

Leväbiomassan lannoitusvaikutukset



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Lepaa, puutarhatalous

kevät, 2020

Mira Niemeläinen

Puutarhatalous
Lepaa

Tekijä	Mira Niemeläinen	Vuosi 2020
Työn nimi	Leväbiomassan lannoitusvaikutukset	
Työn ohjaaja	Teo Kanninen	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko leväbiomassalla lannoitusvaikutusta. Työ oli osa ympäristöministeriön rahoittamaa Leväsieppari-hanketta, jonka tavoitteena oli saada tehostettua jätevesien ravinteiden talteenottoa leväbiomassan avulla ja pienentää purkuvesistöjen ravintekuormaa. Hanke toteutti hallituksen kärkihanketta ”Kiertotalouden läpimurto ja puhtaat ratkaisut käyttöön”. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Hämeen ammattikorkeakoulu.

Työ koostui kahdesta samanaikaisesti toteutetusta astiakokeesta, kurkkukokeesta ja raiheinäkokeesta. Kokeet kestivät 38 ja 50 vuorokautta. Astiakokeet toteutettiin syksyllä 2019 Hämeen ammattikorkeakoulun Lepaan yksikön kasvihuoneessa. Tutkimuskokeissa käytettiin määrällisiä menetelmiä. Astiakokeet muodostuivat kahdeksasta käsittelystä. Referenssikäsittelyinä toimivat lannoittamaton ja väkilannoitettu käsittely. Neljässä käsittelyssä käytettiin lannoitukseen eri jätevesissä kasvaneita mikroleviä. Kuivapainot, ravinnepitoisuudet, pH, johtokyky ja kurkkukokeessa myös lehtivihreäpitoisuus analysoitiin sekä juurten määrä arvioitiin.

Leväbiomassalla havaittiin olevan lannoitusvaikutus kaikissa käsittelyissä. Tulokset eivät kuitenkaan olleet missään käsittelyissä yhtä hyviä kuin väkilannoitekäsittelyssä. Levätuotteista parhaiten menestyivät jätteidenkäsittelyalueen suotovedessä kasvaneet. Lannoitusvaikutus oli jätteidenkäsittelyalueen suotovedessä kasvaneella levällä noin 20 - 45 %, biokaasulaitoksen rejektivedessä kasvaneella levällä noin 20 - 30 % ja jätevedenpuhdistamon jälkikäsittelyaltaan vedessä kasvaneella levällä noin 5 - 20 % väkilannoituskäsittelyn lannoitusvaikutuksesta.

Avainsanat Levä, lannoitus, käsittely, astiakoe

Sivut 38 sivua, joista liitteitä 2 sivua

Horticulture

Lepaa

Author	Mira Niemeläinen	Year 2020
Subject	Fertilization effects of algal biomass	
Supervisor	Teo Kannianen	

ABSTRACT

The aim of this thesis was to find out whether algal biomass has fertilization effects. The Thesis was part of the Leväsieppari project which was funded by the Ministry of the Environment. The project's aim was to intensify wastewater nutrients' recovery by using algae biomass and reduce nutrient load of receiving waters. The project realized the Government Key Project "Breakthrough to a circular economy and adoption of clean solutions". The work was commissioned by Häme University of Applied Sciences.

The study consisted of two jar tests, a cucumber test and a ryegrass test, which were conducted at the same time. Tests lasted 38 and 50 days. Jar tests were conducted in the autumn of 2019 in the greenhouse of the Lepaa unit of Häme University of Applied Sciences. A quantitative method was used in the studies. Jar tests consisted of eight treatments. The non-fertilizer treatment and the fertilizer treatment functioned as reference treatments. Microalgae was used in four treatments which grew up in different type wastewaters. The dry weight, nutrient contents, pH, conductivity and also chlorophyll content in the cucumber test were analyzed and the number of roots were estimated.

Results showed that algae biomass had fertilization effect in every treatment. However, the results were in no treatment as good as in a chemical fertilizer treatment. Of the algae products, those that grew in the leachate of the waste treatment area were the most successful. The fertilization effect was about 20 - 45 % of the algae grown in the leachate of the waste treatment area, about 20 - 30 % of the algae grown in the reject water of the biogas plant and about 5 - 20 % of the algae grown in the water of the wastewater treatment plant compared to a chemical fertilizer treatment.

Keywords Algae, fertilization, treatment, jar test

Pages 38 pages including appendices 2 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoite	1
1.2	Tutkimuskysymykset	2
2	RAVINNEHUUHTOUMAT JA RAVINTEIDEN KIERRÄTYS	2
3	MIKROLEVÄT.....	3
3.1.1	Levien kasvatus ja käyttö lannoitteena	5
3.1.2	Lainsäädäntö.....	5
4	MÄDÄTYSJÄÄNNÖS	6
5	AINEISTO JA MENETELMÄT	7
5.1	Astiakokeiden reunaehdot ja yleiset pääperiaatteet.....	7
5.2	Kokonaiskasvualustamäärät.....	8
5.3	Kokeiden materiaalit ja käsittelyt	8
5.4	Kokeiden rakenne ja koeasetelma	10
5.5	Kasvilajit ja määrät kokeissa.....	11
5.6	Kokeiden aikana tehdyt toimenpiteet ja ajankohta.....	12
5.7	Mitatut tekijät, analyysit ja muut havainnot	12
5.8	Aineistojen tilastollinen käsittely	13
6	TULOKSET	14
6.1	Kurkkukoe.....	14
6.1.1	Kuivapainot.....	14
6.1.2	Lehtivihreäpitoisuus	16
6.1.3	Puristenesteen johtokyky ruduittain.....	17
6.1.4	Puristenesteen pH ruduittain	18
6.1.5	Puristenesteanalyysi käsittelyittäin.....	19
6.1.6	Kasvianalyysit käsittelyittäin.....	20
6.1.7	Juurten arviointi käsittelyittäin	21
6.1.8	Muut havainnot.....	22
6.2	Raiheinäkie.....	22
6.2.1	Kuivapainot.....	23
6.2.2	Puristenesteen johtokyky ruduittain.....	24
6.2.3	Puristenesteen pH ruduittain	25
6.2.4	Puristenesteanalyysi käsittelyittäin.....	26
6.2.5	Kasvianalyysit käsittelyittäin.....	28
6.2.6	Juurten arviointi käsittelyittäin	29
6.2.7	Muut havainnot.....	29
7	TULOSTEN TULKINTA.....	30
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	32

Liitteet

Liite 1 Gasum humusvoima tuoteseloste

Liite 2 Pohjakartta

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoite

Levät ovat puheenaiheena ympäri maailmaa. Niitä pidetään usein haitallisina ympäristölle ja terveydelle. Leviä voidaan kuitenkin käyttää hyödyksi. Ravinteiden kierrätyksen uskotaan olevan avain maapallon pelastamiseen. Levät voivat olla tässä avainasemassa. (Lut University, 2015) Jätevesien mukana kulkeutuu luontoon paljon ravinteita, kuten tyypeä, joka aiheuttaa vesistöissä rehevöitymistä. Jätevedenpuhdistusprosessissa poistetaan ilmaan suuri määrä ravinteita tai saostetaan huonosti hyödynnettävään muotoon kasvien kannalta. Mikrolevien käytöllä osana jätevesienpuhdistusta saataisiin suuri osa jätevesien sisältämistä ravinteista hyötykäyttöön biomassan muodossa. (Huotari ym., n.d) Valjastamalla levät puhdistamaan jätevesiämme, saataisiin vesistöihin kulkeutuvaa ravinnekuormaa pienennettyä merkittävästi.

Kaupallisen viljelykäytännön mukaisia lannoitteita on käytetty jo pitkään maanviljelyksessä ja niiden avulla on saatu parannettua ruuan tuotantoa. Kuitenkin väkilannoitteiden käytöstä on syntynyt myös haittaa, sillä maaperän hedelmällisyys ja paikallinen ekosysteemi ovat kärsineet. Vaihtoehtoisia lannoitteita on etsittävä, jotta voidaan lisätä sadontuotantoa yhä kasvavalle ihmispopulaatiolle ja taistella epäpuhtauksia vastaan, joita syntyy väkilannoitteiden käytön myötä. Orgaanisena lannoitteena levä voisi olla korvaajana väkilannoitteille, koska siinä on esimerkiksi paljon makro- ja mikroravinteita, jotka vaikuttavat suoraan viljelykasvien kasvun ja sadon paranemiseen. (Baweja & Kumar, 2019) Leväbiomassan käyttö lannoitteena tukisi kestävästä kehitystä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko leväbiomassalla lannoitusvaikutusta. Opinnäytetyön käytännön koe tehtiin osana Leväsieppari-hanketta. Leväbiomassan käyttöä lannoitteena testattiin kahdessa astiakokeessa Lepaan kasvihuoneessa syksyllä 2019. Kokeet kestivät 38 ja 50 vuorokautta. Leväsieppari-hankkeen tavoitteena oli saada tehostettua jätevesien ravinteiden talteenottoa leväbiomassan avulla ja pienentää purkuvesistöjen ravinnekuormaa. Hankkeessa selvitettiin myös leväbiomassan sidottujen ravinteiden uusiokäyttö lannoitteena. (Huotari ym., n.d) Hankkeessa kasvatettiin leviä erityyppisissä jätevesissä. Kaksivuotiseen hankkeeseen osallistuivat Helsingin yliopisto (Hy), Hämeen ammattikorkeakoulu (HAMK), Suomen ympäristökeskus (Syke), Tampereen teknillinen yliopisto (TTY) ja Vanajavesikeskus (VVK). Lannoituskokeiden toimeksiantajana oli Hämeen ammattikorkeakoulu.

1.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksissa pyrittiin selvittämään, onko leväbiomassalla lannoitusvaikutusta kasveihin. Lisäksi pyrittiin selvittämään, onko eri lannoituskäsittelyissä havaittavia eroja kasvien itämisessä, taimettumisessa, juurten määrässä, kuivapainoissa ja lehtivihreäpitoisuudessa sekä kuinka suuria erot ovat kuivapainoissa verrattuna lannoittamattomien ja väkilannoitettujen kasvien vastaaviin. Tutkimuksessa selvitettiin myös, poikkeavatko eri käsittelyiden puristeneste- ja kasvianalyysit toisistaan ravinnepitoisuuksiltaan ja mitä kasviraavinnepitoisuuksia löytyy sekä onko poikkeamassa havaittavissa kasviraavinnepuutos- tai ylilannoitustila.

2 RAVINNEHUUHTOUMAT JA RAVINTEIDEN KIERRÄTYS

Ihmisen toiminta on vaikuttanut luonnon kiertokulkuun, jonka myötä ravinnekierto on luonnossa epätasapainossa. Vesistöt ovat rehevöityneet ja happamoituneet ravinteiden, kuten typen takia. Typen ja fosforin liika käyttö kuormittaa ympäristöä. Paljon puheenaiheena ollut Itämeri on kärsinyt ravinnehuuhtoumien vesistövaikutuksista. Vesien rehevöityminen on noin 60 % maataloudesta johtuvaa. Eroosion myötä valumavedet kuljettavat maata sekä sen mukana ravinteita vesistöihin. (Yara, 2020) Maanviljelyksessä käytettävät ravinteet päätyvät lopulta jokien kautta järviin ja mereen. Rehevöitymisen seurauksena vesistöjen kasvillisuus lisääntyy, leväkukintoja esiintyy, hapettomia alueita muodostuu pohjan lähellä ja vesi muuttuu sameammaksi sekä kalakannat muuttuvat (Berninger, 2018, s. 11).

Ravinnekuormitusta voidaan vähentää alentamalla peltojen kuivatusvesien ravinnepitoisuuksia. Peltohehtaarin keskimääräinen valunta vuodessa on noin 3000 kuutiota. Suurin osa eli arviolta 90 % vuoden ravinnekuormituksesta tapahtuu kasvukauden ulkopuolella. Typpeä huuhtoutuu pääasiassa liukoisessa nitraattimuodossa ja sen vuosihuhtouma on noin 15 - 18 kg/ha. Yleensä viljelykasvit hyödyntävät lannoitetyypistä 60 - 80 % ja käyttämätön lannoitetyppi sitoutuu pääosin maaperään orgaaniseksi typeksi kasvukaudella. Loppukesästä ja syksyllä mineralisaation myötä typpeä palautuu epäorgaaniseen muotoon. Tämä typpi jää kuormittamaan ympäristöä pellon muokkauskerrokseen. Kevennetty muokkaus sekä kasvipeitteisyys talviaikana vähentävät ravinnehuuhtoumia vesistöihin. (Puustinen, 2009, ss. 88-90)

Neitseellisiä raaka-aineita ei hyödynnetä tarpeeksi käytön jälkeen. Energiankäytön, ravinnepestöjen ja hukkavirtojen mukana menetetään jopa 80 % typpeä ja 25 - 75 % fosforista, jotka on otettu käyttöön. Maailman fosforivarat ovat rajalliset ja mineraalifosforivarojen on arvioitu riittävän noin 60 - 130 vuodeksi. Ihminen lisää toimillaan typpeä ja fosforia kiertoon luonnon prosessia nopeammin. Ravinteiden kierrätyksellä tavoitellaan

neitseellisten- raaka-aineiden käyttöönoton vähentämistä ja ravinteiden käytön hyödyntämistä entistä paremmin. (Berninger, 2018, s. 11)

Jätevedenpuhdistamot poistavat ravinteita jätevesistä. Suomessa jätevedenpuhdistamoissa noin 56 % typestä ja 96 % fosforista saadaan poistettua. Puhdistamoiden määrä vähenee jatkuvasti ja toiminta keskittyy isoihin laitoksiin. Isot puhdistamot pystyvät todennäköisemmin investoimaan ravinteiden kierrätykseen kuin pienemmät. (Berninger, 2018, ss. 61-62)

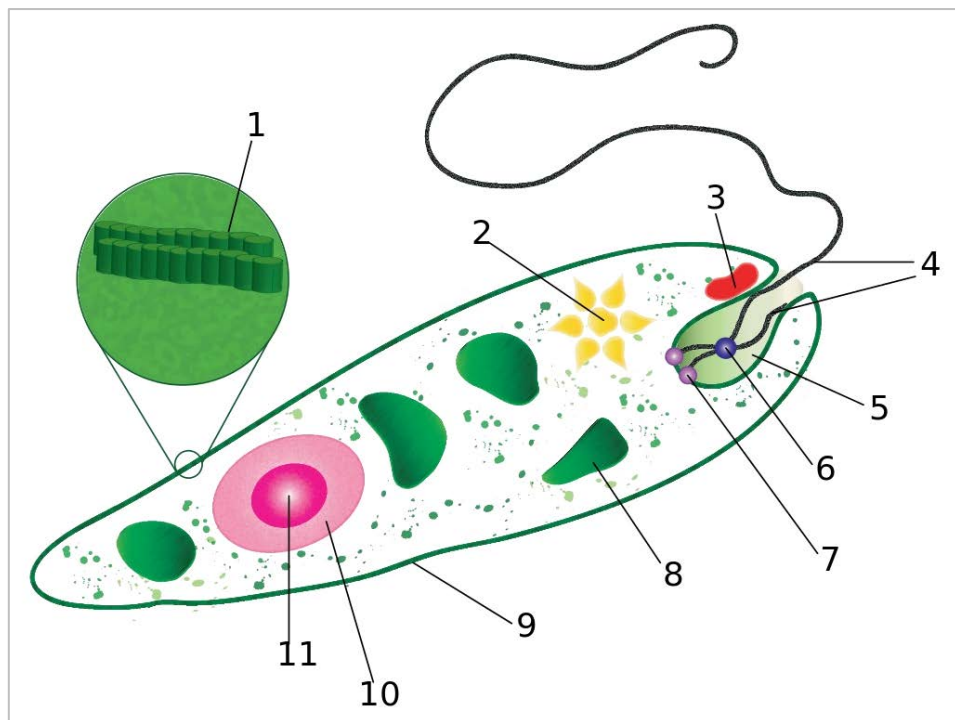
Väkilannoitteiden käyttö kasvoi vihreän vallankumouksen aikana ja sadon tuotanto nousi. Niiden käytöstä on syntynyt myös haittaa, sillä maaperän hedelmällisyys ja paikallinen ekosysteemi ovat kärsineet. Orgaanisia kierrätyslannoitteita, kuten leväbiomassaa tulisi hyödyntää, koska eloperäinen aines on tärkeä muun muassa maan vedenpidätyskyvylle ja mikrobitoiminnalle. Hiiltä sitoutuu myös maahan, joka vaikuttaa osaltaan ilmastomuutoksen torjunnassa. (Berninger, 2018, s. 74)

3 MIKROLEVÄT

Levät ovat melko kirjava ryhmä alkeellisia eliöitä. Ne lisääntyvät suvullisesti tai suvuttomasti. Niitä elää paikoissa, missä on tarpeeksi kosteaa. Levät voivat myös elää symbioosissa jäkälien ja korallien kanssa. Levät ovat monisoluisia makroleviä, kuten ruskolevät tai yksisoluisia mikroleviä. Maailmassa on tuhansia levälajeja. Ne poikkeavat fylogeneettisesti toisistaan eli ne eivät muodosta yhtenäistä kantaa. Levillä ei ole lehtiä, vartta, juuria eikä siemenaiheita. Levistä vain viherlevät luetaan kuuluvan kasveihin. Yhteistä leville on kuitenkin niiden yhteyttämiskyky. Kaikilla levillä on yhteyttämisväriaineena a-klorofylli. Levien menestymiseen vaikuttavat biologiset ja kemiallis-fysikaaliset tekijät. Biologisia tekijöitä ovat esimerkiksi kilpailu levien välillä. Kemiallis-fysikaalisia tekijöitä ovat esimerkiksi saliniteetti eli suolapitoisuus, valo ja ravinteet. (Järvinen, 2020, ss. 2-5, 8; Berninger, 2018, s. 37)

Levistä useimmat ovat mikroskooppisen pieniä. Niistä voi muodostua silminnähtävien havaittavia levähiutaleita- tai massaa (Lappalainen, 2014, s. 38). Mikroskooppiset levät ovat usein uintikykyisiä. Planktonlevät, joita mikroleviksi myös kutsutaan, ovat mikсотrofeja, autotrofeja tai heterotrofeja. Hiililähteenä heterotrofi käyttää orgaanista hiiltä, autotrofi hiilidioksidia ja mikсотrofi voi hyödyntää molempia. Levät voivat kasvaa pimeässä, jolloin ne saavat tarvitsemansa energian käyttämästään hiililähteestä. (Nokkonen, 2017) Useimmat levät ovat fotoautotrofeja eli omavaraisia ja käyttävät auringon valoa energiana sekä hiilidioksidia hiilihydraattien ja adenosiinitrifosfaattien tuottamiseen (Barsanti & Gualtieri, 2014, s. 16).

