

**LIHALUUJAUHOLANNOITUKSEN VAIKUTUS MALLASOHRAN
SATOON**

Hanna Rummukainen
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Agroekologia
2018

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Hanna Rummukainen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Lihaluujauholannoituksen vaikutus mallasohran satoon			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agroekologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year joulukuu 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 36 s.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Maapallon väkiluvun kasvaessa on tärkeää keskittyä ruoantuotannon tehostamiseen, sillä viljelypinta-ala, puhdas juomavesi ja käytössämme olevat luonnonvarat eivät nykytahdilla enää riitä. Maailman peltoekosysteemeistä valuu hukkaan suuria määriä typpeä ja fosforia, joilla on ilmastoa lämmittävä ja vesistöjä rehevöittävä vaikutus. Ravinnekierrätyksen kehittäminen on olennainen osa kestäväää ja vastuullista maataloutta. Yhdistämällä eläin- ja kasvintuotanto voidaan ravinteita kierrättää maatalousekosysteemeissä, koska lannassa ja muissa eläinperäisissä sivutuotteissa on rehukasveihin kylvettyjä ravinteita. Lihaluujauho koostuu pääosin proteiinista (n. 50 %), tuhkasta (n. 35 %) ja rasvasta (8–12 %) (NPK 8–5–1). Aiemmissa lannoituskokeissa lihaluujauholla on jo saatu lupaavia tuloksia. Tässä tutkimuksessa tavoite oli selvittää, miten lihaluujauholannoite vertautuu erityisesti mineraalilannoitteeseen ohran sadon kasvattajana.</p> <p>Kenttäkokeessa verrattiin kahden lihaluujauhovalmisteen, ”Viljon” ja ”Kana-Viljon” lannoitustehoa mallasohralla mineraalilannoitteeseen ja kananlantaan Viikissä vuonna 2015. Koekasvina oli kaksitahoinen mallasohra (<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>distichon</i>) lajike <i>Streif</i>. Kutakin lannoitetta annosteltiin kahdella typpiportaalla, 80 ja 160 kg N/ha. Saatuja keskisatoja ja hehtolitrapainoja verrattiin lannoittamattoman kontrollijäsenen antamaan satoon. Vaikka yksikään kierrätyslannoite ei tuottanut mineraalilannoitteen veroista sadon lisäystä, oli kaikkien lannoitteiden ero kontrollijäsenen nähden merkitsevä. Hehtolitrapainoissa merkitsevää eroa ei ollut, eikä typpimäärän kaksinkertaistaminen parantanut satoja merkitsevästi. Typpimäärän ja lannoitelajin välillä ei ollut yhdysvaikutusta. Koska mallasohralla runsas typen saanti lisää jyvän valkuaisainepitoisuutta, ei korkeampi typpiportras välttämättä anna hyvälaatuista satoa. Lihaluujauhon haaste on sen hitaasti liukeneva fosfori, joten uusimalla koe seuraavana vuonna olisivat satovaikutukset saattaneet olla toisenlaisia, kun vuoden 2015 fosfori olisi jo ollut maassa käytettävissä. <i>Streif</i> on aikainen lajike ja koealue lannoitettiin juuri ennen kylvöä, joten kaikki lihaluujauhon typpikään ei välttämättä ehtinyt liueta kasvin saataville. Kuitenkin, koska jo näin pienellä aineistolla saatiin tilastollisesti merkitseviä lannoitusvaikutuksia, on lihaluujauholannoituskokeita syytä jatkaa.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Lihaluujauho, lannoitus, lannoituskoe, ohra, mallasohra, agroekologia			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Ohjaaja: Juha Helenius			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Hanna Rummukainen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Lihaluujauholaannoituksen vaikutus mallasohran satoon			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agroecology			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year December 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 36 p.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>As the world's population keeps growing, it is vital to focus on efficiency of agriculture. At this moment, food production is happening at the cost of natural resources. Significant amounts of nitrogen and phosphorus flow in nature as waste and enhance climate change and eutrophication of waters. Nutrient recycling is an essential part of sustainable and responsible agriculture. By combining animal and crop production it is possible to recycle some of the nutrients in an agroecosystem, since manure and other animal waste include nutrients that were given to the feed plants. Meat bone meal (MBM) includes 50 % protein, 35 % ash and 8–12 % fat (NPK 8–5–1). Previous fertilization experiments with MBM have already given promising results. The aim of this study is to find out, if there are significant differences between the fertilization potentials of mineral and MBM fertilizers, and if the dosage of these fertilizers affects the mean yields of malt barley (<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>distichon</i>).</p> <p>The fertilization effects of two MBM fertilizers, “Viljo” and “Kana-Viljo”, were compared to mineral fertilizer and chicken manure on malt barley in a field experiment in 2015. Each fertilizer was applied on two nitrogen levels (80 and 160 kg N/ha). The mean yields per hectare and hectolitre weights were compared to the ones given by an unfertilized control member. Although none of the organic fertilizers gave as much improvement in the yield as the mineral fertilizer, all the fertilized yields were significantly bigger than the control member's. Between the hectolitre weights there was no significant difference and doubling the supply of N did not give significant difference to yields. There was also no interaction between the N supply and the fertilizer type. Applying a lot of N on malt barley increases the quantity of protein in a grain, so the higher N supply may even affect the quality of the yield. The challenge of MBM is its slowly releasing P, so the results on the same field could have been different if the test had been repeated the following year. The used barley <i>Streif</i> is known to be an early cultivar and the field was fertilized just before sowing, so all the N in MBM may not have had enough time to release for the crop to use in this study. It is to be noted that significant results of MBM fertilization were gotten with this little data, it is recommended to keep on researching the potential of MBM as an organic fertilizer.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Meat bone meal, MBM, fertilization, barley, agroecology			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisor: Juha Helenius			

SISÄLLYS

LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 LIHALUUJAUHO KIERRÄTYSLANNOITTEENA.....	8
2.1 Kierrätyslannoituksen merkitys	8
2.1.1 Typen kierrätyksen merkitys.....	10
2.1.2 Fosforin kierrätyksen merkitys	10
2.1.3 Ravinnepäästöjen vaikutuksia.....	11
2.2 Lihaluujauhon tuotanto.....	12
2.2.1 Ravinnekoostumus ja lannoitusominaisuudet.....	12
2.3 Lihaluujauhon riskit	13
2.3.1 Tautiriskit	13
2.3.2 Lannoituskäytön riskit.....	16
2.3.3 Muut riskit.....	17
2.4 Aikaisemmat lihaluujauho-lannoituskokeet.....	18
2.5 Mallasohra	18
2.5.1 Tuotanto Suomessa ja maailmalla.....	18
2.5.2 Laatuvaatimukset	19
2.5.3 Kasvuvaatimukset ja lannoitus.....	20
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	21
4 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	21
4.1 Aineisto.....	21
4.1.1 Koepaikka ja kasvukausi.....	21
4.1.2 Kasvilaji ja lannoitteet	22
4.2 Koejärjestelyt ja mittaukset.....	23
4.3 Tilastollinen analyysi	24
5 TULOKSET.....	24
6 TULOSTEN TARKASTELU	27
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET	31

LYHENTEET

LLJ	Lihaluu jauho
BSE	Naudan spongiforminen enkefalopatia (Eng. Bovine Spongiform Encephalopathy), "hullun lehmän tauti"
TSE	Tarttuvat spongiformiset enkefalopatiat, esim. BSE
vCJD	Ihmisen spongiforminen enkefalopatia, Creutzfeldt-Jakobin taudin uusi variantti
HLP	Hehtolitraino

1 JOHDANTO

Maapallon väkiluvun kasvaessa ja ilmastonmuutoksen kiihtyessä meidän on muutettava tapojamme tuottaa ruokaa. Maatalouden uudet haasteet liittyvät ennen kaikkea resurssien käytön tehostamiseen, sillä viljelypinta-ala, puhdas juomavesi ja käytössämme olevat luonnonvarat eivät nykytahdilla enää riitä (FAO 2013). Maailman peltoekosysteemeistä valuu jatkuvasti hukkaan suuria määriä typpeä ja fosforia, joilla on ilmastoa lämmittävä ja vesistöjä rehevöittävä vaikutus. Koska kertaalleen käytettyjä ravinteita ei palauteta pellon kiertokulkuun samalla tavalla kuin luonnonekosysteemeissä, joudutaan päästöjä paikkaamaan joka vuosi uudella mineraalilannoituksella. Ravinteiden kierrätyksen kehittäminen on olennainen osa kestäväää ja vastuullista maataloutta.

Eläin- ja kasvintuotannon yhdistäminen on luonteva tapa järjestää ravinteiden kierto maatalousekosysteemeissä, koska lannassa ja muissa eläinperäisissä sivutuotteissa on rehuksveihin kylvettyjä ravinteita (Granstedt 2000). Karjanlanta onkin perinteinen kierrätyslannoite, mutta esimerkiksi teurasjätteen sisältämistä typestä ja fosforista yli 80 % päätyy edelleen suoraan hävikiksi (Työtehoseura 2015). Vaikka teurasjätteistä valmistettua lihaluujauhoa pidetään maailman vanhimpana fosforilannoitteena, louhittujen raakafosfaattien käyttö syrjäytti sen lannoituksessa lähes kokonaan 1800-luvulla (Simonen 1948, s. 279–280). Tässä maisterintutkielmassa tavoitteenani on selvittää, onko lihaluujauho niin tehokas kierrätyslannoite, että sen käyttö ravinteiden palautuksessa peltoon olisi perusteltua.

1990-luvun BSE-epidemian seurauksena lihaluujauhosta tuli tarkoin lain säätelemä valmiste, sillä taudin aiheuttajaksi jäljitettiin saastunut lihaluurehu. Teurasjätteelle asetetun turvallisuusluokituksen ja prosessointiohjeiden avulla on pystytty varmistamaan, että riskimateriaalia ei enää päädy paitsi eläinrehuksi, myöskään lannoitteeksi. Nykymuotoinen lihaluujauho koostuu pääosin proteiinista (n. 50 %), tuhkasta (n. 35 %) ja rasvasta (8–12 %) (Turtola ym. 2007). Sen NPK-luku on 8–5–1, ja runsaan kalsiumpitoisuutensa (10 %) ansiosta sillä on myös kalkitsevia ominaisuuksia (Työtehoseura 2005). Aiemmissa lannoituskokeissa lihaluujauholla on saatu varsin lupaavia tuloksia, ja Suomessakin esimerkiksi Honkajoki Oy valmistaa sitä markkinoille.

