

POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Tanja Kontkanen

Lannoitteen, lannoitusmenetelmän ja lannoitemäärän vaikutus säilörehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun

Opinnäytetyö
Kevät 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Kevät 2012
Maaseutuelinkeinojen
koulutusohjelma
Sirkkalantie 12 A 2
80100 Joensuu
Puh. 044 0624824

Tekijä
Tanja Kontkanen

Nimeke
Lannoitteen, lannoitusmenetelmän ja lannoitemäärän vaikutus säilörehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun

Toimeksiantaja
Lämpöyrittäjyyden uudet liiketoimintamallit -hanke ja Biokymppi Oy

Tiivistelmä

Lannan ja muiden orgaanisten lannoitteiden hyödyntäminen maataloudessa on tärkeää sekä maatalojen nurmentuotannon että ympäristön ravinnekuormituksen kannalta. Täytyy löytää mahdollisimman hygieeninen tapa levittää lannoitetta, jotta haitalliset mikrobit eivät pääse pilaamaan tuotettua rehua. Voihappotioiden pilaama rehu siirtyy lehmän ruoansulatuselimistön kautta pilaamaan maidon ja sitä kautta myös juuston laatua. Bio-kaasulaitokset yleistyvät ja niiden lopputuotteen mädätysjäännöksen vaikutusta lannoitteena tuotetun rehun laatuun on syytä tutkia. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää eri tekijöiden vaikutus säilörehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun. Vertailun kohteena ovat eri levitysmenetelmien väliset erot, levitysmäärän vaikutus sekä mädätysjäännöksen vertailu karjanlantaan.


Tutkimus toteutettiin kenttäkokeena Kiteellä ja saatuja tuloksia analysoitiin koeruu- tujen keskiarvojen, kaavioiden ja varianssianalyysin avulla. Tilastollisen merkitsevyyden raja eli p-arvo oli 0,05.

Mädätysjäännöksen ja karjanlannan välillä ei löydetty tilastollisesti merkitsevää eroa. Tutkimus osoitti kuitenkin, että kun peltoon laitetaan jotain bioperäistä lannoitetta, riski voihappotiöpitoisuuden nousuun kasvaa. Eri levitysmenetelmien välillä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä mikrobiologisessa laadussa. Sen sijaan tutkimus osoitti, että levitysmenetelmällä on vaikutusta liukoisen typen määrään säilörehussa, ja että hajalevitys on paras vaihtoehto haihtuvien rasvahappojen osalta verrattuna sijoitaviin levitysmenetelmiin. Lannoitemäärällä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta rehun mikrobiologiseen tai säilönnälliseen laatuun.

Kieli Suomi

Sivuja 45 + 14 liitettä

Asiasanat
Säilörehu, lanta, lannoitteet, mädätys, laatu, mikrobiologia

 <p data-bbox="288 439 708 495">NORTH KARELIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</p>	<p data-bbox="948 271 1254 488">THESIS Spring 2012 Natural resources Sirkkalantie 12 A 2 FIN 80100 Joensuu Tel. +35844 0624824</p>
<p data-bbox="233 555 480 622">Author Tanja Kontkanen</p>	
<p data-bbox="233 667 1490 770">Title Effects of Fertilizers, Fertilizing Methods and Amount of Fertilizers on Microbiological and Preservation Quality of Silage</p> <p data-bbox="233 808 1385 875">Commissioned by The New Business Patterns of Heat Entrepreneurship Project and Biokymppi Ltd</p>	
<p data-bbox="233 891 357 920">Abstract</p> <p data-bbox="233 965 1490 1361">Taking advantage of manure and other organic fertilizers is important relative to grassland cultivation in farms and nutrient strain of the environment. It's important to find as hygienic way as possible to spread fertilizers so that the harmful microbes cannot contaminate the produced silage. The silage contaminated by butyric acid spores moves through cow's digestive system to pollute milk and onwards to cheese products. Biogas plants are becoming more general and thus, the effects of their end product, known as digestate, on silage quality are important to untangle. The object of the research was to examine the influence the effects of different key elements on microbiological and preservation quality of silage. The subjects of comparing are the differences between different spreading systems, the spreading amount of fertilizers and digestate versus manure.</p> <p data-bbox="233 1406 1490 1509">The research was carried out as a field test in Kitee and the results of research were analysed using average values, diagrams and variance analysis. The limit in statistical significance known as the p-grade was 0,05.</p> <p data-bbox="233 1563 1490 1854">There was not statistical significance between digestate and manure. The research proved that there is an increased risk of butyric acid spore every time fertilizers made of biomaterial are spread to the field. There was no statistical significance between different spreading systems in microbiological quality. Instead the research pointed that spreading system has an effect on soluble nitrogen level in silage and that broadcasting of fertilizers was the best alternative when watching the level of volatile fatty acids when compared to other methods. The amount of fertilizers did not have statistical significance effect on microbiological or preservation quality.</p>	
<p data-bbox="233 1877 491 1906">Language Finnish</p>	<p data-bbox="948 1877 1155 1906">Pages 45 + 14</p>
<p data-bbox="233 1973 1050 2033">Key words silage, manure, fertilizers, digestate, quality, microbiology</p>	

Nimiö	
Tiivistelmä	
Abstract	
Sisällys	
1 Johdanto	5
2 Säilörehun mikrobiologinen laatu	6
2.1 Keskeiset käsitteet	6
2.2 Mikrobie ryhmittely.....	7
2.3 Mikrobie elinvaatimukset	7
2.4 Rehunsäilöntää haittaavat mikrobit	8
3 Säilörehun säilöntä	12
3.1 Säilöntämenetelmät.....	12
3.2 Säilörehun säilöntäprosessi.....	12
3.3 Säilörehun happamuus.....	14
3.4 Happojen ja emästen kemia lyhyesti	14
3.5 Voihappoitiöiden vaikutus maidon ja juuston laatuun	16
3.6 Katsaus aiempiin tutkimuksiin	18
4 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelmat	19
4.1 Tavoitteet.....	19
4.2 Tutkimusongelmat	19
5 Tutkimuksen toteuttaminen	20
5.1 Tutkimuksen tausta	20
5.2 Kenttäkokeen suunnittelu	21
5.3 Tutkimusjoukko	21
5.4 Kokeen käytännön toteutus, tutkimusmenetelmät ja olosuhteet.....	23
5.5 Aineiston käsittely ja analyysi	24
6 Tulokset ja niiden tulkinta.....	26
6.1 Määtysjäännöksen vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun.....	26
6.1.1 Määtysjäännöksen vaikutus niitonurmen mikrobiologiseen laatuun ..	26
6.1.2 Määtysjäännöksen vaikutus rehun säilönnälliseen laatuun	27
6.2 Lannoitusmenetelmän vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun.....	31
6.2.1 Levitysmenetelmän vaikutus niitonurmen mikrobiologiseen laatuun ...	31
6.2.2 Levitysmenetelmän vaikutus rehun säilönnälliseen laatuun	32
6.3 Lannoitemäärän vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun.....	36
6.3.1 Lannoitemäärän vaikutus niitonurmen mikrobiologiseen laatuun	36
6.3.2 Lannoitemäärän vaikutus rehun säilönnälliseen laatuun	37
7 Päätäntä ja pohdinta	39
7.1 Määtysjäännöksen vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun.....	39
7.2 Lannoitusmenetelmän vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun.....	41
7.3 Lannoitemäärän vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun.....	42
7.4 Tutkimuksen luotettavuus.....	42
7.5 Oppimisprosessi ja ammatillinen kehitys	43
7.6 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimusaiheet	43

Liitteet

Liite 1.	Kenttäkoekartta
Liite 2.	Mädätysjäännöksen vaikutus rehun mikrobiologiseen laatuun
Liite 3.	Mädätysjäännöksen vaikutus rehun säilönnälliseen laatuun
Liite 4.	Levitysmenetelmän vaikutus rehun mikrobiologiseen laatuun
Liite 5.	Levitysmenetelmän vaikutus rehun säilönnälliseen laatuun
Liite 6.	Lannoitusmäärän vaikutus rehun mikrobiologiseen laatuun
Liite 7.	Lannoitemäärän vaikutus rehun säilönnälliseen laatuun
Liite 8.	Tavoitteelliset ja toteutuneet levitysmäärät, m ³ /ha

Kuvat, kuviot ja taulukot

Kuva 1.	Kenttäkoeala
Kuva 2.	Veitsilevitys
Kuva 3.	Kiekkolevitys
Kuva 4.	Kenttäkokeen valmistuminen
Kuvio 1.	Mädätysjäännöksen vaikutus kolibakteerien ja voihappotiöiden määrään verrattuna karjanlantaan ja nollaruutuun
Kuvio 2.	Mädätysjäännöksen vaikutus ammoniakkitypen määrään
Kuvio 3.	Mädätysjäännöksen vaikutus liukoisen typen määrään
Kuvio 4.	Mädätysjäännöksen vaikutus haihtuvien rasvahappojen määrään
Kuvio 5.	Lannoitusmenetelmän vaikutus kolibakteerien ja voihappotiöiden määrään
Kuvio 6.	Levitysmenetelmän vaikutus ammoniakkitypen määrään
Kuvio 7.	Levitysmenetelmän vaikutus liukoisen typen määrään
Kuvio 8.	Levitysmenetelmän vaikutus haihtuvien rasvahappojen määrään
Kuvio 9.	Lannoitemäärän vaikutus kolibakteerien ja voihappotiöiden määrään
Kuvio 10.	Lannoitemäärän vaikutus ammoniakkitypen määrään
Kuvio 11.	Lannoitemäärän vaikutus liukoisen typen määrään
Kuvio 12.	Lannoitemäärän vaikutus haihtuvien rasvahappojen määrään

Sanasto ja lyhenteet

mpy/g	pesäkkeen tuottavia yksikköjä grammassa
VHB	voihappobakteeri
VHBI	voihappobakteeri-itiö

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on säilörehun mikrobiologinen ja säilönnällinen laatu. Aihe on ajankohtainen, koska hyvälaatuinen säilörehu on yksi menestyvän maatalousyrityksen tukipilareista. Työni käsittelee kesällä 2011 tehdyn kenttäkokeen tuloksia. Kenttäkoe suoritettiin Kiteellä Koivikon Kartano Oy:n pellolla yhteistyössä Biokymppi Oy:n ja Lämpöyrittäjyyden uudet liiketoimintamallit -hankkeen kanssa. Kenttäkokeessa perustimme 18 koeruutua, joita lannoitimme eri lannoitusmenetelmillä ja lannoitusmäärillä. Ruutukerroin oli kolme ja yhden ruudun ollessa 10 m * 100 m. Lannoitusmenetelmiä olivat kiekkomultain, veitsi- ja letkulevitin. Lannoitteena käytettiin Biokymppi Oy:ltä saatavaa mädätysjäännöstä sekä naudan lietelantaa. Levitysmäärät vaihtelivat 25–40 tonniin. SPAD-mittauksia tehtiin yhteensä kolme: yksi ennen lannoitusta ja siitä kaksi seuraavaa kahden viikon välein. Mikrobiologisen laadun mittaamiseen tarkoitettu rehu-analyysi otettiin niitetystä nurmesta. Työssä tutkitaan myös säilörehuanalyysien tuloksia.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää lannoitteen levitysmenetelmän ja levitetävän lannoitemäärän vaikutus säilörehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun. Työssä vertaillaan myös mädätysjäännöksen ja karjanlannan eroja säilörehun mikrobiologisen laadun näkökulmasta.

Toimeksiantajana työlleni toimivat Biokymppi Oy sekä Lämpöyrittäjyyden uudet liiketoimintamallit -hanke. Idean opinnäytetyöhöni sain keväällä 2011 lehtori Juha Kilpeläiseltä, joka ehdotti meille ideaa kenttäkokeesta ja sitä kautta opinnäytetyön aiheesta. Aloitimme kenttäkokeen suunnittelemisen kolmen muun opiskelijan kanssa ja toteutimme sen kesällä 2011.

Opinnäytetyöni ohjaavana opettajana toimii Juha Kilpeläinen ja tarkastajana Jari Spoo. Lämpöyrittäjyyden uudet liiketoimintamallit -hankkeen edustajana toimii Suvi Kuittinen ja Biokymppi Oy:n edustajana Mika Juvonen.

2 Säilörehun mikrobiologinen laatu

Mikrobeihin kuuluviksi lasketaan bakteerit, mikrosienet, alkueläimet, 1-soluiset levät ja virukset. Mikrobit lisääntyvät eri tavoin. Homeet lisääntyvät itiöittensä avulla, hiivat kuroutumalla ja bakteerit jakautumalla. (Spoof 2010; Aho & Hildèn 2007.)

2.1 Keskeiset käsitteet

Mädätysjäännös eli mädäte on ravinteikasta lietettä, jota syntyy biokaasulaitoksen sivutuotteena. Sitä voidaan hyödyntää lannoitteena tai maanparannusaineena joko sellaisenaan tai separoituna erilaisiksi jakeiksi.

E. coli -bakteerit eli kolibakteerit ovat suolistoperäisiä bakteereja, joita kulkeutuvat lannan mukana peltoon.

Voihappobakteereja on maassa, lannassa ja epäonnistuneessa säilörehussa. Korjuuvaiheessa rehuun pääsyyt maa-aines, lantajäänteet ja sänkiaines lisäävät voihappokäymisen vaaraa.

Klostridit ovat anaerobisia bakteereja, joista voi muodostua voihappoitiöitä.

pK-arvo on hapon ionisoitumiskykyä kuvaava arvo. Hapon pK-arvo on siinä pisteessä, kun puolet haposta neutraloituu, kun siihen lisätään emästä.

Nollahypoteesi eli oletushypoteesi on tyypillinen, odotettavissa oleva tulos, joka kertoo, ettei kahden muuttujan välillä ole yhteyttä.

2.2 Mikrobien ryhmittely

Mikrobit ovat yksisoluisia organismeja, jotka voidaan jakaa kahteen pääryhmään solurakenteensa perusteella. Prokaryootisilta eli alkeistumallisilta mikrobeilta puuttuu tumakalvo. Niillä on tuman sijaan vain irrallista perintöainesta. Tähän ryhmään kuuluu bakteerit ja sinibakteerit. Toinen pääryhmä on eukaryootiset eli aitotumalliset mikrobit. Niillä on normaali tumarakenne ja niihin kuuluu alkueläimet, 1-soluiset sienet ja levät. (Spoof 2010.)

2.3 Mikrobien elinvaatimukset

Mikrobien elinympäristössä pitää olla sopivissa määrin lämpöä, happamuutta, happea, ravintoa ja kosteutta. Jos jokin tekijöistä puuttuu kokonaan tai on kaukana optimiarvosta, mikrobien lisääntyminen estyy tai hidastuu. (Spoof 2010.)

