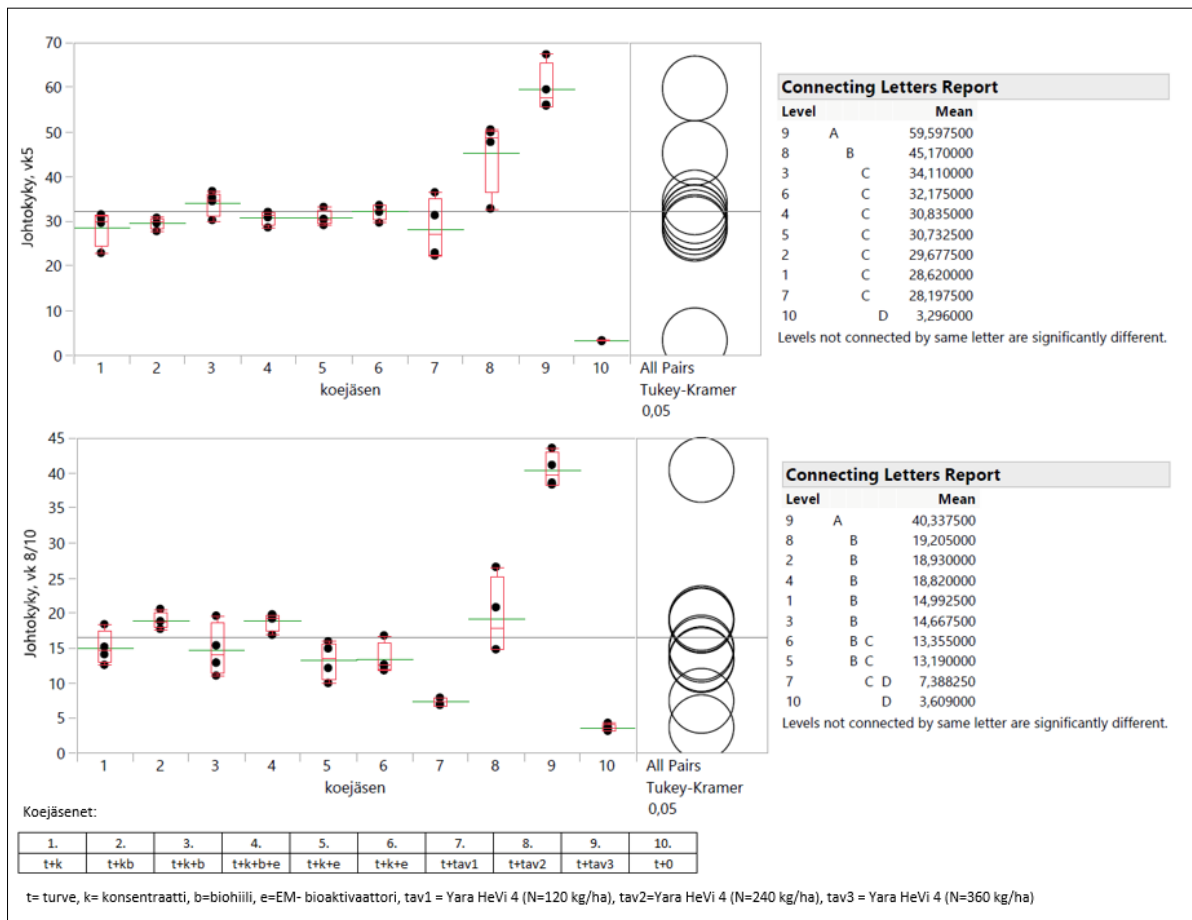
Kuva 9. Kasvatuskokeen nro. 1 koejäsenten puristenesteen pH:t viikolla 5 (ylempi kuva) ja viikolla 10 (alempi kuva).



Puristenesteen johtokyvyt (Kuva 10) olivat kokeen alussa hyvin korkeat kaikilla muilla koejäsenillä, paitsi koejäsenellä 10. Korkeimmat johtokyvyn lukemat olivat koko kokeen ajan koejäsenillä 9 ja 8, jotka olivat saaneet suurimman mineraalityypilannoituksen.

Konsentraattilannoituksen saaneiden koejäsenten (1–6) välillä johtokyvyt eivät kokeen aikana eronneet juurikaan toisistaan. Kokeen alussa johtokykyjen arvot vaihtelivat välillä 28,2–59,6 mS/cm ja lopussa 7,4–40,3 mS/cm (tarkastelusta jätetty pois 0-ruudun johtokyvyt).

Kuva 10. Kasvatuskokeen nro. 1 koejäsenten puristenesteen johtokyvyt viikolla 5 (ylempi kuva) ja viikolla 10 (alempi kuva).



6.1.2 Kasvatuskoe 2

Toisen kasvatuskokeen tarkoituksena oli konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin toimivuuden ja yhteisvaikutusten testaus apatiitilla täydennetyllä kivennäismaa-alustalla.

Tavoitteena oli selvittää fosforin vuorovaikutusta muiden komponenttien kanssa.

Ensimmäisessä turvekasvualustalla suoritetussa kokeessa fosforipitoinen mineraalilannoite oli antanut konsentraattilannoitusta paremman sadon ja toinen koe oli päätetty uusialustalla, jossa lannoitus oli tasattu typen ja fosforin mukaan. Koe suoritettiin osaruutukokeena aikavälillä 13.3.-29.4.2019 (viikot 11–18) ja testikasvina oli 'Elmeri'-ohra.

Kokeessa oli kuusi erilaista käsittelyä, jotka koostuivat kivennäismaa-alustaan lisätyistä erilaisista konsentraatin, apatiitin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin variaatioista.

Kivennäismaassa omien ravinteiden lisäksi kasvualustaan lisättiin typpeä (N) ja kaliumia (K)

konsentraatista ja fosforia (P) apatiitista käsittelyjen mukaan. Koeasetelma, kokeiden kulku ja toimenpiteet on esitetty Liitteessä 2.

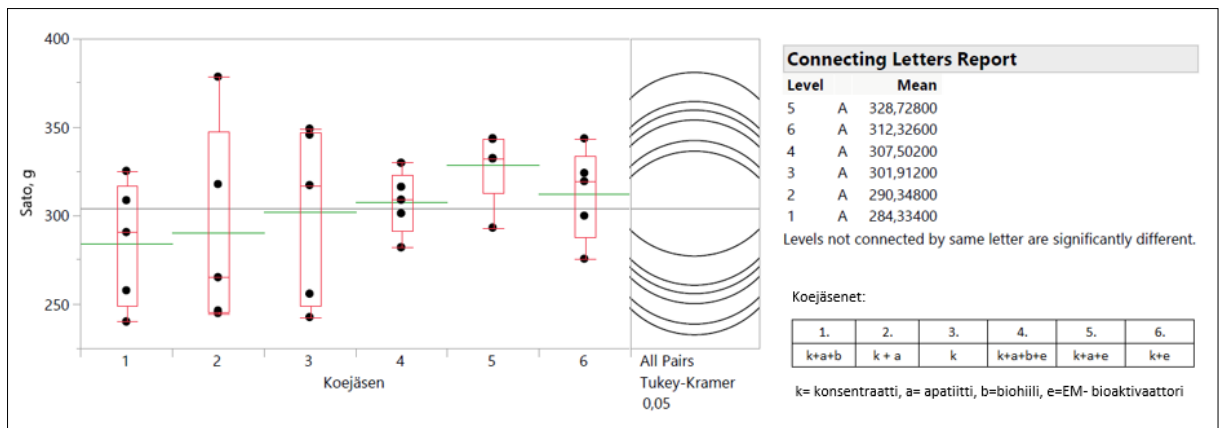
Kokeessa tehtyjen mittausten ja analyysien perusteella syntyi tutkimusaineisto ja aineistolle voitiin suorittaa tilastollisia käsittelyjä. Koeaineisto piti sisällään:

- Viikolta 17 saatiin kasvien tuoremassa (korrenkasvuvaiheessa olevan kasvuston maanpäällisen osan paino)
- Viikolta 18 (kokeen purku) läpivaluneen ylikasteluveden paino ja vesinäytteen laboratorioanalyysit: pH, johtokyky, ammoniumtyppi, nitraattityppi, fosfori, kalium ja rikki. Ylikasteluvesi analysoitiin Eurofinssin kumppanilaboratoriossa Hollannissa.
- Kokeen purun jälkeen, n. kuuden kuukauden kuluttua, teetettiin uudet analyysit läpivaluneesta ylikasteluvdestä. Viikolta 18 teetetyt analyysit olivat olleet puutteelliset fosfori-, ammonium- ja nitraattipitoisuuksien osalta ja päädyttiin ottamaan uudet analyysit. Tällöin analysoitiin fosfori, ammoniumtyppi ja nitraattityppi. Ylikasteluvesi analysoitiin Eurofinssillä Mikkelissä.

Toisen kasvatuskokeen käsittelyjen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa sadon määrään (Kuva 11). Apatiittilisäyksellä (lyh. a) ei ollut vaikutusta satoon. Myöskään EM-bioaktivaattorilla (lyh. e) ja biohiilellä (lyh. b) sekä apatiitilla ja EM-bioaktivaattorilla ei ollut yhdysvaikutusta sadon määrään. (Juvonen, 2020a)

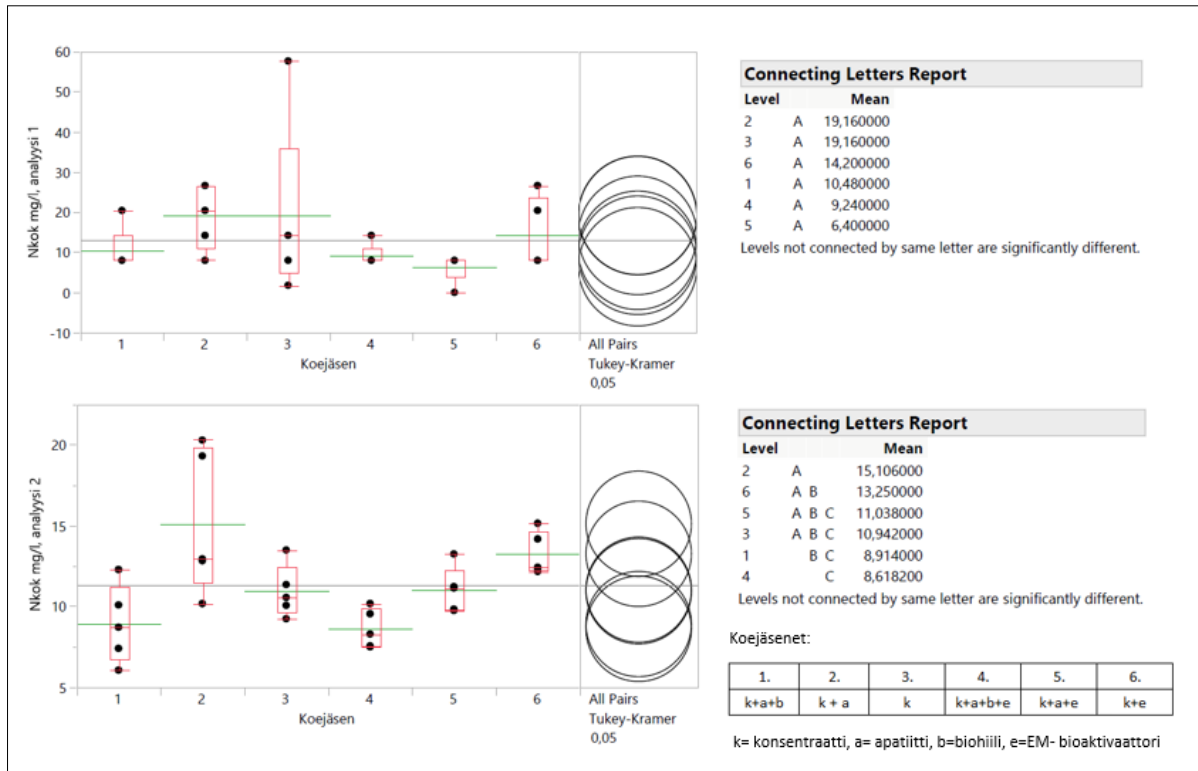
Parhaimman sadon tuotti koejäsen 5, jossa oli konsentraatin (lyh. k) lisäksi apatiittia ja EM-bioaktivaattoria (Kuva 9). Huonoimman sadon tuotti koejäsen 1, jossa oli mukana konsentraattia ja apatiittia. Erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä.