Mikrolevät voidaan jakaa kuuteen pääluokkaan: syanobakteereihin, viherleviin, ruskeisiin leviin, nieluleviin, panssarisiimaleviin ja silmäleviin (Lunkka-Hytönen, Lotander-Buckbee & Ruohonen-Lehto, 2016, s. 27). Sinilevät eli syanobakteerit (*Cyanophyta*) ovat bakteereja. Määrällisesti niitä on merissä eniten. Sinilevien yhteyttämisväriaineet ovat fykosyaniini ja fykoerytriini. Viherlevien (*Chlorophyta*) ja silmälevien (*Euglenophyta*) yhteyttämisväriaineita ovat a- ja b-klorofylli. Viherleviä käytetään yleisesti tutkimuksissa. Viherleviä ovat esimerkiksi *Chlorella sp.* ja silmäleviä esimerkiksi *Euglena gracilis*. Silmälevillä on oranssi pistesilmä, joka on vapaana solulimassa. Silmälevät ovat lähempänä trypanosomeja eli unitautiloisioita solun ja biokemiallisten ominaisuuksien vuoksi kuin muita leviä. Mikrolevät sisältävät myös karotenoideja, jotka b-klorofyllin tavoin toimivat apupigmentteinä. (Barsanti & Gualtieri, 2014, ss. 22, 29, 41-42; Lunkka-Hytönen ym., 2016, s. 27) Kuvassa 1 on esitettyä silmälevän rakenne. Kuvassa näkyvät osat ovat numerojärjestyksessä pienimmästä suurempaan: mikrotubuluksia, solunesterakkula, pistesilmä, siimat, ontelo, fotoreseptori/siimojen kanta, kinetosomi, viherhiukkanen, kalvo, tuma ja tumajyvänen.



Kuva 1. Silmälevän anatomia (*Euglena*-suku). (Wikipedia, n.d)

Monien levien on havaittu edistävän kasvien kasvua. Leväbiomassa sisältää kasvihormoneja, amino- ja rasvahappoja sekä hivenaineita, jotka kontrolloivat kasvien kehitystä ja edistävät kasvien resistenssiä taudinaiheuttajia vastaan. Biomassalla on myös havaittu olevan positiivinen vaikutus maaperään, koska se lisää muun muassa kosteuden pidätyskykyä sekä hyödyllisten mikrobien toimintaa. (Tiwari, 2016)

3.1.1 Levien kasvatus ja käyttö lannoitteena

Leviä käytetään ravintona, kosmetiikassa, energiana, lannoitteena ja bios-timulantteina. Leviä on käytetty lannoitteena kauan, mutta kaupallisen viljelykäytännön yleistymisen myötä väkilannoitteiden käyttö viljelyssä on kasvanut ja vakiintunut. Levien käytöstä lannoitteena on kuitenkin alettu kiinnostumaan ja panostamaan sen kehitykseen. Levät ovat uusiutuvaa biomassaa, joten niiden laajamittainen käyttö on tulevaisuudessa varmasti merkittävää.

Mikrolevien kasvatukseen ei tarvita puhdasta vettä tai hedelmällistä viljelymaata. Leviä voidaan kasvattaa haastavissakin olosuhteissa ja esimerkiksi käyttää jätevesin puhdistuksessa. Ihanteellinen lämpötila mikroleville on noin 20 - 30 °C. Teollinen kasvatus tapahtuu fotobioreaktoreissa tai ulkona kiertovesialtaissa. Fotobioreaktoreissa pystytään kasvattamaan otollisissa olosuhteissa leviä, koska ravinteiden, hiilidioksidin ja valon määrä on säädettävissä. Suomessa haasteena on pitkä ja kylmä talvi, joka estää kasvatuksen ulkona talvikausina. Mikrolevät kasvavat nopeasti ja alle päivässä niiden biomassa voi tuplaantua. Sadonkorjuu tehdään tyypillisesti 1 - 10 päivän välein. Alankomaiden, Belgian ja Luxemburgin valtioissa kuiva-ainesatoa on saatu 15 - 30 tn/ha/vuosi. Levien tuotantokustannukset ovat vielä varsin korkeat, noin 1,6 - 10 €/kg. Tuotantotapoja pitää kehittää, jotta hinta saadaan matalammaksi. (Manni, 2017) Tämä onnistuisi varsinkin, jos tuotannon eri vaiheita saataisiin automatisoitua.

Leviä voitaisiin kasvattaa peltojen lähettyvillä kosteikoissa, jossa ne keräisivät huuhtoumien mukana kulkeutuvat ravinteet. Levät voitaisiin uudelleen hyödyntää pelloilla lannoitteena. (Berninger, 2018, s. 39) Viljelijän on näin mahdollista säästää lannoitekustannuksissa. Mikroleviä voidaan myös kasvattaa erilaisissa jätevesissä. Levien hyödyntäminen jätevesien puhdistuksessa säästäisi kustannuksia ja samalla tuotettaisiin leväbiomassaa, joka olisi arvokasta. (Berninger, 2018, s. 38) Tutkimuksissa (Gimondo, 2018; Coppens ym. 2016; Alobwede, Leake & Pandhal, 2019) on havaittu, että leväbiomassa toimii lannoitteena. Jätevesissä kasvanut levämassa voi kuitenkin suurina annoksina haitata kasvien kasvua (Gimondo, 2018).

3.1.2 Lainsäädäntö

Suomessa lannoitevalmisteiden valmistusta, tuontia, vientiä sekä saattamista markkinoille säätelee lannoitevalmistelaki. Lannoitetuotteita ovat lannoitteet, kalkitusaineet, maanparannusaineet, kasvualustat, mikrobi-valmisteet ja sivutuotteena sellaisenaan käytettävät lannoitevalmisteet. Lannoite lisää kasvien sadontuottoa ja laatua. Valmisteiden ja aineiden vaikutus pohjautuu kasviravinteisiin tai kasveille, eläimille tai ihmisille hyödyllisiin aineisiin. Maanparannusaineet edistävät biologista toimintaa maassa sekä pitävät yllä maan fysikaalisia ominaisuuksia. Laki määrittelee, että valmisteiden on oltava turvallisia, yhtenäisiä ja vastata käyttötarkoitustansa

sekä täyttää laissa ja säädöksissä asetetut edellytykset. Lakia ei sovelleta esimerkiksi kokeissa, joita tehdään tutkimuslaitoksissa. Lannoitetuotteiden täytyy kuulua kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon tai Euroopan unionin lannoitetyyppien luetteloon, jotta niitä voi tuoda maahan, viedä markkinoille tai valmistaa niille viemistä varten. Tyyppinimeä voi hakea Ruokaviraston lomakkeella. (Lannoitevalmistelaki 539/2006).

Maa- ja metsätalousministeriön asetus tarkentaa vaatimuksia lannoitevalmisteiden suhteen. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 24/11 mukaan leväbiomassasta valmistetut tuotteet luokitellaan orgaanisiksi lannoitteiksi tai maanparannusaineiksi. Orgaaniset lannoitteet ovat peräisin kasveista, eläimistä tai mikrobeista. Leväbiomassalla ei ole vielä tyyppinimeä. (Salminen, 2014; Ruokavirasto 2019)

4 MÄDÄTYSJÄÄNNÖS

Mädätysjäännös syntyy biokaasun valmistusprosessin sivutuotteena. Kasvit pystyvät käyttämään siinä olevia ravinteita. Raaka-aineena käytetään orgaanista ainesta. Raaka-aineiden koostumus, vesipitoisuus ja ravinnepitoisuus määrittelevät mädätteen ravinnepitoisuudet- ja suhteet. Prosessin aikana valtaosa fosforista jää mädätysjäännöksen kiintoainekseen. Tyyppistä ja kaliumista merkittävä osa päättyy sen nesteosaan. (Kleemola & Partanen, 2009, s. 34)

Linkoamalla voidaan rikastaa mädätysjäännöksen sisältämiä ravinteita. Sen kiintoainepitoisuus kuusinkertaistuu ja fosfori rikastuu siihen melkein samassa suhteessa. Kasvit voivat hyödyntää kiintoaineksessa olevia ravinteita vasta orgaanisen aineksen hajotessa. Nesteosan tyyppiä kasvit pystyvät käyttämään pääasiassa suoraan. Tyyppien hyväksikäyttöaste paranee sekä fosforin kohdentaminen, kun kiinteä aine ja nesteosa erotetaan. (Kleemola & Partanen, 2009, s. 34)

Liitteessä 1 on esiteltyä Gasum Oy Riihimäen mädätysjäännöksen tuoteseloste. Tuote koostuu puhdistamolietteestä, biojätteestä ja teollisuuden biohajoavista kolmannen luokan sivutuotteista. Mädätysjäännöstä voidaan käyttää peltokäytössä ravinnelisänä ja maanparannusaineena. Ravinnelisänä tuotetta voidaan käyttää kasveille, joita ei syödä yleensä tuoreelta, syödä maanalaista osaa tai käytetä eläinten rehuna. (Gasum, 2019)

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

5.1 Astiakokeiden reunaehdot ja yleiset pääperiaatteet

Astiakokeet toteutettiin Lepaan kasvihuoneessa, tutkimushuoneessa numero 3. Kokeet tehtiin syksyllä 2019. Koehuone oli kooltaan 64 br- m², josta varsinaista koepinta-alaa oli 32 m². Koepinta-ala koostui kahdeksasta altakastelupöydästä. Pöydät jaettiin kokeiden kesken puoliksi. Pöydät olivat kooltaan 4 m².

Kasvualustana käytettiin lannoittamatonta keskikarkeaa AirBoost 630 BB -turvetta, joka oli Kekkilä Oy:n peruskalkittu tuote. Turpeeseen oli lisätty sammukselta ja kalkittu dolomiittikalkilla siten, että puristenesteen pH oli noin 6,0. Typpilannoitustaso (Ntot) oli laskennallisesti samansuuruinen käsittelyissä 3, 4, 5, 6 ja 7 (myös reunakasvit). Käsittelyissä 1 ja 2 se oli puolet edellä mainituista käsittelyistä. Käsittelyssä 8, joka oli referenssikäsittely, ei ollut lannoitusta. Kokeiden aikana ei käytetty hiilidioksidilannoitusta.

Käsittelyiden tekoa varten tehtiin mitta-astioita, joilla pystyttiin mittaamaan nopeasti oikea määrä kutakin lannoitetta (Kuva 2a). Käsittelyt tehtiin ruukkukohtaisesti. Turve ja lannoitteet sekoitettiin kuvassa 2b näkyvässä kupissa ja lisättiin sitten ruokkuun. Näin varmistettiin, että jokaisessa ruukussa oli saman verran lannoitetta. Ruukut täytettiin siten, että niihin jäi noin sentti tyhjää tilaa.



Kuva 2a ja 2b. Ensimmäisessä kuvassa näkyy käsittelyitä tehdessä käytettyjä apuvälineitä. Ämpärissä on Osmocote Start (12-5-14) -lannoite. Toisessa kuvassa näkyy käsittelyn 3 teko. (Niemeläinen, 2019)

Käsittelyt lannoitettiin yhdellä kertaa perustuksen yhteydessä. Tämän jälkeen käsittelyihin ei enää lisätty lannoitetta kokeiden aikana. Pöydille aseteltiin ruukkuja varten aluslautaset. Aluslautaset estivät ravinnehuuhoutumat ja ne tekivät ravinnekierrosta suljetun.

5.2 Kokonaiskasvualustamäärät

Kurkkukokeessa oli mitattavia ruukkuja 32 kpl/pöytä eli ruukkuja oli yhteensä 128 kpl. Reunakasveja oli 8 kpl/pöytä eli yhteensä ruukkuja oli 32 kpl. Raiheinäkokeessa pöydällä oli mitattavia ruukkuja 64 kpl eli ruukkuja oli pöydillä yhteensä 256 kpl. Reunakasveja oli pöydällä 44 kpl eli ruukkuja oli pöydillä yhteensä 176 kpl. Kasvihuonekurkkukokeessa ruukkuja oli kaikkiaan 160 kpl ja westerwoldinraiheinäkokeessa niitä oli 432 kpl kaikkiaan. Yhteensä ruukkuja oli 592 kpl.

Ruukkukoko oli 14 cm ja ruukun täyttötilavuus oli noin $1,2 \text{ dm}^3$. Kurkkukokeen tarvittava kasvualustamäärä oli $160 \text{ ruukkua} * 1,2 \text{ dm}^3 = 192 \text{ dm}^3$. Raiheinäkokeen osalta tarvittava kasvualustamäärä oli $432 \text{ ruukkua} * 1,2 \text{ dm}^3 = 518 \text{ dm}^3$. Yhteensä kasvualustaa tarvittiin 710 dm^3 . Ruukkukoko valittiin, koska kasvihuonekurkun pääteltiin pysyvän siinä paremmin pystyssä kasvaessaan.

5.3 Kokeiden materiaalit ja käsittelyt

Kokeissa referenssikäsittelyitä olivat lannoittamaton ja väkilannoitettu käsittely. Väkilannoite oli hallitusti liukeneva Osmocote Start- lannoite. Sen NPK-suhde oli 12-5-14 ja vaikutusaika noin 6 viikkoa. Osmocote Start-lannoite sisältää makroravinteista tyypeä 12 % (Nitraattityppi 5 % ja ammoniumtyppi 7 %), fosforia 4,8 %, kaliumia 14,1 % ja magnesiumia 1,2 %. Se sisältää mikroravinteista rautaa 0,4 %, mangaania 0,05 %, kuparia 0,170 %, sinkkiä 0,015 %, booria 0,01 % ja molybdeeniä 0,014 %. (Everris, n.d, s. 23)

Levitysmäärät analysoitiin etukäteen. Yhdessä astiassa Osmocote Start-lannoitteesta saatu N_{tot} oli 396 mg, kun sen typpipitoisuus oli 12 %. Tulosta käytettiin perustana käsittelyiden 1 - 6 osalta. Tyypeä käytettiin levitysmääriä laskettaessa, koska sillä saadaan käytännössä suurin kasvu.

Käsittelyssä 5 käytetty levä kasvatettiin jätevedenpuhdistamon, HS-Veden Lammin jälkikäsittelyaltaan vedessä. Käsittelyissä 3 ja 6 käytetty levä kasvoi Hämeenlinnan jätteenkäsittelyalueen suotovedessä. Riihimäen bio-kaasulaitoksen rejektivedessä kasvanutta levää käytettiin käsittelyssä 4. (Vanajavesikeskus, 2018) Käsittelyssä 3 ja 6 lannoitteena käytetyssä levämassassa esiintyi *Chlorella sp.* viherlevää, sinilevää ym. Käsittelyssä 5 esiintyi ainakin tiedettävästi *Chlorella sp.* viherlevää ja käsittelyssä 4 *Euglena gracilis* silmälevää. Levät oli pakastettu. Levien solurakenteet olivat hajonneet pakastuksessa ja ne olivat levitettäessä koostumukseltaan nestemäisiä.

Astiakokeissa käytetty haravointijätekomposti saatiin Kiertokapula Oy Karanojan jätteenkäsittelylaitokselta ja mädätysjäännös Gasum humusvoima, Gasum Oy Riihimäeltä. Haravointijätettä ovat maatuvat kasvinosat. Näitä ovat ruohovartistet kasvit, leikkuusilppu pensaista ja puista, juuripaa- kut, lehdet, neulaset, ruohonleikkuujäte, hedelmät ja kävyt (PHJ, n.d).

Karanojan jätteenkäsittelyalueella haravointijätekomposti syntyy, kun haravointijäte kompostoidaan aumassa yhdessä tukiaineen, kuten hakkeen kanssa. Kääntäminen tehostaa kompostoitumista ja mikrobiologinen laatu varmistetaan lopuksi näytteiden avulla. (Kiertokapula, 2020) Käsitteilyistä 3 ja 4 tutkittiin haravointijätekompostin/mädätysjäännöksen ja levälannoitteen yhteisvaikutusta.