Tässä tutkielmassa vertaan lihaluujauhovalmisteiden lannoituspotentiaalia mallasohralla typpipitoiseen mineraalilannoitteen sekä toiseen kierrätyslannoitteen, broilerinlantaan. Painopiste tutkielmassa on luomuviljelyssä, keskittyen Suomen ja EU:n lainsäädäntöön ja olosuhteisiin. Tulosten tarkastelussa ja pohdinnassa käytän agroekologista näkökulmaa.

2 LIHALUUJAUHO KIERRÄTYSLANNOITTEENA

Lihaluujauho (lyh. LLJ, eng. ”meat bone meal”) on teurasteollisuuden sivutuote, jota syntyy, kun jatkokäyttöön kelpaamaton teurasjäte renderöidään eli erotellaan sen sisältämästä rasvasta. Proteiinipitoisuutensa vuoksi lihaluujauhoa on perinteisesti käytetty lähinnä eläinrehuna, mutta rehukäytön rajoittamisen myötä kiinnostus on painottunut sen mahdollisuuksiin kasvintuotannon lannoitteena (Chen ym. 2011).

2.1 Kierrätyslannoituksen merkitys

FAO:n kestävän kehityksen huippukokouksen (FAO 2013) julkaiseman raportin mukaan vuonna 2050 maapallon väkiluvun odotetaan olevan 9,1 miljardia ihmistä. Nykyisenkaltainen teknilliskemiallinen tuotantotapa ei voi jatkua, mikäli maatalous pyrkii vastaamaan väestönkasvun tarpeisiin viljelyalan kaventuessa sekä energiavarojen ja juomaveden ehtyessä. Nälän poistaminen on kestävän kehityksen kannalta välttämätöntä, ja tuotannon ja kulutuksen kestävyys puolestaan ovat välttämättömiä nälän poistamiselle ja ekosysteemien vaalimiselle. Jatkossa tarvitaan panostusta tuotantojärjestelmiin, jotka käyttävät tehokkaasti sekä vettä, maata että energiaa (FAO 2013). Kehitysmaiden vaurastuessa kulutustaso ja vaatimukset myös ruoan suhteen kasvavat, ja näissä maissa erityisesti eläintuotteiden kulutus kasvaa kohti teollisuusmaiden kulutustasoa. WHO:n (2018) mukaan lihan ja maidon kulutus ovat kasvaneet kaikissa maanosissa viimeisten vuosikymmenten ajan, ja esimerkiksi juuri kehitysmaissa lihankulutus on jo kaksinkertaistunut 60-luvusta (Delgado 2003).

Lihan ja muiden eläinperäisten maataloustuotteiden tuotanto aiheuttaa varteenotettavan osan maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä (Monteny ym. 2006). Se on myös ravinteiden ja energian kierron kannalta erittäin haasteellinen tuotannonala, sillä yhden

lihakilon tuottaminen kuluttaa 3-10 kilogrammaa rehuviljaa ja runsaasti vettä. Vain osa lihantuotantoon panostetuista ravinteista päätyy takaisin peltoon, lähinnä lannan muodossa (Cassman ym. 2002). Työtehoseuran (2005) mukaan Euroopassa yli 80 % teurasjätteen sisältämistä ravinteista menetetään, koska lihaluujauhoa ei käytetä hyödyksi maataloudessa (Työtehoseura 2005).

Maatalous tuottaa aina enemmän tai vähemmän ravinnepestäjä, koska korjattu sato ei palaudu takaisin samaan peltoon sellaisenaan (Buckwell ja Nadeu 2016, s. 29). Esimerkiksi Suomen kokonaispäästöistä 20 % on peräisin maataloudesta (Ahvenjärvi ym. 2014). Luonnonvaraisessa ekosysteemissä ravinteet kiertävät jäsentensä käytössä ”suljettuna kiertona”: ravinnepestäjä ympäristöön ei juurikaan synny, sillä ravinnepanokset ja -päästöt ovat jotakuinkin tasan. Niin luonnonmukaisessa kuin tavanomaisessa viljelyssä peltoekosysteemin ravinnekierrosta poistuu esimerkiksi fosforia paitsi eroosioaineksessa ja liukoisena huuhtoumana, myös sadon ja eläintuotoksen mukana. Tavanomaisessa viljelyssä fosforipoistumaa korvataan apatiittiesiintymistä rikastettuna lannoitteena takaisin maahan. Määrät eivät kuitenkaan mene tasan, ja usein ongelmana onkin lähinnä ylikompensaatio ja liikalannoitus. Fosforin kierrätyksen tehostaminen on agroekologisesti keskeinen haaste, sillä väestönkasvu lisää jatkuvasti painetta ravinteidenkäytön tehostamiseen uusiutumattoman mineraalin kustannuksella. Tutkija Pentti Seuri ehdottaa nykyistä tarkempaa seurantaan siitä, miten monta kertaa ravinteet kiertävät systeemin sisällä, ennen kuin ne joutuvat ”ympäristöön” (Sjöblom 2012). Jos kasvintuotanto ja kotieläintuotanto toimisivat tiiviimmässä yhteistyössä ravinteiden kierrätyksessä, saatettaisiin päästä jokseenkin lähelle luonnonmukaista suljettua ravinnekiertoa (Granstedt 2000). IPCC:n ilmasto raportissa (2018) painotetaan, että myös maatalouden ympäristövaikutuksiin on puututtava radikaalisti, jotta ilmaston lämpeneminen nykyisestä saadaan pidettyä edes 1,5 celsiusasteessa.

Suomessa väkilannoitteiden käyttö väheni vuosina 1990-2009 noin 40 %, minkä Ahvenjärvi ym. (2014) arvelee johtuneen maatalouden ympäristötuesta sekä maatalouden päästöjä rajoittavasta ”nitraattidirektiivistä” (VN 1250/2014). Lannoituksen tehostamisessa tärkeintä on optimoida sekä lannoitusmäärä että – ajankohta kasvin tarpeiden mukaan. Optimointia seurannut lannoitusmäärien

puolittuminen kieliikin lainsäädännön avainasemasta maatalouden päästöjen rajoittamisessa.

2.1.1 Typen kierrätyksen merkitys

Typpi on kasvintuotannossa välttämätön primääriravinne, joka luonnontilaisessa ekosysteemissä kiertää suljetusti ilman ylimääräisiä ulosvirtauksia ja päästöjä. Typpeä esiintyy luontaisesti sekä maaperässä että ilmakehässä, mutta liikalannoitus ja eläintuotannon suuret lantamäärät päästävät ilmakehään typpeä sen eri muodoissa, joilla puolestaan on voimakkaasti lämmittävä ja rehevöittävä vaikutus. Lannasta ja lannoitteista haihtuu ilmaan ammoniakkaa (NH_3), joka liukenee ilman vesihöyryyn, ja palaa sateessa ammoniumionina (NH_4^+): laskeumalla on lannoittava eli rehevöittävä vaikutus. Ammoniumioni hapettuu hapellisissa oloissa nitraatti-ioniksi, jonka sivutuotteena on dityppioksidi-ioni. Kyseessä on ilmastonmuutoksen kannalta olennainen kasvihuonekaasu: se hajoaa ilmastossa hiilidioksidia nopeammin, mutta lämmittää ilmastoa 300 kertaa tehokkaammin (Buckwell ja Nadeu 2016, s. 43).

Typen merkitys maatalouden kasvussa on oleellinen. Jo vuosien 1960 ja 1995 välillä typpilannoituksen määrä maailmanlaajuisesti seitsenkertaistui, ja suuri osa tästä kasvusta tapahtui mineraalilannoitteiden avulla (Cassman ym. 2002). Maatalous tuottaa dityppioksidia (N_2O) 2,8 Gt $\text{CO}_2\text{ekv/a}$, joka on noin 60% ihmiskunnan päästöistä. Buckwellin ja Nadeun (2016) mukaan EU:n typpiylijäämä on viime vuosina ollut noin 49–80 kg N/ha.

2.1.2 Fosforin kierrätyksen merkitys

Fosforilannoituksen määrä on 3,5-kertaistunut vuosina 1960–1995 (Cassman ym. 2002), ja arviolta 60 prosenttia ihmisen aiheuttamista fosforipäästöistä kytkeytyy maatalouteen (Kauppila ym. 2002). Useiden eri tutkimusten mukaan EU:n alueen fosforiylijäämät ovat noin 1,8–8 kg P/ha (Buckwell ja Nadeu 2016, s. 39). Fosfori on kasvintuotannon primääriravinne, ja sitä tarvitsevat kaikki eliöt. Tehotuotannossa käytettävä kasvintorjunta-aine glyfosaatti (kauppanimi Roundup) kilpailee maahiukkasissa samoista sitoutumispaikoista fosforin kanssa, joten glyfosaattiruiskutukset pelloilla voivat lisätä fosforipäästöjä vesistöihin (Laitinen 2009). Fosforia hyödyntäneet

vesikasvit laskeutuvat hajotessaan vesistön pohjaan, jossa riippuen hapen saatavuudesta fosfori joko sitoutuu pohjasedimenttiin tai vapautuu pohjanläheisiin vesikerroksiin. Koska rehevöityminen saa aikaan myös hajottajien lisääntymisen, hajottajat kuluttavat suuren osan veden pohjanläheisten kerrosten happimäärästä. Mikäli vesi muuttuu rehevöitymisen seurauksena hapettomaksi, fosfori pääsee vapautumaan veteen takaisin eliöiden hyödynnettäväksi, ja jää tällä tavoin kiertämään vedessä rehevöittäväksi ravinteena – puhutaan vesistön sisäisestä kuormituksesta (Lakso ja Ulvi 2005). Esimerkiksi Itämeren pohjasedimentissä on ravinnepäästöjen seurauksena suuri fosforivaranto, josta sitä vapautuu vesikerroksiin edesauttamaan rehevöitymistä.

Teurastettujen eläinten kantamasta fosforimäärästä noin kolmasosa päätyy lihaluujauhoksi asti (Työtehoseura 2005). Määrä on merkittävä, kun otetaan huomioon, että kyseessä on käytännössä ongelmajäte, ellei tuotetta saada hyödynnettyä lannoituksessa tai rehuna.

2.1.3 Ravinnepäästöjen vaikutuksia

Rehevöitymisessä kasvuston, esimerkiksi vesistöissä levien, liiallinen ravinnesaanti kiihdyttää kasvuston perustuotantoa normaalitasoa nopeammaksi. Rehevöityminen aiheuttaa vesistöjen umpeenkasvua, leväkukintojen runsastumista, happikatoa ja muutoksia järven eliöstössä. Tärkeimmät rehevöitymistä aiheuttavat ravinteet ovat fosfori ja typpi. Jopa 80% Suomen pelloista on tällä hetkellä valjastettuna rehuntuotantoon. Suurin primaaristen ravinteiden tuoja ruokajärjestelmään on rehunviljely. Koska vesistön pohjasedimenttiin varastoituvat ravinteet voivat vapautua aina uudelleen kasvien hyödynnettäväksi, rehevöitymisen vähentämistä ei välttämättä auta, vaikka ravinnepäästöt saataisiin pidettyä nykyisissä mitoissaan tai jopa vähenemään. Rehevöityminen aiheuttaa myös kasvihuonekaasupäästöjä orgaanisen aineksen mädäntyessä vedessä (Buckwell ja Nadeu 2016, s. 42).