Kuva 11. Kasvatuskokeen nro. 2 koejäsenten sadon tuorepainot [g].



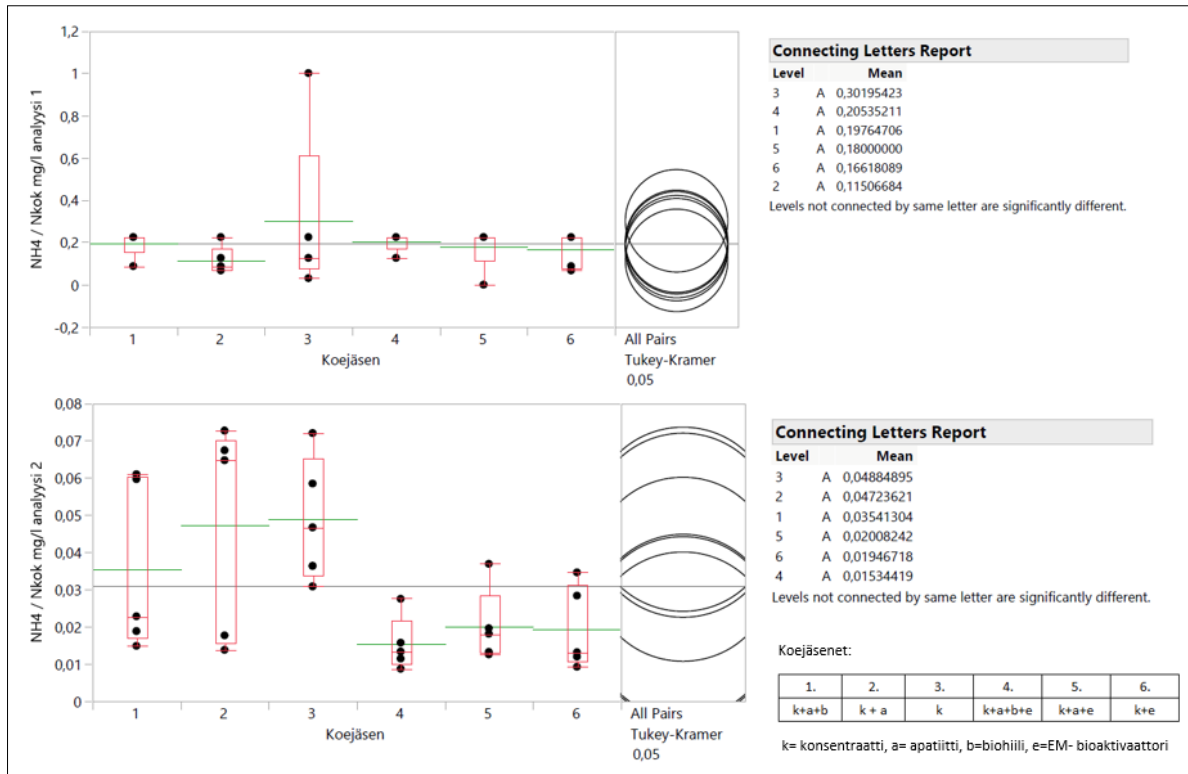
Kokeen purun yhteydessä otetuissa ylikasteluvesinäytteissä kokonaistypen pitoisuus (Kuva 12) oli suurin pelkän konsentraattilannoituksen sisältäneellä koejäsenellä 3 ja pienin koejäsenellä 5 (k+ a+ e). Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Toisessa analyysissä, joka otettiin 6 kuukauden kuluttua kokeen purusta, suurin kokonaistypen pitoisuus oli koejäsenellä 2 (k) ja pienin koejäsenellä 4 (k+ e+ a+ b) ja näiden ero oli melkein merkitsevä. Tuloksista huomataan myös, että kokonaistypen määrät olivat laskeneet kaikilla käsittelyillä ensimmäisen ja toisen ylikasteluvesinäytteen oton välillä. Huomioitavaa on, että molemmista ylikasteluvesinäytteistä analysoitiin erikseen ammonium- ja nitraattityypen määrä ja kokonaistyyppi on näistä laskettu summa.

Kuva 12. Kasvatuskokeen nro. 2 koejäsenten ylikasteluveden kokonaistyyppipitoisuudet [mg/l] kokeen purun yhteydessä (ylempi kuva) ja 6 kuukauden kuluttua kokeen purusta (alempi kuva).



Molemmissa ylikasteluvésinäytteissä ammoniumtypen suhde kokonaistyyppiin (Kuva 13.) vaihteli jonkin verran eri koejäsenten välillä. Kokeen purun aikana suhde oli välillä 11,5–30,2 % ja kuuden kuukauden kuluttua 1,5–4,9 % välillä. Huomioitavaa on, että molemmista ylikasteluvésinäytteistä analysoitiin erikseen ammonium- ja nitraattitypen määrä ja kokonaistyyppi on näistä laskettu summa. Tulosten perusteella suurin osa vesinäytteiden sisältämästä typestä oli näin ollen nitraattityppeä.

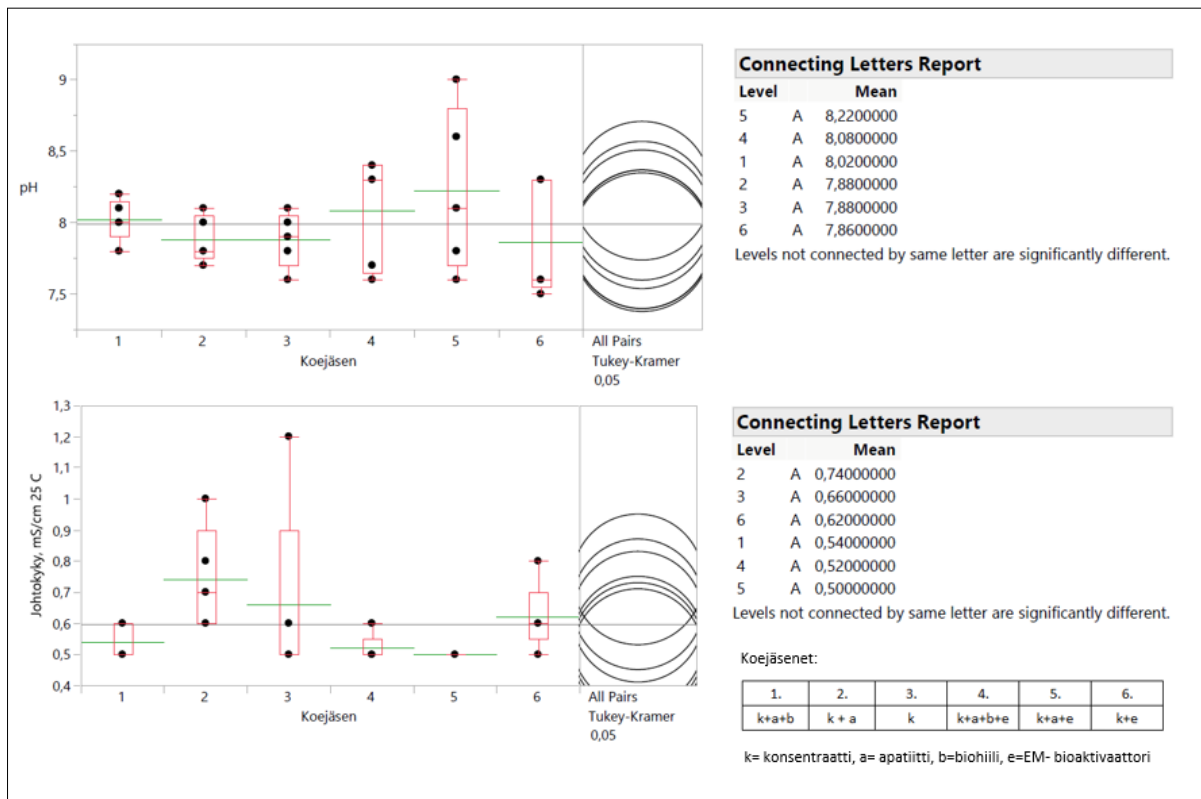
Kuva 13. Kasvatuskokeen nro. 2 koejäsenten ylikasteluveden ammoniumtypen suhde kokonaistyypeen kokeen purun jälkeen (ylempi kuva) ja 6 kuukauden kuluttua kokeen purusta (alempi kuva).



Kokeen purun yhteydessä ylikasteluvdestä analysoidut pH:t vaihtelivat välillä 7,86–8,22.

Erot eri koejäsenten välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Ylikasteluvdestä analysoitiin myös johtokyvyt, jotka vaihtelivat välillä 0,50–0,74 mS/cm. Erot eri koejäsenten välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. (Kuva 14)

Kuva 14. Kasvatuskokeen nro. 2 koejäsenten ylikasteluveden pH (ylempi kuva) ja johtokyky (alempi kuva) kokeen purun yhteydessä.

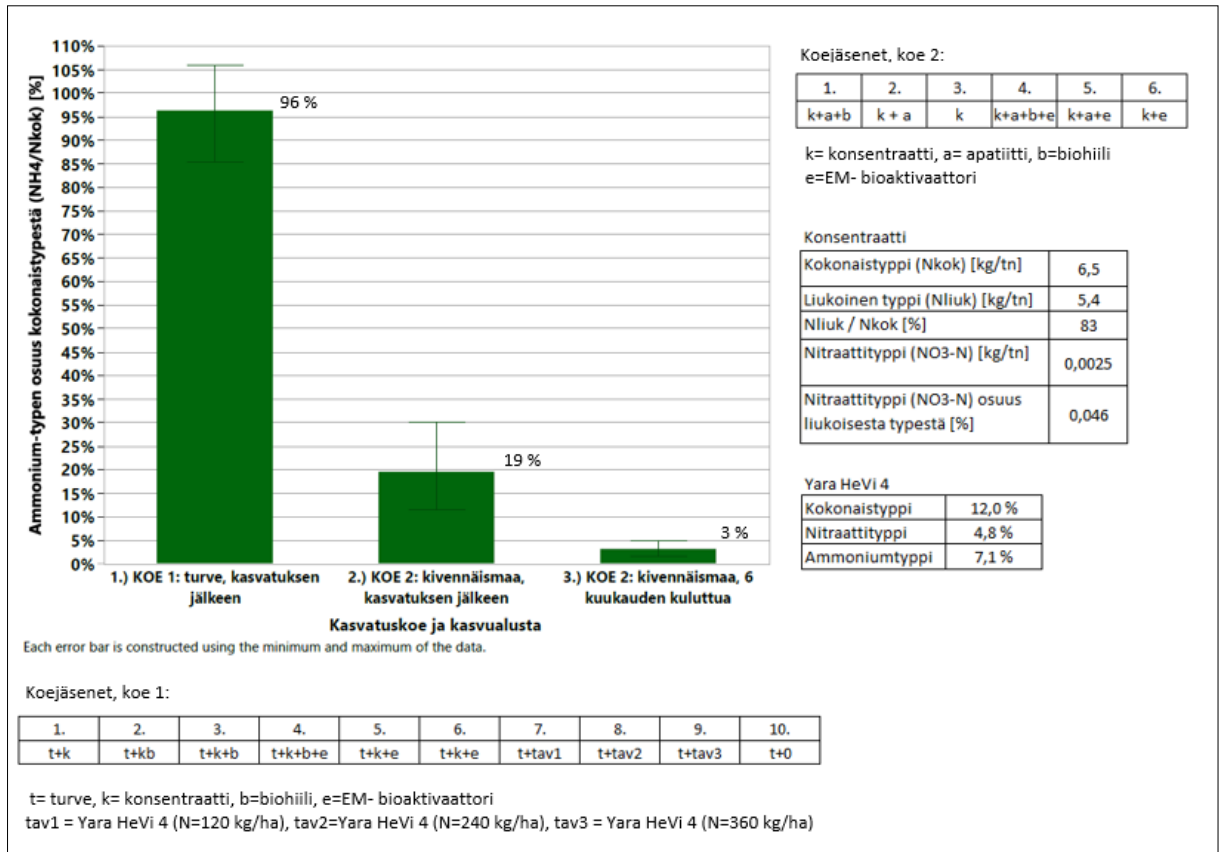


6.1.3 Tulosten yhteenveto

Kasvatuskokeiden aineiston analysoinnissa havaittiin ensimmäisen kokeen puristenesteen tyyppien olevan pääosin ammoniumtyyppiä. Toisen kasvatuskokeen aineistosta havaittiin, että ylikasteluveden nitraattityypin määrä oli taas ammoniumtyypin määrää suurempi. Näiden tulosten perusteella vedettiin alustava johtopäätös, että konsentraatin ammoniumtyppi muuttuisi nitraattitypeksi helpommin tavallisessa peltomaassa kuin turvekasvualustassa. (Juvonen, 2020a)

Ensimmäisessä kokeessa koejäsenten toistoista saatujen keskiarvojen ammoniumtyypin osuus kokonaistyyppistä oli n. 96 %. Toisessa kokeessa ammoniumin osuus oli kokeen purun yhteydessä ainoastaan n. 19 % ja kuuden kuukauden jälkeen enää vain n. 3 % (Kuva 15). Näin ollen ensimmäisen kokeen koejäsenten puristenesteiden tyyppi oli lähes kokonaan ammonium-tyyppiä ja toisen kokeen koejäsenten ylikasteluviesien tyyppi nitraattityppiä.