Alla olevassa taulukossa 1 näkyy eriteltyinä käsittelyiden numerot, pistosäleen väri, lannoituskäsittely, lisätty Ntot mg/astia (laskennallinen), tyyppien lähde ja astiakohtainen valmistusohje. Eri käsittelyt ja toistot tunnisti numeron ja kirjaimen yhdistelmistä, esimerkiksi T1 K1 (toisto yksi, käsittely yksi), joka luki tietyn värisessä pistosäleessä.

Taulukko 1. Tiedot käsittelyistä

Käsittelyn nro ja säleän väri	Lannoituskäsittely	Lisätty Ntot mg/astia, laskennallinen	Tyyppien lähde	Astiakohtainen valmistusohje
1 Keltainen	Haravointijätekomposti, HAMK	198	100 % komposti	1,035 dm ³ turvetta + 64,23 ml kompostia
2 Vihreä	Gasum humusvoima	198	100 % komposti	1,066 dm ³ turvetta + 33,56 ml kompostia
3 Oranssi	Haravointijätekomposti, HAMK + levä, HAMK	396	50 % komposti, 50 % levä	1,035 dm ³ turvetta + 64,23 ml kompostia + 40,68 ml levää
4 Violetti	Gasum humusvoima + Levä, SYKE	396	50 % komposti, 50 % levä	1,066 dm ³ turvetta + 33,56 ml kompostia + 25,71 ml levää
5 Punainen	Levä, Lammi	396	100 % levä	1,10 litraa turvetta + 48,47 ml levää

6 Sininen	Levä, HAMK	396	100 % levä	1,10 litraa turvetta + 81,36 ml le- vää
7 Valkoi- nen	Osmocote Start (12- 5-14)	396	100 % Os- mocote	1,10 litraa turvetta + 3,30 g Os- mocote Start
8 X	Ei	0	-	1,10 litraa turvetta
Reunakas- vit, ei sä- lettä	Osmocote Start (12- 5-14)	396	100 % Os- mocote	1,10 litraa turvetta + 3,30 g Os- mocote Start

5.4 Kokeiden rakenne ja koeasetelma

Molemmissa kokeissa käytettiin samaa koekarttaa. Koekartta löytyy liitteestä 2. Samassa huoneessa toteutettiin kaksi erillistä tutkimuskoetta. Koeasetelma laadittiin siten, että lähtökohtaisesti tuloksiin ajateltiin vaikuttavan vain yksi tekijä eli tässä tapauksessa kasvualustankäsittely. Koeasetelmassa otettiin myös huomioon mahdolliset pöytien välillä ja pöytien sisällä esiintyvät pienet kasvuerot, koska niiden valo-olosuhteita ja kastelua oli vaikea saada samansuuruiseksi. Kokeissa näitä tekijöitä käsiteltiin satunnaistekijöinä.

Molemmissa kokeissa käytettiin koeasetelmana satunnaistettuja täydellisiä lohkoja (RCBD). Molemmissa kokeissa toistojen määrä oli kahdeksan ja ne jakautuivat neljälle pöydälle. Jokaisella pöydällä oli siis kaksi toistoa. Kuvassa 3 on nähtävillä astiakokeissa käytetty koeasetelma. Koeasetelma mahdollisti yhden tekijän varianssianalyysin (one-way). Se tehtiin kaikille tekijöille, joista kerättiin ruutukohtaiset mittaukset (kuiva-ainekertymät, klorofyllipitoisuus kurkussa, kasvi- ja puristenesteanalyysit) sekä parittaiset vertailut käsittelyiden kesken.

Kurkkukokeessa käytettiin altakastelupöytien päissä suojakasveja ja pöytien sivuilla pyrittiin asettelemaan astiat niin, että reunavaikutukset olisivat samanlaiset kullekin koeruudulle. Raiheinäkokeessa käytettiin suojakasveja pöytien päissä ja sivuilla.



Kuva 3. Koeasetelma. Kuva on otettu viikolla 40. (Niemeläinen 2019)

5.5 Kasvilajit ja määrät kokeissa

Tutkimushuoneessa suoritettiin samanaikaisesti kaksi eri koetta. Molemmissa kokeissa oli samat kasvuolosuhteet kastelua lukuun ottamatta. Järjestely myös mahdollisti kokeiden päättämisen eriaikaisesti.

Yhdessä kokeessa käytettiin koekasvina yksisirkkaista westerwoldinraiheinää (*Lolium multiflorum* subsp. *westerwoldicum*). Se on italianraiheinän yksivuotinen muoto. Raiheinä peittää kasvualustan pinnan nopeasti kasvaessaan. Se kasvaa parhaiten hikevillä hieta- ja hiesumaille ja vaatii melko ravinteikkaan maan. (Hyötykasviyhdistys, n.d) Kasvin siemenet oli kasvatettu Suomessa. Pussissa oli n. 500 g siemeniä. Heinäseoksen kylvömäärä oli 0,92 g astiaa kohden. Kylvömäärässä oli siemeniä noin 207 kpl. Siemenseosta tarvittiin yhteensä $432 * 0,92 \text{ g} = 397 \text{ g}$. Ruutukoko oli kokeessa 4 astiaa. Astiatiheys oli 24 kpl/ m².

Toisessa kokeessa käytetty kasvi oli kaksisirkkainen kasvihuonekurkku (*Cucumis sativus*). Se on yksivuotinen ruohovartinen vihanneskasvi. Runsas kasvusto kuluttaa paljon vettä. Kasvutavaltaan kasvi on köynnöstävä ja se kiipeilee lehtihangoista kasvavien kärhien avulla. (Kekkilä, n.d) Lajikkeena oli Passandra F1. Lajikkeen ominaisuuksiin kuuluu hyvä tautienvastustuskyky ja itsepölytteisyys. Kasvihuonekurkku tuottaisi kasvaessaan paljon n. 20 cm pitkiä ja nystyräisiä hedelmiä. (Nelson Garden n.d) Siemenet olivat peitattuja ja itävyydeksi ilmoitettiin 100 %. Pussissa oli 100 siementä. Kurkun kylvömäärä oli yksi siemen astiaa kohden. Siemeniä tarvittiin yhteensä 160 kpl. Ruutukoko oli kokeessa 2 astiaa. Astiatiheys oli 10 kpl/ m².

Kasvit valikoituivat, koska molemmilla on intensiivinen kasvu sekä voimakas juuristo. Raiheinää käytetään myös varsin usein tutkimuskasvina.

5.6 Kokeiden aikana tehdyt toimenpiteet ja ajankohta

Astiakokeet toteutettiin syksyllä 2019. Kokeita aloitettiin perustaa 28.8.2019 ja viimeinen koe päättyi 21.10.2019. Siemenet kylvettiin 2.9. Pöytien päälle levitettiin muovit kylvöjen jälkeen ja ne poistettiin 6.9. Kurkkukoe päättyi 9.10. ja raiheinäkoee päättyi 21.10. Kurkkukoe kesti 38 vuorokautta ja raiheinäkoee kesti 50 vuorokautta.

Kasveja kasteltiin käsin letkulla. Vettä laskettiin vain aluslautasille. Kastelu tehtiin käsittelyittäin, koska käsittelyt haihduttivat eri tavalla kasvimassan mukaan. Käsittelyt pyrittiin pitämään yhtä kosteina. Kasvihuonekurkkuja kasteltiin eniten.

Sato korjattiin kurkkukokeessa kerran ja raiheinäkoeeassa kolme kertaa. Kasvit leikattiin saksilla. Ruukun reuna toimi raiheinäkoeeen sadonkorjuissa sapluunana.

Kasvihuonekurkulle laitettiin tukikepit viikolla 38. Kurkut tuettiin naruilla viikolla 39. Kasvin kasvaessa narua kierrettiin aina myötöpäivään, jotta varsi ei katkea.

Huoneen asetettu lämpötila oli 18 °C. Huoneessa aloitettiin antaa lisävaloa viikolla 38, koska luonnonvalon määrä väheni. Sitä annettiin HPS-asennusteholla 125 W/m². HPS-valoja käytettiin klo 9.00 - 16.00 välisenä aikana. Viikolla 40 lämpötila nostettiin 20 °C ja valotuksen kestoa pidentettiin neljä tuntia. Toimenpide tehtiin, jotta raiheinä kasvaisi enemmän Leväsieppari-hankkeen sidosryhmätilaisuutta varten, jossa kokeita esiteltiin yleisölle. Lämpötila ja valotuksen kesto laskettiin takaisin seuraavalla viikolla.

5.7 Mitatut tekijät, analyysit ja muut havainnot

Astiakokeissa keskeisin tutkittava tekijä oli kuiva-aineen määrä ja ravinnepitoisuudet. Muita tutkittavia asioita olivat itävyys, taimettuminen, juurten määrä sekä kurkkukokeessa myös lehtien klorofyllin määrä. Eroja verrattiin lannoittamattomien (käsittely 8) ja väkilannoitettujen (käsittely 7) käsittelyiden vastaaviin. Tulokset kerättiin kurkkukokeesta aikavälillä 2.9. – 9.10.2019 sekä raiheinäkoeeesta aikavälillä 2.9. – 21.10.2019.

Sato leikattiin ja laitettiin niille erikseen merkattuihin ruutukohtaisiin paperipusseihin. Paperipusseja kuivattiin kuivausuunissa 60 °C. Kasvit olivat uunissa kolmen vuorokauden ajan, jonka jälkeen ne punnittiin.

Kaupalliset puristenesteanalyysit tehtiin käsittelyittäin kokeiden alussa ja lopussa. Lopussa tehtiin myös käsimitarilla puristenestemittaukset ruuduittain ja niistä mitattiin johtokyky sekä pH. Kokeiden lopussa tehtiin kasvianalyysit kuivatusta näytteistä.

Kurkkukokeessa mitattiin myös lehtien lehtivihreäpitoisuus. Klorofyllipitoisuus mitattiin Konica Minolta SPAD502Plus käsimittarilla. Mittarilla mitattiin kasvustossa vallitsevaa typpitilannetta. Lehtivihreä mitattiin ruuditain. Klorofyllimittarilla otettiin 20 tulosta yhdestä lehdestä. Pitoisuus mitattiin kasvin täysikasvuisista ja kasvin keskivaiheilla olevista kahdesta lehdestä. Poikkeuksen tekivät käsittelyt 1 ja 8, joissa pitoisuus otettiin ensimmäisestä tai toisesta kasvulehdestä. Tuloksista saatiin keskiarvo ruuditain.

Juuret arvioitiin käsittelyittäin. Niiden määrä arvioitiin asteikolla 1 - 5, jossa numero 1 oli huonoin ja numero 5 oli parhain. Kurkkukokeessa ruudussa oli kaksi kasvia ja niiden juurten keskiarvosta muodostui arvosana koko ruudulle. Raiheinäkokeessa ruudussa oli neljä kasvia ja niiden juurten keskiarvosta muodostui arvosana koko ruudulle.

Kasvitauteja ja kasvintuhoojia havainnointiin silmämääräisesti. Tuholaisia havainnointiin myös liima-ansojen avulla. Liima-ansoina käytettiin sinisiä ja keltaisia ansoja. Keltaiset ansat houkuttelevat jauhaisia, ripsiäisiä, kirvoja ja muita lentäviä hyönteisiä. Siniset ansat houkuttelevat parhaiten ripsiäisiä ja luteita.

5.8 Aineistojen tilastollinen käsittely

Kasvien kuivapainot, lehtivihreäpitoisuudet, juurten määrät, mitatut pH ja johtokyvyt, kasvianalyysit sekä puristenesteanalyysit kirjattiin ylös ja kerättiin Excel-tiedostoon. Ruutukohtaisista tuloksista (kuivapainot, happamuus, johtokyvyt ja juurten määrät) tehtiin varianssianalyysit ja parivertailut. Mittaustuloksia käsiteltiin JMP Pro 14-tilasto-ohjelmalla.

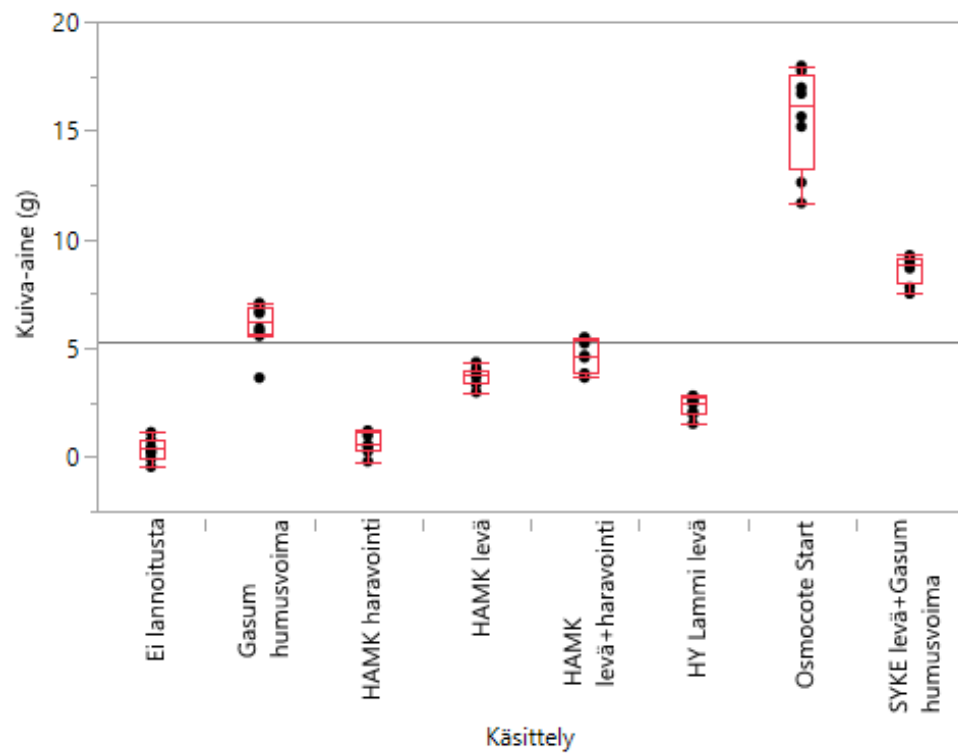
6 TULOKSET

6.1 Kurkkukoe

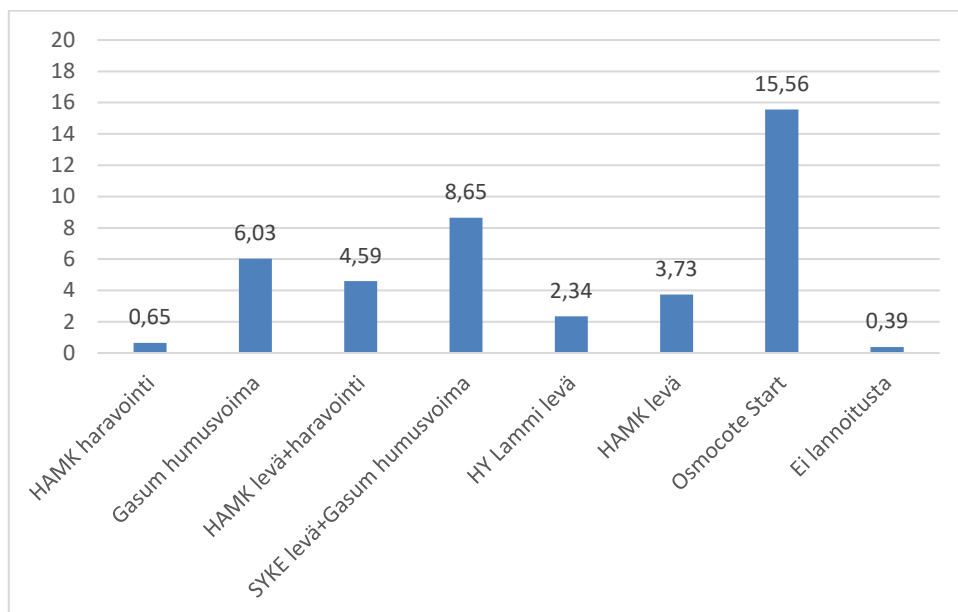


Kuva 4. Kasvihuonekurkun sadonkorjuu. Tyypikasvit kuvattuna järjestyksessä viikolla 41. (Niemeläinen, 2019)

6.1.1 Kuivapainot



Kuva 5. Kuivapainon jakauma käsittelyissä ruuduittain. Käsittelyt vasemmalta oikealle: 8, 2, 1, 6, 3, 5, 7 ja 4.