Jokaisella mikrobilla on oma optimilämpötila, joka on sille ominainen paras kasvulämpötila, ja jossa lisääntyminen on nopeinta. Jotkut mikrobit pystyvät lisääntymään lämpötilan ollessa kaukanakin optimilämpötilasta, mutta lisääntyminen on silloin huomattavasti hitaampaa. Maksimilämpötila on useimmilla mikrobeilla n. 50°C astetta, jonka yläpuolella proteiinit ja entsyymit alkavat vähitellen koaguloitua ja vähitellen hajota, jolloin solu kuolee. Solu kuolee myös lämpötilan ollessa minimilämpötilan alapuolella entsyymien toiminnan hidastumisen ja pysähtymisen seurauksena. Lämpötilakestävyytensä perusteella mikrobit jaetaan psykoofiileihin eli "kylmämikrobeihin", mesofiileihin eli "välimikrobeihin" ja termofiileihin eli "kuumamikrobeihin". (Spoof 2010.)

Happamuus eli pH vaikuttaa mikrobien lisääntymiseen mikrobien entsyymien kautta. Kun ympäristön pH eroaa paljon mikrobin pH-optimista, sen aineenvaihdunta ja hajotuskyky hidastuvat. Yllensä mikrobin pH-optimi on neutraalin pH:n tuntumassa, eli pH 6,8–pH 7,4 välillä. Harva bakteerit selviävät pH:n ollessa alle 4. Maitohappobakteerit pystyvät muuttamaan ympäristön pH:n mieleisekseen aineenvaihduntatuotteillaan. Hiivojen ja homeiden kasvuun pH:lla ei ole yhtä suurta vaikutusta. (Spoof 2010.)

Mikrobit tarvitsevat happea energian tuottamiseen. Mikrobit jaetaan aerobisiin ja anaerobisiin mikrobeihin. Aerobiset eli happihakuiset mikrobit käyttävät ilmassa olevaa happea kasvaakseen ja lisääntyäkseen. Anaerobiset eli happipakoiset mikrobit eivät joko siedä happea ollenkaan, tai se ei vaikuta niihin mitenkään. Ne saavat energiansa hapettomasta käymisestä. On olemassa myös fakultatiivisesti anaerobiset eli valinnaiset mikrobit, jotka voivat toimia happea polttamalla, mutta jos sitä ei ole, ne toimivat hapettomalla käymisellä. (Spoof 2010.)

Mikrobit tarvitsevat ravintoa lisääntyäkseen. Niille kelpaa ravinnoksi kaikki orgaaninen aines, joillekin homeille myös epäorgaaninen, eli ”ei-eloperäinen”, aines. Hiivat lisääntyvät kiivaimmin hiilihydraattipitoisessa ympäristössä ja bakteerit puolestaan valkuaispitoisessa ympäristössä. (Spoof 2010.)

Kasvavien mikrobisolujen painosta suuri osa on vettä. Yleisesti voidaan ajatella, että mitä kosteampi elinympäristö on, sitä nopeampaa on mikrobien lisääntyminen. (Spoof 2010.)

Mikrobit voidaan ryhmitellä valontarpeensa perusteella kolmeen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat valoa tarvitsevat mikrobit eli yhteyttävät mikrobit. Toiseen ryhmään kuuluvat mikrobit, jotka tuhoutuvat suorassa auringonvalossa. Tällaisia mikrobeja on esimerkiksi maaperässä. Kolmanteen ryhmään kuuluvat heterotrofiset mikrobit, jotka tulevat toimeen valossa, mutta viihtyvät paremmin pimeässä. (Spoof 2010.)

2.4 Rehunsäilöntää haittaavat mikrobit

Pääsääntöisesti rehunsäilönnän kannalta haitalliset mikrobit eivät viihdy happamissa ja hapettomissa olosuhteissa. (Linnakallio 2010.)

Hiivat

Hiivat kasvavat yksisoluisina kasvustoina ja lisääntyvät kuroutumalla. Hiivat ovat vaatimattomia elinympäristönsä suhteen, ja ne kasvavat myös happamissa

olosuhteissa. Happi ei ole hiivoille välttämätöntä – ne voivat kasvaa sekä anaerobisissa että aerobisissa olosuhteissa. (Häikiö 1994, 15.)

Säilörehussa hiivat lisääntyvät esikuivatuksen aikana, joten esikuivatusaika olisi hyvä pitää mahdollisimman lyhyenä. Hiivojen määrää lisää myös rehun joutuminen kosketuksiin maan kanssa. Esimerkiksi karhojen tallaaminen niiton yhteydessä tai rankkasadekuuro heinän ollessa karholla lisäävät hiivojen määrää rehussa. Hiivat hajottavat anaerobisissa olosuhteissa sokereita alkoholiiksi ja aerobisissa olosuhteissa rehussa olevaa maitohappoa hiilidioksidiksi ja vedeksi. Maitohapon hajotus hiilidioksidiksi ja vedeksi aiheuttaa pH:n nousun, mikä mahdollistaa muiden pilaajamikrobien toiminnan. Hiivoja voidaan torjua rehusta muurahaishapolla, poistamalla siitä nopeasti ja tehokkaasti happi sekä käyttämällä puhdasta ja kellastumatonta raaka-ainetta. (Linnakallio 2010.)

Homeet

Homeet leviävät paikasta toiseen itiöidensä avulla, jotka kulkeutuvat ilmavirtauksen avulla. Sopivalle kasvualustalle päästyään homeitiöt alkavat kehittää rihmastoja. Homeille kelpaa ravinnoksi lähes mikä tahansa orgaaninen aines ja useat homeet selviävät alhaisissakin lämpötiloissa. Myöskään kosteus tai happamuus eivät ole homeille ongelma, mutta happi on homeille välttämätöntä. (Häikiö 1994, 13–14.)

Säilörehun teossa homeista on haittaa vasta siilon avaamisen jälkeen. Home-laikut pintarehussa johtuvat ilmavuodoista. Homeet käyttävät ravinnokseen maitohappoa, sokereita ja selluloosaa. Homeita pystyy ehkäisemään poistamalla ilman rehusta mahdollisimman tehokkaalla tiivistämisellä. Tiivistämiseen auttaa lyhyeksi silputtu rehu ja maltillinen esikuivatus. Jos rehu säilötään siiloon, pitää rehu levittää ja tallata ohuina kerroksina, ettei rehuun jää ilmataskuja. (Linnakoski 2010.)

Haitalliset bakteerit

Säilönnän keinoin on mahdollista torjua haitallisia bakteereja säilörehusta. Mikrobeja on rehuraaka-aineessa ja maaperässä sekä mahdollisesti rehun joukkoon joutuneessa lannassa. Mikrobeja voi tuoreessa rehussa olla jopa miljardi grammaa kohden. (Linnakallio 2010.)

Säilörehun mikrobiflooralla on keskeinen rooli rehun onnistumisessa. Flora voidaan jakaa kahteen ryhmään; toivottuja ja ei-toivottuja mikrobiorganismeja. Toivottuja mikrobeja ovat maitohappobakteerit ja ei-toivottuja mikrobiflooran organismeja ovat sellaiset organismit, jotka voivat aiheuttaa anaerobista pilaantumista (klostridit ja enterobakteerit) tai aerobista pilaantumista (hiivat, basillit, listeria ja homeet). Monet näistä pilaantumisesta aiheuttavista organismeista eivät pelkästään vähennä säilörehun rehuarvoa, vaan niillä on haitallisia vaikutuksia myös eläinten terveyteen ja maidon laatuun. (McDonald ym.)

Klostridit ovat maaperässä eläviä voihappoitiöitä, joista voi muodostua voihappobakteereja. Rehuun joutuessaan klostridit voivat aiheuttaa rehun pilaantumisen. Säilörehussa ne tuottavat voihappoa ja ammoniakkia, sekä heikentävät rehun ravintoarvoa. Ne viihtyvät erityisen hyvin kosteissa rehuissa, joiden pH ei ole laskenut riittävästi (Linnakallio, T. 2010). Säilörehussa nopea pH:n lasku alle 4,2 torjuu tehokkaasti voihappobakteerien toimintaa. Klostridien määrää voidaan alentaa riittäväällä esikuivatuksella. (Linnakallio 2010.)

Lietelannan käyttö nurmilla on lisääntynyt ja lantaa levitetään myös kasvustoon. Lannan mukana rehuun saattaa kulkeutua muitakin, kuin maaperässä luonnostaan olevia bakteereja. Lannanlevitysmenetelmä vaikuttaa siihen, kuinka paljon lantaa kulkeutuu rehun sekaan. (Nysand & Suokannas ym. 2006.)

Niittokoneiden työlevyden suurenemisen kanssa samaa tahtia paksuuntuu myös karhon koko. Paksu karho kuivuu hitaasti ja epätasaisesti. Jos puolestaan käytetään täysileveää niittoa, jossa rehu jää koko työlevydelle kuivumaan, ongelmaksi muodostuu rehun siirtely ja traktorin pyörien tallaaminen, joka siirtää maa-ainesta rehun joukkoon. Rehuhygieniaan pitää kiinnittää huomiota ja sää-

tää karhottimet ja noukkimet niin, etteivät ne nosta maata tai lantaa rehun joukkoon. (Nysand & Suokannas ym. 2006; Linnakallio 2010.)

Lietelannan sisältämistä mikrobeista säilörehun käymisen kannalta ongelmallisia ovat entero- ja voihappobakteerit. Ne kuluttavat rehun sokereita, mutta lisäävät vain vähän rehun happamuutta. Ne hajottavat myös rehun aminohappoja, joiden hajoamistuotteet nostavat rehun pH:ta ja vähentävät sen maittavuutta. Voihappobakteerit säilyvät elinvoimaisina happamassakin säilörehussa itiöidensä avulla. Enterobakteerit hajottavat rehun valkuaista ja voivat johtaa myrkyllisten yhdisteiden syntymiseen rehussa. Enterobakteereja voi torjua riittäväällä esikuivatuksella sekä nopealla ja riittäväällä pH:n laskulla. (Joki-Tokola 1998; Linnakallio 2010.)

Kolibakteerit ja voihappobakteerit voivat lisääntyä Östlingin ja Lindgrenin (1991) mukaan näennäisesti happamassakin rehussa, jos käymishapot jakaantuvat epätasaisesti. Pyöröpaaliin säilötyn rehun koostumus on aina heterogeeninen, eli sen koostumus vaihtelee alueittain. Pyöröpaaliin säilötty rehu poikkeaa kemialliselta ja mikrobiologiselta koostumukseltaan muusta esikuivatusta rehusta. Siinä on yleensä vähemmän maitohappoa ja pH on korkeampi. Onnistuneessakin pyöröpaalirehussa on yleensä enemmän haihtuvia rasvahappoja ja valkuaisen hajoamistuotteita kuin siilosäilörehussa. Pyöröpaalien pintaosissa on myös useammin haitallisia mikrobeja, kuten hiivoja, homeita ja kolibakteereja, kuin siilorehussa. (Joki-Tokola 1998; Nousiainen.)

3 Säilörehun säilöntä

3.1 Säilöntämenetelmät

A.I. Virtasen 1920-luvulla luomat säilörehun valmistuksen periaatteet pätevät pääosin vielä tänäkin päivänä. Kolme tärkeintä asiaa säilörehun säilymisessä on hygieenisuus, happamuus ja hapettomuus.

Maitohappobakteerit ovat rehun säilönnän kannalta hyödyllisiä bakteereja, mutta ne ovat kuitenkin alakynnessä haitallisiin mikrobeihin, kuten homeisiin, hiivoihin ja klostrideihin, verrattuna. Maitohappobakteerit tuottavat rehuun maitohappoa, joka laskee rehun pH:ta estäen samalla haitallisten mikrobien kasvua. Maitohappobakteerit käyttävät rehussa olevia sokereita, ja ne pystyvät toimimaan myös hapettomissa olosuhteissa. (Linnakallio 2010.)

Happosäilöntäaineella säilötty rehu perustuu rehuun lisättyyn happoon, joka alentaa rehun pH:ta. Rehun happamoituminen estää rehua pilaavien bakteerien toimintaa ja antaa samalla happamissa olosuhteissa viihtyville maitohappobakteereille hyvät olosuhteet tuottaa maitohappoa. (Linnakallio 2010.)

Biologinen säilöntä perustuu maitohappobakteerien lisäämiseen rehuun. Maitohappobakteerit tuottavat maitohappoa, mikä alentaa pH:ta. Onnistunut biologinen säilöntä edellyttää kuitenkin, että rehussa on riittävästi sokereita maitohapon tuotantoon ja sitä kautta riittävän alhaisen pH:n saavuttamiseen. Tuoremassan sokeripitoisuuden tulisi olla 25 g/kg. Jos rehun sokeripitoisuus on liian alhainen, voi käymisprosessi häiriintyä. Biologinen säilöntä ei sovellu kosteiden rehujen säilömiseen. (Linnakallio 2010; Sirkjärvi 2010, 3.)

3.2 Säilörehun säilöntäprosessi

Säilörehun säilyminen perustuu rehun happamuuteen ja hapettomiin eli anaerobisiin olosuhteisiin (Sipilä & Saarisalo 2006). Säilörehun säilöntäprosessi voi-

daan jakaa kolmeen vaiheeseen: aerobiseen, anaerobiseen ja puolieraerobiseen vaiheeseen. (Säilöntäprosessi.)

Säilönnän aerobinen vaihe

Aerobinen vaihe on säilörehun teon vaihe. Se alkaa niitosta ja päättyy rehusäilön peittämiseen tai rehupaaliin käärimiseen. Aerobisen vaiheen aikana rehumassa on suoraan kosketuksissa ilman hapen kanssa. Niiton jälkeen kasvin hengitysentsyymit jatkavat toimintaansa, minkä seurauksena sokeripitoisuus vähenee ja valkuaisen laatu heikkenee. Sen vuoksi esikuivatusaika kannattaa pyrkiä pitämään mahdollisimman lyhyenä. Seuraava vaihe on säiliön täyttäminen ja rehumassan tiivistäminen. Säilössä tavoitteena on tehokkaalla tiivistämisellä poistaa happi rehusta mahdollisimman nopeasti, jotta kasvihengitys loppuisi ja happi korvautuisi hiilidioksidilla. Lyhyt silpunpituus edesauttaa rehun tiivistämistä säilössä. Jos happea ei saada riittävän nopeasti pois, alkaa rehu lämmetä. Rehun laatu alkaa heikentymään, jos rehun lämpötila nousee yli viisi astetta ympäristön lämpötilaa korkeammaksi. (Linnakallio 2011.)

Säilönnän anaerobinen vaihe

Anaerobinen, eli ilmattomassa tilassa tapahtuva rehun käyminen, on seuraava vaihe. Anaerobinen käyminen alkaa, kun rehu on peitetty tai kääritty ilmatiiviisti. Käyminen on yleisnimitys ympäristössä tapahtuville biokemiallisille reaktioille. Tässä vaiheessa säilöntä perustuu hapettomiin olosuhteisiin ja pH:n laskuun. Käymisessä rehun luonnolliset maitohappobakteerit käyttävät rehun sokereita maitohapoksi. Maitohappokäyminen happamoittaa rehua ja pitää sen pH:n alhaisena niin pitkään, kun rehussa on sokereita jäljellä. Alhainen pH estää haittamikrobien, kuten voihappobakteerien, kasvun. Säilörehulle pitää antaa riittävästi aikaa käymiseen. Liian aikainen säilön avaaminen saattaa johtaa säilörehun voimakkaaseen lämpenemiseen, koska rehun sisältämiä sokereita ei ole vielä käytetty maitohapoksi ja rehun pH saattaa olla liian korkea. Jos rehun kuiva-ainepitoisuus on yli 45 %, siinä ei tapahdu juurikaan maitohappokäymistä, vaan säilöntä perustuu käytettyyn säilöntäaineeseen. (Linnakallio 2011.)