Kuva 15. Kasvatuskokeen 1 (turvekasvualusta) ja kasvatuskokeen 2 (kivennäismaa-alusta) ammonium-typen osuus turpeen puristenesteessä kasvatuksen jälkeen ja kivennäismaan ylikasteluvvedessä kasvatuksen jälkeen sekä 6 kuukauden kuluttua.



Kokeiden puristenesteestä ja ylikasteluvdestä tehdyt laboratorioanalysoinnit olivat kokeissa erilaiset. Ensimmäisessä kokeessa analyysit teetettiin HAMKin laboratoriossa, toisessa kokeessa ensimmäinen vesianalyysi Eurofinssin kumppanilaboratoriossa Hollannissa ja toinen vesianalyysi Eurofinssillä Mikkelissä. Analyysituloksia voitiin esim. tyyppipitoisuuksien osalta tarkastella rinnan aina yhden kokeen sisällä, mutta kokeiden välillä ei voitu suoraan tehdä analyysitulosten välistä vertailua. (Juvonen,2020e) Tämän vuoksi ei kokeiden välisiä kokonaistypen, johtokyvyn ja pH:n vertailutaulukoita laadittu, sillä arvojen vierekkäin vertaaminen ei anna totuudenmukaista kuvaa. Ammonium-typen osuus kokonaistypestä on prosentuaalinen arvo ja tämä mahdollisti edellä esitetyn yhteenvetotaulukon laatimisen.

Vaikka kokeita ei voida suoraan rinnakkain vertailla, niin ensimmäisestä kokeesta voidaan yhteenvetona mainita, että pH:t vaihtelivat kokeen aikana eri koejäsenien välillä 5,5–7,1 ja

johtokyvyt välillä 3,3–59,6 mS/cm. Toisessa kokeessa pH arvot olivat välillä 7,9–8,2 ja johtokyvyt välillä 0,5–0,7 mS/cm.

6.2 Kasvatuskoe kivennäismaa-turvekasvualustalla (koe 3)

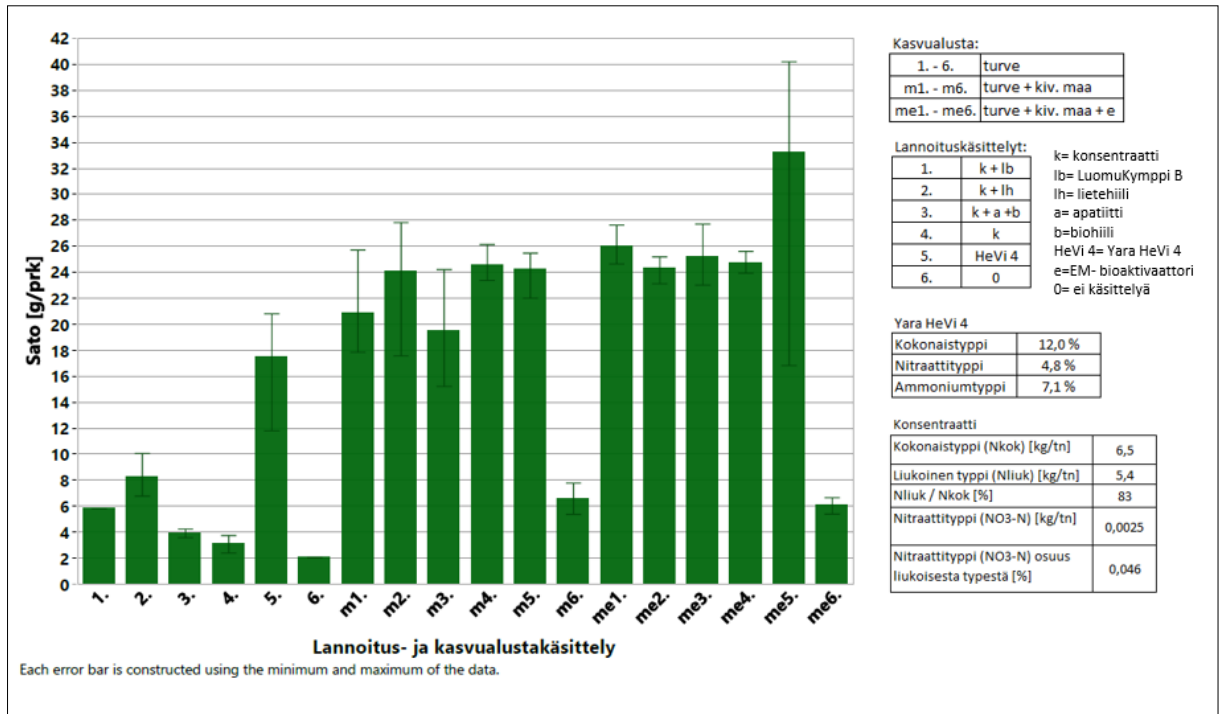
Kolmannen kasvatuskokeen tarkoituksena oli tutkia kivennäismaalisäyksen vaikutusta nitrifikaatioon ja kasvin kasvuun turvekasvualustalla. Kokeen tulosten tarkoituksena oli joko vahvistaa tai kumota käsitys kasvualustan orgaanisen aineksen määrän ja konsentraattitypen yhteydestä, eli oliko kasvualustan korkealla orgaanisen aineksen pitoisuudella (turve) vaikutusta/yhteys konsentraattitypen nitrifikaatioon (ammonium/nitraattitypen pitoisuudet eri kasvualustoilla) ja täten typpilannoituksen toimivuuteen. (Juvonen, 2020a)

Kolmannen kokeen koeasetelma, kokeiden kulku ja toimenpiteet on esitetty luvussa 5.4. sekä Liitteessä 3.

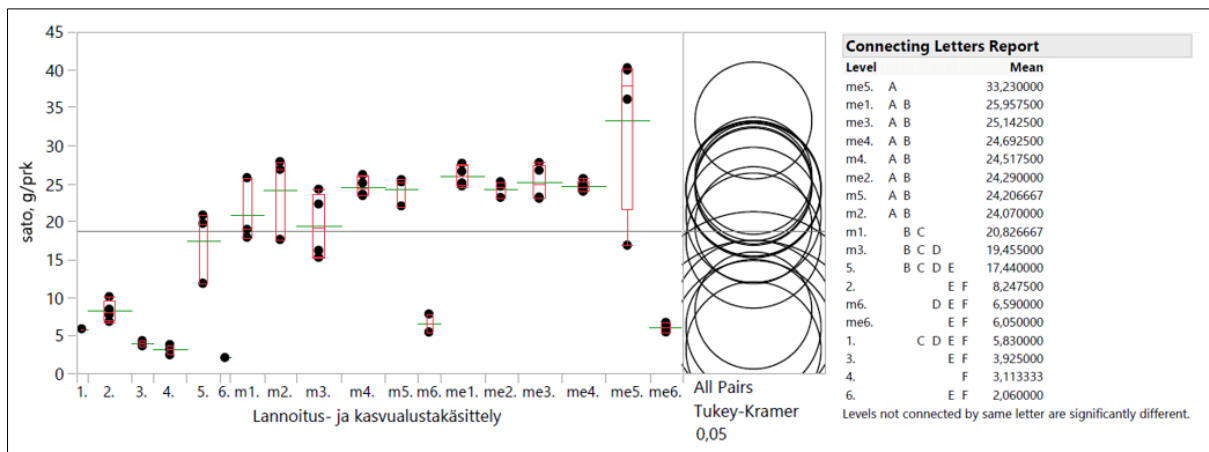
Kerranteita kokeessa oli aluksi viisi, mutta hiiret söivät taimista n. 45 %, joten kaikista koejäsenistä ei saatu edes kolmea toistoa. Vertaamalla eri lannoite- ja kasvualustakäsittelyjen tuoresatojen keskiarvoja (Kuva 16 ja 17), havaitaan kivennäismaalisäyksen lisänneen satoa. Kivennäismaalisäyksen saaneet koejäsenet (m1.-m6. ja me1.-me6.) tuottivat selvästi enemmän satoa kuin pelkällä turvekasvualustalla lannoituskäsittelyn saaneet koejäsenet (1.–6.). (Juvonen, 2020a)

Pylväskaavio havainnollistaa hyvin eri koejäsenten ja kasvualustakäsittelyjen välisiä satoeroja (Kuva 16). Pylväskaavion rinnalle otetusta laatikko-jana kuviosta (Kuva 17) nähdään mm. eri lannoitus- ja kasvualustakäsittelyjen koejäsenien toistojen määrä. Koejäsenistä 1. ja 6. saatiin vain yksi toisto, ja muilla koejäsenillä toistojen lukumäärä vaihteli välillä 2–4. Satojen määrä vaihteli välillä 2,06–33,23 g/astia. Koejäsenten (1.–6.) sadot vaihtelivat välillä 2,06–17,44 g ja koejäsenten (m1.-m6.) välillä 6,59–24,07 g sekä koejäsenten (me1.-me6.) 6,05–33,23 g.

Kuva 16. Kasvatuskokeen nro 3 sadon tuorepainot [g/prk] turvekasvualustalla (1.–6.), turvekivennäismaa-kasvualustalla (m1. - m.6) ja EM-bioaktivaattorilisäyksen saaneella turvekivennäismaa-kasvualustalla (me1. -me.6).



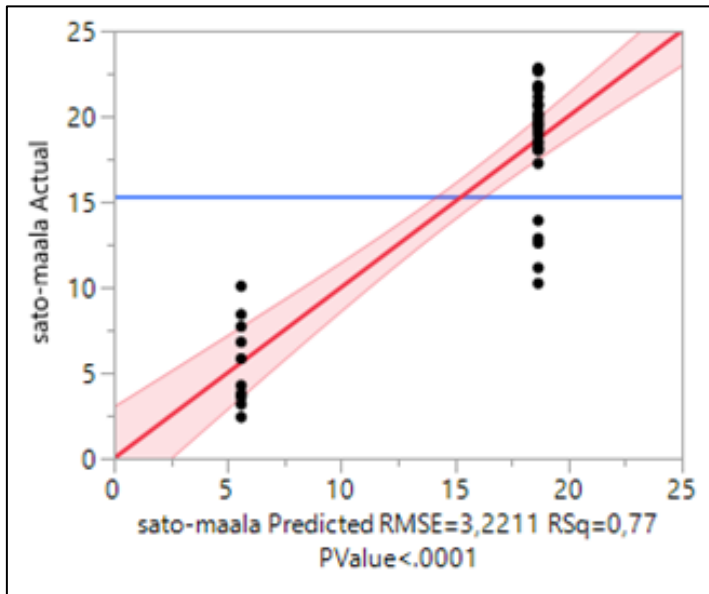
Kuva 17. Kasvatuskokeen nro. 3 käsittelyjen sadon tuorepainot [g/prk] esitettynä laatikkokuviona (boxplot).