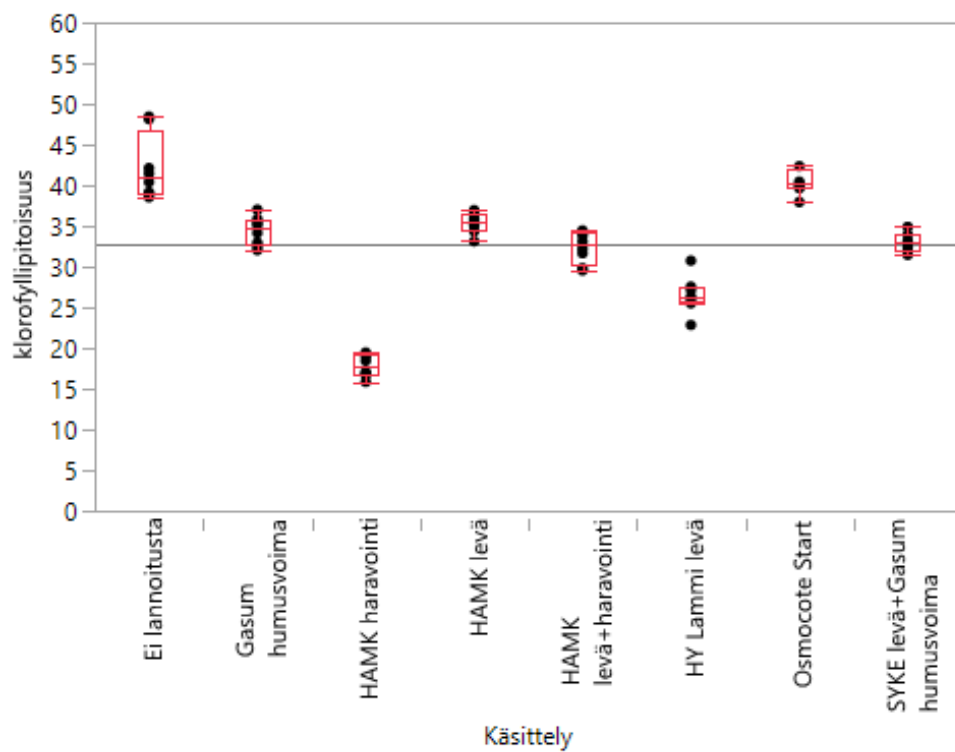
Kuva 6. Kuivapainojen keskiarvot käsittelyittäin järjestyksessä.

Käsittelyiden väliset erot olivat erittäin merkitseviä (p-arvo 0,0001). Toistojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (p-arvo 0,1163). Kuivapainokeskiarvojen parivertailussa eli T-testissä saatiin tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja käsittelyiden välillä, parien 1 ja 5 välillä erot olivat merkitseviä ja parien 2 ja 6 sekä 5 ja 6 välillä ne olivat melkein merkitseviä. Käsittelyistä parien 3 ja 6 sekä 1 ja 8 välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 2. Kunkin käsittelyn kuiva-aineen keskiarvojen prosenttiosuus käsittelystä 7, kun käsittely 8 on 0 %. Typpilannoitustasoon suhteutettuna käsittelyt 1 ja 2 olivat laskennallisesti puolet korkeampia.

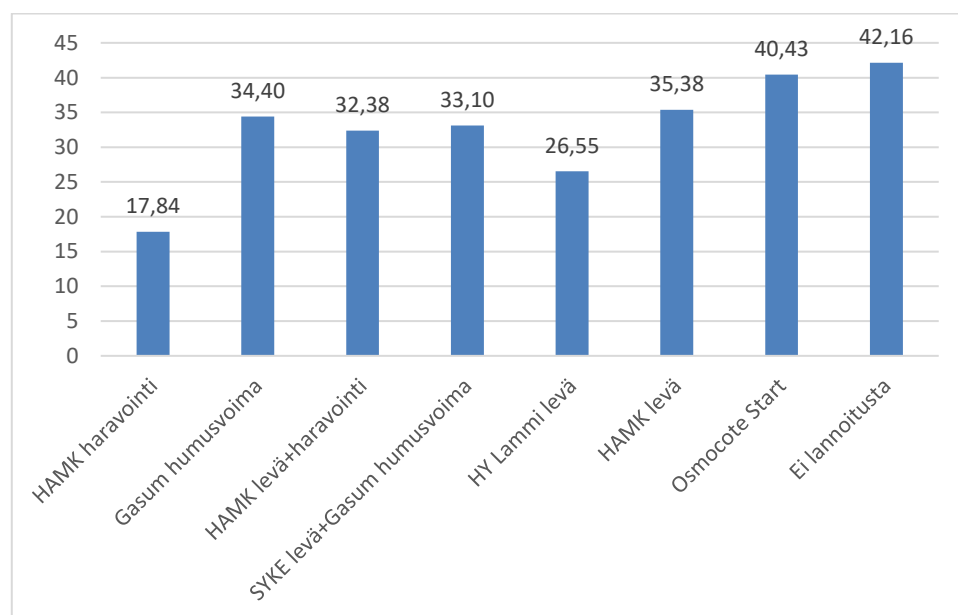
Käsittely	Kuivapainot, osuus suhteessa käsittelyyn 7
HAMK haravointi (K1)	1,71 %
Gasum humusvoima (K2)	37,19 %
HAMK levä+haravointi (K3)	27,71 %
SYKE levä+Gasum humusvoima (K4)	54,45 %
HY Lammi levä (K5)	12,89 %
HAMK levä (K6)	22,06 %
Osmocote Start (K7)	100,00 %
Ei lannoitusta (K8)	0,00 %

6.1.2 Lehtivihreäpitoisuus



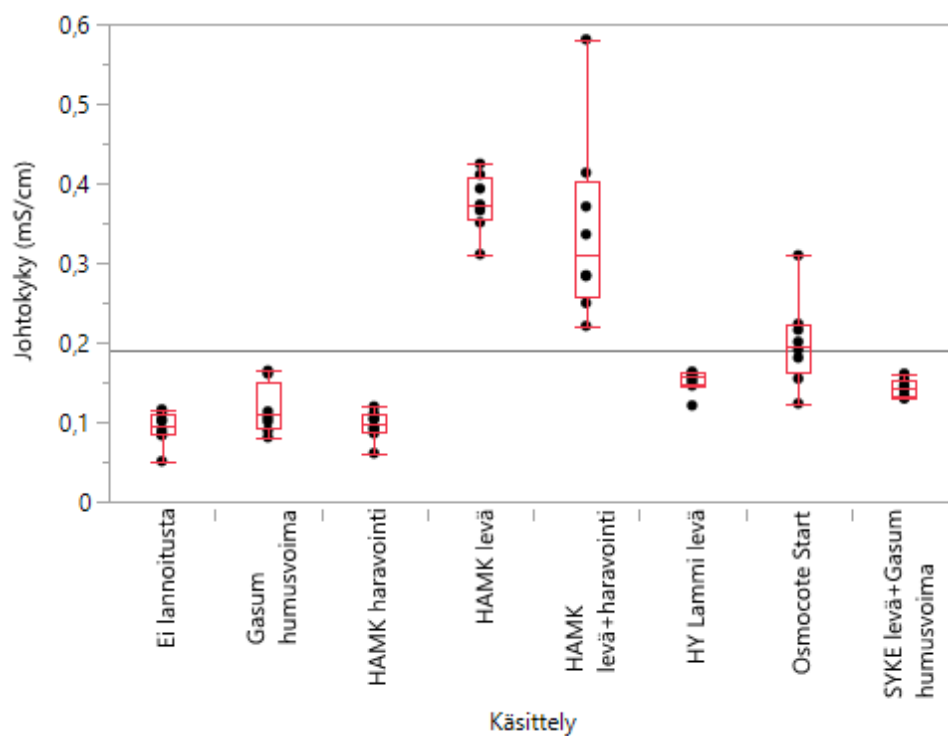
Kuva 7. Lehtivihreäpitoisuus jakauma käsittelyissä ruuduittain. Käsittelyt vasemmalta oikealle: 8, 2, 1, 6, 3, 5, 7 ja 4.

Käsittelyiden väliset erot olivat erittäin merkitseviä (p-arvo 0,0001). Toisten välillä oli melkein merkitseviä eroja (p-arvo 0,0403).

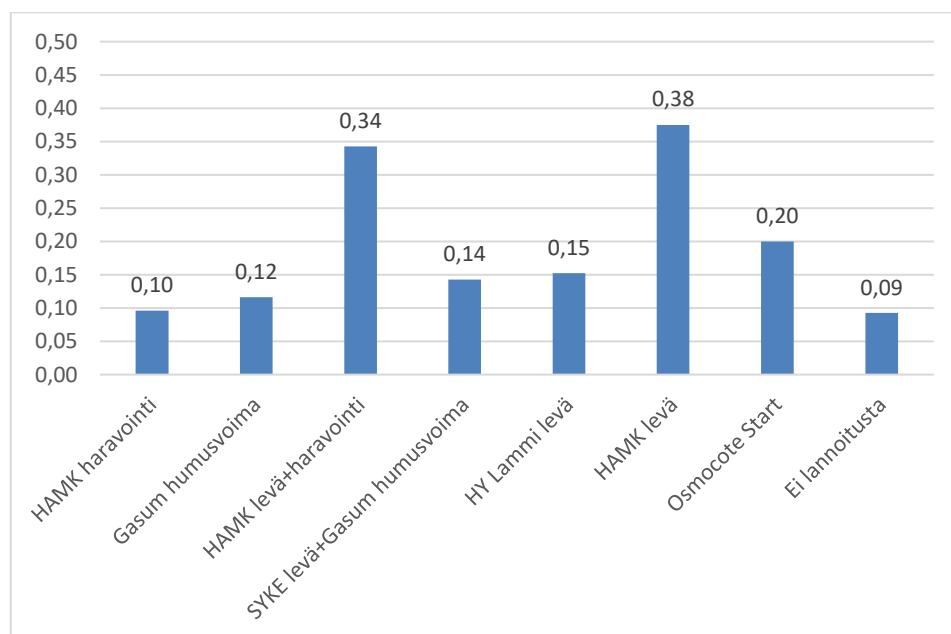


Kuva 8. Lehtivihreäpitoisuuksien keskiarvot käsittelyittäin.

6.1.3 Puristenesteen johtokyky ruuduittain



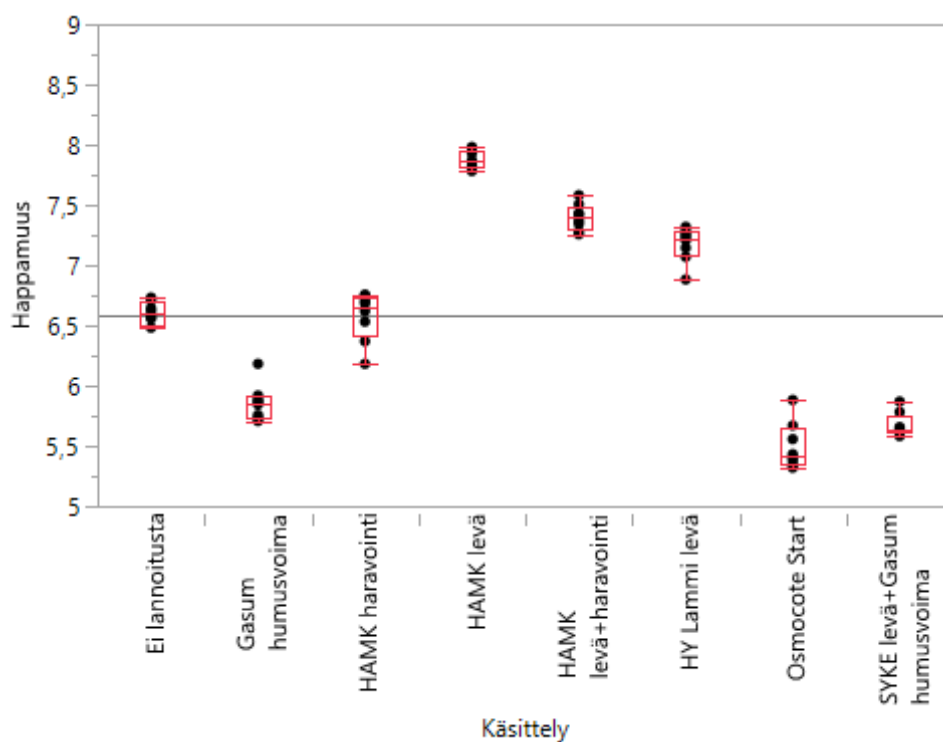
Kuva 9. Johtokyky (mS/cm) käsittelyistä ruuduittain. Käsittelyt vasemmalta oikealle: 8, 2, 1, 6, 3, 5, 7 ja 4.



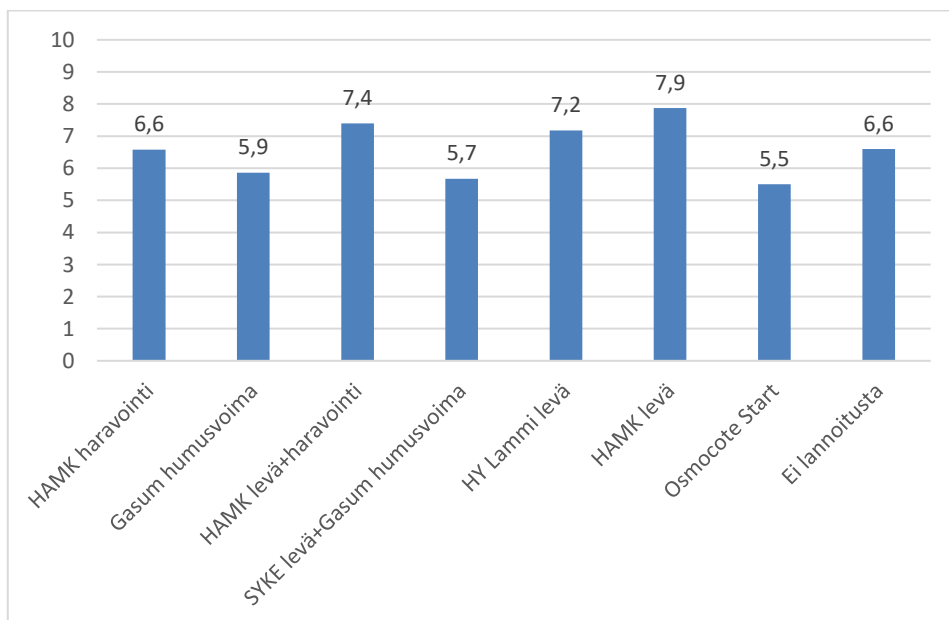
Kuva 10. Johtokykyjen keskiarvot käsittelyittäin.

Käsittelyiden väliset erot olivat erittäin merkitseviä (p-arvo 0,0001). Tois-toisten välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (p-arvo 0,7279).

6.1.4 Puristenesteen pH ruuduittain



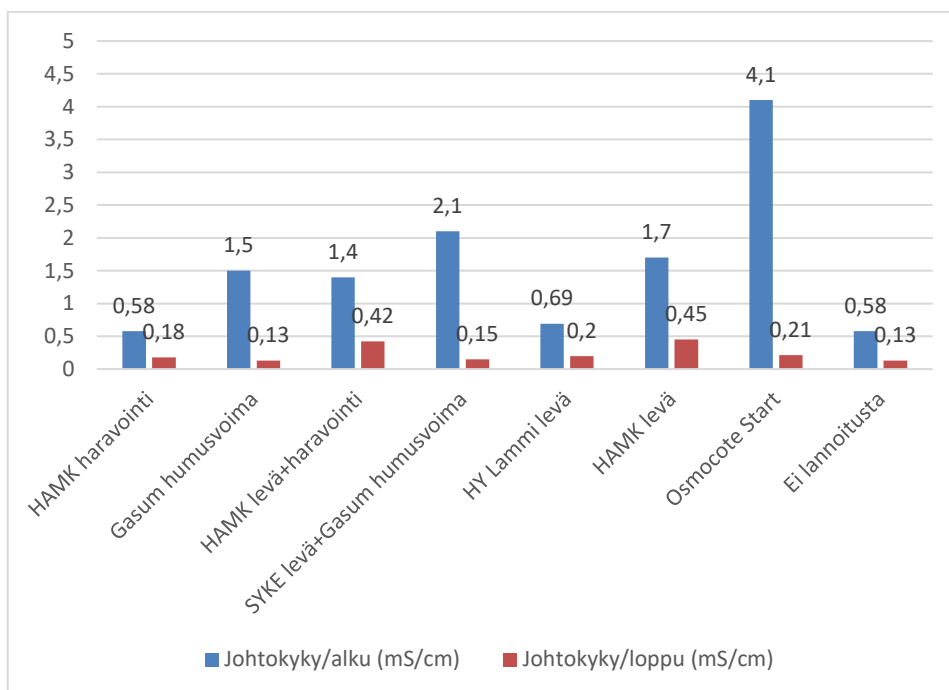
Kuva 11. Puristenesteen pH jakauma käsittelyistä ruuduittain. Käsittelyt vasemmalta oikealle: 8, 2, 1, 6, 3, 5, 7 ja 4.