Säilönnän vakiintunut vaihe

Kolmas vaihe alkaa kun säilö avataan. Tällöin ilman happi pääsee taas kosketukseen rehun kanssa. Mikrobit, jotka tarvitsevat happea kasvaakseen, alkavat lisääntyä. Ensimmäisenä lisääntyvät hiivat, jotka käyttävät säilörehussa olevaa maitohappoa ravinnokseen. Tällöin maitohaposta muodostuu heikompia happoja, kuten etikkahappoa sekä vettä, ja säilörehun pH nousee. Hiivat hyödyntävät myös rehussa olevan jäännössokerin kasvuunsa, mikä luo otolliset olosuhteet homeiden ja bakteerien kasvuille. Kasvanut homeiden määrä johtaa helposti rehun lämpenemiseen, mikä aiheuttaa suuret ravinnetappiot. Rehuun saattaa erittyä myös homemyrkköjä. (Säilöntäprosessi; Linnakallio 2011.)

3.3 Säilörehun happamuus

Säilörehun säilyminen perustuu happamuuteen. Alhainen pH estää rehua pilaa-
vien kasvien omien entsyymien ja haitallisten mikrobien toiminnan. Esimerkiksi haitalliset klostridit ja enterobakteerit kasvavat myös hapettomissa olosuhteissa, joten alhainen pH on ainoa tekijä, joka estää niiden toiminnan. Rehun happamuus perustuu joko lisättyyn säilöntähappoon tai maitohappokäymiseen. Kasvavan nurmen pH on noin 6–7. Tavoiteltava rehun pH-alue on tuoreessa rehusa noin 3,8–4,0. Rehun kuiva-ainepitoisuuden nousu parantaa rehun säilyvyyttä, joten esikuivatun rehun pH voi olla kuiva-ainepitoisuudesta riippuen noin 4,1–4,7. Korkeamman pH:n esikuivatulla säilörehulla mahdollistaa se, että kuiva-ainepitoisuuden noustessa haitallisten mikrobien toiminta estyy ja optimaalinen pH-arvo kohoaa. (Sipilä 2006, 1; Sipilä & Saarisalo 2006, 1.)

3.4 Happojen ja emästen kemia lyhyesti

Hapot ovat yhdisteitä, jotka pystyvät luovuttamaan protonin (vetyionin) ja emäkset puolestaan yhdisteitä, jotka pystyvät vastaanottamaan protonin. Rehukemias-
assa on tärkeä rooli aminohapoilla, jotka ovat yhtä aikaa sekä happoja että emäksiä. Aineita, jotka voivat toimia sekä happoina että emäksinä, sanotaan amfolyyteiksi. (Moisio & Heikonen 1992, 37.)

Vedessä on aina sekä vetyioneja että hydroksidi-ioneja. Jos vetyioneja on enemmän kuin hydroksidi-ioneja, liuos on hapan. Päinvastaisessa tapauksessa liuos on emäksinen. Liuosten happamuus tai emäksisyys ilmoitetaan aina vetyionien pitoisuutena. (Moisio & Heikonen 1992, 38.)

pH on vetyionipitoisuuden logaritmin vastaluku. Neutraalin liuoksen pH-arvo on 7. Happaman liuoksen pH-arvo on pienempi ja emäksisen suurempi kuin 7. pH on logaritminen, eli yhden yksikön muutos pH:ssa merkitsee vetyioniväkevyyden kymmenkertaista muutosta. (Moisio & Heikonen 1992, 38.)

Vahvat hapot ionisoituvat kaikissa olosuhteissa täydellisesti, eli jokainen happomolekyyli luovuttaa liuokseen vetyionin (Moisio & Heikonen 1992, 38). Heikot hapot, kuten maitohappo ja etikkahappo, ionisoituvat vain osittain – sitä vähemmän, mitä happamampaa liuos on. Hapon vahvuutta eli ionisoitumiskykyä kuvataan pK-arvolla, koska happoja ei voida jakaa heikkoihin ja vahvoihin happoihin. Hapon pK-arvo on siinä pisteessä, jossa puolet haposta neutraloituu, kun liuokseen lisätään emästä. pK-arvo on sitä pienempi, mitä vahvempaa happo on. Rehunsäilönnässä tärkeiden happojen, muurahaishapon ja maitohapon, pK-arvot ovat hyvän rehun alarajalla (3,7–3,8). Se tarkoittaa sitä, että hyvässä rehussa 30–60 % muurahaishaposta ja maitohaposta on ionisoitumattomassa muodossa. (Moisio & Heikonen 1992, 38–39.)

Emäksisissä liuksissa heikotkin hapot ovat täysin ionisoituneet. Kun emäksisen liuoksen pH-arvoa alennetaan lisäämällä siihen vahvaa happoa, siirtyvät heikot hapot ionisoitumattomaan muotoon sitomalla liuoksen vetyioneja (Moisio & Heikonen 1992, 39). Hapot ja emäkset ovat ionisoitumisen suhteen toistensa kaltaisia, koska ionisoitunut happo on emäs ja ionisoitunut emäs on happo. (Moisio & Heikonen. 1992, 39.)

Jokaisella liuksella on oma pK-arvo, jonka läheisyydessä sillä on puskurikapasiteettia. Puskurikapasiteetti pystyy jarruttamaan liuoksen pH:n muutosta. Puskurikapasiteetti johtuu hapon kyvystä luovuttaa ja sitoa vetyioneja. Maitohapon pK-arvo on 3,8, eli sillä on puskurikapasiteettia kyseisen arvon alueella. Puskurikapasiteetin avulla voidaan laskea hapon tai emäksen kokonaismäärä riippu-

matta siitä, missä ionisoitumisen muodossa se on. Myös se, kuinka happojen ja emästen kokonaismäärät ovat jakaantuneet ionisoitumattoman ja ionisoituneen muodon kesken, voidaan laskea. (Moisio & Heikonen 1992, 41–42.)

3.5 Voihappotiöiden vaikutus maidon ja juuston laatuun

Voihappobakteereja on maassa, lannassa ja epäonnistuneessa säilörehussa. Korjuuvaiheessa rehuun päässyt maa-aines, lantajäänteet ja sänkiaines lisäävät voihappokäymisen vaaraa (Niskanen 2002). Liian märät ja valkuaisrikkaat rehut sekä liian vähän tai liian tehotonta säilöntäainetta sisältävät rehut ovat alttiimpia voihappokäymiselle. Onnistuneessa rehunsäilöntäprosessissa ei yleensä esiinny voihappokäymistä ja korkeaa itiöpitoisuutta. Itiö on bakteerin lepomuoto. Bakteeri-itiö ei lisäännä, mutta se kestää hyvin kylmää, kuumaa, kuivua ja säteilyä. Hyvissä oloissa itiöstä muodostuu bakteeri, joka alkaa lisääntyä nopeasti. (Niskanen 2002; Aho & Hildèn 2007, 40.)

Voihappokäyneen rehun ruokinnallinen arvo on heikko. Virhekäynyt rehu lisää maidon itiöpitoisuutta sekä aiheuttaa maitoon haju- ja makuvirheitä (Niskanen 2002.)

Maidossa on aina voihappobakteerien (VHB) itiöitä. Alkutilanteessa on heikkolaatuinen, runsaasti voihappobakteeri-itiöitä sisältävä säilörehu, jota lehmä syö. Itiöt selviävät lehmän ruuansulatuskanavan läpi ja siirtyvät lantaan, josta ne kulkeutuvat edelleen utareen iholle ja sitä kautta tuotettuun maitoon. Bakteereista suurin osa on peräisin eri pinnoilta, kuten lypsylaitteistosta, tilasäiliöstä, lehmän utareesta ja vetimistä. Myös lypsäjän henkilökohtaisella hygienialla on merkitystä. Navettailmassa on bakteereja keskimäärin 6–50 kpl/ml. Huomattava osa ilman bakteereista on itiön muodostajia; noin 10–20 prosenttia maitoon joutuneista itiöistä on peräisin navettailmasta. Loput tulevat maitoon utareen, erityisesti vetimien, pinnalta. (Kärki 2010; Aho & Hildèn 2007, 40–41.)

Visserssin ym. (2006) mukaan maidon kontaminoituminen, eli muuttuminen epäpuhtaaksi, voihappobakteeri-itiöillä (VHBI) voidaan välttää, jos säilörehu ei sisällä korkeita määriä VHBI:tä (alle 1 000 kpl VHBI/g) ja huolehtimalla lypsyhy-

gieniasta. Jos rehussa on yli 100 000 kpl VHBI/g, on lähes mahdotonta saada VHBI-määrä pysymään maidossa alle 1 000 kpl VHBI/l. Bergère ja Lenoir (2000) mukaan voihappokäymiselle herkemmissä, kuten gouda- ja emmental-tyyppisissä juustoissa, jo suhteellisen alhaiset VHBI-määrät raakamaidossa (200–1000 kpl VHBI/l tai jopa alemmat), voivat aiheuttaa virheikäymistä. (Mäki & Pahkala ym. 2006.)

Raakamaidossa voi olla voihappobakteeri-itiöiden lisäksi myös aerobisia bakteeri-itiöitä, kuten *Bacillus cereus*. Ne aiheuttavat maitotuotteisiin erityisesti säilyvyysongelmia. Mesofiiliset aerobiset bakteeri-itiöt siirtyvät raakamaitoon samaa reittiä kuin VHB-itiöt. (Kärki 2010.)

Juustonvalmistuksen kannalta on tärkeää, että maidossa on vain vähän voihappobakteeri-itiöitä. Jos niitä on paljon, saattaa juuston käymisprosessi epäonnistua ja syntyä voihappokäyneitä juustoja. Itiöt ovat voihappobakteerien säilymismuotoja, ja ne läpäisevät maidon lämpökäsittelyn. Itiöt aktivoituvat juuston kypsymisen aikana ja muuttuvat jälleen aktiivisiksi bakteereiksi. Pahimmillaan tällaiset juustot joudutaan hävittämään biojätteenä, mikä on kallista ja vaikeaa. (Aho & Hildén 2007, 15.)

Voihappobakteeri-itiöiden aiheuttamaa voihappokäymistä voidaan torjua juustoista säilöntäaineella. Säilöntäaineettomassa juustonvalmistuksessa voihappobakteeri-itiöitä voidaan poistaa raakamaidosta joko bakteeriseparaattorin avulla tai käyttäen mikrosuodatusta. Mikrosuodatusta pidetään separointia tehokkaampana menetelmänä itiöiden poistossa, mutta se on investointi- ja käyttökustannuksiltaan kalliimpaa ja suodatusmenetelmät ovat teknisesti vaikeampia käyttää. Kaksoisbaktofugointi tarkoittaa maidon ajamista sarjassa kahden baktofuugin läpi, mutta se on käytännössä kaksi kertaa kalliimpaa. (Kärki 2010.)

3.6 Katsaus aiempiin tutkimuksiin

Aiempiä tutkimuksia aiheesta löytyy jonkin verran. Kari Siitarinen (2010) tutkii opinnäytetyössään säilörehun korjuuajankohdan vaikutusta säilörehun määrään ja laatuun.

Ympäristötekniikan opiskelija Riikka Toivanen (2008) puolestaan tutkii opinnäytetyössään ”Kiteen biokaasulaitoksen mädätysjäännös ja sen ravinteiden kierrätys maataloudessa” mädätysjäännöksen lannoitusvaikutusta. Mädätysjäännös lannoitteena on melko uusi asia, eikä siitä ole vielä paljoa tutkimustuloksia. Aihe tarvitsee kuitenkin paljon lisätutkimuksia, koska kun tulevaisuudessa lannoitteiden hinnat nousevat esimerkiksi bioenergian viljelyn lisääntymisen, viljan hinnan nousun ja energian kallistumisen vuoksi. Biokaasulaitoksen mädätysjäännös voi tulla kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi. Kyseinen lannoite sopii myös kasvavan luomutuotannon kysyntään.

MTT:n julkaisuissa löytyi Erkki Joki-Tokolan (1998) tutkimus ”Lietelannan leviytysajan ja -tavan sekä ilmaston vaikutus säilörehusadon määrään ja laatuun”. Kyseinen tutkimus sivuaa opinnäytetyön aiheitani, joskin sillä erolla, että siinä verrattiin ilmaston eikä mädätyksen vaikutusta säilörehun laatuun. Joki-Tokolan tutkimustuloksissa käy ilmi, että nurmen lietelannoituksen on todettu lisäävän kasvuston kolibakteeripitoisuutta. Lietelannan kolibakteeripitoisuuden väheneminen vähentää samalla myös pellolle levitettävien kolibakteerien määrää, mutta nurmikasvien pinnalle jäävät kolibakteerit eivät kuitenkaan säily lisääntymiskykyisinä sadon korjuuseen saakka.

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun agrologiaryhmä AMNS07 teki kesällä 2010 hyvin samantyyllisen kenttäkokeen Kiteellä käyttäen lannoitteena samaa Biokymppi Oy:n mädätysjäännöstä verrokkilannoitteenaan keinolannoite. Kenttäkokeen tulokset näyttivät, että mädätysjäännöksen lannoitusvaikutus oli hyvä, mutta mädätysjäännös lannoitteena saattaa vaikuttaa suuresti voihapon ja kolibakteerien määrään säilörehussa.

4 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelmat

4.1 Tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää mädätysjäännöksen, lannoitteen levitysmenetelmien ja lannoitemäärän vaikutusta säilörehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun.

4.2 Tutkimusongelmat

Tutkimuksessa käsitellään kahden eri analyysin tuloksia. Mikrobiologinen analyysi on otettu niitetystä nurmesta, eli se kertoo voihappotioiden ja E. coli –bakteerien määrän alkutilanteessa ennen säilöntäprosessia. Säilörehun säilönnällistä laatua mitataan säilörehuanalyysien tulosten perusteella. Säilörehuanalyysissä tutkitaan ”Säilönnällinen laatu” sarakkeen arvoja, joista selviää rehun mahdollinen virhekäyminen. Tutkimusongelmat ovat seuraavat:

1. Onko mädätysjäännöksellä lannoitteena vaikutusta säilörehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun?
2. Onko lannoitusmenetelmällä vaikutusta säilörehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun?
3. Onko lannoitemäärällä vaikutusta säilörehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun?

5 Tutkimuksen toteuttaminen

5.1 Tutkimuksen tausta

Biokaasulaitoksen valmistava mädätysjäännös lannoitteena on melko uusia asia, eikä siitä ole paljoa tutkimustietoa. Jos tutkimus osoittaa, että mädätysjäännös lannoitteena ei vaikuta negatiivisesti säilörehun hygieeniseen laatuun, saattaa se tulevaisuudessa olla varteenotettava vaihtoehto peltolannoitteena. Kemiallisten lannoitteiden hinnat ovat nousussa ja biokaasulaitoksia tulee koko ajan lisää. Mädätysjäännöksen vaikutuksia säilörehun hygieeniseen laatuun on tärkeää tutkia, jotta lannoite voidaan markkinoida perustellusti viljelijöille. Mädätysjäännös sopii lannoitteeksi myös kasvavalle luomutuotannolle.