Käsittelyissä 6, m6 ja me6 ei kasvualustoihin lisätty erikseen typpilannoitetta. Kivennäismaa itsessään sisälsi hieman typpeä, joten käsittelyihin m6. ja me6. meni maa-aineksen mukana hieman lisätyppä. Lisäksi mineraalilannoitekäsittelyissä ruuduissa (5, m5 ja me5.) osa lannoitteen sisältämästä tyypestä oli nitraattimuodossa. Poistamalla laskennasta

kivennäismaan- ja mineraalilannoitteen tyyppi ja analysoimalla kivennäismaalisäyksen vaikutus satoon (Kuva 18) regressioanalyysin avulla, saatiin mallin selitysteeksi (RSq) 0,77. (Juvonen, 2020a)

Kuva 18. Kivennäismaalisäyksen vaikutus satoon. Sadosta on vähennetty maalisäyksen lannoitusvaikutus. (Juvonen, 2020a)

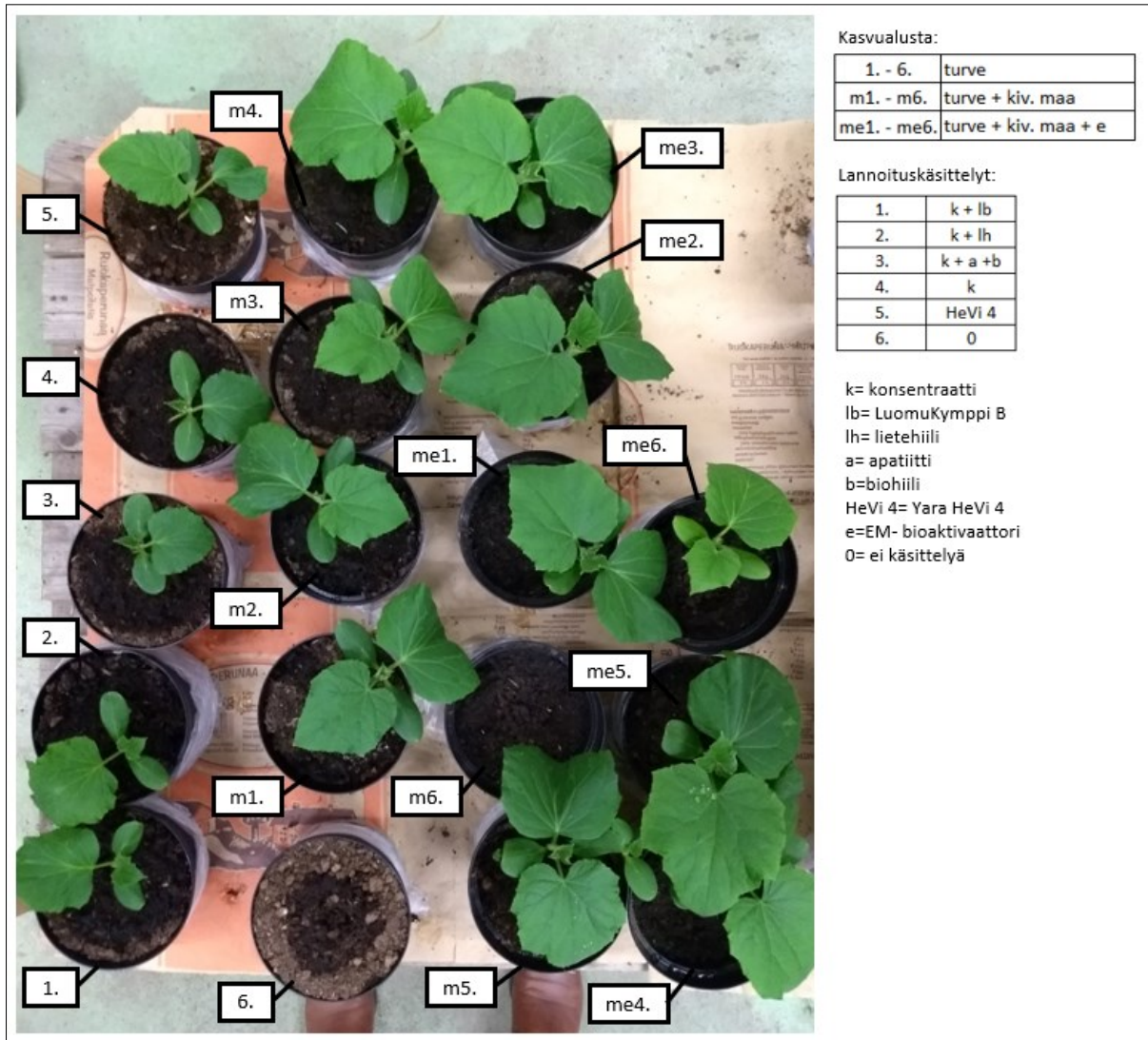


Regressioanalyysillä vahvistettiin, että nitrifikaatio on määräävä tekijä. Analyysissä selittävänä tekijänä käytettiin kasvualustaa (turve, turve +kivennäismaa) ja selitettävänä tekijänä sadon tuorepainoa. Kivennäismaan mukana menneet ravinteet huomioitiin laskennallisesti. Vaikka sadosta vähennettiin maalisäyksen lannoitusvaikutus, oli kasvu tilastollisesti erittäin merkitsevästi suurempaa kasvualustoilla, jotka olivat saaneet kivennäismaalisäyksen (p-arvo <0,001). (Juvonen, 2020c).

Regressioanalyysin käsitettä on avattu luvussa 5.5. Regressiomallin selittävyysvoimaa kuvaa mm. R^2 - luku (R square). R^2 - luku on mallin selitysosuus, joka kertoo ”kuinka suuren osuuden selitettävän muuttujan vaihtelusta regressionanalyysin selittävät muuttujat pystyvät selittämään” ja se vaihtelee välillä 0–1. Jos R^2 - luku on pieni, selittävät muuttujat pystyvät selittämään vain pienen osan selitettävän muuttujan vaihtelusta. Esimerkiksi R^2 -luku 0,44 tarkoittaa prosentteina 44 %. (KvantiMOTV,2008) Tässä tapauksessa R^2 luku on 0,77 eli 77 % sadon tuorepainon vaihtelusta selittyy kasvualustan eroilla (eli onko kyseessä turvekasvualusta vai kivennäismaa-alusta).

Kokeen purun yhteydessä otetusta valokuvasta (Kuva 19) havaitaan, että kasvuero eri lannoite- ja kasvualustakäsittelyjen välillä olivat isoja.

Kuva 19. Eri lannoitus- ja kasvualustakäsittelyjen välillä oli isoja eroja. (Juvonen, 2019b)



Kokeen tulokset viittaavat siihen, että nitrifikaatiobakteerit eivät viihtyisi kalkitussa ja lannoittamattomassa turpeessa vaan tarvitsisivat kivennäismaalisäyksen toimiakseen. Vaikka tulokset ovat kovin ilmeisiä, on koe ennen lopullisten johtopäätösten tekoa uusittava. Kivennäismaana tulisi käyttää mahdollisimman ravinneköyhää maata, että saataisiin poistettua varmuudella kivennäismaan sisältämien ravinteiden vaikutus. (Juvonen, 2020a)

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Orgaanisen aineksen heikentävää vaikutusta nitrifikaatioon ei tarkastelun perusteella voitu vahvistaa eikä myöskään poissulkea. Tutkimusaineiston tarkastelun yhteydessä havaittiin useita mahdollisia selittäviä tekijöitä eri kasvualustojen välisiin ammoniumtyppi-pitoisuuden vaihteluihin.

Tutkimusaineiston analysoinnissa nousivat esiin erot kasvualustan typpipitoisuuksien määrittämissä menetelmissä. Ensimmäisessä turvekasvualustaan keskittyvässä kokeessa laboratorioanalyysit oli teetetty puristenesteestä ja toisessa kivennäismaalla tehdyssä kokeessa analysoitiin kasvualustan läpi valutettu ylikasteluvesi. Kolmannessa kokeessa analyysijä ei ollut teetetty ollenkaan, joten kahden ensimmäisen kokeen eri mineraalityypen pitoisuuksiin liittyvää varmistusta ei saatu.

Puustisen (2009, s. 89) mukaan pelloilta typpi huuhtoutuu pääosin liukoisessa nitraattimuodossa ja pääosa huuhtoutuvasta tyyppistä tulee salaojavaluntana. Toisessa kokeessa kivennäismaan läpivalutetun ylikasteluveden typpi oli pääosin nitraattityppeä. Koejärjestelyjä voitaisiin myös verrata peltomaahan: 40 litran kasvatuslaatikkoon lisättiin 10 litraa vettä kivennäismaan päälle ja kivennäismaan pohjalla lecasorakerros toimi salaojana, johon typpi huuhtoutui. Tämän tarkastelun perusteella voitaisiin olettaa, että tässä tapauksessa on tapahtunut tyyppien kiertokulkuun kuuluvan prosessin nitraattityypin huuhtoutuminen.

Ensimmäisessä kokeessa turvekasvualustalla analysoitiin puristenestenäytteet, mutta ei ylikasteluveden pitoisuuksia. Järvisen ym. (2016, s. 153, 156) mukaan puristenesteen laboratorioanalyysillä saadaan selville kasville välittömästi käytössä olevien ravinteiden määrä ja ylikastelua voidaan käyttää mm. puristenesteen laimentamiseen tekemällä kasvualustan läpi huuhtelua, jolla saadaan myös muutettua kasvualustan puristenesteen ravinnetasapainoa. Puristeneste on kasvualussa oleva neste ja ylikasteluvesi läpi huuhtoutunut, kasvin käyttämättä jättämä ja kasvualustaan pidättymätön neste.

Jotta näiden kahden eri kokeen tulokset saataisi paremmin vertailukelpoisiksi keskenään, olisi niiden analysointimenetelmiin kiinnitettävä huomiota. Kivennäismaasta olisi hyvä pyrkiä

ottamaan turpeen puristenesteen kaltainen analyysi. Tämä on mahdollista teettämällä kivennäismaasta liukoisen typen laboratorioanalyysi tai analysoimalla maan typpipitoisuutta nk. typpisalkun avulla. Myös turvekasvualustaa voitaisiin ylikastella ja teettää ylikasteluvedestä analyysijä. Keijo Juntusen (2020) haastattelun mukaan ammattimaisessa kasvihuoneviljelyssä verrataan aina antoliuoksen, puristenesteen ja ylikasteluveden arvoja keskenään ja niiden perusteella tehdään päätelmiä kasvin lannoitustarpeista.

Kolmannen kokeen kasvualustoista ei tehty laboratorioanalyysijä ja Juvosen (2020a) mukaan koe on joka tapauksessa uusittava. Kokeen uusimisen yhteydessä voitaisiin kasvualustoista ottaa puristenesteet sekä analysoida ylikasteluvedet. Kasvualustan kosteuden seuraamista olisi myös hyvä tehdä päivittäisillä kosteusmittauksilla, jotta vältettäisiin mahdollista liikakastelua ja toisaalta kuivuutta. Kasvualustasta voitaisiin ottaa kasvatusaikana nitraattiliuskojen avulla välimittauksia, jotta voitaisiin seurata tarkemmin nitraattitypen määrää. Itse kasveista voitaisiin myös tehdä kasvianalyysit, jotta saataisiin tarkemmin selville oikeanlaiset ravinnesuhteet.

Kirjallisuustarkastelussa ei saatu vahvistusta korkean orgaanisen aineksen heikentävästä vaikutuksesta nitrifikaatioon. Ainoastaan Salkinoja-Salosen (2002, s.87) mukaan nitrifikaatiobakteerit eivät sietäisi korkeaa orgaanisen aineksen pitoisuutta. Muissa lähteissä tuotiin esille nitrifikaation toimivuuteen vaikuttavina asioina mm. pH, oikeanlaiset kosteusolosuhteet ja kasvualustan ilmavuus eli hapelliset olosuhteet. Tämä asia tarvitsee vielä laajempaa kirjallisuustarkastelua ja nyt tarkastelluissa lähteissä ei eloperäisen aineksen yhteyttä nitrifikaatioon esiintynyt.

Puustjärven (1973,170) mukaan turve saattaa olla liian hienoa, jolloin sen ilmatila on liian alhainen ja vesitila liian korkea. Tällaista hienoa rakennetta voidaan kompensoida lisäämällä turpeen sekaan esimerkiksi hiekkaa. Kolmannessa kokeessa turvekasvualustalle tehtiin hietamoreeni-lisäys, joka antoi selkeän kasvunlisän. Hietamoreenia voitaisiin verrata turvekasvualustalle tehtävään hiekkalisäykseen ja tutkittavaksi jääkin, että onko kivennäismaalisäys parantanut turvekasvualustan ilma- ja vesitilavuuden suhdetta, jolloin kasvulla on ollut paremmat kasvuolosuhteet ja mahdollisesti nitrifikaatiokin on toiminut paremmin.