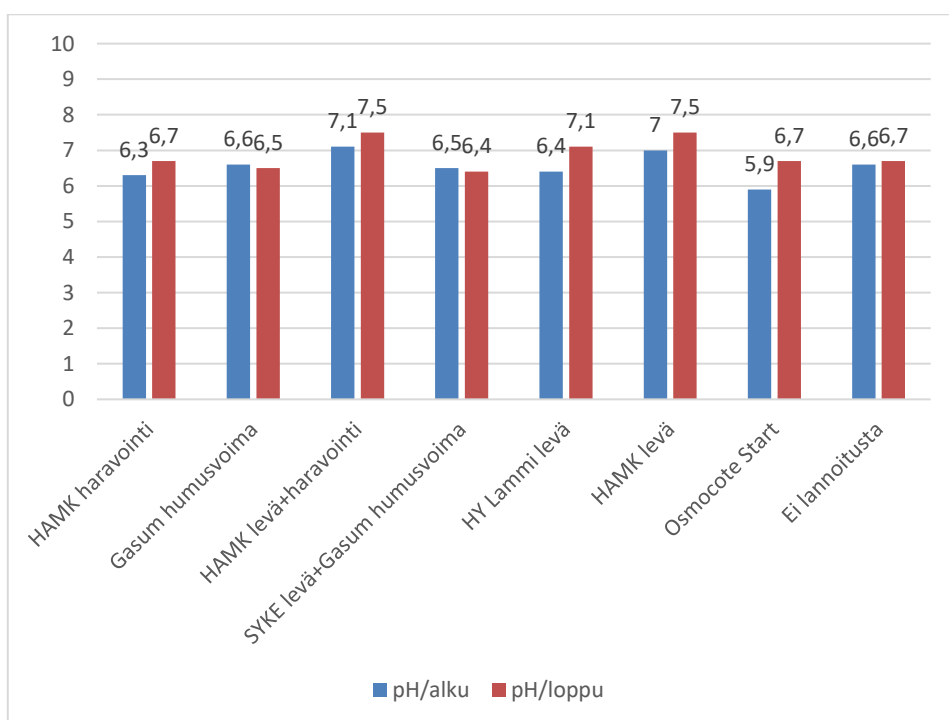
Kuva 12. Happamuuden keskiarvot käsittelyittäin.

Käsittelyiden väliset erot olivat erittäin merkitseviä (p -arvo 0,0001). Toistojen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (p -arvo 0,3728).

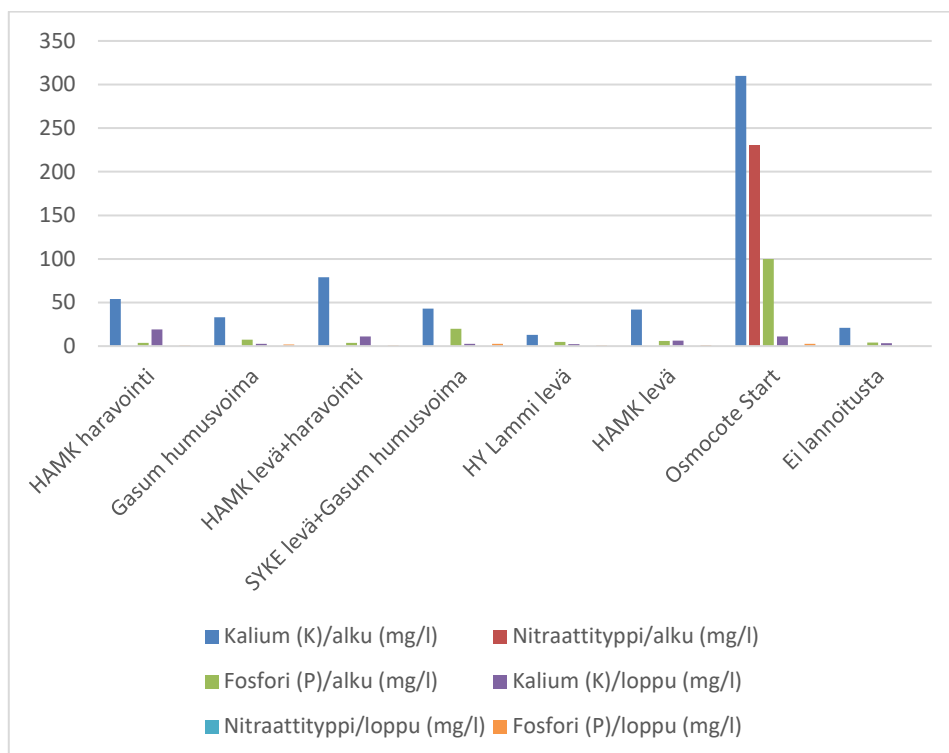
6.1.5 Puristenesteanalyysi käsittelyittäin



Kuva 13. Puristenesteiden johtokyvyt kokeen alussa ja lopussa.

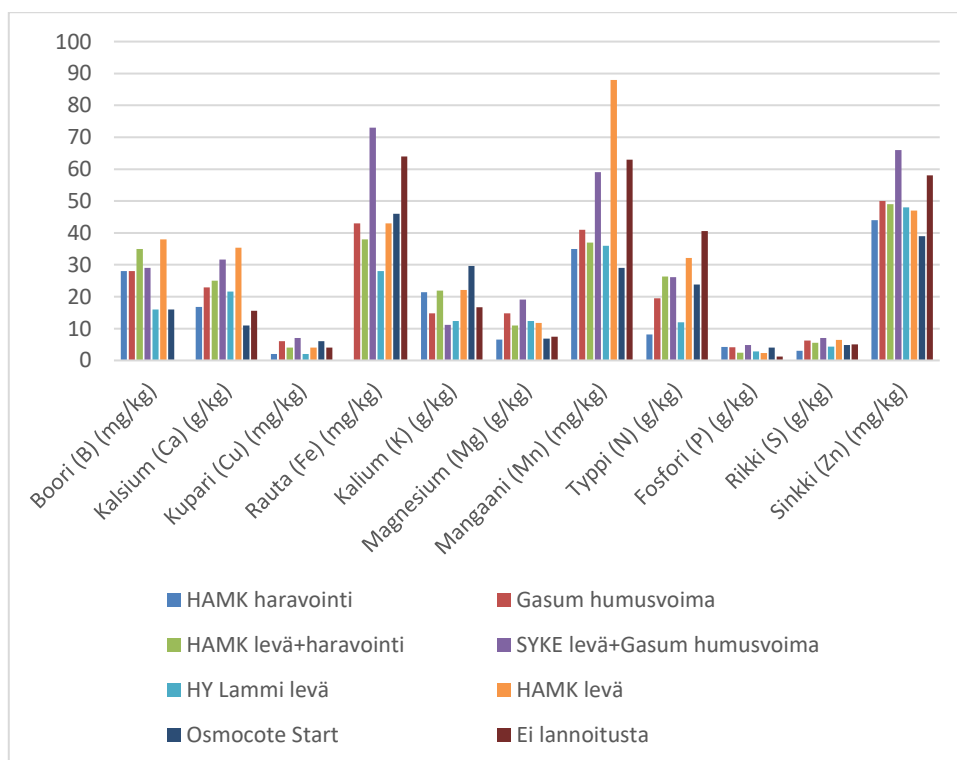


Kuva 14. Käsittelyistä mitattu pH kokeen alussa ja lopussa.

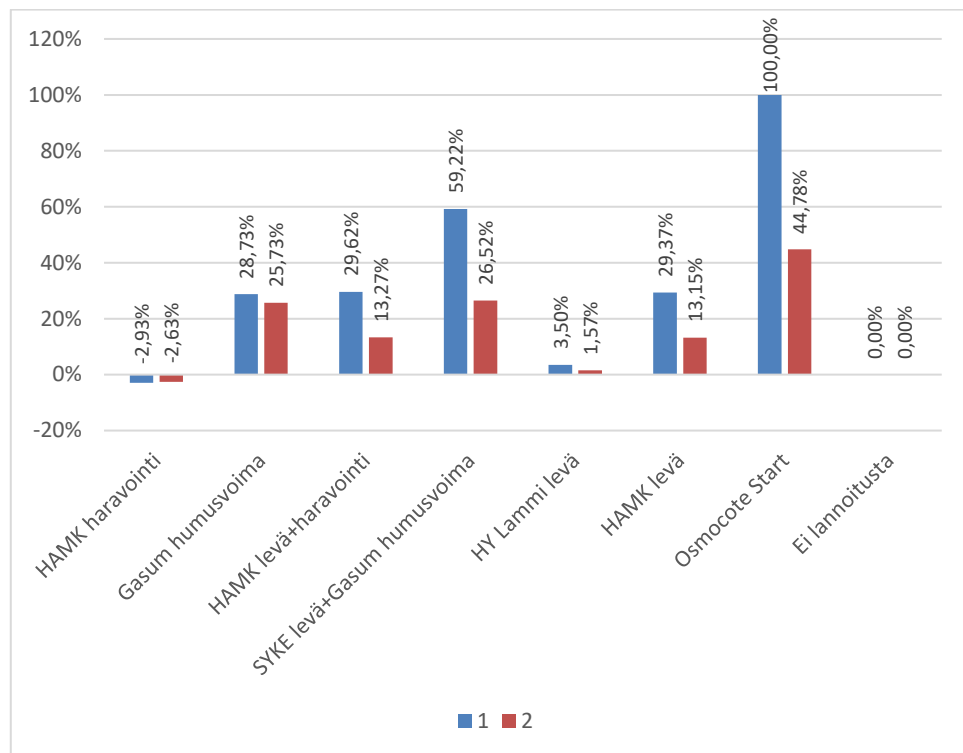


Kuva 15. Puristenesteiden typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet kokeen alussa ja lopussa.

6.1.6 Kasvianalyysit käsittelyittäin

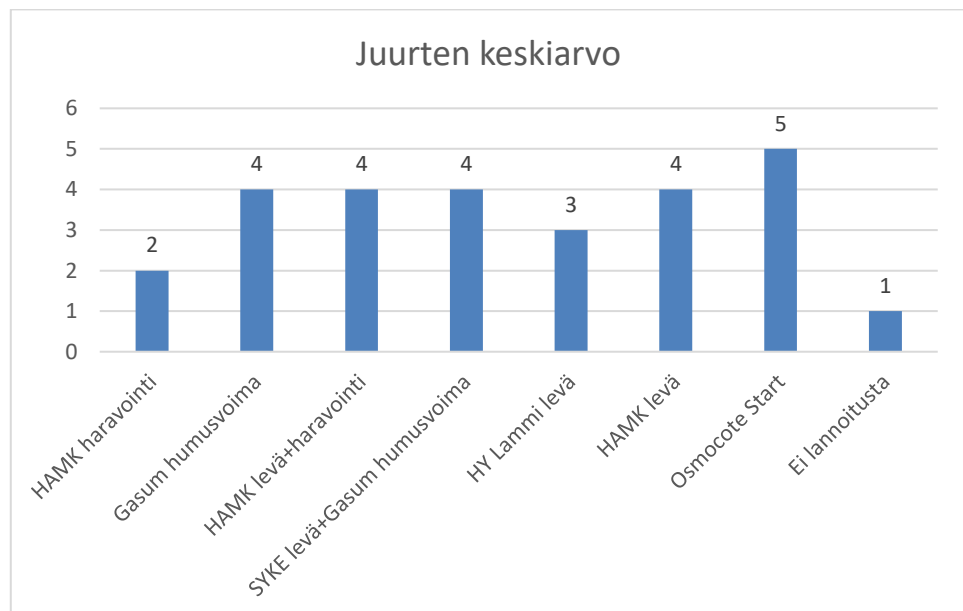


Kuva 16. Kuiva-aineen makro- ja mikroravinnepitoisuudet käsittelyittäin.



Kuva 17. Kunkin käsittelyn tyyppien oton tehokkuuden prosenttiosuus käsittelystä 7, kun käsittely 8 on 0 %. (1). Käsittelyistä sadon mukana poistunut typpimäärä verrattuna typpimäärään, joka lisättiin kokeen alussa lannoitteena (2).

6.1.7 Juurten arviointi käsittelyittäin



Kuva 18. Juurten määrän arviointi käsittelyittäin. Juuret olivat hyvin tasa-
laatuisia käsittelyiden sisällä.

6.1.8 Muut havainnot

Kurkun itävyydeksi saatiin 100 %. Yhden taimen kasvu käsittelyssä 5 (T5 K2) pysähtyi ja se päätettiin lopulta poistaa kokeesta. Todennäköinen syy kasvun loppumiseen oli siemenessä.

Kokeen viimeisellä viikolla käsittelyissä 2 ja 4 esiintyi nekroosia. Kehänä nekroottisten laikkujen ympärillä esiintyi kloroosia. Kloroosia esiintyi myös käsittelyissä 1 ja 5. Käsittely 1 oli väritykseltään muita kellertävämpi koko kokeen ajan. Käsittelyn 8 kasvu hiipui/loppui viikolla 39, jonka takia kuiva-ainesato jäi pienimmäksi.

Kokeen aikana ei esiintynyt tuholaisia eikä havaittavia tauteja. Liima-ansoissa esiintyi harsosääskiä (*Sciaridae*) ja muutamia liejukärpäsiä (*Ephydriidae*). Käsittelyiden 1 ja 3 pinnalla esiintyi pieniä, noin sentin mittaisia sieniä. Itiöemiä esiintyvissä käsittelyissä oli haravointijätetekompostia.

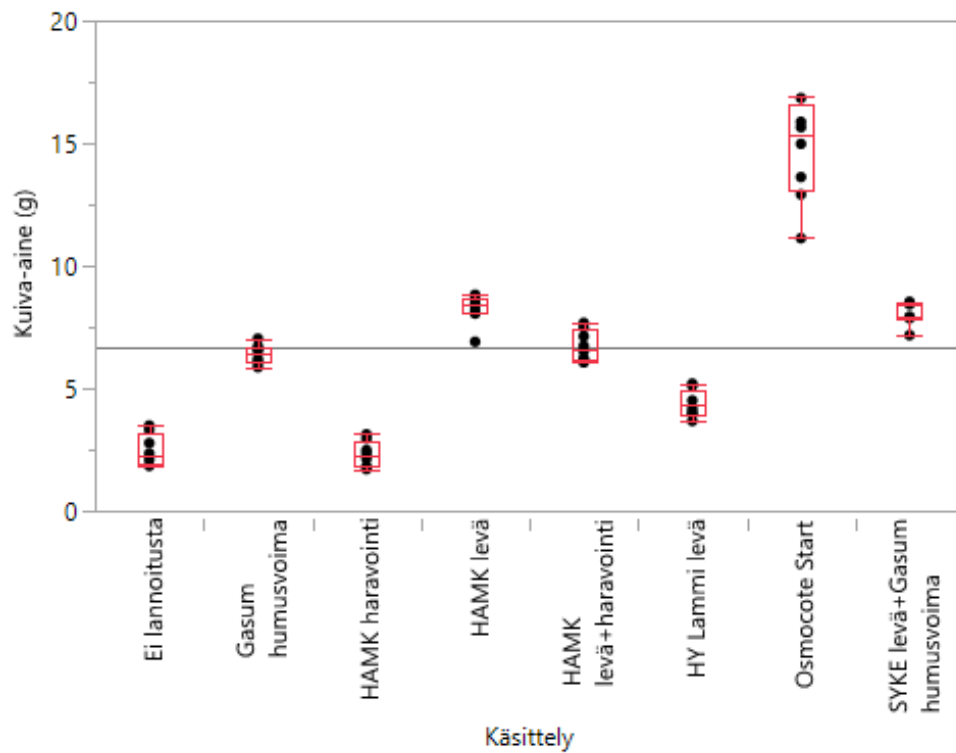
6.2 Raiheinäko

Ensimmäinen sadonkorjuu tehtiin viikolla 38, toinen viikolla 40 ja kolmas viikolla 43. Kuvassa 19 on toisen sadonkorjuun aikainen kasvusto.

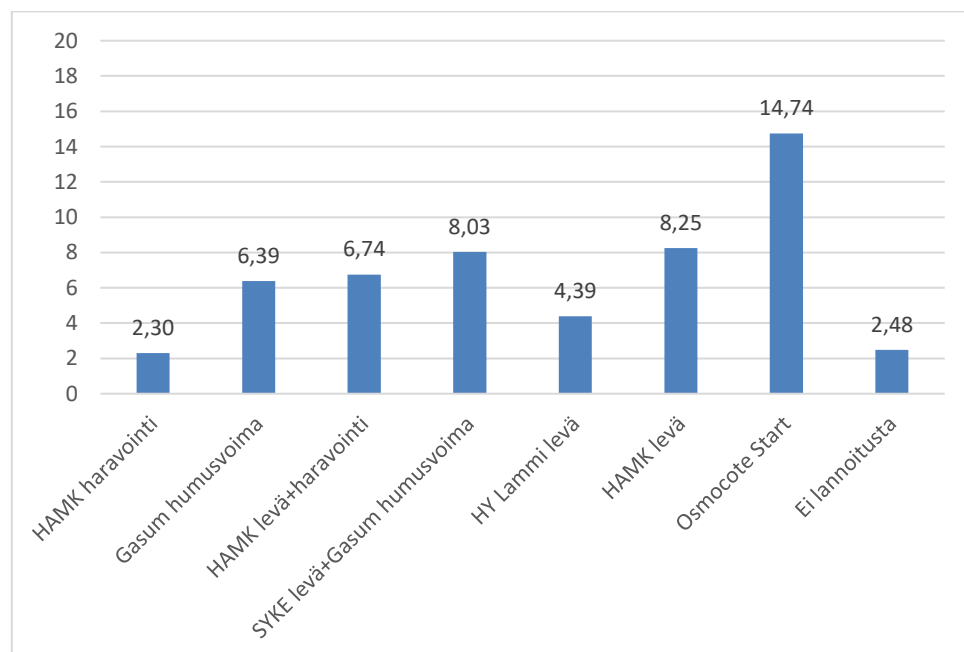


Kuva 19. Raiheinän tyyppikasvit järjestyksessä. Kuva on otettu viikolla 40. (Niemeläinen, 2019)

6.2.1 Kuivapainot



Kuva 20. Kuivapainon jakauma käsittelyissä ruuduittain. Käsittelyt vasemmalta oikealle: 8, 2, 1, 6, 3, 5, 7 ja 4.