Ihmistoiminnan aiheuttamasta rehevöitymisestä puhuttaessa käytetään usein termiä ”kriittinen kuorma” (eng. critical load). Se tarkoittaa sitä, että ekosysteemin käsittelykyvyn ylittävä kuormitus saa aikaan ekosysteemin toiminnan muutoksen. Esimerkiksi kriittisen kuorman ylittämä typpi-fosfori-kuormitus saa aikaan luontaista nopeamman rehevöitymisen (Grennfelt ym. 1988). Koska esimerkiksi luonnonvesistön

kriittinen kuorma on määritettävissä ravinnemäärien ja rehevöitymistahdin mukaan, ei voida väittää, että vesistöjen nopea rehevöityminen olisi luonnollisten ravinnepäästöjen tulosta.

2.2 Lihaluujauhon tuotanto

Lihaluujauhon valmistus on kuvailtu Työtehoseuran raportissa vuodelta 2005. Kun teurasjäte saapuu tuotantolaitokselle, se rouhitaan sellaisenaan noin 2–5 cm kokoisiksi partikkeleiksi. Tämän jälkeen mahdolliset metallit poistetaan käsin metallinpaljastinta käyttäen, jonka jälkeen massa kuumennetaan kuumennusrummussa kyllästetyllä vesihöyryllä 133-asteiseksi. 20 minuutin kuumennuksen jälkeen tuloksena on steriiliä raaka-ainetta, joka puristetaan rasvan poistamiseksi ja hienonnetaan vielä lopuksi vasaramyllyllä. Valmis lihaluujauho muistuttaa ulkonäöltään jauhekalkkia tai perunajauhoa, raekoko on alle 2 mm. Levittämisen helpottamiseksi jauho toisinaan rakeistetaan hieman suuremmiksi partikkeleiksi (Työtehoseura 2005).

2.2.1 Ravinnekoostumus ja lannoitusominaisuudet

Lihaluujauho koostuu pääosin proteiinista (n. 50 %), tuhkasta (n. 35 %) ja rasvasta (8–12 %). Kosteusprosentti vaihtelee neljän ja seitsemän välillä. Lihaluujauho sisältää 8 % typpeä (N), 5 % fosforia (P), 1 % kaliumia (K) ja 10 % kalsiumia (Ca), mikä tekee siitä potentiaalisen tuotteen maatalouden ravinnekiertoon. Suurin osa tuotteen fosforista kuitenkin on hitaasti liukenevassa muodossa, joten lihaluujauhon lannoitusteho tulee lähinnä typestä (Turtola ym. 2007). Lihaluujauho on lievästi hapan tuote (pH 6,5) (Jeng ym. 2014). Runsaan kalsiumpitoisuutensa vuoksi lihaluujauholla voi lannoitekäytössä korvata myös osan kalkista (Työtehoseura 2005). Lihaluujauholla on ravinneominaisuuksiensa lisäksi maan mikrobitoimintaa kiihdyttäviä ominaisuuksia, koska se tuo maahan orgaanista ainesta (Bardi ym. 2008.).

Lihaluujauhoa pidetään maailman vanhimpana fosforilannoitteena, ja 1700-luvulla se oli esimerkiksi Englannissa yleisessä käytössä. Jo tällöin luut pyrittiin puhdistamaan ylimääräisestä rasvasta ja valkuaisaineksesta, jotta luiden fosfori olisi saatu mahdollisimman tehokkaasti käyttöön. Sata vuotta myöhemmin fosforilannoituksen

tarve oli kuitenkin jo kasvanut niin suureksi, että lihaluujauholannoitus jäi marginaaliin louhittujen raakafosfaattien tieltä (Simonen 1948, s. 279–280).

Maaseutuviraston ympäristökorvausohjeissa ohjeistetaan laskemaan lihaluujauholannoituksen fosforimäärät 60 % kokonaisfosforimäärän mukaan (Maaseutuvirasto 2018).

2.3 Lihaluujauhon riskit

Lihaluujauhon prosessoinnin ja käytön riskit liittyvät paitsi sen lannoittaviin ominaisuuksiin, myös eläintuotannon patologiaan. Tarttuvat spongiformiset enkefalopatiat (TSE), joista tunnetuimpina naudan BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy) sekä ihmisellä Creutzfeldt-Jakobin tauti (vCJD), mullistivat teurasjätteen jatkokäyttöä koskevan lainsäädännön 1990- ja 2000-luvuilla. Nykyään lihaluujauhon rooli onkin lähinnä tarkoin valvottuna lannoitteena ja turkiseläinten rehuna, eikä potentiaalisesti saastunutta teurasjätettä prosessoida lainkaan jatkokäyttöön (EVIRA 2018).

2.3.1 Tautiriskit

Tarttuvat spongiformiset enkefalopatiat eli TSE-taudit syntyvät ja leviävät tulehdustaudinaiheuttajiksi muuntuneiden proteiinien eli prionien välityksellä. Prionit kertyvät taudin kantajan aivoihin ja selkäyttimeen, joissa ne estävät hermosoluja toimimasta normaalisti. Eri prionit muodostavat eri eliölajeilla omanlaisiaan kantoja, mutta oirekuvasto on varsin samantapainen kaikilla keskittyen hermoston toiminnan häiriöihin ja rappeutumiseen. TSE-taudin muotoja eläimillä ovat lampaiden ja vuohien scrapie, minkkien TME (Transmissible mink encephalopathy), sekä tunnetuin naudan BSE (Bovine spongiform encephalopathy) eli hullun lehmän tauti. Ihmisellä on tavattu TSE-tauteihin kuuluvaa Creutzfeldt-Jakobin taudin varianttia (vCJD). Tässä luvussa keskityn erityisesti naudan BSE:hen, sillä sen merkitys lihaluujauhoa koskevassa lainsäädännössä on oleellisin (EVIRA 2018).

Elävän nautakarjan BSE-epäilyssä turvaudutaan lähinnä oireiden vertaamiseen, sillä taudin lopullinen määrittäminen tehdään kuolleen naudan aivorungosta otettavasta näytteestä, eikä testejä eläville naudoille ole vielä kehitetty (EVIRA 2018). BSE:n keskushermosto-oireet näkyvät eläimen muuttuneessa käytöksessä: Karjanomistaja saattaa huomata naudan muuttuneen pelokkaaksi tai hermostuneeksi. Taudin edetessä tasapaino- ja koordinaatiohäiriöitä alkaa esiintyä etenkin naudan takajaloissa, ja eläin laihtuu ja lopettaa maidontuotannon. Pitkän itämisaikansa (2–18 vuotta) vuoksi tauti oireilee pääasiassa aikuisikäen ehdoilla naudoilla, ja oireet pahenevat vähitellen aina eläimen kuolemaan asti (EVIRA 2018).

BSE-tauti levisi laajamittaiseksi epidemiaksi 1990-luvulla Iso-Britanniasta, jossa BSE-prionit olivat tarttuneet nautoihin saastuneen rehun kautta. Tätä ennen eläinperäistä keskushermostoainesta oli vielä saanut käyttää karjaeläinten rehussa, eikä TSE-tautien esiintymistä valvottu nykyiseen tapaan. Tauti oli siis päässyt leviämään saastuneen lihaluujauhorehun mukana (Prusiner 1997). BSE-epidemiaan liitetty lihaluujauhorehu oli prosessoitu karjalle energiapitoiseksi proteiinilähtöiseksi ylimääräistä rasvaa poistamalla. Prusinerin raportissa mainitaan, että rasvapitoinen lihaluujauho olisi kenties toiminut erityisen otollisena alustana BSE-prionien siirtymiselle.

Seurauksena Iso-Britannian BSE-epidemiasta EU kielsi lihaluujauhon rehukäytön märehtijöille vuonna 1994. Vuodesta 2001 alkaen lihaluujauhoa ei saanut käyttää enää lainkaan eläinrehuna, joskin nykyisin se on palannut turkiseläinten rehun raaka-aineeksi. Myös valmisteen lannoitekäyttöä on rajoitettu runsaasti TSE-tautien pelossa, esimerkiksi nytemmin kumotulla Euroopan parlamentin asetuksella (EY) N:o 1774/2002 (Ylivainio ja Uusitalo 2007). Tässä asetuksessa painotettiin, että eläinjätteet on mahdollista jakaa vaarallisiin ja turvallisiin tietyin ehdoin, jolloin myös tautien leviämisen riski voitaisiin minimoida ilman, että eläinjätteiden käytöstä olisi täysin luovuttava. Samanlainen riskiluokittelu löytyy myös (EY) N:o 1774/2002:n korvaavasta asetuksesta (EY) N:o 1069/2009. Asetus luokittelee teurasjätteet kolmeen eri riskiluokkaan seuraavasti:

Luokka 1: Korkean TSE-riskin sivutuotteet.

- Eläimet, joilla epäillään olevan jokin TSE-tartunta tai joissa TSE on virallisesti todettu.
- Muut eläimet kuin tuotantoeläimet ja luonnonvaraiset eläimet, mukaan lukien erityisesti lemmikkieläimet, eläintarhaeläimet, koe-eläimet ja sirkuseläimet.
- Luonnonvaraiset eläimet, kun näiden epäillään sairastavan jotakin ihmisiin tai eläimiin tarttuvaa tautia, tai erikseen määritelty riskiaines.
- Eläimet, joille on annettu direktiivin 96/22/EY nojalla kiellettyjä aineita, ja näistä johdetut tuotteet.
- Kaikki eläinperäinen aines, joka on kerätty käsiteltäessä sellaisista luokan 1 käsittelylaitoksista ja muista tiloista tulevaa jätevettä, joissa erikseen määritelty riskiaines poistetaan.
- Ruokajäte, joka on peräisin kansainvälisesti toimivista liikennevälineistä.
- Luokkaan 1 kuuluvan aineksen seokset luokkaan 2 ja/tai luokkaan 3 kuuluvan aineksen kanssa.

Luokka 2: Kohtalaisen TSE-riskin sivutuotteet.

- Eläinperäiset tuotteet, jotka sisältävät eläinlääkkeiden ja saasteiden jäämiä yli sallitun tason, lanta ja ruuansulatuskanavan sisältö.
- Eläimet, jotka ovat kuolleet muutoin kuin ihmisravinnoksi teurastamisen vuoksi, kuten eläinkulkutaudin hävittämiseksi lopetetut eläimet.
- Luokkaan 2 kuuluvan aineksen seokset luokkaan 3 kuuluvan aineksen kanssa.