Ensimmäisessä kokeessa havaittiin puristenesteen johtokykyarvojen olevan erittäin korkeita, jopa kymmenkertaisia suositusarvoihin nähden. Murmannin (1992, s. 66) mukaan kasvihuonekurkun istutuksen jälkeisen puristenesteen johtokyvyn olisi hyvä olla välillä 2,5–3,0 mS/cm. Jos johtokyky nousee liian korkeaksi, haittaa se kasvin vedenottoa ja äärimmäisessä tapauksessa johtaa kasvin kuolemaan (Järvinen ym. (2016, s. 82). Tämän mukaan voidaan olettaa, että ensimmäisen kasvatuskokeen ravinnetasapainossa on ollut häiriöitä ja tutkittavaksi jää, voivatko korkeat johtokykylukemat vaikuttaa nitrifikaation toimivuuteen kasvualustalla.

Opinnäytetyön tavoiteltava hyöty oli tiedon tuottaminen BioRaki2-hankkeen hallinnoijalle, BioKymppi Oy:lle. Vuonna 2019 tehtyjen kolmen kasvatuskokeen avulla saatiin tietoa konsentraatin käyttökelpoisuudesta eri kasvualustoille ja konsentraatin sisältämän ammonium-typen mahdollisesta toimimattomuudesta turvekasvualustalla. Opinnäytetyöhön sisältynyt teoreettinen tarkastelu ja lisäksi kasvatuskokeiden aineiston analysoinnissa esiin tulleet jatkotutkimusaiheet auttavat konsentraatin käytön jatkotutkimusten suunnittelussa. Tehtyjen kokeiden ja tarkastelujen perusteella ei voida vielä varmaksi sanoa, etteikö konsentraattilannoitus toimisi turvekasvualustalla toivotunlaisesti vaan asia tarvitsee lisätutkimuksia ja jo tehtyjen kokeiden uusimista erilaisilla lisätoimenpiteillä

Lähteet

BioKymppi. (n.d. a). Yritys. Haettu 15.12.2020 osoitteesta https://bio10.fi/?page_id=15

BioKymppi. (n.d. b). Raaka-aineet. Haettu 15.12.2020 osoitteesta

https://bio10.fi/?page_id=17

BioKymppi. (n.d. c). Lannoitevalmisteet. Haettu 15.12.2020 osoitteesta

https://bio10.fi/?page_id=137

BioKymppi. (n.d. d). BioKymppi Oy:n tuotteiden tuoteselosteet. Haettu 7.12.2020 osoitteesta

https://bio10.fi/?page_id=143

BioKymppi. (n.d. e). Tuoteseloste LuomuKymppi A (vuosi 2019). Haettu 15.12.2020

osoitteesta <https://bio10.fi/wp-content/uploads/2019/04/LuomuKymppi-A-2019.pdf>

BioKymppi. (n.d. f). Tuoteseloste LuomuKymppi B (vuosi 2019). Haettu 7.12.2020 osoitteesta

<https://bio10.fi/wp-content/uploads/2019/04/LuomuKymppi-B-2019.pdf>

Biovoima. (n.d.). Paikallista energiaa tuottava CHP-laitos. Haettu 15.12.2020 osoitteesta

<https://biovoima.com/ratkaisut/chp>

Brady, N. C. & Weil, R. R. (2017). *The nature and properties of soils* (Fifteenth edition. Global edition.). Harlow: Pearson.

Carbofex. (n.d. a). Mitä biohiili on? Haettu 12.12.2020 osoitteesta

<https://www.carbofex.fi/mitae-biohiili-on>

Carbofex. (n.d. b). Carbofexin käyttämä pyrolysointitekniikka. Haettu 12.12.2020 osoitteesta

<https://www.carbofex.fi/>

Carbons. (n.d.). Biohiili. Haettu 12.12.2020 osoitteesta <https://carbons.fi/biohiili/>

Eurofins. (n.d.). Viljavuustutkimuksen tulkinta. Haettu

https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2849228/viljavuustutkimuksentulkinta_01022019.pdf

- Farmit. (n.d.). Typpilannoituksen tarkentaminen peltokasveilla. Haettu 15.12.2020 osoitteesta <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2008/04/25/typpilannoituksen-tarkentaminen-peltokasveilla>
- Gasum. (n.d.). Miten biokaasua tuotetaan? .Haettu 15.12.2020 osoitteesta <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/miten-biokaasua-tuotetaan/>
- Geoanalyysi. (n.d.). EM-bioaktivaattori. Valmistaja Multikraft Oy ja Geoanalyysi Oy:n maahantuoma. Tuotteen pakkausseloste.
- Hannula, A. (2020). Kasvuturve VHM 420 LO. B-turpeen tarkemmat tiedot Kekkilä Professional laatuasiantuntija Anne Hannulalta. Kekkilä Professional aluemyyntipäällikkö Eija Lankisen välittämä viesti tekijälle 9.12.2020.
- Hartikainen, H. (1992). Maaperä. Teoksessa R. Heinonen (toim.) *Maa, viljely ja ympäristö*. Helsinki: WSOY, ss. 9-90
- Havlin, J., Tisdale, S., Nelson, W. & Beaton, J. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th ed.). Boston: Pearson.
- Heikkilä, T. (2014). Muuttujien väliset riippuvuudet – esimerkkejä. Edita Publishing Oy 2014. Haettu 13.12.2020 osoitteesta <http://www.tilastollinentutkimus.fi/5.SPSS/Riippuvuudet.pdf>
- Highbio. (n.d.). Lämmön avulla jalostaminen – Pyrolyysi. Haettu 12.12.2020 osoitteesta https://ciweb.chydenius.fi/project_files/HighBio%20projekti%20INFO/INFO%20HighBio%20F27.pdf
- Juvonen, E-L. (2018). Lannoitus ja kasvualustat: konsentroituja lannoitteita kasvihuone- ja puutarhaviljelyyn. Eeva-Liisa Juvosen esitys luomupäivillä 16.11.2018. Esitys on osa tutkimusaineistoa ja löytyy 6.12.2020 myös osoitteesta <https://docplayer.fi/109442713-Lannoitus-ja-kasvualustat-luomupaivat-eeva-liisa-juvonen-konsentroituja-lannoitteita-kasvihuone-ja-puutarhaviljelyyn.html>
- Juvonen, E-L. (2019a). Konsentraatista ja biohiilestä kasvuvoimaa. Eeva-Liisa Juvosen esitys Kierrätysravinteet luomuviljelyssä -seminaarissa 11.4.2019, Knehtilän luomutilalla Hyvinkäällä. Esitys on osa tutkimusaineistoa ja löytyy 6.12.2020 myös osoitteesta

<http://www.luomuliitto.fi/hallinta/wp-content/uploads/2019/04/Konsentraatin-ja-biohiilen-toimivuus-kasvualustassa.pdf>

- Juvonen, E-L. (2019b). Kuva kasvatuskokeesta numero 3. Kuva otettu HAMK Oy Mustialan koetiloilla 24.11.2019. Michaela Kontu lisännyt 7.12.2020 kuvaan merkinnät eri lannoitus - ja kasvualustakäsittelyistä.
- Juvonen, E-L. (2020a). HAMK Oy Mustialan toimipisteen koetiloissa vuonna 2019 toteutettujen kolmen kasvatuskokeen tutkimusaineisto kokonaisuudessaan (kokeiden suunnittelu, toteutus, tulokset, tulosten tarkastelu, johtopäätökset ja raportointi).
- Juvonen, E-L. (2020b). Opinnäytetyö- konsentraatista ja biohiilestä kasvuvoimaa, kasvualustakokeet Mustialassa. Sähköpostiviesti tekijälle 16.11.2020.
- Juvonen, E-L. (2020c). Opinnäytetyö: kysyttävää kasvualustakokeista. Sähköpostiviesti tekijälle 7.12.2020.
- Juvonen, E-L. (2020d). Kuvakooste koejärjestelyistä. Kuvakoosteen oikeanpuoliset kuvat otettu HAMK Oy Mustialan koetiloissa 29.1.2019. Valokuvaajana Eeva-Liisa Juvonen. Vasen kuva Michaela Kontun kuvaama.
- Juvonen, E-L. (2020e). Tarkentavia tietoja laboratorioanalyysien tulkintaan tekijälle 14.12.2020 puhelimitse ja sähköpostitse.
- Järvinen, M., Karjalainen, K. & Vuollet, A. (2016). *Kasvihuoneviljely- tuotantotekniikan perusteet*. Helsinki: Opetushallitus.
- Kanniainen. (1997). Kasvinravinteet ja lannoitus. Teoksessa Koivunen, T. (toim.). *Tehokkaasti kasvihuoneesta*. Helsinki: Opetushallitus, ss. 141–156
- Keskinen, R., Hyväluoma, J., Sohlo L., Help, H. & Rasa, K. (2019). Fertilizer and soil conditioner value of broiler manure biochars. *Biochar* 1, 259–270 (2019).
<https://doi.org/10.1007/s42773-019-00020-7>
- Kleemola, J. (2009). Mineraalilannoitteet. Teoksessa Peltonen, J. & Harmoinen, T. (toim.). Ravinteet kasvintuotannossa. Tieto tuottamaan nro 127, ProAgria Keskusten Liiton julkaisu nro 1071. Vantaa: ProAgria Keskusten liitto, ss. 40–46.

- Kontu, M. (2019a). Kuvakooste EM-bioaktivaattorista. Kuvat otettu HAMK Oy Mustialan koetiloissa 1.11.2019. Valokuvaajana Michaela Kontu.
- Kontu, M. (2019b). Kuvakooste koejärjestelyistä. Kuvakoosteen vasen kuva otettu HAMK Oy Mustialan koetiloissa 1.11.2019. Valokuvaajana Michaela Kontu. Oikeanpuoliset kuvat Eeva-Liisa Juvosen kuvaamia.
- Kontu, M. (2019c). Kasvatuskoe 3 viikolla 44 (kasvatusviikko nro 1, kokeen perustamisesta 3 päivää). Kuva otettu HAMK Oy Mustialan koetiloissa 1.11.2019. Valokuvaajana Michaela Kontu.
- KvantiMOTV. (2002). Varianssianalyysi. Haettu 13.12.2020 osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/varienssi/anova.html>
- KvantiMOTV. (2003). Hypoteesien testaus. Haettu 13.12.2020 osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/hypoteesi/testaus.html>
- KvantiMOTV. (2008). Regressioanalyysi. Haettu 14.12.2020 osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/regressio/analyysi.html>
- Lankinen, E. (2020). Kasvuturve VHM 420 LO tuoteseloste ja kuvaus. Sähköpostiviesti Kekkilä Professional aluemyyntipäälliköltä Eija Lankiselta tekijälle 25.11.2020.
- Mellin, I. (2006). Tilastolliset menetelmät: Lineaarinen regressioanalyysi. TKK. Haettu 14.12.2020 osoitteesta <https://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Regranal.pdf>
- Minun Maatilani. (2020). Minun Maatilani- viljelysuunnitteluohjelmiston lannoitelista. Vaatii kirjautumisen palveluun. Haettu 14.12.2020 osoitteesta <https://www.minunmaatilani.fi/>
- Murmann, T. (1992). *Kasvihuonekurkun viljely*. Helsinki: Kauppapuutarhaliitto.
- Mäntylähti, V., Jaakkola, A. & Kari, M. (2009). Ravinteiden puutosoireet. Teoksessa Peltonen, J. & Harmoinen, T. (toim.). *Ravinteet kasvintuotannossa*. Tieto tuottamaan nro 127, ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1071. Vantaa: ProAgria Keskusten liitto, ss. 51–62.
- Parent, L. & Khiari, L., (2003). Nitrogen and phosphorus balance indicators in organic soils. 115). Teoksessa Parent, L-E. & Ilnicki, P. (toim). *Organic soils and peat materials for sustainable agriculture*. Boca Raton, FL: CRC Press. ss.105-137.