Suomessa karjataloilla on paljon nurmipinta-alaa, jotta rehua riittäisi karjalle sisäruokintakaudeksikin. Lantaa joudutaan levittämään nurmelle myös kasvukauden aikana ja levitettävät lannoitemäärät hehtaaria kohden voivat olla suuriakin. Lannan levityksestä kasvustoon aiheutuu riski, että lannassa olevat haitalliset bakteerit kulkeutuvat myös rehuun. Rehun mukana tulleet voihappotiöt kulkeutuvat lehmän elimistön kautta lantaan, josta ne eri pintojen kautta tarttuvat utareeseen, ja siirtyvät siitä maitoon. Maidon laatu huononee. Lisäksi toistuvasti liian paljon bakteereja sisältävä maito voi aiheuttaa tilan maidon laatuluokituksen laskemiseen, ja sitä kautta maidon hinnan laskuun. Jos tutkimus osoittaa, että eri levitysmenetelmien välillä on eroa säilörehun hygieenisessä laadussa, saattaa se vaikuttaa viljelijöiden päätöksiin uusien levitysmenetelmien hankittaisa.



Kuva 1 Kenttäkoeala (kuva: Eero Mikkonen)

5.2 Kenttäkokeen suunnittelu

Opinnäytetyö toteutettiin kenttäkokeena Kiteen Koivikon Kartano Oy:n pellolla. Kenttäkokeen suunnittelu ja valmistelut alkoivat toukokuussa 2011 toimeksianton jälkeen. Aineisto oli koossa marraskuun 2011 alkupuolella. Kokeeseen osallistui neljä AMK opiskelijaa, jotka tekevät kokeesta saatujen tulosten perusteella opinnäytetyönsä. Kenttäkokeeseen osallistuivat myös toimeksiantajan edustajat ja ohjaavat opettajat. Ennen kenttäkoetta hankittiin siihen tarvittavat materiaalit, kuten numeroidut tolpat ja lomakkeet, joihin saatavat tiedot kirjattiin ylös. Lannan- ja mädätysjäännöksen levitystä varten tehtiin tarkat aikataulut, joiden mukaan edettiin. Kenttäkoe aloitettiin 1.7.2011, jolloin kenttäkoeala perustettiin ja lannoitteet levitettiin. Pääasiallisena lannoitteena käytettiin Bio-kymppi Oy:n mädätysjäännöstä ja verrokkilannoitteena naudän lietelantaa. Ura-koitsija hoiti kokeeseen tarvittavat peltotyöt.

5.3 Tutkimusjoukko

Kenttäkokeessa perustettiin 18 koeruutua. Koeruutujen ruutukerroin oli kolme ja erilaisia levitystapoja oli yhteensä kuusi. Koeruutuja lannoitettiin eri lannoitus-

menetelmillä ja lannoitemäärillä. Lannoitusmenetelmiä olivat kiekko- ja veitsimultain sekä letkulevitin. Kaikilla lannoitusmenetelmillä pyrittiin levittämään n. 25 tn/ha ja lisäksi veitsimultaimella n. 40 tn/ha. Karjanlanta levitettiin myös veitsimultaimella 25 tn/ha määrällä. Kokeessa oli vertailun vuoksi myös nollaruutu, jolle ei levitetty lannoitetta lainkaan. Pääasiallisena lannoitteena käytettiin Bio-kymppi Oy:n mädätysjäänöstä ja vertailulannoitteena naudon lietelantaa. Levitysmäärät vaihtelivat 25–40 tonniin. Verrokkiruutujen avulla voidaan selvittää eri lannoitteiden, lannoitusmenetelmien ja lannoitemäärien väliset erot. Liitteestä 8 selviää tavoitteelliset levitysmäärät m^3/ha ja toteutuneet levitysmäärät m^3/ha . Levityksessä päästiin melko lähelle tavoitteellisia levitysmääriä, koska vain hajalevitysmäärä poikkesi tavoitteesta yli $10 \text{ m}^3/\text{ha}$.



Kuva 2. Veitsilevitys (Kuva: Suvi Kuittinen)

Lietteen hajalevityksessä liete pumpataan vaunusta paineella lautaseen, josta se leviää n. 12 metrin alalle. Liukoista typpeä voi haihtua jopa 50–100 prosenttiin, koska ammoniakkia haihduttavaa pinta-alaa on niin paljon. (Laukkanen 2012.)

Veitsimultain ja kiekkovannasmultain sijoittavat lannan maahan. Veitsilevityksessä maahan vedetään viilto, jonka kautta lanta pääsee suoraan maan sisään. Viilto nopeuttaa lietteen imeytymistä maahan, josta syystä typen haihtuminen

estyy ja liete on heti kasvien käytettävissä. Kiekkovannasmultaimessa on tasa-levyinen kiekko, joka tekee ensin maahan viillon, levityskiila laajentaa uraa ja suihkusuutin syöttää lannan maan sisään. (Kautonen 2008, 30; Slootsmid veit-simultain.)



Kuva 3. Kiekkolevitys (Kuva: Suvi Kuitinen)

SPAD-mittauksia tehtiin yhteensä 3: ensimmäinen lannoitteenlevityspäivänä ennen lannoitteen levitystä, toinen kahden viikon kuluttua lannoituksesta ja kolmas neljän viikon päästä lannoituksesta. Säilörehun mikrobiologista laatua mitaava näyte otettiin niitetystä nurmesta kumihanskoja käyttäen. Näyte analysoitiin Itä-Suomen yliopiston toimesta. Säilörehu korjattiin pyöröpaaleihin muuttuvakammioisella paalaimella. Pyöröpaalit punnittiin ja numeroitiin heti paalaamisen jälkeen. Näytteet säilörehuanalyysia varten otimme marraskuun alussa.

5.4 Kokeen käytännön toteutus, tutkimusmenetelmät ja olosuhteet

Kenttäkoe aloitettiin 1.7.2011. Ilma oli lämmin ja aurinkoinen. Lämpötila oli 31 astetta plussan puolella. Koealalla oli hyvässä kasvussa oleva apilapitoinen säilörehusänki. Ennen kokeen aloittamista mädätysjäännöksestä ja karjanlannasta otettiin lanta-analyysit myöhempää tutkimusta varten. Mädätysjäännöksen to-

teutunut levitysmäärä oli kiekkomultaimella 26 tn/ha, hajalevityksellä 37 tn/ha ja veitsimultaimella 27 tn/ha. Tavoitteena oli kyseisille aloille 25 tn/ha. Veitsilevityksellä lannoitettiin myös yksi ala suuremmalla määrällä. Toteutunut määrä kyseiselle alalle oli 44 tn/ha ja tavoite 40 tn/ha. Verrokkilannoitteena käytettiin karjanlantaa, jota levitettiin veitsimultaimella 28 tn/ha. Nollaruuduille ei levitetty lannoitetta ollenkaan. Säilörehun korjuu tapahtui 16.8.2011. Niitetystä nurmesta otettiin näytteet mikrobiologista tutkimusta varten, jotka vietiin Itä-Suomen yliopistolle analysoitaviksi. Rehu säilöttiin pyöröpaaleihin jonka jälkeen ne punnittiin ja numeroitiin. Punnituksen ja säilörehuanalyysin (4.11.2011) perusteella koeruuduilta laskettiin todelliset kuiva-ainesadot hehtaaria kohden. Säilörehun laadun analysoi Valio Oy.

5.5 Aineiston käsittely ja analyysi

Kokeessa saadut tulokset kirjattiin Excel-taulukkolaskentaohjelmistoon havaintomatriisiksi. Aluksi tehdään saatujen arvojen perusteella kaavioita, joissa näkyy silmämääräinen trendi. Kaavioon lasketaan näkyviin myös 95 % luottamusvälipalkki. Tarkemmin tuloksia analysoidaan varianssianalyysia käyttäen. Varianssianalyysin avulla saadaan tietää, onko eri tekijöiden välillä eroa, ja onko se tilastollisesti merkitsevää. Sama asia näkyy periaatteessa kaavion 95 % luottamusvälipalkista. Varianssianalyysissä ero on tilastollisesti merkitsevää, jos p-arvo on vähemmän kuin 0,05. Mitä pienempi p-arvo on, sitä todennäköisemmin saatu tulos pitää paikkansa.

Opinnäytetyössäni tutkitaan sekä mikrobiologista että säilönnällistä laatua eri tekijöiden näkökulmasta. Mikrobiologista laatua mitattaessa muuttujina ovat voihappotiöt ja E. coli -bakteerit. Koska kyseessä on bakteeri, analysoidaan tuloksia kymmenkertaisen logaritmin ja geometrisen keskiarvon avulla. Mikrobit lisääntyvät jakaantumalla, eli niiden määrä kasvaa eksponentiaalisesti. Muuntamalla mikrobien määrä 10-kantaiseen logaritmiin, saadaan funktio noudattamaan normaalijakaumaa. Varianssianalyysi on mahdollista tehdä normaalijakaumaa noudattavalle funktiolle. Säilönnällistä laatua tutkittaessa otetaan huomioon ammoniakkitypen osuus kokonaistypestä, liukoisen typen osuus kokonaistypestä ja haihtuvien rasvahappojen määrä. Levitysmenetelmien vaikututus-

ta säilörehun laatuun tutkittaessa täytyy ottaa huomioon se, etteivät toteutuneet levitysmäärät olleet kenttäkokeessa aivan täsmällisesti toteutuneet.



Kuva 4. Kenttäkokeen valmistuminen (Kuva: Suvi Kuittinen)

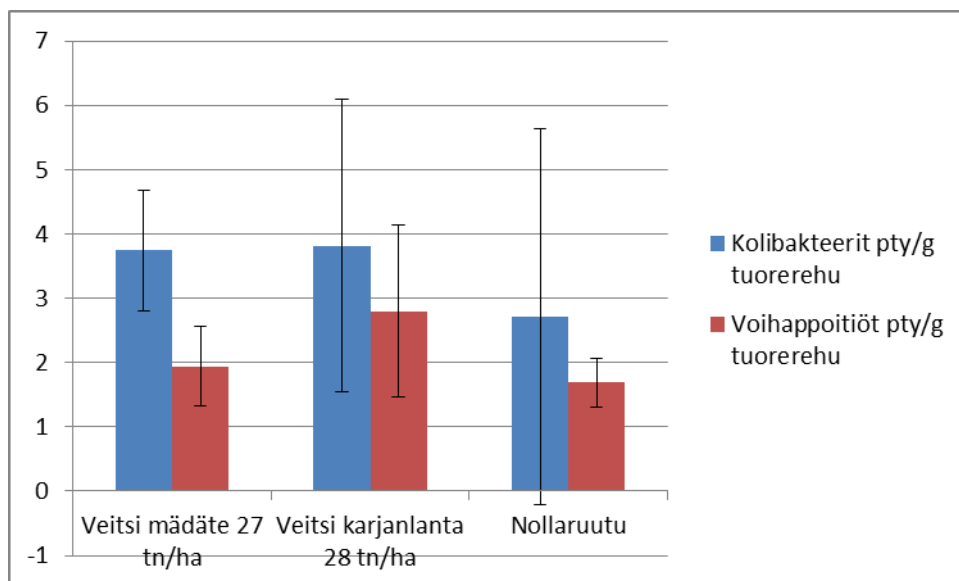
6 Tulokset ja niiden tulkinta

6.1 Määtysjäännöksen vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun

6.1.1 Määtysjäännöksen vaikutus niitonurmen mikrobiologiseen laatuun

Biokaasulaitoksen lopputuotteen eli määtysjäännöksen soveltuvuudesta lannoitteeksi ei ole vielä paljoa tutkimustietoa. Kokeessa tarkasteltiin määtysjäännöksen vaikutusta niitetyn nurmen mikrobiologiseen laatuun tutkien *E. coli* -bakteerien ja voihappotioiden määrää. Kolibakteerien ja voihappotioiden määrät on muunnettu 10-kantaisiin logaritmeihin. Saaduista luvuista on laskettu aritmeettiset keskiarvot ja keskihajonnat, joiden perusteella edelleen 95 %:n luottamusväliä. Rehun mikrobiologista laatua on tärkeää tutkia. Kolibakteerit ovat suolistoperäisiä bakteereja, jotka voivat aiheuttaa tulehduksen, jos ne pääsevät leviämään ruuansulatuskanavasta muualle elimistöön. Kolibakteeri aiheuttaa myös utaretulehduksia. Voihappobakteerit puolestaan pilaavat maidon ja juuston laatua.

Oletuksena on, että määtysjäännöksellä lannoitteena ei ole vaikutusta rehussa olevien kolibakteerien määrään. Kuviosta 1 voidaan silmämääräisesti nähdä, että lannoitteiden välillä ei ole suurta eroa kolibakteerien määrissä. Nollaruudulla kolibakteereja on kuitenkin selvästi vähemmän. Varianssianalyysin (liite 1) perusteella voidaan sanoa, että lannoitteella ei ole tilastollisesti merkitsevää vaikutusta rehun kolibakteeripitoisuuteen (p-arvo 0,3082).



Kuvio 1. Mädätysjäännöksen vaikutus kolibakteerien ja voihappotiöiden määrään

Oletuksena on, että mädätysjäännöksellä lannoitteena ei ole vaikutusta rehussa olevien voihappotiöiden määrään. Kuvioista 1 voidaan nähdä, että voihappotiöiden määrä kuvaava palkki on selvästi suurempi karjalannan kohdalla verrattuna mädätysjäännöksellä lannoitettuihin ja nollaruutuihin. Nollahypoteesi pitää paikkansa 98,1 % varmuudella, koska p-arvo on vain 0,0197. Mitä pienempi p-arvo on, sitä todennäköisemmin hypoteesi pitää paikkansa.

Kun vertaillaan tarkemmin pelkästään karjanlantaa ja nollaruutua voihappotiöiden osalta, huomataan, että P-arvo on 0,0266 (liite 2). Tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä, kun P-arvo on alle 0,05. Tuloksen perusteella voidaan todeta, että aina, kun peltoon laitetaan jotain bioperäistä lannoitetta, riski voihappotiöpitoisuuden nousuun kasvaa.