Luokka 3: Turvalliset sivutuotteet.

- Eläimistä saatavat sivutuotteet, jotka on johdettu ihmisravinnoksi tarkoitettujen tuotteiden tuotannosta, mukaan luettuina luut, joista on poistettu rasva, ja rasvan sulatuksessa syntyvä proteiinijäännös.
- Teuraseläinten ja kalan sivutuotteet, joita ei käytetä ihmisravinnoksi, mutta jotka on todettu puhtaiksi ihmiseen tai eläimiin tarttuvista taudeista:
- Vuodat, nahat, sorkat, kaviot, sarvet, sianharjakset, höyhenet, sulat, luut ja kuoret.

Kullekin luokalle on ohjeet asianmukaista jatkokäsittelyä varten. Luokan 1 teurasjätteet katsotaan niin vaarallisiksi, että ne saa ainoastaan hävittää polttamalla. Luokka 3 sisältää puhtaudeltaan ihmisravinnoksi kelpavaa materiaalia. Käytännössä luokkien 2 ja 3 eläinjätettä sopii prosessoida lihaluujauhoksi. Koska mahdolliset TSE-prionit selviävät hyvin sellaisistakin kemiallisista käsittelyistä, jotka tuhoavat tavanomaiset mikrobit, eläinjätteen käsittelylaitoksilta vaaditaan tavallista tehokkaampaa sterilointiprosessia. Prionit tuhoutuvat eläinjätteestä vasta autoklavoimalla 3 bar:n paineessa ja 133–137 celsiusasteessa vähintään 20 minuutin ajan (EY 1996).

2.3.2 Lannoituskäytön riskit

Edellä mainittujen tautiriskien vuoksi myös lihaluujauhon lannoituskäyttöä säädelään asetuksilla. Lihaluujauhoa sisältävään yli 50 kg:n lannoitepakkaukseen tulee lisätä sivutuotelain 517/2015 ja MMMa 12/12 vaatimusten mukaisesti jokin ainesosa estämään valmisteen rehukäyttöä. (EVIRA 2018b). Yleisemmällä tasolla lihaluujauholannoitteita koskee myös lannoitevalmistelaki 539/2006.

EU:n sivutuoteasetuksessa (EY 2009) ”muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveys säännöistä” korostetaan tarvetta tutkimustiedolle eläinperäisten lannoitteiden käytöstä. Asetuksen mukaan eläinperäisten sivutuotteiden lannoitekäyttö ei saa aiheuttaa ihmisille eikä eläimille terveysriskiä, ja kukin EU:n jäsenmaa saa halutessaan antaa myös sivutuoteasetusta tiukempia rajoituksia sivutuotteiden käytölle.

Hyväksytyillä lihaluujauholannoitteilla on asetuksen (EY) N:o 181/2006 mukainen varoaika koskien lannoitetun alueen käyttöä. Esimerkiksi Honkajoki Oy:n lihaluujauholannoitteiden käyttöohjeissa mainitaan, että varoaika lannoituksen jälkeen sadonkorjuulle ja laidunnukselle on 21 vuorokautta (Honkajoki Oy 2018).

Työtehoseuran teettämässä raportissa lihaluujauhon käyttökokemuksista (Työtehoseura 2005) pääasiallisiksi ongelmaksi viljelijöiden keskuudessa nousivat haasteet tuotteen levittämisessä. Hienojakoinen jauhe pölyyää levitysvaiheessa jonkin verran, ja suuria

määriä esimerkiksi kalkitusvaunulla levitettäessä raportoitiin jauheen paakkuuntumisesta syöttövaiheessa sekä holvaantumisesta levitysvaunun koneistoon. Myös pellolle levitettynä hienoimmat jauhepartikkelit pöllyisivät jonkin verran tuulen mukana. Suurimmaksi osaksi nämä ongelmat ovat kuitenkin korjattavissa, jos lihaluujauho levitetään seosaineen, esimerkiksi biotiitin tai kalkin kanssa tai jo valmiiksi rakeistetussa muodossa (Työtehoseura 2005).

Lihaluujauhon haaste lannoitekäytössä on sen sisältämän fosforin hidas liukoisuus. Rekilän ym. (2003) kokeessa vain 26 prosenttia lihaluujauhon sisältämästä kokonaisfosforista saatiin liuotettua sitruunahapolla, kun karjanlannalla fosforin liukenevuus oli 100 %. Välittömästi käyttökelpoista fosforia lihaluujauhossa on enintään 18 prosenttia (Rekilä ym. 2003).

2.3.3 Muut riskit

Nemecekin ja Pooren (2018) tekemässä meta-analyysissä ruoantuotannon ympäristövaikutuksista käy ilmi, että tehokkain tapa hillitä ilmastonmuutosta ja ekosysteemien tuhoutumista olisi luopua eläinperäisten maataloustuotteiden tuotannosta. Jopa mahdollisimman kestävästi tuotetut eläinperäiset tuotteet aiheuttivat vertailussa suurempia ympäristövaikutuksia kuin kasvipäiset vastaavat tuotteet (Nemecek ja Poore 2018). Vaikka ennen lannoite- tai rehukäyttöä lihaluujauho on käytännössä ongelmajätettä, sen alkuperä on ekologisesti kestävässä maatalouden alassa. Myös käsitys syötäväksi kelpaavista tai kelpaamattomista ruhonosista on osaltaan kulttuurisidonnainen, mikä saattaa lisätä jätteeksi päätyvien ruhonosien määrää erityisesti lihaa suurkuluttavissa läntisissä teollisuusmaissa.

Lihaluujauhon alkuperään voi liittyä myös eettisiä haasteita. Eläintuotannon eettiset ongelmat liittyvät yleisimmin tuotantoeläinten lajityypillisen käyttäytymisen toteuttamiseen, kivunlievitykseen, sekä eri kotieläinlajien arvottamiseen lemmikki- ja tuotantoeläimiin (Fraser ym. 1997). Merkittävä osa kasvisruokavaliota noudattavista kuluttajista perustelee valintaansa eettisellä vakaumuksella (Devine ym. 1998), joten tämä voi aiheuttaa haasteita myös lihaluujauhon markkinoimisessa kuluttajille.

2.4 Aikaisemmat lihaluujauho-lannoituskokeet

Lihaluujauhon lannoitekäytöstä on tehty useita kokeita eri kasvilajeilla.

Lannoituskokeita yhdistää motivaatio tehostaa teurasjätteen hyötykäyttöä ja maatalousekosysteemin ravinnekiertoa, painottuen joko typen tai fosforin kierrätyksen tutkimiseen. Tutkimustieto osoittaa, että lihaluujauho on varsin potentiaalinen kierrätyslannoite erityisesti typen suhteen, mutta valmisteen hitaasti liukenevaa fosforia on vaikea saada kasvukauden aikana sadon hyödyksi (esim. Rekilä ym. 2003). Chen ym. (2015) kuitenkin toteavat, että lihaluujauhon fosforipitoisuutta kannattaisi hyödyntää nimenomaan maanparannuksessa fosforiköyhillä pelloilla Lihaluujauhon käyttöä tukevia tutkimustuloksia on jo aikaisemmissa kokeissa saatu myös ohrasta (Chen ym. 2011).

Helsingin yliopistossa lihaluujauhon lannoitustehoa on tutkittu maisterintutkielmissa ainakin sokerijuurikkaalla (Syvänen 2011), kauralla (Kivelä 2007) ja raiheinällä (Tammeorg 2010). Kaikilla kolmella koekasvilla lihaluujauho osoitettiin toimivaksi lannoitteeksi sekä sellaisenaan typpiravinteena että seoslannoitteen raaka-aineena.

2.5 Mallasohra

Ohra (*Hordeum vulgare*) on tuulipölytteinen, ruohovartinen ja yksivuotinen viljakasvi. Se on yksi maailman vanhimmista viljelykasveista, ja myös yksi laajimmin tuotetuista kasvilajeista. Ohramuunnokset jaetaan kaksitahoiseen ohraan (*H. vulgare* var. *distichon*), jossa tähkän tähkylät ovat kahdessa rivissä, ja monitahoiseen ohraan (*H. vulgare* var. *vulgare*), jossa tähkylärivejä on neljästä kuuteen. (Ullrich 2011).

2.5.3 Tuotanto Suomessa ja maailmalla

Ohraa viljellään ympäri maailman ihmisten ja eläinten ravinnoksi sekä mallasjuomien raaka-aineeksi. Se on maailman viidenneksi viljellyin kasvi, ja neljänneksi viljellyin viljalaji (Ullrich 2011, s. 5).

Mallasohraa viljellään Suomessa noin 150 000 hehtaarin laajuisella viljelyalalla, lähinnä Etelä- ja Varsinais-Suomeen keskittyen. Tältä alalta satoa saadaan vuosittain noin 450 000 tonnia, josta noin puolet täyttää mallaslaatuja laatuvaatimukset. Kotimaisen mallasohran kysyntä määräytyy lähinnä vientitilanteen ja kotimaisen oluen kulutuksen mukaan, joskin huomattava osa sadosta päätyy myös rehuksi. Suomen mallaslamoteollisuus käyttää ohrasatoa vuosittain noin 100 000 tonnia, josta noin 55 000 tonnia päätyy panimoteollisuuteen. Markkinoista riippuen mallasohraa viedään Suomesta vuosittain noin 120 000 tonnia, lähinnä Itämeren maihin ja muualle Eurooppaan (VYR 2012).

EU:n alueella ohraa tuotetaan vuosittain 50–60 miljoonaa tonnia, josta mallasohralajikkeiden osuus on 10–15 miljoonaa tonnia (VYR 2012). Ylivoimaisesti suurin osa tästäkin sadosta, 14 miljoonaa tonnia, menee panimoaltoiisiin, ja loput viskiin ja leivontaan (Aikasalo ym. 2000, s. 7). Suurimpia ohran tuottajia ovat Ranska, Iso-Britannia, Saksa ja Tanska. EU:n ulkopuolella mallasohran suurtuottajia ovat Kanada, Australia ja Mustanmeren alueen maat. Eniten mallasohraa viedään Kiinaan, Etelä-Amerikkaan ja Venäjälle, vaikka Venäjä onkin kunnostautunut mallasohran omassa tuotannossa viime vuosina huomattavasti (VYR 2012).

2.5.2 Laatuvaatimukset

Mallasohran tunnusmerkki on verrattain alhainen valkuaisainepitoisuus, toisin kuin ravinnoksi käytettävässä ohrassa, jossa proteiinipitoisuus on tärkeämmässä osassa. Mitä vähemmän jyvässä on valkuaisainetta, sitä suurempi on sen tärkkelyspitoisuus, josta maltaan uutensaanto muodostuu – huippulaatuilla maltailla uutensaanto voi olla yli 84 % maltaan kuiva-aineesta (Aikasalo ym. 2000, s. 7). Valkuaisaineen tehtävä mallasitetun ohran käytössä on toimia lähinnä hiivan ravintona oluen käyttämisvaiheessa.