Kuva 21. Kuivapainojen keskiarvot käsittelyittäin järjestyksessä.

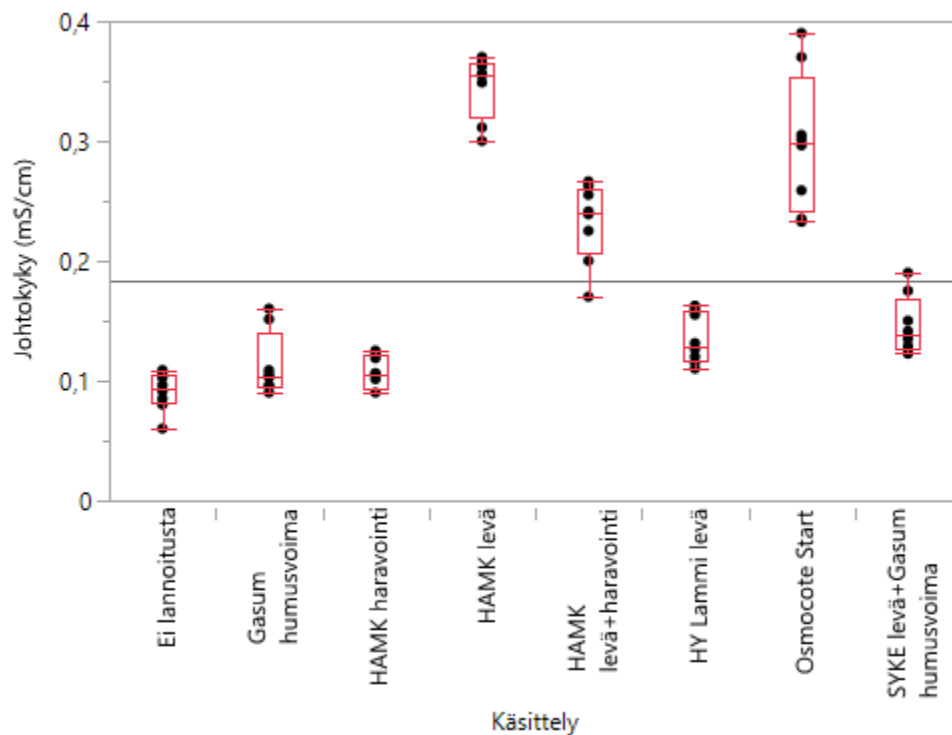
Käsittelyiden väliset erot olivat erittäin merkitseviä (p-arvo 0,0001). Toisten välillä oli merkitseviä eroja (p-arvo 0,0033). Kuivapainokeskiarvojen

parivertailussa eli T-testissä saatiin tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja käsittelyiden välillä, parien 2 ja 4, 3 ja 6 sekä 3 ja 4 välillä erot olivat merkitseviä. Käsittelyistä parien 2 ja 3, 4 ja 6 sekä 1 ja 8 välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

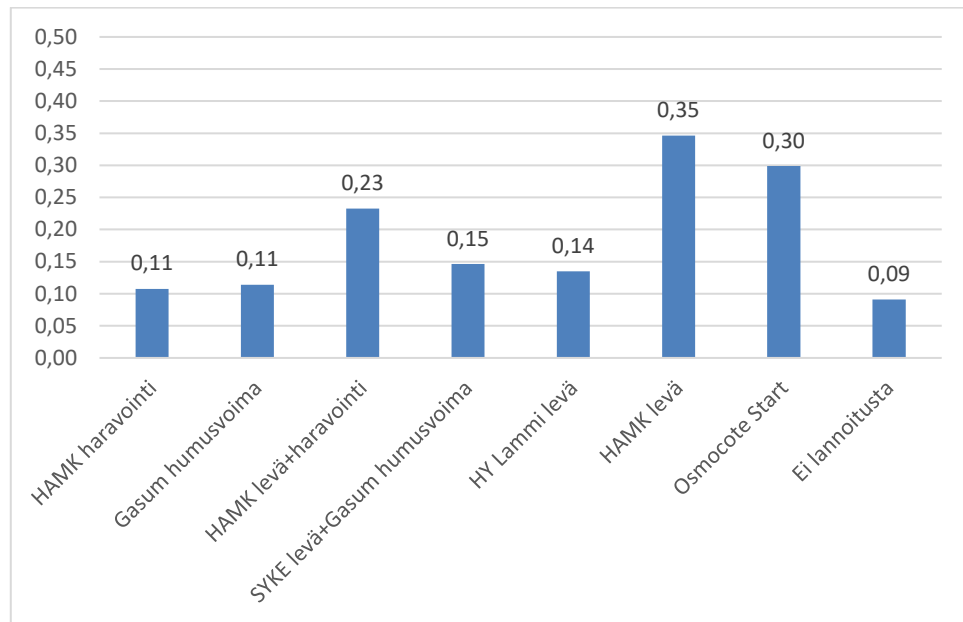
Taulukko 3. Kunkin käsittelyn kuiva-aineen keskiarvojen prosenttiosuus käsittelystä 7, kun käsittely 8 on 0 %. Typpilannoitustasoon suhteutettuna käsittelyt 1 ja 2 olivat puolet korkeampia.

Käsittely	Kuivapainot, osuus suhteessa käsittelyyn 7
HAMK haravointi (K1)	-1,45 %
Gasum humusvoima (K2)	31,92 %
HAMK levä+haravointi (K3)	34,81 %
SYKE levä+Gasum humusvoima (K4)	45,27 %
HY Lammi levä (K5)	15,61 %
HAMK levä (K6)	47,13 %
Osmocote Start (K7)	100,00 %
Ei lannoitusta (K8)	0,00 %

6.2.2 Puristenesteen johtokyky ruuduittain



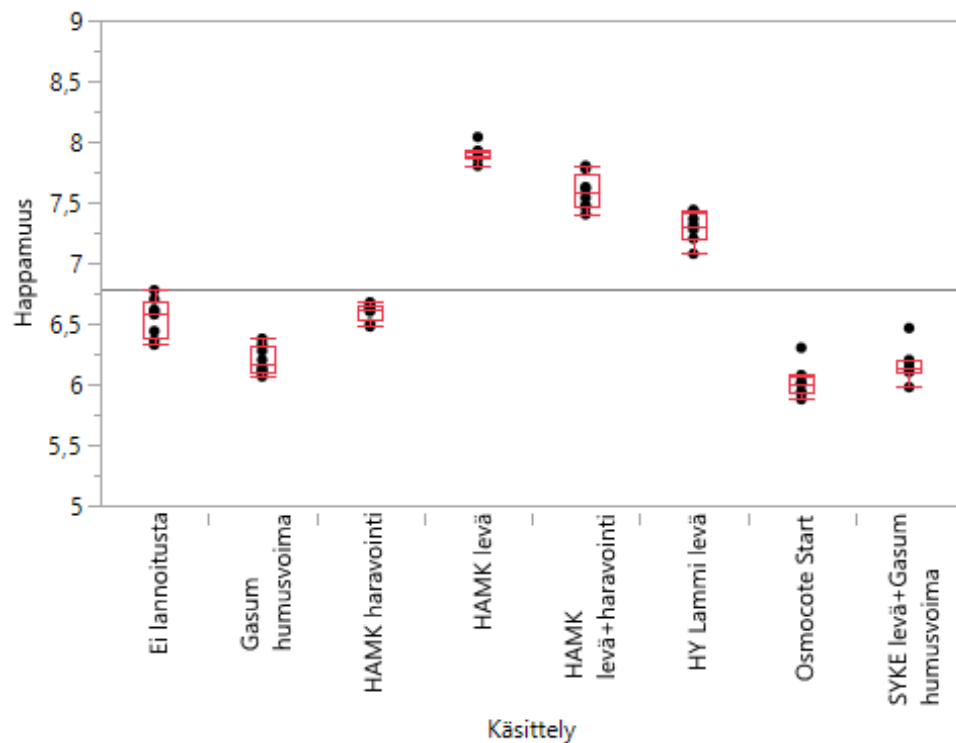
Kuva 22. Johtokykyjen (mS/cm) jakauma käsittelyistä ruuduittain. Käsittelyt vasemmalta oikealle: 8, 2, 1, 6, 3, 5, 7 ja 4.



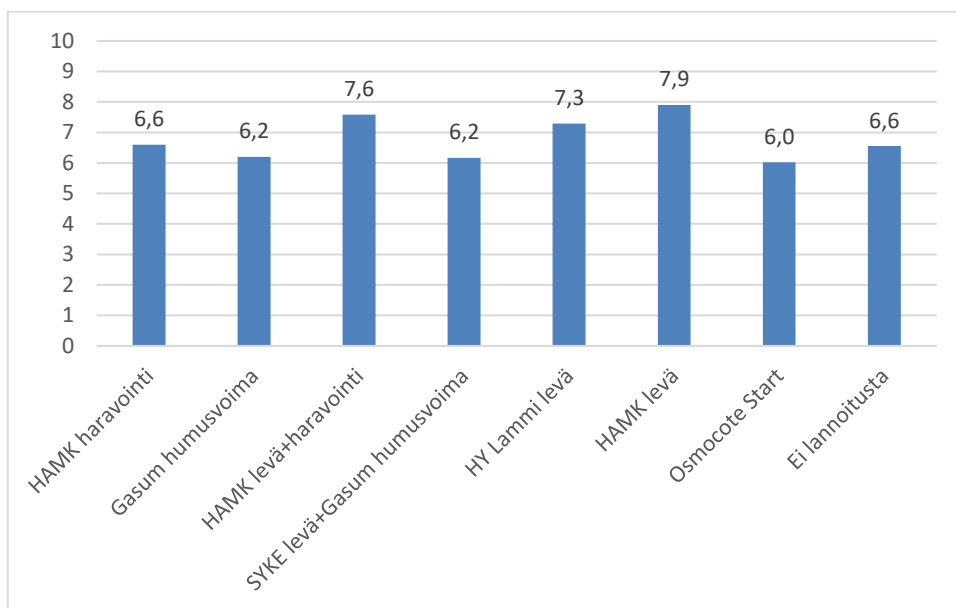
Kuva 23. Johtokykyjen keskiarvot käsittelyittäin.

Käsittelyiden väliset erot olivat erittäin merkitseviä (p-arvo 0,0001). Toisten välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (p-arvo 0,1029).

6.2.3 Puristenesteen pH ruuduittain



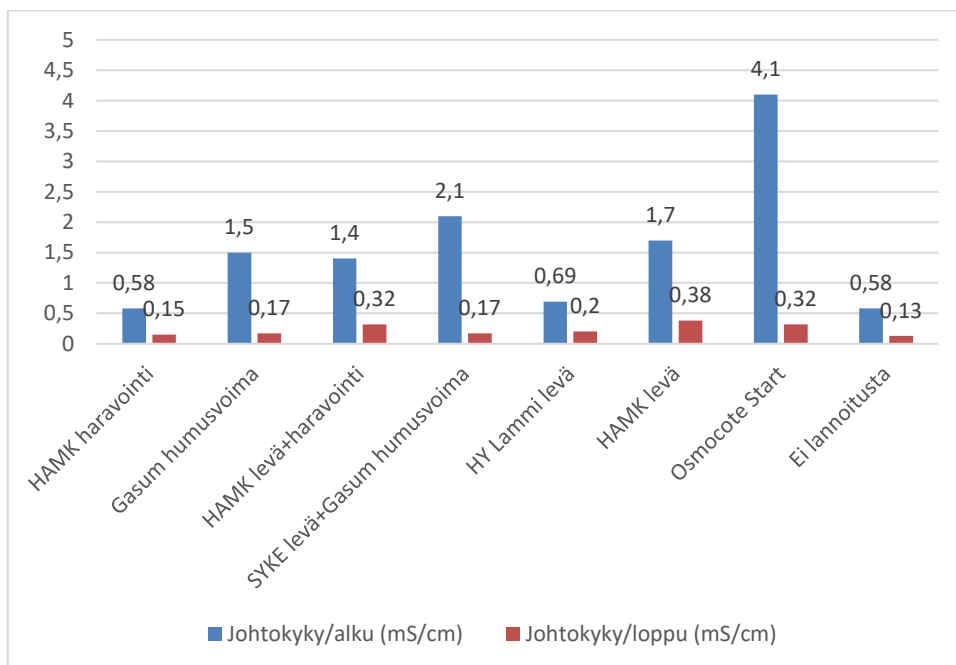
Kuva 24. Puristenesteen pH jakauma käsittelyistä ruuduittain. Käsittelyt vasemmalta oikealle: 8, 2, 1, 6, 3, 5, 7 ja 4.



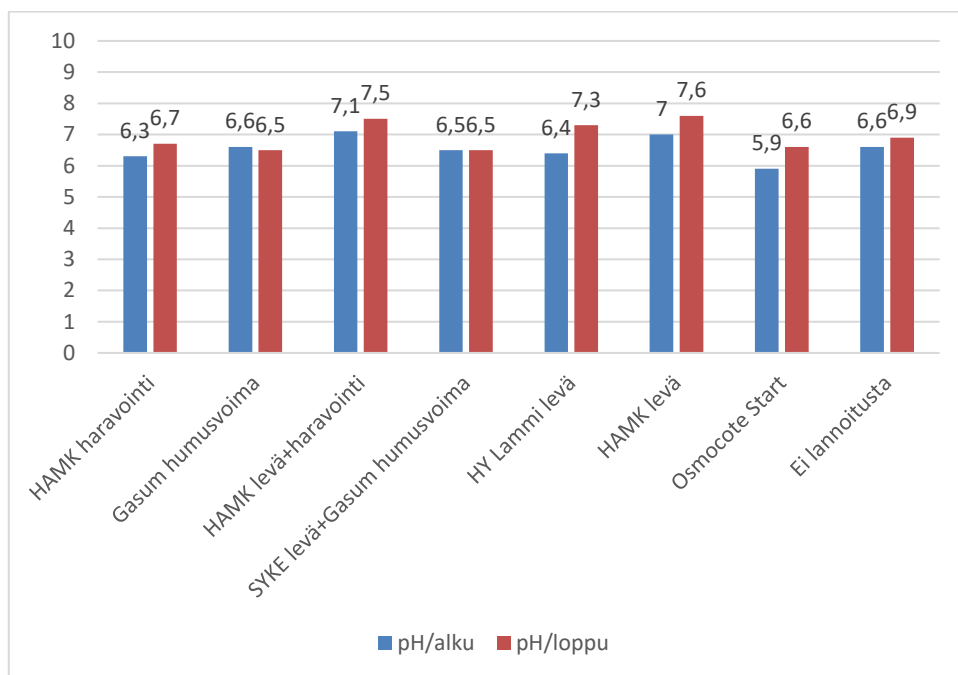
Kuva 25. Happamuuden keskiarvot käsittelyittäin.

Käsittelyiden väliset erot olivat erittäin merkitseviä (p -arvo 0,0001). Toisten välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (p -arvo 0,9429).

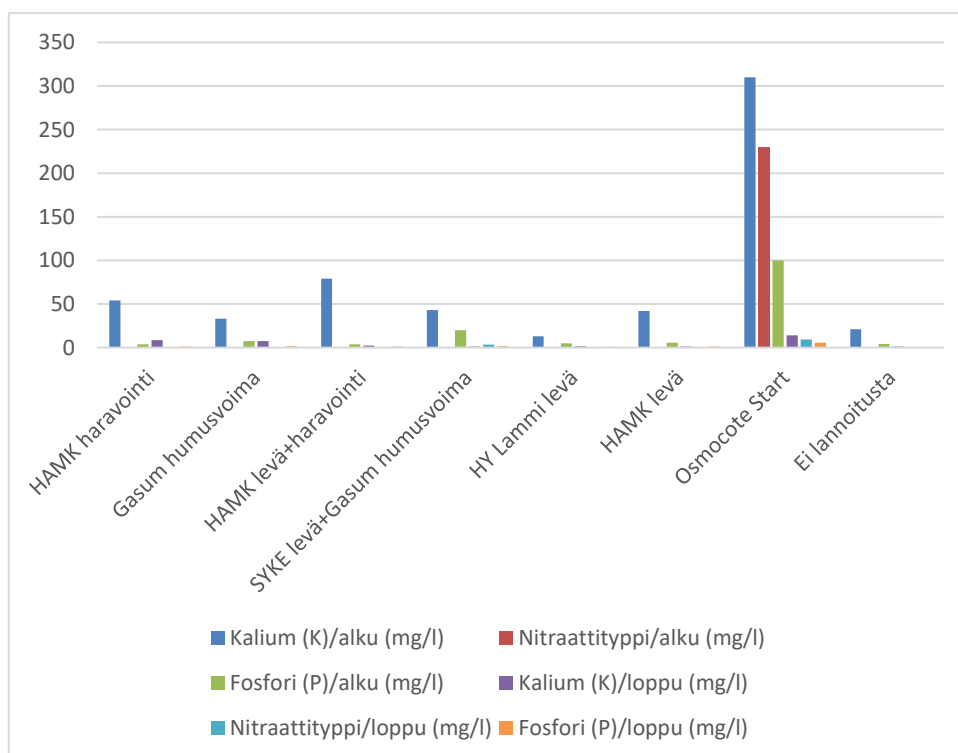
6.2.4 Puristenesteanalyysi käsittelyittäin



Kuva 26. Puristenesteiden johtokyvyt kokeen alussa ja lopussa.