- ProAgria. (n.d.). Maanäytteen otto-ohje liukoisen typen määrittystä varten 2014. Haettu 15.12.2020 osoitteesta https://keski-pohjanmaa.proagria.fi/sites/default/files/attachment/maanaytteiden_otto_ohje.pdf
- Puustjärvi, V. (1973). *Kasvuturve ja sen käyttö*. Turveteollisuusliitto.
- Puustinen, M. (2009). Lannoitus ympäristön kannalta. Teoksessa Peltonen, J. & Harmoinen, T. (toim.). *Ravinteet kasvintuotannossa*. Tieto tuottamaan nro 127, ProAgria Keskusten Liiton julkaisu nro 1071. Vantaa: ProAgria Keskusten liitto, ss. 87–92.
- RE-maatala. (n.d.). Biokaasulaitoksen mädätysjäännös. Haettu 15.12.2020 osoitteesta <http://ravinneenergia.fi/materiaali/omalannoitteet/biokaasulaitoksen-madatyssaannos-ja-komposti/>
- Ruokavirasto. (n.d. a). Sivutuotteiden luokittelu. Haettu 15.12.2020 osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elainala/elaimista-saatavat-sivutuotteet/sivutuotteiden-luokittelu/>
- Ruokavirasto. (n.d. b.). Ympäristökorvauksen sitoumusehdot 2020. Haettu 15.12.2020 osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/oppaat-ja-esitteet/ymparistokorvauksen-sitoumusehdot-2020.pdf>
- Salkinoja-Salonen, M. & Aalto, J. (2002). *Mikrobiologian perusteita*. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Summala, O. (2017). *Biokaasulaitoksen rejektivesien konsentroidilaitteiston asennus ja käyttöohjeiden laatiminen*. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Karelia Ammattikorkeakoulu. Haettu 15.12.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017122122446>
- Suomisanakirja. (n.d). Konsentraatti. haettu 15.12.2020 osoitteesta <https://www.suomisanakirja.fi/konsentraatti>
- TEHO. (2009). Raportti liukoisen typen määrittämisestä - kaupallisten tuotepakettien käyttökokeita. Haettu 15.12.2020 osoitteesta

[file:///C:/Users/kontu/Downloads/Raportti%20liukkoisen%20typen%20m%C3%A4%C3%A4ritykseen%20soveltuvista%20kaupallisista%20tuotepaketeista%20270409%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/kontu/Downloads/Raportti%20liukkoisen%20typen%20m%C3%A4%C3%A4ritykseen%20soveltuvista%20kaupallisista%20tuotepaketeista%20270409%20(1).pdf)

Voipio, I. (2001). *Vihannekset: Lajit, viljely ja sato*. Helsinki: Puutarhaliitto.

Yara. (n.d. a). Yara lyhyesti. Haettu 15.12.2020 osoitteesta <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-lyhyesti/>

Yara. (n.d. b). Yara Suomen historia. Haettu 15.12.2020 osoitteesta <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/historia/>

Yara. (n.d. c). Lannoiteopas 2020–2021. Haettu 15.12.2020 osoitteesta https://www.yara.fi/contentassets/933fda523d41435ca01181ddbd46f4b1/yara_lannoiteopas_2020_fi_0409.pdf/

Yara. (n.d. d). Yara HeVi 4. Haettu 7.12.2020 osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/lannoitteet/muut-tuotteet/yara-hevi-4/>

Yara. (n.d. e). Yara SUOMENSALPIETARI. Haettu 15.12.2020 osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/lannoitteet/yarabela/yarabela-suomensalpietari/>

Yara. (n.d. f). YaraTera KRISTA K PLUS. Haettu 15.12.2020 osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/lannoitteet/yaratera/yaratera-krista-k-plus/>

Yara. (n.d. g) Yara apatiitti. Haettu 7.12.2020 osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/lannoitteet/muut-tuotteet/yara-apatiitti/>

Yara. (n.d. h) Yara biotiitti. Haettu 7.12.2020 osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/lannoitteet/muut-tuotteet/yara-biotiitti/>

Yli-Halla, M. (2009). Kasviravinteet. Teoksessa Peltonen, J. & Harmoinen, T. (toim.). *Ravinteet kasvintuotannossa*. Tieto tuottamaan nro 127, ProAgria Keskusten Liiton julkaisu nro 1071. Vantaa: ProAgria Keskusten liitto, ss. 6–22.

HAASTATTELUT

Juntunen, K. (2020). Tuotantopäällikkö, HAMK Oy Lepaan tuotantoyksikkö. Haastattelu
14.12.2020.

Liite 1: Kasvatuskoe 1: Konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin vaikutusten testaus turvekasvualustalla

KASVATUSKOE 1

Konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin vaikutusten testaus turvekasvualustalla

Kokeen toteutusaika: 25.1. - 6.3.2019

Toteutuspaikka: HAMK Oy Mustialan koetilat

Kasvilaji/lajike: Avomaakurkku 'Adam F1'

Kasvualusta: Kekkilä Professional VHM 420 LO R8397 turve

| Aika, vko | Koejäsenet | | | | | | | | | |
|-----------|------------|------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4 | | kb | | kbe | | | | | | |
| 5 | | kb | | kbe | | | | | | |
| 5* | t+k | t+kb | t+k+b | t+kbe | t+k+b+e | t+k+e | t+tav1 | t+tav2 | t+tav3 | t+0 |
| 6 | t+k | t+kb | t+k+b | t+kbe | t+k+b+e | t+k+e | t+tav1 | t+tav2 | t+tav3 | t+0 |
| 8 | t+k | t+kb | t+k+b | t+kbe | t+k+b+e | t+k+e | t+tav1 | t+tav2 | t+tav3 | t+0 |
| 10 | t+k | t+kb | t+k+b | t+kbe | t+k+b+e | t+k+e | t+tav1 | t+tav2 | t+tav3 | t+0 |

t = turve (292,5 g tai 200 g)

k = konsentraatti (240 kg N/ha)

e = EM-bioaktivaattori (5000 l/ha)

0 = vesi

b = biohiili (46 tn/ha)

tav1 = Yara HeVi 4 (120-40-170 kg/ha)

tav2 = Yara HeVi 4 (240-80-360 kg/ha)

tav3 = Yara HeVi 4 (360-120-510 kg/ha)

* samalla viikolla näytteen otto

Käsittelyjä oli yhteensä 10, kerranteita 4 (x4 = yht. 160 ruukku). Jokaisen näytteenoton jälkeen jouduttiin luopumaan ruukuista, joista oli otettu näytteet (= 10 x 4 = 40 ruukku/viikko)

Ravintesisällöt

Konsentraatti [kg/tn]:

| Nkok | Nliuk | P | K |
|------|-------|------|-----|
| 6,5 | 5,4 | 0,16 | 3,4 |

Mineraalilannoite Yara Hevi 4 (N-P-K): 12 - 4 - 17

Biohiili: pyrolysoitu kuusesta, tilavuuspaino 230-370 kg/m³, pH 9-10, kiintohiili >90 %.

Valmistaja Carbofex Oy.

EM-bioaktivaattori (Effective micro-organisms): maitohappo- ja fotosynteesibakteereja, hiivoja, sokeriruokomelassia, pH 3,2-3,8

Analyysit

| Aika, vko | kuiva-aine (ka) | pH | johtokyky | Kok.tyyppi (N-kok) | Ammoniumtyyppi (N-NH ₄) | Fosfori (P) |
|-----------|-----------------|----|-----------|--------------------|-------------------------------------|-------------|
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 5* | | x | x | x | x | x |
| 6 | | x | x | | | |
| 8 | x | x | x | | | |
| 10 | x | x | x | x | x | x |

Toimenpiteet (kasvatuskoe 1)

| vko | pvm | Toimenpide |
|-----|-------|--|
| 4 | 25.1. | Koejäsenet 2 (b+k) ja 4 (b+k+e) sekoitettiin ja asetettiin muovipussissa huoneenlämpöön odottamaan turpeeseen sekoittamista ja kurkun kylvää |
| 5 | 28.1. | Koejäsenet 9 ja 10 ruukkuihin |
| | 29.1. | Koejäsenet 8,7,6,1,5,3,4 ja 2 ruukkuihin niin, että suojapussi on kiinni. |
| | 30.1. | Siementen kylvä ja pussien avaaminen. Suojapussit kasvatuseruukkujen ympärillä siten, että keräävät ylikasteluvedet purkista. |
| | 31.1. | Ensimmäinen näytteenotto, kastelu 500 ml. Otettu puristeneste punnittiin ja analysoitiin (pH, johtokyky, kokonaistyyppi, ammoniumtyyppi, fosfori) HAMKin laboratoriossa. |
| | 31.1. | Kastelu 300 ml |
| 6 | 2.2. | Kastelu 50 ml |
| | 5.2. | Ruukku 96c painoi liian vähän verrattuna toisiin ruukkuihin, minkä vuoksi kasteltiin 150 ml |
| | 7.2. | Ruukut punnittiin haihdunnan selvittämiseksi |
| | 7.2. | Toinen näytteenotto, kastelu 250 ml, haudutus 1h ja toinen kastelu 250 ml. Neste puristettiin ruukuista survimen ja lautasen avulla siten, että puristusvoima oli 3-4 sekuntia 588,6 N:ia (60 kg x 9,81 m/s ²). Puristeneste analysoitiin (pH, johtokyky) HAMKin laboratoriossa. |
| 7 | 7.2. | Kastelu 250 ml |
| | 12.2. | Kastelu 250 ml |
| 8 | 16.2. | Kastelu 100 ml |
| | 18.2. | Kastelu 100 ml |
| | 21.2. | Kolmas näytteenotto, kastelu 500 ml, haudutus hetken aikaa. Puristeneste otettiin 588,6 N voimalla. Ruukut punnittiin haihdunnan selvittämiseksi. Kasvien tuoremassa mitattiin punnitsemalla kasvin maanpäällinen osa. Puristeneste analysoitiin (pH, johtokyky) HAMKin laboratoriossa. |
| 9 | 21.2. | Kastelu 250 ml |
| | 26.2. | Kastelu 250 ml |
| 10 | 3.3. | Kastelu 250 ml |
| | 6.3. | Neljäs näytteenotto, kastelu 500 ml, haudutus hetken aikaa. Puristeneste otettiin 588,6 N voimalla. Ruukut punnittiin haihdunnan selvittämiseksi. Kasvien tuoremassa mitattiin punnitsemalla kasvin maanpäällinen osa. Puristeneste analysoitiin (pH, johtokyky, kokonaistyyppi, ammoniumtyyppi, fosfori) HAMKin laboratoriossa. |

Kasvatusolosuhteet

- valaistus n. 9,0 - 13,0 klux
- valaistusaika 12 h/vrk
- lämpötila 26 °C valaistusaikana lampun alla
- lämpötila 16 °C pimeänä aikana

Kokeen kulku ja raportointi (kasvatuskoe 1)

Ensimmäisen kasvatuskokeen tarkoituksena oli konsentraatin, biohiilen ja EM- bioaktivaattorin toimivuuden ja yhteisvaikutusten testaus turvekasvualustalla. Tavoitteena oli selvittää konsentraatin ja muiden komponenttien vuorovaikutusmekanismeja. Koe suoritettiin osaruutukokeena (split-plot) aikavälillä 25.1.-6.3.2019 (viikot 4-10) ja testikasvina oli avomaankurkku 'Adam F1'.

Kokeessa oli 10 erilaista käsittelyä, jotka koostuivat turpeeseen lisätyistä erilaisista konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin yhdistelmistä. Kahdessa käsittelyssä koejäseniä muhitettiin ennen turpeeseen sekoittamista ja kurkun kylvöä, jotta voitiin selvittää komponenttien esikäsittelyn vaikutuksia kasvuun. Kolme käsittelyä koostuivat turpeeseen lisätyistä fosforipitoisesta mineraalilannoitteesta (Yara HeVi 4). Nollaruutuna oli turve.

Konsentraatti sisältää typpeä ja kaliumia, mutta ei juurikaan fosforia. Kasvualustana käytetty turve oli peruslannoittamatonta, joten turpeessa ei myöskään ollut fosforia. Kokeessa haluttiin selvittää myös fosforin vaikutuksia kasvuun, joten mukaan otettiin fosforipitoinen mineraalilannoite.