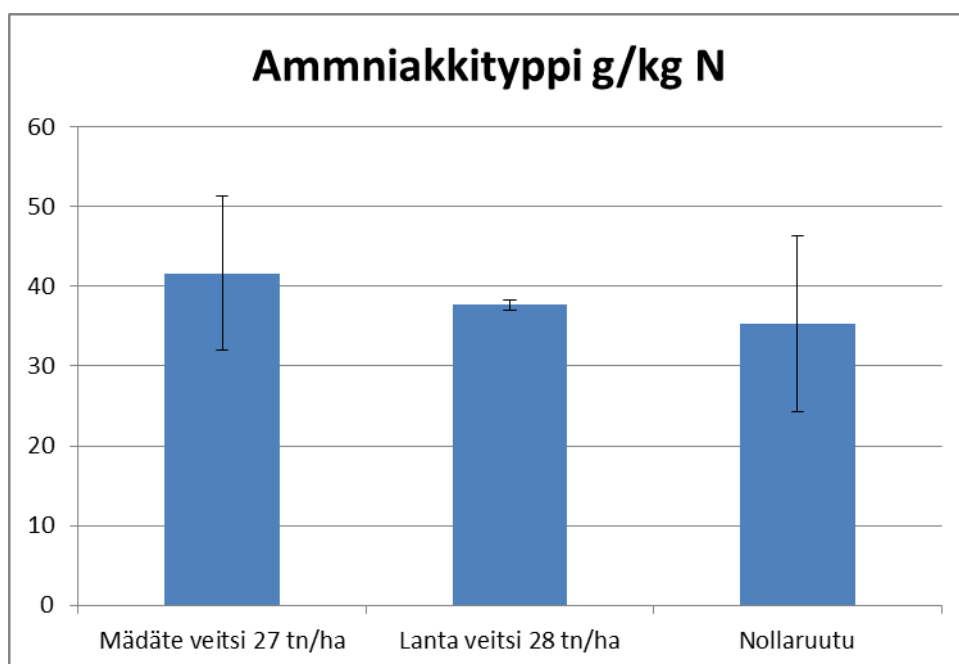
6.1.2 Mädätysjäännöksen vaikutus rehun säilönnälliseen laatuun

Ammoniakkityppi

Ammoniakkitypen määrää kokonaistyyppimäärästä mitataan grammoina kilosta säilärehua. Ammoniakkia syntyy rehussa, kun säilörehussa olevat mikrobit pilkkovat rehun valkuaisaineita. Pääasiallinen lopputuote hajoamisprosessille on ammoniakki. Ammoniakkiluku kertoo säilörehun valkuaisen hajoamisasteen.

Vähän käyneen ja hygieeniseltä laadultaan hyvän säilörehun ammoniakkiluku on alle 60 g/kg N. Jos ammoniakkia on yli 80 g kilossa kokonaistyyppiä, valkuainen on pitkälle hajonnutta, ja rehussa on tapahtunut virhekäymistä, eli se sisältää voihappoa. (Säilörehun laatumääritykset 2012.)

Mädätysjäännöksen, lannan ja nollaruudun keskiarvopalkit ammoniakkitypen osalta ovat reilusti alle alarajan (kuvio 2). Mädätysjäännöksellä lannoitetun alan ammoniakkityppi-arvo on hieman suurempi kuin naudon lietelannalla ja lannoittamattomalla alalla. Oletuksena on, että mädätysjäännöksen käyttö ei vaikuta ammoniakkitypen määrään säilörehussa suurentavasti verrattuna karjanlantaan. Varianssianalyysin (liite 3) perusteella nollahypoteesi jää voimaan (p-arvo 0,6020).

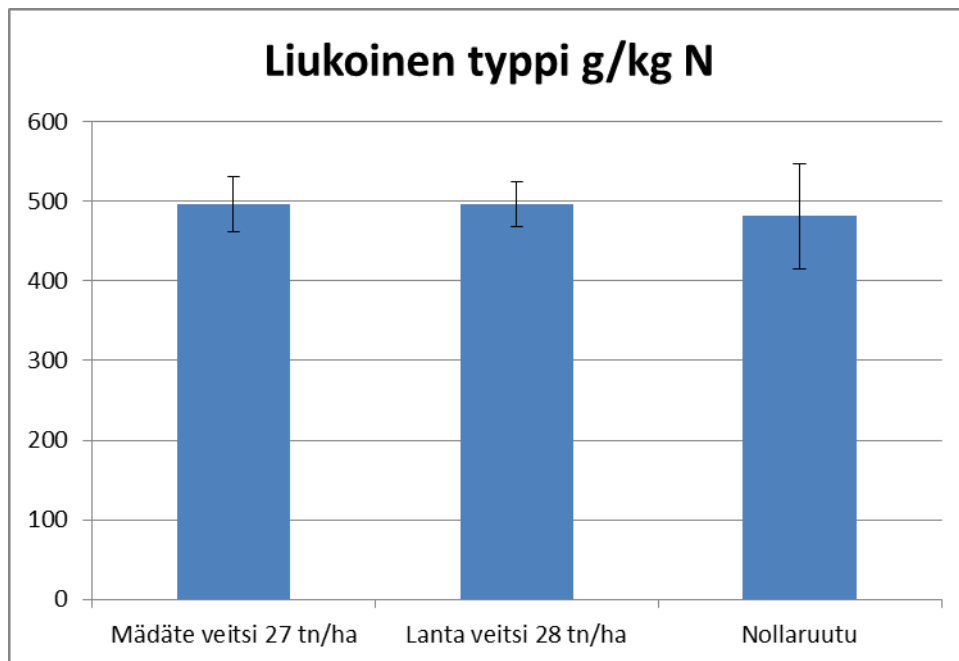


Kuvio 2. Mädätysjäännöksen vaikutus ammoniakkitypen määrään

Liukoinen typi

Liukoisen typen määrät mädätysjäännöksen, karjanlannan ja nollaruudun välillä ovat melko samoja (kuvio 3). Liukoisen typen määrät ovat hieman koholla, koska hyvin säilyneen rehun alaraja on 400 g/kg ka. Rehussa on tapahtunut selvästi virhekäymisiä, kun liukoisen typen osuus kokonaistyypeistä on yli 60 % eli 600 g/kg kuiva-ainetta.

Oletuksena on, että lannoitteella ei ole vaikutusta säilörehussa olevan liukoisen typen määrään. Varianssianalyysin (liite 3) perusteella voidaan sanoa, että nol-lahypoteesi jää voimaan (p-arvo 0,8768).



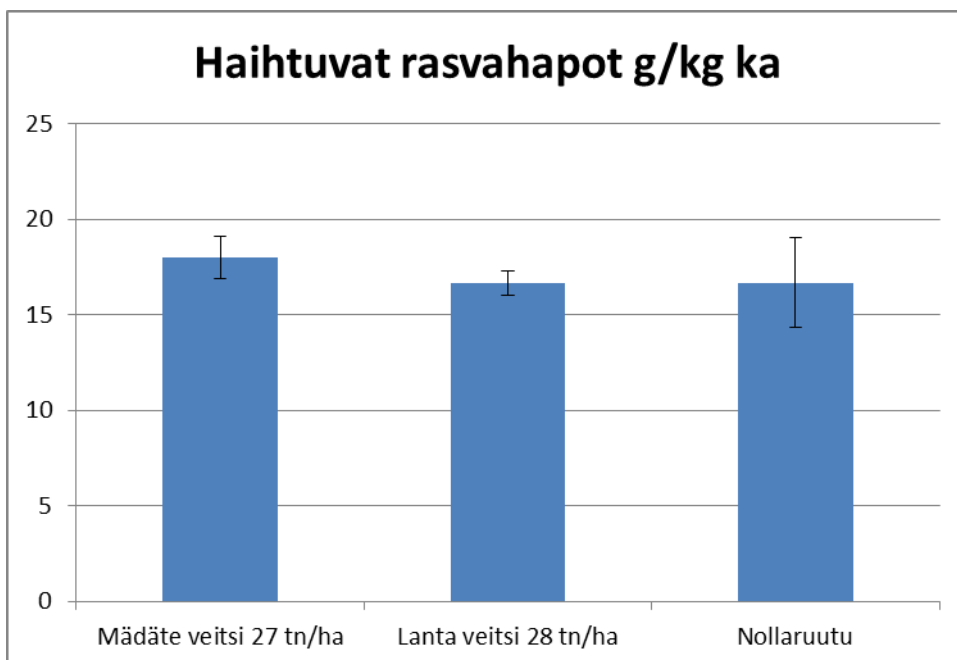
Kuvio 3. Mädätysjäännöksen vaikutus liukoisen typen määrään säilörehussa.

Haihtuvat rasvahapot

Haihtuvien rasvahappojen määrä rehussa kuvaa rehussa tapahtunutta sivu- tai virhekäymistä. Kun on kyse sivukäymisestä, rehun haihtuvat rasvahapot ovat pääasiassa etikkahappoa. Vähän ja hallitusti käyneissä rehuissa on yleensä sivukäymisestä. Hyvälaatuinen säilörehu sisältää haihtuvia rasvahappoja alle 20 g/kg ka. Virhekäymisessä rehuun puolestaan muodostuu voi-happoa. Rehu on virhekäynyttä, jos haihtuvia rasvahappoja on yli 25 g/kg ka. (Säilörehun laatu-määritykset 2012.)

Haihtuvien rasvahappojen määrä rehussa näyttäisi olevan hieman suurempi mädätysjäännöksellä lannoitetuilla koeruuduilla (kuvio 4). Nollaruudun 95 % luottamusväliviiva on kuitenkin lähes samoissa lukemissa mädätysjäännöksellä lannoitetun viivan kanssa. Hypoteesina on, että lannoitteella ei ole vaikutusta säilörehun haihtuvien rasvahappojen määrään. Varianssianalyysin (liite 3) p-

arvo on 0,4410, eli eri lannoitteiden vaikutuksessa haihtuvien rasvahappojen määrään ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

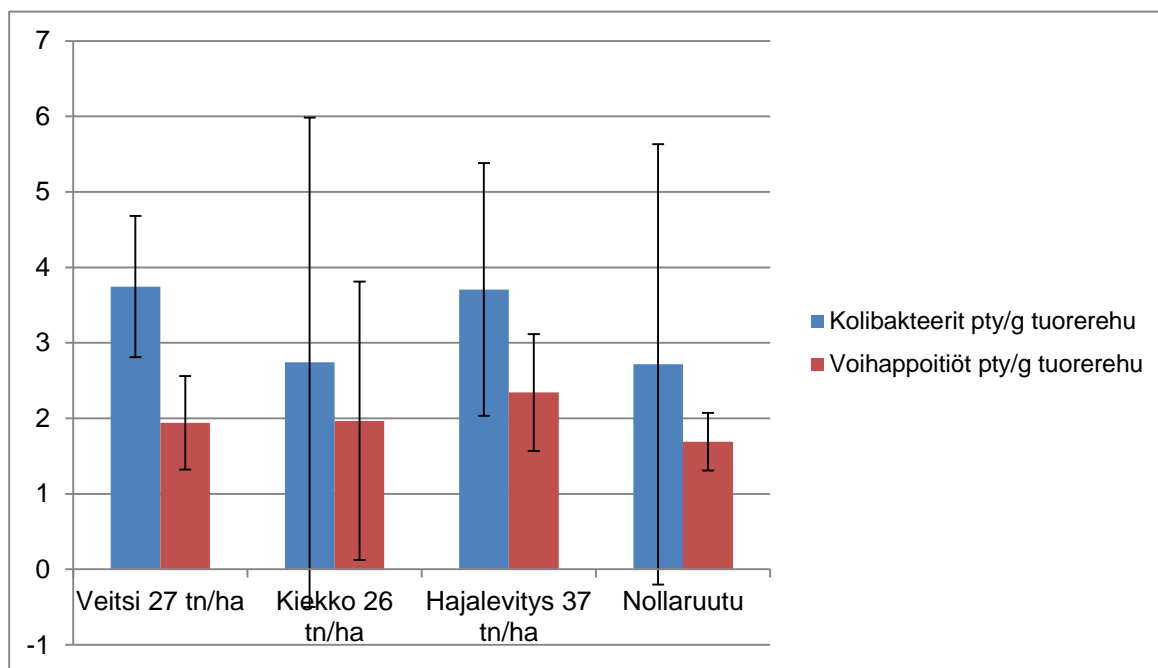


Kuvio 4. Mädätysjäännöksen vaikutus haihtuvien rasvahappojen määrään.

6.2 Lannoitusmenetelmän vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun

6.2.1 Levitysmenetelmän vaikutus niitonurmen mikrobiologiseen laatuun

Hypoteesina on, että kolibakteerien ja voihappobakteerien määrään ei vaikuta se, mitä lannoitusmenetelmää käytetään. Kaikissa vertailussa olevissa menetelmissä on käytetty mädätysjäännöstä lannoitteena. Kuviosta 5 voidaan nähdä veitsimultaimen ja hajalevityksen palkkien olevan samalla tasolla, ja kiekkomultaimen ja nollaruudun samalla tasolla. Kiekkomultaimella lannoitetut alat sisältävät siis suhteessa vähemmän kolibakteereja kuin veitsimultaimella ja hajalevityksellä lannoitetut. 95 % luottamusvälipalkit ovat toisiinsa limittäin joka kohdassa, eli eroilla eri lannoitusmenetelmien välillä ei ole tilastollisesti merkittävää eroa. Saman asian todistaa myös varianssianalyysi (liite 4), jonka perusteella lannoitusmenetelmällä ei ole tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kolibakteerien määrään rehussa p-arvon ollessa 0,4101. Varianssianalyysi (liite 4) näyttää voihappotiöiden kohdalla samansuuntaisen tuloksen: p-arvo on 0,3754. Kuvion 5 mukaan hajalevitysmenetelmällä lannoitettujen alojen tuorerehu sisältää hieman enemmän voihappotiöpesäkkeitä, kuin vastaavilla lannoitemäärillä lannoitetut veitsi- ja kiekkomultainalat. Ero ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevä.