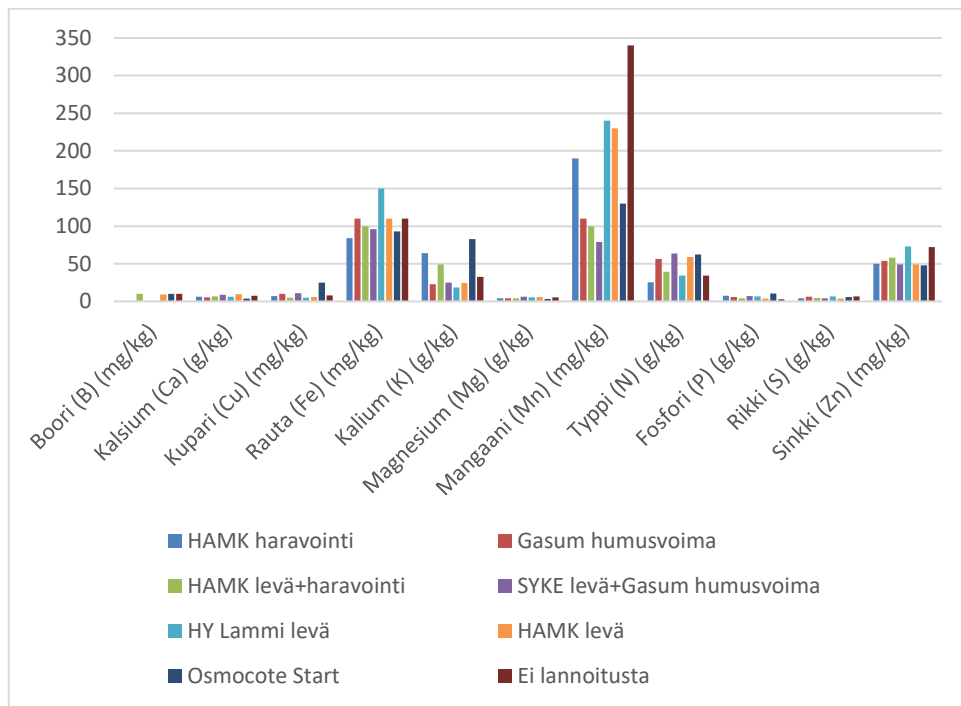


Kuva 27. Käsittelyistä mitattu pH kokeen alussa ja lopussa.

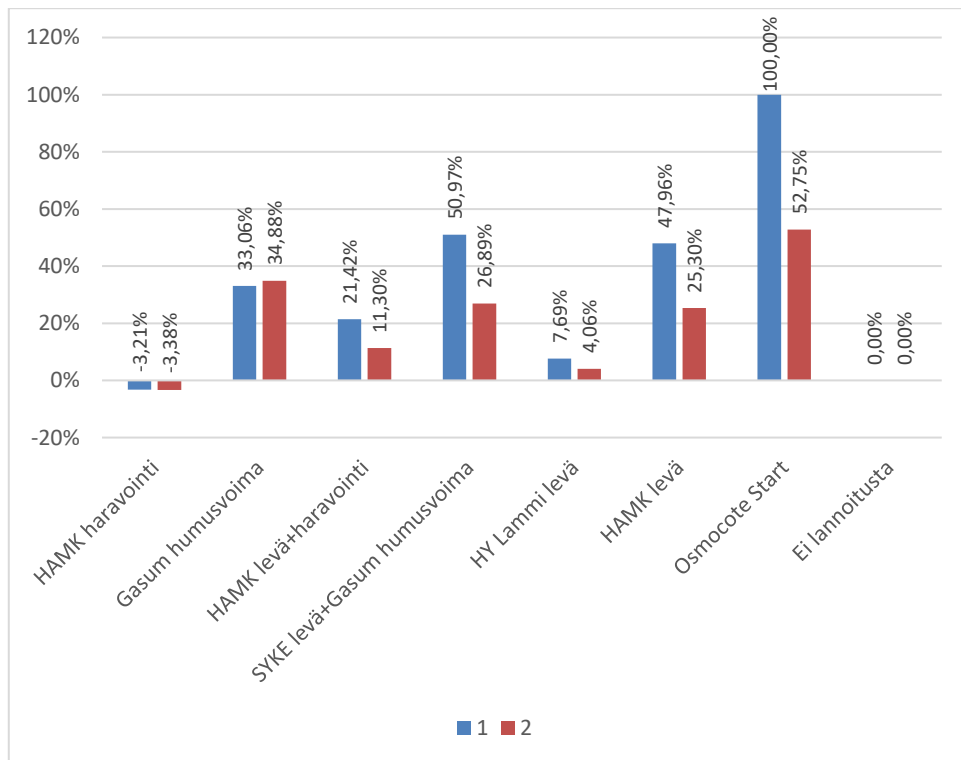


Kuva 28. Puristenesteiden typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet kokeen alussa ja lopussa.

6.2.5 Kasvianalyysit käsittelyittäin

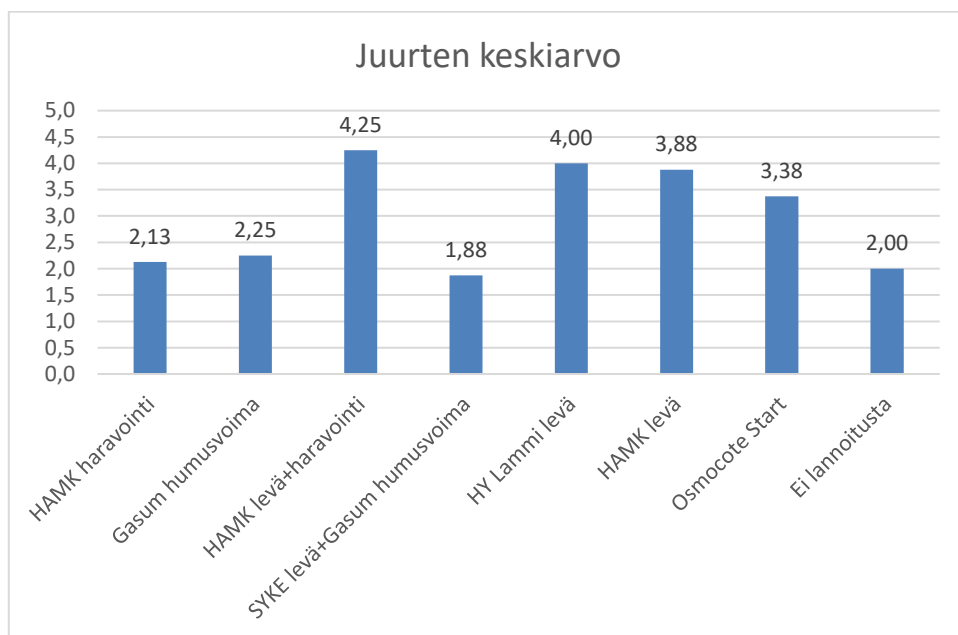


Kuva 29. Kuiva-aineen makro- ja mikroravinnepitoisuudet käsittelyittäin.



Kuva 30. Kunkin käsittelyn tyypin oton tehokkuuden prosenttiosuus käsittelystä 7, kun käsittely 8 on 0 %. (1). Käsittelyistä sadon mukana poistunut typpimäärä verrattuna typpimäärään, joka lisättiin kokeen alussa lannoitteena (2).

6.2.6 Juurten arviointi käsittelyittäin



Kuva 31. Juurten määrän arviointi käsittelyittäin. Juuret eivät olleet saman käsittelyn toistoissa tasaisia. Juurten määrä vaihteli osassa ruuduista paljon. Samassa ruudussa saattoi olla kaksi hyvää ja kaksi huonoa ja näistä otettiin keskiarvo.

Käsittelyiden väliset erot olivat erittäin merkitseviä (p-arvo 0,0001). Toistojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (p-arvo 0,9512).

6.2.7 Muut havainnot

Kasvit olivat kasvutavaltaan roikkuvia alussa, mutta myöhemmissä sadonkorjuissa korret olivat pystympiä. Silmämääräisesti käsittelyt 7 ja 8 olivat väritykseltään hieman muita tummempia. Käsittely 1 oli väritykseltään muita kellertävämpi koko kokeen ajan. Käsittelyt 1, 5 ja 8 olivat kaikista lyhyimpiä kasvultaan ja korret olivat muita ohuempia. Käsittelyt 1 ja 8 olivat ohuempia kuin käsittely 5. Kolmannessa sadonkorjuussa käsittely 8 oli hieman käsittelyä 1 pidempi ja erityisesti käsittelyissä 2 ja 4 esiintyi lyhyttä ja pitkää kasvua.

Kokeen aikana ei esiintynyt tuholaisia eikä havaittavia tauteja. Liima-ansoissa esiintyi harsosääskiä (*Sciaridae*) ja muutamia liejukärpäsiä (*Ephydriidae*). Käsittelyiden 1 ja 3 pinnalla esiintyi pieniä, noin sentin mittaisia sieniä. Itiömiä esiintyvissä käsittelyissä oli haravointijätekompostia.

7 TULOSTEN TULKINTA

Kurkkukokeessa saatiin odotetusti suurin sato käsittelystä 7, jossa oli väkilannoitetta ja pienin sato lannoittamattomasta käsittelystä 8 (Kuva 6). Vastaavasti raiheinäkokeessa pienin sato saatiin haravointijätekompostia sisältäneestä käsittelystä 1. Raiheinäkokeessa saatiin myös suurin sato käsittelystä 7 (Kuva 21). Kummun (2014) tekemässä tutkimuksessa kurkun taimet jäivät pieniksi alustassa, jossa oli haravointijätekompostia. Mädätysjäännöksellä havaittiin olevan suurin lannoitusvaikutus tutkittavista käsittelyistä. Hämäläisen (2016) tekemässä tutkimuksessa mädätysjäännöksen havaittiin nostavan satotasoja. Tutkimuksessa ei myöskään mitattu väkilannoitetta ylittävää satotasoja. Parivertailusta havaittiin, että molemmissa kokeissa käsittelyiden 1 ja 8 välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Taulukoista 2 ja 3 nähdään, että raiheinäkokeessa ja kurkkukokeessa suhteellinen kuiva-ainesato käsittelyittäin oli lähes samanlainen lukuun ottamatta käsittelyä 6, joka oli suurempi kurkkukokeessa. Raiheinäkokeessa suhteellinen kuiva-ainesato jäi käsittelyssä 1 negatiiviseksi, koska käsittelystä 8 saatu sato oli sitä suurempi. Suhteessa väkilannoitettuun käsittelyyn 7, suurin kuiva-ainesato oli kurkkukokeessa käsittelyllä 4. Vastaavasti suurin kuiva-ainesato saatiin raiheinäkokeessa käsittelystä 6, mutta ero käsittelyyn 4 oli pieni. Leväbiomassoista suurin satovaste suhteessa väkilannoituskäsittelyyn oli jätteidenkäsittelyalueen suotovedessä kasvaneessa. Lannoitusvaikutus oli jätteidenkäsittelyalueen suotovedessä kasvaneella levällä noin 20 - 45 %, biokaasulaitoksen rejektivedessä kasvaneella levällä noin 20 - 30 % ja jätevedenpuhdistamon jälkikäsittelyaltaan vedessä kasvaneella levällä noin 5 - 20 % väkilannoituskäsittelyn lannoitusvaikutuksesta. Gimondo (2018) käytti tutkimuksessaan jätevedessä kasvanutta leväbiomassaa ja huomasi sen lisäävän kasvua. Myös muissa tutkimuksissa (Coppens ym. 2016; Alobwede, Leake & Pandhal, 2019), joissa on tutkittu leväbiomassan lannoitekäyttöä, on päästy samoihin tuloksiin.

Kasvihuonekurkun typpipitoisuus kuiva-aineessa oli erittäin matala käsittelyissä 1 ja 5, matala käsittelyissä 2 - 4 ja 7 sekä ohjearvojen sisällä käsittelyissä 6 ja 8. Raiheinäkokeessa typpipitoisuus oli matala käsittelyssä 1. Kurkun lehtivihreäpitoisuus oli korkein lannoittamattomassa käsittelyssä 8 ja matalin haravointijätekompostia sisältävässä käsittelyssä 1. Typpi- ja lehtivihreäpitoisuus korreloivat keskenään (Kuvat 8 ja 16). Kuvasta 17 nähdään, että verrattuna väkilannoitettuun käsittelyyn, parhain typen oton tehokkuus oli kurkkukokeessa käsittelyllä 4. Järjestyksessä seuraavaksi tehokkaimmat olivat käsittelyt 3, 6, 2, 5 ja 1. Kuvasta 30 nähdään, että raiheinäkokeessa käsittelyllä 4 oli myös parhain typen oton tehokkuus tutkittavista käsittelyistä. Järjestyksessä seuraavaksi tehokkaimmat olivat käsittelyt 6, 2, 3, 5 ja 1. Kuiva-aineen mukana poistunut typpimäärä oli alle puolet lannoitteena lisäystä tyypestä kaikissa käsittelyissä. Kurkkukokeessa eniten tyyppiä poistui sadon mukana käsittelystä 7, verrattuna kokeen alussa lannoitteena lisättyyn typpimäärään. Seuraavaksi eniten tyyppiä poistui käsittelyistä 4, 2, 3, 6, 5 ja 1. Raiheinäkokeessa eniten tyyppiä

poistui sadon mukana myös käsittelystä 7. Järjestyksessä seuraavaksi eniten tyyppiä poistui käsittelyistä 2, 4, 6, 3, 5 ja 1. Käsittelyssä 1 sadon mukana poistunut typpimäärä oli pienempi kuin käsittelyssä 8, joka näkyy negatiivisina lukuina kuvissa.

Kurkkukokeen puristenesteessä esiintyi alussa ja lopussa nitraattityppiä alle 2 mg/l käsittelyissä 1 - 6 ja 8. Käsittelyssä 7 nitraattityppiä oli alussa 230 mg/l, mutta lopussa mitattiin tulokseksi alle 2 mg/l. Raiheinäkokeen puristenesteessä esiintyi alussa ja lopussa nitraattityppiä alle 2 mg/l käsittelyissä 1 - 3, 5, 6 ja 8. Käsittelystä 4 mitattiin nitraattityppiä 3,5 mg/l kokeen lopussa ja käsittelystä 7 sitä mitattiin 9,3 mg/l. Tuloksista nähdään, että suurin osa liukoisesta tyypestä oli ammonium-muodossa. Poikkeuksen teki käsittely 7, jossa oli alussa paljon nitraattityppiä kasvin saatavana. Nitraattityppi on kasvin kannalta paremmin saatavassa muodossa, joka osaltaan selittää suurimman kuiva-ainesadon käsittelyssä 7.

Johtokyvyt laskivat kokeen aikana erittäin matalaksi (Kuvat 10, 13, 23 ja 26). Pienien johtokykyarvojen mittaaminen on odotettua kokeissa, jossa tehdään vain kertalannoitus ja jatketaan kastelua pelkällä vedellä. Puristenesteanalyysin mukaan kaikkien käsittelyiden pH nousi hiukan tai pysyi suunnilleen ennallaan (Kuvat 12, 14, 25 ja 27). Kurkkukokeessa pH oli matalampi ruutukohtaisesti mitattuna käsittelyissä 2, 4 ja 7. Matala johtokyky näkyi myös pieninä ravinnepitoisuuksina puristenesteessä (Kuvat 15 ja 28). Käsittelyssä 7 oli muihin käsittelyihin verrattuna pienimmät kalsiumpitoisuudet kuiva-aineessa. Korkeimmat kalsiumpitoisuudet mitattiin käsittelyistä 4 ja 6.

Syynä käsittelyn 8 pieneen kuivapainoon oli todennäköisesti fosforin puute. Fosforin puute näkyy kasvin vanhoissa lehdissä tai koko kasvissa lehtien tummanvihreänä värinä, kasvun hidastumisena ja korren/lehtien kapeutena (Mäntylähti, Jaakkola & Kari, 2009, s. 53). Puute näkyy myös juurten vähäisenä kasvuna.

Tuloksista selviää, että leväbiomassa soveltuu haravointijätekompostin ja mädätysjäännöksen ravinnerikastimeksi. Levä, joka oli kasvanut jätteidenkäsittelyalueen suotovedessä, lisäsi eniten satoa haravointijätekompostissa; seitsemänkertaisesti kurkkukokeessa ja kolminkertaisesti raiheinäkokeessa. Mädätysjäännökseen lisätty levä, joka oli kasvanut biokaasulaitoksen rejektivedessä, kasvatti satoa lähes puolitoistakertaisesti.