Kehittyvä panimoteknologia ja oluen laatu- ja turvallisuusvaatimusten tiukentuminen ovat asettaneet mallasohran tuottajille paineita tasalaatuisen ja terveen ohrasadon suhteen. Koska sadon on oltava täysin tuleentuneena korjattua, lajikepuhdasta ja vapaata sekä taudeista että kasvinsuojeluainejämmistä, on kestävän lajikkeen valinta viljelyssä tärkeää. Taudinkestävät, satoisat ja luomulaatuiset mallasohralajikkeet ovat panimoteollisuuden kannalta optimaalisia (VYR 2012).

2.5.3 Kasvuvaatimukset ja lannoitus

Viljelykierrossa mallasohran esikasveiksi sopivat kaura ja öljykasvit. Sen sijaan viherlannoitusnurmetyypit ja typensitojakasvit ennen mallasohraa eivät ole suositeltavia, koska liiallinen typen saanti saattaa nostaa sadon valkuaisainepitoisuutta liikaa. Samasta syystä viljelyä runsasmultaisilla tai eloperäisillä mailla ei suositella, ja myös orgaanisten lannoitteiden typen kanssa on oltava tarkkana. Mallasohran kannalta optimaalinen maaperä on savi- tai hietamaa, jonka vesitalous ja pH ovat hyvät – karkealla kivennäismaalla 6,4; ja savimailla 6,7. Kalkituksella aikaansaatu pH:n nosto voi parantaa mallasohrasatoa jopa 10–20 prosenttia, kun ravinteet tulevat helpommin kasvin saataviksi (VYR 2012).

Etelä-Suomessa mallasohra kylvetään toukokuun puoleenväliin mennessä. Orastuminen tapahtuu kymmenen päivän kuluessa, ja versomisvaihe 20–25 päivässä. Tähti muodostuu heinäkuun alkupuoliskolla, ja tuleentuminen elokuun puolivälin jälkeen lämpötiloista riippuen (Aikasalo ym. 2000, s. 9). Kaksitahoisia mallasohralajikkeita kylvetään 220–330 kilogrammaa hehtaarille, noin 6 cm:n kylvösyvyyteen. Kylvölannoitusta annetaan noin 100 kilogrammaa hehtaarille kivennäismaalla, ja tarpeen mukaan voidaan antaa lisälannoitusta kasvukauden aikana 10–50 kg/ha. Korkeampia määriä on etenkin runsasmultaisilla lohkoilla syytä välttää, jotta typpeä ei vapaudu kasvustolle hallitsemattomasti. Riittävä fosforin saanti on olennaista mallasohran sadonmuodostuksessa, sillä se vaikuttaa suoraan esimerkiksi jyväkokoon (VYR 2012).

Aikalalon ym. (2000) mukaan lannoituksen myötä maahan kertynyt fosfori ei yleensä riitä antamaan ohralle hyvää kasvua ilman vuosittaista fosforilisää. Fosfori liikkuu maan hiukkasissa huonosti ja kulkeutuu ohran juuriin parhaiten kosteassa maan pintakerroksessa, joten lähelle siemeniä levitetty ”starttifosfori” varmistaa juurten kasvun lannoitteen läheisyyteen (Aikasalo ym. 2000, s. 23).

Mallasohran yleisimpiä kasvitauteja, kuten punahomeita ja laikkutauteja, voidaan välttää melko hyvin oikein järjestetyllä viljelykierrolla ja käyttämällä sertifioituja,

peitattuja siemeniä. Taudinkestävyys on avainasemassa myös uusien lajikkeiden jalostuksessa (VYR 2012).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lihaluujauhon merkitystä kierrätyslannoitteena tavanomaiseen mineraalilannoitteeseen verrattuna. Koska lihaluujauhon merkityksellisin ravinne on typpi, tarkasteltiin nimenomaan lihaluujauhovalmisteiden typpivastetta verrattuna typpipitoiseen mineraalilannoitteeseen. Kokeellisiksi tutkimuskysymyksiksi rajasin seuraavat:

1. Onko lihaluujauho- ja mineraalilannoitettujen ohrasatojen määrässä tai tilavuuspainossa eroa?
2. Onko lihaluujauholannoitteen käyttömäärällä merkitystä edellisen kannalta?

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Aineisto

4.1.1 Koepaikka ja kasvukausi

Koekenttä perustettiin Viikkiin Helsingin yliopiston koepellolle (60° 13.43'N 25° 1.67' E) toukokuussa 2015.

Koepaikan viljavuusanalyysi 15.5.2015 (keskiarvot):

Maalaji: Multava hiuesavi/hietasavi

pH 5,5 (huononlainen)

Kalsium 1743 mg/l (välttävä)

Magnesium 160 mg/l (huononlainen)

Mangaani 7,3 (huononlainen)

Vuoden 2015 kasvukausi oli suurimmassa osassa maata poikkeuksellisen lämmin ja sateinen, joskin kesä- ja heinäkuussa mitattiin keskimääräistä matalampia lämpötiloja.

Helsingissä terminen kasvukausi alkoi 8. toukokuuta ja päättyi 5. lokakuuta. Toukokuun keskilämpötila oli +9,5 C, ja elokuu oli kuukausista lämpimin. Helsingissä vuoden sateisimmat kuukaudet olivat kesä- ja heinäkuu (Ilmatieteen laitos 2018).

4.1.2 Kasvilaji ja lannoitteet

Koekasviksi valittiin kaksijakoinen mallasohralajike *Streif* (kauppaerä 1871-10724). Kyseinen lajike on aikaisin tuleentuva, satoisa ja taudinkestävä, joka sopii viljeltäväksi myös vaatimattomassa, hapahkossa maassa (Tilasiemen 2018).

Lannoituskokeeseen valittiin kaksi eri rakeistettua lihaluujauhovalmistetta, Kana-Viljo ja Viljo, joita kutakin tarkasteltiin typen suhteen kahdella eri annostelutasolla: 80 kg että 160 kg N/ha. Lisäksi vertailussa oli broilerinlantapohjainen Arvo, myös 80 ja 160 kg N/ha. Verrokkijäsenenä olivat rakeistettu mineraalilannoite YaraMila Pellon Y3 (sekä 80 että 160 kg N/ha) sekä lannoittamaton kontrolliruutu ("Nolla"). Alla olevassa taulukossa ovat kunkin koejäsenen sisältämät pääravinnepitoisuudet prosentteina (typpi, fosfori, kalium).

Koejäsen (lannoite)	N-P-K
Arvo (broilerinlanta+merilevä)	4-1-2
Kana-Viljo (LLJ)	5-3-2
Viljo (LLJ)	7-4-1
Mineraali (YaraMila Pellon Y3)	23-3-8
Nolla (kontrolli)	-

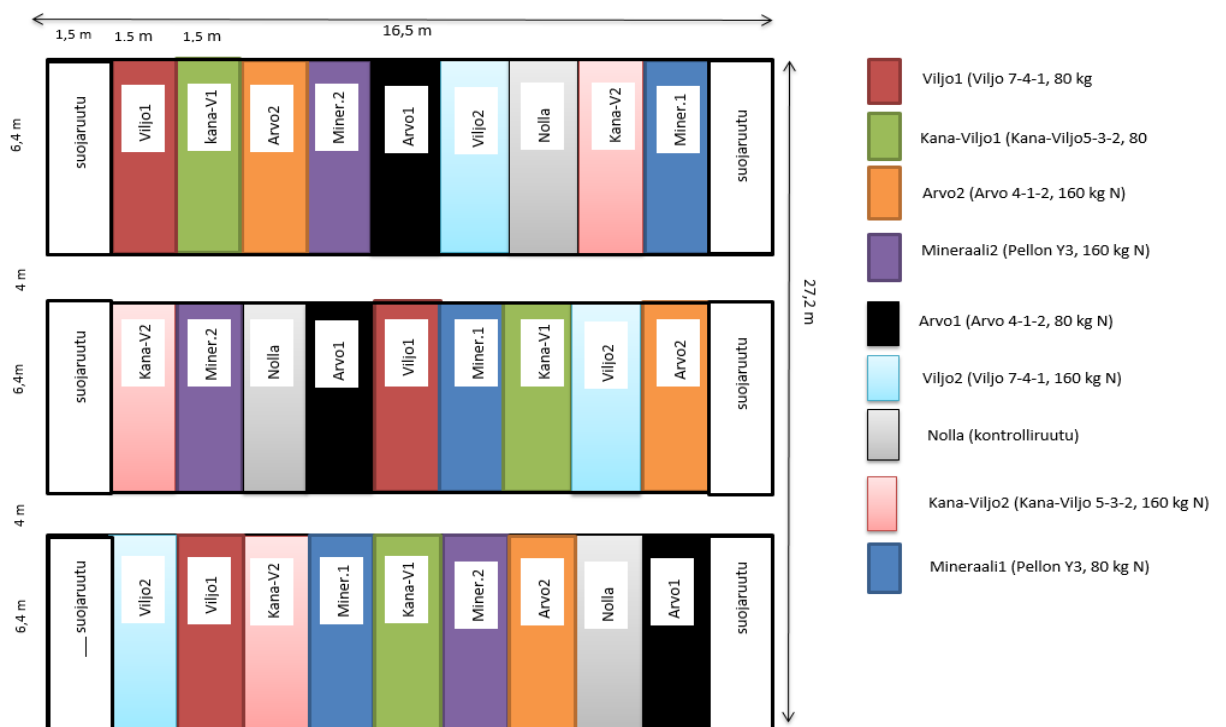
Kierrätyslannoitteista lihaluujauholannoitteet Viljo (nyk. Perus-Viljo) ja Kana-Viljo ovat Honkajoki Oy:n tuotemerkkejä, Arvo puolestaan on Novarbo Oy:n tuote. Viljo-lannoitteiden koostumus on jotakuinkin sama (teurasteollisuuden sivutuote, hygienisoitu kananlanta, erotusseos, jauhattu kaura), mutta Kana-Viljossa kananlannan osuus tuotteesta on Perus-Viljoa suurempi. Molempien lihaluujauholannoitteiden suosituslevitysmäärä on tuoteselosteen mukaan 500–1000 kg hehtaarille. Arvon pääraaka-aineet ovat broilerinlanta ja merilevä, ja sitä suositellaan levitettäväksi viljakasveille 1500–2700 kg/ha (Honkajoki Oy 2018, Novarbo Oy 2018). YaraMila

Pellon Y3:n suosituslevitysmäärä ohralle on noin puolet pienempi, 200-500 kg hehtaarille (Yara 2018).