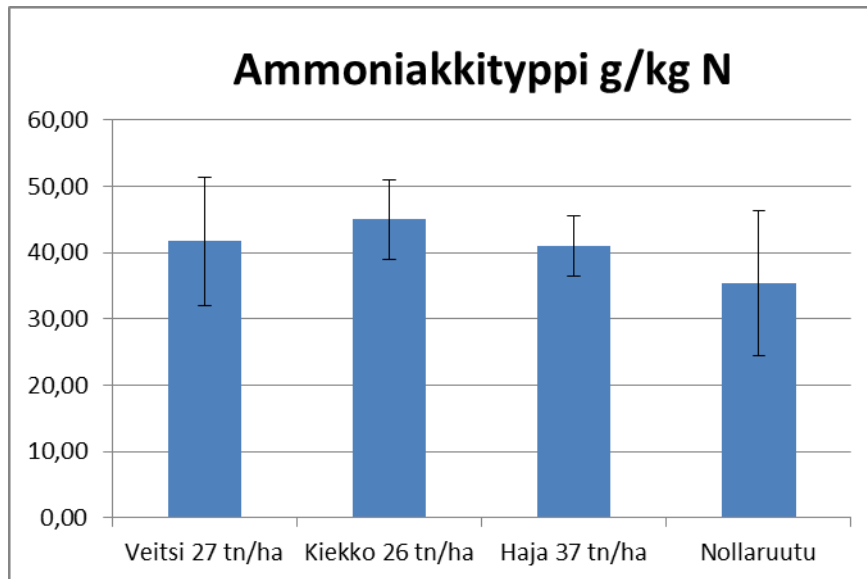


Kuvio 5. Lannoitusmenetelmän vaikutus kolibakteerien ja voihappotiöiden määrään

6.2.2 Levitysmenetelmän vaikutus rehun säilönnälliseen laatuun

Ammoniakkityppi

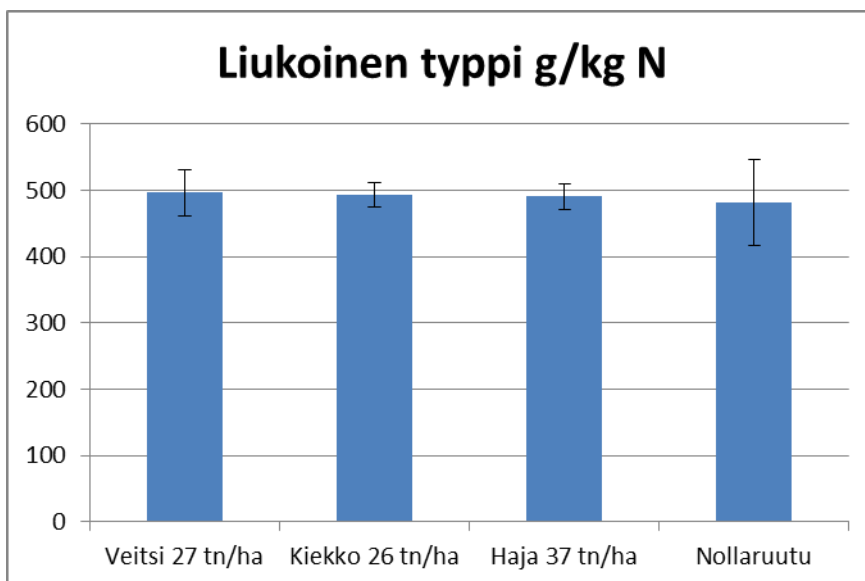
Hypoteesina on, että levitysmenetelmällä ei ole vaikutusta säilörehun ammoniakkityypen määrään. Kaikkien verrattavien koeruujujen rehut ovat hyvin säilyneitä ammoniakkityypen osalta (kuvio 6). Kaikkien levitysmenetelmien ammoniakkiluku on reilusti alle 60 g/kg kokonaistypestä. Kuvion 6 mukaan kiekkomultaimella lannoitetun alan ammoniakkityppimäärä on hieman korkeampi muihin levitysmenetelmiin verrattuna. Varianssianalyysin (liite 5) perusteella voidaan todeta, että eri levitysmenetelmillä lannoitettujen nurmien välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa (p-arvo 0,4749).



Kuvio 6. Levitysmenetelmien vaikutus ammoniakkitypen määrään

Liukoinen typpi

Hypoteesina on, että levitysmenetelmällä ei ole vaikutusta liukoisen typen määrään. Kaikkien levitysmenetelmien arvot ovat tasaisia ja hieman korkeampia, kuin hyvin säilyneen rehun arvojen kuuluisivat olla (kuvio 7). Arvot eivät kuitenkaan ole virhekäyneen ja pilaantuneen rehun tasolla, eli yli 600 g/kg ka. Kun verrataan eri levitysmenetelmien vaikutusta liukoisen typen määrään, saadaan P-arvoksi 0,9554. Se tarkoittaa, että vaihtoehdohypoteesi astuu voimaan. Vaihtoehdohypoteesi on, että levitysmenetelmällä on vaikutusta liukoisen typen määrään. Tulos on tilastollisesti merkitsevä (P-arvo <0,05). Lähempi tarkastelu ei tuonut merkitseviä tuloksia eri levitysmenetelmien välille.

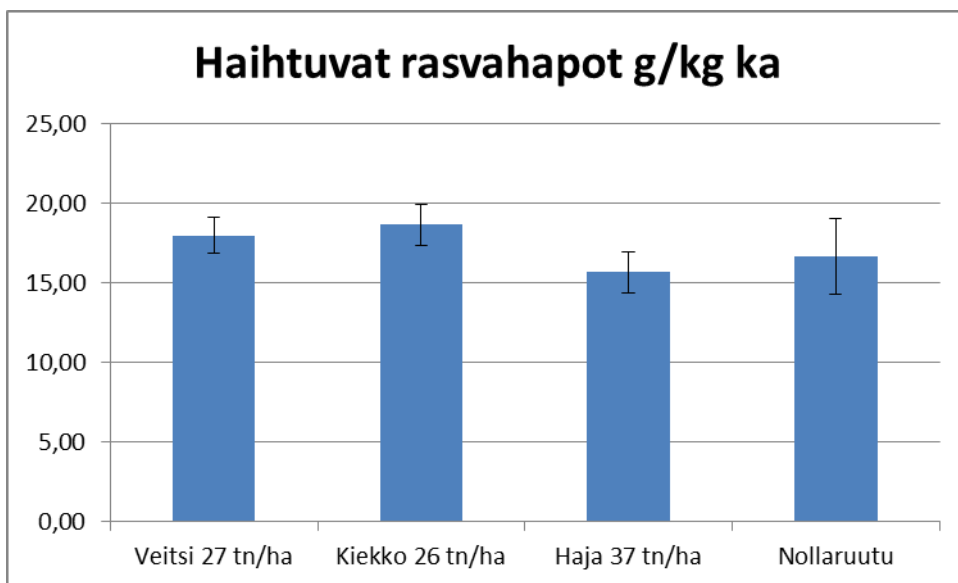


Kuvio 7. Levitysmenetelmän vaikutus liukoisen typen määrään

Haihtuvat rasvahapot

Oletuksena on, että levitysmenetelmällä ei ole vaikutusta haihtuvien rasvahappojen määrään rehussa. Kaikkien koealojen rehut ovat hyvin säilyneitä haihtuvien rasvahappojen määrän ollessa vähemmän kuin 20 g/kg ka (kuvio 8). Varianssianalyysin (liite 5) p-arvo on 0,1155, eli hypoteesi pitää paikkansa, mutta sillä ei ole tilastollista merkitsevyyttä. Koska p-arvo on niin lähellä merkitsevyyden rajaa, otettiin tulokset tarkempaan tarkasteluun.

Veitsi- ja kiekkomultaimen sekä hajalevityksen välillä on merkitsevää eroa hajalevityksen eduksi (liite 5) p-arvon ollessa 0,0359. Täten ilman nollaruudun arvoja ero on tilastollisesti merkitsevä. Hajalevitys on siis parempi vaihtoehto haihtuvien rasvahappojen määrää katsottaessa verrattuna veitsi- ja kiekkomultaimen. Hajalevityksen todellinen lannoitemäärä on lisäksi yli 10 tn hehtaaria kohden korkeampi, mikä olisi osittain selittänyt päinvastaista tulosta, jos sellainen olisi tullut.

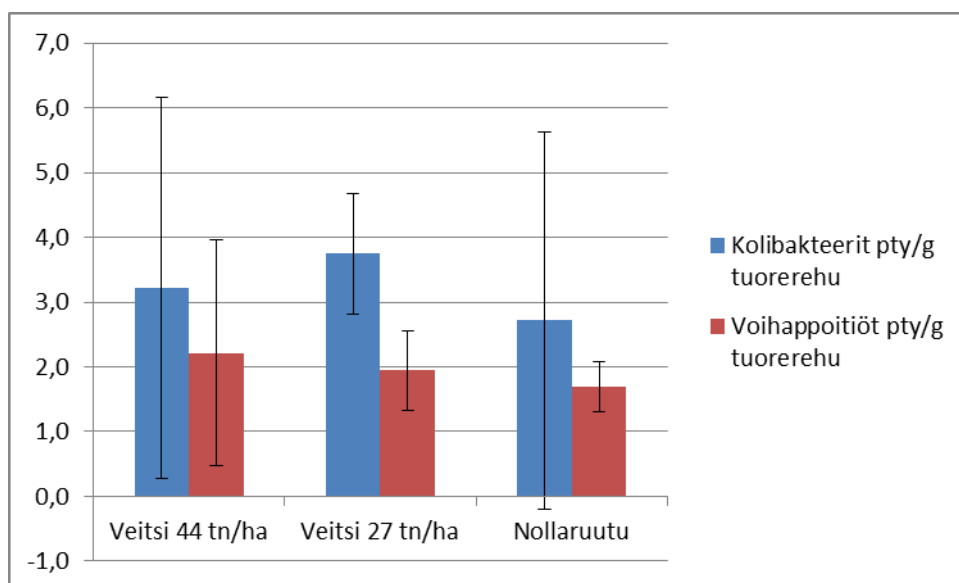


Kuvio 8. Levitysmenetelmien vaikutus haihtuvien rasvahappojen määrään

6.3 Lannoitemäärän vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun

6.3.1 Lannoitemäärän vaikutus niitonurmen mikrobiologiseen laatuun

Lannoitemäärän vaikutusta koliformisten bakteerien määrään laskettaessa huomioitiin veitsimultaimella lannoitetut koeruudut eri lannoitemäärillä sekä nollaruudut. Kaikki koeruudut on lannoitettu mädätysjäännöksellä vertailun mahdollistamiseksi. Bakteereiden pesäkkeitä tuottavien yksikköjen määrä grammassa rehua on muutettu 10-kantaiseksi logaritmiiksi jakauman muuttamiseksi varianssianalyysille sopivaksi. Hypoteesina on, että lannoitusmäärät eivät vaikuta kolibakteerien määrään. Kuvio 10 näyttää, että 95 % luottamusvälien perusteella merkitsevää eroa eri levitysmäärien välillä ei ole. Bakteerimäärä ei nouse lineaarisesti lannoitemäärän noustessa. Varianssianalyysin (liite 6) perusteella (p-arvo 0,48591) voidaan todeta, että eri lannoitemäärien välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.



Kuvio 9. Lannoitemäärän vaikutus kolibakteerien ja voihappotiöiden määrään

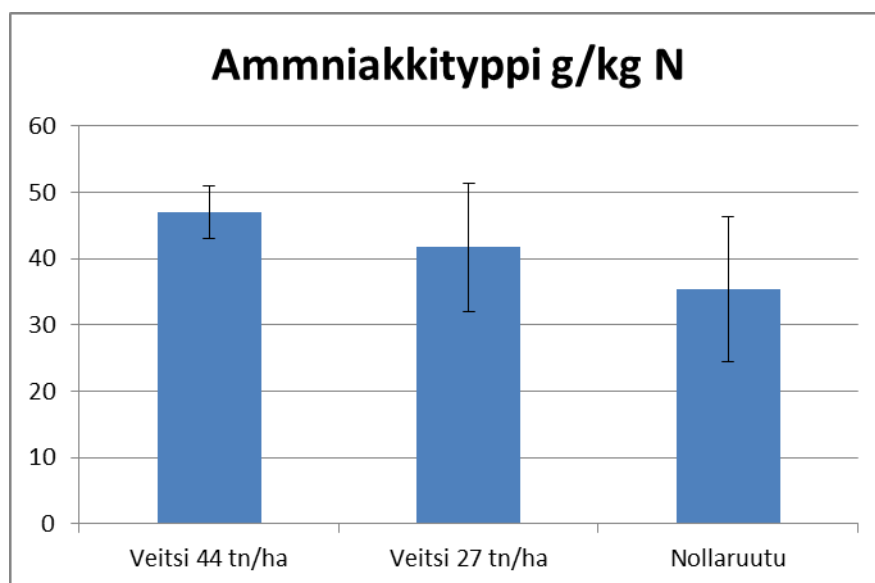
Hypoteesina on, että lannoitusmäärällä ei ole tilastollisesti merkittävää vaikutusta voihappotiöiden määrään. Kuvio 10 voidaan nähdä, että voihappotiöiden määrä kasvaa lineaarisesti lannoitemäärän noustessa, mutta 95 % luottamusvälipalkkien mukaan merkitsevää eroa ei kuitenkaan ole. Lannoitemäärän vai-

kutusta voihamppoioiden määrään on laskettu myös varianssianalyysillä (liite 6), joka näyttää, että ero ei ole tilastollisesti merkitsevä (p-arvo 0,4008).

6.3.2 Lannoitemäärän vaikutus rehun säilönnälliseen laatuun

Ammoniakkityppi

Ammoniakkitypen osuus kokonaistyyppimäärästä on hyvälaatuisella säilörehulla alle 60 g/kg kokonaistypestä. Kuvion 11 tietojen mukaan levitysmäärän kasvaessa kohoaa myös ammoniakkitypen osuus. Määrät on laskettu kolmen koe-ruudun keskiarvojen perusteella ja kuviossa olevat palkit näyttävät 95 % luottamusvälin. Luottamusvälit huomioon ottaen voidaan todeta, että lannoitemäärällä ei ole vaikutusta ammoniakkitypen määrään säilörehussa. Varianssianalyysi (liite 7) osoittaa tiedon oikeaksi p-arvon ollessa 0,2570.

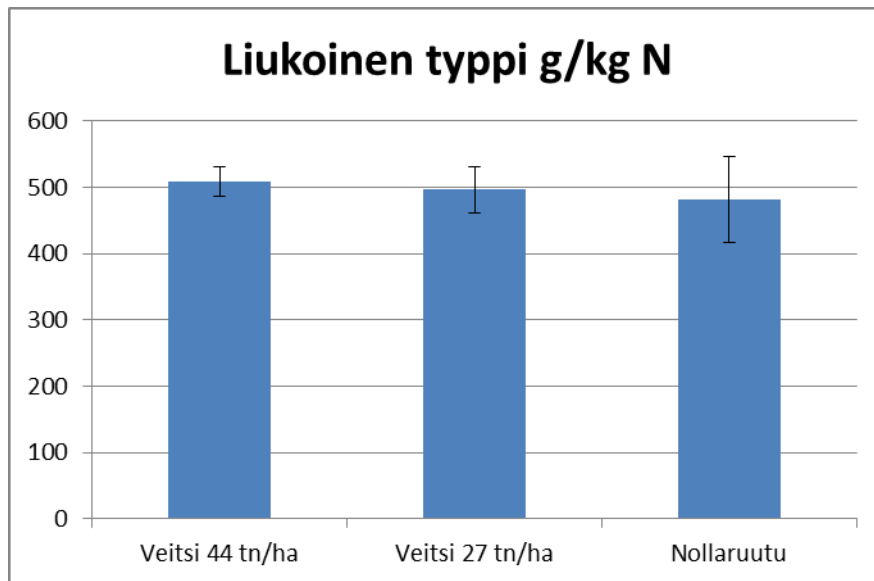


Kuvio 10. Lannoitemäärän vaikutus säilörehun ammoniakkitypen määrään

Liukoinen typpi

Liukoisen typen osuus kokonaistypestä näyttäisi olevan melko samalla tasolla lannoitusmäärästä riippumatta (kuviot 11). Liukoisen typen osuus on riskirajoilla säilörehun laadun suhteen (400–600 g/kg N). Rehussa olisi ollut virheikäymistä, jos vastaava luku olisi yli 600 g/kg kokonaistypeä. Hypotesina on, että lannoitemäärällä ei ole vaikutusta liukoisen typen määrään kokonaistyyppimäärästä.