Kasvihuonekurkkukokeen loppuvaiheessa esiintyi nekroosia käsittelyissä 2 ja 4 (Kuva 4). Molemmissa käsittelyissä oli mädätysjäännöstä. Nekroottisuutta esiintyi keskimäärin kahdessa alimmassa kasvulehdessä käsittelyssä 2 ja käsittelyssä 4 sitä esiintyi taas kolmessa alimmassa kasvulehdessä. Käsittelyssä 2 nekroottisuus oli myös lievempi kuin käsittelyssä 4. Syy nekroottisuudelle jäi lopulta epäselväksi. Syy kuitenkin saattoi johtua pienestä kaliumpitoisuudesta kuiva-aineessa. Myös valituksen ajan pidennys ja lämpötilan nosto saattoi olla osasy sille ilmaantumiselle. Lisäksi

nekroottisten laikkujen ympärillä esiintyi kloroosia. Käsittelyiden 1 ja 5 heikko kasvu ja kellertävyys käsittelyssä 1 ja kurkkukokeessa myös käsittelyssä 5 johtui todennäköisesti typen puutteesta. Mäntylahden ym. (2009, s. 54) mukaan typen puute näkyy heikkona kasvuna ja vähentää lehtivihreän muodostumista. Käsittely 1 oli koko kokeiden ajan muita kellertävämpi väritykseltään kurkkukokeessa sekä raiheinäkokeessa. Kuvasta 16 nähdään, että kupari- ja rautapitoisuus olivat matalia kurkkukokeessa käsittelyissä 1 ja 5, joka saattoi myös vaikuttaa kellertävään väritykseen. Ravinteiden puutokset voivat aiheuttaa puutosoireita, kuten nekroosia sekä kloroosia (Kanniainen, 2003, s. 154). Kummun (2014) tekemässä tutkimuksessa haravointijätekompostia sisältävä alusta tuotti väritykseltään hie-man kellertävää kasvustoa.

Juurten määrä oli tasainen käsittelyiden sisällä kurkkukokeessa (Kuva 18). Raiheinäkokeessa havaittiin vastaavasti juurten määrissä vaihtelevuutta (Kuva 31). Juurten määrät arvioitiin hyväksi käsittelyistä, joissa oli jätteidenkäsittelyalueen suotovedessä kasvanutta levää. Käsittelyissä 1 ja 3 esiintyi itiöemiä todennäköisesti siksi, että haravointijätekompostissa oli ollut mukana sienirihmasto.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Molemmista astiakokeista saadut tulokset olivat käsittelyiden välillä erittäin merkitseviä. Kokeiden perusteella selvisi, että kaikilla leväbiomassoilla oli lannoitusvaikutus. Vaikutukset eivät kuitenkaan olleet yhtä hyvät kuin väkilannoitekäsittelyssä. Haravointijätekompostilla ei ollut juuri lannoitusvaikutusta. Käsittelyssä 3 oli haravointijätekompostia ja jätteidenkäsittelyalueen suotovedessä kasvanutta levää. Tämän käsittelyn kuivapainosta nähtiin, että levä lisäsi sadontuottoa. Vastaavasti mädätysjäännökseen lisätty levä, joka oli kasvanut biokaasulaitoksen rejktivedessä, lisäsi satoa käsittelyssä 4. Leväbiomassoista jätteidenkäsittelyalueen suotovedessä kasvanut levä lisäsi kuiva-ainesatoa eniten. Suurin potentiaali havaittiin olevan käsittelyillä 2 ja 4, joihin oli lisätty mädätysjäännöstä.

Kokeet olivat lyhytaikaisia eivätkä ravinteet todennäköisesti ehtineet vielä vapautua kunnolla kasvien käyttöön kokeiden aikana. Tulevaisuudessa olisi hyvä tutkia pitemmällä aikavälillä leväbiomassan lannoitusvaikutusta, jolloin orgaanisessa aineksessa olevat ravinteet ehtisivät vapautua kasvien käytettäväksi. Myös avomaalla suoritettava peltomittakaavainen kenttäkoe olisi seuraava askel leväbiomassan lannoitusvaikutuksia selvitettäessä. Leväbiomassan kasvatusmetodeja ja levätuotteita tulee vielä kehittää ennen kuin niistä on väkilannoitteen korvaajaksi, mutta kokeista selvisi, että leväbiomassaa voidaan käyttää kasvien lannoitteena. Tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset näiden kokeiden myötä.

LÄHTEET

Alobwede, E., Leake, J.R. & Pandhal, J. (2019). Circular economy fertilization: Testing micro and macro algal species as soil improvers and nutrient sources for crop production in greenhouse and field conditions. *Geoderma*, vol 334. Haettu 30.5.2020 osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706118306657#bbb0010>

Barsanti, L. & Gualtieri, P. (2014). E-kirjassa *Algae: anatomy, biochemistry, and biotechnology*. Second edition. CRC press. Taylor and Francis Group. Haettu 1.3.2020 osoitteesta <https://archive.org/details/Algae-Anatomy-Biochemistry-and-Biotechnology-2nd-Edition-By-Laura-Barsanti-Paolo/page/n13/mode/2up>

Baweja, P., Kumar, S. & Kumar, G. (2019). Organic Fertilizer from Algae: A Novel Approach Towards Sustainable Agriculture. Teoksessa B. Giri, R. Prasad, Q-S. Wu & Varma A. (toim.) *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment*. Soil Biology, vol 55. Springer, Cham. Haettu 18.1.2020 osoitteesta https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-18933-4_16

Berninger, K. (2018). Ravinteiden kierrätys Suomessa. *Tietoteos*. Haettu 11.3.2020 osoitteesta https://www.tyrskyconsulting.fi/wp-content/uploads/2018_ravinteiden_kierratys_suomessa.pdf

Coppens, J., Grunert, O., Van Den Hende, S., Vanhoutte, I., Boon, N., Haesaert, G. & De Gelder, L. (2016). The use of microalgae as a high-value organic slow-release fertilizer results in tomatoes with increased carotenoid and sugar levels. *Journal of Applied Phycology*, vol 28. Haettu 30.5.2020 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/290325040_The_use_of_microalgae_as_a_high-value_organic_slow-release_fertilizer_results_in_tomatoes_with_increased_carotenoid_and_sugar_levels

Everris (n.d). Osmocote. *Korkealaatuiset lannoitteet ammattilaisille-esite*. Haettu 1.3.2020 osoitteesta https://www.schetelig.com/documents/154857/241163/Korkealaatuiset_lannoitteet_esite_FIN_LOW_RES.pdf/7c161fbd-1d6c-4b6f-80d0-a97e4d80e2f7

Gasum (2019). Gasum humusvoima Riihimäki. *Tuoteseloste*. Haettu 20.3.2020 osoitteesta <https://www.gasum.com/globalassets/lannoitteiden-tuoteselosteet/gasum-humusvoima-riihimaki-tuote-era--2019-003.pdf>

Gimondo, J. (2018). *The horticultural potential of wastewater-grown algae fertilizers*. Opinnäytetyö. Puutarhatalous. Iowa State University.

Haettu 30.5.2020 osoitteesta <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=7365&context=etd>

Huotari, J., Tulonen, T., Arvola, L., Kymäläinen, M., Nummela, J., Rintala, J., Kokko, M., Lakaniemi, A., Piiparinen, J., Spilling, K. & Manninen-Johansen, S. (n.d). Leväsieppari-ravinteet talteen ja kiertoon luonnonmukaisesti (LeväRaki). Leväsieppari-hankkeen hankesuunnitelma.

Hyötykasviyhdistys. (n.d). Westerworldinraiheinä. *Siemenet*. Haettu 12.1.2020 osoitteesta <https://hyotukasviyhdistys.fi/tuote-osasto/siemenet/maisemointi-ja-maanparannuskasvit/westerworldinraiheina-westerworldinraiheina/>

Hämäläinen, J. (2016). *Biokaasutuksessa muodostuva mädätysjäännös lannoitteena: Nurmen astiakoe raiheinällä*. Opinnäytetyö. Puutarhatalouden koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 1.5.2020 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/110988/Hamalainen_Juuso.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Järvinen, M. (2020). Sinilevä, mikrolevä, makrolevä, merilevä, piilevä, epäilevä? Levät for Dummies 1.0. Leväpäivä 24.1.2020, Hämeenlinna. *Leväpäivä esitelmä*. Haettu 25.3.2020 osoitteesta https://www.vanajavesi.fi/2018/wp-content/uploads/2020/01/Levat_vleisesitys_Jarvinen_24.1.2020_f.pdf

Kanniainen, T. (2003). Kasviravinteet ja lannoitus. Teoksessa T. Koivunen (toim.) *Tehokkaasti kasvihuoneesta*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Kekkilä (n.d). Kasvihuonekurkku. *Kasvikirjasto*. Haettu 12.1.2020 osoitteesta <https://www.kekkila.fi/kasvikirjasto/kasvihuonekurkku/>

Kiertokapula. 2020. Tekniset ratkaisut ympäristön parhaaksi. Haettu 20.3.2020 osoitteesta <https://www.kiertokapula.fi/kiertokapula/vastuullisuus-ja-ymparisto/tekniset-ratkaisut-ympariston-parhaaksi/>

Kleemola, J., & Partanen, E. (2009). Ravinlähteet. Teoksessa J. Peltonen & T. Harmoinen (Toim.) *Ravinteet kasvintuotannossa*. Tieto tuottamaan 127. ProAgria Keskusten Liitto. Keuruu: Otava.

Kumpu, S. (2014). *Kierrätyskasvualustojen hyödyntäminen puutarhatuotannossa*. Opinnäytetyö. Puutarhatalouden koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 1.5.2020 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80919/Kumpu_Sini.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lannoitevalmistelaki 539/2006. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060539>

- Lappalainen, A. (2004). Biologian oppiminen 2000-luvulla, määritysopas. *Eliöiden määrittäminen*. Soveltavan kasvatustieteen laitos. Helsingin yliopisto. Haettu 3.2.2020 osoitteesta https://blogs.helsinki.fi/biologianainedidaktiikka/files/2014/11/Lappalainen_m%C3%A4%C3%A4ritysopas.pdf
- Lunkka-Hytönen, M., Lohtander-Buckbee, K. & Ruohonen-Lehto, M. (2016). Levät ja biotalous biotekniikan näkökulmasta. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2016*. Haettu 1.3.2020 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160093/SY-KEra_4_2016.pdf?sequence=1
- LUT university. (2015). Recycling of nutrients is the key to saving the Earth. *News*. Haettu 2.2.2020 osoitteesta https://www.lut.fi/web/en/news/-/asset_publisher/lGh4SAywhcPu/content/recycling-of-nutrients-is-the-key-to-saving-the-earth
- Manni, K. (2017). Mikrolevät ja hyönteiset – tulevaisuuden valkuaisinnovaatioita. Blogijulkaisu 14.9.2017. Haettu 18.2.2020 osoitteesta <https://blog.hamk.fi/valkuaisfoorumi/mikrolevat-ja-hyonteiset-tulevaisuuden-valkuaisinnovaatioita/>
- Mäntylahti, V., Jaakkola, A. & Kari, M. (2009). Ravinnetarpeiden määrittäminen. Teoksessa J. Peltonen & T. Harmoinen (Toim.) *Ravinteet kasvintuotannossa*. Tieto tuottamaan 127. ProAgria Keskusten Liitto. Keuruu: Otava.
- Nelson Garden. (n.d). Kurkku, kasvihuone-. Passandra f1. *Vihannekset*. Haettu 12.1.2020 osoitteesta https://www.nelsongarden.fi/fin/eur/p/vihannekset_120/kurkku-kasvihuone--passandra-f1_90388
- Nokkonen, S. (2017). Mikrolevät. Tulevaisuuden valkuaisinnovaatiot. *Tietokortti*. Haettu 18.2.2020 osoitteesta https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/08/Tietokortit_Mikrolev%C3%A4t.pdf
- PHJ. (n.d). Haravointijäte. *Jätehaku ja lajitteluohjeet*. Haettu 13.4.2020 osoitteesta <https://www.phj.fi/jatehaku/haravointijate/>
- Puustinen, M. (2009). Lannoitus ympäristön kannalta. Teoksessa J. Peltonen & T. Harmoinen (Toim.) *Ravinteet kasvintuotannossa*. Tieto tuottamaan 127. ProAgria Keskusten Liitto. Keuruu: Otava.
- Ruokavirasto. (2019). Kansallinen tyyppinimiluettelo, konsolidoitu versio. Haettu 1.5.2020 osoitteesta https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/lannoiteala/tiedostot/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_22_11_2019.pdf
- Salminen, P. (2014). Lannoitevalmisteita koskeva lainsäädäntö. Maa- ja metsätalousministeriö. Haettu 1.5.2020 osoitteesta

https://www.oulu.fi/sites/default/files/content/Lannoitevalmistelainsaadanto_Salminen_09012013.pdf

Tiwari, A. (2016). Algal application in horticulture: Novel approaches towards sustainable agriculture. *Annals of Horticulture*. Vol 9. Haettu 15.5.2020 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/322067114_Algal_application_in_horticulture_Novel_approaches_to_wards_sustainable_agriculture

Vanajavesikeskus. (2018). Leväsieppari- ravinteet talteen ja kiertoon luonnonmukaisesti (LeväRaki). *Leväsieppari-esite*. Haettu 21.2.2020 osoitteesta https://www.vanajavesi.fi/2018/wp-content/uploads/2018/06/levasieppari_esite.pdf

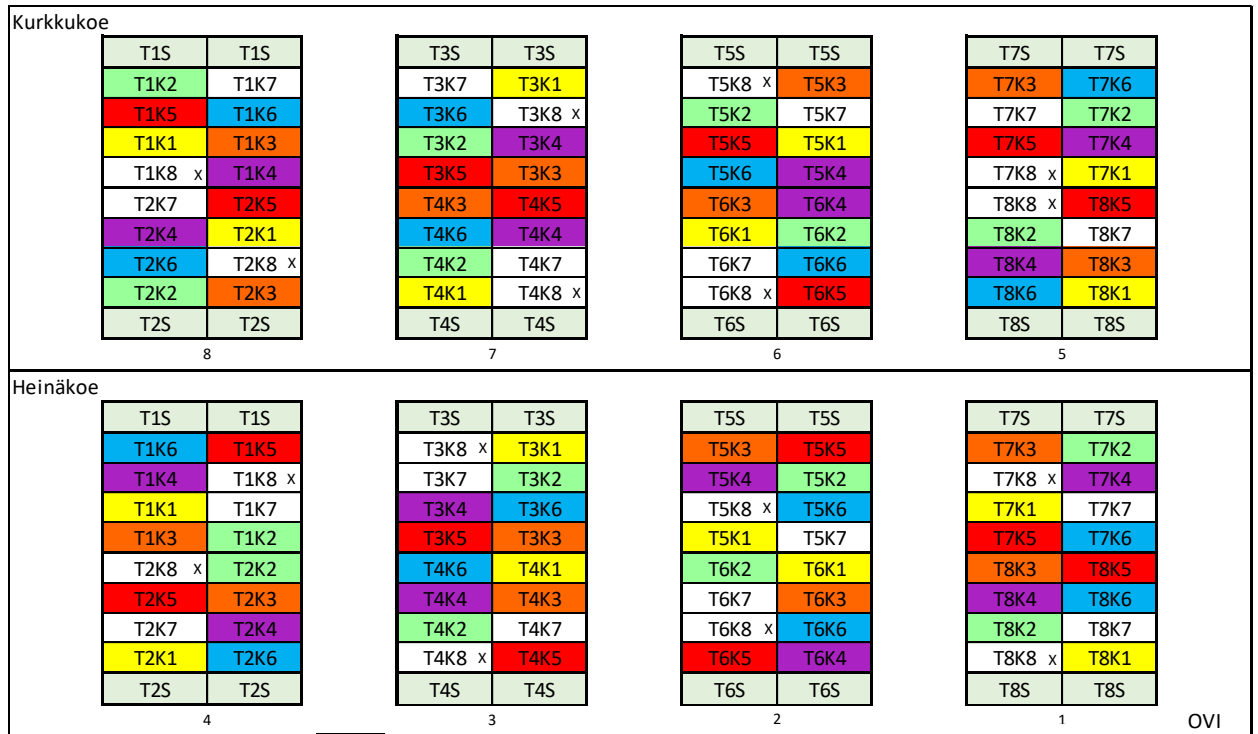
Wikipedia. (n.d). Euglena Anatomy Diagram. Haettu 1.2.2020 osoitteesta https://fi.wikipedia.org/wiki/Lev%C3%A4#/media/Tiedosto:Euglena_Anatomy_Diagram.svg

Yara. (2020). Puhtaamman Itämeren puolesta. *Ympäristö*. Haettu 11.3.2020 osoitteesta <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/ymparisto/itameri/>

GASUM HUMUSVOIMA TUOTESELOSTE

Ominaisuudet	Määrä
Tilavuuspaino	603 kg/m ³
Kosteus	72,1 %
Orgaaninen aines	60,4 %/ka
Johtokyky	2,9 mS/cm
Happamuus	8,6
Karkeusaste	< 12 mm
E.coli	< 10 pmy/g
Salmonella	ei todettu/25 g
Ravinteet	g/kg kuiva-ainetta
N, kokonaistyyppi	29
N, vesiliukoinen tyyppi	14
P, kokonaisfosfori	25
P, vesiliukoinen fosfori	0,6
K, kokonaiskalium	3,8
S, rikki	9,8
Mg, magnesium	2,8
Mn, mangaani	0,3
B, boori	0,02
Fe, rauta	82
Cu, kupari	0,26
Zn, sinkki	0,54
Na, natrium	2,3

POHJAKARTTA



T Toisto
K Käsitely
S Suojakasvit



Värikoodit: K1 K3 K5 K7
K2 K4 K6 K8 X

Heinäkokeen suojakasveja on 2-5 kpl/ruutu. Niitä ei ole piirretty erikseen koepiirrokseen. Ne sijoitellaan jokaisen ruudun ulkoreunalle. Lannoitus OC 3,0 kg/m³