4.2 Koejärjestelyt ja mittaukset

Koe järjestettiin täydellisten satunnaistettujen lohkojen mallilla, jolloin lohkot toimivat kerranteina (Kuva 1). Kerranteita oli kolme. Se osa kokeesta, jossa koejäsenet muodostuvat kombinaatioina lannoittelaji x lannoitemäärä, oli faktoriaalinen.

Muokkaus- ja kylvötyöt koekentällä tehtiin 18.5.2015. Tuolloin kenttä muokattiin vaakatasojyrsimellä noin 5 senttimetrin syvyydeltä. Kustakin lannoitteesta oli etukäteen laskettu tarkat levitysmäärät kahden eri tyypivahvuuden mukaan. Lannoitteet ja ohran siemenet kylvettiin koeruutukylvölaitteeseen käsin syöttämällä. Jokainen koeruutu oli kooltaan 1,5 x 6,4 metriä. Lohkojen molempiin pätyihin jätettiin suojaruudut, ja lohkojen välissä oli neljän metrin välit.



Kuva 1. Viikin koepellon kenttäkartta.

19.6.2015 koekenttä käsiteltiin rikkakasvintorjunta-aine Express 50 T:llä. Koeruutujen sato puitiin 24.8.2015, kukin koeruutu 1,5 x 4 metrin alalta. Koejäsenten keskisatoja vertailtiin kilogrammoittain per hehtaari, ja lisäksi mitattiin kunkin sadon hehtolitraino.

4.3 Tilastollinen analyysi

Eri käsittelyistä saatujen satojen vertailuun käytin yksisuuntaista varianssianalyysiä IBM SPSS Statistics –tilasto-ohjelmaa käyttäen. Merkitsevän eron yläraja-arvoksi (p-arvo) asetin yleisesti käytetyn 0,05. Parittaisiin vertailuihin käytin Tukeyn testiä. Lannoitelajin ja typpimäärän pää- ja yhdysvaikutusten tarkasteluun tein kaksisuuntaisen varianssianalyysin myöskin IBM SPSS Statistics –ohjelmalla.

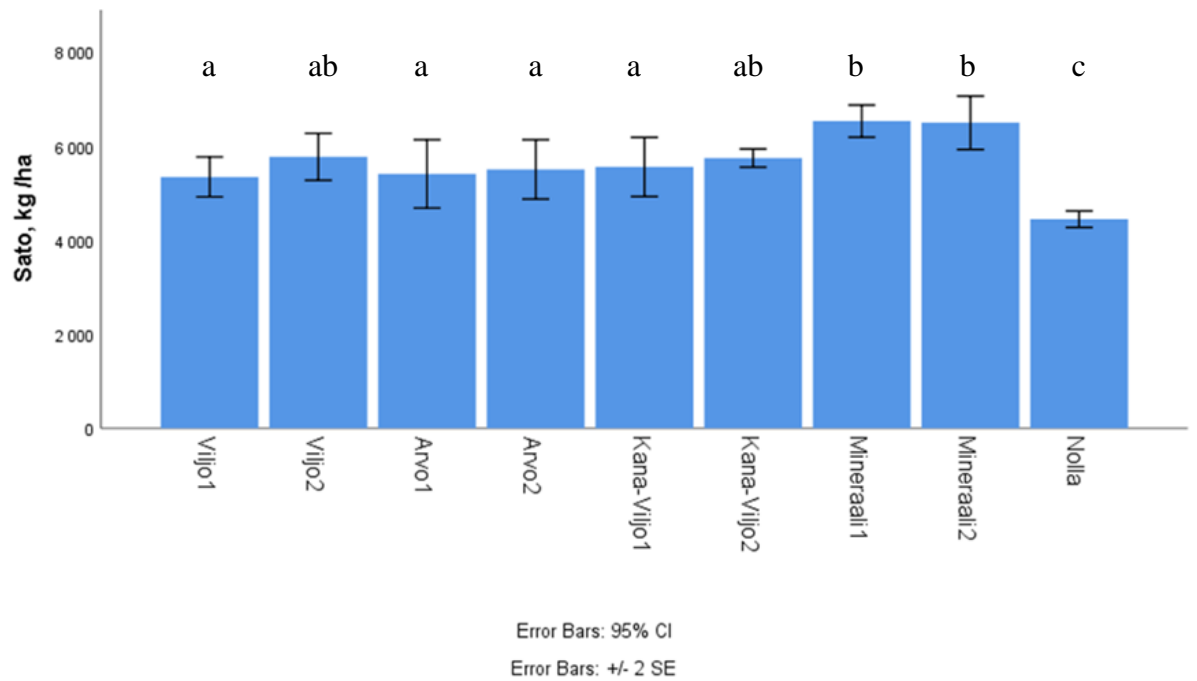
5 TULOKSET

Täysin lannoittamattoman kontrollijäsenen ("Nolla") keskisato oli 4 443,07 kg. Kaikki testatut lannoitteet paransivat satoa verrattuna lannoittamattomaan kontrollijäseneseen (Taulukko 1; Kuva 2). Kerranteiden välinen vaihtelu oli pientä. Tässä vertailussa lannoitekäsittelyistä parhaan sadon antoi Mineraali1 (6526,20 kg/ha), ja heikoimman Viljo1 (5341,74 kg/ha) (p=0,05).

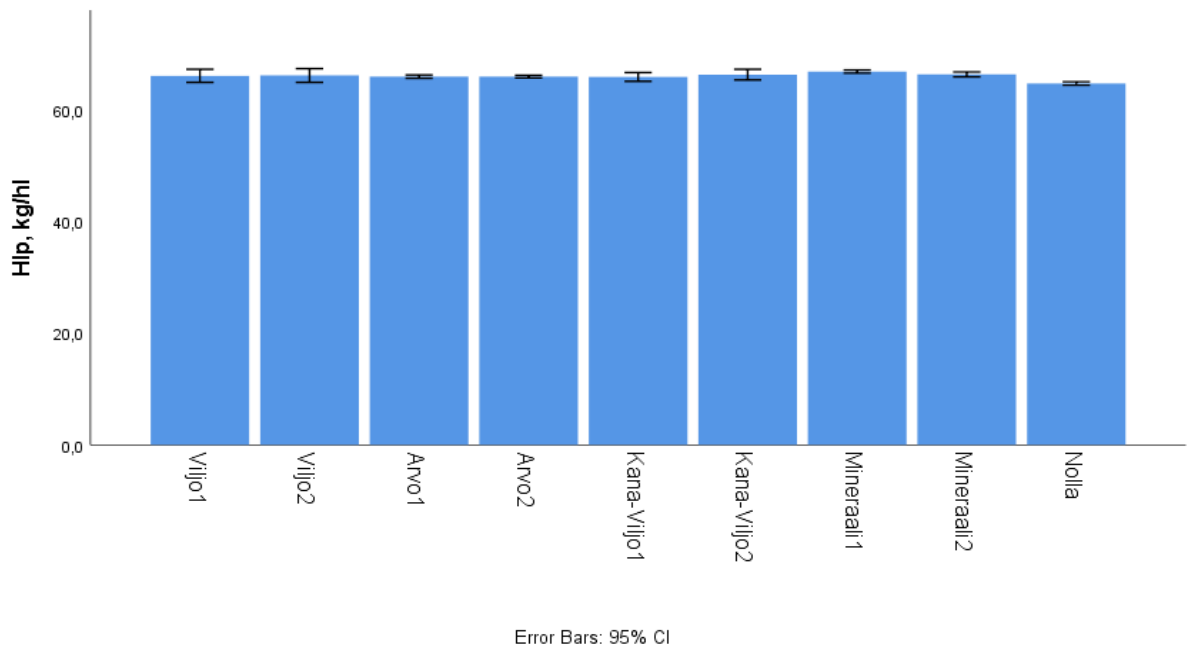
Keskisatojen erotuksia "Nollaan" vertaamalla käy ilmi, että kaikki lannoitekäsittelyt vaikuttivat merkitsevästi ohran sadontuottoon (p<0,05) (Taulukko 1).

Typpiportaaksi (80 ja 160 kg N/ha) sovitettujen lannoitemäärien välillä ei ollut merkitsevää eroa (p=1,76), eikä lannoitemäärällä ja lannoitteen lajilla ollut merkitsevää yhdysvaikutusta (p=0,582). Lannoitelajien välillä oli merkitsevä ero (p<0,001) siten, että riippumatta lannoitusmäärästä, lannoitelajeista muita merkitsevästi suurin sato saatiin mineraalilannoitteella. Orgaanisten lannoitteiden välillä ei ollut merkitseviä eroja (p=0,05) (Taulukko 2).

Hehtolitrapainojen välillä ei ollut merkitseviä eroja (Kuva 3). Typpimäärien ja lannoitetyyppien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta ($p > 0,05$).



Kuva 2. Ohran sadot (kg/ha) koejäsenittäin (1 = 80, 2 = 160 kg N/ha). (Eri kirjaimet pylväiden päällä osoittavat merkitsevästi erisuuria satoja, $p=0,05$.)



Kuva 3. Ohrasatojen hehtolitrapainot (Hlp, kg/ha) koejäsenittäin (1 = 80, 2 = 160 kg N/ha).

Taulukko 1. Ohran sato lannoitelajeittain.

Lannoitelaji	N kg/ha	Keskisato (kg/ha)	Keskivirhe	Erotus Nollaan (kg/ha)	Kasvu Nollaan nähdessä %	p
Mineraali	80	6 526,20	170,11	2083,13	46,89	0,000
	160	6 491,81	283,76	2048,74	46,09	0,000
Viljo	80	5 341,74	211,77	898,67	20,23	0,026
	160	5 768,67	249,64	1325,60	29,84	0,001
Kana-Viljo	80	5 553,46	314,05	1110,39	24,99	0,004
	160	5 742,34	97,09	1299,26	29,24	0,001
Arvo	80	5 406,24	362,72	963,17	21,68	0,015
	160	5 500,77	351,08	1057,70	23,81	0,007
Nolla	0	4 443,07	86,78	-	-	-

Taulukko 2. Lannoitteiden tuottamat keskisadot ja keskivirheet. (Kirjaimet a ja b osoittavat merkitsevästi erisuuria satoja, p=0,05.)