Koe suoritettiin astiakokeena, ruukun halkaisija 16 cm. Ruukut täytettiin lannoitus- ja kasvualustakäsittelyjen mukaisesti ja niiden ympärille asetettiin muoviset suojapussit ylikasteluveden keräämistä varten. Kerranteita oli neljä (4), mutta kasvualustan puristenestenyttien oton vuoksi ruukkuja oli yhteensä 160 (4 kerrannetta x 10 käsittelyä x 4). Puristenestenytteitä otettiin kokeen aikana yhteensä neljä (viikoilla 5,6,8 ja 10) ja jokaisen puristenesteen näytteenoton jälkeen ko. ruukun koejäsen oli menetetty (koko ruukun sisältö puristettiin). Puristenesteistä analysoitiin jokaisella näytteenotokerralla johtokyky ja pH sekä viikoilla 5 ja 10 lisäksi kokonaistyyppi, ammoniumtyppi ja fosfori. Viikolla 10, kokeen purun yhteydessä, mitattiin kasvin tuoremassa punnitsemalla kasvin maanpäällinen osa. Kasvustoa kasteltiin kokeen aikana tasaisesti.

Kasvusaikana käytettiin valotusaikana 12 tuntia, jolloin valotettiin n. 9,0-13,0 klux voimakkuudella. Valaistuna aikana lämpötila oli lampun alla 26 °C ja pimeänä aikana 16 °C.

Kokeessa tehtyjen mittausten ja analyysien perusteella syntyi tutkimusaineisto ja aineistolle voitiin suorittaa tilastollisia käsittelyjä. Koeaineisto piti sisällään:

- Puristenesteanalyysi viikolta 5: pH, johtokyky, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi ja fosfori sekä puristenesteen paino
- Puristenesteanalyysi viikolta 6: pH, johtokyky, puristenesteen paino, kasvualustan paino
- Puristenesteanalyysi viikolta 8: pH ja johtokyky sekä puristenesteen paino
- Puristenesteanalyysi viikolta 10: pH, johtokyky, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, fosfori sekä puristenesteen paino ja lisäksi kasvien tuoremassa (kasvien maanpäällisen osan paino)

Lähteet

Kasvatuskokeen aineisto saatu "BioRaki 2-konsentraatista ja biohiilestä kasvuvoimaa" – hankkeelta. Aineisto sisältää HAMK Oy Mustialan toimipisteen koetiloissa vuonna 2019 toteutettujen kolmen kasvatuskokeen tutkimusaineistot kokonaisuudessaan (kokeiden suunnittelu, toteutus, tulokset, tulosten tarkastelu, johtopäätökset, raportointi).

Tämän liitteen tiedot on koottu saadusta tutkimusaineistosta (kokoajana Michaela Kontu).

Valokuvia (kasvatuskoe 1)



Kasvuston kehitys, vko 6.
Kuva: Eeva-Liisa Juvonen 7.2.2019



Puristenesteen otto, vko 6.
Kuva: Eeva-Liisa Juvonen 7.2.2019



Kasvuston kehitys, vko 8.
Kuva: Eeva-Liisa Juvonen 21.2.2019



Kasvuston kehitys, vko 10.
Kuva: Eeva-Liisa Juvonen 6.3.2019

Liite 2: Kasvatuskoe 2: Konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin testaus apatiitilla täydennetyllä kivennäismaa-alustalla

KASVATUSKOE 2

Konsentraatin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin testaus apatiitilla täydennetyllä kivennäismaa-alustalla

Kokeen toteutusaika: 13.3. - 29.4.2019

Toteutuspaikka: HAMK Oy Mustialan koetilat

Kasvilaji/lajike: Ohra 'Elmeri'

Kasvualusta: multava hietamoreeni (m, HtMr)

Osaruutukoe, kerranteita viisi (5).

| Käsittely | Koejäsenet | | | | | |
|----------------------------|------------|----------|---------|----------|----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| konsentraatti [tn/ha] | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| apatiitti [tn/ha] | 2 | 2 | | 2 | 2 | |
| biohiili [tn/ha] | 10 | | | 10 | | |
| EM-bioaktivaattori [tn/ha] | | | | 5 | 5 | 5 |
| N-P-K tot. [kg/ha] | 82-22-51 | 82-22-51 | 82-0-51 | 82-22-51 | 82-22-51 | 82-0-51 |

Typpeä (N) ja kaliumia (K) tulee ainoastaan konsentraatista, fosforia (P) apatiitista (konsentraatin P osuus pieni)

N = 82 kg/ha

P = 22 kg/ha

K = 51 kg/ha

Ravinnesisällöt

- Konsentraatti (kg/tn):

| Nkok | Nliuk | P | K |
|------|-------|------|-----|
| 6,5 | 5,4 | 0,16 | 3,4 |

- Apatiitti: Fosfori (P) 1% ja kalsium (Ca) 34 % → P = 10 kg/tn

- Biohiili: pyrolysoitu kuusesta, tilavuuspaino 230-370 kg/m³, pH 9-10, kiintohiili >90 %

- EM-bioaktivaattori (Effective micro-organisms): maitohappo- ja fotosynteesibakteereja, hiivoja, sokeriruokomelassia, pH 3,2-3,8

Kivennäismaan viljavuusanalyysi

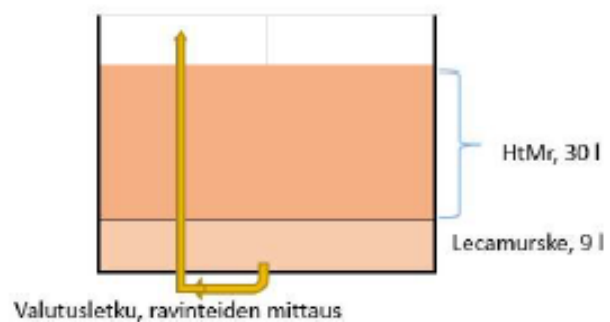
| | Viljavuusarvot | Viljavuusluokka |
|---|----------------|-----------------|
| Maalaji | HtMr | |
| Multavuus | m | |
| pH | 6,6 | korkea |
| Fosfori (P) [mg/l] | 27 | hyvä |
| Kalium (K) [mg/l] | 124 | tydyttävä |
| Nitraattityppi NO ₃ - [mg/l] | 9,3 | |

Toimenpiteet (kasvatuskoe 2)

| vko | pvm | Toimenpiteet ja kasvuston kehitys |
|-----|-------|--|
| 11 | 13.3. | Kasvatuskoe perustettiin |
| | 14.3. | Kylvö |
| 12 | 18.3. | Itutuppi oli työntynyt maasta esiin |
| | 19.3. | Kasvusto oli orastunut |
| | 22.3. | Konsentraatti ruiskutettiin kasvien juurelle, kun kasvit olivat 2-lehtiasteella |
| 14 | 1.4. | Terpal-kasvunsäädekäsittely ohjeiden mukaan |
| 17 | 25.4. | Korrenkasvuvaiheessa oleva sato niitettiin ja punnittiin. |
| 18 | 29.4. | Kasvatuslaatikoihin lisättiin 10 litraa vettä ja veden annettiin veden valua kasvualustan läpi n. 2 tuntia. Läpivaluneesta vedestä (ylikasteluvedestä) otettiin näytteet, jotka punnittiin ja lähetettiin laboratorioon analysoitavaksi. Ylikasteluvesi analysoitiin Eurofofinssin kumppanilaboratoriossa Hollannissa. |
| | | Kasvatuslaatikoihin lisättiin 10 litraa vettä ja veden annettiin valua kasvualustan läpi 2 tuntia. Läpivaluneesta vedestä (ylikasteluvedestä) otettiin uudet näytteet, jotka punnittiin ja lähetettiin laboratorioon analysoitavaksi. Ylikasteluvesi analysoitiin Eurofofinssillä Mikkelissä. |

Kasvatusolosuhteet

- valaistus n. 9,0 - 13,0 klux
- valaistusaika 12 h/vrk
- lämpötila 26 °C valaistusaikana lampun alla
- lämpötila 16 °C pimeänä aikana



Kuva: Eeva-Liisa Juvonen, 2019

Kasvualustan valmistelutyöt

- kasvatuslaatikkona käytettiin muuttolaatikkoa (37cm x 53 cm x 30 cm, tilavuus ~40 l), jonka pohjalle laitettiin 2,5 kg (n. 9 litraa) lecamursketta helpottamaan valumaveden virtausta ja keräystä
- lecamurskeen päälle laitettiin 30 kg (n. 30 l) maata, joka kasteltiin 5l vedellä
- kaikista laatikoista otettiin maanäytteet niin, että maanäytteeseen tuli mukaan sekä pohjamaata (30 kg), että pintamaata (8 kg).
- kylvön yhteydessä pintamaahan sekoitettiin apatiitti, biohiili ja vedellä laimennettu EM-bioaktivaattori (1/20). EM-bioaktivaattorin sekoitussuhden veden kanssa oli 100 ml EM-bioaktivaattoria ja 2000 ml vettä. HUOM! Kasvualustaan lisättiin konsentraatti vasta myöhemmin, 2-lehtiasteella.
- pintamaa kasteltiin 2 litralla vettä
- jyvät (100 kpl/laatikko) kylvettiin kahteen riviin (n. 3-4 cm:n levyinen)
- kasvatuslaatikoita kasteltiin kokeen aikana yhteensä 23 litraa/laatikko

Kokeen kulku ja raportointi (kasvatuskoe 2)

Toisen kasvatuskokeen tarkoituksena oli konsentraatin, biohiilen ja EM- bioaktivaattorin toimivuuden ja yhteisvaikutusten testaus apatiitilla täydennetyllä kivennäismaa-alustalla. Tavoitteena oli selvittää fosforin vuorovaikutusta muiden komponenttien kanssa. Ensimmäisessä turvekasvualustalla suoritetussa kokeessa fosforipitoinen mineraalilannoite oli antanut konsentraattilannoitusta paremman sadon ja toinen koe oli päätetty uusialustalla, jossa lannoitus oli tasattu typen ja fosforin mukaan.

Koe suoritettiin osaruutukokeena aikavälillä 13.3.-29.4.2019 (viikot 11-18) ja testikasvina oli 'Elmeri'-ohra. Kokeessa oli kuusi (6) erilaista käsittelyä, jotka koostuivat kivennäismaa-alustaan lisätyistä erilaisista konsentraatin, apatiitin, biohiilen ja EM-bioaktivaattorin variaatioista. Kivennäismaassa omien ravinteiden lisäksi kasvualustaan lisättiin typpeä (N) ja kaliumia (K) konsentraatista ja fosforia (P) apatiitista käsittelyjen mukaan.

Koe suoritettiin astiakokeena ja kerranteita oli viisi (5). Kasvatuslaatikkona käytettiin muuttolaatikkoa (37cm x 53 cm x 30 cm, tilavuus ~40 l), jonka pohjalle laitettiin 2,5 kg (n. 9 litraa) lecamurskettä helpottamaan valumaveden virtausta ja -keräystä. Lecamurskeen päälle laitettiin 30 kg (n. 30 l) maata. Kaikista laatikoista otettiin maanäytteet niin, että maanäytteeseen tuli mukaan sekä pohjamaata (30 kg), että pintamaata (8 kg). Pintamaahan sekoitettiin kylvön yhteydessä apatiitti, biohiili ja vedellä laimennettu EM-bioaktivaattori (1/20). Konsentraattilannoitus lisättiin vasta myöhemmin, kasvuston 2-lehtiasteella. Ohra kylvettiin kahteen riviin (n. 3-4 cm:n levyinen alue) ja jyviä oli 100 kpl/laatikko. Kokeen kolmannella viikolla (vko 14) tehtiin Terpal-kasvunsäädekäsittely ohjeiden mukaan. Kokeen kuudennella viikolla (vko 17) korrenkasvuvaiheessa oleva sato niitettiin ja punnittiin sekä kasvatuslaatikkoon lisättiin 10 litraa vettä. Viimeisellä viikolla (vko 18), läpivaluneesta vedestä (ylikasteluvdestä) otettiin näytteet, jotka punnittiin ja lähetettiin laboratorioon analysoitavaksi. Kasvustoa kasteltiin kokeen aikana tasaisesti.

Kasvatusaikana käytettiin valotusaikana 12 tuntia, jolloin valotettiin n. 9,0-13,0 klux voimakkuudella. Valaistuna aikana lämpötila oli lampun alla 26 °C ja pimeänä aikana 16 °C.