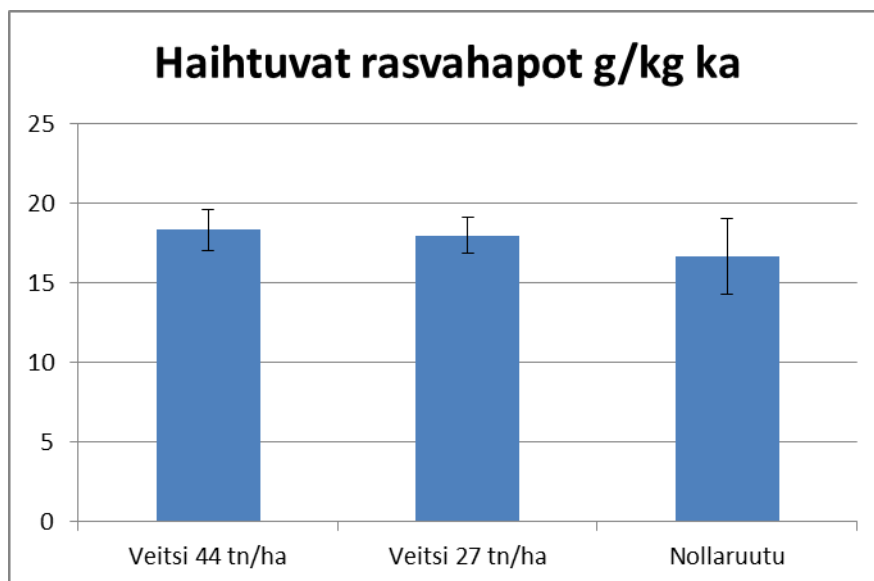
Varianssianalyysi (liite 7) osoittaa nollihypoteesin pitävän paikkansa (p-arvo 0,7176).



Kuvio 11. Lannoitemäärän vaikutus säilörehun liukoisen typen määrään

Haihtuvat rasvahapot

Hyvän säilörehun haihtuvien rasvahappojen määrä on alle 20 g kilossa kuiva-ainetta. Kuvio 13 näyttää, että haihtuvien rasvahappojen määrä on ollut melko samalla tasolla levitysmäärästä riippumatta. Hypoteesina on, että lannoitemäärällä ei ole vaikutusta haihtuvien rasvahappojen määrään säilörehussa. Nollihypoteesi pitää paikkansa, eli tilastollisesti merkitsevää eroa lannoitemäärien välillä ei ole (liite 7).



Kuvio 12. Lannoitemäärän vaikutus haihtuvien rasvahappojen määrään

7 Päätäntä ja pohdinta

7.1 Mädätysjäännöksen vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun

Ensimmäisenä tutkimusongelmana oli tutkia, onko mädätysjäännöksellä lannoitteena vaikutusta rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun. Vertailuun otettiin koealat, jotka oli lannoitettu mädätysjäännöksellä (27 tn/ha) ja naudan lietelannalla (28 tn/ha) sekä lannoittamattomat nollaruudut.

Mädätysjäännöksen, karjanlannan ja nollaruutujen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa rehun kolibakteeripitoisuudessa tai säilönnällisessä laadussa. Sen sijaan mädätysjäännöksen, naudan lietelannan ja nollaruudun välillä oli tilastollisesti merkitsevää eroa voihappotioiden määrissä p-arvolla 0,0197. Agrologiopiskelijaryhmä AMNS07 oli kesällä 2010 tehdyssä kenttäkokeessa saanut sen suuntaisia tuloksia, että mädätysjäännöksellä saattaa olla vaikutusta rehun kolibakteeri- ja voihappotiöpitoisuuteen.

Tarkempi tutkimus osoitti, että mädätysjäännöksen ja karjanlannan välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, mutta karjanlannan ja nollaruudun välillä puolestaan oli (p-arvo 0,0266). Saadusta tuloksesta voidaan päätellä, että aina, kun

peltoon laitetaan bioperäistä lannoitetta, riski voihappoitiöpitoisuuden nousuun kasvaa. Vaikka voihappoitiöitä esiintyi niitetyssä nurmessa, ei säilörehussa esiintynyt voihappokäymisen merkkejä. Voihappoitiöt ovat todennäköisesti säilyneet pyöröpaalissa pääosin itiömuodossa, eivätkä ole päässeet lisääntymään riittävän matalan pH:n vuoksi. Myös rehun kuiva-ainepitoisuudella saattaa olla vaikutusta rehun voihappoitiöpitoisuuteen. Mädätysjäännöksellä lannoitetun ja nollaruudun välillä ei ole merkitsevää eroa, joten voidaan todeta, että mädätysjäännös on lannoittamattoman nurmen tasolla voihappoitiöpitoisuudeltaan.

Mädätysjäännöksen vertailussa naudon lietalantalannoitettuun ja lannoittamattomaan koealaan ei saatu tilastollisesti merkittäviä tuloksia viitaten siihen, että mädätysjäännös olisi lietalantaa huonompi vaihtoehto peltolannoitteena. Mädätysjäännöksessä on paljon muita hyviäkin puolia. Se on esimerkiksi nopeammin kasvien hyödynnettävissä, koska suuri osa käsiteltävien materiaalien sisältämästä orgaanisesta tyyppistä muuttuu liukoiseksi ammoniakkitypeksi. Tyypin haihtuminen ja huuhtoutuminen vesistöihin jäävät alhaisemmiksi kuin käytettäessä lantaa lannoitteena. Tärkeät ravintoaineet saadaan kokonaan kasvien käyttöön, koska ne eivät muutu käsittelyn aikana. Mädätysjäännöksen käyttö lisää muiden orgaanisten aineiden tapaan maaperän humuspitoisuutta. Se ei myöskään köyhdytä maaperää mineraalilannoitteiden tapaan. Lisäksi mädätysjäännös on lopputuotteena tasalaatuisempaa ja juoksevampaa, joten käsitellyt materiaalit imeytyvät nopeammin peltoon. Tyypin haihtuminen vähenee ja naapuritaloja haittaavat hajut katoavat nopeasti levityksen jälkeen. (Lehtomäki ym. 2007, 44–45.)

Jos väkilannoitteiden hinta nousee myös tulevaisuudessa ja biokaasulaitokset yleistyvät, saattaa mädätysjäännös olla varteenotettava vaihtoehto peltolannoitteena. Työn tekijä mukaan tutkimuksen tulokset saattavat hyvinkin vaikuttaa maanviljelijöiden päätöksiin käyttää mädätysjäännöstä lannoitteena tulevaisuudessa.

7.2 Lannoitusmenetelmän vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun

Toisena tutkimusongelmana oli tutkia, onko lannoitusmenetelmällä vaikutusta säilörehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun. Vertailtavia lannoitusmenetelmiä olivat veitsi- ja kiekkomultaimet, hajalevitys ja nollaruudut. Kaikkien levitysmenetelmien tavoitearvo levitysmäärissä oli 25 tn/ha. Hajalevityksen lannoitemäärä poikkesi tavoitemäärästä ylittäen sen hieman yli 10 tn/ha, mutta muiden levitysmenetelmien lannoitemäärät osuivat lähelle tavoitetta.

Levitysmenetelmiä vertailtaessa keskiarvojen mukaan katsottaessa veitsimultain- ja hajalevitysaloilla oli selvästi enemmän kolibakteereja, kuin kiekkomultaimella lannoitetuilla ja lannoittamattomilla aloilla. Voihappotiöiden kannalta katsottuna hajalevitysalalla oli keskiarvojen mukaan eniten voihappotiöpesäkeitä verrattuna veitsi- ja kiekkomultaimen. Levitysmenetelmien välillä mikrobiologisessa laadussa ei ole kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää eroa. Erkki Joki-Tokola oli tutkimuksessaan (1998) vertailnut letku- ja hajalevityksellä lannoitettujen rehujen voihappotiöpitoisuutta ja todennut, että letkulevittimellä lannoitetut rehut sisälsivät vähemmän voihappotiöitä. Tulokset ovat samansuuntaisia kuin tässä tutkimuksessa, mutta toisaalta koejärjestely oli erilainen.

Rehun säilönnällisessä laadussa puolestaan saatiin tilastollisesti merkitseviä tuloksia. Ammoniakkitypen määrä oli kiekkomultaimella suurin keskiarvojen mukaan katsottuna ilman tilastollisesti merkitsevää eroa. Sen sijaan levitysmenetelmän vaikutus liukoisen typen määrään on melkein tilastollisesti merkitsevä (p-arvo 0,9554). Nollahypoteesi muuttuu käänteiseksi hypoteesiksi, eli että levitysmenetelmällä on vaikutusta säilörehun liukoisen typen osuuteen kokonaistyyppistä. Tarkempia tilastollisesti merkitseviä tuloksia eri levitysmenetelmien välille ei saatu. Levitysmenetelmien vaikutusta haihtuvien rasvahappojen määrään, saatiin p-arvoksi 0,1155. Tulosta laskettiin tarkemmin, ja kun vertailtiin veitsi- ja kiekkomultainta sekä hajalevitysmenetelmää toisiinsa, saatiin tilastollisesti merkitsevä tulos. P-arvon ollessa 0,0359 voidaan todeta, että hajalevitys on parempi vaihtoehto haihtuvien rasvahappojen määrää katsottaessa kuin veitsi- ja kiekkomultain. Tulos on yllättävä, koska yleinen ajattelutapa on, että lannoitteen sijoittaminen nurmeen on aina parempi vaihtoehto.

7.3 Lannoitemäärän vaikutus rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun

Kolmantena tutkimusongelmana oli tutkia, onko lannoitemäärällä vaikutusta rehun mikrobiologiseen ja säilönnälliseen laatuun. Vertailussa käytettiin veitsilevintä 44 tn/ha ja 27 tn/ha levitysmäärillä sekä nollaruutua. Kaikilla lannoitetuilla aloilla käytettiin mädätysjäännöstä lannoitteena.

Lannoitemäärällä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä mikrobiologiseen tai säilönnälliseen laatuun. Kolibakteerien määrä ei noussut lineaarisesti lannoitemäärän kasvaessa, joten kyseiset bakteerit ovat olleet peräisin jostain muualta kuin lannoitteesta. Kyse voi olla myös sattumasta. Erkki Joki-Tokola (1998) on saanut tutkimuksessaan tuloksen, että lietelannoitus lisää kasvuston kolibakteeripitoisuutta. Eroavat tulokset voivat johtua siitä, että Joki-Tokola on käyttänyt tutkimuksessaan lannoitteena lietelantaa, kun taas tässä tutkimuksessa lannoitteena oli mädätysjäännös. Aiemmin kohdassa 7.1 todettiin, että mädätysjäännöksen ja karjanlannan välillä ei ole tilastollisesti merkittävää eroa kolibakteeripitoisuudessa.

Voihappoitioiden, ammoniakkitypen, liukoisen typen ja haihtuvien rasvahappojen määrät nousivat lineaarisesti lannoitemäärän noustessa ilman tilastollista merkitsevyyttä.

7.4 Tutkimuksen luotettavuus

Kenttäkokeen suunnittelu ja käytännön järjestelyt tehtiin huolellisesti. Ennen kenttäkokeen aloittamista suunniteltiin tarkka aikataulu ja tehtiin tarvittavat taulukot tulosten kirjaamista varten. Tällä tavalla varmistettiin, että kaikki tarvittavat tulokset kirjataan ja että ne löytyvät, kun niiden analysointi aloitetaan. Koe suoritettiin riittävällä tarkkuudella pyrkimällä siihen, että mahdollisuudet virheisiin lopputuloksissa olisivat mahdollisimman pienet. Kenttäkokeen ruutukerroin oli kolme, jotta kenttäkokeesta olisi mahdollista saada tilastollisesti merkitsevää tutkimustietoa. Tietojen kirjaamisessa on voinut olla virheitä, koska siihen osallistui useita henkilöitä. Toisaalta mitä useampi henkilö tietoja tarkastelee, sitä varmemmin niissä ei ole virheitä. Laskennassa on saattanut tapahtua virheitä,

koska käsiteltäviä lukuja oli niin paljon. Toisaalta lukujen analysoinnissa on oltu huolellisia, ja ne on tarkistutettu moneen muillakin virheiden varalta. Lukuja käsiteltiin taulukkolaskentaohjelmistolla riittävän tarkasti virhemarginaalin pienentämiseksi.

7.5 Oppimisprosessi ja ammatillinen kehitys

Tutkimus antoi paljon uutta tietoa säilörehun hygieeniseen laatuun ja mikrobiologiaan liittyen. Teoriatieto lisääntyi tutkimuksen edetessä. Myös kenttäkokeen järjestäminen ja sen tulosten tulkinta tuli aivan uutena asiana. Oli haastavaa ja samalla antoisaa olla projektissa mukana alusta asti alkaen suunnittelusta ja päättyen tulosten analysointiin. Kehityin tilastollisessa testaamisessa ja tiedonhaussa

7.6 Toimenpidesuosituksat ja jatkotutkimusaiheet

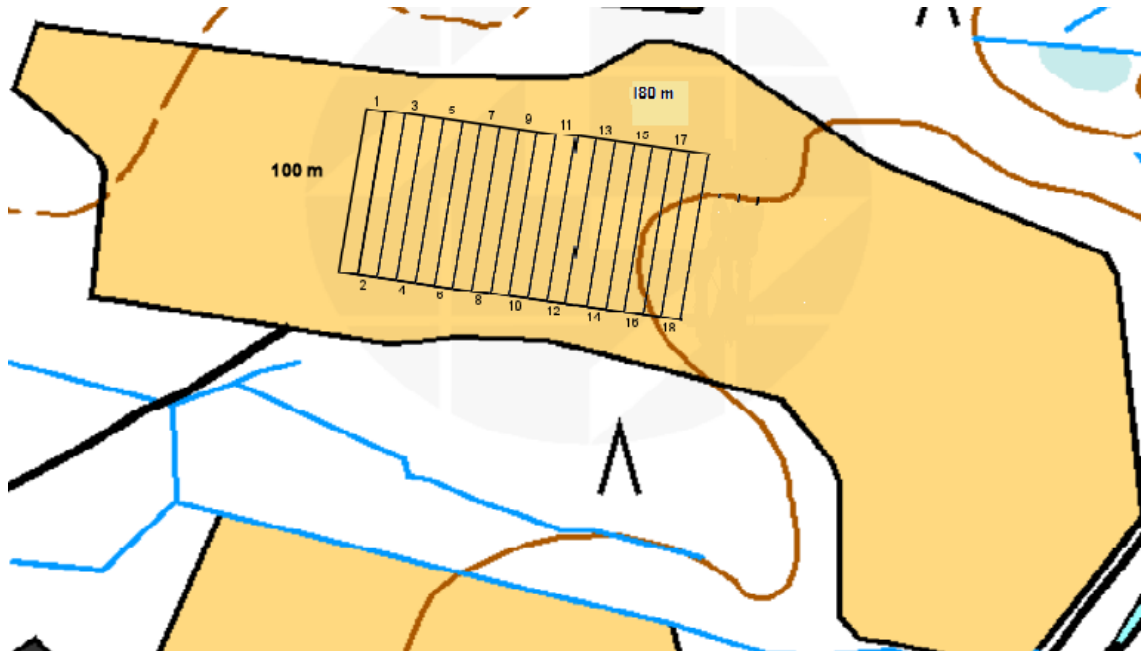
Mädätysjäännös lannoitteena voi tulevaisuudessa olla vartenotettava vaihtoehto naudanolannalle ja kemiallisille lannoitteille. Mädätysjäännös melko uutena asiana tarvitsee kuitenkin lisää tutkimustietoa, jotta maanviljelijät uskaltavat ruveta sitä käyttämään. Kenttäkokeessamme ei ollut mukana vertailussa kemiallisia lannoitteita, koska kenttäkoe järjestettiin luomutilan pellolla. Mädätysjäännöksen ja kemiallisen lannoitteen eroja ja yhtäläisyyksiä olisi hyvä tutkia. Otoskoon pitäisi olla suurempi, jotta merkityksellisiä tuloksia saataisiin aikaan.