Lannoitelaji	Keskisato (kg/ha)	Keskivirhe
Arvo	5453,51 (a)	215,90
Kana-Viljo	5647,90 (a)	152,95
Viljo	5555,20 (a)	174,78
Mineraali	6509,01 (b)	148,15

6 TULOSTEN TARKASTELU

Keskisatoja vertailemalla vaikuttaa siltä, että typen määrän kaksinkertaistaminen ei ole tuonut juurikaan lisäarvoa lannoitukseen – satoerot kahden typpiportaon välillä ovat melko pieniä, eikä merkitsevää eroa ollut ($p > 0,05$). Lannoitteen ja lannoitemäärän välillä ei ollut yhdysvaikutusta, eli nämä vaikuttivat satoon toisistaan riippumatta. Kivennäismailla mallasohran kylvölannoitukseksi suositeltava määrä on noin 100 kg/ha (VYR 2012). Käytännössä siis viljelijän ei ole välttämättä mielekästä nostaa lihaluujauhollannoituksen määrää ohralla ainakaan 160: een kg N/ha, koska pelkkä runsas typen määrä ei itsessään kasvata satoa tiettyä määrää suuremmaksi. Mallasohran ollessa kyseessä suuri typpimäärä saattaa jopa heikentää sadon laatua jyvän valkuaisainepitoisuutta kasvattamalla. Samantapaisia tuloksia on saatu esimerkiksi Chenin ym. (2011) lannoituskokeessa, jossa kolmenkaan eri typpitason mukaisilla lihaluujauhoannosteluilla ei saatu merkitsevää eroa. Jengin ym. (2006) kokeessa kevätehnän keskisato kasvoi lineaarisesti kolmella eri lihaluujauhoannostelulla, mutta ohran kohdalla kasvu pysähtyi jo pienimmän annostuksen jälkeen. Kuitenkin, koska useissa eri lähteissä (esim. Turtola ym. 2007) on jo todettu osan lihaluujauhon fosforista liukenevan kasveille vasta seuraavana kasvukautena, voi kysyä, onko useamman perättäisen vuoden lihaluujauholannoituksella kumulatiivinen vaikutus maan ravinnetasoon. Lihaluujauholannoituksen voisikin yhdistää viljelykiertoon siten, että edellisten vuosien lihaluujauho-fosforia täydennettäisiin aina typpilisänä toimivalla lihaluujauhohanoksella. Samanlaisia päätelmiä viljelykiertoahyödytystä tekivät myös Chen ym. (2011).

Kummankin lihaluujauholannoitteen fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat niin pieniä, että jos lihaluujauhon lisäksi kasvustolle olisi annettu myös PK-lannoitusta, annostuksen lisääminen olisi saattanut vaikuttaa sadon määrään enemmän. Mahdollisesti lihaluujauho toimiikin parhaimmillaan raaka-aineena useamman eri kierrätyslannoitteen sekoituksessa, jolloin muiden ravinteiden puutos ei häiritse typpivastetta. Jeng ym. (2006) totesivat omissa lannoituskokeissaan, että lihaluujauhon sisältämää hidasliukoista fosforia pystytään hyödyntämään seuraavan kasvukauden viljelyssä. Tämä tukee lihaluujauhon potentiaalia viljelykierrossa maanparannuslannoitteena. Etenkin, kun koekasvina oli fosforia tarvitseva mallasohra, olisi ollut hyödyllistä mitata ohrasatoa

myös seuraavana kasvukautena, kun lihaluujauhon fosforia olisi jo ollut maassa paremmin saatavilla.

Kananlantapohjainen ”Arvo” oli testatuista kierrätyslannoitteista miedoin myös typpi-arvoltaan (4 %), mikä saattoi vaikuttaa siihen, että sen vaikutus ohran satoon oli myös koejäsenistä pienin. ”Arvon” kohdalla on kuitenkin myös huomioitava Vilja-alan yhteistyöryhmän ohjeistus luomumallasohran viljelystä (VYR 2012). Sen mukaan ohra ei pysty kovin tehokkaasti hyödyntämään lannan eloperäistä tyyppiä, eli mahdollisesti ”Arvon” tyyppi ei ole ollut ohran kannalta otollisimmassa muodossa, ja sitä on ollut liian vähän merkitsevän satoeron tuottamiseksi.

Koekasvina toiminut ohralajike *Streif* on vaatimattomissakin oloissa hyvin menestyvä, satoisa lajike. Luonnonvarakeskuksen virallisissa lajikekokeissa (Högnäsbacka ym. 2017) se on myös antanut verrattain varsin korkeita hehtolitrapainoja. Se, että tässä kokeessa eri lannoitteilla ja lannoitemäärillä ei ollut vaikutusta hehtolitrapainoon, voisi liittyä koekasvin vaatimattomuuteen lajikkeena. Vaikka mineraalilannoitus kasvatti ohran satoa huomattavasti, hehtolitrapainossa merkitsevää eroa ei ollut edes mineraalilannoituksen ja nollaruudun välillä. Arvelen tämän johtuvan siitä, että *Streif* -lajikkeella on jo itsessään niin korkea hehtolitrapaino, että pelkkä tyypillisä ei enää sen tapauksessa anna merkitsevästi parempia tuloksia. Myös kasvukausi 2015 vaikuttaa Ilmatieteen laitoksen tilastojen mukaan olleen lämmin ja sateinen, mikä voisi jo itsessään olla vaikuttanut varsin hyvään satoon ilman lannoitustakin.

Vilja-alan yhteistyöryhmän Mallasohran viljelyoppaassa (VYR 2012) painotetaan ohran lajikevalinnan tärkeyttä. Erityisesti luomumallasohran tapauksessa olosuhteisiin ja käyttötarkoitukseen sopivan lajikkeen valinnalla on merkitystä. Toisaalta oppaan mukaan luomumallasohran viljely tulisi keskittää pellon parhaille lohkoille, koska se ottaa ravinteet maasta varsin lyhyen ajan kuluessa alkukesällä. Luonnonlannoitteissa suurin osa tyyppistä puolestaan vapautuu vasta keskikesän tienoilla (VYR 2012). Maaperän ravinnehuolto kannustetaan aloittamaan jo edellisenä vuonna ennen luomuohran kylvöä, jotta myös hitaasti liukenevat ravinteet saataisiin kasvin käyttöön. Todennäköisesti lihaluujauholannoitteet eivät tässä kokeessa päässeetkään täysin oikeuksiinsa, koska ne levitettiin samassa aikataulussa nopeasti liukenevan mineraaliverrokkinsa kanssa, ja koekasvi kylvettiin välittömästi lannoituksen jälkeen.

Esimerkiksi Kivelän tutkimuksessa (2015) lihaluujauholla saadut typpitasot olivatkin maassa korkeimmillaan vasta kasvukauden keskivaiheilla. Olisi ollut mielenkiintoista jatkaa koetta samoilla ruuduilla joko myöhäisemmällä lajikkeella tai vielä kasvukaudella 2016, jotta olisi nähty edellisvuoden lannoituksen vaikutus maan viljavuustasoon.

Tämä lannoitevertailu toteutettiin melko suppealla aineistolla. Vaikka kolme kerrannetta kustakin käsittelystä periaatteessa riittää merkitsevien erojen analysointiin, olisi esimerkiksi hehtolitrapainojen välillä saatettu onnistua mittaamaan selkeämpiä eroja laajemmasta aineistosta. Tohtoritutkija Sari Kinnulan (henkilökohtainen tiedonanto 4.9.2018) mukaan kierrätyslannoitteet ovat tyypillisesti valmisteina heterogeenisempiä kuin mineraalilannoitteet, ja myös erien välillä saattaa olla jonkin verran vaihtelua johtuen raaka-aineen heterogeenisyydestä ja alkuperästä. Kerranteita lisäämällä olisi ehkä pystytty häivyttämään kierrätyslannoitteiden luontainen heterogeenisyys tuloksista.

Vaikka lihaluujauholannoitteilla saatiin merkitsevä ero lannoittamattomaan satoon verrattuna, on syytä pohtia, tekeekö pelkkä lannoitusyöty siitä agroekologisesti kestävä tuotteen. Lihaluujauhon tuottaminen itsessään kuluttaa jonkin verran resursseja ja energiaa, ja sen alkuperä on ekologisesti ja eettisesti arveluttavassa tuotannonalassa. On siis syytä tarkastella lihaluujauhoa osana koko eläinperäisten tuotteiden tuotantoketjua, ennen kuin sen hyötyjä tai haittoja voi perustella.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko lihaluujauholannoituksella vaikutusta mallasohran keskisatoon. Ottaen huomioon, että kyseessä on vaikeasti hyödynnettävä jäteaine, vaikuttaa lihaluujauhon lannoitusteho kokeen perusteella lupaavalta. Koska se toimii kasville lähinnä typpiravinteena, voisi se parhaiten päästä oikeuksiinsa joko lisälannoitteena tai seoslannoitteen raaka-aineena. Myös lihaluujauhon pidempiaikaisia vaikutuksia maan viljavuuteen olisi kiinnostavaa selvittää. Tässä työssä raportoidun kenttäkokeen sekä aikaisempien kenttäkoetulosten perusteella koen, että lannoituskokeita lihaluujauholla on tarpeellista jatkaa sen todellisen potentiaalin ja vahvuuksien määrittämiseksi. Vaikka tässä kenttäkokeessa ei kahden eri typpiportaan tuottamissa keskisadoissa ollutkaan merkitsevää eroa, voisi vaikutuksia tutkia jatkossa esimerkiksi

useammalla tasolla ja valitsemalla myöhäisen ohralajikkeen, joka ehtisi hyödyntää kierrätyslannoitteen tyyppiä paremmin.

Lihaluujauholla ja mineraalilannoitteella lannoitettujen keskisatojen välillä oli noin 1000 kg/ha ero. Lihaluujauhon lannoituskäytön etuja tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitava sen koko tuotantoketju ja alkuperä, koska kierrätyslannoitteena sen merkitys on paljon muutakin kuin vain sadon parantaminen. Nykymuotoista eläinten tehotuotantoa ei ole mahdollista toteuttaa eläimen itseisarvoa ja lajityypillistä käyttäytymistä huomioiden. Myös sen aiheuttamat päästöt ja energiankulutus huomioiden se on nykymuodossaan sekä eettisesti että ekologisesti kestäväntöntä. Palauttamalla peltoon edes osan lihantuotantoon panostetuista ravinteista on mahdollista hyvittää jonkin verran sen aiheuttamia valtavia ympäristövaikutuksia. Uskon, että lihaluujauhon rooli eläintuotannossa pysyy jatkossakin lähinnä väistämättömänä sivutuotteena, eikä nosta eläintuotannon kysyntää ja profiilia samalla tavalla kuin esimerkiksi nahka. Sen hyötykäyttö olisi siis tulevaisuudessakin ennen kaikkea jätteen kierrätystä, eikä esimerkiksi lannoitteen valmistamista sen itsensä vuoksi. Tästä syystä pidän lihaluujauhon lannoitekäyttöä sekä eettisesti että ekologisesti perusteltuna.