Kokeessa tehtyjen mittausten ja analyysien perusteella syntyi tutkimusaineisto ja aineistolle voitiin suorittaa tilastollisia käsittelyjä. Koeaineisto piti sisällään:

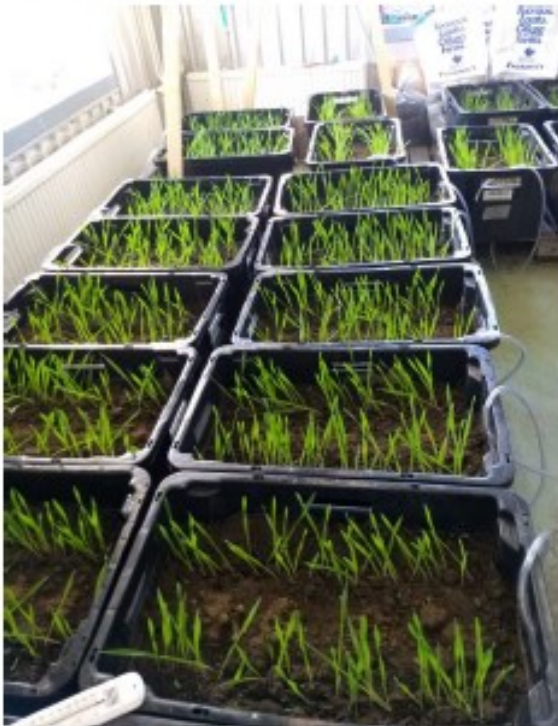
- Viikolta 17 saatiin kasvien tuoremassa (korrenkasvuvaiheessa olevan kasvuston maanpäällisen osan paino)
- Viikolta 18 (kokeen purku) läpivaluneen ylikasteluveden paino ja vesinäytteen laboratorioanalyysit: pH, johtokyky, ammoniumtyyppi, nitraattityppi, fosfori, kalium ja rikki. Ylikasteluvesi analysoitiin Eurofofinssin kumppanilaboratoriossa Hollannissa.
- Kokeen purun jälkeen, n. kuuden kuukauden päästä teetettiin uudet analyysit läpivaluneesta ylikasteluvdestä. Viikolta 18 teetetyt analyysit olivat olleet puutteelliset fosfori-, ammonium ja nitraattipitoisuuksien osalta ja päädyttiin ottamaan uudet analyysit. Tällöin analysoitiin fosfori, ammoniumtyyppi ja nitraattityppi. Ylikasteluvesi analysoitiin Eurofofinssillä Mikkelissä.

Lähteet

Kasvatuskokeen aineisto saatu ”BioRaki 2-konsentraatista ja biohiilestä kasvuvoimaa” – hankkeelta. Aineisto sisältää HAMK Oy Mustialan toimipisteen koetiloissa vuonna 2019 toteutettujen kolmen kasvatuskokeen tutkimusaineistot kokonaisuudessaan (kokeiden suunnittelu, toteutus, tulokset, tulosten tarkastelu, johtopäätökset, raportointi).

Tämän liitteen tiedot on koottu saadusta tutkimusaineistosta (kokoajana Michaela Kontu).

Valokuvia (kasvatuskoe 2)



Kasvuston kehitys, vko 12 (kasvatusviikko nro 2)
Kuva: Eeva-Liisa Juvonen 22.3.2019



Kasvuston kehitys, vko 13 (kasvatusviikko nro 3)
Kuva: Eeva-Liisa Juvonen 27.3.2019



Kasvuston kehitys, vko 17 (kasvatusviikko nro 6)
Kuva: Eeva-Liisa Juvonen 24.4.2019



Kasvuston niitetty, vko 17 (kasvatusviikko nro 6)
Kuva: Eeva-Liisa Juvonen 25.4.2019

Liite 3: Kasvatuskoe 3: Konsentraatin testaus turvekasvualustalla, kivennäismaalisäyksen saaneella turvekasvualustalla ja EM-bioaktivaattorisäyksen saaneella turve-kivennäismaa-kasvualustalla

KASVATUSKOE 3

Konsentraatin testaus turvekasvualustalla, kivennäismaalisäyksen saaneella turvekasvualustalla ja EM-bioaktivaattorisäyksen saaneella turve-kivennäismaa-kasvualustalla

Kokeen toteutusaika: 29.10. - 3.12.2019

Toteutuspaikka: HAMK Oy Mustialan koetilat

Kasvilaji/lajike: Avomaakurkku 'Profi F1'

Kasvualustat: Kekkilä Professional VHM 420 LO R8397 turve, multava hietamoreeni (m, HtMr)

Kerranteita viisi (5).

| Käsittelyno. | Lannoitekäsittely | N-kok [kg/ha] | N-liuk [kg/ha] | P [kg/ha] | K [kg/ha] |
|--------------|---------------------------------------|---------------|----------------|-----------|-----------|
| 1. | Konsentraatti + LuomuKymppi B | 169 | 100 | 33 | 78 |
| 2. | Konsentraatti + lietehiili | 107 | 94 | 33 | 78 |
| 3. | Konsentraatti + apatiitti + biotiitti | 114 | 95 | 32 | 134 |
| 4. | Konsentraatti | 114 | 95 | 3 | 60 |
| 5. | Mineraalilannoitus Yara HeVi 4 | 95 | 95 | 32 | 134 |
| 6. | Ei käsittelyä (0-ruutu) | 0 | 0 | 0 | 0 |

* tavoiteltu typpi(N) ja fosfori (P) määrä

~95* ~33*

| | Kasvualusta | Turve [g] | Kivennäismaa [g] | Turve [l] | Kivennäismaa [l] |
|-------------|---|-----------|------------------|-----------|------------------|
| 1. - 6. | Turve (100 %) | 275 | - | 1,575 | - |
| m1. - m6. | Turve (~70 paino%) + kivennäismaa (~30) | 250 | 100 | 1,5 | 0,075 |
| me1. - me6. | Turve (~70 paino%) + kivennäismaa (~30 paino%) + EM-bioaktivaattori | 250 | 100 | 1,5 | 0,075 |

Ravinnesisällöt

| Lannoite | Ravinnesisältö [kg/tn] | | | |
|---------------|------------------------|-------|------|-----|
| | Nkok | Nliuk | P | K |
| Apatiitti | | | 10 | |
| Biotiitti | | | | 50 |
| Konsentraatti | 6,5 | 5,4 | 0,16 | 3,4 |
| Lietehiili | 5,5 | 0,49 | 2,7 | 2 |
| LuomuKymppi B | 5,5 | 0,98 | 2,7 | 2 |
| Yara Hevi4 | | 120 | 40 | 170 |

- Apatiitti: Fosfori (P) 1% ja kalsium (Ca) 34 % --> P = 10 kg/tn
- Biotiitti: Kalium (K) 5%, kalsium (Ca) 7% ja magnesium (Mg) 10% -->K= 50 kg/tn
- Mineraalilannoite Yara Hevi 4 (N-P-K): 12 - 4 - 17
- Lietehiili: LuomuKymppi B:stä pelletöimällä ja pyrolysoimalla valmistettu biohiili
- EM-bioaktivaattori (Effective micro-organisms): maitohappo- ja fotosynteesibakteereja, hiivoja, sokeriruokomelassia, pH 3,2-3,8

Kivennäismaan viljavuusanalyysi

Kasvatuskoe 3

| | Viljavuusarvot | Viljavuusluokka |
|--|----------------|-----------------|
| Maalaji | HtMr | |
| Multavuus | m | |
| pH | 6,6 | korkea |
| Fosfori (P) [mg/l] | 27 | hyvä |
| Kalium (K) [mg/l] | 124 | tydyttävä |
| Nitraattityppi NO ₃ - [mg/l] | 9,3 | |

| vko | pvm | Toimenpiteet (kasvatuskoe 3) |
|-----|--------|--|
| 44 | 29.10. | Kasvatuskoe perustettiin. |
| | | 1.-6. turvetta 275 g, 300 ml vettä |
| | | m1. -m6. turvetta 250 g, kivennäismaata 100 g, 250 ml vettä me1. -me6. turvetta 250 g, kivennäismaata 100 g, 250 ml vettä |
| | 2.11. | Kastelu 300 ml |
| 45 | 4.11. | Kastelu 250 ml |
| | 8.11. | Kastelu 250 ml |
| 46 | 11.11. | Kastelu 100 ml |
| | 15.11. | Kastelu 200 ml |
| 47 | 18.11. | Kastelu 100 ml |
| | 20.11. | Kastelu 100 ml |
| | 24.11. | Kastelu 200 ml |
| 48 | 27.11. | Kastelu 100 ml |
| | 29.11. | Kastelu 100 ml |
| 49 | 2.12. | Kastelu 100 ml |
| | 3.12. | Kokeen purku |

- Ruukkuja kasteltiin kokeen aikana yhteensä 1,9 litraa/ruukku

Kokeen kulku ja raportointi (kasvatuskoe 3)

Kolmannen kasvatuskokeen tarkoituksena oli tutkia kivennäismaalisäyksen vaikutusta nitrifikaatioon ja kasvin kasvuun turvekasvualustalla. Kokeen tulosten tarkoituksena oli joko vahvistaa tai kumota käsitys kasvualustan orgaanisen aineksen määrän ja konsentraattitypen yhteydestä, eli oliko kasvualustan korkealla orgaanisen aineksen pitoisuudella (turve) vaikutusta/yhteys konsentraattitypen nitrifikaatioon (ammonium/nitraattitypen pitoisuudet eri kasvualustoilla) ja täten typpilannoituksen toimivuuteen. Kasvi ottaa typen pääsääntöisesti nitraattina, joten on tärkeää tietää, miten turvekasvualusta muuttaa konsentraatin sisältämän ammoniumtypen nitraatiksi.

Koe suoritettiin aikavälillä 29.10.-3.12.2019 (viikot 44–49) ja testikasvina oli avomaankurkku 'Profi F1'. Kokeessa oli 6 erilaista lannoitekäsittelyä, jotka koostuivat konsentraatin, LuomuKymppi B:n, lietehiilen, apatiitin ja biotiitin yhdistelmästä. Yksi (1) lannoitekäsittely piti sisällään ainoastaan fosforipitoisen mineraalilannoitteen (Yara HeVi 4) ja yhdessä käsittelyssä ei käytetty lainkaan lannoitusta (0-ruutu). Käsittelyissä tavoiteltu typpi (N) lannoituksen määrä oli 95 kg/ha ja kalium (K) lannoituksen määrä 33 kg/ha, joskin eri lannoitekäsittelyjen välillä ravinnemäärät hieman vaihtelivat.

Lannoituskäsittelyt toistettiin turvekasvualustan lisäksi kivennäismaalisäyksen saaneella kasvuturpeella sekä kivennäismaa-turvekasvualustalla, johon oli lisätty EM-bioaktivaattoria.

Koe suoritettiin astiakokeena, ruukun halkaisija 16 cm. Kerranteita oli viisi (5). Ruukut täytettiin viikolla 44 lannoitus- ja kasvualustakäsittelyjen mukaisesti. Ruukkuja kasteltiin tasaisesti koko kuusi (6) viikkoa kestäneen kokeen ajan. Viikolla 49, kokeen purun yhteydessä, mitattiin kasvien tuoremassa punnitsemalla kasvin maanpäällinen osa.

Kokeessa tehtyjen mittausten ja analyysien perusteella syntyi tutkimusaineisto ja aineistolle voitiin suorittaa tilastollisia käsittelyjä. Koeaineisto piti sisällään kokeen purun yhteydessä saadun kasvien tuoremassan (kasvien maanpäällisen osan paino). Puristeneste- ja ylikasteluvesianalyysijä ei ehditty teettämään aikatauluhaasteiden vuoksi.

Lähteet

Kasvatuskokeen aineisto saatu "BioRaki 2-konsentraatista ja biohiilestä kasvuvoimaa" – hankkeelta. Aineisto sisältää HAMK Oy Mustialan toimipisteen koetiloissa vuonna 2019 toteutettujen kolmen (3) kasvatuskokeen tutkimusaineistot kokonaisuudessaan (kokeiden suunnittelu, toteutus, tulokset, tulosten tarkastelu, johtopäätökset, raportointi).

Tämän liitteen tiedot on koottu saadusta tutkimusaineistosta (kokoajana Michaela Kontu).

Valokuvia (kasvatuskoe 3)



Kasvatuskoe 3 viikolla 44 (kasvatusviikko nro 1, kokeen perustamisesta 3 päivää)
Kuva: Michaela Kontu 1.11.2019



Kasvuston kehitys, vko 47 (kasvatusviikko nro 3)

Kuva: Eeva-Liisa Juvonen 24.11.2019.

Michaela Kontu lisännyt 7.12.2020 kuvaan merkinnät eri lannoitus -ja kasvualustakäsittelyistä.