LÄHTEET

- Aho, J. & Hildèn, T. 2007. Maidon matkassa. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Häikiö, I. 1994. Mikrobiologia. Porvoo: WSOY.
- Joki-Tokola, E. 1998. Lietelannan levityssajan- ja tavan sekä ilmastuksen vaikutus säilörehusadon määrään ja laatuun. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus.
- Kautonen. 2008. 3 vuoden kokemukset matalamultaimesta. Maatilan Pirkka 6/2008.
- Kärki, M. 2010. Maidon laatu ja eläinten terveys 24.11.2010. Maito ja Me. [Http://ammattilaiset.valio.fi/maitojame/laatu10/laatu_10.htm](http://ammattilaiset.valio.fi/maitojame/laatu10/laatu_10.htm), Raakamaidon korkea itiöpitoisuus vaanii juustonvalmistuksessa. 16.4.2012.
- Laukkanen, H. 2012. Mädätteen levitysmenetelmien erot ja vaikutus säilörehun rehuarvoihin ja satotasoon. PKAMK. Opinnäytetyö. <https://publications.theseus.fi/>, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, Mädätteen levitysmenetelmien erot ja vaikutus säilörehun rehuarvoihin ja satotasoon. 18.4.2012.
- Lehtomäki & Paavola & Luostarinen & Rintala. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän Yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85.
- Linnakallio. 2010. Onnistunut säilöntäprosessi tuottaa hyvää säilörehua. Maito ja Me. Säilörehu 2/2010. [Http://ammattilaiset.valio.fi/maitojame/sailorehu10/sailorehu10.htm](http://ammattilaiset.valio.fi/maitojame/sailorehu10/sailorehu10.htm), Onnistunut säilöntäprosessi tuottaa hyvää säilörehua. 16.4.2012.
- Linnakallio. 2011. Rehunsäilönnän perusteet ja säilöntäratkaisut. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Artturikirjasto/Artturikoulutus/urakoitsijapassi>. 30.4.2012.
- McDonald ym. 1991. Silage fermentation processes and their manipulation. [Http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/stock/003/Silage/HTML/Paper2.htm](http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/stock/003/Silage/HTML/Paper2.htm). 21.3.2012.
- Niskanen, H. 2002. Laatujuustojen valmistus alkaa jo maitotilalla. Maidon laatu ja eläinten terveys 20.11.2002. Maito ja Me. [Http://ammattilaiset.valio.fi/maitojame/laatuterveys_02/index.htm](http://ammattilaiset.valio.fi/maitojame/laatuterveys_02/index.htm), Laatujuustojen valmistus alkaa jo maitotilalla. 16.4.2012.
- Nousiainen, J. Nurmirehun säilöntämenetelmät. Valio Oy, alkutuotanto. [Http://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Artturikirjasto/Artturikoulutus/urakoitsijapassi/985ECA99977647A4E040A8C0033C495A](http://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Artturikirjasto/Artturikoulutus/urakoitsijapassi/985ECA99977647A4E040A8C0033C495A). 16.4.2012.
- Nysand & Suokannas & Saarisalo & Heikkilä & Jauhiainen & Taimisto & Jaakkola. 2006. Lietelannan ja karhotuksen vaikutus säilörehun laatuun. MTT. [Http://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys/Julkaisut/Rehuntuotantoteknologiankehitys](http://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys/Julkaisut/Rehuntuotantoteknologiankehitys), Lietelannan ja karhotuksen vaikutus säilörehun laatuun. 13.4.2012.

- Sipilä, A. 2006. Rehuarvot ja laatukäsitteet. Nurmitieto 4.1.1.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys>, Nurmitieto, Nurmitietojulkaisujen sisällysluettelo, 4.1.1. Rehuarvot ja laatukäsitteet. 25.4.2012.
- Sipilä, A. & Jaakkola, S. 2006. Säilöntäprosessin vaiheet. Nurmitieto 3.1.2.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys>, Nurmitieto, Nurmitietojulkaisujen sisällysluettelo, 3.1.2. Säilöntäprosessin vaiheet. 25.4.2012.
- Sipilä & Saarisalo. 2006. Rehun säilöntä. Nurmitieto 3.1.1.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys>, Nurmitieto, Nurmitietojulkaisujen sisällysluettelo, 3.1.1. Rehunsäilöntä. 25.4.2012.
- Slootsmid veitsimultain. http://www1.autoalanverkkopalvelu.fi/mediakone/aineistot/1082/slootsmid_veitsimultaimen_ominaisuudet%282%29.pdf. 3.5.2012.
- Sirkijärvi, T. 2010. Nurmen korjuu ja säilöntä. Valio Oy. <http://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Artturikirjasto/Artturikoulutus/urakoitsijapassi/>, Nurmen korjuu ja säilöntä. 16.4.2012.
- Spoof, J. 2010. Lehtori. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Luentomateriaali syksy 2010.
- Säilöntäprosessi. <http://www.farmit.net/kotielain/rehunsailonta/sailorehunvalmistus-ja-sailonta/sailontaprosessi>. 21.3.2012.
- Säilörehun laatumääritykset. MTT. Artturi.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Rehuanalyysi>
20.4.2012.

Kenttökoekartta



(Laukkanen 2012, 49)

Varianssianalyysi: Mädätysjäännöksen vaikutus kolibakteerien määrään

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi 27 tn/ha	3	11,23506912	3,74502304	0,142107231		
Veitsi karjanlanta 28 tn/ha	3	11,43572857	3,811909523	0,837251535		
Nollaruutu	3	8,146128036	2,715376012	1,380573113		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	2,267032545	2	1,133516272	1,440952109	0,308273	5,143253
Within Groups	4,719863756	6	0,786643959			
Total	6,986896301	8				

Varianssianalyysi: Mädätysjäännöksen vaikutus voihappotioiden määrään

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi 27 tn/ha	3	5,822203867	1,940734622	0,062481431		
Veitsi karjanlanta 28 tn/ha	3	8,40743893	2,802479643	0,29294226		
Nollaruutu	3	5,068151046	1,689383682	0,023612596		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	2,044764396	2	1,022382198	8,091960313	0,019785	5,143253
Within Groups	0,758072574	6	0,126345429			
Total	2,80283697	8				

Variananssianalyysi: Tarkempi vertailu naudan lietalannan ja nollaruudun välillä voihappoitöiden osalta.

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi karjanlanta 28 tn,	3	8,407439	2,80248	0,292942		
Nollaruutu	3	5,068151	1,689384	0,023613		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1,858474	1	1,858474	11,74188	0,026617	7,708647
Within Groups	0,63311	4	0,158277			
Total	2,491584	5				

Varianssianalyysi: Mädätteen vaikutus säilörehun ammoniakkitypen määrään

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Mädäte veitsi 27 tn/ha	3	125	41,66666667	72,33333333		
Lanta veitsi 28 tn/ha	3	113	37,66666667	0,33333333		
Nollaruutu	3	106	35,33333333	94,33333333		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	61,55555556	2	30,77777778	0,55289421	0,602028339	5,14325285
Within Groups	334	6	55,66666667			
Total	395,5555556	8				

Varianssianalyysi: Mädätteen vaikutus liukoisen typen määrään

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Mädäte veitsi 27 tn/ha	3	1490	496,6666667	945,3333333		
Lanta veitsi 28 tn/ha	3	1487	495,6666667	617,3333333		
Nollaruutu	3	1444	481,3333333	3369,333333		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	441,5555556	2	220,7777778	0,13429305	0,876889691	5,14325285
Within Groups	9864	6	1644			
Total	10305,55556	8				

Varianssianalyysi: Mädatteen vaikutus säilörehun haihtuvien rasvahappojen

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Mädäte veitsi 27 tn/ha	3	54	18	1		
Lanta veitsi 28 tn/ha	3	50	16,66666667	0,33333333		
Nollaruutu	3	50	16,66666667	4,33333333		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	3,55555556	2	1,77777778	0,94117647	0,441048267	5,14325285
Within Groups	11,33333333	6	1,88888889			
Total	14,88888889	8				

Varianssianalyysi: Levitysmenetelmän vaikutus kolibakteerien määrään.

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi 27 tn/ha	3	11,23506912	3,74502304	0,142107231		
Kiekko 26 tn/ha	3	8,225309282	2,741769761	1,703455436		
Hajalevitys 37 tn/ha	3	11,12057393	3,706857977	0,454336712		
Nollaruutu	3	8,146128036	2,715376012	1,380573113		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	2,987456324	3	0,995818775	1,082272754	0,410124	4,066181
Within Groups	7,360944983	8	0,920118123			
Total	10,34840131	11				

Varianssianalyysi: Levitysmenetelmän vaikutus voi happobakteerien määrään.

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi 27 tn/ha	3	5,822203867	1,940734622	0,062481431		
Kiekko 26 tn/ha	3	5,901385113	1,967128371	0,550919624		
Hajalevitys 37 tn/ha	3	7,026323849	2,34210795	0,097295457		
Nollaruutu	3	5,068151046	1,689383682	0,023612596		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0,65158143	3	0,21719381	1,183119247	0,375487	4,066181
Within Groups	1,468618217	8	0,183577277			
Total	2,120199646	11				

Varianssianalyysi: Levitysmenetelmän vaikutus ammoniakkitypen määrään

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Veitsi 27 tn/ha	3	125	41,66666667	72,33333333		
Kiekko 26 tn/ha	3	135	45	28		
Haja 37 tn/ha	3	123	41	16		
Nollaruutu	3	106	35,33333333	94,33333333		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	144,9166667	3	48,30555556	0,917194093	0,474956537	4,066180551
Within Groups	421,3333333	8	52,66666667			
Total	566,25	11				

Varianssianalyysi: Levitysmenetelmän vaikutus liukoisen typen määrään

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Veitsi 27 tn/ha	3	1490	496,6666667	945,3333333		
Kiekko 26 tn/ha	3	1478	492,6666667	277,3333333		
Haja 37 tn/ha	3	1472	490,6666667	286,3333333		
Nollaruutu	3	1444	481,3333333	3369,333333		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	380	3	126,6666667	0,103860608	0,955496553	4,066180551
Within Groups	9756,666667	8	1219,583333			
Total	10136,66667	11				

Varianssianalyysi: Levitysmenetelmän vaikutus haihtuvien rasvahappojen määrään

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Veitsi 27 tn/ha	3	54	18	1		
Kiekko 26 tn/ha	3	56	18,66666667	1,333333333		
Haja 37 tn/ha	3	47	15,66666667	1,333333333		
Nollaruutu	3	50	16,66666667	4,333333333		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	16,25	3	5,416666667	2,708333333	0,115538869	4,066180551
Within Groups	16	8	2			
Total	32,25	11				

Varianssianalyysi: Tarkempi tarkastelu kiekko- ja veitsimultaimen sekä hajalevityksen välillä haihtuvien rasvahappojen määrää tutkittaessa.

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Veitsi 27 tn/ha	3	54	18	1		
Kiekko 26 tn/ha	3	56	18,66667	1,333333		
Haja 37 tn/ha	3	47	15,66667	1,333333		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	14,88889	2	7,444444	6,090909	0,035937	5,143253
Within Groups	7,333333	6	1,222222			
Total	22,22222	8				

Lannoitusmäärän vaikutus (veitsimultaus-nollaruudut) koliformisten bakteerien määrään 10-kantaiseksi logaritmiiksi muutettuna

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi 44 tn/ha	3	9,662757832	3,220919277	1,399252888		
Veitsi 27 tn/ha	3	11,23506912	3,74502304	0,142107231		
Nollaruutu	3	8,146128036	2,715376012	1,380573113		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1,590431749	2	0,795215874	0,816462059	0,48571433	5,14325285
Within Groups	5,843866464	6	0,973977744			
Total	7,434298213	8				

Lannoitusmäärän vaikutus voihapputioiden määrään (veitsimultaus-nollaruudut) 10-kantaiseksi logaritmiiksi muutettuna.

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi 44 tn/ha	3	6,646112608	2,215370869	0,496678285		
Veitsi 27 tn/ha	3	5,822203867	1,940734622	0,062481431		
Nollaruutu	3	5,068151046	1,689383682	0,023612596		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0,415264884	2	0,207632442	1,068851957	0,400818814	5,14325285
Within Groups	1,165544624	6	0,194257437			
Total	1,580809508	8				

Varianssianalyysi: Lannoitemäärän vaikutus ammoniakkitypen määrään kokonaistyypistä

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi 44 tn/ha	3	141	47	12		
Veitsi 27 tn/ha	3	125	41,66666667	72,33333333		
Nollaruutu	3	106	35,33333333	94,33333333		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	204,6666667	2	102,3333333	1,718283582	0,25704647	5,14325285
Within Groups	357,3333333	6	59,55555556			
Total	562	8				

Varianssianalyysi: Lannoitemäärän vaikutus liukoisen typen määrään säilörehussa.

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi 44 tn/ha	3	1525	508,3333333	389,3333333		
Veitsi 27 tn/ha	3	1490	496,6666667	945,3333333		
Nollaruutu	3	1444	481,3333333	3369,333333		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1100,222222	2	550,1111111	0,350836168	0,71763594	5,14325285
Within Groups	9408	6	1568			
Total	10508,22222	8				

Varianssianalyysi: Lannoitemäärän vaikutus haihtuvien rasvahappojen määrään

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Veitsi 44 tn/ha	3	55	18,33333333	1,333333333		
Veitsi 27 tn/ha	3	54	18	1		
Nollaruutu	3	50	16,66666667	4,333333333		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	4,666666667	2	2,333333333	1,05	0,40644211	5,14325285
Within Groups	13,33333333	6	2,222222222			
Total	18	8				

Tavoitteelliset ja toteutuneet levitysmäärät m³/ha

Ruudun nro	Levitysmenetelmä	Tavoitteellinen levitysmäärä, m ³ /ha	Toteutunut levitysmäärä, m ³ /ha
1	Hajalevitys	25	37
2	Veitsimultain	25	27
3	Veitsimultain, naudän liete	25	28
4	Kiekkomultain	25	26
5	Veitsimultain	25	27
6	Kiekkomultain	25	26
7	Veitsimultain	40	44
8	Nollaruutu	0	0
9	Veitsimultain	25	27
10	Veitsimultain	40	44
11	Nollaruutu	0	0
12	Veitsimultain, naudän liete	25	28
13	Nollaruutu	0	0
14	Veitsimultain	40	44
15	Kiekkomultain	25	26
16	Hajalveitys	25	37
17	Hajalevitys	25	37
18	Veitsimultain, naudän liete	25	28