Lihaluujauhoon liitettyistä mielikuvista ei ole olemassa vielä juurikaan tutkimusta, mutta mielestäni sille olisi tarvetta ennen kuluttajamarkkinoille suuntaamista. Vaikka BSE-epidemian seurauksena nykyisin prosessoitava lihaluujauho on todennäköisesti puhtaampaa ja turvallisempaa kuin koskaan, uskon epidemian vaikuttavan kuluttajien suhtautumiseen vielä jonkin verran.

LÄHTEET

- Aikasalo, R. & Franssila, E. 2000. Ohrasta oluen synty: käsikirja mallasohran tuottajille. Kotimaisen mallasohran kehitysohjelma: 64 s.
- Ahvenjärvi, S., Lehtonen, H., Palosuo, T. & Regina, K. 2014. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen. MTT Raportti 127: 42 s.
- Bardi, C., Bertolone, E., Cayuela, M., Mondini, C., Sanchez-Monedero, M. & Sinicco, T. 2008. Soil application of meat and bone meal. Short-term effects on mineralization dynamics and soil biochemical and microbiological properties. *Soil Biol. Biochem.* 40 (2008): s. 462-474.
- Buckwell, A. & Nadeu, E. 2016. Nutrient Recovery and Reuse (NRR) in European agriculture. A review of the issues, opportunities, and actions.
- Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., Polasky, S. & Tilman, D. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
- Chen, L., Helenius, J., Hintikainen, V., Kivelä, J., Kivijärvi, P. & Muurinen, S. 2015. Effects of meat bone meal as fertilizer on yield and quality of sugar beet and carrot. *Agricultural and Food Science* 24: s. 68-83.
- Chen, L., Helenius, J., Kangas, A. & Kivelä, J. 2011. Meat bone meal as fertiliser for barley and oat. *Agricultural and Food Science* 20: 235–244.
- Delgado, C. 2003. Rising Consumption of Meat and Milk in Developing Countries Has Created a New Food Revolution. *The Journal of Nutrition* 133 (11): 3907S-3910S.
- Devine, C., Jabs, J. & Sobal, J. 1998. Model of the Process of Adopting Vegetarian

Diets: Health Vegetarians and Ethical Vegetarians. Journal of Nutrition Education 30 (4): 196-202.

EVIRA 2018. BSE eli hullun lehmän tauti. Saatavilla:

<https://www.evira.fi/elaimet/elainten-terveys-ja-elaintaudit/elaintaudit/naudat-ja-biisonit/bse/>. Viitattu 19.10.2018.

EVIRA 2018b. Lannoitevalmisteiden kansallinen tyyppinimiluettelo. Saatavilla:

<https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/lainsaadanto/tyyppinimiluettelo/>. Viitattu 19.10.2018.

EY 1996. 96/449/EY: Komission päätös eläinjätteen käsittelyssä BSE-taudinaiheuttajien inaktivoimiseksi käytettävien vaihtoehtoisten lämpökäsittelyjärjestelmien hyväksymisestä. (EY) N:o 96/449. Annettu 18.7.1996. EUR-lex® sähköinen säädöstietopankki:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:31996D0449&from=en>. Viitattu 19.10.2018.

EY 2002. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveyssäännöistä. (EY) N:o 1774/2002. Annettu 3.10.2002. EUR-lex® sähköinen säädöstietopankki:

<https://eurlex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32002R1774>. Viitattu 19.10.2018.

EY 2006. Komission asetus asetuksen (EY) N:o 1774/2002 täytäntöönpanosta muiden eloperäisten lannoitteiden ja maanparannusaineiden kuin lannan osalta sekä asetuksen muuttamisesta. Asetus (EY) N:o 181/2006. Annettu 1.2.2006. Viitattu 19.10.2018.

EY 2009. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden

terveyssäännöistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta (sivutuoteasetus). (EY) N:o 1069/2009. Annettu 21.10.2009. EUR-lex® sähköinen säädöstietopankki: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32009R1069>. Viitattu 19.10.2018.

FAO 2013. FAO at RIO +20. <http://www.fao.org/rioplus20/en/>. Julkaistu 2013, viitattu 18.9.2018.

Fraser, D., Milligan, B., Pajor, E. & Weary, D. 1997. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare* 6: 187-205.

Garcia, R.A. & Rosentrater, K.A. 2008. Concentration of key elements in North American meat & bone meal. *Biomass and Bioenergy* 32: 887–891.

Granstedt, A. 2000. Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment — experience from Sweden and Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 80 (1-2): 169-185.

Grennfelt, P. & Nilsson, J. 1988. Critical loads for sulphur and nitrogen. Teoksessa: Mathy, P. 1988. *Air Pollution and Ecosystems*. Dordrecht: Springer.

Honkajoki Oy. Kana-Viljo 5-3-2. Tuoteseloste. Saatavilla osoitteessa: <http://www.elosato.fi/lannoitteet/tuotesivu25.html>. Viitattu 18.9.2018.

Honkajoki Oy. Perus-Viljo 7-4-1 Rae tai Jauhe. Tuoteseloste. Saatavilla osoitteessa: <http://www.elosato.fi/lannoitteet/tuotesivu23.html>. Viitattu 18.9.2018.

Högnäsbacka, M., Jauhiainen, L., Kaseva, J., Laine, A., Nikander, H., Niskanen, M. & Ohralhti, K. 2017. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2009 – 2016. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 2017 (1): 262 s.

Ilmatieteen laitos 2015. Kasvukausi 2015. <https://ilmatieteenlaitos.fi/kasvukausi-2015>. Julkaistu 2015, viitattu 18.9.2018.

IPCC 2018. Global Warming of 1.5 °C. Saatavilla osoitteessa:

<http://www.ipcc.ch/report/sr15/>. Viitattu 23.10.2018.

Jeng A., Haraldsen T. K., Grønlund A., Pedersen A. 2006. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereal and ryegrass. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 76: 183-191.

Jeng A., Haraldsen T.K., Grønlund A., Vagstad N. & Tveitnes S. 2004. Meat and bone meal as nitrogen fertilizer to cereals in Norway. *Agricultural and Food Science*, vol 13: 268-275.

Kauppila, P., Kenttämies, K., Lepistö, A., Rekolainen, S. & Vuorenmaa J. 2002. Losses of Nitrogen and Phosphorus from Agricultural and Forest Areas in Finland during the 1980s and 1990s. *Environmental Monitoring and Assessment* 76 (2): 213–248.

Kinnula, S. Henkilökohtainen tiedonanto. 4.9.2018.

Kivelä, J. 2007. Lihaluujauho kauran lannoitteena. - Teurastamoteollisuuden sivutuote lannoitteeksi. *Agroekologian pro gradu –tutkielma*. Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos. 79 s.

Kivelä, J. 2015. Effects of meat bone meal as fertilizer on leaf nitrogen status in sugar beet and on soil nitrate concentrations. *Acta fytotechnica et zootechnica* 18: s. 71-73.

Kivelä, J., Kirkkari, A., Laukkanen, V. & Maasola, M. 2005. Lihaluujauho lannoitteena – Käyttäjän kokemukset. *Työtehoseuran raportteja ja oppaita* 17. Helsinki: TTS. 35 s.

Laitinen, P. 2009. Fate of the organophosphate herbicide glyphosate in arable soils and its relationship to soil phosphorus status. *MTT Science* 3: 138 s.

Lakso, E. & Ulvi, T. 2005. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114: 336 s.

Maaseutuvirasto. Lannoitus ja ympäristökorvaus. Saatavilla: <http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/Sivut/lannoitus.aspx>. Viitattu 19.10.2018.

MMMa 2012. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta. Asetus 12/12. Annettu 10.5.2012. Finlex® sähköinen säädöstietopankki: www.finlex.fi/data/normit/42474-16005fi.pdf. Viitattu 19.10.2018.

Nemecek, T. & Poore, J. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360 (6392): 987-992.

Novarbo Oy. Novarbo Arvo 4-1-2. Tuoteseloste. Saatavilla osoitteessa: <https://www.novarbo.fi/fi/tuotteet/luomulannoitteet/novarbo-arvo-4-1-2.html>. Viitattu 20.9.2018.

Prusiner, S. 1997. Prion Diseases and the BSE Crisis. *Science* 278 (5336): 245-251.

Rekilä, T., Turtola, E., Uusitalo, R. & Ylivainio, K. 2003. Phosphorus solubility in fur animal manure and meat bone meal. *Nordic agriculture in global perspective*. Teoksessa: Niemeläinen, O. & Topi-Hulmi, M. 2003. *Proceedings of the NJF's 22nd congress 'Nordic Agriculture in Global Perspective'*. Turku: NJF:n kongressi. 44 s.

Simonen S. 1948. *Maatalouden historia*. WSOY. 586 s.

Sjöblom, H. 2012. Lannassa ravinteet kiertävät takaisin peltoon. *Maaseudun tulevaisuus* 15.8.2012.

Syvänen, M. 2011. *Lihaluujauhon soveltuvuus sokerijuurikkaan lannoitteeksi. Agroekologian pro gradu –tutkielma*. Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos. 58 s.

Tammeorg P. 2010. Meat and bone meal as a nitrogen and phosphorus fertilizer for ryegrass. Agroekologian pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos. 68 s.

Tilasiemen Oy. Streif. Saatavilla: <https://www.tilasiemen.fi/fi/lajikkeet/ohra-kaksitahoinen/streif>. Viitattu 12.10.2018.

Turtola, E., Uusitalo, R. & Ylivainio, K. 2007. Meat bone meal and fox manure as P sources for ryegrass (*Lolium multiflorum*) grown on a limed soil. Nutrient Cycling in Agroecosystems 81(3): 267-278.

Ullrich, S. 2011. Barley: Production, improvement, and uses. Wiley-Blackwell. 640 s.

WHO 2018. Availability and changes in consumption of animal products. Saatavilla: http://www.who.int/nutrition/topics/3_foodconsumption/en/index4.html. Viitattu: 23.10.2018.

VN 2009. Valtioneuvoston asetus tuotantoeläinten hyvinvoinnin neuvottelukunnasta. Asetus 3330/2009. Annettu 13.5.2009. Finlex® sähköinen säädöstietopankki: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090330>. Viitattu 27.5.2009.

VN 2015. Laki eläimistä saatavista sivutuotteista. Asetus 517/2015. Annettu 24.4.2015. Finlex® sähköinen säädöstietopankki: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150517>. Viitattu 19.10.2018.

VYR 2012. Mallasohran viljely. Saatavilla: <https://www.vyr.fi/mallasohran-viljelyopas/mallasohran-viljelyopas/>. Viitattu 15.10.2018.

Yara Oy. YaraMila Y3. Tuoteseloste. Saatavilla osoitteessa: <https://www.yara.fi/lannoitus/lannoitteet/yaramila/yaramila-y-3/>. Viitattu 18.9.2018.